



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

PROJEKT PŘÍRODNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD PRO OBEC KUROVICE

PROJECT OF TREATMENT WETLAND FOR KUROVICE MUNICIPALITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

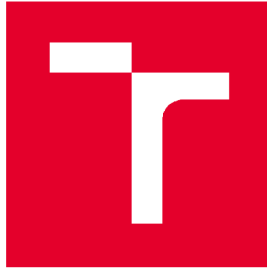
Bc. Alexandra Štěpáníková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL KRIŠKA, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Alexandra Štěpáníková
Název	Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Kurovice
Vedoucí práce	doc. Ing. Michal Kriška, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

- 1) ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- 2) Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády 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
- 3) DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers (November 2017)
- 4) ÖNORM B 2505 – Kläranlagen – Intermittierend beschickte Bodenfilter („Pflanzenkläranlagen“)
- 5) Územní plán obce Kurovice
- 6) Výpis z katastru nemovitostí
- 7) Plán rozvoje vodovodu a kanalizací, Kraj Zlínský

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Jedná se o projektovou dokumentaci, vypracovanou v souladu s vyhláškou č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. Nad rámec vyhlášky bude práce doplněna teoretickým podkladem - textovou částí, která bude zahrnovat jak problematiku v oblasti zdrojů odpadní vody, tak možnosti řešení s nakládáním s odpadními vodami.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Michal Kriška, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Práce se zabývá praktickým návrhem přírodní čistírny odpadních vod pro obec Kurovice. Navrhovaná čistírna odpadních vod má předpokládanou velikost pro 300 EO. Při návrhu byly zohledněny nejmodernější technologie, které jsou dnes dostupné na trhu. Celá diplomová práce byla rozdělena na teoretické rešerši a na praktickou část. Na začátku je důkladně popsáno řešené území a dále navázáno návrhy jednotlivých zařízení. V závěru teoretické části je účinnost přírodní čistírny odpadních vod srovnána s legislativou. Praktická část je tvořena samotným návrhem přírodní kořenové čistírny odpadních vod. Při návrhu byl kladen důraz na použité technologie a samotné prostorové uspořádání jednotlivých objektů vycházející z atypického tvaru řešeného pozemku. Ten je proveden v takovém rozsahu, aby mohl sloužit pro následné použití jako projektová dokumentace pro územní řízení a stavební povolení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přírodní kořenová čistírna odpadních vod, Vegetační vertikální filtr, Horizontální filtr, Odpadní vody

ABSTRACT

The work deals with the practical design of constructed treatment wetlands for Kurovice. The proposed treatment wetlands have an estimated size of 300 EO. For the design were used the most modern technologies available. The whole diploma thesis is divided into a theoretical search and practical design. At the beginning, there is a description of the target area and is followed by the proposal of individual facilities. In the conclusion of the theoretical part, the efficiency of the constructed treatment wetlands is compared with the legislation. The practical part consists of the design of constructed treatment wetlands. The design was focused on the technologies used and the spatial arrangement of individual buildings based on the atypical shape of the land. The whole proposal is made to such an extent that it can serve for subsequent use as project documentation for land management and building permits.

KEYWORDS

Constructed treatment wetland, Vegetation vertical filter, Horizontal filter, Wastewater

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Alexandra Štěpáníková *Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Kurovice*.
Brno, 2022. 38 s., 25 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing.
Michal Kriška, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Kurovice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2022

Bc. Alexandra Štěpáníková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Kurovice* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2022

Bc. Alexandra Štěpáníková
autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalu Kříškovi, Ph.D. za jeho vedení při tvorbě této práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině, že mi pomohli při mém studiu a vždy mě v něm podporovali.

Obsah:

1	Úvod	3
1.1	Cíle práce	4
2	Obec Kurovice	5
2.1	Základní informace o obci Kurovice.....	5
2.2	Podrobnější informace Kurovice	6
2.3	Informace o území stavby.....	9
2.4	Vstupní informace pro návrh KČOV	11
3	Technologie kořenových čistíren odpadních vod	12
3.1	Kořenové čistírny odpadních vod.....	12
3.1.1	Historie ve světě.....	12
3.1.2	Historie KČOV v České republice	13
3.1.3	Zdroje odpadních vod	13
3.2	Mechanické předčištění	14
3.2.1	Odlehčovací komora.....	14
3.2.2	Česle	15
3.2.3	Lapáky písku	16
3.3	Sedimentační nádrže.....	17
3.3.1	Vícekomorový septik.....	17
3.3.2	Štěrbínová usazovací nádrž	19
3.4	Rozdělení filtračních polí na KČOV	20
3.4.1	Horizontální filtry (HF).....	20
3.4.2	Vertikální filtry (VF).....	21
3.5	Distribuční šachta	22
3.6	Měrný objekt	23
3.7	Kalové hospodářství.	24
4	Požadavky na vyčištěné odpadní vody a Legislativa	27

5	Závěr.....	29
6	Seznam příloh	31
7	Seznam citací.....	32
	7.1.1 Seznam internetových zdrojů.....	33
8	Seznam obrázků.....	36
9	Seznam tabulek.....	37
10	Seznam použitých zkratk	38

1 Úvod

V dnešní době narůstá tlak na potřebu velmi účinného čištění vypouštěných odpadních vod. Ideální by bylo vyčistit odpadní vody před jejich vypuštěním do recipientu se 100 % účinností, avšak takových hodnot nedosahují žádné dnes konvenčně používané technologie.

Dnes stále v ČR málo používané vegetační kořenové čistírny odpadních vod však mají velmi dobrou účinnost při čištění odpadních vod s výhodou malých provozních nákladů díky gravitačnímu uspořádání těchto čistíren. U některých ukazatelů může KČOV s vertikálním filtrem s vegetací dosahovat účinnosti až 99 % to je velmi dobré. Nižší účinnosti KČOV vykazují u ukazatele P_{celk} (fosfor celkový). Tato slabina jde ovšem velmi snadno redukovat srážením fosforu. Správně navržená kořenová čistírna odpadních vod tedy velmi dobře obstojí ve srovnání s klasickými ČOV v kategorii do 500 EO.

Díky výhodné ceně a také jednoduché obsluze a nízké náročnosti na provoz jsou vegetační kořenové čistírny odpadních vod používány především v západních zemích. V Rakousku je počet aktuálně používaných KČOV vyšší jak 10000. V Česku takové velké množství provozovaných KČOV není z důvodů nedůvěry orgánu k této technologii. Tato nedůvěra vychází z negativní zkušenosti z 90. let minulého století, kdy byly návrhy provedeny v souladu s tehdy platnými normami, avšak dnes jsou poddimenzovány. Jednoduchost tohoto systému se tedy v ČR stala jednou z jeho překážek pro dotčené orgány jejich stavbou a provozováním.

Dnes navrhované KČOV jsou skládány z více stupňů. Díky tomu lépe odbourávají nečistoty v odpadních vodách. Technologie jsou dále rozvíjeny a vylepšovány, a tak může dojít k jejich zavádění právě i u nás. Dnes se návrhem kořenových čistíren odpadních vod zabývá ústav vodního hospodářství krajiny.

Největší problém u návrhů KČOV v dnešní době představuje hlavně výběr vhodného pozemku, v důsledku potřeby velké plochy pro tuto technologii cca 10-15 m²/EO.

Ve své diplomové práci se zabývám návrhem kořenové čistírny odpadních vod s dodržáním všech v současnosti platných norem a nařízení v ČR.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je provedení návrhu ideální Vegetační kořenové čistírny odpadních vod pro obec Kurovice. V návrhu je proveden výběr správné lokality a místa pro stavbu. Zároveň je cílem zhodnotit všechny faktory ovlivňující účinné čištění odpadních vod. Návrh kořenové čistírny odpadních vod je přímo ovlivněn pozemkem, na kterém je umístěna.

Do návrhu bude promítnut požadavek jak na účinnost čištění odpadní vody, tak ekologičnost celého provozu. Návrh bude uzpůsoben tak aby provozní náklady celé kořenové čistírny odpadních vod byli co nejnižší. Tím bude kladen důraz na provedení návrhu v gravitačním přesunu vody. Diplomová práce tedy zahrnuje návrh vegetační kořenové čistírny odpadních vod pro malou obec 300 EO na specifickém pozemku.

