

# MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA OTPADNIH VODA IZ RAZLIČITH IZVORA

---

**Fridl, Marcel**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic in Pozega / Veleučilište u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:642730>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# VELEUČILIŠTE U POŽEGI



Marcel Fridl, 1078/11

## MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA OTPADNIH VODA IZ RAZLIČITIH IZVORA

*ZAVRŠNI RAD*

Požega, 2016. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA OTPADNIH VODA IZ  
RAZLIČITIH IZVORA**

***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA MIKROBIOLOGIJA HRANE

MENTOR: Dr. sc. Valentina Obradović

STUDENT: Marcel Fridl

Matični broj studenta: 1078/11

Požega, 2016. godine

## Sažetak:

U ovom radu analizirana je kakvoća dva različita uzorka otpadne vode porijeklom iz industrije i kućanstva, te kakvoća jednog uzorka pitke vode. U otpadnoj vodi analizirani su parametri koji određuju može li se ispustiti u predviđeni recipijent ili je potrebno odležavanje u lagunama: boja, miris, pH, BPK<sub>5</sub>, KPK, KMnO<sub>4</sub>, suspendirane tvari, te anionski detergentsi. U bunarskoj vodi analizirani su kemijski parametri kao što su pH, kloridi, amonijak, nitrati, nitriti, željezo, slobodni klor, te mikrobiološki parametri: aerobne mezofilne bakterije, *Escherichia coli*., ukupni kolifomi, *Enterococcus* i *Pseudomonas aeruginosa*. Uzorci su analizirani u ovlaštenom laboratoriju prema certificiranim metodama. Rezultati su pokazali kako oba uzorka otpadnih voda trebaju odležati određeni period u lagunama za pročišćavanje, a tek nakon toga se prema važećoj zakonskoj regulativi smiju ispustiti u recipijent. Bunarska voda ne odgovara Pravilniku o zakonskoj ispravnosti vode za piće zbog povišene koncentracije željeza.

Ključne riječi: Otpadna voda, lagune za pročišćavanje, BPK<sub>5</sub>, KPK, bunarska voda

## Abstract:

The primary object of this research was determination of quality parameters in two waste water samples originated from two different sources: industry and household. Parameters important for decision if waste water can be released into the recipient were determined. Samples were tested for colour, smell, pH, BPK<sub>5</sub>, KPK, KMnO<sub>4</sub>, suspended solids, and anion detergents. One sample of well water was tested for some chemical parameters and Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Pseudomonas aeruginosa* and total bacteria at 37 °C and 22 °C. Analysis were done in accredited laboratory for water analysis according to reference methods. According to the obtained results for waste water, both samples must stay in lagoons for water purification before releasing into the recipient. Well water is not safe for consuming because of high level of iron.

Keywords: waste water, purification lagoons, BPK<sub>5</sub>, KPK, well water

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE</b>	<b>2</b>
<b>2.1. POVIJEST MIKROBIOLOGIJE</b>	<b>2</b>
<b>2.2. MIKROBIOLOGIJA VODE</b>	<b>3</b>
2.2.1. MIKROORGANIZMI U VODI	4
2.2.1.1. Koliformne bakterije	6
<b>2.3. OTPADNE VODE</b>	<b>7</b>
2.3.1. PROČIŠĆAVANJE INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA	12
<b>2.4. ZAKON O ISPUŠTANJU OTPADNIH VODA</b>	<b>13</b>
<b>2.5. Vinka d.d.</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIJALI I METODE</b>	<b>16</b>
<b>3.1. ZADATAK</b>	<b>16</b>
<b>3.2. METODE</b>	<b>16</b>
3.2.1. BPK <sub>5</sub> – BIOKEMIJSKA POTROŠNJA KISIKA	16
3.2.2. KPK – KEMIJSKA POTROŠNJA KISIKA	17
3.2.3. KMNO <sub>4</sub>	18
3.2.4. ODREĐIVANJE PH VRIJEDNOSTI	19
3.2.5. SUSPENDIRANE TVARI	19
3.2.6. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE AMONIJAKA I NITRATA	19
3.2.7. UKUPNI KOLIFORMI	20
3.2.8. ODREĐIVANJE AEROBNIH MEZOFILNIH BAKTERIJA U VODI	20
3.2.9. ODREĐIVANJE PSEUDOMONAS AERUGINOSA U VODI MPN METODOM	21
<b>4. REZULTATI</b>	<b>22</b>
<b>5. RASPRAVA</b>	<b>25</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b>	<b>27</b>
<b>7. LITERATURA</b>	<b>28</b>

## 1.UVOD

Voda je najrasprostranjenija prirodna sirovina u svijetu, te je prijeko potrebna za opstanak svih živih organizama. Voda u pravilu obuhvaća više od 75% mase žive stanice. Voda služi kao otapalo koje osigurava disocijaciju kemijskih spojeva i omogućuje odvijanje kemijskih reakcija velikog broja molekula što se odvijaju unutar živih stanica koje proizvode brojne nove kombinacije molekula. Osim što je pučanstvu potrebna dovoljna količina vode, vrlo je bitna i kakvoća vode. Kakvoću vode određuju fizikalni, kemijski i mikrobiološki pokazatelji. Kada govorimo o mikrobiološkim pokazateljima kakvoće vode, podrazumijeva se da u tu skupinu spadaju bakterije, virusi, paraziti, alge i drugi mikroorganizmi.

Mikrobiologija je znanost koja proučava žive organizme male veličine, najčešće nevidljive golim okom. Zadatak mikrobiologije sastoji se u izučavanju građe i zakonitosti razvoja mikroorganizama u cilju objašnjenja njihove uloge u procesima transformacije materije i mogućnosti upravljanja tim procesima. Mikrobiologija voda proučava građu i život mikroorganizama koji se nalaze u čistim i zagađenim vodama, zakonitosti procesa samočišćenja te objašnjava mogućnost korištenja mikroorganizama u svojstvu indikatora stupnja zagađenosti vode.

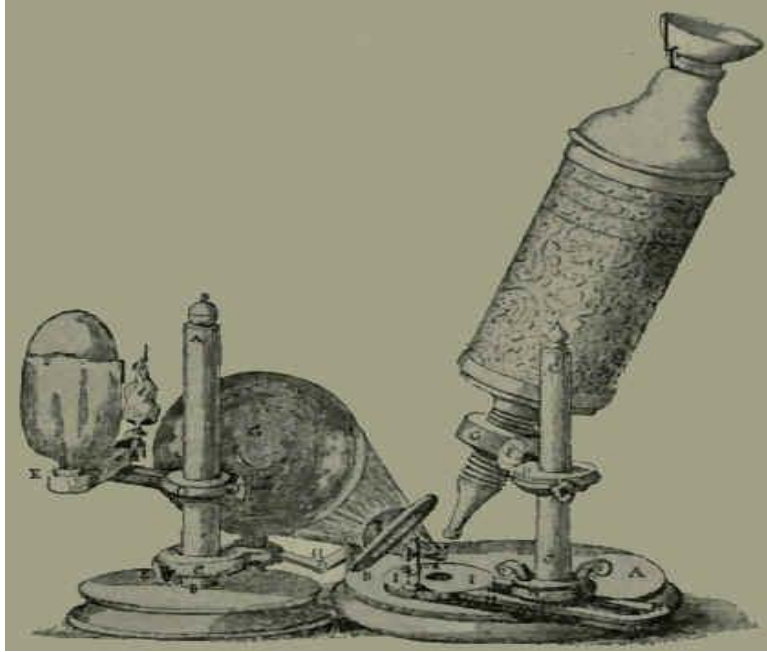
## 2. PREGLED LITERATURE

### 2. 1. Povijest mikrobiologije

Mnogi su poznati pojedinci u posljednja tri stoljeća sudjelovali u razvoju mikrobiologije kao znanstvene discipline. Među najvažnije znanstvene doprinose treba ubrojiti otkriće postojanja mikroba dotad nepoznatih čovječanstvu, zatim shvaćanje njihove uloge u prirodnim procesima, kao što su različita vrenja i bolesti, spoznaje o načinima njihova suzbijanja i sprečavanja neželjenog djelovanja u ili na tijelu ljudi, životinja i biljaka, kao i u ili na neživim tvarima i predmetima.

Mikrobiologija je vrlo mlada znanstvena disciplina. Postoji tek nešto više od stotinjak godina, iako nas prvi zapisi o mikrobima vode još u 17.stoljeće. Ukoliko prevodimo doslovno naziv mikrobiologija (grč. *mikros*=malen, *bios*=život, *logos*=riječ ili znanost), postaje jasno zašto je razvoj te znanosti tekao polako.

