

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"



# Predtretman industrijskih otpadnih voda pre ispuštanja u gradsku kanalizaciju

dr Đurđa Kerkez

Novi Sad 8-10. septembar, 2021.



# OTPADNE VODE



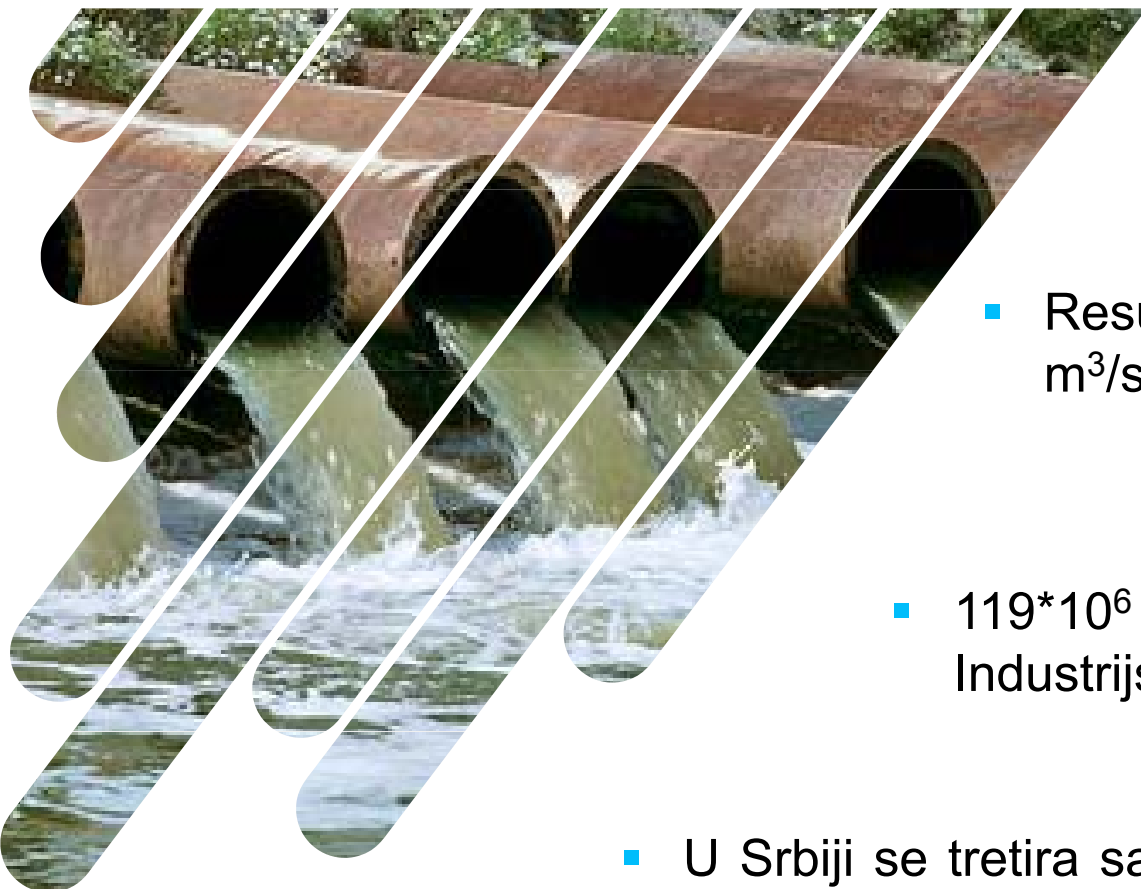
OTPADNE VODE

Komunalne  
otpadne vode

Industrijske  
otpadne vode

Otpadne vode  
agro-kompleksa

Otpadne vode sa  
deponija

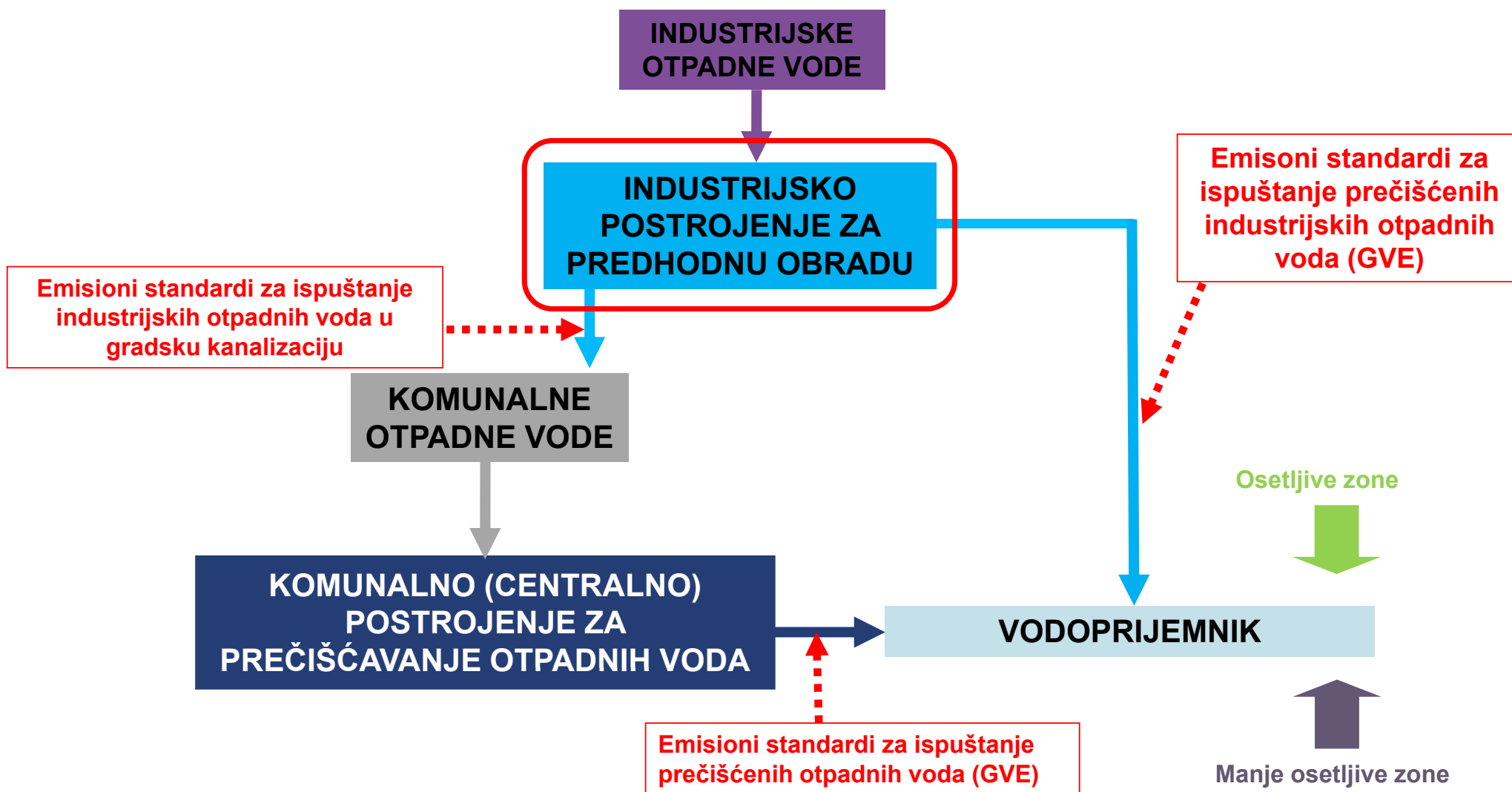


- Resurs vode u Republici Srbiji – 1540 m<sup>3</sup>/stanovniku
- 119\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/god – otpadnih voda se generiše u Industrijskom sektoru u RS (2019.)
- U Srbiji se tretira samo 5-10% otpadnih voda. Više od 50% industrijskih postrojenja u Srbiji ne prečišćava otpadne vode adekvatno, jer nema sisteme za prečišćavanje.



- Usklađivanje sa većinom propisa EU iz oblasti industrijskog zagađenja i upravljanja rizikom je u ranoj fazi, uključujući i usklađivanje sa Direktivom o industrijskim emisijama.
- Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje (*"Sl. glasnik RS", br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016*).
