

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**REKONSTRUKCE HISTORICKÉ ČISTÍRNY
PRO DOMOV SENIORŮ KONOJEDY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MICHAL JEŘÁBEK

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc

Konzultant(i): Ing. Michal Jeřábek

INDORS

Ing. Jindřich Novák

EKONA, spol. s r.o.

5/2015



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby
akademický rok: 2014/2015


Jméno a příjmení studenta: Michal Jeřábek
Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc
Název bakalářské práce: Rekonstrukce historické čistírny pro domov seniorů Konojedy
Název bakalářské práce
v anglickém jazyce: Reconstruction of the old wastewater treatment plant in Konojedy


Rámcový obsah bakalářské práce: Práce v rozsahu 40 stran s grafickými přílohami.
Rešerše literatury k problematice odpadních vod a jejich čištění. Popis technologie čištění odpadních vod stávající ČOV. Návrh rekonstrukce ČOV. Vyčíslení investičních nákladů.

Datum zadání bakalářské práce: 16.02.2015 Termín odevzdání: **15.05.2015**
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


.....
vedoucí bakalářské práce


.....
vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: _____


.....
student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

BP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student BP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci studijních programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5. odst. 7)

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

V Praze 15.5.2015

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem lidem, kteří mi pomohli při psaní této bakalářské práce, ale především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc, za odbornou konzultaci a pomoc při hledání informací k projektu. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Michalu Jeřábkovi, který se podílel na dílčích činnostech doprovázejících realizaci projektu a za odbornou konzultaci. Díky patří také panu Ing. Jindřichu Novákovi z firmy EKONA, spol. s r.o. za konzultace a pomoc při návrhu rekonstrukce a nového objektu čistírny.

Abstrakt

Cílem této závěrečné práce je srozumitelně popsat problematiku čištění odpadních vod. To zahrnuje rozebrání charakteristik jednotlivých typů odpadních vod a popsání technologických postupů pro získání vyčištěné vody, kterou lze vypouštět do recipientu. V praktické části je pak cílem navrhnout postup čištění vody, rekonstrukci a případné zachování některých částí objektu staré čistírny odpadních vod, která bude používána pro čištění odpadních vod z přiléhajícího budoucího domova seniorů v obci Konojedy u Úštěka.

Klíčová slova: odpadní vody, čistírna odpadních vod, technologické postupy, rekonstrukce,

Abstract

The aim of this thesis is to clearly describe the problems of wastewater treatment. This involves describing the characteristics of the individual types of waste water and describing the technological processes to obtain the purified water which can be released into the recipient. The main aim of the practical part is to design a water purification technology, reconstruction and possible preservation of certain parts of building of old sewage treatment plant, which will be used for the treatment of wastewater from the adjacent in future build home for the elderly in the village Konojedy near Ústěck.

Keywords: wastewater, wastewater treatment plant, technological processes, reconstruction

Obsah

Úvod	9
1. Odpadní vody	10
1.1 Dělení odpadních vod	10
1.1.1 Splaškové vody	10
1.1.2 Srážkové (dešťové) vody	11
1.1.3 Průmyslové vody.....	11
1.1.4 Infekční vody	12
1.1.5 Ostatní odpadní vody	12
1.2 Charakteristika odpadních vod.....	14
1.2.1 Organické látky	14
1.2.2 Anorganické látky	15
1.2.3 Specifické znečištění splaškových vod	16
1.2.4 Specifické znečištění srážkových vod.....	17
1.2.5 Specifické znečištění průmyslových vod	18
1.2.6 Městské odpadní vody.....	20
2. Čištění odpadních vod	21
2.1 Mechanické čištění.....	21
2.1.1 Filtrace	22
2.1.2 Flotace.....	24
2.1.3 Sedimentace	25
2.1.4 Vzplývání	30
2.2 Biologické čištění.....	31
2.2.1 Aerobní biologické čištění	32
2.2.2 Anaerobní biologické čištění.....	39
2.3 Chemické čištění	40
2.4 Vliv na recipient.....	40
3. Navrhování ČOV	41

3.1	Podklady pro návrh ČOV	41
3.2	Zatěžovací parametry ČOV	42
3.2.1	Odpadní vody od obyvatelstva	42
3.2.2	Ostatní odpadní vody	43
3.2.3	Bilance	43
3.2.4	Znečištění odpadních vod	44
4.	Rekonstrukce ČOV Konojedy	45
4.1	Parametry odvodňovaného objektu	45
4.2	Stávající objekt ČOV	46
4.3	Geodetické zaměření	58
4.4	Návrhové parametry	59
4.5	Návrh rekonstrukce	62
4.5.1	Okolí stávající ČOV	62
4.5.2	Stávající objekt ČOV	63
4.5.3	Nová biologická ČOV	64
4.6	Náklady na stavbu	66
	Závěr	68
	Seznam použité literatury	69
	Seznam tabulek	72
	Seznam obrázků	73

Úvod

V dnešní době stále se zvyšujícího počtu populace je největším problémem růst produkovaného odpadu. Do tohoto problému můžeme zahrnout také odpadní vody, které produkuje každý z nás. A čím více jíme, pijeme, vyrábíme a nakupujeme různé věci, tím více vody se spotřebuje a vždycky to znamená tvorba vod znečištěných. Se stále se zpřísnujícími podmínkami Evropské unie na ochranu životního prostředí už není tak jednoduché znečištěné vody jen tak vypouštět do vodního toku a ani to není dovoleno, vždyť jak by to pak všude vypadalo. Proto se musíme tímto problémem dopodrobna zabývat. Především musíme brát ohled na typ vypouštěné vody, její specifické znečištění, jestli neobsahuje některé další látky, které by mohly způsobit potíže, pokud by se je nepodařilo z odpadní vody správně odstranit. Mezi tyto látky patří především bakterie a viry, které jsou produkcí všech zdravotnických zařízení. Mimo to obsahují odpadní vody množství chemických látek jako fosfor, dusík, síru a jiné. Tyto látky produkuje zčásti lidské tělo a také průmyslové provozy, které s těmito látkami pracují. Dalším problémem jsou dešťové vody. Nemůžeme je ponechat tam, kam spadnou. Musíme je odvádět nebo nechat vsáknout do země. Všechny tyto druhy vod mají různé vlastnosti a proto existuje mnoho způsobů jak jednotlivé typy vod vyčistit, aby bylo vypouštění těchto vod bezpečné a neškodné pro přírodu. Především je nutné zajistit odvod těchto vod ze všech zmíněných zdrojů a zabránit tak jejich pobývání na povrchu. Tímto problémem se zabývá stoková síť. Je to soustava potrubí či zděných tunelů, které vodu sbírají a odvádějí ji na bezpečné místo. Tímto místem je čistírna odpadních vod. Ta musí být připravena na příchod těchto vod. Hned při vstupu je nutné řešit velký podíl písků a štěrků, které se spláchnou z ulic, ty čistíme na lapácích písků a štěrků. Pak jsou tu hrubší látky z domácností jako tkaniny, papíry, zbytky jídel. Ty odstraňujeme mechanickým předčištěním na česlích, tedy mřížích s mezerami na principu řekněme kuchyňského síta, které zachytí hrubší látky. Voda je tedy zbavena hrubých nečistot. Voda je ale stále viditelně zakalena a vypadá spíše jako pudink. Musíme se proto ještě zbavit zakalení. K tomu nám slouží usazovací nádrže, kde díky pomalému průtoku a tíze látek způsobujících kal se tento kal od vody z části oddělí. Ve vodě se ale stále nachází chemické látky, proto je vedeme na biologické čištění, kde nám k odstranění těchto látek dopomáhá příroda. Jsou tu mikroorganismy, které mají rády tyto látky a živí se jimi a produkují řekněme další kal. Teď když už máme vodu zakalenou jen nezávadným kalem, zbývá odstranit jen ten. K tomu poslouží dobře nádrž dosazovací, kde se odstraní poslední znečištění. Voda je již po tomto procesu dostatečně čistá a proto ji můžeme konečně vypouštět do přírody, aniž bychom měli pochroumané svědomí.

1. Odpadní vody

Dle normy jsou odpadními vodami označovány:

„vody odváděné v jakékoliv kombinaci z domácností, průmyslu a jiných provozů, včetně dešťových (povrchových) a nepředvídaných balastních vod“ [8]; „vody změněné použitím a/nebo odvedené do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek“ [11]; „vody splaškové (domovní), průmyslové, znečištěné dešťové a popř. jiné v souladu s právními předpisy (§ 38 zákona č. 254/2001 Sb.)“ [12]

Odpadní vody jsou tedy vody, které byly různým způsobem využity např. v zemědělství, průmyslu či v domácnostech a při tomto využití byla výrazně změněna jejich jakost, teplota či složení. Pokud je znečištění významné, může dojít k ohrožení povrchových či podzemních vod. [4]

1.1 Dělení odpadních vod

Odpadní vody dělíme na několik druhů:

- Vody splaškové,
- srážkové (dešťové),
- průmyslové,
- infekční,
- oplachové,
- ostatní odpadní vody.

1.1.1 Splaškové vody

Rozlišujeme tyto typy splaškových vod:

Splaškové (domovní) odpadní vody

Dle normy: „vody odváděné z kuchyní, prádelen, umyvadel, koupelen, záchodů a podobných zařízení“ [12]

Šedá voda

Dle normy: „splaškové odpadní vody bez fekálií a moče“ [12]

Černá voda

Dle normy: „splaškové odpadní vody obsahující jen fekálie a moč“ [12]

Splaškové vody obsahují především zbytky jídel, kusy látek, nečistoty z mytí a praní. Jsou to vody z koupelen, kuchyní, závodních kuchyní, prádelen, WC, ze zařízení závodů a z dalších zdrojů. Patří k nim také vody z městské vybavenosti, tzn. ze škol, hotelů, kulturních zařízení

a restaurací. V těchto vodách je největší zastoupení organických látek, které mohou být rozpuštěné, jemně rozpuštěné, dispergované nebo koloidní. Specifické množství těchto vod je prakticky shodné se spotřebou pitné vody, která se uvažuje kolem 100 l/os.den. [6], [4]

1.1.2 Srážkové (dešťové) vody

Rozlišujeme tyto typy srážkových vod:

Srážkové vody

Dle normy: „vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu“ [8]

Srážkové povrchové vody

Dle normy: „srážkové vody, které se nevsáknou do podloží a jsou odváděny z povrchu terénu nebo budov do odvodňovacího systému“ [8]

Obecně pocházejí srážkové vody ze všech druhů atmosférických srážek včetně na zemi roztátého sněhu a ledu, které dopadnou na zem, nevsáknou se do země, ale odtékají po povrchu. Tyto vody získávají své znečištění především při průchodu ovzduším na zemský povrch. Zde pak nabírají další organické a anorganické znečištění při odtoku do kanálů. Tyto vody mohou být znečištěné. To jsou především ty vody, které odtékají z průmyslových či zemědělských areálů, nebo z výrazně znečištěných vozovek a chodníků. Pokud máme např. delší doby sucha, po kterých nastává deštivé období, může se organické znečištění těchto vod přiblížit až k znečištění podobnému vodám splaškovým. Při velkých intenzitách může být zvýšená koncentrace splachovaného písku z povrchů. Srážkové vody při odtoku po povrchu zahrad nebo parků mohou získat tak minimální znečištění, že jsou v podstatě vodami neznečištěnými a ve stokové síti pouze ředí a zvyšují objem odpadních vod tekoucích na čistírnu. Proto je vhodné, pokud je to možné tyto vody zasakovat přímo v místech, kudy odtékají. Protože to ale někdy není snadno proveditelné, je nutné brát zřetel na objem těchto vod při navrhování stokové sítě. [3], [4], [6]

1.1.3 Průmyslové vody

Dle normy jsou průmyslové vody několika druhů:

„odpadní vody z průmyslu nebo komerční sféry“ [8]; „odpadní vody zcela nebo částečně z průmyslu nebo drobných provozů“ [11]; „odpadní vody odtékající ze zemědělských zařízení“ [12]; „voda použitá a znečištěná při výrobním procesu (včetně vod topných), která je z průmyslu vypouštěna a je již pro daný proces nepoužitelná“ [12]

Všeobecně průmyslovými vodami rozumíme všechny vody, které přicházejí z průmyslových provozů, ale také ze zemědělství. Jsou to vody, které se skládají z odpadních vod od zaměstnanců a vody použité v kuchyních a jídelnách, vody srážkové z průmyslových areálů a vody použité pro chladicí účely. Tyto vody se smíchají a odtékají kanalizační přípojkou

do stokové sítě a všeobecně je nazýváme průmyslovými vodami. Povaha těchto vod může být různá. Mohou být znečištěny takovým způsobem, že je možné je vypouštět na čistírnu odpadních vod bez případných problémů s čištěním. Tyto vody jsou téměř neznečištěné, proto je vhodné je znovu recirkulovat a vícenásobně použít. Ve většině případů, ale mají tyto vody spíše výrazné znečištění různými látkami, které by mohlo poškodit provoz čistírny, znemožnit vyčištění těchto vod, případně zpomalit čistírenské procesy. Proto musí být v závodu předčištěny, než budou vypuštěny do stokové sítě. [3], [4]

1.1.4 Infekční vody

Norma popisuje infekční vody jako:

„odpadní vody obsahující choroboplodné zárodky takového druhu a v takovém množství, že vyžadují zvláštní opatření před vypouštěním do veřejné stokové sítě“ [12]

Odpadní vody ze zdravotnických zařízení dle normy jsou:

„infekční a/nebo radioaktivní odpadní vody odtékající ze zdravotnických zařízení (Těmito zařízeními se rozumí např.: lůžková oddělení nemocnice a laboratoře, pracující s infekčním materiálem, prosektury, veterinární zařízení, kafilerie, sanitní jatky; přitom není rozhodující administrativní zařazení k resortu zdravotnictví, ale charakter odpadních vod z hlediska epidemiologického a/nebo radiologického.)“ [12]

Při nakládání s těmito odpadními vodami se musí dbát zvýšené opatrnosti. Jejich původem jsou nemocnice, biochemické laboratoře, lékařská zařízení a další podobné provozy. Mohou obsahovat vysoce nebezpečné choroboplodné zárodky, které se musí z vody odstranit specifickým způsobem. Většinou jsou čištěny přímo v místě zařízení, které tyto vody produkuje. Případně se hygienicky zabezpečí, aby byly do stokové sítě vypouštěny už jako neinfekční. [4]

1.1.5 Ostatní odpadní vody

Norma ČSN EN 75 0161 popisuje několik druhů dalších odpadních vod:

Balastní

Dle normy: „nežádoucí přítok vody do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek.“
„POZNÁMKA Převážně přítok podzemní vody netěsnostmi systému, ředící průtok odpadních vod.“ [12]

Zaolejované odpadní vody

Dle normy: „voda obsahující lehké kapaliny, např. ropné látky, nad hodnotu podle příslušných předpisů“ [12]

Topné vody

Dle normy: „vody použité k přenosu tepla“ [12]

Průsakové vody

Dle normy „vody prosakující kontaminovanými vrstvami, např. odpady“ [8]; „jakákoliv kapalina, která prosakuje uloženým odpadem a vytéká ze skládky nebo v ní zůstává zadržena“

„POZNÁMKA Voda vytékající z tělesa skládky je směsí výluhů, kalové vody a vytlačené pórové vody.“ [12]

Radioaktivní

Dle normy: „odpadní vody, jejichž znečištění radionuklidy překračuje hodnoty, při kterých nelze tyto odpadní vody vypouštět do prostředí.“ [12]

Dalšími vodami, které můžeme, zmínit jsou tyto:

Oplachové

Oplachové vody se v zásadě nijak neliší od vod dešťových. Jsou to vody, které byly využity k čištění vozovek, chodníků a dalších zpevněných ploch. Jejich množství je oproti dešťovým vodám nepatrné, proto se na ně při navrhování stokové sítě či čistírny odpadních vod nebere zřetel.

Patří sem i vody neznečištěné a proto není potřeba je odvádět stokovou sítí. Jmenujme např. vody podzemní, pramenité, kondenzované a jiné. Tyto vody nejsou vodami odpadními, dokud se nedostanou do stokové sítě. Vody se mohou dostat do sítě např. netěsnostmi nebo haváriemi na potrubí, v tu chvíli je nazýváme vodami balastními. Mimo odpadní vody rozlišuje též látky, které by neměly být za žádných okolností vypouštěny do stokové sítě. Mluvíme tu především o těch látkách, které mohou jakýmkoli způsobem narušit stavební materiál stoky, ohrožovat zdraví příslušných pracovníků na stokové sítí či na čistírně odpadních vod nebo způsobovat závady zabraňující plynulému provozu.

Mezi tyto látky patří především:

- jedy a žíraviny,
- hořlavé či výbušné látky,
- soli použité v zimním období k údržbě komunikací nebo ropné látky,
- již zmíněné látky radioaktivní, infekční nebo látky produkující vysoký zápach. [3]

1.2 Charakteristika odpadních vod

V odpadních vodách se vyskytuje velké množství různých druhů látek a plynů. Pokud se budeme řídit dle jejich chemického složení, tak látky dělíme na organické a anorganické. [3] Podle jejich fyzikálních vlastností můžeme látky obsažené v odpadních vodách dělit na rozpuštěné a nerozpuštěné. [3]

Nerozpuštěnými látkami rozumíme větší částice, které se pohybují v odpadní vodě. Jedná se především o částice prachu, písku, popílku a drobného materiálu, které se nachází na povrchu komunikací a jsou spláchnuty deštěm, nebo zachyceny přímo z atmosféry. Tyto látky pokračují do stokové sítě a odstranit je můžeme především sedimentací. Dělí se na:

- usaditelné,
- neusaditelné,
- plovoucí. [3]

Rozpuštěné látky jsou látky, které se ve vodě nacházejí ve formě neviditelných částic, ale díky zabarvení vody, nebo specifického zápachu víme, že se v odpadní vodě nachází.