Prirodna ograničenost ljudskog oka da ono ne može jasno razaznavati pojedinosti (detalje) predmeta manjeg od 0,2 mm bila je glavna zapreka. Većina je mikroba kudikamo manja od te granične vrijednosti da bi ih se golim okom moglo vidjeti, a kamolipobliže promatrati. Stoga je tek otkriće optičke leće omogućilo napredak ove grane znanosti. Iako nas pisani tragovi o postanku prvih staklenih leća koje povećavaju sliku nekog promatranog predmeta, vode u 13.stoljeće (Roger Bacon, 1214.-1294.), jedno od najvažnijih otkrića u povijesti mikrobiologije zbilo se 1665. godine uz pomoć relativno primitivna mikroskopa (Slika 1.). Englez Robert Hooke opisao je kako je mikroskopom vidio male žive strukturne jedinice koje je nazvao „male kutije“ ili „stanice“. Tim je mikroskopom vlastite izrade (poboljšana je verzija sadržavala dvije leće) Hooke obilježio početak stanične teorije- teorije koja kazuje da se sve žive tvari sastoje od stanica (Duraković i Redžepović, 2002).



Slika1. Mikroskop Roberta Hooka (1667.), preteča suvremenih mikroskopa (Duraković i Redžepović, 2002).

## 2. 2. Mikrobiologija vode

Mikroorganizmi imaju izrazito bitnu ulogu u vodenom okolišu. Neki imaju životno važne uloge u vodenom ekosustavu i sudjeluju u odvijanju biogeokemijskih ciklusa. Ostali su zanimljivi i važni zbog rasta u otpadnim vodama pa stoga predstavljaju potencijalne opasnosti po sigurnost zaliha vode.

Ekološki rezervoari uzročnika infekcijskih bolesti ljudi uključuju tlo, spremnike vode, kanalizaciju i neke namirnice. Tisuće ostalih tvari koje se upotrebljavaju ili proizvode u ljudskom društvu uključene su u različite organizme, koji žive u vodi, prirodnim načinom, u industrijskim procesima i procesima u domaćinstvu. Tijekom proteklih godina neke su površine na Zemlji bile proglašene nesigurnima jer su sadržavale potencijalno toksičnu razinu bioloških i kemijskih kontaminanata. Neobrađeni mulj s ogromnim brojem potencijalno patogenih bakterija i virusa u sebi, predstavlja najveću opasnost za vode. Zaista, on može imati pogubne posljedice za ribe, ostali životinjski svijet i za ljude. Iz toga slijedi da nisu sve vode pitke niti pogodne za ljudsku uporabu (Duraković, 2001).

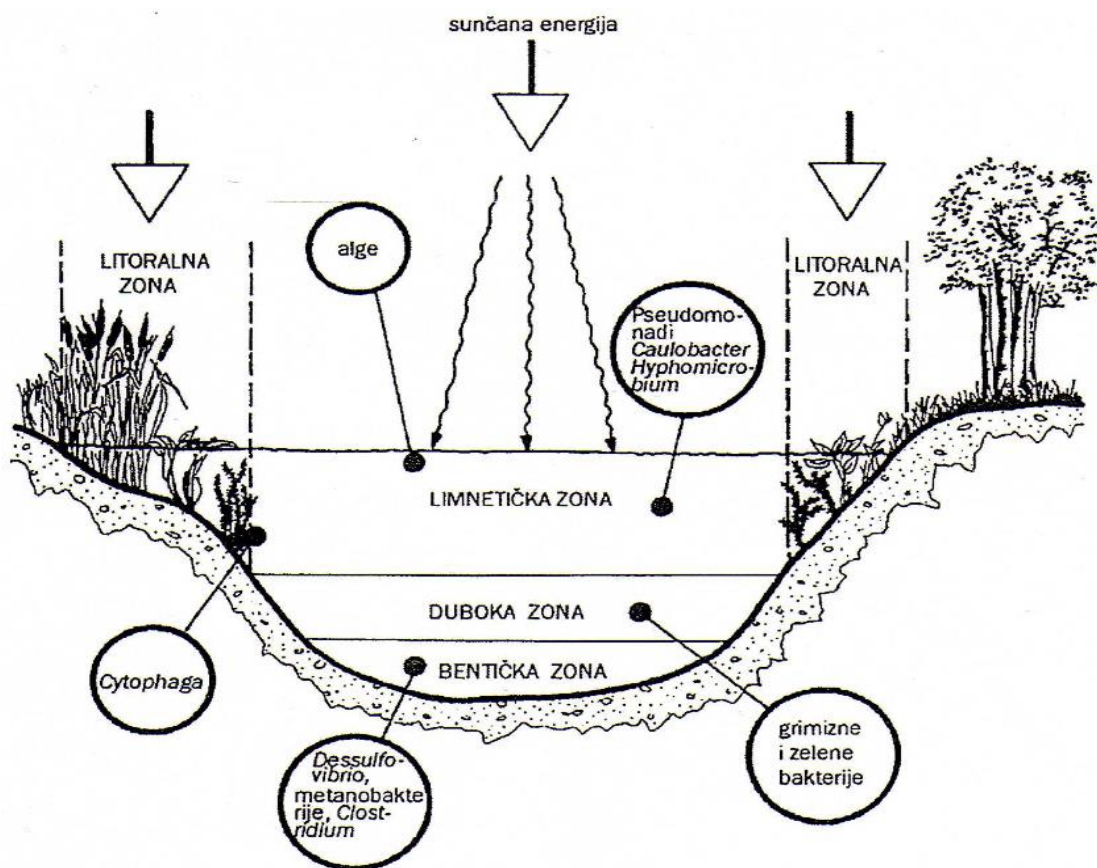


Mikrobna populacija u vodenom okolišu ovisi o različitim fizičkim i kemijskim faktorima, uključujući hidrostatski pritisak, svjetlo, pH, koncentraciju soli i temperaturu. Različiti mikroorganizmi prirodna su osnova u slatkim i slanim vodama. Ostali ulaze u te vode iz prirodnih izvora, kao što je zrak, zemlja ili iz industrijskih i procesa u domaćinstvu (Duraković, 2001).

### **2.2.1. Mikroorganizmi u vodi**

Mikroorganizmi su stalno na raspolaganju i osiguravaju važan pokusni sustav u tijeku istraživanja bioloških disciplina i procesa. Mikrobiolozi proučavaju opsežan niz tih mikroskopskih oblika života i njihove različite aktivnosti u prirodnom i umjetno stvorenom okolišu (Duraković i Redžepović, 2002). Mikroorganizmi u vodi imaju veliku ulogu u održavanju vode te samog života u njoj. Nadalje, mikroorganizmi izvode velike metaboličke aktivnosti. Osim toga brzo apsorbiraju nutrijente te izlučuju konačne produkte i vrlo brzo se razmnožavaju.

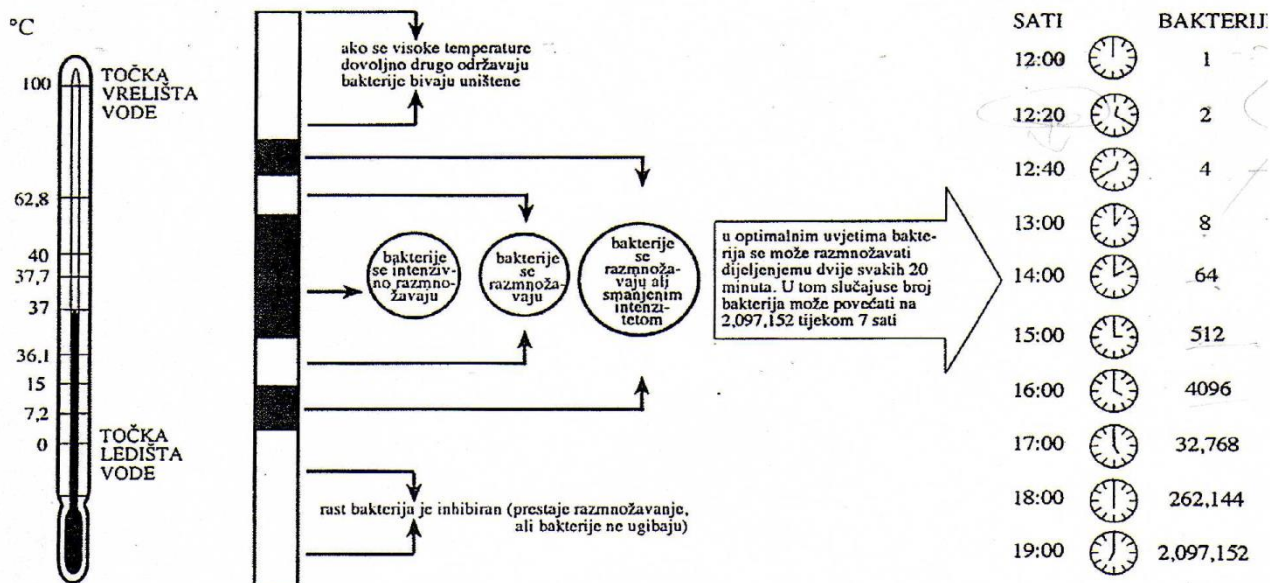
Naime, veliki broj mikroorganizama u vodi najčešće upućuje na također veliku količinu nutrijenata u vodi. Dakle, voda koja je kontaminirana dotokom otpadne vode ili biorazgradivih organskih produkata industrije izuzetno je bogata bakterijama. S druge strane, u vodama s malom koncentracijom nutrijenata, mikroorganizmi većinom rastu blizu površine (Slika 2).



