

Čištění odpadních vod

ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD: POJMY

BSK (biochemická spotřeba kyslíku): definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek; BSK5 = biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou v průběhu pěti dnů, za aerobních podmínek a při teplotě 20°C; postihuje pouze znečištění biologicky rozložitelnými látkami

CHSK (chemická spotřeba kyslíku): CHSK je jedním z nejdůležitějších kritérií znečištění vody, které podává informace především o koncentraci veškerých organických látek. Jako oxidační činidlo se používají roztoky manganistanu draselného nebo dichromanu draselného a stanovení se provádí za přesně určených podmínek. Chemická spotřeba kyslíku je definována jako množství kyslíku ekvivalentní spotřebě použitého oxidačního činidla. CHSK je hodnotou nespecifického skupinového stanovení, které slouží k odhadu organického znečištění (pozn. – limit pro pitnou vodu je 3 mg/l)

EO (ekvivalentní obyvatel): zpravidla jedna osoba, producent znečištění; uměle zavedená jednotka, která představuje produkci odpadní vody 150 l/den a produkci znečištění 60g BSK5/den.

ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD: POJMY

NL (nerozpuštěné látky): Jedná se o pevné nebo kapalné látky (emulze, povlaky na hladině). Tyto látky mohou být **lehčí než voda**, vystupují k hladině. Při větším množství zamezují přívodu kyslíku do vody. **Těžší než voda**, klesají ke dnu a v proudící vodě se po něm sunou. **S hustotou zhruba jako voda**, v proudící vodě se vznášejí, ve stojaté se po delší době buď usadí, nebo vyplavou. Z hlediska **sedimentace** je dělíme na: usaditelné, které cca do 2 hodin sedimentují, neusaditelné, které tvoří trvalý zůbek

RL (rozpuštěné látky): Tyto látky nelze z vody odstranit sedimentací. Ovlivňují pach vody, kyselost, zvyšují korozivní účinky vody a při biochemickém rozkladu odebírají z vody kyslík.

Rozpuštěné látky dělíme na :

- organické látky
- soli
- soli těžkých kovů (Hg, Pb, Se, Ni,....), které jsou toxické, koncentrují se v organech rostlin a živočichů a mohou způsobit otravy
- hnojiva, herbicidy, pesticidy, jedy, žiraviny apod. Tyto látky by se do odpadní vody neměly dostávat, je nutno je likvidovat samostatně před vstupem do kanalizace

SPECIÁLNÍ ZNEČIŠTĚNÍ

- odpadní vody z atmosférických srážek - prvních 5 až 10 minut od začátku deště je odpadní voda silně znečištěna (spláchnutí nečistot z ulic, střech apod. do kanalizace, rozvívání a spláchnutí usazeného kalu ze stok). Voda z tajícího sněhu bývá kyselá a znečištěná, neboť obsahuje prašný a kyselý spad za dlouhou dobu zimy, sůl ze solení komunikací, písek, škváru z posypu apod.
- tuky a oleje - v malém množství jsou i ve splaškové vodě. V odpadních vodách z restauračních provozů, některých potravinářských výrobních zařízení mohou být ve větším množství. Zachycují se na stěnách potrubí a zařízení a zhoršují činnost mikroorganismů v čistírně odpadních vod. Saponáty způsobují emulgaci tuků.
- ropné látky - již v nepatrném množství dokáží zcela znehodnotit vodu. Do recipientu se nesmí dostat, proto se musí zachycovat a likvidovat (např. vrátit do procesu nebo spálit)
- průmyslové odpady - jejich likvidaci je nutno řešit individuálně, podle druhu. Nejškodlivější jsou kyanidy a sloučeniny kovů z loužení, niklování, chromování (mořící lázně) a z povrchových úprav nebo odmašťovací kapaliny.

STANDARDS KVALITY VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Nepřekročitelné hodnoty při vypouštění do prostředí:

Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 416/2010 Sb.

Ukazatele a emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních

Tabulka 1A: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rekreaci:

Kategorie ČOV (EO) ^{1,2}	„m ³ “					„m ⁴ “	
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{caek}	Escherichia coli	Enterokoky
< 10	150	40	20	40	10	-	-
10 - 50	150	40	20	40	10	50000	40000
> 50	130	30	20	30	8	50000	40000

Tabulka 1B: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb poskytujících služby:

	„m ³ “					„m ⁴ “	
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{caek}	Escherichia coli	Enterokoky
	130	30	20	30	8	50000	40000

Maximální znečištění odpadní vody vypouštěné do kanalizace

Druh znečištění	Limit mg/l	Druh znečištění	Limit mg/l
BSK ₅	1000	rtuť	0,005
CHSK	2000	měď	0,5
pH	6,0 až 8,5	nikl	1,0
teplota (st.C)	40	chrom Cr ⁶⁺	0,1
soli, celk.	1000	chrom Cr ³⁺	0,5
tuky a oleje	55	olovo	0,1
saponáty	10	arsen	0,2
ropné látky na ČOV	20	zinek	2,0
ropné látky bez ČOV	5	selen	0,05
sušina celk.	3000	kadmium	0,2
látky sedimentující do 30 min.	200	stříbro	0,1
fenoly	30	kyanidy	0,2

