

Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine
Udruženje za unapređenje zaštite životne sredine „Novi Sad“
Fondacija "Docent dr Milena Dalmacija"



CILJEVI, ASPEKTI I ENERGETSKA EFIKASNO ST PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Profesor Dr Božo Dalmacija
UNS - PMF

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Novi Sad, 8-10. septembar 2021.

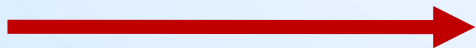


Osnovna podela procesa prečišćavanja otpadnih voda

- Zadatak prečišćavanja otpadnih voda je **da ukloni zagađenje otpadne vode** do te mere da
 - obrađena otpadna voda može da se ispušta u recipijent (prijemnik) bez štetnih posledica ili
 - da može da se ponovo upotrebi.
- **Prečišćavanje otpadne vode se obično deli na:**
 - prethodnu obradu;
 - primarno,
 - sekundarno,
 - tercijalno prečišćavanje; i
 - obradu i odlaganje muljeva koji nastaju tokom prečišćavanja otpadnih voda.

1. Primarni tretman
2. Sekundaran tretman
3. Tercijarno prečišćavanje

Zahtevi za kvalitet prečišćenih otpadnih voda, tj. GVE za vode ili maksimalno dopuštene koncentracije u otpadnim vodama



**PRIJEMNIK
PREČIŠĆENIH
OTPADNIH VODA**

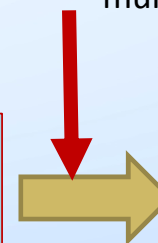
OTPADNA VODA

**POSTROJENJE ZA
PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH
VODA**

1. postupci mehaničkog prečišćavanja,
2. procesi hemijskog prečišćavanja
3. procesi biološkog prečišćavanja otpadnih voda

**OTPADNI
MULJEVI**

Zahtev za kvalitetom obrađenog mulja, tj. MDK za mulj



**OBRADA
OTPADNIH
MULJEVA**

**KRAJNJA
DISPOZICIJA
MULJEVA**

Važni faktori u izboru procesa

Brojni su faktori koji utiču na izbor procesa prečišćavanja otpadnih voda

Spisak samo najvažnijih faktora, koji je će ovde biti dat i razmatran, je dugačak, broji čak 24 faktora.

- Ne može se tvrditi da je taj spisak konačan, i da ga u nekim situacijama nije neophodno dopuniti

Brojnost faktora ilustruje svu obimnost i složenost definisanja tehnologije prečišćavanja otpadnih voda

Faktori:

1. **Primenljivost tehnološkog procesa prečišćavanja otpadnih voda,**
2. **Primenljiv opseg protoka (nastanka) otpadnih voda,**
3. **Primenljive varijacije protoka otpadnih voda,**
4. **Karakteristike sirove otpadne vode;**
5. **Inhibirajući konstituenti otpadnih voda i oni na koje se ne deluje primenjena tehnologija;**
6. **Klimatske prilike,**
7. **Dimenzionisanje procesa na osnovu kinetike reakcija ili kriterijuma opterećenja procesa prečišćavanja;**
8. **Dimenzionisanje procesa na osnovu brzina prenosa mase ili kriterijuma opterećenja procesa prečišćavanja;**
9. **Performanse procesa prečišćavanja;**
10. **Otpadni tokovi procesa prečišćavanja (npr. višak aktivnog mulja);**

11. Obrada mulja nastalog u procesu prečišćavanja otpadnih voda,
12. Ograničavajući faktori okoline (ekološki potencijal životne sredine - vodoprijemnika);
13. Potrebe za hemikalijama u procesu prečišćavanja;
14. Potrebe za energijom u procesu prečišćavanja;
15. Potrebe za ostalim resursima;
16. Potrebe za radnom snagom;
17. Potrebe vezane za rad i održavanje postrojenja;
18. Pomoćni procesi;
19. Pouzdanost,
20. Složenost,
21. Kompatibilnost,
22. Adaptibilnost.
23. Ekonomska analiza životnog veka postrojenja,
24. Raspoloživost zemljišta itd.

Primenljivost procesa

- ▶ **Primenljivost procesa se ocenjuje na osnovu**
 - prethodnih iskustava,
 - podataka o izgrađenim postrojenjima,
 - podataka iz stručne literature (stručni časopisi, priručnici za praksu, priručnici za projektovanje), i
 - **na osnovu ispitivanja na poluindustrijskom postrojenju (tzv. pilotu)**
- ▶ Ukoliko se susretnemo sa novom ili neuobičajenom situacijom, **ispitivanja na pilotu su neophodna**, kako bi se dobili sigurni podaci za projektovanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda;
- ▶ Iako su svi faktori važni za sebe, **primenljivost procesa je po važnosti iznad svih**, jer se radi o osnovnom koncipiranju tehnologije prečišćavanja otpadnih voda, i ukoliko se tu pogreši, ceo dalji proces projektovanja, konstrukcije, i rada takvog postrojenja ne može da da najbolje efekte;

- ▶ Rešavanje problematike koju “pokriva” ovaj faktor direktno ukazuje na sposobnost i iskustvo projektanta tehnologije;
- ▶ Ako za datu situaciju **nije poznata primenljivost nekog ili nekih procesa**, a potencijalne koristi od primene tog/tih procesa su značajne, **morali bi da se izvedu ogledi na laboratorijskom nivou ili na nivou pilota**;
- ▶ Svrha tih ogleda je da se
 - utvrdi pogodnost tog/tih procesa za prečišćavanje određene, otpadne vode, pod konkretnim uslovima okruženja,
 - i da se dobiju **neophodni podaci za projektovanje velikog postrojenja**.
- ▶ Laboratorijski ogledi se obavljaju na maloj količini otpadne vode:
 - **dok se pilot** tipično dimenzioniše za protok koji iznosi 5-10% protoka otpadne vode koji će se obrađivati na velikom postrojenju.

Primenljiv opseg protoka

- **Primenljive varijacije protoka**

Proces mora da savlada očekivani opseg protoka

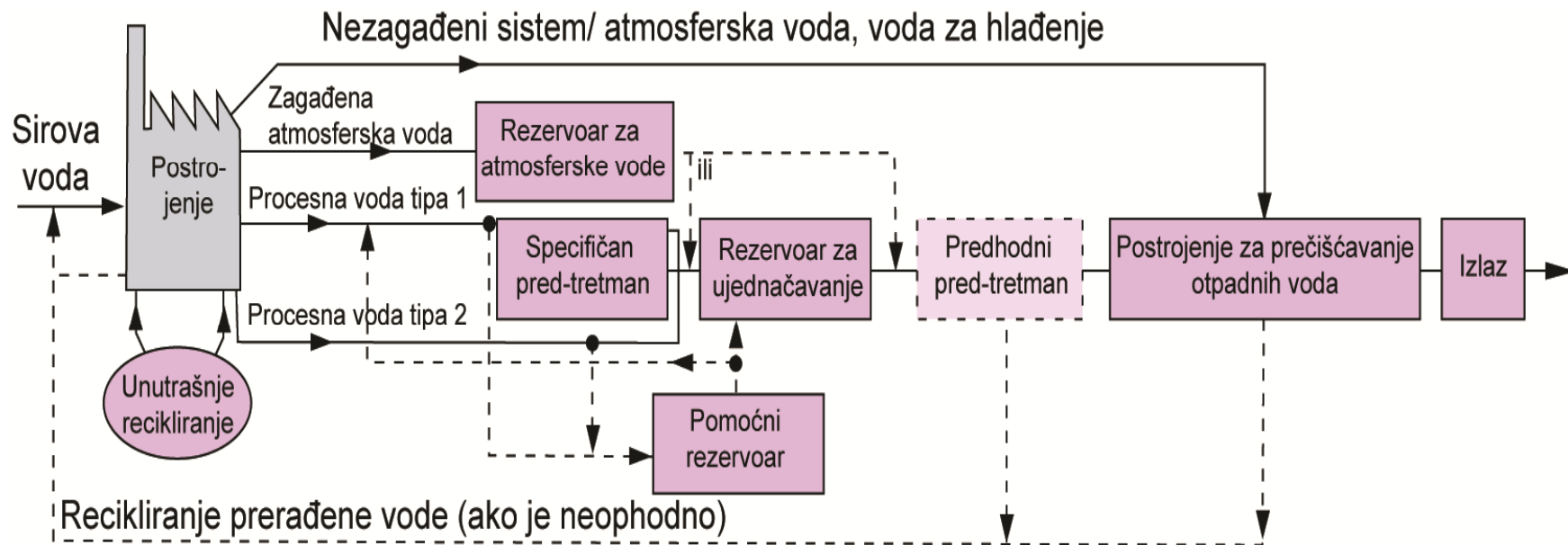
Na primer: kod obrade otpadnih voda stabilizacione lagune nisu pogodne za veoma velike protoke u veoma naseljenim područjima

