

ODPADNE VODE

Kaj so?

Odpadna voda je voda, ki se po uporabi ali kot posledica padavin onesnažena odvaja v vode neposredno ali po kanalizaciji.

Komunalna odpadna voda nastaja v:

- gospodinjstvu (sanitarije, kuhanje, pranje..)
- objektih v javni rabi, proizvodnih in storitvenih dejavnostih - podobna po nastanku in sestavi gospodinjski odpadni vodi

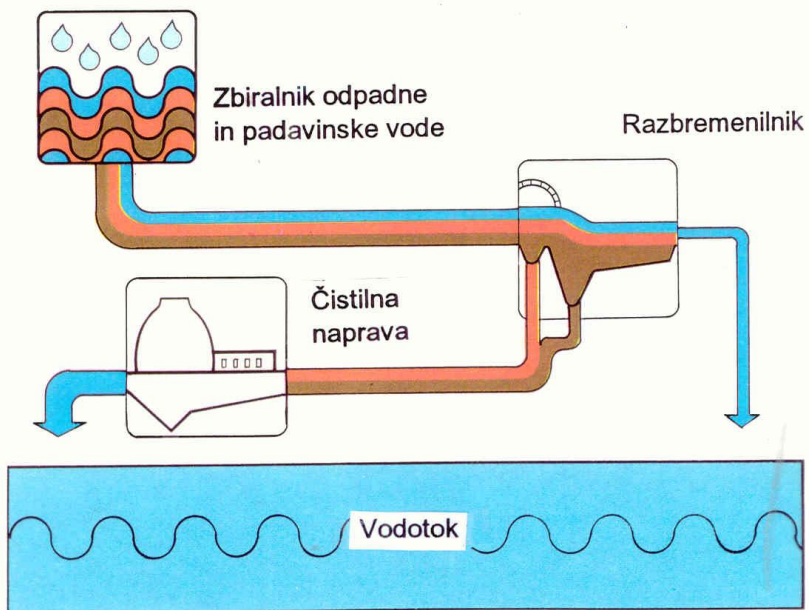
Industrijska odpadna voda

nastaja v industriji, obrtni, gospodarski, kmetijski dejavnosti in po nastanku ni podobna komunalni odpadni vodi. Tudi **hladilne vode** in **izcedne vode deponij**.

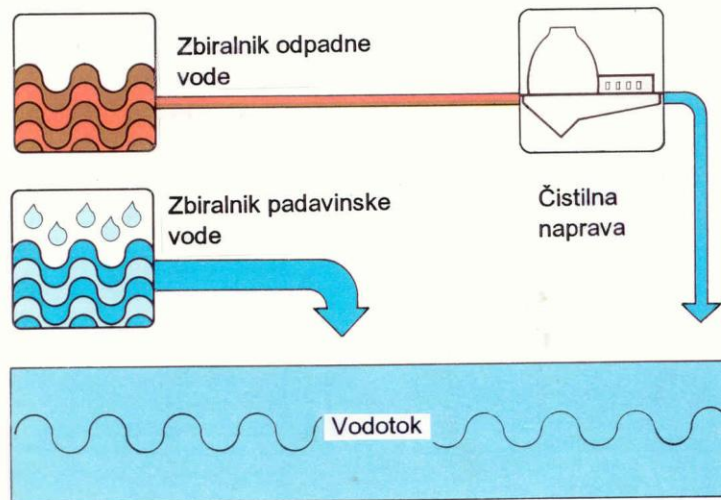
Padavinska odpadna voda kot posledica padavin odteka iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom pokritih površin neposredno v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo.

ZBIRANJE ODPADNIH VOD IN KANALIZACIJA

MEŠANA KANALIZACIJA



LOČENA KANALIZACIJA



RAZDELITEV ODPADNIH VOD

- biološko nerazgradljive odpadne vode
- biološko razgradljive odpadne vode
- hladilne odpadne vode
- odpadne vode, ki vsebujejo strupe
- odpadne vode, ki vsebujejo kisline, alkalije, soli

OSNOVNE ANALIZE ODPADNIH VOD

- ↗ *temperatura*
- ↗ *pH*
- ↗ *KPK*
- ↗ *BPK₅*
- ↗ *TOC*
- ↗ *usedljive snovi*
- ↗ *neraztopljene snovi*
- ↗ *raztopljene snovi*
- ↗ *dušikove spojine*
- ↗ *fosforjeve spojine*
- ↗ *specifične komponente*
- ↗ *razgradljivost*
- ↗ *strupenost*

ZAKONODAJA

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, UL RS št. 47/05
namesto UL RS 35/96, 21/03

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, UL RS št. 45/07
namesto UL RS 35/96, 31/01, 62/01

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav, UL RS št. 98/07,
namesto UL RS 10/02

Uredbe za različne industrijske branže, UL RS št. 35/96 →

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, UL RS št. 47/05

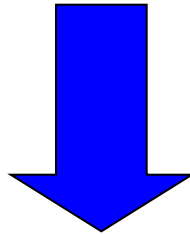
Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih vod, UL RS št. 123/04
namesto UL RS 41/95, 44/95 8/96, 124/00, 49/01, 8/04

ČISTILNI SISTEMI

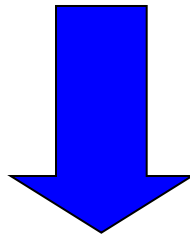
- *primarno čiščenje - odstranjevanje trdnih snovi*
- *sekundarno čiščenje - odstranjevanje snovi, ki povzročajo porabo kisika*
- *terciarno čiščenje - odstranjevanje nutrientov*

ČISTILNI SISTEMI

Odpadna voda → *primarno čištění*



sekundarno čištění



terciarno čištění → *odpadna voda*

ČISTILNI SISTEMI

Glede na način odstranjevanja različnih komponent iz odpadne vode razdelimo čiščenje na:

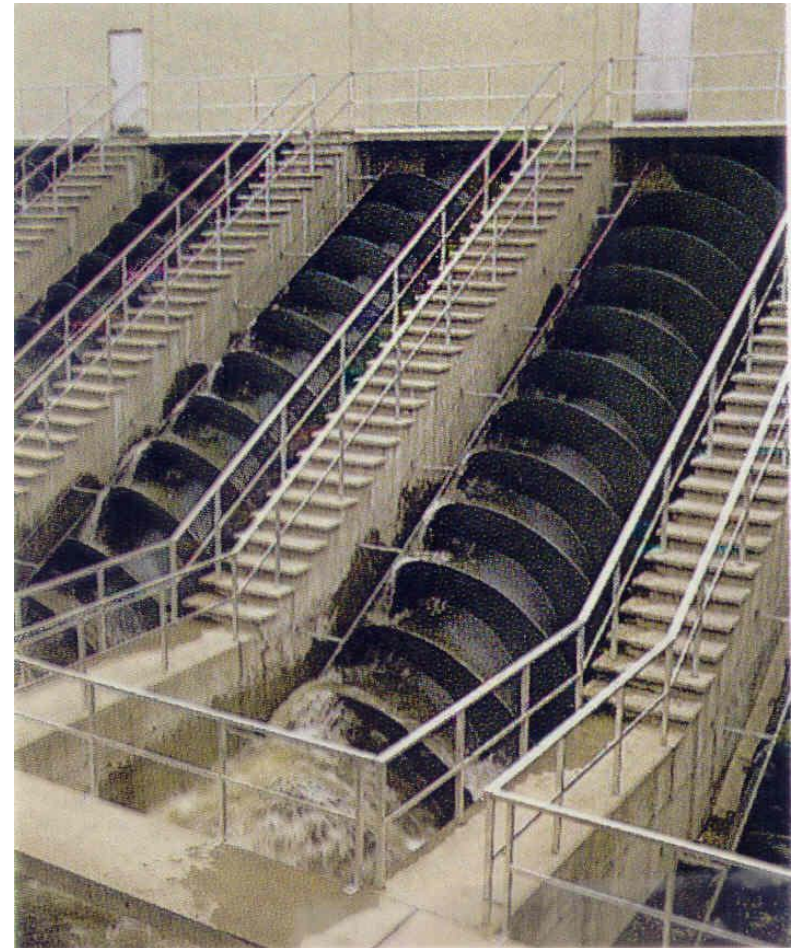
- *mehansko čiščenje*
- *kemijsko čiščenje*
- *fizikalno-kemijsko čiščenje*
- *biološko čiščenje*

