
Postupci i postrojenja za tretman voda

Tercijarno prečišćavanje upotrebljenih voda

- Prečišćavanjem u.v konvencionalnim postupcima, u okviru primernog i sekundarnog prečišćavanja, u prečišćenoj vodi je i dalje prisutan deo zagađujućih materija:
 - Jednostavni neorganski joni (Na^+ ; K^+ ; SO_4^{2-} ; NO_3^- ; PO_4^{3-})
 - Složena sintetska jedinjenja

Deo preostalog zagađenja iz u.v se uklanja postupcima tzv. Tercijarnog prečišćavanja

U okviru tercijatnog prečišćavanja može se primeniti čitav niz postupaka:

□ Izbor postupaka zavisice od više faktora:

- Tipa upotrebljene vode
 - Karakteristika i koncentracije zagađenja
 - Načina ispuštanja ili upotrebe prečišćene u.v
 - Oblika u kome se zagađenje odlaže i načina odlaganja
 - Kompatibilnosti određenih postupaka
 - Ekonomičnosti postupaka....
-

Poslednjih godina veliki značaj se pridaje postupcima uklanjanja nutrijenata, azota i fosfora, zbog njihovog velikog uticaja na eutrofikaciju vodotoka

- Uklanjanje azota i fosfora je neophodno sprovesti kada će se upotrebljene vode ispustiti u:
 - Jezera i ostale akumulacije
 - U plitke vodotokove
 - Ako će ispuštene upotrebljene vode dospeti u izvorišta podzemne vode iz kojih se snabdeva naselje
-

AZOT U UPOTREBLJENOJ VODI

Uklanjanje azota iz u.v

- U povećanim koncentracijama azot iz u.v, zajedno sa fosforom, uzrokuje eutrofikaciju vodotoka
 - U formi slobodnog amonijaka azot je toksičan za ribe, a može biti toksičan i za čoveka kada nitratni azot dospe u vodu za piće (izazivač methemoglobinemije kod dece)
-

U u.v azot može biti prisutan u četiri oblika:

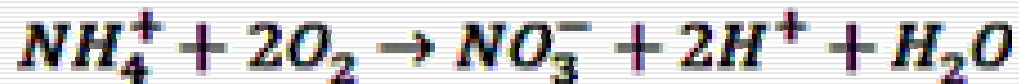
- Organski azot (proteini, peptidi, aminokiseline.....)
 - Amonijačni azot ($\text{NH}_4\text{-N}$)
 - Nitratni azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) - uglavnom prisutan u malim količinama
 - Nitritni azot ($\text{NO}_2\text{-N}$) - karakterističan oblik azota za septične, odstajale u.v i anaerobno obrađene u.v
-

Za uklanjanje azota iz u.v koriste se sledeći postupci:

- Biološki
 - Uklanjanje amonijačnog azota prodivavanjem vazduha
 - Uklanjanje amonijačnog azota jonskom izmenom
 - Uklanjanje amonijačnog azota hlorisanjem
-

Biološki postupci za uklanjanje azota (Nitrifikacija i denitrifikacija)

- Nitrifikacija (*Nirosomonas*, *Nitrobacter*)



- Tokom procesa aerobnog prečišćavanja u.v (sekundarno prečišćavanje) odvija se nitrifikacija u određenom obimu, što zavisi od udela nitrifikacionih bakterija
 - Udeo nitrifikacionih bakterija u u.v zavisi od odnosa ukupnog BPK₅ zagađenja koje se uklanja i sadržaja ukupnog azota - TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)
-

Kod aerobnih postupaka prečišćavanja u pravilu je odnos BPK_5/TKN visok tako da je udeo nitrifikacionih bakterija i efekat nitrifikacije mali

- Smanjivanjem vrednosti odnosa BPK_5/TKN ostvaruju se povoljni uslovi za nitrifikaciju tako da se aerobni proces prečišćavanja može sprovesti u kombinovani proces prečišćavanja i nitrifikacije
 - Prevođenje postupka prečišćavanja sa suspendovanom mikroflorom u kombinovani postupak prečišćavanja i nitrifikacije postiže se **povećanjem starosti mulja** (čime se povećava udeo nitrifikacionih bakterija) i **pojačavanjem aeracije**
-