- **Član 1** - Ovom uredbom utvrđuju se granične vrednosti emisije za određene grupe ili kategorije zagađujućih supstanci (u daljem tekstu: zagađujuća materija) za: tehnološke otpadne vode pre njihovog ispuštanja **u javnu kanalizaciju**; tehnološke i druge otpadne vode koje se neposredno ispuštaju u recipijent; vode koje se posle prečišćavanja ispuštaju iz sistema javne kanalizacije u recipijent i otpadne vode koje se iz septičke i sabirne jame ispuštaju u recipijent, kao i rokovi za njihovo dostizanje.
- Gradska uprava u svom pravilniku usvaja minimalno ove uslove.

# ŠEMA UPRAVLJANJA OTPADNIM VODAMA



# UPRAVLJANJE OTPADNIM VODAMA



CILJEVI PREDTRETMANA PRE  
ISPUŠTANJA U KANALIZACIJU

Sprečiti smetnje u radu centralnog PPOV

Sprečiti unošenje zagađujućih materija koje su prošle kroz centralni PPOV u vodoprijemnik

Poboljšati mogućnosti za ponovnu upotrebu ili recikliranje otpadnih voda i mulja

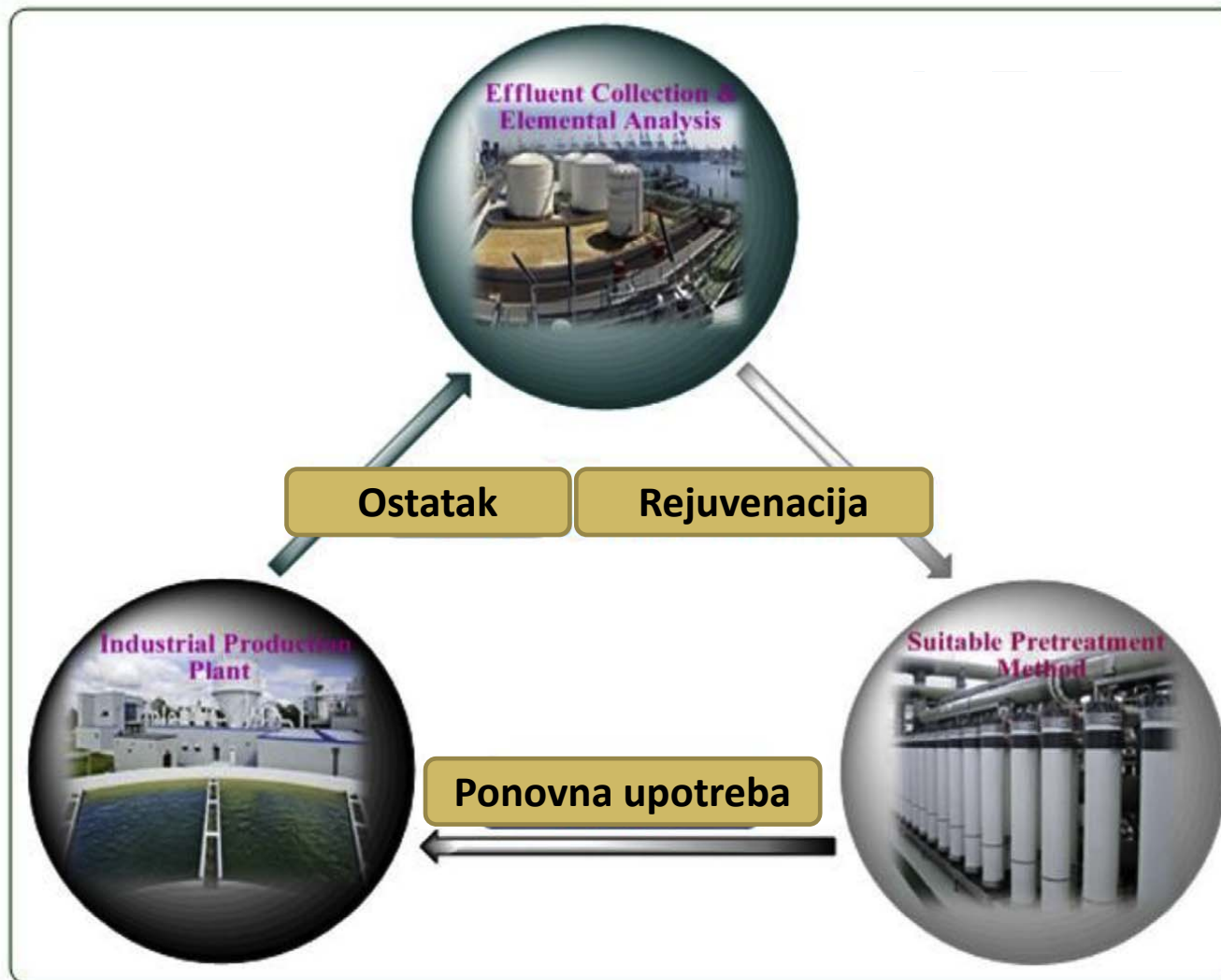
Sprečiti unošenje zagađujućih materija koje mogu izazvati zdravstvene ili bezbednosne probleme po javnost ili životnu sredinu

