

C6890 Technologie ochrany prostředí 6. Úprava a čištění vod pro průmyslové a speciální účely

Ivan Holoubek
Zdeněk Horský

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Osnova

- 1) Úprava vody pro průmyslové účely
- 2) Čistění odpadních vod z průmyslu
- 3) Speciální vody

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Filtrace

Prostá filtrace - probíhá přes pískové filtry, kde dochází k odstranění suspendovaných látek větších než $20\mu\text{m}$

Koagulační filtrace - před vlastní filtrací dojde k nadávkování vhodného koagulantu, který naváže suspendované látky a vytvoří vločky, které se lépe zachytí na pískovém filtru

In line filtrace - místo klasických koagulantů se používají kationické polymery dávkované přímo na povrch filtru a chemická reakce probíhá přímo na povrchu zrn filtračního materiálu ((až 80% využití výšky filtračního lože)

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Koagulační filtrace (čiření a filtrace)

Při vyšším obsahu suspendovaných látek je pouze filtrační pracovní cyklus krátký (efektivní doba filtrace je do 1 hodiny)

Teoretická závislost sedimentační rychlosti částice na poloměru při 1 m výšce vody

Průměr částice μm	Typ částice	Doba sedimentace
1000	Písek	10 sekund
100	Jemný písek	2 minuty
10	Jíl	2 hodiny
1	Bakterie	8 dní
0,1	Koloid	2 roky

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Charakter čiření podle pH

Suspendované látky mají obvykle záporný náboj

Charakter čiření je určen složením vody (zejména alkalita) a následným použitím

- kyselé - hydroxidy železa, polymerní koagulanty (při nízké alkalitě surové vody dávkujeme předem Ca(OH)_2 nebo NaOH), voda pro demineralizaci
- neutrální - pracuje v oblasti pH 6 - 7 (8), oxid železa nebo hliníku, především pro pitnou vodu
- alkalické čiření - pracuje v oblasti pH 9,6 - 10,5, soli Fe^{3+} nebo Al^{3+} , výstupem je nízká korozivita vody

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Ionexová demineralizace

Většinou následuje po filtraci (odstranění 50-70% organických látek)

Ionexy jsou určeny k zachycení rozpuštěných látek v ionizovaném stavu

-záporný náboj - slabě nebo silně kyselý katex

-kladný náboj - slabě nebo silně bazický anex



Důležitá je pravidelná regenerace ionexu

Výstupem je demineralizovaná voda -
hodnota měrné elektrolytické vodivosti

Pro účely v energetice většinou sestava
katexů a anexů

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Reverzní osmóza

Proces, který dovoluje transport rozpouštědel membránou, zatímco rozpuštěné soli a nízkomolekulární složky zachycuje

Osmóza - proudění zředěnější kapaliny přes polopropustnou membránu do koncentrovanější kapaliny

