NÁTOK NA ČOV
UMÍSTĚNÍ ČOV

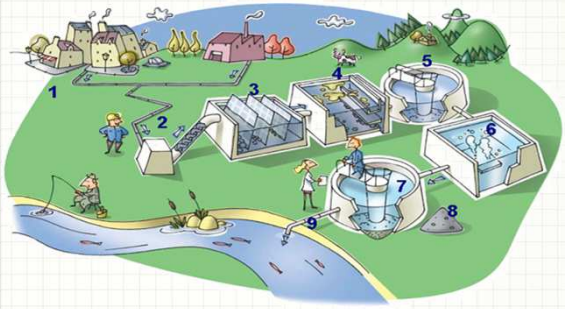
doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.

2. hodina

Obsah

- Schéma ČOV
  - Základní rozdělení ČOV
- Rozdělení znečištění pro různé druhy čištění
- Nátok na ČOV
- Měření průtoků
- Čerpací stanice
- Česle

Schéma ČOV



1. Schéma konvenční ČOV

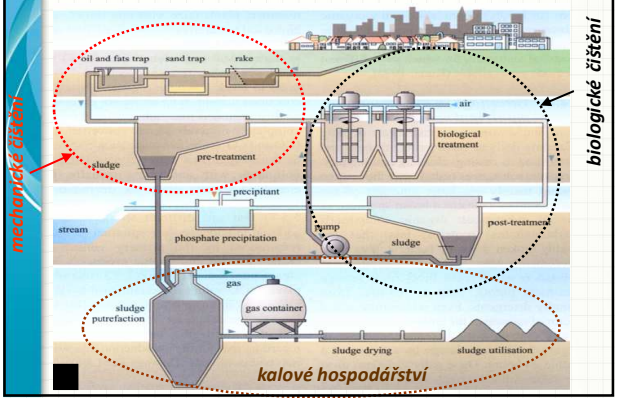
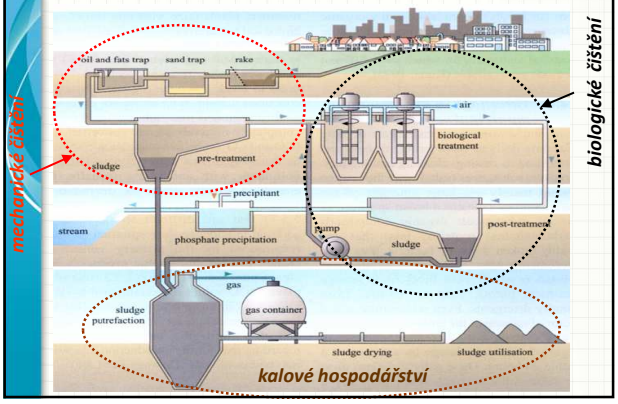


Schéma konvenční ČOV



ČOV praxe, příklad technologického schématu velké ČOV, zkušenosti dle technologických částí

