
Postupci i postrojenja za tretman voda

Karakteristike upotrebljenih voda

Upotrebljene vode

- Voda koja je tokom upotrebe na bilo koji način zagađena predstavlja upotrebljenu vodu
 - Upotrebljene vode se međusobno razlikuju po količini, sastavu, biološkoj aktivnosti i higijenskom značaju
-

Glavni pokazatelji upotrebljenih voda su:

- Krupni otpaci
 - Čvrste materije
 - Mikroorganizmi
 - Hranljive (biogene) soli
 - Postojane (perzistentne) materije
 - Otrovnne materije
 - Radioaktivne materije
 - Rastvoreni gasovi
 - Povišena temperatura vode
-

1. Čvrsti otpaci

- Krupni otpaci: papir, krpe, kore od voća i ostali organski i sintetski otpaci
 - Za razgradnju krupnih organskih otpadaka se troši kiseonik, pa se tako smanjuje količina rastvorenog kiseonika u vodi
 - U odnosu na čvrste, krupni otpaci nemaju veći ekološki značaj
-

2. Čvrste materije

- Mogu biti organskog i neorganskog porekla, a u upotrebljenim vodama se mogu naći kao:
 - Rastvorene (dimenzije čestica do 1 nm)
 - Koloidne (dimenzije čestica od 1 nm do 1 μm)
 - Lebdeće (dimenzije čestica $> 1 \mu\text{m}$)

 - Rastvorene materije uglavnom uzrokuju promenu boje, a koloidi i lebdeće materije čine mutnoću
-

3. Mikroorganizmi

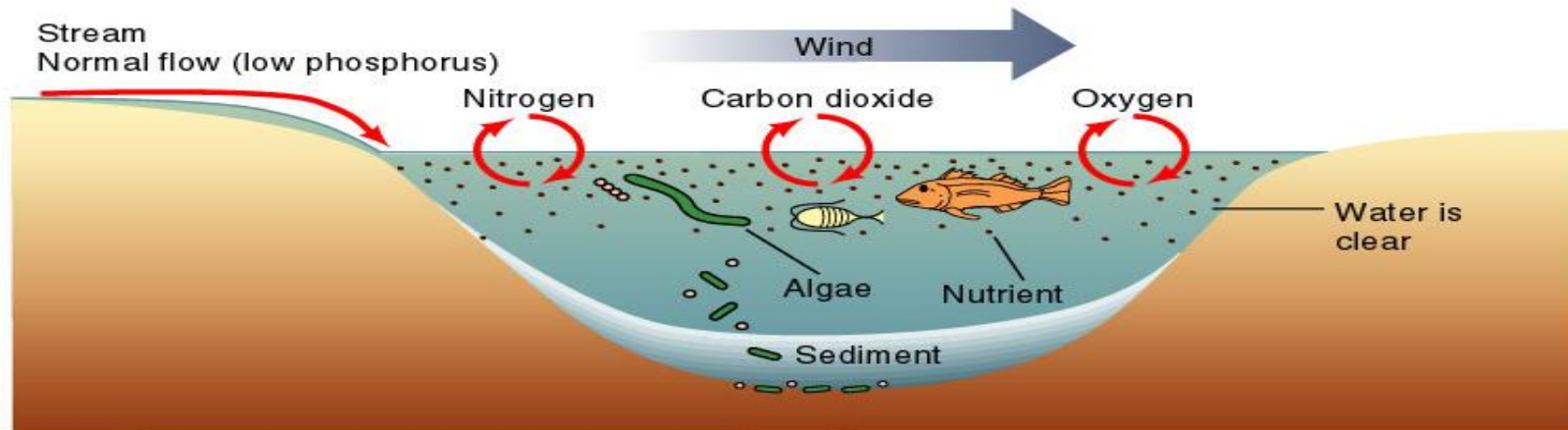
- Mikroorganizmi su jednoćelijski i višećelijski organizmi koji se nalaze u svim upotrebljenim vodama

 - **Mikroorganizmi razlagači** razgrađuju organsku materiju do neorganske, troše rastvoreni kiseonik, pa se može pojaviti deficit kiseonika - anaerobno stanje