2 Obec Kurovice

2.1 Základní informace o obci Kurovice

Obec Kurovice se nachází ve Zlínském kraji, v okrese Kroměříž, poblíž města Hulín. Starostkou v obci je Mgr. Lenka Koutná, s místostarostkou Lenkou Václavíkovou. V obci se nachází obchod smíšeného zboží a také sbor dobrovolných hasičů. Obec má celkem 263 obyvatel podle stránek obce k 31.01.2017. K technické vybavenosti obce patří veřejný vodovod, požární hydranty požární nádrž a plynofikace obce (cit. online [28]).

Obec má celkovou výměru 551 ha z toho je 460 ha zemědělská půdy a 91 ha nezemědělské plochy. Obec leží ve výšce 211 m n. m.. V Katastru obce se nachází přírodní památka Kurovický lom, jenž leží ve výšce 260m n. m. (cit. online [28]).

V Obci je vybudován vodovod a kanalizační síť ovšem bez napojení na čistírnu odpadních vod. V obci se nachází jednotná kanalizace, a i ve výhledu je s ní dále počítáno celková délka kanalizace je 2790 m, DN 300–600 jedná se o kanalizaci v nevyhovujícím stavu a je počítáno s její rekonstrukcí a doplněním o odlehčovací komoru. Kořenová čistírna je navržena na likvidaci splaškových vod a po jejich vyčištění jsou odváděny do Kurovického potoku.



Obrázek 1 Ortofoto mapa obce (cit. Online [10])

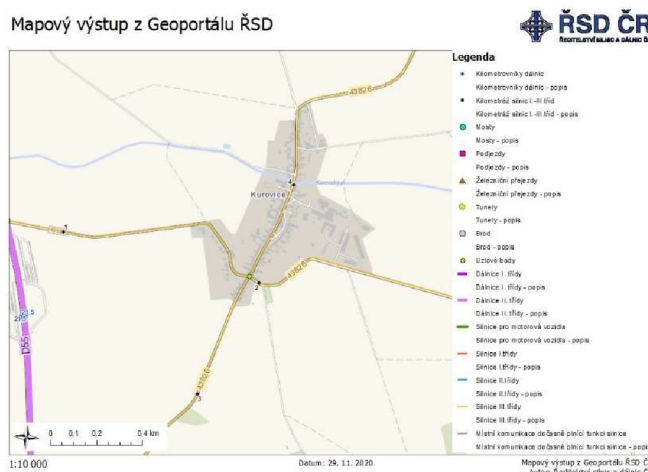
2.2 Podrobnější informace Kurovice

Obcí Kurovice protéká Kurovský potok, jenž je spravován Povodím Moravy s. p.. Číslo hydrologického pořadí toku je 4-12-02-151, ID toku je 10206739. Potok protéká obcemi Kurovice, Ludslavice a Míškovice, jeho délka je takřka 7,000 Km. Na katastru obce se nenachází záplavové území. V přesné lokalitě stavby protéká Kurovský potok, který je v nezpevněném korytě s minimálními bermami. Do tohoto recipientu bude vypouštěná vyčištěná odpadní voda (cit. online [11]).



Obrázek 2 Mapa Obce Kurovice (cit. Online [11])

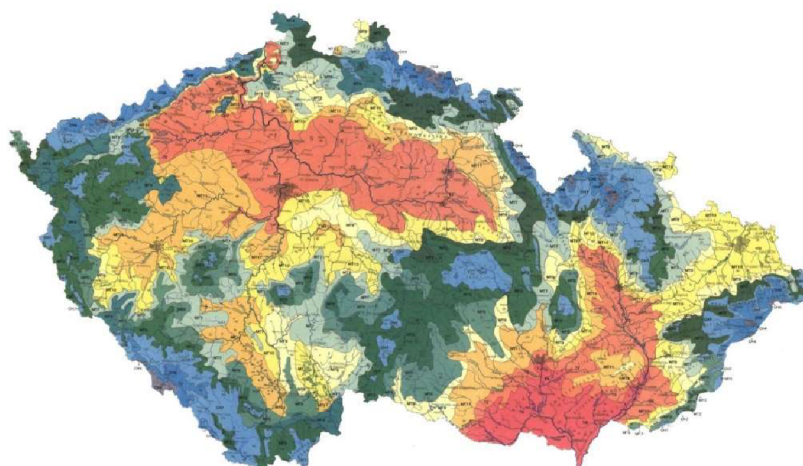
Obcí Kurovice prochází dvě silnice třetí třídy. Silnice 43826 a silnice 43828, které se vzájemně kříží na křižení číslo 2531A086. Silnice číslo 43826 končí v obci Zahnašovice a začíná v obci Tlumačov. Silnice 43828 spojuje obce Miškonice a Záhlice (cit. online [12]).



Obrázek 3 Dopravní síť v Obci Kurovice (cit. Online [12])

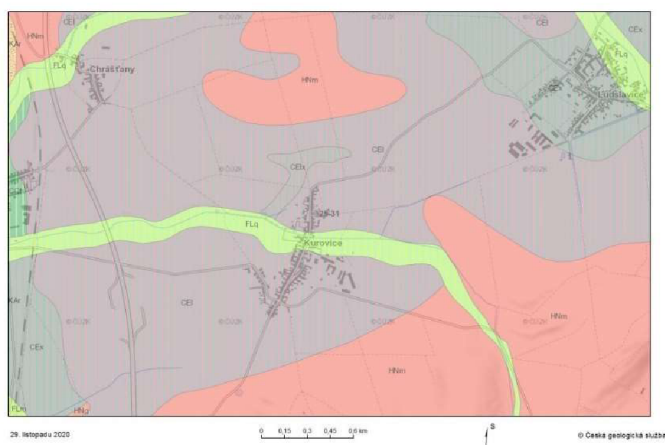
Sněhová zátěž. Obec spadá do oblasti I její sněhová zátěž je 0,7 Kpa podle normy ČSN EN 1991-1-1-3. Podle normy je sníh dělený podle druhu na čerstvý, ulehlý, starý a mokrý (cit. online [27]).

Obec Kurovice spadá do klimatické oblasti T2. Pro tento region je typická průměrná teplota v dubnu 8-9 °C a průměrný roční úhrn srážek činí 500 až 600 mm. Letní dny v této oblasti bývají 50 až 60 dnů do roka. Počet dní s teplotou alespoň 10 °C je 160 až 170, mrazových dnů bývá 100 až 110. Počet ledových dní se pohybuje v rozmezí 30 až 40 dní. Průměrná teplota v lednu je -3 až -2 °C, v červenci je pak 18 až 19°C, v říjnu je pak teplota 7 až 9 °C (cit. online [13]).



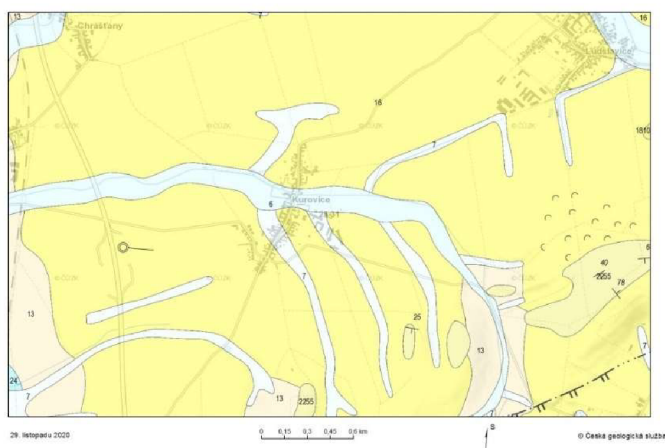
Obrázek 4 Klimatická mapa ČR (cit. Online [13])

Z půd se na řešeném území obce nachází Fluvizem glejové značené FLq jedná se o úrodné půdy, které vznikají v nivách toků (cit. Online [22]), Černozem luvická černická značená CEIx, Černozem luvická značená CEI jedná se o půdy které se vytváří zejména na sprašových pokryvech nížin na místech původních stepí (cit. Online [23]) a Hnědozem modální HNm jedná se zejména o půdy vzniklé na spraších v oblasti rovin a svahů (cit. Online [24]). V oblasti budoucí stavby jsou pak Fluvizem glejové, Černozem luvická černická a Černozem luvická.



