

## **VODA\_II**

# **POVRCHOVÁ VODA PROCESY V POVRCHOVEJ VODE PITNÁ VODA, ÚPRAVA VODY**

Literatúra:

Prof. Ing. Jozef Sitek, DrSc., Ing. Jarmila Degmová, PhD.  
Environmentalistika, skriptum, Nakladateľstvo FEI STU, 2015.

SK38 – SK48

EN38 – EN48

# Rozklad odpadových látok, biochemical oxygen demand

**Povrchová voda** je veľmi citlivá na kontamináciu. Ak sa odpadové látky dostanú do vody, **mikroorganizmy** (zvlášť baktérie) rozkladajú odpadové látky na jednoduché organické a anorganické substancie. Ak sa tento proces uskutočňuje **za prítomnosti kyslíka**, môžeme ho popísať nasledovne:

**Organická látka + O<sub>2</sub> → mikroorganizmy → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + stabilné produkty**

Ak sa proces rozkladu uskutočňuje **bez prítomnosti kyslíka**, prebieha odlišne a aj s inými mikroorganizmami:

**Organická látka → mikroorganizmy → CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + nestabilné produkty**

Množstvo kyslíka, potrebné na oxidáciu organického odpadu mikroorganizmami za prítomnosti kyslíka nazývame **biochemická spotreba kyslíka (BOD - biochemical oxygen demand)** a vyjadrujeme ju spravidla v **miligramoch kyslíka na liter odpadu**.

## BOD ako funkcia času

Predpokladajme, že rýchlosť rozkladu organického odpadu je úmerná jeho aktuálnemu množstvu. Nech  $L(t)$  je množstvo kyslíka potrebné na rozklad organického odpadu v čase  $t$ . Platí vzťah:

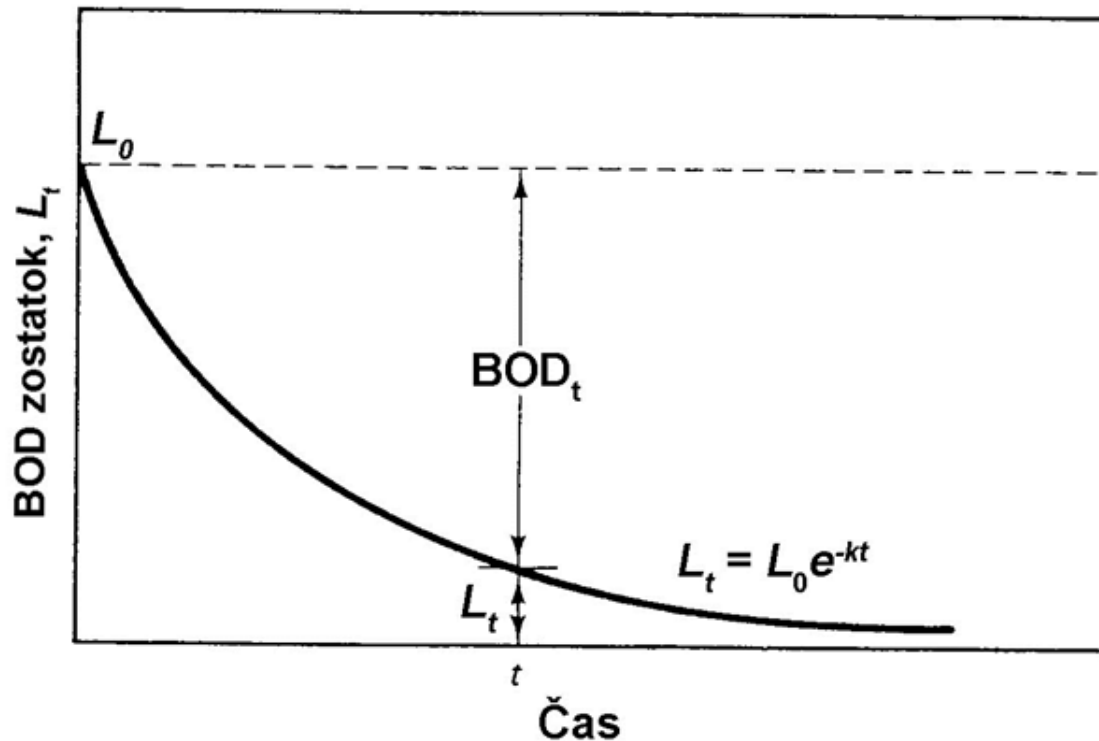
$$\frac{dL(t)}{dt} = -kL(t)$$

kde  $k$  je reakčná konštanta v [ $\text{čas}^{-1}$ ]. Riešením je:

$$L(t) = L(t = 0)e^{-kt} = L_0e^{-kt}$$

kde  $L_0$  je hraničná spotreba kyslíka, čiže celkové množstvo kyslíka, ktoré potrebujú mikroorganizmy k tomu, aby rozložili všetky odpadové látky na oxid uhličitý a vodu.

