

# ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

**PŘEDMĚT** - Inovace předmětu:

- **Projekt z vodního hospodářství 2 (143PVH2) pro studijní obor Vodní hospodářství a vodní stavby a předmětu**
- **Projekt 2 (xxxPZ02) pro studijní obor Inženýrství životního prostředí za katedru K144**

**PROJEKT:** RPMT - Rozvoj výuky vodohospodářských předmětů

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**

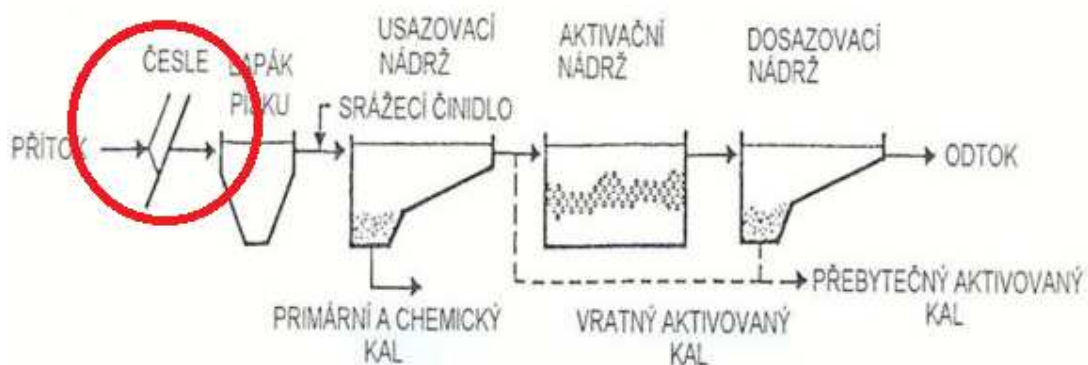


## 1. MECHANICKÁ ČÁST

Nečistoty v odpadních vodách jsou různé povahy. Mechanickým čištěním odstraňujeme látky a příměsi ve vodě nerozpustné, které tvoří podstatnou část znečištění odpadních vod a to jak druhově, tak objemově. Mechanické čištění probíhá v první fázi čištění a z odpadních vod jsou při něm odstraňovány viditelné hrubé nečistoty. Podle způsobu čištění rozeznáváme šest základních typů mechanického čištění. Jednotlivé způsoby čištění mají různou účinnost a význam, používá se u nich různých zařízení a přístrojů a vzájemně se často kombinují a doplňují.

| <b>Mechanické způsoby čištění</b> | <b>Zařízení používaná k čištění</b>  |
|-----------------------------------|--|
| Cezení                            | Česle, síta  |
| Usazování a zahušťování           | Lapák šěrku, lapák písku, usazovací nádrže, dosazovací nádrže, zhušťovací nádrže |
| Vzplývání                         | Lapák tuků, odlučovače olejů a ropných látek                                     |
| Filtrace                          | Pískové lože, jemná síta   |
| Flotace                           | Flotační vany s tlakovým vzduchem, elektroflotační vany                          |
| Odstředování (centrifugace)       | Kontinuální odstředivky  |

## ČESLE



Jsou tvořeny řadami ocelových prutů (česlic) různého profilu (kruhového, obdélníkového, lichoběžníkového) a vzdáleností. Česlice jsou zasazeny v pevném rámu, který je umístěn pod úhlem 30° – 60° v přítokovém žlabu. Podle vzdáleností mezi jednotlivými česlicemi (průlinami) rozeznáváme česle **hrubé** (více jak 60 mm), **jemné** (méně než 40 mm) a **střední** (mezi 40 mm až 60 mm). Často se osazují hrubé a jemné česle za sebou tak, aby byly postupně zachycovány nečistoty různých hrubostí např. odpadky, papír, dřevo, hadry, zbytky obalů... Za česlicemi je snížené dno zabraňující vzdouvání hladiny vody na česlích. Shrabky, které se hromadí mezi česlicemi, jsou odstraňovány strojním nebo ručním stíráním pomocí hrabel. Hrubé česle se stírají jednou až dvakrát denně, jemné česle je potřeba stírat častěji. Strojní stírání, probíhající na větších čistírnách, rozeznáváme horní nebo spodní.

Shrabky se dále zpracovávají, ale jejich zpracování musí být uvážlivé, protože se často jedná o hygienicky závadný a snadno zahnívající materiál. Nejčastěji se spalují při teplotách 680 – 750°C. To je nejbezpečnější likvidace shrabků. Před spálením je nutné shrabky odvodnit alespoň na 75 % vlhkosti a to nejlépe za použití lisů. Při odvodňování se snižuje původní objem odpadu zhruba na 1/5 a voda se odvádí zpět do čistícího procesu. Pokud je to možné, uplatňuje se kompostování nebo skládkování po hygienickém zabezpečení vápnem nebo chlorovým vápnem. Shrabky jsou tvořeny zhruba z **50 % hadry**, z **20 – 30 % papírem**, z **5 – 10 % plasty**, ze **2 % gumou**, ze **2 – 3 % zbytky ovoce a zeleniny** a ze **2 – 3 % nerozpadlými fekáliemi**.



## Druhy česlí:

- **Ručně stírané česle** – jedná se o česlicovou mříž zabudovanou do otevřeného kanálu, kterým protéká odpadní voda. Shrabky jsou odstraňovány ručním hrabadlem asi pětkrát denně. Česle jsou skloněny pod úhlem 30° – 45°. Používají se do obtokových kanálů a také před jemné, strojně stírané česle.
- **Strojně stírané česle** – česle jsou skloněny zhruba pod úhlem 60° a jsou složeny z pevných a pohyblivých lamel a klikového mechanismu. Strojní stírání spouští hladinové spínače umístěné před a za česlemi. Shrabovány mají zuby zasahující do průlin a pohybem vzhůru pak vyhrnují zachycené nečistoty. Nahoře shrabky přepadávají do žlabu, kde odkapávají a jsou dále transportovány do kontejneru.
- **Krokové česle** – skládají se ze stupňovitých lamelových jednotek, střídavě pevných a pohyblivých, které tvoří schody a zachycují shrabky. Jemnost průlin je 3 – 6 mm. Pohyblivé lamelové jednotky vynášejí shrabky na přepadovou hranu.
- **Samočistící česle** – jsou tvořeny česlicovým pásem, který se otáčí a zachycené látky vynášejí do prostoru výsyvky. Shrabky se od pásu oddělují samovolně.
- **Rotační česle** – odpadní voda vtéká do pevného česlicového koše válcového tvaru s průlinami. Košem prochází hřídel s ramenem, které nese stírací hřeben a ten otáčením hřídele čistí zachycené shrabky z průlin.
- **Šroubové česle** – jsou z nerezové oceli a mají tři části – separaci, dopravník a odvodnění. Při protékání odpadní vody se v separační části zachytávají nečistoty, které jsou vynášeny šnekovou spirálou (dopravníkem) vybavenou speciálním čistícím kartáčem do odvodňovací části, kde dochází k jejich odvodnění a stlačení.
- **Rotační bubnové česle s drtičem** – toto zařízení má výhody jemných a hrubých česlí. Rozdrcené pevné látky jsou odstraňovány šnekovým dopravníkem a jsou z nich odděleny jemné organické látky. Ty protékají perforovaným žlabem dopravníku zpět do toku odpadní vody. Zbývající pevné látky se transportují vzhůru a současně jsou odvodňovány až o 50 %.