Mnogi procesi i postupci prečišćavanja izvedeni su tako da rade u širokom rasponu protoka

Mnogi procesi rade najbolje na relativno konstatnom protoku

Ukoliko su varijacije protoka prevelike, neophodno je ujednačavanje protoka

PRIMER: Postavljanje različitih egalizacionih bazena za amaortizaciju ili egalizaciju protoka



Karakteristike otpadnog toka

- **Inhibišući konstituenti i oni na koje se ne deluje**

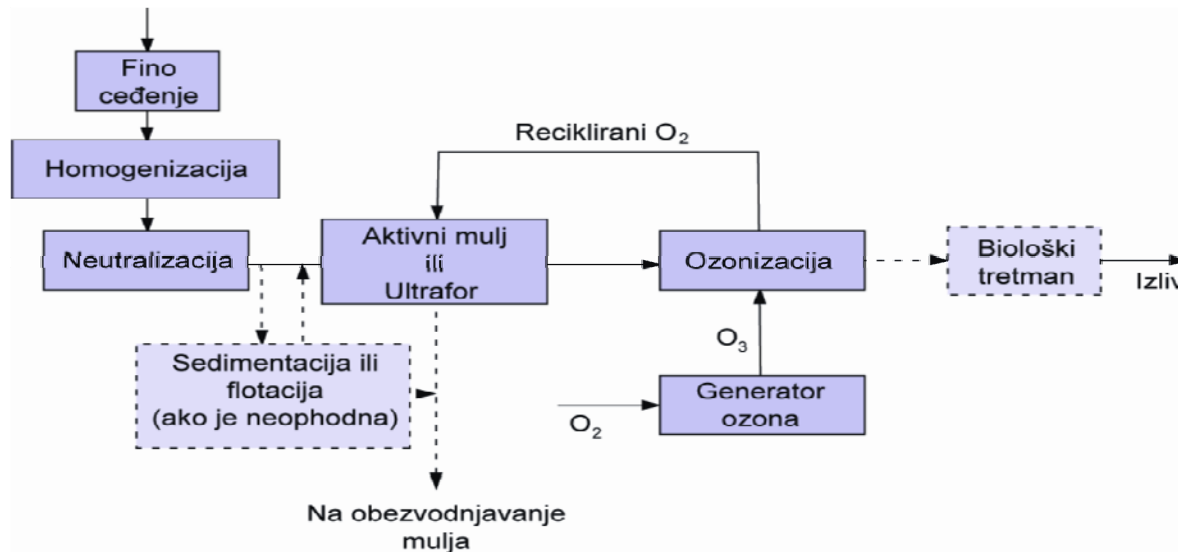
Na primer: Karakteristike sirove otpadne vode utiču na:

- izbor tipa procesa koji će biti korišćeni (na primer: hemijski ili biološki), i
- zahteve koji moraju biti ispunjeni za njihov odgovarajući rad

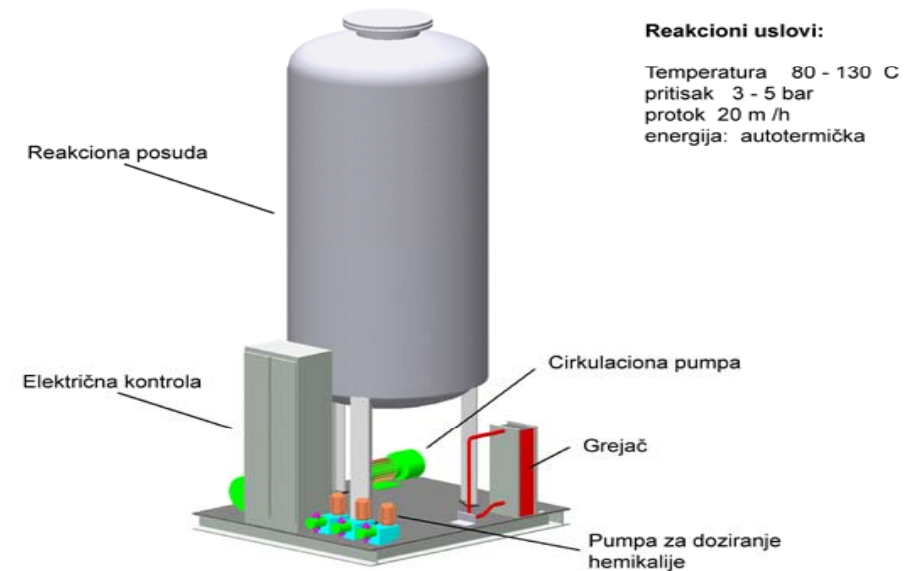
Utvrđiti da li postoje konstituenti otpadne vode koji mogu **delovati inhibitorno na proces prečišćavanja**

Utvrđiti da li postoje konstituenti na koje proces prečišćavanja ne deluje

Primer: Uklanjanje inhibitornih supstanci



Opšta šema tretmana u tekstilnoj industriji, sa temeljnim uklanjanjem boje



Reaktor za tretman
katalitičkom oksidacijom
"Toplotni Fenton proces"

Razdvaje vode na nivo naselja: atmosferske od komunalnih otpadnih voda

- Sprečavanje ulaska u kanalizacioni sistem ostalih voda (podzemne vode) korištenje različitih kanalizacionih sistema:
 - Gravitaciona kanalizacija
 - Kanalizacija pod pritiskom (ako imamao velike količine stranih voda – podzemne vode)
 - Vakum kanalizacija (ako su visoke podzemne vode itd.)

Razdvajanje otpadnih voda na nivou fabrike/pogona uključuje i

Recikliranje unutar pojedinačnih jedinica (pogona) sa ciljem:

- povraćaja sirovog materijala ako je to poželjno;
- smanjenja zapremine otpadne vode koja se treba prečišćavati;
- smanjenje utroška vode.

Razdvajanje influenta u:

- **diskontinualni izlaz:**
 - zagađena/nezagađena atmosferska voda;
 - drenažna voda i voda za pranje;
 - zagađena/nezagađena voda za hlađenje;
- **kontinualni izlaz:**
 - procesna voda koja zahteva specifičan pred-tretman;
 - procesna voda koja ne zahteva specifičan pred-tretman;

Strateška separacija tokova otpadne vode omogućava ciljano i efikasno procesuiranje sledećeg:

mikrobiološki nedegradabilnog ili teško razgradljivih organskih materija (HPK) korišćenjem oksidacije (npr. O_3 , mokri procesi oksidacije) i adsorpcije (npr. aktivni ugalj, smole);

toksičnih komponenti (npr. prioritetni polutanti, teški metali);

amonijak (npr. stripping vode sa amonijakom kod fabrika za proizvodnju koksa);

visoko koncentrovane, ali biodegradabilne otpadne vode koje mogu biti jeftinije prerađene korišćenjem visoko opterećenih BPK procesa (npr. metanska fermentacija);

zagađene rashladne vode;

Klimatske prilike

- ▶ Temperatura utiče na brzinu odvijanja reakcija većine hemijskih i bioloških procesa.
- ▶ Temperatura može takođe da utiče na fizičke (mehaničke) operacije na samom postrojenju.
- ▶ Povišene temperature mogu da ubrzaju nastajanje neprijatnih mirisa, a takođe mogu da ograniče njihovu disperziju u atmosferi.