# BOD ako funkcia času



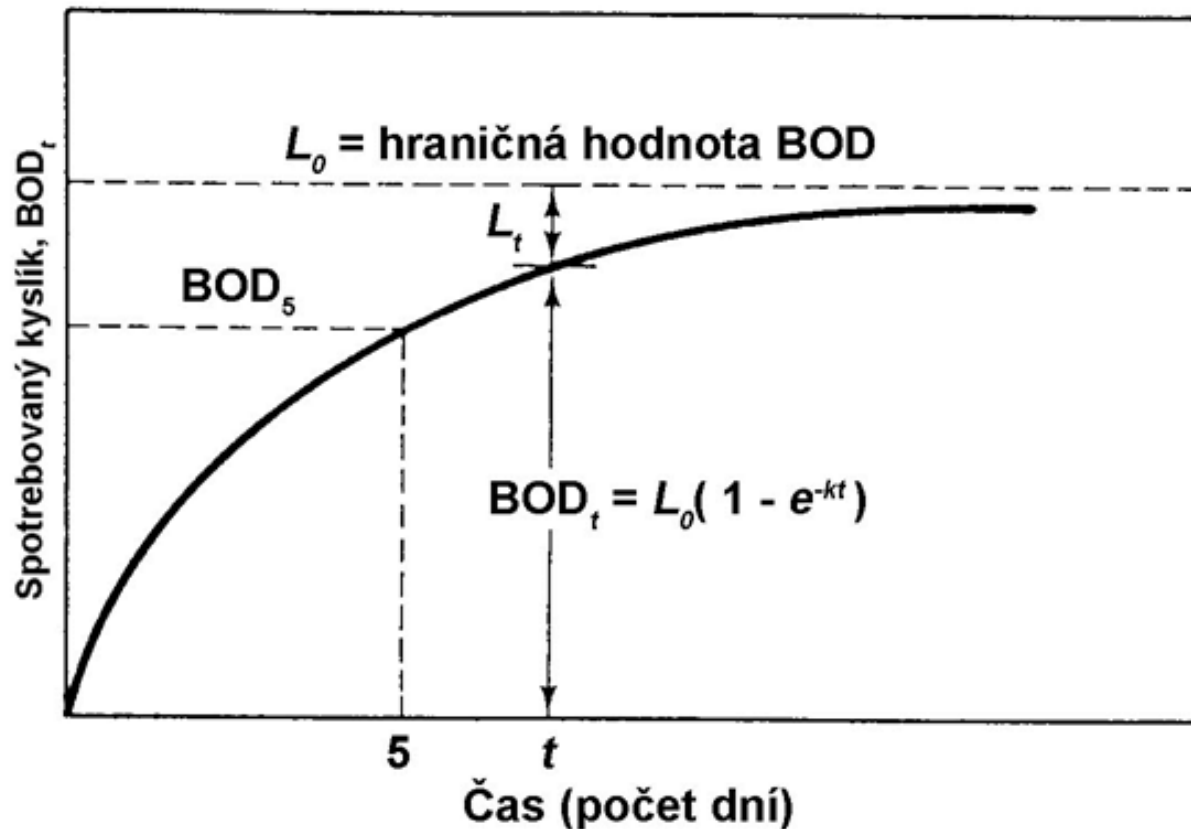
Hraničná spotreba kyslíka,  $L_0$ , je súčtom už spotrebovaného kyslíka,  $BOD(t)$ , a kyslíka potrebného na rozklad zvyšných odpadových látok:

$$L_0 = L(t) + BOD(t) = L_0 e^{-kt} + BOD(t)$$

# BOD ako funkcia času (15 min)

Už spotrebovaný kyslík:

$$BOD(t) = L_0(1 - e^{-kt})$$



## 5 dňový BOD test

Ak by sme chceli odmerať množstvo kyslíka, ktoré sa spotrebuje na rozklad vzorky odpadovej látky, potrebovali by sme veľmi dlhý čas. V praxi preto používame zjednodušený **5 dňový test**. Vzorku odpadovej látky vložíme do **hermeticky uzavretej nádoby a pri 20°C a za tmy** (prečo za tmy?) meriame množstvo rozpusteného kyslíka na začiatku a po piatich dňoch. Pri silne znečistených vzorkách by sa mohlo stať, že všetok kyslík by bol spotrebovaný skôr ako za 5 dní. Aby bol test platný, obsah kyslíka po piatich dňoch musí byť stále nenulový. Preto sa silne znečistené vzorky **riedia** čistou vodou. Pre výslednú hodnotu platí vzťah:

$$BOD_{5 \text{ dní}} = \frac{DO_i - DO_f}{P}$$

kde  $DO_i$  je počiatočná hodnota rozpusteného kyslíka (**initial**),  $DO_f$  je konečná hodnota rozpusteného kyslíka (**final**) v tekutom odpade a  $P$  je korekcia na zriedenie:

# 5 dňový BOD test

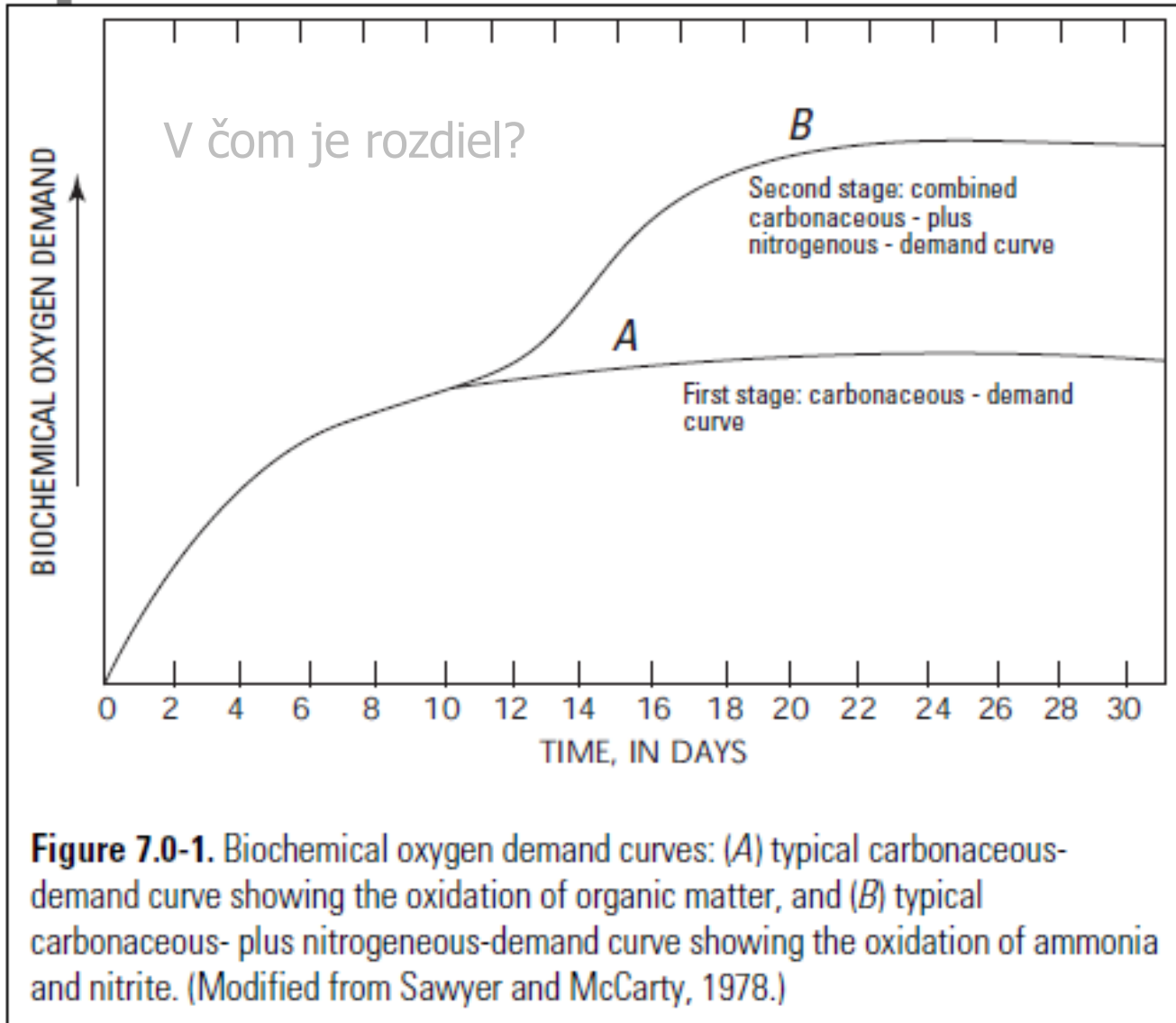
$P$  je korekcia na zriedenie:

$$P = \frac{\text{objem odpadovej vody}}{\text{objem odpadovej vody} + \text{riediacej vody}} = \frac{\text{objem odpadovej vody}}{\text{celkový objem vody}}$$

Ak štandardná BOD<sub>5</sub> nádoba má napríklad 300 ml, tak  $P$  bude objem odpadovej vody delený 300 ml.



# Rôzne typy znečistenia





**Atmosférická voda** tvorí vzdušnú vlhkosť. Rozpúšťajú sa v nej plyny a tuhé látky, ktoré sa nachádzajú v ovzduší. Celkové množstvo anorganických látok v atmosfére sa pohybuje od 10 do 150 mg/l. V priemyselných oblastiach sa tieto hodnoty pohybujú podstatne vyššie. Ide najmä o oxidy síry a oxidy dusíka, ktoré reagujú so vzdušnou vlhkosťou a vzniká **kyselina sírová** a **kyselina dusičná**. Tieto dve kyseliny sú hlavnými zložkami **kyslých dažďov**. Tieto sa môžu objavovať aj v značných vzdialenostiach od zdrojov exhalátov. Kyslé dažde môžu za určitých podmienok vylúhovať z pôdy toxické látky.

Kovy a kyseliny sa najviac nahromadia v zimných mesiacoch v snehu a v ľade, takže najviac kontaminovaná je voda z topiaceho sa snehu v jarých mesiacoch. Takto znečistená voda má potom nepriaznivý vplyv na pôdu, vodné rastliny a živočíchy.

# Pitná voda

Veľa chorôb, ktoré sa vyskytujú vo svete, pochádza z nedostatku pitnej vody alebo z nezdravej vody. Zabezpečenie dodávky zdravej pitnej vody si vyžaduje koordináciu viacerých zložiek, ako sú vedecké pracoviská, výskumníci, hydrológovia a regulačné orgány.

Z fyzikálnych vlastností pitnej vody sa hodnotí **vzhľad, pach, chuť a teplota**. Z mikrobiologického hľadiska sú prípustné limitované množstvá **mezofilných** a **koliformných** baktérií. **Fekálne znečistenie** musí byť negatívne. Obsah **dusičnanov** nemá prekročiť **50 mg/l** pre dospelých a **15 mg/l** pre deti. Pri vyšších množstvách sa prejavuje toxicita dusičnanov, ktorá spočíva v ich účinku po redukcii na dusitany. Dusitany reagujú s hemoglobínom a vytvára sa **metamoglobín**, ktorý na rozdiel od hemoglobínu neprenáša kyslík. To vedie k nedostatočnému okysličeniu tkanív a orgánov, čo sa prejavuje sivomodrým zafarbením pier, zvýšeným pulzom a črevnými ťažkosťami. Takéto ochorenie sa nazýva **methemoglobinémia**. Zvlášť nebezpečné je u dojčiat, ktoré ešte nemajú vyvinutý enzýmový systém, ktorý premieňa metamoglobín na hemoglobín.

