

# Voda ve farmacii

## část „odpadní vody“

Prof. Pavel JENÍČEK

(budova B, 1.p. 117, tel. 3155, [jenicekp@vscht.cz](mailto:jenicekp@vscht.cz))

Ústav technologie vody a prostředí

materiály budou v pdf souborech na  
<http://web.vscht.cz/jenicekp>

# Zásoby vody na Zemi

94 % slaná voda

6 % sladká voda



87 % ledovce

13 % ostatní



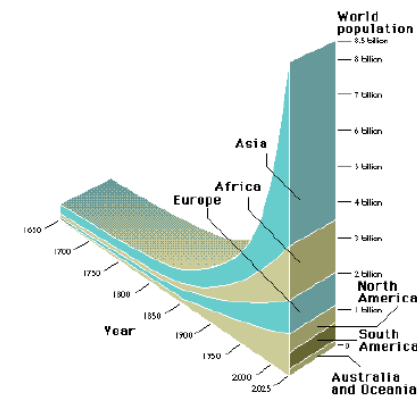
# Formy výskytu „sladké vody“ v přírodě

Forma výskytu	Podíl v %
Ledovce, sníh	68,65
Podpovrchové vody	30,1
Podpovrchvý led	0,86
Jezera	0,26
Půdní voda	0,05
Voda v atmosféře	0,04
Močáry, rašeliniště	0,03
Voda v řekách	0,006
Voda v rostlinách a živých organizmech	0,003

# Roste potřeba vody

- rostoucí počet obyvatel
- rostoucí životní úroveň
- rostoucí výroba potravin závislých na vodě
- rostoucí výroba energetických plodin
- rostoucí nerovnoměrnost srážek

Exponential population growth



Pressure on

- Food
- Clean fresh water
- Space
- Environment
- Energy
- AND
- Natural Resources



# Roste význam zdrojů vody a hospodaření s vodou

- virtuální voda (virtuální vodní obchod)
- water footprint (náročnost technologií)

Např.:

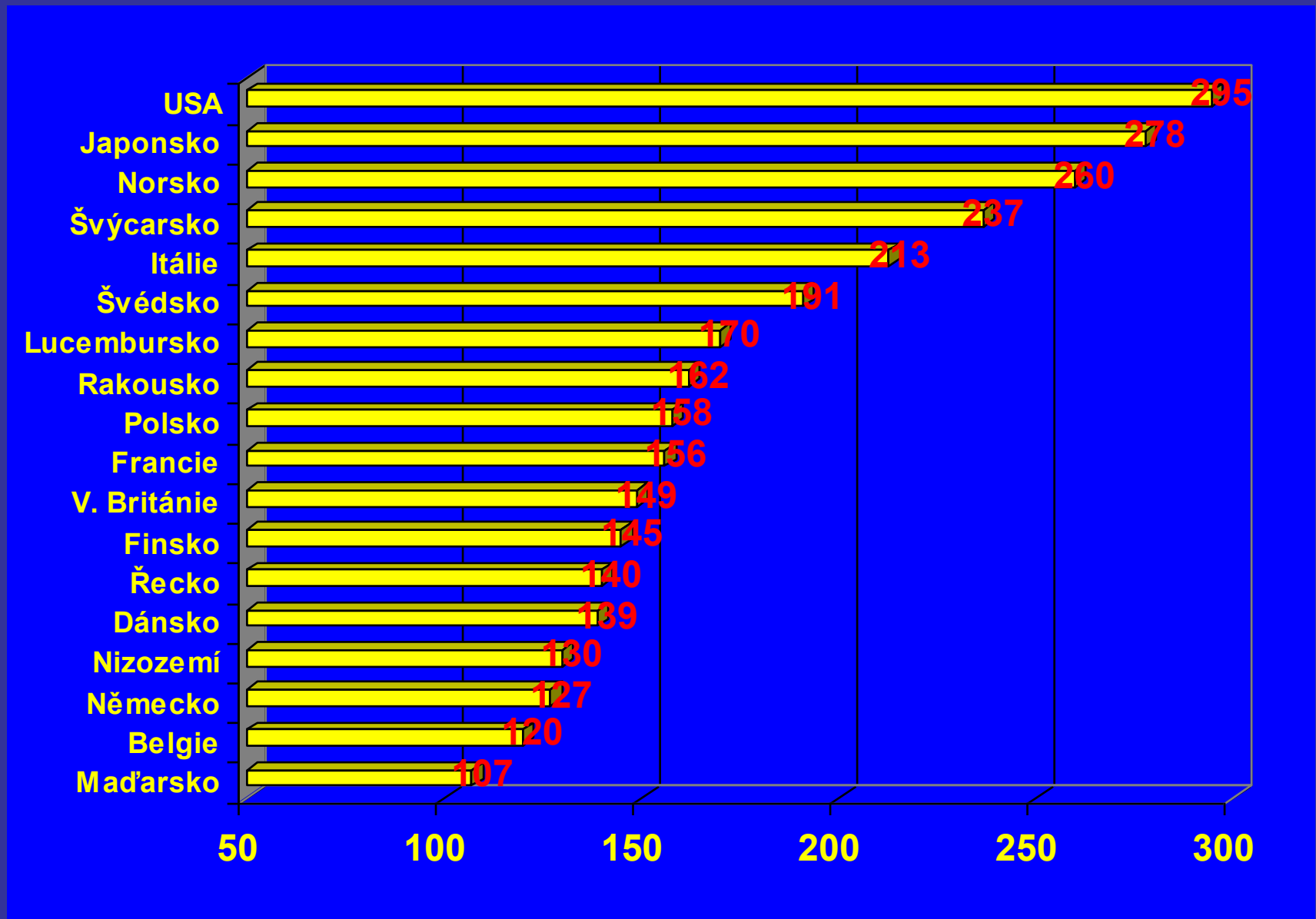
1 kg pšenice	1 300 L
1 kg hovězího masa	15 000 L
1 džína	2 500 L

# Filosofie ochrany čistoty vod

- prevence
  - Reuse
  - Reduce
  - Recycle
- čištění odpadních vod



# Srovnání spotřeby vody (l.ob.d<sup>-1</sup>)

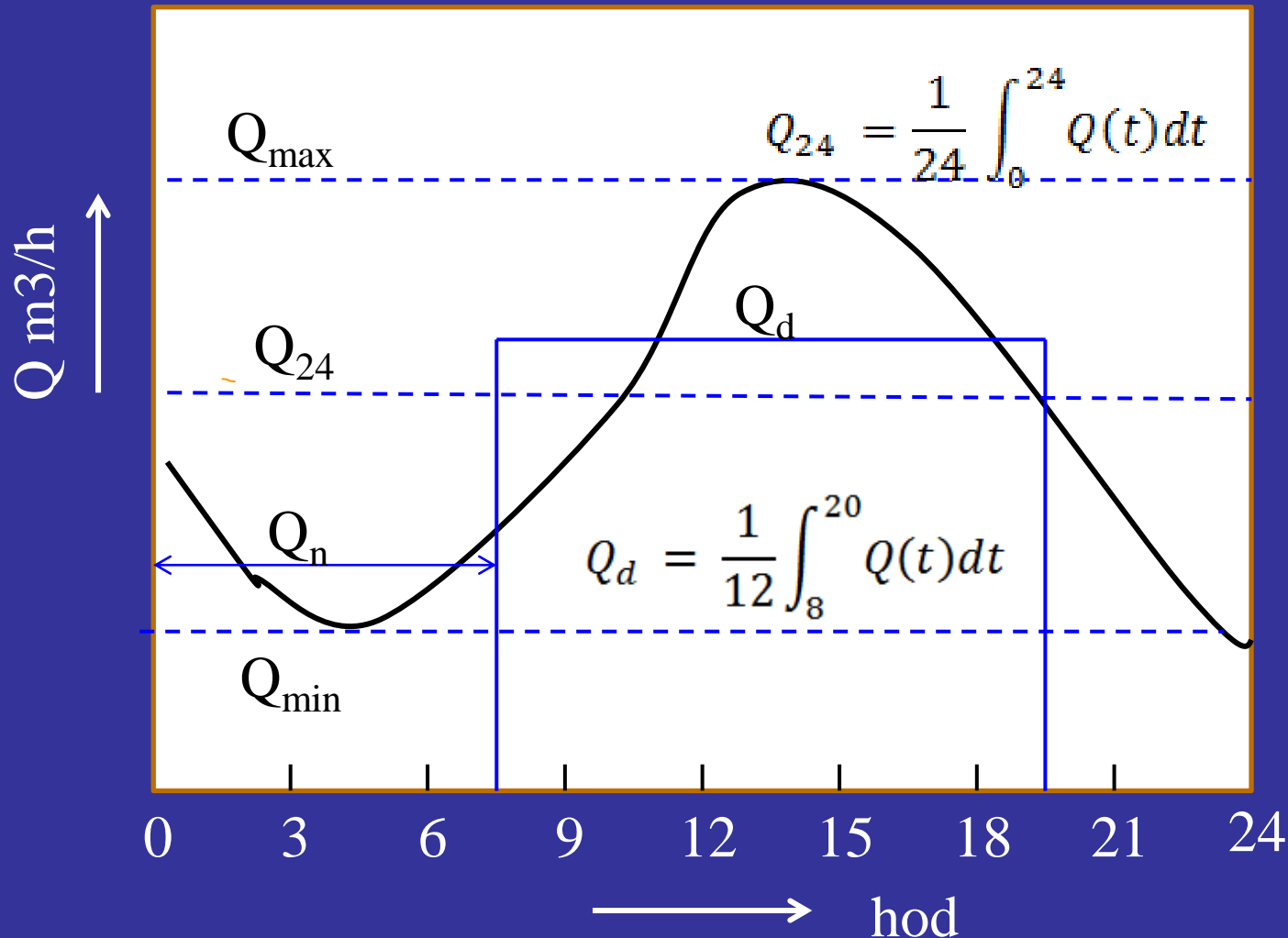


# Srovnání spotřeby vody (ob.d<sup>-1</sup>) (domácnosti)

## Vývoj v ČR

<b>1990</b>	<b>174</b>
<b>1995</b>	<b>121</b>
<b>1996-2000</b>	<b>110-120</b>
<b>2001</b>	<b>104</b>
<b>2020 – souč.</b>	<b>~ 90</b>