Obrázek 5 Mapa půd obce Kurovice (cit. Online [26])

Geologie řešené oblasti je převážně tvořena nezpevněnými sedimenty eolickými a fluviálními nečleněnými, které jsou zastoupeny spraší a sprašovou hlínou a nivním sedimentem jedná se o říční sediment který je typicky hrubozrnným materiálem s obsahem organických sloučenin uhlíku a karbonátu. Spraše se skládají zejména z křemenných materiálů. Jejich barva je okrová a vrstvy mohou mít mocnost až stovky metrů.



Obrázek 6 Geologická mapa Obce Kurovice (cit. Online [25])

2.3 Informace o území stavby

Pozemky vybrané pro stavbu jsou v dnešní době používané jako zemědělská plocha, zalesněná plocha a nelegální stavba rybníku. Pro Stavbu KČOV bude nutné provést odstranění vzrostlých stromů.



Obrázek 7 Řešená oblast KČOV Kurovice (vlastní foto Štěpáníková)

Vodní plocha bude před zahájením stavby zrušena její přítok z přilehlého recipientu bude zasypán, dojde k následnému vysušení vodní nádrže a poté srovnání terénu. Hladina podzemní vody je v části u příjezdové komunikace velmi vysoko. Tato informace musí být zohledněna při návrhu zde umístěných stavebních objektů. Kalové pole, Horizontální filtr a tříkomorový septik budou do terénu zapuštěny pouze minimálně, aby nedocházelo k jejich vzdouvání podzemní vodou.



Obrázek 8 Detail nelegální vodní plocha (vlastní foto Štěpáníková)

Do stavebních objektů zasahují v části blíže intravilánu obce Kurovice vzrostlé stromy, které bude nutné před zahájením výstavby vykácet. Jedná se především o sedm vzrostlých topolů jejichž průměr kmene se pohybuje v rozmezí 1,0 až 1,3 m, a dále asi 20 smrků průměru 0,2 až 0,4 m. Všechny tyto informace byli získány osobní pochůzkou v řešené lokalitě.



Obrázek 9 Příjezdová komunikace řešené území (vlastní foto Štěpáníková)

2.4 Vstupní informace pro návrh KČOV

Dle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Zlínského kraje (PRVK, ZK) je v současné době v obci 260 obyvatel z nichž je 85 % napojeno na stávající systém jednotné kanalizace. V obci je cca 2 790 m kanalizační sítě která je v současnosti vyústěná do místní vodoteče. Dále se dle PRVK počítá s vybudováním ČOV dimenzované na 300 EO a obnovou současné kanalizační sítě která je již v nevyhovujícím technickém stavu.

Pro obec je plánováno že veškeré nově vybudované budovy budou vybaveny bezodtokovými jímkami s následným vyvážením.

V rámci návrhu KČOV se neuvažuje s přítokem dešťových vod. Dále není v návrhu zařazena čerpací stanice, lapák písku, česle ani odlehčovací komora.

ČOV je tedy navržena pro 300 EO tím nedojde k jejímu přetížení souvisejícím s novou zástavbou v obci. KČOV dále nenarušuje územní plán obce.

Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod

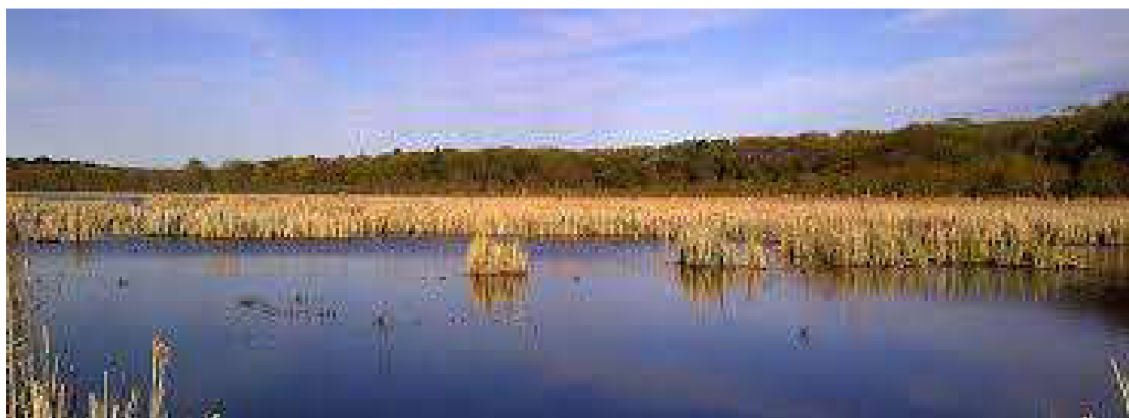
Počet ekvivalentních obyvatel	EO=	300	
Specifická spotřeba vody	$q_{\text{spec}}=$	125	l/os/den
Balastní vody	$Q_{\text{bal}}=$	30	m ³ /d
Součinitel max hodinové nerovnoměrnosti	$k_{h,\text{max}}=$	4,4	
Součinitel min hodinové nerovnoměrnosti	$k_{h,\text{min}}=$	0	
Součinitel denní nerovnoměrnosti	$k_d=$	1,5	
Průměrný denní přítok od obyvatelstva	$Q_{24,m}=$	37,5	m ³ /den
Průměrný denní přítok	$Q_{24}=$	86,25	m ³ /den

3 Technologie kořenových čistíren odpadních vod

3.1 Kořenové čistírny odpadních vod

3.1.1 Historie ve světě

Kořenové čistírny odpadních vod se ve světě používají takřka sto let. Průkopníky v tomto druhu čištění odpadních vod se staly USA, jež do provozu spustili KČOV v roce 1912 v Great Meadows jenž byla vlastně přírodním mokřadem, jenž se nacházel v blízkosti řeky Concord nacházející se v Lexingtonu. K dalšímu rozšiřování této technologie docházelo i do zbytku USA. Ve Světě se tato technologie začínala uplatňovat až po druhé světové válce. Nejdříve docházelo k provádění výzkumů v institutu Maxe Plancka okolo roku 1952. Samostatné KČOV se poté začali konstruovat v 70 letech minulého století a rozšířili se takřka do všech západních zemí (Kadlec a Wallace, 2009).



Obrázek 10 Great Meadows (cit. Online [14])

Hlavní příčinou pomalého rozšiřování této technologie je paradoxně její jednoduchost, která vyvolávala v institucích silnou nedůvěru k tomuto systému. V některých zemích se instituce bránili jejímu požití i desítky let s poukazem na přílišnou jednoduchost. Hlavní problém bylo, že tato KČOV dokázali pracovat bez elektrické energie a mechanických součástí tím vyvolávaly nedůvěru u projektantu. Nedůvěra panovala k tomu, jestli systém, který využívá pouze gravitačních sil, bude schopný dostatečného čištění odpadních vod. Avšak i přes

tyto omezení se nakonec tato technologie rozšířila po celé západní Evropě již v 80 letech minulého století (Vymazal, 2003).

3.1.2 Historie KČOV v České republice

V české republice dochází k prvním realizacím kořenových čistíren odpadních vod po roce 1989, avšak tato technologie nebyla z počátku dobře přijímaná. K odmítání této technologie přispívalo hlavně špatné navržení nebo samotné užívání těchto systémů. Další problém, který nastával, byl ten, že většina kořenových čistíren odpadních vod nebyla navrhována tak aby odstraňovala amoniakální dusík, byly navrhovány pro BSK₅ díky tomu, že byly běžně používány pro dimenzi do 500 EO. Díky tomu se používal lehký model kořenové čistírny odpadních vod, který ovšem při současných požadavcích není příliš účinný, a tak tyto nepřilíš dobře navržené kořenové čistírny odpadních vod kazí pověst samotné technologii, Systémy byli většinou navrženy jako šterbinová usazovací nádrž + horizontální filtrační pole, avšak takto jsou zcela neúčinné (Kriška a Němcová, 2016).

