



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VEGETAČNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD A JEJICH ÚLOHA V SOUČASNOSTI

VEGETABLE WASTEWATER PLANTS AND THEIR ROLE NOWADAYS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUKÁŠ PETRŮ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV ŠTIGLER, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student (ka): Lukáš Petruš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vegetační čistírny odpadních vod a jejich úloha v současnosti

V anglickém jazyce:

Vegetable wastewater plants and their role nowadays

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vegetační či kořenové čistírny využívají schopnosti některých rostlin k čištění odpadních vod přírodní cestou. V současné době je jich poměrně hodně v provozu a některé další jsou ve fázi přípravy.

Cíle bakalářské práce:

Cílem této práce je provést rešerši o provozu a funkci čistíren odpadních vod tohoto typu. Zjistit princip těchto čistíren, jejich výhody a nevýhody. Kdy je a kdy není vhodné jejich využití. Dále by mělo být provedeno zmapování již fungujících kořenových čistíren v České republice a zjištění provozních zkušeností.

Seznam odborné literatury:
Podklady poskytnuté vedoucím diplomové práce
Internet

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 27.10.2011

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

PETRŮ Lukáš: Vegetační kořenové čistírny odpadních vod a jejich úloha v současnosti

Cílem této bakalářské práce je vypracování rešerše na téma Vegetační kořenové čistírny odpadních vod a jejich úloha v současnosti. V práci jsou popsány jednotlivé metody čištění a jejich princip. Druhá část obsahuje zmapování kořenových čistíren v ČR.

KLÍČOVÁ SLOVA: kořenové čistírny, čištění odpadních vod, kořenový systém rostlin

ABSTRACT

PETRŮ Lukáš: Vegetable wastewater plants and their role nowadays

The aim of this bachelor thesis is elaboration of the research themed Vegetable wastewater plants and their role nowadays. The paper describes various cleaning methods and their principles. The second part of the report contains a mapping vegetable wastewater plants in Czech Republic.

KEYWORDS: vegetable wastewater plants, wastewater treatment, root system of plants

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PETRŮ, Lukáš. *Vegetační čistírny odpadních vod a jejich úloha v současnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 45 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně, dne 25. 5. 2012

.....
Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Štiglerovi, Ph.D. za vedení a nastínění stěžejních bodů k mé bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Vymazalovi, Csc, za poskytnutí jeho soukromých dat ohledně kořenových čistíren. Poděkování patří také Barboře Vomočilové za pomoc při tvorbě sepisování práce.

Obsah

Úvod	11
1. Historie.....	12
2. Mokřady.....	12
2.1 Základní charakteristiky mokřadů	12
2.1.1 Vegetace	12
2.1.2 Půda.....	16
2.1.3 Hydrologie	16
2.2 Čistící procesy v mokřadech	16
2.3 Transport kyslíku	17
2.3.1 Způsoby přenosu kyslíku v mokřadních rostlinách	18
3. Vegetační kořenové čistírny.....	19
3.1 Rozdělení vegetačních kořenových čistíren podle proudění.....	20
3.2 Vegetační kořenové čistírny s horizontálním povrchovým prouděním.....	20
3.2.1 Konstrukční uspořádání VKČ s horizontálním povrchovým prouděním	21
3.3 Vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým průtokem.....	22
3.4 Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním	23
3.3 Průběh čištění ve vegetačních čistírnách	25
3.3.1 Úvod.....	25
3.3.2 Rozdělení vegetačních systémů	25
3.4 Skladba kořenové čistírny odpadních vod	25
3.4.1 Předčištění	25
3.4.2 Rozvodný systém.....	26
3.4.3 Filtrační lože	27
3.5 Vlivy hlavních činitelů na čistící proces	28
3.5.2 Nejčastěji vysazované rostliny na VKČ.....	29
3.5.3 Vegetace a její výsadba	31
3.5.4 Péče o vegetaci.....	32
3.5.5 Význam toku kyslíku	33
3.5.6 Půdní filtrační materiály ve vegetačních čistírnách	33
3.5.7 Podíl mikroorganismů v kořenových čistírnách	33
3.6 Odstraňování nežádoucích látek z odpadní vody	34
3.7 Vlivy omazující funkce kořenové čistírny.....	34
3.7.2 Plevel.....	35
4. Kdy je a kdy není vhodné použití kořenové čistírny	35
5. Provozní zkušenosti.....	37
5.1 Kořenová čistírna odpadních vod Hostětín	37
5.2 Kořenová čistírna odpadních vod Spálené Poříčí.....	38
5.3 Účinnost vybraných kořenových čistíren v České republice	39
6. Zmapování kořenových čistíren	40
Závěr.....	44
Použité informační zdroje.....	45
Seznam použitých zkratk a symbolů	47

Úvod

V přírodě se můžeme setkat s mnoha typy samočisticích procesů. V této práci se zaměřím na čisticí procesy v kořenových čistírnách. Tyto procesy jsou velmi podobné těm, které existují v přírodních mokřadech. Základem k pochopení funkce kořenové čistírny je poznání přírodních procesů, které probíhají nezávisle na člověku v přírodě. Sama příroda se nám může stát tou nejlepší knihou k pochopení nejen kořenových čistíren. Dle mého názoru by se takto mělo uvažovat čím dál více, kdy člověk bude pozorovat přirozené děje prvně jednotlivých ekosystémů a posléze i přírody jakožto celku. Tím ovšem neříkám, že použití kořenových čistíren je jediná správná cesta, na to mé zkušenosti o problematice, nejen kořenových čistíren nestačí.

Ve své práci se budu snažit uvést základní prvky kořenové čistírny a její princip. Když jsem psal tuto bakalářskou práci, často jsem se setkal se zvědavou reakcí okolí, kdy většina lidí slyšela o kořenové čistírně poprvé. Většina z nich neměla čas, ani chuť číst mou práci, natožpak číst odborné knížky. Tato skutečnost mě donutila zformulovat podstatu do páru vět. Doufám, že mě odborníci za tuto formulaci neukamenují. Kořenová čistírna vznikla na základě využití čisticích procesů, které probíhají v mokřadech, kdy princip tkví v pozvolném protékání znečištěné vody přes „štěrkovité“ pole ve kterém jsou kořeny rostlin, v jejichž blízkosti existují bakterie podílející se na čisticím procesu. Takže ještě jednodušší shrnutí je, že čisticí proces probíhá pomocí filtrace skrze „štěrkovitý“ materiál a za spoluúčasti bakterií nacházejících se v blízkosti kořenů. Základní pochopení kořenové čistírny je jednoduché, její složitost se nachází především v detailním rozboru reakcí probíhajících v kořenovém systému. V této práci se tedy o těchto reakcích nebudu zmiňovat, neboť přesahují mé dosavadní znalosti. Pro čtenáře, kteří se zajímají o tuto problematiku, doporučuji pročíst si literaturu uvedenou v mých citacích.

1. Historie [11,24]

Historie kořenových čistíren u nás se začíná datovat k roku 1987. Tohoto roku můžeme slyšet první hlasy pro postavení kořenové čistírny. Její realizace proběhla roku 1989. Po jejím dostavení překvapila svou čistící účinností a dala tedy první pozitivní impuls pro návrhy dalších čistíren. Ve světě se s návrhy kořenových čistíren setkáváme již dříve, přibližně kolem roku 1950, a to konkrétně v Německu. Začátky ovšem kořenové čistírny neměly jednoduché, a to právě díky své jednoduchosti, která jen těžko nacházela pochopení v daných vodohospodářských institucích. V poslední době můžeme sledovat nejen u nás vzestup zájmu o kořenové čistírny. Na tento vzestup může mít podíl i energetická nenáročnost kořenových čistíren, což se rovná velmi nízkým provozním nákladům. Využití kořenových čistíren nalézáme především u čištění odpadních vod z jednotlivých domů, až po čištění odpadních vod z menších obcí.

2. Mokřady[23,24]

Mokřady můžeme naléznout prakticky na všech místech naší planety kromě Antarktidy, což znamená klimatická pásma v rozsahu od tropů až po tundru. Patří mezi nejdůležitější ekosystémy na zemi. Jsou to místa významná pro ukládání a přeměnu chemických, biologických a genetických materiálů. Vyznačují se svou nestálostí a mění se s ohledem na dlouhodobé změny počasí (vydatné deště, přetrvávající sucha). Slouží jako zásobárna vody, štěrku a dále také k čištění vod. Obecně můžeme říci, že mokřady jsou území, která se odlišují od ostatních ekosystémů tím, že půda je dlouhodobě nasycena vodou a to určuje charakter flóry a fauny se zde vyskytující. To znamená, že rostlinám a živočichům, kteří nejsou přizpůsobeni těmto podmínkám, činí problémy zde existovat.

Kdybychom chtěli mokřady rozdělit na základní elementární části, které by nám zjednodušily jejich popis, byly by to tyto: vegetace, půda a hydrologie (věda, která se systematicky zabývá oběhem a vlastnostmi vody v přírodě).

2.1 Základní charakteristiky mokřadů

2.1.1 Vegetace[11]

Rostliny, jež se zde vyskytují, jsou ty, které se adaptovaly na podmínky vyskytující se v mokřadech (anaerobní podmínky v půdě způsobené delším zaplavením). Odborně jsou tyto rostliny nazývány jako makrofyt. Složení druhu rostlin závisí na délce a frekvenci zaplavení.

2.1.1.1 Adaptace[24,23,11,22]

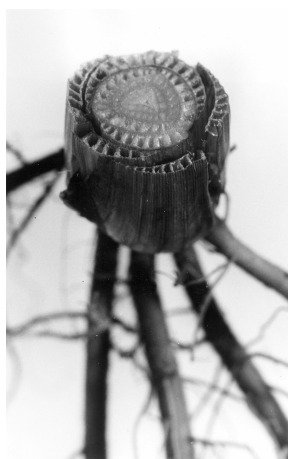
Adaptací rozumíme schopnost přizpůsobit se daným podmínkám. U vegetace v mokřadu je to schopnost růstu a rozmnožování se. Adaptaci můžeme rozdělit do dvou skupin a to přímé a nepřímé. Pokud bychom hledali jasnou hranici tohoto rozdělení, tak by nebyla zřetelná, protože obě skupiny na sobě závisí.

- Adaptace přímá neboli adaptace na základě zaplavení znamená, že rostliny nemají dostatek kyslíku (anoxie) a jsou nuceny se tak tomuto deficitu přizpůsobit. Kořen rostlin potřebuje určité množství kyslíku, který vzniká v listech při fotosyntéze a rostlina ho transportuje do kořenů systémem vzdušných pletiv. V případě jeho nedostatku kořeny začnou uhnívat.
- Adaptace nepřímá souvisí převážně s přísunem živin, ale také s faktory, které jsou obsaženy v adaptaci přímé. Při podmínkách panujících v mokřadech, se v půdě začnou tvořit toxiny.