## VÝROBCI

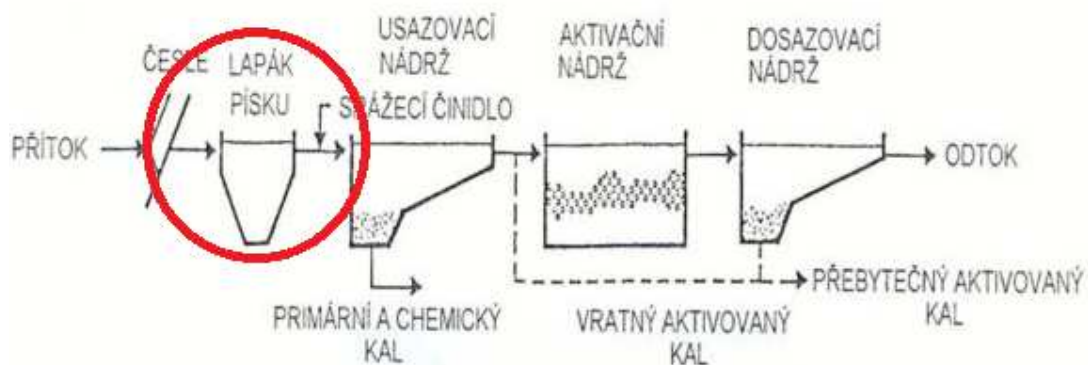
<http://www.sevcik-vz.cz/cesle-a-cistici-stroj-cesli-vtoku-vodnich-elektren.php>

<http://www.fontanar.cz/mechanicke-predcisteni.php>

<http://www.mixbrno.cz/nase-sluzby/cesle/22>

<http://www.hydomont.cz/vyroba-cesli>

## LAPÁK PÍSKU



Odpadní vody obsahují velký podíl minerálních nerozpuštěných látek, zejména písku. Jeho podíl kolísá v závislosti na typu kanalizační soustavy, klimatických podmínkách, vlastnostech půdy a charakteru odpadních vod. Odstranění těchto látek je nezbytné a chrání čistírenská zařízení před ucpáváním potrubí, zabraňuje poškozování pohyblivých mechanických zařízení a čerpadel. Nadměrné množství písku by v aktivačních a vyhnívacích nádržích rušilo proces rozkladu odpadu.

Lapáky písku využívají gravitační síly a rozdíly hustot pevné části a vody. Musí být uzpůsobeny tak, aby docházelo k usazování částic písku o minimálním průměru 0,3 mm rychlostí minimálně 0,03 m/s, musí odstraňovat pouze písek, nikoli organickou suspenzi. Písek se pak z lapáku pravidelně vytěžuje.

Podle směru průtoku rozeznáváme lapáky písku:

- horizontální
- vertikální
- provzdušňovaný s příčnou cirkulací
- vírové



## A) Horizontální lapák písku

- Štěrbinový lapák písku – používá se v malých čistírnách odpadních vod. Je tvořen žlabem trojúhelníkového nebo obdélníkového průřezu se štěrbinami ve hraně dna. Štěrbiny jsou podélné nebo příčné, asi 10 cm široké a jsou situovány v polovině lapáku a na jeho konci. Písek jimi propadá do boční šachty a odtud se po přeprání ručně vytěží nebo odčerpá.
- Komorový lapák písku – jedná se o podélný usazovací žlab s akumulacním prostorem na zachycování písku. Tento prostor je odvodněný drenáží z oblázkového štěrku.
- Komorový lapák písku s kontrolovanou rychlostí – odstraňuje kolísání průřezových rychlostí v důsledku měnícího se průtoku odpadních vod, a tím zlepšuje čistící účinek v lapáku. K zachování konstantní rychlosti proudění je potřeba navrhnout odpovídající profil žlabu a clony.

## B) Vertikální lapák písku

Odpadní voda přiváděná na dno nádrže lapáku stoupá ke hladině a při tomto pohybu dochází k oddělování pevných částic, které mají větší usazovací rychlost, než je vzestupná rychlost vody. S průtokem se mění i průtočná rychlost, a proto je písek často znečišťován primárním kalem a musí se prát, což je nevýhodou těchto lapáků.

## C) Provdzdušňovaný lapák písku

V horizontálním žlabu vzniká umělým provzdusňováním příčná cirkulace, která může být podpořena zabudováním norné stěny. Cirkulací se písková zrna posunují ke dnu a dále pak shrabují do jímky, odkud se těží. Zachycený písek se z lapáků vytěžuje nebo odsává a propírá se v pračkách. Dále se pak ukládá do jam, které se zakrývají vrstvou zeminy, odváží na laguny nebo rozmetává po poli. Z hygienického hlediska patří mezi nejlepší způsob likvidace písku ukládání do jam.

## D) Vírový lapák písku

Využívá příčné cirkulace vznikající při proudění vody v oblouku. Vlivem odstředivé síly jsou těžší pískové částice odmršťovány k vnější straně oblouku a odtud do sběrného prostoru. Organické látky s větším objemem zůstávají ve spirále, neusazují se, a tak vírový lapák umožňuje selektivní sedimentaci v závislosti na sedimentační rychlosti a specifické hustotě. Tím je zabraňováno znečišťování pískových částic ostatními látkami.