3.1.3 Zdroje odpadních vod

Odpadní vodou se rozumí takové vody, které byly znečištěny lidskou činností. Zdroje znečištění mohou být různé a z toho poté vychází i základní dělení odpadních vod do tří základních skupin, a to na splaškové odpadní vody, průmyslové odpadní vody a zemědělské odpadní vody a v neposlední řadě srážkové vody. Srážkové vody mohou mít různé znečištění které je závislé na složení ovzduší. Průmyslové vody jsou znečišťovány jak organickými, tak anorganickými látkami. Zemědělské vody jsou pak znečišťovány samotnou zemědělskou činností (cit. Online [29]). Splaškové odpadní vody se dále dělí na vody černé a šedé. Šedými vodami se rozumí takové, které jsou z umyvadel sprch a van. Vody černé jsou pak kombinace vod žlutých a hnědých, jak už jejich názvy napovídají žluté vody jsou vody tvořené močí a vody hnědé jsou tvořeny fekáliemi (Beránková, 2017).

3.2 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění je tvořeno kombinací česlí, lapáku písku nebo více komorových septiků, jež jsou doplněny odlehčovací komorou, která slouží k odvádění málo znečištěných dešťových vod. Hlavním úkolem mechanického předčištění na KČOV je odstranění hrubých a jemných nerozpuštěných nečistot čímž dopomáhají ke zvýšení životnosti hlavních filtračních polí na kořenové čistírně odpadních vod. Jejich životnost je prodlužována tím, že po odstranění hrubých a jemných nečistot nedochází k tak velkému zanášení filtračních polí (Kriška Němcová, 2015).

3.2.1 Odlehčovací komora

Odlehčovací komory slouží jak k ochraně kanalizační sítě, tak k ochraně čistíren odpadních vod (kořenové čistírny odpadních vod). KČOV je díky odlehčovací komoře chráněná před hydraulickým přetížením (cit. online [1]). Do roku 2018 nebyli vody, které splňovali požadavky návrhových výpočtů, považovány za odpadní vody (cit. online [2]). Odlehčení zajišťuje na odlehčovací komoře přelivem, který je umístěn v takové výšce nade dnem, tak aby docházelo k odlehčení při požadovaném průtoku na ČOV (KČOV). Odlehčovací komory existuje několik typů, které jsou rozděleny přibližně takto (cit. online [3]):

- odlehčovací komory s přepadem přímým;
- přímý kolmý přepad;
- přímý šikmý přepad;
- přímý obloukový přepad;
- přímý lomený přepad;
- odlehčovací komory s přepadem bočním;
- boční přepad jednostranný s přímou hranou;
- boční přepad jednostranný v oblouku;
- boční přepad jednostranný se šikmou hranou;
- boční přepad oboustranný se šikmými hranami;
- odlehčovací komory se škrťací tratí s přepadem;
- odlehčovací komory s přepadajícím paprskem (štěrbínové);
- odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou (etážové);
- ostatní odlehčovací komory (s násoskou, stavítkem atd.).



Obrázek 11 Odlehčovací komora (cit. Online [15])

Jedním z prvních úkolů při návrhu odlehčovací komory je výpočet množství vody, které má přitékat na KČOV z celkového množství přitékajícího na OK. To se dělá pomocí vzorce (cit. online [3]).

$$Q_m = Q_{24} * m = Q_{24} * (1 + n) \quad \text{l*s}^{-1}$$

Q_m průtok odváděný na KČOV z odlehčovací komory (l*s^{-1})

Q_{24} bezdeštný průtok splašků (l*s^{-1})

m násobek ředění

$(1+n)$ poměr ředění

Ředící poměr se nachází na poměrně širokém pásmu, kdy začíná u minimální hodnoty 1+4 a běžně se pohybuje okolo 1+7 a více (cit. online [3]).

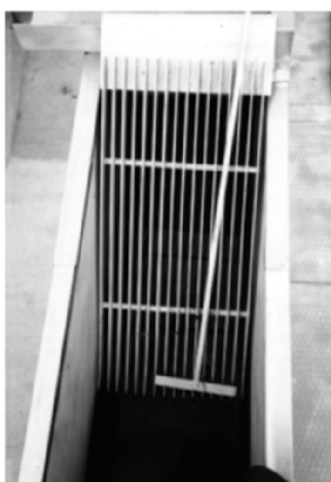
Při návrhu KČOV Kurovice nejsou zahrnuty.

3.2.2 Česle

Česle jsou nedílnou součástí mechanického předčištění na čistírnách odpadních vod, jejich hlavní funkcí je zachycení nečistot velikosti přibližně do minimální velikosti 1 mm. Zachycováním těchto nečistot se chrání strojní zařízení na ČOV a zanášení potrubí. Hlavní dělení podle velikostí otvorů je na hrubé česle, jemné česle a mikrosíta (cit. Online [9]).

Na větších čistírnách jak 10000 EO jsou používány převážně hrubé česle strojní na meších čistírnách, pak jsou většinou ručně stírané. Například u domovních čistíren odpadních vod jsou česle nahrazeny česlicovým košem.

Zachycené nečistoty na česlích se nazývají shrabky a jsou dopravovány za pomoci dopravníků do lisů na shrabky a dále jsou nakládány do kontejnerů. Samotné shrabky jsou na ČOV uskladněny pouze po nezbytně nutnou dobu následně dochází k jejich skládkování, kompostování nebo jsou jinými způsoby zneškodňovány.



Obrázek 12 Česle (cit. Online [9])

V rámci KČOV Kurovice jsou česle umístěny mimo areál čistírny odpadních vod. Proto nebyli v rámci této diplomové práce předmětem řešení. Jejich specifické umístění je provedeno z důvodů výškového uspořádání na katastru obce.

3.2.3 Lapáky písku

Lapáky písku jsou nedílnou součástí čistíren odpadních vod, na nichž slouží k zachycení těžkých suspendovaných částic, jejichž velikost je větší jak 0,2 mm. Částice se v lapácích písku usazují díky snížení průtočné rychlosti, čímž může dojít k usazování těžších částic na dně nádrže (cit. online [4]). Zachycené množství písku a minerálních částic větších 0,25 mm by nemělo klesnout pod hodnotu 95 %. Lapáky písku se dělí na horizontální, vertikální provzdušňovaný s příčnou cirkulací a vírové. Horizontální lapáky písku se dále dělí na štěrbinové

lapáky písku, které jsou vhodné hlavně na malých ČOV, dále to jsou komorové lapáky písku které jsou tvořeny podélným usazovacím žlabem a akumulacním prostorem. Rychlosti v podélném lapáku písku by neměli přesahovat 0,30 m/s a doba zdržení částic by neměla být kratší třiceti sekund. U vertikálních lapáků nemá rychlost překročit 0,05 m/s. Akumulační prostor je navržený tak aby jeho objem byl na 10 až 15 dní záchyty (ČSN 75 6402, 2017).



Obrázek 13 Lapák písku (cit. Online [16])

V rámci KČOV Kurovice jsou lapáky písku umístěny mimo areál čistírny odpadních vod. Proto nebyli v rámci této diplomové práce předmětem řešení. Jejich specifické umístění je provedeno z důvodů výškového uspořádání na katastru obce.

3.3 Sedimentační nádrže

3.3.1 Vícekomorový septik

S použitím vícekomorového septiku na KČOV pro 300 EO souvisí vyšší investiční náklady.

Septik představuje jednu z nejjednodušších technologických částí na KČOV jedná se v podstatě o nádrž, která zdrží odpadní vodu a je vybavena přepadem. V současné době bývá konstruována jako vícekomorová nádrž (v mém případě jsem navrhla jako tříkomorovou). Vzhledem k tomu že koncentrace na odtoku nesplňují zákonné požadavky na koncentrace odpadních vod tak se již v dnešní době nenavrhují jako samostatné objekty ale pouze jako součást technologické

linky na ČOV. Jejich nespornou výhodou je že nespotřebovávají elektrickou energii a jejich provozní náklady jsou také minimální (cit. Online [6]).

Průměrná doba zdržení na takové nádrži je 4,5 (ČSN 75 6402). Pro KČOV Kurovice jsem provedla návrh s dobou zdržení 5 dní.



Obrázek 14 Septik stavba (cit. Online [17])

Pro KČOV Kurovice jsem provedla návrh dvou tříkomorových septiků každý pro jeden tok na čistírně. Oba septiky jsou však spojeny do jednoho stavebního objektu. Celkový objem septiku je tedy 300 m³ pro jeden tok tedy činí 150 m³ a rozměr jedné komory je tedy navržený na 3 x 4 x 5 m (v x š x d). Septik bude postaven na podkladní desce tloušťky 250 mm.