U rostlin můžeme sledovat tyto typy adaptací:

- zvětšení listů a jejich vynoření nad vodní hladinu
- zvětšení vzdušných výhonů
- redukce velikosti listů v hustých stanovištích
- zesílení listů a stonků jako důsledek změn v hydrostatickém tlaku
- vytváření reprodukčních orgánů

Obr. 1 Vzdušné prostory
v částech listů ostrice štíhlé[1]
Foto H. Čížková.



Obr. 2 Stéblo rákosu [2]



2.1.1.2 Rozdělení mokřadní vegetace[11,22]

Podle stavby a fyziologie můžeme rostliny rozdělit na 4 skupiny:

a) Emerzní rostliny (vynořené) – u těchto typů rostlin můžeme najít dva způsoby růstu. V prvním případě rostliny jsou zaplaveny až do 1,5 metru nad povrchem a v druhém může být voda 0,5 metru pod povrchem. Typičtí představitelé jsou - rákos obecný, puškvorec obecný.

Obr. 3 Rákos obecný [3]



Obr. 4 Puškvorec obecný [3]



b) Submerzní rostliny – ponořené, vyskytují se pouze do hloubek 10 metrů. Jelikož tyto rostliny jsou celé ponořeny, musí přijímat živiny z větší části svými kořeny. Tento fakt zcela neeliminuje jejich schopnost vstřebávat živiny i z vody kolem nich. Měla by být dodržena podmínka alespoň částečné propustnosti světelných paprsků přes vodní hladinu a to pro funkci fotosyntézy. Typičtí představitelé jsou – stolítek, růžkatec ponořený.

Obr. 5 Stolítek [5]



Obr. 6 Růžkatec ponořený [6]



c) Rostliny s plovoucími listy – v tomto případě velké listy rostlin plovoucí na hladině zabraňují průchodu světla a tím dochází k omezení růstu řas, což má za důsledek, celkovou změnu chování tohoto ekosystému. Typičtí představitelé jsou – leknín bílý, stulík žlutý.

Obr. 7 Leknín bílý [7]



Obr. 8 Stulík žlutý [8]



d) Volně plovoucí rostliny – už podle názvu můžeme odvodit, že rostliny se vyskytují na hladině a tak nezakořeňují v substrátu. Plování rostlin zamezuje schopnost promíchávání vody a také udržuje stálou teplotu. Podmínkou jejich výskytu je klidná hladina. Typičtí představitelé jsou – tokozelka sličná, závitka mnohokřenná.

Obr. 9 závitka mnohokřenná [9]



2.1.2 Půda[11,22]

Půda tvoří nejsvrchnější vrstvu zemské kůry. Skládá se z anorganického a organického materiálu. Mokřadní půda je odlišná chemickými a přeměnnými procesy v ní probíhajícími. Jsou zde obsaženy živiny, které jsou nezbytné pro mokřadní rostliny. K bližší charakteristice použijeme pojem hydrická půda, což je dostatečně dlouho zaplavená půda ve které se vytvořily anerobní podmínky.

2.1.2.1 Organické půdy

Tento typ půdy se vyskytuje převážně v mokřadech, kde je nedostatek kyslíku, který může být zapříčiněn nedostatkem světelných paprsků. To zapříčiní, že přírůstek organické hmoty v různém stupni rozkladu není kompletně zoxidován. Akumulace organických půd závisí tedy na produkci a rozkladu odumřelých organismů.

2.1.2.2 Minerální půdy

Minerální půdy jsou tvořeny především z usazenin, které jsou říčního původu. Díky tomu je zřejmé, že jejich tvorba je závislá na přísunu materiálu z vnějších oblastí. Při zkoumání minerálních půd v mokřadu bychom tedy zjistili, že neodráží procesy probíhající v tomto mokřadu.

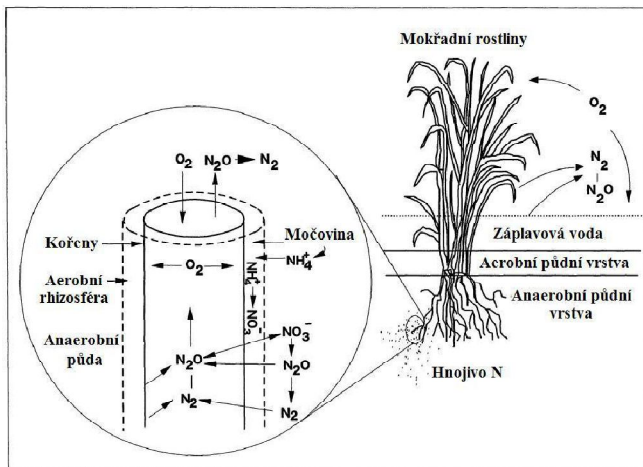
2.1.3 Hydrologie[22]

Koloběh vody v mokřadech vytváří jedinečné podmínky. Časté zaplavování (popřípadě saturování půdy) a vysychání probíhající periodicky, utváří místo, které je vhodné pro adaptované rostliny a živočichy. U mokřadů dochází v průběhu dané periody ke změnám objemu vody. Jestliže uvážíme ohraničenou vodní plochu mokřadu a daný časový úsek, tak můžeme určit, na jakých činitelích je změna objemu závislá. Mezi tyto činitele můžeme zahrnout: dešťové srážky, povrchový přítok a odtok, dále přítok a také odtok podzemních vod, další velmi důležití činitelé jsou výpar z vodní hladiny a výpar z rostlin samotných.

2.2 Čistící procesy v mokřadech [22]

Čistící procesy v mokřadech jsou závislé na vnitřních a vnějších činitelích. U vnitřních záleží na typu podloží, přes které voda protéká, a dále na typu rostlin se zde nacházejících. Vnější činitelé souvisí s klimatickým rázem (rychlost větru, intenzita slunečního záření, teplota vody, teplota vzduch) a roční období, které ovlivňují vegetaci rostlin.

Obr. 10 Reakce v kořenovém systému [10]

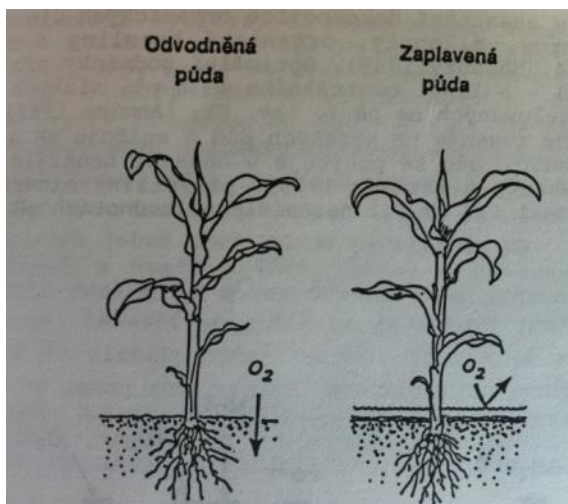


2.3 Transport kyslíku [24,24,22, 11]

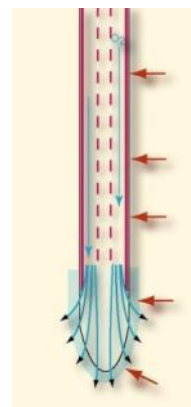
Díky častému zaplavení půdy, které je typické pro mokřady, se snižuje celková aktivita půdní fauny. Toto snížení způsobuje nedostatek kyslíku, na němž je závislá většina organismů a bakterií vyskytující se v tomto prostředí.

V zaplavené půdě panují anaerobní podmínky, tj. zapříčiněno omezenou difuzí kyslíku přes vodní vrstvu. Jedním z hlavních způsobů difuze v mokřadních podmínkách je transport kyslíku skrze těla rostlin. Rostliny transportují kyslík do svých kořenů, jelikož přítomnost kyslíku je nezbytná pro jejich existenci a slouží také jako významný prvek zapříčiňující redukci toxinů, které se vyskytují v anoxickém substrátu. Transportované množství kyslíku vystačuje nejen kořenům, ale i navíc přechází do okolní půdy. Množství kyslíku, které se dostává do půdy, závisí na spotřebě kořenů.

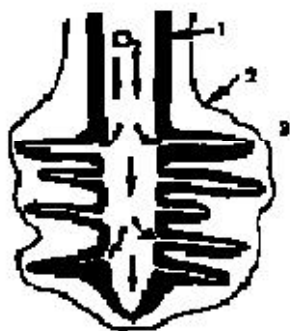
Obr. 11 Rozdíl v transportu kyslíku [11]



Obr. 12 Průběh kyslíku stonkem [1]



Obr. 13 Transport kyslíku [12]



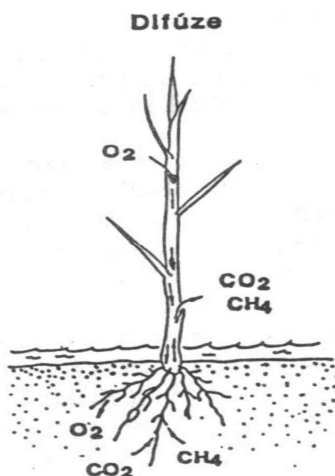
1. Aerobní zóna díky difundovanému kyslíku
2. Anoxická zóna v okolí kořenů
3. Anaerobní zóna

2. 3. 1 Způsoby přenosu kyslíku v mokřadních rostlinách [11]

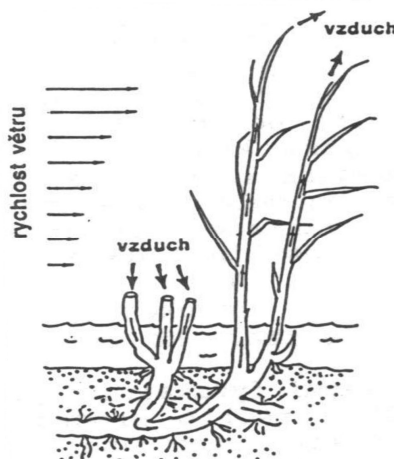
Mokřadní rostlina se od suchozemské rostliny odlišuje složením rostlinného těla, kdy u mokřadní rostliny je tělo tvořeno více jak z poloviny póry, zatím co u suchozemských rostlin jen z jedné desetiny. Větší pórovitost tedy umožňuje přenos kyslíku do kořenů. Přenos kyslíku v rostlinách se uskutečňuje pasivní molekulární difuzí. Difuze kyslíku probíhá, jako neuspořádaný pohyb molekul v pórovitém těle rostliny. Za základní iniciátory této difuze považujeme konvektivní tok vzduchu a tlakový gradient mezi povrchovými částmi rostlin a podpovrchovými částmi. Za zmínku určitě stojí Venturiho-indukovaná konvekce, tento typ konvektivního toku je založen na principu Venturiho efektu. Mechanismus spočívá v rozdílu rychlostí větru kolem rostliny, kdy u země můžeme nalézt nižší rychlost a ve vrcholcích rostliny vyšší rychlost. Proudění kolem vysokých dutých stonků způsobuje nasávání vzduchu do kořenového systému skrze otvory zbylé po uschlých stoncích nacházející se v blízkosti země. Tento typ konvekce je významný obzvláště při provětrávání v zimě, kdy rákos nemá živé nadzemní části, které by podporovaly tok plynů indukovaný vlhkostním gradientem.