TYPICKÉ SLOŽENÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADNÍCH VOD

pH	7,2 – 7,8
Sediment po 60 min.	3,0 – 4,5 mg/l
Nerozpuštěné látky	500 -700 mg/l
usaditelné	67 %
neusaditelné	33 %
Rozpuštěné látky	600 – 800 mg/l
BSK ₅	100 – 400 mg/l
CHSK _{Mn}	100 – 500 mg/l
Ionty NH ₄	20 – 42 mg/l

STOKOVÉ SÍŤ

Stokovou síť rozumíme soustavu stok, které odvádějí odpadní i dešťové vody z určitého území. Proto vznikly dvě soustavy:

Jednotná soustava – odvádí všechny odpadní vody, včetně vod dešťových. V současné době je nejvíce rozšířena z důvodů ekonomických, ale i z důvodů nařazení odpadních vod.

Soustava oddílná – má dvojitou stokovou síť. Jedna je určena pro odpadní vody splaškové, druhá pro vody dešťové. Dvou stokových sítí bylo využíváno tam, kde odpadní vody obsahují velmi nebezpečné látky (jedy, choroboplodné zárodky apod.) Tato soustava se používá velmi málo z důvodu velkých nákladů na dvojitou stokovou síť. Je vhodné ji využít za předpokladů, že dešťové srážky je možno odvést dešťovými příkopy.

Obě soustavy je možné kombinovat.

DIMENZOVÁNÍ STOKOVÝCH SÍTÍ

- u jednotné soustavy - na základě průtoku srážkových vod
- u oddílné soustavy - na maximální průtok splašků
- stoky na dešťové vody se navrhují na průtok dešťových vod
- u venkovských obcí se počítá s pravděpodobným přetížením jednou za rok
- u větších měst jedenkrát za dva roky (popř. 1x za 10 let)
- množství vody spadlé při dešťové srážce se nerovná množství, které odtéká stokovou sítí. Dešťová voda se částečně vsákne do půdy a částečně odpaří
- většinou se počítá s 15-min přívalem deštěm. Jeho intenzita se zjistí u ČHMÚ nebo se uvažuje intenzita 100 l/s/ha u obcí do 1000 obyvatel
- při výpočtu se postupuje od vrcholového bodu stoky po sklonu území až k ČOV
- je – li doba potřebná k přítoku od nejvzdálenějších vod profilu delší než 15 minut dochází ke zpoždění – retardaci – odtoku a průtok v profilu bude ve skutečnosti menší

VÝPOČTOVÉ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

Specifické množství odpadní vody Q_p v l/osoba/den:

Domácnosti	Q_p	Q_{MIN}
Ústř. topení, koupelna, centr. ohřev teplé vody, WC	280	168
Koupelna, lokální ohřev teplé vody (bojler, karma), WC	230	138
Ostatní byty připojené na vodovod, vč. bytů se sprch.k.	150	90
Byty nepřipojené na vodovod, bez koupelny, suché OO	40	40

Pro rodinné domky nebo byty s měřením spotřeby teplé a studené vody se používají hodnoty Q_{MIN}

Průmysl

Horké a špinavé provozy	220
Špinavé a prašné provozy nebo horké a čisté provozy	120
Čisté provozy	50
Administrativa, obchod, sklady, apod.	60
Cestovní ruch	
Hotely podle kategorie (l / lůžko/ den)	150 – 1200
Restaurace (l / zaměstn. / den)	450
Ruční mytí osobního auta (l / 1 mytí)	200

VÝPOČTOVÉ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

- Návrh stoky se provádí na max. průtok splaškových vod, který se vypočte z průměrné potřeby vody násobené součinitelem hodinové nerovnoměrnosti
- součinitel je 5,2 v obcích do 500 obyvatel a 4,4 v obcích do 1000 obyvatel
- při vyšších počtech obyvatel se dále snižuje.
- Zavádění dešťových vod do splaškových znamená velký nárazový přítok do ČOV
 - může znamenat značné nařazení odpadní vody, popřípadě i vyplavení obsahu čistírny odpadních vod, včetně směsné kultury mikroorganismů
 - do malých ČOV se dešťové vody nesmějí zavádět
 - před velkými městskými čistírnami odpadních vod se doporučuje instalovat odlehčovací stoky - počáteční silně znečištěný proud jde na čistírnu odpadních vod, další již čistá voda jde přes odlehčovací stoku mimo ČOV do recipientu, nebo odlehčovací nádrže. Zachycená voda je pak postupně odváděna na ČOV.

ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Čistírny odpadních vod lze rozdělit podle druhu čistěných odpadních vod na:

- městské
- infekční
- dešťové
- průmyslové
- společné, určené pro společné čištění komunálních a ostatních vod
- důlní

V minulosti byly odpadní i povrchové vody čistěny pouze samočisticími procesy v přírodě samovolně probíhajícími, v 19./20. stol. první mechanické čistírny v Anglii.

S dalším rozvojem měst i průmyslu přestaly vyhovovat i mechanické čistírny (sedimentace kalu) a začaly se budovat v čistírnách biologické stupně čištění.

Nyní se začínají instalovat stupně odstraňující z odpadní vody dusík a fosfor, kvůli eutrofizaci recipientu.

ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody se obvykle v čistírně odpadních vod čistí v několika na sebe navazujících stupních čištění :

- 1. mechanické čištění** - zahrnuje hrubé čištění a mechanické usazování, je 1. stupněm čištění, představuje snížení znečištění BSK₅ o 25 – 35 %
- 2. biologické čištění** - je 2. stupněm čištění, kombinací s mech. čištěním se odstraní až 75 – 95 %
- 3. chemické čištění** - je následným čištěním k odstranění biogenních prvků a dalšího snížení BSK₅, je 3. stupněm čištění.

Zdravotní zabezpečení vody - dezinfekce, sterilizace – navazuje podle potřeby na kterýkoliv stupeň čištění.

SAMOČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD

značí rozklad rozpuštěných či rozptýlených znečišťujících látek na jednodušší formy či až na látky minerální a jejich následným využitím dalšími organizmy. Ovlivňuje ho:

- 1) množství kyslíku ve vodě**, nasycení vody kyslíkem v závislosti na teplotě. Vyšší množství kyslíku zvyšuje samočisticí schopnost. Kyslík se do vody dostává z hladiny, vodu provzdušňují např. jezy.
- 2) teplota vody**, vyšší teplota vody urychluje rozkladnou činnost mikroorganismů, avšak snižuje přísun kyslíku hladinou. Při teplotě vyšší než 35 až 40 °C, mikroorganismy běžně se vyskytující ve vodních tocích hynou (= omezení teploty vypouštěné odpadní vody).
- 3) mikroorganismy ve vodě**, znečištění ve vodě je pro ně potravou, k životu však potřebují i kyslík (aerobní) a optimální teplotu. Při nízké teplotě se pomalu množí, takže špatně čistí vodu. Při vyšší teplotě se rychleji množí, spotřebují hodně kyslíku z vody, zejména při jejím velkém znečištění a to může mít za následek úhyn ryb

ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Základní technologické postupy jsou založeny na několika základních procesech:

Biologické procesy:

1. Aerobní biologické procesy
2. Anaerobní biologické procesy

Chemické procesy:

3. Chemická oxidace a redukce
4. Neutralizace

Fyzikálně – chemické procesy:

5. Srážení
6. Adsorpce
7. Procesy iontové výměny
8. Membránové procesy
9. Extrakce
10. Flotace
11. Odvětrávání (stripování)
12. Termické způsoby

BIOLOGICKÉ PROCESY

Aerobní:

Patří k nejrozšířenějším způsobům čištění jak městských, tak průmyslových odpadních vod. Jsou založeny na odstraňování organických látek v rozpuštěné nebo koloidní formě heterotrofními organizmy za přítomnosti kyslíku.

Anaerobní:

slouží ke zneškodnění organických kalů, zejm. z primárních usazovacích nádrží a přebytečného aktivovaného kalu. Hlavními anaerobními procesy jsou kyselá a metanová fermentace. V některých případech probíhá také kvašení sirmé. Uvedené pochody bývají v technologii vody označovány souborným pojmem metanové vyhnívání.

CHEMICKÉ PROCESY

Oxidační: přímá oxidace silnými oxidačními činidly, např. manganistany v pevné nebo kapalné formě (draselný a sodný), peroxidy, zejména Fentonovo činidlo (=peroxid vodíku s dvojmocným železem jako katalyzátorem), chlor, ozon, popř. ozon v kombinaci s peroxidem (peroxon), peroxodisírany, zejména peroxodisíran disodný. Každá z uvedených oxidačních látek má svá specifika, míru využitelnosti pro jednotlivé polutanty, výhody a nevýhody použití. Obecně jsou tyto metody označovány jako ISCO (In Situ Chemical Oxidation).

Redukční: k odbourávání polutantu se používají silná redukční činidla, která nejčastěji představují disulfiditan, siřičitan, event. hydrogensulfiditan sodný, nanoželezo, dithionititan sodný, oxid siřičitý, alkalické kovy. Typická aplikace – odstranění Cr⁶⁺ jeho redukcí siřičitanovými solemi na málo rozpustný Cr³⁺

Neutralizace: úprava pH kyselých nebo zásaditých odpadních vod. Volba způsobu neutralizace závisí na složení a množství odpadních vod, dostupnosti neutralizačního činidla, vodnosti recipientu a jeho tlumivé kapacitě. Neutralizaci velmi často provází flotace.

FYZIKÁLNÍ PROCESY

Srážení/koagulace:

ionty těžkých kovů a některé anionty (např. kyanidy) jsou velmi toxické. Z odpadních vod je lze odstranit srážením jako málo rozpustné sloučeniny. V praxi je nejč. odstraňování iontů těžkých kovů jako hydroxidy, uhličitany, fosforečnany nebo sulfidy. Jako nejčastější látky pro srážení je používáno vápno, hydroxid sodný (železnatý), uhličitán sodný, sulfid sodný, vápenatý, či železnatý. Můžeme pak hovořit o srážení :

- sulfidovém
- hydroxidovém
- uhličitánovém apod.

Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících proces srážení je pH a počáteční koncentrace polutantu ve vodě.

Adsorpce:

vázání znečišťujících látek na tuhý adsorbent; používá se zejména při dezodorizaci a odbarvování vody při odstraňování olejů, fenolů a některých toxických látek; používané adsorbenty: aktivní uhlí, vločky hydroxidu hlinitého nebo železitého, škvára, antracit, v poslední době elektrárenské popílků.