Dimenzionisanje procesa na osnovu kinetike reakcija ili kriterijuma opterećenja procesa

- ▶ Dimenzionisanje reaktora se **zasniva na kinetici glavne reakcije i kinetičkim koeficijentima**
- ▶ Ako kinetički izrazi nisu raspoloživi, koristi se kriterijum opterećenja procesa
- ▶ Podaci za kinetičke izraze i kriterijum opterećenja procesa obično su **zasnovani na iskustvu, dobijeni iz literature, ili su rezultat ispitivanja na pilotu**

Dimenzionisanje procesa na osnovu brzina prenosa mase ili kriterijuma opterećenja procesa

- ▶ Dimenzionisanje reaktora se zasniva na koeficijentima prenosa mase.
- ▶ Ako podaci za brzinu prenosa mase nisu raspoloživi, koristi se kriterijum opterećenja procesa.
- ▶ Podaci za koeficijente prenosa mase i kriterijum opterećenja procesa obično su zasnovani na iskustvu, dobijeni iz literature, ili su rezultat ispitivanja na pilotu.

- ▶ Pogodno je projektovanje mnogih procesa prečišćavanja **zasnivati na razmatranjima prenosa mase**, jer postoje brojni podaci za koeficijente prenosa mase iz literature ili na osnovu iskustava iz prakse
- ▶ **Glavni procesi prečišćavanja u kojima se odvija prenos mase su, na primer:**
 - **aeracija** (naročito unošenje kiseonika u vodu);
 - **sušenje mulja**,
 - **uklanjanje isparljivih organskih materija** iz otpadne vode;
 - **striping rastvorenih konstituenata**, kao što je striping amonijaka iz anaerobno obrađene otpadne vode.

Performanse procesa

- **Otpadni tokovi procesa**

Performanse procesa se obično ocenjuju na osnovu kvaliteta prečišćene otpadne vode;

Koji mora biti u **saglasnosti sa regulativom** koja propisuje kvalitet prečišćene otpadne vode, koja se ispušt

Vrste i količine otpadnih voda procesa moraju se znati ili proceniti

Često se **postavljaju ogledi na pilotu** da bi se identifikovali i kvantifikovali otpadni tokovi i potreban stepen njihove obrade

Ograničavajući faktori okoline

Faktori okoline, kao što su

- preovlađujući vetrovi i
- pravci duvanja vetra, i
- blizina stanbenih četvrti,

mogu da ograniče ili utiču na primenu pojedinih procesa prečišćavanja, pogotovo ako pri tome nastaje neprijatan miris

Potrebe za hemikalijama

Potrebe za energijom

- ▶ **Koje hemikalije** i količine hemikalija treba obezbediti za funkcionisanja procesa prečišćavanja?
- ▶ **Kakav uticaj može da ima korišćenje hemikalija** na karakteristike otpadnih voda iz prečišćavanja i na troškove njene obrade?

Moraju se znati potrebe za energijom, kao i što treba imati dobru procenu troškova energije u budućnosti, kako bi se izvelo ekonomično postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda

Potrebe za ostalim resursima

- **Potrebe za radnom snagom**

Koje dodatne resurse, ako su neophodni, treba obezbediti za uspešnu primenu predloženog procesa prečišćavanja?

- ▶ **Koliko operatera** i koji nivo njihove obučenosti je neophodan za rad na postrijenju?
- ▶ **Da li su operateri tog nivoa obučenosti** lako na raspolaganju?
- ▶ Koliko obuke je potrebno da se obezbedi potreban nivo obučenosti?

Potrebe vezane za rad i održavanje postrojenja

• Pomoćni procesi

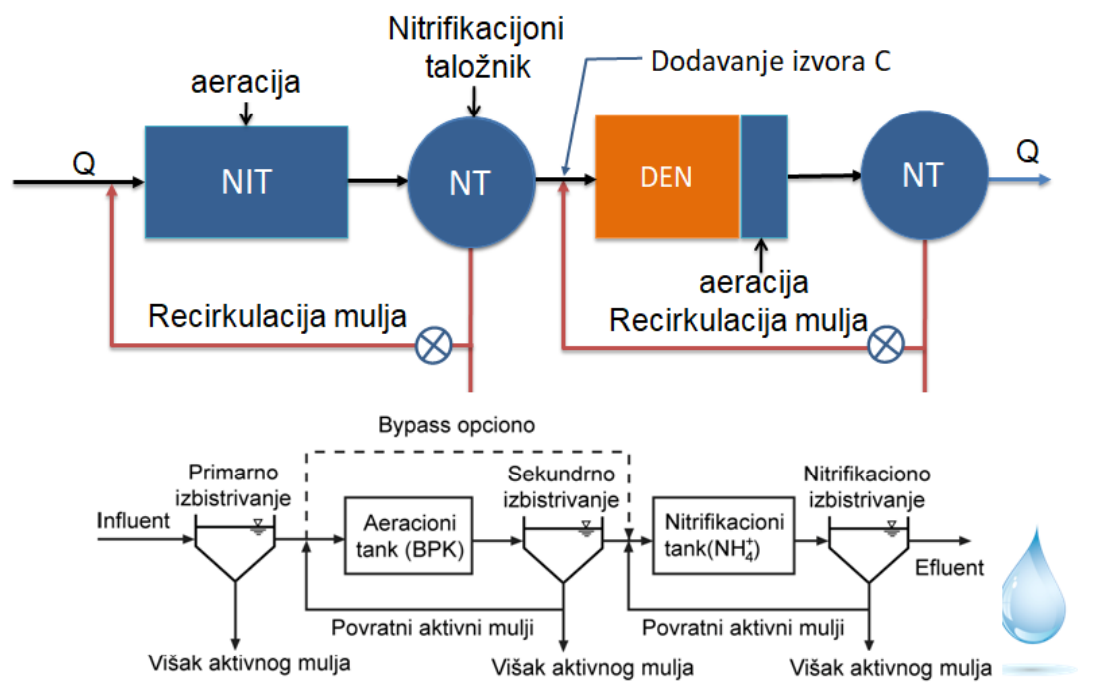
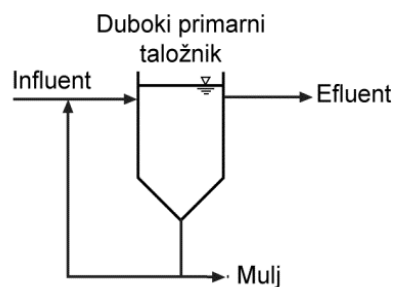
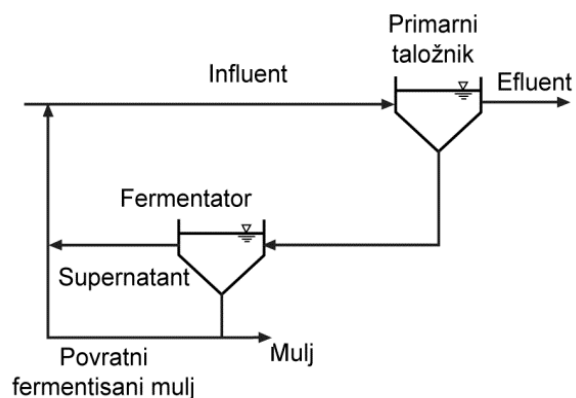
Koje su to posebne potrebe vezane za rad i održavanje postrojenja koje je neophodno obezbediti?

Koje rezervne delove treba obezbediti i kakva je njihova raspoloživost na tržištu i cena?

Koji su to pomoćni procesi, koji daju podršku glavnom procesu, koje treba obezbediti?

Kako će oni uticati na kvalitet prečišćavanja otpadnih tokova, naročito kada ti procesi ne funkcionišu?