1.2.1 Organické látky

Mezi organické látky v odpadních vodách patří zejména látky:

- Biologicky rozložitelné,
- biologicky složitě rozložitelné a nerozložitelné,
- sacharidy (cukry),
- lipidy,
- tenzidy,
- léčiva,
- komplexotvorné látky. [3]

Biologicky rozložitelné

Pro jejich stanovení používáme ukazatel BSK, který nám popisuje biochemickou spotřebu kyslíku. Tato spotřeba se obvykle uvažuje za 5 dní. V některých případech se stanovuje také BSK₇ či BSK₂₀. Jeho přepočtení pro splaškové vody je pak $BSK_7 = 1,10 \cdot BSK_5$; $BSK_{20} = 1,46 \cdot BSK_5$. [3]

Biologicky složitě rozložitelné nebo nerozložitelné

Pro jejich obsah používáme společný znak CHSK, který nám označuje chemickou spotřebu kyslíku. Rozlišujeme jej dále dle použitého oxidačního činidla – K₂Cr₂O₇, popř. KMnO₄. Dalším používaným ukazatelem bývá „organicky vázaný uhlík“ TOC (Total Organic Carbon – celkové

množství organického uhlíku) případně DOC (Dissolved Organic Carbon – celkové množství rozpuštěného organického uhlíku). [3]

1.2.2 Anorganické látky

Mezi anorganické látky v odpadních vodách patří zejména:

- chloridy,
- sloučeniny dusíku,
- sloučeniny fosforu,
- sloučeniny síry. [3]

Chloridy

Chloridy vznikají především při vylučování organismy. Vyskytují se v moči. Jejich původcem jsou hlavně zvířecí provozy a domácnosti. Do vody se mohou dostat také z ložisek kamenných a draselných solí z oplachu. Obvyklá produkce se pohybuje od 7–20 g/obyv.den v závislosti na počtu obyvatel či zástavbě. V zimě dochází ke splachování posypové soli používané pro rozmrzání náledí vytvořeného na povrchu komunikace srážkovým deštěm do kanalizace a to zvyšuje koncentrace chloridů v odpadních vodách, někdy až na dvojnásobné množství. [3], [25]

Sloučeniny dusíku

Sloučeniny dusíku se v splaškové vodě vyskytují jako močovina nebo siláž, tedy odpady ze zemědělské produkce, konkrétně produkty metabolismu živočichů, které při proudění odpadní vody stokovou sítí hydrolyzují, neboli se rozkládají na amoniakální dusík. Při dopravě potrubím je dusík přeměňován a může se vyskytovat v mnoha formách. Obvyklá produkce dusíku se pohybuje okolo 11 g/obyv.den. [3], [25]

Sloučeniny fosforu

Sloučeniny fosforu jsou především látky, které produkuje sám člověk, tzn. v moči a fekáliích můžeme najít velké zastoupení fosforu. Odpadní vody jsou ale namíchané z mnoha různých zdrojů a proto jejich koncentrace není pouze dílem člověka. Při vyšších teplotách se můžou hydrolyzovat na vícemocné fosforečnany. Obvyklá produkce je 2,3 g/obyv.den. [3]

Sloučeniny síry

Sloučeniny síry se mohou do vody dostat především z vedlejších zdrojů. Při spalování fosilních paliv vznikají nebezpečné sírany, které se uvolňují do atmosféry a srážkami mohou být spláchnuty na povrch, odkud odtékají do kanalizace. Sírany se při dopravě redukuje na sulfidickou

síru a ta působí nepříznivě na beton, způsobuje sulfanovou korozi betonových materiálů, a proto se snažíme o co možná nejrychlejší dopravu odpadních vod na čistírnu odpadních vod. [3], [25]

1.2.3 Specifické znečištění splaškových vod

Splaškové odpadní vody jsou zbarvené do šeda až šedo – hněda. Jsou silně zakalené a nemívají zpočátku vůbec žádný zápach. Až s probíhajícími anaerobními biologickými procesy, tedy při snižování obsahu kyslíku ve vodě začínají silně zapáchat a odpadní voda se začne barvit do tmavších barevných odstínů. To je způsobeno reakcí železa se sulfidy, při které se uvolňuje tmavý Sulfid železnatý – FeS. [3]

Původ veškerých látek obsažených ve splaškových vodách můžeme rozdělit na tři odvětví. Prvně jsou to látky obsažené v pitné vodě, která je použita pro zásobování obyvatelstva. Dále jsou to produkty metabolismu živého organismu, mezi které patří především moč a exkrementy. Posledním dílem jsou produkty lidské činnosti, tzn. látky z praní, čištění, kusy jídel aj. [5]

Pitné vody musí obsahovat minimální množství organických látek, aby odpovídaly kvalitě potřebné pro lidskou potřebu. Nachází se v nich ale množství anorganických látek. Největší zastoupení mají soli z kationtů Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^+ a K^+ a dále anionty HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , příp. NO_3^- . Pitná voda dále obsahuje poměrně malé koncentrace dusičnanů, protože jsou rychle mikrobiálním způsobem redukovány na dvojmocný dusík tedy N_2 .

Velkým znečišťovatelem jsou produkty metabolismu (exkrementy). Průměrné hodnoty produkce dle normy jsou uvedeny níže, spolu s celkovou produkcí odpadních látek na obyvatele. [3]

Tab. 1.1 – Produkce znečištění v g/obyv.den [3]

	Organické	Anorganické	Celkové	BSK ₅	N	P
ČSN 75 6401						
nerozpuštěné. látky	40	15	55	30	1	0,2
(z nich usaditelné)	30	10	40			
rozpuštěné látky	50	75	125	30	10	2,3
látky celkem	90	90	180	60	11	2,5
produkty metabolismu						
látky celkem	80	30	110	–	10	1,6

Pokud budeme uvažovat s průměrnou denní spotřebou vody na jednoho obyvatele 150 l, tak lze přepočítat předpokládanou koncentraci látek ve splaškové vodě. Koncentrace nerozpuštěných látek je celkem 0,36 g/l. Rozpuštěné látky jsou ve vyšší koncentraci a to 0,83 g/l. Nerozpuštěné látky lze snadno odstraňovat při mechanickém předčištění a to až 70% usazováním. [3]

Organické látky v odpadních vodách můžeme rozdělit na tři skupiny obsažené v přírodních materiálech. Jsou to proteiny, neboli bílkoviny, sacharidy a lipidy. U lipidů se jedná především

o tuky. Ve velkém jsou v rozpuštěných organických látkách zastoupeny především sacharidy, které se vyskytují většinou v množství převyšujícím desítky mg/l. Produkce lipidů je udávána v průměrné hodnotě 15 g/obyv.den. Lipidy jsou označovány jako polárně extrahovatelné látky. Metabolismus člověka produkuje moč, která obsahuje určité množství anorganických látek. Průměrná množství těchto látek jsou uvedeny v tabulce níže. [3]

Tab. 1.2 – Látky vylučované močí [3]

látko	Na	K	CL ⁻	P	S	močovina
g/obyv.den	5,0	2,0	9,0	1,2	2,7	20-30

Především zvýšené množství aniontů je způsobeno přítomností moči ve splaškových vodách oproti vodám pitným. Moč obsahuje vodný roztok metabolického původu nazývaný močovina, který obsahuje až 46,6 % dusíku. Močovina se snadno rozkládá na amoniak, který je v splaškové vodě obsažen ve zvýšeném množství. [3]

Metabolismus člověka dále produkuje fosfor ve fosfátové formě a v menším množství je také vázán do nukleových kyselin, které jsou součástí organických sloučenin. Jsou to především kyseliny ribonukleová a deoxiribonukleová. Tyto kyseliny se nacházejí v buněčných jádrech všech živých bytostí. Metabolismus člověka produkuje poměrně malé množství fosforu. Dříve bylo jeho velké zastoupení způsobeno z používání pracích a čisticích prostředků.

Síra je vázána částečně v organických sloučeninách a v moči. Síra je stavební složkou bílkovin především aminokyselin. Ve stokové síti probíhají mikrobiální procesy při anaerobních podmínkách, tedy bez přístupu kyslíku a mohou způsobit, že se síra začne redukovat na sulfidy. [3]

1.2.4 Specifické znečištění srážkových vod

Látky obsažené ve srážkových vodách můžeme dělit na:

- ropné látky,
- dioxiny,
- chlorované uhlovodíky,
- polyaromatické uhlovodíky,
- mikrobiální znečištění. [3]

Ropné látky

Ropné látky jsou veškeré výrobky z ropy. Patří k nim paliva (benzin, nafta), různé druhy olejů (mazací, hydraulické, plynové) a petroleje. Dalším zpracováním ropy získáváme rozpouštědla. Ropa patří do tzv. nepochárních uhlovodíků, které všeobecně nazýváme jako nepolární extrahovatelné látky neboli zkráceně NEL. Ve vodě se rozpouštějí špatně, záleží to především

na jejich vlastnostech, teplotě nebo pH. Spíše na ně narazíme ve formě částic, které jsou ropnými látkami obaleny.

S těmito látkami je obrovský problém pokud se dostanou na čistírnu odpadních vod. Na povrchu nádrže tvoří neprostupný povrch pro kyslík a zabraňují tak aerobním procesům, které jsou klíčové k vyčištění odpadní vody. Největší koncentrace těchto látek se nachází na dálnicích, silnicích nebo v blízkosti čerpacích stanic. Obvyklé koncentrace těchto látek v závislosti na zatíženosti daného místa se pohybují cca od 2–30 mg/l. [3], [20]

Dioxiny

Dioxiny jsou tvořeny dvěma skupinami sloučenin a to dibenzodioxiny a polychlorovanými dibenzofurany. Hlavními zdroji těchto látek jsou požáry a dále vznikají při spalování pohonných hmot, v minulosti především těch olovnatých. Velkým problémem jsou též aditiva přidávaná do motorů. Tyto látky jsou dobře rozpustné ve vodě a mohou tedy kontaminovat i podzemní vody. Pro obyvatele jsou nebezpečné především jejich rakovinotvornými účinky. [3]

Chromované uhlovodíky

Chromované uhlovodíky mají podobné vlastnosti jako látky ropné. Oproti ropným látkám jsou některé uhlovodíky velmi dobře rozpustné ve vodě. Pro obyvatelstvo jsou nebezpečné především pro jejich rakovinotvorné účinky. [3]

Polyaromatické uhlovodíky

Polyaromatické uhlovodíky vznikají podobně jako dioxiny a to spalováním pohonných hmot. Tyto látky se pohybují ve vzduchu, kde se vážou k jemným částicím, které spláchnou déšť do stokové sítě. Ve vodě jsou s velmi nízkou koncentrací pohybující se v maximech do 600 mg/l. Jsou to velice závadné látky, které mají rakovinotvorné účinky pro lidský organismus. [3]

Mikrobiální znečištění

Mikrobiální znečištění je rozuměno znečištění různými druhy bakterií. Při několika pokusech se prokázal výskyt nebezpečných mikroorganismů, především koliformních bakterií a streptokoků. Tyto bakterie se nacházejí v trávicím traktu člověka a mohou při požití způsobit různé zdravotní problémy. [1], [16]

1.2.5 Specifické znečištění průmyslových vod

Při mísení splaškových a průmyslových vod je vhodné, aby průmyslové odpadní vody obsahovaly biologicky rozložitelné látky, nejlépe přírodního původu. Tyto látky můžeme najít především u odpadních vod z textilního, kožedělného či potravinářského průmyslu (pivovary,

mlékárny a jiné). Koncentrace těchto látek se oproti splaškovým vodám vyskytuje v rozmezí 1000 až 4000 mg/l BSK₅. Průmyslové vody mohou obsahovat také toxické látky, které jsou ale biologicky rozložitelné. Tyto látky, z nichž jmenujme např. fenoly, jsou obsaženy především v odpadních vodách z petrochemického průmyslu, v provozech kde se spaluje uhlí aj. Fenoly jsou postupně rozkládány na čistírně odpadních vod, pokud je jejich přívod rovnoměrný s plynulým nárůstem. Příliš vysoké nárazové množství je nepříznivé pro biologickou část čistírny. [3]

Pro provozy strojního či petrochemického typu jsou typické také ropa a produkty z jejího zpracování. Rozpustnost těchto látek ve vodě je různá. Ropné látky jsou především rezistentní vůči mikrobiálnímu rozkladu. Ve vodě rozlišujeme ropné látky rozpuštěné a nerozpuštěné. Nerozpuštěné mohou být emulgovány, nebo se volně pohybují v odpadní vodě. Pokud jsou uhlovodíky v koncentraci 0,1–0,2 mg/l, vzniká na hladině nádrže mikrofilm, který brání přístupu vzduchu a znemožňuje aerobní biologické rozklady. Odpadní vody s obsahem uhlovodíku vyšším než 10 mg/l, musí být odstraněny v lapácích přímo v průmyslovém závodě, než budou vypuštěny do stokové sítě.

Dalšími látkami, které se dostávají do odpadních vod jak z průmyslových tak i ze splaškových vod jsou povrchově aktivní látky neboli tenzidy, dříve především látky původem z pracích prostředků. Tenzidy jsou součástí detergentů neboli saponátů. Detergenty obsahují různé aktivační přísady, plnidla, barviva, bělicí prostředky. Tyto látky mohou být vysoce toxické a proto je nutné je předem odstranit, což jde lépe, pokud nejsou příliš naředěné. Toxické látky působí škodlivě na biologickou část čistírny, ale také např. možnými výparů na pracovníky, obsluhující stokové sítě či zařízení čistírny odpadních vod. Problematickými látkami jsou např. kyanidy, u kterých je přípustná koncentrace do 0,1 mg/l. Dalšími látkami, u kterých se musí sledovat koncentrace, jsou těžké kovy. Zdroje těchto kovů můžou být především v závodech zpracovávajících kovy popř. v servisech. Jejich přípustné koncentrace jsou uvedeny v tabulce níže. [3]

Tab. 1.3 – Přípustné koncentrace těžkých kovů pro biologické procesy [3]

Kov	Zn	Ni	Cu, Cr (III)	As, Cd	Cr(IV), Pb, Ag	Hg
přípustná koncentrace. (mg/l)	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,005

Dalším kritériem kromě toxických látek musí být sledováno i pH vod. Voda nesmí být příliš kyselá nebo alkalická, proto je přípustné pH stanoveno v rozmezí od 6,0 do 8,0. Jiné látky obvykle neškodlivé jako např. NaCl také nesmějí být v příliš vysokých koncentracích. Doporučena je obvykle koncentrace v rozmezí 10 až 15 mg/l. [3], [6]

1.2.6 Městské odpadní vody

Norma popisuje městské odpadní vody jako:

„odpadní vody z obytných ploch obsahující převážně splaškové (domovní) odpadní vody“; „kromě toho mohou obsahovat dešťové (povrchové) vody, balastní vody a v omezeném množství průmyslové nebo provozní odpadní vody“ [8]

Všeobecně můžeme všechny výše zmíněné vody nazvat vodami městskými. Obsahují určité množství vod splaškových, průmyslových, srážkových a ostatních, v závislosti na charakteristice zástavby a občanské vybavenosti obce. U těchto vod z různých odvětví můžeme sledovat koncentrace jednotlivých látek a indikátorů kvality, které jsou uvedeny v tabulce níže. [3]

Tab. 1.4 – Složení městských odpadních vod [3]

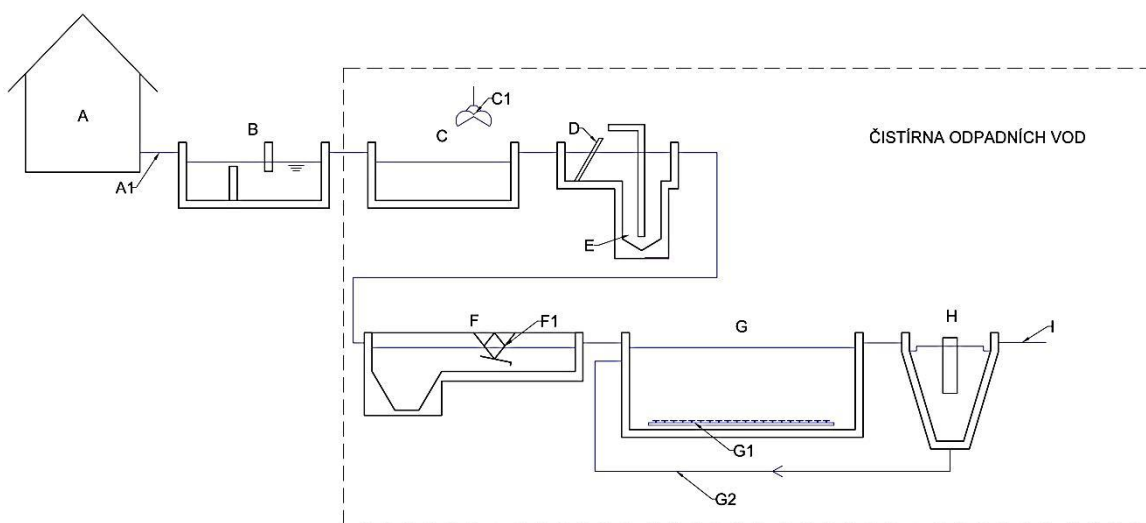
Městské odpadní vody	Vlastnosti
Rozpuštěné látky	100–500 mg/l
Nerozpuštěné látky	500–1000 mg/l
Amoniakální dusík	10–50 mg/l
Dusičnany a dusitany	Jednotky – desetiny mg/l
Fosfor	jednotky mg/l
Na, K, Mg, Ca, Cl ⁻ , So ₄ ²⁻	desítky i sto a více mg/l
HCO ₃ ⁻	stovky mg/l
KNK _{4,5}	jednotky mmol/l
pH	7,0–8,0
Extrahovatelné látky (tuky)	desítky mg/l

Další sledovanou vlastností je teplota odpadní vody, která výrazně ovlivňuje biochemické reakce. Průměrná teplota odpadních vod, se pohybuje během roku od 10 do 20⁰ C. Na výkyvy v teplotách odpadní vody mají vliv především vody pronikající ze zemského povrchu, které vodu ochlazují, případně průmyslové vody, které mohou vodu výrazně ohřát. V letních měsících mohou vznikat velké výkyvy v teplotách až v desítkách stupňů Celsia. Naopak v zimním období musíme dávat pozor na odpadní vodu, která již prochází technologickými stupni čistírny, kde se zdržuje a může to způsobit její zamrzání a poškození vybavení ČOV. [3]

2. Čištění odpadních vod

Dle charakteristiky odpadních vod, navrhujeme technologii čištění odpadních vod na čistírně odpadních vod (dále jen ČOV), proto je nutné, abychom znali odpovídající znečištění. Sleduje se BSK₅, obsah fosforů, dusičnanů a další parametry.[2]

Hlavním úkolem ČOV je co nejlépe vyčistit odpadní látky, které se do vody dostanou z mnoha různých zdrojů. Níže naleznete zjednodušené schéma čistírny s jednotlivými stupni čištění vody. [2]



Obr. 2.1 – Zjednodušené schéma čistírny odpadních vod (A – odvodňovaný objekt, A1 – vnitřní kanalizace, B – lapák tuků, ropných látek, C – lapák štěrků, C1 – drapák, D – česle, E – lapák písku, F – usazovací nádrž, F1 stirací zařízení, G – aktivací nádrž, G1 – provzdušňování, G2 – recirkulace kalu z dosazovací nádrže na začátek aktivace, H – dosazovací nádrž, I – odtok do recipientu)

2.1 Mechanické čištění

Odpadní vody dopravované na ČOV obsahují velké množství hrubých nečistot a makroskopických látek. Tyto látky je potřeba před dalšími procesy odstranit z vody, jinak by mohlo dojít k poškození zařízení části čistírny, zanešení čerpadel a jiných objektů ČOV. Mechanické čištění je první stupněm čištění na ČOV. Někdy se používá i jako poslední stupeň, např. filtrace před vypouštěním vody do recipientu. Tento stupeň čištění je významný jak z pohledu ochrany tak i čištění, jelikož sníží znečištění odpadní vody vyjádřené v BSK₅ až o 30 %.