## VÝROBCI

[http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/lpv\\_\(02\\_2008\).pdf](http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/lpv_(02_2008).pdf)

<http://www.fontanar.cz/separace-a-prani-pisku.php>

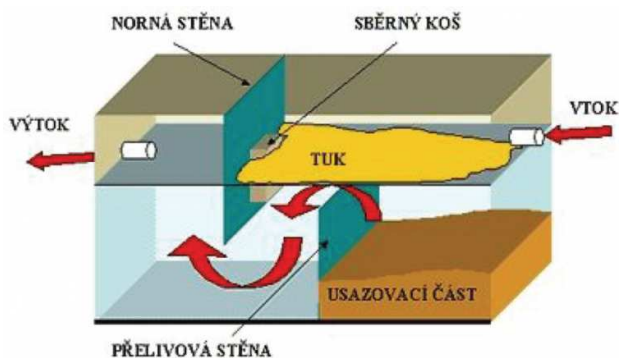
<http://www.huberco.cz/cz/produkty/separace-a-uprava-pisku/podelne-lapaky-pisku/huber-podelny-lapak-pisku-rotamatr-ro6.html>

<http://www.metalsman.cz/index.php?id=141>

## LAPÁK TUKŮ A OLEJŮ

Větší množství tuků nebo ropných látek by působilo závady v provozu kanalizace a ohrožovalo bezpečnost obsluhy. Stejně tak by působilo potíže i v čistírnách odpadních vod na všech čistících jednotkách. Docházelo by k zanášení biologických filtrů, v aktivačních nádržích by pak vrstva tuků na hladině bránila pronikání kyslíku do vody a zpomalovala čistící procesy. Vytvořená mazlavá hmota se těžko odvodňuje. Proto je nezbytné zachytávat tyto látky ihned u jejich zdrojů.

Lapáky tuků se tedy osazují jako zařízení pro předčišťování přímo u závodních kuchyní, restaurací, hotelů, garáží a závodů tak, aby se tuky a oleje zachytily ještě před vtékáním odpadní vody do kanalizační sítě. Stlačený vzduch se vhání ode dna nádrže a způsobuje, že se mastné látky s měrnou hustotou menší než voda oddělují a vyplouvají k hladině. Z hladiny se pak mastná vrstva odstraňuje do sběrných nádrží. Odtud se vytěžuje a nejčastěji likviduje spalováním.



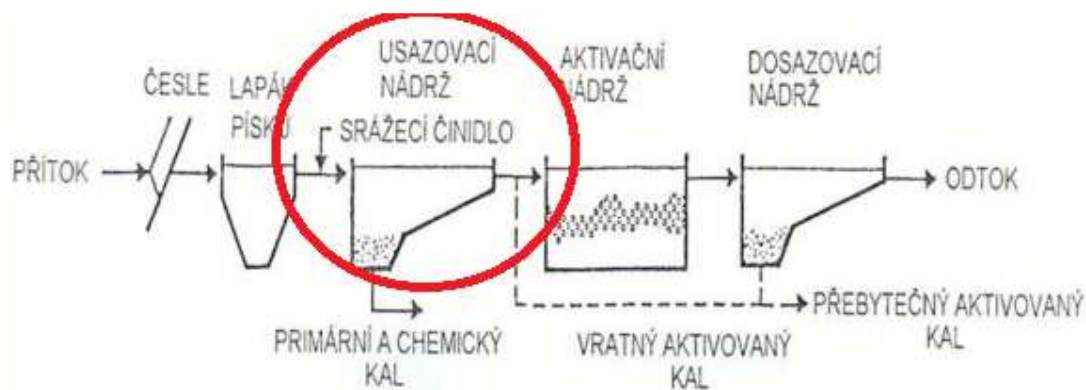
### VÝROBCI

<http://www.plasttrade.cz/vyrobek/54-odlucovac-tuku-lapaky-lapoly/>

<http://www.klartec.cz/cz/produkty/odlucovac-ropnych-latok-lapace-tukov/lapace-tuku.html>

<http://www.dubar.cz/produkty-podle-vyrobcu/vyrobky-firmy-aco/aco-odlucovac-ropnych-latek-a-lapaky-tuku>

## USAZOVACÍ NÁDRŽ



Slouží k separaci suspendovaných látek z odpadních vod. Podle zařazení v technologii je rozdělujeme na:

- primární
- sekundární (dosazovací)

**Primární usazovací nádrže** – zachycují se zde dobře usaditelné nerozpustné látky, jedná se o stupeň předčištění před následným biologickým nebo chemickým čištěním. Odstraňují největší procento nerozpustných látek (asi 40 – 70 %) a zmenšují tak zatížení dalších stupňů čištění. Jsou vybaveny zařízením pro stírání dna (odstraňování usazeného kalu) a zařízením pro stírání hladiny (odstranění plovoucích nečistot).



Podle tvaru a průtoku v nádrži rozdělujeme sedimentační nádrže na:

- Pravoúhlé s horizontálním průtokem
- Kruhové s horizontálním průtokem
- Kruhové a pravoúhlé s vertikálním průtokem
- Štěrbínové usazovací nádrže s kalovým prostorem



**Pravouhlé s horizontálním průtokem – podélné** – mají obdélníkový tvar a voda jimi protéká po celé délce. Na vtoku a odtoku nádrže je osazena norná stěna. Kal je stírán do jímky, která je umístěna u vtoku a z ní je odváděn potrubím. Používají se zejména v primární sedimentaci, a to jako oddělené jednotky nebo jako řada jednotek s dělicími stěnami.

**Kruhové s horizontálním průtokem – radiální** – používají se jako nádrže usazovací a dosazovací. Mají kruhový půdorys, v němž dobře funguje zařízení na stírání kalu. Středem přitéká suspenze do uklidňovacího válce, odtud radiálně protéká k obvodu, kde je umístěn přepadový žlab pro odtok vody. Shrnutý kal je ze středu nádrže odváděn potrubím. V kruhových nádržích se také často provádí zahušťování kalu.

**Kruhové a pravouhlé s vertikálním průtokem – vertikální** – půdorys nádrže je kruhový nebo čtvercový. Odpadní voda je přiváděna středem a dále je vedena směrem vzhůru do sběrných žlabů. Kal je shromažďován v kalovém prostoru umístěném pod prostorem usazovacím a ze dna nádrže odváděn potrubím pomocí přetlaku nebo odčerpáváním. Stěny nádrže musí být skloněny tak, aby po nich mohl kal sklouzávat ke dnu, protože nádrž není vybavena stíracím zařízením. Tyto nádrže se většinou uplatňují v malých čistírnách odpadních vod jako nádrže dosazovací.

