evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Čištění odpadních vod

Ing. Jiří Pecháček

Úvod

Čištění odpadních vod je nezbytnou podmínkou pro zachování života v řekách

Povrchové i podzemní vody jsou v přírodě znečištěny jen minimálně,
odpadní vody mohou velmi negativně ovlivňovat kvalitu povrchových vod

Co jsou odpadní vody

Zákon o vodách (vodní zákon) definuje odpadní vody takto:

- Za odpadní vody se považují vody, použité v sídlištích, obcích, domech, v závodech, ve zdravotnických zařízeních, pokud po použití mají změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.

Druhy odpadních vod

- **Splaškové OV - domácnosti, sociální zařízení, společné stravování, nemocnice**
- **městské OV - směs splaškových OV a OV z jiné drobné průmyslové činnosti**
- **průmyslové OV**
- **zemědělské OV**
- **dešťové vody**

Splaškové OV

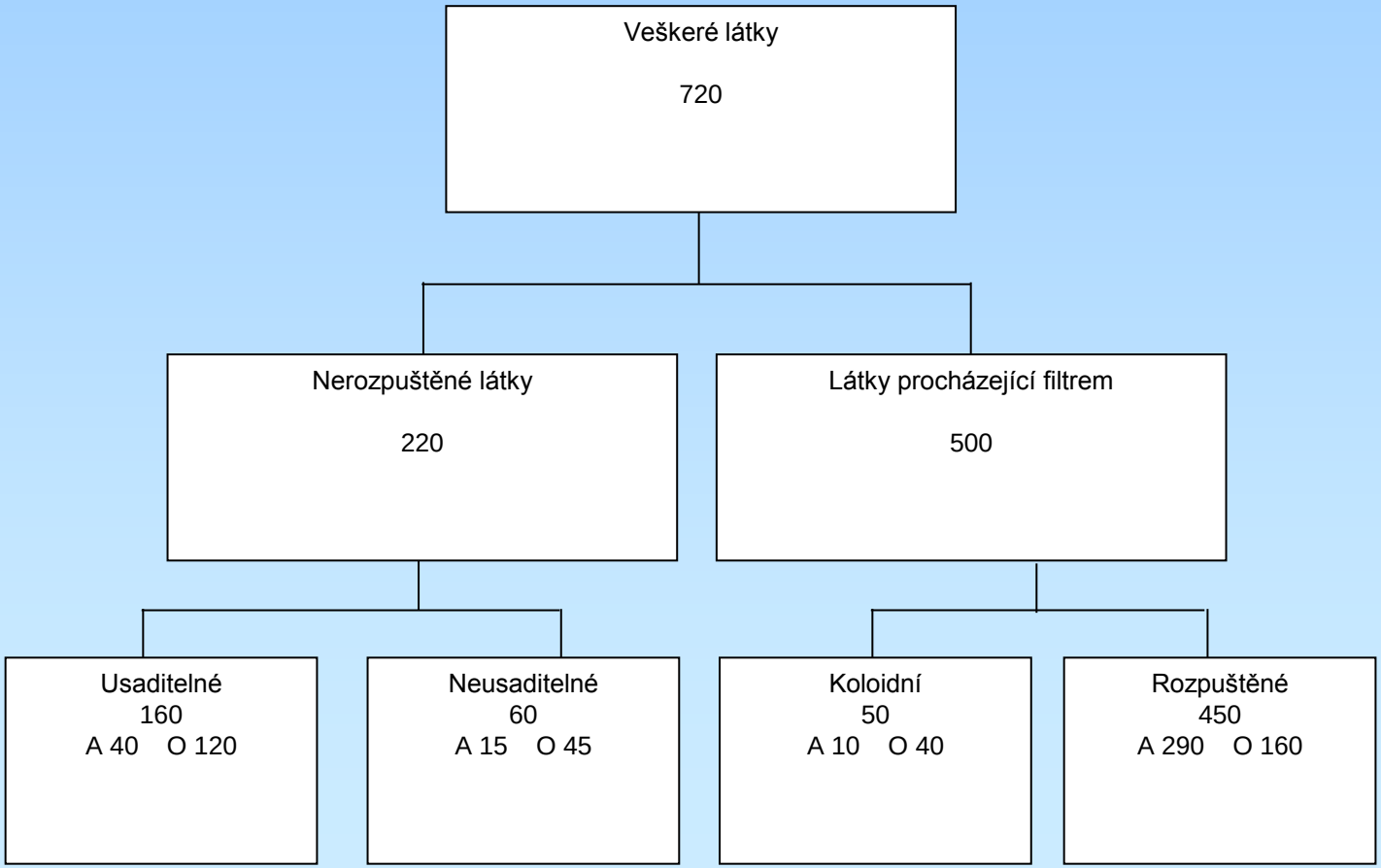
Množství se určuje podle počtu obyvatel a spotřeby na obyvatele resp. na bytový fond.

Počet obyvatel	5 000	10 000	50 000	100 000
l/poč. ob. a den	253	313	398	425

Složení

- **nerozpustné látky, hrubě plavající i rychle sedimentující**
- **jemně suspendované látky (fekálie, kal)**
- **jemné koloidní látky (oleje, tuky)**
- **rozpuštěné látky jako pravé roztoky anorganického i organického původu**
- **mikroorganizmy (bakterie, viry, humusy)**
- **plyny (CO_2, H_2S, CH_4)**

Znečištění splaškových OV mg/l



Splaškové OV

- Základní zastoupení anorganických látek ve splaškových vodách je určeno složením vody pro obyvatelstvo. Navíc se zde dostávají anorganické látky obsažené v moči, fekálních a kuchyňských odpadech, pracích a čistících prostředcích. Takto dochází ke zvýšení obsahu chloridů, fosforečnanů, sodíku, draslíku a anorganických sloučenin dusíku.
- Splaškové vody jsou závadné i svým mikrobiálním znečištěním. Mají charakter infekční látky a proto je nutno při práci s nimi dodržovat všechna hygienická pravidla a maximální opatrnost.

Splaškové OV

- Organické látky v odpadních vodách jsou složitou směsí mnoha látek. Převládají sloučeniny uhlíku s vodíkem, kyslíkem a dusíkem., zastoupeny jsou také organické sloučeniny síry a fosforu. Z hlavních skupin převládají bílkoviny (40-60%), cukry (25-50%), tuky a oleje (10%). Vždy je ve splaškových vodách obsažena močovina a produkty její hydrolýzy. V menších množstvích jsou obsaženy fenoly, tenzidy a pesticidy.