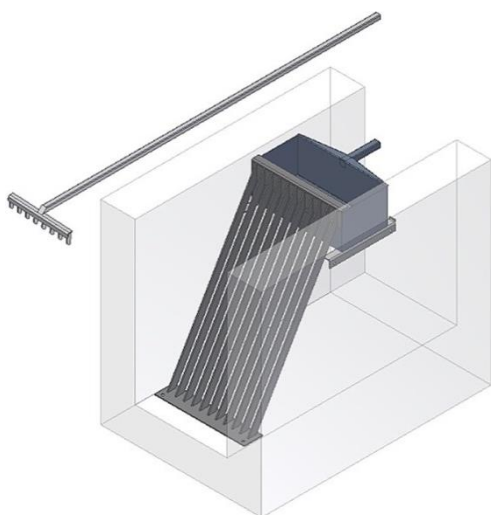
Mezi hlavní typy mechanického předčištění patří filtrace (cezení), flotace a sedimentace. [2], [6]

2.1.1 Filtrace

Dle normy: „pohyb tekutiny porézním materiálem nebo zrnitou vrstvou, nebo sítím s příslušnou velikostí ok, při kterém dochází k oddělování fází (tuhé, kapalné) nebo k chemickým či biologickým pochodům“ [12]

Filtrace zachycuje nerozpuštěné látky z odpadní vody při proudění přes určitou překážku nebo vrstvu materiálu. Představme si kuchyňský cedník. Pokud do něj nalijeme např. polévku, voda proteče otvory a v síti zůstanou zbytky potravin. Tak na tomto principu funguje filtrace. Propouští pouze částice, které mají menší rozměr, než rozměry otvorů kudy odpadní voda protéká, přitom při procesu filtrace nedochází k žádné chemické reakci mezi látkou a překážkou či filtračním materiálem. Pro filtraci používáme množství různých objektů. [6]

Česle



Obr. 2.2 – Česle s hrabákem [22]

Česle slouží k odstranění těch nejhrubších nečistot z vody. Tím může být toaletní papír, dřevo, zbytky obalů aj. Jsou tvořeny rámem, obdélníkového či kruhového půdorysu, který je vyplněn kovovými pruty, které nazýváme česlicemi. Mezery mezi česlicemi nazýváme průlinami. Česle jsou skloněny v úhlu 30 až 60° po proudu vody. To nám umožňuje využít větší plochu pro zachycení plovoucích částic a také, aby bylo umožněno jejich snadnější stírání. Česle se nachází při vtoku na čistírnu ve žlabu obdélníkového tvaru a jsou tedy prvním objektem na ČOV. Většinou se používá objekt s více žlaby. Je nutné zajistit případnou rezervu při poruše nebo zanešení některého objektu. Česle dělíme dle velikosti mezer na hrubé s průlinami od 5 do 20 cm pro zachycení nejhrubších nečistot, jemné s průlinami 10 až 20 mm a střední. Při průtoku vody přes česle je nutné dodržet správnou rychlost průtoku. Rychlost by se měla pohybovat mezi 0,7–0,9 m/s. Při rychlostech nižších než 0,3 m/s by mohlo dojít k usazování písku a k úplnému

ucpání česlic. Zase při rychlostech vyšších než 1,2 m/s se můžou zachycené látky na česlích strhávat a dostávat do dalších stupňů ČOV a způsobit tím případné poškození zařízení. Česle rozlišujeme dle typu jejich stírání na ručně nebo strojně stírané. [6]

Ručně stírané česle

Česle tohoto typu se již u velkých čistíren nepoužívají, protože by nebylo možné je rychle čistit. Obvykle je nutné jejich stírání až 5x denně. Používají se především před jemné, nebo strojně stírané česle. Ručně stírané česle jsou umístěny ve sklonu 30 až 45° pro snadnější stírání ručním hradlem. [6]

Strojně stírané česle

Tyto česle jsou řízeny hladinovými spínači, které kontrolují vzduší před a za česlicemi, které způsobuje nadměrné zanešení česlí. V tuto chvíli se spustí mechanismus, kde shrabovák zasahující zuby do průlin vytahují směrem vzhůru do žlabu zachycené látky neboli shrabky. Shrabky pak v žlabu odkapávají a jsou posunuty do přistavených kontejnerů. Strojně stírané česle jsou instalovány ve sklonu 60° a jsou spolehlivější, jelikož do nich nezasahuje lidský faktor. [6]

Dále můžeme rozlišovat různé další typy česlí podle jejich konstrukce, nebo podle způsobu zachytávání látek. Jmenujme např. tyto:

- krokové česle,
- samočistící česle,
- rotační česle,
- rotační bubnové česle s drtičem. [3], [6]

Pro oddělování jemnějších hrubých látek můžeme použít také různé typy sít s mnoha typy dopravy shrabek do žlabu. Mezi nejznámější patří tyto:

- rotační síta,
- rotační šnek se sítem,
- bubnová síta,
- stírané válcové síto,
- spádové scezovací síto. [3], [6]

Shrabky

Shrabkami nazýváme vytěžené látky, které připlavaly, zachytily se na česlích a byly vyhrabány do záchytného prostoru. Shrabky je před zpracováním nutné odvodnit, což se děje otvory v záchytných prostorech. Shrabky můžeme dále zpracovávat např. spalováním,

kompostováním nebo skládkováním při dostatečném hygienickém zabezpečení. Přibližná produkce shrabků je 4–8 kg/obyv.rok v závislosti na typu česlí. [3]

2.1.2 Flotace

Dle normy: „vynášení nerozpuštěných látek v kapalině k hladině pomocí vzestupujících bublin plynu.“ [8]

Princip flotace spočívá ve vznosu částic s nižší měrnou hmotností než voda. Dříve se do vody přidávala povrchově aktivní látka. V dnešní době se flotace provádí prostým přidáváním jemných bublinek vzduchu do vody. Suspendované částice se spojí s těmito bublinkami vzduchu a tvoří komplexy tuhé látky a vzduchu. Jelikož má nižší měrnou hmotnost než voda, stoupá k povrchu, kde je odstraňován stíráním z hladiny. Tyto jemné bublinky mají obvykle velikost 10 až 100 μm a k jejich vytváření používáme metodu volné či tlakové flotace nebo elektroflotace. [6]

Volná flotace

Realizuje se za pomoci aeračních talířů nebo desek s otvory 5 až 20 mm, jejichž otvory jsou navíc vybaveny elastickou hmotou, která se při přerušeném provzdušňování zatáhne, jelikož u takto malých otvorů hrozí riziko ucpávání. [6]

Tlaková flotace

Spočívá v tlakovém plnění vody vzduchem, které vede k rozpuštění vzduchu ve vodě formou bublinek. Používáme tři modifikace tohoto systému. S úplným nasycením, kdy je veškerá voda nasycena tlakovým vzduchem. Dále s částečným nasycením, kdy je jedna část vody nasycena vzduchem pod tlakem a pak je přivedena zpět do zbytku vody. Poslední modifikací je část s částečným sycením a recirkulací, kdy je část vody, která již odtéká vedena přes tlakovou komoru, kde je nasycena vzduchem a přivedena ke zbytku vody, takto dochází k recirkulaci (vrácení) již použité vody. Tento způsob je dnes nejpoužívanějším, už díky tomu, že voda, která odtéká do tlakové nádoby je vyčištěna a nezpůsobuje tedy zanášení tlakových trysek na vzduch. [6]

Elektroflotace

Tato metoda funguje na principu elektrolýzy vody. Při elektrolýze se v jemných bublinkách na katodě uvolňuje vodík a na anodě kyslík, což je základem flotace. Tato metoda je ale velice energeticky náročná. [6]

2.1.3 Sedimentace

Dle normy: „oddělování pevných částic z kapaliny vlivem jejich větší měrné hmotnosti“. U usazování neboli sedimentace jsou částice gravitačním působením usazovány na dně nádrže. Na sedimentaci záleží hlavně hustota látek, které chceme odstranit z odpadní vody. Protože je proces sedimentace dlouhotrvající je nutné počítat při procesu odstraňování částic pouze s částicemi o rychlosti usazování vyšší než 10^{-5} m/s. Tento technologický stupeň je jedním z významných stupňů odstranění nečistot z vody. Jeho použitím lze odstranit až 80 % suspendovaných látek. Sedimentací odstraňujeme vlastně dva typy látek. Za prvé ty přirozené, zrnité, které při usazování nemění svůj tvar. Jsou to např. písky, šterky, prach. A dále částice vločkovité, které mění svůj tvar a vlastnosti při sedimentaci. Mohou to být vločky z biologicky aktivovaného kalu případně některé hydroxidy těžkých kovů. Usazování rozlišujeme dle koncentrace suspenze na sedimentaci prostou, rušenou sedimentaci a zahušťování. [6], [12]

Prostá sedimentace

Částice si zachovávají individuální vlastnosti a platí pro ně zákony pádu částice v kapalině.

Rušená sedimentace

Částice si také zachovávají svoje individuální vlastnosti s tím rozdílem, že dochází k nárůstu objemové koncentrace částic v suspenzi nad 0,5 %. Ta způsobuje vzájemné imperfekce mezi částicemi a tím ovlivnění rychlosti usazování. [6]

Zahušťování suspenze

V suspenzi ztrácejí částice svoje individuální vlastnosti, začínají ze sebe vytlačovat kapalnou část, zahušťují se a tím klesají ke dnu. Kapalina se odděluje od suspendovaných částic. Vznikají tak dvě oddělené části. Tento stav u aktivovaného kalu může nastat již při obsahu suspendovaných částic od cca $0,5 \text{ kg/m}^3$. Při koncentracích od cca 50 do 200 kg/m^3 vznikají oddělené části i u anorganických kalů (písky, kaolin aj.). [6]

Lapák šterku

Zařízení mechanického předčištění, které funguje na principu sedimentace a odstraňuje tu nejhrubší část látek z vody, tedy šterk, cihly a jiný těžký nerozpuštěný materiál. Vzhledem k nízkému obsahu těchto látek z oblastí s malým znečištěním se umísťuje jen na velkých městských čistírnách, do kterých natéká odpadní voda z rozsáhlé oblasti. Šterk a některé horniny se mohou vyskytovat také v horských oblastech nebo na stokových sítích s větším spádem, kde jsou tyto látky snadněji spláchnuty proudící odpadní vodou. [6]

Lapákem štěrku jako takovým se rozumí prodloužená, rozšířená jímka s prohloubeným dnem, kde těžké látky z důvodu snížení rychlosti snadno klesají ke dnu a později se těží automatickým nebo manuálním drapákem. Kvůli možnému poškození betonových stěn drapákem je nutné jímku vybavit např. ocelovým nebo litinovým obložením. Zařízení bývá tvořeno otočným ramenem se zdvižným drapákem a dosahem ke kontejneru na vytěžený materiál, popř. s posuvným drapákem na kolejnici, který pracuje pouze ve dvou osách. [6]

Lapáky písku

Dle normy: „stavební objekt k oddělování štěrku, písku nebo podobných minerálních pevných částic z odpadních vod.“ [8]

V lapáku písku se také uplatňuje proces sedimentace a jeho hlavním úkolem je chránit další stupně ČOV před poškozením. Písek nám může ucpávat potrubí, rušit proces aktivace v aktivačních nádržích nebo poškozovat čerpadla. Zařízení využívá rozdíl hustot a gravitačních sil k oddělení organických látek a písku. Může být částečně využíván i pro lapání tuků, protože při přítoku dojde ke zpomalení a k vzplývání částic k hladině, následně je odstraňován hladinovou stěrkou. Organické látky je nutné zachovat pro další technologické stupně čistírny. Je nutné, aby měl lapák písku navržený dostatečný akumulací prostor pro písek, který se zde nahromadí za 2 až 4 dny. Pro obyvatele uvažujeme produkci písku 5–12 l/obyv. za rok. Lapáky písku rozdělujeme dle směru pohybu písku na horizontální, vertikální, vírové a provzdušňované. [6]

Horizontální lapáky písku

Existuje několik typů lapáků s horizontálním průtokem. Můžeme jmenovat např.:

- štěrbinový,
- komorový,
- komorový s kontrolovanou rychlostí. [6]

Štěrbínový lapák písku

Dle normy: „horizontální lapák písku s příčnými nebo podélnými štěrbinami, kterými propadá zachycený písek do oddělené jímky.“ Jejich dno je perforováno podélnými či příčnými uzavíratelnými štěrbinami, které jsou umístěny na konci a v polovině lapáku kudy písek propadá do boční akumulací nádrže, odkud je pak odtěžen. V tomto lapáku se organické látky odstraňují za pomoci tlakové vody nebo vzduchu, který je odplaví do dalšího technologického stupně ČOV. [6], [12]

Komorový lapák písku

Tento typ charakterizuje lapák písku s usazovacím žlabem a akumulacním prostorem. V akumulacním prostoru se nachází drenážní prostor tvořený šterkovou vystýlkou, která je pokryta pískem. Je proto vhodný pro vody obsahující pouze minerální částice. Vzhledem k tomu, že se v odpadních vodách nevyhneme obsahu organických částic je nutné vytěžený písek prát v pračce písku. Pro případ kolísání průtoku je nutné navrhnu více komorových lapáků. [6]

Komorový lapák s kontrolovanou rychlostí

Vzhledem k tomu, že se průtok v průběhu času mění, tak účinek čištění není vždycky stoprocentní. Tento nedostatek se podařilo odstranit v lapácích tohoto typu. V lapáku je umístěna clona, která vzdouvá hladinu. Kombinací tvaru clony a lapáku se pak mění průtočná plocha v závislosti na průtoku a to vede k dodržení konstantních rychlostí. V dnešní době se nejčastěji používají obdélníkové žlaby s hyperbolickou stěnou, parabolické žlaby (v praxi lichoběžníkového tvaru) s obdélníkovou clonou a trojúhelníkové žlaby s parabolickou clonou. [6]

Vertikální lapák písku

U tohoto typu lapáků je voda přiváděna ke dnu, odkud pomalu stoupá vzhůru. Přitom rychlost usazování částic je menší než vzestupná rychlost, jinak by se strhávaly také částice písku a lapák by neplnil svojí funkci. Půdorys těchto lapáků bývá kruhový někdy čtvercový. Podstatnou nevýhodou je konstantní průtočný průřez, a proto rychlost průtoku není konstantní. Oddělený písek je odstraňován strojně. [6]

Vírový lapák písku

Tento lapák využívá výhod odstředivé síly, kdy voda vtéká do kruhového objektu, kde vzniká příčná cirkulace. Oddělování se děje vlivem hmotnosti částic písku, které jsou odstředovány k vnější straně oblouku a naopak voda spolu s organickými částicemi zůstávají ve vznosu a odtékají s odpadní vodou dále. Písek se pak postupně posouvá do spodní válcové části lapáku, odkud je odstraňován mamutkou. [6]

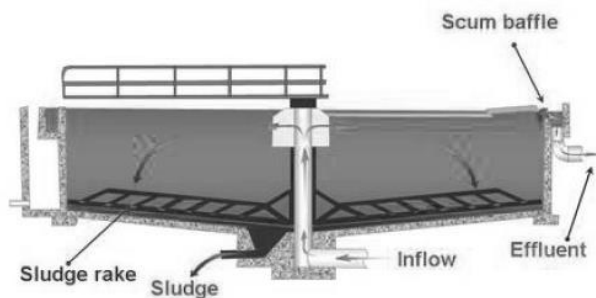
Provzdušňovaný lapák písku

Funguje jako horizontální, ale vytváří se v něm příčná cirkulace za pomoci vhaněného vzduchu. Normá stěna umístěná uvnitř, funguje jako záchytné zařízení, po kterém sklouzává písek do spodní části nádrže odkud je shrabován do jímky, ze které je později odčerpán. [6]

Usazovací nádrže

Dle normy: „nádrž, v níž dochází k oddělování sedimentujících částic z odpadních vod vlivem síly tíže, např. primární usazovací nádrž, mezi – dosazovací nádrž, dosazovací nádrž.“ [8]

Tento typ zařízení slouží ke gravitačnímu oddělení suspendovaných látek tedy k sedimentaci – usazování. Existují dva typy usazovacích nádrží a to primární, a sekundární.



Obr. 2.3 – Kruhová usazovací nádrž (Sludge – kal, sludge rake – hrábák kalu, inflow – přítok odpadní vody, effluent – odtok, scum baffle – norná stěna) [27]

Prostor usazovacích nádrží se dělí na několik částí. Vtoková a odtoková část musí zajišťovat rovnoměrné rozdělení odpadní vody v usazovací části nádrže. V kalovém prostoru se zahušťuje a později akumuluje kal, proto musí být dostatečně prostorná. [3], [6]

Primární usazovací nádrže

Tyto nádrže jsou jedním z prvních stupňů čištění odpadních vod, řadíme je tedy mezi mechanické způsoby předčištění vody. Primární nádrže slouží k odstranění nerozpuštěných látek, které se snadno usazují. Odstraněním těchto látek je zajištěno odlehčení dalších stupňů čištění. Mají schopnost odstranit až 70 % rozptýlených látek v odpadní vodě. Na tomto množství závisí především hydraulické zatížení nádrže a také střední doba zdržení. Redukce BSK₅ pak může být až 40%. Tyto nádrže jsou vybaveny jak hloubkovým stěračem tak někdy i povrchovým, aby byla možnost odstranit co nejvíce nerozpuštěných látek. Kaly jsou pak zpracovávány společně. [3], [6]

Sekundární usazovací (dosazovací) nádrže

Sekundární usazovací nádrže neboli dosazovací, zajišťují odstranění vloček biologického kalu v biologickém stupni čištění odpadních vod. Shromažďují biologický kal k dalšímu využití a zajišťují jeho krátkou akumulaci, který je vyplaven při deštích z aktivační nádrže.

Na velikosti nádrže závisí především koncentrace kalové sušiny v aktivaci a kalový index (KI). Významným faktorem je také hloubka těchto nádrží. Sekundární nádrže nemají hladinové stírací zařízení, kal se odebírá pouze ode dna.