**Štěrbínové usazovací nádrže s kalovým prostorem** – je to hluboko položená nádrž výškově rozdělená mezidnem se štěrbinou. V horní části probíhá usazování a kal se propadá štěrbinou do spodního kalového prostoru, kde dochází k jeho vyhnívání. Kal se pak několikrát ročně vyváží. Lamelové – užívají se pro zintenzivnění účinnosti dosazovacích i usazovacích nádrží. Na jejich odtoku se osazují lamely z plastových nebo ocelových ploten, čímž se zvětšuje efektivní plocha stávajících nádrží a zlepšuje se tak jejich výkon. Etážové – patrové – dochází v nich k vícenásobnému povrchovému zatížení při téže zastavěné ploše a používají se tam, kde je nutná úspora místa.

## VÝROBCI

[http://www.kk-technology.cz/useruploads/images/vyrobky/09\\_KL51.pdf](http://www.kk-technology.cz/useruploads/images/vyrobky/09_KL51.pdf)

[http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/unk\\_\(02\\_2008\).pdf](http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/unk_(02_2008).pdf)

[http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/unp\\_\(08\\_2010\).pdf](http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/typizace/unp_(08_2010).pdf)

<http://www.inkos.cz/vyrobni-program/chci-hledat-podle-zarizeni/dosazovaci-a-usazovaci-nadrze-s-pojezdovym-mostem>

<https://www.ekoprogres.cz/inpage/sedimentacni-nadrze/>

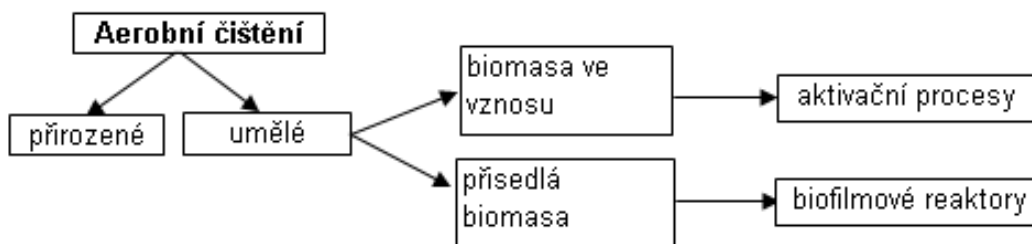
## 2. BIOLOGICKÁ ČÁST

Využívá principu procesů probíhajících samovolně přirozeně v přírodě. Jeho podstatou jsou aerobní biochemické procesy, při nichž se rozmnožují hlavně heterotrofní bakterie. Současně dochází k rozkladu organických látek a vznikající energie slouží k zajištění životaschopnosti původců rozkladu. Téměř všechny odpadní vody mohou být biologicky čištěny, neboť vždy obsahují biologicky rozložitelné odpadní složky. Biologické čištění probíhá jako děj aerobní nebo anaerobní. V biologických čistírenských systémech dochází k využívání vždy vícero organismů, pro které je organická součást odpadních vod substrátem, jehož pak využívají k získávání energie a růstu. Prvky potřebné ke stavbě buněčné hmoty získávají i z látek anorganických. Při biologickém čištění dochází k odstraňování organického znečištění odpadní vody – vzniklá biomasa se od vyčištěné vody odděluje v dosazovací nádrži. Principem všech biologických reakcí přírodních čištění jsou biochemické, oxidačně redukční reakce.

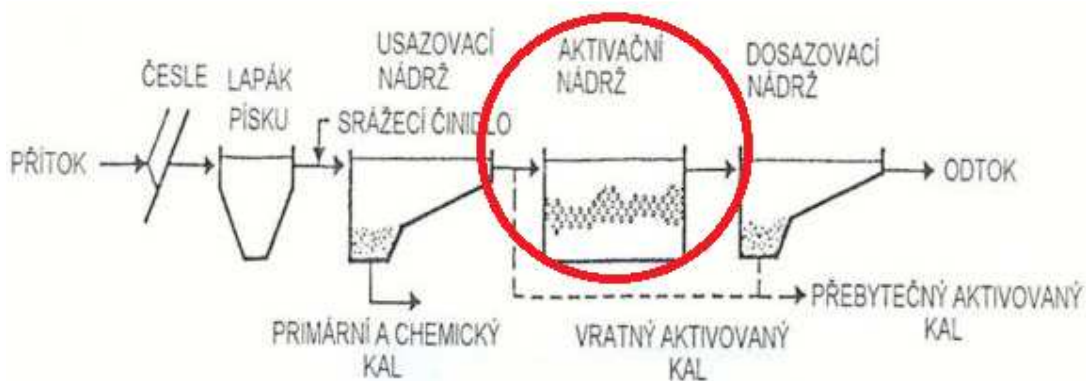
Redukční reakce probíhají ve třech oblastech:

- a) **oblast kyslíkatá** – konečným akceptorem elektronů je rozpuštěný kyslík, při procesu probíhá oxidace a nitrifikace (přeměna  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$ )
- b) **oblast bezkyslíkatá** – konečným akceptorem elektronů je dusík ve sloučeninách dusitanů a dusičnanů, probíhá denitrifikace (přeměna  $\text{NO}_3^-$  na  $\text{N}_2$  a  $\text{NO}$  v nepřítomnosti kyslíku)
- c) **oblast anaerobní** – konečným akceptorem elektronů je vlastní organická látka, dochází k oxidaci a redukci, probíhá anaerobní acidogeneze a methanogeneze

Aerobní procesy probíhají vždy za přítomnosti kyslíku v součinnosti s aerobními bakteriemi. Opakem jsou pak procesy anaerobní, probíhající bez přítomnosti kyslíku, s bakteriemi anaerobními. Dále mohou probíhat procesy fakultativní, zcela nezávislé na přítomnosti kyslíku.