-
- Ako se nitrifikacija želi izvesti u jednom posebnom stepenu **odnos BPK_5/TKN mora da bude nizak (ispod 4)** kako bi se favorizovao rast nitrifikacionih bakterija
 - Nizak odnos BPK_5/TKN se može postići ako se **prethodno iz upotrebljene vode ukloni najveći deo BPK_5 zagađenja** (tokom primarnog i sekundarnog prečišćavanja), tj. **nitrifikacija se obavlja u prečišćenoj u.v kao proces završnog prečišćavanja**
-

Denitrifikacija

- ❑ Procesom nitrifikacije se ne postiže uklanjanje azota iz u.v, već se azot prevodi u pogodniji oblik nitrata
 - ❑ Biološkim procesom denitrifikacije nitrat se prevodi u molekuli azot, te se u takvom obliku azot može ukloniti iz u.v
 - ❑ Nitratredukujuće bakterije, fakultativno anaerobni heterotrofi (*Achromobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Spirillum*) u anaerobnim uslovima koriste kiseonik iz nitrata za oksidaciju organske materije, redukujući pri tome nitrata u prvom stepenu do nitrita, a u drugom stepenu do oksida azota (N_2O , NO) ili do molekuskog azota (N_2)
-

U postupku prečišćavanja u.v denitrifikacija se može izvesti kao:

- Poseban stepen
 - Kao postupak kombinovan sa aerobnom oksidacijom

 - Prilikom denitrifikacije izvor organskog ugljenika potreban za metaboličku aktivnost i rast m.o obezbeđuje se:
 - Dodavanjem metanola (CH_3OH) , ili
 - Korištenjem postojećeg organskog zagađenja i org. ugljenika koji dospeva u vodu usled endogene respiracije aktivnog mulja
-

Kada se denitrifikacija koristi kao odvojen stepen koristi se spoljašnji izvor ugljenika (metanol)



- Za odvijanje procesa biološke nitrifikacije-denitrifikacije upotrebljenu vodu je potrebno naizmenično izlagati oksičnim i anoksičnim uslovima

 - Proces se može odvijati u:
 - odvojenim bazenima (anoksični bazen za denitrifikaciju i aerobni bazen za nitrifikaciju)
 - U istom bazenu pri čemu se obezbeđuje formiranje anoksičnih zona
-

□ Za najekonomičniji način uklanjanja azota se smatra kombinovan proces, jer se u odnosu na poseban stepen denitrifikacije (kome prethodi biooksidacija i nitrifikacija):

- Smanjuje potrošnja vazduha (kiseonika)
- Eliminise međutaložnika

□ Pogodnom izvedbom se eliminiše i dodatni izvor organskog ugljenika i zamenjuje organskim zagađenjem iz u.v i org. ugljenikom koji dospeva u vodu endogenom respiracijom aktivnog mulja

-
- Gasoviti azot nastao denitrifikacijom se obično nakuplja na flokule čime se otežava taloženje aktivnog mulja u sekundarnom taložniku
 - Da bi se sprečilo otežano taloženje mulja između reaktora i taložnika postavlja se ili kratak kanal sa aeracijom ili poseban pufer tank sa kratkotrajnom aeracijom
-