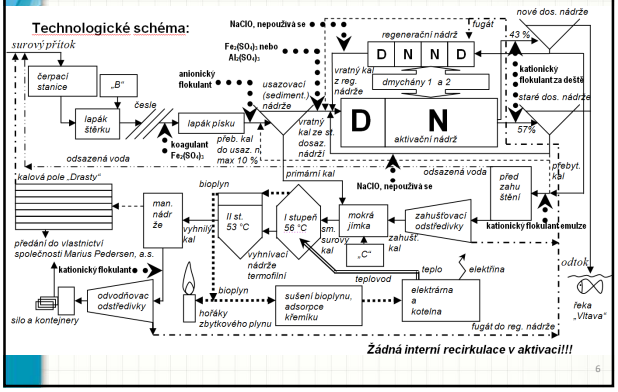


Schéma čistírny odpadních vod: mechanická část

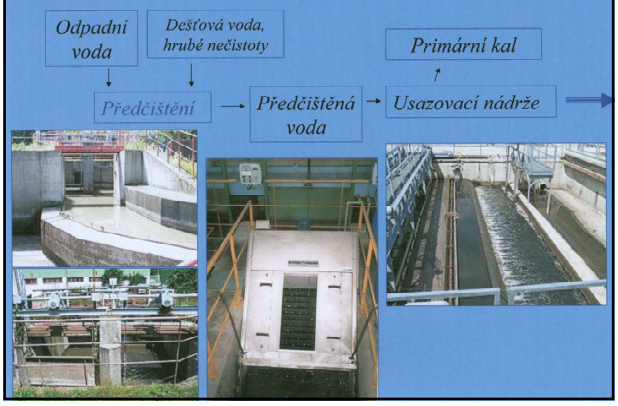
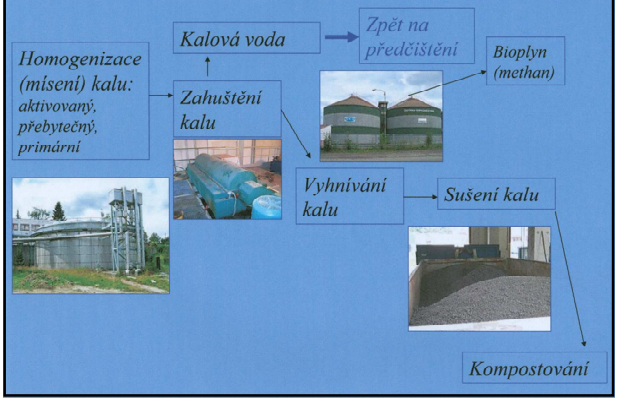


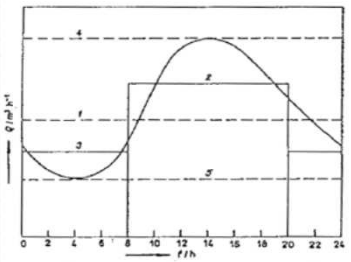
Schéma čistírny odpadních vod: biologická část

Schéma čistírny odpadních vod: kalové hospodářství



Přítok na ČOV

Splaškové odpadní vody – kolísání průtoku



1. průměrný Q
2. denní Q
3. noční Q
4. maximální Q
5. minimální Q

Přítok na čistírnu ze stokového systému

Odpadní vody

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.

§ 38 zákona č. 254/2001 Sb. vodní zákon

Klasifikace odpadních vod

- ***splaškové*** *– znečištěné tekuté odpady z domácností, z technické občanské vybavenosti a z živností*
- ***průmyslové*** *- znečištěné tekuté odpady z technických provozů*
- ***infekční*** *– do s.s. bez choroboplodných zárodků!!!*
- ***ze zemědělství*** *– zemědělsky využít nebo čistit samostatně!!!*
- ***dešťové – znečištěné***
- ***ostatní odpadní vody - balastní***

– podzemní (prosakující), pramenní, potoční, dešťové neznečištěné, užitkové (kašny, fontány…), pitné (z poškozených vodovodů) …

Odpadní vody

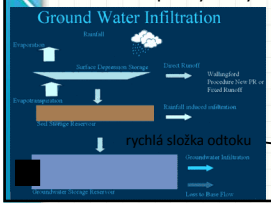
Složky průtoku ve stokové síti – srážko-odtokové vztahy

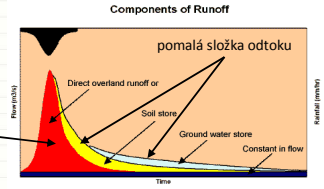
- splaškové OV z domácností
- OV z komerčních center
- OV z průmyslu
- infiltrace podzemních vod

bezdeštný průtok

- povrchový odtok z nepropustných ploch
- povrchový odtok z propustných ploch
- zpožděný dešťový odtok

deštný průtok





Městské (konvenční) čistírny odpadních vod

- Hlavním cílem je odstranění organických látek (BSK), obsažených v komunálních (splaškových) odpadních vodách.

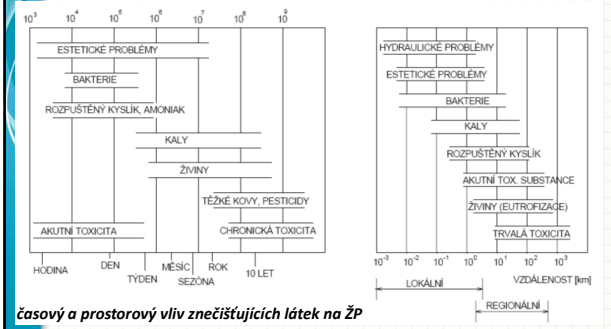
Zařízení pro odstraňování organických látek v odpadní vodě

