



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# STUDIE KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD PRO OBEC JANKOVICE

THE STUDY OF REALIZATION OF THE CONSTRUCTED TREATMENT WETLAND FOR  
JANKOVICE VILLAGE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adriana Ujházy

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA PUMPRLOVÁ  
NĚMCOVÁ

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Adriana Ujházy
Název	Studie kořenové čistírny odpadních vod pro obec Jankovice
Vedoucí práce	Ing. Miroslava Pumprlová Němcová
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Český normalizační institut, 2017.

KADLEC, R., WALLACE, S. 2009. Treatment wetlands, 2nd ed. CRC press, Boca Raton, FL.

KRIŠKA, K., NĚMCOVÁ, M. 2015. Kořenové čistírny odpadních vod. Metodická příručka pro návrh a realizaci. Vysoké učení technické v Brně.

Databáze vědeckých článků - sciencedirect.com

Podklady dostupné z online databázi - geografické, hydrologické, mapové, apod.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Kořenové čistírny (KČOV) jsou ideálním řešením čištění odpadních vod pro malé obce, především díky nízkým provozním nákladům a jednoduché obsluze. Při správném návrhu zajišťují dobrou čistící účinnost. Pro správně fungující kořenovou čistírnu je nezbytná znalost nejnovějších zahraničních i tuzemských technologií a postupů.

Cílem bakalářské práce je navrhnout řešení KČOV pro konkrétní lokalitu s požadavkem na co nejlevnější a nejefektivnější řešení, které by mělo vycházet z nejnovějších technologií a poznatků v oblasti kořenových čistíren odpadních vod. Bakalářská práce by měla být návrhovou studií, která bude podkladem pro realizaci konkrétního řešení KČOV. Obsahem by tak měl být popis stávajícího stavu obce, konkrétního řešení kořenové čistírny včetně zjednodušené výkresové dokumentace a základních hydrotechnických výpočtů.

Výsledky zpracované v této bakalářské práci budou podkladem pro podání návrhu na realizaci kořenové čistírny odpadních vod pro zvolenou obec.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Miroslava Pumprlová Němcová  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá studií kořenové čistírny odpadních vod v obci Jankovice u Holešova. Požadavek na zhotovení čistírny vzešel od obce Jankovice, která neměla do té doby vyřešené čištění jejich odpadních vod. Úvodní část práce se zabývá rešerší odborných poznatků a informací, které seznamují s problematikou kořenových čistíren. Je zde vysvětlen princip fungování technologie a podrobně jsou popsány jednotlivé čistící stupně na čistírně. Druhá část popisuje konkrétní řešení pro kořenovou čistírnu v dané obci. Uvedeny jsou obecné informace o obci, se zaměřením na problematiku nakládání s odpadními vodami. Návrhová studie předpokládá dvě varianty umístění čistírny, v závěru je pak doporučena jedna z nich. Dle aktuální normy jsou předběžně navrženy jednotlivé technologické stupně čistírny, odhadnuty jsou i finanční náklady. Celé řešení je zakresleno v situaci a doplněno výškovým schématem. Účelem této práce je navrhnout správně fungující kořenovou čistírnu odpadních vod pro obec do 500 ekvivalentních obyvatel.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Kořenová čistírna odpadních vod, návrhová studie, čištění odpadních vod, horizontální filtr, vertikální filtr

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with a study of the constructed wetland in the village Jankovice (Holesov), where they has not had a treatment plant yet. The first part of bachelor thesis is focused on informations and research studies, introducing to problems of constructed wetlands. In this part the the principles of technology are explained and the individual treatment stages in wetland are described. The second part of thesis describes the design study of the wastewater treatment plant in Jankovice u Holesova. It includes information about the village and a proposal of the individual treatment processes. The design study assumes two variants of the constructed treatment wetland location, at the end is recommended one of them. According to the current standard, the individual technological stages of wetland are pre-designed, financial costs are also estimated. The whole solution is drawn in the situation and completed by a height technical drawing. The aim of this thesis is to propose a properly functioning root waste water treatment plant for the municipality of up to 500 PE.

## **KEYWORDS**

Constructed wetland, design study, wastewater treatment, horizontal filter, vertikal filter

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Adriana Ujházy *Studie kořenové čistírny odpadních vod pro obec Jankovice*. Brno, 2018. 60 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Miroslava Pumprlová Němcová

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2018

---

Adriana Ujházy  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Miroslavě Pumprlové Němcové, za ochotu, cenné rady, které mi v rámci práce poskytla a možnost konzultovat s ní, kdykoli jsem potřebovala pomoci.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD</b> .....	<b>3</b>
3.1.1	Srovnání kořenových čistíren odpadních vod s klasickými čistírnami .....	4
3.1.2	Technologie KČOV .....	5
3.1.3	Provoz, údržba a náklady.....	6
<b>3.2</b>	<b>OBJEKTY NA KČOV</b> .....	<b>7</b>
3.2.1	Objekty mechanického předčištění .....	8
3.2.2	Filtry .....	10
3.2.3	Stabilizační (biologická) nádrž .....	13
3.2.4	Kalové hospodářství kořenových čistíren .....	15
<b>3.3</b>	<b>ROSTLINY A JEJICH FUNKCE</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV</b> .....	<b>16</b>
3.4.1	Amonifikace .....	17
3.4.2	Nitrifikace.....	17
3.4.3	Denitrifikace .....	17
<b>3.5</b>	<b>LEGISLATIVA</b> .....	<b>17</b>
3.5.1	Sledované parametry.....	18
<b>4</b>	<b>STUDIE KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD PRO OBEC JANKOVICE</b> <b>20</b>	
<b>4.1</b>	<b>JANKOVICE U HOLEŠOVA</b> .....	<b>20</b>
4.1.1	Informace o území .....	20
4.1.2	Geologické a pedologické poměry.....	21
4.1.3	Klimatologické poměry .....	23
4.1.4	Hydrologické údaje.....	23
<b>4.2</b>	<b>STÁVAJÍCÍ STAV</b> .....	<b>25</b>
4.2.1	Množství a kvalita OV .....	27
<b>4.3</b>	<b>NOVÝ NAVRŽENÝ STAV</b> .....	<b>28</b>
4.3.1	Umístění kořenové čistírny odpadních vod .....	28
4.3.2	Dotčené pozemky .....	28
4.3.3	Množství a kvalita přitékajících odpadních vod .....	31
4.3.4	Výpočet koncentrací .....	32
4.3.5	Způsob čištění odpadních vod .....	33
4.3.6	Odlehčovací komora .....	33



4.3.7	Mechanické předčištění .....	33
4.3.8	Horizontální filtr .....	39
4.3.9	Vertikální filtr .....	39
4.3.10	Kalové hospodářství .....	43
4.3.11	Šachty a potrubí .....	45
4.3.12	Měrný objekt.....	46
4.3.13	Investiční náklady .....	47
4.3.14	Shrnutí navrženého řešení.....	49
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>52</b>
6.1	PUBLIKACE A INTERNETOVÉ ZDROJE .....	52
6.2	LEGISLATIVA.....	53
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>60</b>

# 1 ÚVOD

V dnešní době se klade důraz na nutnost čištění vypouštěných odpadních vod do recipientů, tudíž je povinností každého města, obce či vesnice stavět si čistírny odpadních vod bez ohledu na rozdílnost počtu obyvatel. Žijeme ve světě, v němž se stále víc a víc hovoří o environmentálním prostředí. Jedna z možných technologií čištění odpadních vod, které jsou ekologicky přívětivější, jsou kořenové čistírny odpadních vod, které v posledním desetiletí prošly značným vývojem. Tomu nasvědčuje také aktualizace normy ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel z roku 2017, která nahradila tutéž normu z roku 1998, ale podrobněji popisuje technologii kořenových čistíren. Je ekologičtější zejména v tom, že má menší uhlíkovou stopu, nevyužívá se na její procesy tolik elektrické energie, ale také z pohledu menší spotřeby betonu na výstavbu objektů.

Tahle alternativní metoda čištění odpadní vody není vhodná všude. Je vhodné ji navrhnout tam, kde je počet obyvatel nižší než 2000. Ovšem počet obyvatel není rozhodující faktor, dalším faktorem mohou být také lokality s velkými výkyvy průtoků na čistírnu. S tímto problémem si kořenová čistírna snadno poradí využitím pulzně vypouštěcích šachet.

Já se ve své práci budu zabývat studií návrhu kořenové čistírny v obci, která perfektně splňuje podmínky pro volbu této metody čištění vod. Je to obec do 500 obyvatel, s nízkou nadmořskou výškou a žádnou významnou průmyslovou nebo zemědělskou výrobou.

## 2 CÍLE

První část bude zpracována jako literární rešerše, která se věnuje problematice kořenových čistíren odpadních vod. Bude zde vysvětlen princip fungování technologie a také zde budou podrobně popsány jednotlivé čistící stupně na čistírně. Uvedeny budou také klady a zápory tohoto typu technologie a zmíněna bude i ekonomická stránka. V této části by měla být zmíněna také legislativa týkající daného tématu.

Druhá část práce by měla být praktickou aplikací získaných poznatků z první části, kdy by měla být vytvořena návrhová studie pro danou obec. Měla by popisovat základní informace o obci Jankovice, její hydrologické, klimatické a jiné poměry, plochy na zájmovém území a především návaznost na územní plán a PRVKÚK. Dále bude řešit návrh čistících stupňů a to především česlí, lapáku písku, štěrbínové nádrže, horizontálních a vertikálních filtrů a kalových polí. Budou zde zmíněny také účinnosti jednotlivých čistících stupňů a celková účinnost KČOV.

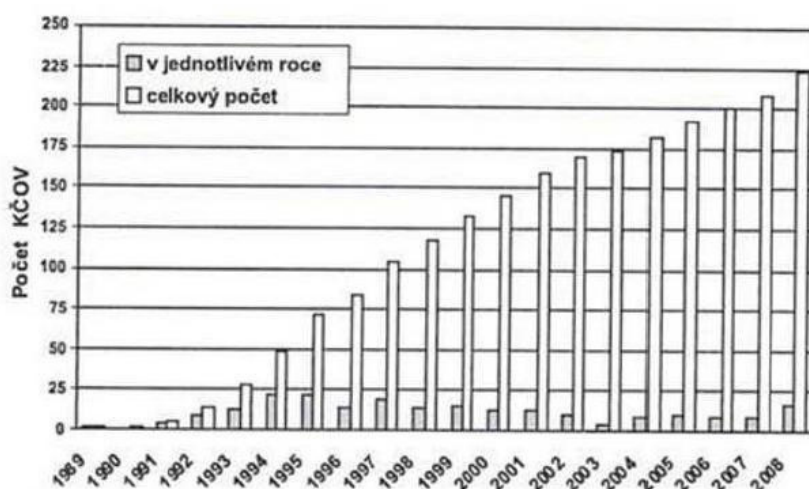
Tato práce by měla sloužit pro zastupitelstvo obce Jankovice, které by se v budoucnu rozhodovalo pro vybudování čistírny odpadních vod v obci.

### 3 TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

#### 3.1 KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Kořenové čistírny odpadních vod (dále jen KČOV), se používají k čištění odpadních vod již více než čtyři desetiletí (Kadlec, Wallace, 2009). První se začaly budovat v Evropě již na začátku 50. let především v Německu, ale až na přelomu 60. a 70. let byly vybudovány plně provozní kořenové čistírny, které využívaly mokřadní vegetaci. Tyto čistírny byly vybudovány nejen v Německu, ale i v Nizozemsku (Kadlec a Wallace, 2009). Do roku 2004 bylo na území Evropy postaveno něco okolo 60 000 čistíren, přičemž Německo je stát s nejvyšším počtem KČOV (cca 80%) a další státy, které hojně využívají tento alternativní způsob čištění vody, jsou například Rakousko, Velká Británie a Dánsko. Nejvíce jsou budovány jako domovní čistírny zapojeny do série se septikem ([www.ceskaenergetika.cz](http://www.ceskaenergetika.cz), 2008).

V České republice se začaly rozvíjet v devadesátých letech minulého století, kdy stavba klasických aktivačních čistíren byla v malých obcích finančně nákladná. Řadí se kategorie alternativních čistírenských technologií, které na základě fyzikálních, chemických a především biologických procesů dosahují vysoké čistící účinnosti v odstranění nerozpuštěných látek (NL), organického znečištění ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ), amoniakálního dusíku ( $N-NH_4^+$ ) a částečně i celkového fosforu (P<sub>cel</sub>) (Kadlec a Wallace, 2009; Vymazal a Kropfelová, 2015; Křiška a Němcová 2016). KČOV jsou užívány především pro čištění odpadních vod malých obcí do 500 EO, ojediněle i do 2000 EO (Vymazal, 1996). Na počátku vývoje čistíren u nás byly potíže s povolováním výstaveb KČOV a to hlavně s důvodů, že úřady neměly KČOV na seznamu tzv. „doporučených způsobů čištění odpadních vod pro malé zdroje znečištění“. Z těchto důvodů se u nás jejich rozvoj neměl příliš velký progres. Avšak v roce 1992 došlo k zapsání KČOV na onen list a také byla zajištěna větší finanční podpora této metody čištění odpadní vody, což vedlo ke zvýšení budování těchto čistíren (Vymazal, 2004).



Obr. 1 Vývoj KČOV v ČR do r. 2008

### 3.1.1 Srovnání kořenových čistíren odpadních vod s klasickými čistírnami

VÝHODY	NEVÝHODY
jsou schopny čistit odpadní vody s nízkou koncentrací organických látek	jsou náročnější na plochu
dobře se vyrovnávají s kolísáním množství a kvality odpadních vod	delší doba zdržení
mohou pracovat přerušovaně	údržba polí, kosení a odklizení biomasy
vyžadují minimální (ale pravidelnou) údržbu	
nevyžadují elektrickou energii	
mají menší náchylnost k havárii systému	mají horší předpoklady pro řízení čistícího procesu, analýzu případných problémů a pro aplikaci nápravných opatření
dobře zapadnou do krajiny a jsou její součástí, případně mohou plnit i okrasnou funkci	

Tab. 1 Srovnání KČOV s klasickými čistírnami

Díky procesům, které přirozeně probíhají v kořenové čistírně odpadních vod, je velmi vyhledávaným způsobem čištění odpadní vody, hlavně v místech, kde není vybudovaná kanalizace. Další výhodou je její možné použití i pro jednotlivé domy díky její relativně jednoduché výstavbě lze provádět i svépomocí a její údržba a provozování je velice nenáročná, především se srovnáním s jinými typy čistíren (Kadlec a Wallace, 2009; Vymazal, 1996).

Přírodní charakter čistíren napomáhá jejímu začlenění do přirozeného prostředí. Mezi její další klady patří její estetický vzhled a působení přirozeně na člověka, zlepšuje mikroklima v dané lokalitě, zadržuje vodu v krajině a slouží jako přírodní biotop pro živočichy a další funkce vyplývající z technologického uspořádání čistírny (Šálek a kolektiv, 2008; Křiška a Němcová, 2015).

Nevýhodou kořenové čistírny může být poměrně velká plocha na 1 EO, která je u horizontálního filtru  $5\text{m}^2$ , a u vertikálního kolem  $2\text{m}^2$ . Toto může být nevýhoda zejména, co se týče výkupu půdy od vlastníků pozemků. U stabilizační nádrže se tato plocha pohybuje v rozmezí 10 až  $15\text{m}^2$ . Další nevýhodou může být také nižší účinnost horizontálního filtru při odstraňování amoniakálního dusíku. Tento problém ale lze vyřešit na vertikálních polích pomocí pulzního vypouštění, kde nám dochází ke zvýšení obsahu kyslíku ve filtračním poli a zajistíme tam tak prostředí vhodné pro nitrifikaci. Někteří odborníci na tuto problematiku tvrdí, že k nevýhodám také patří výkyvy účinnosti čištění vody v závislostech na klimatických

podmínkách (Šálek a kolektiv, 2008), jiní toto tvrzení však vyvrací a domnívají se, že klimatické podmínky nejsou pro KČOV problémem, pokud je správně navržená technologie (viz kapitola o filtrech), na což byly provedeny i studie v Severní Americe či Evropě s kladným výsledkem (Kriška a Němcová, 2015; Maehlum a Stalnacke, 1999; Tençsiper a kol., 2015). Dále se v souvislosti s KČOV můžeme setkat také s bílým povlakem na odtoku, což vzniká u kořenových čistíren pouze tehdy, když v technologii čištění vody nemáme zařazen vertikální filtr. Znamená to, že tyto vody nejsou prokysličené. Tomuto povlaku zamezíme s pomocí již zmíněných vertikálních filtrů. Nevýhody však mohou být delší doba zdržení, údržba polí, kosení a odklizení nadbytečné biomasy z rostlin (Šálek a kolektiv, 2008).

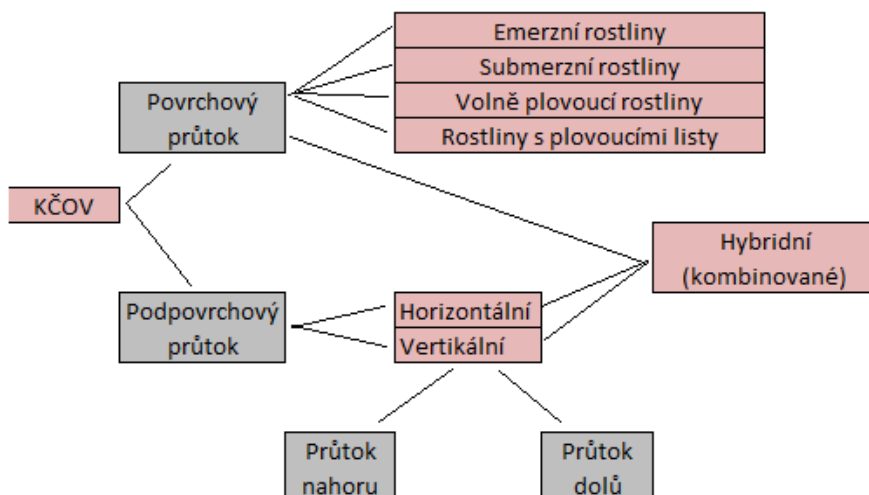
Dále může docházet k zakolmatování filtračních polí. K tomuto dochází až po desítkách let užívání, kdy dojde k zanesení nátokové části filtru a voda začne téci po povrchu, což způsobí i zápach z čistírny. Kolmatace nemá žádný negativní vliv na funkci čištění. Dočasné řešení je odtěžit zaplavenou nátokovou část do malé hloubky a doplnit ji novým kamenivem a na povrchu zasypat jemnou frakcí. Úplným řešením je pak úplná výměna cca 3-5m nátokové části, která je nejvíce zatížena. Tato vrstva lze buďto vyprat a znovu použít nebo vyměnit za novou. Vytěžená filtrační vrstva lze uložit do běžného zásypu. (Šálek, Kriška, voda.tzb-info.cz)

### 3.1.2 Technologie KČOV

Kořenové čistírny odpadních vod patří mezi přírodní čistírny. „Přírodní čistírny“ proto, že k odstraňování látek znečišťujících vodu je využíváno přirozených biochemických procesů, které běžně probíhají ve vodním a mokřadním prostředí. Kořenová čistírna je de facto uměle vytvořený mokřadní systém, který využívá samočisticí vlastnosti mokřadů k odstranění odpadní vody. (Wu a kol., 2014).