Rychlost tohoto přenosu závisí na více faktorech. Pro názornost zde můžeme uvést alespoň základní, a to jsou teplota a vliv složení těla rostliny.

Obr. 14 Difúze [11]



Obr. 15 Venturiho efekt [11]



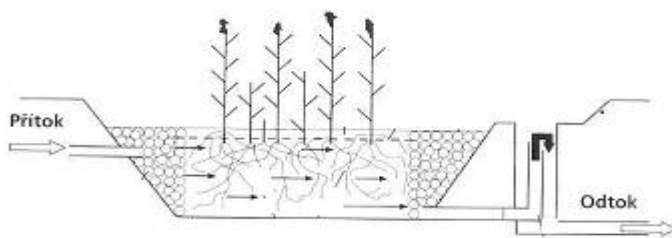
3. Vegetační kořenové čistírny[24,23,11,22]

Vegetační kořenové čistírny (VKČ) se využívají zejména v malých obcích, kde patří k poměrně účinným a propracovaným způsobům čištění odpadních vod.

Kořenové čistírny fungují na principu mokřadů, o kterých je zmínka v předchozí části práce. Pro připomenutí předchozích informací, kořenové čistírny fungují na mechanických, fyzikálně-chemických a biologických procesech za spoluúčasti rostlin, které probíhají v porézním půdním prostředí nasyceném vodou.

Pro základní pochopení funkce kořenové čistírny použijeme dvoustupňový způsob čištění. První stupeň je mechanické předčištění, které probíhá v septiku nebo šterbinové nádrži. Septik a šterbinová nádrž nachází své využití pouze u jednotlivých domů. Při větším počtu domů, musíme použít úplné mechanické předčištění, které tvoří česle, lapák písku, lapák tuků a olejů a usazovací nádrž. Předčištěná voda z prvního stupně dále pokračuje do druhého, kde dochází k samotnému dočištění a odstranění pevných nečistot. Druhým stupněm je vlastně filtrační lože, které je osázeno rostlinami a vyplněno vhodným substrátem. Čistící efekt spočívá v kombinaci bakteriálního metabolismu a fyzikální sedimentace. Princip je tedy velmi podobný tomu, jenž probíhá v přírodních mokřadech.

Obr. 16 Jednoduché schéma VKČ [11]



3.1 Rozdělení vegetačních kořenových čistíren podle proudění [12]

Základní rozdělení kořenových vegetačních čistíren podle druhu proudění:

- a) Vegetační kořenové čistírny s horizontálním povrchovým prouděním
 - b) Vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým prouděním
 - c) Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru
 - d) Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů
- V praxi nejvíce využívané jsou vegetační kořenové čistírny s horizontálním prouděním.

3.2 Vegetační kořenové čistírny s horizontálním povrchovým prouděním[12]

Ve VKČ s horizontálním povrchovým prouděním voda přechodně přetéká ve slabé vrstvě přes území mokřadními rostlinami. Povrchové proudění je způsobeno málo propustným prostředím půdního filtru, který můžeme vybrat při stavbě VKČ.

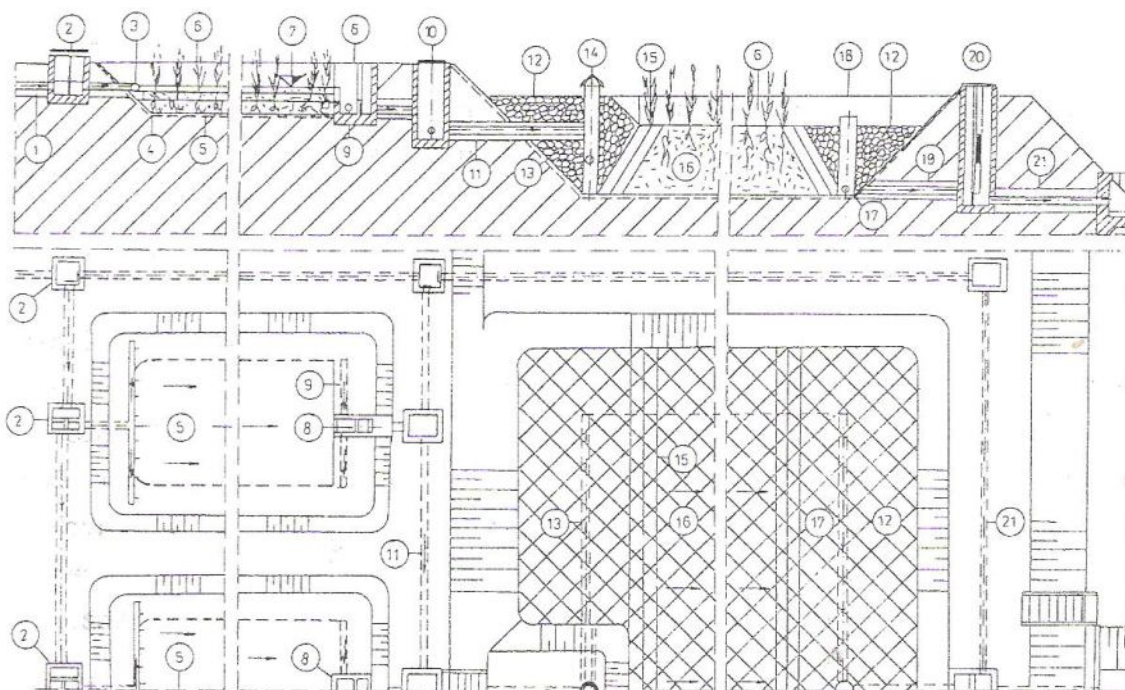
Malá průtočná rychlost a nízká vrstva vody umožňuje sedimentaci částic na počátku půdního filtru, což je nevýhoda VKČ s horizontálním povrchovým prouděním. Jako výhodu bych uvedl, že při slabé hladině vody dochází k dobrému okysličování a dostatečnému styku vodního prostředí s ovzduším. Z toho plynou velmi příznivé podmínky pro čistící proces, a tak dochází k jeho urychlení a k snížení amoniakálního znečištění. V zimním období je potřeba zvýšit vrstvu protékající vody a to z důvodu zachování funkce VKČ. Při silných mrazech se vytvoří vrchní ledová vrstva, a tak musíme odpojit povrchový přívod vody. Voda pak proudí jen v podpovrchové vrstvě a tak může být funkčnost zachována.

Kvalita čistícího procesu souvisí s rozsahem znečištění v přitékající vodě, kvalitě a druhu porostu, klimatických podmínkách a samotné možnosti ovládat čistící proces.

3.2.1 Konstrukční uspořádání VKČ s horizontálním povrchové prouděním [12]

Podle knihy od Prof. Ing. Jana Šálka, CSc. Přírodní způsoby čištění odpadních vod se pro kvalitní čistící účinek volí poměry stran obdélníkového protékaného pole 1:8 až 1:10 a výška vodního sloupce 20 až 80 mm s přihlédnutím k možnosti vyššího zatopení v zimním období. Tuto možnost využíváme v našich klimatických podmínkách.

Obr. 17 VKČ s povrchové prouděním [12]



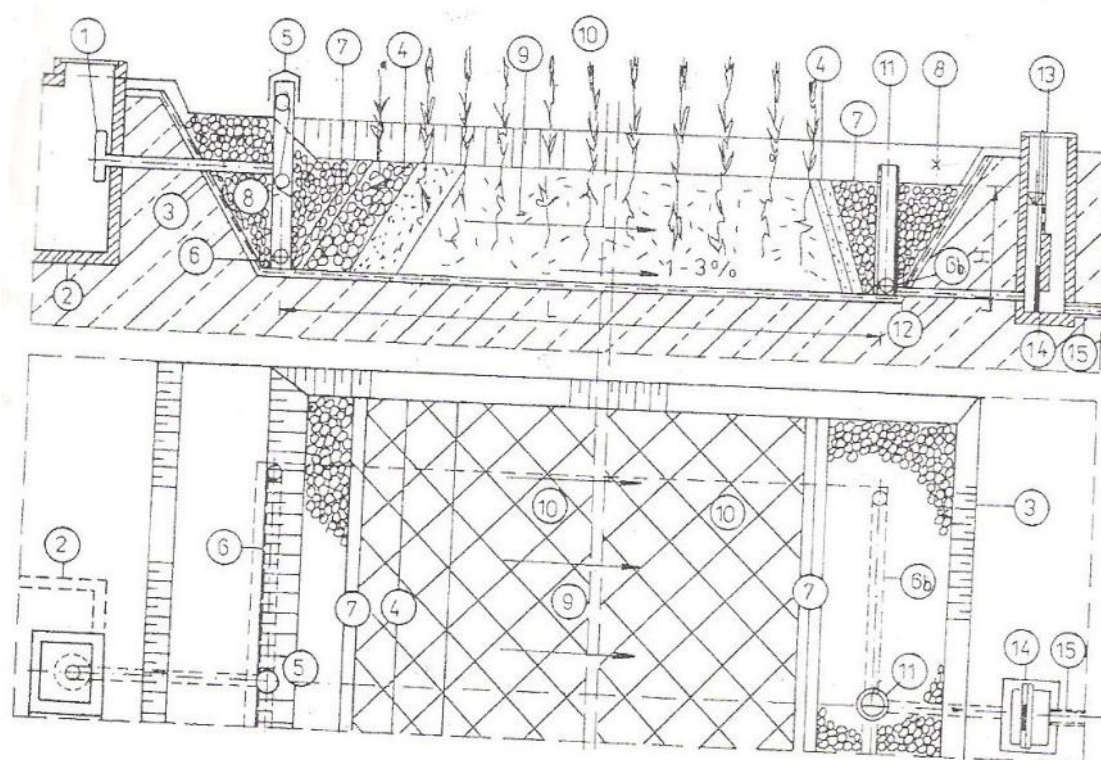
Uspořádání kombinace VKČ s povrchové a podpovrchové průtokem.