Slika 2. Zone u tipičnome jezeru i neke tipične vrste mikroorganizama u svakoj zoni (Duraković, 2001).

Mikroorganizmi žive u okolišu koji varira s obzirom na raspoloživi kisik te na količinu svjetlosti i nutrijenata. Nadalje, da bi se razmnožavali, preživljavali i rasli zahtijevaju određene uvijete. Neki od tih uvjeta su:

- temperatura (Slika 3),
- relativna vlažnost okoliša,
- prisutnost i koncentracija plinova u okolišu,
- osmotski tlak,
- djelovanje drugih mikroorganizama.



Slika 3. Bakterije rastu u širokom rasponu temperature (Duraković i Duraković, 2001).

### 2.2.1.1. Koliformne bakterije

Koliformne bakterije jesu gram-negativne štapićaste bakterije koje fermentiraju šećer laktozu tijekom 48 sati pri 35 °C, tvoreći kiselinu i CO<sub>2</sub>. Ovu skupinu uključuju bakterije poput *E.coli* i srodnih vrsta koje su nepatogene i normalno se nalaze u debelome crijevu, a izlučuju se ljudskim ili životinjskim fekalijama te *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella sp* i ostale srodne vrste. Najčešće ih nalazimo u kontaminiranim vodama.

Koliformne bakterije izlučuju se fekalijama zatim dospijevaju u otpadne vode, a preko njih u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije. Ukoliko se u fekalijama nađu i patogene bakterije, one također zajedno s koliformnim bakterijama dospijevaju u otpadne i prirodne vode. U slučaju kada su prirodne vode (potoci, jezera, rijeke) opterećene fekalijama, patogene bakterije, virusi i paraziti također mogu biti prisutni te predstavljati opasnost za zdravlje ljudi koji dolaze u kontakt s vodom. Koliformne bakterije su najpogodnija grupa indikatorskih bakterija za vrednovanje higijenskog kvaliteta vode.

*Escherichia coli* je jedan od indikatora zagađenosti voda fekalijama, iz razloga što se velike količine dnevno izbacuju fecesom samo jednog čovjeka. Ova bakterija je jedan od najčešćih uzročnika bakterijskih infekcija kod čovjeka te može izazvati infekcije gastrointestinalnog sustava, urogenitalnog sustava i sepsu.

*E.coli* pripada bakterijama s većom otpornošću. Optimalna temperatura za njen rast je od oko 37 °C, no može preživljavati i na temperaturama od 8 °C do 44 °C. Može vrlo dugo preživjeti u vodi, zemlji, predmetima, u različitim vrstama hrane i namirnica te se vrlo brzo razmnožava. Njeno generacijsko vrijeme je manje od 30 minuta u optimalnim uvjetima rasta u laboratoriju. S druge strane, u probavnom sustavu, gdje okolišni uvjeti nisu optimalni ili gdje vladaju konkurentski odnosi među mikroorganizmima, ono može biti duže od 12 sati za tvorbu jedne generacije.

Osim toga, *E.coli* vrlo dobro podnosi visoki hidrostatski tlak, iako optimalno raste pri normalnom hidrostatskom tlaku, što znači da može rasti i pri tlakovima kakvi vladaju u dubinama između 4000 i 6000 metara. Nadalje, *E.coli* može preživjeti i u uvjetima niske pH vrijednosti. Optimalne pH vrijednosti za njezino preživljavanje su između 5.5 i 7.5 (Duraković i Duraković, 2001).

### **2.3. Otpadne vode**

Otpadne vode su sve vode koje su promijenile svoj prvobitni sastav, odnosno svoje kemijske, fiziološke ili biološke karakteristike. Pod pojmom otpadne vode spadaju sve potencijalno onečišćene tehnološke, kućanske, oborinske i druge vode. One nastaju kada se voda upotrebljava za određene namjene, pri čemu dolazi do promjene njenih osnovnih osobina. Otpadne vode također sudjeluju u hidrološkom ciklusu, što znači da se voda nakon upotrebe kanalizacijskim sistemom odvodi na pročišćavanje i vraća u prirodni okoliš.

U otpadne vode se svrstavaju:

- Kućanske otpadne vode – to su vode koje su nastale upotrebom sanitarnih trošila vode u kućanstvu, hotelima, uredima i svim ostalim objektima namijenjenim za stalni ili privremeni boravak ljudi. U kućanskim otpadnim vodama razlikujemo sive otpadne vode (bazeni, tuševi, praonice) te crne otpadne vode (vode iz kuhinja i sanitarnih

čvorova). Temperatura kućanskih otpadnih voda povišena je u usporedbi s vodom iz vodoopskrbnog sustava zbog uporabe tople vode u kuhinjama i kupaonicama te u kanalizacijskom sustavu zbog procesa biorazgradnje.

- Industrijske otpadne vode – nastaju upotrebom vode u procesu rada i proizvodnje u industrijskim pogonima. Različiti tehnološki procesi u industrijama znače i različite sastave otpadnih voda. Industrijske otpadne vode su najčešće opterećene velikom količinom sa mnogo različitih tereta zagađenja te su opterećene velikom koncentracijom štetnih i opasnih tvari. Sama priroda se ne može nositi sa ovim otpadnim vodama zbog čega dolazi do dugoročnog zagađenja prirode. Prije nego što se takve vode priključe na gradsku kanalizacijsku mrežu potrebno ih je prethodno pročistiti iz nekoliko razloga, kao primjerice da bi se uklonile toksične i postojeane tvari koje se gomilaju u živom organizmu i sprečavaju biološku razgradnju, da bi se iz otpadnih voda izdvojile eksplozivne, korozivne i zapaljive tvari koje oštećuju kanalizacijske objekte i cijevi i kako bi se uklonili inhibitori koji onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.
- Oborinske otpadne vode – su otpadne vode koje su nastale od oborina. One više ili manje onečišćuju u doticaju s nižim slojevima atmosfere, tlom, krovovima i sl. Primjer za to su kisele kiše, koje ugrožavaju šume, građevine i slično, te crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine koja dopire čak od Afrike.

Ove tri grupe otpadnih voda uobičajeni su sastav komunalnih otpadnih voda, a njima se mogu priključiti i otpadne vode od pranja javnih prometnih površina i eventualno procjedne vode s odlagališta neopasnog otpada. Na žalost se i danas još otpadne vode često ispuštaju bez pročišćavanja u prirodne recipijente kao što je prikazano na slici 4. (Tušar, 2004).



Slika 4. Prikaz neadekvatnih objekata za odvodnju otpadnih voda (Anonymus 1, 17.05.2016., url).