## AKTIVAČNÍ NÁDRŽ



Principem čištění aktivací je vytváření aktivovaného kalu v provzdušňované aktivační nádrži. Obsahem aktivační nádrže je tedy směs aktivovaného kalu a čištěné odpadní vody. Organické látky se přeměňují na novou buněčnou hmotu a dále se oxidují na oxid uhličitý a vodu. Surová odpadní voda přitéká po mechanickém předčištění do aktivační nádrže a tam se mísí s recirkulovaným (vratným) aktivovaným kalem ve stanoveném množství a koncentraci. Směs se intenzivně provzdušňuje vzduchem a recirkulací se dosáhne vyšší koncentrace biomasy v biologickém reaktoru. Ze směsi, která projde aktivační nádrží, se aktivovaný kal separuje od vody v separační (dosazovací) nádrži. Zahuštěný aktivovaný kal se recirkuluje zpět na začátek aktivační nádrže. Odstraňováním organických látek z odpadní vody dochází k tvorbě nové biomasy a ta se musí periodicky odčerpávat jako přebytečný aktivovaný kal, jinak by docházelo k zahlcení jeho nadměrným množstvím. V procesu však musí zůstat stále potřebné množství aktivačního kalu, aby se celý systém nestával neúčinným a zdlouhavým.



### Základní typy aktivačního procesu:

- Směšovací aktivace
- Aktivace s postupným tokem
- Postupně zatěžovaná aktivace
- Aktivace s oddělenou regenerací kalu
- Aktivace s cirkulací
- Šachtová aktivace
- Věžová aktivace
- Selektorová aktivace

### **Směšovací aktivace**

Dochází k ní v aktivační nádrži zpravidla čtvercového tvaru, jejíž obsah je provzdušňován a promícháván. Koncentrace aktivovaného kalu, množství rozpuštěného kyslíku, rychlost odstraňování substrátu a rychlost spotřeby kyslíku je v celé nádrži konstantní. Výhodou je velká odolnost proti toxickým látkám, protože dochází k jejich zředění hned u vtoku do nádrže. Problémem těchto nádrží je bytnění kalu

### **Aktivace s postupným tokem**

Nádrž tvoří dlouhé koryto s malým průtočným profilem, s vratným kalem se odpadní voda mísí hned na začátku nádrže. Přírůstek aktivovaného kalu, který je výsledkem čistícího procesu, není příliš velký, a proto je koncentrace aktivovaného kalu během průtoku nádrží téměř konstantní. Koncentrace rozpuštěného substrátu klesá směrem k odtoku z nádrže, stejně jako rychlost spotřeby kyslíku.

### **Postupně zatěžovaná aktivace**

Odpadní voda se přivádí z několika míst podél nádrže, kterou protéká vratný aktivovaný kal. Tím se vyrovnává zatížení nádrže a rychlost spotřeby kyslíku.

### **Aktivace s oddělenou regenerací kalu**

Odpadní voda se v aerační nádrži provzdušňuje s aktivovaným kalem po dobu půl až jednu hodinu. Z dosazovací nádrže se vede vratný kal do regenerační nádrže, v níž se provzdušňuje dvě až čtyři hodiny.

### **Aktivace s cirkulací aktivační směsi**

Aktivační směs je uváděna do pohybu aeračním zařízením, cirkuluje v uzavřeném korytě a současně je provzdušňována, a tím je dodáván kyslík. Probíhá v oxidačním příkopu nebo jako aktivace oběhová. Oxická a anoxická zóna se vytváří ve svislém směru u dna.

### **Šachtová aktivace**

Aktivační nádrž tvoří roura o průměru 0,7 – 6 m, hluboká 30 – 150 m, svisle rozdělená přepážkou na dvě části – v jedné proudí aktivační směs vzhůru a ve druhé dolů.

### **Věžová aktivace**

K nádrži je připojena kónická dosazovací nádrž, dochází k vysokému procentu využití kyslíku ze vzduchu (60 – 80 %). Nádrž je minimálně prostorově náročná.

### **Selektorová aktivace**

Tato nádrž řeší problém zbytnování kalu – potlačuje růst vláknitých organismů a podporuje růst nevláknitých. Je rozdělena přepážkami na několik oddílů. Přepážky brání mísení směsi a poskytují možnost vytváření odlišných podmínek pro růst bakteriální flóry.

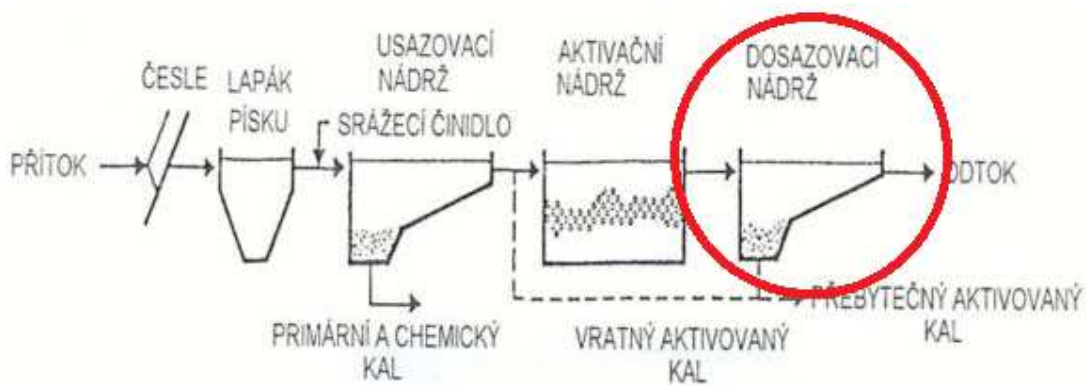
### **VÝROBCI**

<http://www.wolfssystem.cz/Zelezobetonove-nadrze/Nadrze/Cistirny-odpadnich-vod>

<http://www.envi-pur.cz/cz/jemnobublinne-aeracni-elementy/http://www.fortex.cz/cz/cistirny-odpadnich-vod/produkty/aeracni-systemy/>

<http://www.pematech.cz/kategorie/1.cistirny-odpadnich-vod>

## DOSAZOVACÍ NÁDRŽ



V sekundárních usazovacích nádržích/dosazovacích dochází k separaci biologického kalu při biologickém čištění. Vnitřní prostor usazovací nádrže se skládá ze čtyř částí – vtokové, usazovací, kalové a odtokové. V nádržích dochází po oddělení nečistot z vody ke shromažďování a zahušťování odděleného kalu tak, aby mohl být recirkulován a odstraňován.