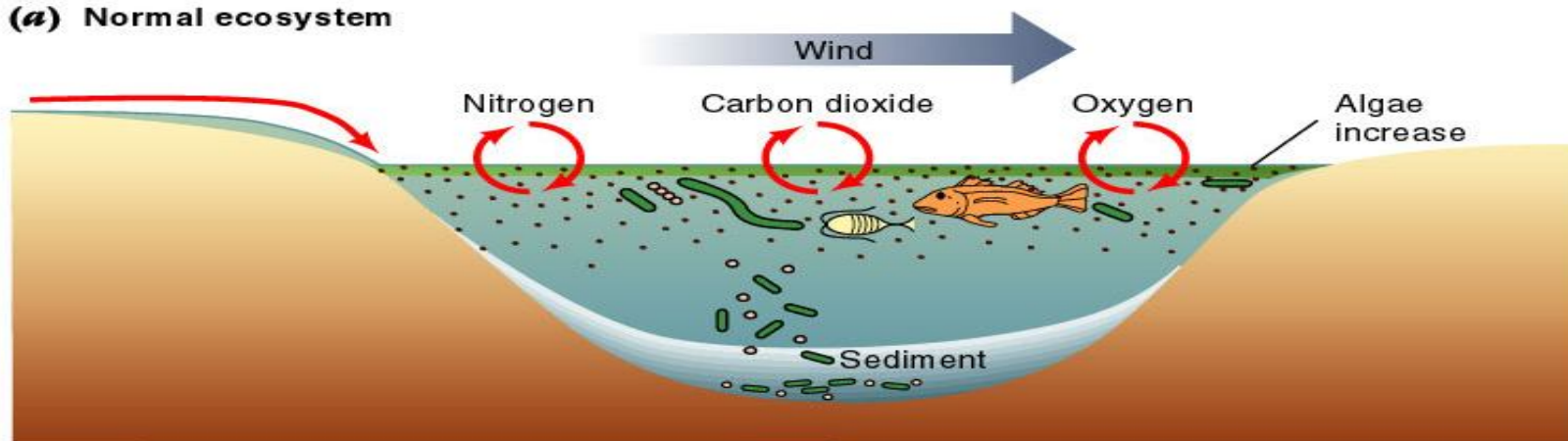
 - **Mikroorganizmi iz digestivnog trakta ljudi i životinja** (fekalni mikroorganizmi)
-

4. Hranljive soli

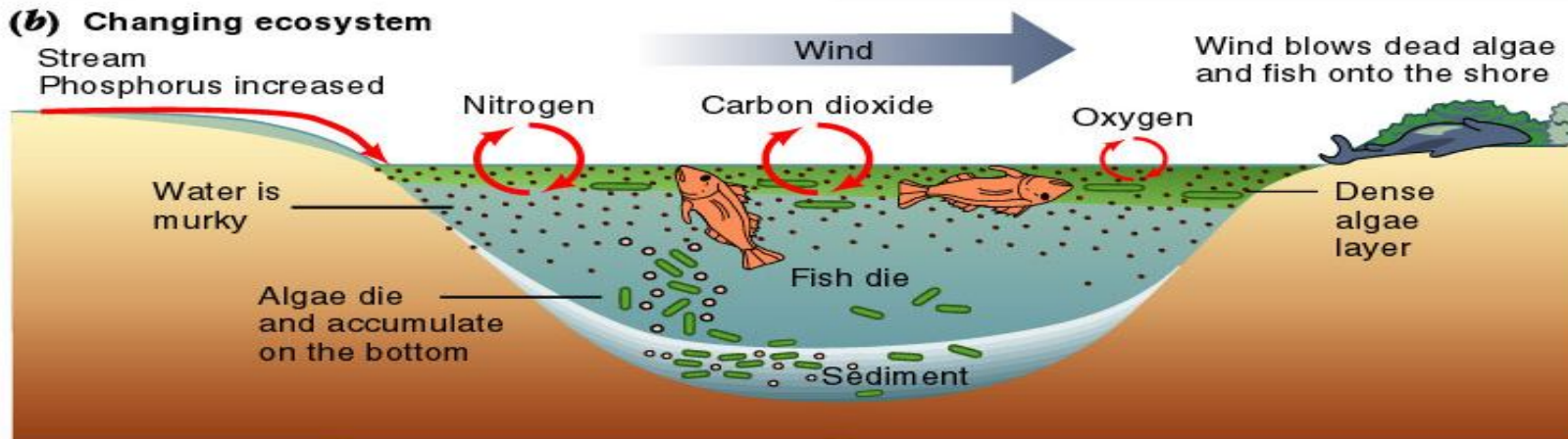
- U upotrebljenim vodama su veoma često prisutni nutrijenti (grupa elemenata i jedinjenja koja je neophodna za rast i razvoj živih organizama) kao što su N, P, K.....kao i njihova jedinjenja, koji u vodotocima, ukoliko je njihova koncentracija iznad graničnih vrednosti, mogu uzrokovati eutrofikaciju
 - U upotrebljenoj vodi iz domaćinstva ukupan azot se nalazi u količinama od 25-85 mg/l (kao zbir amonijačnog, nitritnog, nitratnog i organskog azota)
-



