



MUNI
PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA

Biologické čištění odpadních vod

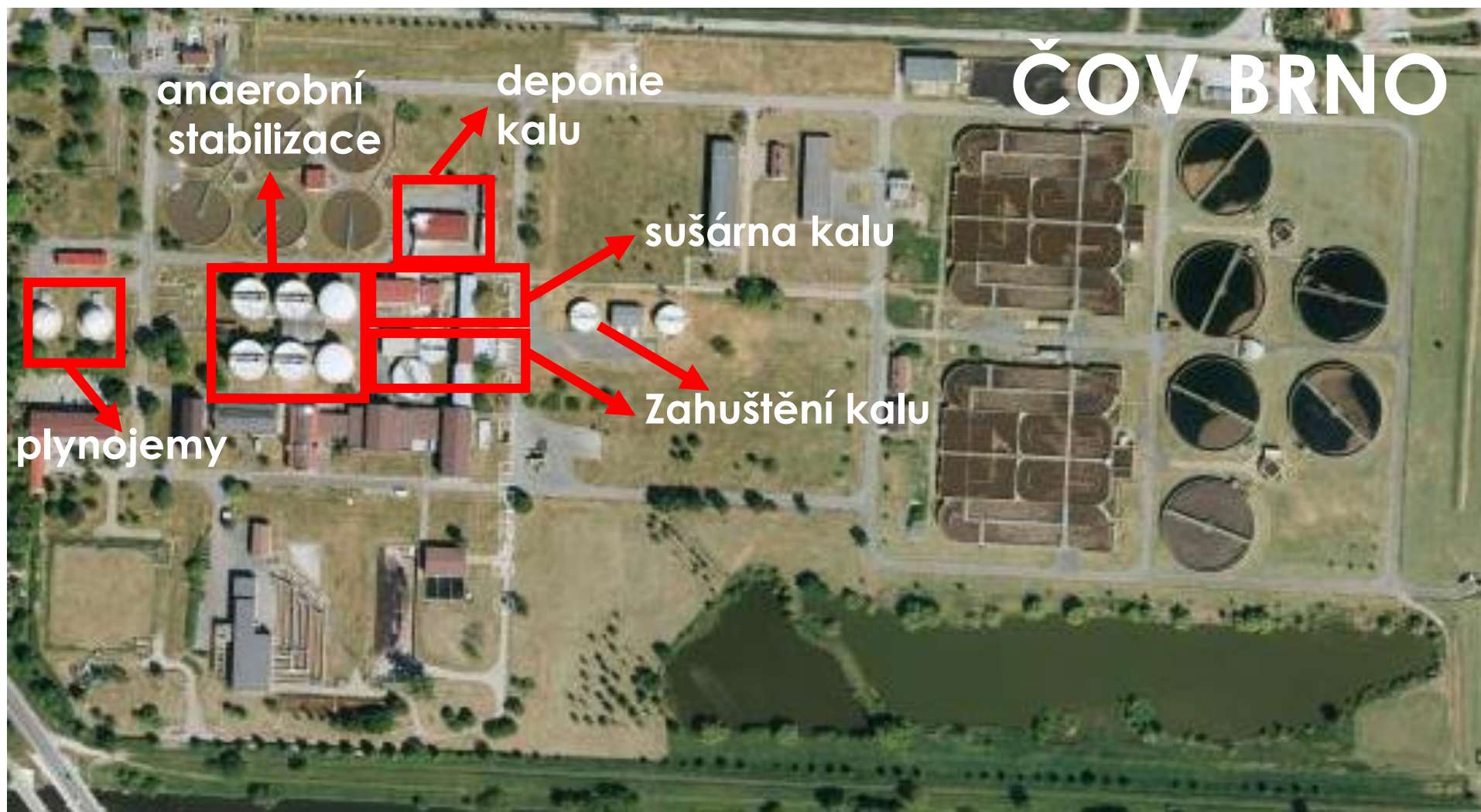
Kalové hospodářství

09.04.2022

Tomáš Vítěz

Monika Vítězová

Kalové hospodářství



Čistírenský kal

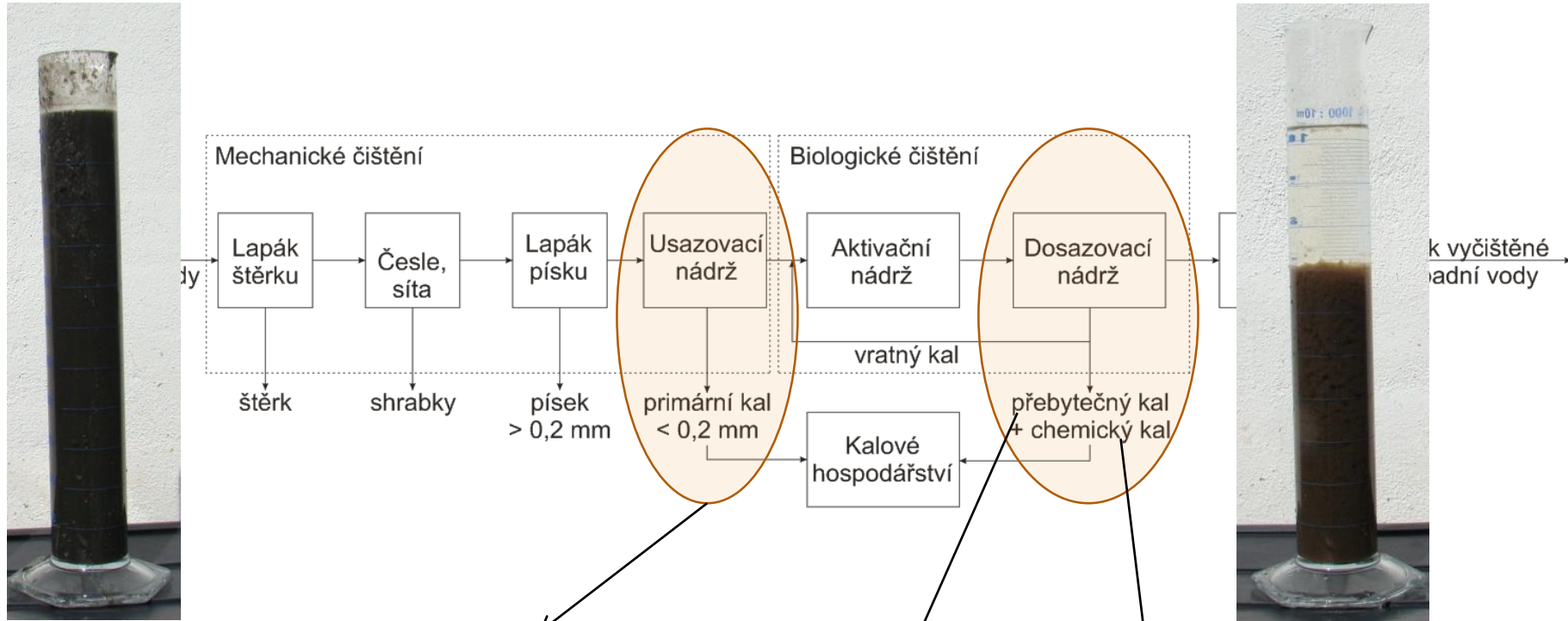
- produkt čistění odpadních vod
- suspenze pevných a koloidních částic organických a anorganických látek ve vodě.

Kal obsahuje/může obsahovat:

- organické látky až 80 % v sušině,
- sloučeniny dusíku a fosforu,
- Zn, Pb, Cu, Cr, Ni, Cd, Hg, As,
- PCB, PAU, dioxiny, pesticidy, farmaka,
- patogenní mikroorganismy,
- vodu.



Čistírenský kal – druhy kalů



- suspendované organické látky,
- vysoce reaktivní,
- denní produkce kalu 15 – 20 g / EO.

- biomasa produkovaná při biologickém čištění,
- denní produkce přibližně 50 g na EO.

- směs hydroxidů a fosforečnanů Fe nebo Al.

Čistírenský kal – druhy kalů

Primární kal

- z mechanického nebo fyzikálního stupně čištění (usazovacích nádrží),

Vlastnosti

- tvořen snadno odbouratelnými organickými látkami = vysoká reaktivita → sklon k rychlému anaerobnímu rozkladu,
- vysoký podíl anorganických nerozpuštěných látek,
- obsah sušiny 1 % - 4 %; obsah org. látek 55 % - 60 %; dobře odvodnitelný,

Produkovávané množství kalu je závislé do značné míry i na kvalitě stokové sítě a činí **15 – 20 g/EO**.



Čistírenský kal – druhy kalů

Přebytečný kal

- z biologického čištění, (sekundární, biologický)

Vlastnosti

- tvořen biomasou,
- u nízkozatížené ČOV, bez primární sedimentace je produkce přebytečného kalu **40 - 50 g/EO**,
- u ČOV s primární sedimentací činí produkce přebytečného kalu kolem **35 – 45 g/EO**,
- obsah sušiny 0,5 % - 3 %, obsah org. látek 60 % - 80 %,
- odvodnitelnost průměrná, ovlivněna vyšším obsahem org. látek.



Čistírenský kal – druhy kalů

Směsný kal

- směs primárního a přebytečného kalu
- obvyklý poměr
 - 35–45% primárního kalu
 - 65–55 % přebytečného kalu

Vlastnosti

- reaktivní → sklon k anaerobnímu rozkladu,



Čistírenský kal – druhy kalů

Fermentovaný kal (vyhnilý)

- jedná se o anaerobně stabilizovaný směsný kal,
- obvykle mezofilní anaerobní stabilizace,
- nízký obsah org. látek 50 -70 %,
- obsah sušiny 2 – 4 % a přebytečného kalu,
- dobře odvodnitelný.



Čistírenský kal – druhy kalů

Chemický kal

- směs hydroxidů a fosforečnanů – srážení fosforu

Vlastnosti

- reaktivita → závisí na obsahu adsorbovaných org. látek,
- součást přebytečného kalu.



Čistírenský kal – obsah vody

obsah vody (%) = 100 – sušina (%)

- kal s obsahem sušiny 3 % obsahuje 97 % vody,
- v 1000 kg kalu je 30 kg sušiny,

Voda v kalu

- volná – možno odstranit gravitačně
- vázaná + kapilární – mechanickými silami, flokulanty
- buněčná – termicky (sušení / vymrazování)



Čistírenský kal – obsah vody, hustota

| obsah vody | obsah sušiny | mechanické vlastnosti kalu |
|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 100 % - 75 % | 0 % - 25 % | tekutý kal |
| 75 % - 65 % | 25 % - 35 % | kašovitý kal |
| 65 % - 40 % | 35 % - 60 % | rýpatelný kal |
| 40 % - 15 % | 60 % - 85 % | granulovaný kal |
| 15 % - 0 % | 85 % - 100 % | práškový kal |

Hustota kalu

- v průběhu procesu čištění 1020 – 1030 kg/m³
- odvodněný kal 1050 – 1080 kg/m³

Parametry kalu ovlivňující jeho odvodnitelnost

Koncentrace kalu, g/l (sušina)

- čím vyšší koncentrace kalu, tím horší je zapracování flokulantu do kalu,
- čím vyšší je koncentrace kalu, tím nižší je spotřeba flokulantu.

Obsah organické sušiny kalu, %

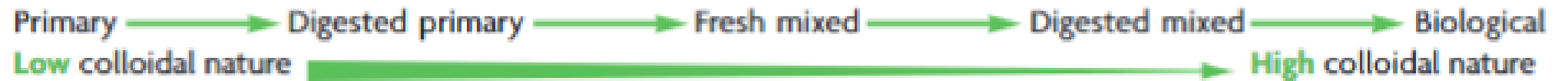
- čím vyšší obsah org. sušiny kalu,
 - horší odvodnitelnost,
 - špatné mechanické vlastnosti,
 - Vyšší spotřeba flokulantu



Parametry kalu ovlivňující jeho odvodnitelnost

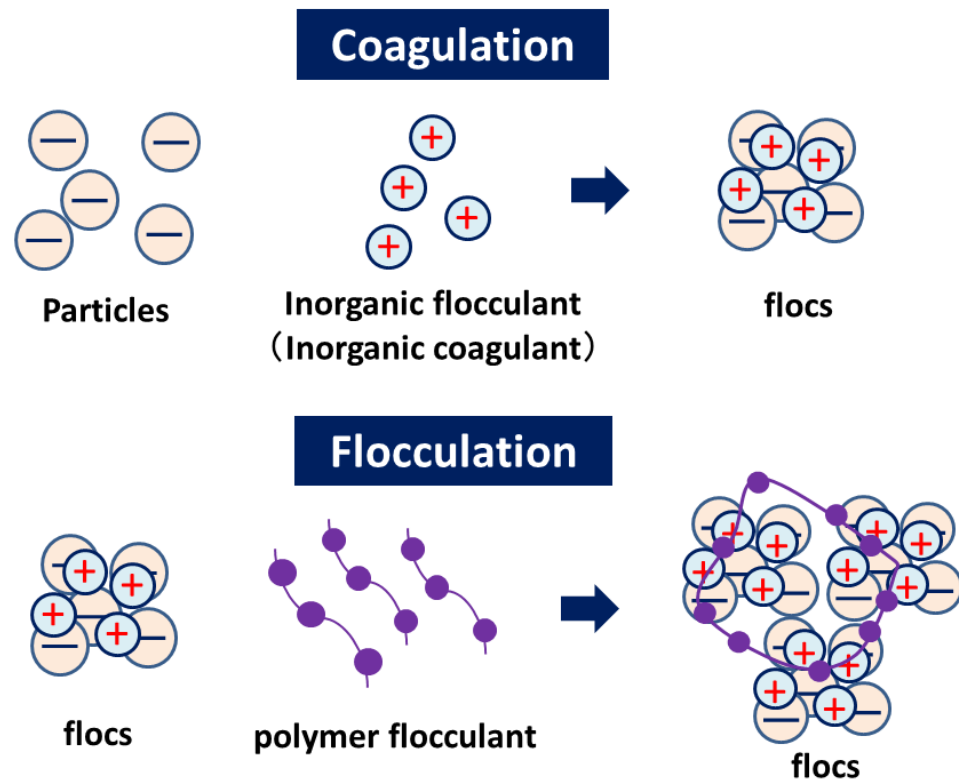
Koloidní vlastnosti kalu

- ovlivňují odvodnitelnost,



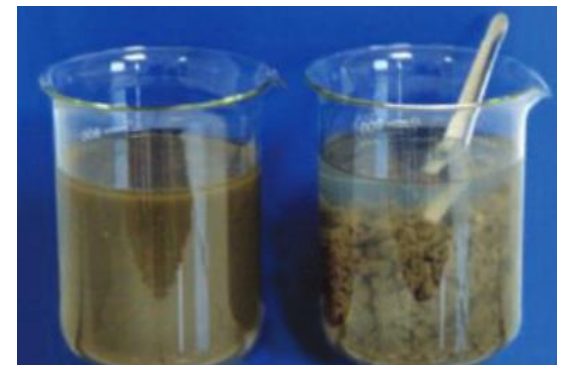
- původ odpadní vody,
- poměr vratného kalu

Úprava kalu před zahuštěním/odvodněním



Úprava kalu před zahuštěním/odvodněním

- před zahuštěním a odvodněním se kal obvykle upravuje,
- používají se dva typy látek:
 - minerální,
 - soli železa a hliníku, oxid/hydroxid vápenatý
 - obvyklá dávka 3 – 15 %, obsahu sušiny
 - obvykle pro pásové lisy
 - organické,
 - látky s vysokou molekulovou hmotností ,
 - různým nábojem,
 - vznik vloček a fázového rozhraní.