Usazovací nádrže se dále dělí dle tvaru konstrukce a směru průtoku na:

- s horizontálním průtokem,
 - pravouhlé,
 - kruhové,
- s vertikálním průtokem,
 - pravouhlé,
 - kruhové,
- štěrbinové s kalovým prostorem,
- lamelové,
- etážové. [6]

Nádrže s horizontálním průtokem - pravouhlé

Tyto nádrže jsou obdélníkového tvaru a voda v nich protéká podélně s odtokem na opačném konci než s přítokem a s nornou stěnou na obou koncích. Na začátku nádrže za místem vtoku se nachází zahloubená část na kal. Ten je stírán ze dna a padá do této části, ze které je později odčerpáván. Tento typ nádrží se navrhuje do maximální délky 60 m. Stíracím zařízením může být řetězový, lanový nebo pojízdný mostový shrabovák. Zařízení se pohybuje pomalu po kolejkách umístěných v okrajích nádrže a stírá kal ze dna. Nádrže tohoto typu se používají především jako usazovací a mohou se navrhovat jako oddělené případně se společnou dělicí přepážkou. [6]

Nádrže s horizontálním průtokem – kruhové

Tyto nádrže mají kruhový půdorys o největším průměru 55 m a voda je přiváděna do jejich středu, kde se zklidní za pomoci vertikálního válce, který je dutý a zároveň slouží jako nosný bod pro konstrukci stíracího zařízení a pak radiálně protéká směrem k obvodu, kde se nachází přepadový žlab odkud odtéká voda, která je zbavena kalu. Nádrž je vytvořena ve sklonu klesajícím ke středu. Sem se stírá kal pomocí stíracího zařízení. Odtud je pak dále odváděn potrubím pro další využití. [6]

Nádrže s vertikálním průtokem – kruhové, pravouhlé

Hlavním rozdílem oproti nádržím s horizontálním průtokem je, že v těchto nádržích se nenachází žádné stírací zařízení. Jsou proto vhodné spíše pro menší ČOV. Voda je sem přiváděna středem směrem do dna nádrže. Voda stoupá k hladině a odtéká skrze přepadový žlab. Kal pomalu klesá do spodní části nádrže díky stěnám, které jsou ve sklonu 1,75 : 1, kde je odstraňován potrubím, za působení tlaku nebo čerpáním. [6]

Nádrže štěrbinové s kalovým prostorem

Tento typ nádrží se skládá ze dvou částí. Spodní nádrže odkud je odstraňován kal a z horní nádrže do které přitéká odpadní voda, která má ale ve své spodní části šikmé stěny se štěrbinou, kudy kal sedimentuje do hlubší nádrže. Ve spodní nádrži je vytvořeno vhodné prostředí se zvýšenou teplotou pro dostatečné zdržení kalu a anaerobní vyhnívání. [6]

Nádrže lamelové

Tyto nádrže pracují na principu zvýšení účinné plochy k usazování za použití ocelových nebo plastových ploten. Na ty se zachytává kal a sklouzává do spodní části, kde je pak shrabován. Je nutné zajistit zdroj tlakové vody pro případné omytí, jelikož se mohou mezery mezi lamelami snadno zanášet kalem. [6]

Nádrže etážové

Využívají se především tam, kde je nedostatek prostoru pro umístění většího počtu nádrží. Fungují na stejném principu jako nádrže pravoúhlé s horizontálním průtokem, akorát se nacházejí pod sebou, mají společný kalový prostor a z hladiny každé nádrže je vyčištěná voda odváděna zvlášť. [6]

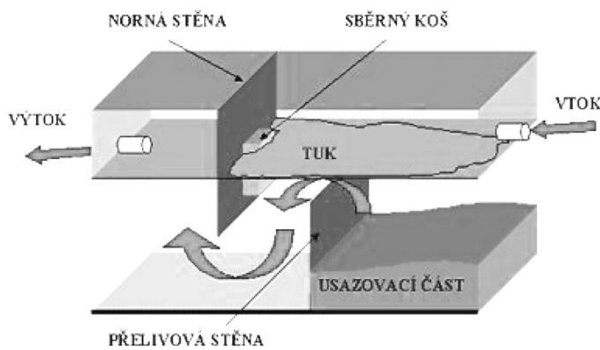
2.1.4 Vzplývání

Tato metoda funguje na podobném principu jako flotace. Uvažuje ale, že látkám není potřeba pomoci např. provzdušňováním. Spoléhá se zde na vztlakové síly a rozdíly hustot. Používá se především u ropných látek, které mají menší hustotu než voda a vyplouvají k hladině, kde mohou být snadno stírány. Na tomto principu fungují norné stěny při ekologických haváriích na tocích. Problémem mohou být emulze, které vznikají především za působení usaditelných a povrchově aktivních látek. K vzplývání látek můžeme dopomoci přidavkem skleněných střepů nebo koksu do vody, na které se mazlavé látky vážou a jsou pak lépe odstraněny. Tato metoda je používána u lapáků ropných látek nebo lapáků tuků.

Lapáky tuků

Dle normy: „stavební objekt nebo strojní zařízení k oddělování tuku, oleje nebo jiných plovoucích látek z odpadních vod“ [8]

Tento typ zařízení je používán především v provozech, které produkují nadměrné množství mazlavých látek tedy olejů, ropy a tuků. Jsou to např. restaurace, jídelny, případně potravinářské závody.



Obr. 2.4 – Schéma lapáku tuků [17]

V počátku vtoku odpadní vody se ze spodu nádrže provádí provzdušňování, aby se mastné látky oddělily od kalových částic a dostaly se k hladině. V této první části se tedy nachází v určité délce kalový prostor, do kterého padá oddělený kal. Dále je zde norná stěna, která napomáhá k vyplutí lehčích látek k hladině a v její blízkosti se nachází lapací prostor, do kterého se postupně zachycují mastné látky. Voda dále protéká od spodu přes nornou stěnu a pokračuje k dalšímu technologickému stupni. [3], [6]

Lapáky ropných látek

S lapákem ropných látek se setkáme především na vnitřní kanalizaci. Lapák ropných látek je umístěn v místě nebezpečí úniku ropných látek a to např. u benzínek nebo v blízkosti silnic a dálnic. Na hladině se nachází norná stěna v podobě hadice z materiálu, který na sebe váže ropné látky. Hadice je za pomoci motoru stahována po hladině a tím shrnuje ropné látky, které se zde zdržují, do nádoby připravené na odvoz. [3], [29]

2.2 Biologické čištění

V přírodě se setkáváme s přirozenými procesy. Existuje mnoho druhů heterotrofních bakterií, které pro jejich přirozený vývoj a životní cykly rozkládají organické látky a tím získávají živiny. V biologické čistírně se snažíme o rozvoj a udržení těchto bakterií, abychom přírodě blízké procesy urychlily a dosáhly vyčištěné vody dostatečné kvality.

Při biologickém čištění je odstraněno především rozpuštěné organické znečištění a nutrienty (N – dusík a P – fosfor). Dosahujeme toho koagulací těchto látek a následným odstraněním v dosazovací nádrži sedimentací. Základem biologického čištění jsou biochemické oxidačně – redukční reakce. Podle akceptoru elektronů a hladiny oxidačně – redukčních potenciálů rozdělujeme na tyto probíhající reakce: [6]

- oxická oblast (s přístupem kyslíku), kde je akceptorem rozpuštěný kyslík a probíhá oxidace organických látek a nitrifikace,

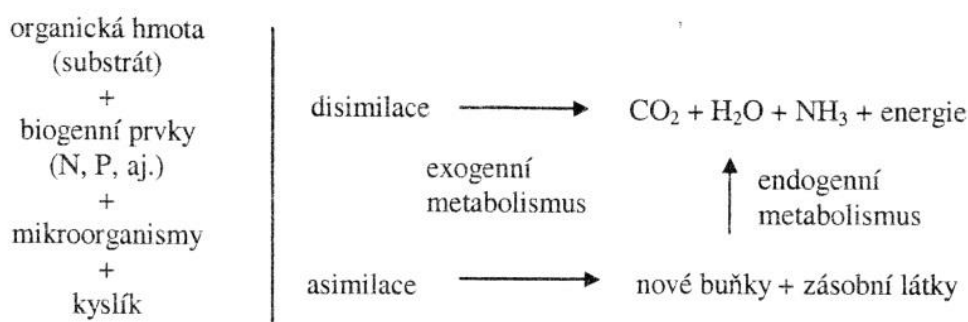
- anoxická oblast (bez přístupu kyslíku), kde je akceptorem dusík v dusitanové a dusičnanové podobě a probíhá denitrifikace,
- anaerobní oblast (bez přístupu vzduchu), kde je akceptorem organická látka, probíhá redukce i oxidace molekuly a dále anaerobní acidogeneze a methanogeneze. [6]

2.2.1 Aerobní biologické čištění

Při tomto typu čištění se zapojují organismy, které využívají molekulární kyslík k rozkladu organických látek (neboli substrátu) oxidačními procesy. Mikroorganismy tak získávají energii a produkují oxid uhličitý a vodu. Pro fungování těchto organismů a to především syntézu jejich buněčné hmoty je nutné těmto organismům dodávat biogenní prvky. Tzn. uhlík, kyslík, vodík, síru a také dusík a fosfor. Právě dusíku a fosforu může být hlavně v průmyslových vodách snižené množství a proto se musí do vody dodávat. Mikroorganismy se běžně vyskytují v odpadních vodách, ale je nutné jejich populaci v čistírně rozšiřovat. Proto potřebují již zmíněné biogenní prvky a dále energii, kterou získávají ze světla a z organických nebo anorganických oxidačně – redukčních reakci. [6]

Aerobní čištění dělíme na:

- přirozené – probíhá v kořenových čistírnách odpadních vod,
- umělé
 - s biomasou ve vznosu – aktivace,
 - s přisedlou biomasou – biofilmové reaktory. [6]



Obr. 2.5 – Schéma aerobního procesu čištění (disimilace – proces rozkladu organických látek pro získání živin, asimilace – přeměna látek pro stavbu těla mikroorganismu) [6]

Při biologickém aerobním čištění probíhají procesy nitrifikace a denitrifikace.

Nitrifikace

Dle normy: „oxidace amonných solí mikroorganismy; obvykle jsou konečným produktem dusičnany.“ [11] Odpadní vody obsahují velké množství amoniaku, který lze přeměnit oxidací na dusičnany mikrobiálním způsobem zvaným nitrifikace. Dusičnany se pak dále odstraňují

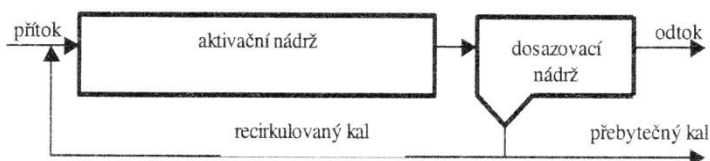
procesem denitrifikace. Nitrifikace probíhá ve dvou stupních. V nitrifikačním, kdy bakterie oxidují amoniak na dusitany a dále procesem nitrifikačním kdy jsou dusitany oxidovány na dusičnany. [6]

Denitrifikace

Dle normy: „redukce dusičnanů nebo dusitanů působením mikroorganismů, při uvolňování především plynného dusíku“. [11] Proces probíhající za anoxických podmínek po nitrifikaci redukuje dusičnany a dusitany na nižší oxidy dusíku až na plynný dusík. Pomocníky při tomto procesu jsou aerobní bakterie, které potřebují dusičnany pro své metabolické činnosti. Denitrifikace také probíhá ve dvou stupních. Prvním jsou dusičnany redukovány na dusitany a ve druhé se dále redukují na plynný dusík. [6]

Aktivace

Dle normy : „způsob biologického čištění odpadních vod, při kterém je směs odpadních vod a aktivovaného kalu promíchávána a provzdušňována a následně aktivovaný kal oddělován od čištěných odpadních vod a vrácen zpět do procesu“ [11]



Obr. 2.6 – Schéma klasického procesu aktivace [3]

Základem pro aktivaci je aktivovaný kal získaný z provzdušňované aktivizační nádrže. Při tomto procesu přitéká mechanicky vyčištěná voda do aktivizační nádrže, kde je smíšená s aktivovaným kalem. Aktivovaný kal se odděluje v dosazovací nádrži, odkud se recirkuluje zpět do aktivizační nádrže a přebytečné množství se odstraňuje. Přebytečné množství vzniká rozvojem biomasy z důvodu kontinuálního odstraňování organických látek. Tím je zajištěno potřebné množství mikroorganismů pro fungování biologického čištění. [6]

Aktivovaný kal je tvořen množstvím shluklých mikroorganismů především bakterií. Ty se shlukují tzv. bioflokulací. Bakterie zbytnují svoji buněčnou blánu za pomoci extracelulárních polymerů složených hlavně z bílkovin a polysacharidů. Tyto polymery slouží jako flokulanty. Díky tomu dochází ke shlukování bakterií a tím vznikají vločky aktivovaného kalu. Kromě bakterií může aktivovaný kal obsahovat i houby, plísně, kvasinky nebo suspendované a koloidní látky. Při návrhu aktivace nás zajímá množství parametrů. Jsou jimi např. doba zdržení směsi, která se vyjadřuje poměrem objemu nádrže k přítoku odpadní vody, objemové zatížení vyjadřuje množství kalu přivedené na m³ nádrže za den, zatížení kalu „vyjadřuje množství substrátu na 1 kg celkové nebo organické sušiny kalu za den“, stáří kalu určuje podíl hmotnosti sušiny kalu v aktivizační nádrži

a hmotnosti sušiny kalu odebrané denně jako přebytečný kal včetně suspendovaných látek unikajících odtokem“, kalový index, který „je definován jako objem, který zaujímá 1 g sušiny kalu po půlhodinové sedimentaci“ a další údaje jako denní produkce kalu, výkonnost kalu, koncentrace sušiny biomasy aj. [3], [7], [6]

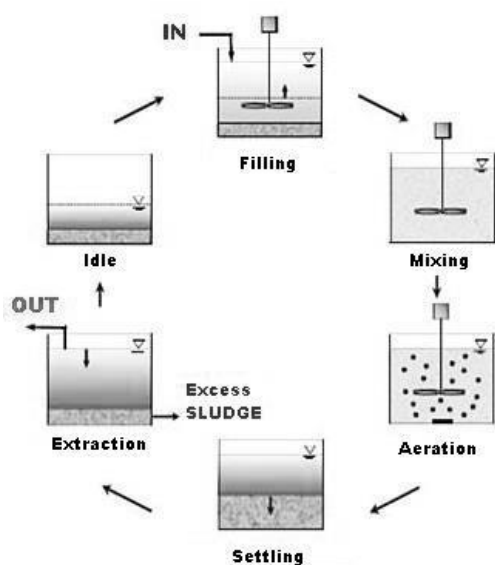
Rozlišujeme několik druhů možného provádění biologického čištění pomocí aktivace.

- diskontinuální
 - SBR reaktor.
- kontinuální
 - aktivace šachtová, směšovací, s postupným tokem, s oddělenou regenerací kalu, s cirkulací aktivační směsi, s postupným zatěžováním. [6]

Diskontinuální

SBR reaktor

Dle normy: „čištění odpadních vod aktivačním procesem s přerušovaným provozem v jediné nádrži. Provoz zahrnuje plnění, mísení, provzdušňování, usazování a vypouštění čištěných odpadních vod.“ [12]



Obr. 2.7 – Fáze SBR reaktoru [23]

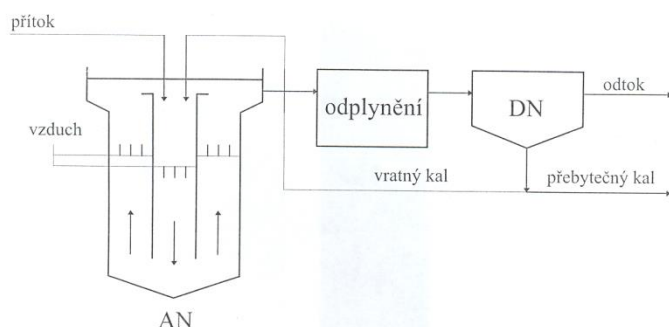
Všechny procesy biologického čištění běží v jedné nádrži. Přitom musí být k dispozici více paralelním nádrží, aby se procesy střídaly a zajistilo se tak efektivní čištění. Nádrž se napouští odpadní vodou a přitom probíhá míchání a provzdušňování nádrže, dále se usazuje biologický kal a nakonec se odčerpává vyčištěná voda. V další nádrži mezitím probíhá aktivace. Procesy se pak pro střídají. Střídání procesů může být řízeno buď hladinovým plovákem, nebo časovačem, který

odstartuje jednotlivé procesy. Vysvětlivky k obrázku: Filling – napouštění, Mixing – míchání, Aeration – provzdušňování, Settling – usazování kalu, Extraction – vypouštění, Excess sludge – odčerpávání přebytečného kalu, idle – doba klidu kdy pracuje paralelní nádrž. [6]

Kontinuální

Aktivace šachtová

Dle normy: „aktivace v hlubokých podzemních šachtách“ [12]

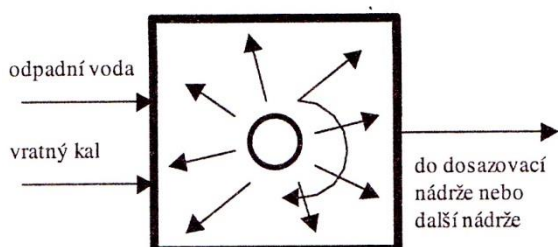


Obr. 2.8 – Schéma šachtové aktivací nádrže (AN – aktivací nádrž, DN – dosazovací nádrž) [15]

Tato aktivace funguje na principu hluboké štíhlé nádrže, která je rozdělena na dvě části přepážkou. V 1/3 až 1/2 hloubky je vháněn vzduch do obou částí. Směs se pohybuje z důvodu rozdílu hustot různě provzdušněných směsí v jedné části dolů a v druhé nahoru (v obr. 2.8 naznačeno šipkami). Voda pokračuje k nádrži, kde se z ní odstraní přebytečné množství plynu a dále do dosazovací nádrže. Kal je pak recirkulován zpět k přítoku do aktivací nádrže. [6]

Aktivace směšovací

Dle normy „aktivace v dokonale míchané aktivací nádrži s konstantní koncentrací znečištění v celém objemu nádrže“ [12]

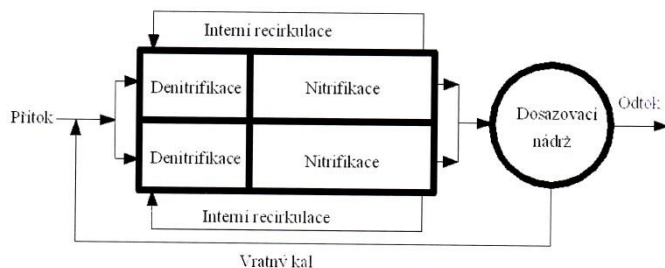


Obr. 2.9 – Schéma směšovací aktivace [3]

Výhodou směšovací aktivace je vysoká odolnost proti toxickým látkám, jelikož jsou zředěny ihned na začátku nádrže z důvodu intenzivního promíchávání celého objemu nádrže. Tím je zajištěno rovnoměrné rozložení kyslíku a koncentrace aktivovaného kalu. [6]

Aktivace s postupným tokem

Dle normy: „aktivace v dlouhých podélných aktivačních nádržích, do kterých se odpadní vody i vrácený aktivovaný kal přivádějí na jejich začátek; podél nádrží dochází k poklesu koncentrace znečištění.“ [12]

