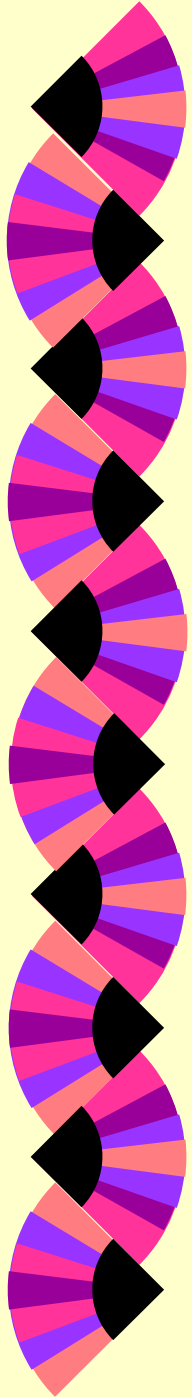




MIKROBIOLOGIJA

Dr Zorana Naunović, dipl.ing.tehn.



Sadržaj prezentacije

- ◆ O mikrobiologiji
- ◆ Ispitivanje kvaliteta vode sa biološkog aspekta
- ◆ Mikroorganizmi kao uzročnici bolesti
- ◆ Monitoring
- ◆ Regulativa
- ◆ Koliformna grupa bakterija
- ◆ Važni datumi u razvoju mikrobiologije

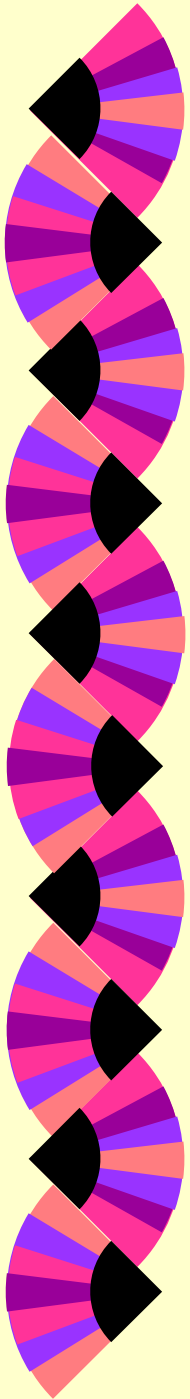
MIKROBIOLOGIJA

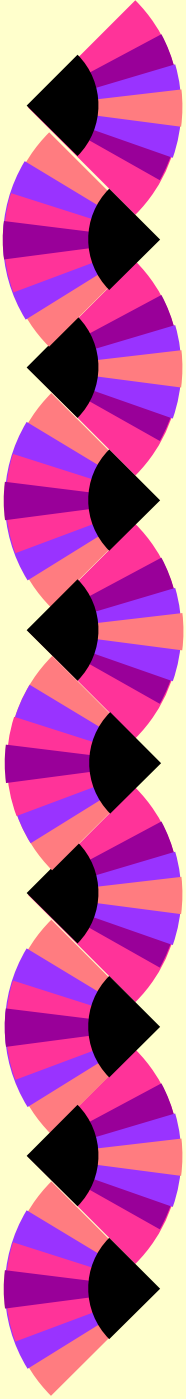
Mikrobiologija je nauka koja proučava mikroorganizme, koji su jednoćelijski ili ćelijski-cluster mikroskopski organizmi.

Oni pripadaju:

- ♦ eukariotima (sa nukleusom) i
- ♦ prokariotima (bez nukleusa).

Reč mikrobiologija potiče od grčkih reči *mikron* - mali i *biologos* - nauka o životu





Mikrobiologija i mikroorganizmi

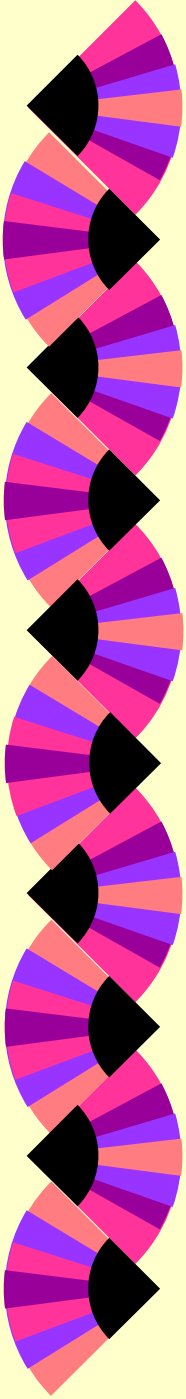
Mikrobiologija se često definiše kao nauka koja proučava organizme koji su premali da bi se videli golim okom, odnosno kao nauka koja proučava mikroorganizme.

Organizmi i objekti manji od jednog milimetra u prečniku ne mogu se videti golim okom, te su mikroskopi naišli na ogromnu primenu u mikrobiologiji.

POZITIVAN ASPEKT PRISUSTVA MIKROORGANIZAMA

Mikroorganizmi su od velikog značaja. Mikroorganizmi su neophodni za pravljenje hleba, sira, piva, vina, antibiotika, enzima, vakcina, vitamina i mnogih drugih bitnih produkata. Mikroorganizmi su neophodni za ekološki sistem. Zahvaljujući njima postoje azotni i ugljenikovi ciklusi koji se odvijaju duboko u zemljištu i u dubokim vodama.

NEGATIVAN ASPEKT PRISUSTVA MIKROORGANIZAMA

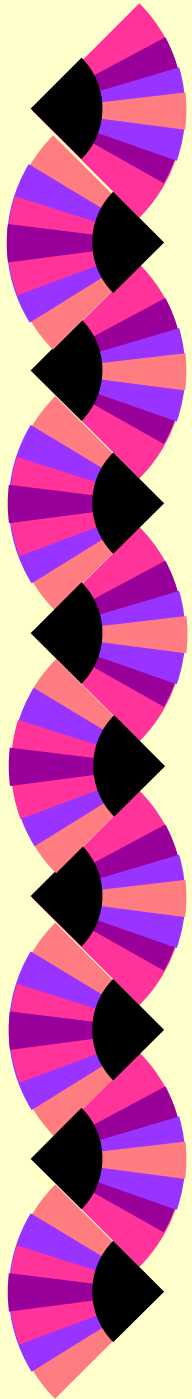


Mikroorganizmi su uzrok mnogih problema u istoriji čovečanstva.

Bolesti izazvane mikroorganizmima su od velikog značaja.

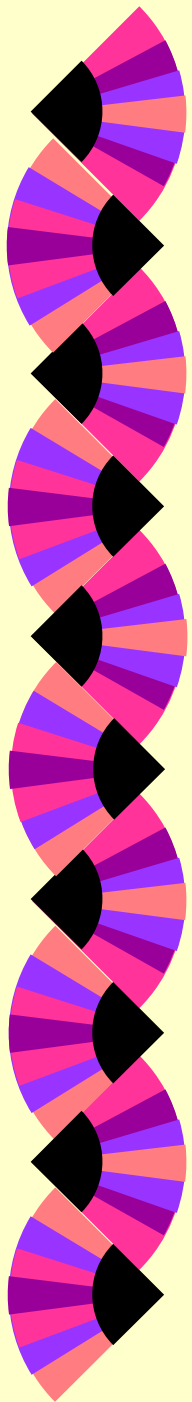
Na primjer: u doba Rimskog carstva i tokom osvajanja Novog Sveta, 1347 godine Crna smrt je harala Evropom i do 1351 samo četiri godine kasnije, 1/3 populacije je umrla.

Danas jedna od najvećih bitaka koje moderna mikrobiologija vodi, je sa virusom HIV-a, koji vodi do bolesti AIDS-a.




Prema grupama mikroorganizama koje proučava, mikrobiologija se deli na:

- ♦ **Bakteriologiju** (grč. *bakterion* - štapić, palica; *lógos* - nauka) - proučava morfološka svojstva bakterija, njihov rast, metabolizam, i genetiku.
- ♦ **Mikologiju** (grč. *mýkes* - gljiva; *lógos* - znanost) - proučava gljive, jednoćelijske i višećelijske, heterotrofne i aklorotrofne organizme. Proučavaju se njihova morfološka svojstva, rast, metabolizam i genetika.
- ♦ **Virologija, (virusologiju)** (lat. *virus* - otrov, sluz; grč *lógos* - nauka) - proučava viruse, te viroide i prione, infektivne čestice manje od virusa, koji su uzročnici bolesti biljaka, životinja i ljudi.
- ♦ **Protistologiju** (grč. *prótistos* - prvi, najraniji; *lógos* - nauka) - proučava protiste.
- ♦ **Parazitologiju** - proučava pljosnate i valjakste nametnike i člankonožce.



ISPITIVANJE KVALITETA VODE SA BIOLOŠKOG ASPEKTA

Biološke metode za određivanje kvaliteta vode uključuju: prikupljanje, prebrojavanje i identifikaciju akvatičnih organizama; određivanje biomase; određivanje metaboličke aktivnosti; određivanje toksičnosti; biokoncentraciju i bioakumulaciju polutanata.



U zavisnosti od prirode problema koji se ispituju (određivanje kvaliteta površinskih ili podzemnih voda, voda za vodosnabdevanje, u procesu tretmana, u distributivnoj mreži...) zavisi koje akvatične zajednice će biti ispitivane i koje tehnike će biti primenjene pri tim ispitivanjima:

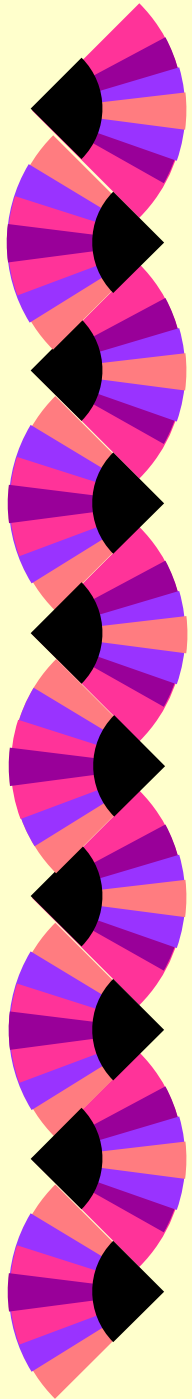
- plankton,

- perifiton,

- makrofiton,

- fauna dna,

- ribe, vodozemci, vodeni reptili, ptice i sisari.

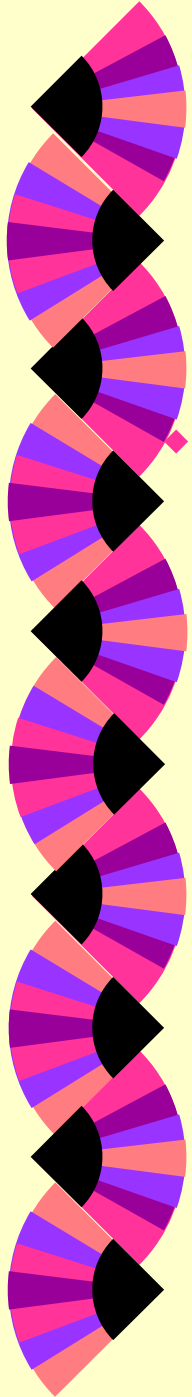


Plankton

Plankton čine slobodnoživeći sitni organizmi, koji lebde ili se aktivno kreću u vodi.

Čine ga: bakterioplankton, akvatične gljive, fitoplankton -mikroskopske alge i zooplankton protozoe, rotatorie, kladocere i kopepode.

Neke vrste planktonskih organizama prouzrokuju cvetanje vode, neke menjaju boju, miris ili ukus vode, a od nekih nastaju toksini koji mogu biti uzrok smrti životinja ili oboljenja ljudi. Zbog vrlo kratkog životnog ciklusa mikroorganizama i njihove osetljivosti na promene kvaliteta vode, kvantitativni i kvalitativni sastav pojedinačnih grupa planktonskih organizama se koristi kao indikator kvaliteta voda.



Bakterioplankton

Istraživanje bakterioplanktona u vodama obuhvata izučavanje autohtonih i alohtonih bakterija svih metaboličkih tipova, kao i povezivanje dobijenih rezultata s ekološkim uslovima sredine, posebno organskim opterećenjem alohtone prirode.