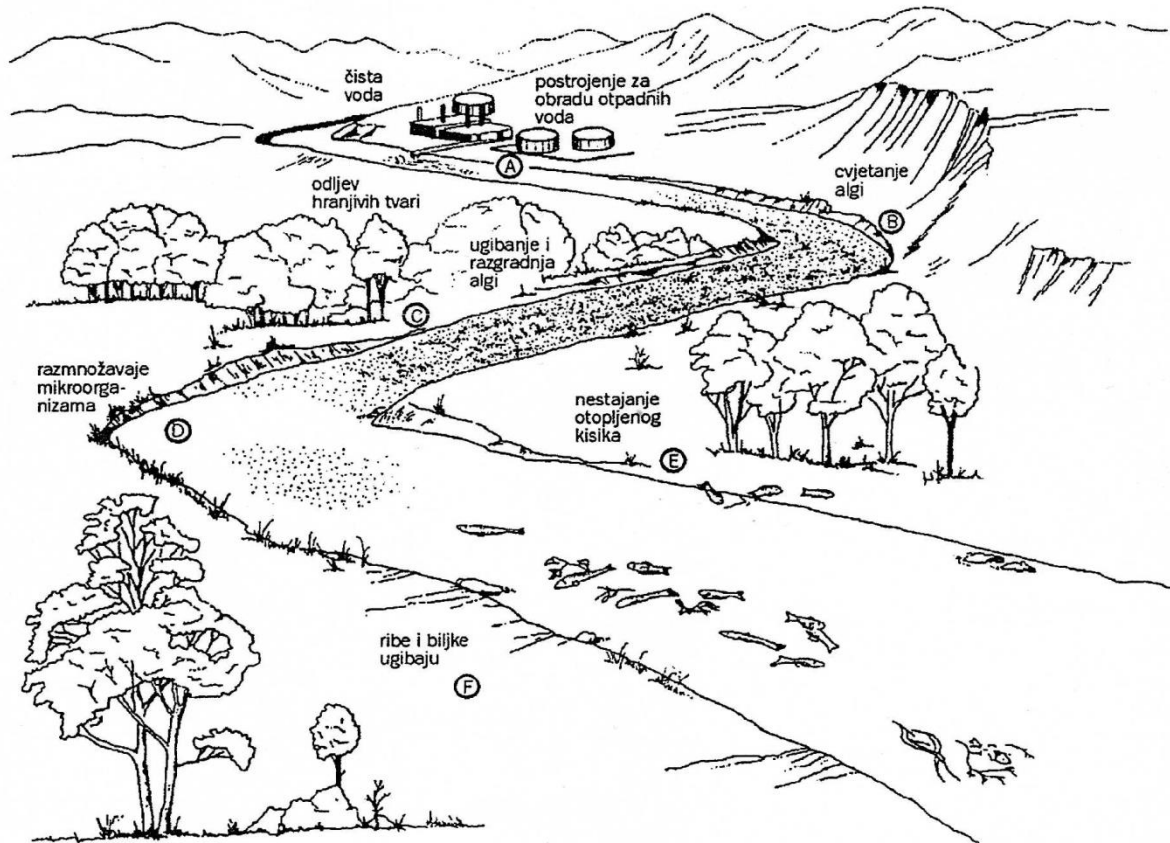
U svim navedenim vrstama otpadnih voda nalaze se mješavine raznih onečišćenja. Pokazatelji svojstava onečišćenih voda mogu biti različiti krupni otpaci, hranjive soli, otrovne tvari, radioaktivne tvari, povišena temperatura vode, otopljeni plinovi te nama najzanimljiviji različiti mikroorganizmi.

Mikroorganizmi koji se izlučuju iz probavnog trakta ljudi i životinja su najčešći pokazatelji kućanskih otpadnih voda, no nalazimo ih i u industrijskim otpadnim vodama. Vrlo često konzumiranjem proizvoda iz vode koji se jedu sirovi, mikroorganizmi mogu izazvati različite bolesti.

Glavna skupina bakterija koje se nalaze u otpadnim vodama su koliformne bakterije. Ovoj skupini, kao što je već predhodno navedeno, pripadaju *Escherichia coli* i vrste iz roda *Enterobacter*. Mogu se pojaviti i neke vrste bakterija kao što su *Proteus*, *Streptococcus* i *Pseudomonas*.

U kontaminiranoj vodi mikroorganizmi često sudjeluju u lancu događanja koji drastično mijenja okoliš. Primjerice, kada se u vodi akumuliraju fosfati, izrazito cvjetaju alge. Alge dobivaju nutrijente za mikroorganizme koji se enormno razmnožavaju i potroše raspoloživi kisik. Posljedica toga je ugibanje protozoa, malih riba, rakova i biljaka, koji se

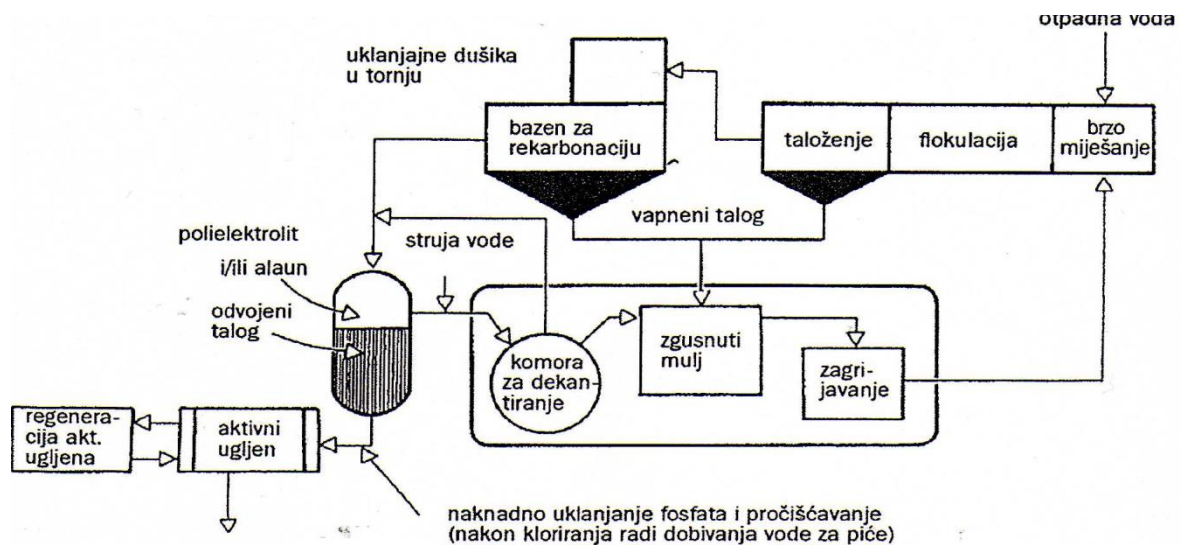
potom sliježu na dno. U mulju rastupotom anaerobne vrste kao *Desulfovibrio* i *Clostridium* koje proizvode plinove, što vodi daje neugodan miris (Slika 5) (Duraković, 2001).



Slika 5. Umiranje rijeke. a) Nutrijenti ulaze u rijeku iz različitih izvora, kao što su postrojenja za obradu mulja i u rijeci se nepredviđeno nagomilava velika količina nutrijenata. b) Nastupa brzo cvjetanje algi. c) Alge ugibaju i sliježu se na dno kao sediment. d) Mikroorganizmi iz mulja vrlo brzo se razmnožavaju i razgrađuju sediment. e) Taj proces vrlo brzo potroši raspoloživi kisik u vodi. f) Ribe i ostale male životinje te biljke ugibaju zbog pomanjkanja kisika (Duraković, 2001).

Svako selo, grad ili regija mora imati razvijen postupak za rješavanje problema tekućih i čvrstih otpadnih tvari. Vrlo male zajednice mogu ispuštati svoje otpadne vode u plitka jezera ili rijeke radi biološke razgradnje ili zakapati čvrsti otpad. U prirodnim ciklusima, kao što su oni povezani s ciklusom ugljika, sumpora i fosfora, mogu se znatne količine tih materijala razgraditi uz ili bez sudjelovanja čovjeka.

Velike zajednice stvaraju mnogo otpada koji se ne može obraditi prirodnim procesima. Upravo iz tog razloga, napravljeni su posebni bazeni tj lagune za obradu otpadnih voda. Stoga se u ruralnim sredinama razvijenih zemalja otpadne vode sakupljaju u lagune, te se na tim mjestima otpadna voda ostavlja netaknuta oko tri mjeseca. Tokom toga razdoblja aerobne bakterije razgrađuju organsku tvar u vodi, a anaerobne bakterije razgrađuju sedimentirani materijal. S druge strane, u velikim gradovima postoji mehanizam svakodnevne obrade mulja i mogućnost da se svakog dana obrade velike količine otpadne vode (Slika 6).



Slika 6. Suvremena obradba otpadnih voda (Duraković, 2001).