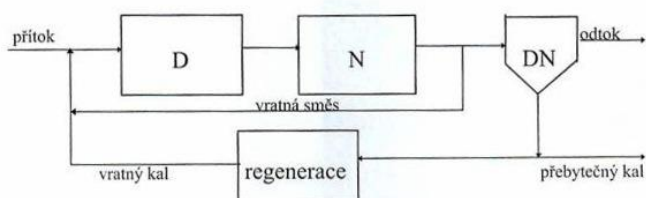


Obr. 2.10 – Schéma aktivace s postupným tokem [6]

Tento typ aktivace probíhá v nádržích s poměrně dlouhým korytem, kde je odpadní voda smíšená s aktivovaným kalem hned na začátku a pak podélně protéká. S blížícím se koncem nádrže klesá rychlost spotřeby kyslíku se snižujícím se počtem mikroorganismů. Kal z dosažovací nádrže se pak vrátí zpět na začátek aktivační nádrže. [6]

Aktivace s oddělenou regenerací kalu

Dle normy: „modifikace aktivace, při které se vrácený aktivovaný kal provzdušňuje (regeneruje) odděleně“ [8]

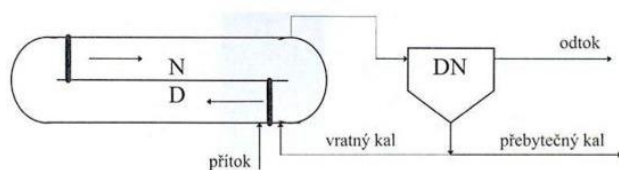


Obr. 2.11 – Schéma aktivace s regenerací kalu [14]

Neboli R–D–N systém spočívá v odvádění kalu z dosažovací nádrže do nádrže regenerační, kde je provzdušňován asi 2–4 h. Probíhá oxidace látek v kalu a k vyčerpání zásobních látek. Tím se zvyšuje jeho adsorpční a akumulární kapacita. Regenerovaný kal se poté přivádí na začátek aktivační nádrže. [6]

Aktivace s cirkulací aktivační směsi - oběhová

Dle normy: „aktivace s malým látkovým zatížením, uspořádaná do uzavřeného okruhu“ [8]

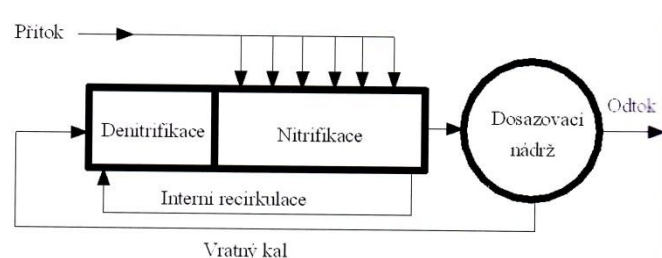


Obr. 2.12 – Schéma oběhové aktivace [13]

V nádrži se nachází aerační zařízení, které dodává do nádrže kyslík a zároveň dostává do pohybu aktivační směs. Existují dvě modifikace a to oxidační příkop (dle normy: „aktivační nádrž obvykle tvarovaná jako rovnoběžné příkopy na koncích spojené do uzavřeného okruhu“ [8]) a oběhová aktivace (dle normy: „aktivace s malým látkovým zatížením uspořádaná do uzavřeného okruhu“ [12]). U první zmíněné nedochází ke střídání oxických a anoxických zón. Nádrž oběhové aktivace je hluboká max. 5 m a voda v ní koluje přibližně deset minut. Tím je umožněno vytvoření oxické i anoxické zóny. [6]

Aktivace s postupným zatěžováním

Dle normy: „aktivace, při které se přítok odpadních vod rozděluje po délce aktivační nádrže, ale vrácený aktivovaný kal se všechen přivádí na její začátek“ [12]



Obr. 2.13 – Schéma aktivace s postupným zatěžováním [6]

Nádrží protéká aktivovaný kal a ze strany se do ní přivádí odpadní voda na několika místech. Tím je zajištěno postupné zatěžování. Koncentrace kalu je po délce nádrže různá a vyrovnává se rychlost spotřeby kyslíku. Kal z dosazovací nádrže se pak vrátí zpět na začátek aktivační nádrže. Nádrže je principem podobná kombinaci postupně protékané a směšovací aktivace. [6]

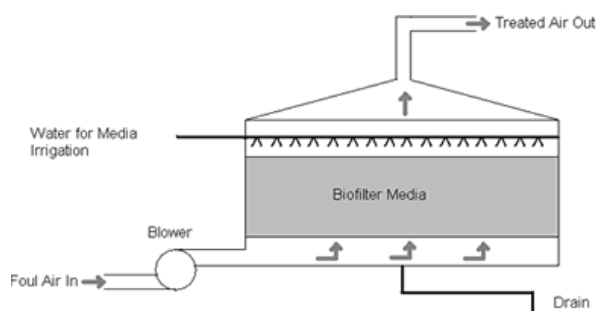
Biofilmové reaktory

Dle normy: „Reaktor, ve kterém se dosahuje rozhodujícího podílu biologického čištění pomocí biofilmu vytvořeného na nosiči.“ [8]

Princip čištění v reaktorech se od aktivace příliš neliší. Hlavním rozdílem je provedení pomocných mikroorganismů ve vodě. U aktivace se mikroorganismy udržují ve vznosu a u biofilmových reaktorů jsou uchyceny na pevném podkladě, který tvoří čistící biofilm (biologickou blánu). Biofilm se skládá z několika vrstev, kde v první probíhá adsorpce organických látek, které jsou rozkládány mikroorganismy kvůli zisku energie. Dalšími vrstvami jsou oxická a anoxická zóna. [6]

Skrápěné biologické kolony

Dle normy: „biologický filtr s nepřerušovaným provozem zatěžovaný tak, aby vločky biologického povlaku byly postupně vyplavovány.“ [12]

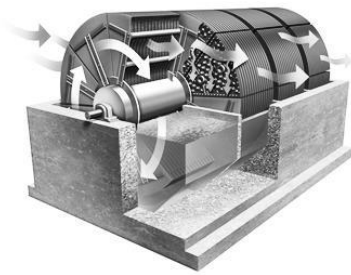


Obr. 2.14 – Schéma skrápěného biofiltru (Foul air in – nasávání vzduchu, Blower – fukar, Drain – odvodnění, Biofilter media – náplň biofiltru, treated air out – vzduch unikající vytvářející komínový efekt), water for media irrigation – rozstříkovaná odpadní voda) [24]

Jsou to kruhové nádrže se dnem tvořeným roštem, na kterém se nachází náplň filtru. Náplň biofiltru je tvořena hrubým kamenivem případně různými typy plastů naspanými do výšky 3–4 m. Voda je rozstříkována na povrch biofilmu a při kontaktu je čištěna a odtéká skrze rošt a dále pokračuje do dosazovací nádrže. Pro správné fungování systému je nutný přístup kyslíku, který je získáván organismy ze vzduchu, který proudí nádrží a vytváří komínový tah v důsledku rozdílných teplot vně a uvnitř nádrže. Ve schématu biofiltru se nachází také fukar, který se v našich podmínkách nepoužívá. U nádrží tohoto typu se přivádí vzduch přirozeně. [6], [7]

Rotační biofilmové reaktory

Dle normy: „biologický filtr ve tvaru válce s vodorovnou osou, rozdělený na segmenty, částečně ponořený a otáčený v čištěných odpadních vodách.“ [12]



Obr. 2.15 – Rotační biofilmový reaktor [21]

Biofilm je umístěn na hřídeli, která se pomalu otáčí. Chvilí se nachází v odpadní vodě, která je zdrojem substrátu pro biomasu a chvilí na vzduchu, kde mikroorganismy získávají kyslík. Z důvodu rotace odumřelá hmota postupně odpadá z hřídelí a odtéká do dosazovací nádrže. Vzhledem k velikosti těchto reaktorů je vhodné je použít spíše v malých čistírnách. [6]

Ponořené biologické kolony

Dle normy: „biofilmový reaktor, v kterém je nosič s pevnou náplní ponořen do protékajících odpadních vod“ [8]

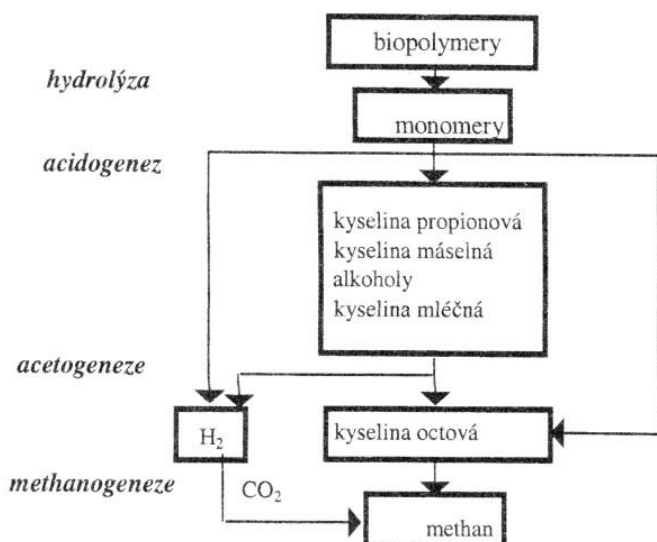
Tato metoda je v současné době zastoupena např. technologií Biostyr. Tvoří ji biofilm skládající se z granulovaného polystyrenu, který je provzdušňován v mezidně s tryskami a aeračním roštem. Odpadní voda přitéká ode dna a stoupá směrem nahoru, kudy prochází přes biofilm. V horní části je strop s tryskami, který zabraňuje vyplavení filtračního materiálu a přes který vytéká vyčištěná voda. Z důvodu zanášení filtru je nutné praní filtru vodou a vzduchem jedenkrát za 24 h. [6]

Reaktory kombinované

Jsou to aktivační nádrže, které mají uvnitř pevné médium na kterém je přichycena biomasa. Předpokládá se proto zintenzivnění čistících procesů. [6]

2.2.2 Anaerobní biologické čištění

Anaerobní biologické čištění je umožněno díky několika na sobě závislých mikrobiálních skupinách, které mají určitý typ metabolismu, jehož produkce od jedné skupiny je substrátem pro skupinu následující.



Obr. 2.16 – Schéma anaerobního biologického čištění [3]

Tento typ čištění je vhodný především u vod s vysokou koncentrací organického znečištění. Prvním stupněm je rozklad složitých organických sloučenin na jednodušší monomery. V další fázi acidogeneze dochází ke kvašení a vznikají především mastné kyseliny a je produkován vodík. Tyto kyseliny jsou v procesu acetogeneze rozkládány za tvorby kyseliny octové zase za produkce vodíku. Poslední fází je metanogeneze, kdy probíhá kvašení a kyselina octová se přeměňuje na metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2 (procesem methanizace) a současně probíhá metabolismus $\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4$. [3], [6]

2.3 Chemické čištění

Chemické čištění odpadních vod zařazujeme do tzv. terciálního čištění, tedy dočištění vody před vypuštěním do recipientu. Používá se především při úpravě vody pro obyvatele. Typickým příkladem chemického čištění je proces číření, který v sobě zahrnuje koagulaci a srážení, dále sorpční procesy na určitý nosič, např. aktivní uhlí, nebo neutralizaci, oxidaci a redukci. Proces tohoto typu čištění se skládá ze dvou postupů. První je reakční fáze, kdy se přidávají pomocné látky do vody, fosforečnany se sráží, destabilizují se koloidy a probíhá flokulace. Další fází je fáze separační, kdy se vločky vytvořené v první fázi odstraňují z vody sedimentací či flotací. Chemickým čištěním můžeme nazývat i prostou dezinfekci chlorem, případně různou doúpravu v případě zápachu nebo nevyhovujícího pH. [6], [7]

2.4 Vliv na recipient

Při vypouštění vyčištěných vod z ČOV musíme dbát na konkrétní vodní tok nebo nádrž, všeobecně nazývané jako recipient, do kterého je voda vypouštěna a jelikož čištění odpadních vod není nikdy stoprocentní, je nutné stanovit maximální přípustné znečištění, které lze do recipientu

vypouštět. Především vypouštění vyčištěné odpadní vody do podzemních vod je zakázáno. Kvalitu těchto vod je nutné ověřovat pravidelnými měřeními koncentrací nebezpečných látek a objemu vypouštěných látek na odtoku. Vždy je nutné uvést způsob vypouštění odpadních vod. Musíme vědět, jestli se v oblasti vypouštění nenachází zdroj pro pitnou vodu, případně jestli není nutné zajistit vyšší stupeň čištění vody. Vhodné je také posoudit možnost znovu využití vyčištěných vod. V následující tabulce jsou uvedeny aktuální přípustné hodnoty znečištění vypouštěných vod z ČOV. [10]

Tab. 2.1 – Tabulka hodnot koncentrace ukazatelů znečištění odpadních vod v mg/l [1]

Kapacita ČOV	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		NH-NH ₄ ⁺		N _{celk.}		P _{celk.}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m
Do 500*	150	220	40	80	50	80	–	–	–	–	–	–
501 – 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	–	–	–	–
2001 – 10000	120	170	25	50	30	60	15	30	–	–	3	8
10001 – 100000	90	130	20	40	25	50	–	–	15	30	2	6
Nad 100000	75	125	15	30	20	40	–	–	10	20	1	3

*počet EO, kde p - přípustné hodnoty, m - maximální hodnoty

3. Navrhování ČOV

3.1 Podklady pro návrh ČOV

Prvním podkladem pro projektování čistírny by mělo být co nejpřesnější určení množství a vlastností vypouštěných odpadních vod. Pro jeho určení potřebujeme informace o území, ze kterého budeme odvádět odpadní vody. Musíme tedy zjistit počet obytných objektů a počet ubytovaných obyvatel, včetně předpokládaného budoucího vývoje počtu obyvatelstva. Dále je nutné zjistit, jaké průmyslové závody se v blízkosti nachází a čím se zabývají, to samé platí o zemědělských provozech. Pro ucelený přehled vlastností odpadních vod se používá tzv. populační ekvivalent, tedy počet ekvivalentních obyvatel, na které se svým způsobem přepočtou i průmyslové a zemědělské provozy. Ekvivalentní obyvatel, zkráceně EO nám vyjadřuje specifické množství znečištění odpadních vod v gramech na jednoho obyvatele. EO se vypočte jako podíl celkového znečištění (BSK_{5,celk.}) a specifického znečištění (BSK_{5,s}). Specifické znečištění se vyjadřuje v g/den na jednoho obyvatele a uvažuje se obvykle 60 g.obyv/den. [3]

3.2 Zatěžovací parametry ČOV

Při dimenzování čistírny odpadních vod bereme v úvahu všechny znečištěné vody a to jak již bylo zmíněno od obyvatelstva, zemědělství a od průmyslu. Výpočty základních zatěžovacích parametrů ČOV z různých zdrojů znečištění jsou uvedeny v následujícím textu. [3]

3.2.1 Odpadní vody od obyvatelstva

Největším množstvím produkovaných odpadních vod pochází od obyvatelstva. Vycházíme především z vody fakturované, tedy té, která projde měřidly a je zaznamenána a výrobce (vodohospodářská společnost) za ni dostane zapláceno. Doporučuje se snížit množství této vody o cca 20 %, aby se vyloučila voda, která je použita např. na zalévání zahrad a primárně se vsákne do půdy, případně vodu použitou na oplach komunikací.

Prvním parametrem, který potřebujeme zjistit je průměrný denní průtok Q_{24}^o . Vypočte se jako součin počtu obyvatel a průměrné produkce odpadních vod na jednoho obyvatele. Produkce odpadních vod se uvažuje ve velikosti specifické denní spotřeby vody. Vyhláška č. 120/2011 o spotřebě studené vody udává různé hodnoty spotřeby pro bytový fond a všechny typy občanských zařízení. Pro účely výpočtů budeme uvažovat obvyklou specifickou spotřebu vody na jednoho obyvatele, která se pohybuje kolem 100 l/obyv.den.

Dalším výpočtovým parametrem bude maximální denní průtok Q_d^o . Ten lze vypočítat jako součin průměrného denního průtoku a součinitele denní nerovnoměrnosti k_d . O velikosti součinitele denní nerovnoměrnosti rozhoduje počet obyvatel. V následující tabulce jsou dle normy uvedeny jednotlivé součinitele pro přibližný počet obyvatel. [3], [6], [9]

Tab. 3.1 – Hodnoty součinitelů k_d [9]

Počet obyvatel	Součinitel k_d
≤ 1000	1,5
1000 – 5000	1,4
5000 – 20000	1,35
20000 – 100000	1,25
≥ 100000	individuálně

Maximální hodinový průtok Q_{hmax}^o získáme součinem max. denního průtoku se součinitelem hodinové nerovnoměrnosti k_h neboli k_{max} . Součinitel nám určuje jakousi rezervu, kdy v určité době během dne, např. večer se může vypouštět mnohem větší množství odpadních vod, naopak třeba v nočních hodinách je množství mnohem menší. Součinitel se snižuje s počtem obyvatel, závisí tedy především na velikosti připojené obce. Celé číslo Q_{hmax}^o nezapomeňme

vydělit 24, abychom získali hodinové maximum. Minimální průtok zjistíme součinem průměrného denního průtoku Q_{24}^o a spoučinitele k_{min} . [1], [3], [6], [19]

V následující tabulce jsou hodnoty součinitelů k_{max} a k_{min} dle ČSN 75 6401.

Tab. 3.2 – Hodnoty součinitelů k_{min} a k_{max} [9]

p. ob.	30	40	50	75	100	300	400	500	1t.	2t.	5t.	10t.	20t.	30t.	50t.	100t.
k_{max}	7,2	6,9	6,7	6,3	5,5	4,4	3,5	2,6	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5
k_{min}	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7

3.2.2 Ostatní odpadní vody

Dalšími vodami se kterými je nutné počítat při výpočtu zatěžovacích parametrů jsou např. vody průmyslové. Tyto vody se řeší pro každý provoz individuálně, už především proto, že pracovní a celkové roční doby provozu se liší. Mezi ostatní vody pak patří také vody balastní, které správně na ČOV nepatří, ale při výpočtu je nutné s nimi počítat.