Efikan predtretman otpadnih voda može se definisati na taj način da je to proces koji eliminiše ili smanjuje nivoe važnih fizičko-hemijske parametara pre daljeg tretmana vode.

- Biološka potreba za kiseonikom (biorazgradiva organska materija)
- Ukupne suspendovane čvrste materija
- Teško degradabilne organske materije (COD, TOC)
- Azot
- Fosfor
- Teški metali
- Rastvorene neorganske čvrste materije
- Ulje i mast
- Isparljiva organska jedinjenja

Papir i celuloza	Dioksini, furani, hlorisana organska jedinjenja, rastvorene koloidne organske materije, lignin, smolne kiseline, fenoli, jedinjenja sumpora
Eksploatacija uglja	Leteći pepeo, policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), cijanidi, silicijum dioksid, fenoli, amonijak, heterociklična jedinjenja azota
Petrohemijska industrija	Petrohemijski fenoli, teški metali, nitrobenzen, organska jedinjenja koja sadrže hlor, anilin, akrilonitril, hlorisana alifatična jedinjenja
Tekstilna industrija	Boje za tekstil, suspendovane čvrste materije, hlorisani aromatični ugljovodonici, tenzidi i teški metali poput bakra i hroma
Farmaceutska industrija	Farmaceutske rezidue, organski i neorganski ostaci, razgradivi i nebiorazgradivi istrošeni rastvarači, katalizatori, aditivi, reaktanti i količine međuproizvoda i proizvoda (amoksicilin), jedinjenja sa koncentracijom $\text{NH}_3\text{-N}$





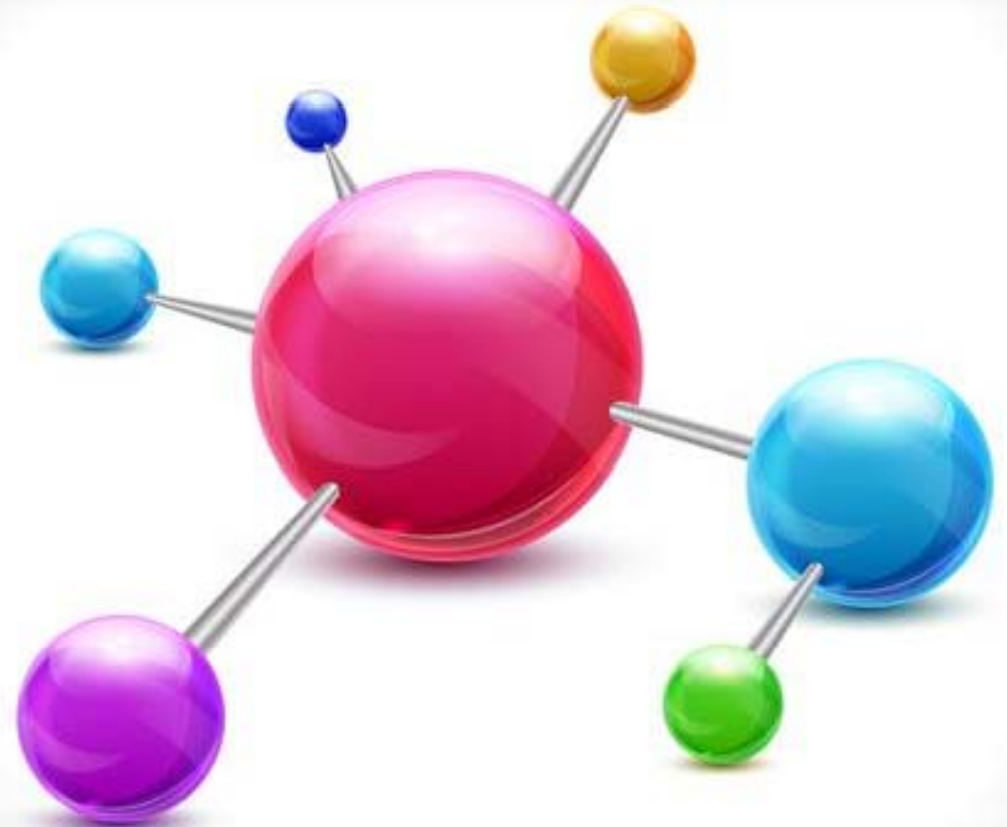
# HEMIJSKI PROCESI



- **Procesi korišćeni za tretman otpadnih voda u kojima se promene uglavnom dešavaju kroz hemijske reakcije se zovu hemijski procesi.**
- U praksi pri tretmanu otpadnih voda, hemijski procesi se obično **koriste zajedno sa fizičkim operacijama.**
- Prema tome fizičko-hemijskim i hemijskim procesima prečišćavanja nazivamo procese u kojima se prečišćavanje obavlja:
  - **pomoću određenih hemijskih reakcija ili**
  - **određenih fizičko-hemijskih fenomena (na primer adsorpcija, apsorpcija).**