Nadalje, da bi se provela biološka obradba otpadne vode veliku ulogu imaju mikroorganizmi, no njihova učinkovitost ovisi o nekoliko čimbenika:

- temperatura,
- pH-vrijednost,
- osmotski tlak,
- vrsti i koncentraciji sastojaka u otpadnoj vodi kao hranjivom supstratu,
- parcijalnom tlaku plina.

Najidealnije bi bilo kada bi najveći broj otpadnih tvari mogao biti prirodno razgrađen s pomoću mikroorganizama koji žive u vodi i u tlu. Ako u proces ulaze toksične tvari, kao rezultat može nastati uništavanje važne populacije u mikrobnjoj zajednici. Posljedica toga je polagana obrada, ali i potpun zastoj čitava procesa, sve dok se karakteristična ravnoteža ponovno ne uspostavi. Nasuprot tim prirodnim procesima primjenjuju se postupci obrade u kojima se upotrebljava pripravljena mikrobna populacija ili zajednica različitih



mikroorganizama. U takvim se postupcima obrade materijala primjenjuju organizmi koji se uzgajaju u prikladnim uvjetima a sistematizirani su za dodavanje tvarima koje zahtijevaju posebnu obradu, kao što su vode kontaminirane naftom i otpadnim uljima (Duraković i Duraković, 2001).

### **2.3.1. Pročišćavanje industrijskih otpadnih voda**

Većina industrijskih otpadnih voda, prije dolaska do zajedničkog postrojenja, prethodno se pročišćava fizikalnim, fizikalno-kemijskim i biološkim procesima, ili se pak kombinira. Potreba za prethodnim pročišćavanjem industrijskih otpadnih voda posljedica je njihovog posebnog sastava, kao i neujednačene dinamike ispuštanja. Na taj način izbjegava se poremećaj pročišćavanja u zajedničkom postrojenju s gradskim vodama i time se smanjuje opterećenje zajedničkog postrojenja. Smanjenje opterećenja, kao i njegovo ujednačavanje tijekom dana osobito je važno ako su otpadne vode jako opterećene organskim tvarima i ako nastaje velika količina otpadne vode u kratkom vremenu.

U tu svrhu, osim fizikalnih i fizikalno-kemijskih procesa, odabiru se aerobni i anaerobni biološki procesi, a primjenjuju se u pročišćavanju otpadnih voda prehrambene industrije. Ponekad je potrebno primijeniti i napredne procese pročišćavanja otpadnih voda.

- **Fizikalni procesi pročišćavanja otpadnih voda** podrazumijevaju metode za uklanjanje grubih i plivajućih tvari iz otpadnih voda (rešetanje, izravnavanje/ujednačavanje (egalizacija), miješanje, taloženje (sedimentacija), isplivavanje (flotacija), cijedenje (filtriranje), adsorpcija. Rešetanje podrazumijeva postavljanje grubih i finih rešetki kako bi se uklonile najgrublje čestice iz otpadne vode. Postupak ujednačavanja važan je kako bi se poboljšala učinkovitost rada uređaja za pročišćavanje jer tijekom dana dolazi do velikih oscilacija u protoku otpadne vode. Miješanjem se ostvaruje bolji kontakt sadržaja sa kemijskim tvarima koje se dodaju u različite svrhe. Da bi se uklonile taložive krutine iz otpadne vode koristi se taloženje koje je pod utjecajem gravitacije. U pjeskolovima-mastolovima odvija se zajednički taloženje i isplivavanje jer masti i ulja imaju manju gustoću od vode te isplivaju na površinu. Tijekom filtracije, na sloj aktivnog ugljena vežu se otopljene i koloidne tvari a taj proces naziva se adsorpcija (Tušar, 2004).

- **Fizikalno-kemijski procesi pročišćavanja** su: neutralizacija, koagulacija, flokulacija, oksidacija i redukcija, dezinfekcija, ionska izmjena, membranski procesi. Dodatkom odgovarajućih kemijskih spojeva postižu se različiti učinci moguće je neutralizirati pH vrijednost vode, omogućiti koagulaciju, spajanje čestica u pahuljice (flokulacija), oksidirati ili reducirati tvari u sustavu, smanjiti prisutnost različitih mikroorganizama (dezinfekcija) (Tušar, 2004).
- **Biološko pročišćavanje** ovdje se koriste mikroorganizmi koji mogu biti suspendirani ili pričvršćeni na nekoj podlozi. Uz to potrebno je imati i dovoljnu količinu kisika kako bi se nesmetano mogli odvijati svi postupci oksidacije. Cilj biološkog pročišćavanja je ukloniti organski ugljik, te dušikove spojeve i fosfor. S obzirom na smještaj mikroorganizama te načina na koji oni dolaze u dodir s otpadnom vodom postoji nekoliko tipova biološkog pročišćavanja: aktivni mulj, prokaptanci, biološke cjediljke, okretni biološki nosači, lagune i stabilizacijske bare te anaerobna digestija vode. Biološkim pročišćavanjem uklanja se oko 70 do 90 posto ukupne suspendirane i organske tvari što ovim uređajima osigurava široku primjenu. Iako se na prvi pogled čini neisplativa ugradnja ovakvih uređaja u tvornice, velike trgovačke objekte, javne i uslužne djelatnosti, pa na koncu i u kućanstva, gledajući sa stajališta održivog razvoja, ni jedna ovakva ustanova nema budućnosti bez ugradnje barem jednog ovakvog uređaja (Zelena Energija 2011, 17.05.2016., url).

## 2.4. Zakon o ispuštanju otpadnih voda

Zakonom o vodama (NN br. 153/09., 63/11. i 56/13.) propisane su granične vrijednosti emisija u tehnološkim otpadnim vodama prije njihova ispuštanja u javne odvodnje, u septičke i sabirne jame i u svim pročišćenim i nepročišćenim otpadnim vodama koje se ispuštaju u vode. U pravilniku su navedeni uvjeti privremenog dopuštenja ispuštanja otpadnih voda iznad propisanih količina i graničnih vrijednosti emisija, te kriteriji i uvjeti prikupljanja, pročišćavanja i ispuštanja komunalnih otpadnih voda. Zakonom je također propisana metodologija uzorkovanja i ispitivanja sastava otpadnih voda, kao i učestalost uzorkovanja i ispitivanja.

Granične vrijednosti emisija otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode ili u sustav javne odvodnje, trebaju se utvrditi dozvoljenim koncentracijama onečišćujućih tvari ili opterećenja u otpadnim vodama. Kod ispuštanja pročišćenih komunalnih otpadnih voda potrebno je utvrditi i postotak smanjenja opterećenja na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda.

### Granične vrijednosti emisija otpadnih voda

Tablica 1. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama

Pokazatelji	Koncentracija dozvoljena za ispuštanje u površinske vode	Koncentracija dozvoljena za ispuštanje u sustav javne odvodnje
<b>pH-vrijednost</b>	6,5 -9,0	6,5 – 9,5
<b>BPK<sub>5</sub> mg O<sub>2</sub> / L</b>	25	-
<b>KPK mg O<sub>2</sub> / L</b>	125	-
<b>Ukupni fosfor mg P / L</b>	2 ( 1 za jezera )	-
<b>Ukupni dušik mg N / L</b>	10	-
<b>Ukupna suspendirana tvar mg/L</b>	35	-
<b>Ukupna ulja i masnoće mg / L</b>	20	100

### 2.5. Vinka d.d.

Vinka d.d. je dioničko društvo za proizvodnju poljoprivrednih proizvoda. Poduzeće Vinka d.d. smještena je na zapadnom izlazu iz Vinkovaca, neposredno uz lateralni kanal Dren, koji je izgrađen radi navodnjavanja voćarskih i ratarskih površina. Obuhvaća površinu veću od 21 ha. Vinka je smještena neposredno uz regionalnu cestu Vinkovci – Osijek, Vinkovci – Đakovo.

Neke od glavnih proizvodnih linija poduzeća Vinka d.d. su linija koncentriranih sokova od jabučastog voća, bobičavog i koštičavog voća, linija voćnih kaša, linija za aseptično punjenje voćnih kaša te linija za zamrzavanje voća i povrća, zatim linija za prihvata i kalibriranje krumpira te linija za optičko sortiranje voća.