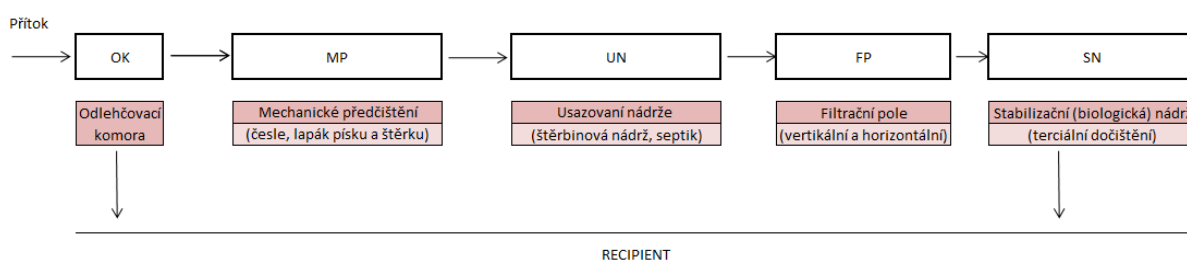
Mokřady jsou území, jež jsou díky své poloze v krajině po celý nebo většinu roku pokryté vodou. Jejich samočisticí schopnost vyplývá z toho, že mají větší míru biologické aktivity než většina ekosystémů, takže mají schopnost transformovat běžné znečišťující látky do neškodných vedlejších produktů nebo nezbytných živin. Jsou velmi důležitá pro mnoho rostlinných a živočišných druhů a patří k nejproduktivnějším ekosystémům na zemi. Navíc se podílí i na zadržování vody v přírodě a jejím koloběhu.

Kořenové čistírny pro čištění odpadních vod se rozdělují podle několika kritérií, především podle způsobu průtoku odpadní vody a umístění použité vegetace (Obr. 1). Zatímco umělé kořenové čistírny s povrchovým průtokem využívají všechny typy vegetace, umělé kořenové čistírny s podpovrchovým průtokem se omezují pouze na emerzní (vynořenou) vegetaci. (Vymazal, 2016)



Obr. 2 Rozdělení použití rostlin pro KČOV dle Jana Vymazala

Principem čištění odpadních vod je průtok přes propustný substrát – filtrační materiál, který je doprovázen mokřadními rostlinami, ať už horizontálně nebo vertikálně protékaného filtru. Kromě směru proudění hraje hlavní roli v čištění vody také množství a periodicitu přitékané vody na filtrační pole. Na horizontální filtr je voda přiváděna kontinuálně a gravitací je filtrována přes filtrační lože, kdežto na vertikální filtr je dávkovaná přerušovaně pomocí rozvodných zařízení je voda distribuována po celém filtračním loži rovnoměrně (Vymazal, 2016). Kořenové čistírny by měly mít hlavně samočisticí schopnost, měly by zlepšovat mikroklima, vytvářet ekosystém a měly by mít ekologický a estetický charakter (Křiška a Němcová, 2014).



Obr. 3 Schematické znázornění technologické linky KČOV

### 3.1.3 Provoz, údržba a náklady

Kořenová čistírna je provozně velmi jednoduchá. Její čistící funkce probíhají přirozeně a soběstačně, avšak je zapotřebí alespoň minimální funkce člověka. Funkce personálu, který se stará o kořenovou čistírnu spočívá v čištění trubního vedení a objektů a v zimě v odstraňování suchých rostlin. Dále pak je potřeba zhruba jednou za měsíc vyvést kal z nádrže a každou zimu posekat rostliny na kořenových filtrech.

Investiční náklady kořenové čistírny závisí na konstrukčním řešení, morfologii terénu a dostupnosti pozemků. Co se týče pozemků, tak ne vždy musí být finančně náročné, protože

vzhledem k rozloze kořenové čistírny (cca 5m<sup>2</sup>/EO) se vyskytují především na zemědělských pozemcích, jejíž cena není tak vysoká, popřípadě se může vyskytovat na pozemcích ve vlastnictví státu, kde tyto pozemky jsou převedeny na obec zcela zdarma.

Investiční náklady kořenových čistíren jsou o něco vyšší než u klasických čistíren. K tomu je nutno dodat, že samotná obec platí pouze minimum (obvykle 10 % s ohledem na typ dotace), a proto tyto vyšší náklady na pořízení KČOV jsou pro obec z 1 mil. Kč pouze 100 tis. Kč. Tato investice se obci vrátí již v prvním roce provozu. Snížení investičních nákladů až o jednu třetinu lze realizací a využitím vlastních zdrojů obce. Myšlenka je ve využití místních zdrojů surovin (kamenivo filtru tvoří cca 30-40 % celkové ceny) a zjednodušení výkopových prací, kdy je výkopek odvážen pouze do blízké vzdálenosti od čistírny.

Provozní náklady jsou oproti klasickým čistírnám velmi nízké. Kořenová čistírna vyžaduje pouze minimální nároky na obsluhu (viz výše), tudíž si ji většina obcí provozuje sama. Mezi výhody také patří také, že nevyžadují napojení na elektrickou energii, což nám může snížit ceny stočného na polovinu oproti klasickým čistírnám. Provozní náklady KČOV jsou určeny převážně možnostmi obce v zajištění pracovníka obsluhy, který tvoří cca 60 % provozních nákladů. Ostatních 40 % je tvořeno náklady na údržbu areálu a provozních objektů, odebrání vzorků, vyvážení kalu, finanční rezervu a amortizaci zařízení a stavebních objektů. (voda.tzb-info.cz)

**Porovnání skutečných nákladů na kořenové čistírny s náklady na mechanicko-biologické čistírny stejné velikosti (EO-ekvivalentní obyvatel)**

KČOV Chmelná 150 EO	provoz cca 40 tis. Kč/rok	x	klasická ČOV - provoz cca 180 tis. Kč/rok
KČOV Hostětín 240 EO	provoz cca 40 tis. Kč/rok	x	klasická ČOV - provoz cca 300 tis. Kč/rok
KČOV Dražovice 780 EO	provoz cca 300 tis. Kč/rok	x	klasická ČOV - provoz cca 950 tis. Kč/rok
KČOV Spálené Poříčí 1400 EO	provoz cca 240 tis. Kč/rok	x	klasická ČOV - provoz cca 1 500 tis. Kč/rok

**Obr. 4 Porovnání nákladů podle voda.tzb-info.cz**

### **3.2 OBJEKTY NA KČOV**

Technologické uspořádání objektů na kořenových čistírnách má zpravidla podobný charakter. Pokud to vyžaduje typ kanalizace, je nezbytné umístit před objekt kořenové čistírny odlehčovací komoru. Za mechanickým předčištěním tvořeným česlemi, lapákem písku, a sedimentační nádrží (šterbinová usazovací nádrž nebo septik) následuje hlavní čistící stupeň, který zabezpečují filtrační pole (většinou horizontální nebo vertikální). Filtrační pole mohou být různě uspořádána, co se týče do jejich počtu, volby typu samotného filtru a způsobu zapojení do systému. Jako poslední stupeň pro čištění odpadní vody je možné využít stabilizačních biologických nádrží. Technologie kořenové čistírny lze doplnit o kalové hospodářství.

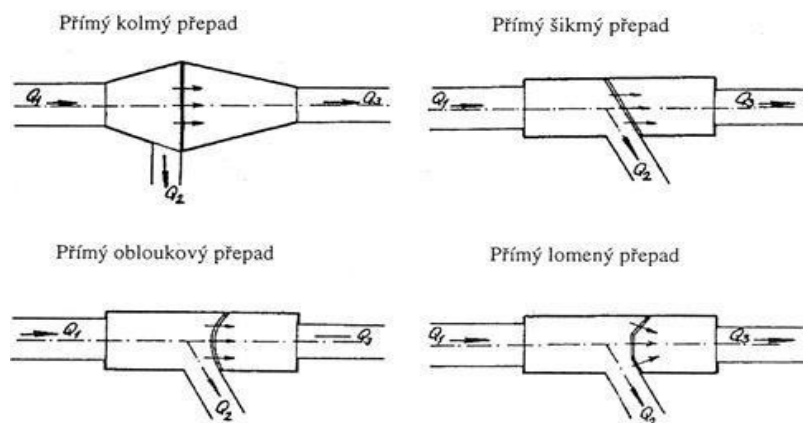


### 3.2.1 Objekty mechanického předčištění

#### *Odlehčovací komora*

Buduje se na jednotné kanalizaci pro odlehčení dešťových přítoků. Z bezpečnostního hlediska se jedná o nejdůležitější prvek na čistírně. Pokud není odlehčovací komora správně navržena, není možné zajistit dlouhodobou udržitelnost této čistírny.

Musí nám zajistit nepřetěžování všech objektů KČOV a zejména usazovacích nádrží. Nejdůležitější sledovaný parametr u odlehčovacích komor je  $Q_{\max}$ , který se udává v litrech za sekundu a projektant má za úkol zajistit, že nám usazovacím prostorem nebude proudit odpadní voda tak, aby vyplavovala a uvolňovala kal (Kriška a Němcová, 2015). Je konstruována tak, že z celkového přítoku na ČOV oddělí právě tolik odpadní vody, která by ČOV již nemohla pobrat a tuto část poté odvádí odlehčovací stokou přímo do recipientu. Oddělení probíhá pomocí přelivu, jehož koruna je umístěna nade dnem odlehčovacího koryta ve výši odpovídající průtoku, při němž má být odlehčovací komora uvedena do provozu (Hlavínek, 2016).



Obr. 5 Příklady přepadů odlehčovacích komor dle Hlavínka (Hlavínek a kol., 2001)

#### *Česle*

Slouží k zachycení nejhrubších znečišťujících látek přinesených odpadními vodami. Zachycuje hrubé naplaveniny z vody od velikosti 1 mm. Bývají umístěny zpravidla hned na vstupu do ČOV a zabraňují nečistotám dostat se do čerpadel nebo filtrů, kde by mohly způsobit jejich poškození. Používají se jemné česle s průlinami 15 až 20 mm. Pro čistírny bez primární sedimentace se doporučuje použít velmi jemné česle nebo síta s průlinami menšími než 10 mm. Pro membránové čistírny se doporučuje šířka průlin 0,5 až 2 mm v závislosti na typu membránových modulů.

Máme 5 typů česlí a to jsou hrubé, jemné, samočisticí stupňové a bubnové. Použití česlí se liší od výrobce nebo tvaru průtočného profilu. Hrubé česle jsou od sebe ve vzdálenosti 5-20 cm, jsou čištěné ručně a jejich hlavní funkce je ochránit čerpadlo před nečistotami. Jemné česle jsou ve vzdálenosti 10-20 mm, jsou čištěné strojně a jejich tvar v příčném profilu je buďto částí kruhu nebo jsou svislé, popřípadě mohou ve sklonu se směrem proudění. Samočisticí

česle se skládají ze segmentů z kovů nebo umělých hmot a bubnové česle mohou být pohyblivé a nepohyblivé (válec + spirála).

Doporučuje se použití spíše ručních česlí před strojními. U strojních česlí se doporučuje použít rezervní česle. Ty se ale nemusí používat v případě, že použijeme zdvojené strojní česle. Česle je doporučeno chránit před povětrnostními podmínkami stavebním nebo konstrukčním ochranným stavením.

Rychlost vody přitékající na česle při maximálním průtoku nesmí překročit hodnotu 1 m/s. Rychlost také nemá umožňovat usazování nerozpuštěných látek ve žlabu před česlemi.

Počet shrabků usazených na česlích kolísá podle ročního období. Jeho složení je z 80% voda, tudíž jej pak následně lisujeme v pískových lisech. Množství shrabků z hrubých česlí je zhruba 0,2-0,3 m<sup>3</sup>/os\*rok a na jemných česlích to bývá okolo 5-10 m<sup>3</sup>/os\*rok. Shrabky z česlí je nutno před jejich odvozem někde skladovat. Na to nám slouží shromažďovací prostory, které se pravidelně vyvázejí. Shrabky z česlí můžeme dále kompostovat, skládkovat nebo spalovat. (ČSN 75 6402;)

### ***Lapáky písku a štěrků***

Nejčastěji jej můžeme najít na jednotné kanalizaci, kde je větší množství přitečených nerozpuštěných nečistot. Na oddílné kanalizační síti není lapák písku příliš vhodný a je na našem uvážení, zda-li jej zařadíme do dané technologické linky, na místo lapáku písku při oddílné kanalizaci obvykle postačí zařízení ochranné prohlubně. Lapák nám zachycuje částice velikosti 0,2 – 0,25 mm, které by nám mohly poškodit další objekty a zařízení ČOV. Místnost pro akumulaci se navrhuje dle produkce zachyceného písku za dobu 2 až 4 dny. V lapáku písku musí být zajištěna minimální rychlost v závislosti na jeho typu. Písek zachycený v lapáku písku se shromažďuje v akumulační nádrži, která má kapacitu na písek zachycený za 10 až 15 dní. Takto zachycený písek se pak dále musí odstraňovat nebo se může použít ke kompostování. (ČSN 75 6402; Hlavínek, 2016).

### ***Usazovací nádrže***

Mezi usazovací nádrže patří štěrbínová nádrž a septik. Volbu, kterou z nich použijeme, závisí na následujících kritériích:

- Typu odpadních vod
- Velikosti čistírny
- Uspořádání filtračních polí
- Ekonomického hlediska

Usazovací nádrže nám slouží k separaci suspendovaných látek v OV pomocí gravitace. Rychlost separace je závislá na tvaru a velikosti částice látky, která bude usazována a na hustotě kapaliny (Hlavínek, 2016). V případě kořenových čistíren odpadních vod by doba zdržení neměla klesnout pod 2 hodiny (Šálek, 2006).

### **Štěrbínová nádrž**

Štěrbínová nádrž je průtočná sedimentační nádrž. Skládá se z usazovacího žlabu a kalového prostoru. Ve žlabu probíhá usazování částic, které propadá štěrbinou do kalového prostoru, kde probíhá vyhnívání a stabilizace kalu. Objem kalového prostoru je dán počtem obyvatel připojených na ČOV. Po štěrbinové nádrži je požadováno, aby její střední doba zdržení byla okolo 4 hodin. V nádrži je nutné 2x do roka odčerpávat kal, za tuto dobu je kal již dostatečně anaerobně stabilizován. Může mít tvar čtvercový, kruhový i obdélníkový (Hlavínek, 2006, Šálek, 2006, Němcová 2017).

Štěrbínová nádrž se buduje vždy v případě, že jako další stupeň čištění na kořenových čistírnách použijeme horizontální filtr. Není tak účinná jako septik, avšak jsou na ni vynaloženy menší investiční náklady díky úspoře prostoru (Křiška a Němcová, 2015). Navrhujeme ji dle ČSN 75 6401.

### **Septik**

Septik je také průtočná sedimentační nádrž. Skládá se z několika komor, které složí primárně k zadržování, akumulaci a částečnému rozkladu plovoucích nečistot nerozpustných ve vodě. Do každé komory musí být přístup o velikosti aspoň 600x600mm opatřený revizním poklopem. Slouží také jako ochrana před ucpáním filtrace, které jsou umístěny za septikem. Voda odváděná ze septiku by tak měla obsahovat pouze rozpuštěné látky. Návrh septiku se nejčastěji provádí dle normy ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel, větší se z investičních důvodů nevyplatí provádět. (Křiška a Němcová 2015, Němcová 2017)

Dnes se nejčastěji navrhují septiky tří komorové, které nám zajistí vhodnou dobu zdržení odpadní vody, což je kolem 3-5 dní. Septik se kromě doby zdržení navrhuje také na objem septiku. V septiku převládá anaerobní prostředí, což aktivuje proces hnilobných rozkladů, který nám snižuje koncentraci znečištění na otku. Septik nám způsobuje snížení znečištění okolo 30 %. Kalový prostor musí být kolem 50-60 % účinného prostoru septiku, přičemž účinný prostor je minimálně 3m. Výška přítoku a odtoku musí mít převýšení alespoň 5 cm. (Šálek, 2012, Němcová 2017)

### **3.2.2 Filtry**

KČOV využívají fyzikální, chemické a biologické procesy, k nimž dochází ve filtračním prostředí. Účinnost KČOV závisí na typu filtračního pole. Jak už bylo výše zmíněno, existují 2 typy přítoků na filtrační lože a to horizontální (nasycený, zatopený) a vertikální (nenasycený).

Pro správnou funkci filtru je nutno znát jaké mechanické předčištění bude před filtrem, jak znečištěná je voda, kterou budeme filtrovat a kolik vody za den nám na filtrační pole přiteče (přijatelné množství je okolo 150 l/m<sup>2</sup>/den), výběr vhodného substrátu, musíme mít správně nadimenzované filtrační pole a u vertikálního filtru je také nutno správného pulzního dávkování na filtrační pole.

## Horizontální filtr

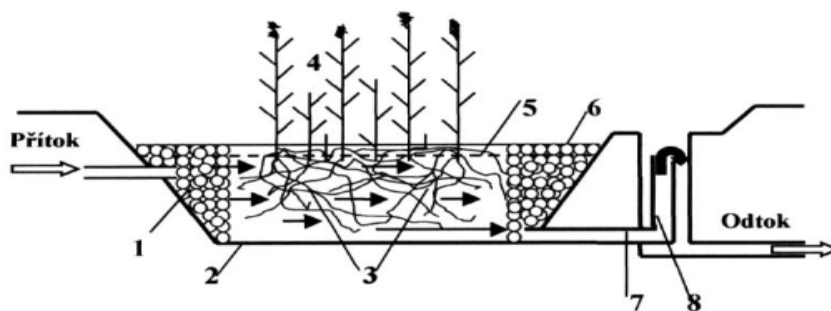
Je nejčastěji se vyskytující filtr na KČOV v České republice, kvůli jednoduchosti návrhu, jeho realizaci a provozování. Tyto filtry jsou nejčastěji řešené s kontinuálním průtokem, kde filtrační vrstva je téměř celá zatopená odpadní vodou. Na horizontální filtr je přiváděna odpadní voda, která prošla přes mechanické předčištění, perforovaným potrubím na nebo lehce pod povrchem země. Filtr je vždy celý zaplněný odpadní vodou, která je pomocí gravitace filtrována přes vrstvu vhodného substrátu, který je dostatečně propustný, aby nedocházelo ke kolmataci. Poté je čistá voda odváděna svodným potrubím umístěným na nejnižším místě filtračního lože na vertikální filtr, do stabilizační nádrže nebo do recipientu, záleží na umístění v technologické lince (Kadlec a Wallace, 2009).

Hloubka filtru není pevně dána, jeho dimenze vychází z výpočtu, který je závislý na konkrétních podmínkách (požadavky na kvalitu vyčištěné vody, reliéf terénu apod.), ale většinou se volí mezi 60 až 100 cm. Obdobně i plošné rozměry filtračního pole vychází z výpočtu potřebné plochy, tvar se zpravidla volí pravoúhlý. Návrh plochy horizontálního filtračního pole se dělá na základě odstranění znečištění  $BSK_5$ , kvality předčištěné OV a počtu EO (ČSN 756401; Šálek, 2006; Kriška a Němcová, 2015).

Horizontální filtr může být doplněn o pulzní vypouštění, které spočívá v cyklické změně hladiny odpadní vody ve filtru. Takovéto kolísání vody vede ke zvýšení účinnosti filtru hlavně, co se týče vzdušného kyslíku ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{cr}$ ,  $N-NH_4$ ).