# Kolísání průtoků



$$k = \frac{Q_{\max}}{Q_n}$$

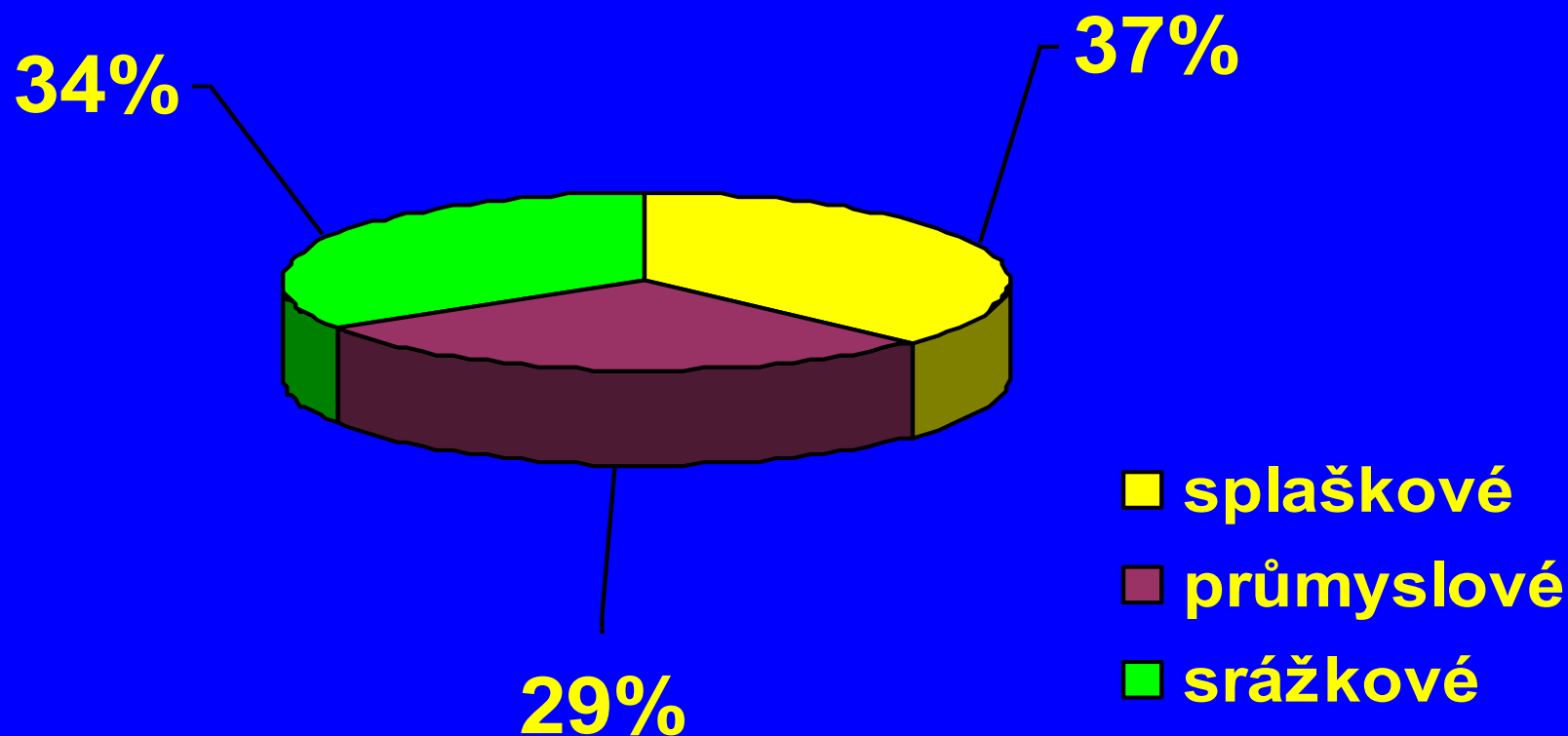
# Frekvenční křivky



# Měření průtoku



# Odpadní vody vypouštěné do recipientů v ČR (téměř miliarda m<sup>3</sup>/rok)





# Druhy znečištění

- **bodové** (*prům. závody, kanalizace, ...*)
- **difuzní** (*kyselá dešť, splachy z polí, ...*)
- **primární** (*přímé působení znečišťujících látek*)
- **sekundární** (*druhotné vlivy vyvolané následnými procesy v prostředí*) např. eutrofizace

# Samočištění

**regenerační reakce ekosystému na znečištění**

**soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů např.:**

**Sedimentace, sycení vody kyslíkem a následná chemická nebo biochemická oxidace, neutralizace, fotosyntéza, růst organismů (makro- i mikro-)**

**Umožňuje klasifikaci vodních toků podle čistoty index saprobity (přirozené bioindikátory)**

# Klasifikace znečišťujících látek

- rozpustěné látky
- nerozpustěné látky

# Klasifikace znečišťujících látek

- **rozpuštěné látky**
  - **organické**
  - **anorganické**
- **nerozpuštěné látky**
  - **organické**
  - **anorganické**

# Klasifikace znečišťujících látek

## ■ rozpustěné látky

- organické - biologicky rozložitelné (*cukry, mastné kys.*)
- biologicky nerozložitelné (*azobarviva, ...*)
- anorganické (*těžké kovy, dusičnany, fosforečnany*)

## ■ nerozpustěné látky

- organické - biologicky rozložitelné (*škrob, bakterie*)
- biologicky nerozložitelné (*plasty, ...*)
- usaditelné (*celulózová vlákna, ...*)
- neusaditelné (*papír, ...*)
- koloidní (*bakterie, ...*)
- plovoucí (*plasty, ...*)
- anorganické - usaditelné (*písek, hlína, ...*)
- neusaditelné (*brusný prach, ...*)

# Klasifikace znečišťujících látek

---

## další specifické druhy znečištění

- **teplota**
- **radioaktivita**
- **mikrobiální znečištění** (*pathogenní mikroorg.*)
- **tenzidy**
- **mikroplasty**
- **látky se specif. fyziologickými účinky**  
(*PPCP, endocrine disruptors, pseudoestrogeny, ...*)

(*např. feminizace obojživelníků a ryb*)

# Stanovení koncentrace organických a anorganických látek

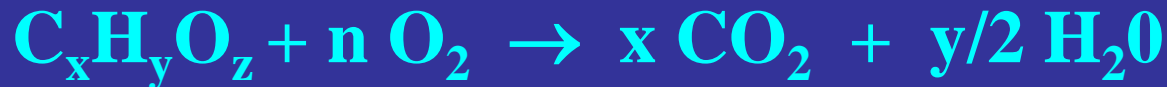


# Stanovení koncentrace organických látek

## Skupinová stanovení

- **BSK<sub>5</sub>**,
- **CHSK<sub>Cr</sub>** , **CHSK<sub>Mn</sub>**
- **TOC**

## teoretický parametr TSK



$$\text{kde } n = 2x + y/2 - z \quad \Rightarrow \quad \text{TSK} = n/M_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}$$

$$\text{TSK} > \text{CHSK} > \text{BSK}_5$$



# Specifická produkce znečištění v $\text{g.d}^{-1}.\text{ob}^{-1}$ (populační ekvivalent)

<b>Látky</b>	<b>Anorg.</b>	<b>Org.</b>	<b>Veškeré</b>
nerozpuštěné	15	40	55
usaditelné	10	30	40
neusaditelné	5	10	15
rozpuštěné	75	50	125
<b>Celkem</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>180</b>

# Specifická produkce znečištění v $\text{g.d}^{-1}.\text{ob}^{-1}$ (populační ekvivalent)

Látky	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	N	P
nerozpuštěné	30	60	1	0,2
usaditelné	20	40	1	0,2
neusaditelné	10	20	-	-
rozpuštěné	30	60	11	2,3
<b>Celkem</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>12</b>	<b>2,5</b>

# Procesy používané pro čištění odp. vod

- **mechanické**
- **fyzikálně-chemické a chemické**
- **biologické**

*Speciální  
procesy 😊*



BIFENYL! POVÍDÁM, VYPADNI Z TÝ VODY, NEŽ SE NASERU!

# Procesy používané pro čištění odp. vod

- **mechanické**
- **cezení** (*česle, síta*)
- **usazování** (*usazovací nádrže*)
- **odstřed'ování** (*centrifugy*)
- **flotace** (*flotační nádrže*)
- **filtrace** (*písková filtrace*)





česle



síta







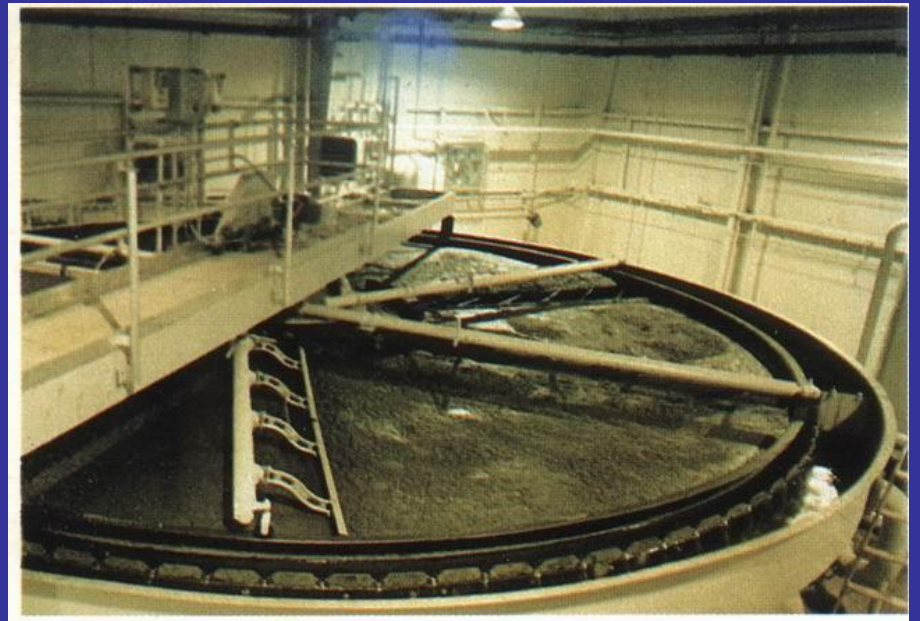
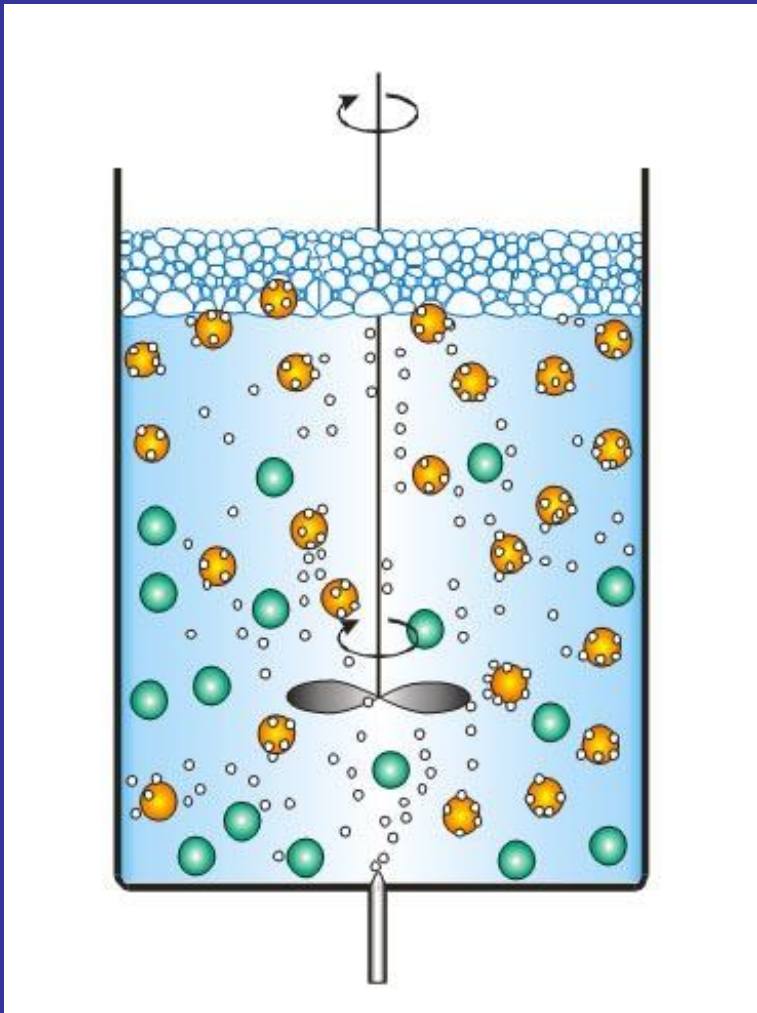
**dosovací nádrž**