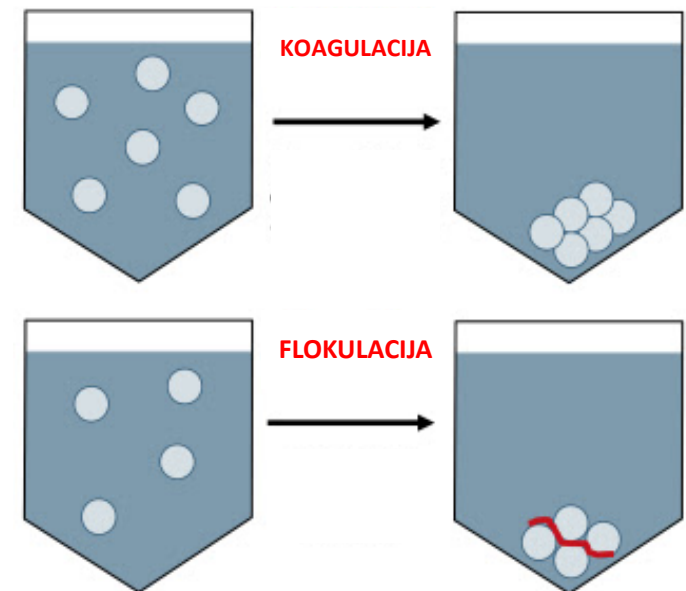
# Primena hemijskih i fizičko-hemijskih procesa u zaštiti voda

- Polje primene
  - **Uklanjanje suspendovanih i koloidno rastvorenih materija** koagulacijom i flokulacijom,
  - Uklanjanje pojedinih rastvorenih materija:
    - Hemijskim taloženjem,
    - Jonskom izmenom,
    - Oksidacijom,
    - Produvanjem (stripingom) gasa,
    - Adsorpcija.



# KOAGULACIJA I FLOKULACIJA

- Koloidne čestice nađene u otpadnoj vodi obično imaju negativno površinsko naelektrisanje.
- Veličina koloidnih materija (oko 0,001-1 $\mu$ m) je takva da su sile privlačenja između čestica značajno manje od sila odbijanja usled električnog naboja. Pod ovim uslovima, Braunovo kretanje održava čestice u suspenziji.
- Dve su osnovne faze procesa ukрупnjavanja koloidnih čestica:
  - Faza destabilizacije – koagulacija
  - Faza transporta – flokulacija



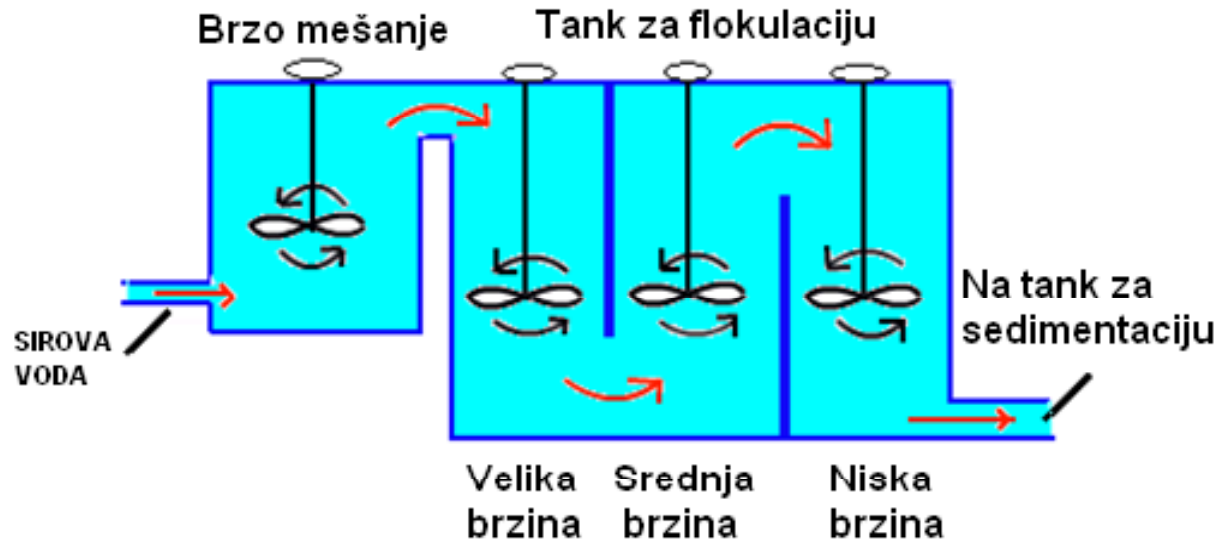
# Uređaji za koagulaciju i flokulaciju

Postoje dva tipa uređaja za koagulaciju i flokulaciju:

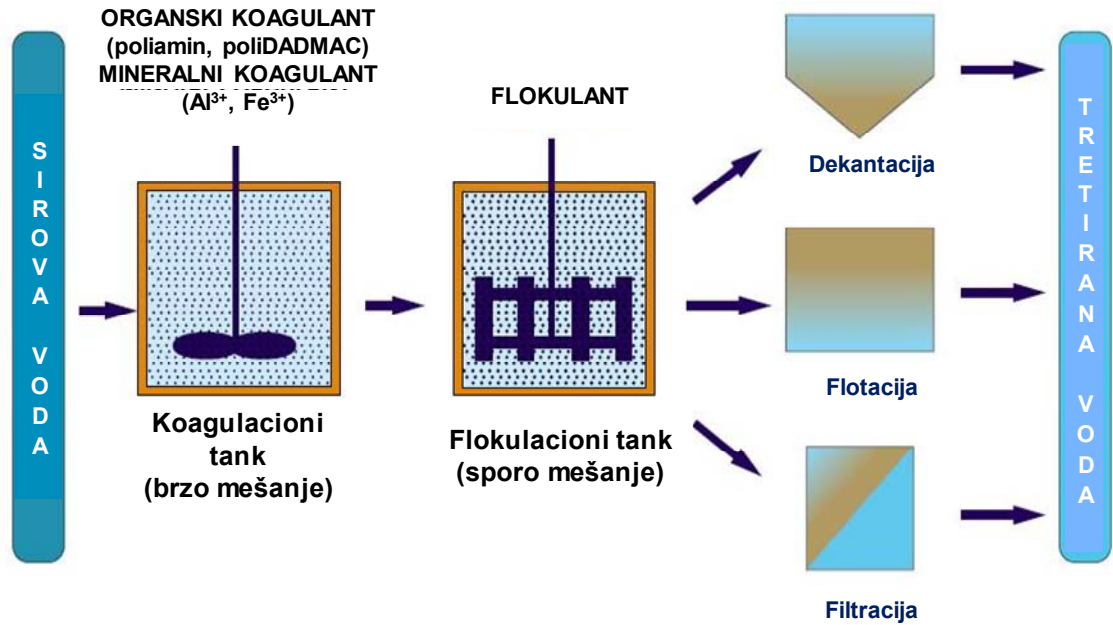
- Uređaji tzv. akceleratori koji se sastoje od jednog suda koji je pregradama podeljen na više zona.
- Uređaji kod kojih se svaka faza procesa odvija u posebnom sudu ili komori,



1

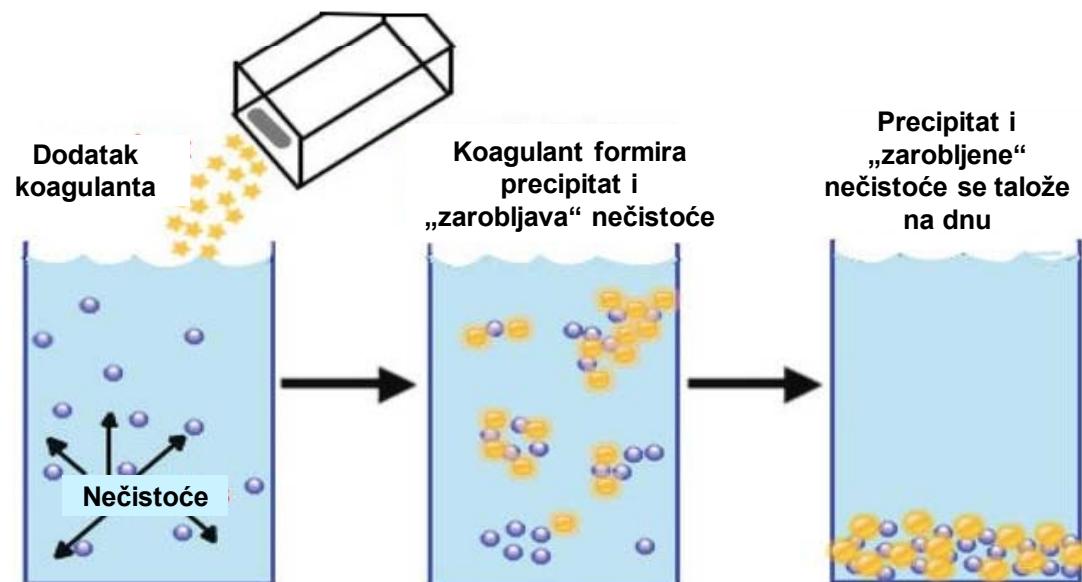


2

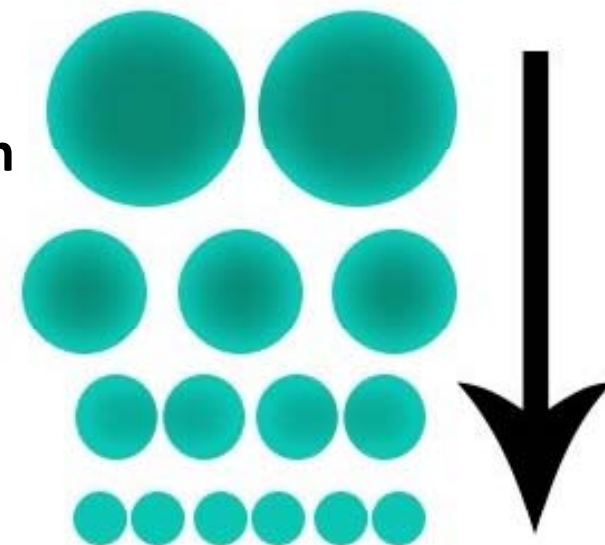


# HEMIJSKO TALOŽENJE

- Hemijsko taloženje u tretmanu otpadnih voda uključuje dodatak hemikalija da bi se promenilo fizičko stanje rastvorenih i suspendovanih materija i da bi se olakšalo njihovo uklanjanje sedimentacijom.
- Uklanjanje je izvedeno **dobijanjem volumunoznih taloga** koji se primarno sastoja od samog koagulanta.
- **Drugi rezultata dodatka hemikalija je neto porast rastvorenih konstituenata u otpadnoj vodi.**



- Tokom godin brojne različite supstance su korištene kao precipitanti.
- Najčešće korištene hemikalije su **sol** **aluminijuma** i **gvožđa** i **kreč**.
- Dobijeni **stepen bistrenja** zavisi od količine korišćenih hemikalija i kontrole procesa.
- Moguće je da se hemijskim taloženjem dobije čist efluent, **uglavnom oslobođen od materija iz suspenzije ili koloidnih četica**, pri tom je moguće ukloniti:
  - 80-90% ukupno suspendovanih materija,
  - 40-70% BPK<sub>5</sub>,
  - 30-60% HPK i
  - 80-90% bakterija može biti uklonjeno hemijskim taloženjem.
  - U poređenju sa kada je korištena samo direktna sedimentacija, samo 50-70% ukupnih suspendovanih materija i 30-40% organskih materija se istaloži.