Horizontální filtr se musí použít vždy, když je použita při mechanickém předčištění šterbinová nádrž, kde filtr slouží jako ochranná funkce vertikálnímu filtru. Při zapojení za vertikálním filtrem se odstraní celkový dusík. Plní funkci spíše denitrifikační, tudíž může být nahrazen stabilizační nádrží s plovoucími ostrovy. Při použití samotného horizontálního filtru je odpadní voda čistá, ale zapáchá.

Nachází se zde anaerobní prostředí, což způsobuje špatné odstranění amoniakálního dusíku (max. 20%) (ČSN 756401; Šálek, 2006; Kriška a Němcová, 2015). Všechny filtry musí být na dně opatřeny izolací proti průsakům kontaminované vody do okolního prostředí. Nejčastěji se používají plastové fólie z PVC nebo PE. Tyto fólie se většinou ukládají z obou stran geotextilií, která plní funkci ochranou a vyrovnávací (Vymazal, 2004).



Obr. 6 Schéma horizontálního filtru dle Vymazala

1- distribuční zóna (kamenivo s větší frakcí), 2- nepropustná vrstva (PVC,PE), 3- filtrační materiál, 4- vegetace, 5- vodní hladina, 6- odtoková zóna, 7- sběrná drenáž, 8- regulace hladiny

## ***Vertikální filtr***

Jiným typem filtračního pole, který může být na kořenové čistírně použitý a jehož zařazení se do technologie se důrazně doporučuje, zejména s ohledem na odstranění amoniakálního dusíku a celkové zlepšení kvality vody, je vertikální filtr.

Na vertikální filtr je voda přiváděna pulzně pomocí perforovaných rozvodných potrubí, která jsou od sebe vzdálena kolem 60-80 cm, po celé ploše filtru. Poté se voda filtruje přes filtrační vrstvu, která je složená z více frakcí vhodného substrátu (např. šterku) vertikálním směrem (shora dolů) až na dno, kde je pomocí drenážního perforovaného potrubí, odváděna dále buďto do recipientu nebo do stabilizační (biologické) nádrže. Vertikální filtr lze použít v případě, kdy je jako mechanické předčištění použit pouze septik nebo šterbinová nádrž, horizontální filtr a za nimi vertikální filtr.

Nachází se zde nenasyčené aerobní prostředí, které odstraňuje amoniakální dusík. Návrh plochy vertikálního filtračního pole se dělá na základě odstranění látkového množství a hydraulického zatížení. Z hlediska látkového znečištění je nutné sledovat množství  $CHSK_{Cr}$  na přítoku na vertikální filtr a hydraulické zatížení nesmí překročit doporučené množství vody za den (ČSN 75 6402). Hloubka filtru je závislá na konstrukčním řešení a pohybuje se okolo 0,8-1 metru, podmínkou je správné složení jednotlivých vrstev filtru, kdy nejdůležitější část, což je filtrační vrstva šterkopísku frakce 0/4, by měla dosahovat výšky až 0,6 metru. Filtr obvykle bývá stejně hluboký jako filtr horizontální, avšak nemusí to tak být. Filtrační materiál se od horizontálního filtru velmi liší a to především frakcí, která bývá daleko jemnější. Hlavní filtrační náplň je tvořena praným šterkopískem frakce 0/4 mm. Ani předimenzovaný filtr nemusí správně fungovat, pokud není správně navrženo rozdělovací potrubí a není provozován spolu s pulzním napouštěním. Jedině správně navržené pulzní napouštění je schopno zajistit vysoké účinnosti  $CHSK_{Cr}$ ,  $BSK_5$  a zejména  $N-NH_4^+$ . Při použití pulzního napouštění se nebude vytvářet stojatá voda v potrubí, takže se nevytvoří biofilm a potrubí nám v zimním období nebude zamrzat. Pulzní napouštění je umístěno nad povrchem země, takže nám do něj nebudou prorůstat kořeny, což by nám mohlo ucpávat filtr. Pomocí nižších profilů potrubí můžeme zajistit vyšší rychlosti pro dopravení vody skrz tvory v potrubí, což nám způsobí rychlejší zatopení potrubí, které se projeví téměř stejnou tlakovou výškou nade všemi otvory, kterých mohou být stovky (Křiška a Němcová, 2015).

Vertikální filtr	X	Horizontální filtr
Vyšší účinnost ve všech parametrech	X	Nižší účinnost ve všech parametrech
Potlačení možného zápachu - aerobní prostředí	X	Možnost zápachu - anaerobní prostředí
Menší náročnost na plochu	X	Větší náročnost na plochu
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> odstraňuje i v zimě	X	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> neodstraňuje v žádném období
Složitější návrh (potrubí)	X	Jednodušší návrh (potrubí)
Vyžaduje dostatečný spád terénu (min. 2m)	X	Většinou vhodné terénní podmínky

**Tab. 1 Srovnání výhod a nevýhod 2 různých provedení filtrů**



**Obr. 7 Ukázka vertikálních (vepředu) a horizontálních (vzadu) filtrů (zdroj archiv ÚVHK)**

### **3.2.3 Stabilizační (biologická) nádrž**

Nachází se za filtrem a slouží jako dočištění odpadních. Jeho výstavba není nutností, slouží pouze jako doprovodný proces čištění např. vod s vyššími nároky na kvalitu vypouštěné vody,

budují se také pro snížení koncentrace amoniaku nebo CHSK<sub>Cr</sub> na odtoku nebo k vyrovnání průtoků.

Stabilizační nádrž navrhujeme tak, aby se nepřetížila, tzn., aby v ní nebylo více než 35 kg BSK<sub>5</sub>/den/ha. Dále ji navrhujeme tak, aby doba zdržení nebyla delší než 5 dní, měla by mít tvar přirozené plochy a hloubka v ní by se měla pohybovat mezi 0,7 – 1,5m. Dno by mělo být opatřeno ochranou (jílovým těsněním, fóliemi nebo umělou kolmatací) proti průsakům, aby se zabránilo kontaminaci okolní půdy znečištěnou vodou. V nádrži je nutné dodávat kyslík, abychom docílili samočisticí schopnosti. Návrhem stabilizační nádrže a čištění vody v ní se zabývá ČSN EN 12255-5.

Je velice podobná rybníkům, je to mělká nádrž, která má na březích vegetační doprovod, který slouží jako opevnění břehu, a na odtoku má vypouštěcí a měrný objekt. Od rybníku se liší tím, že v biologické nádrži nejsou ryby. Její tvar může být libovolný, volíme jej podle místních podmínek. Nepravidelné tvary jsou běžně k naleznutí.

Nevýhodou stabilizační nádrže je, že zabírá velkou plochu a má výkyvy v účinnostech v různých ročních obdobích. Citlivost na změnu teploty se nám projeví také v účinnosti na odstraňování dusíku. Mikrobiální procesy jako je nitrifikace, denitrifikace a amonifikace jsou velice náchylné na změny teploty, proto se v zimním období snižuje její účinnost. Abychom docílili větší životnosti stabilizační nádrže, můžeme před ní navrhnout mechanické předčištění, kterým docílíme snížení usazených nečistot (Šálek, 1997; Šálek 1996).

V některých případech se biologická nádrž používá na místo horizontálních filtrů, kde nahrazují jejich denitrifikační funkci. Tato biologická nádrž je doplněna o plovoucí ostrovy (Kriška a Němcová, 2015).



**Obr. 8 Příklad usazovací nádrže (zdroj archiv ÚVHK)**

### 3.2.4 Kalové hospodářství kořenových čistíren

Na kořenové čistírně vzniká během čištění odpadní vody hned několik druhů odpadů. Mezi tyto odpady patří:

VZNIK ODPADU		TYP ODPADU
Mechanické předčištění	→	Shrabky a kal
Filtrační pole	↗	Kal se zakolmatové filtrační náplně
	→	Sklízená vegetace
	↘	Kal vznikající při srážení fosforu

Obr. 9 Kaly

Každý typ odpadu vyžaduje odlišný způsob likvidace. Ta patří k nejsložitějším problémům týkající se kořenových čistíren. V kalech sledujeme hlavně množství organických a minerálních látek, takže je nutné provést rozbor složení. Zvýšenou pozornost věnujeme především těžkým kovům jako je arsen, kadmium, chrom, měď, rtuť, nikl, zinek a olovo. Při provedení mikrobiologického rozboru musíme dát pozor na přítomnost koliformních bakterií, enterokoků a salmonely.

### 3.3 ROSTLINY A JEJICH FUNKCE

Rostliny na kořenových čistírnách odpadních vod jsou nedílnou součástí. Zastávají mnoho funkcí (viz níže), avšak při návrhu KČOV s jejich účinnostmi nepočítáme, protože z našeho pohledu pro nás nejsou příliš významné. (Křiška a Němcová, 2015)

Podle polohy výskytu rostlin mají tyto funkce:

1. Vytvoření prostředí pro bakterie
2. Dodávku kyslíku
3. Odběr živin protékající vody
4. Výpar vody transpirací (až  $1\text{m}^3/\text{m}^2$  za rok)
5. Tepelný izolant v zimě
6. Estetika
7. Biotop
8. Stabilizace povrchu

Prostřednictvím kořenů předávají rostliny kyslík do kořenové zóny, která je anoxická. Na kořínkách se tvoří biofilm, který je důležitý pro mikroorganismy.

Často vysazovanou rostlinou je Rákos obecný používaný především pro jeho velký odběr živin z OV, velkého výparu z rostlin, hlubokým kořenům, většímu odolání proti znečištění a



odolnosti vůči pH. Dále jsou často používány například Chrastice rákosovitá, pro její hustou kořenovou síť, Zblochan vodní, Orobinec širokolistý k čištění velice kyselé vody s pH 2-10, Ostřice, Kosatec žlutý vhodný pro vody spíše kyselá, bohaté na živiny, dusík a fosfor, Sítina a jiné rostliny. (Zhao, 2012; Křiška a Němcová, 2015) Doporučuje se vysazovat 4-6 ks rostlin na m<sup>2</sup>. Funkce rostlin ve stabilizační nádrži je především takový, že ovlivňuje průnik světla, teplotu a pH vody a dodávají kyslík do nádrže.



**Obr. 10 a 11** Vlevo zblochan vodní (*glyceria maxima*) a rákos obecný (*Phragmites australis*) na KČOV Dražovice (zdroj archiv ÚVHK), vpravo Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) na vertikálním filtru KČOV Kotečnice (zdroj archiv ÚVHK)

### 3.4 ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV

Čistírna využívá fyzikálních procesů k odstranění převážně nerozpuštěných látek ve vodě a to procesů jako je zejména sedimentace a filtrace. Organické látky na čistírně jsou odstraňovány převážně biologickými procesy působícími jak v aerobním, tak v anaerobním prostředí. Rozklad dusíkatých organických látek probíhá za pomoci proteolytických bakterií, které odbourávají bílkoviny a předcházejí činnosti amonizačních bakterií, které následně rozloží tyto dusíkaté látky, jejich štěpné produkty, aminy, amidy, močovinu apod. Při procesu se uvolňuje dusík ve formě amoniaku, při rozkladu bílkovin některé druhy produkují jako vedlejší produkt i sirovodík. Dusík odstraňujeme pomocí nitrifikace a denitrifikace. Fosfor zachytáváme na filtračních materiálech, ale také jej odstraňujeme pomocí mokřadních rostlin, které jej mohou adsorbovat (www.voda.tzb-info.cz, 2013). Ovšem neúčinnější technologie pro odstranění fosforu je jeho srážení. V extenzivních čistírnách lze dosáhnout pouze rozkladu složitějších sloučenin fosforu na jednoduché rozpuštěné fosforečnany.

Dále nás zajímá odstraňování železa a těžkých kovů z vody, což se děje především v anaerobním prostředí, kde mezi sebou začnou vytvářet reakce, které vedou k ukládání látek do substrátu na dně stabilizační nádrže. Bylo dokázáno, že největší výskyt železa a těžkých kovů bylo obsaženo v kořenech rostlin a v sedimentech nádrže a jen malá část se nacházela v biomase nade dnem (www.korenova-cisticka.cz, 2017).

### 3.4.1 Amonifikace

Je to rozklad aminokyselin na amoniakální dusík. Při amonifikaci dochází k uvolňování energie, která je využívána mikroorganismy pro jejich růst. Nejvíce probíhá v horních vrstvách filtru, kde je aerobní prostředí. Její rychlost s hloubkou klesá. V aerobním prostředí probíhá výrazně rychleji než nitrifikace.

### 3.4.2 Nitrifikace

Je to oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany za přítomnosti chemolitotrofních bakterií. Nitrifikační bakterie jsou pomalu rostoucí bakterie, které vyžadují aerobní podmínky. Jejich výskyt je ukazatelem konečné etapy samočisticích procesů, kdy již výrazně převažují mineralizační pochody.

### 3.4.3 Denitrifikace

Denitrifikace má dva stupně. V prvním jsou dusičnany redukovány na dusitany a v druhém jsou dusitany dále redukovány na dusík, resp. oxid dusný. Denitrifikační bakterie redukují dusičnany na dusitany a dále až na plynný dusík. Proces probíhá ve znečištěných vodách v anoxickém prostředí, které je charakterizováno absencí rozpuštěného kyslíku a přítomností dusičnanů. Probíhá v rozsahu pH 6-9. (Cílek a kolektiv, 2017; Malý a Malá 2006)

## 3.5 LEGISLATIVA

Limity pro kořenové čistírny odpadních vod v ČR jsou dané v NV č. 401/2015 Sb.. Všechny čistírny na území ČR musí dodržovat limity dané nařízením vlády, které již bylo zmíněno výše. Požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod se liší podle počtu ekvivalentních obyvatel (EO). Sledované parametry jsou BSK<sub>5</sub> (biochemické spotřeba kyslíku), CHSK<sub>cr</sub> (chemická spotřeba kyslíku), nerozpuštěné látky (NL), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amoniakální dusík). P<sub>celk</sub> (fosfor) a N<sub>celk</sub> (dusík) se na KČOV dle legislativy musí sledovat až při KČOV s více než 2000 EO. Sleduje se pouze v případě, když je to nařízeno vodohospodářským úřadem s řádným odůvodněním, jako například výskytu ochranného pásma nebo přírodní rezervace.

Podle kapacity dělíme ČOV na domovní čistírny odpadních vod do 50EO, čistírny odpadních vod do 500 EO, čistírny odpadních vod 500 - 2000 EO, čistírny odpadních vod 2001- 10 000 EO, čistírny odpadních vod 10 001 – 100 000 EO, čistírny odpadních vod větších než 100 001 EO. Podle ekvivalentních obyvatel se nám liší přípustné emisní standardy jakosti vody.

Počet obyvatel	CHSK <sub>cr</sub> , příp.	CHSK <sub>cr</sub> , max.	BSK <sub>5</sub> , příp.	BSK <sub>5</sub> , max	NL, příp.	NL, max	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , průměr.	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , max	P <sub>celk</sub> , průměr.	P <sub>celk</sub> , max
< 50	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-
do 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	3	8

Tab. 3 Emisní standardy z NV 401/2015 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l

V čistírnách nad 10 001 musíme sledovat také dusík ( $N_{\text{celk}}$ ). Pro návrh většiny kořenových čistíren OV se řídíme normou ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Pouze výjimečně se u nás staví větší čistírny (s EO 500 - 2000)

Přítomnost balastních vod může způsobit silné naředění, a proto mohou být na přítoku před čistírnou emisní limity nižší než limity dané v NV 23/2011 Sb.

### 3.5.1 Sledované parametry

Při rozhodování o volbě technologie čištění OV je dobré znát z pohledu optimalizace návrhu alespoň jakost a množství odpadních vod přitékající na čistírnu, která tam bude do budoucna postavena. Znečištění, které přitéká kanalizací do čistírny, je podle dnešní legislativy charakterizováno a posuzováno několika dílčími ukazateli (viz níže). Podle spotřebovaného množství vody je produkováno znečištění v různé koncentraci uvedené v miligramech na 1 litr odpadní vody. Všechny tyto sledované koncentrace se spolu s narůstající se spotřebou vody snižují a při velké úspoře vody se koncentrace zvyšují.

Dle nařízení vlády 401/2016 je nutné sledovat koncentrace vybraných parametrů na odtoku z čistírny odpadních vod. Těmito parametry jsou:

#### Chemická spotřeba kyslíku ( $CHSK_{Cr}$ ):

Pokud vypouštěná voda obsahuje vyšší koncentrace chemické spotřeby kyslíku, znamená to, že čistírna nebyla schopna dodat do čištěné vody dostatek kyslíku. Pokud se tato voda vypustí do stojaté vody (např. rybník) dojde k úbytku koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě vlivem postupného spotřebovávání na odstranění zbytkové koncentrace  $CHSK_{Cr}$ . Kořenové čistírny běžně nemají problém s odstraněním znečištění ve formě  $CHSK_{Cr}$ , účinnost se pohybuje často nad 85 - 90 % – většina znečištění se odstraní téměř u přítoku na filtrační pole filtrací.

#### Biochemická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ ):

Jedná se o biologicky rozložitelné znečištění, které se do odpadní vody dostává zejména společně se splašky. Hodnota  $BSK_5$  určuje množství nebo koncentraci organického znečištění, které je odbouratelné pouze pomocí mikroorganismů. Kořenové čistírny obdobně jako v případě  $CHSK_{Cr}$  nemají většinou problém s odstraněním, účinnost odstranění  $BSK_5$  se pohybuje u horizontálních filtrů po zapracování nad 80 %, správně řešené vertikální čistí až 97 %  $BSK_5$ .

#### Nerозpuštěné látky (NL):

Jedná se o znečištění, které je ve vodě viditelné často pouhým okem a tedy je lze snadno stanovit zachycením pomocí filtrace. V rámci systému kořenové čistírny je z pohledu dlouhodobého bezporuchového provozu na místě, aby se většina z přitékajícího množství usazených NL odstranila na začátku, tj. v mechanickém stupni čištění.

#### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):

Na odstranění amoniakálního dusíku z odpadní vody je potřeba vysoké množství kyslíku a zároveň optimální nastavení prostředí pro bakterie, které N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> rozkládají (nitrifikace). Pokud je kořenová čistírna nevhodně navržena nebo provozována a amoniakální dusík se neodstraní v dostatečné míře, způsobí silný výkyv ekologické rovnováhy v recipientu.

#### Fosfor (P<sub>celk</sub>):

Je stejně jako dusík živina (nutrient). Oba prvky podporují tvorbu buněčné hmoty, růst a množení mikroorganismů, řas i vyšších rostlin. Když je ve stojaté vodě zvýšená koncentrace nutrientů, přemnoží se řasy a sinice, které během léta klesají ke dnu nádrže, kde se rozloží a způsobí tímto znečištění. Zároveň ve vodě způsobují zvýšenou potřebu kyslíku na jejich rozklad. Fosfor se na kořenových čistírnách odstraňuje jednak v rámci mechanického předčištění (sedimentační procesy), což je kolem 10 %, ale i v samotném filtračním poli (částečný odběr rostlinami) v rozsahu 5-10 %. Nejspolehlivěji však fosfor odstraníme vysrážením (Křiška a Němcová, 2015; Malý a Malá 2006).

Sledované parametry jsou dané nařízením vlády č. NV 61/2003, ve znění novely NV 23/2011 Sb., resp. Přílohou č. 1, tabulkou 1a: Emisní standardy.