Dešťové vody

- Vznikají srážkami, které jsou odváděny kanalizací do recipientu. Srážková voda je kyselá a znečištěná exhalacemi z ovzduší, jedná se ale o malé koncentrace látek. Proto by se mohlo zdát, že srážkové vody (déšť, tající sníh) přitékající do kanalizačního systému pouze naředí městské OV. Ve skutečnosti je nutno uvažovat významné sekundární znečištění, ke kterému dochází splachem a smyvem ploch, po kterých srážkové vody odtékají do kanalizace.

Biologické znečištění OV

Znečištění odpadních vod organickými látkami je důležité z důvodů stanovení správné technologie úpravy odpadních vod. Můžeme je rozdělit na:

- biologicky rozložitelné

  jejich obsah se určuje biologickou spotřebou kyslíku

- biologicky nerozložitelné.

  jejich obsah se určuje chemickou spotřebou kyslíku

Čistírny odpadní vody

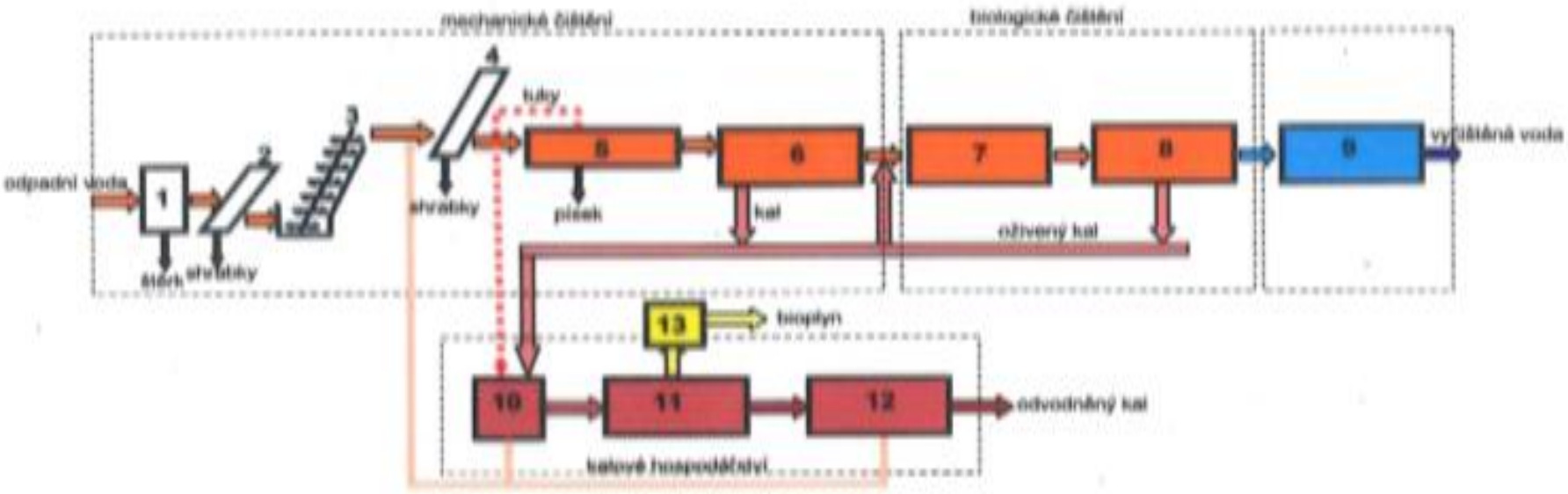
- V čistírnách odpadních vod probíhají tytéž děje jako při samočištění vody v tocích, jsou však soustředěny do menších prostorů a podmínky pro jejich průběh jsou uměle podporovány. Proto je čištění v takovýchto umělých čistírnách intenzivnější a rychlejší než v podmínkách přirozených. Čistírna musí být samozřejmě přizpůsobena druhu a vlastnostem odpadní vody, tj. především hlavnímu typu znečištění. Největší objemy odpadních vod jsou čištěny (měly by být čištěny) v čistírnách městských (komunálních) odpadních vod.
- Proces čištění odpadní vody v čistírně je (může být) několikastupňový:
- 1. Mechanické čištění
- 2a. Biologické čištění
- 2b. Biologické odstraňování biogenních prvků (nutrientů)
- 3. Fyzikálně–chemické čištění

Čistírny odpadní vody

Proces čištění odpadní vody v čistírně je (může být) několikastupňový:

- 1. Mechanické čištění
- 2a. Biologické čištění
- 2b. Biologické odstraňování biogenních prvků (sloučenin dusíku a fosforu)
- 3. Fyzikálně–chemické čištění
- Kromě čištění odpadní vody je nutno v čistírně řešit také zneškodnění kalů a dalších látek, tj. zkoncentrovaného, z odpadní vody odstraněného znečištění.
- Uspořádání čistírny závisí na více faktorech. Mezi nejdůležitější patří velikost čistírny, vyjádřená počtem ekvivalentních obyvatel (EO).

Schéma ČOV


mechanické čištění
biologické čištění
odpadní voda
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
tuky
shrabky
písek
kal
oživený kal
vyčištěná voda
bioplyn
odvodněný kal
kalové hospodářství
1 – lapák štěrku
2 – hrubé česle
3 – Archimedův šroub
4 – jemné česle
5 – lapač písku
6 – usazovák
7 – aktivace
8 – dosazovák
9 – dočištění
10 – kalojem
11 – vyhnívací nádrž
12 – odvodnění kalu
13 – plynojem
odpadní voda
kal, oživený kal
kalová voda
odvodněný kal
bioplyn
tuky

Mechanické čištění odpadních vod

- Mechanické čištění slouží pro odstranění nerozpuštěných látek, které tvoří podstatnou část znečištění odpadních vod. Mechanické čištění je v čistírně vždy prvním stupeň čištění, někdy se používá i jako třetí stupeň (filtrace před vypuštěním vyčištěné vody), třetí stupeň však může být i čištění biologické (stabilizační nadrž).
- Produkce znečištění činí na jednoho EO 55 g nerozpuštěných látek za den. Z toho je asi 40 g látek sedimentovatelných. Odstraněním nerozpuštěných látek se organické znečištění, vyjádřené jako BSK5, sníží asi o 30%. Mechanické čištění odpadních vod je tedy významné nejen z hlediska mechanického znečištění.