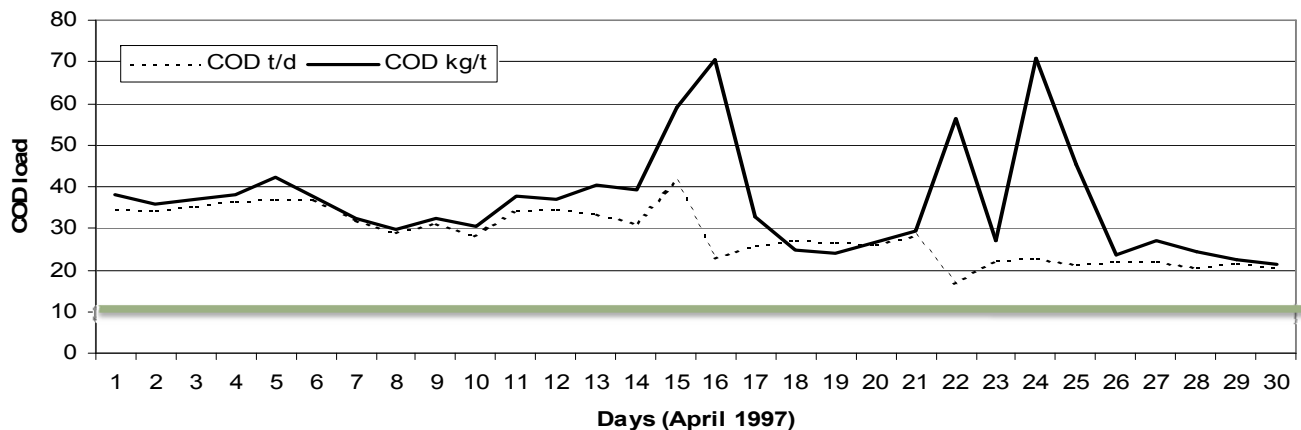
Pomoćni procesi. Primeri za fermentacione reaktore za proizvodnju volatilnih masnih kiselina koje se koriste za uklanjanje fosfora



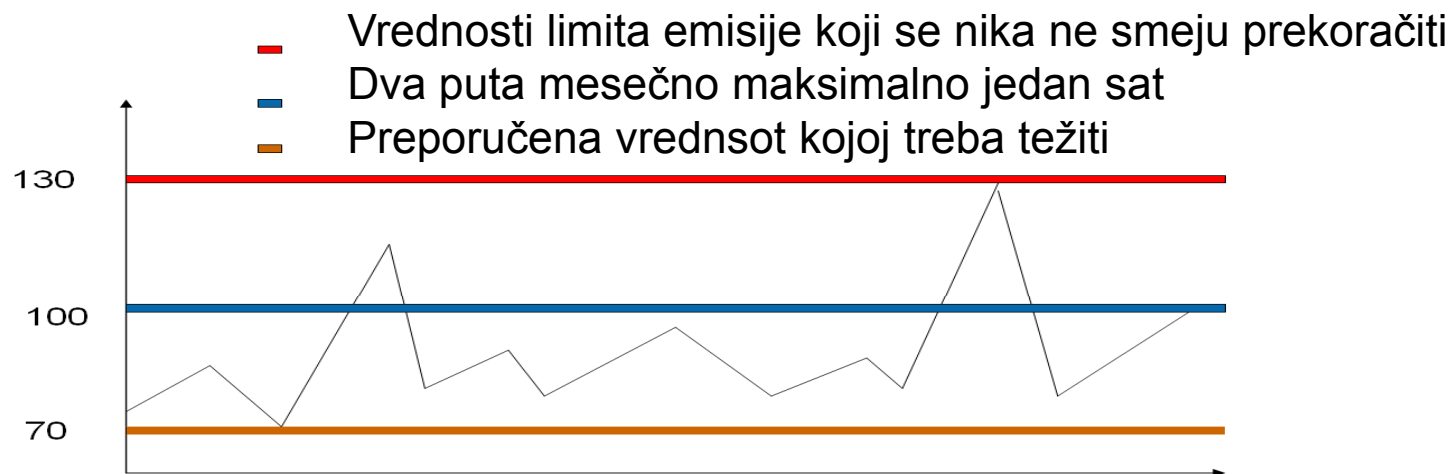
Pouzdanost

- ▶ Kakva je pouzdanost u dugotrajnom radu procesa ili postupka prečišćavanja koji dolazi u obzir za primenu u prečišćavanju?
- ▶ Da li se funkcionisanje tog procesa ili postupka lako poremeti ili prekine?
- ▶ Da li može da **podnese periodična preopterećenja** (šok opterećenja otpadnih voda)?
- ▶ Ako može, kako će se ti slučajevi odraziti na kvalitet obrađene otpadne vode?

- ▶ Posebno **važan aspekt pouzdanosti**, je sposobnost procesa prečišćavanja da u pogledu kvaliteta prečišćene vode ispuni zahteve koji su propisani u dozvoli za ispuštanje prečišćene otpadne vode.
- ▶ U većini slučajeva, **zahtevi u pogledu graničnih vrednosti konstituenata u prečišćenoj otpadnoj vodi** koje postrojenje mora da se ispune zasnovani su na srednjim koncentracijama tih konstituenata u 7-mo dnevnom ili 30-to dnevnom periodu merenja



- ▶ Međutim, pošto je kvalitet prečišćenih otpadnih voda na postrojenju promenljiv, zbog mnogih razloga (**promenljivo opterećenje, promena uslova sredine, i slično**):
 - neophodno je da se osigura da su postrojenja i tehnološki proces prečišćavanja tako izvedeni, da postignu da koncentracije konstituenata čije su granične vrednosti propisane budu jednake tim vrednostima ili niže od njih.



Složenost

- ▶ Koliko je određeni proces prečišćavanja **složen za funkcionisanje u rutinskom radu ili u vanrednim prilikama?**
- ▶ Koji nivo obuke mora da ima osoblje da bi vodilo proces?

Kompatibilnost

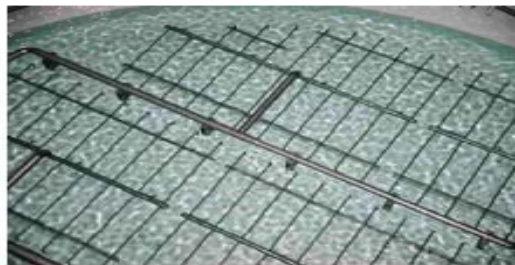
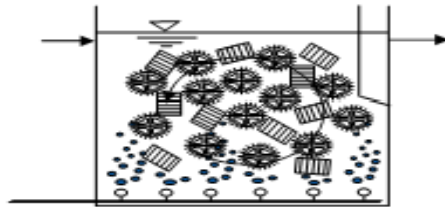
- ▶ Da li se predviđeni proces ili postupak prečišćavanja može uspešno primeniti na postojećem postrojenju?
- ▶ Da li se proširenje postrojenja može lako realizovati?

Adaptibilnost

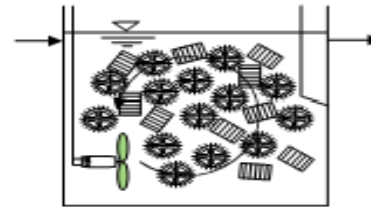
- ▶ Da li se proces prečišćavanja može **modifikovati** tako da **ispuni buduće zahteve** koji će se postaviti pred prečišćavanje otpadnih voda?
- ▶ **PRIMER: POSTUPAK SA POKRETNIM NOSAČE**
- Različiti oblici pokretnog nosača (lebdećeg sloja nosača) za biomasu, koji se u vodi održava usled turbulencije izazvane aeracijom, ili uz dodatno mehaničko mešanje.
- Mala osetljivost na povećanu koncentraciju suspendovanih čestica u otpadnoj vodi, s obzirom da se suspendovane čestice lako “provlače” kroz sloj i kroz otvore na pokretnom nosaču.