Sledovaný parametr	Denní produkce na 1 EO (g/EO/den)	Účinnost jednotlivých čistících stupňů (%)				Limit dle NV 401/2016 (mg/l)*
		šterbinová nádrž	septik	horizontální filtr	vertikální filtr	
BSK <sub>5</sub>	60	20-30	30-50	60-90	80-90	40
CHSK <sub>5</sub>	120	10-30	30-60	40-75	85-90	150
NL	55	30-60	50-70	80-95	90-98	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	13	0-6	0-6	0-20	70-90	0 - NESLEDUJEME
PCELK	2	0-8	10-35	20-40	20-50	0 - NESLEDUJEME

**Tab. 4 Účinnosti jednotlivých čistících stupňů pro KČOV do 500EO**

## 4 STUDIE KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD PRO OBEC JANKOVICE

### 4.1 JANKOVICE U HOLEŠOVA

#### 4.1.1 Informace o území

Obec Jankovice se nachází na úpatí Hostýnských vrchů v okrese Kroměříž ve Zlínském kraji. Samotná obec je rozložena kolem říčky Rusavy, do které se vlévá potok Zhrta (Dědinka) a potok Slavkovka, který teče do mlýnské strouhy.

Obec	Jankovice u Holešova
Status	obec
Katastrální území	Jankovice u Holešova, 656836
Kraj	Zlínský
Okres	Kroměříž
Počet obyvatel	378
Starosta	Miroslav Darebník
Rozloha	417 ha
Průměrná nadmořská výška	286 m n.m.

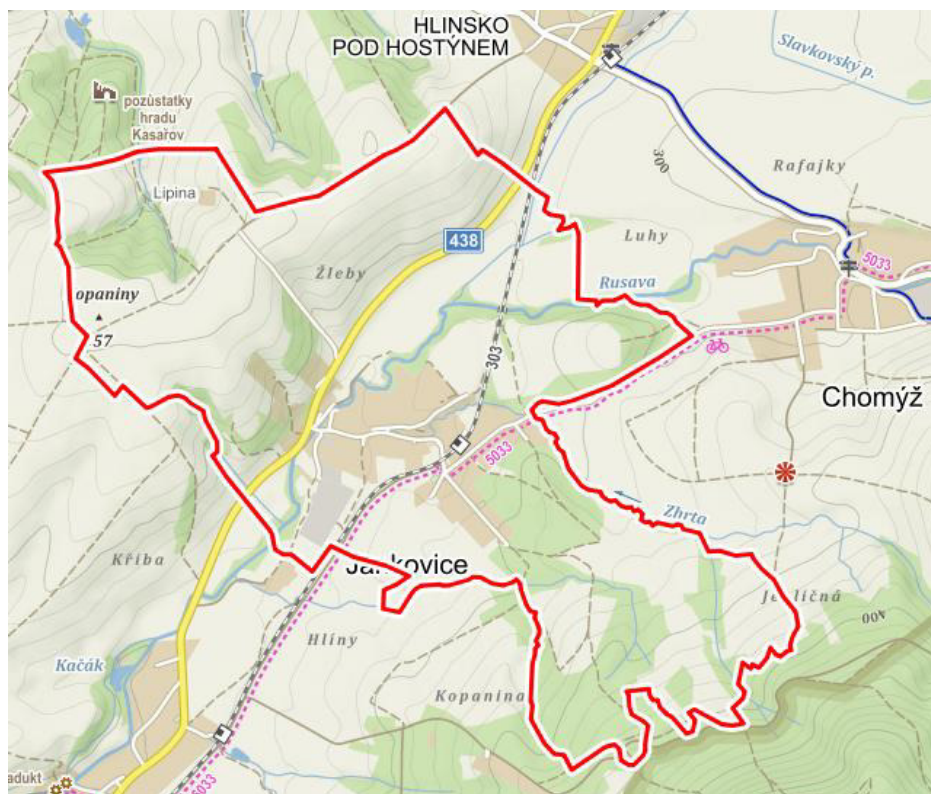
Tab. 5 Obecné informace o obci

Typ půdy	Specifikace	Ha
Orná půda	-	161.85
Zahrady	-	16.21
Ovocné sady	-	0.26
Travní plochy	-	63.63
Lesní pozemky	-	86.1
Vodní plochy	tok přirozený	4.63
	tok umělý	0.11
Zastavěná plocha	-	6.33
Ostatní plochy	dráha	4.44
	jiná plocha	20.8
	manipulační prostor	1.97
	neploďná půda	0.33
	ostatní komunikace	27.72
	silnice	4.09
	sport a rekreace	1.3
	zeleň	18.11
Celková rozloha		417.88

Tab. 6 Typy půd na území Jankovice

Technická vybavenost obce	plyn
	vodovod - VaK Kroměříž a.s.
	kanalizace
	pošta
	myslivecký spolek Hrabina
	Jankovický sbor dobrovolných hasičů

**Tab. 7 Technická vybavenost obce**



**Obr. 12 Mapa Jankovic**

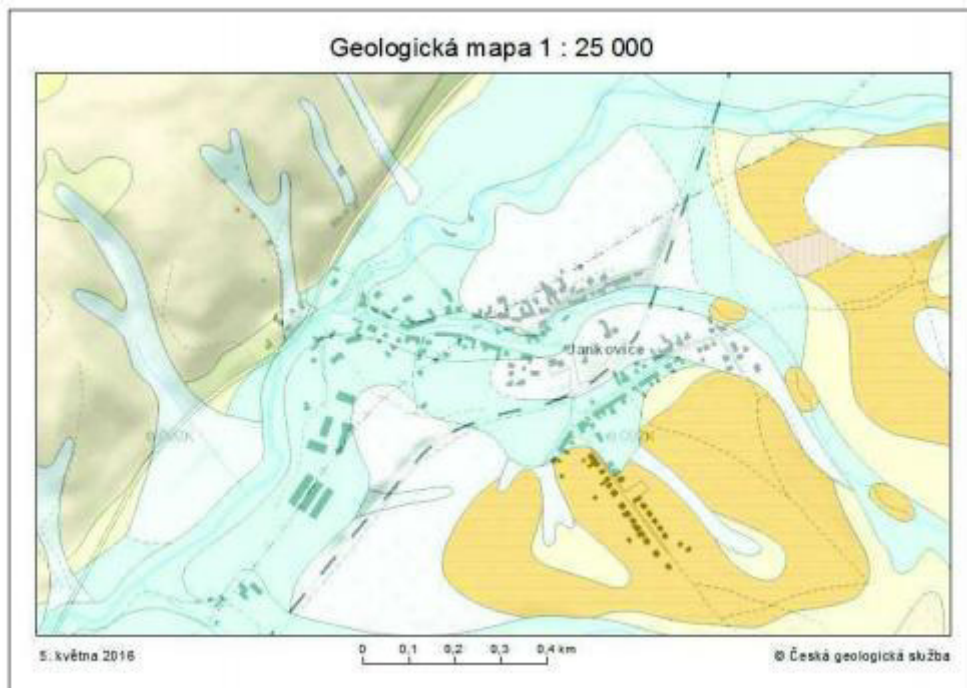
Nadmořská výška Jankovic je od 413 m n. m. (jižní část katastru) až po 260 m n. m. Obec se řadí jako sídlo venkovského typu s jednoduchým urbanistickým uspořádáním funkčních zón a převažující obytnou funkcí. Území je tvořeno především rodinnými domky a zemědělskými usedlostmi. Jankovice mají ulicovitý tvar a nenachází se v nich téměř žádné objekty občanské vybavenosti, které by produkovali nějaké významnější znečištění. Řeka Rusava se z hydrologického hlediska nachází na povodí Moravy, kde není součástí žádného ochranného pásma vodního zdroje. Rusava i potok Zhrta jsou na našem území vedeny jako lososové vody dle NV č. 71/2003 Sb.

#### **4.1.2 Geologické a pedologické poměry**

Lokalita Jankovice u Holešova patří do regionu Vnějších Karpat. Téměř celé území tvoří kvartérní pokryv, protože téměř celou plochu pokrývá kvartérní fluviální sediment související z protékající řekou Rusavou a potokem Zhrta. V jihovýchodní části obce předpokládáme

výskyt podmenilitových souvrství mesozoiky až svrchní křída zastoupená jílovcí – oblast tzv. flyšového pásma.

V oblasti můžeme počítat s dobrou těžitelností (třídy 2-3 zrušené normy ČSN 73 3050), protože očekáváme výskyt hlavně fluvialních písků, hlinitých a písčitých štěrků a hlinitých písků. V případě výskytu jílovců můžeme pracovat s třídou 4 (platné ČSN 73 6133)



Obr. 13 Výřez geologické mapy ČR 1:25 000



Obr. 14 Legenda geologické mapy

### 4.1.3 Klimatologické poměry

Území obce Jankovice spadá do dvou klimatických oblastí MT7 a MT10. Mírně teplé klimatické oblasti MT 7-10 mají dlouhé, teplé a mírně suché léto s velmi suchou, krátkou a mírně teplou zimou.

Charakteristika	MT7	MT10
Počet letních dnů	30-40	40-50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140-160	140-160
Počet mrazových dní	110-130	110-130
Počet ledových dní	40-50	30-40
Průměrná teplota v lednu	-2-(-3)	-2-(-3)
Průměrná teplota v červenci	16-17	17-18
Průměrný počet dní se srážkami 1 a více mm	100-120	100-120
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60-80	50-60

Tab. 8 Charakteristika vybraných oblastí

Oblast MT10 je charakteristická dlouhým létem, teplým, suchým až mírně suchým, krátkým přechodným obdobím s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, krátkou zimou, mírně suchou, s krátkým trváním sněhové pokrývky (E.Quitt, 1971)

### 4.1.4 Hydrologické údaje

V obci Jankovice se nám vyskytují 3 významné toky – Rusava, Slavkovský potok a Zhrta. Vodní tok Rusava je levostranný přítok řeky Moravy. Délka řeky je 29,2 km a povodí činí cca 147,5 km<sup>2</sup>. Rusava pramení v Hostýnských vrších v přibližné nadmořské výšce 600 m n.m. Tok Rusavy je v horní části nevyrovnaný a rychlý, který se postupem snižuje. Na vrchním toku dominuje hloubkový typ eroze, voda vytváří mnoho erozních tvarů - převážně strže. Střední tok je charakteristický tím, že zde přestává převládat erozní působení řeky a nanesený materiál je vlečen po dně. Od středního toku až k ústí do Moravy je Rusava silně regulována. Vodní toky tak mají rovnoběžný charakter.

Druhým vodním tokem je Slavkovský potok. Ten pramení nad obcí Slavkov pod Hostýnem, teče jihozápadním směrem a na území Jankovic se zprava vlévá do Rusavy. Jeho délka je 6,4 km. Soutok toku s Rusavou leží nad intravilánem obce.

Třetím neméně významným tokem je Zhrta. Tento délkou nevelký tok pramení nedaleko katastrálního území řešené obce. Protéká jejím středem a na okraji intravilánu se po 4,6 km vlévá zleva do Rusavy. ([www.edpp.cz](http://www.edpp.cz))

Zhrta je ve správě Lesy České republiky, s. p., Slavkovský potok a Rusava je ve správě Povodí Moravy, s.p.





**Obr. 15 Obec Jankovice a její vodní toky**

Vodní tok Rusava:

Vodní tok Rusava má na území obce Jankovice oficiálně stanovené záplavové území včetně aktivní zóny ZÚ v úseku ř. km 0,000 - 23,323 vyhlášené Krajským úřadem Zlínského kraje, odborem životního prostředí a zemědělství, které nabylo účinnosti dne 5.5.2016 pod čj. KUZL 27524/2016 (pro ř. km 0,000 - 18,140, ve vlastnictví Povodí Moravy, s.p.) a KUZL 25968/2016 (pro ř. km 18,140 - 23 323, ve vlastnictví Lesy České republiky, s.p.).

K zabezpečení hlášené povodňové služby se zřizují hlášené profily - místa na vodním toku, která slouží ke sledování průběhu povodně.

Pro včasnou výstrahu obce Jankovice na toku Rusava slouží hlásný profil kat. B Chomýž, Rusava. Kategorie B značí, že se jedná o doplňkový hlasný profil nezbytný pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na regionální úrovni. Včasná výstraha na toku Zhrta je zajišťována hlásným profilem kat. C Jankovice, Zhrta. Kategorie C jsou pomocné účelové profily, které mohou zřídít a provozovat pro své potřeby obce nebo vlastníci ohrožených nemovitostí.

Hlásný profil kat. C Jankovice, Zhrta leží na východní hranici katastru obce. Vodoměrná stanice opatřená ultrazvukovou sondou a vodočetnou latí leží na mostu místní komunikace spojující Jankovice s Chomýží. Provozovatelem je obec Jankovice, která je zároveň i příjemcem výstražných zpráv. Ta poté kontaktuje obce pod tokem (Holešov, Třebětice) a ORP Holešov

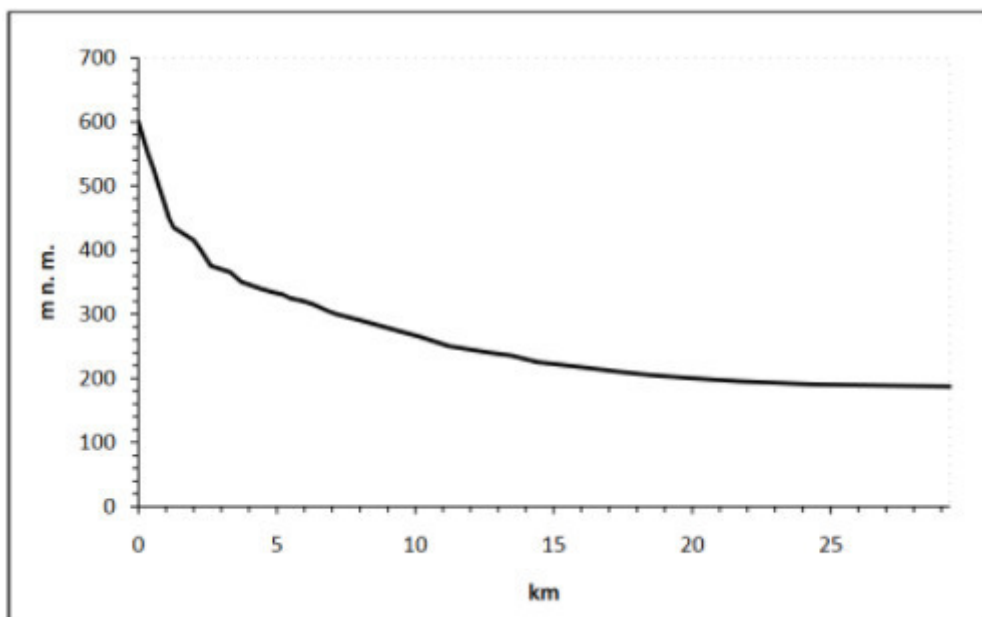
Hlásný profil kat. B Chomýž, Rusava se nachází v obci Chomýž, na pravém břehu řeky Rusavy v ř. km 22,7. Provozovatelem je ČHMÚ Brno. Příjemcem informací o vývoji vodního stavu je obec Chomýž, která poté varuje obce dole pod tokem (Jankovice, Holešov, Třebětice), ORP Bystřice pod Hostýnem, ORP Holešov, Povodí Moravy a KOPIS HZS Zlín. Platnost SPA je od obce Chomýž po ústí řeky do Moravy

N-leté průtoky:

Průtoky	m <sup>3</sup> /s
Q1	4.4
Q5	9.7
Q10	14
Q50	32
Q100	43
øroční	0.244

Tab. 9 N-leté průtoky řeky Rusavy

Číslo hydrologického pořadí: 4-12-02-124



Obr. 16 Podélný profil řeky Rusavy

## 4.2 STÁVAJÍCÍ STAV

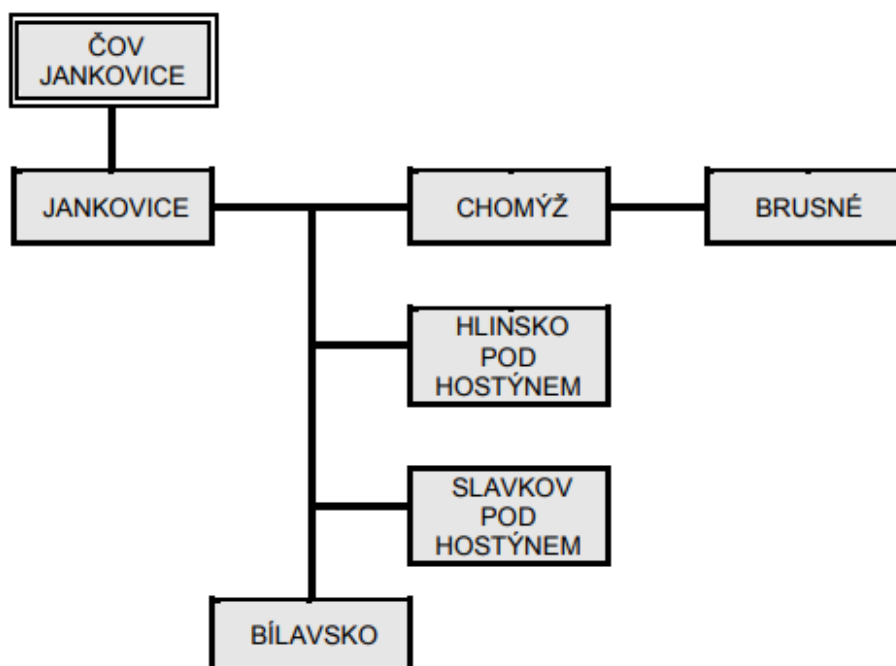
Každý ví, že pro předpoklad kvalitního rozvoje obce, života obyvatel a ochrany životního prostředí je zapotřebí vypořádat se s odpadními vodami a daném území. Není tomu jinak ani v Jankovicích u Holešova, kde se rozhodli s tímto problémem vypořádat.

Existuje mnoho variant, jak si s tímto problémem poradit, avšak tato práce se zabývá pouze jednou z variant a to je vybudování kořenové čistírny odpadních vod do 500 EO na území Jankovic.