Výška uložení septiku je patrná z přílohy této diplomové práce. Návrh malé hloubky uložení septiku vychází s předpokladu hladiny podzemní vody a vytvoření dostatečného spádu pro gravitační systém přepravy odpadních vod na KČOV Kurovice.

Septik je vybaven nornou stěnou na přítoku do nádrže pro usměrnění proudění. Mezi jednotlivými komorami jsou vytvořeny prostupy ty jsou řešeny pomocí PP trubek, jež jsou svařovány do tvaru H tak aby zajišťovali v septiku maximální hladinu a plynulý přechod mezi jednotlivými komorami septiku.

Dle ČSN 75 6402 je potřebný prostor pro kal 50 až 60 % z objemu septiku. Proto jsem navrhla součinitel pro kalový prostor v hodnotě 1,5. Jednotlivé

komory jsem navrhla stejně velké a každá z nich je osazena čtvercovým otvorem velikosti 600 x 600 mm. Tyto prostupy jsou kryté a osazené zámkem, aby nemohlo dojít k vstupu nepovolaných osob (ČSN 75 6402, 2017).

Parametry septiku

Součinitel kalového pole	a=	1,5	
Střední doba zdržení	t=	5	dne
Počet EO	n=	300	EO
Objem septiku	V=	300	m ³
Objem jednoho septiku	V1=	150	m ³
Počet septiků	x=	2	kusy
Počet komor na 1 septiku	z=	3	kusy
Objem jedné komory	Vk=	50	m ³
Délka komory	d=	5	m
Šířka komory	š=	4	m
Výška komory	v=	2,5	m
Výška komory je zvětšena o 0,5 m.			
Produkce kalu		1,33	l/EO/den
Objem kalu 1/4 rok	V _{kal} =	36,41	m ³
Celkový objem kalu	V _{kal,rok} =	145,64	m ³

3.3.2 Štěrbínová usazovací nádrž

Štěrbínová usazovací nádrž je speciální typ nádrže, který je používán místo septiků. Účel štěrbínové usazovací nádrže je zdržení jemných kalových částí, jejich sedimentace a vyhnívací procesy (cit. Online [6]). Štěrbínová usazovací nádrž je vybavena nornou stěnou, která je ponořena 300 mm pod hladinou vody. Štěrbínová usazovací nádrž je tvořena dvěma částmi, které jsou spolu vzájemně propojeny, horní část slouží k zachycování jemných kalových částic a spodní část slouží k ukládání kalu a jeho vyhnívání. Stěny v horní části nádrže jsou navrženy ve sklonu 1,4:1 (ČSN 75 6402, 2017).

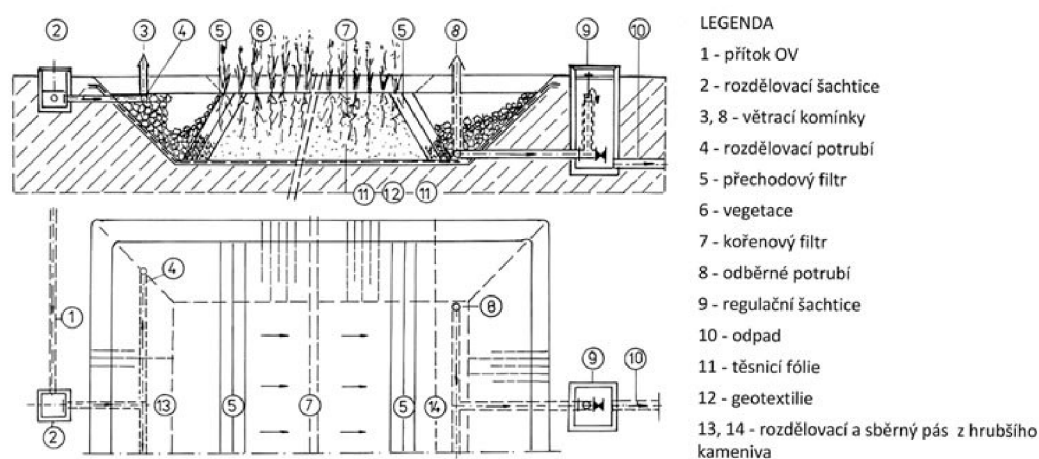
Na KČOV Kurovice jsem se rozhodla tento druh sedimentační nádrže nepoužít a zařadit místo štěrbínové usazovací nádrže do technologické linky tříkomorový septik který zajišťuje delší dobu zdržení odpadní vody na objektu.

3.4 Rozdělení filtračních polí na KČOV

3.4.1 Horizontální filtry (HF)

V dnešní době není vhodné použít pouze horizontální filtr který nedokáže odstraňovat $N-NH_4^+$. Proto se v současné době navrhuje spolu s vertikálním filtrem. HF je nádrž která je vyplněna filtračním materiálem obvykle je to praný štěrk nebo písek (Křiška a Němcová, 2016). V Horizontálním filtru, jak už název napovídá dochází k horizontálnímu proudění vody. V tomto druhu filtru převládá prostředí anaerobní a hladina vody ve filtru bývá obvykle těsně pod povrchem filtračního pole (Křiška Němcová, 2015).

Návrh horizontálního filtru pro obec Kurovice se skládá ze dvou filtračních polí Každé pole je řešeno jako samostatná konstrukce, do níž je přivedena odpadní voda z jedné ze dvou částí usazovací nádrže. Horizontální filtry jsou bez osázení mokřadními rostlinami pro jejich lepší údržbu.



Obrázek 15 Horizontální filtr (Šálek a kol., 2013)

HF je tvořen dvěma vrstvami substrátu. Drenážní vrstva o šířce 200 mm ze štěrku frakce 8-16 mm a filtrační vrstva 2 800 mm frakce 4-8 mm. Na filtr je přiváděna voda pomocí potrubí PVC DN 125. Potrubí je přivedeno na povrchu filtrační vrstvy a samotný HF je chráněn 100 mm hrázkou nad povrchem filtrační vrstvy. Zároveň je potrubí chráněno obsypem, aby nedocházelo k jeho degradaci vlivem slunečního světla.

Výpočet plochy horizontálního filtračního pole

Vstupní hodnoty

Plocha pole na 1EO	A=	1,42	m ²
Celková plocha pole	SVČ=	432	m ²
Průměrný denní přítok vody	Q ₂₄ =	86,25	m ³ /den
Předpokládaná koncentrace na přítoku	C _p =	166,96	mg/l
Rychlostní konstanta	K _T =	0,18	m/den
Pórovitost	n=	0,45	
Hloubka filtru	h=	3	m
Šířka horizontálního pole	š=	18	m
Délka horizontálního filtru	l=	12	m
Objem horizontálního filtru	V=	1296	m ³
Doba zdržení	t=	6,68	dne
Počet polí	n=	2	

Koncentrace BSK5 a CHSKCr na odtoku z horizontálního filtru

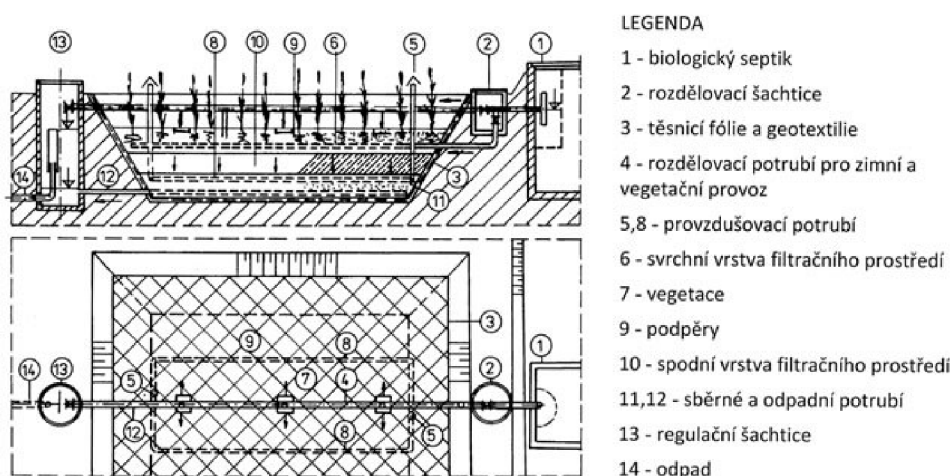
Koncentrace BSK5 na odtoku	Co=	50,09	mg/l
Koncentrace CHSKCr na odtoku	Co,CHSK=	78,26	mg/l

3.4.2 Vertikální fitry (VF)

Vertikální filtr je mělkou stavební jámou, která je vyplněna filtračním materiálem, který má definované hydraulické vlastnosti. Nejběžněji používaný materiál je praný štěrk nebo písek. Zároveň je filtr osazen vegetací a spolu s ní vytváří složité prostředí ve kterém dochází k čištění odpadních vod jak pomocí chemických, fyzikálních tak biologických procesů (Pumprlová Němcová a Kriška, 2020).