Přehled způsobů a zařízení pro mechanické čištění odpadních vod

Způsob	Používaná zařízení
Cezení jsou zachycovány nerozpuštěné příměsi, rozměrově větší než otvory kterými protéká cezená voda	česle síta
Usazování a zahušťování využívá gravitační sílu a rozdíl hustot oddělovaných složek	lapák štěrku lapák písku usazovací nádrž dosazovací nádrž zahušťovací nádrž
Vzplývání využívá vztlakovou sílu a rozdíl hustot oddělovaných složek	lapáky tuků odlučovač olejů a ropných látek usazovací nádrž
Filtrace jsou zachycovány nerozpuštěné příměsi, rozměrově větší než otvory kterými protéká cezená voda	pískové (jiné) lože jemná síta bubnové filtry sítopásové lisy kalolisy ultrafiltrační membrány
Flotace je uměle snižována hustota příměsí a vzniklý rozdíl hustot je využíván k oddělení složek (vztlakem)	flotační vany s tlakovým vzduchem elektroflotační vany
Odstřeďování (centrifugace) využívá odstředivou sílu a rozdíl hustot oddělovaných složek	kontinuální odstředivky

1. Lapák štěrku

- V lapáku štěrku se zachycují velké a těžké předměty, které přicházejí na čistírnu zejména s přívalovým deštěm.
- *Lapák štěrku* je jímka, situovaná těsně před čistírnou na přivaděči odpadních vod. Rozšířením průtočného průřezu a snížením dna v lapáku štěrku dojde k zachycení velkých těžkých předmětů (dlažební kostky, cihly, štěrk). Tím jsou další zařízení čistírny chráněna před poškozením hrubými nečistotami.
- Lapák štěrku se zřizuje obvykle jen na velkých čistírnách, s rozsáhlou stokovou sítí a velkým odvodněným územím.

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

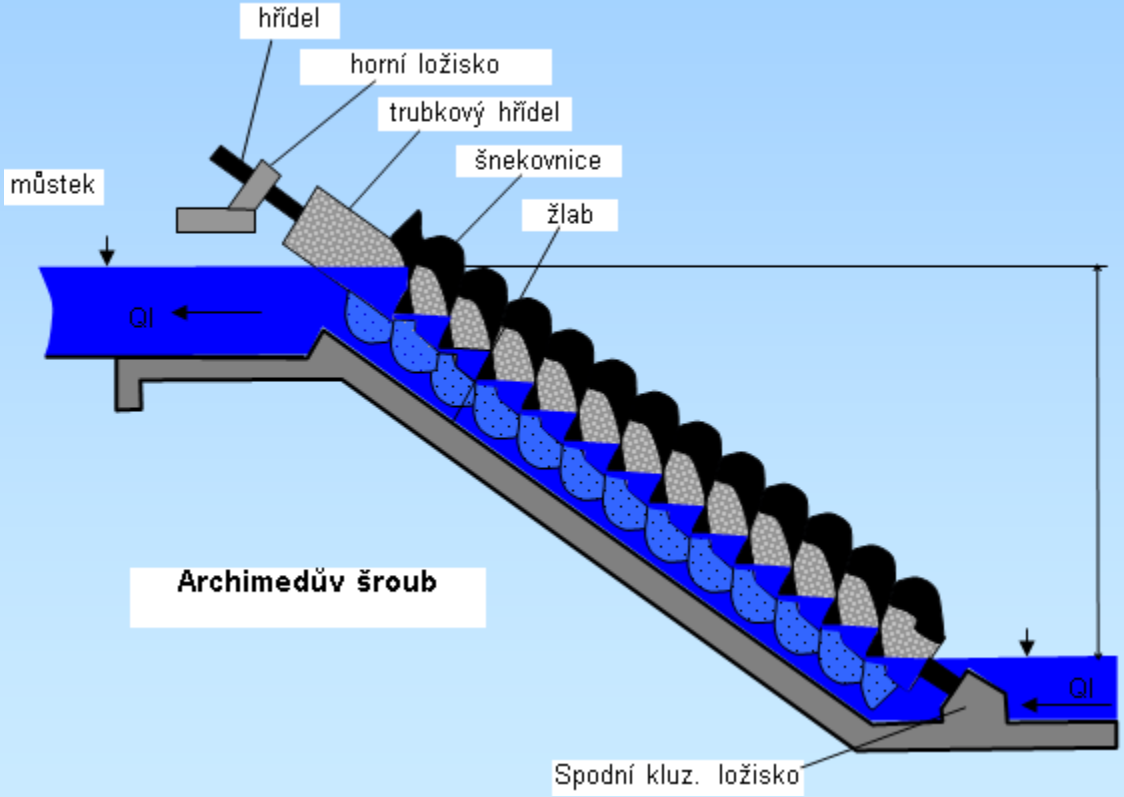
Čerpadla pro zvýšení úrovně hladiny odpadní vody

- Odpadní voda se v čistírně pohybuje samospádem. Kde není dostatek přirozeného spádu, musí se odpadní voda vyzvednout do potřebné výšky. K tomu se používají Archimedovy šrouby, na malých čistírnách také objemová čerpadla.
- *Archimedův šroub* může zvedat znečištěnou vodu i s příměsemi asi do dvou až tří metrů. Je to hřídel se šroubovicí, šikmo umístěný v polootevřeném kanále. Výkon (dopravované množství) znečištěné odpadní vody může činit (řádově) až m^3 za s.

Čerpadla pro zvýšení úrovně hladiny odpadní vody

Odpadní voda se v čistírně pohybuje samospádem. Kde není dostatek přirozeného spádu, musí se odpadní voda vyzvednout do potřebné výšky. K tomu se použí
Archimedův šroub může zvedat znečištěnou vodu i s příměsemi asi do dvou až tří metrů. Je to hřídel se šroubovicí, šikmo umístěný v polootevřeném kanále. Vý

Archimedův šroub



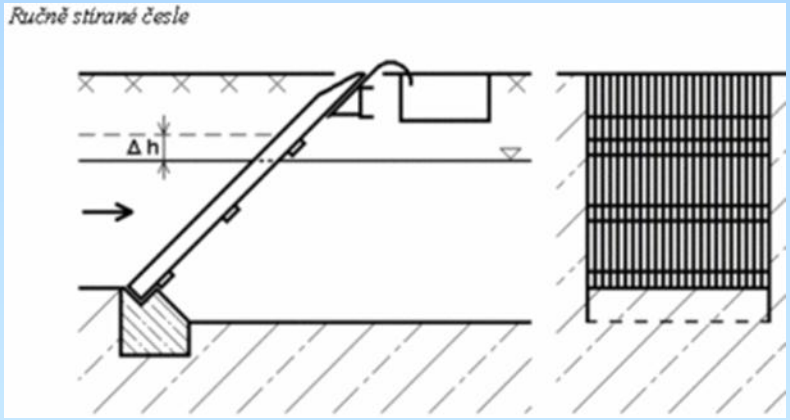
Čerpadla pro zvýšení úrovně hladiny odpadní vody