# UKLANJANJE FOSFORA HEMIJSKIM TALOŽENJEM

- Uklanjanje fosfora iz odpadne vode uključuje inkorporaciju fosfata u suspendovane čestice i njihovo kasnije uklanjanje iz tih čestica.
- Hemikalije koje se koriste za uklanjanje fosfora uključuju metalne soli i kreč.
- **Najčešće korišćena so metala je gvožđe(III)-hlorid i aluminijum-sulfat (aluminijum).**
- **Kreč se manje koristi zbog bitnog porasta mase mulja** u poređenju sa korišćenjem metalnih soli i zbog operacionih problema i problema održavanja vezanih za rukovanje, skladištenje i dodavanje kreča.

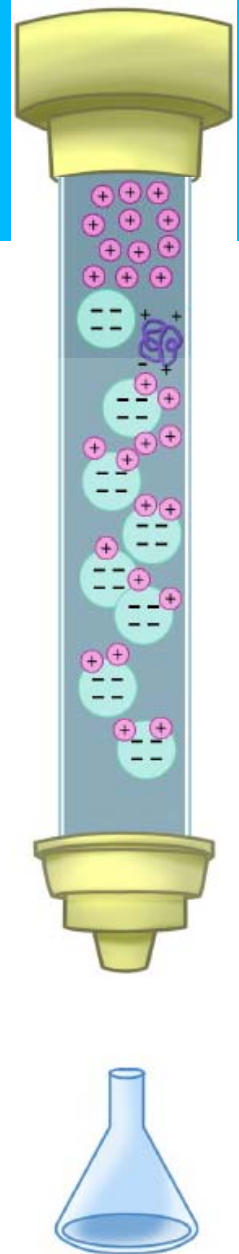
# UKLANJANJE METALA IZ OTPADNE VODE

- Teški metali (olovo, živa, bakar, hrom, nikal, selen, srebro, arsen, barijum, kadmijum) nalaze se u otpadnim vodama rudarstva, proizvodnje čelika i ostalih metala, površinske obrade metala, proizvodnje neorganskih boja, industrije elektromaterijala, itd.
- **Teški metali se uklanjaju prevođenjem u nerastvorna jedinjenja, taloženjem sa pogodnim sredstvom.**
- Najčešće se prevode u **hidrokside**, zatim u **sulfide**, a neki metali u **karbonate**.



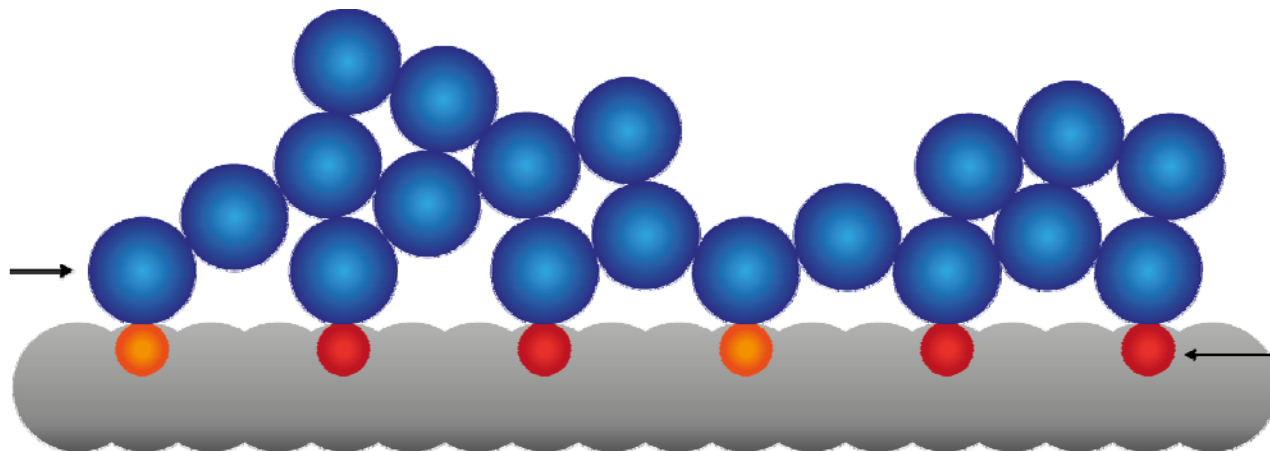
# JONSKA IZMENA

- **Kako su hemikalije koje se koriste u obradi metala skupe, to postoji ekonomski interes da se one izdvoje iz otpadne vode i vrate u proces.**
- Jonskom izmenom se mogu postići oba cilja:
  - **(i) prečišćavanje otpadne vode, koju je zatim moguće recirkulisati kao vodu za proces, i**
  - **(ii) regeneracija i recirkulacija pojedinih hemikalija.**
- Jonska izmena su koristi za
  - **Izdvajanja i recirkulacije hromne kiseline i**
  - **Teških metala**
  - **Završno prečišćavanje otpadnih voda**