Látky v odpadní vodě	Zařízení na čistírně
• Hrubé plovoucí nečistoty: kusy dřeva, hadry apod.	⇒ Hrubé česle (mezery mezi česlicemi 5-10 cm)
• Menší plovoucí nečistoty: zbytky zeleniny a ovoce	⇒ Jemné česle (mezery mezi česlicemi 1-3 cm)
• Písek, škvára sunut po dně stoky	⇒ Lapač písku
• Jemný organický kal	⇒ Sedimentační (usazovací) nádrž
• Tuky	⇒ Lapač tuků
• Rozpuštěné organické látky	⇒ Biologický stupeň čistírny

14

Vliv znečištění na ŽP

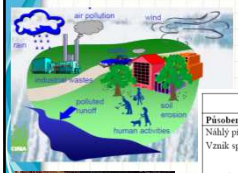
znečištění odpadních vod



časový a prostorový vliv znečišťujících látek na ŽP

Vliv znečištění na ŽP

vlivy odpadních vod na recipient



Příčina	Důsledek
Působení během desítek hodin	
Náhlý přírůstek rychlosti Vznik splaveninového režimu	Odplavování organismů obývajících dno Odumírání bentických organismů, redukce samočisticí schopnosti
Vnos kyselých agresivních substancí Vnos jedovatých (toxických) látek (např. amoniak)	Snížení pH Úhyn organismů
Dlouhodobé působení	
Vnos toxických substancí (např. nitrit)	Úhyn organismů
Usazování pevných organických látek	Snížení pH
Vnos patogenních zárodků	Nebezpečí infekce
Trvalé následky	
Usazování pevných látek	Ucpávání pórezních materiálů ve dně
Vnos těžkoodbouratelných organických látek a těžkých kovů	Akumulace jedovatých látek
Vnos živin (např. fosfáty)	Eutrofizace

ČOV praxe, čerpací stanice, lapák štěrku, česlovna

- **Šneková čerpadla – archimédův šroub**
  - **vynese vše**
  - **nižší účinnost, omezený výtlak**
- **Oběhová čerpadla – vyšší účinnost nutno chránit**
  - **vyšší účinnost**
  - **nutno chránit, ulehčení obsluhy demontáží ochranných česlí se čerpadlo ucpe**
- **Externí materiál dovážený do přítoku by neměl obsahovat tuk- podpora vláknitého bytnění v aktivaci a vyplouvání tuku z dosazováků (DN) do odtoku. Tuk patří do vyhnívacích nádrží.**
- **Málo vyklízený lapák štěrku vede časem k obroušení lamel u lamelových česlí s následným sesunem ke kraji a zvětšení mezer mezi lamelami.**
- **Česle dnes mnoha typů – lamely, rotační bubny, pásové.**
- **U větších ČOV je lepší kombo hrubé + jemné 3 mm česle (ochrana výměníků proti zanášení např. v kalovém hospodářství je pak účinnější a samotné jemné česle se nepoškodí při bouřce většími předměty)**
- **Často problém, když po dlouhém suchu bouřky – ucpání česlí tukovými nánosy.**

17

Mechanický stupeň ČOV

- Základem je sedimentace částic (gravitace)
- Zařízení (nádrže) musí být prostorné tak, aby se dostatečně snížila rychlost vody a byl dostatečný čas na sedimentaci částic
- Vlivy způsobující nerovnoměrnou usazovací rychlost:
  - ➢ turbulentní charakter průtoku nádrží
  - ➢ Změny ve viskozitě vody
  - ➢ Změny v hustotě vody

18

Mechanický stupeň

- (Lapák štěrku)
- Česle (hrubé, jemné)
- Lapák písku
- Primární usazovací nádrže
  - Dno:surový kal, čerpán do anaerobního stupně
  - Mechanicky vyčištěná voda postupuje do biologického stupně (10 % NL, ale velké množství koloidních frakcí a hlavně rozpuštěné nečistoty)

19

Základní princip hydrauliky ČOV

- Odpadní voda se v čistírně pohybuje samospádem
- Velké čistírny – Archimedův šroub
- Malé čistírny - objemové čerpadlo
- Archimedův šroub – 2 – 3 m dopravní výška; výkon řádově až m^3/s