Ve Zlínském kraji existuje v současnosti řada měst a obcí, jejichž odpadní vody jsou čištěny na čistírnách sousedních měst a obcí. Tyto skupiny vytvářejí nadobecní kanalizační systémy. V současné době se jedná o čtyři nadobecní kanalizační systémy. Žádný z nadobecních kanalizačních systémů nepřesahuje hranice kraje. (PRVKUK) Jestliže se podíváme do navrhovaných nadobecních kanalizačních systémů ve Zlínském kraji, zjistíme, že co se týče Jankovic, tak patří do tohoto nadobecního systému:

Kraj	Název nadobecního systému	Čistírna odpadních vod
Zlínský	Jankovice – Chomýž – Brusné – Bílavsko – Hlinsko pod Hostýnem – Slavkov pod Hostýnem	Jankovice

#### Schema nadobecního systému



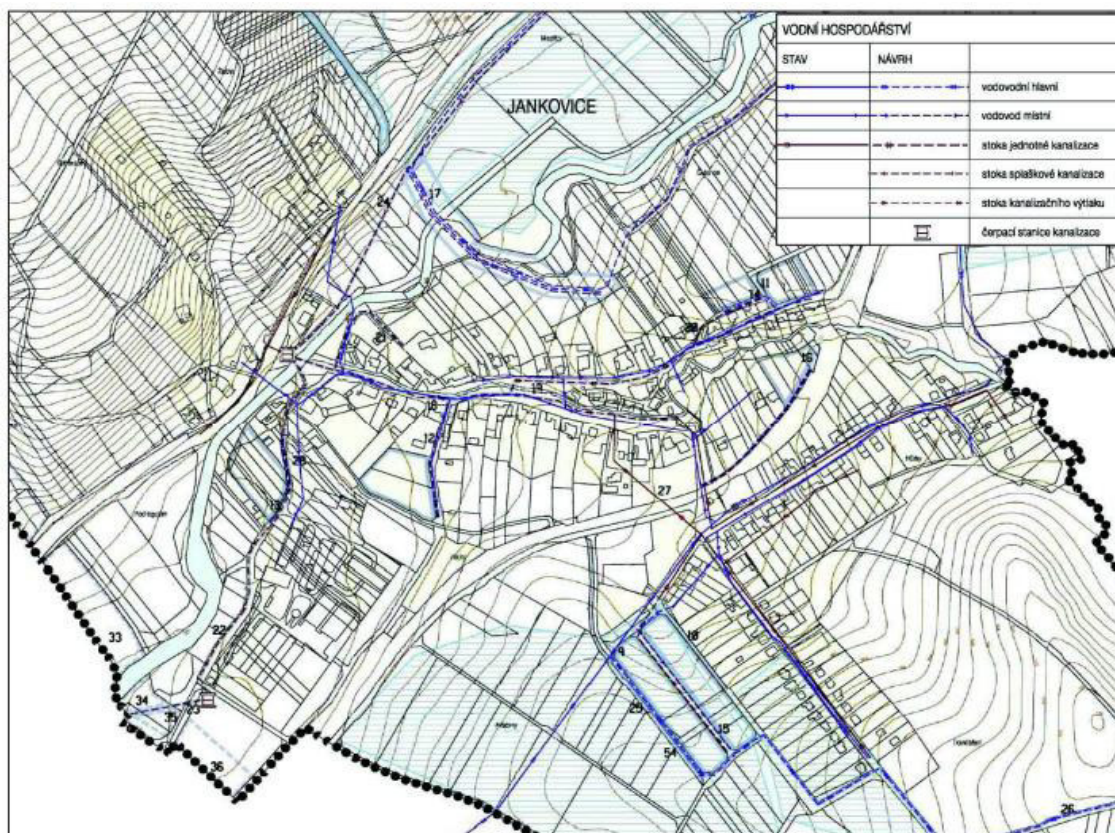
**Poznámka:**

Políčka bez stínování představují města, obce a místní části v současné době připojené na kanalizační systém  
 Políčka se stínováním představují města, obce a místní části, které budou na kanalizační systém připojeny do r.2015

**Obr. 17 Popis nadobecního kanalizačního systému Jankovice – Chomýž – Brusné – Bílavsko – Hlinsko pod Hostýnem – Slavkov pod Hostýnem**

V Jankovicích se nachází jednotná kanalizace (DN 300-600), která je vlastnictví obce Jankovice, sestávají se z šesti nezávisle na sobě fungujících sběračů. Podle analýz z roku 2011 je na kanalizaci připojeno 35% místních obyvatel. Do sběračů jsou zaústěny přepady z individuálních čištění OV (nejčastěji ze septiků) z přilehlých nemovitostí. Stoky jsou zakončeny šachtami s lapači splavenin, kde se odvádí dešťové vody z příkopů a cest. Ve zbytku obce je odpadní voda čištěna v septicích a vypouštěna dále do recipientu nebo shromažďována a jímkách a poté jsou odváženy na ČOV v Holešově. Místní kanalizace byla naposledy opravována v roce 1988 v rámci pasportu kanalizace Jankovice. V PRVKÚK

z roku 2014 se můžeme dozvědět, že všechny stoky, krom sběrače A jsou v dobrém technickém stavu. Celková délka místní stoky je 2485 m. (PRVKÚK; územní plán obce)



Obr. 18 Výřez výkresu „Koncepte vodního hospodářství“ z územního plánu obce Jankovice

#### 4.2.1 Množství a kvalita OV

Kód PRVKUK	Název	Celková produkce odpadních vod* (m <sup>3</sup> /d) r.2000	Celková produkce odpadních vod* (m <sup>3</sup> /d) r.2010	Celková produkce odpadních vod* (m <sup>3</sup> /d) r.2015
CZ072.3708.7202.0018.01	Jankovice	35	35	34
CZ072.3708.7201.0004.01	Chomýž	35	35	35
CZ072.3708.7201.0002.01	Brusné	38	38	38
CZ072.3708.7201.0003.02	Bílavsko	28	29	29
CZ072.3708.7201.0003.03	Hlinsko pod Hostýnem	35	36	36
CZ072.3708.7201.0013.01	Slavkov pod Hostýnem	67	67	68
<b>Celkem</b>		<b>238</b>	<b>240</b>	<b>240</b>

\*Včetně osob s ČOP, průmyslu, zemědělství a vybavenosti

Obr. 19 Celková produkce odpadních vod obcí napojených na kanalizační systém Jankovice – Chomýž – Brusné – Bílavsko – Hlinsko pod Hostýnem – Slavkov pod Hostýnem

Z této tabulky víme, že celková produkce odpadních vod svedených z okolních vesnic, bude 240 m<sup>3</sup>/den.

Dle výše zmíněných emisních standardů (tab. 3) budou naše přípustné limity takové:

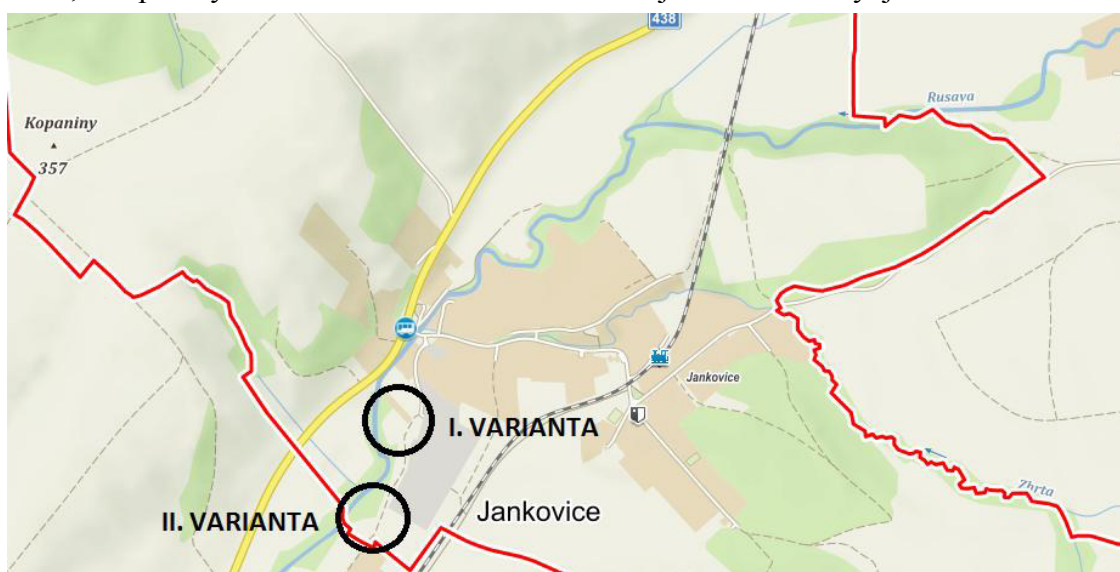
Počet obyvatel	CHSK <sub>cr</sub> , přípustné	CHSK <sub>cr</sub> , max.	BSK <sub>5</sub> , přípustné	BSK <sub>5</sub> , max.	NL, přípustné	NL, max.	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , průměr.	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , max.	P <sub>celk</sub> , průměr.	P <sub>celk</sub> , max.
do 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-

Tab. 10 Přípustné limity pro čistírnu v obci Jankovice

## 4.3 NOVÝ NAVRŽENÝ STAV

### 4.3.1 Umístění kořenové čistírny odpadních vod

Pro umístění KČOV v obci Jankovice jsme se rozhodovali mezi těmito dvěma variantami, vycházející z územního plánu obce. V obou dvou případech je v územním plánu počítáno s tím, že plochy obou variant umístění KČOV jsou uvažovány jako zemědělské plochy.



Obr. 20 Umístění KČOV

### 4.3.2 Dotčené pozemky

Brali jsme v úvahu 2 možné varianty umístění KČOV. V tabulce jsou uvedeny parcely s jejich výměrou pro obě tyto možnosti.

I. VARIANTA		II. VARIANTA	
Parcela	Výměra (m <sup>2</sup> )	Parcela	Výměra (m <sup>2</sup> )
2125	1012	2153	2298
2127	1425	2152	1183
2129	2129	2155	2650
2130	435		
2128	414		
Σ	5	3	6131

Tab. 11 Dotčené parcely a jejich výměry

### ***I. varianta:***



Parcelní číslo: 2125  
Vlastnické právo:  
Skopalová Markéta, Bartošova 1976/19, 76701  
Kroměříž 1/2,  
Zapletal Josef, Koperníkova 1450/12, 76701  
Kroměříž 1/2  
Druh pozemku: Orná půda  
Výměra: 1012 m<sup>2</sup>  
Seznam BPEJ: 62210 – 1012 m<sup>2</sup>

**Obr. 21 Mapa dotčeného pozemku 2125**



Parcelní číslo: 2127  
Vlastnické právo:  
Zlámal Zdeněk, Vrchlického 105, 76824 Hulín  
Druh pozemku: Trvalý travní porost  
Výměra: 1425 m<sup>2</sup>  
Seznam BPEJ: 62210 – 1425 m<sup>2</sup>

**Obr. 22 Mapa dotčeného pozemku 2127**



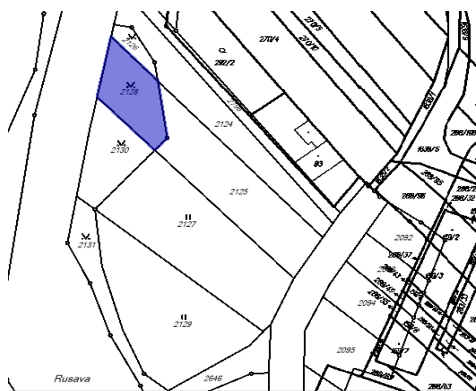
Parcelní číslo: 2129  
Vlastnické právo:  
JACOM, spol. s r.o., Přerovská 761/2, 76901  
Holešov  
Druh pozemku: Trvalý travní porost  
Výměra: 1354 m<sup>2</sup>  
Seznam BPEJ: 62210 – 1354 m<sup>2</sup>

**Obr. 23 Mapa dotčeného pozemku 2129**



Parcelní číslo: 2130  
Vlastnické právo:  
Zlámal Zdeněk, Vrchlického 105, 76824 Hulín  
Druh pozemku: Ostatní plocha  
Výměra: 435 m<sup>2</sup>  
Seznam BPEJ: Parcela nemá evidované BPEJ.

**Obr. 24 Mapa dotčeného pozemku 2130**



Parcelní číslo: 2128

Vlastnické právo:

Skopalová Markéta, Bartošova 1976/19, 76701 Kroměříž 1/2,

Zapletal Josef, Koperníkova 1450/12, 76701 Kroměříž 1/2

Druh pozemku: Ostatní plocha

Výměra: 414 m<sup>2</sup>

Seznam BPEJ: Parcela nemá evidované BPEJ.

**Obr. 25 Mapa dotčeného pozemku 2128**

## ***II. varianta***



Parcelní číslo: 2153

Vlastnické právo:

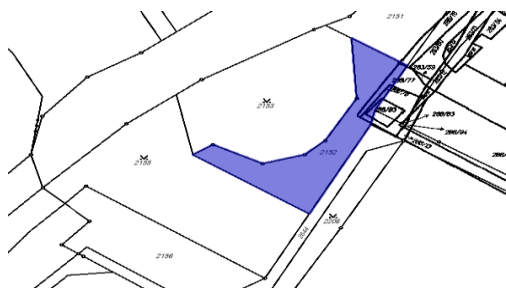
Janáková Veronika, č. p. 8, 76901 Jankovice

Druh pozemku: Ostatní plocha

Výměra: 2298 m<sup>2</sup>

Seznam BPEJ: Parcela nemá evidované BPEJ.

**Obr. 26 Mapa dotčeného pozemku 2153**



Parcelní číslo: 2152

Vlastnické právo:

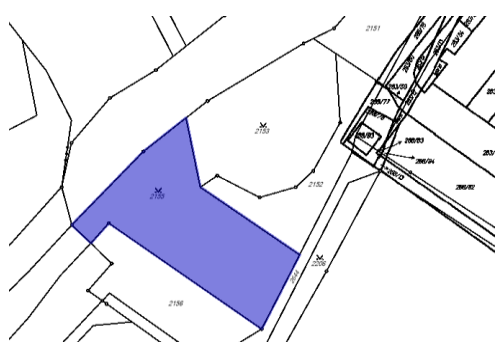
Janáková Veronika, č. p. 8, 76901 Jankovice

Druh pozemku: Orná půda

Výměra: 1183 m<sup>2</sup>

Seznam BPEJ: 61300 – 823 m<sup>2</sup>

**Obr. 27 Mapa dotčeného pozemku 2153**



Parcelní číslo: 2155

Vlastnické právo:

Obec Jankovice, č. p. 101, 76901 Jankovice

Druh pozemku: Ostatní plocha

Výměra: 2650 m<sup>2</sup>

Seznam BPEJ: Parcela nemá evidované BPEJ.

**Obr. 28 Mapa dotčeného pozemku 2155**

Jak můžeme vidět v I. variantě máme 5 pozemků od 4 různých majitelů, z nichž ani jeden pozemek nevlastní obec či stát. Tvarové uspořádání těchto pozemků není také zcela vhodné vzhledem k svažitosti terénu. Rozměrově by tato alternativa vyhovovala, avšak nesplňovala by ochranné pásmo kolem budov v její blízkosti.

Oproti tomu alternativa č. II má pouze 3 pozemky od 2 různých majitelů, přičemž jeden z nich je přímo obec Jankovice, s pozemkem o velikosti 43,2% z celkové velikosti všech tří pozemků. Co se týče svažitosti a tvaru má tato alternativa také lepší podmínky. Rozměrově je ještě větší, což nám umožní více možností umístění kořenové čistírny. Je umístěna na okraji Jankovic, takže ochranné pásmo bude dostatečné.

Alternativa č. I je z mého pohledu méně vhodná než II. Alternativa, protože dotčené pozemky mají několik majitelů, takže by tam mohlo dojít ke komplikacím s odkoupením jejich pozemků. Navíc navržené horizontální i vertikální filtrační pole zabírají poměrně velkou plochu, což nám varianta č. 2 poskytuje.

### 4.3.3 Množství a kvalita přítékajících odpadních vod

Výhledový počet obyvatel je 450. Bylo uvažováno, že 1 obyvatel se rovná 1 ekvivalentní obyvatel, včetně zatížení, které produkuje občanská vybavenost. Specifická produkce odpadních vod byla stanovena na 120 l/os/den. Balastní vody tvoří 20% z průměrného denního průtoku  $Q_{24}$ .

Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod a výpočet průtoků na čistírnu:

Počet ekvivalentních obyvatel	450
Specifická potřeba vody	$q=120$ l/os/den
Balastní vody	20%

Kanalizační systém jednotná kanalizace

---

Průměrný denní přítok OV	$Q_{24,m} = 54$ m <sup>3</sup> /den
Přítok balastních vod	$Q_{bal} = 10,8$ m <sup>3</sup> /den
Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	$k_h = 3,05$ (interpolace z ČSN 75 6402)
Koeficient denní nerovnoměrnosti	$k_d = 1,5$ (ČSN 75 6402)
Průměrný bezdeštný denní přítok	$Q_{24} = 64,8$ m <sup>3</sup> /den
Maximální bezdeštný denní přítok	$Q_{d,max} = 91,8$ m <sup>3</sup> /den
Maximální bezdeštný hodinový přítok	$Q_{h,max} = 10,74$ m <sup>3</sup> /hod

Použité vzorce:

$$Q_{24,m} = EO \cdot q_{spec}$$

$$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{bal}$$

$$Q_{d,max} = Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{bal}$$

$$Q_{h,max} = (Q_{24,m} \cdot k_d \cdot k_h + Q_{bal}) / 24$$



Z důvodu jednotné stokové sítě zahrnují výpočet  $Q_{\max}$ , který použijí při výpočtu česlí a štěrbínové nádrže:

Průtok odpadních vod při srážkách přiváděný na ČOV  $Q_{\max} = 19,34 \text{ m}^3/\text{hod}$

$$Q_{\max} = n * Q_h$$

$$n = 1,8 \text{ (dle normy } < 2)$$

#### 4.3.4 Výpočet koncentrací

Technologie čištění odpadní vody je volena tak, aby vyčištěná voda splňovala všechny emisní standardy dané nařízením vlády NV 401/2016 Sb. Hodnoty účinností jednotlivých technologických objektů jsou převzaty z normy ČSN 75 6402. V tabulce 12 jsou uvedeny odtokové koncentrace z jednotlivých technologických objektů. Průměrné denní znečištění přitékající na čistírnu  $S_{dp}$  v kg/den a vstupní koncentrace znečištění  $c_o$  v mg/l jsou vypočítané dle vzorců pod tabulkou.

ukazatel	Denní produkce na 1 EO	$S_{dp}$	Koncentrace na přítoku $c_o$	štěrbínová nádrž	Koncentrace na odtoku ŠN	Horizontální filtr	Koncentrace na odtoku HF	Vertikální filtr	Koncentrace na odtoku VF	Limit dle NV 401/2016
-	$s_o$ [g/EO/den]	kg/den	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	mg/l
BSK <sub>5</sub>	60.00	27	416.67	25.00	312.50	40.00	187.50	80.00	37.50	40.00
CHSK	120.00	54	833.33	30.00	583.33	50.00	291.67	85.00	43.75	150.00
NL	55.00	24.75	381.94	40.00	229.17	60.00	91.67	90.00	9.17	50.00
N-NH <sub>4</sub>	11.00	4.95	76.39	5.00	72.57	5.00	68.94	80.00	13.79	nesledujeme
P-celk	2.50	1.125	17.36	3.00	16.84	5.00	16.00	40.00	9.60	nesledujeme

Tab. 12 Výpočet koncentrací

Použité vzorce:

$$S_{dp} = s_o * EO$$

$$C_o = S_{dp}/Q_{24}$$

Vyčištěná voda vyhovuje přípustným koncentracím dle NV 401/2016 Sb. ve všech sledovaných ukazatelích.

Ukazatel	Účinnost [%]
BSK <sub>5</sub>	91.00
CHSK	94.75
NL	97.60
N-NH <sub>4</sub>	81.95
P <sub>celk</sub>	44.71

Tab. 13 Účinnost čistírny v %

### **4.3.5 Způsob čištění odpadních vod**

Kořenová čistírna se skládá z několika na sebe navazujících zařízení, které jsou voleny s ohledem na množství a kvalitu přiváděné odpadní vody.

Odpadní voda z obce Jankovice bude přitékat na KČOV z jednotné kanalizace. Na vstupu do čistírny bude vybudována odlehčovací komora, která bude oddělovat dešťové vody od splaškové. Dále se bude čistit přes dva základní stupně, které jsou tvořeny mechanickým předčištěním (česle, štěrbínová nádrž) a hlavním čistícím stupněm (horizontální a vertikální filtr).

