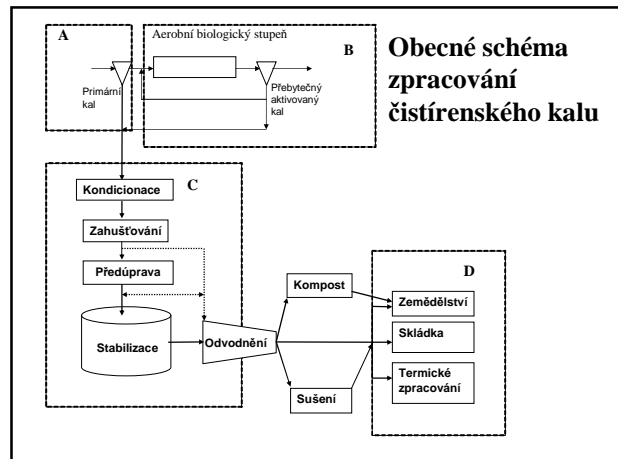


Technologie zpracování kalů

primární - tj. metody úpravy vlastností

finální - tj. metody konečného využití nebo likvidace

Primární metody slouží jako první stupeň a usnadňují průběh nebo jsou mnohdy podmínkou pro aplikaci finálních metod.



Mezi primární metody patří:

- *separace* - oddělení kapalné a tuhé fáze
- *kondicionace* - chemická, termická nebo fyzikálně-chemická předúprava.
- *zahušťování a odvodňování* - zvýšení koncentrace sušiny kalu před jeho dalším zpracováním (na koncentraci sušiny do cca 40%);
- *sušení* - zvýšení obsahu sušiny na 60-95%;
- *anaerobní biologická stabilizace - metanizace* - zušlechtnění přeměnou převážně částí organické sušiny na bioplyn, současně dochází k minimalizaci množství zpracovávaného materiálu a k jeho hygienizaci.
- *další způsoby stabilizace*

Mezi finální metody patří:

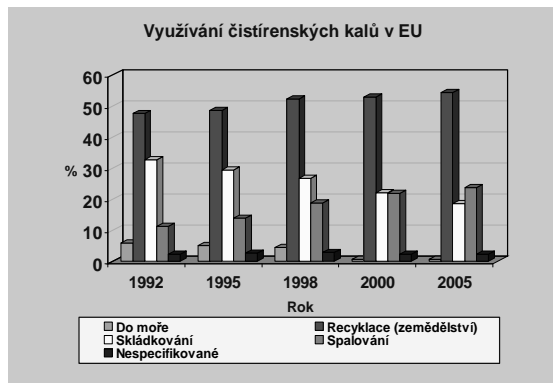
- **Využití v zemědělství** (využití hnojivých vlastností anorg. a org. živin, přímá aplikace, kompostování)
- **Termické využití** (využití energie a dalších cenných látek)
- **Skládkování** (krajní způsob řešení)

Závislost kalové technologie na způsobu konečného využití kalů

- termické
(nutnost minimálního množství zbytkové vody)
- zemědělství
(nutnost hygienizace, odstranění vybraných polutantů)
- skládkování
(limitované množství zbytkové vody, limitovaný podíl organických látek, VLorg/VL)

Metody termického zpracování kalů

- Samostatné spalování
- Společné spalování s energetickým palivem
- Spalování v cementárenské peci
- Mokrý spalování
- Zplyňování, pyrolýza



Současné trendy

- Zákaz vypouštění moře (EU)
- Útlum skládkování
- Podpora zemědělského využití za současné přísné kontroly složení (chem. i mikrobiol.)
- Nástup termických metod

Různost pohledů na zemědělské využití

- Ano - Skandinávie, USA, ...
- Ne - Švýcarsko, Nizozemí, ...