Tvornica Vinka d.d. prilikom prerade voća i povrća pazi na zaštitu okoliša, što znači da ne upotrebljava nikakva pomoćna sredstva u proizvodnji koja bi mogla zagaditi okoliš. Kruti otpad iz proizvodnje čine ostaci voća i povrća, prirodni i biološki razgradivi, odlažu se na deponiju i razvoze se na njive ili pak služe kao gorivo u vlastitoj kotlovnici. U otpadnim vodama ne postoje kemijska onečišćenja osim detergenata s kojim se peru proizvodne linije, a s obzirom na količinu to je zanemarivo. Otpadne vode koje nastaju u tvornici odlažu se u lagune. Lagune su velike jame koje su građene posebno, prema propisima. Zemljane su i zbijene kako bi ostale nepropusne. Volumen svake lagune je od oko 15 000 m<sup>3</sup>. Uz dozvolu Hrvatskih voda, otpadne vode, otpuštaju se u recipijent kanal Dren.

Svi proizvodni i energetske procesi su pod nadzorom inspekcijskih službi lokalne i državne uprave.

## **3.MATERIJALI I METODE**

### **3.1. Zadatak**

Zadatak se temelji na određivanju mikrobioloških i kemijskih parametara dva uzorka otpadnih voda te određivanju mikrobioloških i kemijskih parametara bunarske vode za piće (uzorak 3). Jedan od uzoraka otpadne vode bile su kućanske otpadne vode (uzorak 2), a drugi industrijske otpadne vode (uzorak 1). Oba uzorka uzorkovana su u lagunama u kojima se i pročišćavaju, a nalaze se unutar poduzeća Vinka d.d. Kod ova dva uzorka određeni su sljedeći pokazatelji onečišćenja otpadnih voda, a to su BPK<sub>5</sub>, KPK, utrošak KmnO<sub>4</sub>, pH, boja, miris te temperatura vode i zraka.

U bunarskoj vodi za piće određeni su boja, miris, okus, mutnoća, pH, vodljivost, kloridi, KmnO<sub>4</sub>, amonijak, nitriti, nitrati, željezo, slobodni klor, temperatura vode, te zastupljenost pojedinih bakterija u istoj (aerobne mezofilne bakterije inkubacija pri 37 °C, aerobne mezofilne bakterije inkubacija pri 22 °C, *E.coli*, ukupni koliformi, *Enterococcus spp.* i *Pseudomonas aeruginosa*).

Uzorci otpadnih voda te bunarske vode za piće uzeti su u Vinka d.d. (dioničko društvo za proizvodnju poljoprivrednih proizvoda). Svi navedeni uzorci pretraživani su u vremenskom periodu od 8.09.2015 do 04.10.2015 u veterinarskom zavodu Vinkovci - Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue.

### **3.2. Metode**

#### **3.2.1. BPK<sub>5</sub> – Biokemijska potrošnja kisika**

BPK je količina kisika koja je potrebna mikroorganizmima uzorka vode da u anaerobnim uvjetima na temperaturi od 20 °C, u određenom vremenu inkubacije, oksidiraju organske materijale u vodi. BPK<sub>5</sub> je standardna metoda koja definira vrijeme inkubacije od 5 dana tj. potrošnju kisika za 5 dana, iako u tom periodu nisu oksidirane sve organske tvari. Određuje se metodom razblaženja:

Svim uzorcima se dodaje određena količina čiste vode koja je zasićena kisikom i hranjivim solima tj. razblažuje se te nakon 5 dana se u njima može dokazati kisik Winkler metodom. Prethodno je potrebno pripremiti vodu tako da se otpadne vode koje sadrže kiseline ili baze neutraliziraju na pH 7.

Određuje se tako što se prethodno pripremljena i razblažena otpadna voda unosi u Winkler boce. Boce se zatvaraju bez mjehurića, te skupa sa kontrolnim bocama stavljaju u inkubator na temperaturu od 20 °C na 5 dana. Nakon toga se određuje sadržaj kisika Winkler jodometrijskom metodom (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

BPK<sub>5</sub> se određuje izrazom:

$$BPK_5 (mgO_2/L) = [(C_1 - C_2) - \frac{Vt - Ve}{Vt} (C_3 - C_4)] \frac{Vt}{Ve}$$

C<sub>1</sub> = koncentracija kisika u razrijeđenom uzorku prije inkubacije (mg O<sub>2</sub>/L)

C<sub>2</sub> = koncentracija kisika u razrijeđenom uzorku nakon 5 dana (mgO<sub>2</sub>/L)

C<sub>3</sub> = koncentracija kisika u vodi za razrjeđivanje prije inkubacije (mgO<sub>2</sub>/L)

C<sub>4</sub> = koncentracija kisika u razrijeđenoj vodi nakon 5 dana (mgO<sub>2</sub>/L)

Ve = zapremnina otpadne vode u mL

Vt = ukupna zapremnina smjese (otpadna voda + voda za razrjeđivanje u mL)

### 3.2.2. KPK – Kemijska potrošnja kisika

Kemijska potrošnja kisika prikazuje utrošak K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> koji je potreban za oksidaciju organske tvari u vodi.

Da bi se odredio KPK, potrebno je otpipetirati 3 mL uzorka vode, 1,5 mL otopine K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> i 4,5 mL otopine Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> u staklenu kivetu. Otpadna voda razrjeđuje se 10 – 20 puta. Pripremljeni uzorci se kuhaju oko 2 sata u termoreaktoru na temperaturi od 150 °C.

Nakon toga uzorci se hladevodom prebacuju u Erlenmeyerovu tikvicu od 100 mL te se dodaju 2 - 3 kapi ferroin indikatora i titira se otopinom feroamonijevog sulfata sve do promjene boje iz smeđe u tirkizno plavu, te iz tirkizno plave u crveno smeđu (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

KPK se određuje izrazom:

$$KPK(mg O_2L^{-1}) = \frac{(V1 - V2) \times C_{fas} \times 6xMO_2 \times 100}{V uzorak \times 4 \times 6} = \frac{(V1 - V2) \times C_{fas} \times 8000}{V uzorak (mL)}$$

$V_1$ = volumen feroamonijevog sulfata potrošen za titraciju slijepa probe

$V_2$ = volumen feroamonijevog sulfata potrošen za titraciju uzorka

$C_{fas}$ = koncentracija feroamonijevog sulfata

### 3.2.3. $KMnO_4$

Određivanje utroška  $KMnO_4$  označava metodu na osnovu koje se može utvrditi opterećenje vode organskim tvarima. Voda koja sadrži organske tvari utrošit će određenu količinu  $KMnO_4$  za njihovu oksidaciju.

Za određivanje  $KMnO_4$  potrebno je u Erlenmeyerovu tikvicu otpipetirati 100 mL bistrog uzorka vode, te se dodaje 5 mL otopine  $H_2SO_4(1:3)$ . Ova proba zagrijava se do vrenja. Nakon što provrije dodaje se 15 mL otopine  $KMnO_4$  te se ponovno kuha 10 minuta. Tokom cijelog kuhanja uzorak mora biti ljubičast. Nakon 10 minuta kuhanja, u vreli uzorak, dodaje se 15 mL otopine  $H_2C_2O_4$ . Nakon nekoliko sekundi proba postaje bezbojna, te se tada titira otopinom  $KMnO_4$  do blago ljubičaste boje (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

### **3.2.4. Određivanje pH vrijednosti**

pH vrijednost se određuje na način mjerenja aparatom PCE – 228. Sonda se uranja u uzorak te se očitavaju rezultati na displeju (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

### **3.2.5. Suspendirane tvari**

Suspendirane tvari u vodi mogu biti organske ili anorganske.

Da bi se odredila suspendirana tvar, potrebno je profiltrirati uzorak. Filtriranje se provodi na staklenom filter papiru, koji je prethodno izvagan. Nakon što se filtrira, filter zajedno s uzorkom se suši na 105 °C, te se ponovno važe. Razlika između dvaju odvaga je vrijednost suspendirane tvari (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

### **3.2.6. Određivanje koncentracije amonijaka i nitrata**

Koncentracija amonijaka i nitrata određuje se pomoću ion selektivnih elektroda koje su spojene na uređaj EutechCyberscan. Elektrode se svakodnevno baždare. U postupku baždarenja koriste se dva standarda. Prvi standard je baždarenje elektroda za određivanje nitrata koji sadržava natrijev nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ), dok drugi standard služi za baždarenje elektrode za određivanje amonijaka sadrži amonijev klorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Uz pomoć ovih standarda pripremaju se otopine kojima je koncentracijski interval 5 mg/l – 20 mg/l. Otopine standarda se pripremaju razrjeđivanjem s otopinom koja je istog mineralnog sastava kao i influent bez organskih spojeva i amonijevog klorida (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).