# Rozbor pitnej vody – mikrobiologické parametre

Kód 496/2010 Z.z.	Ukazovateľ
<b>Mikrobiologické parametre</b>	
EC	E.Coli
EK	Črevné enterobaktérie (fekálne streptokoky)
KB	Koliformné baktérie
KM37	Kultivované mikroorg. pri 37°C
KM22	Kultivované mikroorg. pri 22°C
PA	Pseudomonas aeruginosa
CP	Clostridium perfringens
ŽO	Živé organizmy
MO	Mŕtve organizmy
BB	Bezfarebné bičíkovce
VB	Vláknité baktérie
MM	Mikromycéty
ŽMB	Železité a Mn baktérie
	<b>Mikrobiologická analýza:</b>

# Rozbor pitnej vody – chemické parametre

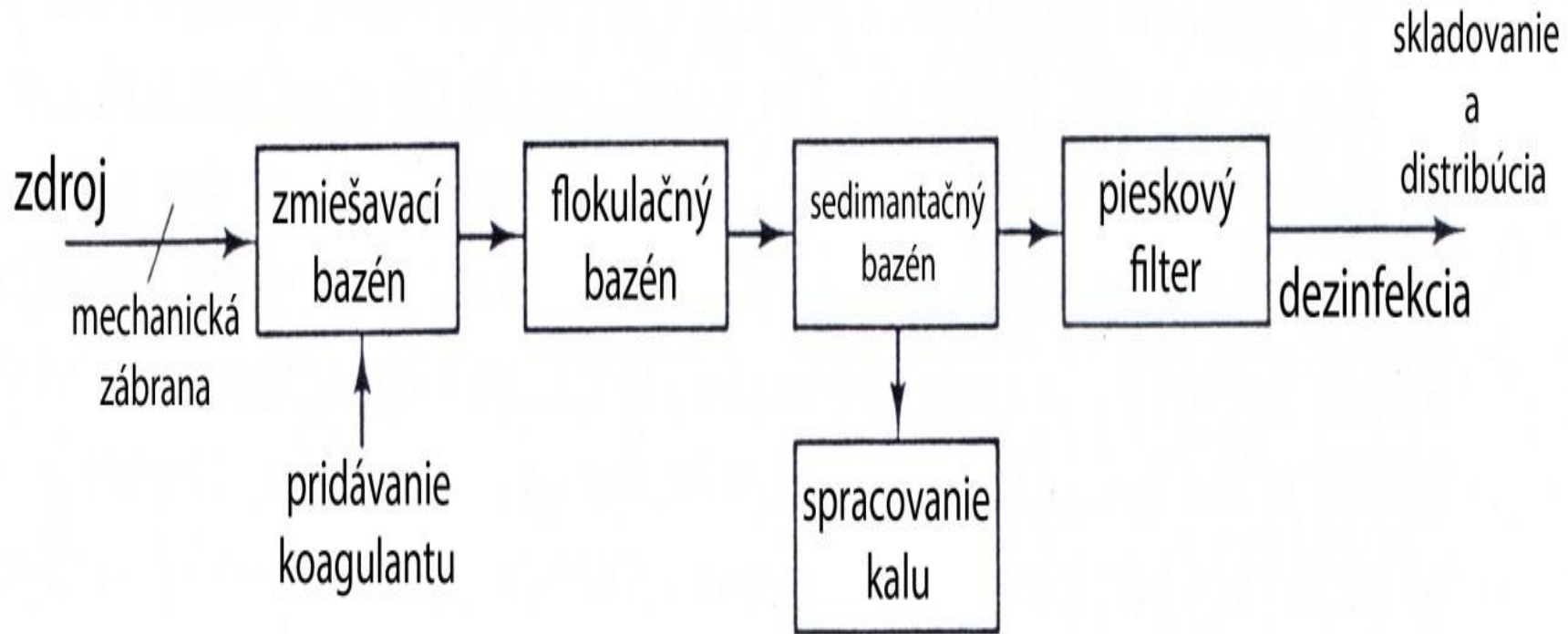
Dusičnany ....  $\text{NO}_3^-$

Dusitany .....  $\text{NO}_2^-$

Chemické parametre	
Z	zákal
F	farba
PH	pH
G	vodivosť
RL	rozpustené látky
NL	Ner rozpustné látky pri 105°C
NO3	dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ )
NO2	dusitany ( $\text{NO}_2^-$ )
NH4	amónne ióny ( $\text{NH}_4^+$ )
F	Fluoridy ( $\text{F}^-$ )
PO	fosfáty ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
CA	vápnik ( $\text{Ca}^{2+}$ )
MG	horčík ( $\text{Mg}^{2+}$ )
CL	chloridy ( $\text{Cl}^-$ )
VCL	voľný chlór ( $\text{Cl}_2$ )
FE	železo ( $\text{Fe}^{2+/3+}$ )
CU	meď (Cu)
CR	Chróm VI (Cr)
Ni	Nikel (Ni)
ZN	Zinok (Zn)
AL	Hliník (Al)
K	Draslík
Na	Sodík
MN	mangán (Mn)
CHS	CHSK <sub>Mn</sub>
SO	sírany ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
KNK <sub>4,5</sub>	Kyselinová neutralizačná kapacita
ZNK <sub>8,3</sub>	Zasadiť neutralizačná kapacita
% O <sub>2</sub>	Nasýtenie kyslíkom
CCAMG	celk. tvrdosť (Ca+Mg)