FYZIKÁLNÍ PROCESY

Iontová výměna:

Iontová výměna je reverzibilní reakce, při které iont nesoucí elektrický náboj obsažený v odpovídajícím médiu (kapalina) je vyměněn za podobně nabitý iont aktivovaného iontoměniče. Tyto procesy se používají např. při čištění vod při sanačních procesech. Používají se buď přírodní iontoměniče např. zeolity, jíly, nebo uměle vyrobené ve formě polymerů.

Membránové procesy (filtrace):

Jejich principem je schopnost separace vstupního média použitím semipermeabilní membrány (polopropustné) na proud odsolený a koncentrovaný v závislosti na fyzikálních a chemických vlastnostech vstupního proudu čištěné vody. Pro oddělení směsi se používají buď porézní membrány, u kterých se využívá rychlosti difúze separovaných složek membránou nebo porézní polymerní membrány. Mezi nejběžněji používané tyto metody patří reverzní osmóza (dovoluje transport rozpouštědla membránou, zatímco rozpouštěné soli a nízkomolekulární složky zachycuje; proces je založen na aplikaci vnějšího tlaku ze strany koncentrovanějšího roztoku, což způsobí obrácení přirozeného jevu osmózy)

FYZIKÁLNÍ PROCESY

Extrakce:

používá se při čištění odpadních vod buď pro získání významných surovin a některých průmyslových odpadních vod (např. odfenolování odpadních vod z tepelného zpracování uhlí), nebo pro odstranění specifických toxických látek; neaplikuje se v komunálních ČOV

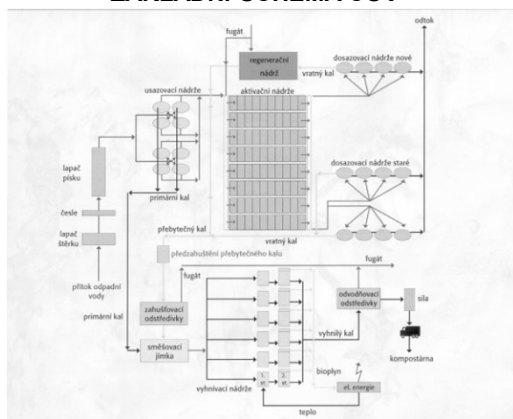
Flotace: „vypěnění“

vynášení látek bublinkami vzduchu k hladině, vzniká pěna, kterou lze následně separovat. Stabilita pěny závisí na vlastnostech filmové vrstvy obklopující bublinky plynu. Stabilita pěny se zvyšuje adsorpcí povrchově aktivních látek (tenzidů) ve vrstvě, ale také hromaděním jemně dispergovaných tuhých látek.

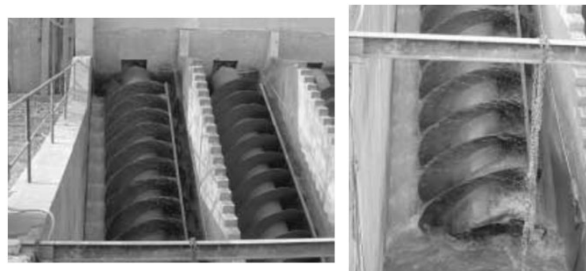
Termické procesy:

odpařování a spalování, zejména u vod silně znečištěných organickými nebo toxickými látkami v tom případě, že se nehodí žádný jiný způsob z dříve popsaných k jejich čištění. Rovněž se užívá spalování čistírenských kalů. Kromě přímého spalování se používá hydrolyza, které probíhá při teplotách 200 – 350 °C a za vysokých tlaků v autoklávech.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA ČOV



Odpadní voda protéká čističkou samospádem
hydrostatický spád je vytvořen šnekovými čerpadly



MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ

1) Česle - hrubé, střední, jemné, slouží k zachycování hrubých nečistot
(suspendovaných a plovoucích látek)

2) Síťové filtry - pevné, pohyblivé, slouží k zachycení jemnějších nečistot než česle,

3) Lapače písku, štěrku a kamenů - zachycují písek a štěrk stržený deštěm do kanalizace, apod. Podle způsobu toku odpadní vody se lapače dělí na:

- s horizontálním průtokem
 - komorový
 - štěrbínový
 - rozdrůžvadlo
 - válcový rotační
- s vertikálním průtokem
 - jímka s normou stěnou
 - bochumský lapač

ČESLE

- tvořeny železnými tyčemi skloněnými proti vodě, pohyblivé x nepohyblivé
- slouží k zachycení hrubších plovoucích a unášených nečistot
- obvykle jsou použité hrubé česle (světlost mezi česlicemi 6 a více mm) a jemné česle (podstatně menší světlost česlic)
- stírání česlic se provádí strojně stíračem, jehož zuby zapadají do mezer česlic a shrnují zachycené látky do sběrného žlabu