Průmyslové

Při výpočtu průmyslových splaškových vod je nutné zjistit průtočné parametry jako je průměrný průtok Q_{24spl}^p , maximální denní průtok Q_{dspi}^p a maximální hodinový průtok Q_{hspi}^p . Počítáme také s rozdělením dne na směny a dle typu průmyslového provozu používáme různé součinitele k . Dále počítáme také s vodami procesními, které se využívají k jednotlivým technologickým postupům v závodě. Můžeme je vyjádřit přímo daným průtokem Q (m^3/d). [6], [19]

Balastní

Balastní vody Q_B můžeme stanovit např. měřením na stokové síti. V ČR se uvažují při navrhování balastní vody odhadem a to 10–15 % z celkového množství odpadních vod. Jiným způsobem může být postup používaný v USA, kde se počítá s 0,01–2 m^3 balastních vod za den na 1 cm DN stoky na km délky stoky. S balastními vodami počítáme i při navrhování nové sítě. V případě, že u té stávající, je výrazně překročeno množství 15 % vod, doporučuje se provést úpravy či rekonstrukce na stokové síti. [6]

3.2.3 Bilance

Po analýze veškerých vod potřebných pro návrh musíme udělat celkovou bilanci, ze které zjistíme konečné hodnoty průtoků, tedy návrhové hodnoty pro jednotlivé stupně čistírny. [6]

Určujeme průměrný denní přítok Q_{24} , který vypočteme jako součet průměrného denního přítoku od obyvatel Q_{24}^o , od průmyslu Q_{24spl}^p , z vod procesních Q_{24proc}^p a z balastních vod Q_B .

Maximální denní přítok bez dešťových vod Q_d se vypočte z maximálních hodnot průtoků od obyvatel Q_d^o , z průmyslu Q_{dspl}^p , z procesních vod Q_{dproc}^p , a z balastních vod Q_B . Maximální hodinový průtok Q_h určíme za pomoci dvou vzorců, kdy uvažujeme s tím větším číslem průtoků. Vypočte se buď součtem maximálního hodinového průtoků vod od obyvatelstva Q_{hmax}^o , max. denního průtoků průmyslových Q_{hspl}^p a procesních vod Q_{dproc}^p a balastních vod $Q_B/24$, nebo součtem maximálního denního průtoků od obyvatelstva Q_d^o , max. hodinového průtoků průmyslových Q_{hmax}^p , procesních vod Q_{hproc}^p a balastních vod $Q_B/24$. [6], [19]

Hodnotu průměrného denního průtoků Q_{24} používáme především při návrhu technologických stupňů čistírny, kde se uvažuje s určitým denním množstvím. Např. množství materiálu na lapáku šterku, v lapáku písku, případně produkce plynu ve vyhnívacích nádržích.

Návrhovou hodnotu průtoků $Q_v=Q_d$ používáme pro návrh technologických stupňů, kde jsou „návrhovými parametry doba zdržení, hydraulické zatížení, doba kontaktu” aj. Max. hodinový průtok Q_h se používá např. při navrhování biologické části čistírny. Pro správný návrh technologických stupňů čistírny je také nutné stanovit „maximální hydraulické a látkové zatížení”. [6]

3.2.4 Znečištění odpadních vod

Vedle již zmíněných návrhových průtoků je nutné zjistit také látkové znečištění a množství produktů čištění odpadních vod. Základními hledanými hodnotami jsou BSK₅, CHSK, Nerozpuštěné látky (NL), $N_{celk.}$, $P_{celk.}$. V následující tabulce najdeme hodnoty jednotlivých parametrů přepočtených na 1 EO. [6]

Tab. 3.3 – Orientační hodnoty specifického znečištění [3]

Znečištění	Množství v g/den
BSK ₅	60
CHSK	120
NL	55
$N_{celk.}$	11
$P_{celk.}$	2,5

Tyto hodnoty jednoduše vynásobíme počtem EO a dostaneme celkové látkové znečištění. Hodnoty se pak ještě převádí na koncentraci znečištění na m³ vody. Je nutné vypočítat také látkovou bilanci za den, měsíc a rok. [6]

Vedle látkového znečištění lze uvažovat i základní množství vyprodukovaného odpadu čistírnou v závislosti na počtu obyvatel. Obvykle se uvažuje s množstvím shrabků 4–8 kg/obyv.rok, množství písku 5,5–7,3 l/obyv.rok a tuků 3–8 kg/obyv.rok. [6]

4. Rekonstrukce ČOV Konojedy

4.1 Parametry odvodňovaného objektu

Objekt ČOV se nachází u zámku Konojedy ve stejnojmenné obci. Součástí areálu je i kostel Nanebevzetí Panny Marie. Objekt zámku byl původně tvrzí ze 14. století, která byla přebudována pravděpodobně začátkem 17. st. na ošetrovnu pro chudé. Zámek měl během své existence několik majitelů. Posledním majitelem zámku byl rod Delhaesů, kteří zámek obývali do roku 1945. Zámek byl poté zkonfiskován a používán armádou jako kasárny a archiv. Po roce 1989 se objekt stal majetkem soukromého investora, který jej prodal v roce 2008 novému, stávajícímu majiteli.

Zámek se začal již v roce 2008 rekonstruovat, kdy prvním krokem bylo vytvoření nového zastřešení celého objektu. Při plánování rekonstrukce přicházelo v úvahu několik variant využití objektu a to rekonstrukce na školící středisko, domov seniorů nebo objekt pro relaxační a lázeňské účely. Konečnou volbou bude vybudování domova seniorů. V současné době jsou ve velké většině zámku vyměněna okna a vnitřní nádvoří je nově omítnuto (obr. 4.2). Vzhledem k velikosti dalších rekonstrukčních prací bude výstavba čistírny nejspíše posledním krokem k dokončení takto velkého projektu. [28]



Obr. 4.1 – Pohled na objekt při příchodu do areálu



Obr. 4.2 – Nádvoří rekonstruovaného zámku

4.2 Stávající objekt ČOV

Stávajícím objektem je čistírna odpadních vod, dále jen ČOV, která fungovala pravděpodobně v letech 1950–1985 a od té doby nebyla využívána. Některé části objektu byly zničeny, případně rozebrány. Po původní ČOV zbyl pouze ucelený celek betonových nádrží, u kterého je na první pohled možné pouze odhadovat, jaká technologie byla v jaké nádrži použita. Stávající objekt se nachází za oplocením, mimo objekt zámku.

Pro určení stávajícího stavu jsem navštívil vojenský stavební úřad v Litoměřicích, kde jsem se dozvěděl, že byla celá dokumentace předána jisté firmě z Prahy v roce 1992, která již bohužel neexistuje, a proto bylo ze začátku obtížné zjistit, jak tato čistírna fungovala. K určení mi proto byl pouze osobní průzkum a literatura použita pro zpracování této závěrečné práce.

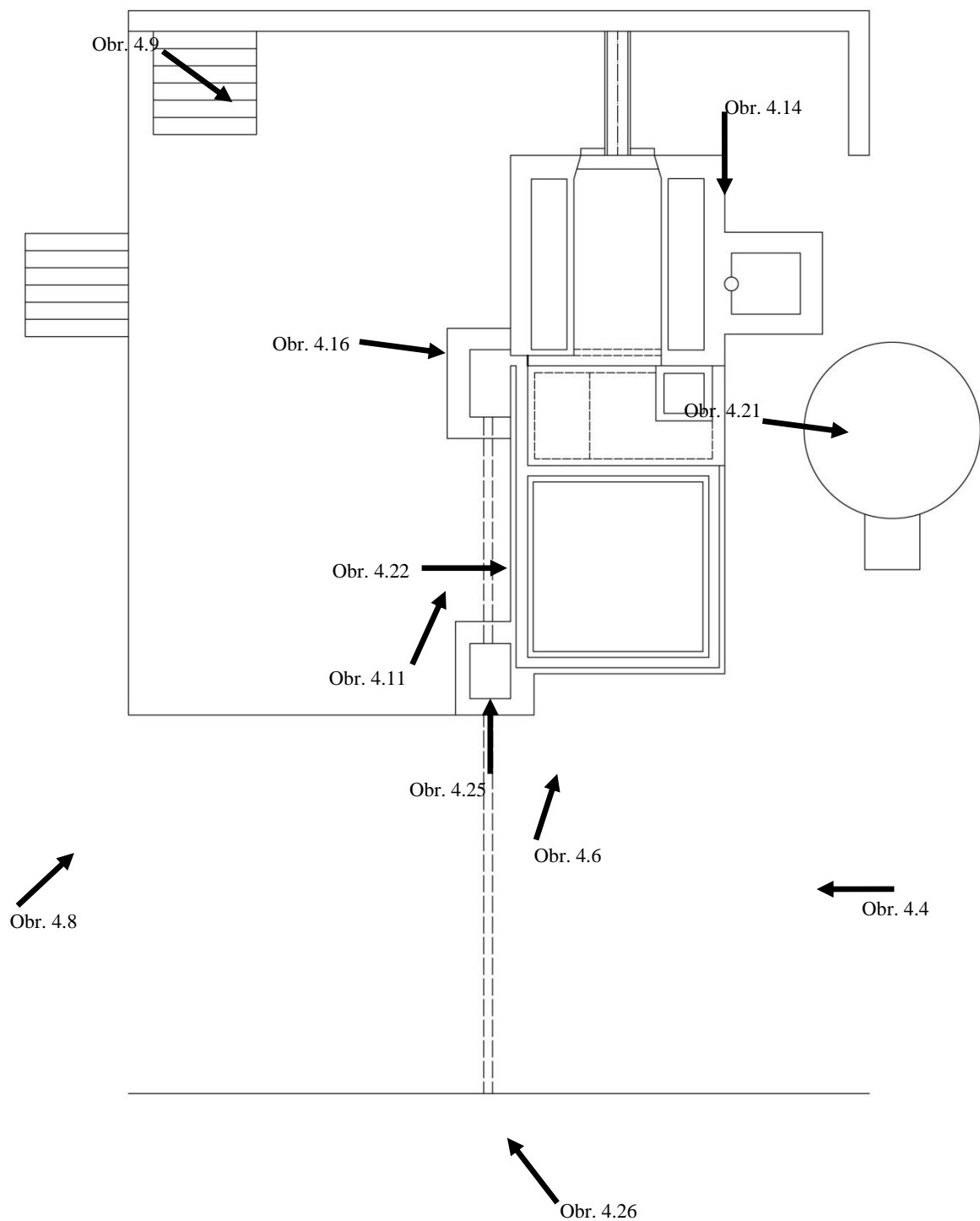
K objektu vede poměrně široká přístupová cesta (obr. 4.3), ve které je umístěn žlab, který pravděpodobně odváděl dešťovou vodu ze střech a zpevněných ploch objektu zámku (obr. 4.4). Na další straně se nachází přibližná situace stávajícího objektu čistírny (obr. 4.5).



Obr. 4.3 – Přístupová cesta k čistírně



Obr. 4.4 – Pohled na dešťový žlab



Obr. 4.5 – Přibližná situace stávajícího objektu čistírny (s šipkami označujícími číslo některých fotografií a směr pohledu)

Objekt ČOV je umístěn v násypu (obr. 4.8), který býval opevněn opěrnými zdmi z cihel a opracovaného kamene - pískovec. Materiál opěrné konstrukce se postupem času a působením klimatických vlivů rozrušil, došlo k jeho sesunutí a odkryla se tak jedna ze stěn objektu. K samotným nádržím se dostaneme po kamenném schodišti.



Obr. 4.6 – Pohled na stěnu čistírny s vystupující válcovou nádrží



Obr. 4.7 – Pohled na stěnu čistírny



Obr. 4.8 – Opěrné zdi kolem objektu čistírny

Do objektu bývalé ČOV vede kanalizační přípojka s kontrolní šachtou. Betonové potrubí je zanešené a zborcené, proto se předpokládá výměna za nové plastové případně kameninové potrubí s následnou zkouškou těsnosti. Odpadní voda přitéká potrubím, dále žlabem, který se plynule napojuje na první nádrž ČOV. Vzhledem k velikosti objektu a objemu čištění odpadních vod nebyl u objektu použit lapák šterku a písku. Česle zde pravděpodobně nebyly umístěny, nebo nebyly dochovány. O jejich možném umístění hovoří přítomnost seřiznuté části hran usazovací nádrže (obr. 4.10).



Obr. 4.9 – Pohled na ČOV směrem od zámku



Obr. 4.10 – Pravděpodobné umístění česlí

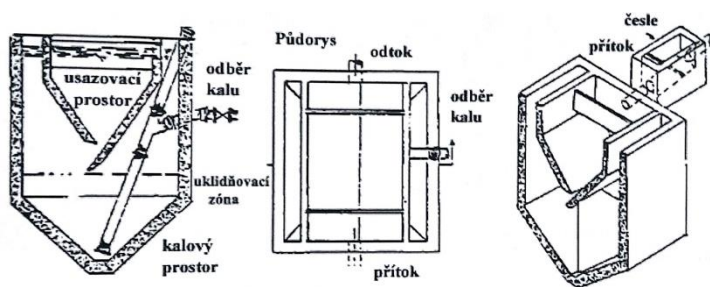
Odpadní voda vtéká do první nádrže, kterou doplňují dvě nádrže menší šířky, ale stejné délky (obr. 4.12). Podle osobního průzkumu se pravděpodobně bude jednat o štěrbinovou usazovací nádrž (podle Imhoffa). Uspořádání prvků dle schématu (obr. 4.13) odpovídá tomuto typu. Nádrž bude 3–4 m hluboká.



Obr. 4.11 – Pohled na nátokový objekt a usazovací nádrž



Obr. 4.12 – Usazovací nádrž



Obr. 4.13 – Schéma šěrbinové nádrže [6]

U dna nádrže docházelo k usazování kalu, který měl určitou dobu zdržení a později byl potrubím odčerpáván za pomoci stlačeného vzduchu z dmyhadla mamutky do vedlejší nádrže (obr. 4.14, 4.15).



Obr. 4.14 – Usazovací nádrž s odsávacím potrubím



Obr. 4.15 – Pohled na odsávací potrubí a přeliv

Usazovací nádrž je ukončena přelivem (obr. 4.15), přes který odtékala voda do žlabu a mohla být vypuštěna při poruše přímo do recipientu. Obvykle ale vtékala do další nádrže (obr. 4.17), kde nastala určitá akumulace a rozdělení vod. Tato nádrž je přibližně 1,5 m hluboká. Je krytá deskou a byla předstupněm k biologickému čištění. Je rozdělena přepážkou na dvě části s mírně odlišnou hloubkou, kde v prostoru s hrdlem, je umístěno ovládání pro bývalé čerpadlo (obr. 4.18). Hrdlo bylo v minulosti přístupovým místem k čerpadlu a bylo opatřeno zamykatelným poklopem (obr. 4.19).

Vypouštění přímo do recipientu mohlo být řízeno za pomoci stavítka, které bývalo ručně vytážitelné (obr. 4.16).



Obr. 4.16 – Pohled na žlab se stavítkem



Obr. 4.17 – Pohled na vtok a stavítko

Voda byla za pomoci čerpadla (obr. 4.18) vháněna do rozstříkovacího zařízení (obr. 4.21) do vysoké válcové nádrže, kde pravděpodobně probíhalo biologické čištění na principu skrápěné biologické kolony (obr. 4.20). Otvory ve spodní části nádrže sloužily pro přirozené provzdušňování biologické kolony.



Obr. 4.18 – Ovládací zařízení čerpadla



Obr. 4.19 – Pohled do nádrže s hrdlem



Obr. 4.20 – Zkrápěný rychlofiltr



Obr. 4.21 – Pohled do rychlofítru – zkrápěcí zařízení

Čištěná voda pak pokračovala do dosazovací nádrže čtvercového tvaru (obr. 4.22). V nádrži je viditelné přítokové potrubí, které odvádělo vyčištěnou vodu z rychlofiltru a pravděpodobně mělo uprostřed nádrže usměrňovací válec, kterým se voda plynule rozptylovala do okolí, a docházelo k usazování kalu. Pokud se jednalo o dosazovací nádrž, tak byl kal odebírán ode dna a byl recirkulován do usazovací nádrže (obr. 4.12).



Obr. 4.22 – Dosazovací nádrž s přítokovým potrubím

Recirkulace mohla probíhat za pomoci stlačeného vzduchu z dmyhadla mamutky, případně čerpadla, které se pravděpodobně nacházelo v místě čtvercového otvoru v desce (obr. 4.17, 4.23).



Obr. 4.23 – Místo bývalého čerpadla

Vyčištěná voda přepadala přes sníženou přelivnou hranu dosazovací nádrže a odtékala žlabem až k nádrži vedle stavítka. Zde vtékala do potrubí a odtékala do poslední nádrže, kde byl vtok a výtok umístěn v jiné výšce a byl tak dosažen odtok pod určitým spádem (obr. 4.25). Z této nádrže voda ihned odtékala výpustním potrubím do recipientu (obr. 4.26).



Obr. 4.24 – Pohled na výtokovou nádrž vedle dosazovací nádrže



Obr. 4.25 – Poslední nádrž před odtokem

Voda vytékala do mokřadní oblasti způsobené vývěrem podzemních vod. Tyto vody zde tvoří tok menších rozměrů, který vtéká postupně do několika nádrží a napojuje se na Konojedský potok. Budoucím předpokladem je svedení dešťových vod k tomuto výtoku a tím docílení zředění vypouštěných odpadních vod.



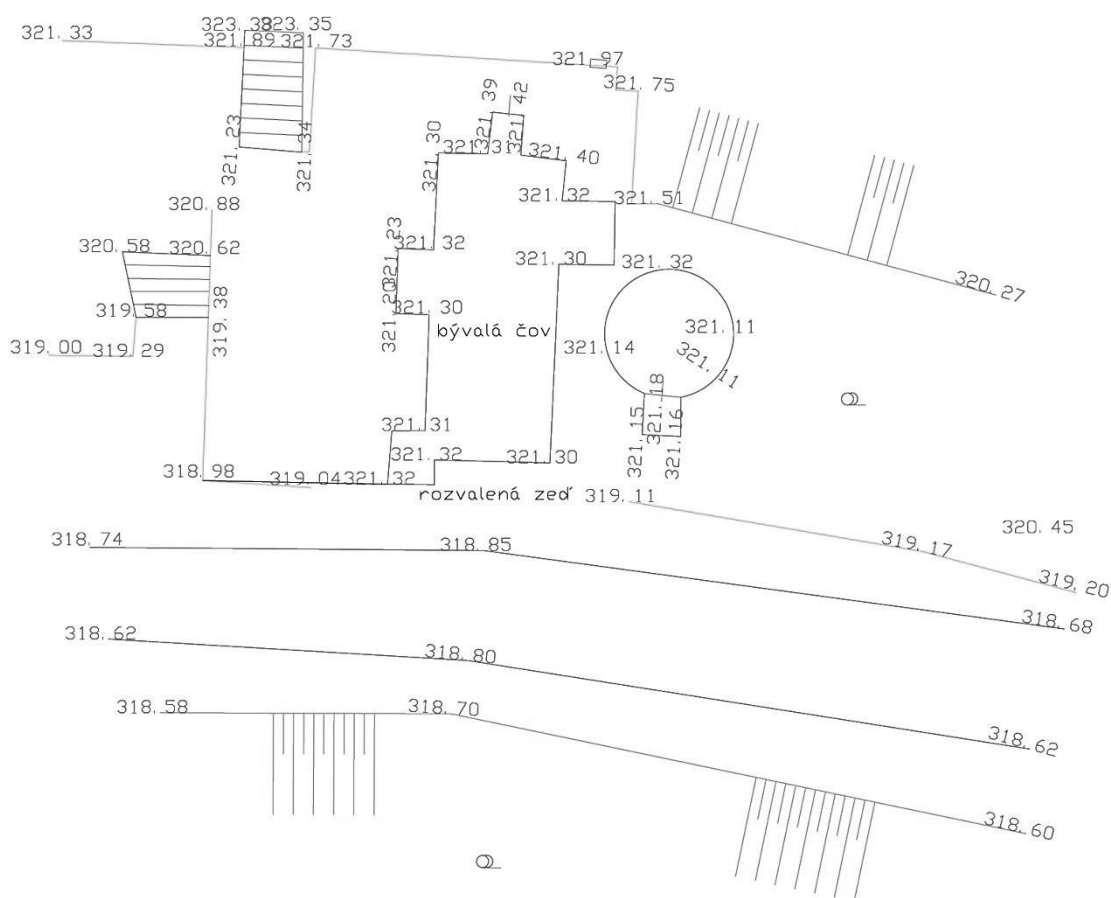
Obr. 4.26 – Výtok do recipientu



Obr. 4.27 – Mapa oblasti odtoku (1 – objekt zámku, 2 – umístění čistírny, 3 – výtok z čistírny, 4 – nádrž, 5 – nádrž, 6 – vtok do Konojedského potoka) [18]

4.3 Geodetické zaměření

Pro návrh čistírny bylo nutné získat geodetické zaměření objektů a okolí. Geodetické zaměření včetně vyhodnocení bylo provedeno firmou Geodézie LT s.r.o. Probíhalo za použití souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Geodetický základ byl zaměřen pomocí systému GPS. Zaměření skutečného provedení bylo provedeno polární metodou. Použitým přístrojem byl typ LEICA TCR 1203. Výškové kóty byly určeny trigonometricky. Pro účely výpočtu byly použity počítačové programy GROMA a MicroStation J.