Odpadní voda se v čistírně pohybuje samospádem. Kde není dostatek přirozeného spádu, musí se odpadní voda vyzvednout do potřebné výšky. K tomu se použí
Archimedův šroub dokáže zvedat znečištěnou vodu i s příměsemi asi do dvou až tří metrů. Je to hřídel se šroubovicí, šikmo umístěný v polootevřeném kanále. Vý

2. Česle

- Je to mříž tvořená rámem a pruty (česlicemi), skloněná ve směru toku pod úhlem 30^{o} až 60^{o}. Česlice jsou obvykle kruhového nebo obdélníkového průřezu. Voda protéká průlinami, tj. volným prostorem mezi česlicemi.
- Česle jsou stírány shrabováky, které svými zuby zasahují do průlin a pohybem směrem vzhůru stírají zachycené nečistoty (shrabky). Nahoře shrabky přepadávají do žlabu, kde odkapávají a jsou vyhrnovány (do kontejneru na shrabky).
- Shrabky se nechávají odstát, tím se zahustí na obsah vody asi 75 %.
- Na česlích se zachycují hadry, papír, plasty, guma, zbytky ovoce a zeleniny, větve, listí tráva, cigaretové filtry, nerozpadlé fekálie a další složky domovního odpadu. Shrabky jsou proto hygienicky velmi nebezpečné, mohou obsahovat patogenní mikroorganismy a zárodky lidských i zvířecích parazitů.

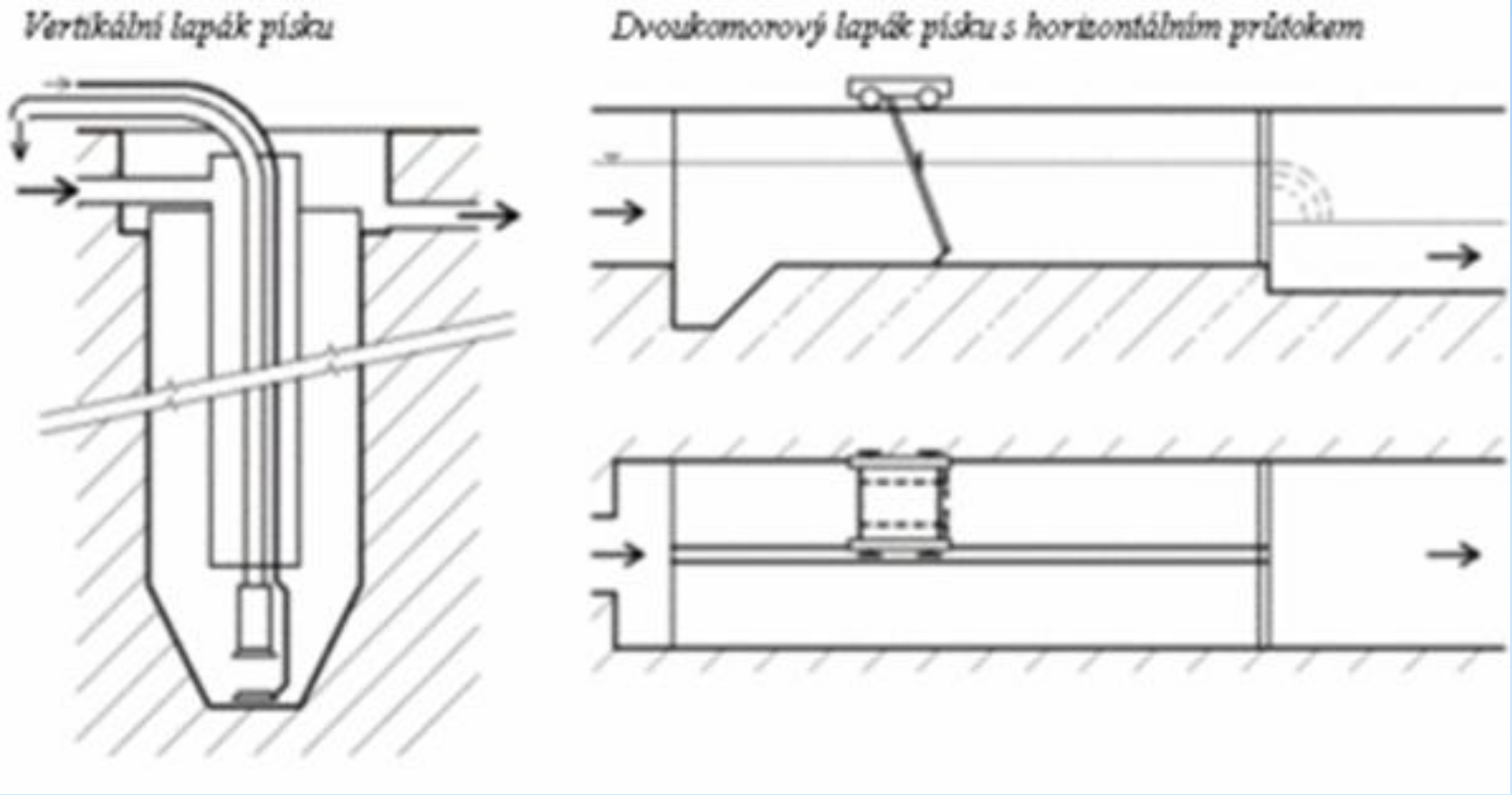
Strojně stírané česle.



3. Lapáky písku a plovoucích látek

- Písek se dostává do kanalizace s deštěm. Písek vadí v biologickém stupni čištění a v kalovém hospodářství.
- Lapák písku využívá gravitační síly a rozdílu hustot. Lapák písku zachycuje těžké částice velikosti od 0,1 až 0,2 mm. Lapák písku musí odstranit pouze písek, ne organickou suspenzi. Písek má hustotu okolo 2700 kg/m^3, organická suspenze má hustotu blízkou 1000 kg/m^3. Oddělený písek se z lapáku musí pravidelně odstraňovat (těžit).
- Lapák písku může současně oddělovat plovoucí látky (tuky). Protože se proudění zpomalí, začnou lehčí látky (částečky tuku) vzplývat. Hladina je stírána hladinovou lištou do žlabu, odtud je setřený tuk veden ke zpracování do kalového hospodářství.
- *Lapáky písku* jsou pravoúhlé nebo kruhové nádrže, obvykle jsou vybavené zařízením pro stírání dna i hladiny.