(a) Normal ecosystem

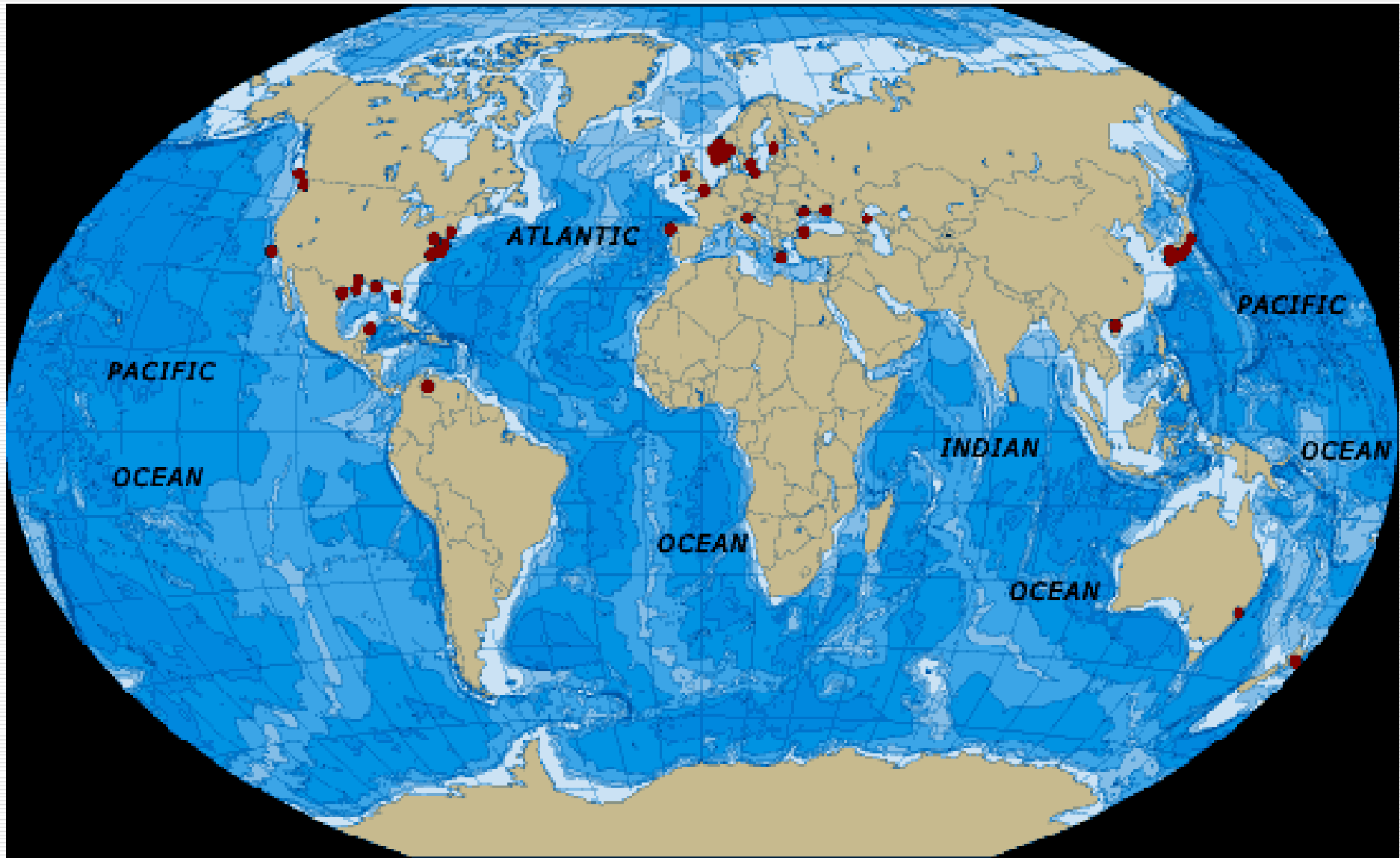


(b) Changing ecosystem



(c) Degraded ecosystem

Global Map of Nitrogen Pollution 'Dead Zones'



-
- U sirovoj upotrebljenoj vodi iz domaćinstva sadržaj ukupnog fosfora se kreće u opsegu od 2-20 mg/l
 - Ispuštanjem većih količina upotrebljenih voda bogatih organskim materijama u vodene ekosisteme sa slabijom izmenom vode (jezera, akumulacije, morski zalivi...) znatno se povećava količina hranljivih soli
 - Ako su pri tome za razvoj biomase pogodni i drugi faktori (kiseonik, svetlost i temperatura) može doći do pojave eutrofnog stanja prijemnika
-

5. Perzistentne materije

- Perzistentne materije su organske i sintetske biološki nerazgradljive ili teško razgradive materije
 - I u periodu dok traje njihova eventualna razgradnja nepovoljno deluju na akvatične organizme, a mogu se i akumulirati u organizmima
-
- a) Mineralna ulja
 - b) Pesticidi
 - c) Deterdženti
 - d) Plastične materije
-

-
- a) Mineralna ulja dospevaju u vodene ekosisteme sa upotrebljenim vodama iz naselja i industrije
 - b) Pesticidi dospevaju u vodotoke ispiranjem poljoprivrednog zemljišta, ali mogu biti poreklom i iz industrijskih voda
 - c) Deterdženti su prisutni u upotrebljenim vodama različitog porekla. Sa deterdžentima se unose i određene količine fosfata što utiče na eutrofikaciju vodotoka
 - d) Plastične materije se nalaze u upotrebljenim vodama domaćinstva i industrije u obliku, konca, vrećica, mrežica
-

Otrovne materije

- Otrovne materije su materije koje u zavisnosti od količine i karakteristika mogu uzrokovati bolesti živih organizama, kancerogene i genetičke promene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt

 - U upotrebljenim vodama (prvenstveno industrijskim) često prisutne opasne materije su:
 - Teški metali (Hg, Cd, Pb, Zn, Ag, Se, Mn, Cr, Cu, Fe)
 - Otrovna jedinjenja (cijanidi, hromati, floridi)
-