1 – přívod, 2 – rozdělovací šachtičky, 3 – rozdělovací potrubí, 4 – těsnění, 5 – geotextilie, 6 – vegetace, 7 – přerónové pole, 8 – regulační šachtičky, 9 – drén, 10 – šachtičky, 11 – rozvod vody, 12 – rozdělovací štěrkový pás, 13 – rozdělovací potrubí, 14 – šachtičky, 15 – filtr, 16 – porézní filtrační prostředí, 17 – sběrný drén, 18 – šachtičky, 19 – odpadní potrubí, 20 – regulační šachtičky, 21 – odpadní potrubí, 22 – odpad

3.3 Vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým průtokem[12]

VKČ s horizontálním podpovrchovým průtokem si můžeme představit jako utěsněnou jámku, která je naplněna filtračním materiálem a osázena určitým typem mokřadních rostlin. Do ní vstupuje už mechanicky předčištěná odpadní voda, která dále teče skrze potrubí mající po obvodu otvory díky, kterým se dostává do půdního filtru a je odváděna sběrnou drenáží.

Obr. 18 Schéma uspořádání VKČ s podpovrchovým průtokem [12]



1 – přívod odpadní vody, 2 – vyrovnávací šachty, 3 – jámka, 4 – filtry, 5 – revizní rozdělovací šachty, 6 – rozdělovací potrubí a sběrný dren, 7 – rozdělovací pás, 8 – těsnění, 9 – filtr, 10 – vegetace, 11 – přepadová a revizní šachty, 12 – odpad, 13 – regulační šachty, 14 – výpusť, 15 – odpad do recipientu

3.4 Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním [12]

VKČ s vertikálním prouděním můžeme rozdělit na dva základní typy s prouděním vzhůru a dolů.

Ve VKČ s vertikálním prouděním dolů se znečištěná voda přivádí na povrch, ale jestliže přijde zimní období, tak se znečištěná voda musí přivádět do potrubí umístěného pod zemí, kde nezamrzá.

Obr. 19 Schéma VKČ s vertikálním prouděním odpadní vody směrem dolů [12]

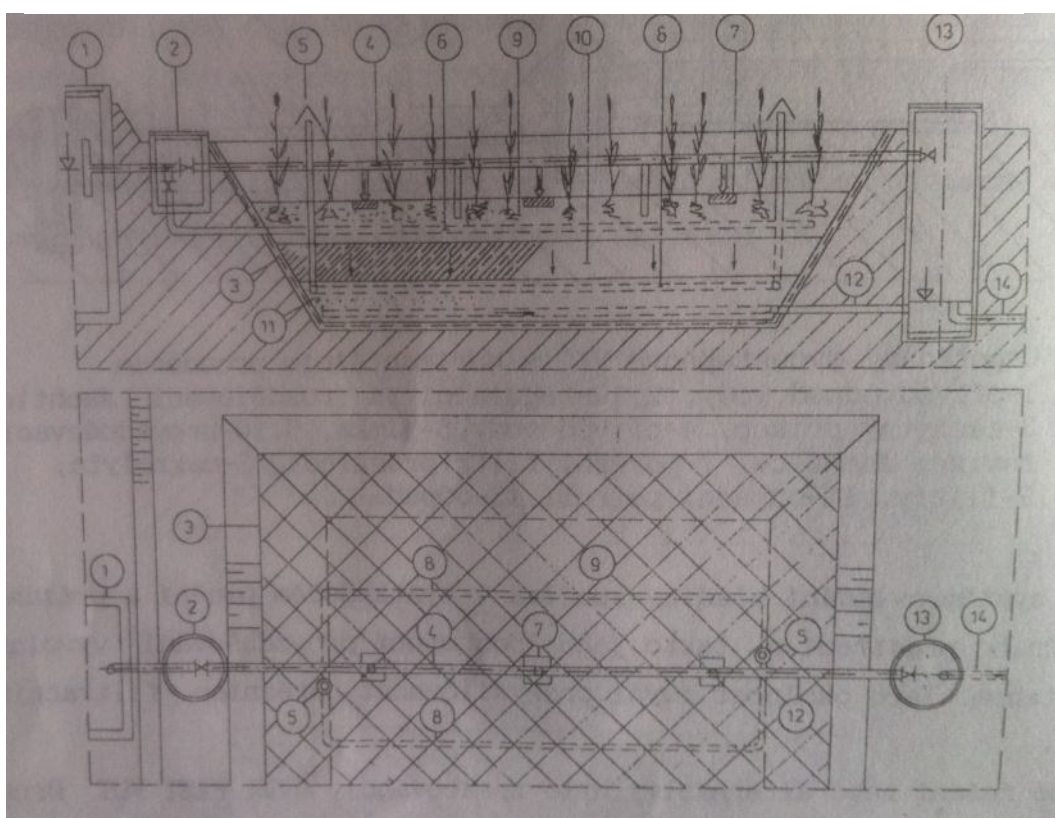


Schéma VKČ s vertikálním prouděním odpadní vody směrem dolů

1 – přívod odpadní vody, 2 – armaturní částice, 3 – těsnění, 4 – nadzemní rozdělovací potrubí, 5 – větrací šachtice, 6 – podzemní rozdělovací potrubí, 7 – makrofyta, 8 – pro-vzdušovací drén, 9, 11 – filtr, 10 – filtrační prostředí, 12 – odvod odpadní vody, 13 – regulační šachtice, 14 – odpad

U druhého typu s prouděním vzhůru přivádíme vodu dolů, do rozdělovacího potrubí k těsnému dnu vegetační čistírny nebo pod dno, které obsahuje otvory. Následně voda

prosakuje směrem vzhůru, kde se filtruje přes filtrační prostředí. Kladnou vlastností může být fakt, že povrch můžeme krátkodobě zatopit a tím zahubit plevel.

Obr. 20 Schéma jedné sekce VKČ s vertikálním prouděním směrem vzhůru [12]

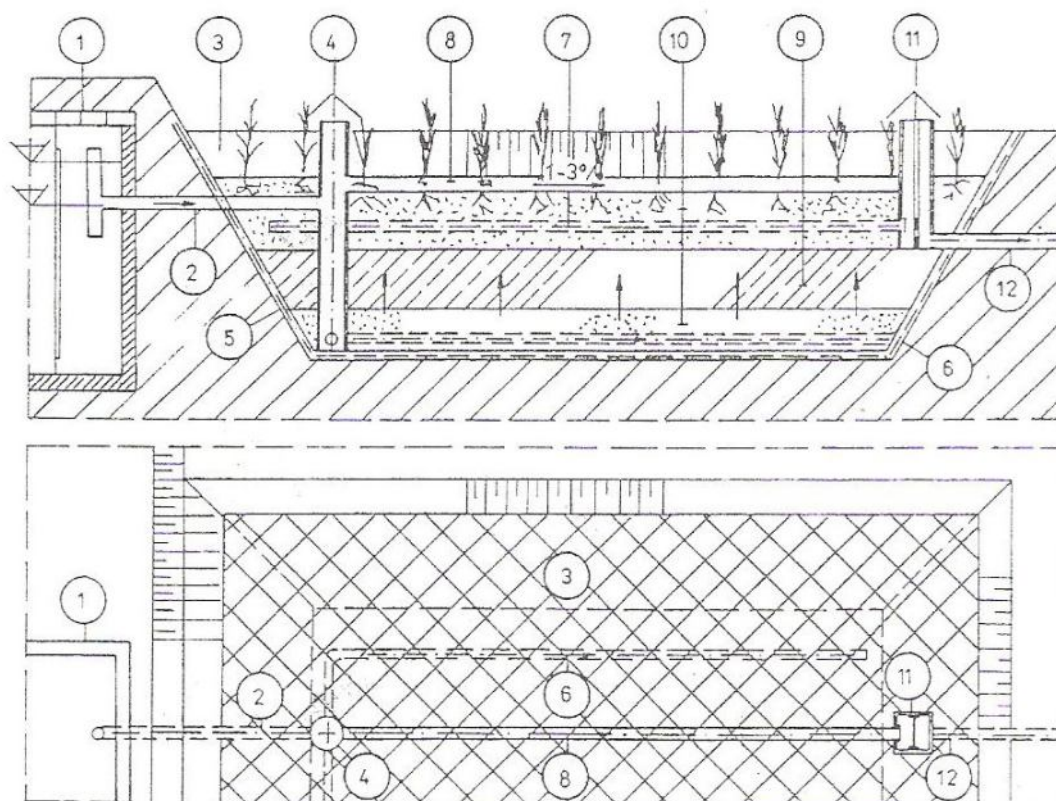


Schéma jedné sekce VKČ s vertikálním prouděním směrem vzhůru

1 – přívod odpadní vody, 2 – rozdělovací šachtice, 3 – jímka, 4 – rozdělovací potrubí, 5 – rostliny, 6 – filtrační prostředí, 7 – přechodový filtr, 8 – perforované mezidno, 9 – usazovací prostor, 10 – sběrný žlábek, 11 – regulační šachtice, 12 – odpad

3.3 Průběh čištění ve vegetačních čistírnách [24, 11,22]

3.3.1 Úvod

Čištění ve vegetačních systémech spočívá především ve vhodném využívání a regulaci přírodních procesů, které jsou:

- schopnost filtrace substrátu a kořenového systému
- využití schopnosti rostlin odčerpávat látky a začlenit je do biomasy
- pronikání kyslíku do substrátu díky rostlinným kořenům
- mikrobiologické a biochemické procesy, probíhající v kořenové zóně rostlin
- odpařování vody z povrchu rostlin a z povrchu substrátu

3.3.2 Rozdělení vegetačních systémů[22]

Vegetační systémy můžeme rozdělit podle čistících procesů do dvou skupin:

1) Čistící efekt je převážně založen na sorpčních a biochemických procesech (**kořenové čistírny**). Tento typ čistícího procesu můžeme brát jako ekvivalenci k běžným čistírnám odpadních vod.

V tomto případě rostoucí vegetaci můžeme, ale i nemusíme sklízet, neboť zabudování látek do rostlin je ve velmi malém množství. Neblahým jevem tohoto čistícího procesu je vznik nadměrného množství řas, které se snažíme redukovat.

2) Čistící efekt je založen na zabudovávání látek do biomasy (typické u plovoucích nebo ponořených rostlin). Využití se nachází především k dočištění, tedy k třetímu stupni čištění. Třetí stupeň spočívá v dočištění zbytkového znečištění. Typickým rysem je pravidelná sklizeň vegetace, která je používána často i k sekundárním účelům, například jako krmné směsi. Správná funkce je podmíněna intenzivním růstem rostlin, tzn., že nejlépe systém funguje ve vegetačním období.