Osmotický tlak - rozdíl koncentrací kapalin

Reverzní (obrácená) osmóza - zvýšení tlaku nad tlak osmotický

-mořská voda 5-7 MPa

-brakická voda 1,5-2 Mpa

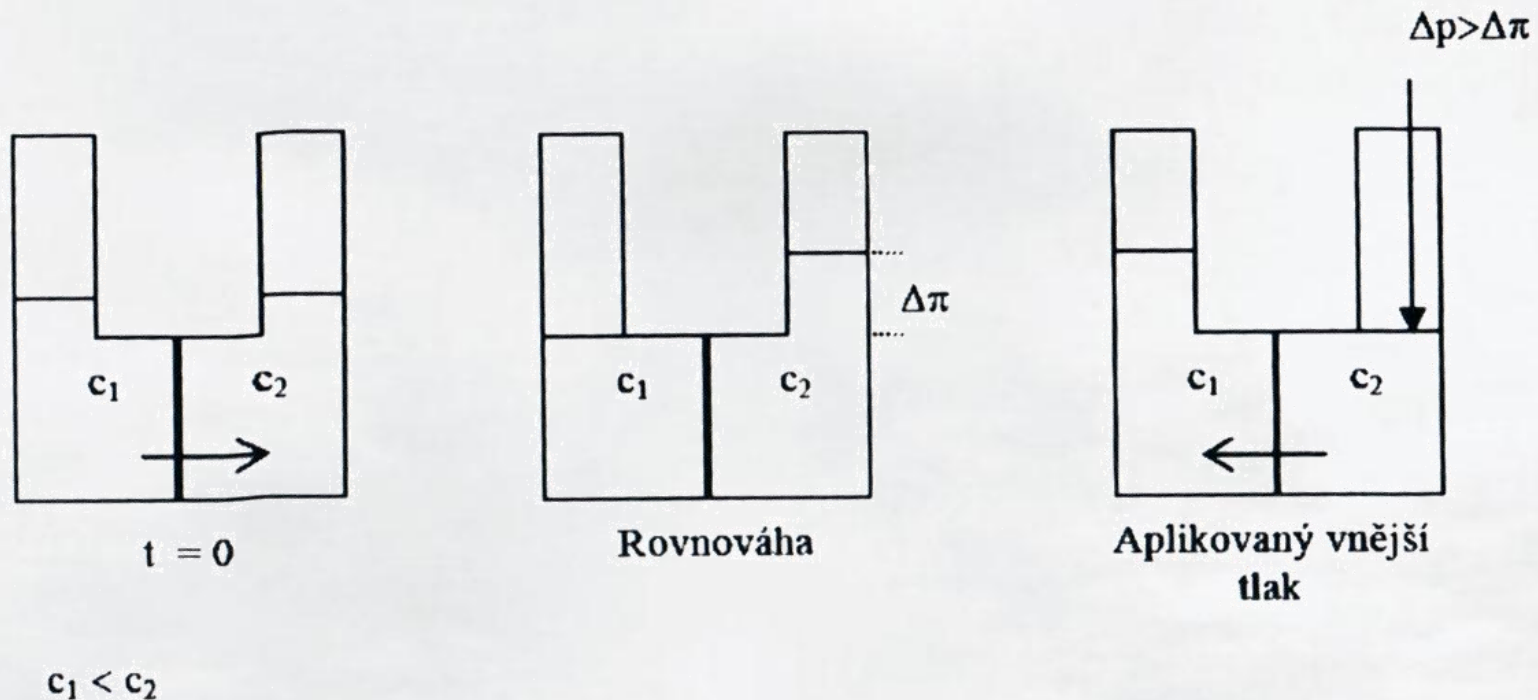
Membrána - poluprustná kompozitní vrstva (polyamid, polysulfen, zpevňující vrstva...)

Koncentrát - zahuštěná vstupní kapalina v závislosti na použitém tlaku

Permeát - vstupní kapalina zbavená prakticky všech úplně rozpuštěných solí a organických látek