Vznik vloček

- závisí na povaze kalu, podle toho se volí flokulant,
- obecně platí:
 - nízký až střední aniontový pro minerální kal,
 - nízký aniontový až nízký kationtový pro chemický kal,
 - nízký kationtový pro fermentovaný a primární kal,
 - střední kationtový pro směsný kal,
 - vysoký kationtový pro biologický kal.



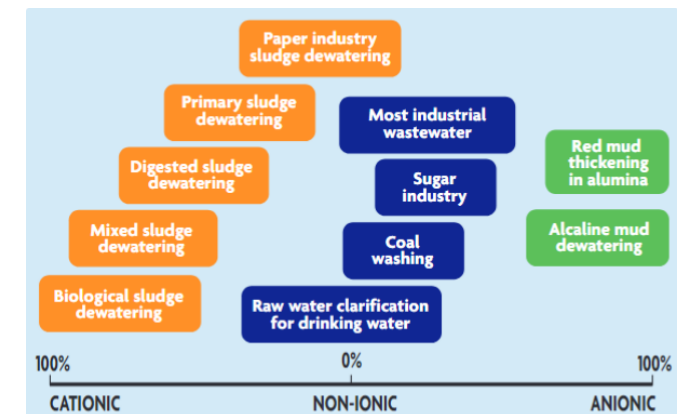
Parametry organických flokulantů ovlivňující odvodnitelnost kalu

náboj

- aniontový (-) flokulant k zachycení minerálních částic.
- kationtový (+) flokulant k zachycení organických částic.

hustota náboje

- množství náboje, které je nezbytné k dosažení nejlepší flokulace při nejnižším dávkování.
- roste s vyšší koncentrací org. látek v kalu



Parametry organických flokulantů ovlivňující odvodnitelnost kalu

molární hmotnost flokulantu

- molekulová hmotnost, což je délka polymerního řetězce, závisí na typu zařízení použitého k odvodnění.
 - odstředivky: nejvhodnější vysoká až velmi vysoká molekulová hmotnost, vzhledem k vysoké síle působící na vločky.
 - filtry: nízká až střední molekulová hmotnost je nejlépe přizpůsobena k dosažení dobrého odvodnění.



Parametry organických flokulantů ovlivňující odvodnitelnost kalu

struktura molekul flokulantu

- lineární



- větevná

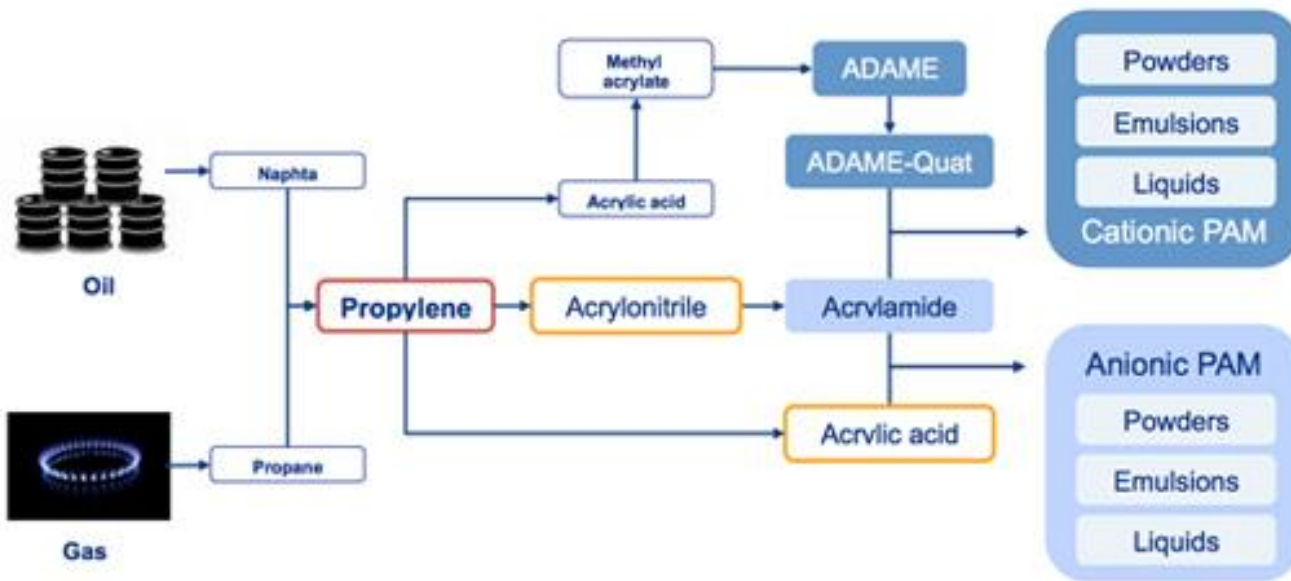


- křížová



Parametry organických flokulantů ovlivňující odvodnitelnost kalu

Typ monomeru

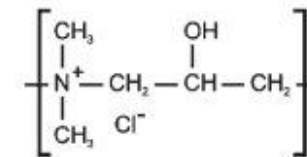


CATIONIC

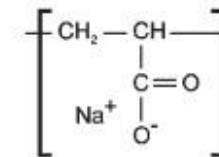
ANIONIC

NON-IONIC

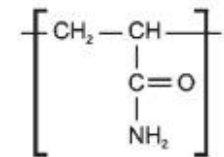
Polyamine



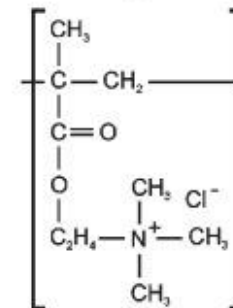
Sodium polyacrylate



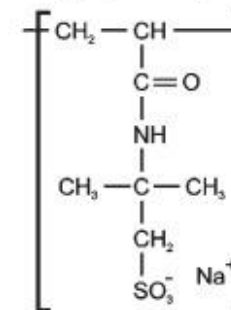
Polyacrylamide



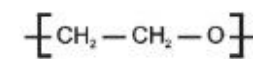
Polyquaternaryester (example shown is methyl chloride quaternised dimethyl ammonium ethyl methacrylate)



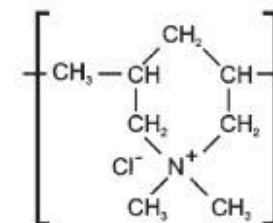
Poly sodium acrylamido methyl propano sulphonate



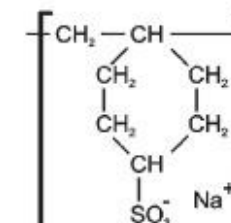
Polyethyleneoxide



Poly diallyl dimethyl ammonium chloride



Poly sodium styrene sulphonate





Kalové hospodářství ČOV

zahuštění – snížení obsahu vody (redukce objemu)

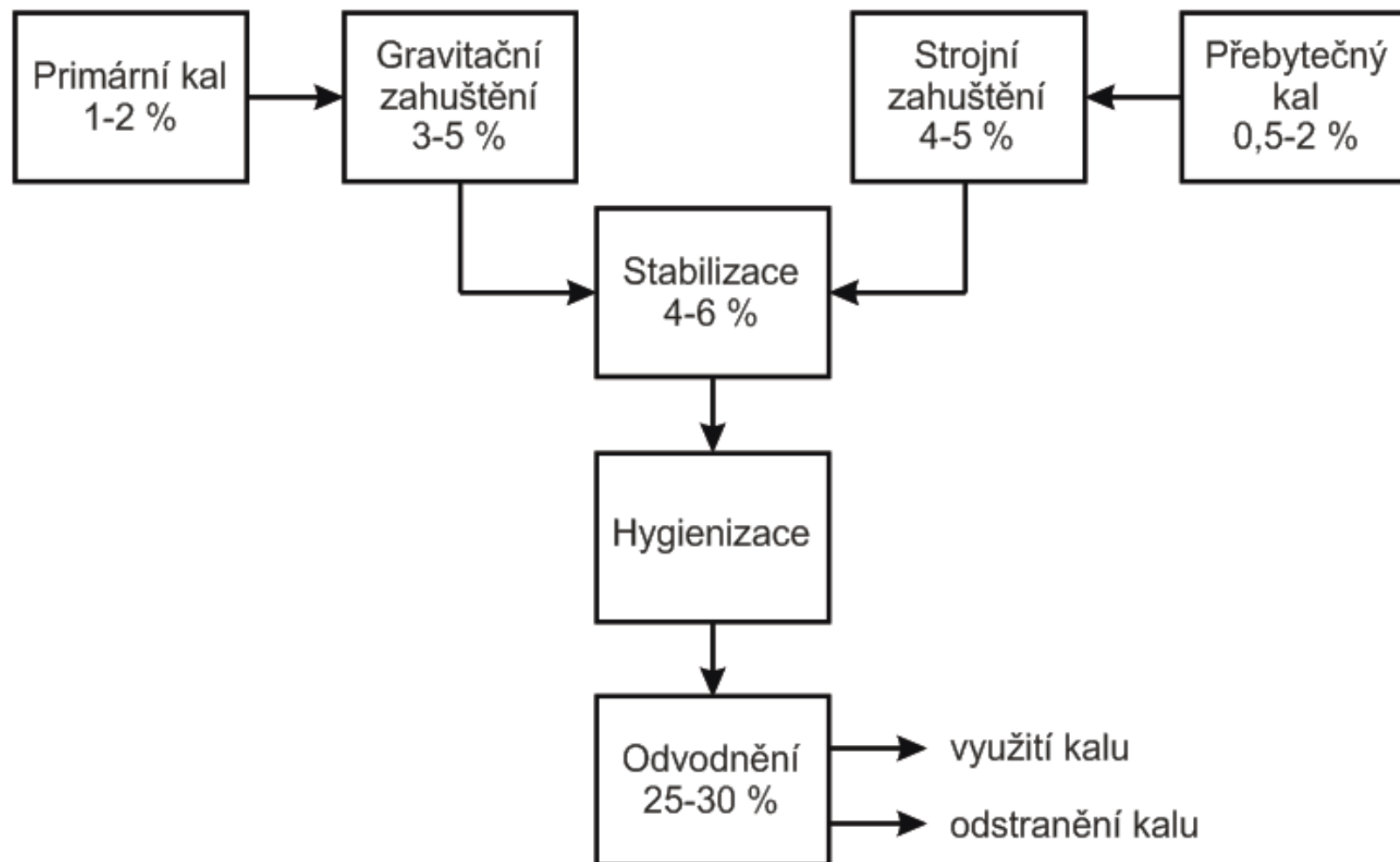
stabilizace – snížení obsahu organických látek

hygienizace – snížení obsahu patogenních mikroorganismů

odvodnění – odstranění vody (redukce objemu)

využití kalu / odstranění kalu

Kalové hospodářství ČOV

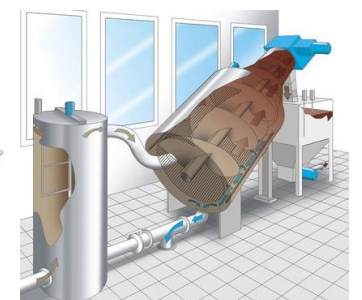
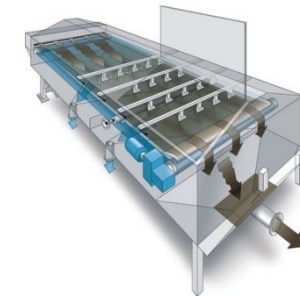


Kalové hospodářství ČOV

Zahuštění – snížení obsahu vody (redukce objemu)

MECHANICKÉ ODVODNĚNÍ, ZAHUŠTĚNÍ

| Gravitace | | | Filtrace | |
|--------------------|-------------|---------|-------------------|--------------------|
| zahušťovací nádrže | odstředivky | flotace | pásový zahušťovač | rotační zahušťovač |



Kalové hospodářství ČOV

Zahuštění – používané způsoby

| metoda zahuštění | druh kalu | poznámka |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| gravitační | primární kal | obvykle používaná |
| | aktivovaný kal | méně často používaná |
| | směsný kal | obvykle používaná |
| flotace | aktivovaný kal | obvykle používaná |
| | směsný kal | méně často používaná |
| odstředění | aktivovaný kal | obvykle používaná |
| pásové / šnekové/ kruhové zahušťování | aktivovaný kal | obvykle používaná |

Kalové hospodářství ČOV

Zahušťovací nádrže

- princip = sedimentace
- typ kalu **primární kal** (septický?) X **přebytečný** (flotace)
- stáří kalu, negativně ovlivňuje
- teplota, vyšší teplota stimuluje biologické procesy
- výška kalové vrstvy, nutná k dosažení stlačení
- hydraulické a látkové zatížení