MEHANSKO ČIŠČENJE	KEMIJSKO ČIŠČENJE	FIZIKALNO- KEMIJSKO ČIŠČENJE	BIOLOŠKO ČIŠČENJE
rešetke, grablje	nevtralizacija	koagulacija	aerobno
sita	obarjanje	flokulacija	anaerobno
peskolov	oksidacija	adsorpcija	
sedimentacija	redukcija	ionska izmenjava	
filtracija		ekstrakcija	
flotacija		odparevanje	
		odplinjanje	
		elektroliza	
		reverzna osmoza	
		destilacija	

MEHANSKO (PRIMARNO) ČIŠČENJE



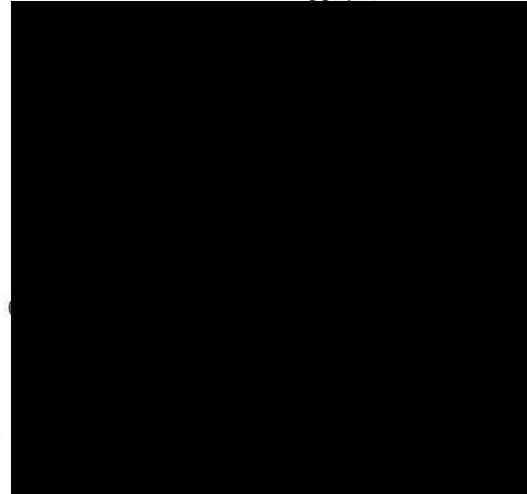
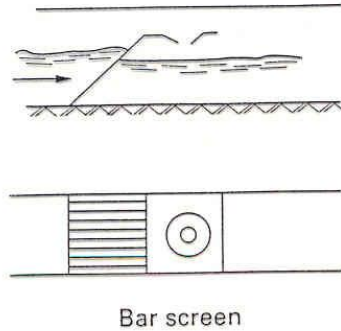
Lovilec kamenja, večjih kosov



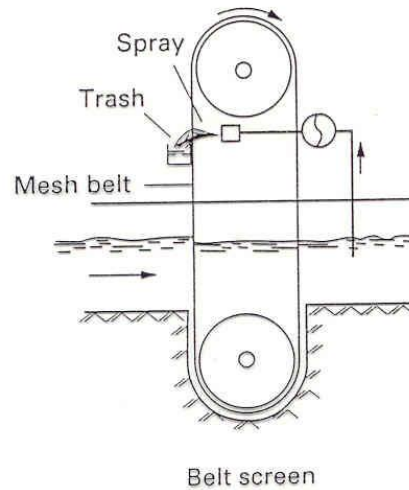
Polžne črpalke za dvig vode

MEHANSKO ČIŠČENJE

Rešetke



Avtomatske rešetke



Bobnasto sito

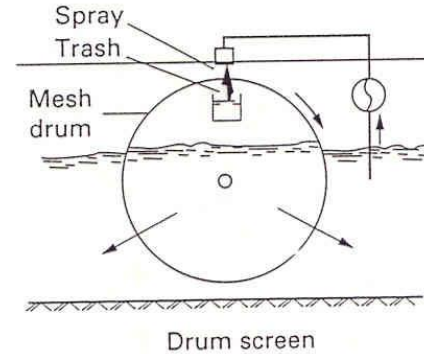


FIG. 10.1 Preliminary treatment units

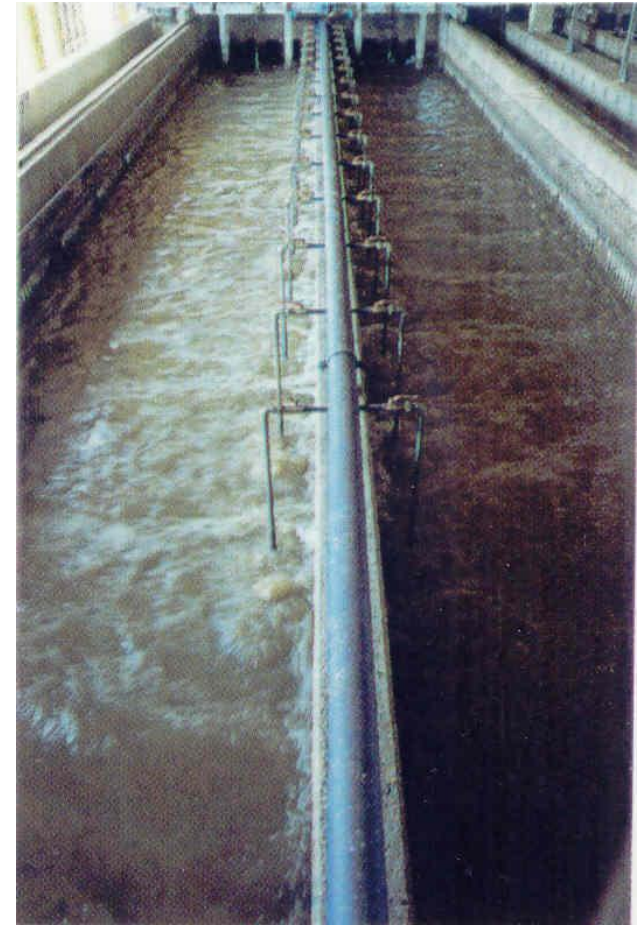
MEHANSKO ČIŠČENJE PESKOLOV

- Zadrževalni čas: nekaj minut
- Hitrost vode 0,3 m/s
- Hitrost usedanja 1,2 m/min