### **4.3.6 Odlehčovací komora**

Odlehčovací komora v tomto případě slouží separaci dešťových vod od splašků a nečistot. Dešťové vody jsou poté odváděny do recipientu, což je místní řeka Rusava. Splašky s nečistotami dále putují do dalších objektů KČOV, kde jsou čištěny. Odlehčovací komora je umístěna jako první objekt na vstupu do čistírny. Do odlehčovací komory je přiváděna odpadní voda stokou o DN 300 z ní pak dále na KČOV vede přívodní potrubí o DN 110.

Odlehčovací komora bude navržena v rámci projektu kanalizace a není součástí této studie. Při srážkách by nemělo množství přiváděných vod na čistírnu (průtok) přesahovat násobek maximálního hodinového přítoku  $Q_{max}$ .

### **4.3.7 Mechanické předčištění**

Mechanické předčištění nám slouží k odstranění plovoucích částic, které by mohly ohrozit zařízení na čistírně nebo způsobit ucpání filtru a potrubí. Na čistírny se preferuje použití zařízení, které nepotřebují ke svému chodu obsluhu či elektrickou energii. Na zdejší čistírně se vybudují česle, lapák písku a štěrbínová nádrž, pro jejichž provoz nebude zapotřebí elektrická energie, pouze obsluha.

#### ***Česle***

V Jankovické čistírně jsme zvolili ručně stírané hrubé česle ČR 400×500/15×45 od firmy Fontana R, s.r.o.. Skládají se z česlicové mříže s průlinami 15mm, která je zabudována do otevřeného kanálu a zabraňuje průplav nečistot. Shrabky, které se zachytí na mříži, která je pod úhlem 45°, jsou ručně vyhrnovány hrablem a jsou poté odebírány do popelnice, která se bude vyvážet jedenkrát měsíčně. Česle byly navrženy dle normy ČSN 75 6402.



**Obr. 29 Česle zdroj archiv ÚVHK**

Česle jsme navrhovali na tyto průtoky:

	m <sup>3</sup> /den	m <sup>3</sup> /hod	l/s
Q <sub>24</sub>	64.8	-	0.75
Q <sub>max</sub>	-	19.34	5.37
Q <sub>h,max</sub>	-	10.74	2.98

**Tab. 14 Návrhové průtoky na česle**

Vstupní hodnoty pro výpočet tabulky průběhu průtoku jsme volili betonový žlab o drsnosti 0,016, sklonu 6 ‰ a šířce koryta 0,4 m.

<b>n<sub>d</sub></b> [-]	0.016	
<b>n<sub>s</sub></b> [-]	0.016	
<b>i</b> [‰]	6	0.006
<b>m</b> [-]	-	
<b>b</b> [m]	0.40	
<b>ρ</b> [kg·m <sup>-3</sup> ]	1000	
<b>g</b> [m·s <sup>-2</sup> ]	9.81	

**Tab. 15 Vstupní hodnoty výpočtu česlí**

Pak jsme si vytvořili tabulku, která nám ukazuje, při jaké výšce vody ve žlabu nám poteče návrhový průtok.

h	A	O	R	n	C	v	Q	U	
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>0.5</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[Pa]	
0.000	0.00	0.400	0.000	0.016	0.000	0.000	0.00	0.0	
0.009	0.00	0.418	0.009	0.016	28.347	0.205	0.75	0.5	Q <sub>24</sub>
0.011	0.00	0.422	0.010	0.016	29.213	0.231	1.02	0.6	
0.021	0.01	0.442	0.019	0.016	32.287	0.345	2.90	1.1	Q <sub>h,max</sub>
0.020	0.01	0.440	0.018	0.016	32.049	0.335	2.68	1.1	
0.021	0.01	0.442	0.019	0.016	32.287	0.345	2.90	1.1	
0.045	0.02	0.491	0.037	0.016	36.068	0.537	9.73	2.2	Q <sub>max</sub>
0.023	0.01	0.446	0.021	0.016	32.731	0.364	3.35	1.2	

Tab. 16 Průběhy průtoků ve žlabu s česlemi

Výška potrubí při odběru při maximálním hodinovém průtoku bude 0,045 m.

Navržené parametry česlí a žlabu tedy budou takové, že výška žlabu bude 0,5 m a šířka bude 0,4 m.

272.30 m n.m.		
B [m]	0.4	...šířka žlabu
H [m]	0.5	...hloubka žlabu
e [mm]	15	...šířka průlin
α [°]	45.0	...sklon česlí

Tab. 17 Navržené parametry česlí

Při výpočtu shrabků z česlí jsme uvažovali objem shrabků za rok 6 litrů na jednoho ekvivalentního obyvatele, což je 2700 litrů za rok pro celou obec. Popelnice na tyto shrabky má objem 240 litrů, takže se bude vyvážet jednou do měsíce.

Vs	6.0	l/EO*rok	...objem shrabků
Vs	2700.0	l/rok	
Vs	225	l/měsíc	
Vp	240	l	...objem popelnice
Vývoz	1	měsíčně	

Tab. 18 Shrabky z česlí

### Lapák písku

Navrhují lapák písku LPŠ 900. Při volbě tohoto typu lapáku písku jsme si první museli ověřit, zda nám odpovídají skutečné parametry s tabulkovými pro daný typ lapáku.

	Skutečné	Tabulkové
PO	450	600
Qd	91.8	120
Q24	2.7	5-1.38

Tab. 19 Vstupní hodnoty lapáku písku

Dále jsme si spočetli výšku plnění, průtočnou plochu, průtokovou rychlost a dobu zdržení pro průtok maximální denní a maximální hodinový.

		Qd	Q24
Výška plnění	h [m]	0.091	0.062
Průtočná plocha	S [m <sup>2</sup> ]	0.014	0.0076
Průtoková rychlost	v [m/s]	0.25	0.18
Doba zdržení	T [s]	36	50
Hydraulické zatížení	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hod]	9.4	4.55

**Tab. 20** Hodnot pro dané parametry při Qd a Q24

Poté už jsme navrhli, že lapák písku bude mít délku 11,3 m a šířku 3,05 m. Objem prostoru na písek bude 1,8 metru krychlových.

Vnitřní délka lapáku	L1	9	m
Celková délka lapáku	L2	11.3	m
Vnitřní šířka lapáku	B1	1.2	m
Celková šířka lapáku	B2	3.05	m
Rozměry pračky písku	axb	8x1	mxm
Objem prostoru na písek	V	1.8	m <sup>3</sup>

**Tab. 21** Navržené rozměry lapáku písku

Lapák písku bude z ekonomických důvodů navržen jako jeden objekt společně s česlemi.



**Obr. 30** Ukázka lapáku písku zdroj archiv ÚVHK

### Štěrbínová nádrž

Štěrbínová nádrž zde byla navržena proto, aby oddělila štěrky a písek od odpadní vody jdoucí na filtrační pole. Tato nádrž nám ale také snižuje hodnoty organického znečištění a koncentrace kyslíku v odpadní vodě, jak můžeme vidět v tabulce pod textem, v důsledku anaerobních procesů. Kal propadlý do kalového prostoru je zahuštěn a akumulován a dochází k jeho vyhnívání a metanizaci. Vyhníly kal se přetlakem vypouští na kalové pole.



Obr. 31 Ukázka štěrbínové nádrže zdroj archiv ÚVHK

Ukazatel	Denní produkce na 1 EO	$S_{dp}$	Koncentrace na přítoku $c_o$	štěrbínová nádrž	Koncentrace na odtoku ŠN
-	$s_o$ [g/EO/den]	kg/den	mg/l	%	mg/l
BSK <sub>5</sub>	60.00	27	416.67	25.00	312.50
CHSK	120.00	54	833.33	30.00	583.33
NL	55.00	24.75	381.94	40.00	229.17
N-NH <sub>4</sub>	11.00	4.95	76.39	5.00	72.57
P <sub>celk</sub>	2.50	1.125	17.36	3.00	16.84

Tab. 22 Koncentrace na odtoku z ŠN

$S_{dp}$  – Průměrné denní znečištění přitékající na čistírnu v kg/den

$C_o$  – vstupní koncentrace znečištění v mg/l

Výpočty k těmto hodnotám najdeme v kapitole 3.3.4 Výpočet koncentrací.

### Vstupní hodnoty vypočtu

Při návrhu vyhnivacího prostoru ŠN se doporučuje uvažovat specifický objem kalu na jednoho ekvivalentního obyvatele 150 litrů kalu.

specifický objem	$q_{spec}$	150	l/EO
ekvivalentní obyvatelé	EO	450	-
objem kalu	$V_{kal}$	67.5	$m^3$
šířka šterbinové nádrže	$\check{s}$	1.5	m

**Tab. 23 Vstupní hodnoty pro šterbinovou nádrž**

### Výpočty objemů nádrže

Doba zdržení průtoku je dle normy 4-6 hodin pro  $Q_d$ , a pro průtok  $Q_{max}$  (jednotná kanalizace) je potřebná doba zdržení 2 hodiny. Návrh byl proveden pro obě hodnoty průtoků, pro  $Q_{d,max}$  je na stranu bezpečnou, doba zdržení je  $\theta = 10$  hodin. Při výpočtu jsme počítali s tím, že budeme mít šterbinovou nádrž tvořenou dvěma paralelními toky, takže jsme ve výpočtu brali jako vstupní přítok pouze polovinu z  $Q_{h,max}$ .

Výpočty objemů pro jeden tok:

doba zdržení pro $Q_{max}$	$\theta$	2	hod
maximální hodinový přítok	$Q_{max}$	9.67	$m^3/hod$
objem účinného prostoru pro $Q_{max}$	$V_{h,max}$	19	$m^3$
navržený objem účinného prostoru	$V_n$	20	$m^3$
doba zdržení pro $Q_{d,max}$	$\theta$	5	hod
maximální bezdeštný denní přítok	$Q_{d,max}$	1.91	$m^3/hod$
objem účinného prostoru pro $Q_{d,max}$	$V_{d,max}$	10	$m^3$

**Tab. 24 Výpočet kalu**

### Vyhnivací nádrž

výška vyhnivacího prostoru	$h_v$	1	m
plocha vyhnivací nádrže	$A_v$	1.5	$m^2$
vyvážení	$n_v$	4	ročně
objem vyhnivací nádrže	$V_v$	17	$m^3$
délka vyhnivací nádrže	$L_v$	11.3	m

**Tab. 25 Vyhnivací nádrž**

### Usazovací nádrž

výška usazovací nádrže	$h_u$	1.5	m
objem usazovací nádrže	$V_U$	26.9	$m^3$
délka usazovací nádrže	$L_U$	11.9	m

Tab. 26 Usazovací nádrž

### Navržené parametry

Šířka štěrbin by dle normy neměla být menší než 0,12 metrů, my jsme navrhli její šířku 0,15 metrů. Vypočtenou délku nádrže jsme zaokrouhlili na 12 m.

počet nádrží	n	2	ks
délka štěrbinové nádrže	L	11.3	m
návrh délky nádrže	L	12	m
šířka štěrbinové nádrže	š	1.4	m
hloubka štěrbinové nádrže	$h_\xi$	2.5	m
šířka štěrbin	$\xi_{\text{štěrbin}}$	0.15	m

Tab. 27 Přednavržené parametry štěrbinové nádrže

Celková délka žlabu ve štěrbinové nádrži by měla být dlouhá 12 metrů, ale tím že jsme navrhli 2 nádrže vedle sebe, tak délka štěrbinové nádrže bude 6 metrů.

L	6	m
š	2.8	m
h	2.5	m

Tab. 28 Navržené parametry štěrbinové nádrže

Navrhli jsme 2 štěrbinové nádrže vedle sebe o rozměrech 2x6x1,4 m. Dle normy by poměr šířky ku délce usazovacího žlabu by měl být kolem 1:5, což máme splněno.

### 4.3.8 Horizontální filtr

Horizontální filtr navrhujeme podle průměrného přítoku vody na filtr, koncentrace BSK<sub>5</sub> na přítoku a na odtoku filtru, dle pórovitosti a hloubky filtrační vrstvy.

$Q_d$	91.8	$m^3/\text{den}$	...průměrný přítok vody
$c_{in} \text{ (BSK)}$	312.5	mg/l	...koncentrace BSK <sub>5</sub> na přítoku do filtru
$k_{10}$	0.1	m/s	...rychlostní konstanta úbytku znečištění
n	0.45		...pórovitost
h	1	m	...hloubka filtrační vrstvy
$c_{out}$	187.5		...koncentrace BSK <sub>5</sub> na odtoku z filtru
$A_p$	1042	$m^2$	...plocha horizontálního filtru

Tab. 29 Výpočet horizontálního filtru

Použité vzorce:

$$A_p = Q_d \cdot (\ln c_{in} - \ln c_{out}) / (k_{10} \cdot n \cdot h)$$



Filtrační pole bude mít plochu o velikosti 1042 m<sup>2</sup>, kterou rozdělíme na 2 menší horizontální pole s rozměry 25 na 21 m, takže budeme mít 2 pole o velikosti 525m<sup>2</sup>.

Navržené rozměry:

a	25	m
b	21	m
A <sub>N</sub>	525	m <sup>2</sup>
2*A <sub>N</sub>	1050	m <sup>2</sup>

Tab. 30 Navržené rozměry horizontálního filtru

Horizontální filtr má 4 vrstvy, což jsou hlavní filtrační vrstva, která bývá ze štěrku nejmenší frakce, dále drenážní vrstva, což je obvykle štěrk vyšší frakce než v hlavní filtrační vrstvě, poté následuje izolační vrstva, filtr se od okolní zeminy hydraulicky odizoluje PVC fólií krytou z obou stran geotextílií a podloží se podkladní vrstvou písku, která zarovná povrch pod geotextílií a zabraňuje jejímu protržení.

VRSTVA	MATERIÁL	FRAKCE	tl. (m)
Hlavní filtrační vrstva	štěrk	8/16	1.0
Drenážní vrstva	štěrk	16/32	0.2
Izolační vrstva	netkaná geotextílie		500g/m <sup>2</sup>
	hydroizolační fólie		0.005
	netkaná geotextílie		500g/m <sup>2</sup>
Podkladní vrstva	písek		0.05

Tab. 31 Vrstvy horizontálního filtru

Celková výška horizontálního filtru tak bude 1,27 m.



Obr. 32 Vrstvy horizontálního filtru

### 4.3.9 Vertikální filtr

Slouží nám jako hlavní čistící stupeň, který zajišťuje nitrifikaci amoniakálního dusíku. Návrh velikosti filtrační plochy vychází z koncentrace CHSK na přítoku na vertikál a denní produkce CHSK.



Obr. 33 Ukázka vertikálního filtru zdroj archiv ÚVHK

Počítáme s tím, že štěrbinová nádrž a horizontální filtr umístěný v technologické lince před tímto filtrem nám jsou schopny odstranit 30% (štěrbinová nádrž) a 50 % (horizontální filtr) CHSK z odpadních vod, takže nám na filtr bude přitékat voda o koncentraci 291,67 mg/l. Budeme počítat s tím, že navržený vertikální filtr bude mít účinnost 85%, takže voda, která bude vytékat do recipientu, bude mít hodnoty koncentrací 43,75 mg/l.

Denní produkce CHSK:		120	g/EO/den
Odstranění CHSK na Štěrbínové nádrži:		30.00	%
Zůstatek CHSK za Štěrbínovou nádrží:		84.00	g/EO/den
Odstranění CHSK na Horizontálním filtru:		50.00	%
Zůstatek CHSK za Horizontálním filtrem:		42.00	g/EO/den

Tab. 32 Koncentrace CHSK v přítoku na vertikální filtr

Látkové zatížení CHSK na přítoku na vertikální filtr bude 42 g/EO/den, zatížení vertikálního filtru jsme zvolili nejvyšší možnou a to je 20 g/m<sup>2</sup>/den, protože jsme již na začátku počítali s tím, že voda přitékající na čistírnu bude obsahovat větší množství splašků, než bylo nezbytné ( $q_{\text{spec}}=120$  l/os/den). Podílem těchto dvou hodnot jsme dostali plochu vertikálního filtru na jednoho ekvivalentního obyvatele, což je 2,1 m<sup>2</sup>. Celková plocha filtračního pole tak

bude 945 m<sup>2</sup>. Plocha vertikálního filtru může být pouze okolo 100 m<sup>2</sup>, takže jsme ho rozdělili do 8 menších filtračních polí po 120 m<sup>2</sup>.

CHSK na přítoku na vertikální filtr	$\theta_{\text{CHSK}}$	42.00	mg/l
zatížení vertikálního filtru	$Z_{\text{CHSK}}$	20	g/m <sup>2</sup> /den
Plocha vertikálního filtru na 1 EO	$S_{\text{na1EO}}$	2.1	m <sup>2</sup> /EO
Celková plocha vertikálního filtru	$S$	945	m <sup>2</sup>
Počet polí vertikálního filtru	$n$	8	polí
Plocha jednoho pole	$S_{\text{pole}}$	118.13	m <sup>2</sup>

**Tab. 33 Návrh vertikálního filtru**

Průměrný bezdeštný denní přítok	$Q_{24}$	64.8	m <sup>3</sup> /den
Plocha vertikálního filtru	$S$	945	m <sup>2</sup>
Hydraulické zatížení	$h_v$	68.57	mm/den

**Tab. 34 Hydraulické zatížení vertikálního filtru**

Průměrně na jedno pole vertikálního filtru přiteče odpadní voda o průtoku 8,1 m<sup>3</sup>/den, při bezdeštném denním průtoku. Před každým vertikálním polem je umístěna pulzně vypouštěcí šachta, která nám obstará to, že voda se na tato pole bude vypouštět 8 krát denně po 1012.5 litrech. Objem těchto šachet je 1,5 m<sup>3</sup> a zahrnují i 50 – ti procentní rezervu.

Prům. bezdeštný denní přítok na 1 poli	$Q_{\text{pole}}$	8.1	m <sup>3</sup> /den
Počet pulzů za den	$n$	8	
Přítok na pole v jednom pulzu	$Q_{\text{pulzu}}$	1012.5	l
Rezerva	$r$	50	%
Objem šachty	$V_{\xi}$	1.5	m <sup>3</sup>

**Tab. 35 Pulzy na vertikálním filtru**

Ze shrnutí těchto výpočtu vychází, že bude navrženo 8 filtračních polí o velikosti 10x12 m. Plocha těchto polí tedy bude 120 m<sup>2</sup> a na něm bude 24 kusů rozvodného potrubí o DN 40. Délka těchto trubek bude 4.8 m s 461 dírkami o velikosti 5 mm, 0,25 m vzdálených od sebe.