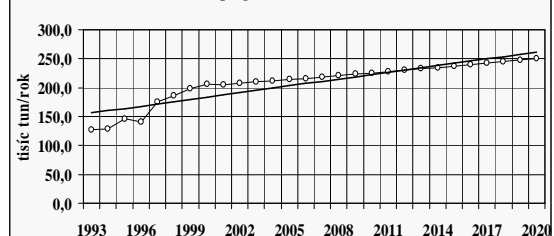
Množství a produkce čistírenských kalů v ČR

	2001
Počet ČOV	1122
Množství čištěných odpadních vod	841,4 mil.m ³ /rok
z toho:	
splaškových	330,2 mil.m ³ /rok
průmyslových a ostatních	169,7 mil.m ³ /rok
srážkových	341,4 mil.m ³ /rok
produkce kalu v sušině	205,6 tis.t/rok
z toho uloženo na skládce	37,9 tis.t/rok

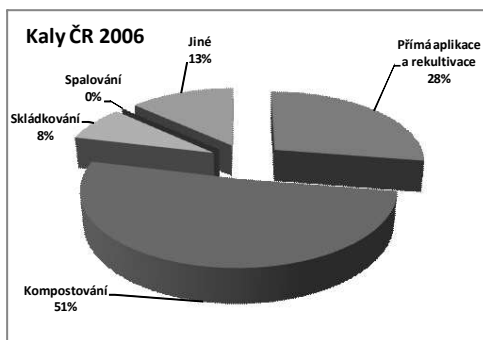
Hodnocené ČOV podle RM (roční množství) čištěných odpadních vod v roce 2000

kategorie ČOV [tis.m ³]	RM [mil.m ³]	PK/rok [tis.t suš. kalu/rok]	tis. EO	SM/1 EO [m ³ /rok]	PK/1 EO [kg/rok]
>100	150,7	25,2	1671,7	90	15
20-50 (100)	182,1	32,0	1846,7	100	18
10-20	74,3	16,9	979,1	76	17
5-10	84,4	20,6	855	99	24
2-5	120,5	28,5	1477,8	82	19
<2	66,4	18,5	800,9	83	23
celkem	678,3	141,7	7601,4	89	19

Vývoj produkce sušiny kalu v ČR prognóza do roku 2020



Způsoby zpracování čistírenských kalů



Kritéria posuzování kvality kalů

Kritéria posuzování kvality kalů (vlastnosti kalů)

- Fyzikální
- Chemické
- Biologické
- Senzorické
- Dopravní

Fyzikální

- Teplota
- Hustota
- Redox potenciál
- Koncentrace NL, NLorg (VL, VLorg)
- pH (stav procesu, vhodnost pro různé typy půd, ovlivňuje zápach)
- Spalné teplo, výhřevnost

Chemické

- CHSK (celk., rozpuštěná)
- TOC
- NMK (C2-C6)
- N, P, Ca, Mg, S, K, Si
- Těžké kovy (Hg, Cd, Cr, As, ...)
- Organické polutanty (AOX, PCB, PAU, ...)
- Mikro (nano)(piko) polutanty – endocrine disruptors – zbytky léků, kosmetických prostředků

Biologické

- Výskyt různých MO zejména patogenních (zdravotní rizika, hygienické zabezpečení)
- Stabilita kalů
- Biologická rozložitelnost
- Respirační rychlost (kompostování)
- Testy toxicity
- Testy klíčivosti (zem. účely)

Senzorické

- Zápach
- Barva

Reologické vlastnosti kalů (klíčové pro dopravu a transport)

Reologie se zabývá studiem deformací hmoty. Jedním z jejích hlavních úkolů je nalezení vztahů mezi napětím, deformací a rychlostí deformace pro jednotlivé druhy látek.

Reologie je nauka zkoumající materiálové vlastnosti tekutých látek za pohybu, tj. při jejich deformaci způsobné smykovým zatížením.