odvodňovací centrifuga





**flotace**



**písková filtrace**

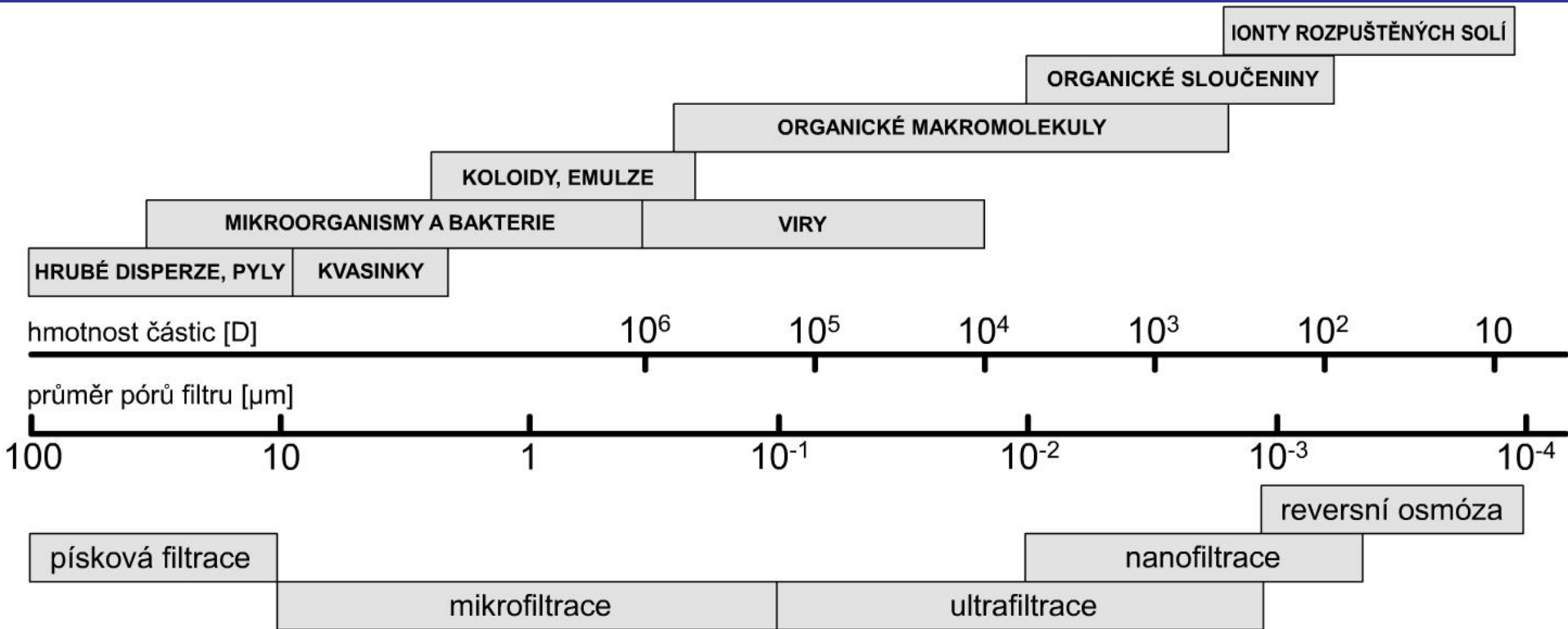




**membránová filtrace**



# Tlakové membránové procesy



# Procesy používané pro čištění odp. vod

- fyzikálně-chemické a chemické
- neutralizace
- srážení, koagulace
- oxidace (AOP) / redukce
- sorpce
- výměna iontů
- extrakce
- spalování
- stripování, destilace
- membránové procesy

# Procesy používané pro čištění odp. vod

- biologické

aerobní – *aktivace, biofiltry, rotační biofilmové reaktory, stabilizační rybníky, vegetační (kořenové) čistírny*

anaerobní – *stabilizační nádrže (kaly, aerobní biomasa)  
reaktory pro čištění odpadních vod*

Konec 1.části



# Nařízení vlády 61/2003

*o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*

**emisní princip**

**(po roce 2008 kombinovaný emisně-imisní)**

**celá ČR – citlivá oblast**

**městské x průmyslové odpadní vody**

**hodnoty p, m**

**novely 229/2007 a 23/2011**

**[www.env.cz](http://www.env.cz) → legislativa → vodní hospodářství**

# Nařízení vlády 61/2003

## Výroba léčiv, chemických látek, rostlinných přípravků a dalších prostředků pro zdravotnické účely

<b>CHSK<sub>Cr</sub></b>	<b>mg/l</b>	<b>250</b>
<b>BSK<sub>5</sub></b>	<b>mg/l</b>	<b>40</b>
<b>RAS</b>	<b>kg/t*</b>	<b>350</b>
<b>AOX</b>	<b>mg/l</b>	<b>0,5</b>
<b>PAU</b>	<b>mg/l</b>	<b>0,01</b>

\* t – na tunu výrobku

# Poplatky za vypouštění znečištění

(Zákon č. 254/2001 Sb. - Vodní zákon

*několik novelizací, poslední: zákon č. 150/2010 Sb.)*

<i>Ukazatel</i>	<i>Sazba (Kč/kg)</i>	<i>Limit zpoplatnění</i>	
		<i>kg/rok</i>	<i>mg/l</i>
<i>CHSK (nečištěné)</i>	<i>16</i>	<i>8 000</i>	<i>40</i>
<i>CHSK (čištěné)</i>	<i>8</i>	<i>10 000</i>	<i>40</i>
<i>CHSK (o.v.celul.)</i>	<i>3</i>	<i>10 000</i>	<i>40</i>
<i>RAS</i>	<i>0,5</i>	<i>20 000</i>	<i>1000</i>
<i>NL</i>	<i>2,0</i>	<i>10 000</i>	<i>30</i>
<i>P<sub>celk</sub></i>	<i>70</i>	<i>3 000</i>	<i>3</i>
<i>N<sub>anorg</sub></i>	<i>30</i>	<i>20 000</i>	<i>20</i>
<i>AOX</i>	<i>300</i>	<i>15</i>	<i>0,2</i>
<i>Hg</i>	<i>20 000</i>	<i>0,4</i>	<i>0,002</i>
<i>Cd</i>	<i>4 000</i>	<i>2</i>	<i>0,01</i>

[www.envy.cz](http://www.envy.cz) → legislativa → vodní hospodářství

# Odvádění odpadních vod - typy kanalizačních sítí

- jednotná (kombinovaná)
- oddílná

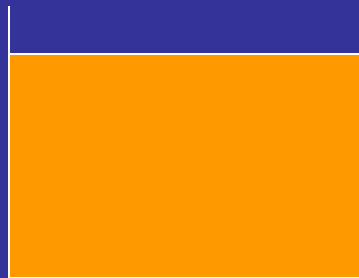


# Aerobní biologické čištění OV



Počátky – Anglie 19./20.století

- půdní infiltrace,
- provzdušňování



několikadenní  
aerace

→

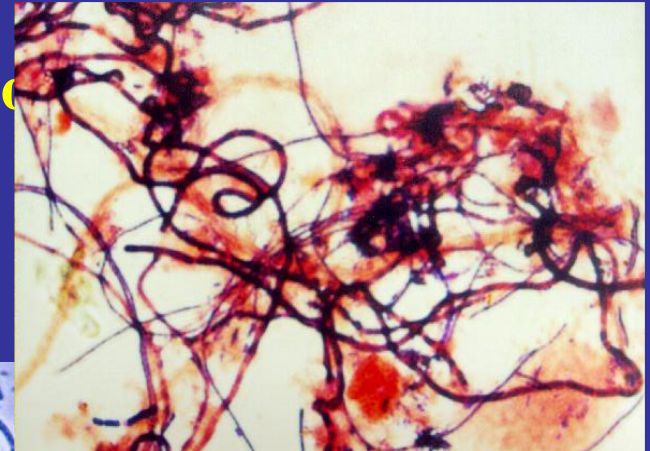
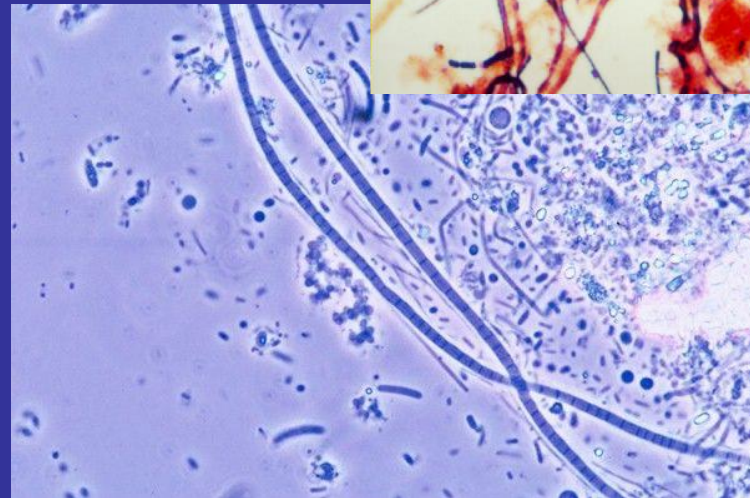




# Aerobní biologické čištění OV

**Activated sludge - aktivovaný kal - aktivace**

**Provozní kontinuální kultivace směsné kultury mikroorganismů - bakterie (první vířníci, hlístice, houby plísně, kvasinky)**



# Aerobní biologické čištění OV

**První aktivační ČOV**

**1914 - Anglie**

**1916 - USA**

**Praha 1906 ČOV s mechanickým čištěním**

**1965 ČOV s mechanicko-biologickým čištěním**

# Klasifikace ČOV podle jejich velikosti

- **Domovní - do 50 EO**
- **Malá - do 5000 EO**
- **Střední - do 50 000 EO**
- **Velká - nad 50 000 EO**



# Malá ČOV

100 EO



5 000 EO





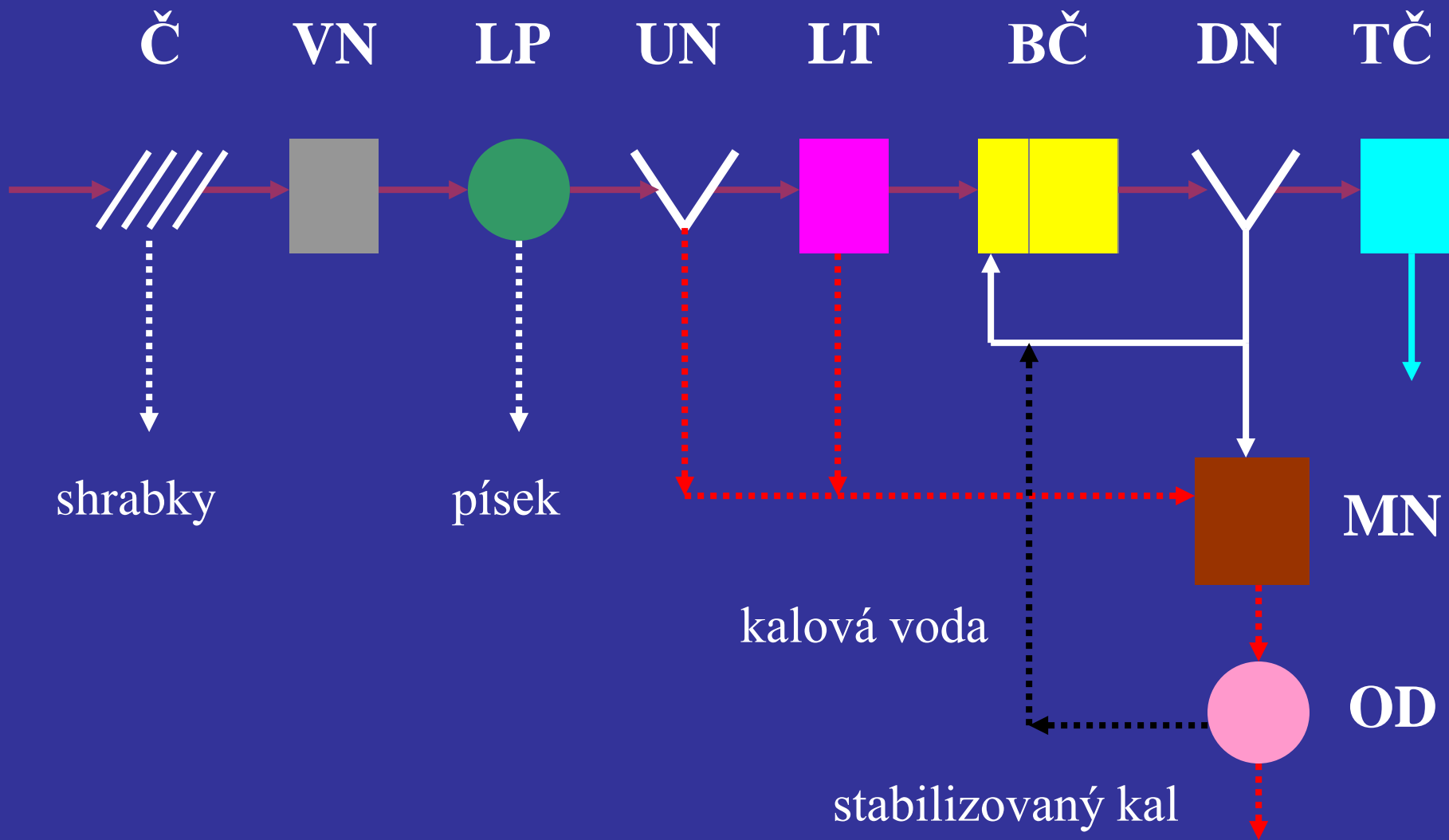
# Ústřední čistírna odpadních vod v Praze