## VÝROBCI

<http://www.envi-pur.cz/cz/clari-vac/?gclid=CL-u5pz7iMwCFQ-3GwodqBAJ7Q>

<http://www.inkos.cz/vyrobni-program/chci-hledat-podle-zarizeni/dosazovaci-a-usazovaci-nadrze-s-pojezdovym-mostem>

<http://www.fortex.cz/cz/cistirny-odpadnich-vod/produkty/dosazovaci-nadrze-dn/>

<https://www.ekoprogres.cz/inpage/sedimentacni-nadrze/>

<http://www.kunst.cz/cs/ke-stazeni>

### 3. DOČIŠTĚNÍ – TERCIÁLNÍ STUPEŇ ČIŠTĚNÍ

Třetím stupněm čištění se rozumí dočišťování již mechanicko-biologicky vyčištěných odpadních vod. V posledních letech jeho důležitost stále stoupá, protože se stále více prokazuje negativní vliv řady látek na životní prostředí. Při třetím stupni čištění se odstraňují anorganické ionty jako např. vápník, hořčík, sírany, ale také komplexní syntetické organické sloučeniny. Někdy je do terciárního čištění zahrnováno i odstraňování dusíku a fosforu.

Nejčastěji se pro dočištění používá:

#### FILTRACE

- **Filtrace přes aktivní uhlí**

Adsorpcí na aktivním uhlí lze odstranit řadu nerozložitelných organických látek. Používáme granulované nebo práškové uhlí a k zajištění maximální efektivity je potřeba zajistit optimální podmínky.

- **Membránová filtrace**

Pomocí membránové filtrace lze odstranit koloidy, bílkoviny, uhlovodíky. Používá se při čištění odpadních vod obsahující olejové strojní emulze, prací a odmašťovací látky. Membrána je selektivní pro určitou molekulu, je pevná, tvořená několika vrstvami o různé tloušťce.

- **Písková filtrace**

Pískové filtry jsou velice účinné, pokud je správně nastaven filtrační cyklus – systém střídání vlastní filtrace a čištění (praní) filtru.

#### FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ METODY ČIŠTĚNÍ

Mezi tyto metody řadíme koagulaci, neutralizaci, oxidaci, redukci, procesy založené na výměně iontů, extrakci, sorbční procesy, vyvážení, spalování, odpařování, elektrolýzu, reverzní osmózu, elektrodialýzu, dialýzu, ozonizaci....

Mezi nejčastěji používané patří:

- **Srážení a koagulace**

Těmito metodami se odstraňuje hlavně fosfor a fyzikálně organické látky. Jako koagulant se používají hlinité soli a někdy vápno.

Proces probíhá ve dvou fázích:

- reakční - dochází k vysrážení fosforečnanů a flokulaci
- separační - vysrážené vločky se usazují a oddělují od vody

Těmito čistícími procesy lze pružně reagovat v případě změny druhu a množství znečištění odpadních vod, např. rekreační střediska v době sezóny při zvýšeném počtu lidí. Koagulanty se dávkuje pomocí čerpadel, která umožňují měnit a regulovat potřebnou dávku.

### Typy srážení:

Přímé srážení – použití v čistírnách bez biologického čištění, koagulant se dávkuje po předčištění

Předsrážení – přímé srážení před biologickým stupněm čištění

Simultánní srážení - srážení v aerační zóně za současného procesu biologického čištění

Následné srážení – po biologickém vyčištění na odtoku za dosazovací nádrží, je nutná další sedimentace po vysrážení

Srážení ve více objektech čistícího procesu – srážení probíhá např. v lapáku písku, v aktivační nádrži, před posledním pískovým filtrem

Srážení před filtrací – v přítokovém potrubí k filtru za důkladného promíchávání

- **Ozonizace**

Zřejmě perspektivní způsob pro budoucnost, doposud vysoké náklady. Lze jí odstranit širokou škálu látek např. fenoly, pesticidy, ropné produkty, karcinogenní látky a současně také plně hygienicky zabezpečuje vodu likvidací patogenních bakterií, virů, cyst - důležité pro rekreační koupací objekty.

- **Výměna iontů**

Odpadní voda prochází katexovým (kationy vyměněny vodíkovými ionty) a poté anexovým (aniony nahrazeny hydroxidovými ionty) výměníkem. Tak jsou nežádoucí látky měněny za vodíkové a hydroxidové ionty, které tvoří molekuly vody. Pro regeneraci katexových a anexových kolon se používá kyselina solná nebo sírová a hydroxid sodný.

- **Reverzní osmóza**

Někdy se nazývá hyperfiltrací a je to proces, při němž jsou oddělovány nežádoucí rozpuštěné soli filtrací přes polopropustnou membránu při tlaku vyšším než je tlak osmotický.

## 4. KALOVÉ A ODPOADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Důležitou součástí při řešení přírodních způsobů čištění je důkladný návrh kalového a odpadového hospodářství. Na každé čistírně odpadních vod se musí s touto problematikou počítat. Pamatuje na to i legislativa a kalové hospodářství je vždy nutno posuzovat ve vztahu k hlavní čistící technologické lince.

Základní materiál, kterým se kalové a odpadové hospodářství zabývá:

- Shrabky z česlí, písek, tuky a oleje z lapáků
- Kal z primárních usazovacích nádrží
- Řasy, sinice a porosty makrofyt z biologických nádrží, travní porosty z okolí čistírenských zařízení, mokřadní rostliny z vegetačních kořenových čistíren

### Typy čistírenských kalů

Kal je směs vody a pevných látek, která se z odpadní vody odděluje. Tvoří zhruba 1-2% objemu čistěných odpadních vod a obsahuje 50 - 80% původního znečištění. Nestabilizovaný kal (surový kal) je nutno pomocí biologických nebo chemických procesů upravit. Tím se zlepšují pachové, hygienické a fyzikální vlastnosti, stabilizovaný kal se snadněji zahušťuje a odvodňuje. Nejčastěji se kal upravuje pomocí mikrobiálního rozkladu v anaerobním nebo aerobním prostředí. Biologickou stabilizací lze dosáhnout úbytku organické hmoty 20 - 30%, čímž se výrazně sníží množství konečného kalu.