Lapáky písku

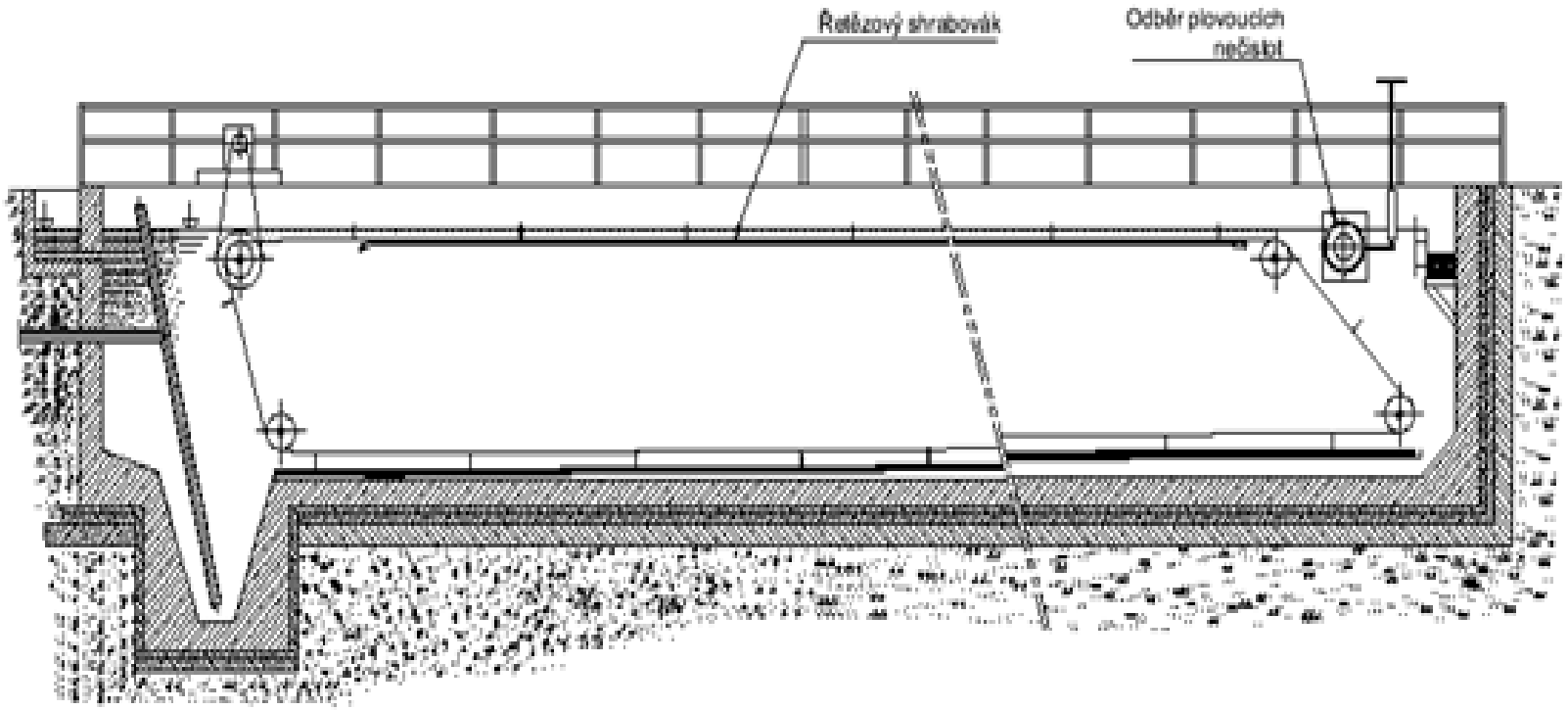


Lapáky písku

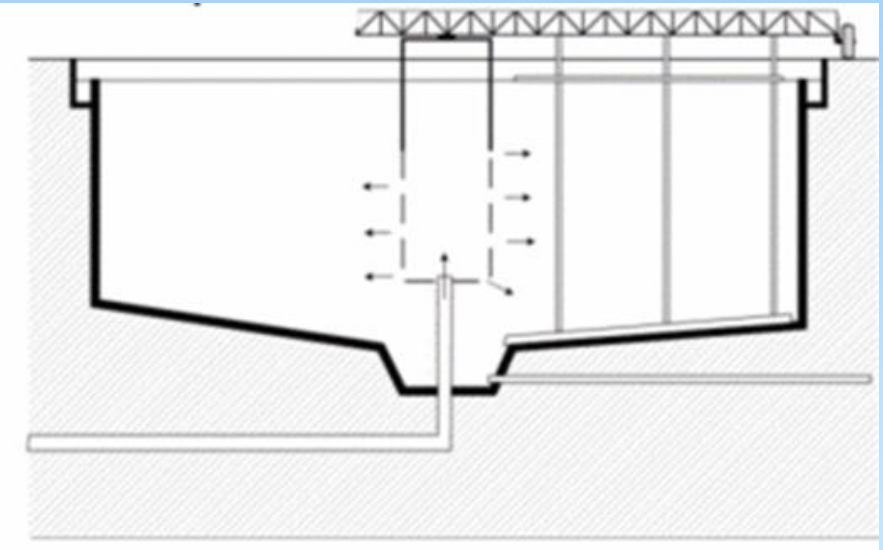
4. Usazovací nádrže

- Usazovací nádrže se používají k oddělení primárního organického znečištění. Vzniklý kal se nazývá primární a je energeticky cennou surovinou. Používá se (u velkých čistíren) pro výrobu bioplynu. Tím se zároveň zneškodní a stabilizuje.
- Usazovací nádrže (většinou) pracují kontinuálně = průtočné usazovací nádrže. Nádrže s přerušovaným provozem se nazývají dekantační.
- Usazovací nádrže jsou *pravoúhlé* nebo *kruhové* s horizontálním nebo vertikálním průtokem

Pravoúhlá usazovací nádrž



Kruhová usazovací nádrž



6. Dosazovací nádrž

- Dosazovací nádrže jsou v principu stejné jako nádrže usazovací. V čistírně se zařazují za biologický stupeň čištění a slouží k separaci aktivovaného kalu, který se označuje jako kal sekundární. Sekundární kal je tvořen převážně mikroorganismy z aktivačního čištění.
- Provedení dosazovacích nádrží se neliší od nádrží usazovacích, zpravidla však mají větší hloubku, aby se prodloužila doba zdržení.