3.4 Skladba kořenové čistírny odpadních vod

3.4.1 Předčištění [11,12]

Jak již jsem zmínil, tak pro správnou funkci kořenových čistíren je velmi důležité mechanické předčištění odpadních vod. Uspořádání volíme podle množství, původu a složení odpadních vod.

- u menších zdrojů znečištění používáme především septik, anebo sedimentační nádrže. U větších používáme česle (jsou šikmo osazené tyče kruhového, obdélníkového či speciálního průřezu o malé šířce průlin) nebo šterbinové nádrže, u kterých musíme zajistit pravidelné odčerpávání kalů. Česle musí být odolné proti zanášení, čištění by se mělo provádět maximálně jednou týdně.

- dále podle typu znečištění vod volíme typ předčištění, například lapák písku (funguje na principu sedimentace), lapák tuků a oleje (funguje na principu norných stěn).

Obr. 21 Lapák písku
vzhůru [14]



Obr. 22 Česle [14]



3.4.2 Rozvodný systém [12,11,22]

Předčištěná voda dále míří do kořenového pole pomocí rozvodného systému. Důležitost rozvodného systému spočívá v rozvedení a regulaci vody po celé šířce kořenového pole. Pokud by se tak nedělo, hrozí ucpání filtračního lože. Důležitou funkcí rozvodného systému je regulace vody, a to zejména v mrazivém období.

Jestliže budeme navrhovat rozvodný systém, tak naše snaha by se měla upírat k zamezení míst, kde by voda dlouhodobě stála.

V minulosti byly nejvíce využívány otevřené přelivné hrany, ovšem provoz poukázal na jejich nedostatky, jako jsou ucpávání a nerovnoměrné rozdělení odpadní vody. Nyní se nejčastěji používají perforovaná potrubí, jež se nacházejí mělce pod povrchem rozvodné zóny. V oblastech, kde nehrozí dlouhodobé zamrzání, je můžeme umístit i na povrch rozvodné zóny.

Obr. 23 Regulační šachtice [14]



3.4.3 Filtrační lože[12,11]

Filtrační lože jako takové musí splňovat dvě podmínky, a to propustnost – nesmí docházet k ucpávání. Druhou podmínkou je, že musí umožnit růst mokřadním vegetacím. Jeho typickým rysem je materiál, ze kterého je složeno. K dalším parametrům, které můžeme zdůraznit, jsou délka a hloubka lože.

Obr. 24 Filtrační lože [13]



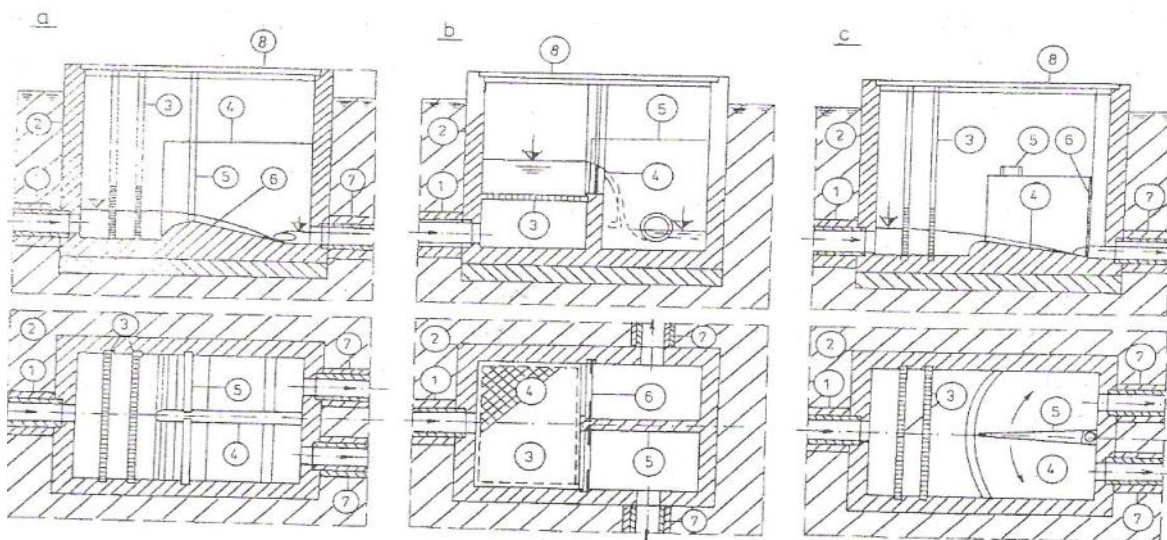
3.4.4 Měrná zařízení

Abychom zjistili správnou funkci kořenových čistíren, je nezbytné, aby se na ní nacházela měrná zařízení. Nejčastěji měřené parametry na kořenové čistírně jsou tyto:

- měření průtoku spojeno s měřením výšky hladiny ve filtračním poli
- měření teploty
- sledování chemických vlastností odpadní vody a průběhu čištění ve vegetační čistírně

3.4.5 Výpustné zařízení

Obr. 25 Schéma výpustného zařízení [12]



A- šachtový přeliv z flexibilního potrubí, 1- přívod, 2- šachtice, 3- odpad, 4- závěsný řetězek, 5- šachtový přeliv, 6- flexibilní potrubí,

B- šachtový přeliv z pevného vyklápěcího potrubí, 1- přívod, 2- šachtice, 3- odpad, 5- šachtový přeliv, 7- nastavovací táhlo, 8- zabezpečovací objímka, 9- kloub

C- šachtový přeliv z plováků, 1- přívod, 2- šachtice, 3- odpad, 5- šachtový přeliv, 6- plováky, 10- upevnění plováku, 11- základová výpust

3.5 Vlivy hlavních činitelů na čistící proces[11,24,23]

3.5.1 Vegetace

Samotný výskyt rostlin ve filtračním poli není pravděpodobně podmínkou zvýšení čistícího procesu. Vliv rostlin na čistící proces je stále ve fázi zkoumání, kdy nás zajímají především dva faktory, a to množství kyslíku v kořenové zóně a odběr nutrietů. Rostliny spíše přispívají svými druhotnými funkcemi:

- Přísun kyslíku do blízkosti kořenů, vznik oxické zóny
- Tvorba vhodného prostředí pro mikroorganismy přítomné v substrátu
- Stabilizace povrchu filtrační náplně
- Částečná ochrana před ucpáváním substrátu
- Zlepšování vlastností mikroklimatu vysokou transpirací

- Odčerpávání živin
- Přisun uhlíku z rozkládajících se organických zbytků

Typická vlastnost pro mokřadní rostliny je velmi dobrá schopnost akumulace živin do organické hmoty. Tato vlastnost se velmi hodí pro využití rostlin ve VKČ.

3.5.2 Nejčastěji vysazované rostliny na VKČ.[11,12]

Rákos obecný[11]

Vzhledem ke schopnosti mohutného růstu podzemních částí (až do hloubky 1,5 m) je rákos nejčastěji využívanou rostlinou zvláště pro větší kořenové čistírny. Je to vytrvalá tráva, která v našich klimatických podmínkách dosahuje až 4 m výšky (v teplejších oblastech při bohatém zásobení živinami může dosahovat výšky 6 m). Vegetativní rozmnožování dlouhými výběžkatými oddenky (délky až 5 m) je velmi rychlé a intenzivní. Z jedné rostliny se může vytvořit hustě zapojený porost, pokrývající plochu několika m². Je schopen dobře přenášet kyslík do substrátu. Vysoká produktivita podmiňuje i poutání živin ze substrátu. Je schopen růstu v rozmezí teplot 12 – 23 °C. Je velmi citlivý na povrchové zaplavení v prvním měsíci po výsadbě. Nesnáší pravidelné kosení.

Chrastice (lesknice) rákosovitá[11]

Je považována za universální travu pro využití ve vegetačních čistírnách. Velmi dobře vegetuje v hrubozrnných substrátech, které jsou doporučovány pro kořenové čistírny. Dosahuje výšky až 2 m. Má mohutně vytvořený kořenový systém propletený oddenky, který zasahuje do hloubky 0,2 až 0,3 m. Za určitých podmínek může zasahovat i hlouběji – do hloubky 0,5 m. Množí se dobře semeny i vegetativně poléhavými výhonky a plazivým oddenkem. Materiál na výsadbu lze odebírat na letněných rybnících nebo na rybnících s obnaženým pobřežím. Nesnáší dlouhodobé zatopení, slané půdy a solemi bohatou vodu, je však značně tolerantní ke znečištění vody i promrzání. Je možno ji kosit 2x až 3x ročně. Mladá biomasa je vhodná na krmení dobytka, později obsahuje velké množství kyseliny křemičité. Doporučuje se především do kořenových čistíren budovaných u zemědělských farem.

Obr. 26 Chrastice (lesknice) rákosovitá [18]



Orobinec úzkolistý/Orobinec širokolistý[11]

Orobince jsou považovány za velmi vhodné rostliny pro vegetační kořenové čistírny. Jsou velmi odolné, schopné růst za různých podmínek prostředí a snadno se rozmnožují. Oddenky se rozrůstají horizontálně v povrchových vrstvách substrátu, kde vytvářejí hustou spleť výhonků, dlouhých 0,6 – 1,0 m. Mohou dosahovat výšky až 2,5m. Produkují ročně velké množství biomasy. Sklizení biomasy se odstraňuje jen malé množství N a P. Oddenky, vysazené ve vzdálenosti 1m mohou vytvořit hustý porost během tří měsíců. Velmi dobře se množí i semeny. Daří se jim v širokém rozmezí teplot – 10-30 °C. Jsou vhodné zejména do odpadních vod s vysokým obsahem organických látek. Pro kořenové čistírny je podle Fleka a Lukavce (1994) vhodnější orobinec úzkolistý, poněvadž lépe snáší nižší hladinu spodní vody.

Obr. 27 Orobinec úzkolistý [17]



Skřipinec jezerní [11]

Roste po celém světě na pokraji stojatých a mírně tekoucích vod, v tůních a příkopech, nachází se i v brakických vodách a slaniskách. Tvoří obvyklou složku rákosin. Rostlina je pevně zakotvena v substrátu mnohočetnými přídatnými kořeny,

které vyrůstají z plazivého oddenku. Dorůstá výšky 0,8 až 3m. Stébla jsou prostoupená vzdušným aerenchymatickým pletivem. Povrch oddenku intenzivně dýchá a vyměňuje plyny s okolním prostředím. Dobře snáší i hlubší vodu (optimální hloubka je 20-80cm). Dobře roste v rozmezí teplot 16-27 °C.