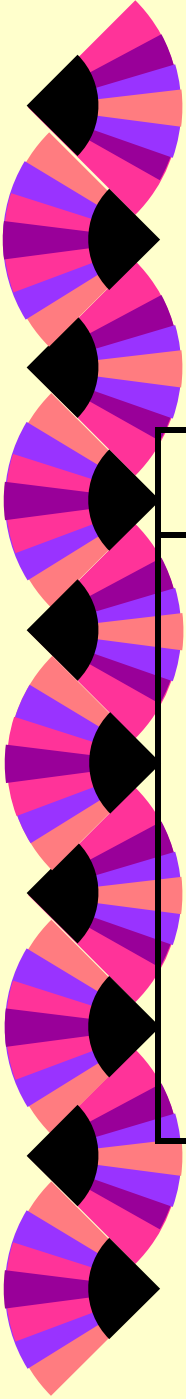


Tabela 1.
Kvalitet vode na osnovu ukupne brojnosti
bakterioplanktona
(Ambrazene, 1976)

Ukupan broj bakterija ($10^6/\text{cm}^3$)	Karakteristike vode (uslovno)
-	maksimalno čista
3,5	čista
6,0	slabo zagađena
10	umereno zagađena
≤ 20	veoma zagađena
≥ 20	prljava



- ◆ Određivanje broja organotrofnih (heterotrofnih, saprofitnih) bakterija u vodi je jedna od osnovnih zadataka mikrobioloških laboratorija koje se bave istraživanjima kvaliteta vode. Broj heterotrofnih bakterija je indikator prisustva lako razgradljivih organskih materija u vodi, odnosno svežeg organskog opterećenja, pa je zato u postojećim sistemima za ocenu kvaliteta voda uzet broj organotrofnih (saprofitnih) bakterija u vodi kao jedan od glavnih parametara (tabela 2).

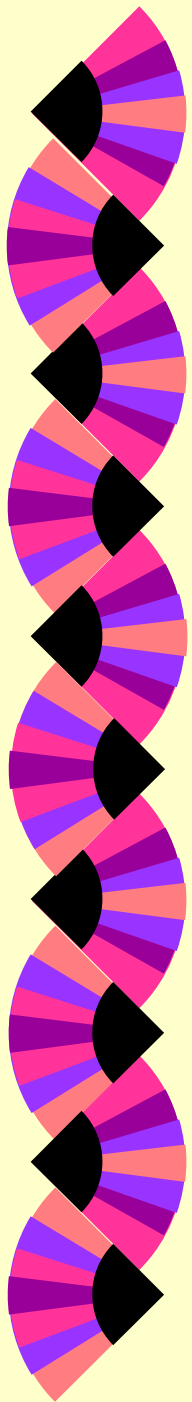
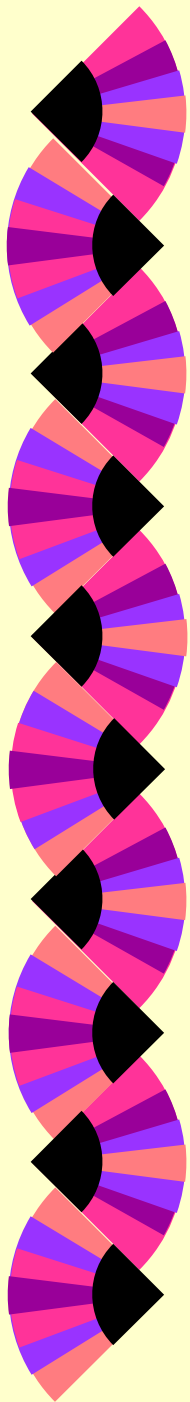


Tabela 2. Kvalitet voda na osnovu broja saprofita (Kohl, 1975)

Brojnost saprofitnih bakterija po cm ³ vode	Klasa vode
< 500	I
500 – 1 000	I - II
1 000 – 10 000	II
10 000 – 50 000	II - III
50 000 – 100 000	III
100 000 – 750 000	III - IV
> 750 000	IV



Fito- i zooplankton

Uzorci za ispitivanje fito- i zooplanktona sakupljaju se na terenu.

Veličina uzoraka zavisi od tipa vode i broja uzoraka.

Koncentrovani uzorci se mogu odmah ispitivati ili fiksirani do ispitivanja. Uzorci se pregledaju mikroskopski iz određene zapremine uzorka.

Kvalitativne metode povezane su sa taksonomskim sastavom zajednica u zonama različite zagađenosti, dok su kvantitativne metode povezane sa strukturom zajednice, pri čemu se koriste pokazatelji razlika, sličnosti i numerički pokazatelji saprobnosti.

Jedna od najčešće korišćenih metoda za biološku procenu zagađenosti površinskih voda je saprobni sistem prikazan u tabeli 3.

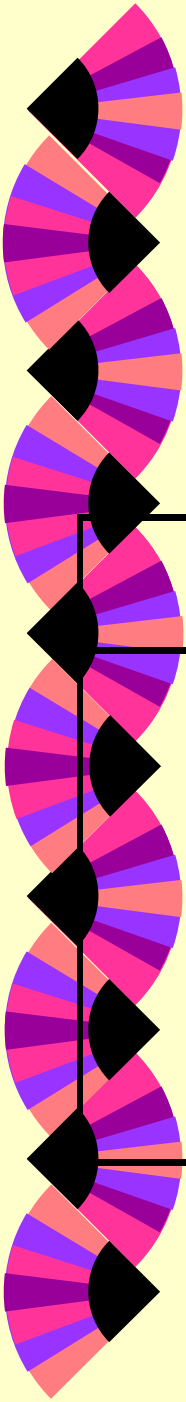


Tabela 3.
Odnos ukupnog broja bakterija i broja heterotrofa

Indeks saprobnosti

stepen saprobnosti vode

1 – 1,5

oligosaprobni

1,5 – 2,5

betamezosaprobni

2,5 – 3,5

alfamezosaprobni

3,5- 4

polisaprobni



HLOROFIL

Vrlo česta pojava (koja je najčešće posledica direktnog ili indirektnog antropogenog uticaja na akvatične ekosisteme) je "cvetanje algi", kada dolazi do masovnog razvoja fitoplanktona na račun povećane količine mineralnih materija. Povećanje količine mineralnih materija u vodi nastaje kao rezultat direktnog unošenja u akvatične ekosisteme, spiranja sa okolnih poljoprivrednih površina ili kao posledica razgradnje organskog opterećenja sistema (autopurifikacije). Masovni razvoj mikroalgi u takvim uslovima traje sve dok se ne utroše zalihe jednog ili više neophodnih elemenata za njihovo razvijanje. Tada alge počinju da odumiru, što ima za posledicu intenzivne procese truljenja - uz veoma brzu i veliku potrošnju rastvorenog kiseonika, a to rezultira nestankom akvatičnih organizama. Pored nestašice kiseonika, na živi svet mogu uticati i druge pojave intenzivne razgradnje organskih materija, kao i oslobađanje sadržaja ćelija mikroalgi koji vrlo često sadrže biološki aktivne materije tipa toksina. Iz navedenih razloga sve su aktuelnije brze i efikasne metode za određivanje biomase fitoplanktona u akvatičnim ekosistemima.

Sve zelene biljke sadrže hlorofil (koji predstavlja 1-2% suve mase planktonskih algi), koncentracija fotosintetskih pigmenata može poslužiti kao indikator biomase fitoplanktona. Za određivanje hlorofila a u fitoplanktonu postoji više metoda: spektrofotometrijske, fluorometrijske i HPLC tehnike. Hlorofil predstavlja u proseku 1,5% od suve algalne mase, biomasa algi se može jednostavno izračunati iz njegove koncentracije, a iz koncentracije hlorofila direktno se može proceniti stepen trofičnosti vode (tabela 4).



Tabela 4.

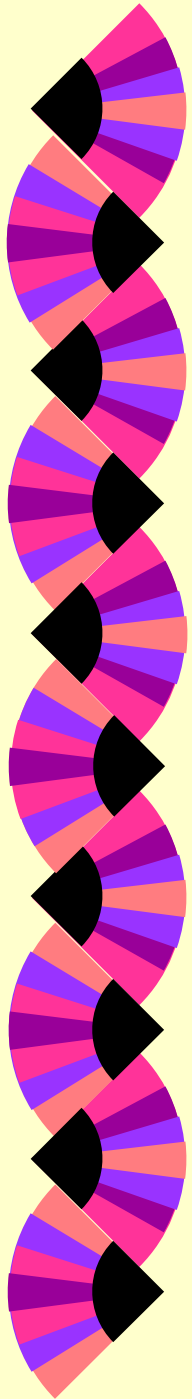
Stepen trofičnosti akvatičnih ekosistema u odnosu na koncentraciju hlorofila a (Felfoldy, 1980)

Stepen trofičnosti vode	Koncentracija hlorofila a (mg/m ³)
0 atrofičan	0
1 ultra-oligotrofičan	< 1
2 oligotrofičan	1 - 3
3 oligi-mezotrofičan	3 - 10
4 mezotrofičan	10 - 20
5 mezo-eutrofičan	20 - 50
6 eutrofičan	50 - 100
7 eu-politrofičan	100 - 200
8 politrofičan	200 - 800
9 hipertrofičan	> 800



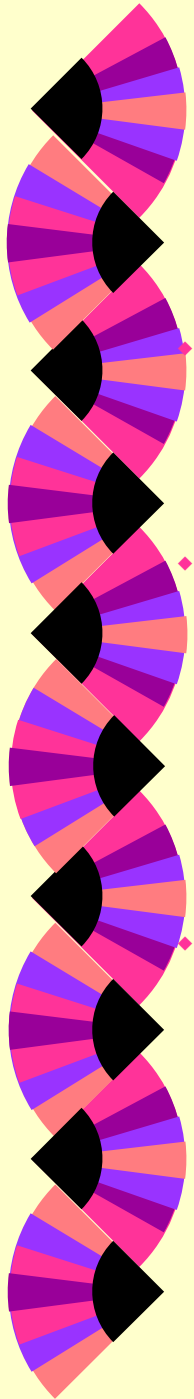
PERIFITON

- ♦ Perifitonski mikroorganizmi su organizmi koji su epifitno povezani sa krupnijim organizmima i predmetima uronjenim u vodu. Veoma su pouzdani indikatori kvaliteta voda, naročito brzotekućih. Ovoj grupi organizama pripadaju zooglealne i filamentozne bakterije, pričvršćene (sesilne) protozoe, rotatorije i alge, kao i slobodnoživući organizmi vezani za njih.
- ♦ Upotreba perifitona u proceni kvaliteta voda često je ograničena nepostojanjem objekata za njihovo pričvršćivanje, ali i teškoćama u dobijanju reprezentativnih uzoraka. U tom smislu, pribegava se primeni veštačkih površina koje će mikroorganizmi obrastati, što se često primenjuje za ispitivanje gvožđe- i mangan-oksidujućih mikroorganizama u vodama (podzemnim i površinskim) za vodosnabdevanje.
- ♦ Kao veštački supstrat najčešće se koriste stakla, pri čemu dužina ekspozicije zavisi od tipa vode. Kolonizacija po pravilu zahteva vreme 1-2 nedelje (pri čemu se optimalno vreme za kolonizaciju određuje eksperimentalno u toku 6 nedelja).
- ♦ Perifiton se sa prirodnih supstrata sakuplja skidanjem (grebanjem) sa predmeta uronjenih u vodu, dok se veštački supstrati posmatraju direktno.
- ♦ Uzorci perifitona se konzerviraju na isti način kao i uzorci fitoplanktona.