Biologické čištění OV

Organické látky, obsažené v OV jsou dvojího typu:

- biologicky rozložitelné
- biologicky nerozložitelné

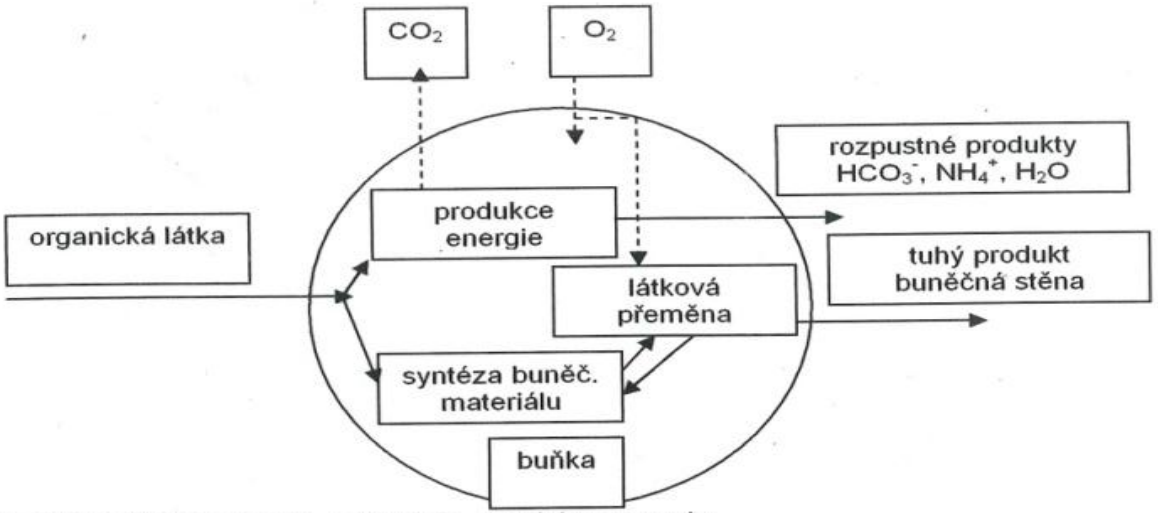
Biologicky rozložitelné organické látky jsou odstraňovány z roztoku pomocí mikroorganizmů.

Organické látky se skládají z C, H, O, N, S a P .

Slouží jako „potrava“ pro mikroorganizmy, dochází k růstu a množení mikroorganizmů.

Z roztoku vzniká znovu suspenze vody a mikroorganizmů, které je možno oddělit od vody usazováním

Princip biologického čištění



$C_xH_yOz + (x + 1/2x - 1/2z)O_2 = x\,CO_2 + ½\,yH_2O$ produkce energie

$n(CxH_yO_z) + NH_3 + n(x + 1/4y - 1/2z - 5) = (C{=}5\ H\%7\ NO\%2)\%n + n(x-5)CO_2 + n/2(z-4)H_2O$
synt. buň. materiálu

$(C_5H_7NO_2) + 5nO_2 = 5nCO_2 + 2nH_2O + nNH_3$ látková přeměna , autooxidace

$(C_5H_7NO_2)$ – proteinová biomasa – sumární vzorec

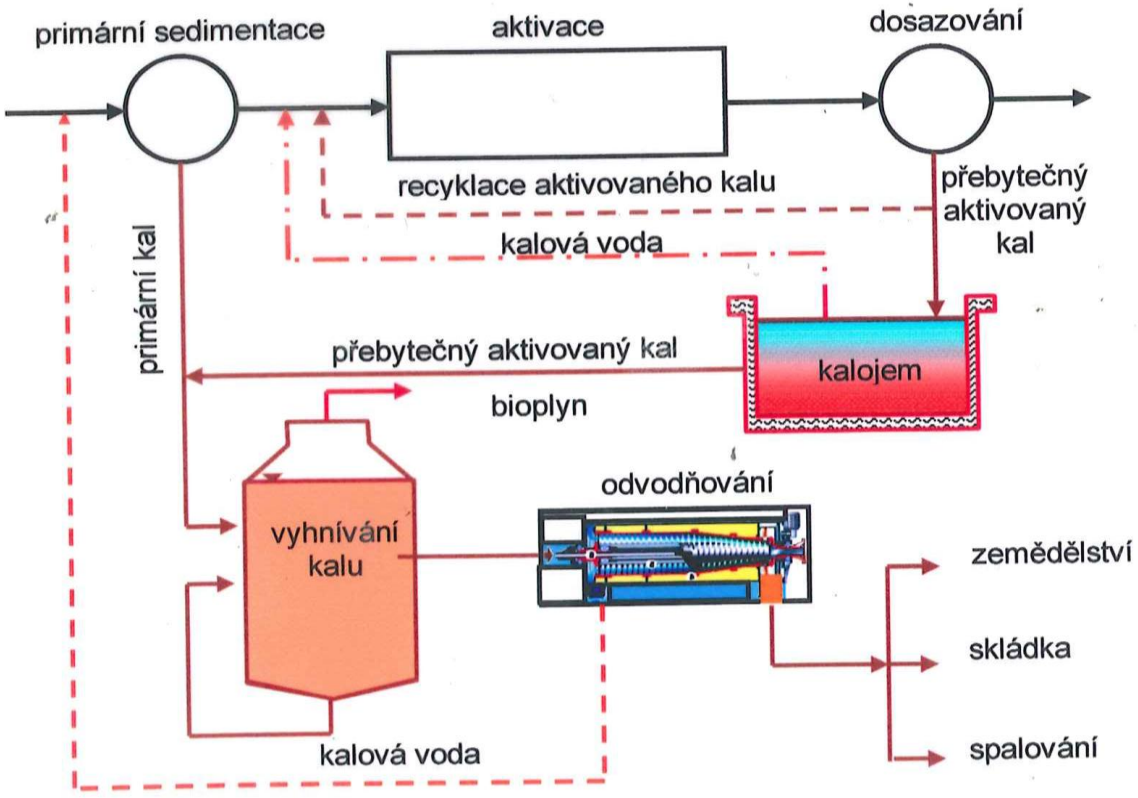
Aktivace

- Je nejrozšířenější proces biologického čistění. Jde v podstatě o nepřetržitý rozklad organických látek za přítomnosti různých druhů mikroorganismů a při silném prokysličení odpadní vody
- Vlastní proces probíhá v aktivační nádrži, ve které jsou nasazeny kultury mikroorganismů. Do nádrže přitéká odpadní voda společně s oživeným kalem z usazovací nádrže. Současně se pomocí tzv. aerátoru přivádí kyslík nutný k oxidaci organických látek a jejich mineralizaci. Oživený kal s vodou, nazývaný aktivační směs, přitéká do sedimentační nádrže (tzv. dosazovák), kde se odděluje kal a zahušťuje se. Část kalu se vrací zpět do aktivační nádrže, přebytečný kal se vede do linky zpracování kalu. **Aerátory** slouží jednak k provzdušnění lázně v aktivační nádrži, jednak k jejímu promíšení, aby se zintenzivnil biologický proces.
- Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná voda do recipientu.