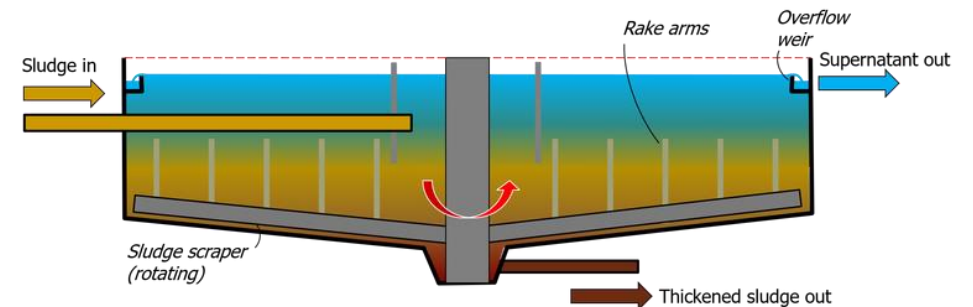
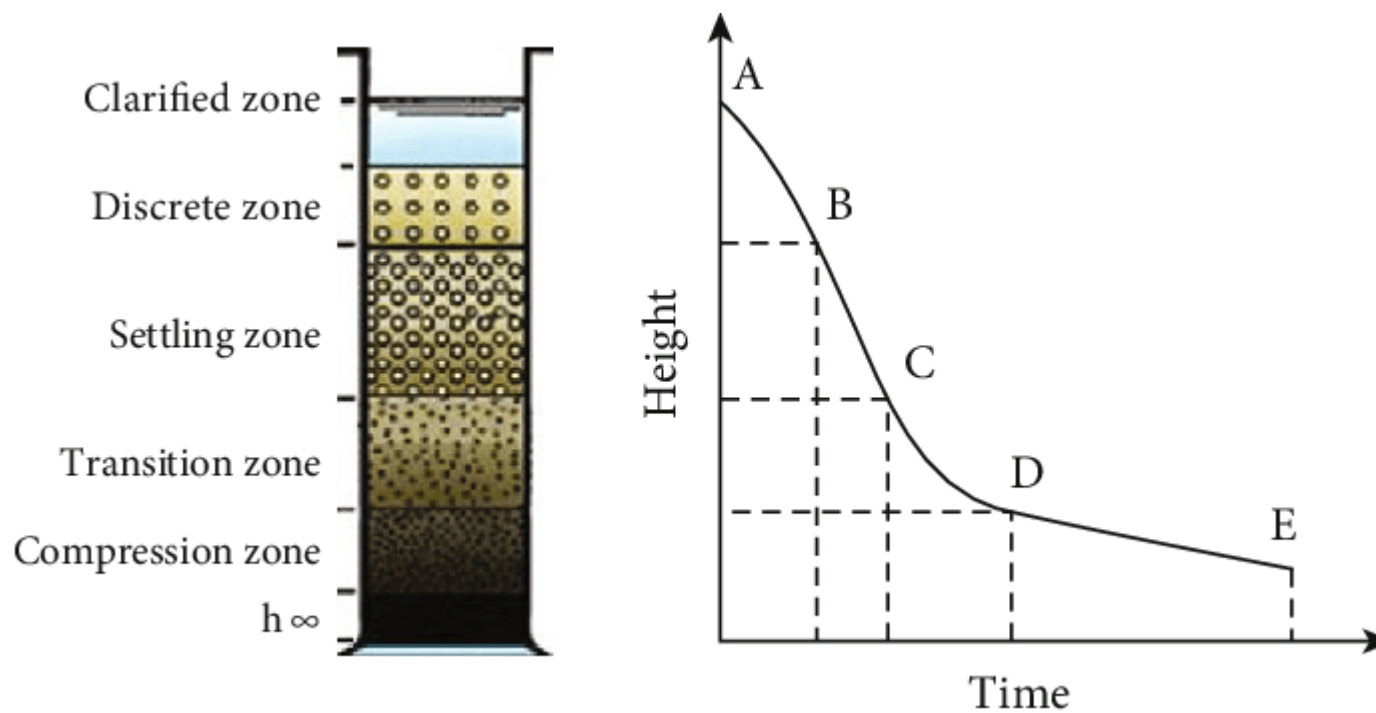


schéma: SludgeProcessing

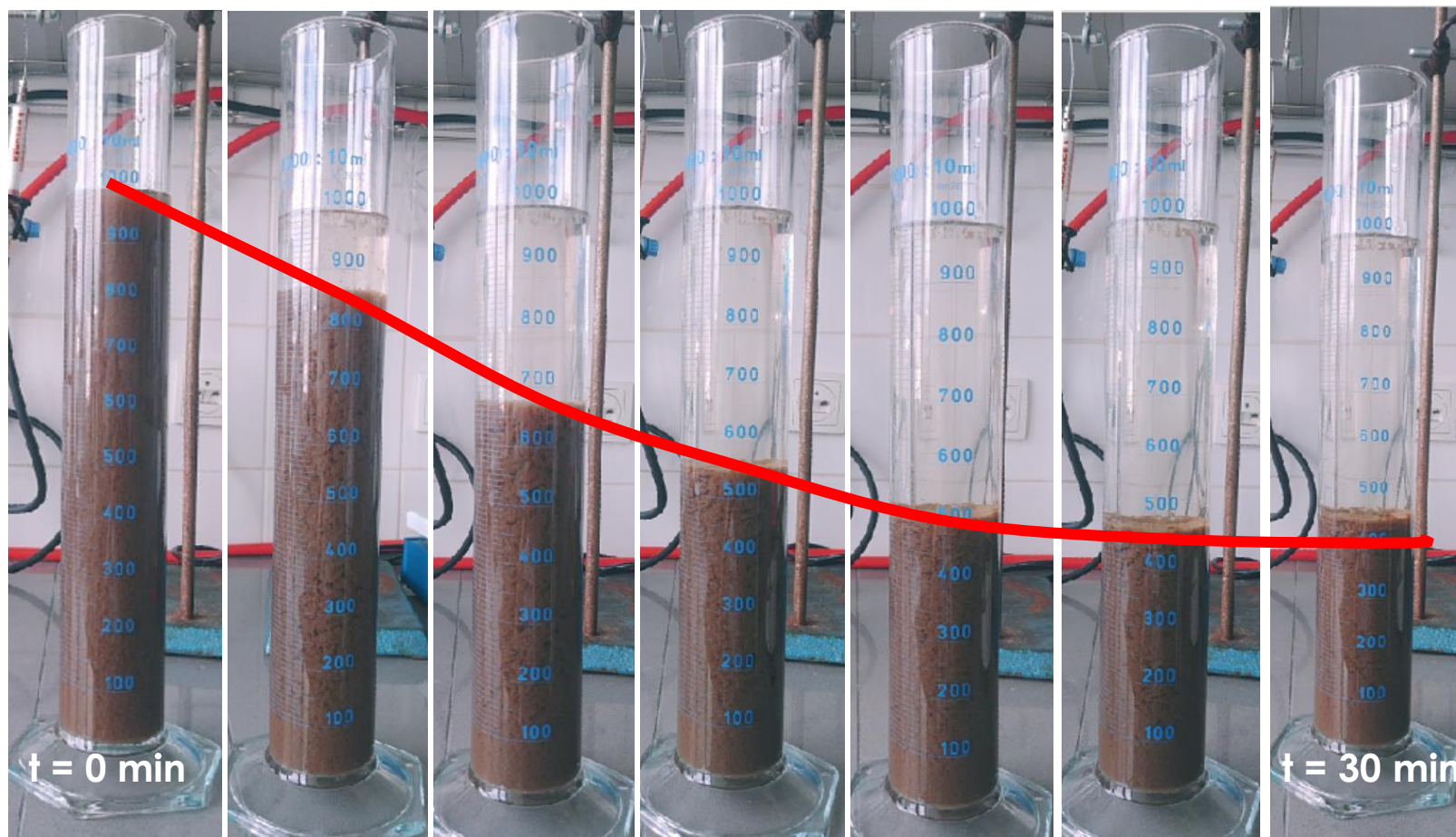
Kalové hospodářství ČOV

Zahušřovací nádrže



Kalové hospodářství ČOV

Zahušťovací nádrže



Kalové hospodářství ČOV

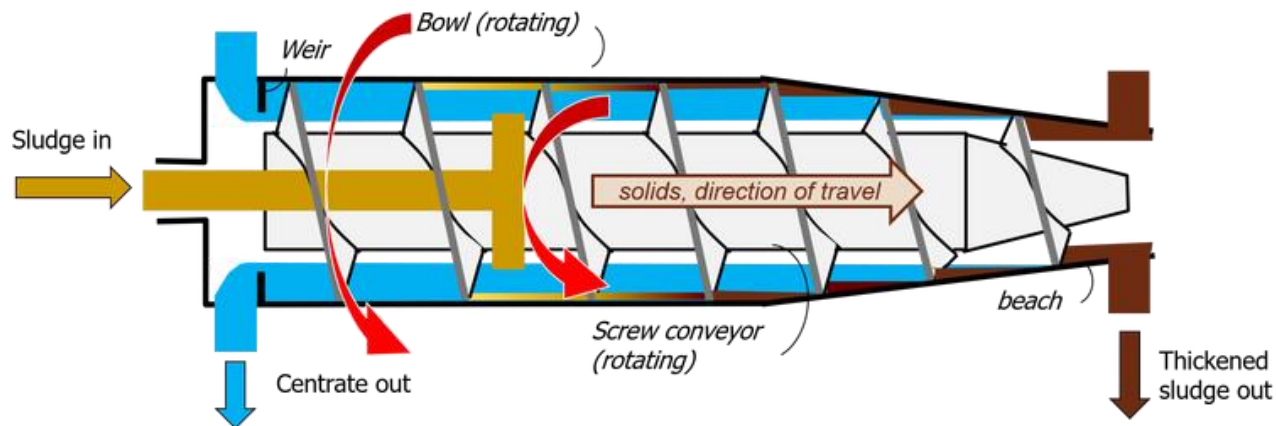
Zahušřovací nádrže

| Druh kalu | Sušina vstup % | Sušina výstup % | Zatížení $\text{kg}_{\text{suš}}/\text{m}^2 \text{ za den}$ |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|--|
| Primary | 2–7 | 5–10 | 100–150 |
| Waste activated sludge (WAS) | 1–3.5 | 2–5 | 20–30 |
| Extended aeration activated sludge | 0.2–1 | 2–3 | 25–40 |
| Trickling filter (TF) | 1–4 | 3–6 | 40–50 |
| Rotating biological contactor (RBC) | 1–3.5 | 2–5 | 35–50 |
| Anaerobically-digested (AD) primary | 8 | 12 | 120 |
| Mixed, primary + mixed liquor | 0.5–1.5 | 4–6 | 25–70 |
| Mixed, primary + WAS | 2.5–4 | 4–7 | 40–80 |
| Mixed, primary + TF | 2–6 | 5–9 | 60–100 |
| Mixed, primary + RBC | 1–6 | 3–8 | 50–90 |
| Mixed, AD primary + WAS | 4 | 8 | 70 |

Kalové hospodářství ČOV

Odstředivky

- rotační zařízení, využití odstřediví síly, oddělování emulzí nebo suspenzí
- rozsah otáček 2000 – 6000 za minutu
- závisí na KI, dávka flokulantu 0 – 6 g/kg_{sušiny}



Kalové hospodářství ČOV

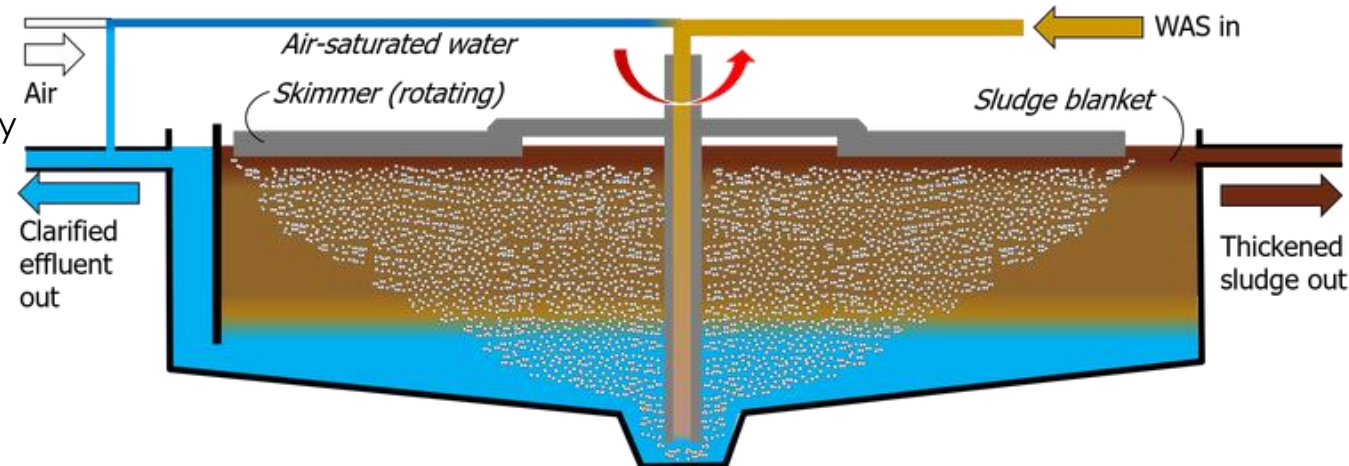
Odstředivky

| Druh kalu | Sušina kalu [%] | <i>Solids capture</i> without polymer [%] | <i>Solids capture</i> with polymer [%] |
|-------------------------------------|-----------------|---|--|
| Primary | 25–35 | 75–90 | ≥90 |
| Waste activated sludge (WAS) | 5–15 | 60–80 | ≥90 |
| Trickling filter (TF) | 10–12 | 60–80 | ≥90 |
| Anaerobically-digested (AD) primary | 25–35 | 65–80 | ≥85 |
| Anaerobically-digested (AD) WAS | 8–10 | 60–75 | ≥90 |
| Mixed, primary + WAS or TF | 12–30 | 55–65 | ≥90 |
| Mixed, primary + TF | 20–25 | 60–80 | ≥90 |
| Mixed, AD primary + TF | 18–25 | 60–75 | ≥85 |
| Mixed, AD primary + WAS | 15–20 | 50–65 | ≥85 |

Kalové hospodářství ČOV

Flotační jednotky

- pro částice, které špatně sedimentují (aktivovaný kal)
- možno použít vyšší zatížení sušinou (5x více)
- při dávkování koagulantu lze dosahovat vyšších zatížení
 - větší vločky
 - vyšší vztlaková síla
 - koagulant 2-25 g/kg_{sušiny}