Reologické vlastnosti kalů (klíčové pro dopravu a transport)

Reologie se zabývá studiem deformací hmoty. Jedním z jejích hlavních úkolů je nalezení vztahů mezi napětím, deformací a rychlostí deformace pro jednotlivé druhy látek.

Reologie je nauka zkoumající materiálové vlastnosti tekutých látek za pohybu, tj. při jejich deformaci způsobné smykovým zatížením.

- **Viskozita**
- **Měrná hmotnost (hustota)** tekutého stabilizovaného kalu $\rho = 1000$ až 1100 kg.m^{-3} . Stanoví se pyknometricky, orientačně hustoměry.
- **Zrnitost a velikost částic**, charakterizované křivkou distribuce velikosti částic.
- **Sedimentační zahušťovací vlastnosti (KI, ZSV)**
- **Odvodnitelnost (CST)**
- **Filtrační odpor**

ČERPÁNÍ A DOPRAVA KALU

Z hlediska čerpání a dopravy je čistírenský kal podle obsahu vody:

- tekutý - 85 až 99,9 % vody, čerpatelný, lze jej dopravovat potrubím.
- mazlavý - 75 až 85 % vody,
- kašovitý - 70 až 75 % vody,
- drobivý až pevný - 40 až 70 % vody,
- sypký až pevný - 10 až 40 % vody,
- prašný do 10 % vody

Reologické vlastnosti kalů

Stanoví se na trubicových, oscilačních, rotačních, ultrazvukových aj. viskozimetrech.

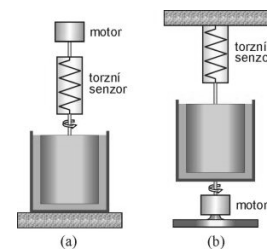
V praxi se pro tento účel nejvíce užívají rotační viskozimetry, které jsou založené na měření smykové deformace torzním dynamometrem, měřené v kapalině mezi pevným a rotujícím válcem.

$$\tau = \frac{M}{2 \omega r^2} \quad D = \frac{\omega R^2}{R^2 - r^2}$$

Tečné napětí τ a rychlost smykové deformace D stanoví se ze vztahu

kde M je otáčivý moment, ω -úhlová rychlost, r -poloměr rotujícího válce, R -vnitřní poloměr vnějšího pevného válce.

Rotační viskozimetr



Viskozita patří mezi tzv. molekulární transportní koeficienty.

Většina tekutin se chová jako **Newtonské tekutiny**, charakterizované tím, že tečné smykové napětí τ je přímo úměrné gradientu rychlosti

$$\tau = h \left(\frac{du}{dy} \right)$$

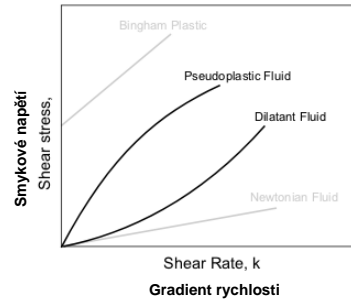
kde koeficient úměrnosti h se nazývá dynamická viskozita [kg/m.s].

Tekuté dispersní systémy, jakými jsou i čistírenské kalý v praxi vykazují nenewtonské chování.

$$\text{a) } \tau = K \left(\frac{du}{dy} \right)^n \quad \text{b) } \tau = \tau_y + K \left(\frac{du}{dy} \right)^n$$

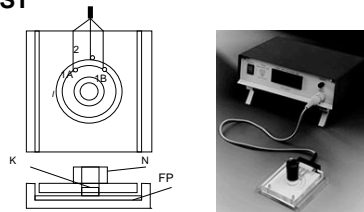
Místo viskozity (součinitele vnitřního tření u newtonských kapalin) vystupuje v nenewtonských modelech vnitřního tření více součinitelů = reologických parametrů.