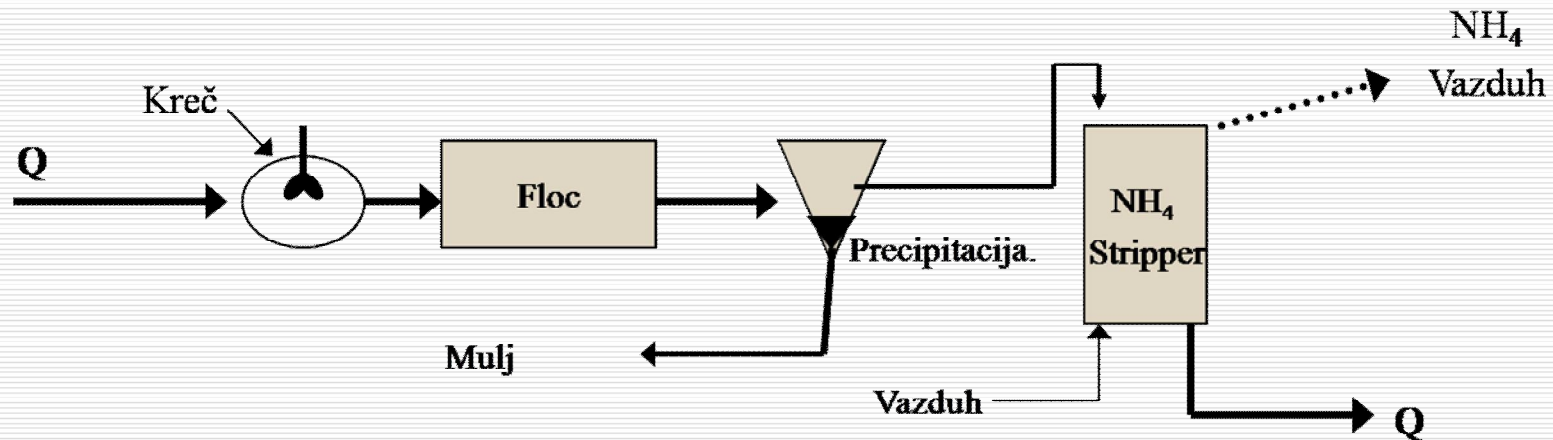
Uklanjanje amonijačnog azota produvavanjem vazduha

- Striping vazduhom se obično koristi za uklanjanje amonijaka iz aerobno ili anaerobno prečišćene u.v
 - Postupak je isplativ za uklanjanje visokih koncentracija amonijačnog azota (100 mg/l), i ako je u.v povišene temperature, kao što je to slučaj kod mezofilnog i termofilnog anaerobnog prečišćavanja
-

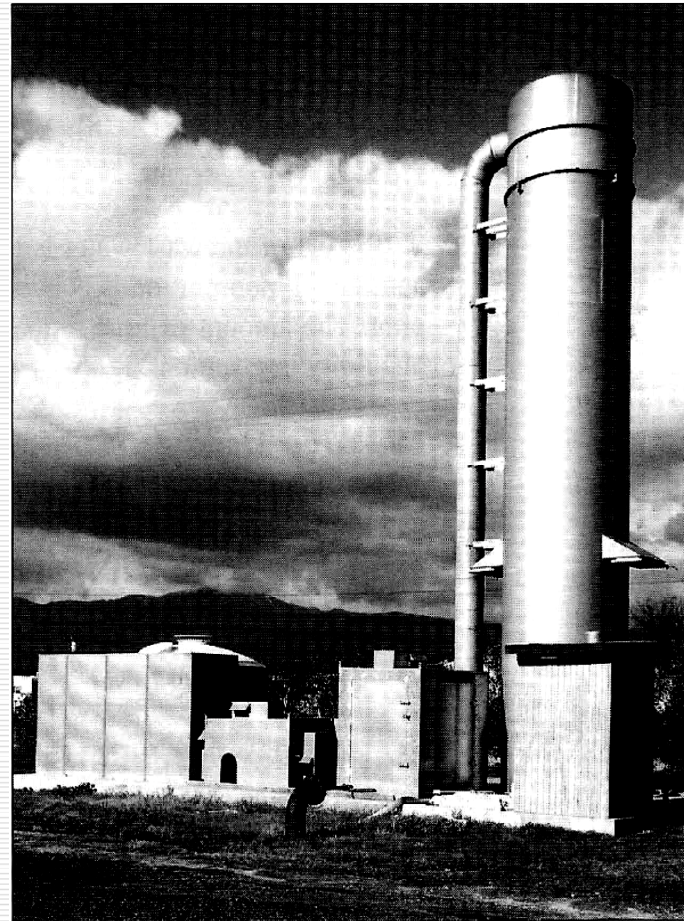
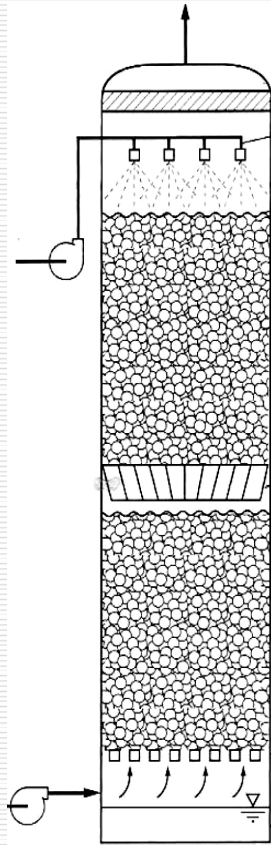
-
- Postupak je jednostavan i lak za izvođenje
 - Glavne mane postupka su:
 - **Nastajanje taloga karbonata zbog visoke pH vrednosti**
 - **Mala efikasnost pri niskim temperaturama**