Návrh vertikálního filtru pro tuto práci byl řízen požadavkem 1m² plochy filtru odpovídá 20g/den CHSK. Vzhledem k složitosti probíhajících procesu se doporučuje použití pulzního napouštění u vertikálních filtrů. Pulzní napouštění zajišťuje že potrubí nezamrzá a při správném roznášení vody pomocí potrubí

které je umístěno nad vertikálním filtrem (čímž je zajištěno že nedochází k jeho zarůstání),



Obrázek 16 Vertikální filtr (Šálek a kol., 2013)

Nerozpuštěné látky jsou na vertikálních filtrech díky použitému materiálu zachycovány a rozkládány spolehlivě proto se jejich koncentrace na odtoku pohybují obvykle pod 10mg/l (Křiška Němcová, 2015).

Výpočet

Zůstatek CHSK za horizontálním filtrem:	$C_{o,CHSK} =$	6750	g/den
Plocha vertikálního filtru pro zatížení 20g/den	$S =$	337.50	m^2
Plocha VF pro hydraulické zat. max 150.	$S =$	600	m^2
Počet polí vertikálního filtru	$n =$	6	
Plocha jednoho pole	$S_{pole} =$	100	m^2
Průměrný denní přítok na 1 pole	$Q_{pole} =$	14,375	m^3/den
Hydraulické zatížení	$h_v =$	143,75	mm/den
Přítok na 1 pole za den	$Q_{pulzu} =$	1437,5 l	

3.5 Distribuční šachta

Distribuční šachta je objekt sloužící k akumulaci vody a jejímu pulznímu vypouštění na vertikální filtr (VF). Pro kořenovou čistírnu odpadních vod v Kurovicích jsou navrženy dvě totožné distribuční šachty. Každá šachta je tvořena třemi samostatnými komorami. Celý proces napouštění a vypouštění

akumulačního prostoru není závislá na elektrické energii. Šachty jsou vytvořeny s Polyetylenových desek tloušťky 15 mm stejně jako jejich dělící stěny. Výška stálé hladiny vody v distribuční šachtě je 550 mm a výška maximální hladiny je 1170 mm nade dnem. Každá komora je vybavena vlastním odtokovým potrubím a pulzním vypouštěním. Pulzní vypouštění je vybaveno dvěma plováky, kterými se nastavuje maximální a minimální hladina. Systém pulzního vypouštění nám dovoluje odbourávat lépe BSK₂, CHSKCr a N-NH₄. Vytváří ve vertikálním filtru prostředí s kyslíkem díky kolísavé hladině ve VF (Kriška Němcová, 2015).



Obrázek 17 Pulzní vypouštěč (cit. Online [18])

Návrhové parametry distribuční šachty

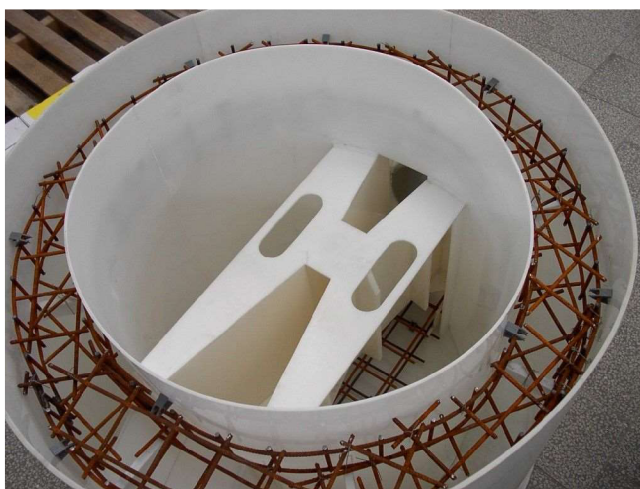
Počet šachet	n=	2	kusy
Počet komor	m=	3	komory
Poloměr šachty	r=	1,7	m

3.6 Měrný objekt

Měrný objekt na kořenové čistírně odpadních vod Kurovice je tvořen Parshallovým žlabem. Ten funguje na principu zdržení odtékající vody. V místě zdržení dojde ke vzduť hladiny a tím pádem je možné provádět měření pomocí ultrazvukového čidla (cit. Online [7]).

Parshallův žlab je vyrobený z polypropylenů jako samostatná část která je usazena do šachty. Na usazeném žlabu v šachtě pak lze měřit průtok a z něho lze

vynést konzumpční křivku která se dá zpracovat elektronicky za použití jednoduchého vzorce (cit. Online [8]).



Obrázek 18 Parshallův žlab (cit. Online [19])

Navržený typ parshallova žlabu pro KČOV Kurovice je P2, která má dostatečný rozptyl maximálního a minimálního průtoku.

3.7 Kalové hospodářství.

Vegetační kořenové čistírny odpadních vod mohou být vybaveny kalovým hospodářstvím, které snižuje potřebu převozu kalu a jeho další zpracování na větších ČOV. Navrženým systémem na KČOV Kurovice je reed-bed který funguje na principu uložení stabilizovaného kalu do mělkých pasivně arovaných nádrží s porostem mokřadních rostlin. Uvnitř takových nádrží dochází k mineralizaci a doprovodné tvorbě humusu ze zvodnělého kalu. Voda odváděná z takového systému je teoreticky tak čistá že by mohla být odváděna přímo do recipientu (Najman a kol., 2012).

Další návrhové hodnoty pro kalové hospodářství jsou uvedeny v normě ČSN 75 6402. V ní je stanovena podmínka plochy kalového pole 1 m² na 2 EO. Zároveň je dána podmínka dávkování kalu 3 až 4x ročně za současné podmínky že vrstva jedné dávky nesmí překročit výšku 0,3 až 0,4 m.

Návrh kalového pole je pro 300 EO. Plocha je tedy dle ČSN 75 6402 stanovena na 150 m². Kalové pole je navrženo na výšku 1 m a 0,2 m pro drenáž,

výška je o 0,35 m nadzvednutá z důvodu bezpečnosti a prostoru pro vysychání poslední ukládané vrstvy. Důvodem je vysychání jednotlivých vrstev, které svůj objem zmenšují. Na kalové pole bude dávkovaný kal ze septiku. Návrh rozměrů pole je 12x12,5 m, jeho umístění je provedeno mezi septikem a horizontálním filtrem, a to jako samostatná nádrž. Takové umístění bylo zvoleno z důvodů specifického tvaru pozemku.



Obrázek 19 Kalové pole (cit. Online [20])

Nádrž kalového pole je opatřena hydrofólií která je chráněna z obou stran geotextílií. Hrázky jsou vybudovány do výšky 0,3m nad drenážní vrstvou a následně je na nich vybudována konstrukce VOM (vegetační opěrné zdi), výšky 1,05 m ve sklonu 1:10. Systém VOM byl zvolen jako přírodě blízké řešení, které nám umožní úsporu prostoru oproti klasické sypné hrázi, která má sklon svahu 1:1 až 1:2. VOM je systém který má spousty výhod. Po delší době může dojít k jejímu zarůstání a tím pádem se zcela integruje do krajiny. Dále je jejich výhodou nižší cena oproti jiným druhům opěrných stěn, při tom jejich výrobce udává že životnost je srovnatelná. Po delším časovém úseku dochází k zarůstání systému VOM vegetací, tím dojde k jeho plné integraci do krajiny a nedochází tak k jejímu vizuálnímu narušování jako například u gabionových stěn nebo opěrných betonových stěn (cit. Online [5]).