### 3.2.7. Ukupni koliformi

Koliformne bakterije su najčešća skupina bakterija u kontaminiranim vodama. Neke od tih bakterija su:

- *Escherichia coli*,
- *Enterobacter aerogenes*,
- *Klebsiella pneumoniae*.

Za određivanje ukupnih koliforma u vodi MPN metodom potrebne su tri epruvete selektivne hranjive podloge dvostruke snage, u svaku epruvetu se u aseptičnim uvjetima ukapa 10 ml uzorka, te se promiješa. Nadalje, potrebno je tri epruvete selektivne hranjive podloge jednostruke snage nacijepiti sa po 1ml uzorka. Nakon toga, epruvete se stavljaju u termostat te se inkubiraju pri temperaturi od 30– 37 °C oko 24sata. Nakon što se inkubiralo, iz svake epruvete dvostruke snage potrebno je nacijepiti ušicom potvrdnu hranjivu podlogu Brillijant zelenog laktoza žučnog bujona, koje se također inkubira pri temperaturi 30– 37 °C u trajanju od oko 24 – 48 sati. Isti taj postupak se provodi s inkubiranim epruvetama jednostruke snage. U slučaju pojave plina potrebno je za svako razrjeđenje izbrojiti ukupan broj epruveta u kojima je nastao plin, te prema tablici očitati MPN (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

### 3.2.8. Određivanje aerobnih mezofilnih bakterija u vodi

Idealna temperatura za rast mezofilnih bakterija je od 20 °C do 45 °C, a najoptimalniji uvjeti su pri temperaturi od 37 °C kao i čovjekova tjelesna temperatura, što će reći da je većina mezofilnih bakterija patogena.

Za određivanje aerobnih mezofilnih bakterija u vodi potrebno je razrijediti ispitivani uzorak vode u sterilnoj fiziološkoj otopini, zatim 1 ml uzorka navedenog razrjeđenja otpipetirati u sterilne Petrijeve zdjelice. Nakon toga, dodaje se 15 – 20 ml rastopljene podloge te se mora kružno i polako pomiješati i pustiti da se podloga skrutne. Takve Petrijeve zdjelice moraju se preokrenuti i staviti u termostat. Jedna takva zdjelica se inkubira pri temperaturi od 36 +/-2 °C kroz 44 +/-4 sata, a druga pri temperaturi od 22 +/-2 °C kroz 68 +/-4 sata. Da bi se odredio broj mezofilnih aerobnih bakterija potrebno je na neselektivnoj podlozi prebrojiti sve

kolonije unutar i na površini podloge. Rezultat se izražava kao broj formiranih kolonija na mililitar uzorka zajedno s razrjeđenjem (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

### 3.2.9. Određivanje *Pseudomonas aeruginosa* u vodi MPN metodom

Da bi se odredila ova vrsta bakterije u vodi potrebno je nacijepiti 5 epruveta u kojima je 10 ml podloge Asparagin bujona sa po 10 ml uzorka vode. Epruvete je potrebno najprije protresti te staviti inkubirati na temperaturi od 35 °C u trajanju od 48 sati. Nakon toga, iz epruveta koje daju pozitivne rezultate potrebno je izračunati najvjerojatniji broj *Pseudomonas aeruginosa*, pomoću statističkih tablica (Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci, 2015).

*MPN (najvjerojatniji broj)*

$$= \frac{(\text{broj epruveta} \times V \text{ uzorka})}{(V \text{ uzorka u epruvetama sa neg reakcijom} \times V \text{ uzorka u epruvetama sa poz reakcijom})}$$

V = volumen

## 4. REZULTATI

Tablica 2. Rezultati analize otpadne vode iz industrije

Parametar pretraživanja	MJ	MDK	Rezultat
Temperatura zraka	°C		24,6
Temperatura vode	°C	35	19,1
Boja			Slabo primjetan
Miris			Primjetan
pH		6,5-9,0	7,63
BPK5	mg O <sub>2</sub> /l	25	17,8
KPK	mg O <sub>2</sub> /l	125	29,2
Utrošak KMnO <sub>4</sub>	mg/l		115
Suspendirane tvari	mg/l	35	56,7
Detergenti-anionski MBAS	mg/l	1	0,10

MJ-mjerna jedinica, MDK-maksimalno dopuštena količina

Tablica 3. Rezultati analize otpadne vode iz kućanstva

Parametar pretraživanja	MJ	MDK	Rezultat
Temperatura zraka	°C		27,8
Temperatura vode	°C	35	25,2
Boja			primjetan
Miris			primjetan
pH	pH jedinice	6,5-9,0	6,85
BPK5	mg O <sub>2</sub> /l	25	222
KPK	mg O <sub>2</sub> /l	125	1006
Utrošak KMnO <sub>4</sub>	mg/l		160
Suspendirane tvari	mg/l	35	7,0

MJ-mjerna jedinica, MDK-maksimalno dopuštena količina

Tablica 4. Rezultati kemijske analize bunarske vode za piće

Parametar pretraživanja	MJ	MDK	Rezultat
<b>Boja</b>	Mg/l Pt/Co	20	0
<b>Miris</b>		Bez	Bez
<b>Okus</b>		Bez	Bez
<b>Mutnoća</b>	°NTU	4	0
<b>pH</b>	pH jedinice	6,5-9,5	7,60
<b>Vodljivost</b>	μS/cm pri 20°C	2500	698
<b>Kloridi</b>	mg/l	250,0	7,40
<b>Utrošak KMnO<sub>4</sub></b>	mgO <sub>2</sub> /l	5,0	0,93
<b>Amonijak</b>	mg/l	0,50	0,05
<b>Nitriti</b>	mg/l	0,50	0,02
<b>Nitrati</b>	mg/l	50,0	1,27
<b>Željezo</b>	μg/l	200	278,2
<b>Slobodni klor</b>	mgCl/l	0,50	0,02
<b>Temperatura vode</b>	°C	25	16,4

MJ-mjerna jedinica, MDK-maksimalno dopuštena količina

Tablica 5. Rezultati mikrobiološke analize bunarske vode za piće

Parametar pretraživanja	MJ	MDK	Rezultat
<b>Aerobne mezofilne bakterije/inkubacija pri 37°C</b>	Cfu/ml	20	0
<b>Aerobne mezofilne bakterije/inkubacija pri 22°C</b>	Cfu/ml	100	2
<i>Escherichia coli</i> /100ml	Cfu/ml	0	0
Ukupni koliformi/100ml	Cfu/ml	0	0
<i>Enterococcus spp.</i> /100ml	Cfu/ml	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	Cfu/ml	0	0

MJ-mjerna jedinica, MDK-maksimalno dopuštena količina

## 5. RASPRAVA

Tablica 2. prikazuje rezultate pretraživanja otpadne vode iz industrije (uzorak 1), dok tablica 3. prikazuje rezultate kućanskih otpadnih voda (uzorak 2). Uzorci se razlikuju u većini analiziranih parametara.

Temperatura uzorka kućanskih otpadnih voda na uzorkovanju bila je veća za 6,1 °C u odnosu na industrijsku otpadnu vodu. Također je i temperatura zraka bila veća za 3,2 °C, što nema veći značaj iz razloga što je temperatura oba uzorka ispod maksimalno dopuštene temperature koja iznosi 35 °C. Uzorak industrijske otpadne vode imao je slabo primjetnu boju te primjetan miris u odnosu na kućanske otpadne vode gdje su i boja i miris bili primjetni. Nadalje, pH uzorak industrijskih otpadnih voda bio je u okviru maksimalno dopuštene pH vrijednosti (6,5-9,0), kao i uzorak kućanskih otpadnih voda, što odgovara Zakona o vodama (NN br. 153/09., 63/11., i 56/13.). BPK<sub>5</sub> u uzorku 2, kućanskih otpadnih voda je bio visoko iznad MDK (25 mg O<sub>2</sub>/L) te je iznosio 222 mg O<sub>2</sub>/L. Isto se moglo vidjeti kod spomenutog uzorka u pretraživanju parametra KPK, čija je maksimalna dopuštena koncentracija 125 mg O<sub>2</sub>/L, a koji je iznosio 1006 mg O<sub>2</sub>/L. Povišena vrijednost navedenih parametara znači da voda iz uzorka 2 mora odležati u laguni u vremenskom razdoblju od mjesec dana ili pak godinu dana. Koliko dugo će voda odležati u laguni ovisi o vrsti prisutnih mikroorganizama u njoj. Nakon određenog vremena kada je voda odležala u laguni, KPK i BPK<sub>5</sub> bi trebali pasti na dopuštene vrijednosti kako bi se voda mogla otpustiti u recipijent, no ako se navedeni parametri ne spuste ispod MDK, voda se može ispustiti ali uz plaćanje naknade. Lagune su veličine od oko 15 000 m<sup>3</sup>. U poduzeću Vinka d.d. postoje dvije lagune i jedna pomoćna u koju se prebacuje organski mulj. Nakon toga trebalo bi uslijediti biološko pročišćavanje. Biološko pročišćavanje provodi se u lagunama jer ne postoji drugi sustav za biološko pročišćavanje. Kada se pročisti voda se ispušta u recipijent u kanal Dren uz prethodno odobrenje Hrvatskih voda. S druge strane, rezultati oba parametra BPK<sub>5</sub> i KPK u uzorku industrijske otpadne vode iznosili su nešto manje od MDK. Utrošak KMnO<sub>4</sub> bilježi rezultat od 160 mg/L u kućanskim otpadnim vodama te 115 mg/L u uzorku industrijskih otpadnih voda. Posljednji parametar koji je promatran u oba uzorka su suspendirane tvari, čiji je rezultat bio značajniji u industrijskim otpadnim vodama te je iznosio 56,7 mg/L, a njegova maksimalna dopuštena koncentracija bila je 35 mg/L, što znači da kada se suspendirane tvari istalože potrebno je očistiti lagune od organskog mulja. Sva otpadna voda u industriji Vinka