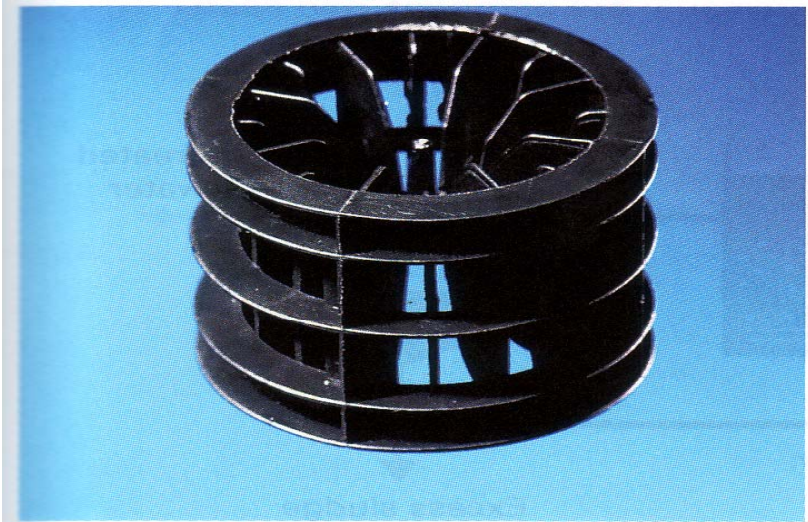
Mixing in reaktors

**Aerobic reactor
with diffusers**

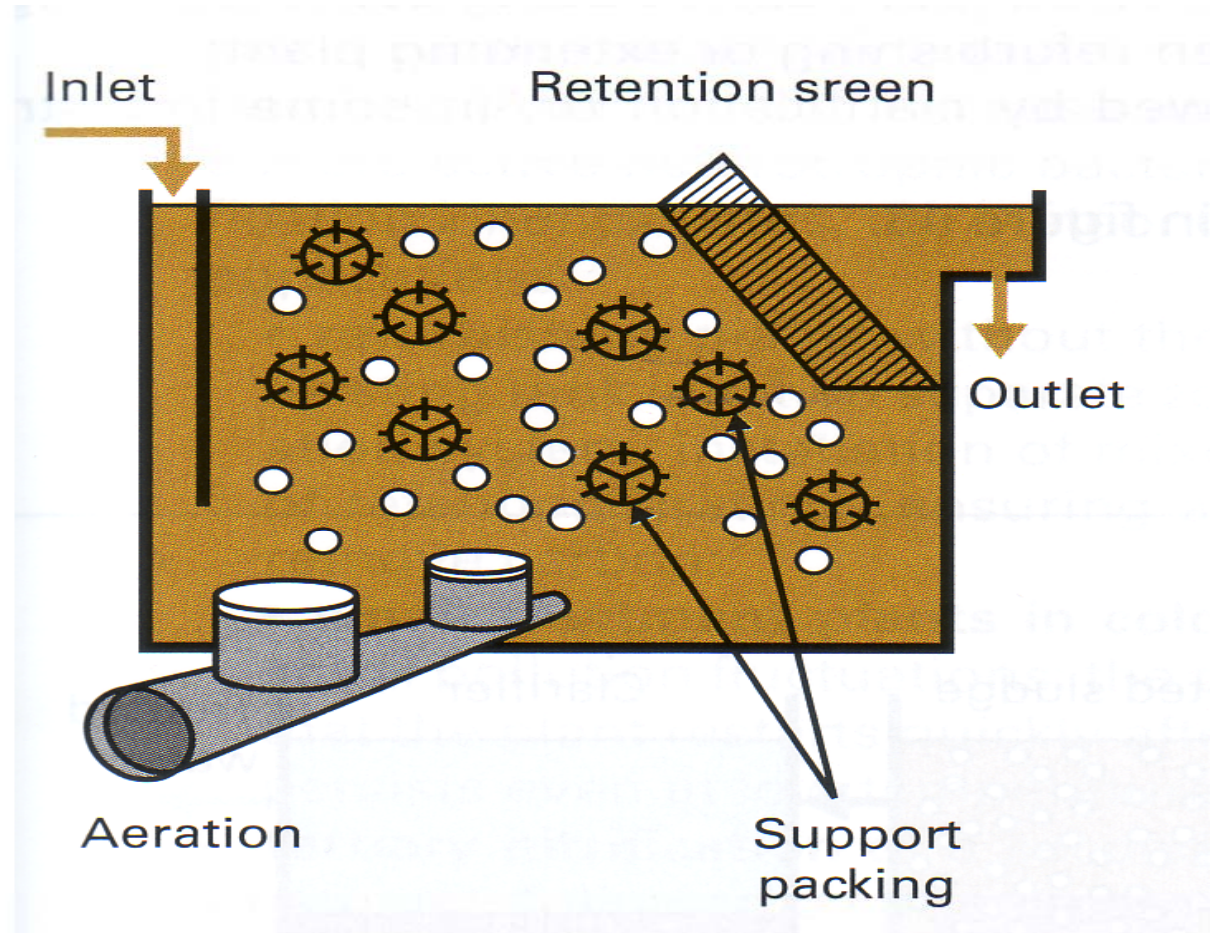


**Anoxic reactor
with propellers**

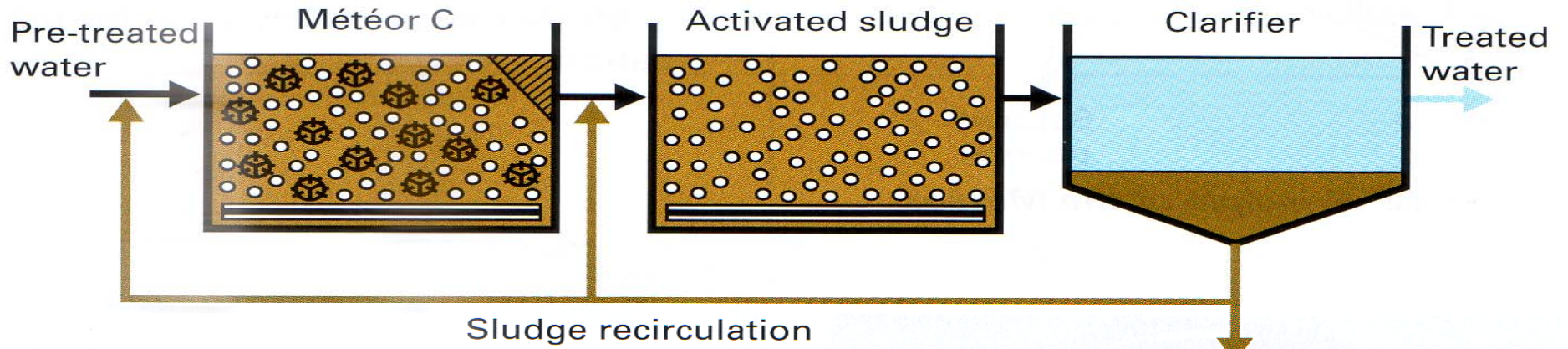




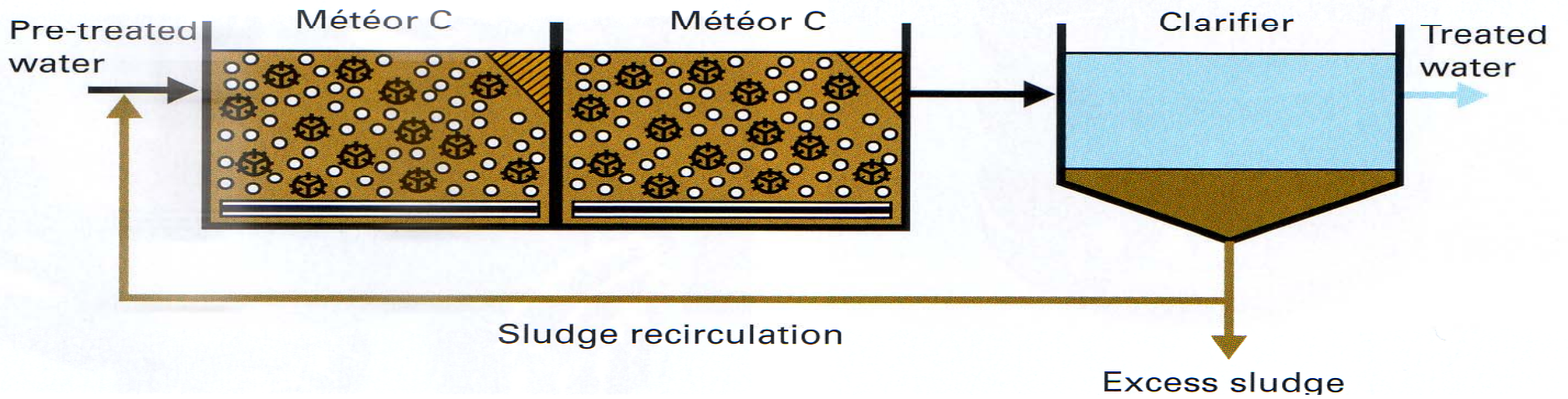
a- Météor C



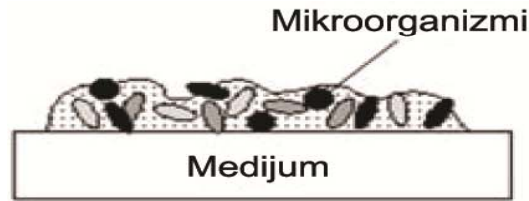
a. Single stage



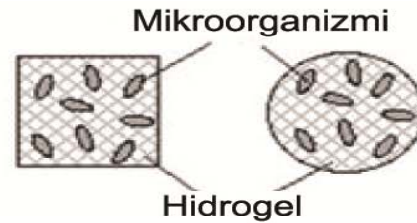
b. 2-stage



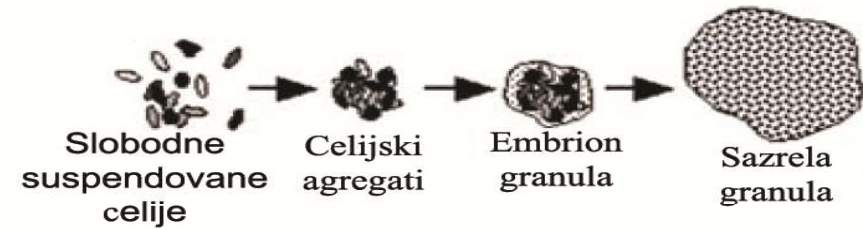
Imobilizaciona tehnika u tretmanu otpadnih voda