Kalové hospodářství ČOV

Flotační jednotky - účinnost

- poměr vzduch / sušina
 - 0,02 – 0,06 kg_{vzduchu} / kg_{sušiny}
- tloušťka kalové vrstvy
 - obvykle 150 – 200 mm
- recirkulace
 - obvykle 0 – 500 %
- zatížení NL
 - 20-60 kg/m² za den
 - až 240 kg/m² za den (s flokuanty)



Kalové hospodářství ČOV

Pásový zahušťovač

- hydraulická zatížení 7-35 m³/h na metr délky pásu
- rychlost pohybu pásu 300 – 1200 m/h nebo suspenzí
- zatížení nerozpuštěnými látkami 90 -1 600 kg/m za hodinu
- tkaniny (PP, PA, PES) velikost póru 10 – 100 μm

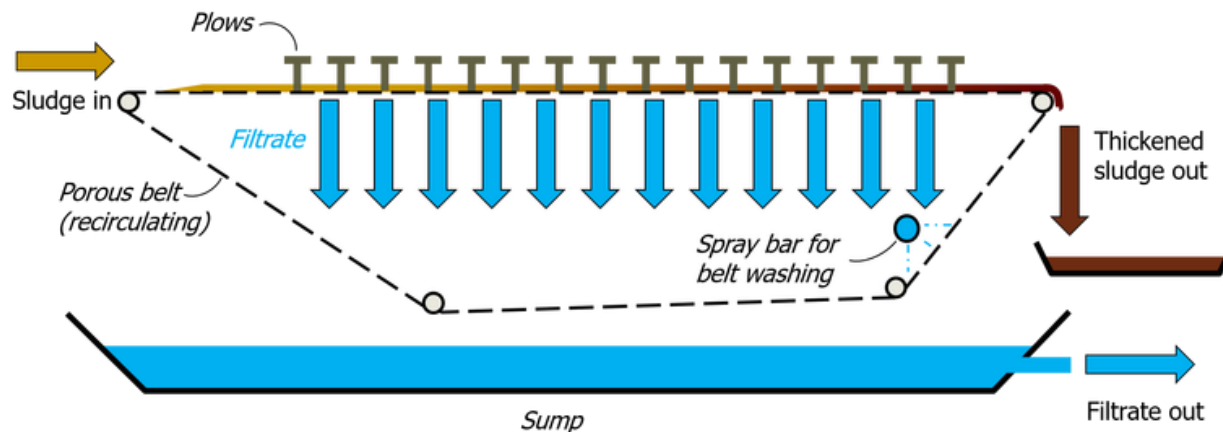


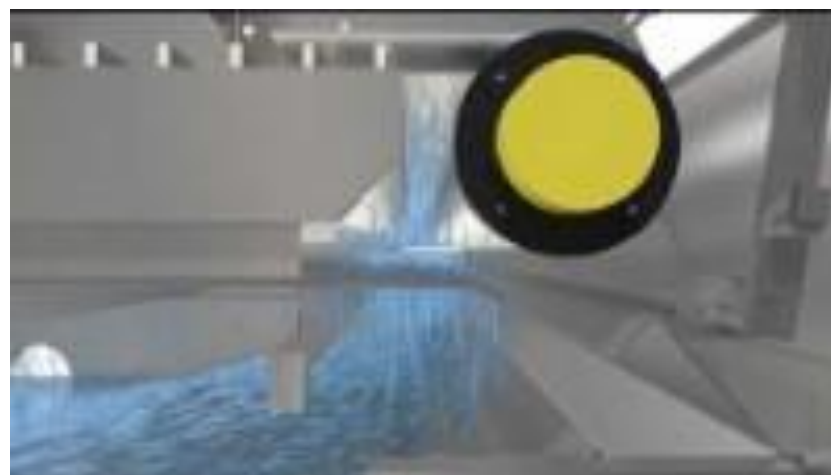
foto: Vítěz; schéma: SludgeProcessing



Kalové hospodářství ČOV

Pásový zahušťovač

| Druh kalu | Sušina kalu vstup, [%] | Sušina zahuštěného Kalu, [%] | Dávka polymeru [g/kg _{SUŠ}] |
|------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Primary | 4 | 9 | 2–3 |
| Waste activated sludge (WAS) | 3,5 | 7,5 | 4–6 |
| Mixed, primary + WAS | 4,5 | 9 | 4–6 |
| Digested | 5 | 10 | 2–4 |



Kalové hospodářství ČOV

Rotační zahušřovač

- rotující válec / disk,
- otáčky 5 – 20 za minutu
- průtok kalu 15 – 180 m³ za hodinu



Kalové hospodářství ČOV

Rotační zahušťovač

| Druh kalu | Sušina kalu vstup, [%] | Sušina zahuštěného kalu, [%] | Odstranění vody, [%] | Odstranění sušiny, [%] |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| Primární | 3–6 | 7–9 | 40–75 | 93–98 |
| Přebytečný | 0,5–1 | 4–9 | 70–90 | 93–99 |
| Směsný, prim. + přeb. | 2–4 | 5–9 | 50 | 93–98 |
| Anaerobně stabilizovaný | 2,5–5 | 5–9 | 50 | 90–98 |
| Aerobně stabilizovaný | 0,8–1 | 4–6 | 70–80 | 90–98 |

Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace

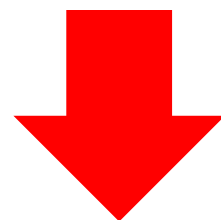
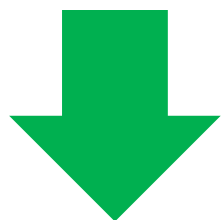
- stabilizace zbytkové organické hmoty v kalu

| | nestabilizovaný kal | stabilizovaný kal |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| obsah biologicky rozložitelných látek | vysoký | nízký |
| pravděpodobnost zápachu | vysoká | nízká |
| obsah patogenů | vyšší | nižší |

Kalové hospodářství ČOV

STABILIZACE KALU

| STABILIZACE KALU | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|-----------|------------|-----------|
| chemická | | termická | | biologická | |
| alkalická | kys. sírová | sušení | spalování | aerobní | anaerobní |
| ozón | chlór | čistý O ₂ | | | |



většinou spojeno s hygienizací

Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace chemická

- vápno
 - zvýšení pH < 12
 - zvýšení teploty
 - CaO nebo Ca(OH)₂,
 - 10-20 kg/m³ neodvodněný kal



Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace termická

- spojena s hygienizací,
- sušení při nízkých teplotách,
- sušení při vysokých teplotách (105 °C),
- totální rozklad kyslíkem při teplotách 160 °C,
- spalování kalu v elektrárnách nebo cementárnách.



Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace biologická

- může být spojena s hygienizací,
- odstranění organických biologicky rozložitelných látek,

- AEROBNÍ X ANAEROBNÍ

- procesní teplota
 - psychofilní stabilizace
 - mezofilní stabilizace
 - termofilní stabilizace



Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace aerobní

- omezený přísun kyslíku aerobním mikroorganismům,
- cíl degradace org. látek $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- koncentrace kyslíku v nádrži, typicky 0,5 - 1 mg/l
- boj o kyslík \rightarrow endogenní respirace = snížení obsahu org. látek
- doba zdržení 8-60 dnů,



Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace aerobní

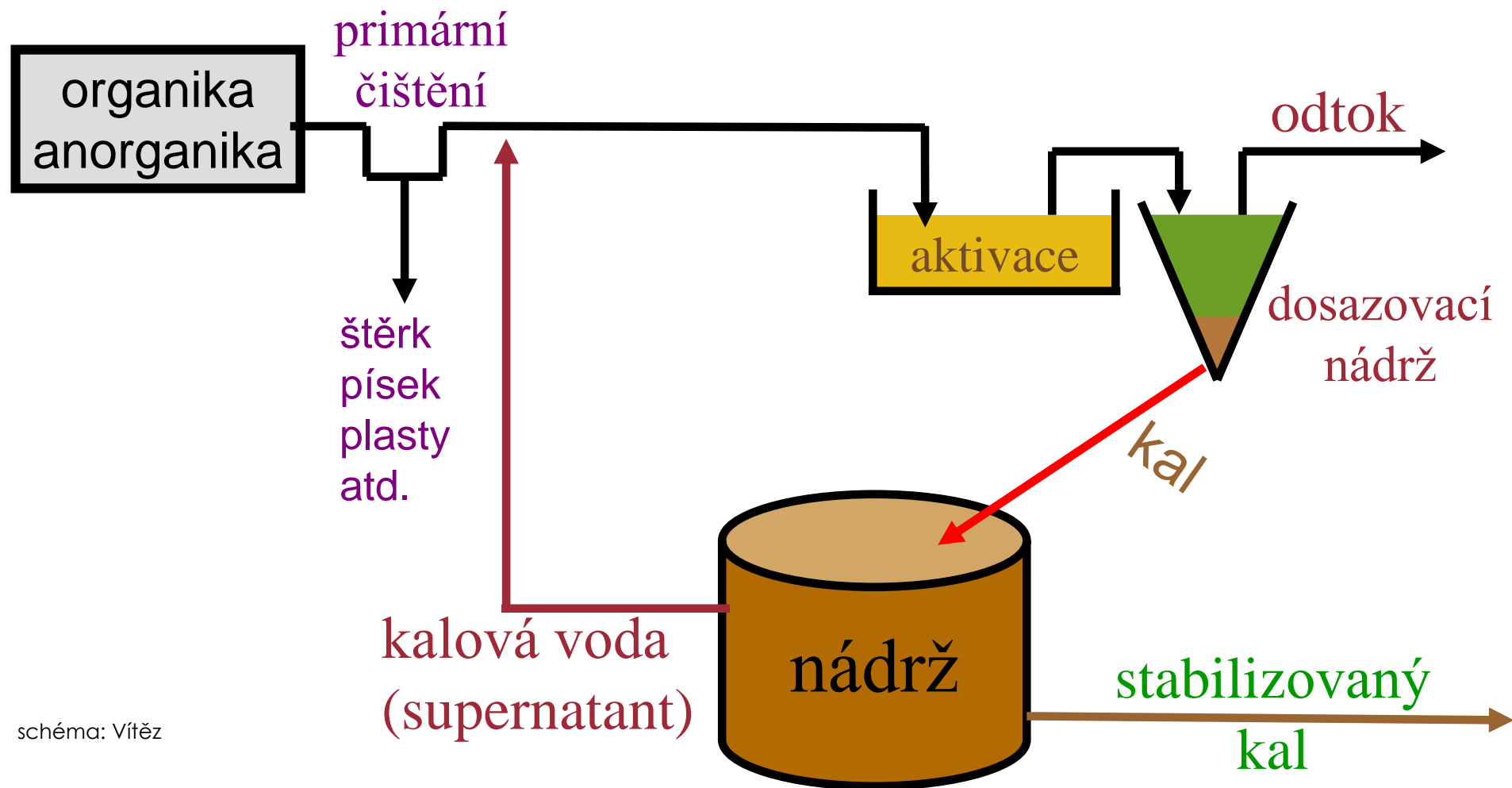
- prosté uskladnění,
- uskladnění s řízenou aerací (mechanicky, pneumaticky),
- stabilizace kyslíkem.

mezofilní, 30 °C – 45 °C, odbourání ZŽ > 20 %

termofilní, 45 °C – 60 °C, odbourání ZŽ > 40 %



Kalové hospodářství ČOV aerobní stabilizace



Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace aerobní



foto: Vítěz

Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace anaerobní

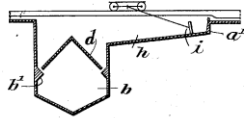
- 1850, Francie, L.H. Mouras – fermentace sedimentu na ČOV
- 1895, Anglie, Exeter, D. Cameron
 - první septik, cílená produkce plynu
 - použit k osvětlení okolí ČOV
- 1904, Anglie, Hampton, Travisova hydrolytická nádrž
 - první víceúčelový fermentor sedimentace + stabilizace
- 1909, 1912 USA, biolytická nádrž
- 1904, Německo, Imhoff
 - patent, Imhoffova nádrž



Kalové hospodářství ČOV

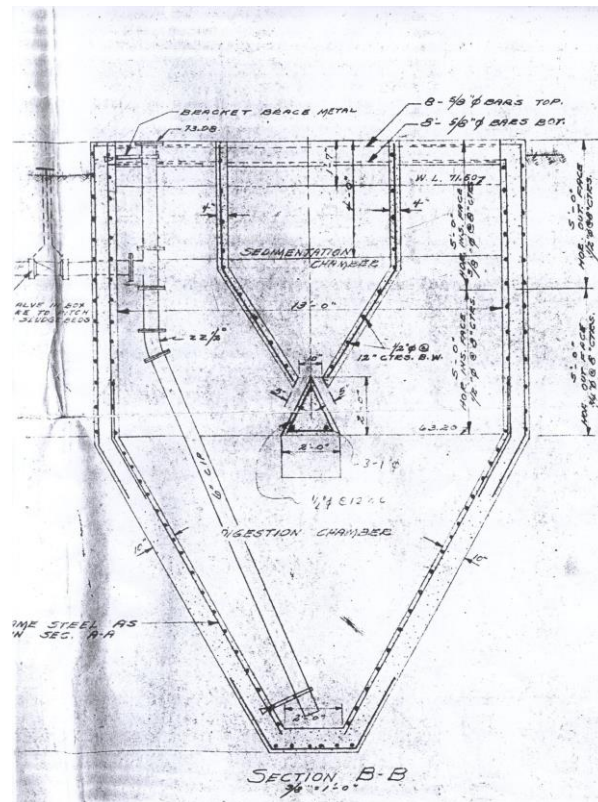
Stabilizace anaerobní - Imhoffova nádrž

K. IMHOFF.
SETTLING TANK.
APPLICATION FILED SEPT. 26, 1910. Patented Mar. 25, 1913.
1,057,154.



Witnesses:
John H. H. H.
E. H. H.