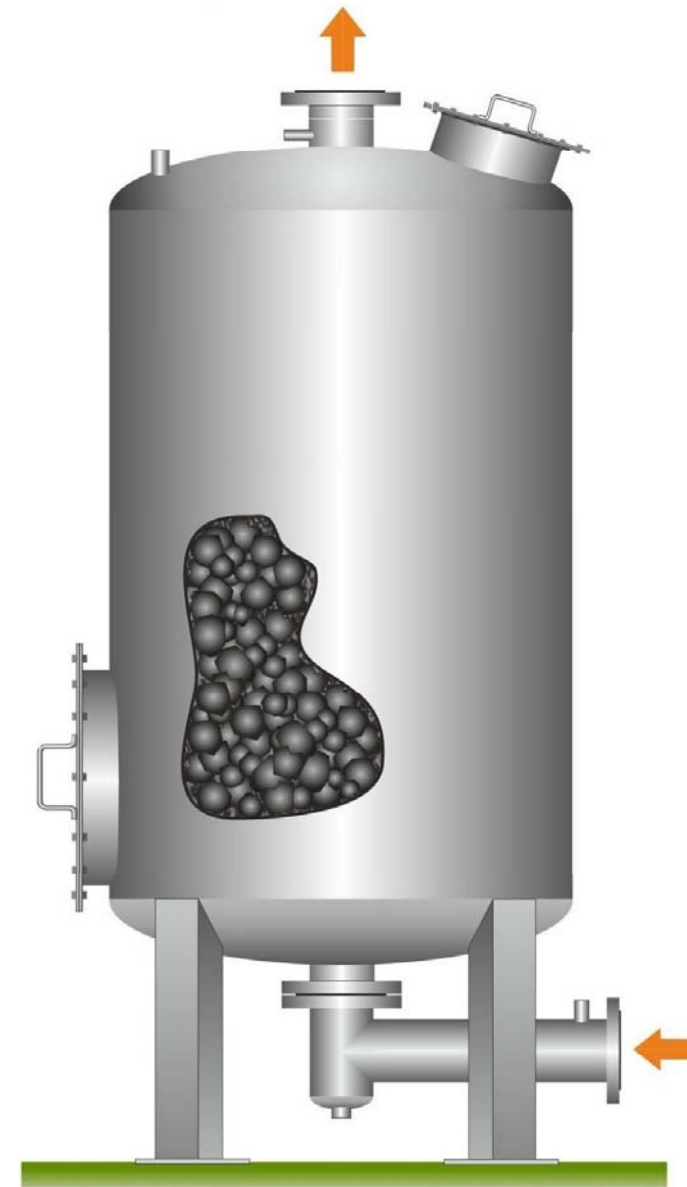


# ADSORPCIJA

- **Adsorpcija prvenstveno koristi za *završno*** (tzv. terciarno) prečišćavanje, obično nakon biološkog prečišćavanja, odnosno za uklanjanje preostalog organskog zagađenja koje nije biološki razgradljivo ili koje utiče na miris, ukus i boju vode.
- Koristi se i kao *glavni, osnovni* postupak prečišćavanja za uklanjanje **materija toksičnih za radnu mikrofloru bioloških postupaka** prečišćavanja, odnosno opasnih po recipijente.
- Najčešće korišćeni adsorbent u tehnologiji vode i otpadnih voda je aktivni uglj.
- **Za proizvodnju aktivnog uglja koriste se različiti materijali: uglj, drvo, treset, orahova ljuska.**

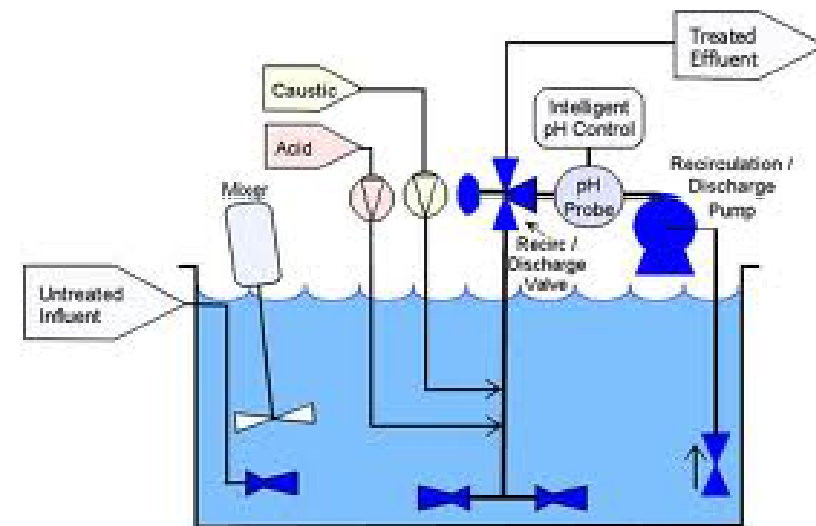


- Uklanjanje zagađenja adsorpcijom iz velikih količina vode obavlja se obično kontinualnim propuštanjem vode kroz kolonu punjenu granulisanim adsorbentom.
- **Prečnik granula se bira** tako da se ostvari kompromis između brzine adsorpcije i gubitka pritiska kroz adsorber.
- Prilikom propuštanja vode kroz kolonu adsorbenta formira se **zona adsorpcije, zona prenosa mase**, koja predstavlja deo sloja adsorbenta u kome se uklanja najveći deo rastvorka.
- **Zbog ravnoteže adsorpcije i kinetičkih faktora u efluentu ipak zaostaje mala koncentracija rastvorka, koja vremenom neznatno raste.**