Q - 5.8 m<sup>3</sup>/s

1 250 000 EO



# Příklad technologické linky ČOV







česle



**lapák písku**







aktivace





**biofiltr**





**dosovací nádrž**





**dosazovací nádrž**





**anaerobní stabilizace**





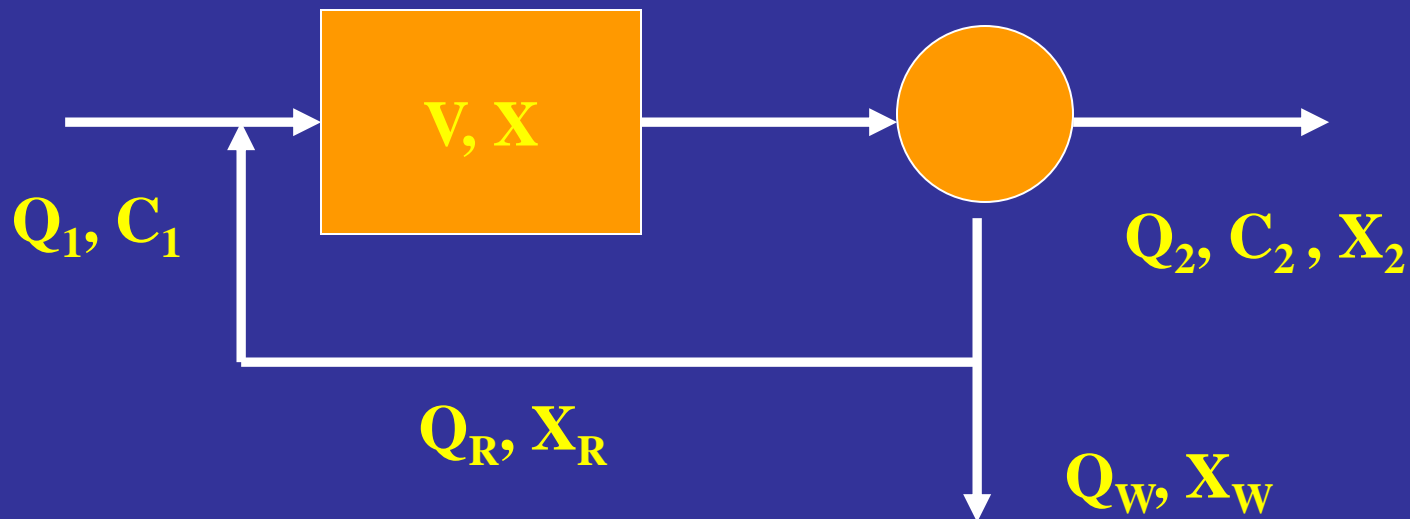
**anaerobní stabilizace**





odvodňovací centrifuga

# Základní technologické parametry biologických systémů



# Základní technologické parametry biologických systémů

Účinnost	$E = 100 * (C_1 - C_2) / C_1$	(%)
Doba zdržení	$\Theta = V / Q_1$	(h)
Objemové zatížení	$B_V = (Q_1 * C_1) / V$	(kg/m <sup>3</sup> .d)
Zatížení kalu	$B_X = (Q_1 * C_1) / (V * X)$	(kg/kg.d)
Stáří kalu	$\Theta_X = (V * X) / (Q_W * X_W + Q_2 * X_2)$	(d)
Kalový index	$KI = V_{30} / X$	(ml/g)



# Klasifikace aktivace podle zatížení

<b>typ</b>	<b>B<sub>v</sub> (BSK5) (kg/m<sup>3</sup>.d)</b>	<b>Θ<sub>x</sub> (d)</b>	<b>cíl</b>
<b>VZ</b>	<b>&gt; 1,2</b>	<b>3</b>	předčištění
<b>SZ</b>	<b>0,6 – 1,2</b>	<b>3 - 8</b>	jen org.látky
<b>NZ</b>	<b>0,3 – 0,6</b>	<b>8 - 20</b>	nutrienty
<b>se stabiliz. kalu</b>	<b>0,1 – 0,3</b>	<b>&gt; 20</b>	+ stabilizovat kal

# Typy aerace

- **pneumatická**
- **mechanická**
- **kombinovaná**
- **hydropneumatická**

**příklad aeračního  
elementu**



**pneumatická**





**pneumatická**





**mechanická**

**vertikální osa otáčení**



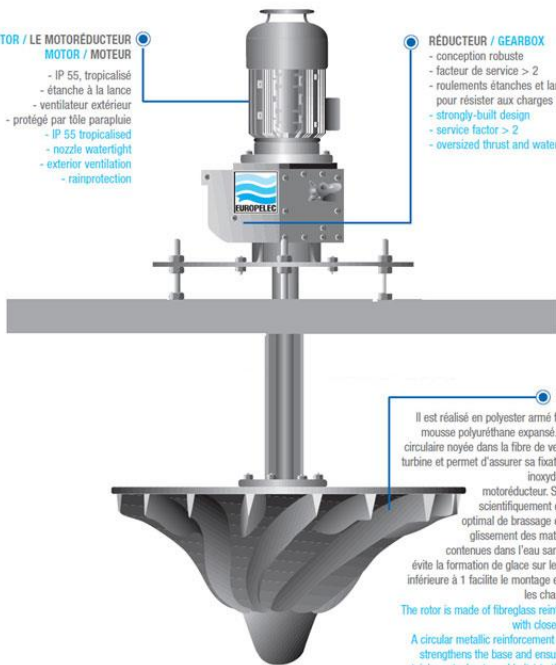


## The low speed turbine : TFL

### THE GEAR-MOTOR / LE MOTORÉDUCTEUR

#### MOTOR / MOTEUR

- IP 55, tropicalisé
- étanche à la lance
- ventilateur extérieur
- protégé par tôle parapluie
- IP 55 tropicalised
- nozzle watertight
- exterior ventilation
- rainprotection



### RÉDUCTEUR / GEARBOX

- conception robuste
- facteur de service > 2
- roulements étanches et largement dimensionnés pour résister aux charges axiales et radiales
- strongly-built design
- service factor > 2
- oversized thrust and watertight bearings

### LE ROTOR / THE ROTOR

Il est réalisé en polyester armé fibre de verre et rempli de mousse polyuréthane expansé. Une armature métallique circulaire noyée dans la fibre de verre renforce la base de la turbine et permet d'assurer sa fixation rigide par boulonnerie inoxydable à l'arbre de sortie du motoréducteur. Son profil hydrodynamique scientifiquement étudié pour un rendement optimal de brassage et d'oxygénation facilite le glissement des matières solides pouvant être contenues dans l'eau sans risque d'accrochage, et évite la formation de glace sur le rotor en hiver. Sa densité inférieure à 1 facilite le montage en bassin plein et diminue les charges axiales du réducteur.

The rotor is made of fibreglass reinforced polyester and filled with closed-cell polyurethane foam.

A circular metallic reinforcement enrobed by the fibreglass strengthens the base and ensures the solid fixation (with stainless steel nuts and bolts) to the connecting shaft of the gear-motor. The materials used in the rotor ensure an exceptional resistance to wearing and corrosion. The shape of both the rotor and the blades has been studied to give optimal stirring and oxygenation efficiency. This shape makes evacuation of any object easier without the risk of clogging, and prevents ice build-up during winter.

Moreover with a density below 1 the rotor is able to float, that makes installation easier and reduces the dynamic axial stress on the gearbox.



mechanická

vertikální osa otáčení





**mechanická**

**horizontální osa otáčení**





**mechanická**

**horizontální osa otáčení**

# Biologické čistírenské procesy



\* ORP měřený proti nejčastěji používané chloridostříbrné elektrodě, standardní je  $ORP_H$  měřený proti vodíkové elektrodě (tzn. cca + 200 mV)



# Odstraňování dusíkatých látek

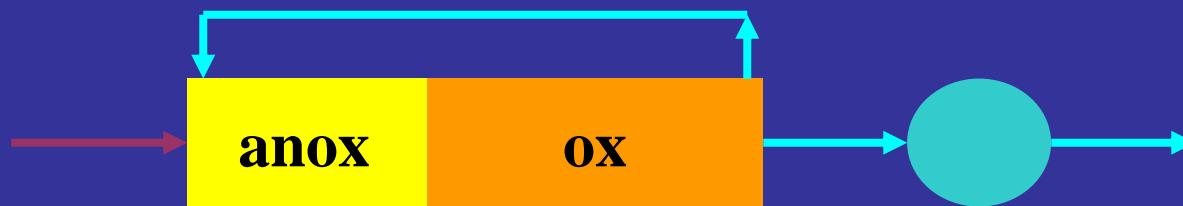
**Důvody:**     **toxicita**  
                  **spotřeba kyslíku při oxidaci N-NH<sub>3</sub>**  
                  **eutrofizace**  
                  **ohrožení zdrojů pitných vod**  
  **(methemoglobinémie)**

**Metody:**     **iontoměniče**  
                  **stripování**  
                  **destilace z alk.prostředí**  
                  **srážení NH<sub>4</sub>MgPO<sub>4</sub>**  
                  **biologicky**



# Odstraňování dusíkatých látek

Biologicky: **nitrifikace** a **denitrifikace**



# Odstraňování fosforečnanů

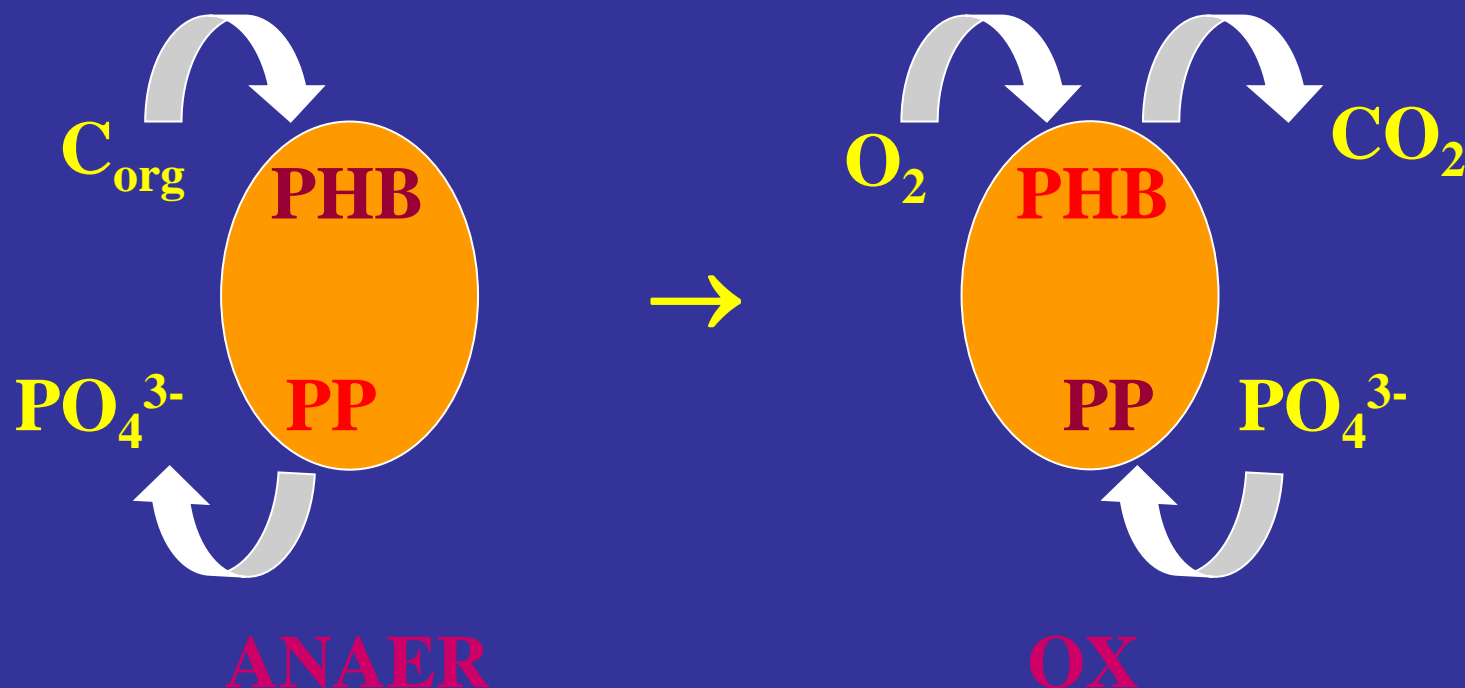
**Důvody:** eutrofizace  
ohrožení zdrojů pitných vod