Makrofiton

- ♦ Makrofiton se sastoji od akvatičnih vaskularnih biljaka-cvetnica, ali uključuje i vodene mahovine, paprati i makroalge. Kao i svi primarni producenti i ove biljke reaguju na kvalitet vode u kojoj rastu, pa su dobri bioindikatori stanja površinskih voda.
- ♦ Distribucija i gustina viših biljaka su faktori koji se mogu razmatrati prostorno i vremenski. Među faktorima koji određuju njihovo prisustvo, gustinu i morfologiju su: tip sedimenta, zamućenost vode, brzina strujanja vode, koncentracija nutrijenata, dubina vode, razuđenost obale i ljudske aktivnosti. Uobičajena je zonalnost u obalskim zonama jezera i sporotekućih reka. Emerzne makrofite sreću se u plitkim litoralnim zonama, do oko 1 m dubine. Biljke sa plutajućim listovima se uobičajeno nalaze na dubinama 1 do 3 m, a submerzne biljke rastu od obale do granice fotičke zone i retko prelaze dubinu od 10 m.
- ♦ Pored negativne uloge u zarastanju vodenog okna, smanjivanju protoka i prosvetljenosti vodenog biotopa, a samim tim i narušavanju osnovnih ekoloških odlika, vodene makrofite imaju i višestruko pozitivnu ulogu. Ona se ogleda u značaju koji makrofite imaju, obzirom na dokazano antieroziono, antitermičko, baktericidno i fitofiltraciono dejstvo. Pozitivna uloga pomenutih tipova flore i vegetacije proističe i iz njihove sposobnosti da iz vode apsorbiraju razne toksične materije, fiziološki aktivne materije (npr. fenol, soli teških metala, pesticide, naftu i dr.) kao i da u svom telu akumuliraju znatne količine nekih metala (mangan, nikel, bakar, gvožđe, molibden, stroncijum, barijum...). Flotantne i submerzne makrofite služe izvlačenju iz vode mnogih toksičnih soli, metala, pesticida i fenola, kao "biosunder". Čestice koje se talože po njihovoj površini biljke usvajaju, akumuliraju i u toku metabolizma prerađuju. Predstavljaju fitofilter za štetne materije. Zato je danas u zaštiti voda pored mehaničkog i fizičko-hemijskog, posebno značajan fitofiltracioni metod.
- ♦ Redovno kartiranje vegetacije, populaciona istraživanja, kao i ispitivanje produktivnosti su svakako neophodna kontrola. Pravilna kontrola ukazuje na povremene potrebe iznošenja biomase makrofitne vegetacije, što daje pozitivne rezultate u smanjenju zagađenosti i kontroli eutrofizacije voda, naročito u jezerima i veštačkim akumulacijama, pa i akumulacijama za vodosnabdevanje.

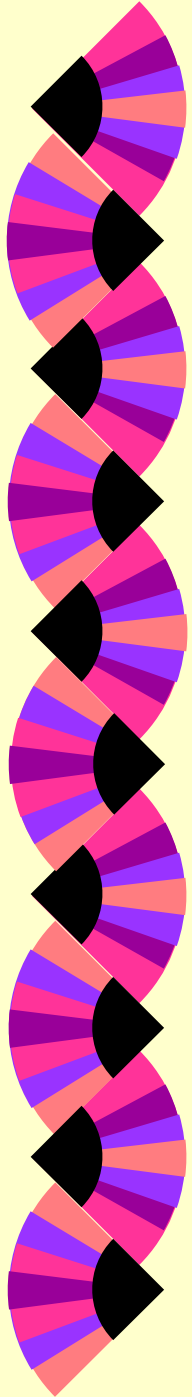


Bentonski makroinvertebrati - fauna dna

Faunu dna čine životinjski organizmi (pljosnati i prstenasti crvi, mekušci, rakovi, insekti...) naseljeni u ili na sedimentu, ili žive u ili na ostalim dostupnim supstratima na dnu površinskih voda. Sastav, vrsta i populacija ili gustine individua po jedinici površine su uniformni u stabilnim sredinama, a do većih i manjih variranja može doći sezonski.

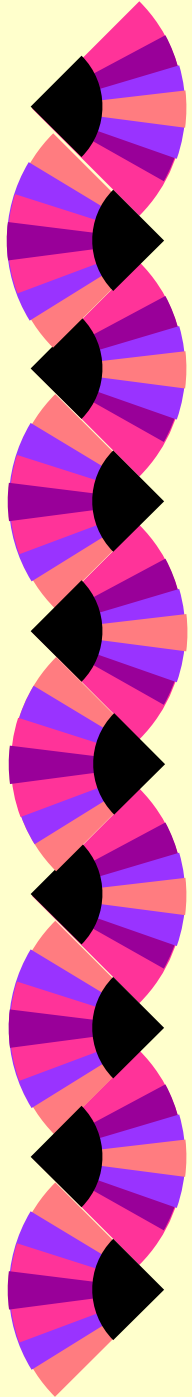
Ove zajednice odgovaraju na promenu sredine promenom strukture zajednica. Zajednice faune dna reaguju na promene životne sredine, naročito na promene kvaliteta vode pod antropogenim uticajem, pa mogu poslužiti kao bioindikator stanja akvatičnih sistema. Dokazano je da makroinvertebrate menjaju strukturu zajednice u slučaju: organskog opterećenja i toksično-hemijskog zagađenja. U sredinama sa niskim koncentracijama kiseonika samo najtolerantnije vrste opstaju uz povećanje broja individua. U sredinama sa zamuljavanjem i/ili toksičnim supstancama fauna dna može biti potpuno redukovana.

Procena kvaliteta površinskih voda, naročito tekućih, vrši se uzorkovanjem i analizom faune dna na mestima izloženim zagađenjima i na mestima gde se zagađenje ne očekuje. Analizom strukture zajednice sa ta dva lokaliteta određuje se stepen opterećenja vode na mestima koja su uzložena zagađenju, prema zastupljenosti indikatorskih organizama, broju zastupljenih vrsta, a naročito broju individua u okviru vrste. Mogu se takođe određivati biomasa i produktivnost faune dna pri čemu se mora voditi računa o koncentraciji rastvorenog kiseonika, dubini vode, tipu sedimenta, veličini granula, kvalitetu mulja, ukupnom organskom ugljeniku i ostalim specifičnim fizičko-hemijskim faktorima.

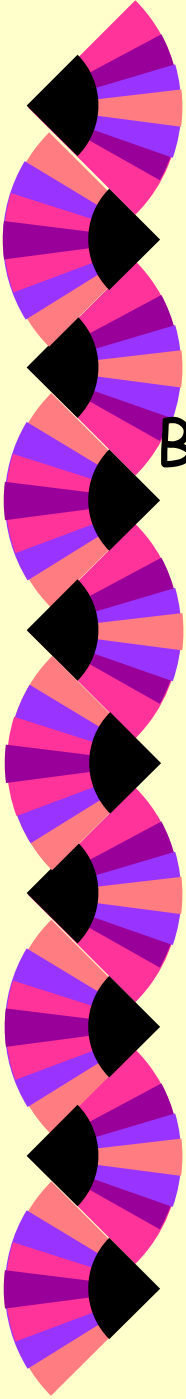


Indikacije mikrobiološke zagađenosti vode

- ♦ potencijalno prenošenje bolesti izazvane prisustvom mikroorganizama (patogenih) koje se prenosi kontaktom i unošenjem vode
- ♦ kontakt uključuje direktno unošenje, kao i primarni i sekundarni kontakt



Mikroorganizmi kao uzročnici bolesti

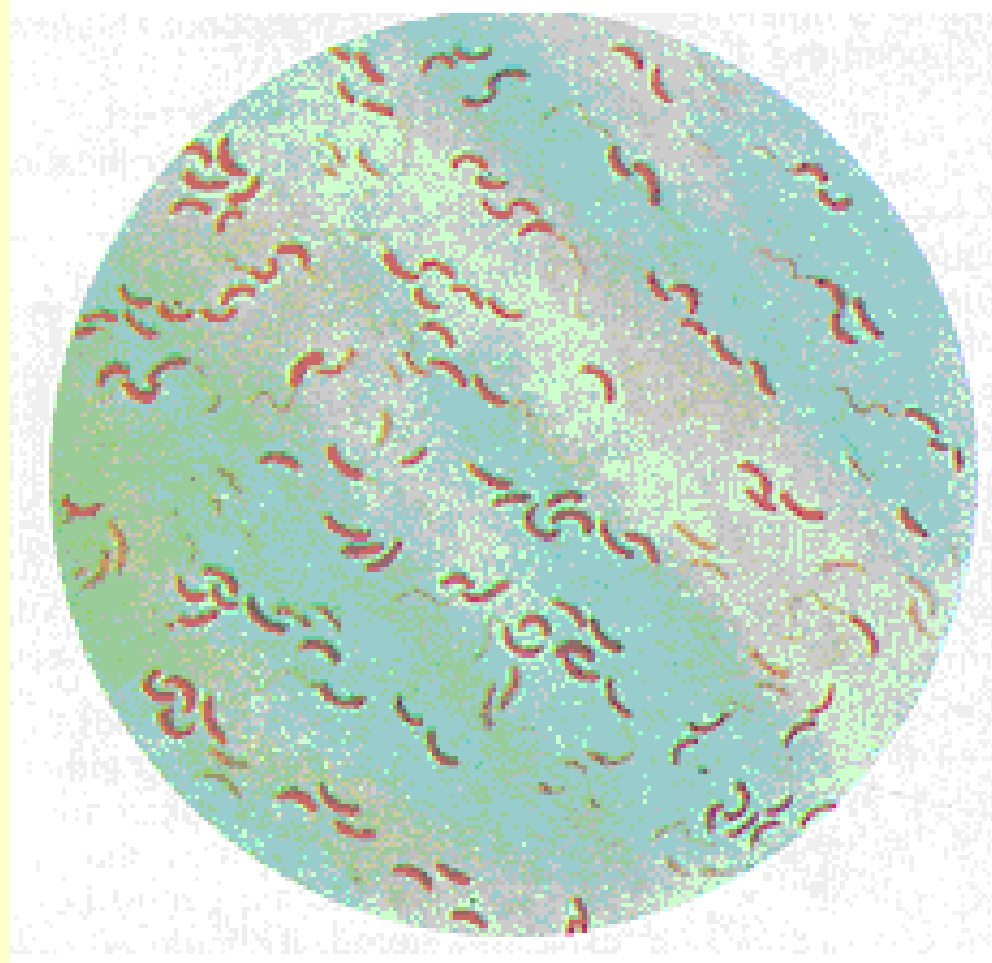
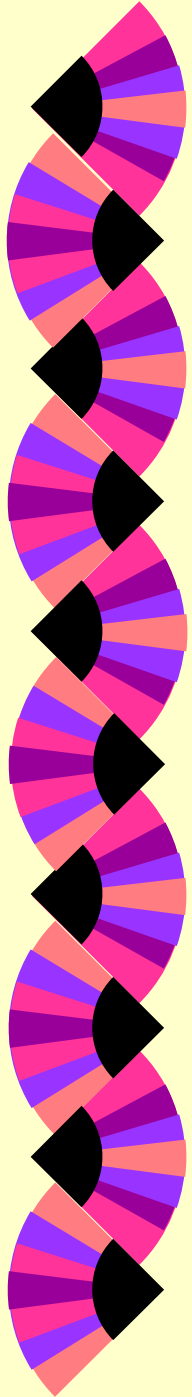