"Viscosity is a plot not a dot." Rod Binnington



$$\tau = \tau_y + K \left(\frac{du}{dy} \right)^n$$

STANOVENÍ CST



Měřicí celá
1A, 1B, 2 – měřicí kontakty, I – radiální vzdálenost mezi kontakty 1 a 2, N – nádobka, K – kalový koláč, F – filtrační papír.

$$CST = k_1 \alpha$$

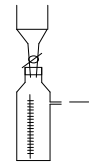
$$\log CST_s = B \log \alpha - C$$

$$CST_s = \frac{CST}{X}$$

FILTRACE

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p A}{\alpha \eta X (V + V_0)}$$

kde:
V – objem filtrátu (m³),
 Δp – rozdíl tlaků před filtr. koláčem a za filtrační přepážkou, tlakový spád (Pa)
 η – dynamická viskozita filtrátu (Pa s)
A – ploch filtrační přepážky (m²)
V₀ – objem filtrátu, který se vytvoří na filtr. přepážce koláč kladoucí stejný odpor jako vlastní filtrační přepážka (m³)
X – koncentrace tuhé fáze v původní suspenzi
 α – specifický filtrační odpor kalového koláče



Typické reologické vlastnosti kalů

Kal	Primární kal	Aktivovaný kal	Směsný vyhnělý
Koncentrace (%)	6.7	0.4	10
Teplota (°C)	12	20	17
Specifický filtrační odpor (m/kg)	2.1×10^{14}	4.8×10^{13}	9.3×10^{14}
CST (sec)	17	14	144
Mezní tečné napětí (dyn/cm ²)	43	0.1	15
Plastická viskozita (g/m.sec)	0.28	0.06	0.92

Kritéria posuzování stabilizovanosti kalů

Definice stabilizace

- Zastavení samovolných rozkladných procesů
- Stupeň stabilizace nejednoznačně vyjadřování požadavků (závisí na konečném využití)
- Rozlišovat od hygienizace
- Individuální kritéria stabilizace
- Skupinová kritéria

Stabilizace - dosažení míry určitých vlastností kalu, vyjadřující vhodnost kalu pro určitý způsob jeho dalšího využití.

- Stav, kdy je kal "stabilní" tj. nepodléhá intenzivnímu samovolnému rozkladu, neovlivňuje negativně prostředí

Kritéria pro posuzování stabilizovanosti kalu:

- přímá - globální** - (toxicita, infekčnost, zápach)
- nepřímá - charakterizující** - (zbytkový obsah organických látek - ZZ, množství odstraněných organických látek, TOC, CHSK, BSK, respirační rychlost, další produkce bioplynu, ATP, enzymové aktivity, hustota a kvalita mikrobiálního osídlení aj.)
- doplňující** (odvodnitelnost, viskozita, kalorická hodnota apod.)

Obsah organických látek – VL_{org}/VL ve stabilizovaném kalu je dobrým indikátorem průběhu. Jako kritérium stabilizovanosti kalu má pouze relativní vypovídací hodnotu. Nutno porovnávat počátečný a konečný stav.

CHSK_{hom}/VL je měřítkem obsahu organických látek v kalu a současně je měřítkem oxidačního stupně uhlíkového atomu. Na stupeň stabilizovanosti můžeme usuzovat z jeho změny během procesu stabilizace.

TOC_{hom}/VL prokázal velmi dobrou reprodukovatelnost a vhodnost použití jako dalšího kritéria pro posuzování stabilizovanosti kalu zejména ve spojení s ostatními kritérii.

Prodloužené anaerobní stabilizace umožňuje posoudit jak se bude chovat již stabilizovaný kal při dalším skladování. Jedná se o nejcitlivější kritérium posuzování anaerobní stabilizovanosti kalu.

Respirační rychlost – zejména pro aerobní stabilizaci.

Prodloužená anaerobní stabilizace

Hlavními sledovanými parametry jsou:

- rychlost zbytkové produkce bioplynu,
- celková produkce bioplynu,
- doba dosažení „úplné stabilizovanosti“
- množství anaerobně rozložitelných látek