Obr. 28 Skřípinec jezerní [16]

Zblochan vodní[11]

Nachází se všeobecně jako význačná složka pobřežních rákosin. Dosahuje výšky 0,5 až 2,5m. V substrátu kotví dlouze plazivým oddenkem. Nejlépe roste v mělkých vodách s hloubkou 20 až 30 cm, ale sestupuje i do hloubek kolem 50 cm. Má dlouhé vegetační období, což přispívá k jeho rozrůstání. Je-li příznivá, mírná zima, pak svou vegetaci téměř nepřerušuje. Po odumření a posečení se rozkládá rychleji než orobinec a rákos.

Obr. 29 Zblochan vodní [15]



3.5.3 Vegetace a její výsadba[24,12,11]

Jen v krátkosti zmíním několik způsobů, jak lze vysadit vegetaci. Existují v zásadě tři způsoby: trsy, oddenkovými řízků stonkovými řízků a semenáči. Vhodnost jednotlivých způsobů výsadby stáhnou na výsadbu rákosu obecného, neboť ten patří v našich klimatických podmínkách mezi nejpoužívanější.

Trsy

Pomocí trsů lze vysazovat hlavně ty rostliny, které tvoří souvislý porost velmi brzo po výsadbě. Pro rákos tato metoda není vhodná. Trsy se odebírají z přirozených lokalit.

Oddenkové řízky

I když je tento způsob vhodný pouze pro rákos, tak se podle odborné literatury nedoporučuje, protože jeho růst je velmi slabý. Způsob této výsadby probíhá tak, že v zimním období odebereme materiál z přírodních porostů. Řízky nesmí být poškozené, a tak musíme dávat pozor při její manipulaci. Poškozené řízky uhnívají.

Stonkové řízky

Výsadba stonkových řízků je vhodná pro rákos, kdy odběr probíhá převážně v jarních měsících. Odebrané řízky se nejprve dávají pro zakořenění do nádob s vodou. Po úspěšném zakořenění řízky umístíme tak, že každý řízek bude zvlášť.

Semenáče

Nyní nejvíce používaná metoda výsadby rákosu a lesknice. Semena se sbírají na podzim, ale pokud potřebujeme, aby rostliny vyrostli na do léta, tak s výsadbou musíme začít už v zimních měsících, kdy rostliny vysadíme do skleníku.

3.5.4 Péče o vegetaci

Ohledně péče o vegetaci probíhá v dnešní době stále diskuze, která se týká kosení rostlin. Podle knihy Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách od Jana Vymazala z roku 1995, se kosení považuje spíše jako nevhodné, kdy jako hlavní nevýhody se uvádějí tyto:

- rákos poměrně špatně snáší kosení
- živiny akumulované v biomase tvoří jen malou část celkového odstraňovaného množství
- u větších ploch nelze použít těžší mechanismy, aby se nezhuťovalo filtrační lože
- tlející hmota je zdrojem organického uhlíku

Na druhé straně podle knihy Extenzivní způsoby čištění odpadních vod z roku 2009 se již uvádí, že jako nejběžnější způsob péče o rákos v České republice je jeho kosení, kdy jednou z hlavních výhod je, že při kosení rákosu ke konci zimního období je zateplování povrchu filtračních polí je jednou z nejdůležitějších funkcí rostlin. Pokud nedochází ke sklizni, tak každý rok dochází k zvyšování úrovně povrchu o 2 cm.

3.5.5 Význam toku kyslíku [11,12]

Kyslík je důležitý zejména pro odstraňování dusíku což je oxický proces. Když ale uvážíme, že většina provedení kořenových čistíren je s horizontálním prouděním, tak nám vyjde najevo, že kyslík má velmi omezený přístup do půdního prostředí. Šíření kyslíku do půdního prostředí je totožné jako u mokřadů, probíhá tedy difúzí rostlinnými pletivy podpořený Venturiho efektem.

3.5.6 Půdní filtrační materiály ve vegetačních čistírnách

Výběr filtračního materiálu je důležitým faktorem k dobrému chodu kořenových čistíren. Při výběru materiálu bychom měli sledovat, zda splňuje především tato kritéria:

- příznivé prostředí pro zakořenění rostlin a jejich správný růst
- vhodný pro život mikroorganismů podílejících se na čistícím procesu
- správně zachycovat částice nacházející se v kapalině

Výběr správného materiálu by měl probíhat na základě předešlé analýzy, kdy zjistíme požadované vlastnosti, podle těch jej vybereme. V praxi nejvíce používáme materiály přírodní, které nejvíce vyhovují a umožňují tak rostlinám kvalitní růst. U filtračních materiálů se provádí zkouška, tzv. hydraulické vodivosti.

3.5.7 Podíl mikroorganismů v kořenových čistírnách

Díky bakteriím, které se nacházejí v půdním prostředí, dochází k procesu mineralizování organické hmoty. A to díky složitým metabolickým a biochemickým procesům, které jsou spojeny s životní funkcí těchto bakterií. Důsledkem tohoto procesu je samočisticí schopnost, kterou uměle navozenou využíváme v kořenových čistírnách. Podle knihy Vegetační čistírny odpadních vod jsou mikroorganismy podstatné díky:

- rozklad dusíkatých organických látek (bakterie proteolytické a amonizační)
- nitrifikace (bakterie nitrifikační)
- denitrifikace bakterie denitrifikační)
- rozklad celulózy (metanobakterie za anaerobních podmínek, celulólytické bakterie a mykobakterie za aerobních podmínek)
- rozklad škrobu a nižších cukrů (amylolytické bakterie)
- rozklad organických a anorganických látek obsahujících síru (sulfurikační a desulfurikační bakterie)
- rozklad organických a anorganických látek obsahujících síru (sulfurikační a desulfurikačních bakterií)

Prostředí kořenové čistírny se vyznačuje svým rozdílem ve vývoji bakterií, kdy bakterie podporující odbourávání organické hmoty jsou rozmnožovány daleko lépe než bakterie indukující fekální znečištění. U těchto bakterií je přírůstek záporný.

3.6 Odstraňování nežádoucích látek z odpadní vody[24]

Samotné čištění spočívá ve snížení koncentrací nebo v úplné eliminaci látek vyskytujících se v odpadních vodách tak, aby voda splňovala dané parametry. Odstraňování jednotlivých prvků můžeme nalézt v datech konkrétních čistíren. Uvedu zde hlavní prvky, které se snažíme při čištění eliminovat:

Odstraňování fosforu

Fosfor se především v mokřadech zadržuje díky absorpci a srážení, a tak se jeho největší koncentrace nachází v mokřadních půdách a sedimentech. K jeho odstranění můžeme použít přidání vápencových štěrků.

Odstraňování těžkých kovů

Umělé mokřady mají velký potenciál pro odstranění těžkých kovů. Většina těžkých kovů je zadržena v substrátu u kořenů rostlin, kde se vyskytuje velmi intenzivní srážení železa, proto se čištění využívá u důlních drenážních vod.

Odstraňování mikrobiálního znečištění

Hlavním způsobem odstraňování bakterií jsou sedimentace, UV záření.

3.7 Vlivy omezující funkci kořenové čistírny[11,12,24]

Správný chod kořenové čistírny je hlavně omezován těmito jevy:

- Kolmatace, plevel, zimní období

3.7.1 Kolmatace

Kolmatací rozumíme ucpání filtračního prostředí nerozpuštěnými látkami, které přitékají v odpadní vodě. Malé množství těchto nerozpuštěných látek je nutné pro nezbytnou funkci mikroorganismů. Ve větším množství tyto látky tedy ucpávají filtrační prostředí. Tento jev může například nastat při povodních, kdy se do odpadních vod dostane velké množství rozpuštěných látek. Z tohoto můžeme pochopit, že se jedná o nepříznivý jev, který ovlivňuje čistící proces.

3.7.2 Plevel

Plevel je rostlina, kterou jsme nevysadili za daným účelem, ale dostala se zde sekundárními způsoby, jako třeba nálety a podobně. V dnešní době je aktuální otázka, jestli plevel hubit či ne, neboť rozdíly mezi ním a vysazenými rostlinami je v tom, že vysazené rostliny (rákos, orobinec,...) mají větší schopnost provzdušnit filtrační lože. Což je jejich hlavní výhoda oproti plevelu. Jako pozitivní vlastnost můžeme uvést zateplení povrchu a zdroj organického uhlíku. Tím pádem se nemusíme zbavovat všech nežádoucích rostlin. Pokud i přesto se jich chceme zbavit, můžeme použít metodu dočasného zaplavení, která zahubí plevel.

3.7.3 Zimní období

V zimním období rostliny přecházejí do nevegetativního stavu a může docházet k zamrznání vody, kterému se snažíme předcházet. Aby byla zachována účinnost, v zimním období musíme dodržovat tyto zásady:

- je vhodné provést zateplení šachtic
- porost rákosu by měl být kosen, pak slouží jako izolační vrstva
- je nutné odstraňovat námrazy z ledu na objektech kořenové čistírny

Často jsem se setkával s pochybnými názory o funkci kořenové čistírny v zimním období. Po zkontaktování kořenové čistírny v Hostětíně jsem se dozvěděl, že zimní období nemá větší vliv na schopnost čistit odpadní vody. Jestliže byl už nějaký vliv zaznamenán, tak u schopnosti odstraňovat dusík díky menšímu množství kyslíku v podzemní části. Na menší množství kyslíku mohou mít vliv rostliny, které se nacházejí ve vegetačním klidu.

4. Kdy je a kdy není vhodné použití kořenové čistírny [23,11,12]

Velmi důležité je správně rozhodnout, kdy zvolit čištění odpadních vod pomocí kořenových čistíren. Jako pomocné body při rozhodování nám mohou posloužit výhody a nevýhody, a tak se je zde budu snažit uvést.

- Kořenová čistírna nabízí mnoho výhod, ale jako každá věc má i své nevýhody. Mezi hlavní nevýhody patří její velikost čistící plochy. K zabezpečení správného účinku čištění je potřeba 5m² čistící plochy na obyvatele. Tato plocha nám tedy omezuje použití kořenových čistíren.
- Kořenová čistírna by měla být navržena tak, aby nebyla přetěžována, ovšem nesmí být ani předimenzována.