Vodene bolesti/Patogene bakterije

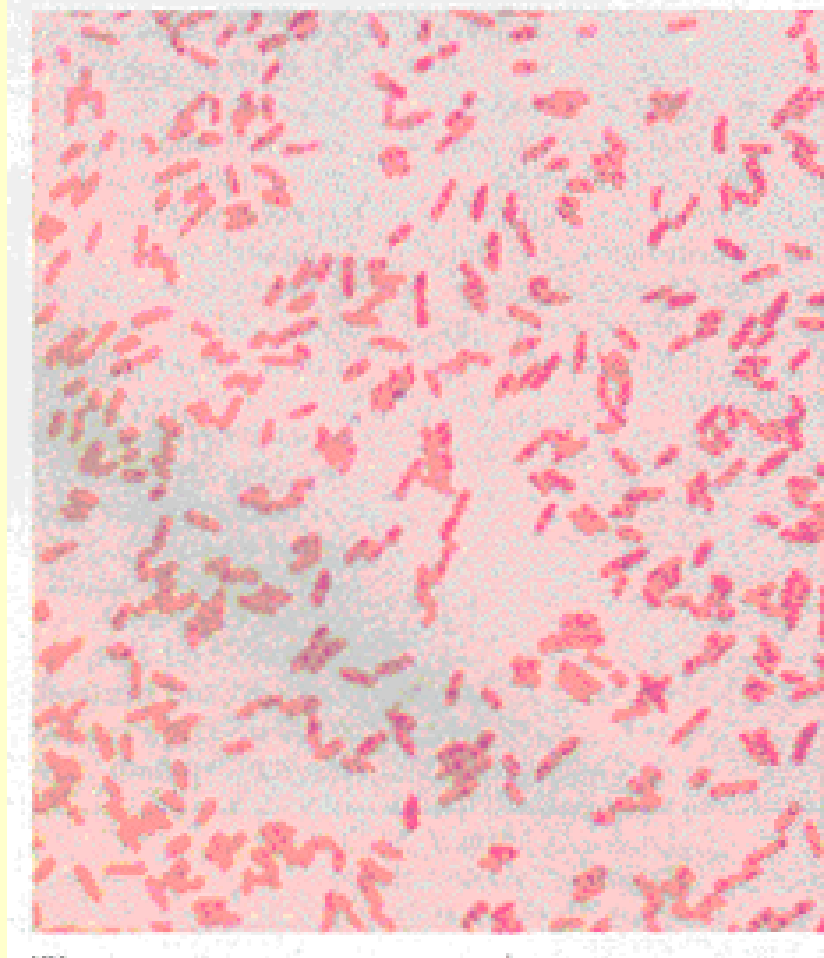
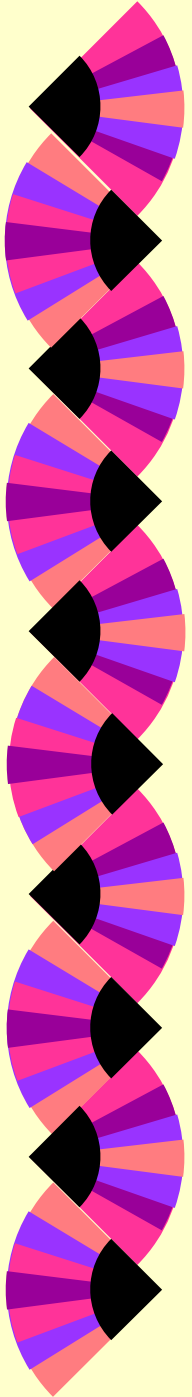
Bakterije

- *Vibrio cholera* - kolera
- *Yersinia enterocolitica* - gastroenteritis
- *Escherichia coli* - gastroenteritis
- *Shigella sp.* - gastroenteritis
- *Listeria monocytogenes* - simptomi gripa
- *Salmonella sp.* - gastroenteritis, tifus
- *Campylobacter jejuni* - gastroenteritis (životinjski izvori)

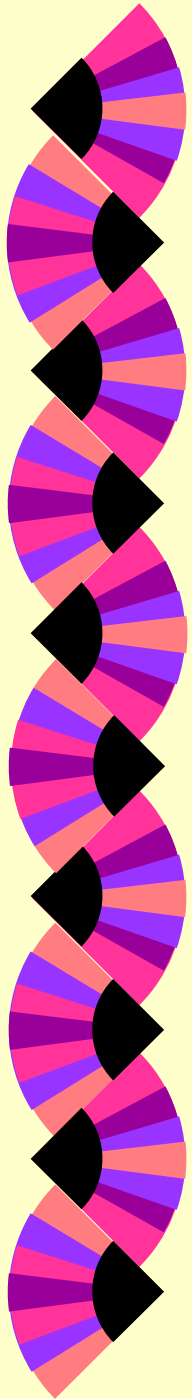
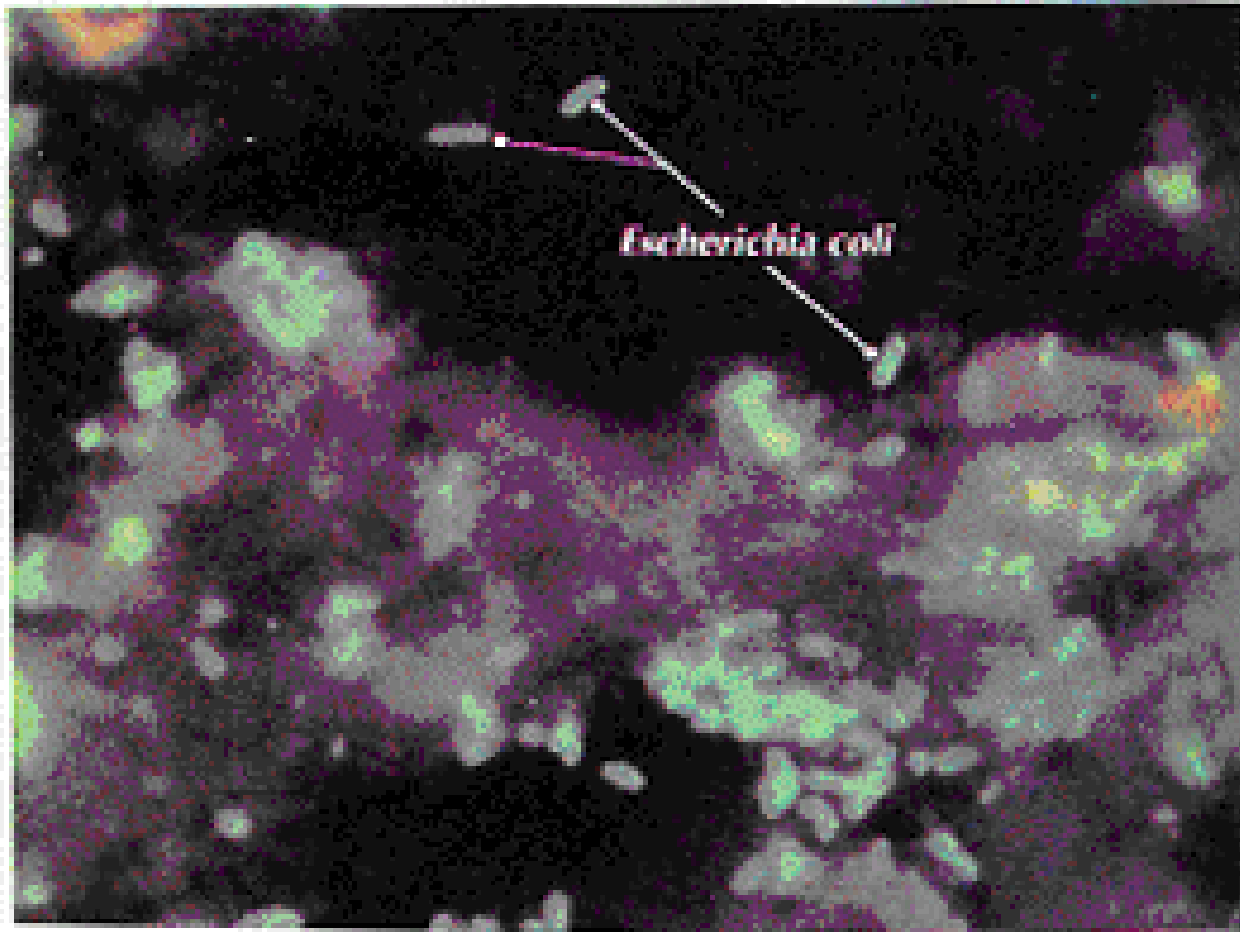
Vibrio cholerae-kolera



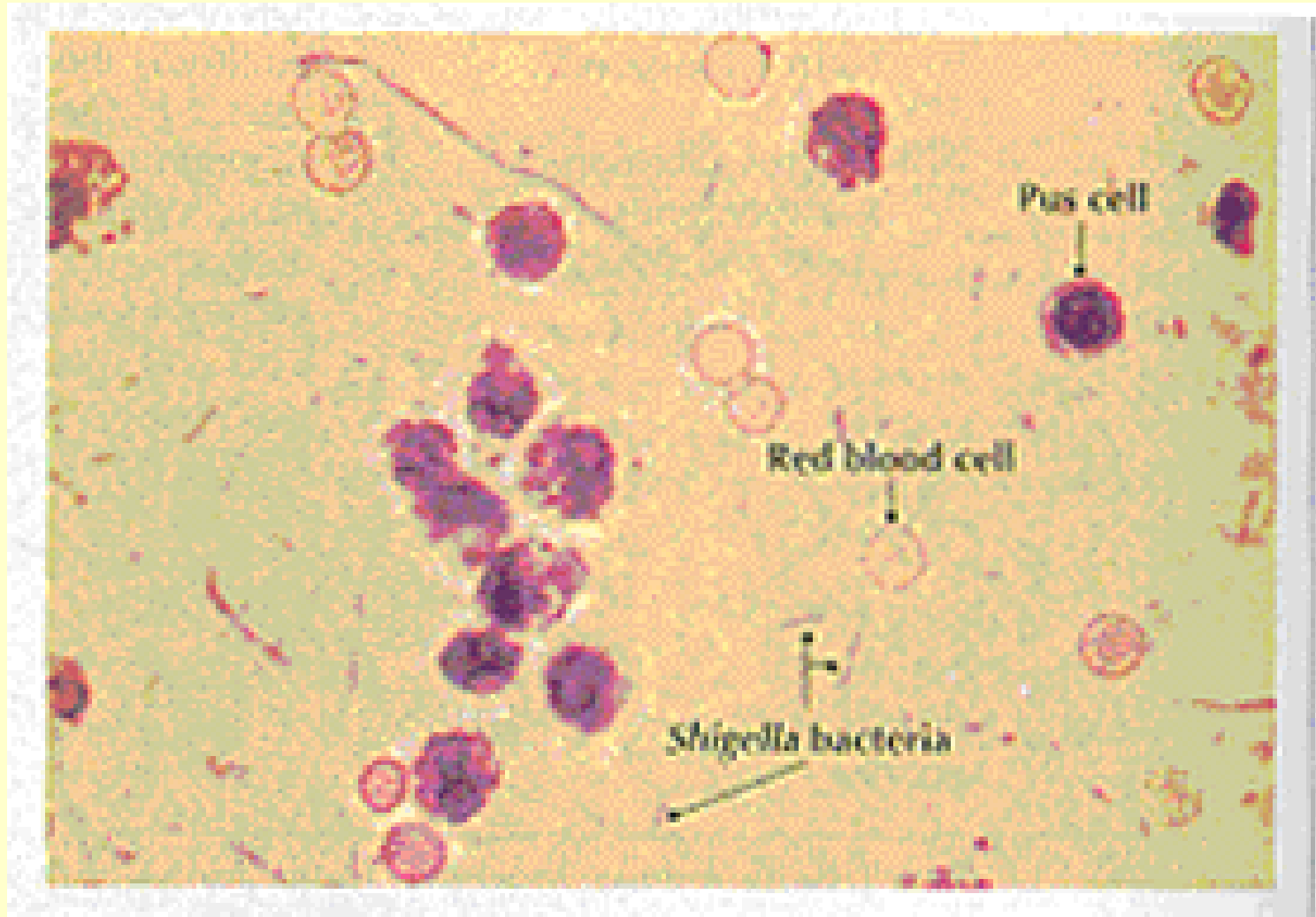
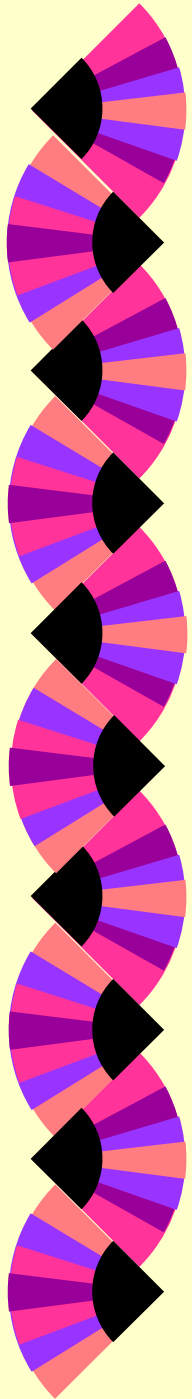
Yersinia enterocolitica-gastroenteritis