Obr. 4.28 – Náhled geodetického zaměření objektu ČOV

4.4 Návrhové parametry

Pro návrhové výpočty nové biologické čistírny bylo získáno několik informací k produkci odpadních vod. Celkový předpokládaný počet ubytovaných klientů je stanoven na 200. Dalšími 50 obyvateli bude personál. V objektu bude kuchyně, která uvaří dvě teplá jídla denně. Předpokládá se s jedním jídlem na oběd a jedním na večeři, přitom někdy může být večeře pouze studená. Celkem je tedy počítáno s 400 jídly. Pro mytí nádobí bude připravena průmyslová myčka. Pro zachycení bude použit lapák tuků v blízkosti kuchyně. V objektu je navržena také prádelna, u které je doporučeno zajistit odtok odpadních vod do speciální jímky a jejich odvoz. Odvod těchto vod na ČOV by mohl způsobit potíže s čištěním vod na čistírně. Při návrhu bylo pro bezpečnost uvažováno s množstvím 100 kg prádla. Vzhledem k tomu že se nebude uklízet každý den, byla plocha pro úklid počítána na 300 m².

Spotřeba vody na jednotlivé procesy je následující. Pro vaření bylo určeno 15 l/jídlo. Úklid se uvažuje 0,05 l/os.den. Odpadní voda z prádelny se počítá na 40 l/kg. Pro úklid se doporučuje používat bezchlorové bio čističe, které nejsou tak náročné z hlediska zatížení na čistírnu. Specifická spotřeba obyvatelstva je pak pro klientelu 100 l/os.den. Pro zaměstnance bude spotřeba o něco nižší a to 80 l/os.den. Z těchto parametrů byl vypočten celkový objem odpadních vod za den a jejich celkové látkové znečištění BSK₅. Výpočty byly provedeny dle doporučeného postupu od firmy EKONA, spol. s r.o. a normy, aby bylo možné podle těchto údajů vytvořit návrh konkrétní velikosti čistírny.

Tab. 4.1 – Tabulka zatížení čistírny

Parametr	Počet	Specifická spotřeba	Celková spotřeba	Látkové znečištění BSK ₅	Celkové látkové znečištění
Lůžka	200 os	100 l/os.den	20 000 l/den	60 g/EO.den	12 000 g/den
Zaměstnanci	50 os	80 l/os.den	4 000 l/den	30 g/EO.den	1 500 g/den
Prádelna	100 kg	40 l/kg	4 000 l/den	500 mg/l	2 000 g/den
Úklid	300 m ²	0,05 l/os.den	15 l/den	150 mg/l	2 250 g/den
Jídla	400 jídel	15 l/jídlo	6 000 l/den	1100 mg/l	6 600 g/den
Celkem			34 015 l/den		24 350 g/den

Celkový počet ekvivalentních obyvatel při ohledu na látkové znečištění získáme podílem celkového látkového znečištění a hodnoty 60 gBSK/obyv.den a celkový počet vychází na 406 EO. V následující tabulce byly přepočteny tyto údaje na celkové přítoky odpadních vod na ČOV.

Tab. 4.2 – Tabulka přítoků na čistírnu

Q_{24} (l/s)	Q_{24} (m ³ /d)	Q_h (m ³ /h)	Qměsíční (m ³ /měsíc)	Qroční (m ³ /rok)
0,39	34,01	7,37	1 020,5	12 415,5

Koeficient nerovnoměrnosti k_h pro výpočet hodinového maxima byl zjištěn interpolací mezi hodnotami pro 100 a 300 obyvatel a byl uvažován 5,2. [3]

Stávající objekt čistírny slouží jako mechanické předčištění, včetně akumulace. Pokud budeme uvažovat, že mechanickým předčištěním na česlích a v usazovací nádrži dosáhneme snížení znečištění BSK_5 až o 30 % dostaneme se na hodnotu 284 EO. Na toto množství je nová čistírna navrhována. Dalším krokem byl výpočet produkovaného znečištění. Použity byly hodnoty dle normy viz tab. 3.3, v následující tab. 4.3 zvýrazněné tučně.

Tab. 4.3 – Tabulka produkovaného znečištění a jeho koncentrace

BSK₅	284	EO	x	60	g/os.d	=	17 040	g/d
	17,04	kg/d	/	34,02	m ³ /d	=	500,96	g/ m ³
	12 415,48	m ³ /rok	x	500,96	g/m ³	=	6 219,60	kg/rok
	7 369,92	l/h	x	500,96	mg/l	=	3 692	g/h
NL	284	EO	x	55	g/os.d	=	15 620	g/d
	15,62	kg/d	/	34,02	m ³ /d	=	459,21	g/ m ³
	12 415,48	m ³ /rok	x	459,21	g/m ³	=	5 701,3	kg/rok
	7 369,92	l/h	x	459,21	mg/l	=	3 384,33	g/h
CHSK_{cr}	284	EO	x	120	g/os.d	=	34 080	g/d
	34,08	kg/d	/	34,02	m ³ /d	=	1 001,91	g/ m ³
	12 415,48	m ³ /rok	x	1 001,91	g/m ³	=	12 439,2	kg/rok
	7 369,92	l/h	x	1 001,91	mg/l	=	7 384	g/h
N-NH₄⁺	284	EO	x	8,25	g/os.d	=	2 343	g/d
	2,34	kg/d	/	34,02	m ³ /d	=	68,88	g/ m ³
	12 415,48	m ³ /rok	x	68,88	g/m ³	=	855,20	kg/rok
	7 369,92	l/h	x	68,88	mg/l	=	507,65	g/h
P_{celk}	284	EO	x	2,50	g/os.d	=	710	g/d
	0,71	kg/d	/	34,02	m ³ /d	=	20,87	g/ m ³
	12 415,48	m ³ /rok	x	20,87	g/m ³	=	259,15	kg/rok
	7 369,92	l/h	x	20,87	mg/l	=	153,83	g/h

První řádek vyjadřuje celkovou denní produkci znečištění, které přiteče na čistírnu po mechanickém předčištění. Druhý řádek vyjadřuje koncentraci znečištění v 1 m³ vody. Třetí řádek ukazuje množství znečištění za rok. Poslední řádek pak znázorňuje, jaké maximální znečištění odpadních vod může nastat v závislosti na Q_h tedy maximálním hodinovém průtoku.

Při návrhu čistírny se uvažovalo s procentuální účinností v odstraňování jednotlivých látek. Účinnost ČOV při odstraňování BSK₅ se uvažuje 95 %, pro nerozpuštěné látky (NL) 94 %, pro CHSK_{cr} 90 %, pro N-NH₄ 75 % a pro P_{celk.} 80 %. Účinnost 80 % v případě P_{celk.} bude dosažena za pomoci dávkování preflocu (síranu železnatého). Z těchto účinností bylo vypočteno zbývající znečištění, které odtéká do recipientu a ideálně by mělo být zředěno při vtoku do recipientu.

Tab. 4.4 – Tabulka zbytkového znečištění a koncentrací vypouštěného čistírnou

BSK₅	0,05	–	x	17 040	g/d	=	852,000	g/d
	852	g/d	/	34 015	l/d	=	0,025	g/l
NL	0,06	–	x	15 620	g/d	=	937,200	g/d
	937,20	g/d	/	34 015	l/d	=	0,028	g/l
CHSK_{cr}	0,10	–	x	34 080	g/d	=	3 408,000	g/d
	3 408,00	g/d	/	34 015	l/d	=	0,100	g/l
N-NH₄	0,25	–	x	2 343	g/d	=	585,750	g/d
	587,75	g/d	/	34 015	l/d	=	0,017	g/l
P_{celk.}	0,20	–	x	710	g/d	=	142,000	g/d
	142,00	g/d	/	34 015	l/d	=	0,004	g/l

Hodnoty v tabulce jsou vyjádřením zbývajícího zastoupení znečištění z celku (v desetinných číslech) x produkované množství znečištění v g za den a hodnota 34 015 l/d je celkové denní hydraulické zatížení.

Posledním krokem bylo nutné posoudit, zda vypouštěné znečištění odpovídá povoleným hodnotám ve vyhlášce č. 61/2003 Sb. Byly vybrány koncentrace znečištění z tab. 4.4 a posouzeny.

Tab. 4.5 – Ověření hodnot znečištění vyčištěných odpadních vod

	BSK₅	NL	CHSK_{cr}	N-NH₄⁺	P_{celk}
Denní (g/d)	852,00	937,20	3 408,00	585,75	142,00
Výpočtové hodnoty (mg/l)	25	27,6	100,19	17,22	4,17
Čistírny do 500 EO dle č. 61/2003 Sb.					
p (mg/l)	40	50	150	–	–
m (mg/l)	80	80	220	–	–

Vypouštěné znečištění tedy vyhovuje předepsaným ukazatelům dle vyhlášky č. 61/2003 Sb. V případě, že se umožní vypouštění vyčištěných vod do vodního toku, proběhne ředění ve vodním toku a tím odbourání téměř veškerého znečištění, které může čistírna odpouštět. Tento návrh čistírny tedy zabezpečí dostatečné vyčištění vypouštěných odpadních vod z objektu domova seniorů.

4.5 Návrh rekonstrukce

4.5.1 Okolí stávající ČOV

Díky špatnému stavu opěrné zdi, která zajišťuje volný prostor vedle stávajícího objektu, je nutné nahradit stávající opěrnou konstrukci z cihel a opracovaných pískovcových bloků novou zdí. Pro dodržení bezpečnostních vzdáleností od stávajícího objektu a nového objektu čistírny je nutné rozšířit stávající plochu, tak aby vznikl prostor pro 2 m bezpečnostní vzdálenost od stávajícího objektu, prostor o šířce 3,3 m a alespoň 0,5 m z každé strany jako manipulační a prováděcí prostor pro nový objekt čistírny. Konečná šířka plochy od nejvíce vystupující stávající nádrže bude 6 m, to znamená rozšíření stávajícího prostoru o přibližně 1,5 m. Z důvodu nutného povolení od památkového ústavu je nutné navrhnout prvky, které by příliš nezasahovaly do historického rázu objektu. Opěrná zeď bude vytvořena z tvárnic ztraceného betonového bednění tloušťky 400 mm, do kterého bude umístěna výztuž a zalita betonem. Ztracené bednění bude obloženo z viditelné strany štípaným pískovcem na maltu. Pro uložení tvárnic ztraceného bednění bude vytvořena betonová patka tloušťky 0,6 m se založením 0,8 m. Opevnění bude provedeno v místech stávající opěrné zdi a také podél odhalené strany čistírny. Konečná plocha využitelná pro umístění nové ČOV přibližně 50 m² s rozměry 6x8,4 m. Dle návrhu nového objektu čistírny tato plocha postačí pro umístění čistírny s vytvořením bezpečných odstupů po dokončení přípravných prací pro osazení. Po dokončení veškerých stavebních prací na celkové rekonstrukci bude nutné objekt oplotit pro ochranu proti přístupu nepovolaných osob, případně zamezit přístupu uzamykatelnou brankou s přístupovými schody.

4.5.2 Stávající objekt ČOV

Je navrženo využití původního objektu čistírny pro mechanické předčištění odpadní vody a její akumulaci pro novou ČOV. Odpadní voda z objektu zámku přitéká do usazovací šterbinové nádrže, která bude znovu využita k odstranění kalu. Kapacita nádrže by mohla být při hloubce 4 m a sklonu stěn přibližně 4–5 m³. Odstranění kalu bude probíhat kalovým čerpadlem s drtičem podle doporučeného návrhu od EKONA, spol. s r.o. Případně bude umožněno přímé odčerpání kalu fekálním vozem od spodu nádrže za pomoci přídatného potrubí. Návrh je tedy usazovací nádrž obnovit. To zahrnuje odčerpání původní zadržené vody a kompletní vyčištění nádrže od nánosů kalu, který dle předpokladu bude u dna nádrže výrazný. Z důvodu zachování pevnosti konstrukce je nutné, aby odtěžení bylo provedeno ručně po odčerpání vody. Dalším krokem bude rekonstrukce betonových konstrukcí a jejich řádné vyčištění vysokotlakým čističem, případně natření ochrannými nátěry proti agresivitě odpadních vod.

Pro zachycení hrubších látek jsou navrženy hrubé, ručně stírané česle. Ty budou osazeny k čelní straně u přítoku do hloubky 0,9 m a ve sklonu 45⁰ po směru toku. U česlí bude umístěn žlab na shrabky, včetně lávky se zábradlím pro přístup obsluhy. Šířka česlí bude odpovídat šířce vtokové nádrže. Česle postačí hrubé s průlinou 40 mm a s ocelovými pruty z nerezového materiálu 10x50 mm. Žlab na shrabky bude sveden na levou stranu (po směru toku), kde bude umístěna přenosná plastová nádoba (plastová popelnice) s otevíratelným dnem pro odvoz fekálním vozem. Při uvažování průměrné produkce 5 kg/obyt./rok vychází celková produkce shrabků pro návrhovou kapacitu objektu téměř 2,8 kg/den. Nádoba musí být proto dostatečně velká aby bylo možné vyvážet shrabky minimálně jednou za 10 dní. Do prostoru vedle nádoby na shrabky bude umístěna také nádrž pro ukládání kalu z nové čistírny a usazovací nádrže. Je nutné, aby měla minimální kapacitu 10 m³. Stávající nádrž v místě potrubí na kal nebude dostatečně kapacitní, proto může být zasypana a použita jako manipulační prostor. Příklad vznikne vybouráním stávajícího rychlofiltru a zemní úpravou terénu s osazením betonové desky s vyztužením a vytvořením vhodné dlažby s přihlédnutím k historické hodnotě objektu zámku.

Stávající bezpečnostní přeliv bude zachován, včetně žlabu, kterým bude voda, částečně zbavená kalu odtékat. Ze strany nádrže zakryté deskou, před stávajícím stavítkem bude vytvořen otvor pro vtok vody. Příčka, která tuto nádrž rozděluje na dvě části, bude vybourána. Deska nádrže bude odstraněna a bude provedena úprava hrany nádrže, tak aby zde bylo možné osadit krycí desky. Tato nádrž bude spojena s čtvercovou nádrží potrubím DN200 v úrovni dna. Spojením těchto dvou nádob získáme celkový akumulační prostor o velikosti přibližně 14 m³, tedy dostatečný, aby se voda mohla v nové čistírně vyčistit a odtéct do recipientu, aniž by došlo k přelítí akumulační nádrže. Akumulace tedy bude sloužit ke zdržení přítoku před načerpáním do nové čistírny. Jediný objekt, který nebude využit je věžová nádrž používaná dříve jako biofiltr.

Ta s přihlédnutím k množství nánosového materiálu bude nákladná na vyčištění a proto je možné tuto nádrž zbourat a prostor využít. Vzniklá plocha bude upravena podobným způsobem jako příjezdová cesta k čistírně.

4.5.3 Nová biologická ČOV

Nová čistírna odpadních vod bude dodána firmou EKONA, spol. s r.o. Firma byla založena roku 1992 a sídlí v Liberci, v severních Čechách. Jejím hlavním zaměřením je výroba typizovaných čistíren odpadních vod, odlučovačů ropných látek a tuků, plastových nádrží a šachet a zajištění projektové a provozovací činnosti v oblasti vodovodů a kanalizací.

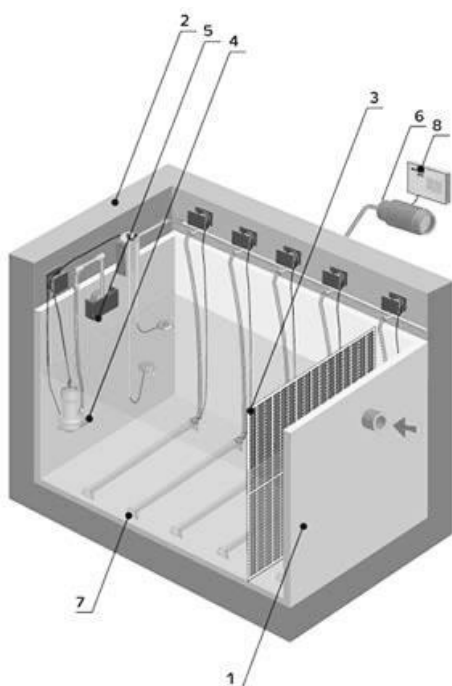
Dle parametrů odvodňovaného objektu byla navržena varianta jedné aktivační čistírny. Vzhledem k vysokým nárokům na látkové znečištění a objemy vody bylo nutné navrhnout specifický typ D250. Objekt čistírny tvoří nádrž obdélníkového půdorysu o vnitřních rozměrech 7x2,34 m s hloubkou 3 m. Celkový akumulační prostor čistírny je 43 m³. Do čistírny je za pomoci vzduchového potrubí (které musí být umístěno v chráničce DN50) a dmyhadla s výkonem alespoň 120 m³/hod vháněn vzduch do celkem 14 provzdušňovacích elementů umístěných u dna nádrže. Dmyhadlo je spolu s rozváděcím objektem umístěno v blízkosti čistírny ve zvláštním objektu, ke kterému je nutno zavést zdroj elektrické energie. Ta bude přivedena za pomoci napájecího kabelu typu CYKY 5Cx2,5 + vodiče CY4 umístěných v chránicím potrubí. Objekt pro umístění ovládacích zařízení bude postaven dle konkrétní velikostí dodaných přístrojů. Technologie čistírny je uzpůsobena tak, aby reagovala na přitékající množství odpadních vod, kdy v případě počátečního postupného zabydlování odvodňovaného objektu nebude přitékat tak výrazný objem odpadních vod. Kvalita vyčištěné vody a především spotřeba energie bude díky postupnému zapínání čistírny dle objemu vod ekonomicky přívětivá. Čistírna je schopna pracovat již při 20% zatížení z celkové návrhové kapacity.