<http://www.aquavit.sk/#!rozbor-vody/cee5>

# Úprava pitnej vody

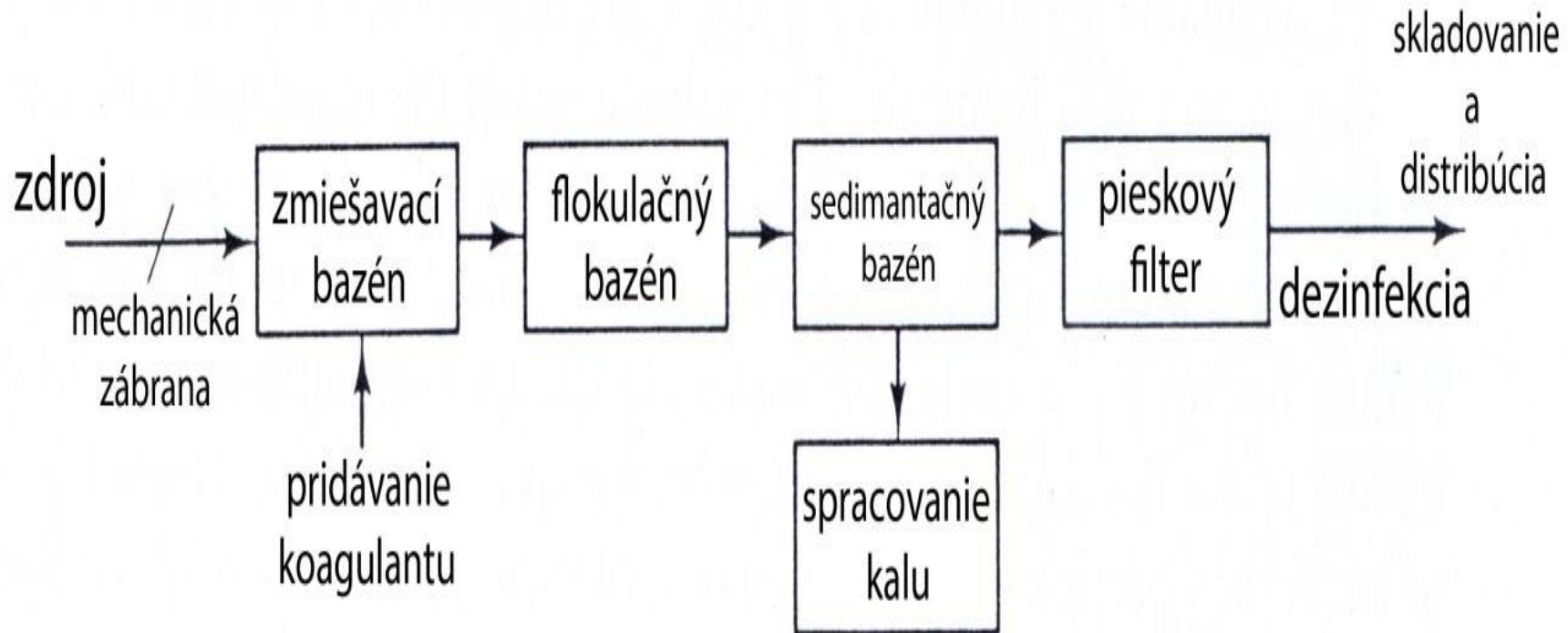


**Mechanická zábrana** – odstránenie rozptýlených mechanických častíc.

**Miešanie** – pridávanie chemikálií, ktoré podporujú koaguláciu malých častíc na väčšie častice, aby sa lepšie usadzovali.

**Flokulácia** – proces vytvárania väčších častíc - **flokúl**. Odstránenie malých častíc, ktoré sa nedajú zachytiť bežným filtrovaním. Ako koagulant sa často používa  $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ .

# Úprava pitnej vody – pokračovanie (75 min)



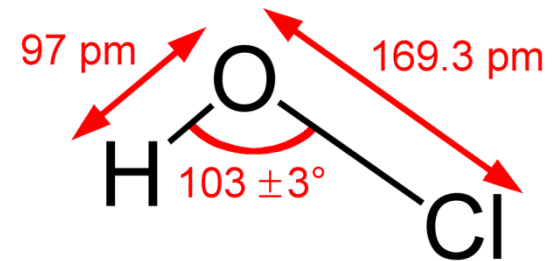
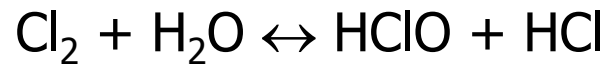
**Sedimentácia** – (1 až 10 hodín), pravidelné odstraňovanie tuhých zložiek, ktoré sa usadzujú na dne sedimentačného bazéna.

**Pieskové filtre** – niekoľko vrstiev piesku naložených na vrstve štrku.

**Dezinfekcia vody** – odstraňovanie patogénnych organizmov. Na dezinfekciu sa najčastejšie používa chlórovanie.

# Dezinfekcia vody

Pridávanie chlóru do vody spôsobuje reakciu:



pričom vzniká **kyselina chlórna** a **kyselina chlórovodíková**.

Obidve čiastočne disociujú na  $\text{H}^+$  a  $\text{ClO}^-$  respektíve na  $\text{H}^+$  a  $\text{Cl}^-$ .