Inventor
Karl Imhoff
by James H. H.
Attorney



Open Imhoff tank in Honduras

Kalové hospodářství ČOV

Stabilizace anaerobní

- anaerobní prostředí, mezofilní podmínky,
- doba zdržení 12-30 dnů,
- specifická produkce bioplynu je 0,6 – 0,8 m³/kg org. sušiny
- produkován metan **CH₄**, **CO₂**, **NH₃**, **H₂S**, **H₂O**,
- typický obsah metanu v bioplynu 45 – 60 %,
- plyn energeticky využíván,

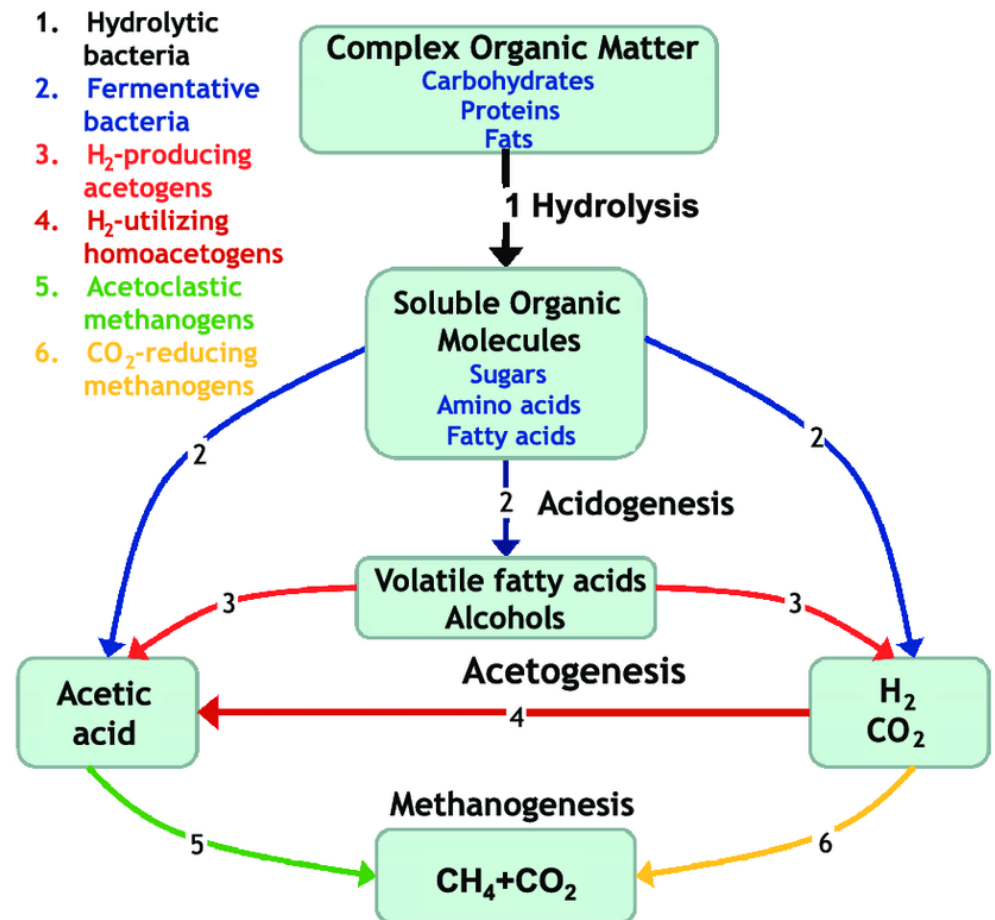


Kalové hospodářství ČOV

anaerobní stabilizace

čtyři skupiny mikroorganismů

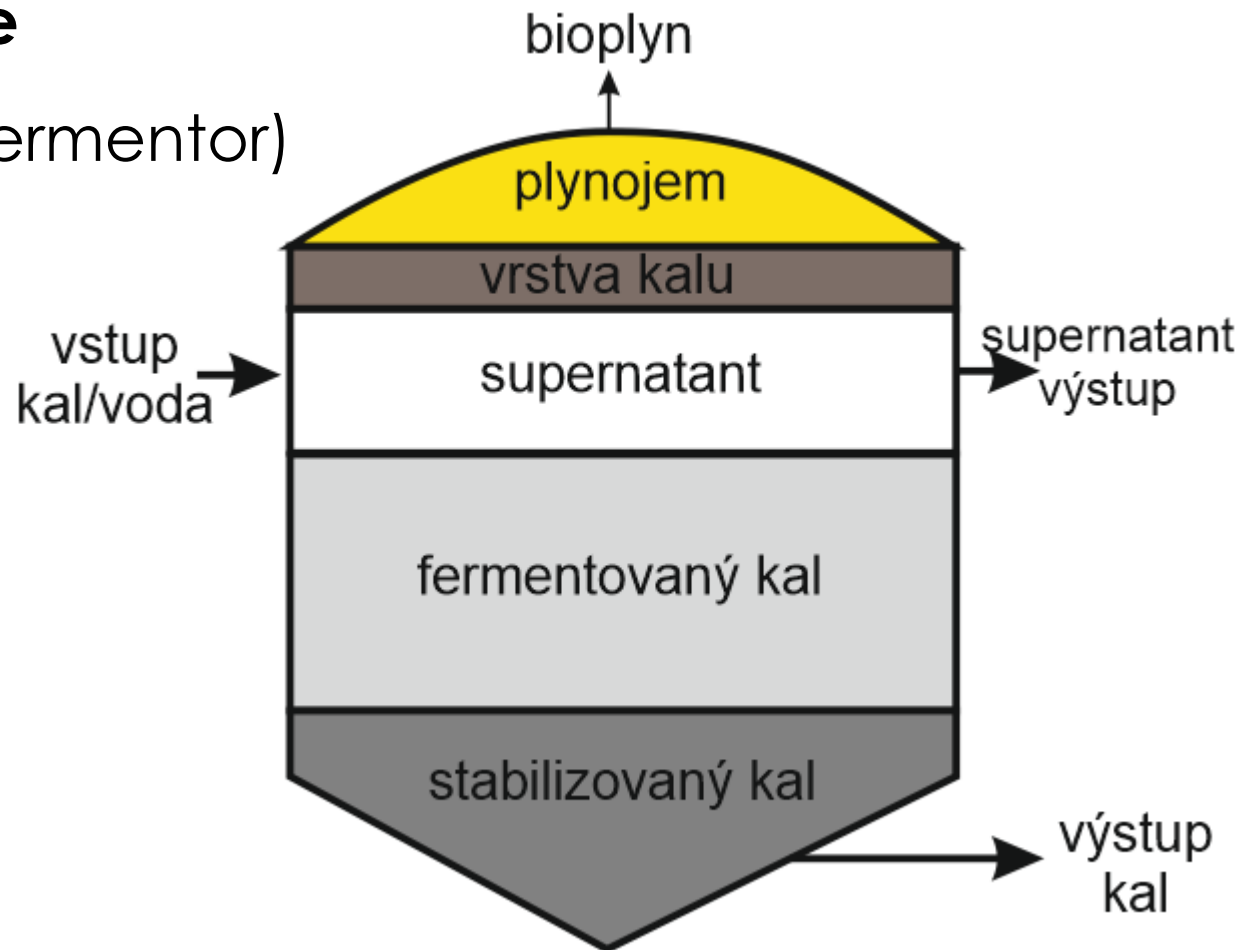
- hydrolytické
- acidogenní
- acetogenní
- metanogenní



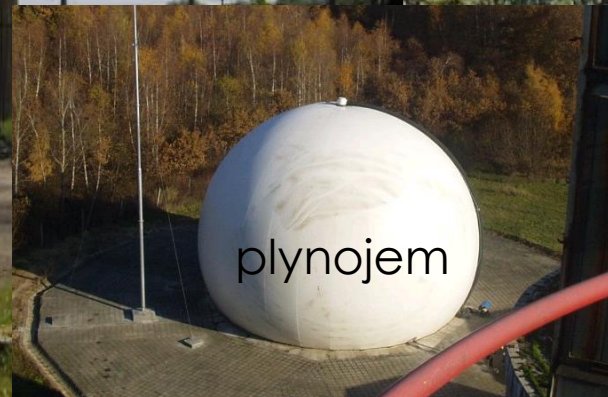
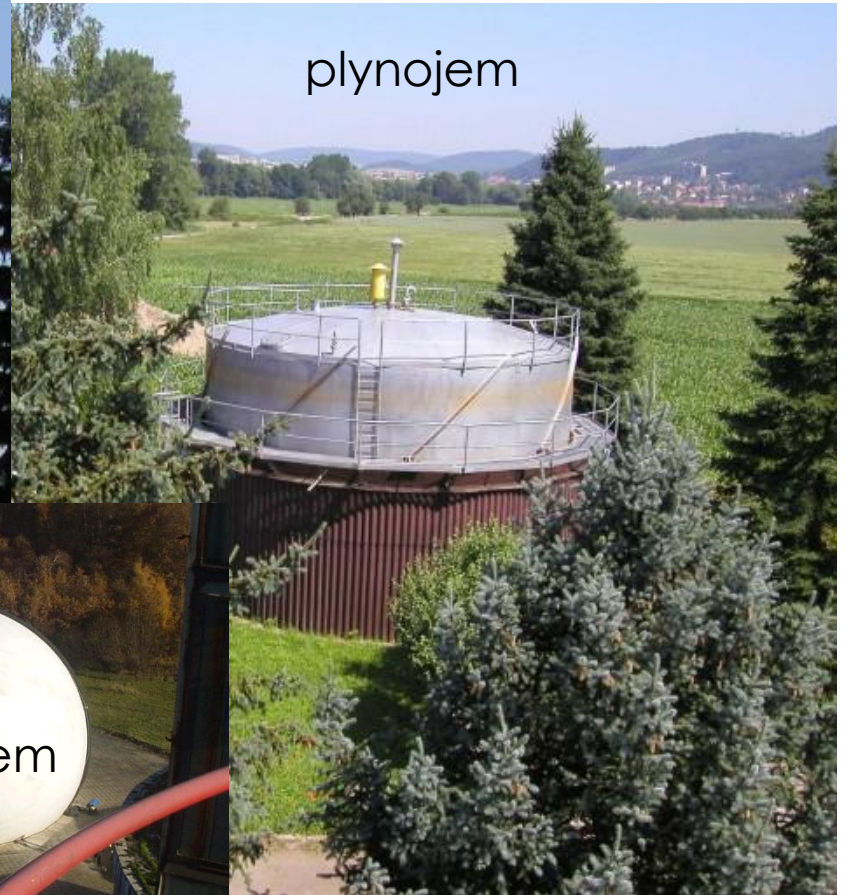
Kalové hospodářství ČOV anaerobní stabilizace

anaerobní stabilizace

- stabilizační nádrž (fermentor)