pH vrednost vode se obično podešava sa krečom (do 10.5-11.5), pri čemu se amonijačni azot prevodi u amonijak koji se prodivavanjem (striping) vazduhom može ukloniti iz vode

Šema postupka za uklanjanje amoniyačnog azota produvavanjem vazduhom



- Striping amonijaka se obavljaj uglavnom u tornjevima (kolonama) sa odgovarajućom ispunom preko koje se preliva u.v, a u suprotnom smeru se prodivava vazduh



-
- Uklanjanje amonijačnog azota prodivavanjem vazduhom se koristi kod u.v sa sadržajem amonijaka između 10 i 100 mg/l
 - Za veće koncentracije amonijaka (>100 mg/l) ekonomičnije je koristiti alternativne tehnike (npr. biološke metode)
 - Usled visokih pogonskih troškova striping amonijaka se retko koristi pri prečišćavanju komunalnih u.v
-

Uklanjanje amonijačnog azota jonskom izmenom

- Uklanjanje amonijačnog azota (u obliku amonijum jona NH_4^+) jonskom izmenom se uspešno može postići primenom prirodnog jonoizmenjivača, **zeolit-klinoptilolit**, koji ima **visok afinitet prema amonijum jonu** (veći afinitet ovaj jonoizmenjivač pokazuje samo prema jonu kalijuma, koji je u većini upotrebljenih voda u manjim koncentracijama od $\text{NH}_4\text{-N}$)
 - Obrada u.v jonoizmenjivačima je skupa i koristi se samo pri **izrazito niskim koncentracijama amonijačnog azota**
-

Uklanjanje amonijačnog azota hlorisanjem

- Hlorisanjem u.v 90-95% amonijačnog azota se oksiduje, prvo do hloramina, pa do nitrata i gasovitog azota
 - Hlorisanje se koristi za uklanjanje malih količina amonijačnog azota preostalih nakon obrade u.v sa drugim postupcima za uklanjanje azota
 - Brzina oksidacije amonijačnog azota zavisi od temperature, pH, prisustva drugih materija (uglavnom organskih) koje troše hlor
-

FOSFOR U UPOTREBLJENOJ VODI

Uklanjanje fosfora iz u.v

- U sirovoj u.v fosfor se javlja u obliku:
 - Ortofosfata
 - Polifosfata i
 - Fosfora vezanog u organskim jedinjenjima

Pri čemu međusobni odnos zavisi od karakteristika u.v i od stepena razgradnje složenih formi fosfora, polifosfata i organskog fosfora do ortofosfata

-
- Mali procenat fosfora, oko 10% je u nerastvornom obliku i može se ukloniti primarnim prečišćavanjem, a preostali takođe mali procenat se uklanja tokom biološkog prečišćavanja, jer ga usvajaju m.o i inkorporiraju u biomasu
 - Fosfor se mora ukloniti i u slučajevima kada je azot uklonjen u toj meri iz vode da postaje limitirajući faktor rasta, jer svaki višak fosfora može da podstakne rast modrozelenih algi koje imaju sposobnost fiksacije azota direktno iz vazduha, tako da se njihovim uginućem i raspadanjem oslobađaju i asimilabilne forme azota koje pospešuju eutrofikaciju
-

□ Iz u.v fosfor se može ukloniti primenom sledećih postupaka:

1. Hemijska precipitacija fosfora
 2. Biološko uklanjanje fosfora
-

1. Hemijska precipitacija fosfora

- U toku primarnog i sekundarnog prečišćavanja upotrebene vode rastvorljivi oblik fosfora se može ukloniti prevođenjem u nerastvorne taloge primenom taložnih reagenasa (npr. soli aluminijuma ili gvožđa, ili kreč)
 - Dodavanjem upotrebnoj vodi soli aluminijuma ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ili gvožđa (FeSO_4) stvaraju se teško rastvorni fosfati aluminijuma ili gvožđa koji se uklanjaju taložnicima
 - Visoka efikasnost uklanjanja fosfata (preko 90%) može se postići dodatkom soli u višku (od 50-150% u odnosu na stehiometrijske količine)
 - Voda obrađena na ovakav način sadrži fosfor u koncentraciji manjoj od **1mg/l**
-

□ Taložne soli se mogu dodavati:

- **tokom primarnog prečišćavanja** kada se istaloženi fosfati uklanjaju u primarnom taložniku;
 - **tokom sekundarnog prečišćavanja** kada se istaloženi fosfati uklanjaju u sekundarnom taložniku;
 - uklanjanje fosfata iz prečišćene upotrebijene vode se može postići **u posebnom stepenu nakon sekundarnog prečišćavanja**
-

-
- Kada se fosfati uklanjaju tokom primarnog prečišćavanja u primarno prečišćenoj upotrebljenoj se postiže smanjenje:
 - **BPK₅ za oko 50-60%**
 - **Koncentracije suspendovanih čestica za 70-85%**

 - Kada se fosfor uklanja tokom sekundarnog prečišćavanja dodate soli aluminijuma i gvožđa **poboljšavaju taloženje sekundarnog mulja čime se smanjuje BPK prečišćene vode**

 - Doze taložnih soli koje će se primeniti za uklanjanje fosfata se u praksi određuju posebno za svaki slučaj **(džar test)**
-

-
- Da bi se poboljšao efekat taloženja često se mogu dodati **polimerni flokulanti u koncentraciji od 0,01-0,05%**
 - Prilikom hidrolize soli aluminijuma i gvožđa stvaraju se kiseline čime u vodi dolazi do pada pH, te je **za održavanje optimalnog pH za taloženje fosfata potrebno dodati alkalije**
 - **Optimalni pH je 5,3 za Fe^{3+} i 6,3 za Al^{3+} pri čemu se u praksi uglavnom radi na višim pH od optimalnih**
-

Uklanjanje fosfora krečom

- Rastvorljivi fosfor (ortofosfat) iz u.v se može ukloniti dodatkom kreča pri čemu se formiraju teško rastvorni fosfati kalcijuma, a od pet mogućih formi se najviše stvara hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$)
 - Koncentracija fosfora u u.v se smanjuje na oko **1 mg/l** kada se kao taložno sredstvo koristi kreč (**pH se kreće od 10,5 do 11,0**)
 - **Dozu kreča za taloženje fosfata iz vode može znatno da uveća karbonatna tvrdoća vode** (nastaju CaCO_3 i MgCO_3)
 - Kada se kreč koristi za uklanjanje fosfata iz u.v postupak se obavlja:
 - tokom primarnog prečišćavanja ili
 - nakon sekundarnog prečišćavanja kao poseban stepen obrade
-

Biološki postupci za uklanjanje fosfora

- Uklanjanje fosfora biološkim postupcima se zasniva na izlaganju mikroorganizama alternativno anaerobnim i aerobnim uslovima, što izaziva šok na mikroorganizme pri čemu mikroorganizmi usvajaju fosfor iznad normalnog nivoa
 - Fosfor koji je usvojen od strane mikroorganizama se koristi za održavanje ćelije, sintezu i transport, a takođe se čuva za naknadno korišćenje od strane mikroorganizama
 - Alternativno izlaganje anaerobnom i aerobnom stanju može biti obrazovano u glavnom biološkom tretmanu, ili u bočnom toku povratnog mulja
-

Promena koncentracije rastvorljive organske materije (BPK) i koncentracije ortofosfata u procesu biološkog uklanjanja fosfora