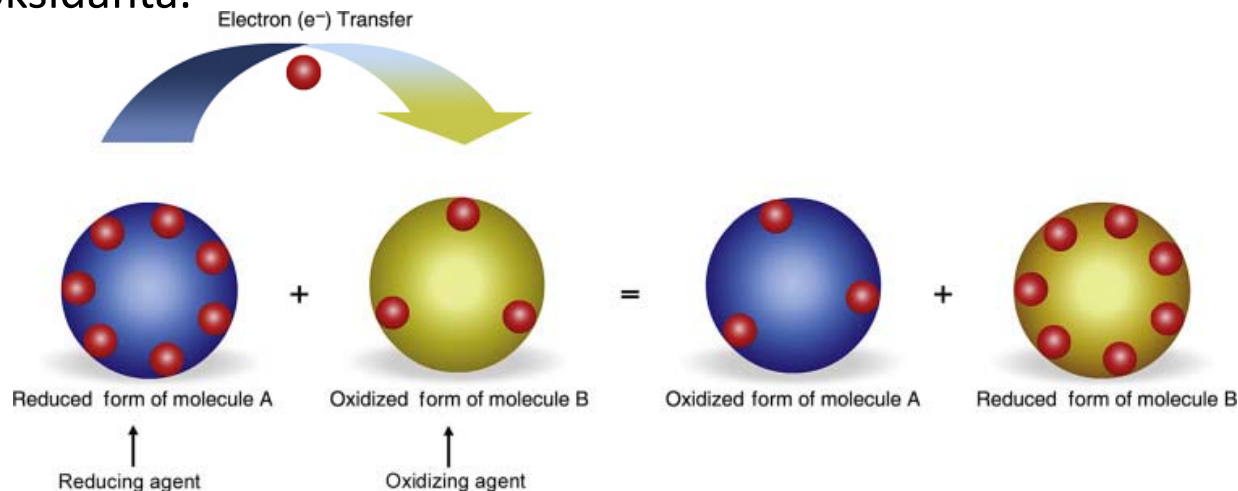
# NEUTRALIZACIJA

- Kiselost ili alkalitet mnogih otpadnih voda je tolika da bi njihovo ispuštanje ugrozilo živi svet u recipijentu, odnosno u slučaju njihovog biološkog prečišćavanja negativno bi uticalo na radnu mikrofloru.
- Neutralizacija kiselosti/alkaliteta tih otpadnih voda ne mora se izvesti u potpunosti, do pH 7, već se pH dovodi u dozvoljeni opseg:
  - Za otpadne vode koje se ispuštaju u recipijent pH 6 do 8,5 ili 9;
  - A u slučaju biološkog prečišćavanja se obično traži pH 6,5 do 8.



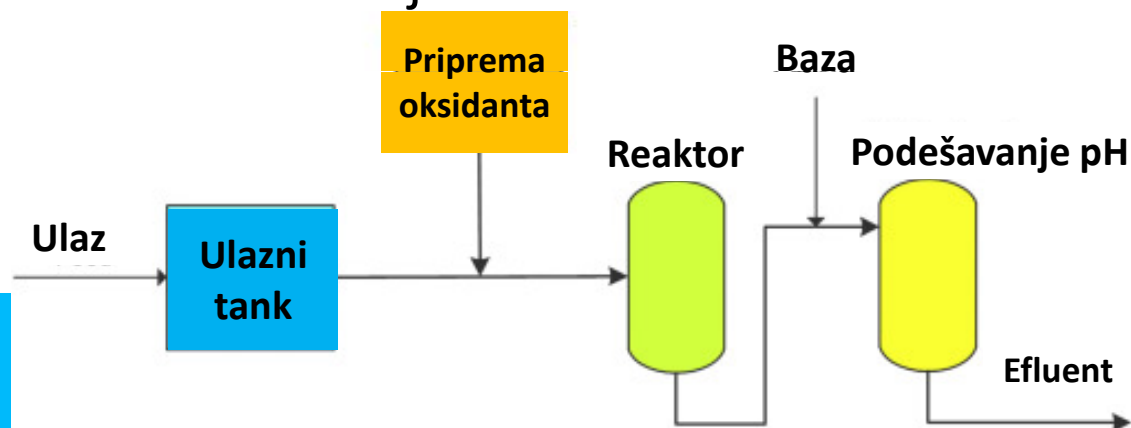
# OKSIDACIJA

- Oksidacijom se prevode pojedine neorganske i organske supstance u industrijskim otpadnim vodama (dvovalentno gvožđe i dvovalentni mangan, vodoniksulfid, formaldehid, fenoli, amini, merkaptani, hlor-fenoli, pesticidi, cijanid) u jedinjenja koja daleko manje zagađuje okolinu ili **lakše biološki degradabilna**.
- Često korišćeni oksidanti su: **vodonik-peroksid, hlor, kalijum-permanganat i ozon**.
- Na izbor oksidanta utiče više faktora: karakter zagađenja koje se uklanja, reaktivnost oksidanta, stvaranje sporednih produkata prilikom oksidacije i njihove karakteristike, uslovi čuvanja i rukovanja sa oksidantom, cena oksidanta.



## Oprema za oksidaciju

- U osnovi ne razlikuje od opreme za neutralizaciju, sastoji se od suda (reaktora) sa potpunim mešanjem u kome se izvodi oksidacija, sudova za oksidaciono sredstvo i sredstvo za korekciju pH, pumpi za doziranje, i odgovarajuće merne i regulacione tehnike.
- Veličina reaktora zavisi od brzine reakcija oksidacije**, koje se kreće od nekoliko sekundi, na primer za oksidaciju natrijum-bisulfita sa natrijum-hipohloritom, pa do nekoliko časova prilikom oksidacije nekih organskih supstanci. U tom slučaju pogodnije je postaviti nekoliko serijski vezanih reaktora.





# DEZINFEKCIJA

- Svi patogeni mikroorganizmi se ne uklanjaju u do sada pomenutim procesima prečišćavanja otpadnih voda.
- **Zbog toga je u nekim slučajevima potrebno izvršiti dezinfekciju efluenta pre upuštanja u recipijent.**
- Takođe je to potrebno izvršiti pri pojavi velikih hidričnih epidemija.
- Kod ispuštanja otpadnih voda iz infektivnih klinika i sanatorijuma neophodno je izvršiti njenu dezinfekciju pre upuštanja u gradsku kanalizaciju.



- Dezinfekcija otpadnih voda obično se vrši dodavanjem
  - **gasovitog hlora,**
  - **natrijumhipohlorita,**
  - **kalcijumhipohlorita,**
  - **hlordioksida,**
  - **ozona i**
  - **primenom ultraviolettne radijacije.**
- Za razliku od dezinfekcije vode za piće rezidualno dejstvo dezinfekcionog sredstva je nepoželjno.
- **Ukoliko primenjeno sredstvo ima rezidualno dejstvo, mora se izvršiti njegovo uklanjanje iz vode pre njenog ispuštanja u prirodni prijemnik.**



# KLASTER



Hvala na pažnji