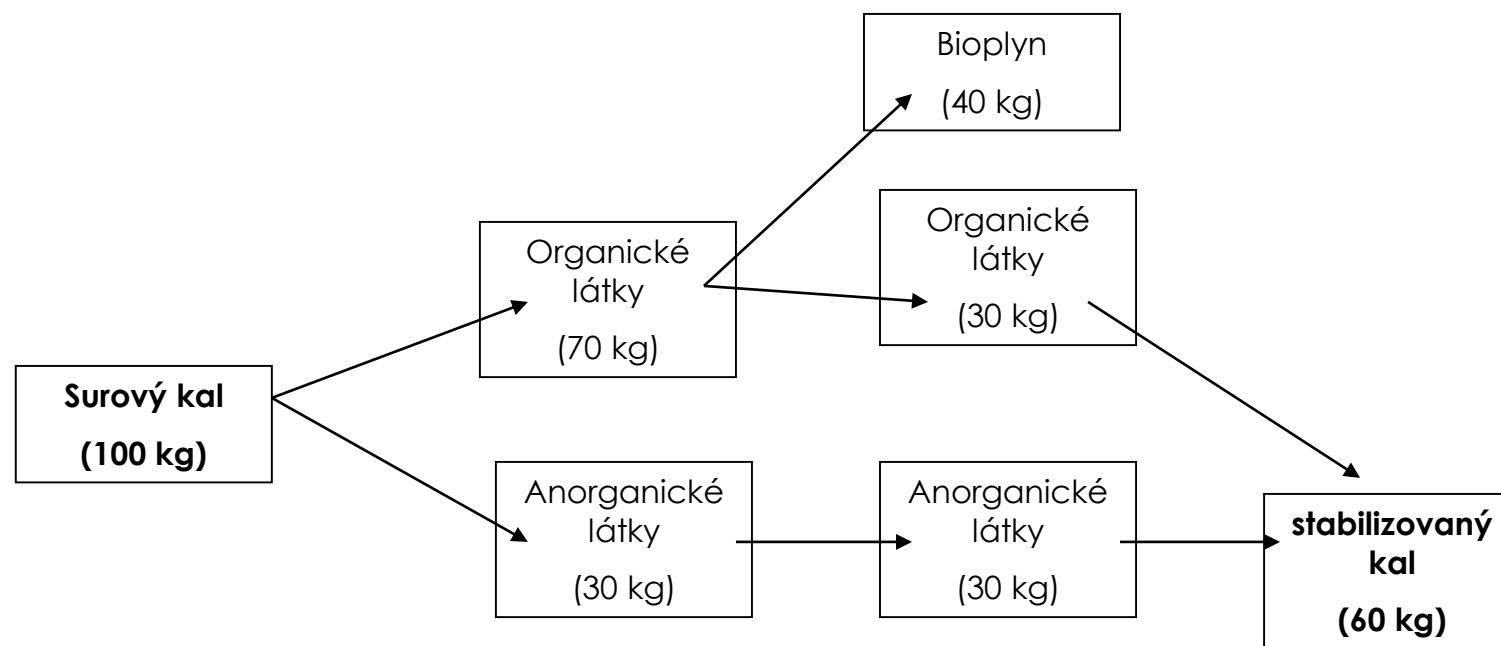


Kalové hospodářství ČOV anaerobní stabilizace

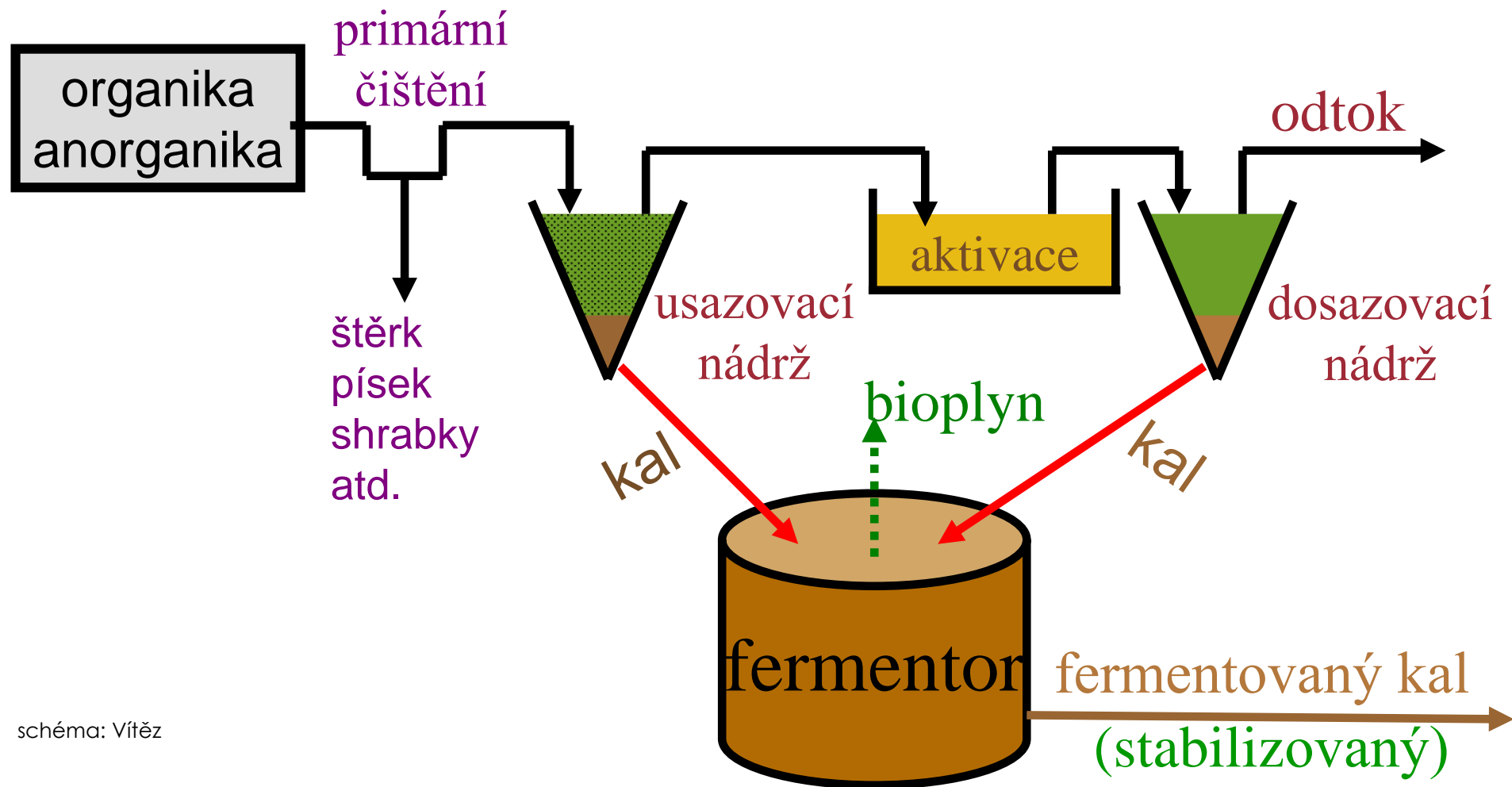


Kalové hospodářství ČOV

anaerobní stabilizace



Kalové hospodářství ČOV anaerobní stabilizace



Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu

| Pathogen | Disease(s) and/or symptoms |
|--|--|
| <i>Salmonella</i> spp. | Salmonellosis, typhoid |
| <i>Shigella</i> spp. | Bacillary dysentery |
| <i>Escherichia coli</i> (enteropathogenic strains) | Gastroenteritis |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Otitis externa, skin infections (opportunistic pathogen) |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | Acute gastroenteritis |
| <i>Clostridium perfringens</i> | Gastroenteritis (food poisoning) |
| <i>Clostridium botulinum</i> | Botulism |
| <i>Bacillus anthracis</i> | Anthrax |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Listeriosis |
| <i>Vibrio cholera</i> | Cholera |
| <i>Mycobacterium</i> spp. | Leprosy, tuberculosis |
| <i>Leptospira</i> spp. | Leptospirosis |
| <i>Campylobacter</i> spp. | Gastroenteritis |
| <i>Staphylococcus</i> | Impetigo, wound infections, food poisoning |
| <i>Streptococcus</i> | Sore throat, necrotizing fasciitis, scarlet fever |

Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu

- kompostování
- pastérace
- chemická úprava kalu – alkalizace vápnem
- anaerobní termofilní metody zpracování
- aerobní hygienizace vzduchem – AEROTHERM / systém FUCHS
- AATS s čistým kyslíkem
- tepelné zpracování kalu při vysokých teplotách
- speciální metody: ionizující záření, ozón



Kalové hospodářství ČOV

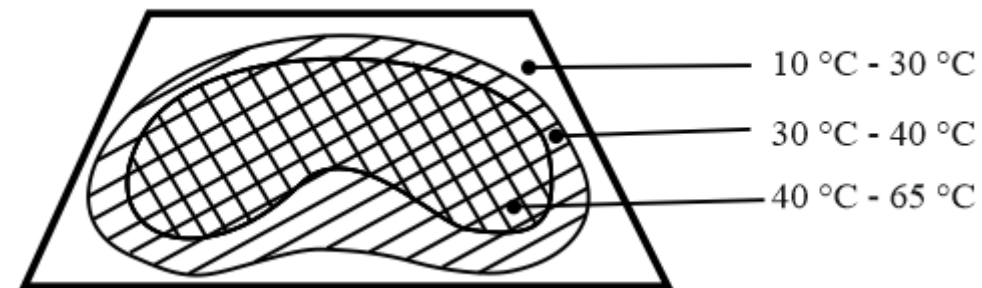
Hygienizace kalu – kompostování

- směs kalu se strukturním materiálem
- aerobní proces,

Obvyklé parametry – volné zakládky

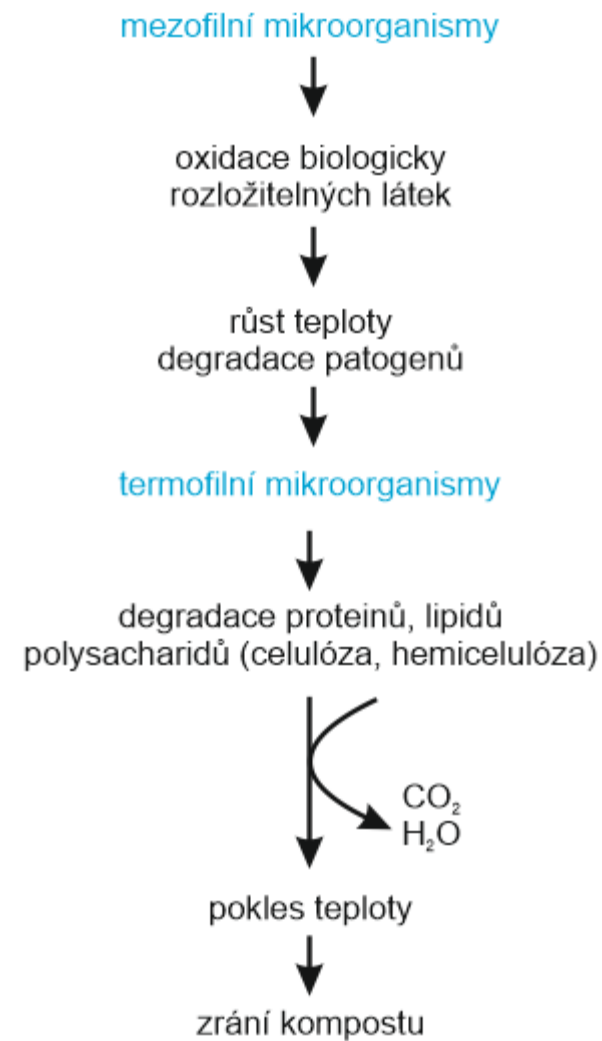
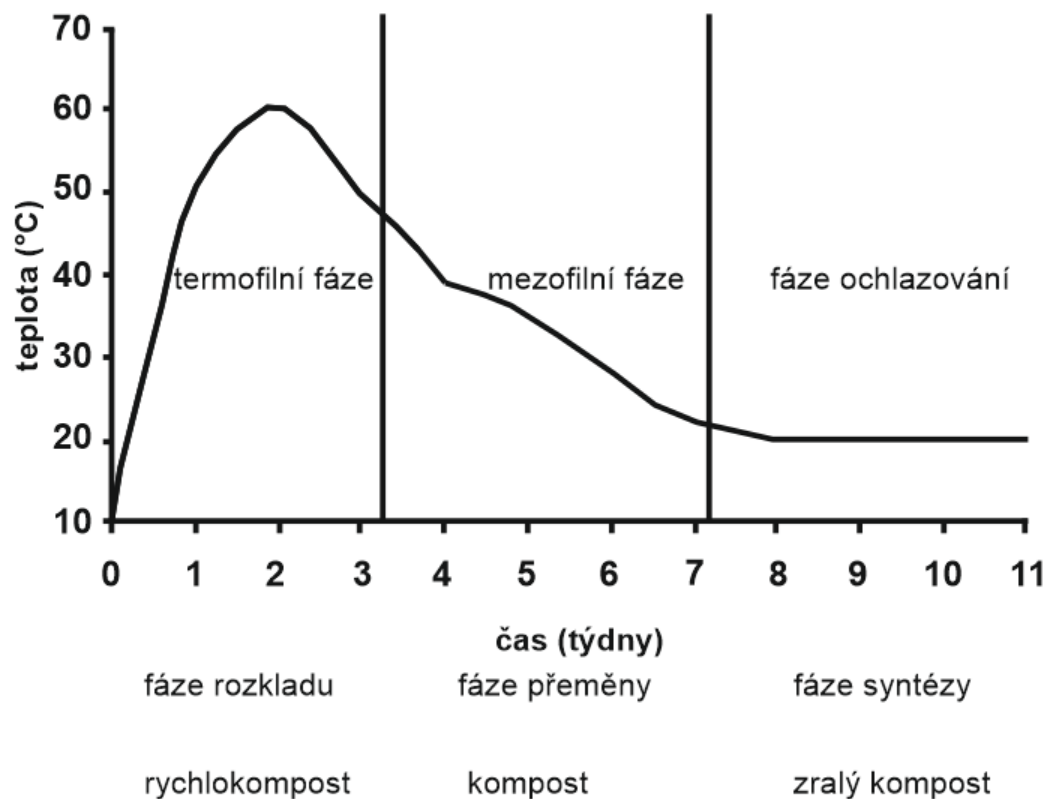
teplota až 70 °C,

doba zdržení 50 -90 dnů



Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu – kompostování





Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu – kompostování

termofilní fáze (40°C - 60°C)

termofilní spory tvořící bakterie (*Bacillus*)

actinomyceety (*Streptomyces*)

mikromycety (*Aspergillus*)

mezofilní fáze (20°C - 40°C)

bakterie a termotolerantní mikromycety

fáze ochlazování, 20°C

bakterie

mezofilní a termotolerantní actinomyceety

mikromycety

Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu - pasterace

- tepelná úprava kalu → lyze buněčné stěny, proteolýza,
- často kombinovaná s anaerobní stabilizací kalu,
- před stabilizací, po stabilizaci,
- spóry?

Obvyklé parametry

teplota = 70 °C,

doba zdržení > 30 minut



Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu – alkalizace vápnem

- dávkování CaO / Ca(OH)_2 do kalu,
- pH 12, studie ukazují na nutnost výdrže na pH 20-60 dnů,
- teplota až 70 °C, exotermická reakce (CaO),
- zvýšení sušiny, snížení mobility kovů,
- vznik zápachu – Ca^{+2} ionty vznik komplexů s H_2S / merkaptany.



Kalové hospodářství ČOV

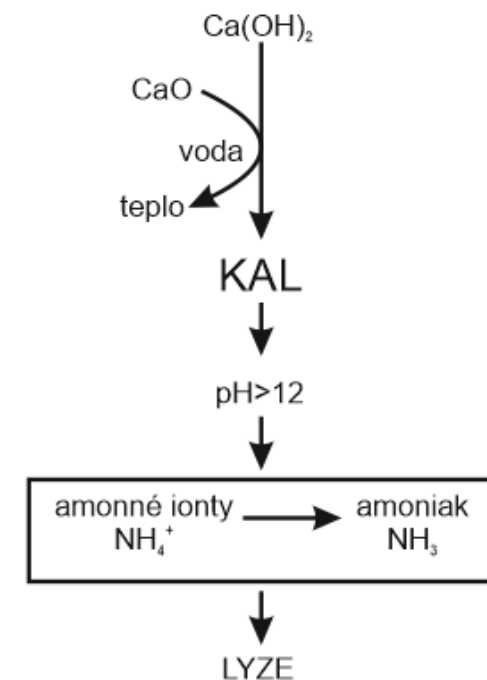
Hygienizace kalu – alkalizace vápnem, efekt

- teplota → lyze buněčné stěny, proteolýza,
- deprotonace NH_4^+ → amoniak → difuze do buněk
- snížení KTJ o 2-7 řádů.