- Práce při výstavbě čistírny musí být provedeny kvalitně. Musí být řádně odizolována od vnějšího půdního prostředí, jinak by mohlo dojít k průsakům.
- Výměna filtračního materiálu-výměna by se měla provádět v rozmezí 7-15 let a to ne z důvodu zanesení, ale díky kořenům rostlin, které prorostly štěrkem a zabraňují průtoku.
- Hlavní výhodou kořenové čistírny je její nezávislost na elektrické energii, takže výpadky v elektrické síti neohrozí její čistící proces.
- Častý argument znějící proti stavbě KČOV je ten, že trvá delší dobu, než začne správně fungovat. I tento argument se ukázal po letech výzkumu jako neopodstatněný.
- Do samotného čistícího procesu nemůžeme zasahovat a ovládat jej.
- Cenová nenáročnost oproti běžnému čištění. Nyní se můžou na výstavbu KČOV čerpat peníze i z fondů EU.
- Kořenová čistírna odpadních vod má tu výhodu, že jde velmi dobře začlenit do krajiny.

5. Provozní zkušenosti

5.1 Kořenová čistírna odpadních vod Hostětín [19,20]

- Stavba byla započata v červenci roku 1995.
- Finanční náklady činily 4 905 000 Kč
- Průměrný denní průtok 47,6 m³/ den
- Látkové zatížení BSK₅ 15,12 Kg / den
- 280 EO
- Filtrační plocha 1240 m²
- Zařazen Dočist'ovací stupeň

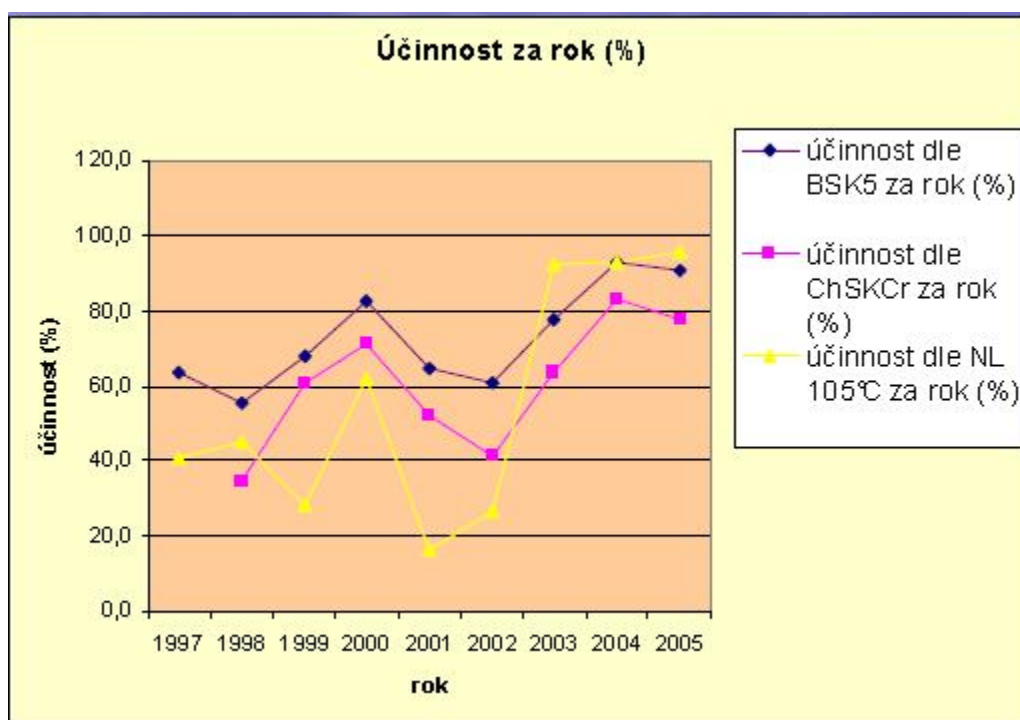
Obr. 30 Srovnání čistíren [20]

Typ ČOV	Hostětín: kořenová ⁸	Šaov: mechanicko-biologická, Flexidiblok 100 m ³ /den
Uvedení do provozu	červenec 1996	červenec 2002
Celkové náklady na stavbu čistírny	1,9 (28) mil.Kč	5 mil.Kč
Celkové náklady na stavbu čistírny i kanalizace	4,9 (7,1) mil.Kč	16,2 mil.Kč
Plocha zabraná ČOV	2740 m ²	275 m ²
Počet vzniklých pracovních míst	0,1	0,8
Projekovaný počet EO	280	700
Počet ek. stečně připojených obyvatel	236	450
Investiční náklady na ČOV	8 100 (11700) Kč	11 100 Kč
(Kč na 1 připojeného obyvatele ubud)		
Náklady na elektřinu (2003)	1 700 Kč	120 000 Kč
Náklady na údržbu (2006)	14 100 Kč	15 000 Kč
Množství vyvážených kalů (ročně)	3 tuny (přepočítáno na suchinu)	90 tun
Náklady na vyvážení a ukládání kalů (2003)	5 200 Kč	43 000 Kč
Rozbory vody a jiné výdaje	22 000 Kč	20 000 Kč
Poměr celkových ročních nákladů na údržbu a provoz ČOV vzhledem k ročnímu rozpočtu obce (2006)	2,3%	5,6%
Účinnost čištění v září r. 2007	CHSK = 77% BSK ₅ = 90% NL = 92%	CHSK = 87% BSK ₅ = 95% NL = 96%

5.2 Kořenová čistírna odpadních vod Spálené Poříčí[21]

- Stavba čistírny v roce 1992
- Funguje až pro 1800 EO
- Roční náklady 150 000 Kč / rok
- Účinnost čištění

Obr. 31 Účinnost [21]



5.3 Účinnost vybraných kořenových čistíren v České republice

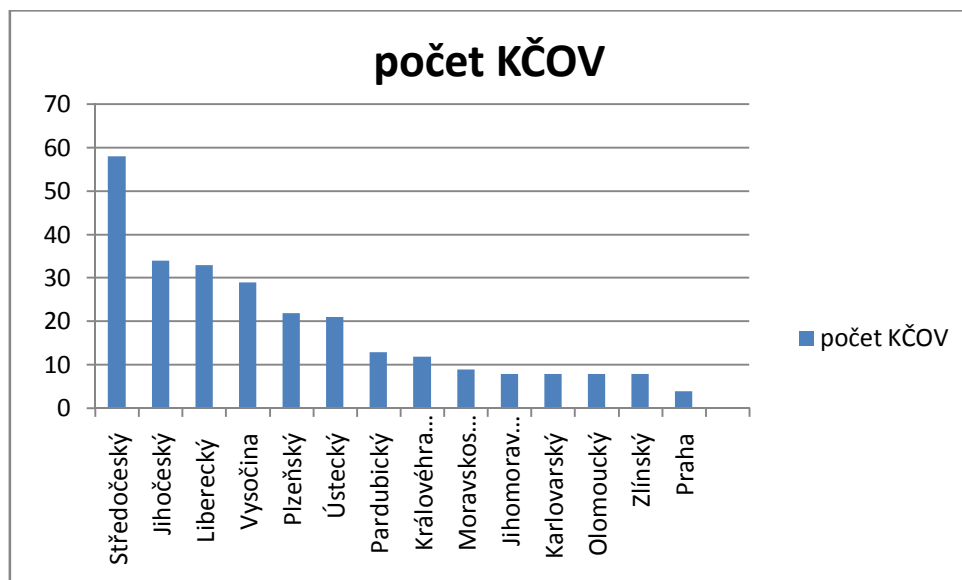
Obr. 32 Účinnost [21]

KČOV	BSK ₅	CHSK	NL	TP	NH ₄ ⁺ -N
Žitenice	382–4,8	1202–27	695–5,5	14,9–4,0	63,2–45,4
Nový Dvůr	27–1,7		9,2–1,5		
Ondřejov	143–14,8	334–36	129–2,4	8,3–7,0	25,4–23,5
Nezdice	150–6,6	201–29	195–5,4		
Obecnice	173–3,4		944–6,5	4,2–1,6	9,0–6,3
Mořina	59–4,0	160–18,2	137–2,6	3,5–2,2	13,8–11,2
Čistá	53–5,1	140–34	15–6,3		

Tabulka 2. Příklady účinnosti KČOV v roce 2002*. Údaje (přítok – odtok) v mg l⁻¹. (foto 18–24).
 *počet připojených obyvatel/délka provozu v letech, údaje se vztahují k roku 2002: Žitenice (5/10), Nový Dvůr (140/5), Ondřejov (360/11), Nezdice (450/5), Obecnice (500/2), Mořina (500/2), Čistá (800 /8).

6. Zmapování kořenových čistíren

Při zmapování kořenových čistíren jsem vycházel z podkladů pana doc. Ing. Vymazala.



Ze seznamu kořenových čistíren jsem vybral čistírny, které mají EO > 40.

Název kořenové čistírny	EO	Plocha(m ²)	Kraj
Velešice	40	200	Ústecký
Hrubá Skála	40	173	Liberecký
Květná-obec	40		Pardubický
Rozkoš	43	180	Královéhradecký
Mezno	45	435	Středočeský
Chlum (Lhotka)	45		Zlínský
Kořenov č.p. 11	49	320	Liberecký
Telč-Vanov	50	250	Vysočina
Křepice	50	216	Jihočeský
AGIP Brodce	50		Středočeský
Kořenov č.p.877	55	216	Liberecký
Srbská Kamenice	55	385	Ústecký
Studénka	56	280	Vysočina
Záblatí	58	400	Jihočeský
Sokolov-Golfové hřiště	60		Karlovarský
Lichkov	61	328	Pardubický
Veselý Žďár	70	288	Vysočina
Česká Lípa-Horní KČOV	73		Liberecký

Česká Lípa-Dolní KČOV	74		Liberecký
Doksy	75	300	Středočeský
Červený Hrádek	80	400	Středočeský
Prostřední Dvůr	80	1062	Moravskoslezský
Budislav - letní tábor	90	120	Pardubický
Benešov	95	600	Vysočina
Jimlíkov	100	520	Karlovarský
Sněžné-Krátká	100	460	Vysočina
Popelištná	100	300	Vysočina
Tachov u Doks	100	500	Liberecký
Břehov	100	504	Jihočeský
Petrovice	100	520	Vysočina
Sedlce	100		Jihočeský
Moravany	109	680	Pardubický
Ostrov	110	550	Vysočina
Svatý Kříž-celnice	120	700	Karlovarský
Michalovice	120	250	Ústecký
Skuhrov I	120	599	Vysočina
Svatá Kateřina (stavi se)	120		Moravskoslezský
Roseč-Občiny	130	600	Jihočeský
Kojetín	145		Moravskoslezský
Svatý Jan	147	768	Středočeský
Chmelná	150	706	Středočeský
Chříbská-dočištění	150	200	Ústecký
Krucemburk	150	750	Vysočina
Zdíkov-Nový Dvůr	150	750	Jihočeský
Ostrolovský Újezd	150	748	Jihočeský
Radošovice	150	648	Jihočeský
Soběchleby	150		Olomoucký
Horní Rápotice	150	1200	Vysočina
Slavošovice-(Libín)	150	983	Jihočeský
Bezděkov	150	792	Středočeský
Sklené	150	796	Vysočina
Skuhrov II	150	675	Vysočina
Dříteň-Pazderna	150	560	Jihočeský
Mirochov	170	672	Jihočeský
Žernovník	175	585	Jihomoravský
Předotice	180	900	Jihočeský
Soběhrdy	183	1000	Plzeňský
Lišný	190	550	Liberecký
Nedabyle	200	983	Jihočeský
Svinišťany	200	1 047	Hradecký
Rudíkov	200	1353	Vysočina
Zbenice	200	1 000	Středočeský
Dolany	200		Královéhradecký