20

Nátok na ČOV

Šneková čerpadla – účel: průtok čistírnou gravitačně

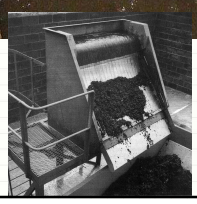
22

Hrubé česle

- Zachycení větších nečistot
- Průliny 50 – 100 mm

Mechanické čištění

Shrabky



Shrabky

- Složení shrabků kolísá s ročním obdobím
- Obsah vody cca 80 %
- Hmotnost cca 960 kg/m3
- Shrabky jsou hygienicky velmi nebezpečné; nehodí se ke kompostování
- Množství shrabků:
  - 0,2 – 0,3 m3/obyv.rok, hrubé česle
  - 5,0 – 10,0 m3/obyv.rok, jemné česle

25

Česle

odstranění hrubých nečistot do velikosti cca 1 mm

$v_{optim.}$ = 0,3 - 0,9 m.s^{-1}

a, hrubé česle

- velikost průlin 5 až 20 cm
- zpravidla ručně stírané

b, jemné česle

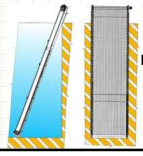
- velikost průlin 10 až 20 mm
- zpravidla strojně stírané
  → transport shrabků

I, ručně stírané

II, strojně stírané

→ *bezobslužné*

- česle s oběžným pásem
- stupňové česle
- vozíkové česle
- řetězové česle
- bubnová síta



shrabky

hrubé č. 2 – 3 l/1EO.rok

jemné č. 5 – 10 l/1EO.rok

Česle

Podklady pro návrh

rychlost mezi česlicemi $v_{mč}$< 1.2 m.s^{-1}

… nedochází k protlačování zachycených nečistot

b … šířka česlic
d … rozteč česlic
v … přítoková rychlost

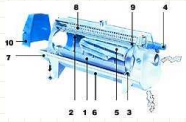
$$v_{mč} = \frac{b+d}{d}.v$$

znečištění česlic

→ vyšší hydraulické ztráty

$$z_č = h_č = \beta.\left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}}.\frac{v^2}{2.g}\sin\alpha$$

β … tvarový součinitel
b … šířka česlí
t … šířka mezery mezi česlicemi
v … přítoková rychlost před česlicemi
g … tíhové zrychlení
α … sklon česlic od vodorovné osy
zpravidla 30 až 70°



bubnové rotační síto o průměru ok 0,6 – 2,5 mm

rotační šnek

šroubové česle

lamelové česle – stupňovité rovnoběžné lamely

Česle

Podklady pro návrh

přívodní kanál - rozměry a tvar

… obdélníkové

… rozměry musí splňovat podmínky pro průtokovou rychlost

… optimální rychlost 0,6 – 1,0 m/s

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{b.h} \quad [\mathrm{m.s^{-1}}]$$

Q … průtok odpadní vody [m^3.s^{-1}]
S … průtočná plocha před česlemi [m^2]
b … šířka kanálu [m]
h … hloubka kanálu [m]

rychlost mezi česlicemi $v_{mč}$< 1.2 m.s^{-1}

… nedochází k protlačování zachycených nečistot

b … šířka česlic
d … rozteč česlic
v … přítoková rychlost

$$v_{mč} = \frac{b+d}{d}.v \quad [\mathrm{m.s^{-1}}]$$

znečištění česlic

→ vyšší hydraulické ztráty

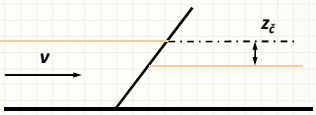
lamelové česle – stupňovité rovnoběžné lamely

Česle

Podklady pro návrh

hydraulické ztráty

$$z_č = h_č = \beta.\left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}}.\frac{v^2}{2.g}.\sin\alpha$$



sklon česlic zpravidla 30 až 70°

β … tvarový součinitel
b … šířka česlí
t … šířka mezery mezi česlicemi
v … přítoková rychlost před česlicemi
g … tíhové zrychlení
α … sklon česlic od vodorovné osy