Peskolov

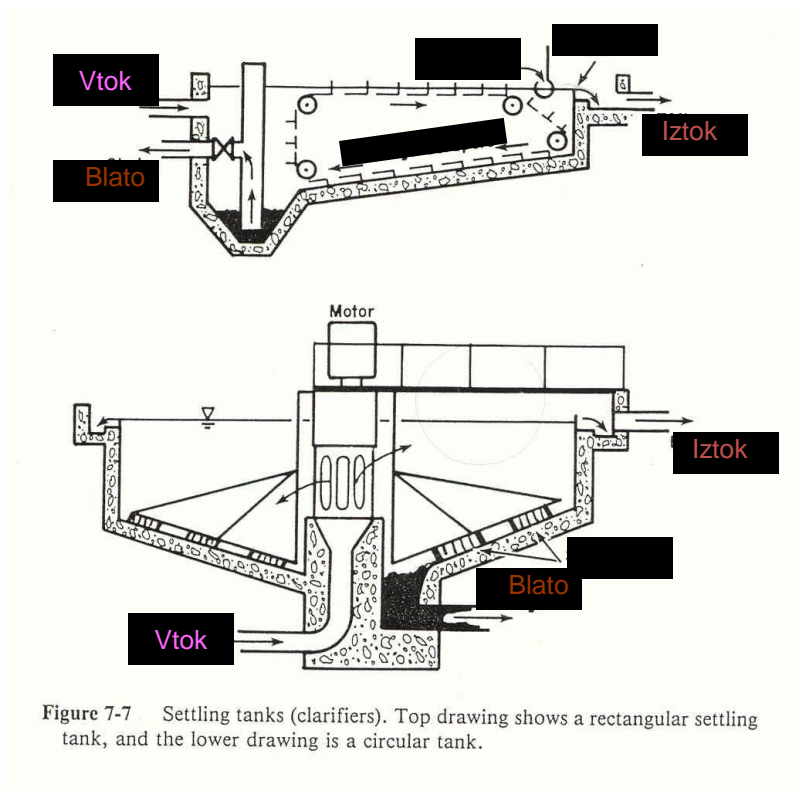
usedanje težjih anorganskih delcev - peska



Ozračen peskolov in maščobnik

usedanje peska + posnemanje maščob

MEHANSKO ČIŠČENJE USEDALNIK



Pravokotni usedalnik

Okrogli usedalnik

Surovo blato

- neprijeten vonj
- veliko vode
- možni patogeni

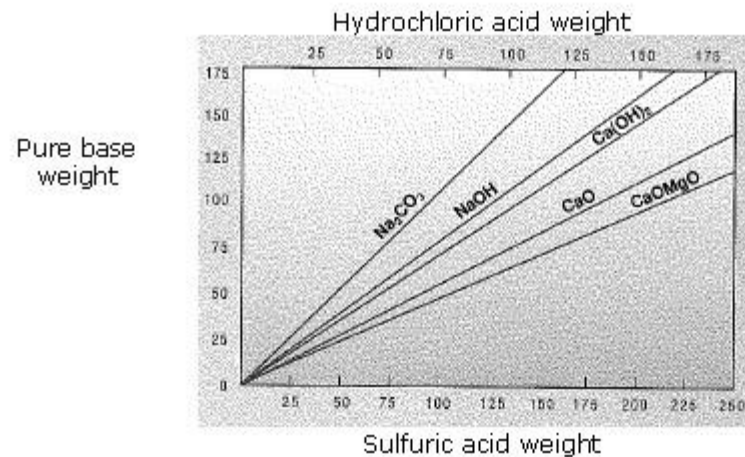
Površinska obremenitev: pretok/površina ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)
15 - 30 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

Zadrževalni čas: volumen/pretok (h)
5 - 8 h, najnižji 2 h

KEMIJSKO ČIŠČENJE

NEVTRALIZACIJA

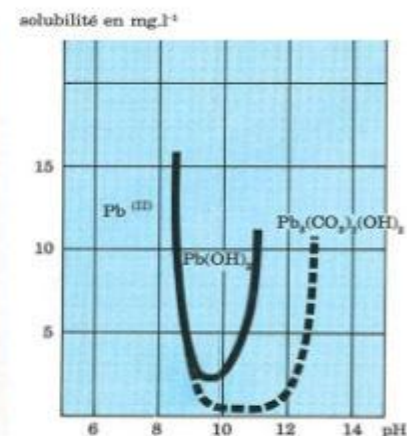
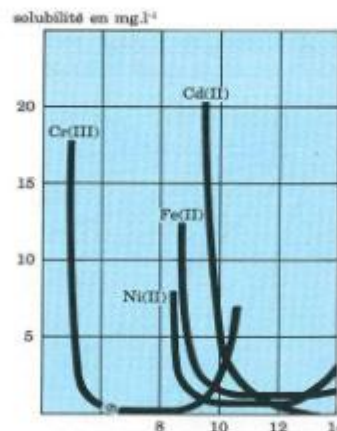
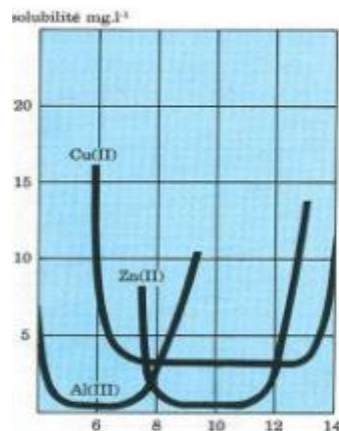
- Kisle in alkalne odplake
- pH = 6 - 9
- Egalizacijski = izravnalni bazen
- Predvsem pred biološko stopnjo.



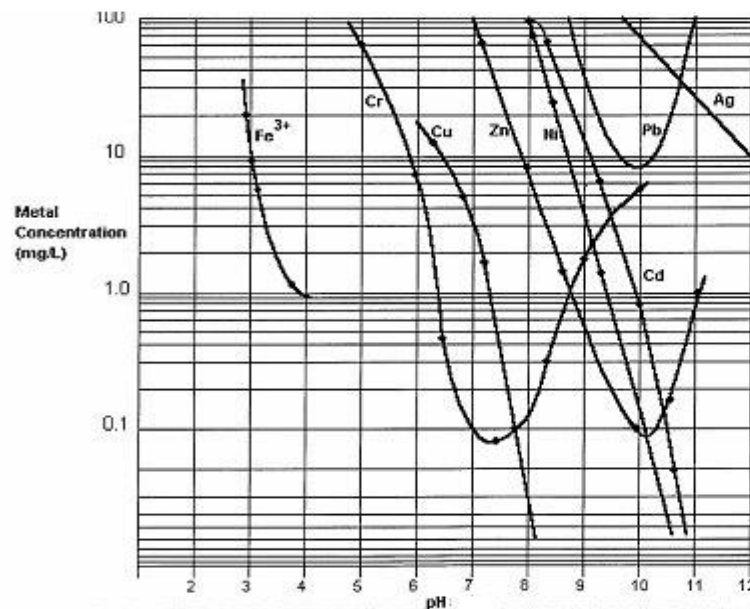
KEMIJSKO ČIŠČENJE

NEUTRALIZACIJA

- Kovine in pH?
- Kovine v ionski obliki in strupenost?



Source : Mémento technique de l'eau, Degrémont, édition 1989



KEMIJSKO ČIŠČENJE

OBARJANJE

- Odstranjevanje nezaželenih snovi z dodajanjem kemikalij, nastali produkti imajo nižjo topnost v danih pogojih, zato se izločijo.
- Odstranjevanje P:



KEMIJSKO ČIŠČENJE

OKSIDACIJA

Bistvo procesov ?