Mokrovraty II	200	970	Středočeský
Křešín	200	895	Středočeský
Višňovka	200	240	Středočeský
Horušany	200	1000	Plzeňský
Kotenčice	210	2 100	Středočeský
Chrást	220	1680	Středočeský
Rataje	230	1152	Středočeský
Libosváry	231	856	Zlínský
Biskoupky	240	1728	Jihomoravský
Škola v přírodě-Sklárna s.r.o.	240	1724	Plzeňský
Hostětín	240	1400	Zlínský
Ovesná Lhota	250	1250	Vysočina
Pavlínov	250	1600	Vysočina
Hoštice u Volyně (staví se)	250	1260	Jihočeský
Olší nad Oslavou	262	2160	Vysočina
Horní Újezd	275	1001	Olomoucký
Lipoltice	279	1176	Pardubický
Ptenín	290	1450	Plzeňský
Lipka	300	1890	Jihočeský
Karviná - dočištění	300	504	Moravskoslezský
Mokrovraty I	300	1 657	Středočeský
Křivoklát	300	1176	Středočeský
Příbraz	300	1326	Jihočeský
Čím	300	1 310	Středočeský
Třemešné	300	1500	Plzeňský
Spálené Poříčí	300	2500	Plzeňský
Cep	300	1500	Jihočeský
Podolí 1	310	950	Jihočeský
Nebílovy	315	1560	Plzeňský
Petrov	333	1 104	Středočeský
Čičenice	335	1020	Jihočeský
Kámen	340	1 880	Vysočina
Havlíčkova Borová	350	1930	Vysočina
Chutnovka	350	1 800	Liberecký
Mírová pod Kozákovem	350	1800	Liberecký
Dříteň-sběrný dvůr	350	1350	Jihočeský
Kořenec	360	2527	Jihomoravský
Ondřejov	362	806	Středočeský
Stožice	365	1780	Jihočeský
Trutnov Dolce Vita	380	2416	Královéhradecký
Chlístovice	380	695	Středočeský
Kačice	400	600	Středočeský
Zásada	400	1892	Liberecký
Višňová	400	3200	Liberecký

Zahrádky	415	1680	Jihočeský
Onšov	420	2100	Vysočina
Libuň (Jinolice?)	440	1800	Královéhradecký
Nezdice na Šumavě	450	2100	Plzeňský
Čičenice	450	2742	Jihočeský
Chotíkov	500	2100	Plzeňský
Křoví	500	2046	Vysočina
Trhové Dušníky	500	1553	Středočeský
Čejkovice	500	1890	Jihočeský
Libnič	500	1280	Jihočeský
Pecka	510		Hradecký
Podolí	520		Jihočeský
Dolní Město	522	2 646	Vysočina
Lutopecny	570	3000	Zlínský
Drahlín	600	1 728	Středočeský
Machová	600	3220	Zlínský
Štáblovice	600		Moravskoslezský
Čehovice	635	2989	Olomoucký
Němčičky	640	1850	Jihomoravský
Nučice	650	3 224	Středočeský
Kořenov- Příchovice	667	500	Liberecký
Spálené Poříčí	700	2500	Plzeňský
Velká Jesenice	700	2255	Hradecký
Prosenice	700	2116	Olomoucký
Mořina	700	3520	Středočeský
Dražovice	780	4221	Jihomoravský
Čistá	800	3 040	Středočeský
Obecnice	800	4 860	Středočeský
Myslibořice	800	2400	Vysočina
Koloděje	900	4493	Praha
Osová Bytíška	1000	4471	Vysočina

Závěr

V této práci jsem se snažil o shrnutí základních poznatků o VKČ. V úvodu jsem krátce nastínil historii, a také se lehce zmínil o nedůvěře k VKČ. Další části mé práce jsem věnoval rozepsání se o přírodních mokřadech, neboť na jejich principu fungují tyto čistírny. Důraz jsem kladl na rostliny v mokřadech a jejich adaptaci, kterou se odlišují od běžných rostlin. Význam rostlin byl pro čistící proces často zanedbáván, ovšem to bylo chybné. Jejich důležitost tkví v tom, že v blízkosti jejich kořenů jsou bakterie, které se podílí na čistícím procesu. Tento fakt je podmíněn dostatkem kyslíku, který by se do zaplaveného prostředí obtížně dostával. Tím se plynule dostávám k další části práce, kde se zmiňuji o způsobech „pronikání“ kyslíku skrze rostliny do zaplaveného substrátu. Po kapitole mokřady následuje již samotná kořenová čistírna a její princip, nejčastěji sazené rostliny, její skladba a velmi heslovitě průběh „čištění“ jednotlivých prvků. V závěrečných kapitolách jsem pracoval s podklady, které mě byly poskytnuty kořenovou čistírnou v Hostětíně a také seznamem fungujících čistíren v ČR od doc. Ing. Jana Vymazala.

Myslím si, že tato práce může být vhodná pro studenty, nebo pro běžného člověka, který se chce dozvědět o VKČ základní, popřípadě lehce rozšířené informace.

Použité informační zdroje

- [1] Adaptibilita rostlin na prostředí v mokřadech. . HANA ČÍŽKOVÁ. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích* [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <kdb2.zf.jcu.cz>
- [2] Riet ligula *Phragmites australis*. *Wikipedie* [online]. [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Riet_ligula_Phragmites_australis.jpg>
- [3] Rákos obecný. *Enviweb* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/covky/77698/rozkvetla-korenova-cistirna-odpadnich-vodet_ligula_Phragmites_australis.jpg>
- [4] *Acorus calamus*. GAFFARD, J.F. *Wikipedie* [online]. Autoreille, France, květen 2004 [cit. 2012-05-5]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Acorus_calamus1.jpg7698/rozkvetla-korenova-cistirna-odpadnich-vodet_ligula_Phragmites_australis.jpg>
- [5] *Myriophyllum aquaticum*. *Botaniliberec* [online]. Botanická zahrada Liberec, květen 2004 [cit. 2012-05-5]. Dostupné z: <http://www.botaniliberec.cz/foto/detail/?f=221orus_calamus1.jpg7698/rozkvetla-korenova-cistirna-odpadnich-vodet_ligula_Phragmites_australis.jpg>
- [6] *Ceratophyllum demersum*. *Puskvorec* [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <<http://www.puskvorec.cz/zahrada/eshop/3-1-Podvodni-rostliny/0/5/82-Ceratophyllum-demersum>>
- [7] Leknín bílý. *Kvetenacr* [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.kvetenacr.cz/obrazky/katalog/_1/169.jpgop/3-1-Podvodni-rostliny/0/5/82-Ceratophyllum-demersum>
- [8] *Nuphar lutea*. *Wikipedie* [online]. Marburg, 24. Juli 2005 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www://cs.wikipedia.org/wiki/Stul%C3%ADk_%C5%BElut%C3%BDlog/_1/169.jpgop/3-1-Podvodni-rostliny/0/5/82-Ceratophyllum-demersum>
- [9] Závítka mnohokřenná. *Botany* [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://botany.cz/foto/spiodelaherb.jpgDk_%C5%BElut%C3%BDlog/_1/169.jpgop/3-1-Podvodni-rostliny/0/5/82-Ceratophyllum-demersum>
- [10] REDDY, K. R.; PATRICK, W. H.; LINDAU, C. W. Nitrification-Denitrification at the Plant Root-Sediment Interface in Wetlands. *Limnology and Oceanography*. 1989, Vol. 34, s. 1004-1013. TANNER, Chris C.; EUGENIO, Joachim D.; MCBRIDE
- [11] VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: ENVI, 1995, 147 s., [22] s. il. příl.

- [12] ŠÁLEK, Jan. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR, 1995, 115 s. ISBN 80-214-0712-3.
- [13] Kořenové čistírny v praxi. SOUKUP. [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/korenove-cisticky-v-praxi_55_fotogalerie.html>
- [14] MLEJNSKÁ, Eva. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2009, 119 s. ISBN 978-80-85900-92-7.
- [15] Zblochan vodní. *Herbar* [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <<http://stezka.hamerskypotok.cz/pages/rostliny/zblochan-vodni.php>>
- [16] Skřipinec. HAYNOLD, Bernd. *Wikipedie* [online]. 26. července 2005 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Schoenoplectus_lacustris_260605.jpges/rostliny/zblochan-vodni.php>
- [17] Typha angustifolia. FILIPPOV, Petr. *Wikipedie* [online]. červenec 2007 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Typha_angustifolia1.JPG>
- [18] Phalaris arundinacea. XAVER, Franz. *Wikipedie* [online]. 12. června 2009 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Phalaris_arundinacea_2.jpg>
- [19] Hostětín studie. [online]. 12. června 2009 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <https://www.hostetin.veronica.cz/%2fstudie>
- [20] Přírodní čištění vody. [online]. ZO ČSOP Veronica – Centrum Veronica Hostětín, 2010 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.veronica.cz/dokumenty/prirodni_cistení_vody.pdf>
- [21] Kořenová čistírna odpadních vod Spálené Poříčí. PELIKÁN, Petr. [online]. 2010 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.envic.cz/upload/presentatione-ing-petr-pelikan.pdfrodni_cistení_vody.pdf>
- [22] KOČKOVÁ, Eva. *Vegetační kořenové čistírny odpadních vod*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1994, 67 s. ISBN 80-7084-104-4.
- [23] MLEJNSKÁ, Eva. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2009, 119 s. ISBN 978-80-85900-92-7.
- [24] *Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren: sborník přednášek ze semináře konaného dne 10. června 1998 na FAST VUT Brno*. Brno: Kabinet životního prostředí při Ústavu vodního hospodářství krajiny FAST VUT, 1998, 125 s. ISBN 80-214-1265-8.

Seznam použitých zkratek a symbolů

Označení	Legenda
KČOV	Kořenová čistírna odpadních vod
BSK ₅	Biologická pětidenní spotřeba kyslíku
EO	Ekvivalentní obyvatel