1. Úprava vody pro průmyslové účely

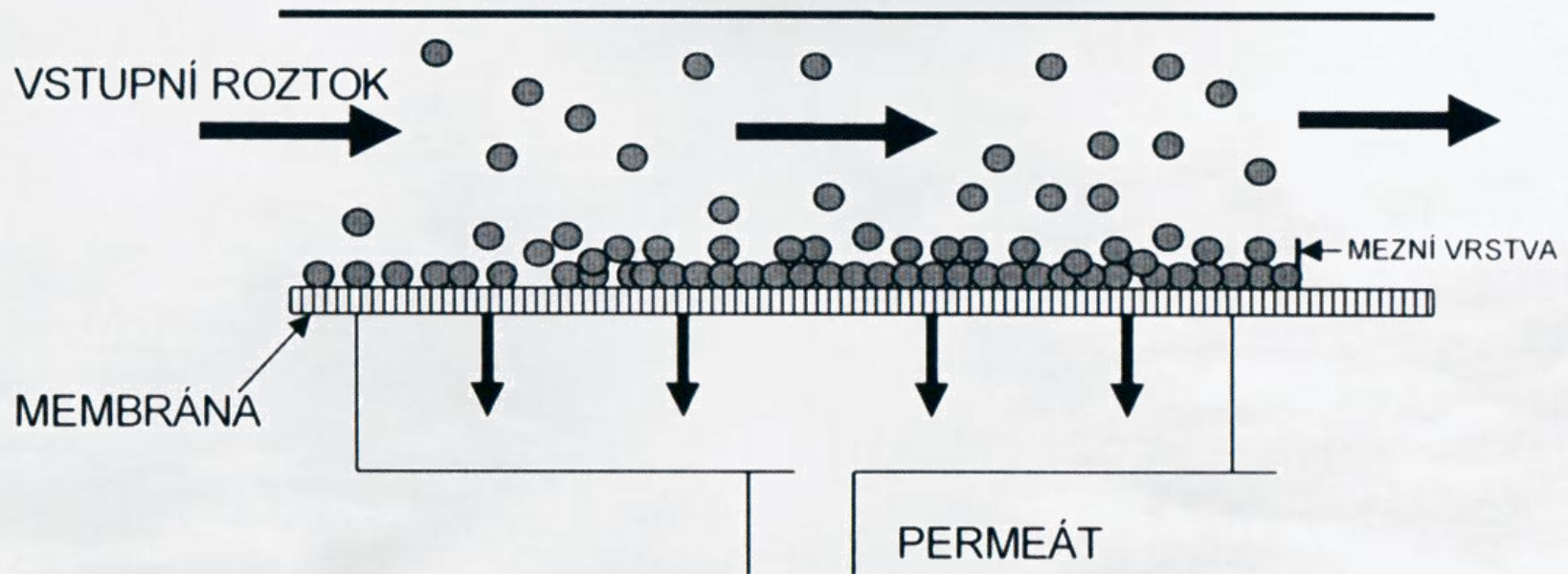
Princip reverzní osmózy



1. Úprava vody pro průmyslové účely

Princip spirálně vinutého modulu

- minimalizace usazování nečistot na membráně



1. Úprava vody pro průmyslové účely

Příprava napájecí vody parních a horkovodních kotlů

Příslušné normy uvádějí složení kotelní a napájecí vody - nesmí docházet ke korozi nebo obráceně k úsadám

Zabezpečit dostatečné odplynění vody a její alkalizaci

Snížení koroze - snížený transport korozních produktů v okruhu a vznik nánosů.

Za těchto podmínek vzniká na ocelovém povrchu kompaktní vrstva magnetitu, která zabraňuje dalšímu rozpouštění železa a koroze se zpomaluje.

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Odplynění vody - termické, siřičitan sodný (doplňkově)

Termická úprava v odplyňovacích zařízeních - kaskádovité, sprchové, atomizační s tryskou

Principem je vždy maximální kontakt s párou, kdy dochází k dohřátí na teplotu blízkou varu vody (105 -140 oC) a pak k odplynění

Alkalizace vody

Tuhé alkalizační prostředky - fosfát, NaOH

- dávkování přímo do kotlů

Těkavé alkalizační prostředky - amoniak, hydrazín, alkalizační aminy

- dávkování do systému při průtočných kotlech

1. Úprava vody pro průmyslové účely

Voda pro chladicí okruhy

Chladicí okruh průtočný - filtrace před vstupem do chladicího systému (zárodky vyšších živočichů)

Chladicí okruh s významnou obměnou chladiva - část vody se nahrazuje, filtrace vyjíměčně

Chladicí okruh uzavřený - oběhovou vodu alkalizovat, přídatnou vodu změkčovat

Otevřené chladicí okruhy s odparem (velké elektrárenské a chladírenské provozy) - velmi pečlivě nastavit úpravy s ohledem na kvalitu surové vody a potřebu provozů (filtrace, alkalické nebo kyselé čiření, nárazová desinfekce)