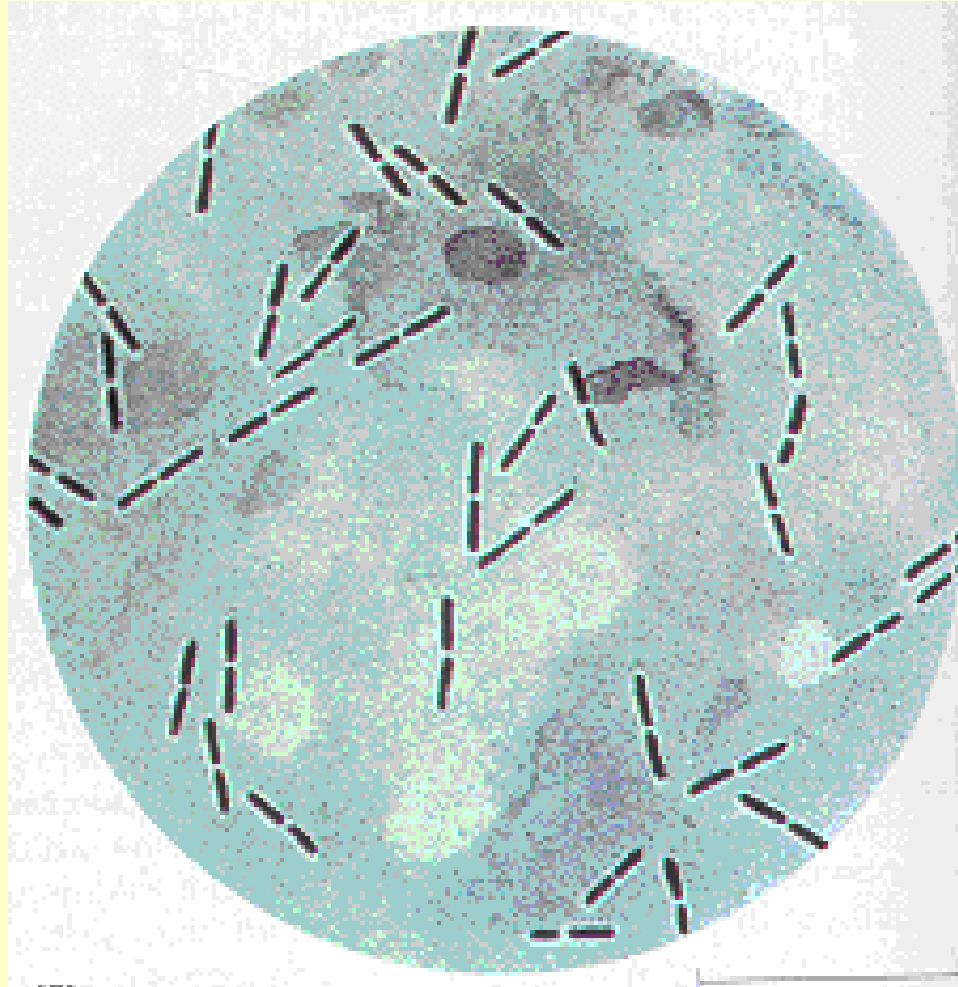
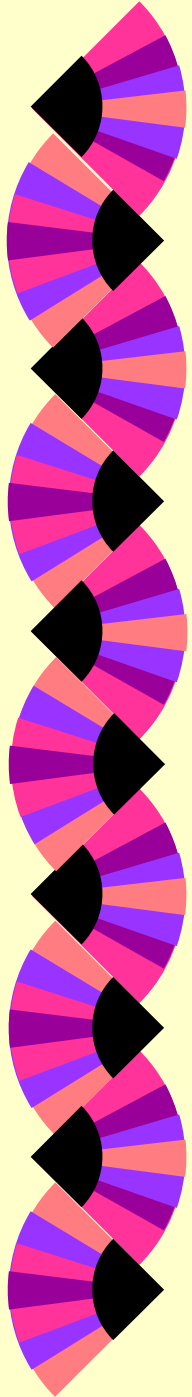
E. coli-gastroenteritis

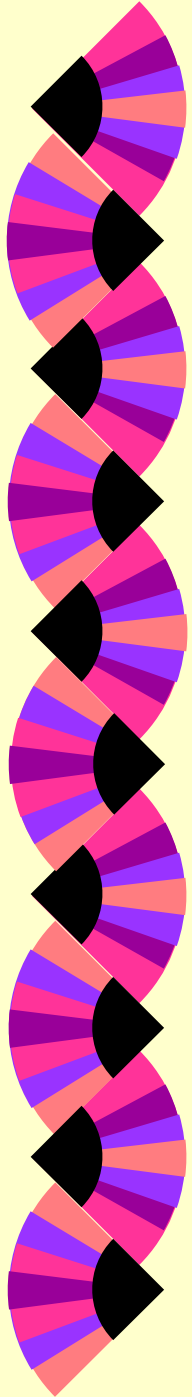


Shigella-gastroenteritis



Clostridium perfringens

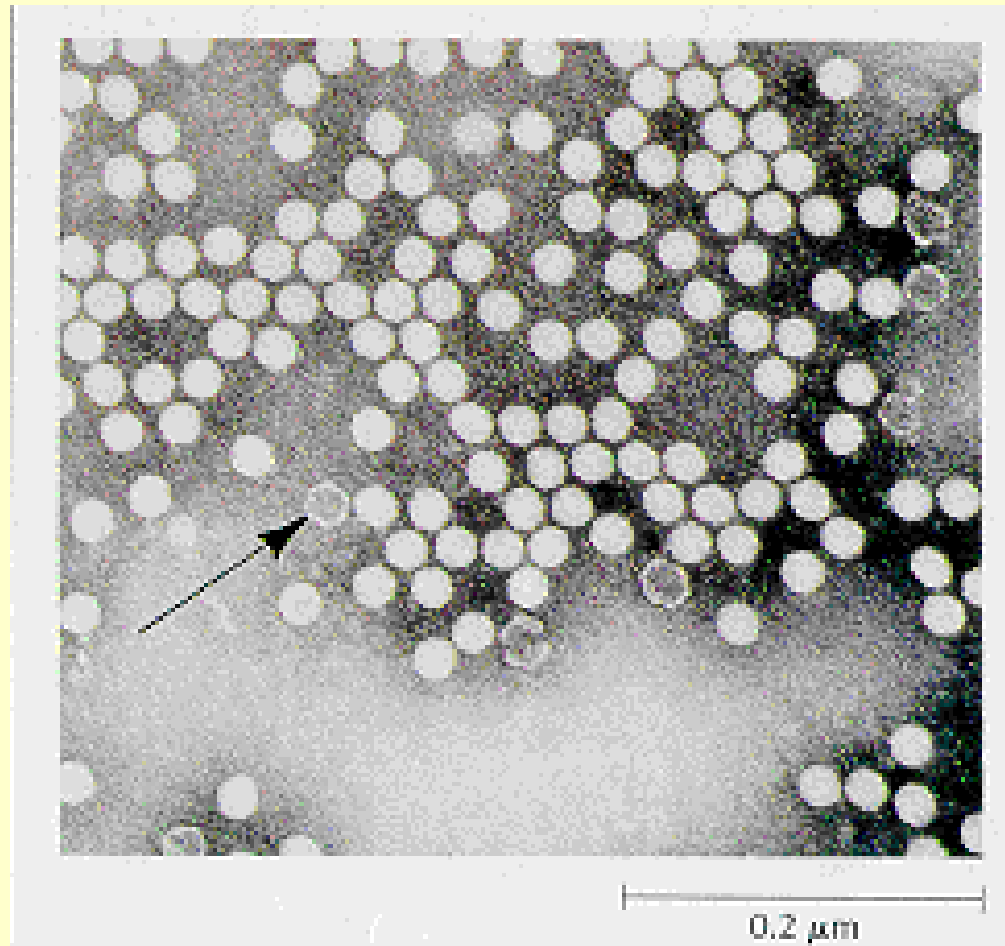
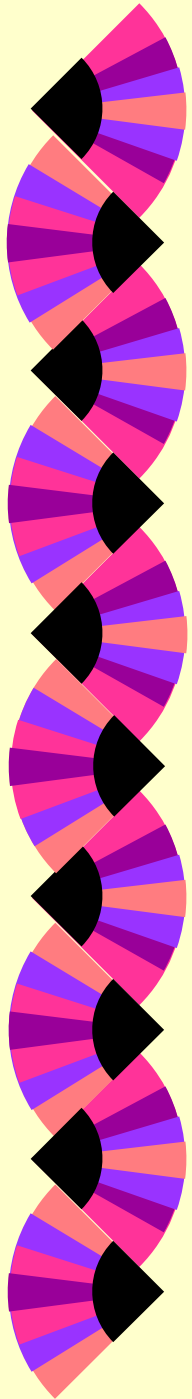




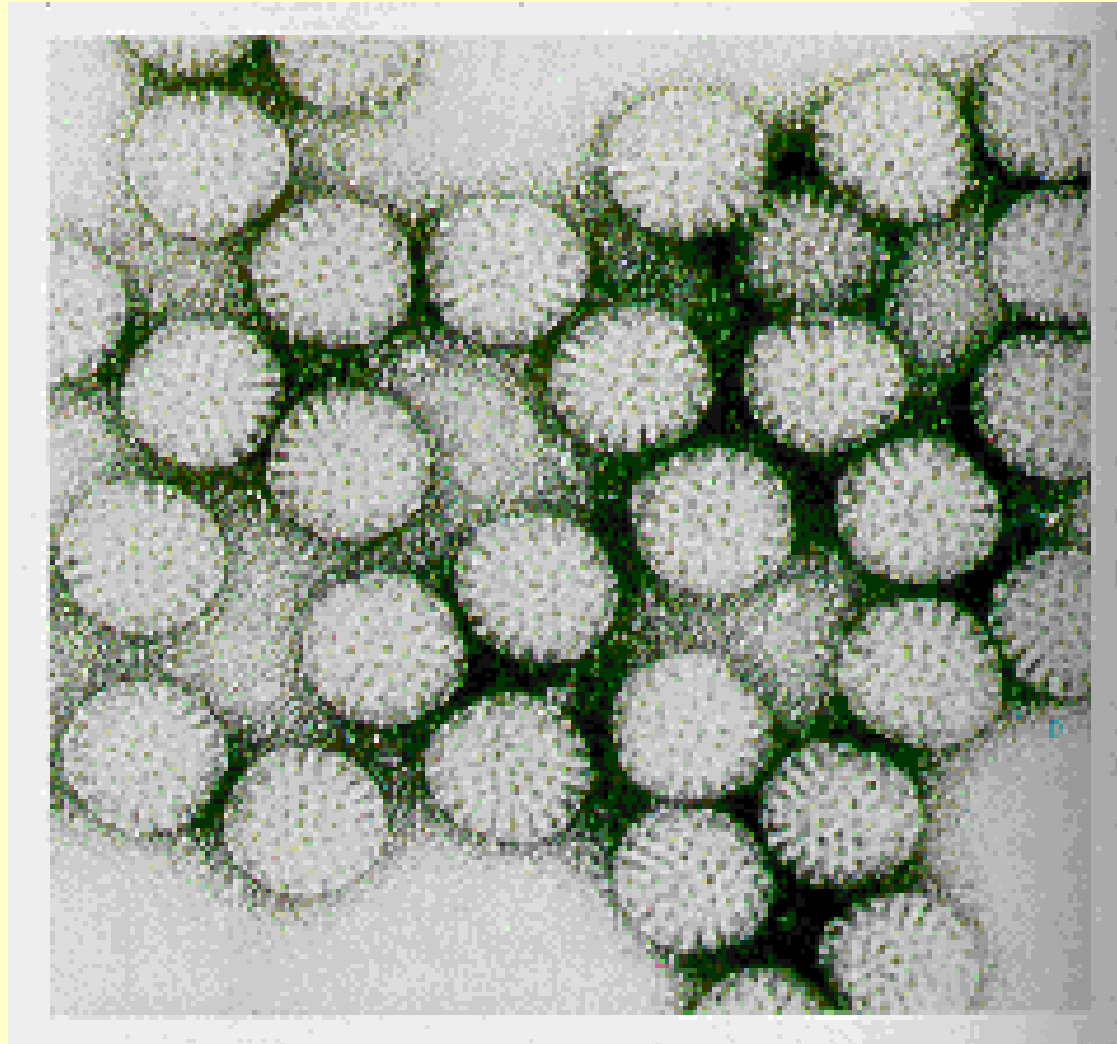
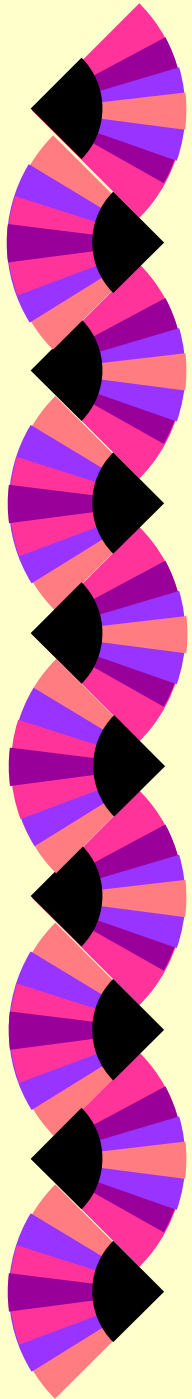
Vodene bolesti/Patogeni virusi