d.d. pročišćava se u lagunama iz razloga što nemaju sustav za pročišćavanje te se nakon toga ispušta u recipijent.

U tablici 4. su prikazani parametri koji su pretraživani u uzorku bunarske vode za piće (uzorak 3). Rezultati su pokazali da je bunarska voda za piće bez boje, mirisa i okusa što priliči valjanoj vodi za piće, kao što je navedeno u Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Ispitivana voda, također ukazuje da nema zamućenja te da je pH u granicama maksimalno dopuštene koncentracije (6,5-9,5) koja je također propisana u Zakonu o hrani (NN br. 46/07), a iznosi 7,60. Temperatura na uzorkovanju bunarske vode za piće iznosila je 16,4 °C. Utrošak KMnO<sub>4</sub> iznosio je 0,93 mg O<sub>2</sub>/L, čija je MDK iznosila 5,0 mg O<sub>2</sub>/L, u skladu kao što kaže Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN br. 56/2013.). Rezultati većine parametara koji su ispitivani u uzorku bunarske vode za piće poput klorida, amonijaka, nitrita, nitrata te slobodnog klora bili su ispod maksimalno dopuštene koncentracije, što bi značilo da je ispitivana bunarska voda valjana za piće. No, s druge strane rezultati jednog pretraživanog parametra odnosno dobiveni rezultat željeza u uzorku iznosio je 278,2 µg/l što je više od maksimalno dopuštene koncentracije koja iznosi 200,0 µg/l. Bez obzira na udovoljavajuću koncentraciju ostalih ispitivanih parametara u uzorku 3, isti ne udovoljava odredbama Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08) zbog količine željeza veće od MDK. No, kako se ova bunarska voda za piće u praksi koristi, višak željeza se uklanja deferizacijom, odnosno oksidacijom se stvara talog tako što se upuhuje zrak u vodu. Ovaj proces odvija se u aeratoru preko Rašingovih prstenova. Najprije se stvara folikulasti talog koji se odstranjuje u posudama za deferizaciju a koje su ispunjene šljunkom i kvarcnim pijeskom različitih granulacija.

Tablica 5. prikazuje postojanje određenih vrsta bakterija u uzorku bunarske vode za piće. Ispitivana je prisutnost *Escherichie coli*, *Enterococcusa spp.*, *Pseudomonasa aeruginosa* te ukupnih koliforma čije su maksimalne dopuštene koncentracije bile 0 cfu/100ml, a dobiveni rezultati su također pokazali istu vrijednost. Nadalje, u ispitivanoj bunarskoj vodi za piće rezultat pretraživanja aerobnih mezofilnih bakterija (inkubacija pri 37 °C) je 0 cfu/ml od maksimalne dopuštene koncentracije 20 cfu/ml, a aerobnih mezofilnih bakterija (inkubacija pri 22 °C) iznosio je tek 2 cfu/ml od maksimalne dopuštene koncentracije 100 cfu/ml, što je u skladu sa zakonskom regulativom tj. u skladu s Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08). Dakle, voda je zdravstveno ispravna jer ne sadrži patogene mikroorganizme koji su štetni za čovjekovo zdravlje.

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovi provedene analize otpadnih voda, te bunarske vode može se zaključiti sljedeće:

- Otpadna voda iz industrije se ne može direktno ispustiti u predviđeni recipijent zbog visokog udjela suspendiranih tvari, te ih je potrebno najprije istaložiti.
- Otpadna voda iz kućanstva također se ne može direktno ispustiti u predviđeni recipijent zbog visokih vrijednosti KPK i BPK5, tj. zbog prevelike količine organskih tvari.
- Otpadna voda iz kućanstva mora odležati određeni vremenski period u lagunama za pročišćavanje otpadnih voda pomoću aktivnog mulja, dok se parametri koji odstupaju ne svedu u zakonski predviđene granice.
- Da bi se u praksi koristila analizirana bunarska voda potrebno je najprije ukloniti višak željeza procesom deferizacije.



## 7. LITERATURA

1. Duraković, S.; Duraković, L. (2001) *Mikrobiologija namirnica osnove i dostignuća*. Zagreb: Kugler.
2. Duraković, S. (2001) *Primjenjena mikrobiologija*. Zagreb: Kugler.
3. Duraković, S.; Redžepović S. (2002) *Uvod u opću mikrobiologiju*. Zagreb: Hinus.
4. Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue Vinkovci (2015) *Interni propisi za analize*.
5. Tušar, B. (2004) *Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode*. Zagreb: Croatia knjiga.
6. Zakon o hrani (»Narodne novine« broj 46/07), 2007.
7. Zakon o vodama (»Narodne novine« broj 153/09., 63/11., 130/11.), 2013.
8. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (»Narodne novine« broj 56/2013.), 2013.
9. Zelena Energija, 17.05.2016. <http://www.zelenaenergija.org/clanak/biolosko-prociscavanje-otpadnih-voda/410>
10. Anonymus 1, 17.05.2016  
[https://www.google.hr/search?q=otpadne+vode&espv=2&biw=1440&bih=731&tbm=isch&imgil=\\_OGvH7B6IzuEM%253A%253B\\_uccpKOML6ZvaM%253Bhttps%25253A%25252%25252Fwww.emaze.com%25252F%252540AFFZTOZL%25252FOTPA\\_DNEVODEPrirodna&source=iu&pf=m&fir=\\_OGvH7B6IzuEM%253A%252C\\_uccpKOML6ZvaM%252C\\_&usg=\\_\\_IwbMvhPPw3noj8kF58aldnC0GA%3D&dpr=1&ved=0ahUKEwjzrG8xeHMAhUPahoKHWF5CswQyjcINw&ei=iEg7V\\_PmPI\\_UaeHyqeAM#imgrc=-OGvH7B6IzuEM%3A](https://www.google.hr/search?q=otpadne+vode&espv=2&biw=1440&bih=731&tbm=isch&imgil=_OGvH7B6IzuEM%253A%253B_uccpKOML6ZvaM%253Bhttps%25253A%25252%25252Fwww.emaze.com%25252F%252540AFFZTOZL%25252FOTPA_DNEVODEPrirodna&source=iu&pf=m&fir=_OGvH7B6IzuEM%253A%252C_uccpKOML6ZvaM%252C_&usg=__IwbMvhPPw3noj8kF58aldnC0GA%3D&dpr=1&ved=0ahUKEwjzrG8xeHMAhUPahoKHWF5CswQyjcINw&ei=iEg7V_PmPI_UaeHyqeAM#imgrc=-OGvH7B6IzuEM%3A)

## **POPIS KRATICA**

BPK<sub>5</sub> – Biokemijska potrošnja kisika

*E.coli* – *Escherichia coli*

grč. - grčki

KPK – Kemijska potrošnja kisika

## **IZJAVA O AUTORSTVU RADA**

Ja, Marcel Fridl, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Mikrobiološka kakvoća otpadnih voda iz različitih izvora**, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, lipanj, 2016.

Marcel Fridl