**Metody:** srážení  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4$   
biologicky

# Odstraňování fosforečnanů

**Biologicky: polyfosfátakumulující bakterie**

**P v sušině buněk (2 % → 6 až 8 %)**

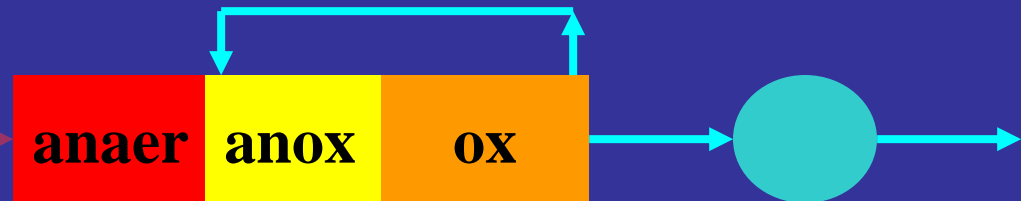




# Odstraňování fosforečnanů

**Biologicky: polyfosfátakumulující bakterie**  
**P v sušině buněk (2 % → 6 až 8 %)**

**biologické  
odstraňování  
N + P**



# Biofilmové reaktory

- 1892 Velká Británie – 1. biofiltr
- 1910 Jáchymov – 1. biofiltr v českých zemích
- 50.léta 20.století – 1. plastové náplně

## *Hlavní zástupci*

- biofiltry
- rotační biofilmové reaktory
- fluidní reaktory





**biofiltr**



# Rotační diskové reaktory



# Anaerobní proces

Bez přístupu vzduchu

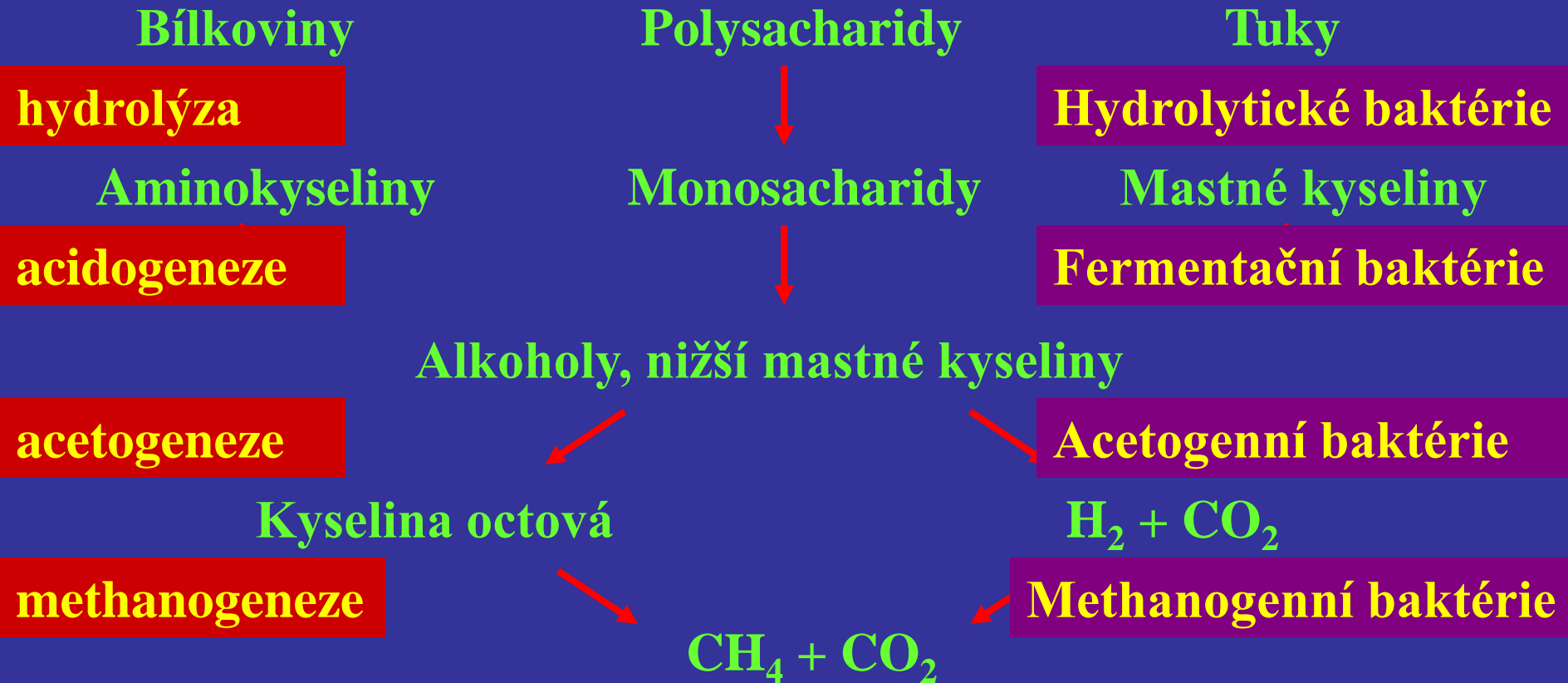


Počátky – konec 19.stol. (septik, využívání bioplynu)

Stabilizace kalů od poloviny 20.stol.

70.léta ropná krize – zájem o nové energ. zdroje

# Anaerobní rozklad organických látek





# Bioplyn

**CH<sub>4</sub>            60 - 80 %**

**CO<sub>2</sub>            20 - 40 %**

( H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, vyšší uhlovodíky, ... )

**Výhřevnost            17 – 25 MJ/m<sup>3</sup>**

( 1 m<sup>3</sup> BP = 0,6 l LTO )

# Anaerobní čistírenské technologie

- Čištění odpadních vod
- Stabilizace kalů

# Výhody anaerobního čištění OV ( v porovnání s aerobním )

- **nízká spotřeba energie**
- **nízká produkce biomasy**
- **vysoká koncentrace biomasy**
- **vysoké objemové zatížení**
- **nízké požadavky na nutrienty**

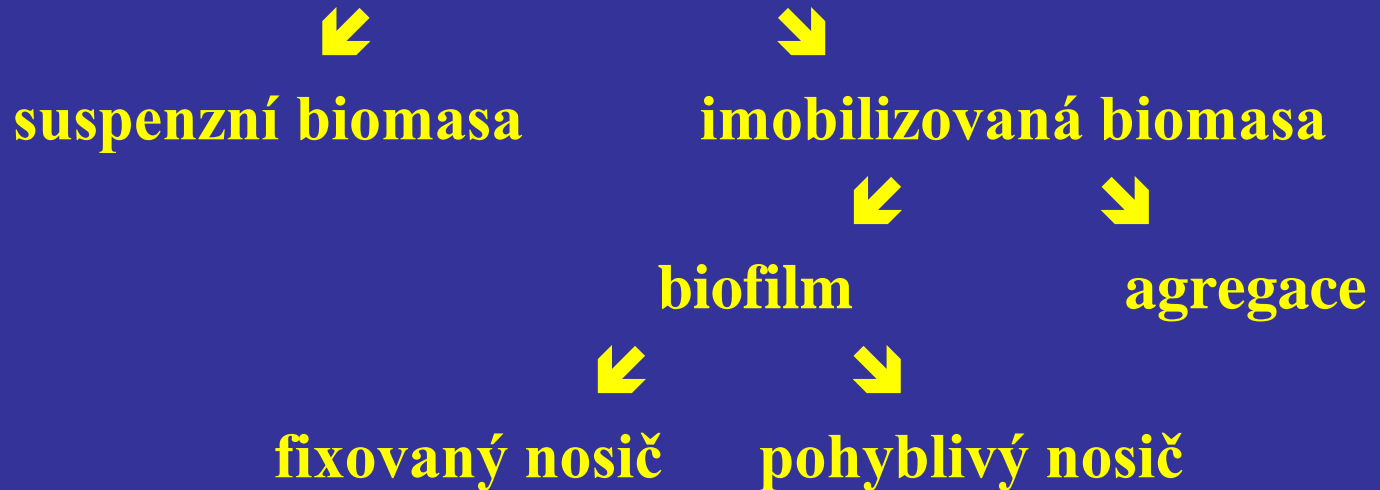


# **Nevýhody anaerobního čištění OV**

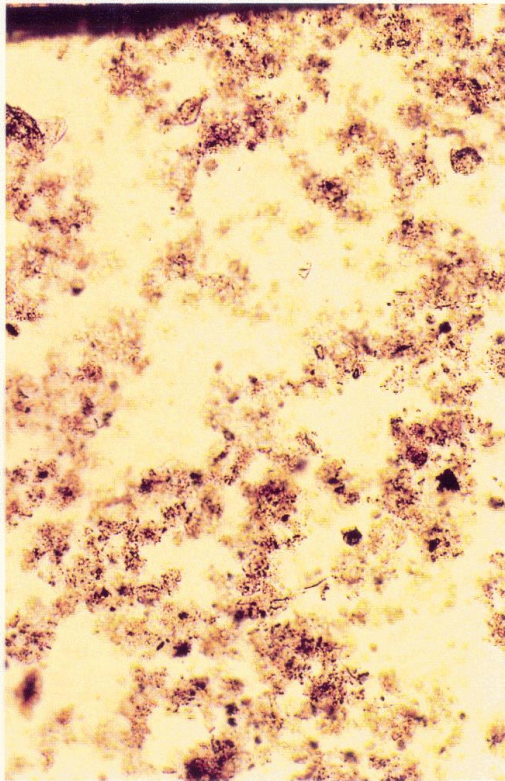
**( v porovnání s aerobním )**

- **delší doba zpracování**
- **vyšší citlivost na změny podmínek**
- **minimální odstranění nutrientů**
- **nutnost dočištění**