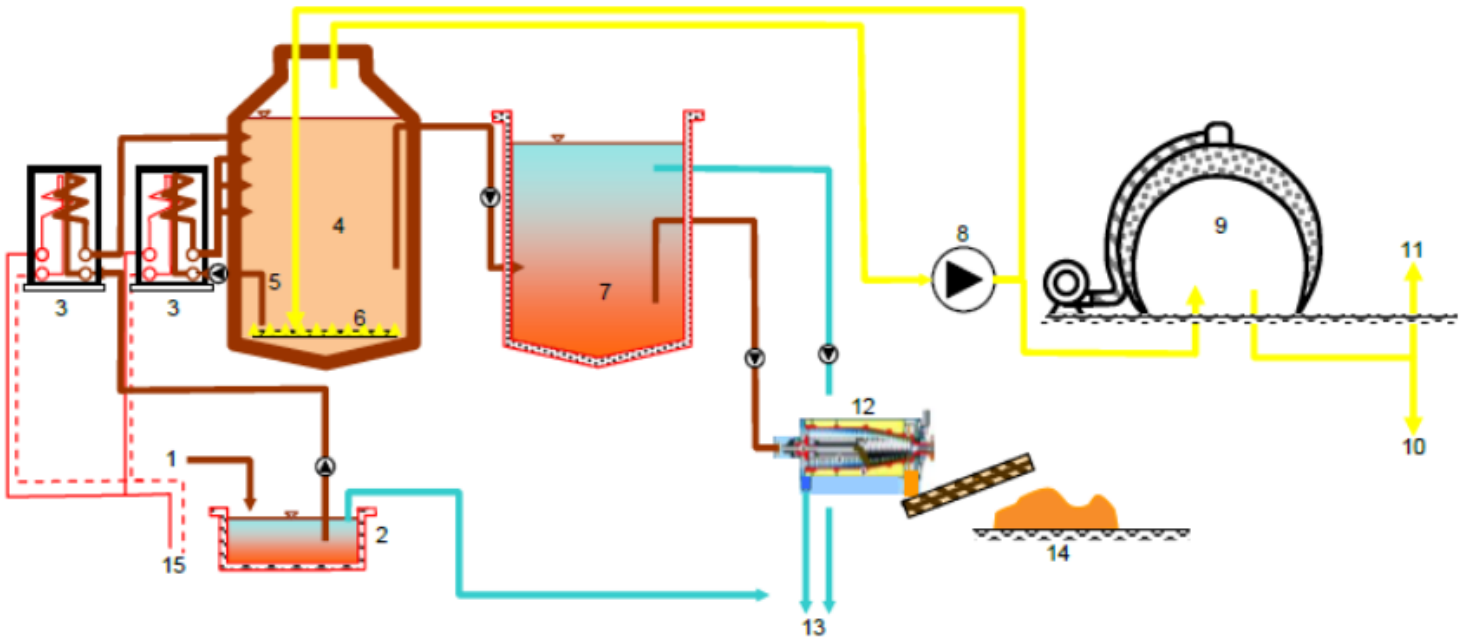
Kalové hospodářství

- Kaly představují přibližně 1 až 2 % objemu čištěných vod, je v nich však zkoncentrováno až 50 až 80 % původního znečištění.
- Požadavkem je takové využití nebo zpracování kalů, které je přijatelné pro životní prostředí, udržitelné a ekonomicky únosné.
- Ukládání kalů na skládky, které je pro některé kaly v Evropě hlavním výstupem, je obecně považováno za neudržitelné.
- Produkci kalů nelze zabránit. Jediné zbývající možnosti jsou recyklace a destrukční metody. Možnosti recyklace zahrnují použití na půdu jako organické hnojivo nebo pro vylepšení kvality půdy v zemědělství a pro rekultivace. Destrukční metody zahrnují spalování, zplynování a použití kalu jako paliva, kdy je využíván nebo skládkován popel.

Linka zpracování kalu



Kalové hospodářství



1 – přívod kalu z usazováků 2 – kalojem 3 – kalové výměníky 4 – vyhnívací nádrž 5 – recirkulace kalu (ohřev a míchání)
6 – míchání bioplynem 7 – zásobník vyhnilého kalu 8 – kompresorová stanice 9 – plynojem
10 – bioplyn k využití (kogenerace) 11 – likvidace zbytkového bioplynu 12 – odvodnění kalu (odstředivka)
13 – kalová voda (zpět do aktivační nádrže) 14 – odvodněný kal k hygienizaci 15 – horká voda pro ohřev kalu