Radioaktivne materije

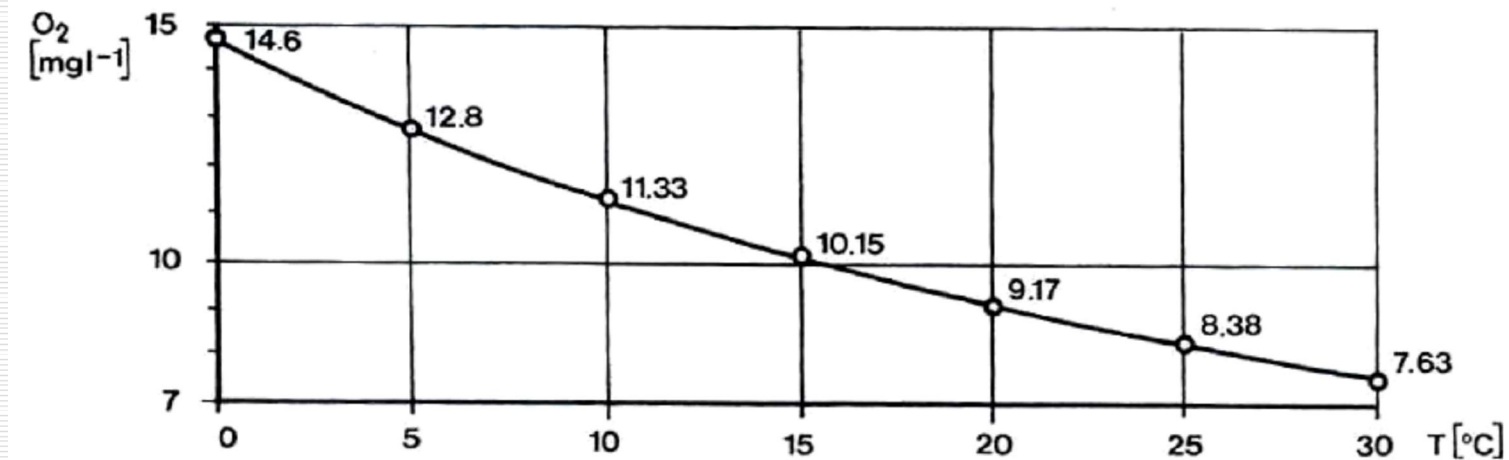
- Prirodni izvori zračenja su radioaktivni elementi litosfere i svemirska zračenja
 - Veštački izvori zračenja su radioaktivne materije koje se nalaze u industrijskim upotrebljenim vodama, prvenstveno vodama nuklearnih elektrana, a potom vodama iz industrijskih pogona u kojima se koriste radionukleidi
 - Povećano zračenje može uzrokovati genetičke promene, sterilnost, kancerogene bolesti i smrt živih organizama. Radioaktivne materije ulaze u biohemijske procese, koncentrujući se od nižih ka višim organizmima prehrambenog lanca, te mogu biti vrlo opasne po život čoveka
-

8. Rastvoreni gasovi (O_2 , CO_2 , ...)

- Ispuštanjem upotrebljenih voda u prijemnike, može doći do značajnog smanjenja rastvorenog kiseonika, a u ekstremnim situacijama može i sasvim nestati, tako da može nastupiti potpuno izumiranje akvatičnih organizama
 - U prijemnicima se javlja tendencija obnavljanja kiseonika (iz vazduha i procesom fotosinteze). Međutim prisustvo (plivajućih) mineralnih ulja i tvrdih deterdženata, koloidnih i lebdećih materija u vodi znatno umanjuje oksigenaciju
-