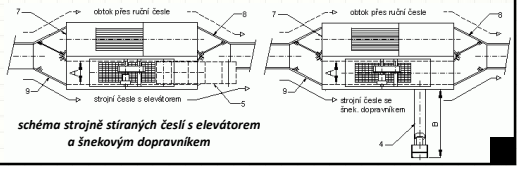


schéma strojně stíraných česlí s elevátorem a šnekovým dopravníkem

Česle

Podklady pro návrh

množství shrabků

- množství i složení shrabků kolísá podle ročního období
- při zachycování na jemných česlích obsahují cca 80% vody
- objemová hmotnost shrabků cca 960 kg.m^{-3}
- obsah minerálních látek 15 – 20%

specifické množství shrabků

normové hodnoty…

hrubé česle … $v_{z2H} = 0{,}002 - 0{,}003 m^3.obyv^{-1}.rok^{-1}$

jemné česle … $v_{z2J} = 0{,}005 - 0{,}010 m^3.obyv^{-1}.rok^{-1}$

Česle

Podklady pro návrh

celkový objem shrabků

$$V_S\left[m^3.rok^{-1}\right]=V_{sH}+V_{sJ}$$

$$V_{sX}\left[m^3.rok^{-1}\right]=v_{z2X}.EO$$

$\Rightarrow$ ***V_s [l.d^{-1}]***

celkový záchyt shrabků

$$C_{zs}\left[t.rok^{-1}\right]=V_s\cdot S_{oh}$$

S_{oh} … specifická objemová hmotnost shrabků [kg.m^{-3}]

Česle

Podklady pro návrh

bubnové rotační síto o průměru ok 0,6 – 2,5 mm

specifický objem vylisovaných shrabků

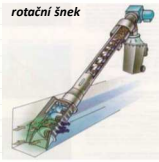
$$S_{ohv}\left[kg.m^{-3}\right]=S_{oh}-\frac{p_v}{100}.S_{oh}$$

p_v … procento snížení hmotnosti vylisování shrabků [%]

hmotnost shrabků po vylisování

$$m_{vs}\left[t.rok^{-1}\right]=\frac{100-p_v}{100}\cdot C_{zs}\left[t.rok^{-1}\right]$$

rotační šnek



objem vylisovaných shrabků

$$V_{vs}\left[l\cdot d^{-1}\right]=\frac{m_{vs}}{S_{ohv}}$$

Jemné česle

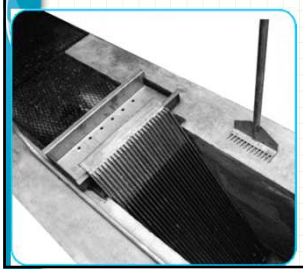
- Průliny 15 – 20 mm
- Rychlost vody 0,6 – 1,0 m/s
- Strojně stírané česle musí mít ochranu před povětrností; v zimě temperova

33

MONITORING

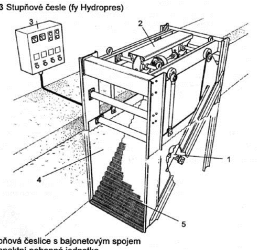
Mechanické čištění

Česle a síta



Obr. 3.2 Schéma stupňových česlí se znázorněním pohybu česlic

Obr. 3.3 Stupňové česle (fy Hydropres)



1) stupňová česlice s bajonetovým spojem
2) kompaktní pohonná jednotka
3) elektronický senzor chránící proti přetížení
4) nerezové části, které jsou ve styku s vodou
5) česle

Co je to monitoring a k čemu slouží?

Monitoringem rozumíme způsob poznání provozního stavu a vývoje systému odvodnění na základě provedených a vyhodnocených kvantitativních a kvalitativních měření. Základním rysem monitoringu je především systematičnost a kontinuita.

- poznání aktuálního provozního stavu a hydrodynamického chování systému
- vyhodnocení průtokových charakteristik
- získání informací o chování důležitých objektů na stokové síti
- zajištění kalibrace a verifikace matematických simulačních modelů

36

Koncepce monitoringu

- OFF LINE = obsluha a sběr dat z měřících přístrojů monitorovacím týmem v pravidelných intervalech na místě
  - Krátkodobé měrné kampaně
  - Dočasné měrné profily
- ON LINE = dálková obsluha a sběr dat z měřících přístrojů pomocí SCADA systémů
  - Trvalé měrné profily
  - Dispečink
  - Real Time Control (RTC)

37

Zpracování dat

Časový krok
- srážková data 1 min, čas překlopení
- hydraulické veličiny:
  - v ekvidistantním časovém kroku 1 – 6 min
  - v proměnném časovém kroku:
    - základní stav 6 min
    - nadlimitní stav 1 min

Data procesing
- měřící přístroj
  - surová data - obslužný SW
- zpracování surových dat
  - finální data – MOUSE Gandalf
- export dat
- archivace dat