- **Primární kal**

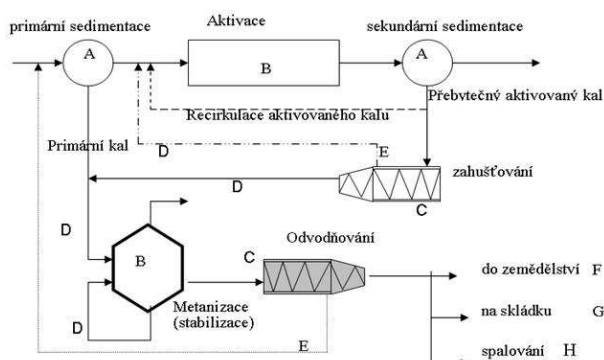
Odděluje se z přiváděné odpadní vody v usazovacích nádržích (např. biologické septiky, šterbinové nádrže, usazovací nádrže s horizontálním, vertikálním nebo radiálním prouděním). Jeho složení je dáno druhem odpadní vody a poměry ve stokové síti. Pokud se před usazovací nádrží dávkuje koagulant, může být kal i silně chemicky ovlivněn (např. chemické srážení fosforu). Jinak bývá primární kal převážně biologického charakteru.

- **Sekundární kal**

Je oddělován z biologického stupně čištění v dosazovací nádrži jako přebytečný aktivovaný nebo biologický kal. Složení je ovlivněno typem a původem odpadní vody, použitým způsobem čištění a obsahuje hlavně nerozložené zbytky organických látek a biomasu.

- **Terciární kal**

Jedná se o kal z chemického srážení.

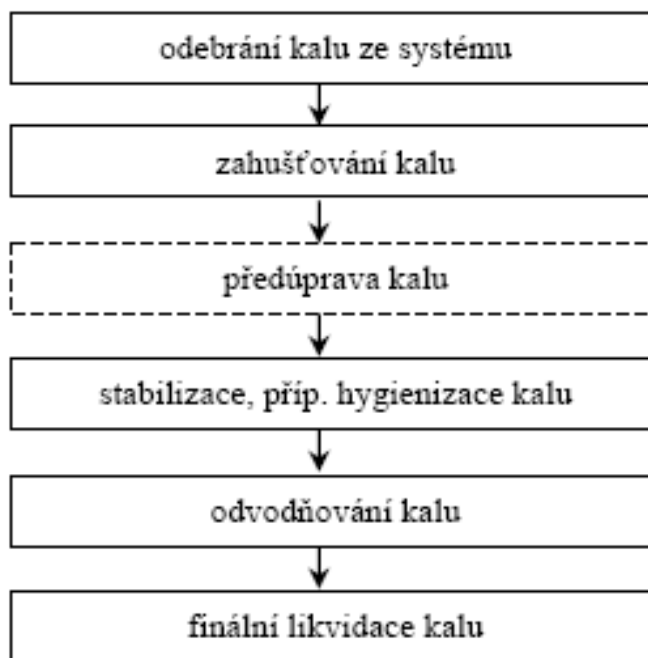




## Technologie zpracování kalů

Při zpracování kalů jde o to, zredukovat jeho objem na minimum, odstranit zápach, a pokud je to možné zajistit možnost využití upraveného kalu.

Obecný postup zpracování kalů:



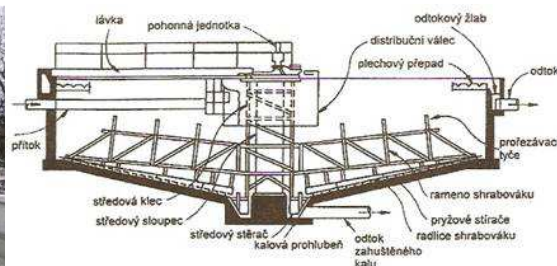
### Odebírání kalu

Kal se ze systému odebírá podle potřeby na různých místech (primární, sekundární, terciární kal).

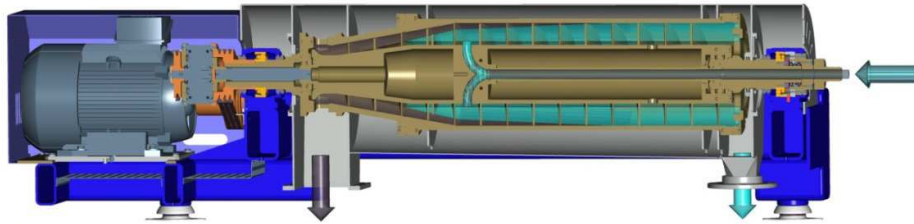
### Zahušťování kalu

Zahušťováním dochází ke snížení objemu kalu odstraněním volné vody. Je žádoucí kal co nejvíce zahustit, ale tak, aby měl ještě tekutou konzistenci (optimálně 5 - 6% sušiny), aby se dal čerpat k dalšímu zpracování.

Zahušťování probíhá **gravitačně** (sedimentací v gravitačních nádržích, flotací) nebo **strojně** (zahušťovací odstředivka, rotační, pásové, šterbinové zahušťovače).



Gravitační zahušťovací nádrže



Zahušťovací odstředivka

### Předúprava kalu

Před vlastní stabilizací kalu se provádí předúprava, jejímž cílem je snížení množství stabilizovaných kalů a zvýšení hygienického zabezpečení. Patří sem mechanická dezintegrace suspendovaných látek pomocí kulových mlýnů nebo vysokotlakých homogenizátorů, dezintegrace ultrazvukem, chemická hydrolýza pomocí minerálních kyselin a zásad, termická hydrolýza zvýšením teploty a tlaku a biologická hydrolýza pomocí specifických mikroorganismů.

### Stabilizace kalu:

Cílem stabilizace je získání nepáchnoucího a hygienicky nezávadného kalu, který lze snadno odvodnit. Pomocí stabilizace dochází ke snížení organických látek.

### Stabilizace kalu může být:

- Biologická s rozlišením podmínek, za nichž probíhá (aerobní, anaerobní)
  - Bývá označována jako metanizace nebo vyhnívání. Probíhá prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. Při těchto procesech se uvolňuje bioplyn a je odtahována kalová voda. Obsah nádrže je míchán buď nepřetržitě, nebo přerušovaně. Nádrže se vytápějí teplou vodou nebo párou pomocí topných těles uvnitř nádrže.
- Chemická
  - Provádí se přidávkem zásady oxidu nebo hydroxidu vápenatého do odvodňovaného kalu. Dochází k usmrcení patogenů, ale organická hmota zůstane nerozložena.
- Termická (spalování)
  - Ve většině případů se spaluje surový kal, tj. směs primárního a přebytečného kalu po zahuštění a odvodnění.
- Kompostování.
  - Je aerobní termofilní stabilizace a redukce patogenů. Kompost je složen z odvodňovaného kalového koláče smíchaného s dřevitými pilinami, biomasou a recyklovaným kompostem.