a) Adsorpcija

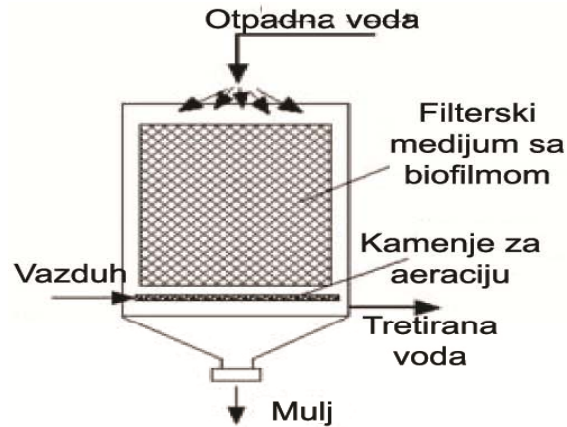


b) Zarobljavanje

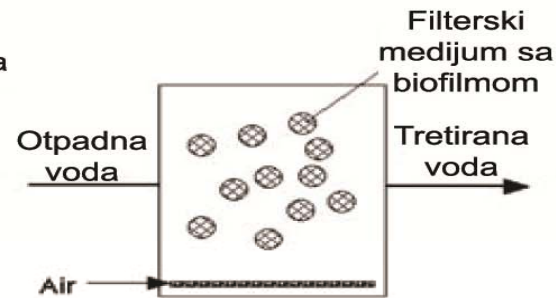


c) Imobilizacija nosaca

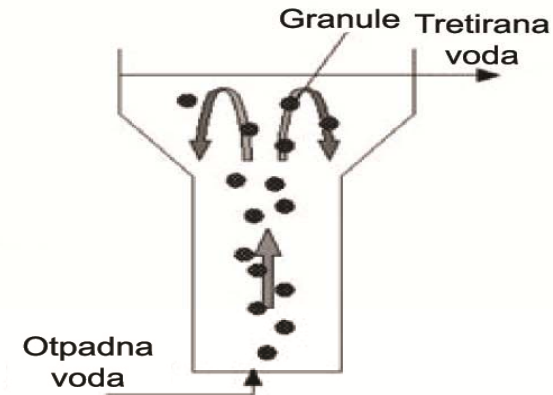
Bioreaktori sa imobilisanim ćelijama za tretman otpadnih voda



a) Reaktor sa fiksnom ispunom



b) Reaktor sa fluidizovanim slojem



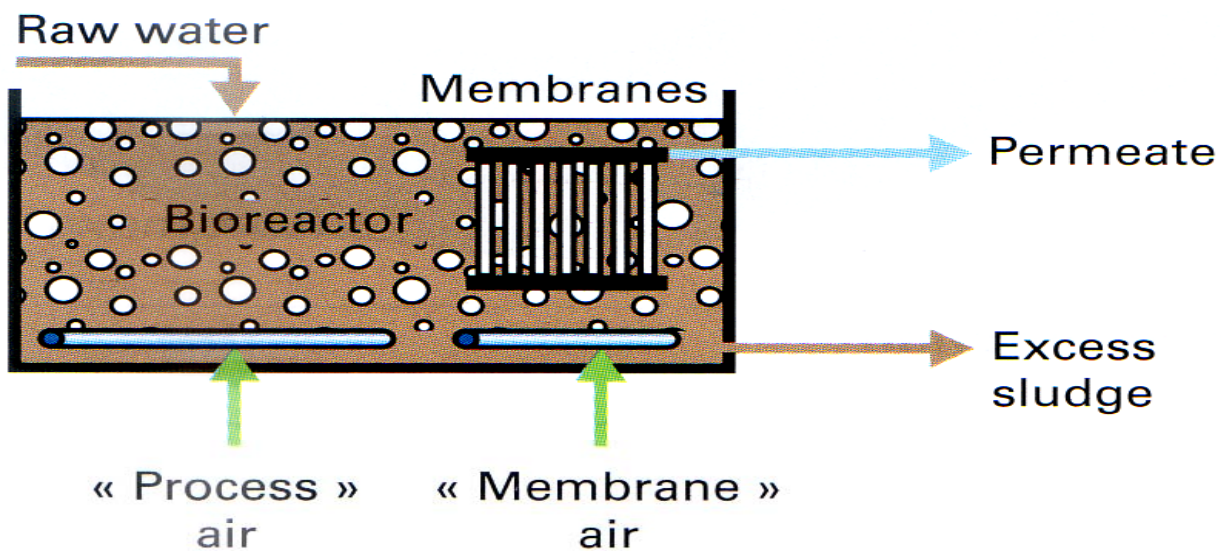
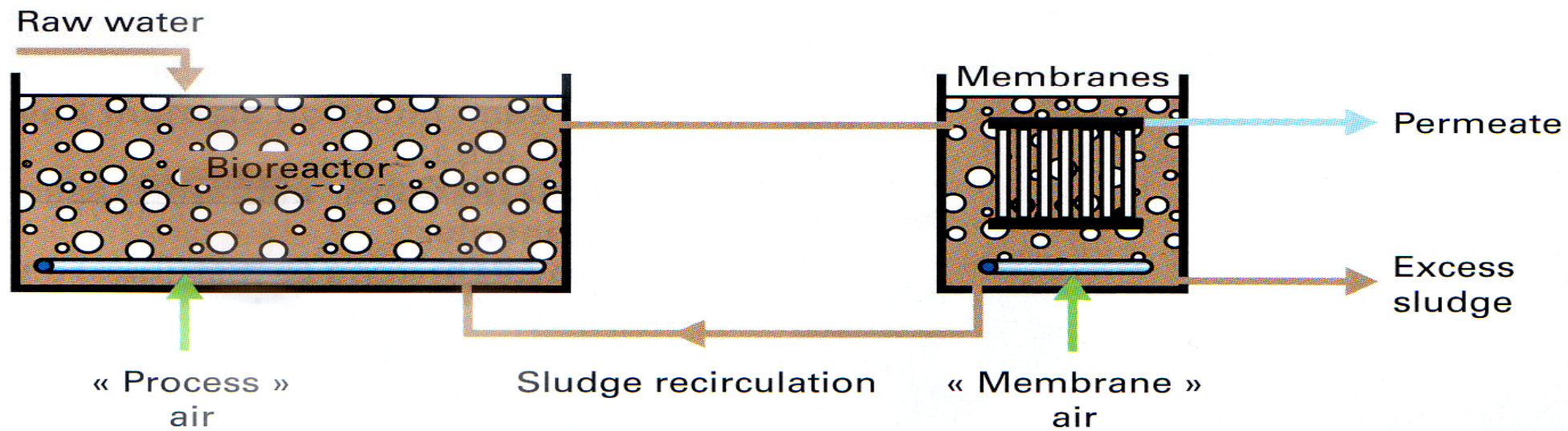
c) Reaktor sa suspendovanim muljem sa tokom na gore