- ◆ Virusi
 - Polio Virus - paraliza poliomijelitis
 - Rotaviruses - gastroenteritis
 - Norwalk Viruses - gastroenteritis
 - Hepatitis Type A and E - zapaljenje jetre

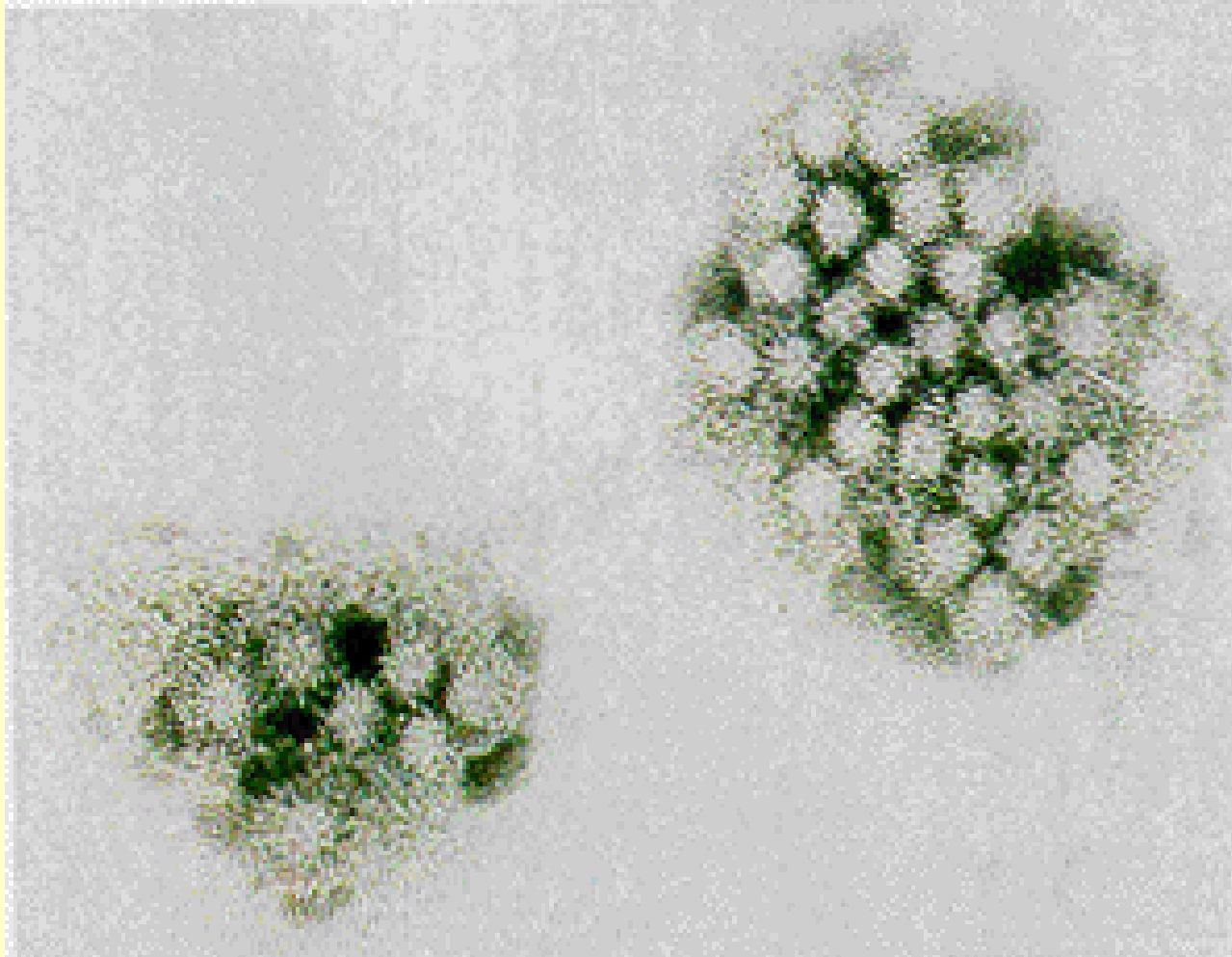
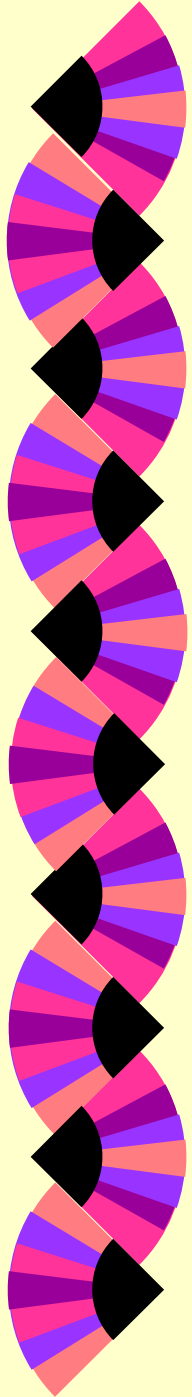
Polio Virus

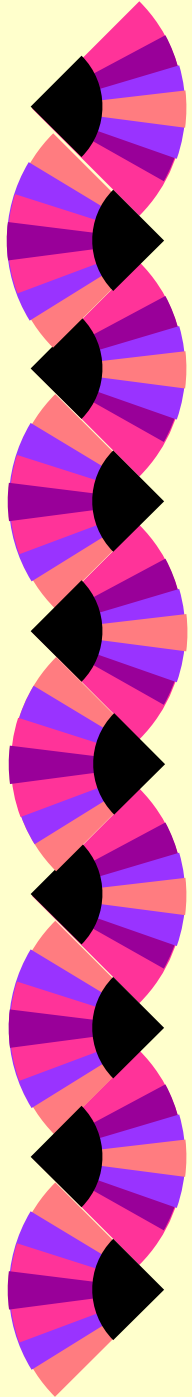


Rotavirus



Norwalk Agent



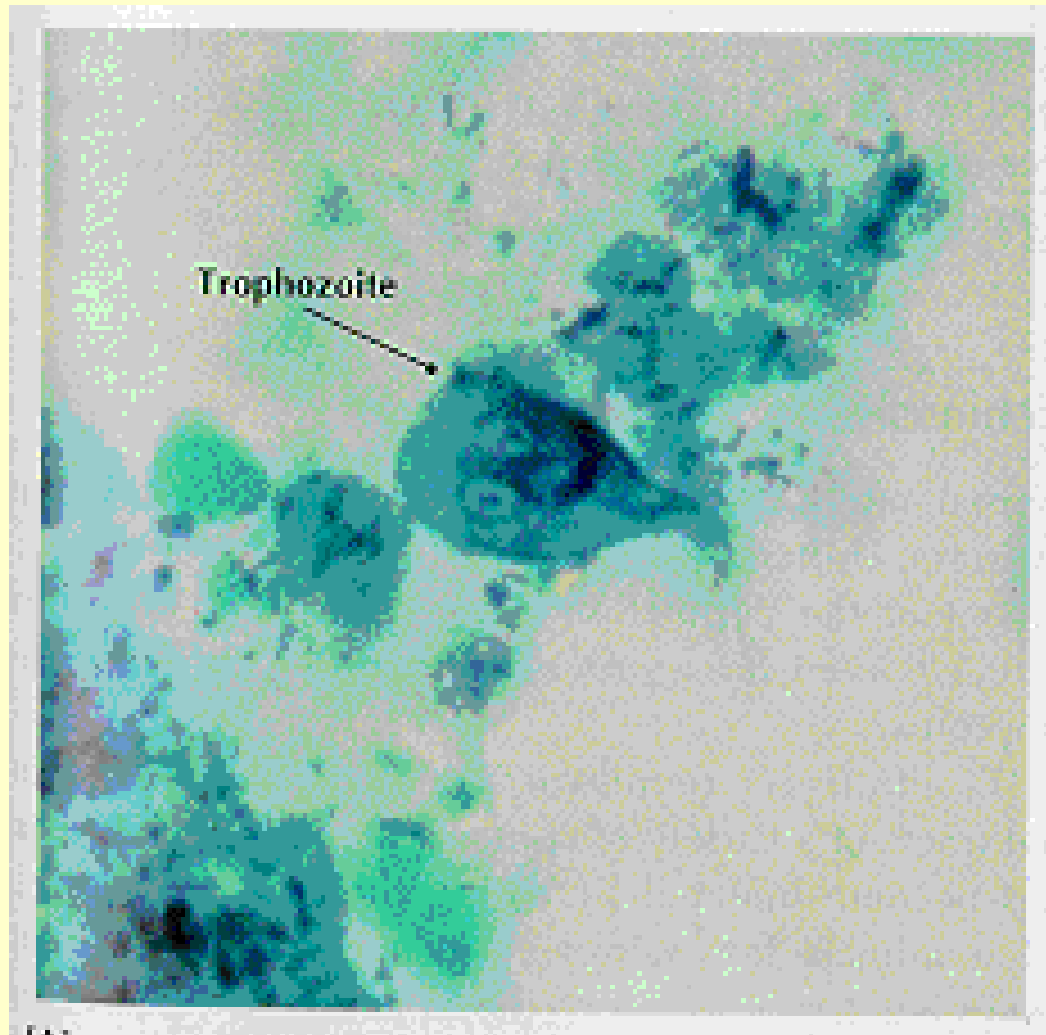
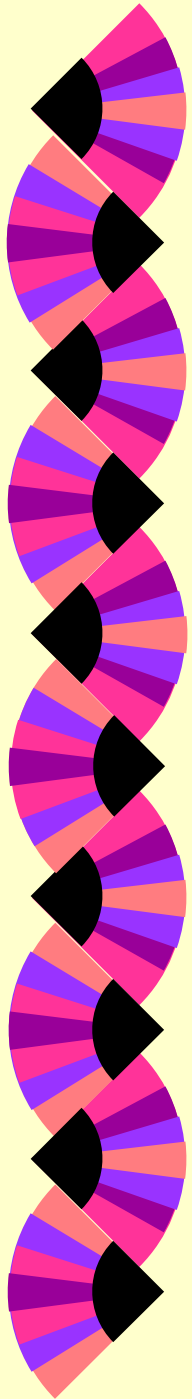


Vodene bolesti/Patogene protozoe

- ◆ Protozoa

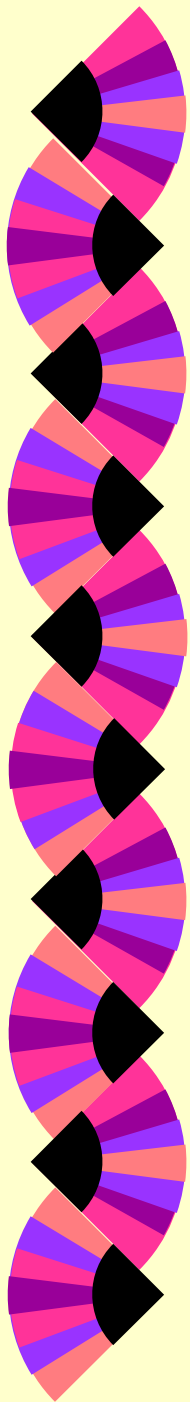
- *Entamoeba histolytica* - dizenterije
- *Giardia lamblia* - crevne bolesti
- *Cryptosporidium* - crevne bolesti

Giardia lamblia





MONITORING

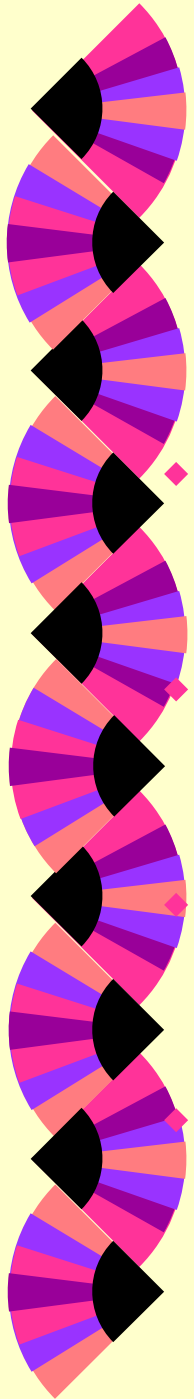


Zadatak i uloga monitoringa

Zadatak monitoringa voda za vodosnabdevanje je sagledavanje trenutnog stanja vode, i ocena tendencije promene u vremenu i prostoru, pri čemu živi svet u vodi predstavlja idealne indikatore. Pravilnim monitoringom stvaraju se uslovi za dugotrajnu racionalnu eksploataciju vode za vodosnabdevanje.