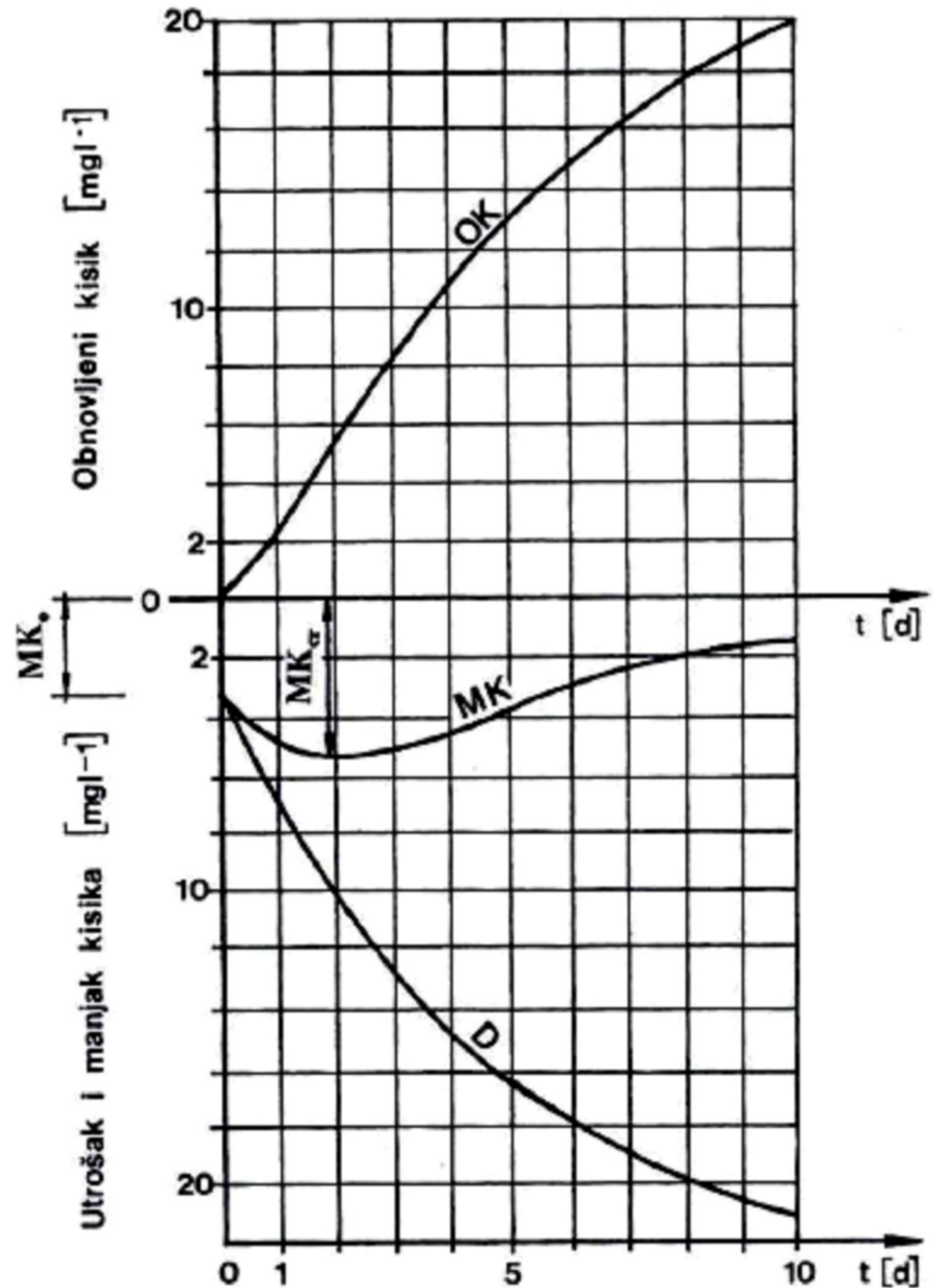
-
- ❑ Obnavljanje kiseonika takođe usporavaju i upotrebljene vode sa povišenom temperaturom jer je **kiseonik slabije rastvorljiv u toplijoj nego u hladnijoj vodi**
 - ❑ Obnavljanje kiseonika u vodi zavisi od temperature vode i od pritisku vazduha
 - ❑ Za vodu se kaže da je zasićena (saturirana) kiseonikom ako sadrži maksimalnu količinu rastvorenog kiseonika koju može da primi pri datoj temperaturi i pritisku
-

Dijagram saturacione vrednosti rastvorenog kiseonika u vodi pri različitim temperaturama vode i normalnom pritisku vazduha



- Nezagađeni vodotoci sadrže količinu rastvorenog kiseonika koja približno odgovara saturacionoj vrednosti
-

Količina rastvorenog kiseonika predstavlja osnovni kriterijum čistoće, odnosno onečišćenja (zagađenja) vodotoka

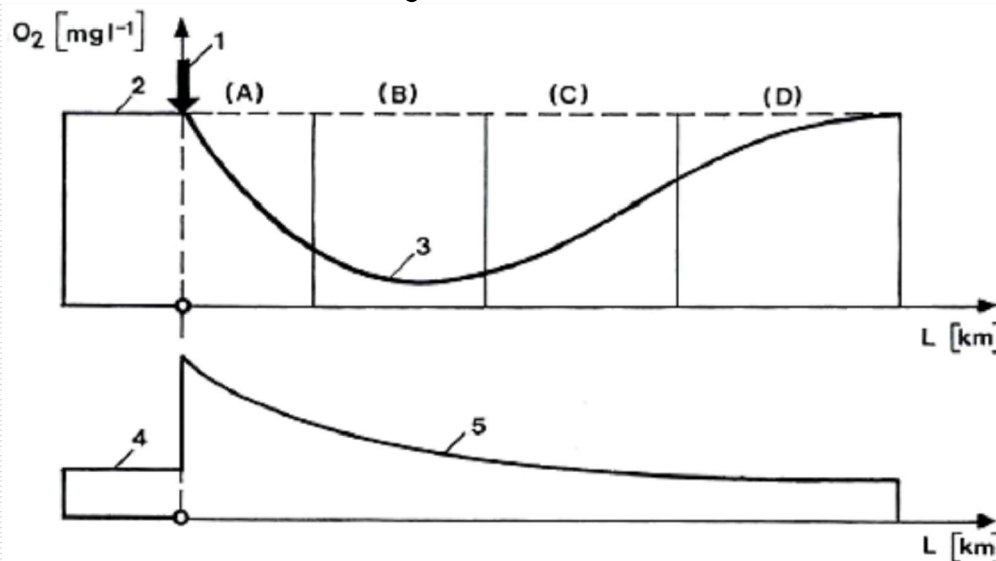


Razgradnja organskih materija u prečistačiam za otpadne vode se odigrava po istim biološkim zakonitostima kao proces autopurifikacije vodotoka sa sledećim razlikama:

- Razgradnja organskih materija se odvija duž toka ili na vodenoj površini od nekoliko kilometara, a na uređaju za prečišćavanje na nekoliko metara
 - Optimalni uslovi okoline za razvoj mikroorganizama i kontrola se teže održavaju u vodotoku nego na uređaju za prečišćavanju
-

Proces samoprečišćavanja vodotoka se odigrava u 4 područja

1. Područje zagađenja (A)
2. Područje razgradnje (B)
3. Područje oporavka (C)
4. Područje čiste vode (D)



1- ispuštanje UV

2-početno stanje rastvorenog kiseonika

3-kriva rastv. k u vodotoku

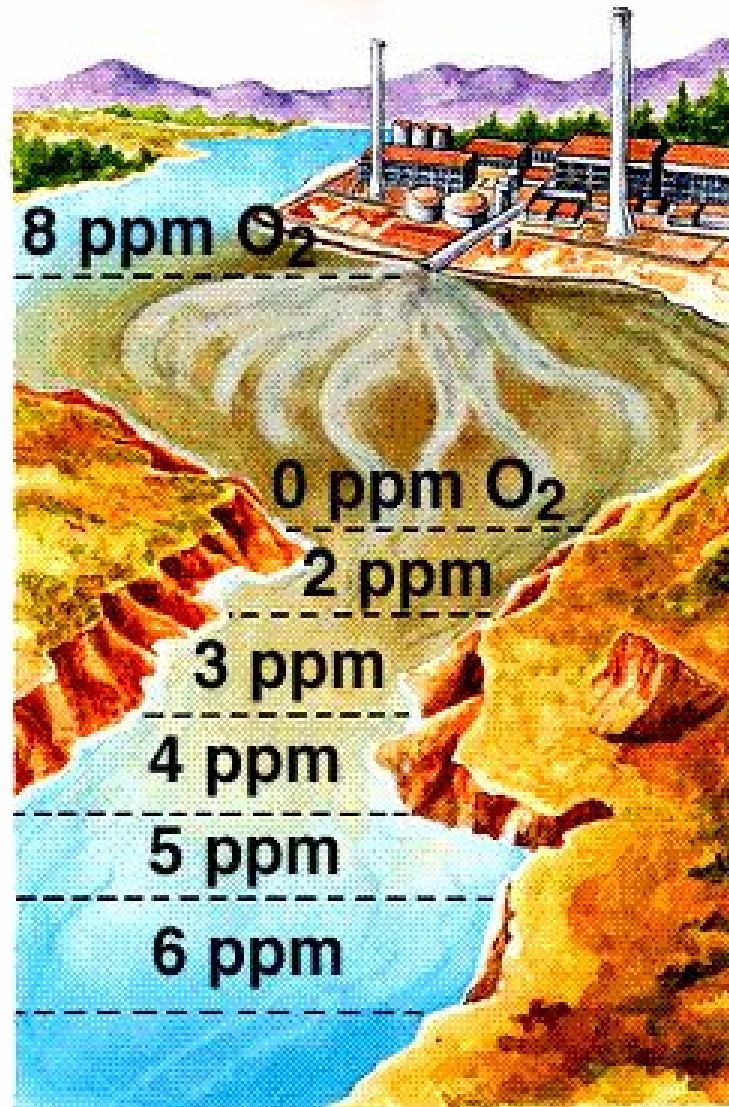
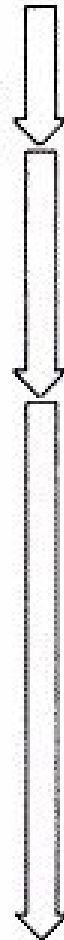
4-početno stanje BPK

5-BPK

Low BOD
(few organics
to be degraded)

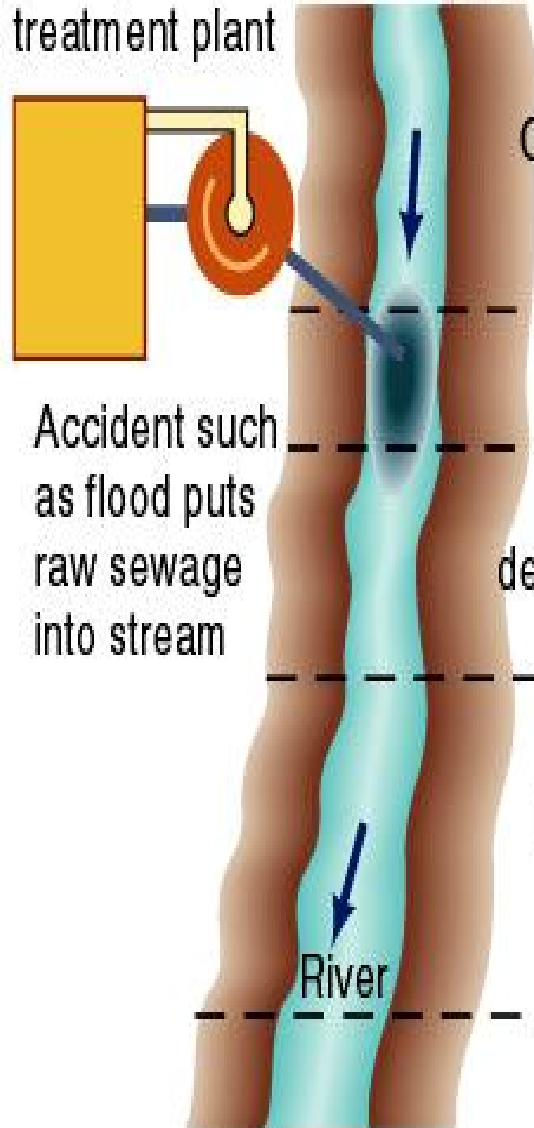
High BOD,
zone of
mixing (lots
of sewage)