# Anaerobní reaktory

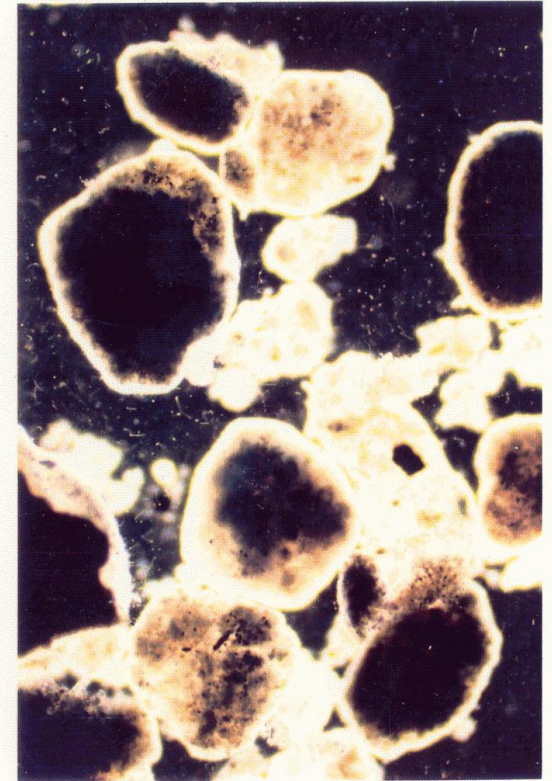
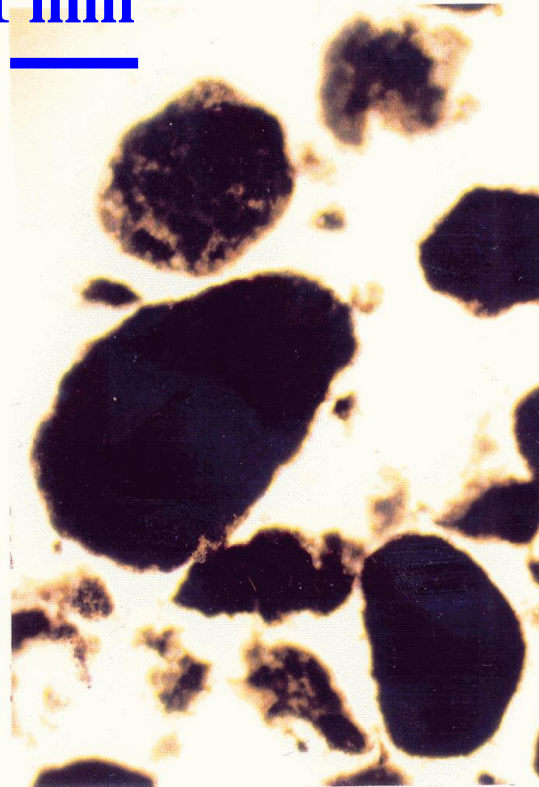


# Typy anaerobní biomasy



suspenzní

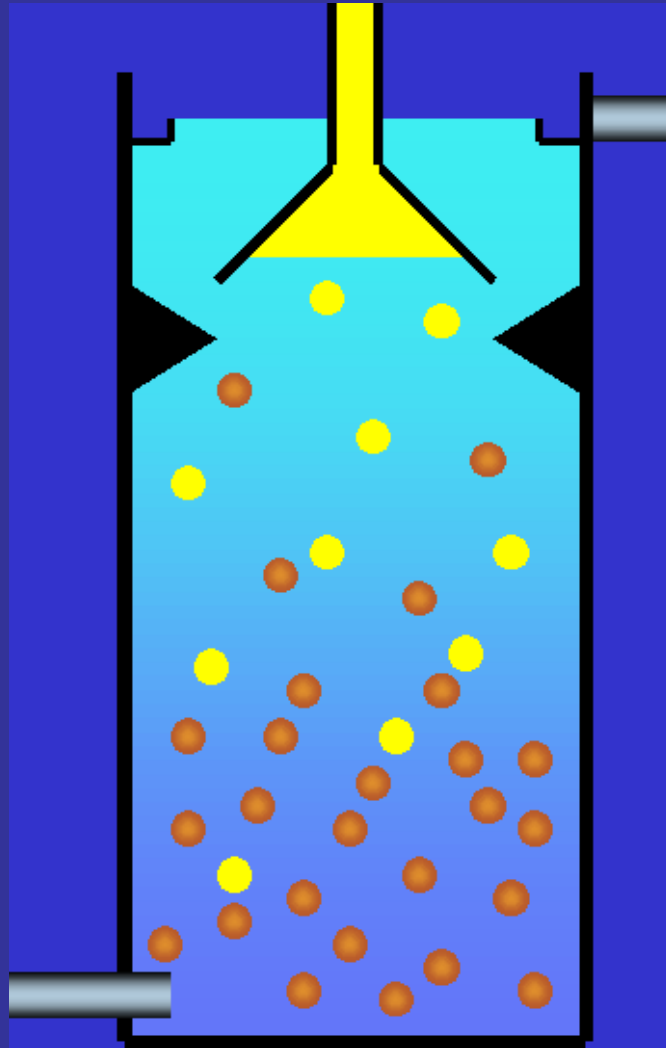
1 mm



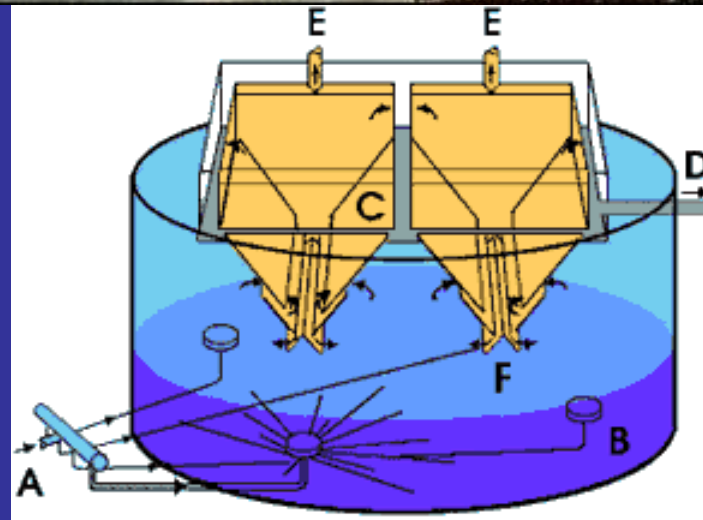
granulovaná



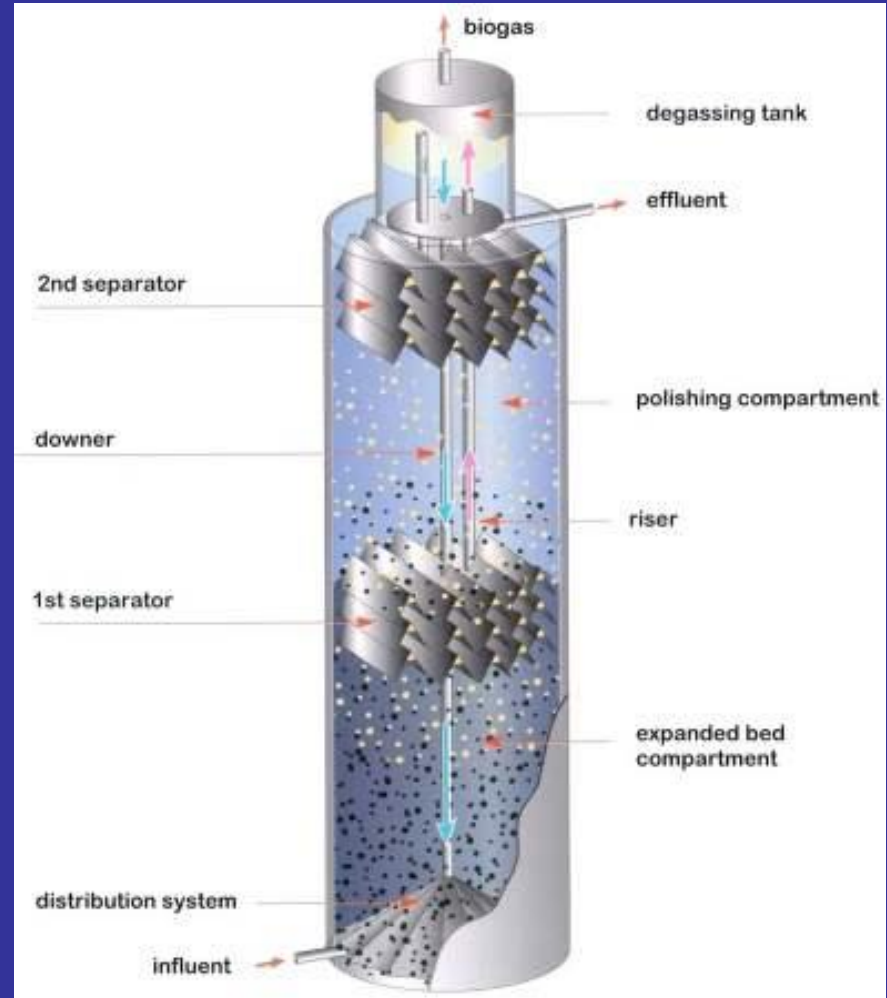
**Princip  
reaktoru  
UASB**



# UASB reaktor



# IC reaktor





# Průmyslové odpadní vody

- vysoká koncentrace organického znečištění
- stabilní a vyšší teplota

⇒ *Výhodné pro anaerobní proces*

- až 90 % energie substrátu lze přeměnit na bioplyn

# Kombinace anaerobního předčištění a aerobního dočištění OV

**umožňuje zvýraznit výhody a potlačit nevýhody  
obou**

- **nízké provozní náklady**
- **vysoká kvalita odtoku včetně nutrientů**

# Energetické důsledky

Díky produkci bioplynu může být čištění odpadních vod **energeticky soběstačné** – městské ČOV (anaerobní stabilizace kalů), nebo dokonce **energeticky aktivní** – prům. ČOV (anaerobní čištění odpadních vod).

Velké městské ČOV u nás s moderním kalovým hospodářstvím (Praha, Plzeň, České Budějovice, Liberec) si vyrobí 60-80 % potřebné energie.



# Anaerobní čištění průmyslových OV

- **Anaerobní čištění průmyslových odpadních vod je dnes běžnou čistírenskou technologií.**
- **Jednoznačná perspektivnost této technologie je dána její ekologickou, energetickou a ekonomickou výhodností.**
- **Anaerobní zpracování odpadních vod může pokrýt energetické potřeby na čištění vod včetně aerobního dočištění a ještě energeticky dotovat samotnou průmyslovou výrobu.**

# Energetický potenciál odpadních vod

Typ OV	EP (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
splaškové	0,2
výroba antibiotik	4,2
cukrovarské	5,0
škrobářenské	7,6
melasové výpalky	25
výroba threoninu	32
výroba sirupů	60
výroba bionafty	80

# Specifika farmaceutických OV

- **pestrost a variabilita vod**
  - **technologické,**
  - **chladící,**
  - **splaškové,**
  - **srážkové (ze znečištěných ploch)**



# Specifika čištění farmaceutických OV

- **důraz na RRR** - minimalizace spotřeby
  - vytěžení cenných látek
  - recyklace
- **segregace vod**
  - vybrané proudy se čistí samostatně
- **biologické metody**
  - častý anaerobní způsob
- **časté fyzikálně-chemické metody**
- **výhodné předčištění v závodě + dočištění na městské ČOV**