ORGANSKA SNOV → NEŠKODLJIVI PRODUKT

C

CO₂

H

H₂O

P

PO₄³⁻/kislina

S

SO₄²⁻

N

NO₃⁻

halogen

kislina

AOP-Advanced Oxidation Processes-napredni oksidacijski procesi

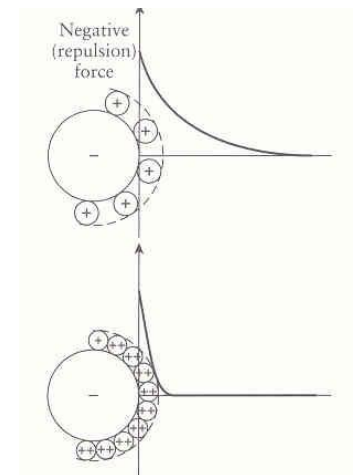
FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

Odstranjevanje koloidnih delcev z usedanjem zahteva:

➔ nevtralizacijo naboja (razelektritev)

KOAGULACIJA

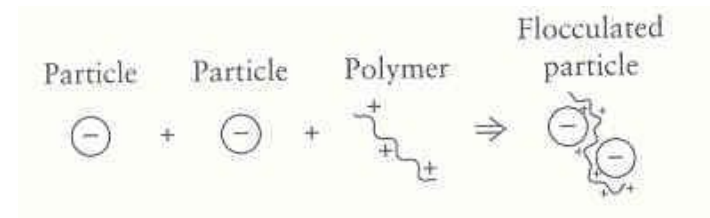
kemijski postopek, pri katerem s pomočjo koagulantnih kemikalij (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$,) združujemo koloidne delce v večje kosme



➔ nastanek večjih flokul (kosmov)

FLOKULACIJA

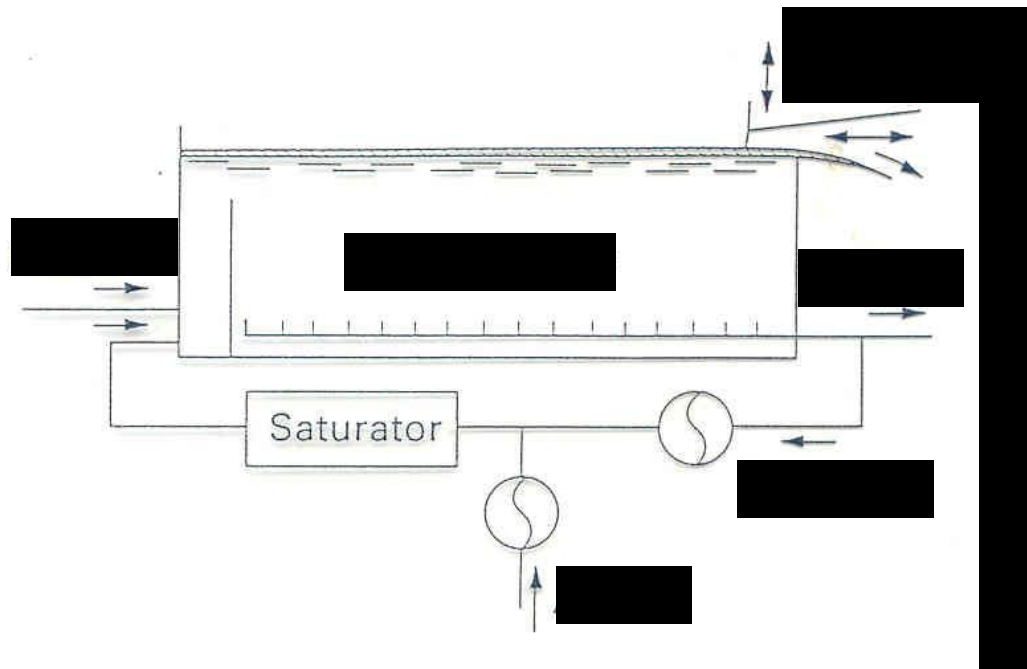
koagulirane delce (kosme, flokule) povečamo na fizikalen način, z adsorpcijo na dolgo verigo organskega polimera (flokulanta)



FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

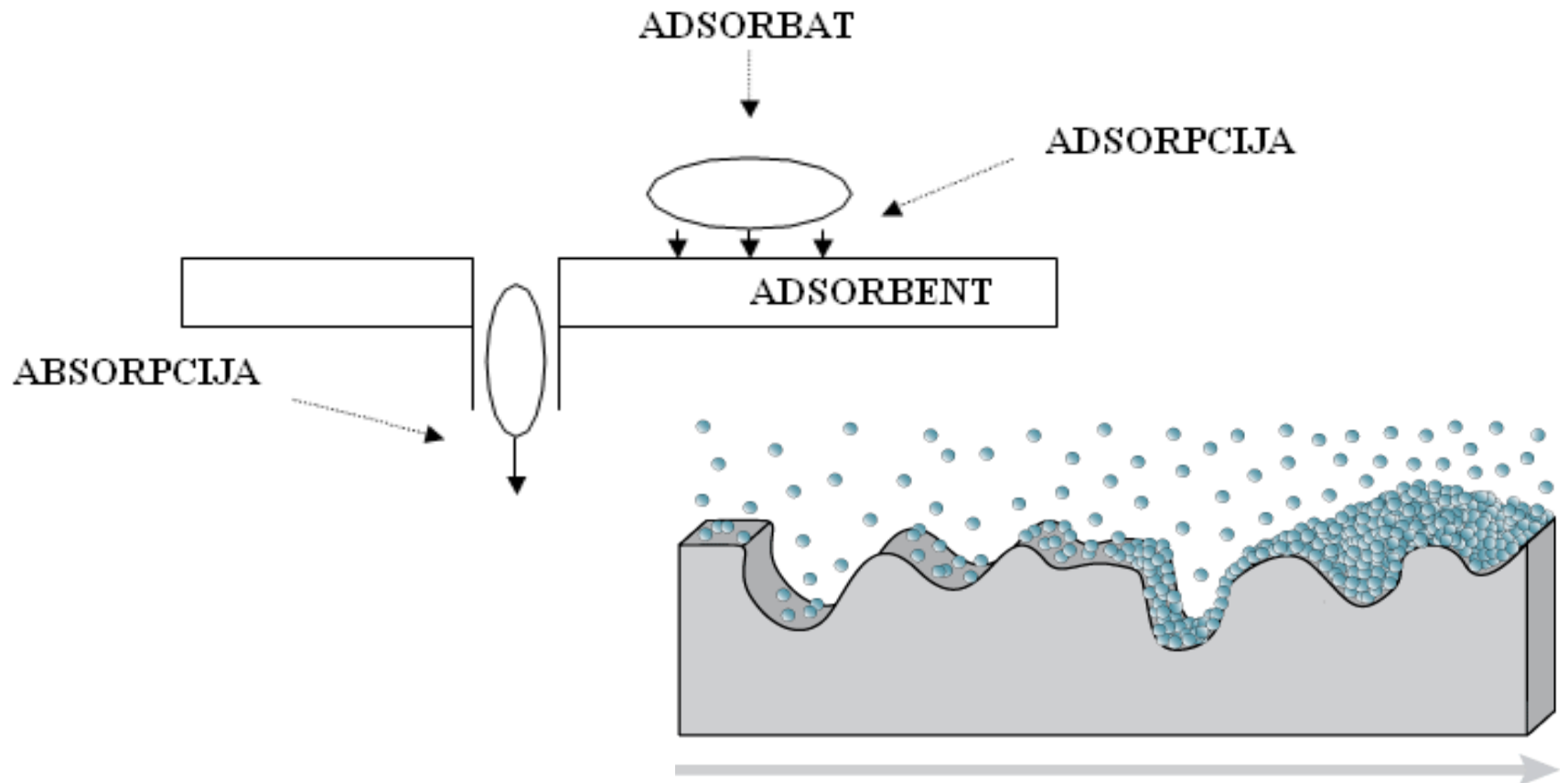
Metode flotacije

- *metoda z razpršenim zrakom*
- *flotacija z raztopljenim zrakom*
- *običajnejša tehnika*



FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

ADSORPCIJA



FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE IONSKA IZMENJAVA

- z različnimi smolami
- Anionski II: izmenjujejo anione
- Kationski II: izmenjujejo katione
- Močno bazični II: Au, Ag

FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

REVERZNA OSMOZA

- Semipermeabilna membrana
- Uporaba tlaka, ki je večji kot osmotski tlak
- Kovino koncentriramo.
- Ekonomsko zahteven proces.
- Fluks vode (ml/(cm × s)):

$$F_w = W (\Delta P - \Delta \Pi)$$

W = empirični koeficient (s/cm)

ΔP = padec tlaka vode čez membrano (Pa)

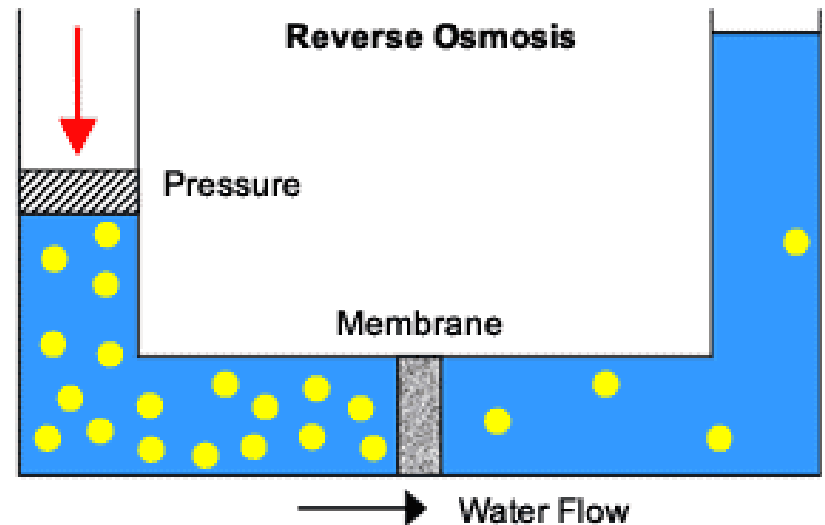
$\Delta \Pi$ = gradient osmotskega tlaka (Pa)

- Fluks topljenca (g/(cm × s)) - kovine:

$$F_s = S (C_1 - C_2)$$

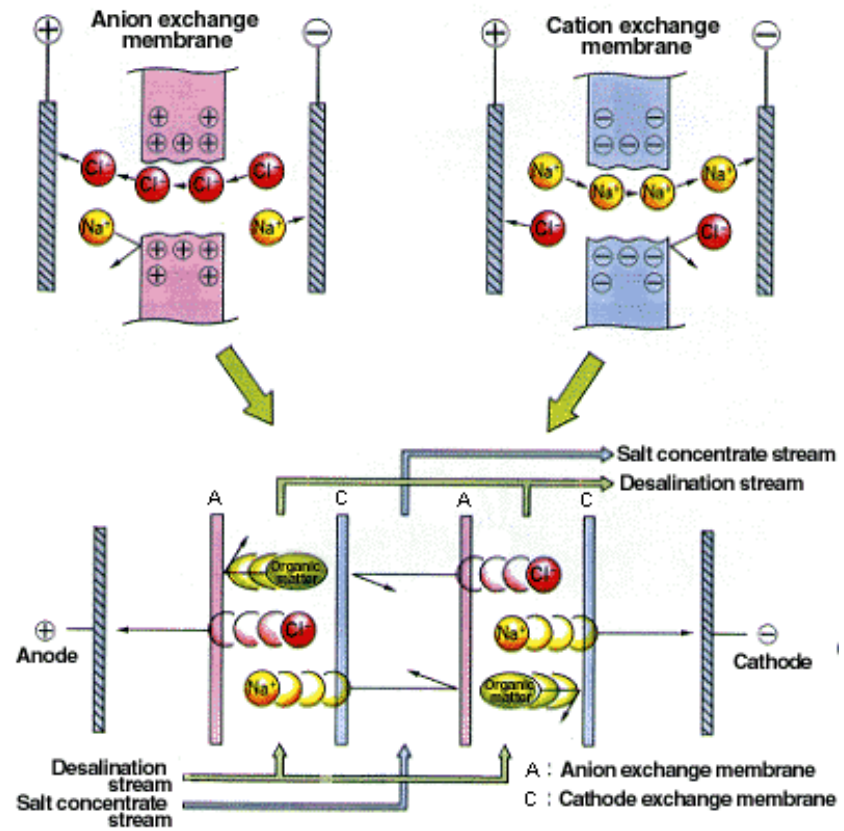
S = empirični koeficient (s/cm)

C_1, C_2 = koncentracija topljenca na obeh straneh membrane (g/l)