1. Úprava vody pro průmyslové účel

Moderní přípravky

Sekvestrační činidla

Látky zabraňující vylučování sraženin (CaCO_3) na bázi polyfosfátů, fosfových kyselin, polyelektrolyty, působí i jako inhibitory koroze

Dispergátory

Polyelektrolyty, které zvyšují náboj v roztoku vznikajících sraženin či suspendovaných látek a zabraňují vzniku sedimentujícího kalu

Inhibitory koroze

Sloučeniny chloru a zinku, organické inhibitory

Biocidy

Směs chlornanu s bromidy

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Průmyslové odpadní vody - vznikají při použití vody ve výrobních procesech a v zemědělství

Podle druhu znečištění rozdělujeme OV :

- látky netoxické a biologicky rozložitelné (cukry, mastné kyseliny, aminokyseliny)
- látky netoxické a biologicky obtížně rozložitelné (humínové kyseliny, azobarviva, ligninsulfonové kyseliny)
- látky toxické a biologicky rozložitelné (fenol, formaldehyd)
- látky toxické a biologicky obtížně rozložitelné (pesticidy, organochlorované uhlovodíky)

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Charakter znečišťujících látek

Znečišťující látky	Příklady
ROZPUŠTĚNÉ	
Organické	
- Biologicky rozložitelné	Cukry, mastné kyseliny
- Biologicky nerozložitelné	Azobarviva
Anorganické	Těžké kovy, S ₂ -
NEROZPUŠTĚNÉ	
Organické	
- Biologicky rozložitelné	Škrob, bakterie
- Biologicky nerozložitelné	Papír, plasty
- Usaditelné	Celulozová vlákna
- Neusaditelné	Bakterie, papír
- Koloidní	Bakterie
- Plovoucí	Papír, oleje, tuky
Anorganické	
- Usaditelné	Písek, hlína
- Neusaditelné	Brusný prach

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Znečištění vody - taková změna fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody, která omezuje nebo i znemožňuje její použití k danému účelu

Charakter znečišťujících látek - u POV velmi rozmanité

Neexistuje **jediný ekonomický přijatelný** universální proces, kterým by bylo možné odstranit všechny formy znečištění

Nutnost kombinace několika zcela rozdílných procesů (jednotkových operací)

Sled operací ⇒ **technologická linka čištění**

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Technologická linka - volba zařazení jednotlivých záležitostí na charakteru znečištění a při dodržení těchto podmínek

1. proces musí být účinný
2. proces měl být ekonomicky přijatelný
3. proces by neměl být příliš náročný na spotřebu energií
4. při procesu by neměly být vnášeny do čištění OV další znečišťující látky (Cl^- , SO_4^{2-} ...)

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Přehled základních metod pro čistění průmyslových vod

Fyzikální

- Sedimentace
- Filtrace

Chemické

- Srážení
- Oxidace a redukce
- Čiření
- Neutralizace

Biologické

- Aerobní
- Anaerobní

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Typický proces čistění odpadních vod