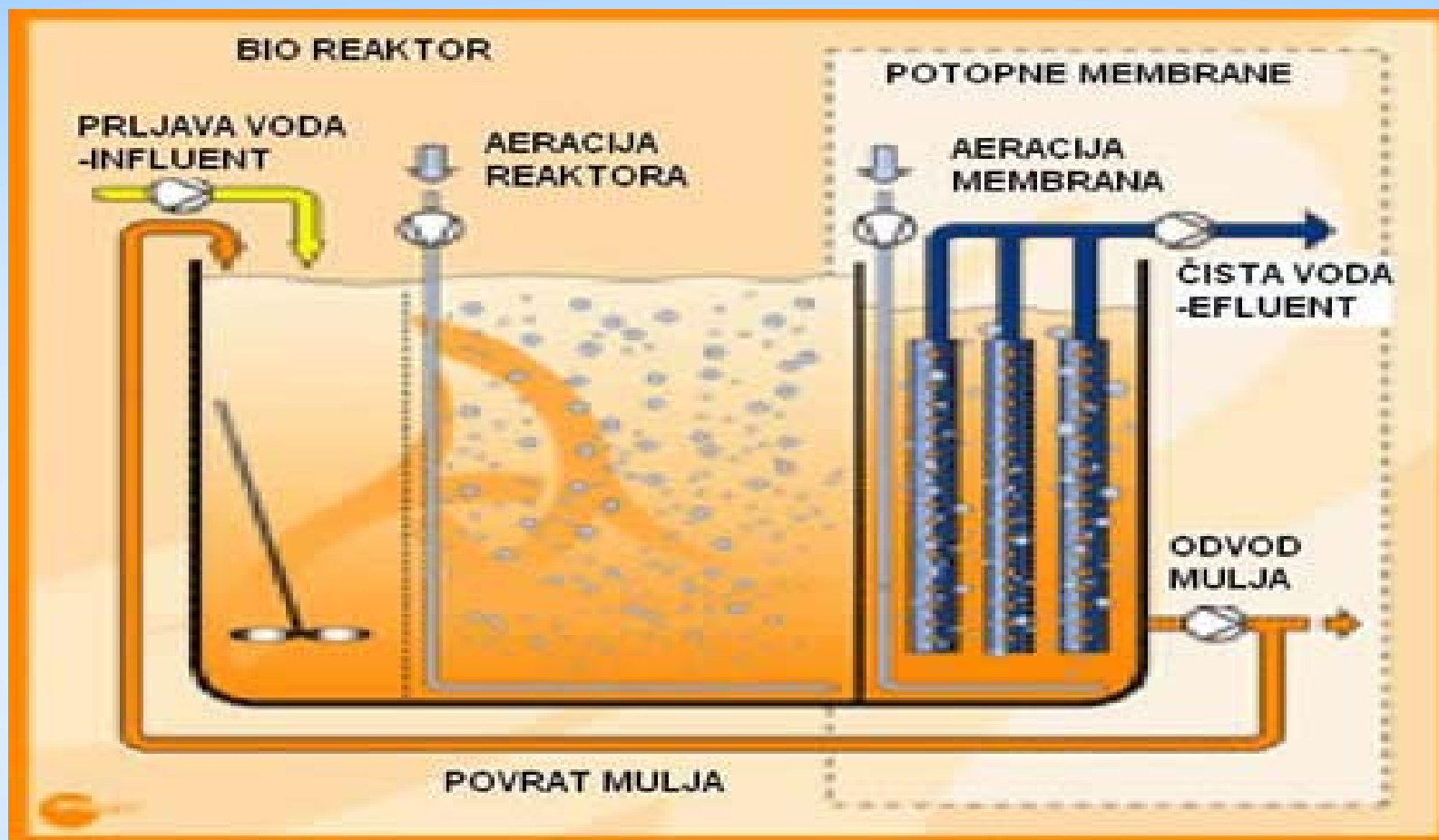
PRIMER 2: Membranska separacija aktivnog mulja

Najnovija rešenja separacije aktivnog mulja nakon završenog prečišćavanja, je korišćenje membranske separacije umesto sekundarnog taložnika.

Prednost membranske separacije aktivnog mulja je u dobijanju efluenta – prečišćene otpadne vode visokog kvaliteta, s obzirom na veliku efikasnost membranske separacije u uklanjanju ne samo flokula aktivnog mulja, već i neflokulisane mikroflora.

Za sada su još uvek visoki i investicioni, a pogotovo eksploatacioni troškovi membranske separacije, ali je jasan trend pada tih troškova.