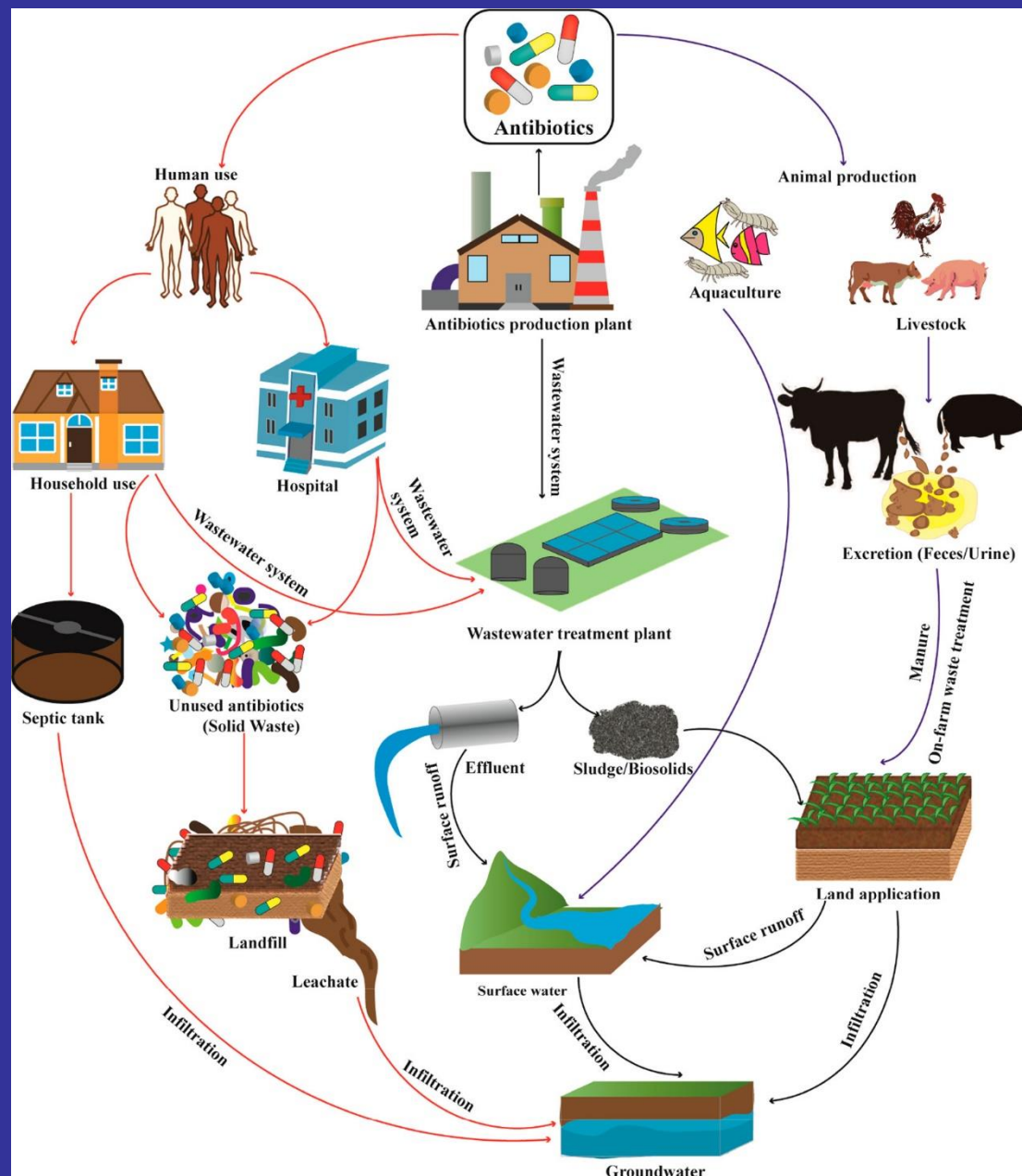
# Provozní příklad – farmaceutické OV

<b>Přítok</b>	<b>(m<sup>3</sup>/d)</b>	<b>556</b>
<b>CHSK</b>	<b>(g/l)</b>	<b>8,54</b>
<b>Zatížení kalu</b>	<b>(kg/kg.d)</b>	<b>0,57</b>
<b>Účinnost - CHSK (anaerobní stupeň)</b>	<b>(%)</b>	<b>91,0</b>
<b>Produkce bioplynu</b>	<b>(m<sup>3</sup>/d)</b>	<b>2450</b>
<b>Podíl methanu</b>	<b>(%)</b>	<b>76,4</b>

# Provozní příklad – farmaceutické OV

		aerobie	anaerobie
<b>Spotřeba el. energie</b>	kWh/měsíc	<b>130 000</b>	<b>28 000</b>
<b>Produkce bioplynu</b>	m <sup>3</sup> /měsíc	<b>0</b>	<b>69 000</b>
<b>Potřeba tepla pro ohřev</b>	GJ/měsíc	<b>69</b>	<b>340</b>
<b>Bioplyn využitelný mimo ČOV</b>	m <sup>3</sup> /měsíc	<b>0</b>	<b>56 700</b>
<b>Využitelná energie bioplynu</b>	GJ/měsíc	<b>0</b>	<b>14 300</b>





## Potenciální zdroje a osud léčiv v životním prostředí

(Oberoi et al. 2019)

# Účinnost odstranění vybraných farmak na modelové ČOV v závislosti na ročním období

Aktivní látka		Míra odstranění [%]		
		zima	léto	
		medián rozpětí	medián rozpětí	
Amoxicillin	75	49-100	100	100
Bezafibrát	15	0-66	87	0-98
Ciprofloxacin	60	45-78	63	53-69
Ibuprofen	38	25-72	93	0-100
Hydrochlorothiazid	24	0-77	44	0-51
Ranitidin	39	0-76	84	72-89
Sulfamethoxazol	17	0-84	71	71

# Mechanismus odstranění léčiv

- sorpce
- abiotické degradace (fotolýza, oxidace)
- biotické transformace (mikrobiální rozklad)



# Antibiotická rezistence

- Světová zdravotnická organizace kvalifikovala vývoj rezistence vůči antibiotikům na hlavní globální hrozby pro společnost.
- Antibiotika jsou jedním z běžných kontaminantů v odpadních vodách. Zvýšená rezistence bakteriálních antibiotik je výsledkem šíření bakterií rezistentních na antibiotika a přenosu genů rezistence.

*<https://repares.vscht.cz/repares-about>*

# Selection and Transfer of Antibiotic Resistance in Waste Water

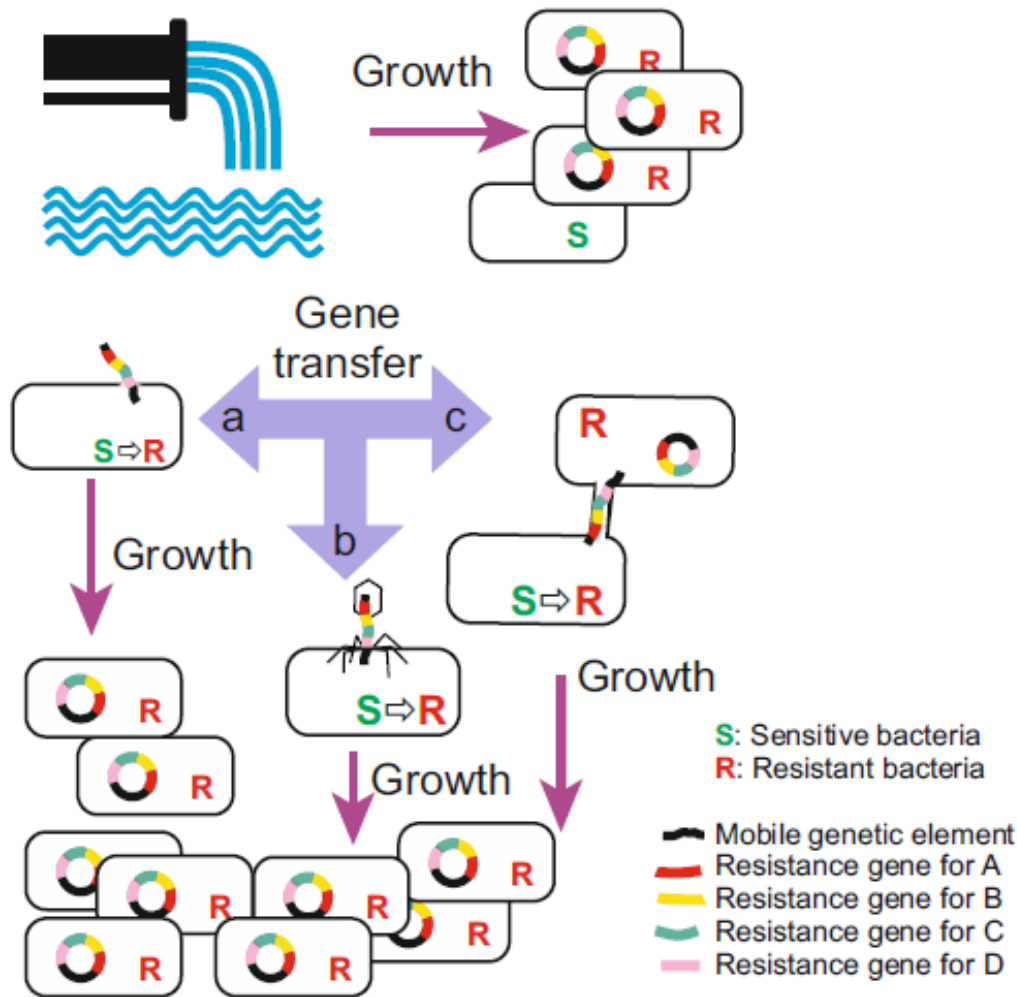


Figure 1. When there is selection pressure for antibiotic-resistant bacteria (ARB) (R), they overgrow the sensitive bacteria (S). The sensitive bacteria can become resistant by acquiring a resistance gene by transformation (a), transduction (b), or conjugation (c). Selection pressure can be caused by antibiotics, metals, or biocides present in the waste water. Selection pressure against one resistance gene can select other resistance genes also by coselection, as indicated by different resistance genes.

Trends in Microbiology

# ČOV a zbytky léčiv

- optimalizace stávajících technologií  
(*optimalizace stáří kalu, kombinace aerobních a anaerobních procesů*)
- vylepšení čištění na ČOV přidáním dalšího čistícího stupně (*membránové procesy, sorpce/biosorpce, oxidační procesy*)
- kontrola a separace zdrojů



**2024**

# **Schválení novely Směrnice Rady o čištění městských odpadních vod 91/271/EHS (Urban Waste Water Treatment Directive – UWWTD).**

- **Kategorie 1 (látky, které mohou být velmi snadno čištěny):**

- Amisulprid (CAS No 71675-85-9),
- Carbamazepine (CAS No 298-46-4),
- Citalopram (CAS No 59729-33-8),
- Clarithromycin (CAS No 81103-11-9),
- Diclofenac (CAS No 15307-86-5),
- Hydrochlorothiazide (CAS No 58-93-5),
- Metoprolol (CAS No 37350-58-6),
- Venlafaxine (CAS No 93413-69-5);

Nad 100 000 EO

80 % účinnost  
odstranění

- **Kategorie 2 (látky, které lze snadno zlikvidovat):**

- Benzotriazole (CAS No 95-14-7),
- Candesartan (CAS No 139481-59-7),
- Irbesartan (CAS No 138402-11-6),
- směs 4-Methylbenzotriazole  
(CAS No 29878-31-7) a 6-methyl- benzotriazole (CAS No 136-85-6).

# Zpracování čistírenských kalů a odpadní biomasy

## primární kal

- Kal zachycený v usazovacích nádržích

## přebytečný aktivovaný kal

- Biomasa vznikající při aerobním čištění OV

## kaly z výrobní technologie

- Biomasa vznikající při fermentační výrobě léčiv apod.