## Odvodňování kalu

Odvodňováním dochází k dalšímu snižování obsahu vody a tedy ke snižování celkového objemu kalu. Odvodněný kal obsahuje 20 - 50 % sušiny a lze s ním manipulovat jako se zeminou. Odvodňování probíhá **přírozně** (na kalových polích a lagunách) nebo **strojně** (pomocí pásových lisů, kalolisů a dekantačních odstředivek). Pro strojní odvodňování je potřebné upravit kaly tak, aby se mikročástice kalu agregovaly do makrovloček. Toho se docílí termickou úpravou (teplota nad 100°C za vysokého tlaku) nebo chemickou cestou (přidávání flokulantu).



Kalové pole



Kalolis

## Využití kalů nebo jejich likvidace

Pokud je to možné, dochází k využívání kalů a to nejčastěji v zemědělství nebo ve stavebnictví. Lze je použít jako hnojivo v tekutém nebo tuhém stavu, kompostovat pro získání kvalitního kompostového substrátu, rekultivovat jimi půdy narušené těžbou nebo půdy poškozené a neúrodné. Možností použití je také zakomponování do stavebních materiálů. Nelze-li kal z jakéhokoli důvodu využít, je nutná jeho likvidace spalováním nebo skládkováním.

## VÝROBCI ZABÍVAJÍCÍ SE KALOVÝM A ODPADOVÝM HOSPODÁŘSTVÍM

<http://www.kk-technology.cz/?show=6.3&lang=cs>

<http://www.kolstroj.cz/>

<http://www.ekomvo.cz/index.php/main-2/kalove-hospodarstvi/zahustovani-kalu>

## 5. MĚŘENÍ A ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ NA ČOV

Místa odběrů vzorků odpadní vody je nátok a odtok z ČOV. Mnoho provozovatelů větších čistíren zároveň odebírá vzorek i v průběhu procesu čištění, případně na kanalizační síti. Vhodným místem pro získání informací cenných pro řízení procesu čištění je nátok na aktivaci. Způsob odběru na nátok a odtoku je dán legislativou. Vypovídací schopnost vzorků odebraných na kanalizační síti závisí na správné volbě odběrových míst. Monitoring kanalizační sítě může včasným zjištěním vysoké koncentrace problémových látek eliminovat problémy na ČOV.

### Vzorkování na přítoku na ČOV

Odpadní voda na přítoku je značně nehomogenní médium. Zejména je-li více přítoků různé kvality, musíme být opatrní při výběru vhodného místa pro odběr vzorku. Toto platí, ať už odebíráme ručně nebo automatickým vzorkovačem. V současné době stále větší množství provozů využívá automatických vzorkovačů. Jejich výhodou spatřujeme zejména v opakovatelnosti a také v možnosti odebírat nepřetržitě a v přesně daných intervalech.

### Vzorkování během procesu čištění

Často je využíván směsný vzorek. Rozborem však získáme pouze údaje o průměrných hodnotách parametrů v daném dni. Pro potřeby řízení procesu čištění je rozhodně lepší odebírat vzorky dělené, na kterých je dobře vidět vývoj jednotlivých hodnot v různých denních a nočních hodinách.

### Vzorkování na odtoku z ČOV

Měřené ukazatele jsou stanovené ve vyhlášce č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

### Měření průtoků

Měření průtoků jednotlivých proudů na čistírně odpadních vod je základem pro bilance hmotnostních toků, a to jak na vstupu do ČOV (důležité z hlediska dimenzování procesů), tak na výstupu. Látkové toky v interních proudech jsou pak důležité pro vlastní řízení procesu.

### Zjišťování chemicko-technologických koncentračních údajů

Kromě koncentrací důležitých ukazatelů znečištění v surové odpadní vodě a finálním odtoku je nutno sledovat koncentrace vybraných ukazatelů i v odpadní vodě po primární sedimentaci (skutečný vstup do aktivace) i v jednotlivých vnitřních proudech (recyklovaného vratného kalu, interní recirkulace, vracená kalová voda apod.). V jednotlivých reakčních zónách je dále nutno sledovat, zda-li v nich skutečně převládají očekávané kultivační podmínky.

### Sledování kvality aktivovaného kalu

Aby byl provozovatel v dostatečném předstihu náležitě informován o změnách v biocenóze aktivovaného kalu, musí zodpovědně přistoupit k pravidelnému sledování kalových indexů.

## 6. VLIV ČOV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Čistírny odpadních vod patří mezi bodové zdroje znečištění vod. Bodové zdroje znečištění představují místa soustředěného odtoku surových nebo čištěných odpadních vod ze sídel, průmyslových závodů a dalších provozů do recipientu. Bodové zdroje znečištění jsou detailně ošetřeny jak v naší, tak v evropské legislativě (směrnice 91/271/EHS, Zákon o vodách č. 254/2001 Sb., Nařízení vlády č. 23/2011 Sb.). V Nařízení vlády 185/1996 Sb., kterým se mění a doplňuje nařízení vlády České republiky č. 171/1992 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod, jsou uvedeny limity množství a složení vypouštěných odpadních vod pro jednotlivé bodové zdroje.

V procesu kontaminace povrchových vod znečišťujícími látkami představují bodové zdroje nejvýznamnější složku. Efekt bodového znečištění spočívá ve skokové změně kvality vody v podélném profilu toku. Velké zdroje znečištění mohou ovlivnit kvalitu vody v toku až na vzdálenost desítek kilometrů. Při hodnocení znečištění povrchových vod jsou bodové zdroje nejčastěji posuzovány jednotlivě, zřídka je řešeno prostorové hledisko koncentrace. Pro stav a vývoj kvality vody však může mít podstatný vliv i počet zdrojů na určitém území. Při větším množství zdrojů na malém území může dojít k imisnímu přetížení vodních toků, přestože emisní limity jednotlivých zdrojů byly dodrženy.

V České republice je problematika komunálních zdrojů znečištění intenzivně řešena. Výrazný posun nastal na konci 90. let, kdy byla rozšířena síť čistíren odpadních vod a největších zdrojů komunálního znečištění. V současné době jsou největším problémem malé obce s EO do 2000 obyvatel, u kterých stále velmi často dochází k vypouštění odpadních vod přímo do recipientu nebo zařízení na úpravu vod jsou zastaralá a neumožňují eliminaci dusíku a fosforu.