Předčištění

Fyzikální /
chemické čištění,
separace tuhé fáze



Čištění

Biologické čištění
Aerobní /
anaerobní čištění /
kontinuální



Dočištění

Filtrace,
absorpce



Vypouštění čistých
výtoků

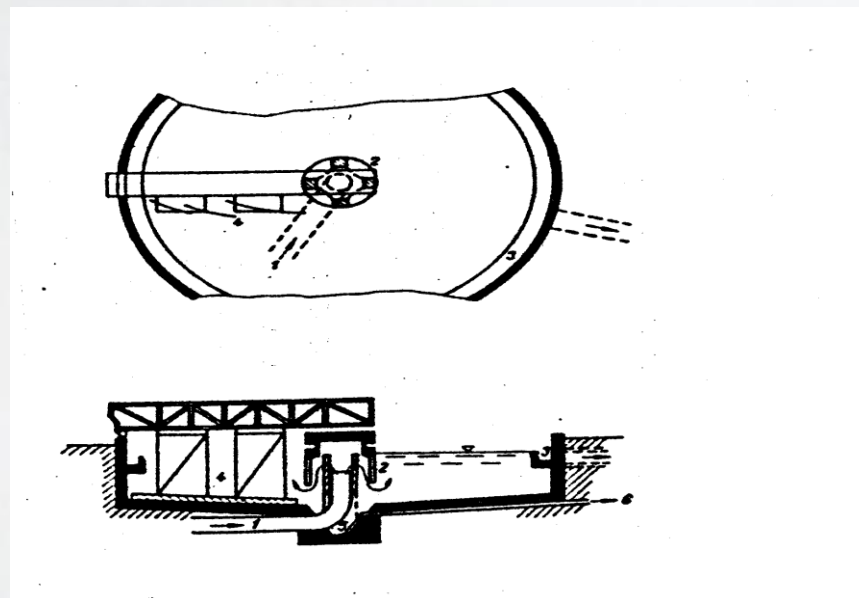
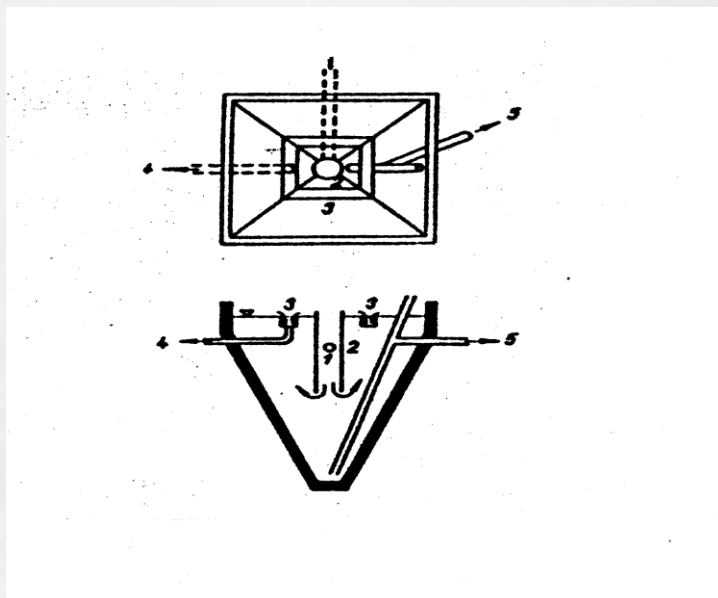
2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Fyzikální metody čistění

Sedimentační nádrže

Zachycení až 90% nerozpuštěných látek

Nádrže kruhového nebo obdélníkového tvaru s pomalým horizontálním nebo vertikálním průtokem vody. Částice znečištění s menší měrnou hmotností vystupují nad hladinu, s větší se usazují na dně



2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Lapače tuků

Hlubší nádrže vybavené nornými stěnami k zachycování tuků a olejů. Nezbytná součást všech potravinářských provozů a provozů kde je nebezpečí úniku olejů. Odstranění mastnoty před vstupem do dalšího stupně čistění je základním procesem (zalepení strojního zařízení).

Lapače písku

Mělké nádrže s velice pomalým průtokem vody, ve kterých sedimentují drobné pevné částice.

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Filtrace

- gravitační - pouze tlak vodního sloupce
- tlaková - voda se do filtru vhání pod tlakem

Základní typy filtrů

- zemní (již nepoužívané)
- betonové nebo nádrže
- filtrační uzavřené kolony (plastové, kovové)

Náplně filtrů

- síta s oky různých velikostí
- membrány - písek, aktivní uhlí, plastové membrány,

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Chemické metody čistění

Číření

Postupy, které odstraňují z vody zákal ve formě jemně suspendovaných částic. Používají se různá chemická činidla - flokuanty nebo koagulanty. Suspendované částice se shlukují do větších částic (vločky), které dobře sedimentují nebo filtrují.