Jedno pole			
šířka	$\xi$	10	m
délka	$l$	12	m
Navržená plocha 1 pole	$S_N$	120	m <sup>2</sup>
počet trubek	$n_t$	24	ks
délka trubky	$l_t$	4.8	m
vzdálenost mezi dírkami	$l_d$	0.25	m
počet dírek	$n_d$	461	-
objem vody v dírce	$v_{\text{vvd}}$	2.0E-02	l

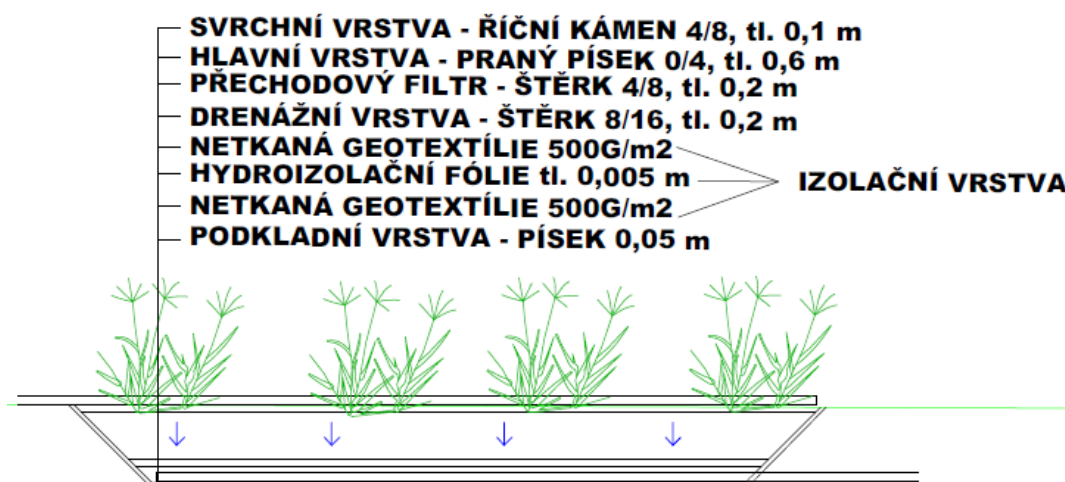
**Tab. 36 Rozměry a počet trubek na 1 poli vertikálního filtru**

Vertikální filtr má 4 vrstvy filtračního materiálu, těmi jsou: vrstva svrchní, která nám slouží k tomu, aby nám přiváděná voda nevymlela prohlubně, ve kterých by se mohla usazovat voda. Je tvořena říčním kamenem frakce 4/8 o tloušťce 10 centimetrů. Dále pak tam máme hlavní vrstvu, která je nejdůležitější filtrační částí filtru. Ta se skládá z praného písku frakce 0/4 a má výšku 60 cm. Poté následuje přechodový filtr ze štěrku frakce 4/8 a tloušťky 10 cm a pod ním drenážní vrstva také ze štěrku ale frakce 8/16 a tloušťky 20 cm. V této vrstvě je umístěno drenážní potrubí, které nám svádí vyčištěnou vodu do šachty za filtrem. Poté máme izolační a podkladní vrstvu, která zde plní stejné vlastnosti jako u horizontálního filtru.

VRSTVA	MATERIÁL	FRAKCE	tl. (m)
Svrchní vrstva	říční kámen	4/8	0.1
Hlavní vrstva	praný písek	0/4	0.6
Přechodový filtr	štěrk	4/8	0.1
Drenážní vrstva	štěrk	8/16	0.2
Izolační vrstva	netkaná geotextílie		500g/m <sup>2</sup>
	hydroizolační fólie		0.005
	netkaná geotextílie		500g/m <sup>2</sup>
Podkladní vrstva	písek		0.05

Tab. 37 Vrstvy vertikálního filtru

Celková výška vertikálního filtru tak bude 1,11 m.



Obr. 34 Vrstvy vertikálního filtru

#### 4.3.10 Kalové hospodářství

Kal z odpadních vod se bude odvodňovat přímo v areálu čistírny. K odvodnění nám bude sloužit kalové pole, tzv. reed – bed systém, která bude stejně jako filtrační pole hydraulicky odizolován od podloží PVC fólií krytou z obou stran geotextilií. U dna nádrže bude drenážní potrubí obsypané štěrkem. Drenážní vrstva je kryta vrstvou substrátu, která bude osázena chrasticí rákosovitou. Chrastice se ponechává na povrchu, čímž zajišťuje lepší podmínky pro mineralizaci kalu. Na tuhle vrstvu bude vyvážen kal, přičemž zde bude docházet k jeho odvodňování a stabilizaci. Na toto kalové pole budeme shromažďovat kal z usazovací nádrže, což je v našem případě šterbinová nádrž.



Obr. 35 Návrh kalového pole zdroj archiv ÚVHK

Štěrbínovou nádrž budeme vyvážet fekálním vozem 3 krát do roka a tento kal bude přečerpáván na kalová pole. Celkový roční objem kalu tedy bude  $67,5 \text{ m}^3$  za rok. Plocha kalového pole se vypočetla na  $67,5 \text{ m}^2$ , takže jsme zvolili, že šířka bude 8 m a délka 9 m, tudíž skutečná plocha kalového pole bude  $72 \text{ m}^2$ . Výška kalového pole je 60 cm a skutečný objem tedy je  $43,2 \text{ m}^3$ .

Četnost dávkování kalu z rok	$T_k$	3	-
Specifická produkce primárního kalu	$P_k$	0.41	l/EO/d
Počet ekvivalentních obyvatel	EO	450	EO
Celkový roční objem kalu	$V_{kc}$	67.5	$\text{m}^3$ kalu/rok
Objem kalu na jedno vyvezení	$V_k$	22.5	$\text{m}^3$ /vyvezení
Plocha kalového pole	A	67.5	$\text{m}^2$
Specifické zatížení	$Z_{k\text{spec}}$	0.15	$\text{m}^2$ /EO
Výška jedné dávky kalu	$H_k$	0.33	m
Roční zátěž kalem na plochu	$H_r$	1	m
Životnost kalového pole	$n_{\text{let}}$	12	let
Koncentrace sušiny v kalu	$S_k$	5	%
Výška kalového pole	H	0.6	m
Objem kalového pole	$V_{kp}$	40.5	$\text{m}^3$

Tab. 38 Návrh kalového pole

Skutečné navržené rozměry plochy kalového pole:

šířka	8	m
délka	9	m

Tab. 39 Rozměry plochy kalového pole

Použité vzorce:

$$V_{kc} = (EO * 365 * P_k) / 1000$$

$$A = Z_{k\text{spec}} * EO$$

$$H_r = V_{kc} / A$$

$$H = H_r / T_k$$

$$H = (H_r * n_{\text{let}} * s_k) / 100$$

Navržené kalové pole bude mít životnost cca 12 let. V posledním roce provozu se ponechává bez dalšího dávkování kalu tak, aby byla zajištěna dostatečná stabilizace a mineralizace kalu. Konečným produktem je odvodněný kal, odpovídající svou strukturou kompostovému materiálu.

#### 4.3.11 Šachty a potrubí

Šachty v areálu KČOV umístíme vždy tam, kde se nám mění dimenze potrubí, máme změnu materiálu potrubí nebo dojde ke změně směru či změně sklonu potrubí, dále pak na horním konci každé stoky nebo k rozdělení dvou a více směru proudění.

Po celém řešeném pozemku kořenové čistírny se umístilo 15 těchto šachet, které mají průměr 1 m a jsou z prefabrikovaných dílců. Vstup do šachet je zajištěn pomocí ocelových stupňů a musí být z bezpečnostních důvodů uzamčen.

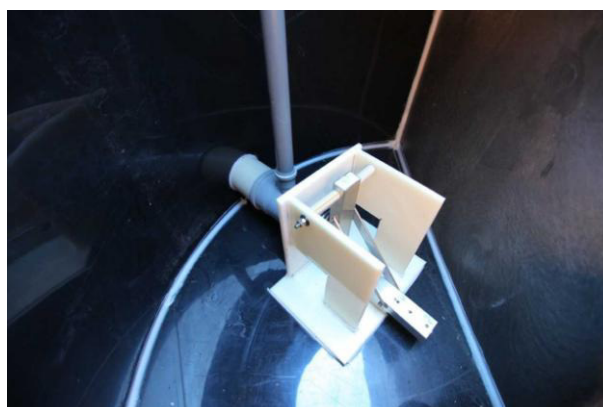
Dále jsou navrženy rozdělovací šachty, které nám slouží k rozdělení odpadní vody do jednotlivých horizontálních filtrů. Tuto šachtu jsme navrhli jednu. Je 1,4 metru široká a 1,4 metru dlouhá. Opět jsou z prefabrikovaných dílců a jejich vstup je zajištěn pomocí ocelových stupňů.

Posledním typem použitých šachet jsou šachty s pulzním vypouštěčem, ty jsou dimenzovány na objem vody, který zabezpečí vhodný průtok na vertikální pole. Voda v nich se plní až do doby, kdy ji pulzní vypouštěč celou vyprázdní do rozvodných potrubí na vertikálních filtrech. Tyto šachty jsou dvě. Před těmito šachtami jsou umístěny šachty s čerpadlem, které nám slouží k výtlačku vody do pulzních šachet.

OZN.	ROZMĚR	POČET
Š1-Š15	ø1	15
RŠ 1	1,4x1,4	1
PVŠ 1-2	1,4x1,4	2

Tab. 40 Šachty

V celém areálu KČOV vede rozvodné potrubí mezi objekty, které má DN 110 a je z polyvinylchloridu (PVC). Potrubí, které slouží jako kanalizace v areálu má také DN 110 a je také z PVC. Pouze rozvodné potrubí po vertikálních filtrech je DN 40 z polyethylenu (PE).



Obr. 36 Pulzní vypouštěcí zařízení (zdroj archiv ÚVHK)

### 4.3.12 Měrný objekt

V čistírně se nachází měrný objekt, který umožňuje snadný odběr vzorků z vypouštěné vody a to i v zimním období.

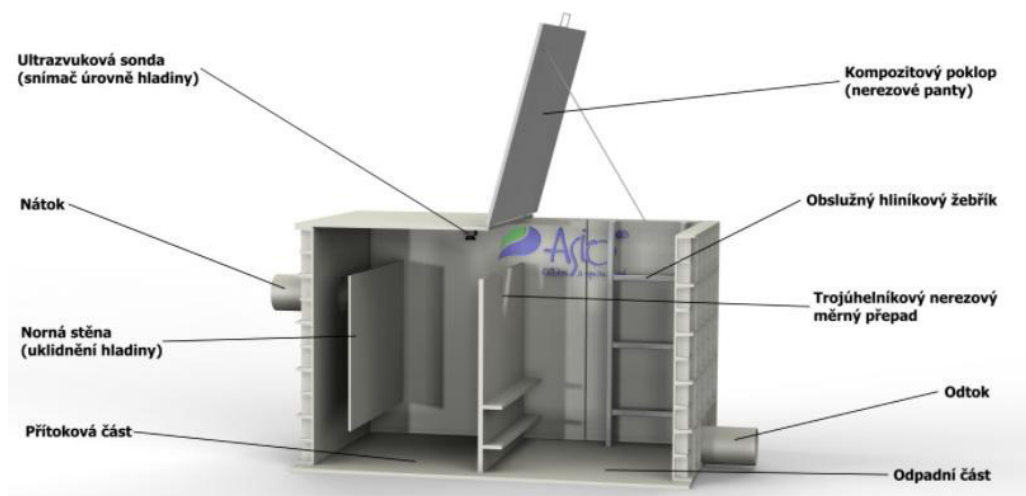
Navrhli jsme měrný objekt AS – TOM 30. Přeliv AS – TOM slouží k měření aktuálního průtoku odpadní vody na odtoku z KČOV. Je navržený dle požadavků nové normy TNV 259305 „Měřicí systémy protečeného objemu vody v profilech s volnou hladinou“.

Název	Min. průtok [m <sup>3</sup> h ; ls <sup>-1</sup> ]	Max. průtok [m <sup>3</sup> h; ls <sup>-1</sup> ]	Vnější rozměry	Potrubí DN	H <sub>v</sub> [mm]	H <sub>o</sub> [mm]	Hmotnost
			LxBxH [mm]				[kg]
AS-TOM 30	0,22 ; 0,06	21,6 ; 6	1660x1000x(1000+H <sub>n</sub> )	150	620	20	200 + 112,5*H <sub>n</sub>
AS-TOM 60	0,47 ; 0,13	36 ; 10	1660x1000x(1000+H <sub>n</sub> )	150	620	20	200 + 112,5*H <sub>n</sub>
AS-TOM 90	0,89 ; 0,23	72 ; 20	1660x1000x(1000+H <sub>n</sub> )	150	620	20	200 + 112,5*H <sub>n</sub>

**Obr. 37 Technické parametry měrného objektu**

Samonosné provedení – konstrukce tvořená svařenými polypropylenovými stěnovými prvky a deskami, je určeno do nenáročných základových podmínek, bez výskytu podzemní vody nad základovou spárou.

Tento měrný objekt se umístí na výtoku do recipientu.



**Obr. 38 Měrný objekt AS – TOM 30 od firmy ASIO**

### 4.3.13 Investiční náklady

Pro výpočet investičních nákladů byla využita metodika o průměrných cenách dopravní a technické infrastruktury obcí z roku 2017 vydanou ministerstvem pro místní rozvoj.

#### KŘOVINY

práce/jednotky	kč/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kč
Odstranění křovin	21.2	100	2 120.00 Kč
Spálení křovin	25.8	100	2 580.00 Kč
celkem	47		4 700.00 Kč

Tab. 41 Investiční náklady na odstranění křovin

#### STROMY

práce/jednotky	kč/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kč
Odstranění listnatých stromů 30-50 cm			
kácení	200	3000	600 000.00 Kč
Zásyp jam po pařezech	150	3000	450 000.00 Kč
celkem	350		1 050 000.00 Kč

Tab. 42 Investiční náklady na odstranění stromů

<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA ÚPRAVU POZEMKU PŘED ZAHÁJENÍM STAVBY</b>	<b>1 054 700.00 Kč</b>
<b>NÁKLADY NA ÚPRAVU POZEMKU PŘED ZAHÁJENÍM STAVBY BUDOU CCA 1 MILIÓN KORUN</b>	

Tab. 43 Celkové náklady na úpravu pozemků před zahájením stavby

Před zahájením výstavby KČOV se musí odstranit křoviny a stromy nacházející převážně v severní části řešeného pozemku, konkrétně na parcele č. 2153. Tyto náklady nás vyjdou přibližně na milion korun českých.

Dále jsou uvedeny náklady už pouze na čistírnu, které zahrnují výkopové práce, pažení liniových staveb, zásypy vykopaných jam, veškeré příslušenství na čistírně a filtrační materiály filtračních polí jejich dopravu.

#### VÝKOPY

práce/jednotky	kč/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kč
pro liniové stavby do DN 225			
do 100m <sup>3</sup> , tř. těžitelnosti 4	720	25.8445	18 608.04 Kč
stavební jáma pažená, V do 10000m <sup>3</sup>	320	2328.25	745 040.00 Kč
celkem	1040		763 648.04 Kč

Tab. 44 Investiční náklady výkopových prací

#### PAŽENÍ

práce/jednotky	kč/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kč
pažení liniových staveb do 4 m výšky			
pořízení	162	25.8445	4 186.81 Kč
odstranění	78.7	25.8445	2 033.96 Kč
celkem	240.7		6 220.77 Kč

Tab. 45 Investiční náklady na pažení výkopů



## ZÁSYPY

práce/jednotky	kč/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kč
jam, šachet a rýh - zhutněné	79.5	25.8445	2 054.64 Kč
celkem	79.5		2 054.64 Kč

Tab. 46 Investiční náklady na zásypy

## OBSYPY

práce/jednotky	kč/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kč
obsyp potrubí štěrkokopískem	181	25.8445	4 677.85 Kč
materiál	350	25.8445	9 045.58 Kč
celkem	531		13 723.43 Kč

Tab. 47 Investiční náklady na obsypy

## PŘÍSLUŠENSTVÍ KČOV

Provozní budova	1000	kč/m <sup>3</sup>	94.08	m <sup>3</sup>	94 080.00 Kč
Kalové pole	6200	kč/m <sup>2</sup>	72	m <sup>2</sup>	446 400.00 Kč
šachta	3000	kč/ks	13	ks	39 000.00 Kč
rozdělovací šachta	5 000	kč/ks	3	ks	15 000.00 Kč
Pulzní šachta se 4 vypouštěči	80000	kč/ks	8	ks	640 000.00 Kč
Čerpadlo	15000	kč/ks	2	ks	30 000.00 Kč
Časovač	400	kč/ks	2	ks	800.00 Kč
Hadice	30	kč/m	80	m	2 400.00 Kč
Potrubí DN 40	200	kč/m	6.6	m	1 320.00 Kč
Potrubí DN 110	100	kč/m	232.55	m	23 255.00 Kč
celkem	110930				1 269 000.00 Kč

Tab. 48 Investiční náklady na příslušenství KČOV

## FILTRAČNÍ MATERIÁLY, IZOLACE A ROSTLINY

netkaná geotextilie 500g/m <sup>2</sup>	35	kč/m <sup>2</sup>	2256.87	m <sup>2</sup>	78 990.45 Kč
hydroizolační fólie 1,5 mm	200.38	kč/m <sup>2</sup>	2256.87	m <sup>2</sup>	452 231.61 Kč
rostliny	10	kč/ks	2500	ks	25 000.00 Kč
štěrk 4/8 - TK 8/16 B-B Hulín	300	kč/t	150	t	45 000.00 Kč
štěrk 8/16 - TK 8/16 B-B Tovačov	710	kč/t	1840.5	t	1 306 755.00 Kč
štěrk 16/32 - TK 16/32 B-B Hulín	732	kč/t	328.6	t	240 535.20 Kč
písek - TK 0/32 Z Hulín	169	kč/t	297.375	t	50 256.38 Kč
říční kámen 4/8 - DK 4/8 Výkleky	424	kč/t	525	t	222 600.00 Kč
praný písek 0/4 - TK 0/4 Hulín	309	kč/t	348	t	107 532.00 Kč
celkem	2889.38				2 528 900.64 Kč

Tab. 49 Investiční náklady na filtrační materiály, izolace a rostliny

## DOPRAVA

Doprava štěrku	50	kč/km	40	km	
	25	t	uveze 1 auto		185 528.00 Kč
Doprava písku	50	kč/km	40	km	
	25	t	uveze 1 auto		93 630.00 Kč
celkem	3772.38				279 158.00 Kč

Tab. 50 Investiční náklady na dopravu filtračních materiálů

<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ KČOV JANKOVICE</b>	<b>4 878 689.51 Kč</b>
<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ KČOV JANKOVICE BUDOU ČINIT 4 AŽ 5 MILIÓNU KORUN.</b>	

Tab. 51 Celkové náklady na pořízení KČOV

Celkové investiční náklady na pořízení kořenové čistírny v Jankovicích u Holešova jsou odhadovány na částku okolo 4 až 5 miliónu korun českých.

## Provozní náklady

vývoz ŠN fekálním vozem	1000	kč/vývoz	3	vývozy	3 000.00 Kč
Provoz čerpadel	2000	kč/rok	1	rok	2 000.00 Kč
Sekání trávy	31	kč/l	60	l/rok	1 860.00 Kč
Obsluha	500	hod	100	kč/hod	50 000.00 Kč

Tab. 52 Provozní náklady

Obsluha zahrnuje sekání rostlin na filtračních polích jednou ročně a shrabování shrabků z česlí.

<b>PROVOZNÍ NÁKLADY KČOV ZA ROK</b>	<b>56 860.00 Kč</b>
<b>PROVOZNÍ NÁKLADY KČOV ZA ROK SE BUDOU POHYBOVAT MEZI 50 AŽ 60 TISÍCI KORUN</b>	

Tab. 53 Celkové náklady na provoz

Ročně musíme vynaložit kolem 60 tisíc korun na provoz čistírny.