Dávka

CaO – 10 – 30 %, na 1000 kg sušiny kalu

Ca(OH)₂ – 30 – 50 %, na 1000 kg sušiny kalu



Kalové hospodářství ČOV

Hygienizace kalu – sušení

- metoda pro odvodněný kal (sušina 25 % - 30%)
- kal vysušen na obsah sušiny 90 % – 95 %,
- lyze buněk,



zdroj: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu

- snížení obsahu vody v kalu,
- zlepšení manipulovatelnosti a snížení nákladů na přepravu kalu,
- zvýšení spalného tepla kalu,
- zlepšení aplikovatelnosti v zemědělství,





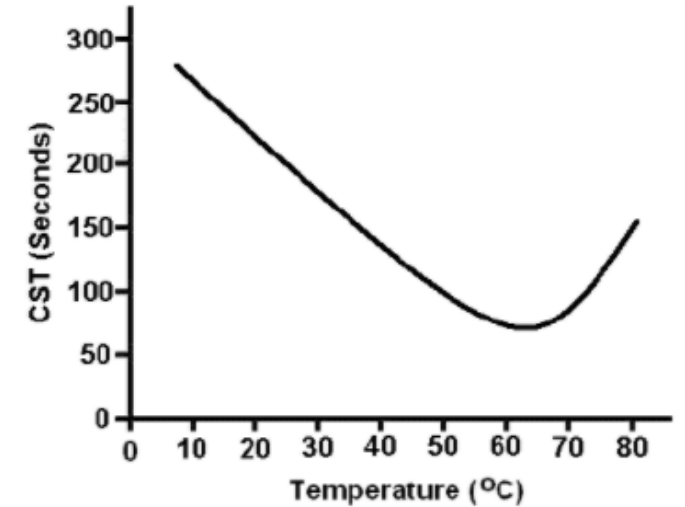
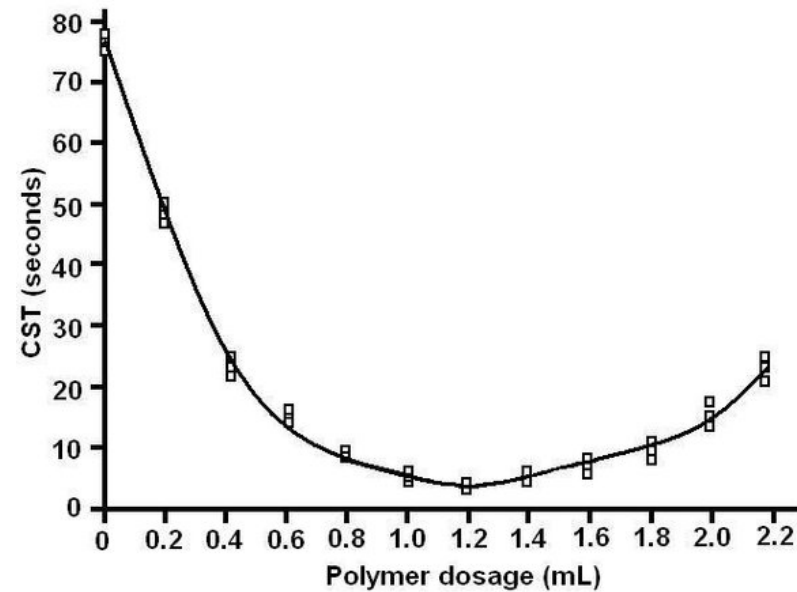
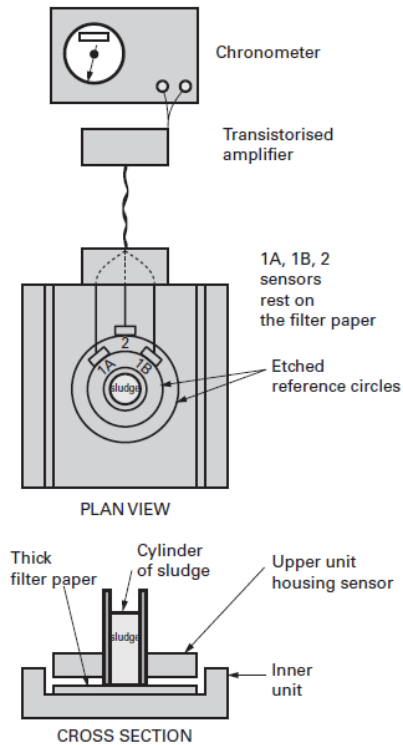
Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu

- stanovení odvodnitelnosti; capillary suction time (CST),
- norma 2710 - *TESTS ON SLUDGES*
- informace o odvodnitelnosti kalu
- informace o filtrovatelnosti používaných chemikálií
 - flokulanty, koagulanty
- Whatman č. 17

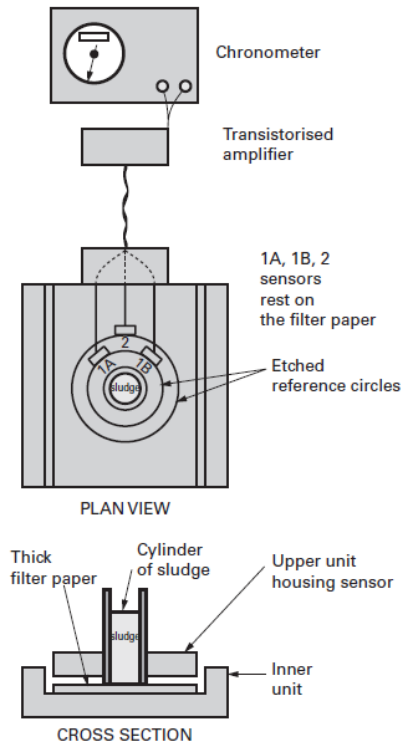
Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu - stanovení odvodnitelnosti; (CST),



Kalové hospodářství ČOV

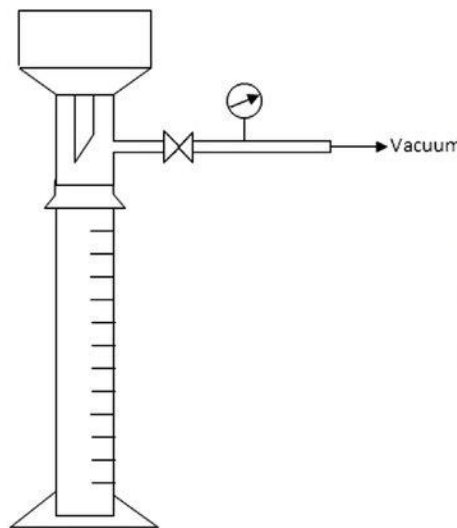
Odvodnění kalu - stanovení odvodnitelnosti; (CST),



Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu

- stanovení odvodnitelnosti; time to filter (TTF),
- korelace s CST
- Whatman No. 1, 2
- 200 ml vzorku



Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu

- snížení obsahu vody v kalu,

gravitační metody

- kalová pole
- kalové laguny

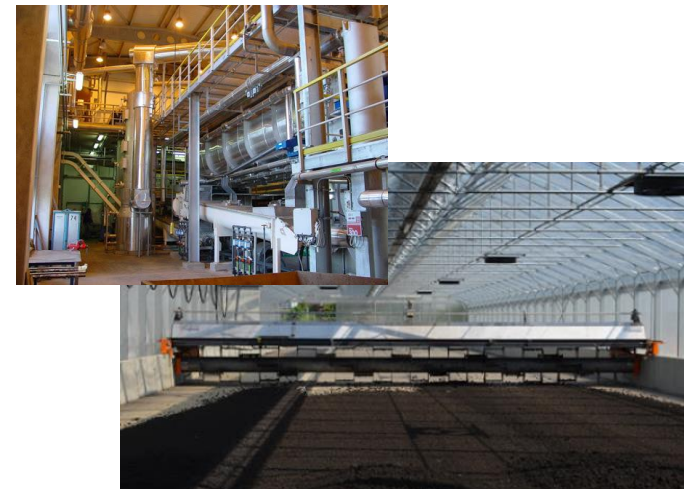


mechanické metody

- odstředivky
- vakuové filtry
- komorové lisy
- sítopásové lisy

termické metody

- sušárny



Kalové hospodářství ČOV

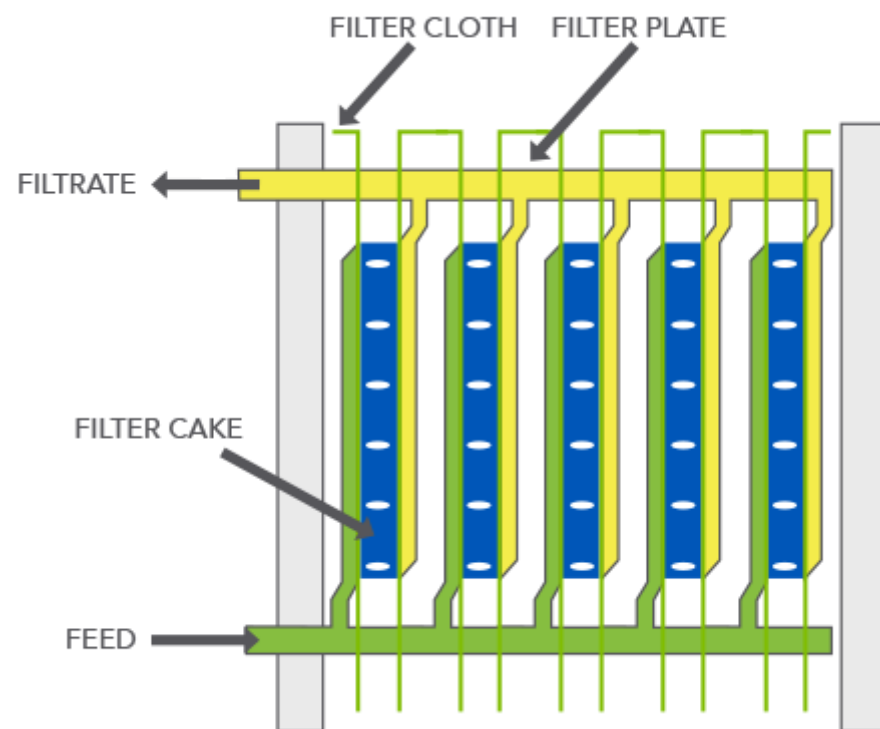
Odvodnění kalu – flokulanty

- zlepšení sedimentace a odvodnitelnosti kalu,
- polymerní organické flokulanty
 - neionogenní, anionaktivní, kationaktivní,
- 0,5 až 20 g flokulantu na 1 kg sušiny kalu
- homopolymer akrylamidu
- kopolymery akrylamidu a sodné soli kyseliny akrylové,
- kopolymery akrylamidu s estery či amidy aminokarboxylových kyselin,



Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu – komorový lis



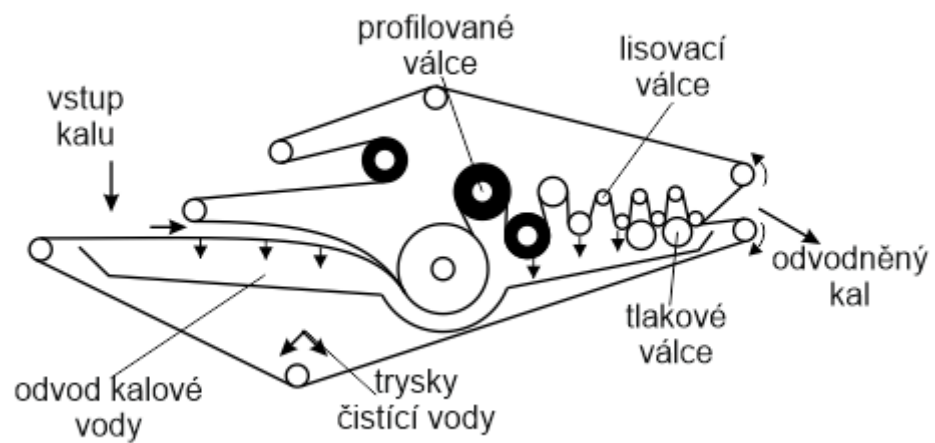
zdroj: CRS GmbH



zdroj: ENVITES, spol. s r.o.

Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu – sítopásový lis



Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu – odstředivka

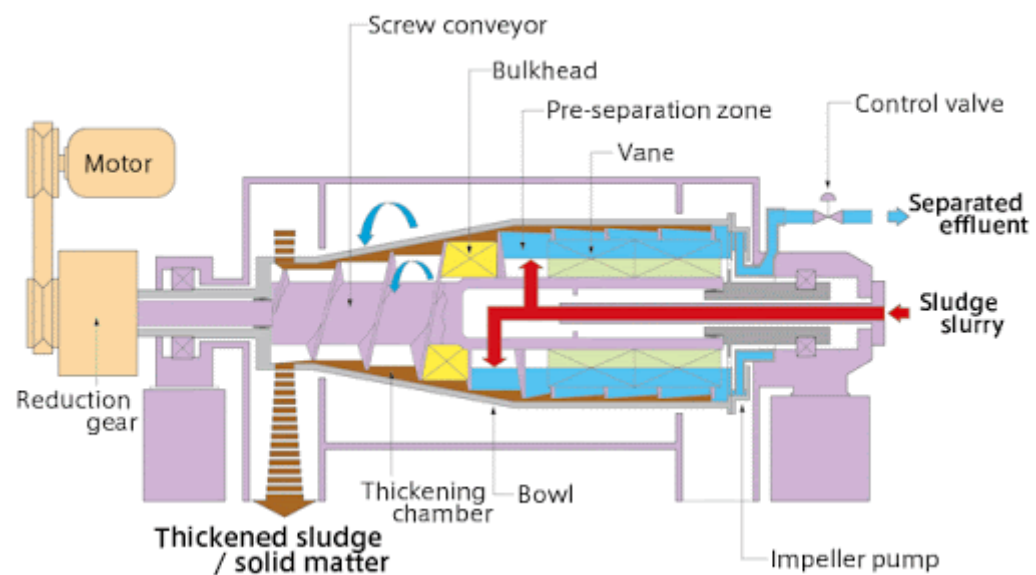


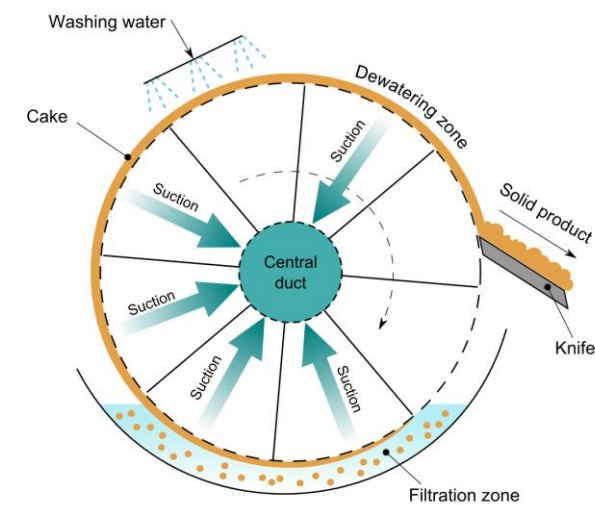
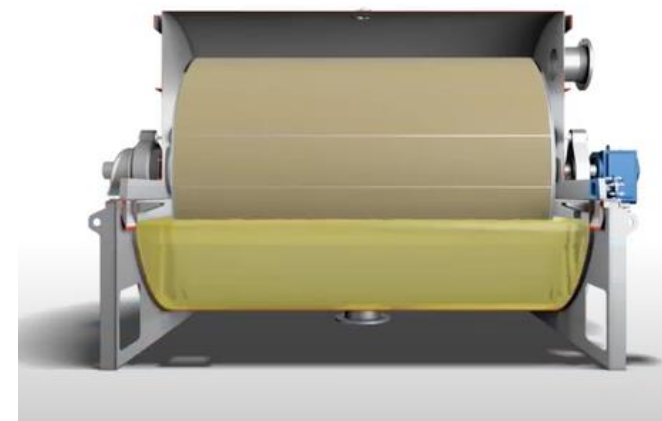
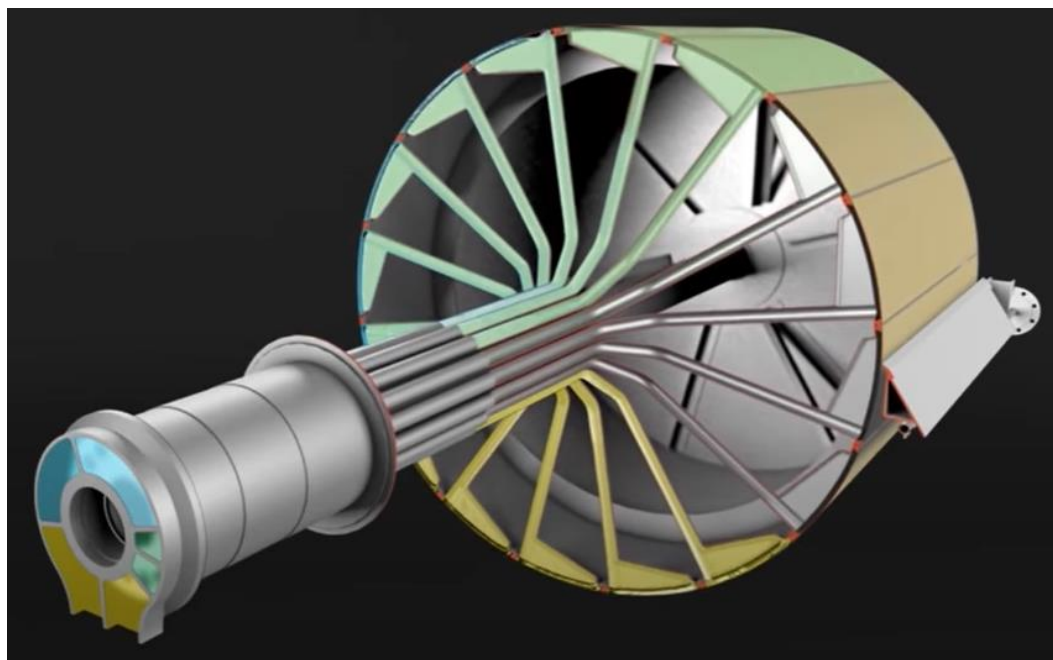
schéma : Mitsubishi Kakoki Kaisha, Ltd.



foto : Vítěz

Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu – vakuové filtry



Kalové hospodářství ČOV

Odvodnění kalu – dosažená sušina

| | obsah sušiny po odvodnění [%] | |
|----------------|--------------------------------------|-------------|
| | přebytečný kal | směsný kal |
| kalové pole | 35 % - 45 % | 30 % - 40 % |
| odstředivka | 25 % - 35 % | 20 % - 30 % |
| komorový lis | 30 % - 40 % | 25 % - 35 % |
| sítopásový lis | 25 % - 40 % | 20 % - 25 % |

Kalové hospodářství ČOV

Odvodněný kal



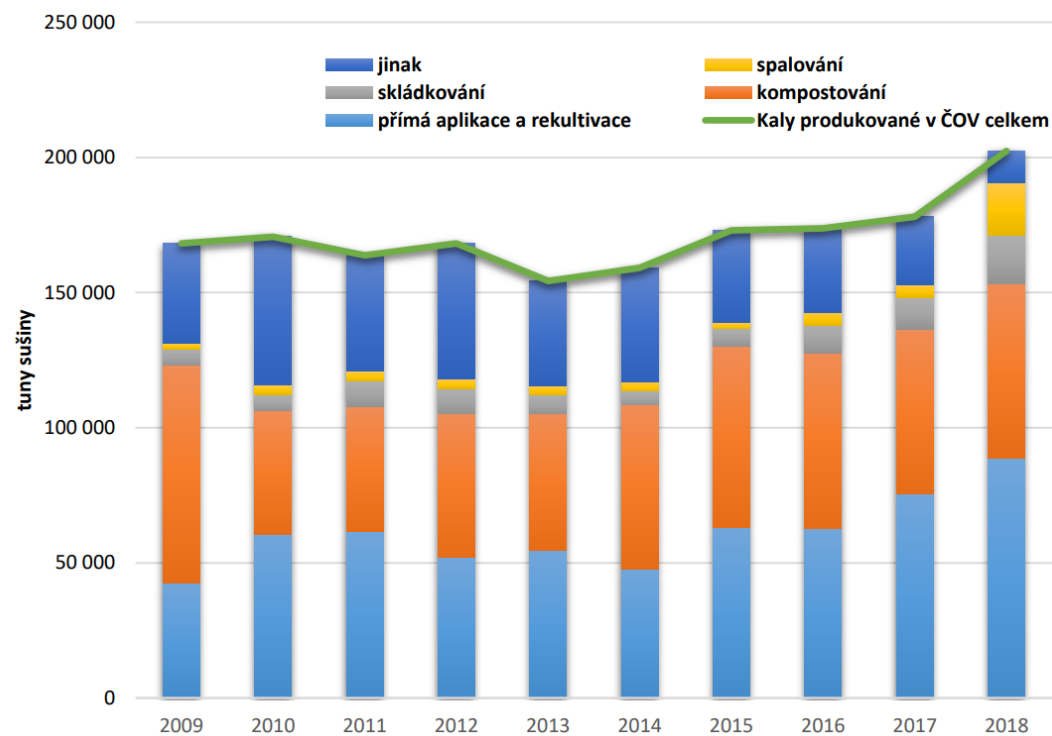
foto: Vítěz

přímá aplikace na půdu
kompostování
skládkování
spalování

pyrolýza
zplyňování
stavební materiály
produkce vodíku

Kalové hospodářství ČOV

Odvodněný kal



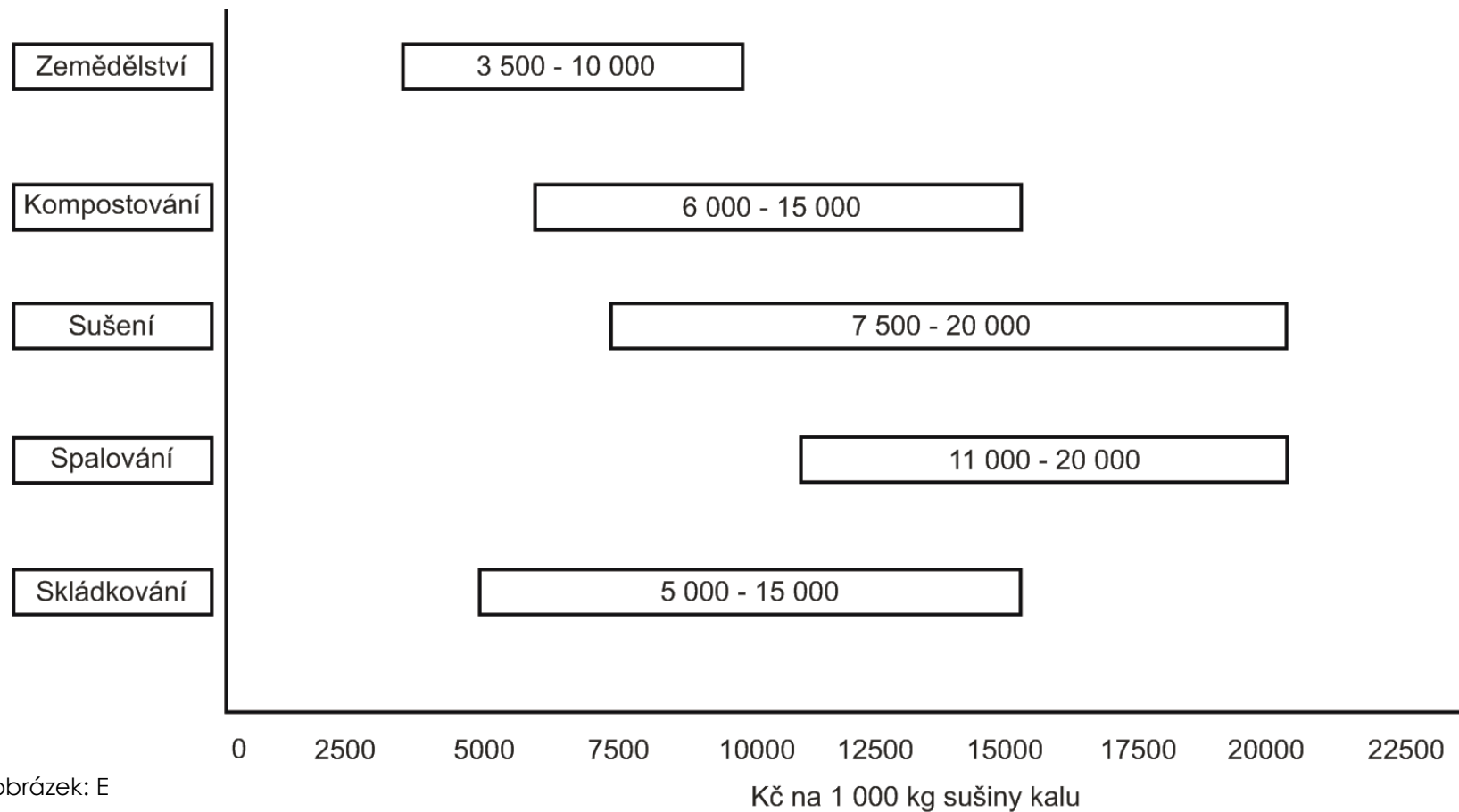
1.4 Kaly v roce 2020 SEWAGE SLUDGE IN 2020

| Území, kraj Territory, region | Kaly produkované v ČOV celkem Total sludge generation | Způsob zneškodnění kalu Method of sludge disposal | | | | |
|--|---|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| | | přímá aplikace a rekultivace Agricultural use | kompostování Composting | skládkování Landfilling | spalování Incinerating | jinak Other |
| | | | | | | |
| Česká republika Czech Republic | 192 393 | 63 064 | 84 747 | 15 225 | 21 330 | 8 027 |
| Hl. město Praha | 19 134 | 16 551 | 2 582 | 0 | 0 | 1 |
| Středočeský | 21 175 | 4 540 | 14 236 | 2 273 | 1 | 125 |
| Jihočeský | 9 556 | 5 752 | 3 578 | 49 | 0 | 177 |
| Plzeňský | 8 756 | 5 742 | 2 100 | 669 | 0 | 245 |
| Karlovarský | 3 830 | 0 | 1 500 | 1 040 | 53 | 1 237 |
| Ústecký | 29 119 | 0 | 10 700 | 1 330 | 16 858 | 231 |
| Liberecký | 5 745 | 0 | 5 456 | 248 | 1 | 40 |
| Královéhradecký | 9 699 | 3 491 | 5 570 | 460 | 0 | 178 |
| Pardubický | 7 227 | 548 | 2 110 | 767 | 0 | 3 802 |
| Vysočina | 10 698 | 2 491 | 7 283 | 609 | 0 | 315 |
| Jihomoravský | 19 868 | 1 169 | 14 305 | 299 | 3 743 | 352 |
| Olomoucký | 9 711 | 7 517 | 1 300 | 237 | 49 | 608 |
| Zlínský | 14 831 | 5 237 | 1 668 | 7 174 | 625 | 127 |
| Moravskoslezský | 23 044 | 10 026 | 12 359 | 70 | 0 | 589 |

zdroj: ČSÚ

Kalové hospodářství ČOV

Náklady na zpracování kalů



Kalové hospodářství ČOV

Legislativa - mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě v přechodném období do 31. 12. 2022

| Kal kategorie I | Jednotky | Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu | Limitní hodnota (nález/ KTJ [*]) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Indikátorový mikroorganismus | | | |
| <i>Salmonella</i> spp. | nález v 1 g sušiny | 5 | negativní |
| Termotolerantní koliformní bakterie | KTJ [*] v 1 gramu sušiny | 5 | $< 10^3$ |
| Enterokoky | KTJ [*] v 1 gramu sušiny | 5 | $< 10^3$ |

| Kal kategorie II | Jednotky | Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu | Limitní hodnota (nález/ KTJ [*]) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Indikátorový mikroorganismus | | | |
| Termotolerantní koliformní bakterie | KTJ [*] v 1 gramu sušiny | 5 | $10^3 - 10^6$ |
| Enterokoky | KTJ [*] v 1 gramu sušiny | 5 | $10^3 - 10^6$ |

Kalové hospodářství ČOV

Legislativa - mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě

| Indikátorový mikroorganismus | Jednotky | Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu | | Limitní hodnota (nález/ KTJ*) |
|---|----------------|--|---|-------------------------------|
| <i>Salmonella</i> spp. | nález v 50g | 5 | | negativní |
| <i>Escherichia coli</i> nebo enterokoky | KTJ* v 1 gramu | 5 | 4 | $< 10^3$ |
| | | | 1 | $< 5 \cdot 10^3$ |

Kalové hospodářství ČOV

Legislativa - Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě (ukazatele pro hodnocení kalů)

| Riziková látka | Mezní(maximální) hodnoty koncentrací v kalech (mg/kg sušiny) |
|---|--|
| As - arzén | 30 |
| Cd - kadmium | 5 |
| Cr - chrom | 200 |
| Cu - měď | 500 |
| Hg - rtuť | 4 |
| Ni - nikl | 100 |
| Pb - olovo | 200 |
| Zn - zinek | 2500 |
| AOX | 500 |
| PCB | 0,6 |
| suma 7 kongenerů -28+52+101+118+138+153+180 | |
| PAU | 10 |