38

Metody měření výšky hladiny

- plovákové limnigrafy
- pneumatický princip
- tlakový princip
- kapacitní princip
- metody založené na využití ultrazvukového signálu
- radarové technologie

39

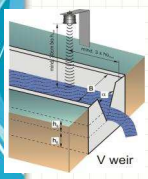
Metody měření průtoku

- Metoda rychlostního pole (hydrometrická metoda)
- Metoda Q/H křivek měrného profilu
- Metody měření založené na přechodu režimů proudění
  - Měrné přelivy
  - Měrné žlaby
- Metoda „rychlost – plocha“
  - Ultrazvuková metoda – Dopplerův efekt, korelace
  - Transit Time Method
  - Magneto-indukční metody

40

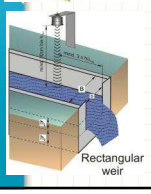
Metody měření založené na přechodu režimů proudění

Měrné přelivy



$$Q = C_e \frac{8}{15} tg\frac{\alpha}{2} \sqrt{2g}\, h_e^{\frac{5}{2}}$$

V weir



$$Q = C_e \frac{2}{3} \sqrt{2g}\, b_e\, h_e^{\frac{3}{2}}$$

Rectangular weir

Měrné žlaby

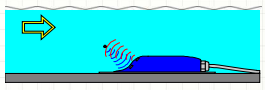
$$Q = C_D\, b\, h_u^n$$

nejistota ± 3 – 6 %

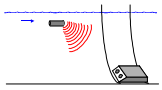
41

Ultrazvuková metoda – Dopplerův efekt

$$Q = v \cdot S$$



střední průřezová rychlost



$$\bar{v} = v_m \cdot k$$

nejistota ± 6 – 15 %

42

Možnosti provedení měrných objektů

Návrhové parametry ČOV

základní provozní ukazatele

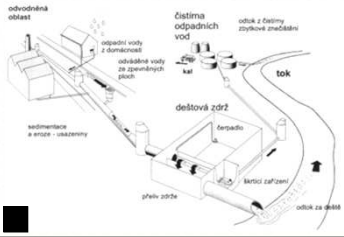
- ✓ *hydraulická data*
- ✓ *ekvivalentní obyvatele*
- ✓ *znečištění odpadních vod*

→ *technologické parametry ČOV*

interakce

stoková síť

- *ČOV*
- *recipient*



Návrhové parametry ČOV

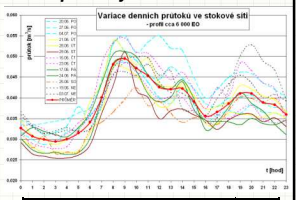
základní provozní ukazatele

hydraulická data

informace o množství odpadních vod přitékajících na ČOV

- Q_p … průměrný denní průtok
- Q_{min} … minimální denní průtok
- Q_{max} … maximální denní průtok
- Q_b … balastní vody
- k_d … koeficient denní nerovnoměrnosti
- k_h … koeficient hodinové nerovnoměr.
- k_{min} … koeficient min. hodinové nerov.
- k_{max} … koeficient max. hodinové nerov.
- R … recirkulační poměr

měření



„normové“ hodnoty

lokalita	k_d
ČOV < 1 000 EO	1,5
1 000 EO < ČOV < 5 000 EO	1,4
5 000 EO < ČOV < 20 000 EO	1,35
ČOV > 20 000 EO	1,25

3. Návrhové parametry ČOV

základní provozní ukazatele

ekvivalentní obyvatele

informace o počtu napojených ekvivalentních obyvatel

- ✓ EO_{obyv} … od obyvatelstva
- ✓ EO_{ovb} … od občanské vybavenosti
- ✓ $EO_{prům}$ … od průmyslu
- ✓ EO_{zem} … od zemědělství

současný stav – aktuální počet připojených EO

výhledový stav – nárůst EO, případně připojení dalších lokalit

aktuální procentuální využití projektované kapacity ČOV

1 EO ≈

ukazatel	BSK_5	$CHSK_{Cr}$	NL	N_C	P_C
spec.znečištění	60 g/ob.d	120 g/ob.d	55 g/ob.d	11 g/ob.d	2,5 g/ob.d