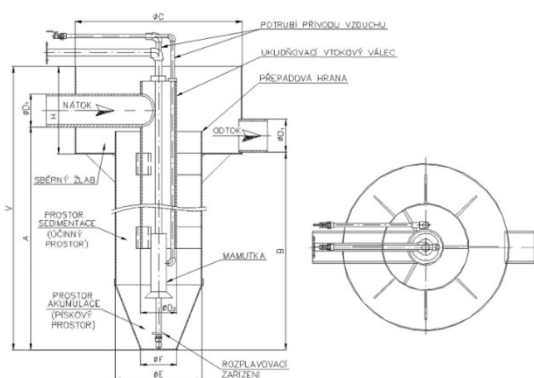
SÍTOVÉ FILTRY

- splašková voda natéká za česle do dosazovací nádrže přes síťový pytel
- záchyt shrabek.
- po naplnění pytle se provede pomocí zvedacího zařízení jeho výměna
- pytle jsou ze syntetických materiálů, umožňujících kompostování
- maximální průtok sítě je 25 l/s
- velikost ok pytle je od 5 do 25 mm, délka pytle 1000 – 2000 mm.

LAPAČE PÍSKU

- slouží k odstranění unášených a sunutých těžších nečistot.
- lapák zachycuje písek a propouští organický kal, který se zachycuje a zpracovává v dalších částech čistírny.
- řadí se za česle, evt. za síťový filtr, spolehlivě chrání čistírnu před zanesením splavenými písky
- voda natéká do vtokového válce, kde dojde k částečnému snížení rychlosti a uklidnění přitékající vody.
- poté dojde ke snížení průtočné rychlosti, pískové zrna obsažená ve splaškové vodě začnou sedimentovat do prostoru akumulace písku.
- voda zbařená písku stoupá vnějším mezikružím vzhůru
- provzdušňované lapáky jsou zdrojem pachů a proto se prosazuje jejich zakrývání a odvod vzdušiny do dezodorizace. Provzdušňování zabraňuje usazování organického kalu
- novým trendem v souvislosti se zakrýváním lapáků písku je používání spodních šnekových vynašečů písku.

VERTIKÁLNÍ VÍROVÝ LAPAČ PÍSKU

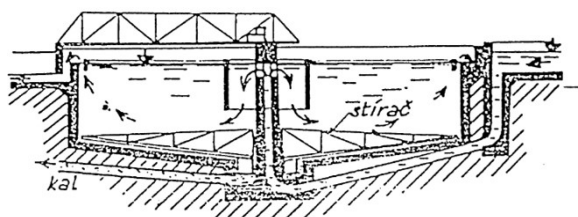


USAZOVACÍ NÁDRŽE

- odstraní se usaditelné látky, které se po usazení označují jako primární čistírenský kal. Kal se podle částic člení na zrnitý a vločkovitý
- **zrnitý kal:** písek, hlína aj. nezachycené v lapáku písku, případně i organické. Částice mají stálou sedimentační rychlost
- **vločkovitý kal:** vzniká shlukováním velmi jemných částic převážně organického původu. K jeho vzniku dochází již samovolně v městské stokové síti. V čistírenském provozu se uměle vyvolá vznik vloček (flokulace) a urychluje ve zvláštních zařízeních
- účinnost sedimentačních nádrží na vločkovitý kal stoupá s rostoucí dobou zdržení odpadních vod
- doba zdržení by neměla překročit 2 až 3 hodiny.
- průtočná rychlost je v rozmezí 1,5 – 3 m/h.
- kal se odčerpává tzv. mamutkou – čerpadlo na stlačený vzduch
- v těchto nádržích existují anaerobní podmínky a bakterie odstraňují z vody dusičnany

USAZOVACÍ NÁDRŽE

- nejčastěji se vyskytující typy jsou horizontálně protékající kruhové nádrže s radiální prouděním nebo obdélníkové s podélným prouděním podél delší strany
- nádrže jsou vybaveny stíračem dna, který shrnuje kal nepřetržitě do jímký u středu nádrže



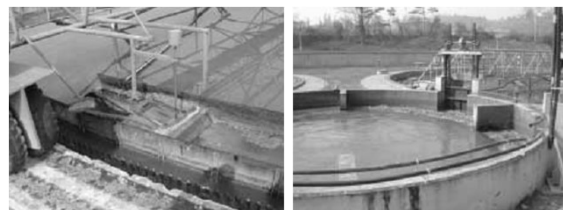
Komorový usazovač



Radiální usazovač



Odtok vody a kal z radiálního usazovače



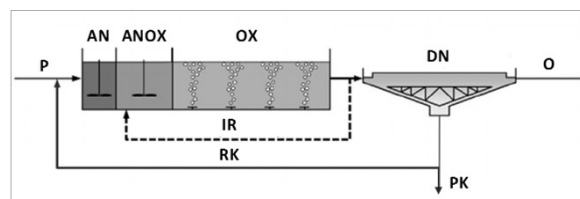
BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍ VODY

- je technologický proces, založený na schopnosti mikroorganismů stravovat a mineralizovat znečišťující látky.
- tento proces je obdobou přirozených samočisticích pochodů, probíhajících samovolně v přírodě.
- biologické čištění následuje po mechanickém čištění (předčištění)
- odstraňuje rozpuštěné a koloidní látky organického původu včetně choroboplodných zárodků.
- biologické čisticí pochody mohou být aerobní nebo anaerobní.
- nejpoužívanější metodou čištění odpadních vod je tzv. **aktivace** = voda se v aktivizačních nádržích míchá s aktivovaným kalem, tj. směsnou kulturou bakterií, hub, prvoků a dalších mikroorganismů, volně rozptýlených v aktivizační nádrži.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA AKTIVAČNÍHO PROCESU