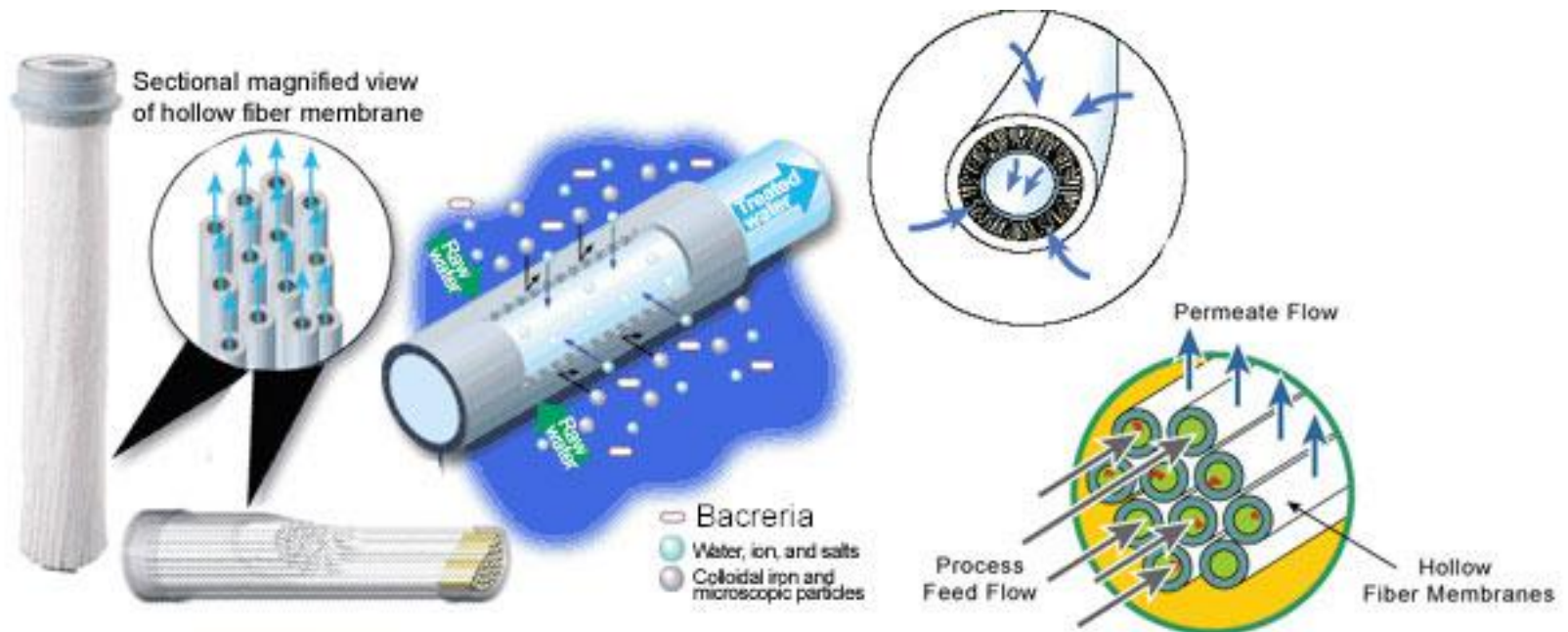
FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE ELEKTRODIALIZA

- Ločevanje topljenca - kovine s emipermeabilno, ion selektivno membrano.
- Električni potencial med elektrodami povzroči gibanje kationov in anionov na ustrezno elektrodo.
- Ker so kationske in anionske permeabilne membrane nameščene druga za drugo, dobimo celice s koncentrirani in celice z razredčeno soljo.
- Slabost: tvorba kovinskih hidroksidov, ki mašijo membrano.



FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

ULTRAFILTRACIJA



SEKUNDARNO ČIŠČENJE - BIOLOŠKO ČIŠČENJE

Biokemijska razgradnja (aerobna):



+ energija

BIOLOŠKO ČIŠČENJE

- Aerobni postopki (v prisotnosti kisika)
- Anaerobni postopki (brez prisotnosti kisika)

Pritrjeni mikroorganizmi

- Precejalnik
- Biofilter
- Rotirajoči biološki kontaktor (biodisk)

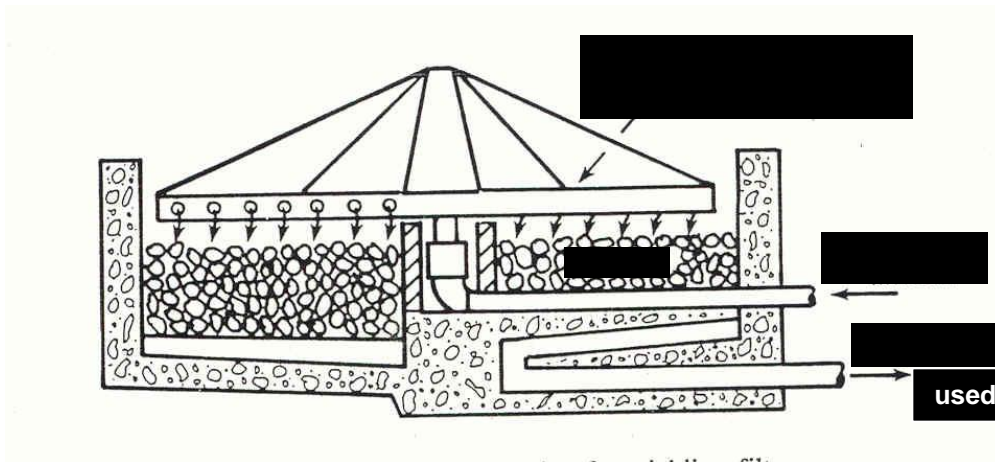
Prosto plavajoči mikroorganizmi

- Aktivno blato
- Oksidacijski jarek
- Šaržni biološki reaktor

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

PRECEJALNIK

Najstarejša čistilna naprava



Shema precejjalnika

Nosilec biomase: kamni (8-13 cm)

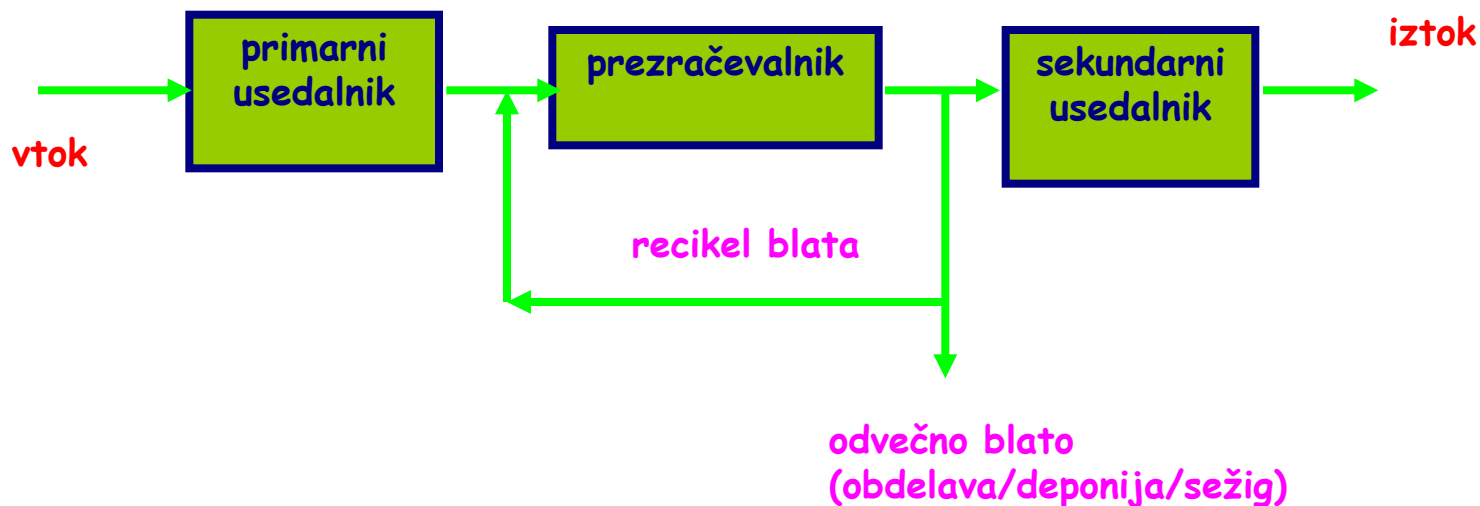
Naravno prezračevanje

Povečanje učinkovitosti z recikliranjem iztoka

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

AKTIVNO BLATO

Aerobna BČN



Biološko čiščenje s kulturo mikroorganizmov, ki jo imenujemo **aktivno blato**, je v biološki čistilni napravi umetno povečano samočiščenje, ki dejansko poteka v naravi. Pri tem procesu sodelujejo predvsem bakterije pa tudi spremljajoča združba.