Dilution and
recovery zone
(several
kilometers)



Effect of Organic Wastes on Dissolved Oxygen

Sewage treatment plant



Clear, clean water

Pollution zone

Accident such as flood puts raw sewage into stream

Active decomposition zone

Recovery zone

River

Distance downstream

BOD

Dissolved oxygen

Sufficient oxygen for healthy, vigorous life in stream

Low oxygen concentrations. Life in stream restricted to species that tolerate high organic content and low dissolved oxygen

Conditions returning to those necessary to maintain high-quality stream environment

Low → High
Dissolved oxygen or BOD

9. Povišena temperatura vode

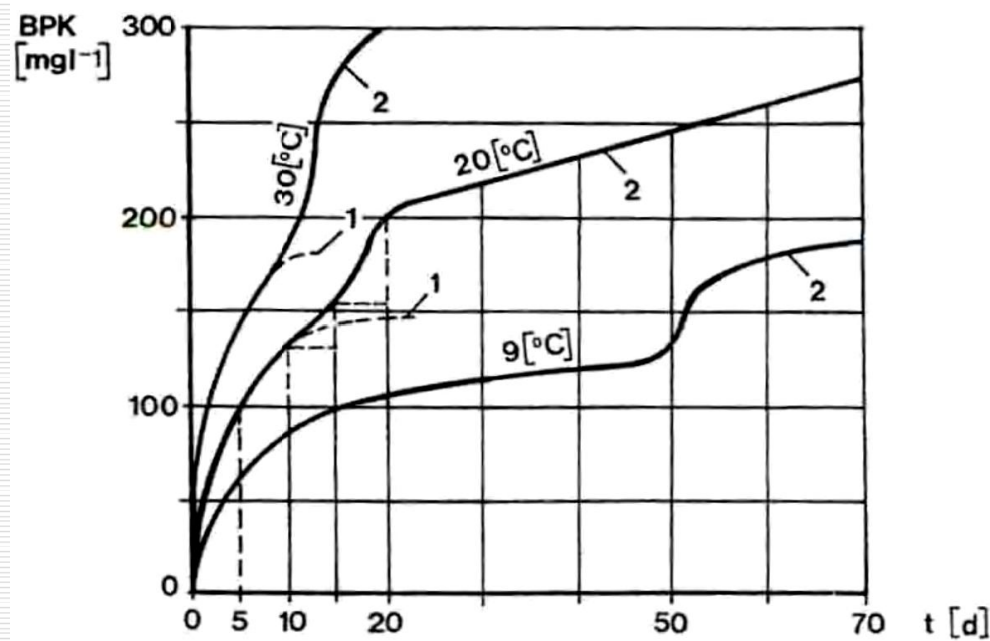
- Povišena temperatura vode je posledica ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih postrojenja, posebno termoelektrana i nuklearnih elektrana
 - Toplija voda sadrži manje rastvorenog kiseonika, ubrzava metabolizam živih organizama, što dovodi do brze potrošnje kiseonika, pa manjak kiseonika postaje sve izraženiji. Kao posledica toga nastupa promena životnih uslova staništa, potpuno isčezavaju organizmi koji zahtevaju veće koncentracije kiseonika i počinje anaerobna razgradnja organske materije poreklom od uginulih organizama
-

-
- U standardnim uslovima glavno zagađenje upotrebljenih voda (naročito voda iz domaćinstva) predstavljaju organske materije za čiju se razgradnju troši rastvoreni kiseonik iz vode
 - **Stepen zagađenja upotrebljenih voda organskom materijom u direktnoj je vezi sa količinom kiseonika potrebnom za oksidaciju, odnosno razgradnju, te materije**
-

-
- Količina kiseonika potrebna za razgradnju biološki razgradive organske materije u vodi posredstvom aerobnih mikroorganizama naziva se biohemijska potrošnja kiseonika (BPK)
 - Ukupna biohemijska potrošnja kiseonika (BPK ukupno) je količina kiseonika potrebna za potpunu razgradnju organske materije
 - Radi kvantifikacije opterećenja upotrebljenih voda organskom materijom za praktične primene je uveden pokazatelj petodnevne biohemijske potrošnje kiseonika (BPK₅)
-

- Orijentaciono BPK_5 za upotrebljne vode iz domaćinstva iznosi 400 mg/l
-

- Ako bi se potrošnja kiseonika pokazala komulativnom krivom u funkciji vremena dobio bi se dijagram kao što je prikazano na slici