Hlavnou výhodou chlórovania je, že chlór zostáva vo vode aj po opustení čistiacej linky. Nevýhodou chlórovania je možnosť tvorby **trihalometánov**, ako je napríklad chloroform ( $\text{CHCl}_3$ ). Tieto vznikajú vtedy, ak voda obsahuje organické substancie ako napríklad rozkladajúce sa rastliny. Jedným z alternatívnych dezinfekčných prostriedkov je **ozón**. Ozón pôsobí dokonca efektívnejšie proti cystám a vírusom ako chlór a je bez chuti a nepríjemného zápachu. Ozónovanie je však oveľa drahšie ako chlórovanie.

# Úprava tvrdej vody

Ak sú vo vode prítomné katióny hlavne **vápnika** a **horčíka**, označujeme takúto vodu ako **tvrdú**. Ak sa tvrdá voda zohrieva, vznikajú uhličitan vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ) a hydroxid horečnatý [ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ], ktoré tvoria tzv. „vodný kameň“.

**Tvrdosť** všeobecne je definovaná ako **koncentrácia všetkých viacmocných iónov v roztoku**. Okrem vápnika a horčíka sú to aj **železo, mangán, stroncium a hliník**, ktoré sa však zvyčajne vyskytujú vo vode v menších množstvách. Tvrdosť sa meria v jednotkách mmol/l.

**Povrchová voda** (na rozdiel od podzemnej) zvyčajne nebýva tvrdá, preto zariadenia na jej zmäkčovanie nebývajú štandardnou súčasťou úpravy vody. Opakom je **podzemná voda**, ktorá býva zvyčajne veľmi tvrdá.

Existujú dva spôsoby ako vodu zmäkčiť:

- **pridávanie vápnika** vo forme  $\text{CaO}$  alebo  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Týmto stúpne hodnota pH (zopakovať kyslosť a zásaditosť) a mení rozpustné ióny  $\text{HCO}_3^-$  na nerozpustné  $\text{CO}_3^{2-}$ .

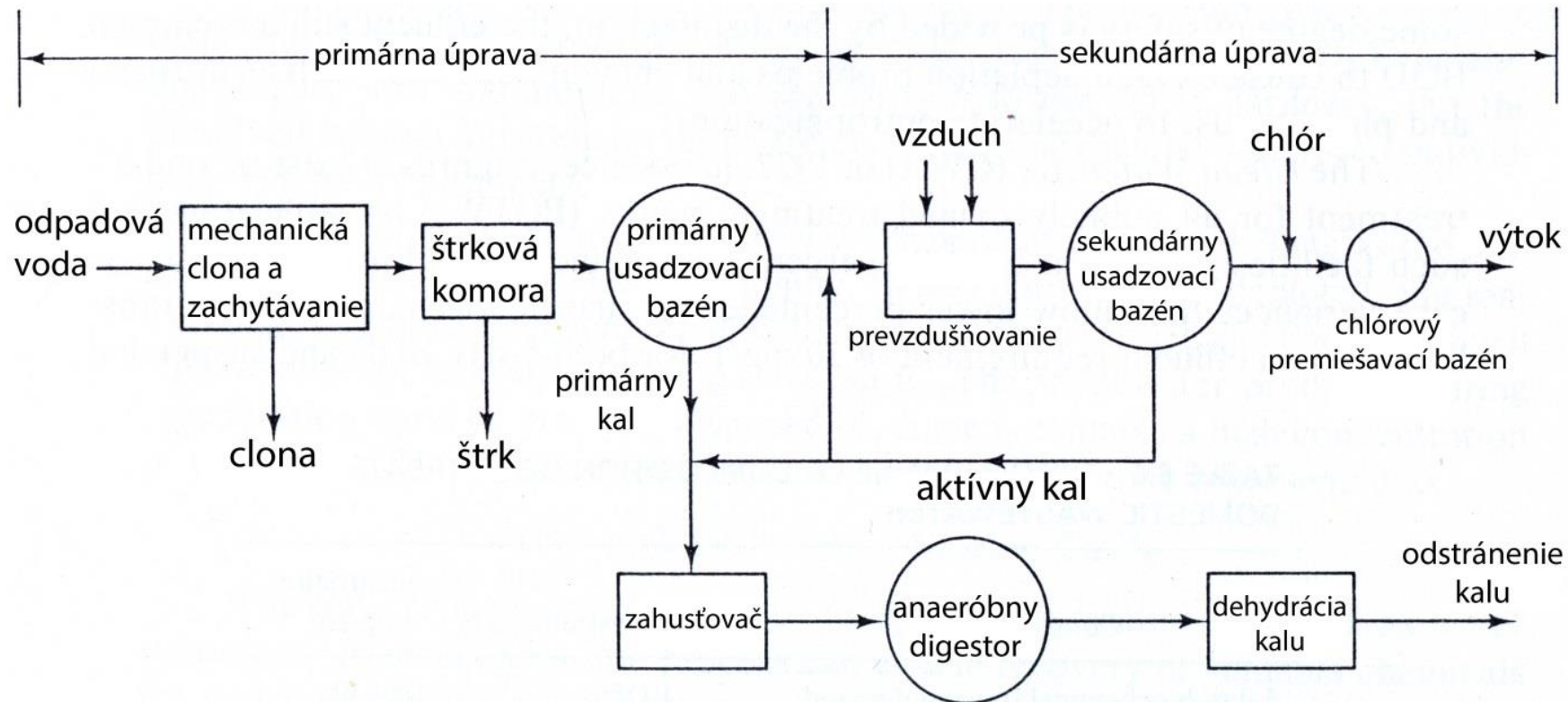


# Úprava tvrdej vody (koniec)

Existujú dva spôsoby ako vodu zmäkčiť:

- **pridávanie vápnika** vo forme  $\text{CaO}$  alebo  $\text{Ca(OH)}_2$ . Týmto stúpne hodnota pH (zopakovať kyslosť a zásaditosť) a mení rozpustné ióny  $\text{HCO}_3^-$  na nerozpustné  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- **iónovou výmenou** – v procese iónovej výmeny prechádza tvrdá voda cez kolónu, ktorá obsahuje drobné guľky zo živice, ktorá na seba viaže  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  ióny z vody.