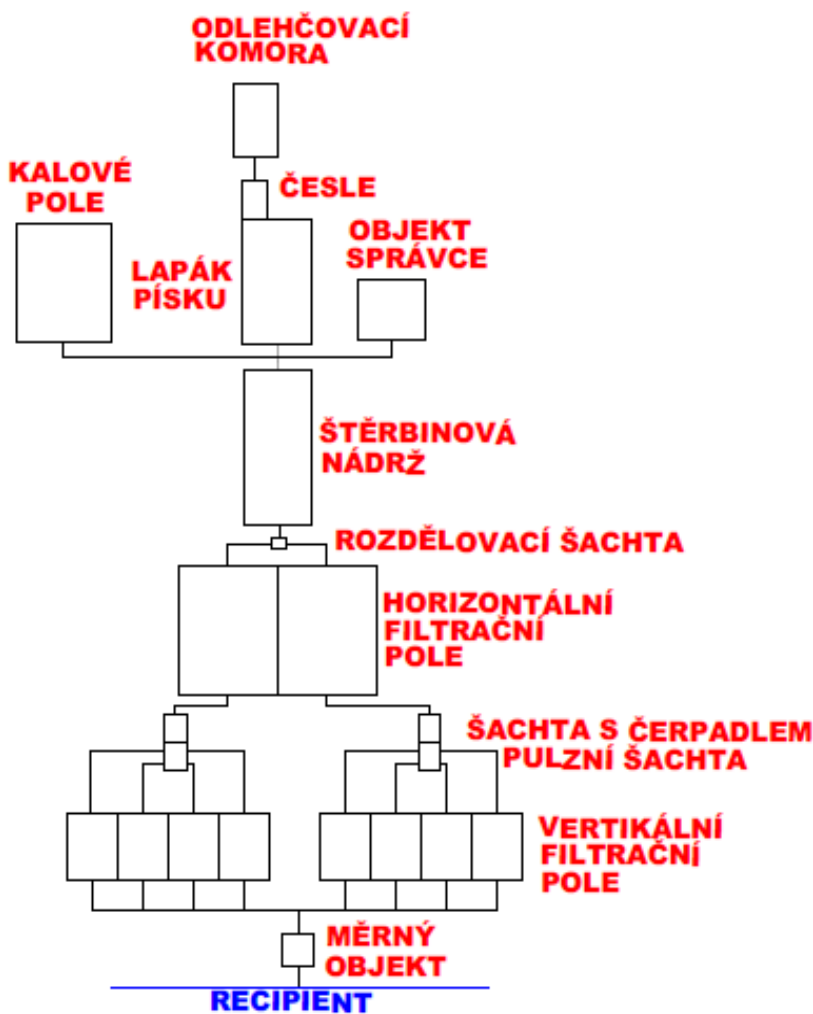
### 4.3.14 Shrnutí navrženého řešení

Umístění kořenové čistírny doporučuji navrhnout pro variantu č. II, protože z větší části leží na pozemcích obce, tudíž se nebudou v takové míře vykupovat od vlastníků parcel, jako tomu bylo ve variantě č. I. Výhodou varianty č. II je i větší plocha dostupných parcel a větší vzdálenost od intravilánu obce.

Pro maximální čisticí účinnost KČOV zde budou navrženy hrubé česle ručně stírané od firmy Fontana R s.r.o. o šířce žlabu 0,4 m, hloubce 0,5 m a šířce průlin 15 mm. Dále bude voda natékat na lapák písku, který je navržena ve stejném stavebním objektu jako česle šířky 3 m a délky 11,3 m. Z předchozích dvou objektů se budou shromažďovat shrabky do popelnice o velikosti 240 l, která se bude vyvážet jednou měsíčně. Poté bude voda přiváděna na šterbinovou nádrž, kde bude probíhat proces metanizace a vyhnívání a kal z tohoto stupně

čištění bude fekálním vozem přečerpáván na kalová pole se systémem reed-bed o velikosti pole 67,5 m<sup>2</sup> a hloubce 0,6 m. Toto pole je dimenzováno na celkový roční objem kalu 67,5 m<sup>3</sup> kalu za rok s životností cca 12 let. Jako další bude v technologické lince zařazeno horizontální filtrační pole o velikosti 1050 m<sup>2</sup> s hloubkou hlavní filtrační vrstvy 1 metr. Horizontální filtr zabezpečí dostatečné snížení nerozpuštěných látek v odpadní vodě tak, aby nehrozilo zakolmatování vertikálního filtru. Vertikální filtr je umístěn hned za horizontálním filtrem. Jeho celková plocha je 945 m<sup>2</sup>, ale pro větší účinnosti filtrů byla rozdělena na 8 menších polí o velikosti 10 na 12 metrů. Na každé z těchto polí je voda přiváděna pomocí pulzních vypouštěcích šachet, které nám umožňují to, že čistírna je plně funkční i při různých průtocích na KČOV. Přítok na pole v 1 pulzu je 1012,5 litů odpadní vody. Počet pulzů je 8 za den. Dále voda protéká přes měrný objekt AS-TOM 30, kde se měří protečený objem vody v profilech s volnou hladinou, dále do recipientu, což je řeka Rusava.

Odtokové koncentrace sledovaných parametrů dle NV budou pro BSK<sub>5</sub> 37,50 mg/l přičemž maximálně můžeme vypouštět 40 mg/l, CHSK 43,75 mg/l, jejíž limitní povolené koncentrace jsou až 150 mg/l, NL 9,17 mg/l, zde je povolené maximum 50 mg/l, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> bude 13,79 mg/l a Pcelk 9,60 mg/l, tyto dva parametry nesledujeme. Vyčištěná odpadní voda bude dosahovat dobré kvality, tak aby došlo k minimálnímu ovlivnění kvality vody v recipientu řeky Rusavy.



Obr. 39 Schéma navržené kořenové čistírny

## 5 ZÁVĚR

V této práci jsem zpracovávala studii pro návrh kořenové čistírny odpadních vod v obci Jankovice. Cílem bylo vytvořit takovou koncepci čistírny, aby byla co nejefektivnější v procesu čištění vybraných ukazatelů (NL, CHSK, BSK<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nevyžadovala téměř žádnou obsluhu a měla minimální provozní náklady.

Nejprve jsem si podrobně nastudovala všemožné knihy a zdroje podávající informace o kořenových čistírnách odpadních vod a shrnula jsem je do rešerše uvedené na začátku této práce, ze které jsem dále využívala těchto poznatků ke zpracování druhé části týkající se návrhu dané KČOV.

Ze zpracovaných informací o obci z různých zdrojů jsem se rozhodovala mezi dvěma alternativami umístění KČOV. Z důvodů vysvětlených výše (kap. 4.3.1) jsem se rozhodla pro zpracování II. varianty.

V obci je vybudována jednotná kanalizace, která přivádí vodu na čistírnu. Na vstupu do čistírny bude umístěna odlehčovací komora, která má na starost separovat splaškovou vodu od dešťové vody a bude tak zajišťovat ochranu čistírny před jejím vyplavením. Zaručuje také to, že na další objekty čistírny bude přivádět pouze námi navrhovaný průtok, který je 64,8 m<sup>3</sup>/den. Hnedka poté budou umístěny hrubé ručně stírané česle s průlinami 15 mm, které nám zajistí ochranu před ucpaním a poškozením dalších objektů. Budou zachytávat větší naplaveniny, které na čistírnu přivedla voda. S česlemi bude v jednom objektu také lapák písku, který odděluje písek a štěrk z odpadní vody. Dále bude zařazena šterbinová nádrž, ve které bude docházet k sedimentaci kalu a jeho metanizaci a vyhnívání v anaerobním prostředí. Částečně bude také odstraňovat BSK<sub>5</sub>, CHSK a NL, ale také ve velmi malé míře amoniakální dusík a fosfor. Dále voda přiteče do rozdělovací šachty, kde se bude rovnoměrně dělit na dva proudy vody. Oba průtoky budou rovnoměrně rozděleny do dvou horizontálních filtrů. Tyto horizontální filtry mají velikost 2x525 m<sup>2</sup> s šířkou jednoho pole 21 metru a délkou 25 metru. Horizontální filtry by měli zajistit odstranění BSK<sub>5</sub>, CHSK a NL ve větší míře než šterbinová nádrž. Amoniakální dusík a fosfor bude odstraněn v podobné míře. Tento filtr spolu se šterbinovou nádrží tvoří ochranu před poškozením dalšího stupně čištění, což je čištění na vertikálním filtru. Před vertikálním filtrem je umístěna šachta s čerpadlem, která přečerpává vodu do pulzně vypouštěné šachty, která nám zajišťuje rovnoměrné zatížení vertikálních filtračních polí. Těchto filtračních polí bylo navrženo 8 s plochou jednoho pole 120 m<sup>2</sup>. Filtr odstraňuje zmíněné látky v nejvyšších účinnostech a navíc nám efektivně odstraňuje amoniakální dusík a fosfor, avšak na úplné odstranění fosforu tato koncepce určitě nestačí.

Výsledkem je vyčištěná voda o koncentracích splňující limity dle NV 401/2015 Sb.. Účinnost této čistírny je pro ukazatel BSK<sub>5</sub> 91%, CHSK<sub>CR</sub> 94,75%, nerozpuštěné látky 97,6%, amoniakální dusík 81,95% a fosfor 44,71%. Pro odstranění fosforu bychom mohli vybudovat ještě terciální dočištění na srážení fosforu, avšak v tomto případě to není vyžadováno.

Investiční náklady na tuto čistírnu budou činit kolem 4 až 5 miliónů korun. Provozní náklady byly odhadnuty na 50 až 60 tisíc korun.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 6.1 PUBLIKACE A INTERNETOVÉ ZDROJE

[1] CÍLEK, Václav, Tomáš JUST, Zdenka SŮVOVÁ, et al. Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Praha: Dokořán, 2017. ISBN 978-80-7363-837-5.

[2] KADLEC, Robert H. a Scott D. WALLACE. Treatment wetlands: Second edition. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2009. ISBN 978-1-56670-526-4.

[3] KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD Využití ve světě, České republice a Plzeňském kraji. [Http://docplayer.cz](http://docplayer.cz) [online]. Praha: Krajský úřad Plzeňského kraje, odbor životního prostředí, Plzeň, 2016 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/19042760-Korenove-cistirny-odpadnich-vod.html>

[4] KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. Kořenové čistírny odpadních vod: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz. 2015.

[5] MAEHLUM, T., STALNACKE, P., 1999. Removal efficiency of free cold-climate constructed wetlands treating domestic wastewater: effects of temperature, seasons, loading rates and input concentrations. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 273-281.

[6] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006. ISBN 80-86020-50-9.

[7] Rostliny pro kořenovou čističku [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirma%E2%80%93rostliny-pro-korenovou-cisticku.html>

[8] ŠÁLEK, Jan, Zdeňka ŽÁKOVÁ a Petr HRNČÍŘ. Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-125-0.

[9] ŠÁLEK, Jan. *Vodní hospodářství krajiny I*. Brno: PC-DIR, 1997. ISBN 80-214-0949-5.

[10] ŠÁLEK, Jan. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-707-8370-2.

[11] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.

[12] ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. *Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika*. ISBN 80-86769-74-7.

[13] TUNCSPER, B., DRIZO, A., TWOHIG, E., 2015. Constructed wetlands as a potential management practice for cold climate dairy effluent treatment – VT, USA. *Catena* 135, 184-192.

[14] Vegetační kořenové čistírny. <https://voda.tzb-info.cz>[online]. Brno: Grada, 2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/10058-vegetacni-korenove-cistirny>

[15] VYMAZAL, Jan. Kořenové čistírny odpadních vod. Třeboň: Lokša PrePress Rakovník, 2004.

[16] VYMAZAL, Jan. Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. <http://www.ceskaenergetika.cz> [online]. 2008 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <http://www.ceskaenergetika.cz/index.php?page=page&art=1024>

[17] ZHAO, Y. J., LI, J.H., WANG, Z.F., YAN, C., WANG, S.B., ZHANG, J.B. (2012) Influence of the plant development on microbial diversity of vertical-flow constructed wetlands.

## 6.2 LEGISLATIVA

[18] ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Český normalizační institut, 1998.

[19] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, 2015

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

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

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČOV Čistírna odpadních vod

KČOV Kořenová čistírna odpadních vod

OV odpadní voda

EO Ekvivalentní obyvatel

CHSK, CKSK<sub>Cr</sub> Chemická spotřeba kyslíku

BSK<sub>5</sub> Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní

N<sub>celk</sub> Dusík celkový

NL Nerozpuštěné látky

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Amoniakální dusík

P<sub>celk</sub> Fosfor celkový

m n. m. – metry nad mořem

km – kilometr

ha - hektar

m<sup>2</sup> – metr čtvereční

m<sup>3</sup> – metr krychlový

m<sup>3</sup>/hod – metr krychlový za hodinu

m<sup>3</sup>/den – metr krychlový za den

m<sup>3</sup>/s – metr krychlový za sekundu

l/s – litr za sekundu

l/EO – litr na 1 ekvivalentního obyvatele

l/rok – litr za rok

l/měsíc – litr za měsíc

l/os/den – litr na osobu na den

l/EO\*rok – litr na ekvivalentního obyvatele za rok

g/EO/den – gram na ekvivalentního obyvatele na den

mg/l – miligramů na litr

g/m<sup>2</sup>/den – gramů na metr čtvereční na den

mm/den – milimetrů za den

g/m<sup>2</sup> – gramů na metr čtvereční

Pa – pascal

Ks – kus

Kč/m<sup>2</sup> – korun českých za metr čtvereční

Kč/m<sup>3</sup> – korun českých za metr krychlový

Kč/ks - korun českých za kus

Kč/t - korun českých za tunu



## 8 SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Srovnání KČOV s klasickými čistírnami
- Tab. 2 Srovnání výhod a nevýhod 2 různých provedení filtrů
- Tab. 3 Emisní standardy z NV 401/2015 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l
- Tab. 4 Účinnosti jednotlivých čistících stupňů pro KČOV do 500EO
- Tab. 5 Obecné informace o obci
- Tab. 6 Typy půd na území Jankovice
- Tab. 7 Technická vybavenost obce
- Tab. 8 Charakteristika vybraných oblastí
- Tab. 9 N-leté průtoky řeky Rusavy
- Tab. 10 Přípustné limity pro čistírnu v obci Jankovice
- Tab. 11 Dotčené parcely a jejich výměry
- Tab. 12 Výpočet koncentrací
- Tab. 13 Účinnost čistírny v %
- Tab. 14 Návrhové průtoky na česle
- Tab. 15 Vstupní hodnoty výpočtu česlí
- Tab. 16 Průběhy průtoků ve žlabu s česlemi
- Tab. 17 Navržené parametry česlí
- Tab. 18 Shrabky z česlí
- Tab. 19 Vstupní hodnoty lapáku písku
- Tab. 20 Hodnot pro dané parametry při  $Q_d$  a  $Q_{24}$
- Tab. 21 Navržené rozměry lapáku písku
- Tab. 22 Koncentrace na odtoku z ŠN
- Tab. 23 Vstupní hodnoty pro šterbinovou nádrž
- Tab. 24 Výpočet kalu
- Tab. 25 Vyhnívací nádrž
- Tab. 26 Usazovací nádrž
- Tab. 27 Přednavržené parametry šterbinové nádrže
- Tab. 28 Navržené parametry šterbinové nádrže
- Tab. 29 Výpočet horizontálního filtru
- Tab. 30 Navržené rozměry horizontálního filtru
- Tab. 31 Vrstvy horizontálního filtru
- Tab. 32 Koncentrace CHSK v přítoku na vertikální filtr
- Tab. 33 Návrh vertikálního filtru

- Tab. 34 Hydraulické zatížení vertikálního filtru
- Tab. 35 Pulzy na vertikálním filtru
- Tab. 36 Rozměry a počet trubek na 1 poli vertikálního filtru
- Tab. 37 Vrstvy vertikálního filtru
- Tab. 38 Návrh kalového pole
- Tab. 39 Rozměry plochy kalového pole
- Tab. 40 Šachty
- Tab. 41 Investiční náklady na odstranění křovin
- Tab. 42 Investiční náklady na odstranění stromů
- Tab. 43 Celkové náklady na úpravu pozemků před zahájením stavby
- Tab. 44 Investiční náklady výkopových prací
- Tab. 45 Investiční náklady na pažení výkopů
- Tab. 46 Investiční náklady na zásypy
- Tab. 47 Investiční náklady na obsypy
- Tab. 48 Investiční náklady na příslušenství KČOV
- Tab. 49 Investiční náklady na filtrační materiály, izolace a rostliny
- Tab. 50 Investiční náklady na dopravu filtračních materiálů
- Tab. 51 Celkové náklady na pořízení KČOV
- Tab. 52 Provozní náklady
- Tab. 53 Celkové náklady na provoz

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vývoj KČOV v ČR do r. 2008

Obr. 2 Rozdělení použití rostlin pro KČOV dle Jana Vymazala

Obr. 3 Schematické znázornění technologické linky KČOV

Obr. 4 Porovnání nákladů podle voda.tzb-info.cz

Obr. 5 Příklady případů odlehčovacích komor dle Hlavínka (Hlavínek a kol., 2001)

Obr. 6 Schéma horizontálního filtru dle Vymazala

Obr. 7 Ukázka vertikálních (vepředu) a horizontálních (vzadu) filtrů (zdroj archiv ÚVHK)

Obr. 8 Příklad usazovací nádrže (zdroj archiv ÚVHK)

Obr. 9 Kaly

Obr. 10 a 11 Vlevo zblochan vodní (*glyceria maxima*) a rákos obecný (*Phragmites australis*) na KČOV Dražovice (zdroj archiv ÚVHK), vpravo Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) na vertikálním filtru KČOV Kotenčice (zdroj archiv ÚVHK)

Obr. 12 Mapa Jankovic

Obr. 13 Výřez geologické mapy ČR 1:25 000

Obr. 14 Legenda geologické mapy

Obr. 15 Obec Jankovice a její vodní toky

Obr. 16 Podélný profil řeky Rusavy

Obr. 17 Popis nadobecního kanalizačního systému Jankovice – Chomýž – Brusné – Bílavsko – Hlinsko pod Hostýnem – Slavkov pod Hostýnem

Obr. 18 Výřez výkresu „Koncepce vodního hospodářství“ z územního plánu obce Jankovice

Obr. 19 Celková produkce odpadních vod obcí napojených na kanalizační systém Jankovice – Chomýž – Brusné – Bílavsko – Hlinsko pod Hostýnem – Slavkov pod Hostýnem

Obr. 20 Umístění KČOV

Obr. 21 Mapa dotčeného pozemku 2125

Obr. 22 Mapa dotčeného pozemku 2127

Obr. 23 Mapa dotčeného pozemku 2129

Obr. 24 Mapa dotčeného pozemku 2130

Obr. 25 Mapa dotčeného pozemku 2128

Obr. 26 Mapa dotčeného pozemku 2153

Obr. 27 Mapa dotčeného pozemku 2153

Obr. 28 Mapa dotčeného pozemku 2155

Obr. 29 Česle zdroj archiv ÚVHK

Obr. 30 Ukázka lapáku písku zdroj archiv ÚVHK

Obr. 31 Ukázka štěrbínové nádrže zdroj archiv ÚVHK

Obr. 32 Vrstvy horizontálního filtru

Obr. 33 Ukázka vertikálního filtru zdroj archiv ÚVHK

Obr. 34 Vrstvy vertikálního filtru

Obr. 35 Návrh kalového pole zdroj archiv ÚVHK

Obr. 36 Pulzní vypouštěcí zařízení (zdroj archiv ÚVHK)

Obr. 37 Technické parametry měrného objektu

Obr. 38 Měrný objekt AS – TOM 30 od firmy ASIO

Obr. 39 Schéma navržené kořenové čistírny

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

### VÝKRESY

A.1 Varianty umístění KČOV

A.2 Schéma situace KČOV

A.3 Řez A-A´