1914 Anglija (W.T.Lockett, E.Ardern) odkritje postopka

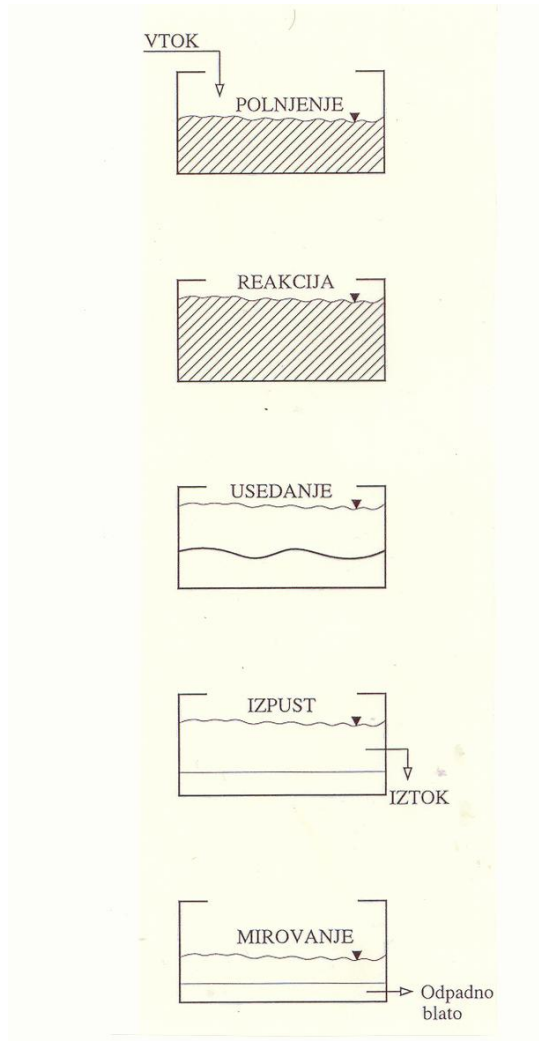
1950 splošna razširjenost

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE OKSIDACIJSKI JAREK

- Nizko obremenjeni sistemi.
- Mehansko prezračevanje.
- Zadrževalni časi: 24
- Nizki investicijski stroški.
- Poceni in enostavno obratovanje in vzdrževanje.
- Manj odvečnega blata.

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

SBR - šaržni biološki reaktor



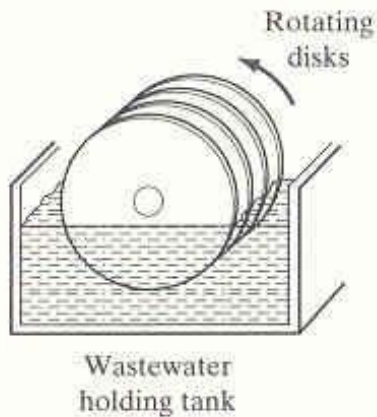
"napolni-in-izprazni" sistem z aktivnim blatom

Uporaba do velikosti ČN 20.000 PE

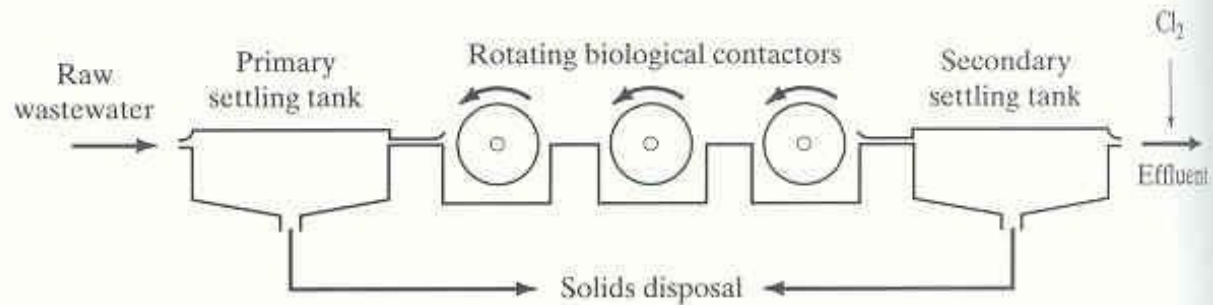
Shema šaržnega biološkega reaktorja - en cikel

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

Rotirajoči biološki kontaktor - biodisk



(a)



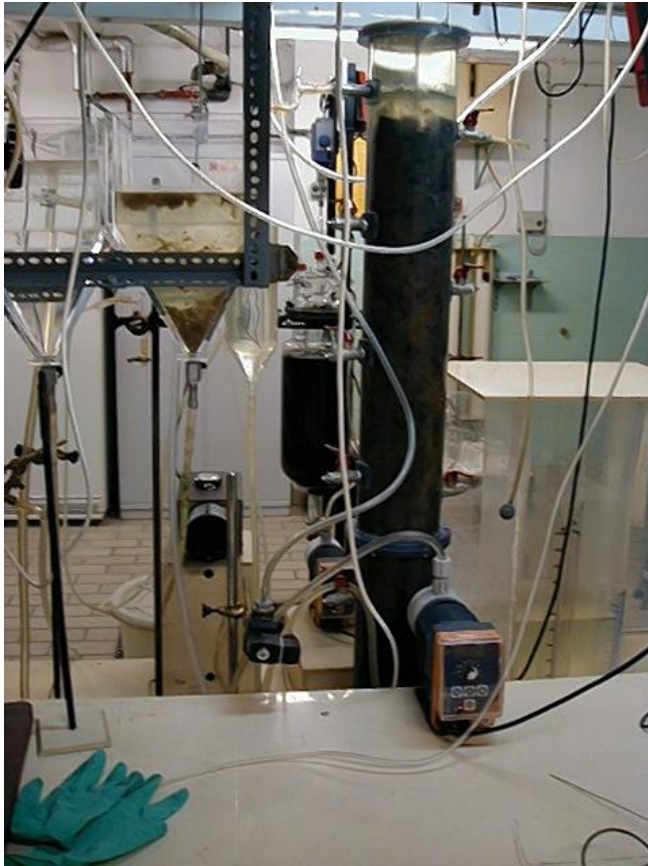
(b)

- Premer diskov (plošč): 1,8 - 3,7 m
- Obodna hitrost: 1 m/s
- Potopitev diskov 40 - 70 %
- Diski na 8,2 m dolgi gredi nudijo 9000 m² površine
- Polipropilenski diskovi 16000 m²