Neutralizace

Používá se většinou pro předčistění odpadních vod. Cílem je upravit pH vody na stanovenou hladinu v rozmezí 6,5 - 8. Ideální je smíchání zásadité a kyselé vody. Většinou přidání příslušné látky (průmyslová výroba).

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Oxidace a redukce

Pokud odpadní vody obsahuje znečišťující látky, které odebírají kyslík (oxidují) používají se chemická činidla pro zastavení těchto procesů (chlorové vápno, chlornany). Použití také při odstranění zápachu nebo zbarvení vody (škrobárenský průmysl)

Srážení

Provádí se po fyzikálním čišění. Cílem je převedení dobře rozpustných látek na hůře rozpustné nebo nerozpustné (ropné látky, pesticidy)

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Biologické metody čistění

Základem biologického čistění OV je činnost mikroorganismů - nastavit optimální podmínky pro jejich život (chemické, fyzikální, dostatek potravy)

Aerobní - za přístupu vzduchu

Anaerobní - bez přístupu vzduchu

Přirozené čistění - kopíruje přírodní procesy

Umělé čistění - technické a technologické prvky

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Srovnání aerobního a anaerobního způsobu čistění OV

Aerobní	Anaerobní
Rychlejší	Pomalejší
Více kalu	Méně kalu
Větší spotřeba energie	Menší spotřeba energie
Není produkována energie	Je produkován CH ₄
Více účinné při nižším CHSK	Více účinné při vyšším CHSK
Spolehlivější	Sklon k tvorbě nánosů
Méně vhodné pro odstranění patogenů a parazitů	Účinnější pro odstranění patogenů a parazitů

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Přirozené biologické čistění

Závlaha

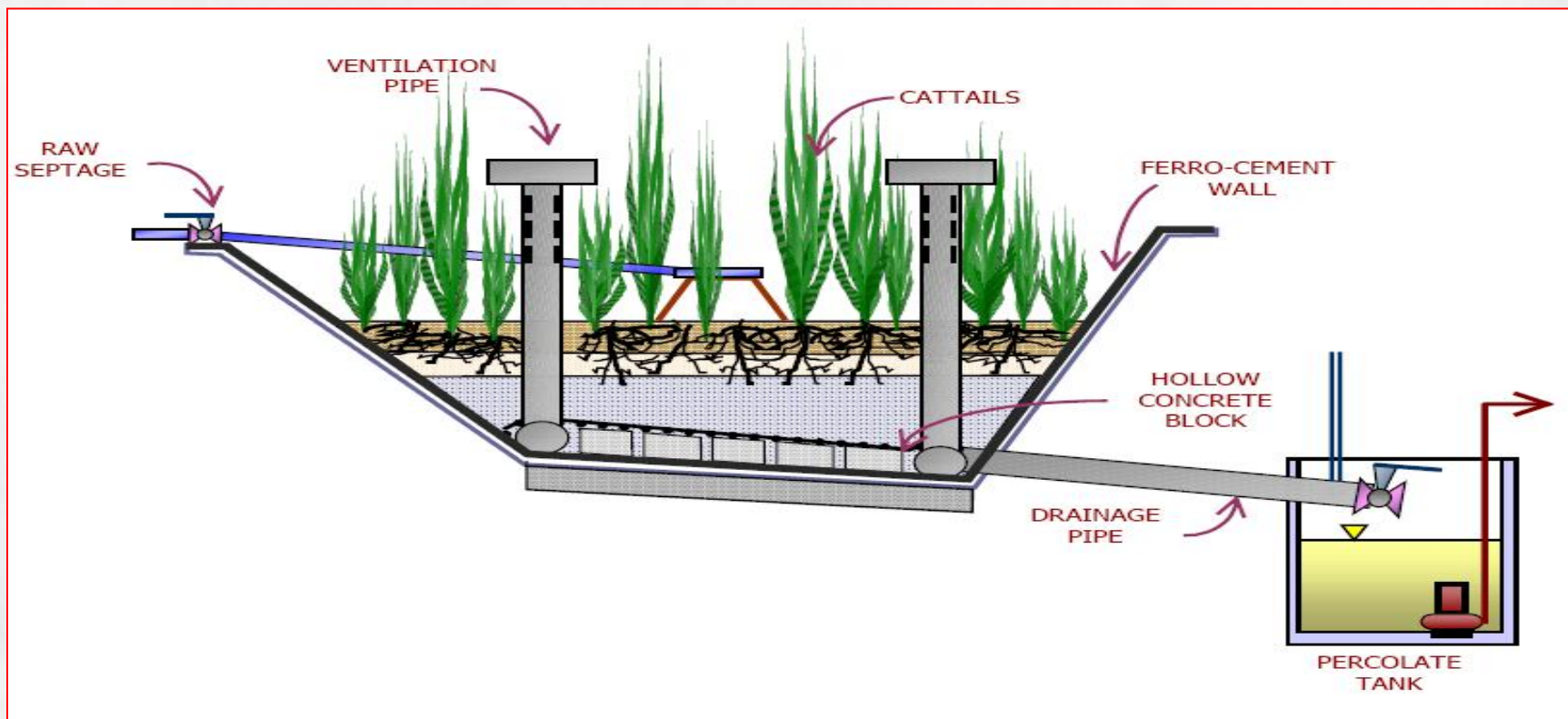
Nejstarší způsob biologického čistění, aplikované OV musí přísně splňovat zemědělské požadavky na složení znečistění