Obrázek 20 Systém VOM bez a s vegetačním pokryvem (cit. Online [21])

Návrhové parametry kalového pole

Plocha kalového pole	150	m ²
Účinná hloubka	1	m
Objem	150	m ³
Dávkování kalu	4	dávka/rok
Objem kalu	36,41	m ³
Celkový objem kalu	145,64	m ³
Výška dávky kalu	0,243	m
Výška odvodněné vrstvy	0,002	m
Výška kalu za 10 let	0,98	m

4 Požadavky na vyčištěné odpadní vody a Legislativa

KČOV byla navržena tak aby splňovala požadované limity uvedené v nařízení vlády č.401/2015 Sb. a zároveň aby byla v souladu s Vodním zákonem 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon).

Jak ukládá vodní zákon každý, kdo nakládá s podzemními nebo povrchovými vodami je povinen dbát jejich ochrany a zabezpečit jejich účelné užívání dle zákona. Zákon také stanovuje povinnost měření odpadních vod oprávněnou osobou a také způsob odběru a nakládání se vzorky (Zákon 254/2001 Sb.).

Na KČOV budou sledovány ukazatele dle nařízení vlády č.401/2015 Sb. které stanovuje pro kategorii ČOV do 500 EO limity u ukazatelů $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a NL . Zbylé ukazatele N_{celk} , P_{celk} a $N-NH_4^+$ nejsou pro tuto velikostní kategorii nijak stanoveny, a proto ze zákona není stanovena povinnost jejich měření. Přesto že není nařízeno zákonem jejich měření vegetační kořenová čistírna odpadních vod je navržena tak aby byla schopna odbourávat i tyto látky (NV 401/2015 Sb., 2016).

Tabulka 1 Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb. příloha Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV (EO)	$CHSK_{Cr}$		BSK_5		NL		N- NH_4^+		N_{celk}		P_{celk}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500-2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-

Přitékající voda na KČOV měla stanovené parametry znečištění na jednoho obyvatele za den. Těmito parametry byli $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL , N_{celk} a P_{celk} . Jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 2 koncentrace znečištění na jednoho ekvivalentního obyvatele v g/EO/den

$CHSK_{Cr}$	BSK_5	NL	N_{celk}	P_{celk}
120	60	55	11	2,5

Celý systém KČOV je navržený tak aby byl schopný plně odbourávat všechny nařízené látky podle nařízení vlády a zároveň se počítá s možností zpřísnění požadavků na vypouštěné vody. Právě proto je KČOV Kurovice

navržena jako vícestupňová, to zajišťuje odbourávání i látek které nejsou současnou legislativou stanoveny, jak je uvedeno v tabulce. Koncentrace na jednotlivých objektech KČOV Kurovice. V tabulce je uvedena i předpokládaná účinnost jednotlivých objektů. Jedná se o TS – tříkomorový septik, HF – horizontální filtr a VF – vegetační vertikální filtr.

Tabulka 3 Koncentrace znečištění na jednotlivých objektech KČOV a jejich průměrná účinnost

	S ₀	C ₀	TS	C ₁	HF	C ₂	VF	C ₃
	g/EO/den	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l
CHSK _{Cr}	120	417,39	25	313,04	75	78,26	83,5	12,91
BSK ₅	60	208,7	20	166,96	70	50,09	86,5	6,76
NL	55	191,3	45	105,22	85	15,78	92	1,26
N _{celk}	11	38,3	2,5	37,3	12,5	32,64	90	3,26
P _{celk}	2,5	8,7	4	8,35	15	7,1	12,5	6,21

Z porovnání BAT limit a koncentrací na odtoku z KČOV Kurovice jasně vyplývá že požadované limity jsou dodrženy a v mnoha ohledech jsou i lepší, než nařizuje nařízení vlády NV 401/2015 Sb. Viz tabulka číslo čtyři.

Tabulka 4 Porovnání koncentrací na odtoku a BAT limit

	koncentrace znečištění na odtoku	přípustná koncentrace
CHSK _{Cr}	12,91	150
BSK ₅	6,76	40
NL	1,26	50
N _{celk}	3,26	-
P _{celk}	6,21	-

V rámci návrhu jsem provedla dopočítání celkového množství vypouštěných látek za rok. Znečištěné látky vypouštěné za rok nepřesáhnou v žádném ukazateli množství v tunách. Všechny znečišťující látky jsou v řádu do stovek kilogramů za rok. Jak je uvedeno v tabulce pět, nejvíce bude obsaženo CHSK_{Cr} a to 407 kg/rok. Nejméně pak bude NL a to 40 kg/rok.

Tabulka 5 Převod jednotek koncentrací znečištění na odtoku

	mg/l	kg/d	kg/rok
CHSK _{Cr}	12,91	1,11	407
BSK ₅	6,76	0,58	213
NL	1,26	0,11	40
N _{celk}	3,26	0,28	103
P _C	6,21	0,54	195

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo provedení návrhu kořenové čistírny odpadních vod založené na principu přírodních čistírenských technologií pro obec Kurovice. Diplomová práce byla zpracována v takovém rozsahu, aby mohla sloužit jako podklad pro dokumentaci určenou pro následné sloučené územní a stavební řízení. Při návrhu kořenové čistírny odpadních vod byl kladen důraz na co možná nejnižší investiční náklady a dále na nízké provozní náklady. Zároveň byl návrh provedený tak aby bylo dosaženo požadované účinnosti vyčištění odpadních vod.

Při vlastní prohlídce v terénu bylo zjištěno že k uvolnění prostor na požadovaném pozemku bude zapotřebí kácení dřevin, a to konkrétně sedmi topolů o průměru kmene od 1 metru do 1,2 metrů. Dále je potřeba provést odstranění cca. 20 smrků a dalších dřevin s poměrem kmene 20 až 30 cm. Dále je potřeba provést vysušení a zasypání nelegálně vytvořeného rybníku na zájmovém území. Na jeho místě bude stát kalové pole část septiku a část prvního horizontálního filtru.

V řešené lokalitě byla zjištěna podpovrchová voda v malé hloubce. Toto zjištění bylo následně zohledněno v návrhu KČOV jednotlivé konstrukce jsou tak minimálně zahloubeny v terénu.

Samotný návrh Kořenové čistírny odpadních vod byl proveden z několika částí předčištění v podobě tříkomorového septiku, filtrační pole vertikální a horizontální sériově řazené a měrný objekt s výpustným objektem. Zároveň je KČOV opatřena kalovým polem pro možnost nakládání s kalem.

Celý návrh byl provedený tak aby byly všechny ukazatelé ($CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL , N_{celk} a P_c) byli ve vyhovujících koncentracích na odtoku. Navržená účinnost na KČOV je taková že splňuje požadavky podle normy několika násobně.

Jednotlivé stavební objekty na KČOV Kurovice jsem navrhla nad stávajícím terénem. Tím jsem snížila předpokládané investiční náklady na KČOV. Dále tím bylo vyřešeno omezení vyplývající z nízké hladiny podzemních vod, které by

negativně ovlivňovalo jakékoliv zemní práce a následně by mohlo docházet ke vzdouvání navržených konstrukcí.

V rámci úspory prostoru byly některé nádrže navrženy nikoliv jako sypané hráze, ale ze systému VOM to dovolilo vytvořit uspořádání KČOV i ve stísněných podmínkách pozemků na nichž byl návrh proveden.

Celkový návrh plně vyhovuje je normám na vyčištěné vody a v některých ohledech dokonce předčí konvenčně používané technologie na klasických biologických čistírnách odpadních vod. Díky jednotlivým návrhům objektu je zajištěn plynulý a bezproblémový chod celé KČOV. Přítomnost pracovníku na KČOV bude nutná minimální. Nejrizikovější na poruchu je systém pulzního vypouštění v distribučních šachtách. Je tedy nezbytné provádět jeho pravidelnou kontrolu. Celkově si bude údržba žádat přítomnost pracovníka nejvýše několik desítek minut denně. KČOV Kurovice splňuje požadavky které jsem si vytýčila v této diplomové práci, je jak provozně levná, tak dosahuje vyčištění vody jako nejlepší běžně užívané technologie.