-
- Kod ispitivanju karakteristika upotrebljenih voda naročito industrijskih, uobičajeno je određivanje hemijske potrošnje kiseonika (HPK)
 - Ispitivanja su pokazala da je $BPK_{ukupno} = (0.0-0.93)HPK$, a $BPK_5 = (0.0-1.0) BPK_{ukupno}$.
 - Organske materije kod kojih se BPK_{ukupno} malo razlikuje od HPK, a BPK_5 od BPK_{ukupno} , lako se oksiduju.
 - Suprotno, materije sa izrazito različitim vrednostima BPK i HPK, a naročito BPK_5 i BPK_{ukupno} , teško se oksiduju.
-

U pogledu ispuštanja upotrebljenih voda kod vodenih sistema značajno je poznavati sledeće faktore:

1. Hidrološke i hidrauličke osobine prijemnika :

- količini vode (protoku) i uslovima tečenja, odnosno o dinamici izmene vodnih masa (kod jezera, mora i veštačkih vodnih sistema)
 - nivou vode
 - prenosu nanosa
 - pojavi leda
-

2. Fizičke, hemijske, biološke i bakteriološke osobine:

- boja, miris i ukus
 - Mutnoća
 - Temperatura
 - Koncentracija vodonikovih jona
 - Elektroprovodljivost
 - Ukupan suvi ostatak
 - Ukupna tvrdoća
 - Rastvoreni gasovi
 - Rastvorene, koloidne i lebdeće organske i neorganske materije
 - Mikroorganizmi
 - Životne (biljne i životinjske zajednice)
-

Suva supstanca predstavlja suspendovane ili rastvorene supstance u vodi ili upotrebljenoj vodi

- **Ukupna suva supstanca (Total Solids - TS)** je zbir ukupne suspendovane supstance (**Total Suspended Solids - TSS**) i ukupne rastvorene supstance (**Total Dissolved Solids**). Svaka od ove dve grupe se može razložiti na **volatilnu i fiksnu (neorgansku) frakciju**
 - **Ukupna suva supstanca predstavlja materijal koji zaostaje nakon uparavanja otpadne vode u posudi koja se osuši do konstantne mase u sušnici na 103 - 105°C**
-

-
- **Ukupna suspendovana supstanca (Total Suspended Solids - TSS)** predstavlja nefiltrabilni ostatak koji zaostaje nakon filtracije otpadne vode
 - Koristi za standardizovanje efluenta

 - **TSS standardi za primarni efluent iznosi 30 mg/l, a za sekundarni efluent obično iznos i 12 mg/l, respektivno**

 - Određuje se tako što se uzorak vode filtrira kroz filter, a ostatak koji zaostane na filteru se suši u sušnici do konstantne mase na 103 - 105°C
-

-
- **Ukupna rastvorena supstanca TDS (Total Dissolved Solids)** se naziva i filtrabilni ostatak.
 - Filtrat, dobijen nakon filtriranja uzorka otpadne vode kroz standardni stakleni filter, se uparava najmanje 1h u sušnici na temperaturi od $180 \pm 2^\circ\text{C}$.
 - **Sadržaj ukupne rastvorene supstance u sirovoj otpadnoj vodi se obično kreće u granicama od 250 - 280 mg/l.**
-

-
- Fiksne (neorganske) i volatilne supstance se određuju spaljivanjem ostataka uzorka nakon određivanja TS, TSS ili TDS na 550°C.
 - Gubitak mase usled žarenja predstavlja sadržaj volatilne supstance
 - Ostatak posle žarenja predstavlja neorgansku frakciju

 - Sadržaj volatilne i fiksne (neorganske) supstance ne daje sasvim precizne podatke o količini organske i neorganske supstance, jer se gubitak prilikom žarenja ne javlja samo kao posledica sagorevanja organske supstance nego i usled razgradnje nekih mineralnih soli
-

Uticaj zagađujućih materija upotrebljenih voda na recipijent

Zagađujuća materija	Uticaj na recipijent
Suspendovane čestice	Ispuštanje upotrebljenih voda sa povećanom koncentracijom suspendovanih čestica u recipijentu može doći do stvaranja naslaga mulja u kojima nastaju anaerobni uslovi.
Biorazgradljive organske materije	Biološka razgradnja organskih materija mikroflorom vode dovodi do smanjenja koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi i do nastajanja anaerobnih uslova.
Patogeni organizmi	Patogeni organizmi u upotrebljenih voda mogu uzrokovati zarazne bolesti.
Nutrijenti	Unošenjem azota i fosfora u recipijent može rezultovati prekomernim rastom algi i drugog vodenog bilja. Ukoliko nutrijenti u povećanim količinama dospevaju na zemljište mogu zagađiti podzemne vode
Bionerazgradljive organske materije	Deterdženti, fenoli, pesticidi i dr. materije nakon obrade upotrebljene vode konvencionalnim postupcima ostaju nerazgrađene i kontaminiraju recipijent.
Teški metali	Uglavnom su prisutni u industrijskim upotrebljenim vodama i deluju toksično
Rastvorene neorganske materije	Kalcijum, Natrijum, Sulfati i dr. neorganske materije uglavnom su prisutne u industrijskim upotrebljenim vodama

-
- Usled štetnog delovanja upotrebljenih voda neophodno je projektovati procese i uređaje za prečišćavanje na osnovu pouzdanih parametara koji se dobijaju u metodološki dobro organizovanim ispitivanjima karakteristika upotrebljenih voda, procesa prečišćavanja i lokalnih karakteristika recipijenta
-