Biologické rybníky - nádrže o velké rozloze a malé hloubce, samočistící proces je zintenzívněn stálým provzdušňováním, u některých typů i možnost nasazení vybrané vhodné rybí osádky



2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Kořenové čistírny - využívají přírodních pochodů probíhajících v kořenech rostlin, určeny pro malé obce, významně snížená účinnost v zimních období



2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Umělé biologické čistění

Biologické filtry (zkrápěné biologické kolony) - většinou plastové desky s

členitým povrchem, na kterém se dobře uchytí mikroorganismy.

Povrch je

rovnoměrně skrápěn čistěnou vodou za intenzivního přístupu vzduchu

Aktivace - nejrozšířenější metoda, v intenzivně provzdušňovaných nádržích se odpadní voda mísí s aktivovaným kalem.

Aktivovaný kal - směsice mikrorganismů (bakterie, houby, kvasinky, plísně...)

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Anaerobní aktivace

- hydrolyza - probíhá působením fermentačních bakterií, polymery se rozkládají na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě (např. celulóza a škrob na glukózu)
- kyselé kvašení - rozkládá produkty 1. stupně působením acetogenních bakterií na nižší alifatické kyseliny a alkoholy (kyselina octová)
- metanové kvašení - metanizační bakterie převádějí produkty kyselého kvašení na metan (bioplyn)

Bioplyn - směs plynných produktů - metan + oxid uhličitý (H_2 , N_2 , H_2S),

dobře pracující nádrže: 65 - 75% CH_4 + 25 - 35% CO_2 ,

Využití - vyhřívání vyhnívacích nádrží, ohřev vody, vytápění budov
čistírny kogenerace na elektrickou energii

2. Čištění odpadních vod z průmyslu

Společné čištění MOV a POV

Optimální řešení - pokud to podmínky alespoň trochu dovolují

Hlavní výhody:

1. úspora investičních a provozních nákladů při výstavbě a provozu jedné velké čistírny než dvou menších
2. možnost získání dokonalejší technologie čištění a kvalifikovanější obsluhy pro velkou čistírnu
3. splaškové vody mají přebytek dusíku a fosforu, kterých bývá u průmyslových OV málo
4. ředěním průmyslovými OV vodami splaškovými se sníží koncentrace některých toxických látek u průmyslových OV čímž se umožní jejich biologické čištění

Nevýhoda:

1. toxické látky v průmyslových OV - problémy s čištěním

2. Čistění odpadních vod z průmyslu

Vypouštění průmyslových OV do veřejné kanalizace - kanalizační řád

Do veřejné kanalizace nesmí být vypouštěny OV obsahující látky:

1. radioaktivní, infekční, ohrožující zdraví a bezpečnost obsluhy i ostatního obyvatelstva a látky nadměrně páchnoucí,
2. látky narušující materiál stokové sítě nebo čistírny
3. látky způsobující provozní závady nebo poruchy ve stokové síti nebo ČOV
4. látky hořlavé, výbušné, případně látky, které smísením se vzduchem nebo vodou tvoří výbušné, dusivé nebo otravné směsi
5. látky, které po smísení s jinými látkami, které se mohou ve stokové síti vyskytovat, se rozkládají na jedovaté látky
6. pesticidy, jedy, omamné a agresivní látky
7. soli, ropné látky a nerozpuštěné látky v nadměrném množství

3. Speciální vody

Úprava ultračistých vod

Mikroelektronika, zdravotnictví, letecký a kosmický průmysl

- Minimální vodivost, velmi nízké TOC, počet částic, počet bakterií, určité rozpuštěné soli a plyny (koncentrace v ng/l)
- Zvýšené nároky na znovuvyužívání vody (recirkulace) a snížení spotřeby
- Doprava vody pod správným průtokem a vhodným tlakem, zajistit neustálý průtok, vložená desinfekce UV zářením nebo ozonem
- Použitý materiál pro konstrukce - polypropylen, polyvinylchlorid (na ústupu), nerezová ocel, PVDF (derivát fluorovaných uhlovodíků)

3. Speciální vody

Stupeň úpravy vody	Technologie
Předúprava	Dávkování POF Vícevrstvá filtrace Sorpční anex Aktivní uhlí Změkčování
Základní úprava	Ohřev vody Reversní osmóza UV oxidace Mixbed (Ionex) Mikrofiltrace Ultrafiltrace Odstranění O ₂

3. Speciální vody

Stupeň úpravy vody	Technologie
Dočistění Recirkulace	Ochrana N2 UV oxidace Mixbed UV desinfekce Ultrafiltrace Distibuční smyčka z PVDF

3. Speciální vody

Mikrofiltrace

Filtrovaná voda prochází překážkou o dané porozitě, filtrované látky zůstávají na membráně, regenerace membrány se neprovádí, filtrační materiál - navinutý polypropylénový drát (úhel navinutí=otvor 0,05 - 0,2 μm)

Ultrafiltrace

Filtrovaná voda protéká podél membrány, voda zbavená nečistot protéká membránou, nečistoty jsou z povrchu odplavovány do odpadu, dvojitá membrána z dutých vláken, odstranění částic velikosti 0,005 - 0,1 μm



3. Speciální vody

Průsakové vody ze skládek

Značná kvalitativní a kvantitativní rozmanitost v návaznosti na

-skládkový odpad

-stáří skládky (kyselinotvorná nebo methanogenní fáze)

-množství dešťových srážek

-provozní parametry (hutnění, odvod bioplynu, systém ukládání odpadů)



3. Speciální vody

Příklad vybraných parametrů sledovaných u průsakových vod ze skládky odpadů a rozsah obvyklých hodnot

	CHSK _{Cr}	BSK ₅	RL	RAS	NL	Co	Ni	Se	Hg	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	N _{celk}	NH ₄ ⁺	C ₁₀ -C ₄₀	pH
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-
od	350	40	3 000	2 500	30	0,00	0,00	0,000	0,000	600	250	1	70	50	0,06	7
do	2 300	1 300	7 000	6 000	250	0,01	0,08	0,005	0,001	2 000	1 500	4	200	160	1,20	8

Technologické možnosti čistění

- membránové separační procesy (mikrofiltrace, nanofiltrace ultrafiltrace, reverzní osmóza
- vakuová odparka (destilace, odpařování vody)



C6890 Technologie ochrany prostředí
6.Úprava a čištění průmyslových vod