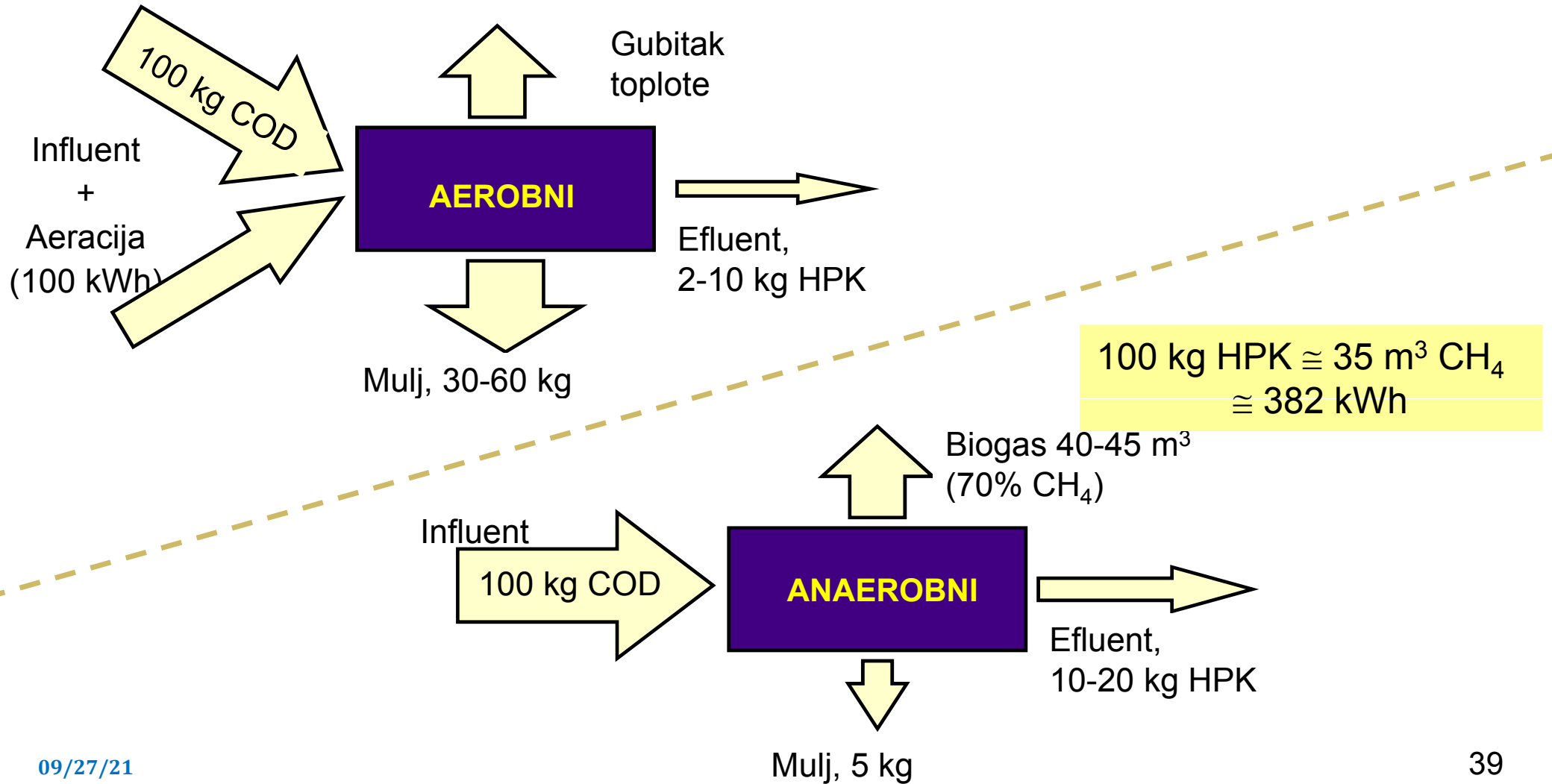


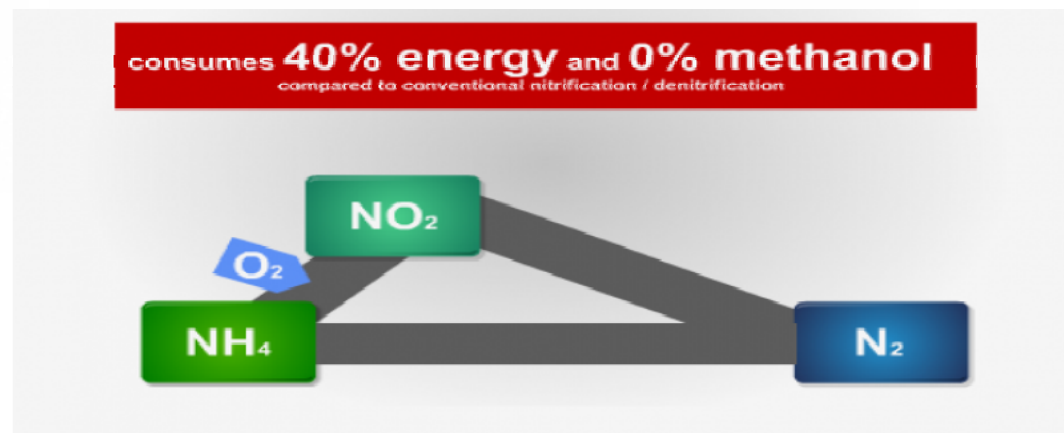
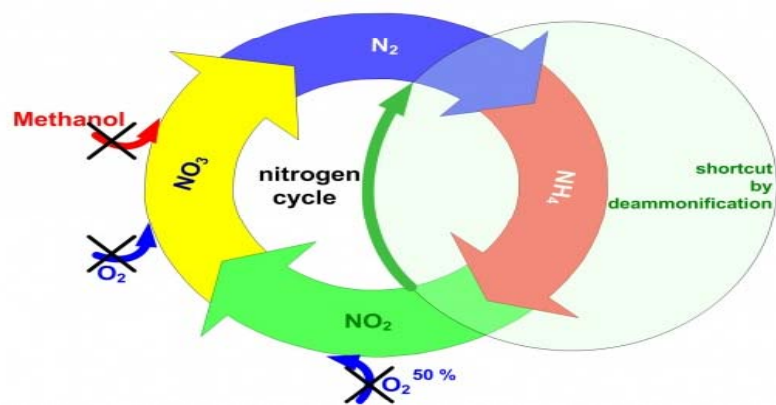
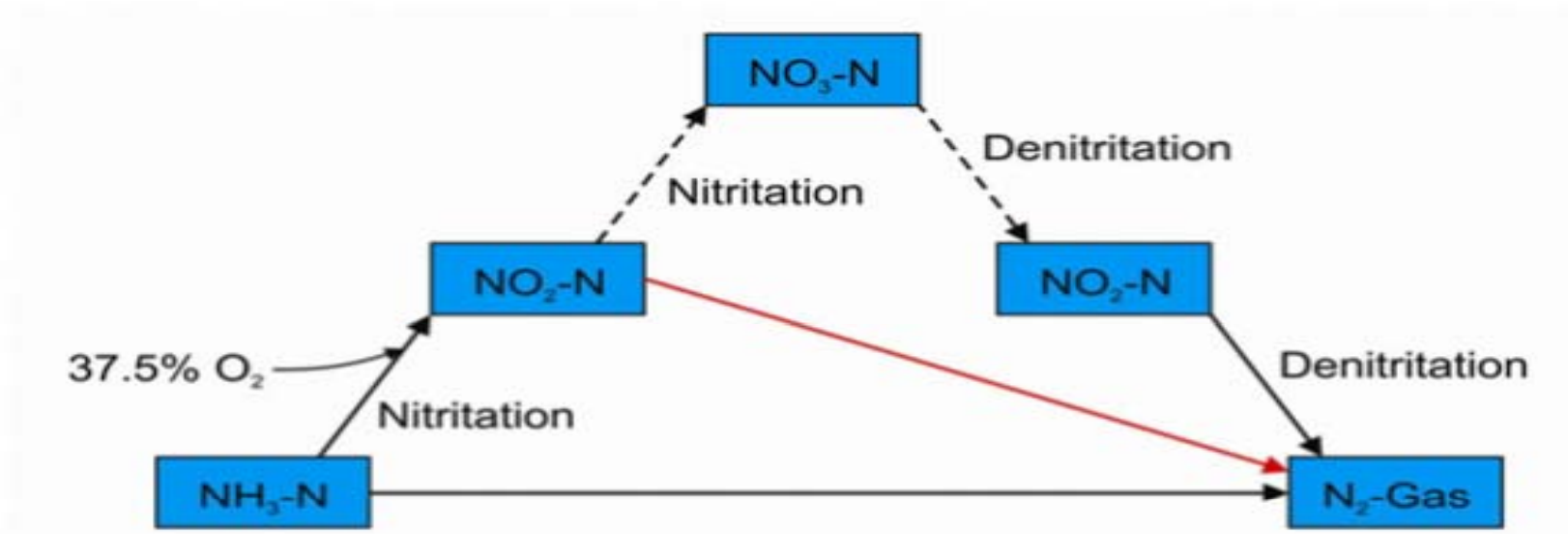


Ekonomska analiza životnog veka postrojenja

- ▶ Procena troškova mora da uzme u obzir **investicione** troškove, kao i **eksploatacione troškove** u životnom veku postrojenja.
- ▶ Postrojenje sa najnižim investicionim troškovima **ne mora** da u ekonomskom pogledu bude najbolje sa aspekta eksploatacionih troškova.
- ▶ Priroda **raspoloživih sredstava finansiranja** može takođe da utiče na izbor procesa prečišćavanja.

Poređenje aerobno - anaerobno





Raspoloživost zemljišta

- ▶ Da li ima **dovoljno prostora za smeštaj** ne samo postrojenja koje se sada razmatra, nego i za moguće buduće širenje?
- ▶ Koliko je **raspoloživog prostora** za postavljanje pojasa zelenila da bi se **umanjili nepovoljni vizuelni ili neki drugi uticaji**?

HVALA NA PAŽNJI !