- aktivizační nádrže jsou míchané
- v oxické zóně je důležitá aerace (provzdušňování)

PHOREDOX proces



P- přítok, O- odtok, IR- interní cirkulace, RK- recirkulovaný kal, PK- přebytečný kal, DN- dosazovací nádrž, AN- anaerobní zóna, ANOX- anoxická zóna, OX- oxická zóna

ZÓNY AKTIVAČNÍ NÁDRŽE

- liší se hodnotou **redoxního potenciálu** = schopnosti redox systému převést jeden z reakčních partnerů do oxidovaného stavu,
 - měří se jako elektrické napětí inertní elektrody ponořené do roztoku systému proti srovnávací elektrodě se známým potenciálem

Zóny :

- 1) Oxická:** aerobní oblast s hodnotou redoxního potenciálu nad +50mV, přičemž konečným akceptorem elektronů je kyslík. Probíhá zde nitrifikace (oxidace amoniaku a amonných iontů na dusičnan) a kyslíková oxidace.
- 2) Anoxická:** hodnota redox potenciálu je -50 mV až +50 mV, akceptorem elektronů je dusičnanový a dusitanový dusík. V této oblasti probíhá hlavně biologická denitrifikace. Produktem je dusík.
- 3) Anaerobní:** hodnota redox potenciálu je -50 mV a nižší. V tomto prostředí probíhá depolymerizace polyfosfátů, desulfatace, anaerobní acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze. Nejsou přítomny ionty dusičnanů, dusitanů a rozpuštěný kyslík. Akceptorem volných elektronů jsou organické látky, z nichž se část oxiduje a část redukuje. V případě síranových iontů nastává proces desulfatace s možným vznikem sirovodíku.

AKTIVAČNÍ NÁDRŽE

- měření redox potenciálu je důležité především u systému, které biologicky odstraňují dusičnany, dusitaný a fosforečnany
- velikost redox potenciálu indikuje stav, ve kterém se reaktor nachází - možná optimalizovat např. vnos kyslíku do nitrifikace s ohledem na dosažení anoxického prostředí v denitrifikaci, popřípadě zjistit nežádoucí vnos kyslíku do denitrifikace.
- je sledována koncentrace kyslíku, v plně oxickém prostředí je třeba 2 mg/l
- procesy jsou citlivé na pH, je proto potřeba ho sledovat - optimum pH = 7 – 8
- ovlivnění teplotou - je vhodné ji měřit; obecně platí, že při teplotě 20 °C a dostatku kyslíku v oxické části se za 1 den rozloží 20 % organických nečistot.

DALŠÍ AKTIVAČNÍ TECHNOLOGIE

Linka s D-N aktivačním procesem

- jedná se o vnitřní recirkulaci mezi nitrifikační (oxickou) a denitrifikační (anoxickou) zónu.
- proces je možno realizovat i formou tzv. oběhové aktivace, kdy dochází k simultánní nitrifikaci a denitrifikaci v jedné speciálně tvarované reakční nádrži

Linka s R-D-N aktivačním procesem

- přítok do ANOX (denitrifikační) zóny
- zajištění potřebného aerobního stáří aktivovaného kalu pro úplnou nitrifikaci při snížených nárocích na celkový objem systému
- přítomnost re-aerační zóny zvyšuje celkovou metabolickou aktivitu mikroorganismů aktivovaného kalu, vedoucí ke zvýšení specifických rychlostí.

Biologické čištění aktivační nádrže



ÚPRAVA VODY SRÁŽENÍM

- srážením lze z odpadních vod odstranit některé nežádoucí látky – ionty těžkých kovů, některé anionty (např. kyanidy) a organické látky (především na málo rozpustné sloučeniny)
- absorpční srážení je dávkováním srážedel (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, polysilikáto – železitého koagulátu apod.) za účelem vytvoření vločkovitých sráženin.

současný stav: využívá se polymerní koagulant, polysilikáto – železitý typ (PSI) s molárním poměr $\text{Fe} : \text{Si}$ 1:1 až 1:5, rozsah optimálního pH je 4,5 – 7. Je netoxický a bezpečný, nevýhodou je gelovatění při skladování.

- u nás se příliš nepoužívá, obvykle je to první krok při čištění komunálních odpadních vod, typický ve skandinávských zemích
- předsrážení se většinou používá s cílem snížit zatížení biologického stupně.
- koagulant se zpravidla dávkuje do místa nátok s nejvyšší turbulencí, před primární usazovací nádrží