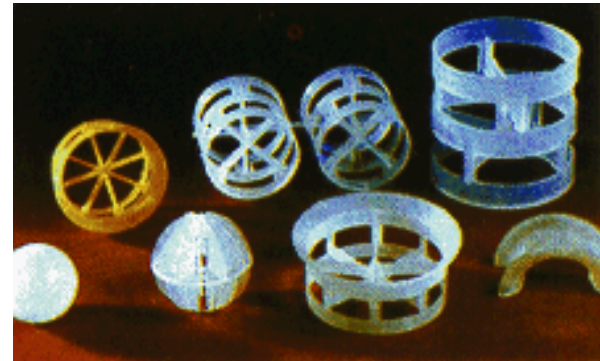
1960 Nemčija

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

Biofilter



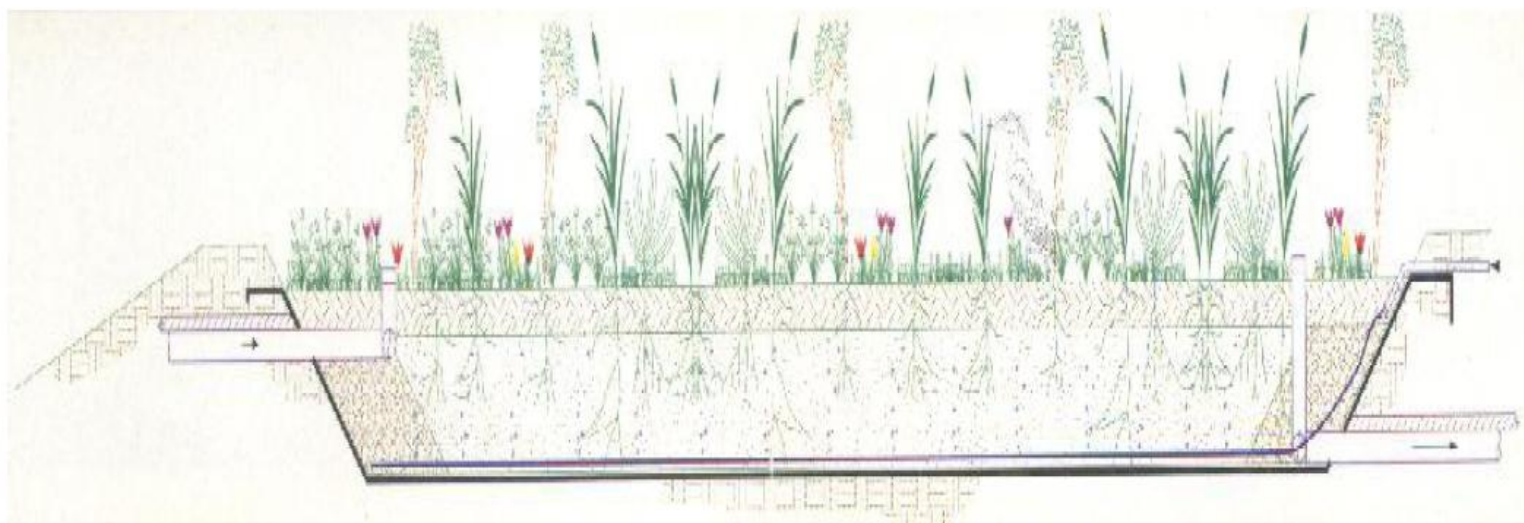
Kolona z nosilcem biomase



Nosilci za pritrjeno biomaso

BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA



SEKUNDARNO ČIŠČENJE - ANAEROBNO BIOLOŠKO ČIŠČENJE

Biokemijska razgradnja (anerobna):

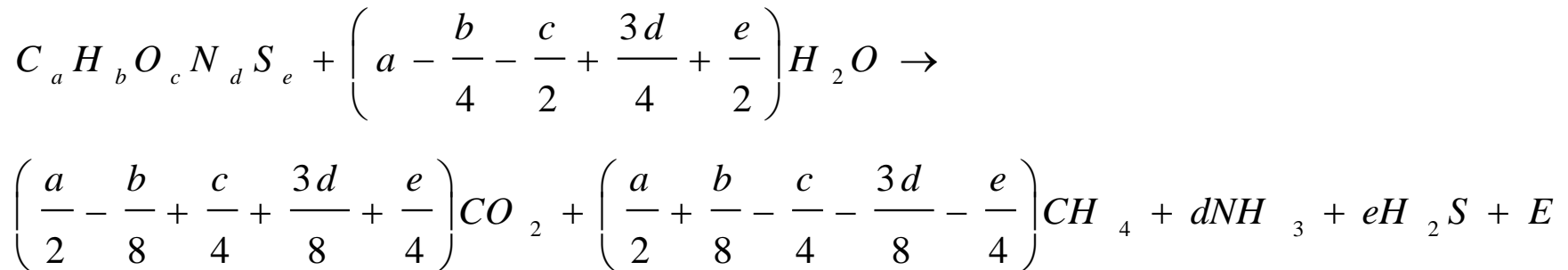


(organska snov v
odpadni vodi)



SEKUNDARNO ČIŠČENJE - ANAEROBNO BIOLOŠKO ČIŠČENJE

Biokemijska razgradnja (anerobna):



Bioplin: $CH_4 + CO_2$

Prednosti anaerobne tehnologije:

➤ energetsko ugodnejša (nižji obratovalni stroški)

- ne zahteva energije za vnos kisika
- 80% kemijsko vezane energije se pretvori v bioplin s kalorično vrednostjo 5000 - 6000 kcal/m³

➤ nizka produkcija blata

(10-20% v primerjavi z aerobnimi postopki), ker se večina organskega substrata pretvori v CH₄ in CO₂

TERCIARNO ČIŠČENJE

- Peščeni filter
- Laguna
- Adsorpcija z aktivnim ogljem
- Ultrafiltracija, reverzna osmoza
- Odstranjevanje dušika
- Odstranjevanje fosforja
- Dezinfekcija

ODSTRANJEVANJE DUŠIKA

➔ Zvišanje pH vrednosti odpadne vode



Ne sme v
atmosfera!

➔ Nitrifikacija - denitrifikacija

Nitrifikacija:



Denitrifikacija:

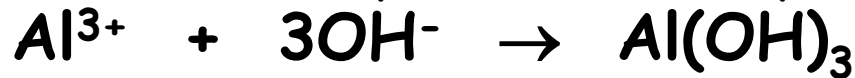
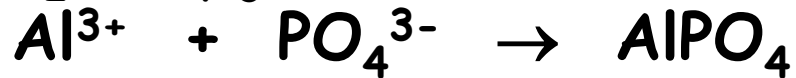


ODSTRANJEVANJE FOSFORJA

➔ kemijsko

➤ $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow$ hidroksiapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ in CaCO_3

➤ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$



➔ biološko

PAO - fosfor akumulirajoči organizmi

ODSTRANJEVANJE NUTRIENTOV

Rastlinske čistilne naprave



Gradnja naprav za čiščenje meteorne vode iz avtocest

DEZINFEKCIJA VODE

- Kaj je dezinfekcija?
- Kaj je sterilizacija?
- Odstranimo:
 - legionelo
 - koliformne bakterije
 - pseudomonas
 - plesen in kvasovke
 - ...

DEZINFEKCIJA VODE

- *Klor*
- *Klor dioksid ClO_2*
- *Ozon*
- *UV (250-265 nm)*
- *Membranski procesi*

DEZINFEKCIJA VODE

Klor:

- Klor v obliki plina (Cl_2) ali kot hipokloritna sol (NaOCl).
- Reagirajo z vodo, dobimo hipokloritno kislino (HOCl), ki disociira:



- Ostanki so strupeni: kontrola rezidualnega klora.
- Tvorba organo-halogrnih kompleksov: strupeni, bioakumulacija, stabilnost.