Rezultati bioloških analiza vode za vodosnabdevanje omogućavaju blagovremeno preventivno delovanje i preduzimanje mera u okviru procesa prečišćavanja vode kod pojačanog opterećenja sirove vode na vodozahvatu.

Učestalost uzorkovanja vode za biološke analize zavisi od: kvaliteta vode, veličine objekta, mogućnosti zagađivanja i godišnjeg doba. Ispitivanja je potrebno vršiti uz koordinaciju rezultata sa fizičko-hemijskim analizama i ostalim parametrima na vodozahvatu, i u cilju prevencije eutrofizacije.



Teškoće sa rutinskim određivanjem patogenih mikroorganizama u vodi

Prisutne u malom broju

Ograničeno vreme opstanka mikroorganizama

Brojni patogeni mikroorganizmi za analizu

Vremenski i finansijski ograničene analize.

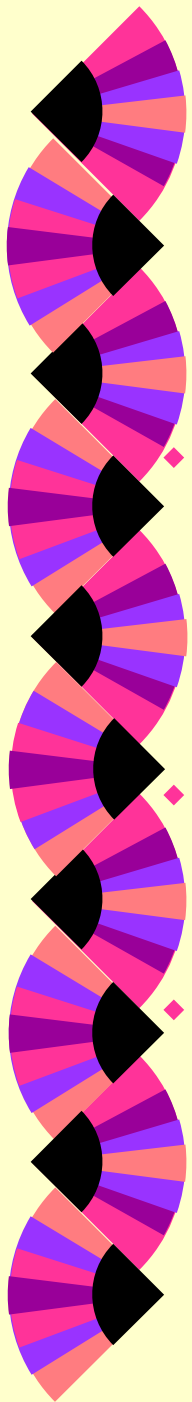


Regulativa

Biološka kontrola Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće nije obavezna

Stalna kontrola uzoraka sa biološkog aspekta treba da je sastavni deo svih vodovodskih organizacija.

Kontrola je neophodna u vodi za piće, tokom postupka prečišćavanja, kao i u sirovoj vodi.

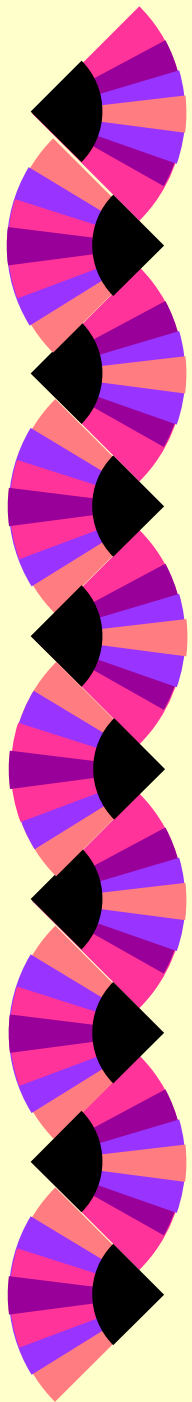


Uzorkovanje prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije (SZO)

Minimalna učestalost uzorkovanja: jedan uzorak svake dve nedelje (kad je izvor podzemna voda) i svake nedelje jedan uzorak (kad je izvor vode površinska voda).

Učestalost uzorkovanja u distributivnoj mreži zavisi od broja potrošača, a propisana je ISO standardima.

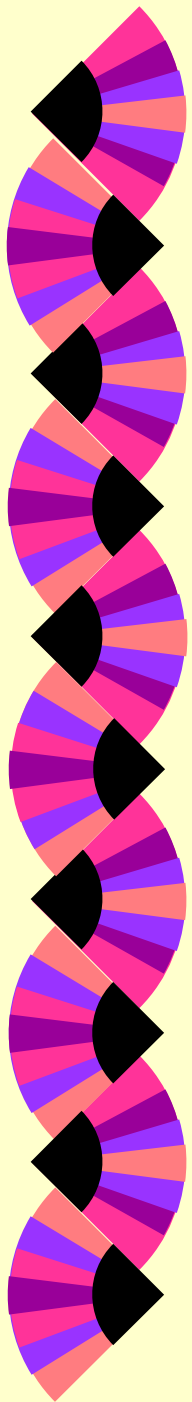
Uzorkovanje izvoditi u nejednakim intervalima i sa različitih lokacija (u mreži i kod potrošača, u zgradama). Posebno se preporučuje uzorkovanje nakon intervencija, epidemija, kao i prekida u snabdevanju.



- ◆ Uzorci za bakteriološka ispitivanja voda sakupljaju se na terenu, pod aseptičkim uslovima, a obrada uzoraka vrši se (u što kraćem roku od momenta uzorkovanja) u mikrobiološkim laboratorijama.
- ◆ Danas se kao metoda za određivanje ukupnog broja (total count - T) bakterija u vodama primenjuju direktne metode brojanja ćelija bakterija na bakteriološkim filtrima mikroskopom. Ovom direktnom metodom može se izračunati i biomasa bakterija u jedinici zapremine vode, a primenom koeficijenata približno odrediti i stupanj organskog zagađenja vode.



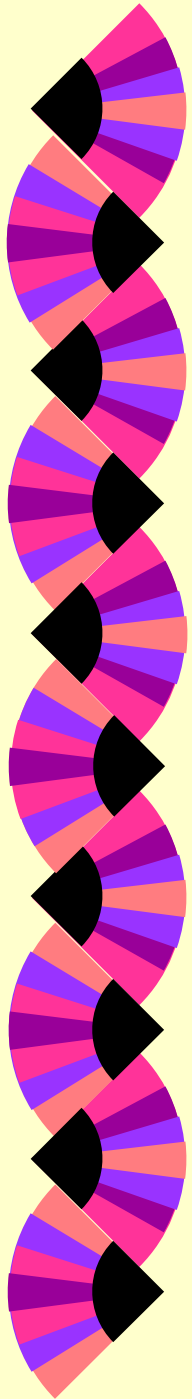
Koliformna grupa bakterija-
kao idealan predstavnik
indikatora zagađenja



Svojstva indikatora zagađenja

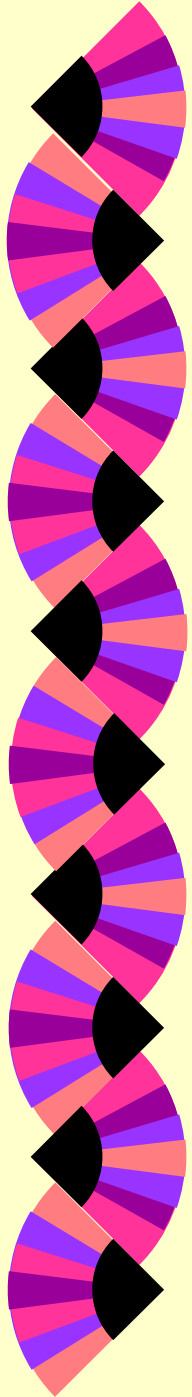
Potrebno pronaći indikator potencijalnog patogenog zagađenja vode koji ima sledeće karakteristike:

lako se i brzo, a jednostavno određuje!



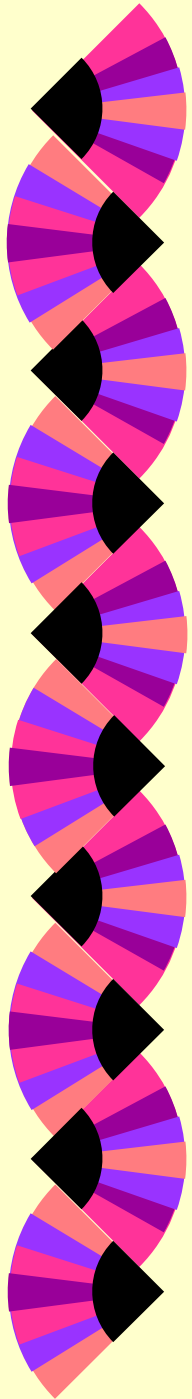
Koliformne bakterije - idealan indikator fekalnog zagađenja

- ♦ Bakterija iz familije *Enterobacteriaceae*
- ♦ Obuhvata rodove: *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, i *Escherichia*
- ♦ Prisutna u crevima brojnih organizama
- ♦ Gram negativne, ne formiraju spore
- ♦ Fermentiraju laktozu, uz nastanak kiseline i gasa za 48 sati pri 35 °C



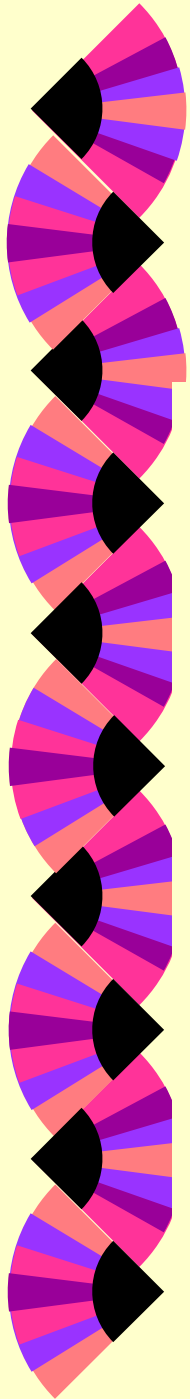
Ukupne koliformne bakterije

- ◆ Nastanjuju creva životinja
- ◆ Izvori: fekalije, zemljište, voda.
- ◆ Neke se razmnožavaju u pogodnoj sredini.
- ◆ Nefekalni primeri koliformnih bakterija: *Klebsiella sp.*, *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*



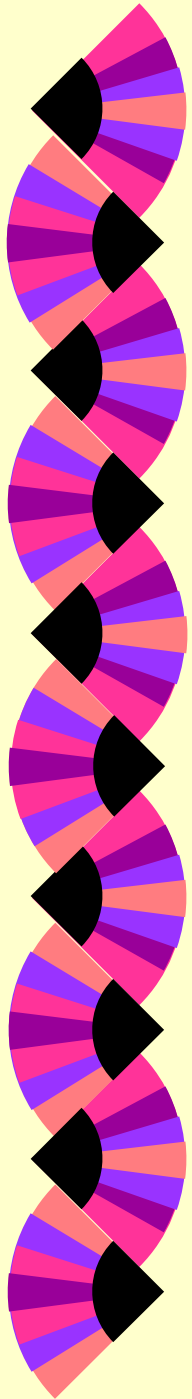
Fekalne koliformne bakterije

- ◆ Deo ukupnih koliformnih bakterija
- ◆ Razdvajaju se od nefekalnih koliformnih bakterija pri 44.5 °C
- ◆ Izvori: fekalije
- ◆ Sposobne za ograničen opstanak i rast u okolini
- ◆ Primarni predstavnik *Escherichia coli* (*E. coli*)