# Nakladanie s odpadovou vodou

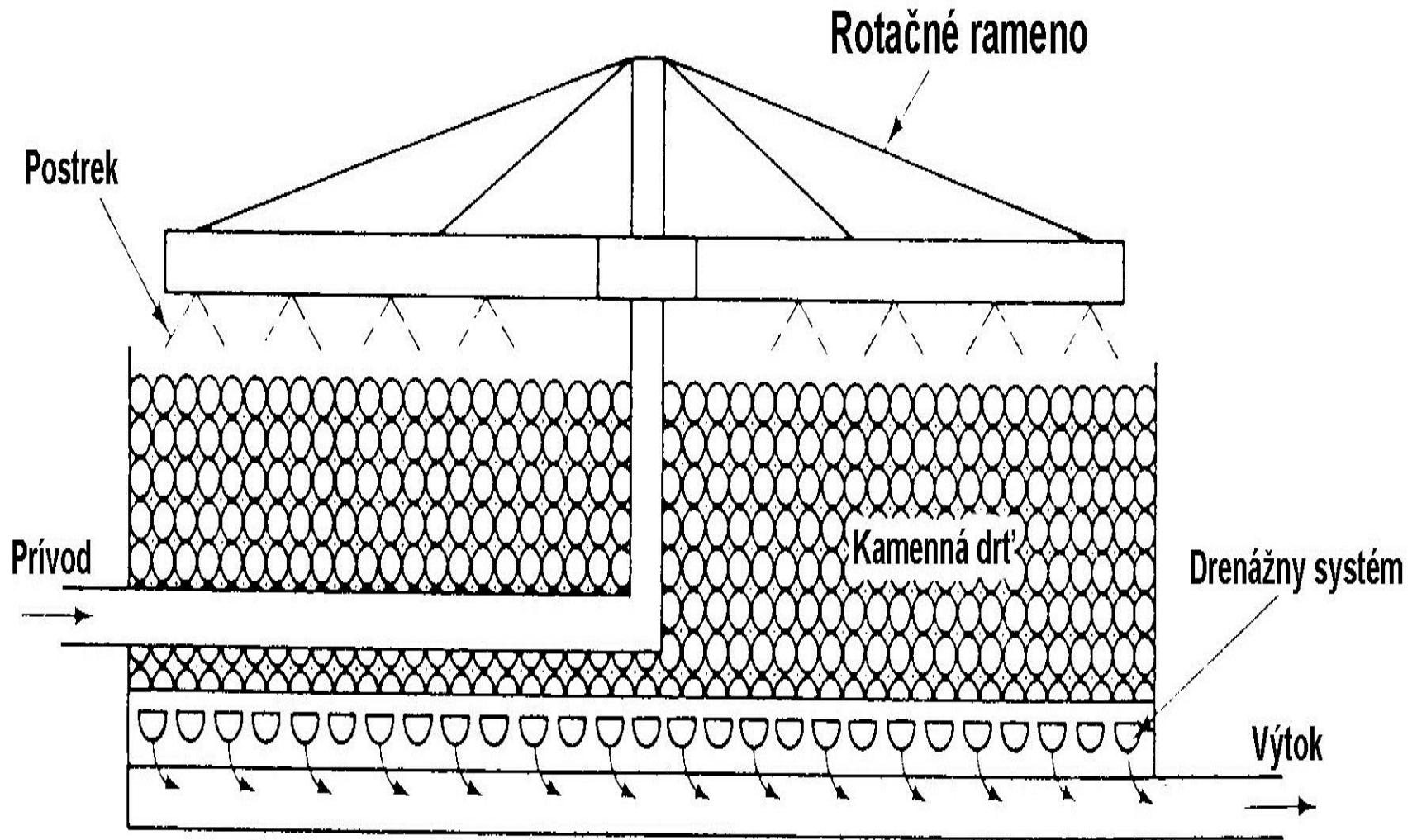


# Primárna a sekundárna úprava

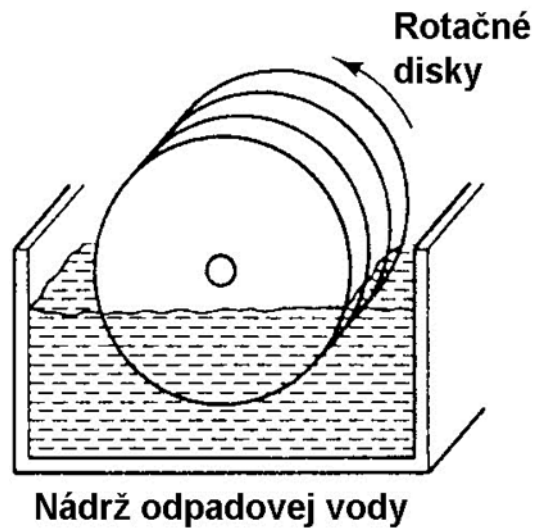
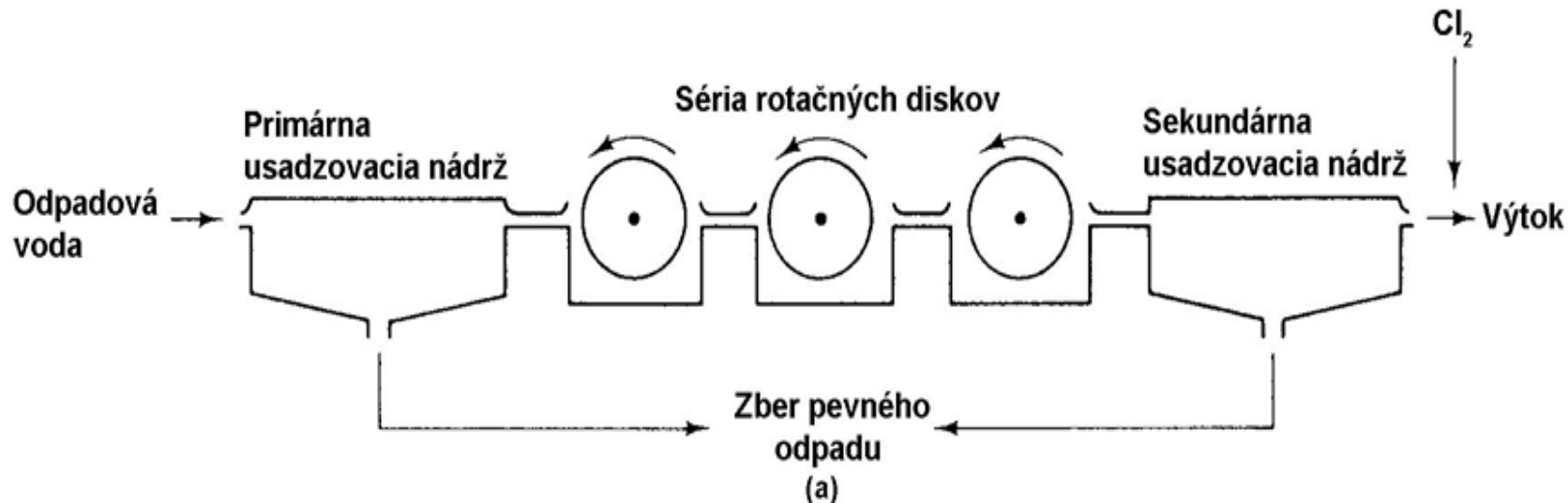
**Primárna úprava** sa začína **mechanickou ochrannou clonou**, ktorá pozostáva z ocelových mreží pokrytých pletivom na zachytenie hrubých mechanických nečistôt. Nasleduje **komora naplnená štrkom**, kde sa zachytávajú ťažšie materiály. Zo štrkovej komory voda prechádza do **primárneho usadzovacieho bazéna**, kde zotrvá približne 2 – 3 hodiny a dôjde k odstráneniu 50 až 65 % tuhých zložiek. Tuhá zložka, nazývaná **primárny kal**, ktorý sa usadil na dne, postupuje na ďalšie spracovanie.

Hlavným cieľom **sekundárnej úpravy** je, aby hodnota BOD klesla na takú hodnotu, ktorá sa nedá dosiahnuť bežnou sedimentáciou. Na tento účel sa používajú zariadenia na **prevzdušňovanie vody**. **Stekajúci filter** pozostáva z rotujúceho ramena, z ktorého strieka odpadová voda na vrstvu kameňov alebo iného hrubozrnného materiálu. Priestor medzi kameňmi je dostatočne veľký na to, aby dovoľoval cirkuláciu vzduchu, a tým sa dosahuje prevzdušňovanie vody. Takto upravená voda potom prechádza do **sekundárneho usadzovacieho bazéna**.