# Stabilizace + hygienizace kalů

## stabilizovaný kal

- nepodléhá samovolnému rozkladu

## hygienizovaný kal

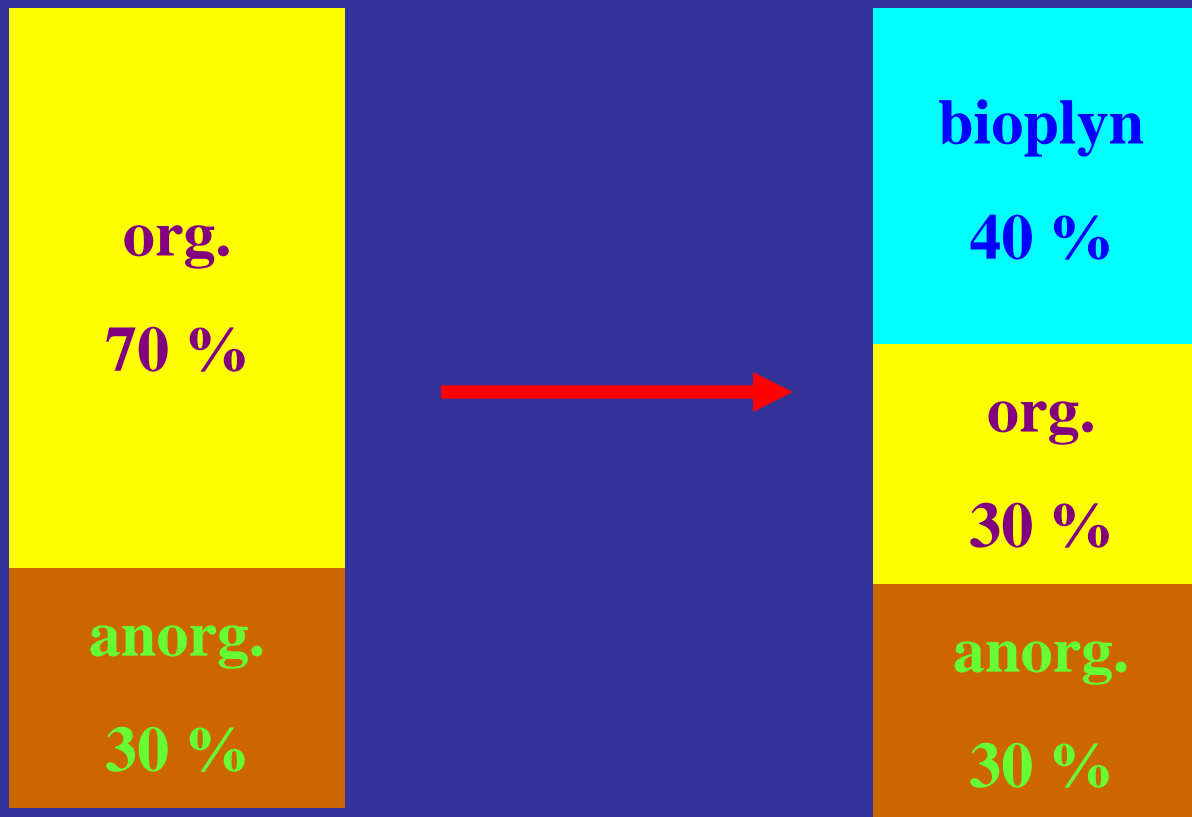
- koncentrace pathogenních mikroorganismů pod stanoveným limitem



# Stabilizace

- anaerobní
- aerobní
- chemická

# Látková bilance při anaerobní stabilizaci





**Methanizační nádrže – ÚČOV Praha**



**Methanizační nádrž**

**ČOV Halle (SRN)**

**vejcovitý tvar**

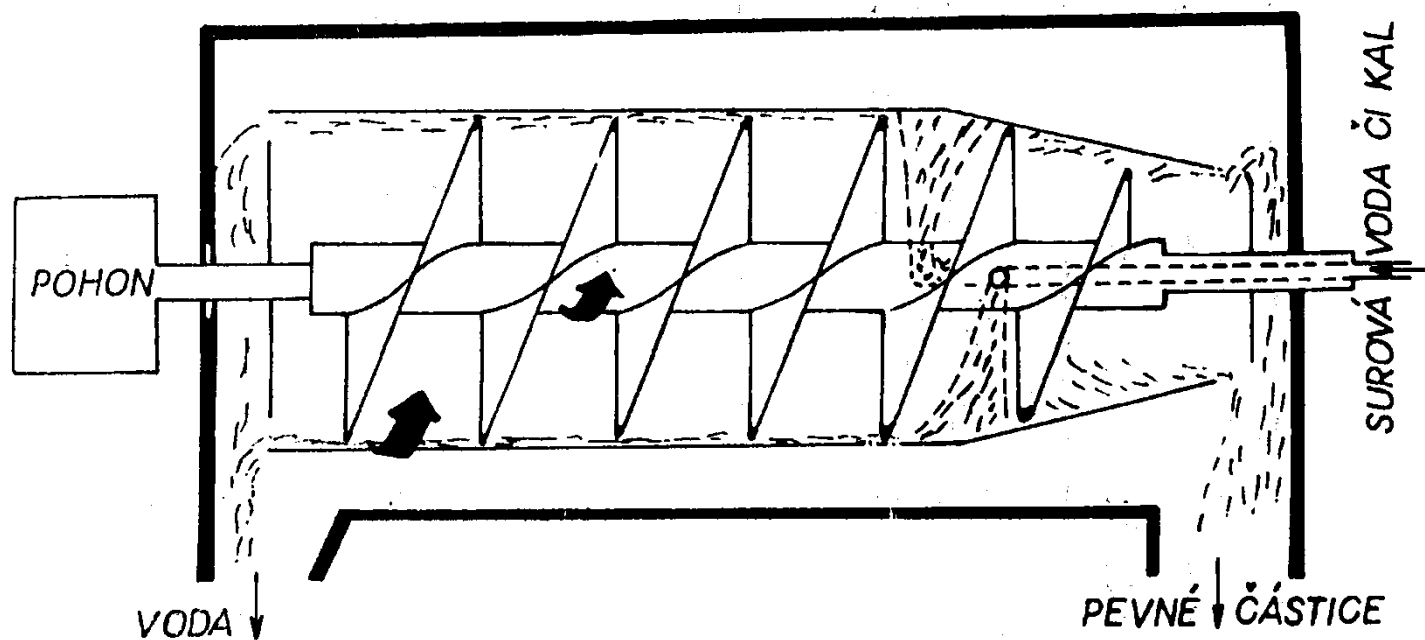




**Biotika Slovenská Lupča – anaerobní zpracování  
odpadní biomasy a čistírenských kalů**

# Zahušťování a odvodňování kalu

## Odstředivka (centrifuga)





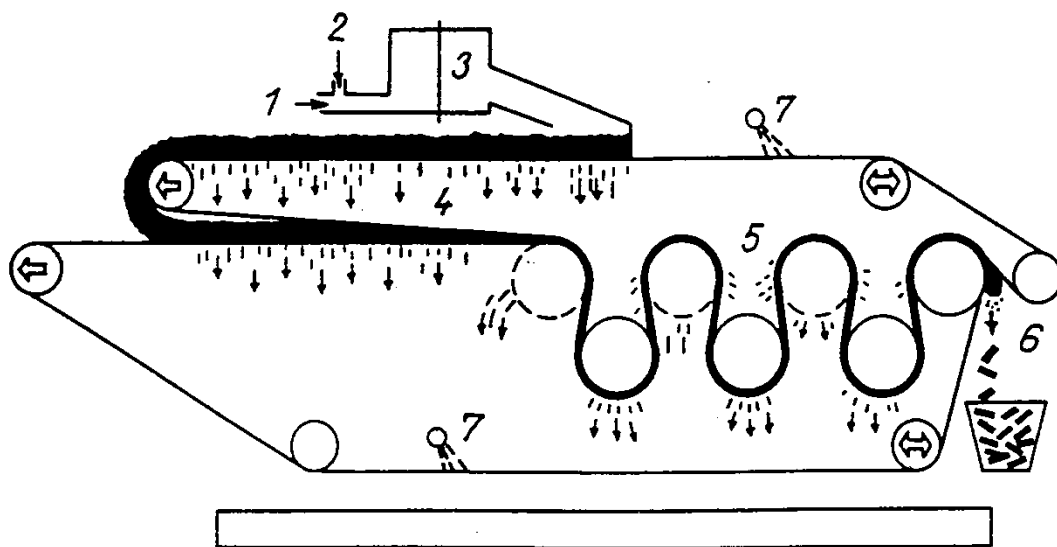


odvodňovací centrifuga



# Zahušťování a odvodňování kalu

## Sítopásový lis



- 1 – přívod kalu, 2 – přívod flokulantu, 3 – mísicí komora,
- 4 – horizontální předodvodňovací zóna,
- 5 – odvodňovací zóna, 6 – odvodněný kal, 7 – ostříkování plachetky

# Zahušťování a odvodňování kalu



**Sítopásový lis – odvodňovací zóna**

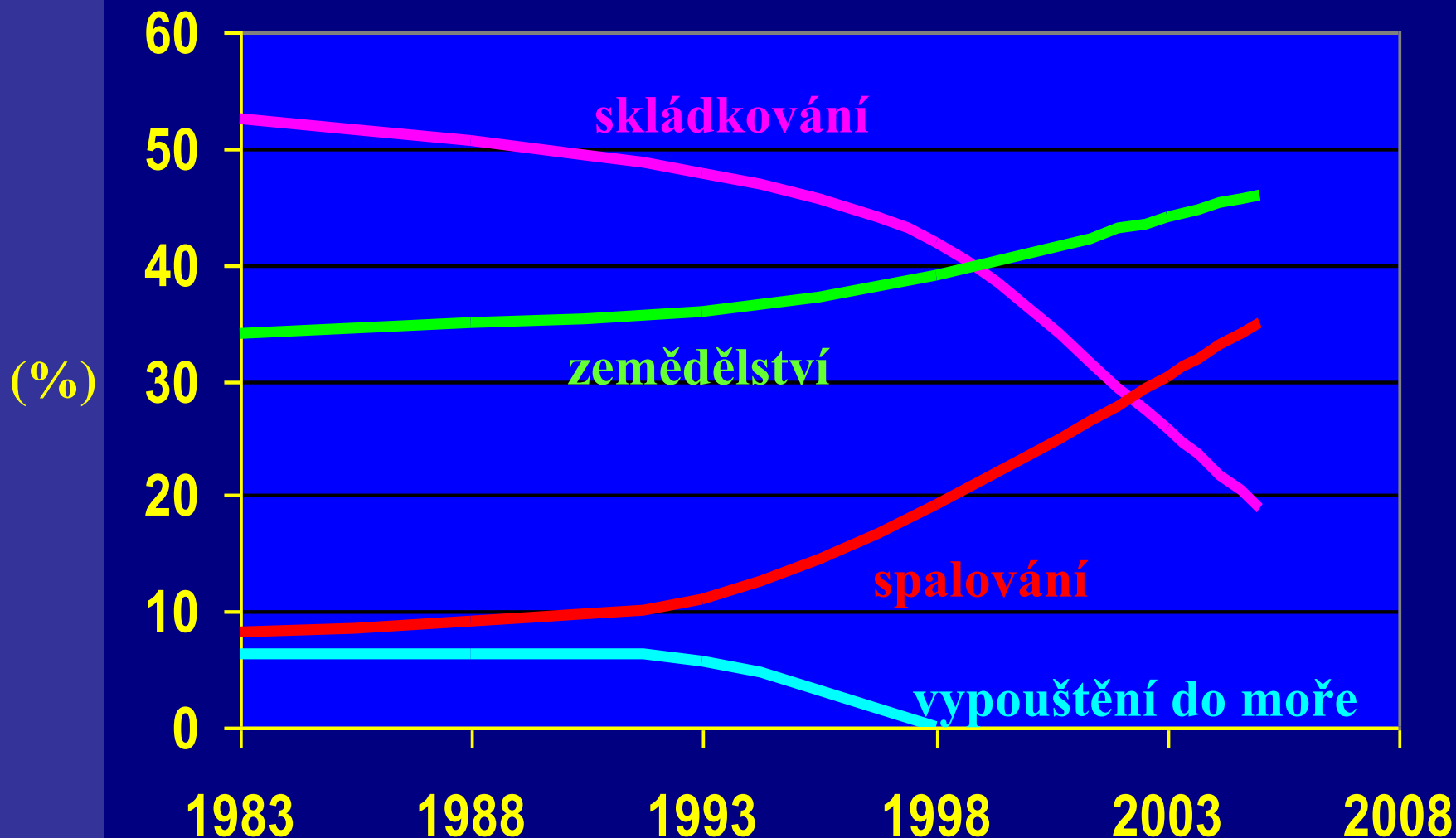


# Stabilizovaný odvodněný kal





# Zpracování kalů v zemích EU



# Voda ve farmacii

## část „odpadní vody“

Prof. Pavel JENÍČEK

(budova B, 1.p. 117, tel. 3155, [jenicekp@vscht.cz](mailto:jenicekp@vscht.cz))

Ústav technologie vody a prostředí

materiály budou v pdf souborech na  
<http://web.vscht.cz/jenicekp>