Návrhové parametry ČOV

základní provozní ukazatele

znečištění odpadních vod

informace o látkovém „obsahu“ odpadních vod

znečištění přitékající na ČOV

$Z = \Sigma EO \,.$ *specifické znečištění* $[g.den^{-1}]$

koncentrace znečištění

$c = Z/Q_d$ $[g.m^{-3}]$

Orientační složení splaškových OV

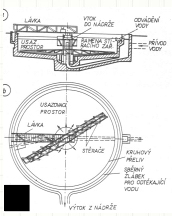
Ukazatel	Rozmezí hodnot	Jednotky
Hodnota pH	6,5 ~ 8,5	
Nerozpuštěné látky	200 ~ 700	mg/l
• z toho usaditelné	73	%
• z toho neusaditelné	27	%
Rozpuštěné látky	600 ~ 800	mg/l
BSK_5 s potlačením nitrifikace	100 ~ 400	mg/l
CHSK – Cr	250 ~ 800	mg/l
TOC (DOC)	asi 250	mg/l
N_{celk}	30 ~ 70	mg/l
$N\text{-}NH_4$	20 ~ 45	mg/l
P_{celk}	5 ~ 15	mg/l
Poměr BSK_5 : $CHSK_{Cr}$	0,5	[-]

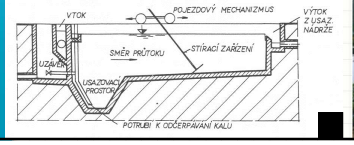
Návrhové parametry ČOV

technologické parametry

primární usazovací nádrž

- B_A … *povrchové látkové zatížení* $[kg.m^{-2}.d^{-1}]$
- v … *hydraulické povrchové zatížení* $[m^3.m^{-2}.h^{-1}]$
- Θ … *doba zdržení* [hod]
- η … *hydraulická účinnost nádrže* [-]
- X … *koncentrace kalové sušiny* $[kg.m^{-3}]$
- $S_{h,UN}$ … *plocha hladiny UN* $[m^2]$



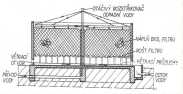


3. Návrhové parametry ČOV

technologické parametry

aktivační nádrž

- B_A ... povrchové látkové zatížení [kg.m^{-2}.d^{-1}]
  (u biofiltrů a biodisků)
- B_V ... objemové zatížení [kg.m^{-3}.d^{-1}]
- B_X ... hmotnostní zatížení [kg.kg^{-1}.
- KI ... kalový index [g.ml^{-1}]
- Θ ... doba zdržení [hod]
- $Θ_S$ ... doba zdržení s recirkulací [hod]
- $Θ_X$ ... stáří kalu [hod]
- X_{PR} ... koncentrace aktivovaného kalu [kg.r
- V ... objem aktivační nádrže [m^3]
- $S_{h,UN}$ ... plocha hladiny AN [m^2]

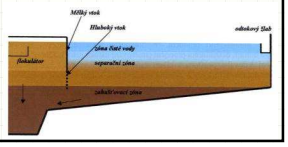


Návrhové parametry ČOV

technologické parametry

dosazovací nádrž

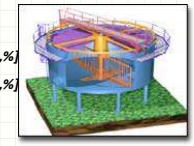
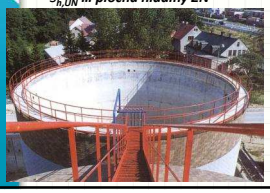
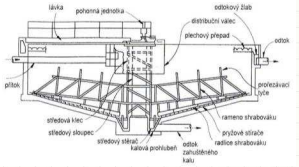
- B_A ... povrchové látkové zatížení [kg.m^{-2}.d^{-1}]
- v ... hydraulické povrchové zatížení [m^3.m^{-2}.h^{-1}]
- KI ... kalový index [g.ml^{-1}]
- Θ ... doba zdržení [hod]
- η ... hydraulická účinnost nádrže [-]
- X ... koncentrace kalové sušiny [kg.m^{-3}]
- $S_{h,UN}$ ... plocha hladiny AN [m^2]



Návrhové parametry ČOV

technologické parametry

zahušťovací nádrž



- $B_{A,NL}$ ... látkové zatížení plochy NL [kg.m^{-2}.d^{-1}]
- C_i ... koncentrace přitékajícího kalu [kg.m^{-3},%]
- C_u ... koncentrace zahuštěného kalu [kg.m^{-3},%]
- Θ ... střední doba zdržení [hod]
- $S_{h,UN}$ ... plocha hladiny ZN [m^2]