# Stekajúci filter



# Rotačné biologické disky (15 min)



## Nakladanie s kalmi

Množstvo kalu, ktoré sa vyprodukuje, býva približne **2 %** z celkového objemu odpadovej vody, je však závislé na použítom procese úpravy vody. Tradičné metódy spracovania kalov využívajú **anaeróbne procesy**, v ktorých sa využívajú baktérie, ktoré rozkladajú látky **bez prítomnosti kyslíka**. Anaeróbny rozklad je pomalší ako aeróbny, ale má výhodu v tom, že len malé percento odpadu sa transformuje na nové bakteriálne bunky. Väčšina organickej hmoty sa premení na **oxid uhličitý a metán** (aký je chemický vzorec metánu?).

Väčšina zariadení využívajúcich anaeróbny rozklad pracuje ako **dvojstupňový digestor**. Kal je v prvom stupni miešaný a zohrievaný, aby sa urýchlil proces rozkladu. Bežná doba rozkladu je asi 10 až 15 dní. Druhý stupeň je buď vyhrievaný alebo premiešavaný a má pohyblivý príklop, aby sa dalo regulovať množstvo vznikajúceho plynu. Druhý stupeň umožňuje separovať určité množstvá tuhej, tekutej zložky a plynu. Tekutú zložku možno opäť vrátiť na spracovanie, tuhú zložku sa dehydruje a ukladá na skládku. Vyrobený plyn má potenciálne využitie ako palivo.

# Dvojstupňový digestor