kal kalová voda bioplyn voda pro otop

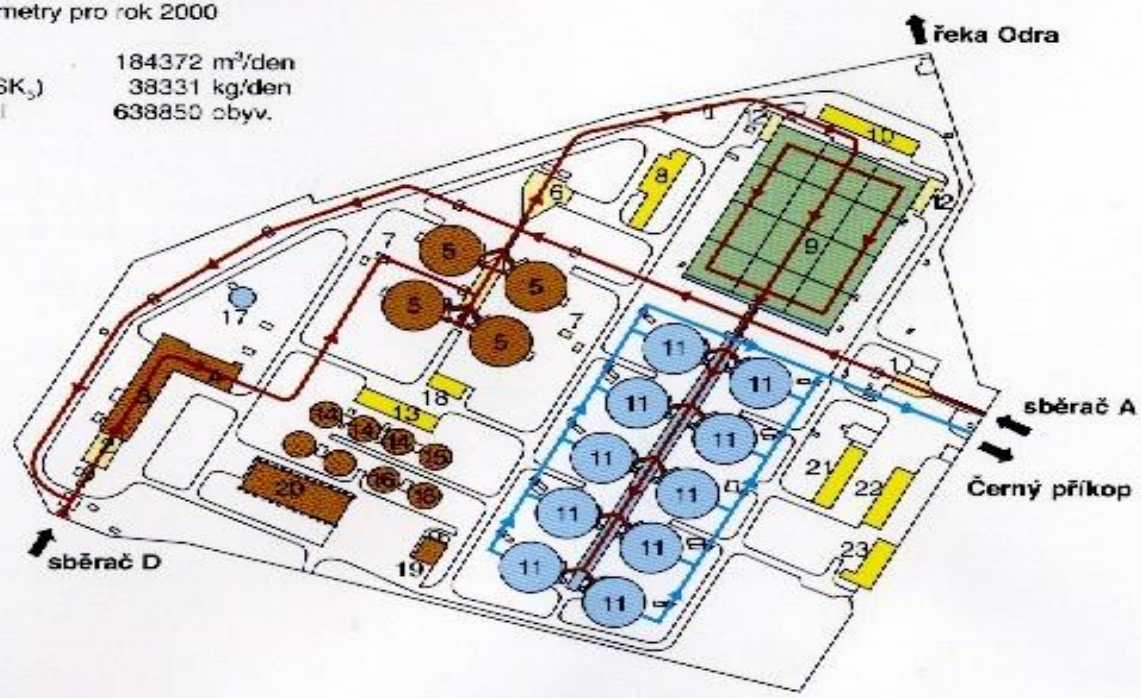
Anaerobní stabilizace kalů

- Čistírenské kaly (primární, aktivovaný) se ve větších čistírnách zpracovávají anaerobní stabilizací – metanizací. Metanizace je soubor procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny (CH_4, CO_2, H_2, N_2, H_2S) a nerozložený zbytek organické hmoty, který je již z hlediska hygienického a senzorického nezávadný pro prostředí, tj. je již stabilizován. Anaerobní stabilizace je relativně nejdokonalejší způsob stabilizace kalů, přičemž současně dochází i k hmotnostnímu a objemovému úbytku organické hmoty uvolněním velké části organického uhlíku v plynné formě (CO_2, CH_4) a uvolněním vody, původně vázané chemicky i fyzikálně. Dochází k potlačení ostatní flóry a fauny, která byla v kalu přítomna. mikroorganismů.
- Výskyt patogenních organizmů se dále snižuje zamícháním $Ca(OH)_2$ (vápna) do kalů.

ČOV Ostrava

Projektované parametry pro rok 2000

Kapacita ÚČOV	184372 m³/den
Zatížení ÚČOV (BSK_5)	38331 kg/den
Ekvivalent obyvatel	638850 obyv.



1. ČS odpadních vod na sběrači A
2. Vstupní šneková ČS na sběrači D
3. Jemné česle s přívodním žlabem
4. Provzdušňované lapáky písku
5. Usazovací nádrže
6. ČS mechanicky předčištěných vod
7. ČS surového kalu
8. Trafostanice
9. Aktivační nádrže
10. Dmýchárna
11. Dosazovací nádrže
12. ČS vráceného kalu
13. Budova kalového hospodářství
14. Vyhnívací nádrže
15. Uskladňovací nádrž kalu
16. Zahušťovací nádrže vyhnilého kalu
17. Plynojem
18. Energetické využití kalového plynu
19. Odvodňovací stanice kalu
20. Krytá skládka odvodněného kalu
21. Garáže
22. Sklad a dílny
23. Provozní budova

ČOV Ostrava

ČOV Ostrava - nátok z kanalizace

ČOV Ostrava - Archimedův šroub

ČOV Ostrava - česle

ČOV Ostrava - lapák písku

ČOV Ostrava - usazovací nádrž

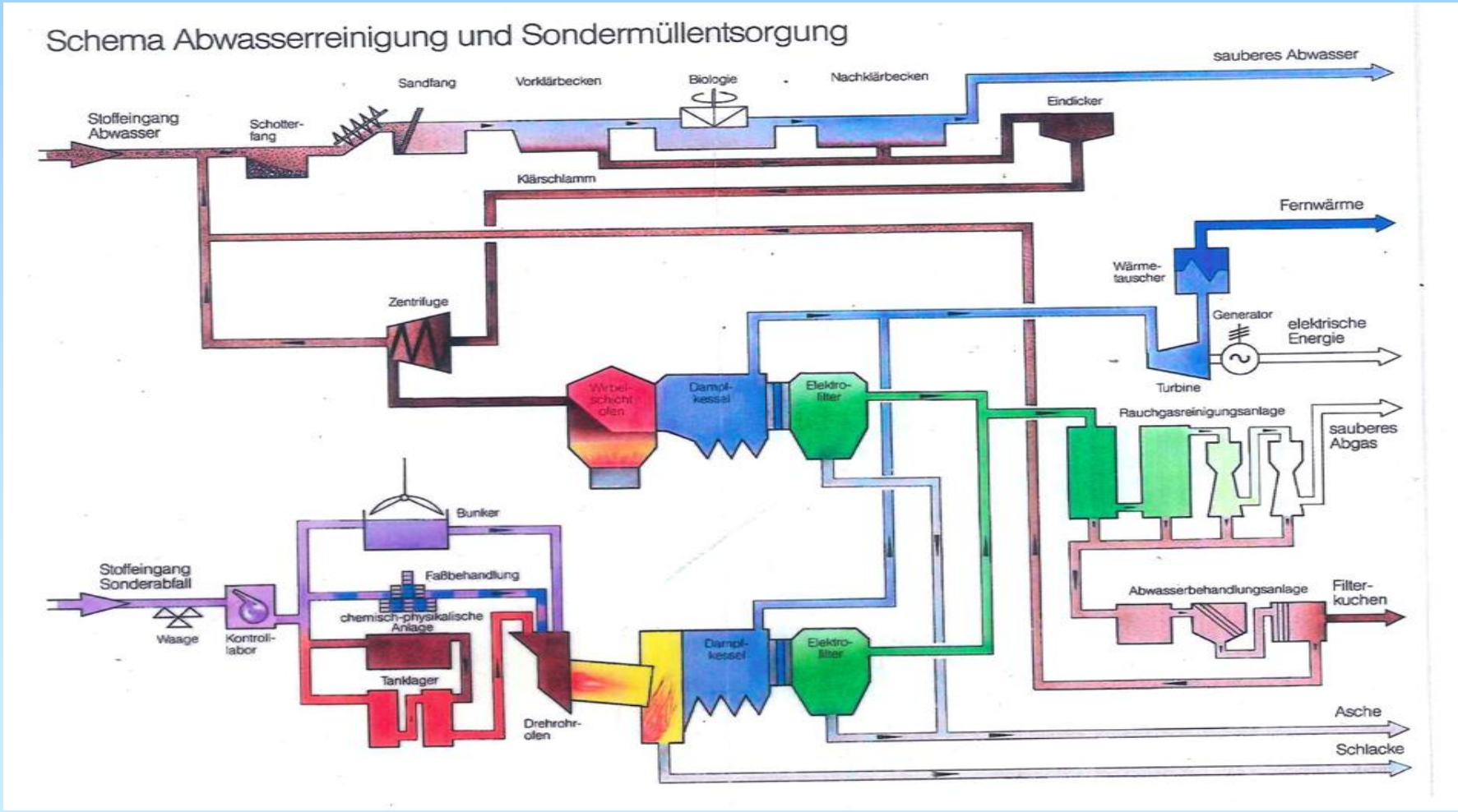



Schéma ČOV Vídeň