6 Seznam příloh

A.	Průvodní zpráva	
B.	Souhrnná technická zpráva	
C.	Situační výkresy	
C.1	Situační výkres širších vztahů	M 1:5 000
C.2	Katastrální situační výkres	M 1:1 000
C.3	Koordinační situační výkres	M 1:250
D.	Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení	
D.1.	Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu	
D1.1.	Architektonicko-stavební řešení KČOV	
D.1.1.1	Technická zpráva	
D.1.1.2	Podélný profil KČOV, HF1, VF1	M 1:500/100
D.1.1.3	Podélný profil KČOV, HF2, VF2	M 1:500/100
D.1.1.4	Vzorový příčný řez potrubím	M 1:20
D.1.1.5	Tříkomorový septik, půdorys	M 1:50
D.1.1.6	Tříkomorový septik, řez	M 1:50
D.1.1.7	Situace horizontální filtr HF1	M 1:50
D.1.1.8	Řez horizontálním filtrem HF1	M 1:50
D.1.1.9	Situace horizontální filtr HF2	M 1:50
D.1.1.10	Řez horizontálním filtrem HF2	M 1:50
D.1.1.11	Distribuční šachta horizontální filtr č.1	M 1:25
D.1.1.12	Distribuční šachta horizontální filtr č.2	M 1:25
D.1.1.13	Vertikální filtr VF1 – půdorys	M 1:100
D.1.1.14	Vertikální filtr VF1 – řez	M 1:50
D.1.1.15	Vertikální filtr VF2 – půdorys	M 1:100
D.1.1.16	Vertikální filtr VF2 – řez	M 1:50
D.1.1.17	Měrný objekt KČOV Kurovice	M 1:25
D.1.1.18	Půdorys kalové pole	M 1:50
D.1.1.19	Řezy kalové pole	M 1:50
D.1.1.20	Vzorový příčný řez komunikací	M 1:50

7 Seznam citací

1. ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Český normalizační institut
2. Nařízení vlády 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. In: *Sbírka Zákonů*. 401/2015 Sb.
3. KADLEC, Robert H. a Scott D. WALLACE. Treatment wetlands. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, c2009. ISBN 978-1-56670-526-4.
4. KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. *Kořenové čistírny odpadních vod: . Metodická příručka pro návrh a realizaci*. 2015. Vysoké učení technické v Brně.
5. VYMAZAL, Jan. Kořenových čistíren v Evropě přibývá. Moderní obec [online]. 11.6.2003 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.moderniobec.cz/korenovych-cistiren-v-evrope-pribyva>
6. KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. Kořenové čistírny: rekapitulace a budoucnost v České republice. Vodní Hospodářství [online]. 2.22.2016 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/korenove-cistirny/>
7. NAJMAN, Michal, Petra NAJMANOVÁ a Luboš BÁRTA. Odvodnění a redukce objemu čistírenských kalů pomocí kořenových systémů. BIOM [online]. 2012, 3.1.2012 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/odvodneni-a-redukce-objemu-cistirenskych-kalu-pomoci-korenovych-systemu>
8. PUMPRLOVÁ NĚMCOVÁ, Miroslava a Michal KRIŠKA. Technologie vertikálních filtrů s vegetací pro čištění odpadních vod. TZB-info [online]. 2020, 28.9.2020 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21197-technologie-vertikalnich-filtru-s-vegetaci-pro-cistení-odpadnich-vod>

9. ŠÁLEK, Jan, Michal KRIŠKA, Oldřich PÍREK, Karel PLOTĚNÝ, Miloš ROZKOŠNÝ a Zdeňka ŽÁKOVÁ. Vegetační kořenové čistírny [online]. 2013, 20.6.2013 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/10058-vegetacni-korenove-cistirny>
10. Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Parlament, 2001.
11. ÖNORM B 2505- Kläranlagen – Intermittierend beschickte Bodenfilter („Pflanzenkläranlagen“)
12. DWA, 2017. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers: Arbeitsblatt DWA-A 262. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Regelwerk, A 262. ISBN 38-872-1547-8.
13. BERÁNKOVÁ, Martina. Odpadní voda – odpad nebo poklad? [online]. 2017, 24.7.2017 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>

7.1.1 Seznam internetových zdrojů

- [1] [online]. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/odlehcovaci-komory-jsou-dulezitou-ochranou-kanalizacni-site/>
- [2] [online]. 2019 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/pozadavky-na-odlehcovaci-komory-se-promitnou-cen-stocneho/>
- [3] [online]. 2014 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/9_objekty_na_stokove_siti.html
- [4] [online]. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/2016-2017/pvh2/COV.pdf>
- [5] [online]. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <http://www.vom.sk/index.php>

- [6] Biologické nádrže využívané k čištění a dočišťování odpadních vod [online]. 2015 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisten-i-a-docistovani-odpadnich-vod>
- [7] [online]. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://pars-aqua.cz/zlaby/parshalluv-zlab.html>
- [8] [online]. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: https://pars-aqua.cz/files/produktove-listy/CZ_Brozura_Parshallovy_Zlaby.pdf
- [9] [online]. 2014 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/285.cesle-a-sita>
- [10] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://kurovice.gis4u.cz/mapa/katastralni-mapa/?c=-531306%3A-1157261.95&z=6&lb=cuzk_of&ly=hr%2Cad%2Cpa%2Culn&lbo=1&lyo=
- [11] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMP L=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=17.4942255&lat=49.2844265&scale=30240
- [12] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://geoportal.rsd.cz/apps/silnicni_a_dalnicni_sit_cr_verejna/
- [13] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>
- [14] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://www.fws.gov/refuge/great_meadows/
- [15] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.mupe.cz/odlehcovaci-komora-s-ceslicovou-mrizi-kde-dochazi-k-zachyceni-hrubych-castic-unasenych-odpadni-vodou/g-1272>

- [16] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisteni-a-docistovani-odpadnich-vod>
- [17] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.db-jimky.cz/septiky.html>
- [18] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <http://conwe.cz/vypoustec.html>
- [19] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://solid-plast.cz/parshalluv-zlab/#gallery_b23291-3
- [20] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/postupy.html>
- [21] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.ozy.market/cz/vegetacni-operne-zdi-blog>
- [22] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://leporelo.info/fluvizeme>
- [23] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://leporelo.info/cernozem>
- [24] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://leporelo.info/hnedozem>
- [25] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [26] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- [27] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <http://www.snihnastrese.cz/mapa-snehovych-oblasti/>
- [28] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.kurovice.cz/1.102-zakladni-udaje>
- [29] [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: http://poradme.se/index.php?title=Druhy_odpadn%C3%ADch_vod

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 Ortofoto mapa obce (cit. Online [10])

Obrázek 2 Mapa Obce Kurovice (cit. Online [11])

Obrázek 3 Dopravní síť v Obci Kurovice (cit. Online [12])

Obrázek 4 Klimatická mapa ČR (cit. Online [13])

Obrázek 5 Mapa půd obce Kurovice (cit. Online [26])

Obrázek 6 Geologická mapa Obce Kurovice (cit. Online [25])

Obrázek 7 Řešená oblast KČOV Kurovice (vlastní foto Štěpáníková)

Obrázek 8 Detail nelegální vodní plocha (vlastní foto Štěpáníková)

Obrázek 9 Příjezdová komunikace řešené území (vlastní foto Štěpáníková)

Obrázek 10 Great Meadows (cit. Online [14])

Obrázek 11 Odlehčovací komora (cit. Online [15])

Obrázek 12 Česle (cit. Online [9])

Obrázek 13 Lapák písku (cit. Online [16])

Obrázek 14 Septik stavba (cit. Online [17])

Obrázek 15 Horizontální filtr (Šálek a kol., 2013)

Obrázek 16 Vertikální filtr (Šálek a kol., 2013)

Obrázek 17 Pulzní vypouštěč (cit. Online [18])

Obrázek 18 Parshallův žlab (cit. Online [19])

Obrázek 19 Kalové pole (cit. Online [20])

Obrázek 20 Systém VOM bez a s vegetačním pokryvem (cit. Online [21])

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb. příloha Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Tabulka 2 koncentrace znečištění na jednoho ekvivalentního obyvatele v g/EO/den

Tabulka 3 Koncentrace znečištění na jednotlivých objektech KČOV a jejich průměrná účinnost

Tabulka 4 Porovnání koncentrací na odtoku a BAT limit

Tabulka 5 Převod jednotek koncentrací znečištění na odtoku

10 Seznam použitých zkratek

ČOV	Čistírna odpadních vod
KČOV	Kořenová čistírna odpadních vod
VOM	Vegetační opěrné zdi
P _{Celk.}	Fosfor celkový
VF	Vegetační vertikální filtr
HF	Horizontální filtr
CHSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku
BSK ₅	Biologická spotřeba kyslíku
NL	Nerozpustné látky