DOSAZOVACÍ NÁDRŽE

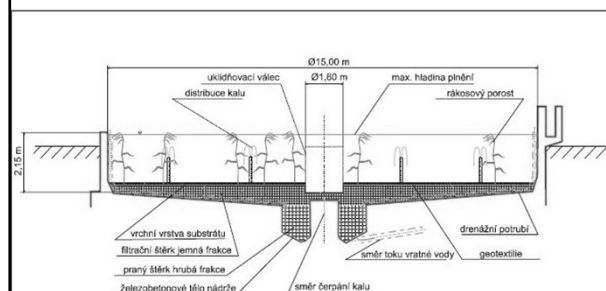
- uzavírají proces zpracování odpadních vod
- odtéká do nich aktivační směs
- jejich úkolem je oddělit kal plovoucí na hladině i ze dna nádrže
- slouží jako prostředí, kde se aktivovaný kal separuje flokulací a gravitační sedimentací od vyčištěné odpadní vody
- zachycený kal – tzv. **aktivovaný kal** (nevyhnilý)
 - výsledný produkt biologického čištění – zahušťuje se
 - část se vrací do aktivační nádrže - odváděním vloček ubývá v aktivační nádrži mikroorganismů
- problematický krok určující výsledný efekt čištění - souvisí s kvalitou a mikrobiálním složením aktivovaného kalu (disperzní růst, tvorba neusaditelných vloček, vzplývání aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích, viskózní a vláknité bytění, biologická tvorba pěn způsobená vláknitými mikroorganismy, apod.)

DOSAZOVACÍ NÁDRŽE

- obvykle se používají vertikální dosazovací nádrže s nornými stěnami a odtokovými žlábkami
- voda odcházející z dosazovací nádrže se už vypouští do recipientu



DOSAZOVACÍ NÁDRŽE



Měřicí žlab a výtok vody do řeky



ZPRACOVÁNÍ KALU

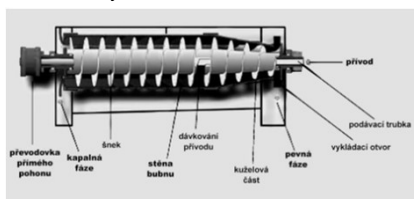
Druhy kalu:

- **PRIMÁRNÍ**
 - odděluje se v primární usazovací nádrži
 - obsahuje nerozpuštěné usaditelné látky
 - je stabilizován anaerobními pochody
- **SEKUNDÁRNÍ** (biologický)
 - tvoří se při biologickém čištění
 - odděluje se jako **aktivovaný kal** v usazovacích nádržích
 - po 20 až 30 dnech se společně zpracovává s primárním kalem
- **SMĚSNÝ**
 - kal z primární sedimentace a přebytečného biologického kalu z biologické části čistírný
 - pro většinu našich středních a velkých čistíren je vstupním materiálem do linky na zpracování kalu

ZPRACOVÁNÍ KALU

Zahušťování

- provádí se na horizontálních šnekových odstředivkách buď bez flokulantu nebo s jeho malou dávkou
- cílem je dosáhnout sušiny 5 – 6 %



Stabilizace

- je hlavním cílem technologického zpracování kalu
- cílem je
 - zmenšení množství organické hmoty v kalu
 - omezení počtu patogenních mikroorganismů
 - snížení zápachu

AEROBNÍ STABILIZACE KALU

- spočívá v provzdušňování a promíchávání kalu ve stabilizačních nádržích po dobu asi 25 dnů
- organické látky primárních kalů slouží jako substrát pro organismy sekundárních kalů
- používá se na menších ČOV



ANAEROBNÍ STABILIZACE KALU

- je založena na biologickém rozkladu látek za nepřístupu vzduchu.
- procesy představují z energetického hlediska velmi úspornou metodu, neboť téměř 90% energie obsažené v substrátu zůstane zachováno ve vzniklém bioplynu
- základem je metanová a kyselé fermentace v mezofilním režimu (okolo 30-40°C), případně termofilním (40-55°C)
- velké ČOV v současné době reaktory na výrobu bioplynu řadí za sebou, tj. ve dvoustupňovém uspořádání, s 1. stupněm míchaným a vyhříváním a 2. stupněm míchaným a nevyhříváním.
- reaktory musí být vzduchotěsné, protože bioplyn se vzduchem vytváří výbušnou směs a je třeba udržet anaerobní podmínky
- bioplyn se energeticky využívá – obvykle jako palivo pro kogenerační jednotky
- stabilizované kaly jsou strojně zpracovány a následně likvidovány, popř. využity

Vyhnívací nádrže s plynojemem



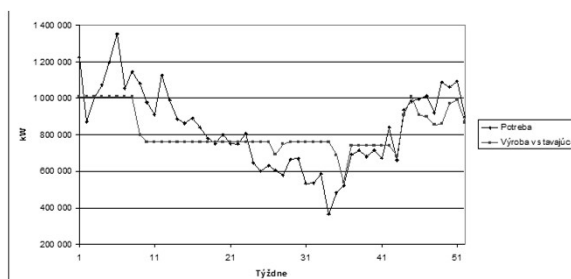
Energocentrum a kotelna ČOV



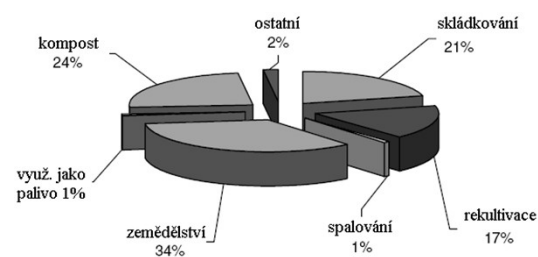
Kogenerační jednotky



Potřeba tepla pro fermentační reaktory a produkce v KJ



VYUŽITÍ A LIKVIDACE KALU



- od r. 2020 je přímé využití čistírenských kalů na zemědělské půdy silně redukováno
- pokud nelze zajistit úpravu kalů z ČOV pro využití v zemědělství, je možné kompostování, spalování nebo skládkování