Technologie čistírny funguje na principu nízko zatěžované aktivace s jemnobublinou aerací, cyklickým provozem, čerpaným přítokem a odtokem odpadních vod. Recirkulace kalu se u tohoto typu čistírny nepoužívá. Přečerpávání do nové čistírny bude řešeno za pomoci dvou čerpadel se střídavým režimem pro jedno čerpadlo 2 l/s, která budou umístěna v takové hloubce, jaká vznikne při vyčištění a odčerpání stávající čtvercové nádrže, aby bylo možno odčerpat dostatečný objem vod. (obr. 4.22). Může proto vzniknout mnohem kapacitnější akumulace než ta dle odhadu. Přečerpávání odpadní vody bude ovládáno za pomoci hladinových spínačů. Ty budou připojeny na řídicí jednotku, která bude řídit celkový provoz čistírny.

Přebytečný kal z aktivace bude přečerpáván za pomoci čerpadla s průtokem 1,5 l/s do zvoleného místa, v našem případě do navržené kalojímky. Při maximálním zatížení na 284 EO bude denní množství vypouštěného kalu 12,3 kg. Vypouštění vyčištěné vody je aktivováno za pomoci hladinových spínačů a voda je čerpána za pomoci dvou čerpadel o výkonu 1,5 l/s

do stávající nejhlubší nádrže (obr. 4.24, 4.25), u které musí být vytvořen otvor pro přítok těchto vod. Voda sem spadá pod určitým spádem a odtéká výtokovým potrubím pryč do recipientu. Množství vypouštěné vody bude při maximálním zatížení 284 EO probíhat 2x za den v množství přibližně 18 m³. Výtokové potrubí je nutné nahradit za nové průměru DN200 a provést zkoušku těsnosti. Vypustní objekt do recipientu bude nutné nově vybudovat spolu s přírodním korytem, aby byla voda odvedena do blízkého toku.

Na obr. 4.29 je zobrazen model čistírny kategorie D, který je obvykle dodáván firmou EKONA, spol. s r.o. V našem případě se tedy bude jednat o modifikovaný, zkapacitněný objekt této čistírny navržený přímo pro dané zatížení 284 EO. Rozdílem bude navýšení počtu čerpadel, včetně čerpaného nátoků do čistírny. [30]



Obr. 4.29 – Schématický model čistírny kategorie D (1 – nádrž čistírny, 2 – obetonování nádrže, 3 – česlicová stěna, 4 – čerpadlo odtoku, 5 – nouzový přepad odtoku, 6 – dmychadlo, 7 – provzdušňovací elementy, 8 – řídicí jednotka) [30]

Tab. 4.6 – Základní rozměrové parametry čistírny (H_1 – výška vody při 20% zatížení, H_2 – výška vody při maximálním zatížení, d – průměr přítokového a výtokového potrubí)

Typ	L (mm)	B (mm)	H (mm)	H_1 (mm)	H_2 (mm)	d (mm)
D250	7 160	2 500	3 080	1 420	2 620	200

Přípravné práce pro osazení

Pro osazení technologie čistírny je nutné zajistit přípravné stavební práce. Prvním krokem bude vytvoření stavební jámy s rozměry jako půdorysná velikost nádrže včetně betonových stěn a pracovního prostoru o šířce alespoň 0,5 m z každé strany. Celkové půdorysné rozměry tedy budou: délka 7,96+1 m a šířka 3,3+1 m. Hloubka výkopu musí být minimálně 3,5 m. Při zemních

pracích musí být vytvořeny také výkopy pro osazení potrubí. Umístění nového objektu bude v minimální vzdálenosti 2 m od stávajícího objektu čistírny. Tato vzdálenost je volena z důvodu bezpečnosti proti posunutí objektu, k čemuž může dojít během zemních prací při hloubení prostoru pro novou čistírnu. Do vytěženého prostoru jámy bude vytvořeno pískové lože pro založení betonové desky o tloušťce 0,1 m. Na toto lože je již možné vytvořit monolitickou základovou desku z betonu o rozměrech $h=0,2$ m, $š=3,3$ m, $d=7,96$ m s vyztužením. Betonová deska se musí nechat zaschnout a na očištěnou desku se pak usadí nádrž čistírny z polypropylenu, do které se po dokončení přípravných prací osadí technologie. Po osazení nádrže je nutné její rozepření. Tím zajistíme zabezpečení proti deformacím stěn. Nádrž by měla být plněna vodou za současného betonování stěn nejlépe ve třech vrstvách, přičemž výška hladiny v nádrži a výška betonované části by neměla překročit 0,2 m.

Nádrže by měly vystupovat alespoň 0,2 m nad terén, proto se musí po dokončení stěn dobetonovat, případně vytvořit zděný přesah s ohledem na umístění prostupů pro kabely k řídicí jednotce a vzduchové potrubí o rozměrech 0,2x0,2 m. V přesahu je nutné provést úpravu pro umístění krycích desek. Řídicí jednotka a dmýchadlo by měly být zakryté a proto budou umístěny ve zvláštním objektu v blízkosti čistírny. [29], [30]

4.6 Náklady na stavbu

Základním propočtem byly zjištěny přibližné všechny výdaje na rekonstrukci a výstavbu čistírny Konojedy. Konkrétně je to odčerpání a vyčištění čistírny od kalů. Odstranění věžového objektu biofiltru, oprava, vyčištění, ochranné nátěry betonových konstrukcí stávajících nádrží, odstranění původní opěrné zdi, výstavba nové opěrné zdi včetně obkladu, zemní práce včetně zapůjčení rypadla. Vytěžená zemina se může použít na vysypání mezer okolo nově vybudovaných opěrných zdí, případně použít k dalším pozemkovým úpravám v okolí zámku.

Dalšími výdaji, je nákup veškerého potřebného vybavení, které zahrnuje cenu nové čistírny odpadních vod a cenu za montáž. Nákup kalových čerpadel, potrubí, jímek na kal a shrabky a osazení česlové stěny. V tab. 4.7 je uveden základní propočet nákladů na výstavbu.

Tab. 4.7 – Odhad celkových nákladů

	jednotka	množství	Cena jednotka		Cena celkem		
			bez DPH	DPH 21 %	bez DPH	s DPH	
Zapůjčení rypadla	hod	50	500	105	25 000	30 250	
Výkopové práce	m ³	50	400	84	20 000	24 200	
Projektové práce	–	–	70 000	14 700	70 000	84 700	
Nákup ČOV	–	–	550 000	115 500	550 000	665 500	
Montáž ČOV	–	–	58 000	12 180	58 000	70 180	
Čerpadlo	ks	4	15 600	3 276	62 400	75 504	
Česlová stěna	ks	1	25 000	5 250	25 000	30 250	
Odpadní nádoby	ks	2	15 000	3 150	30 000	36 300	
Stavební materiál							
Potrubí	m	5	370	77,7	1 850	2 238,5	
Ztracené bednění	ks	330	44	9,24	14 520	17 569,2	
Pískovec	m ²	30	850	178,5	25 500	30 855	
Beton	m ³	25	1 600	336	40 000	48 400	
Ostatní náklady	–	–	50 000	10 500	50 000	60 500	
Rezerva	–	–	100 000	21 000	100 000	121 000	
Celková cena						1 297 446,7	Kč

Z propočtu vychází celková cena přibližně 1,3 milionu Kč. Celková cena čistírny vychází na polovinu celkových výdajů. Cena čistírny nemusí být konečná vzhledem k atypickému provedení čistírny, které není dáno katalogovou cenou. Další polovinu tvoří stavební práce a použitý materiál. Počítalo se i s rezervou v případě výskytu dalších souvisejících nákladů celkového projektu.

Závěr

Po přečtení tohoto textu bychom měli mít alespoň stručný přehled o tom, na jaké překážky můžeme narazit při čištění odpadních vod a jak je lze řešit. Není to jen o tom postavit čistírnu a přivést do ní znečištěnou vodu, ale vstupuje do této problematiky množství parametrů, které je nutno řešit. Odpadní voda obsahuje rozsáhlé množství látek, z kterých je jen část popsána v předchozím textu. Měli bychom tedy umět analyzovat odpadní vodu, co obsahuje za nebezpečné látky, co je možné vypouštět do stokové sítě. Popsali jsme si, jak probíhá základní výpočet zatěžovacích parametrů na čistírnu, co to je čistírna, z čeho se vlastně skládá a jak je možno jednotlivé látky z vody odstranit. Tím, že se nám podařilo odpadní vodu vyčistit, jsme ulehčili přírodě, bude se nám lépe pobývat venku a snížili jsme možnost výskytu nemocí. Už z těchto důvodů je vidět, že čištění odpadních vod má smysl a je nutné.

Seznam použité literatury

Literatura

- [1] HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 196 s. ISBN 80-86020-00-2.
- [2] HLAVÍNEK, Petr. *Intenzifikace čistíren odpadních vod*. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 1996, 229 s. ISBN 80-86020-01-0.
- [3] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2003. 283 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2535-0.
- [4] NYPL, Vladimír. *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998, 149 s. ISBN 80-01-01729-x.
- [5] SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Čistota vod*. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996, 208 s. ISBN 80-01-01083-x.
- [6] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 194 s. ISBN 80-01-03534-4.
- [7] TCHOBANOGLOUS, George, Franklin L BURTON a H STENSEL. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4th ed. /. Boston: McGraw-Hill, c2003, xxviii, 1819 p. ISBN 00-711-2250-8.

Legislativa

- [8] ČSN EN 1085. *Čištění odpadních vod – Slovník*. Listopad 1998.
- [9] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Duben 2012.
- [10] Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
[vid. 28.06.2001]
- [11] ČSN EN 752-1. *Odvodňovací systémy vně budov*. Říjen 2008

[12] ČSN 75 0161. *Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod*. Říjen 2008.

Internetové zdroje

[13] Aktivace oběhová. In: *Technická univerzita Ostrava* [online]. Cit. [17.04.2015]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/images/nap/schema4.jpg

[14] Aktivace s regenerací kalu. In: *Technická univerzita Ostrava* [online]. Cit. [17.04.2015]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/images/nap/schema2.jpg

[15] Aktivace šachtová. In: *VŠB-TU Ostrava* [online]. Cit. [17.04.2015]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/img/bcov10.png>

[16] *Bakterie: Koliformní bakterie* [online]. In: *Bakterie.eu* 2012 [Cit. 18.03.2015]. Dostupné z: <http://bakterie.eu/koliformni-bakterie>

[17] Lapák tuků. In: *Plast Trade s.r.o, IZON s.r.o.*, [online]. Cit. [22.03.2015]. Dostupné z: <http://www.plasttrade.cz/pagedata/products/2-plasttrade.png>

[18] Mapové podklady. In: *GeoBasis-DE/BKG* [online]. Cit.[19.04.2015]. Dostupné z: <http://maps.google.com>

[19] Přednášky stokování. In: *ČVUT, FSv, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství* [online]. 2014 [Cit. 10.10.2014]. Dostupné z: <http://kzei.fsv.cvut.cz/cs/vyuka/predmety/bakalarske/pjv4>

[20] *Ropa: Využití a zpracování ropy* [online]. In: *Wikipedia* 2009 [Cit. 14.03.2015]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ropa#Vyu.C5.BEit.C3.AD_a_zpracov.C3.A1n.C3.AD_ropy

[21] Rotační biofiltr. In: *McNish Corporation* [online]. Cit. [18.04.2015]. Dostupné z: http://www.walker-pxrocess.com/images/prod_bio_RBC.jpg

[22] Ručně stírané česle. In: *Ekosystem.cz* [online]. Cit. [18.04.2015]. Dostupné z: <http://www.ekosystem.cz/wp-content/uploads/2013/01/01.jpg>

- [23] SBR reaktor. In: *T&D Water Technologies and Development* [online]. Cit. [17.04.2015]. Dostupné z: <http://www.t-and-d-italy.com/wp-content/uploads/2009/04/sbr-cycle-eng.jpg>
- [24] Skrápěné biologické kolony. In: *City of Toronto* [online]. Cit. [18.04.2015]. Dostupné z: http://www1.toronto.ca/city_of_toronto/toronto_water/files/images/biofilter_schematic_400.gif
- [25] Stanovení a význam sloučenin dusíku, fosforu, chloridů a síranů. In: Fčela [online]. [Cit. 05.03.2015]. Dostupné z: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/anionty.pdf>
- [26] Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) - zřed'ovací metodou. In: *UIOŽP FT UTB* [online]. [Cit. 12.03.2015]. Dostupné z: http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/2012914111459/T9TO2_%C3%9Aloha_12_BSKn.pdf
- [27] Usazovací nádrž. In: *eWISAWaterworks* [online]. Cit. [17.04.2015]. Dostupné z: http://www.ewisa.co.za/eWISAWaterworks/misc/eWISAFactSheets/Images/wwt_images/scumbaffle.png
- [28] ZÁVADA, Michal. Konojedský zámek chce zachránit nový majitel. [online]. [Cit. 24.04.2015]. Dostupné z: http://litomericky.denik.cz/zpravy_region/20080211konojedy.html

Ostatní zdroje

- [29] *Podklady pro projektanty*. EKONA, spol. s r.o., 2010
- [30] *Čistírny odpadních vod D50 – D150*. EKONA, spol. s r.o., 2010

Seznam tabulek

<i>Tab. 1.1 – Produkce znečištění v g/obyv.den [3]</i>	16
<i>Tab. 1.2 – Látky vylučované močí [3]</i>	17
<i>Tab. 1.3 – Příпустné koncentrace těžkých kovů pro biologické procesy [3]</i>	19
<i>Tab. 1.4 – Složení městských odpadních vod [3]</i>	20
<i>Tab. 2.1 – Tabulka hodnot koncentrace ukazatelů znečištění odpadních vod v mg/l [1]</i>	41
<i>Tab. 3.1 – Hodnoty součinitelů k_d [9]</i>	42
<i>Tab. 3.2 – Hodnoty součinitelů k_{min} a k_{max} [9]</i>	43
<i>Tab. 3.3 – Orientační hodnoty specifického znečištění [3]</i>	44
<i>Tab. 4.1 – Tabulka zatížení čistírny</i>	59
<i>Tab. 4.2 – Tabulka přítoků na čistírnu</i>	60
<i>Tab. 4.3 – Tabulka produkovaného znečištění a jeho koncentrace</i>	60
<i>Tab. 4.4 – Tabulka zbytkového znečištění a koncentrací vypouštěného čistírnou</i>	61
<i>Tab. 4.5 – Ověření hodnot znečištění vyčištěných odpadních vod</i>	62
<i>Tab. 4.6 – Základní rozměrové parametry čistírny</i>	65
<i>Tab. 4.7 – Odhad celkových nákladů</i>	67

Seznam obrázků

<i>Obr. 2.1 – Zjednodušené schéma čistírny odpadních vod</i>	21
<i>Obr. 2.2 – Česle s hrabákem [22]</i>	22
<i>Obr. 2.3 – Kruhová usazovací nádrž [27]</i>	28
<i>Obr. 2.4 – Schéma lapáku tuků [17]</i>	31
<i>Obr. 2.5 – Schéma aerobního procesu čištění [6]</i>	32
<i>Obr. 2.6 – Schéma klasického procesu aktivace [3]</i>	33
<i>Obr. 2.7 – Fáze SBR reaktoru [23]</i>	34
<i>Obr. 2.8 – Schéma šachtové aktivační nádrže [15]</i>	35
<i>Obr. 2.9 – Schéma směšovací aktivace [3]</i>	35
<i>Obr. 2.10 – Schéma aktivace s postupným tokem [6]</i>	36
<i>Obr. 2.11 – Schéma aktivace s regenerací kalu [14]</i>	36
<i>Obr. 2.12 – Schéma oběhové aktivace [13]</i>	37
<i>Obr. 2.13 – Schéma aktivace s postupným zatěžováním [6]</i>	37
<i>Obr. 2.14 – Schéma skrápěného biofiltru [24]</i>	38
<i>Obr. 2.15 – Rotační biofilmový reaktor [21]</i>	39
<i>Obr. 2.16 – Schéma anaerobního biologického čištění [3]</i>	40
<i>Obr. 4.1 – Pohled na objekt při příchodu do areálu</i>	45
<i>Obr. 4.2 – Nádvoří rekonstruovaného zámku</i>	46
<i>Obr. 4.3 – Přístupová cesta k čistírně</i>	46
<i>Obr. 4.4 – Pohled na dešťový žlab</i>	46
<i>Obr. 4.5 – Přibližná situace stávajícího objektu čistírny</i>	47
<i>Obr. 4.6 – Pohled na stěnu čistírny s vystupující válcovou nádrží</i>	48
<i>Obr. 4.7 – Pohled na stěnu čistírny</i>	48
<i>Obr. 4.8 – Opěrné zdi kolem objektu čistírny</i>	48
<i>Obr. 4.9 – Pohled na ČOV směrem od zámku</i>	49
<i>Obr. 4.10 – Pravděpodobné umístění česlí</i>	49
<i>Obr. 4.11 – Pohled na nátokový objekt a usazovací nádrž</i>	50
<i>Obr. 4.12 – Usazovací nádrž</i>	50
<i>Obr. 4.13 – Schéma šěrbinové nádrže [6]</i>	50
<i>Obr. 4.14 – Usazovací nádrž s odsávacím potrubím</i>	51
<i>Obr. 4.15 – Pohled na odsávací potrubí a přeliv</i>	51
<i>Obr. 4.16 – Pohled na žlab se stavítkem</i>	52
<i>Obr. 4.17 – Pohled na vtok a stavítka</i>	52
<i>Obr. 4.18 – Ovládací zařízení čerpadla</i>	53

<i>Obr. 4.19 – Pohled do nádrže s hrdlem</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 4.20 – Zkrápěný rychlofiltr</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 4.21 – Pohled do rychlofitru – zkrápěcí zařízení</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 4.22 – Dosazovací nádrž s přítokovým potrubím.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 4.23 – Místo bývalého čerpadla.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 4.24 – Pohled na výtokovou nádrž vedle dosazovací nádrže</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 4.25 – Poslední nádrž před odtokem</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 4.26 – Výtok do recipientu</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 4.27 – Mapa oblasti odtoku [18]</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 4.28 – Náhled geodetického zaměření objektu ČOV</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 4.29 – Schématický model čistírny kategorie D [30].....</i>	<i>65</i>