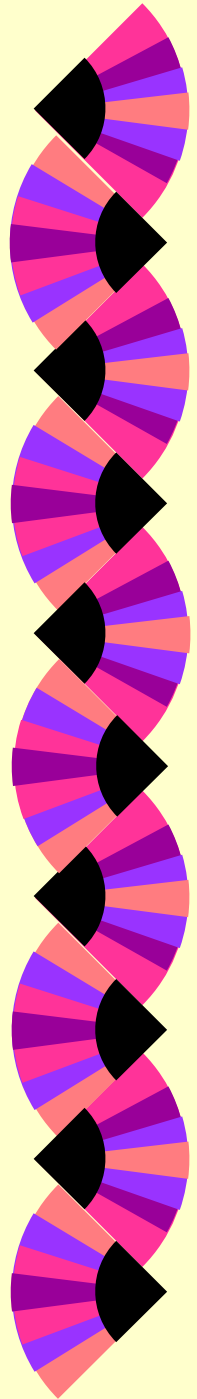
Konzerviranje uzorka koliformnih bakterija

- ◆ Natrijum tiosulfat dodaje se hlorisanim uzorcima
- ◆ Nehlorisanim uzorcima ne dodaju se reagensi
- ◆ Preporuka-uzorke vode za piće zalediti
- ◆ Zahtev-vodu na izvorištu zalediti

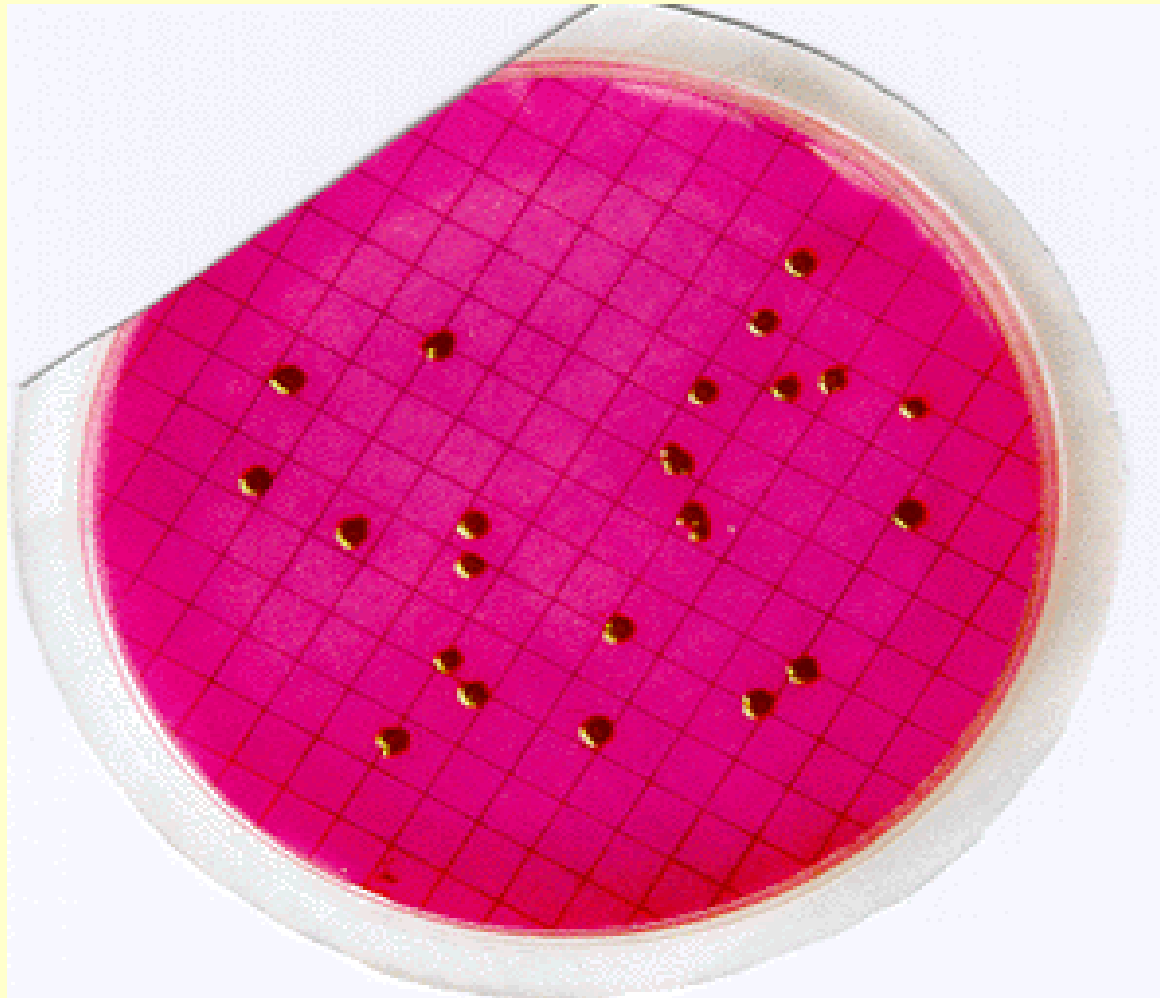


Metode propisane za određivanje koliformnih bakterija

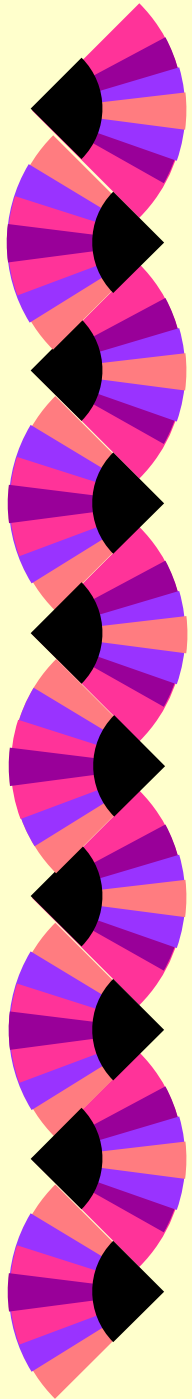
- ◆ **Membranska filter metoda** - ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije, *E. coli*
- ◆ **Fermentaciona metoda** - ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije, *E. coli*



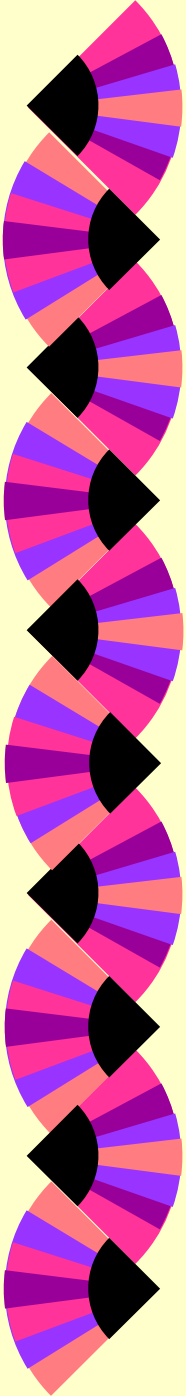
Membranska filter metoda (Endo agar sa rastom koliformnih bakterija)

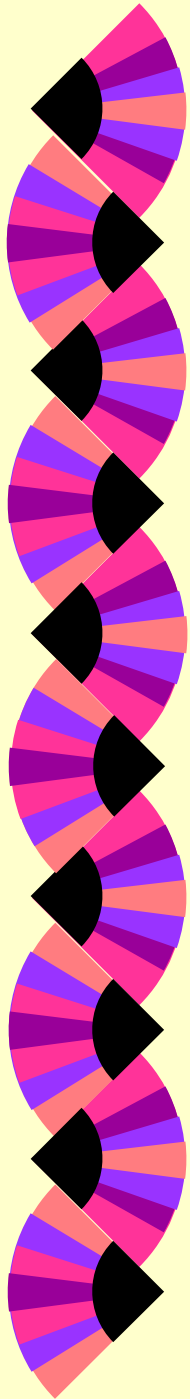


Fermentaciona metoda (Ukupne koliformne bakterije)



Važni datumi u razvoju mikrobiologije

- 
- ♦ 1546 - Frakastoro je pretpostavio da bolesti mogu biti rezultat nevidljivih organizama
 - ♦ 1590 - Džensen prvi pravi mikroskop
 - ♦ 1676 - Levenhok otkriva prve organizme
 - ♦ 1786 - Miler pravi prvu sistematsku klasifikaciju bakterija
 - ♦ 1798 - Jener prvi put upotrebljava vakcinu protiv boginja
 - ♦ 1838 - Švan i Šlajden objavljuju rad *Teorija ćelija*
 - ♦ 1844 - Basi potvrđuje da su mnoge bolesti izazvane mikroorganizmima
 - ♦ 1847 - Semelvajš potvrđuje da se bolesti mogu preneti sa osobe na osobu, i prvi primjenjuje dezinfekciju
 - ♦ 1849 - Snou istraživa epidemiologiju kolere u Londonu
 - ♦ 1857 - Luj Paster potvrđuje da je fermentacija rezultat rada mikroorganizma
 - ♦ 1858 - Virčov potvrđuje da ćelije nastaju deljenjem ćelija
 - ♦ 1861 - Paster za sva vremena opovrgnuje teoriju spontane generacije
 - ♦ 1867 - Lister objavljuje rad o primeni dezinfekcije tokom operacija
 - ♦ 1869 - Mišer otkriva nukleinske kiseline
 - ♦ 1880 - Lavren pokazuje da je uzrok malarije mikroorganizam *Plasmodium*
 - ♦ 1882 - Koh otkriva da je uzrok tuberkuloze bacil *Mycobacterium tuberculosis*
 - ♦ 1884 - Gramovi metode dele bakterije na gram pozitivne i gram negativne
 - ♦ 1885 - Paster pravi vakcinu protiv besnila
 - ♦ 1886 - Ešerih otkriva uzrok dijareje - mikroorganizam *Escherichia Coli*
 - ♦ 1896 - Van Ermengem otkriva uzrok botulizma - *Clostridium botulinum*
 - ♦ 1897 - Ros pokazuje da malariju prenosi komarac
 - ♦ 1900 - Rid pokazuje da žutu groznicu prenosi komarac
 - ♦ 1902 - Lendštajner otkriva krvne grupe
 - ♦ 1903 - Rajt otkriva prisustvo antitela
 - ♦ 1905 - Šaudin i Hofman otkrivaju da se sifilis prenosi



- ♦ 1910 - Ehrlih proizvodi prvi lek za sifilis
- ♦ 1915 - D'Herel i Tvort otkrivaju prve viruse koji napadaju bakterije
- ♦ 1928 - Grifit otkriva bakterijsku transformaciju
- ♦ 1929 - Fleming otkriva penicilin
- ♦ 1937 - Čaton deli organizme na prokariote i eukariote
- ♦ 1941 - Bidl i Tatum postavljaju hipotezu Jedan gen - jedan enzim
- ♦ 1944 - Averi pokazuje da je DNK nosilac genetske informacije
- ♦ 1945 - Vaksman otkriva streptomycin
- ♦ 1946 - Tatum opisuje bakterijsku konjugaciju
- ♦ 1951 - Herši i Čejs opisuje način na koji virus napada bakterije
- ♦ 1952 - Medaver otkriva da organizam ima osobinu tolerantnosti
- ♦ 1953 - Votson i Kirk otkrivaju strukturu molekula DNK
- ♦ 1962 - Porter opisuje osnovnu strukturu imunoglobulina G
- ♦ 1966 - Nirenberg, Korana i drugi otkrivaju Genetski kod - Genetska šifra
- ♦ 1970 - Arber i Smit otkrivaju restriktivne enzime
- ♦ 1971 - Baltimor otkriva obrnutu trankripciju kod virusa
- ♦ 1977 - Gilber i Senger otkrivaju tehnike za sekvenciranje DNK molekula
- ♦ 1979 - Sinteza insulina putem tehnologije rekombinacije DNK
- ♦ 1980 - Objavljena svjetska eliminacije variole vere
- ♦ 1982 - Sinteza vakcine za Hepatitis B
- ♦ 1984 - Lik Montanjer identifikuje HIV virus
- ♦ 1985 - Mulis razvija polimerizovanu lančanu reakciju - PCR
- ♦ 1986 - Prvi put upotrebljena genska terapija
- ♦ 1995 - Objavljena DNK sekvenca Haemophilus influenzae
- ♦ 1997 - Otkrivena najveća bakterija na svijetu
- ♦ 1999 - Potpuno poznat ljudski genom u Projektu ljudskog genoma



HVALA NA PAŽNJI!