ZEMĚDĚLSKÉ VYUŽITÍ KALU

- jedná se o řízenou aplikaci kalů na zemědělské pozemky.
- řízená aplikace kalů na zemědělskou půdu (dle zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a prováděcí vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě č. 437/2016 Sb.) připouští použít jen **upravený kal** = který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě, dlouhodobému skladování nebo jinému vhodnému procesu tak, že se významně sníží obsah patogenních organismů v kalech a tím zdravotní riziko spojené s jeho aplikací
- došlo ke zpřísnění mikrobiologických kritérií a stanovení povinnosti ověření účinnosti hygienizace kalů (§ 10 vyhlášky).
- projití kalu procesem anaerobní stabilizace nespĺňuje požadavky vyhlášky ani požadavky pro ověření účinnosti hygienizace => nutná modernizace zařízení do 31. prosince 2019
- rozvíjejí se závody, které zpracovávají kal do hnojivých substrátů, a tak umožňují jejich bezproblémové využívání v zemědělství.

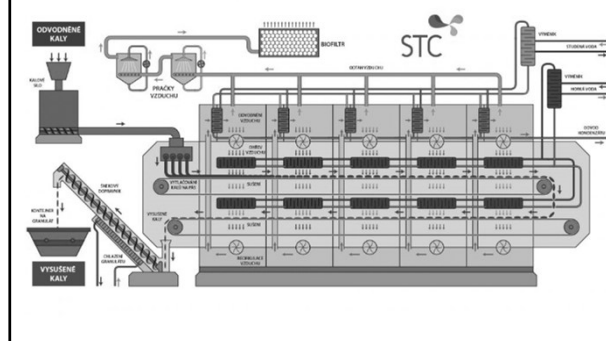
ZEMĚDĚLSKÉ VYUŽITÍ KALU

- provozovatel ČOV může provádět úpravu kalů sám, jinak je povinen předat kaly pouze provozovateli zařízení na úpravu kalů
- provozovatel ČOV nebo provozovatel zařízení na úpravu kalů je povinen stanovit tzv. program použití kalů a v tomto programu doložit splnění podmínek použití kalů stanovených zákonem a vyhláškou
- upravené kaly lze následně předat pouze osobě uvedené v programu použití kalů (zemědělci)
- pokud např. zrovna není vhodná doba na aplikaci kalů na půdu (např. zmrzlá půda), je možné předat kaly také provozovateli zařízení ke sběru a skladování kalů, který má souhlas podle § 14 odst. 1 zákona
- provozovatel zařízení ke sběru a skladování kalů je pak povinen předat upravené kaly zemědělci uvedenému v programu použití kalů

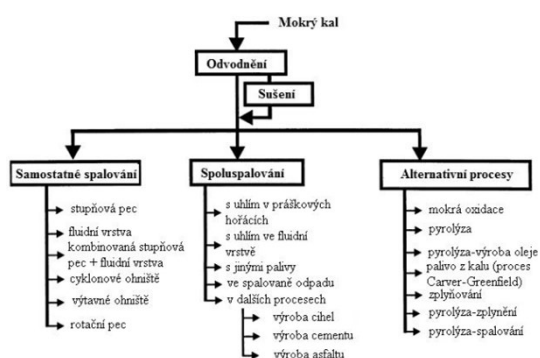
ZEMĚDĚLSKÉ VYUŽITÍ KALU

- možnosti, jak lze technologicky vyhovět zprísněným legislativním požadavkům, jsou:
 - **hygienizace kalů vápněním** - nepředstavuje vysoké náklady, ale produkuje značné emise amoniaku a vzniklý kal není z pohledu pH a dostupnosti organických složek na některé půdy vhodný
 - **sušení kalu** (např. pásové nízkoteplotní sušárny, solární sušárny) - proces zredukuje množství kalu, zajistí hygienizaci a zabrání i druhotnému mikrobiologickému růstu, sušený kal lze energeticky či materiálově využít (stavebnictví, výroba energie, zemědělství)
 - **termické zpracování** - produkce bezpečných komponentů pro hnojení půd - popel (biochar) je vhodný k produkci hnojiva nebo může být aplikován přímo – významný je obsah fosforu
 - **kompostování** - vyhláška k zákonu o hnojivech (č. 474/2000 Sb., po novelizaci z roku 2017) zprísňuje mikrobiologická kritéria - vznikají pochybnosti, zda budou kompostárny za těchto podmínek kalý přijímat

SUŠÁRNA KALŮ NA ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD KARLOVY VARY



TERMICKÉ ZPRACOVÁNÍ KALU



Vzorek kalu odebraného v ÚČOV Praha

		ODVODNĚNÝ KAL	SUŠENÝ KAL
sušina při 105 °C	%	34 ±5	95 ±5
popel	% hm. suš.	55,05	48,50
vlhkost (voda)	%	66 ±5	4,7 ±5
výhřevnost	MJ/kg suš.	11,67	11,88
spalné teplo	MJ/kg	4,15	11,82

Nízká výhřevnost mokrého kalu

