

# Obrada otpadnih voda kemijske industrije

---

**Markanović, Toni**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:617166>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Toni Markanović**

**OBRADA OTPADNIH VODA KEMIJSKE INDUSTRIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2015.**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Toni Markanović

OBRADA OTPADNIH VODA KEMIJSKE INDUSTRIJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Igor Peternel

Karlovac, 2015

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE  
SIGURNOSTI I ZAŠTITE

**ZAVRŠNI ZADATAK**

**Student:** Toni Markanović

**Matični broj:** 0415612049

**Naslov rada:** OBRADA OTPADNIH VODA KEMIJSKE INDUSTRIJE

**Opis zadatka:**

1. Uvod
2. Struktura vode
3. Otpadne vode
4. Uzorkovanje
5. Obrada otpadne vode
6. Zakonski propisi o ispuštanju otpadnih voda
7. Otpadne vode u Sisačko – moslavačkoj županiji
8. Zaključci

**Zadatak zadan:**

**Rok predaje:**

**Predvideni rok obrane:**

7/2015

10/2015

10/2015

**Mentor:** dr. sc. Igor Peternel

**Predsjednik Ispitnog Povjerenstva:**

## **PREDGOVOR**

U stvaranju završnog rada svojim znanjem i iskustvom uvelike mi je pomogao dr.sc. Igor Peternel kojem iskreno zahvaljujem na uloženom trudu, prenesenom znanju i iskustvu.

Kolegama studentima i profesorima stručnog studija sigurnosti i zaštite također hvala, koji su mi svojim znanjem, podrškom i stručnošću uvelike olakšali studij, te pružili motivaciju za daljnje usavršavanje i napredovanje.

Posebno se zahvaljujem mojoj obitelji na strpljenju, povjerenju i potpori koju su mi pružili kroz ovo školovanje na Veleučilištu u Karlovcu.

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu definirat ću što su otpadne vode, njihovu podjelu, metode pročišćavanja, te primjer otpadnih voda u Republici Hrvatskoj.

Također će biti opisana zakonska regulativa otpadnih voda, koja opisuje provedbe zaštite voda u Hrvatskoj te strategiju upravljanja vodama.

## **ABSTRACT**

In this final work I will define waste water, their distribution, treatment methods and an example of waste water in Republic of Croatia.

It will also be described legislation wastewater , which describes the implementation of water protection in Croatia and water management strategy.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. STRUKTURA VODE .....</b>	<b>3</b>
2.1. Fizikalno – kemijska svojstva .....	4
2.2. Otapanje plinova u vodi.....	5
<b>3. OTPADNE VODE.....</b>	<b>6</b>
3.1. Kućanske otpadne vode .....	6
3.2. Industrijske otpadne vode.....	7
3.3. Oborinske otpadne vode.....	9
3.4. Svojstva otpadnih voda .....	9
3.4.1. Krupni otpaci.....	10
3.4.2. Krutine .....	10
3.4.3. Mikroorganizmi.....	11
3.4.4. Hranjive soli .....	11
3.4.5. Postojane tvari .....	12
3.4.6. Otrovne tvari.....	12
3.4.7. Radioaktivne tvari.....	12
3.4.8. Otopljeni plinovi.....	13
3.4.9. Povišena temperatura vode.....	13
<b>4. UZORKOVANJE.....</b>	<b>14</b>
4.1. Uzorkovanje vode.....	14
<b>5. OBRADA OTPADNIH VODA .....</b>	<b>16</b>
5.1. Mehaničko pročišćavanje.....	16
5.1.2. Rešetanje .....	17
5.1.3. Usitnjavanje.....	18
5.1.4. Taloženje .....	19
5.1.5. Isplivavanje .....	20
5.1.6. Izjednačavanje.....	22
5.1.7. Neutralizacija .....	22



5.2.	Biološko pročišćavanje .....	23
5.2.1.	Taloženje i isplivavanje .....	23
5.2.1.1.	Taloženje u prethodnim taložnicima .....	24
5.2.1.2.	Taloženje u naknadnim taložnicima.....	25
5.3.	Biološki procesi.....	25
5.3.1.1.	Aerobna gradnja i razgradnja stanica .....	26
5.3.1.2.	Anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja .....	26
5.3.1.3.	Bakteriološka oksidacija i redukcija .....	26
5.3.2.	Procjeđivanje i dezinfekcija .....	27
5.4.	Fizikalno – kemijsko pročišćavanje.....	28
5.4.1.	Zgrušavanje .....	28
5.4.2.	Kemijsko obaranje .....	29
5.4.3.	Adsorpcija .....	29
5.4.4.	Ionska izmjena.....	29
5.4.5.	Membranski procesi.....	30
5.4.5.1.	Inverzna osmoza .....	30
5.4.5.2.	Elektrodijaliza .....	30
5.4.5.3.	Ultrafiltracija.....	31
<b>6.</b>	<b>ZAKONSKI PROPISI O ISPUŠTANJU OTPADNIH VODA.....</b>	<b>32</b>
<b>7.</b>	<b>OTPADNE VODE U SISAČKO – MOSLAVAČKOJ ŽUPANIJI .....</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>ZAKLJUČCI.....</b>	<b>35</b>

**Popis slika:**

Slika 1. Kruženje vode.....	1
Slika 2. Fazni dijagram vode.....	3
Slika 3. Rešetke s mehaničkim čišćenjem.....	18
Slika 4. Usitnjivač sa slobodnim prolazom vode.....	19
Slika 5. Pjeskolovi.....	20
Slika 6. Aerirani jednokomorni flotator.....	21
Slika 7. Aerirani dvokomorni pjekolov i florator.....	22
Slika 8. Pravokutni prethodni taložnik.....	24

**Popis tablica:**

Tablica 1. Fizikalna svojstva vode.....	4
Tablica 2. Topljivost nekih plinova u vodi (g/l) pro 20 °C.....	5
Tablica 3. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnologiji otpadnih voda.....	32

## 1. UVOD

“Voda je izvor i nužnost života kakvog poznajemo. Tvori mora, rijeke, jezera i zaledene prostore, prekrivajući oko 71 % zemljine površine, a važan je sastojak atmosfere i tla.” [1]

Voda je zaslužna za razvitak prvih živih bića, koja danas čini 50 – 90 % udjela stanica i organizama, te je temeljni uvijet za opstanak živih bića. Ukoliko ljudski organizam izgubi 10 – 20 % ukupnog obujma svoje tekućina dolazi do smrti. Voda je bitna i za biljni svijet jer otapa hranjiva iz tla, putuje kapilarama od korijena do najmanjeg lista, odakle isparavanjem odlazi u atmosferu.



Slika 1. Kruženje vode

Najveći rezervoari vode su oceani i podzemne vode, ovisno o konfiguraciji i strukturi tla. Površinski se vodotoci pune otapanjem snijega i leda ili oborinama, a utjecanjem u rijeke i mora te poniranjem vraćaju vodu u svoje izvore. Isparavanjem, sublimiranjem ili transpiracijom biljaka vodena para odlazi u atmosferu, te se tamo kondenzira i vraća na

Zemlju u obliku oborina koji kroz tlo prodiru u prirodne velike rezervoare. Prodiranjem vode kroz tlo i stijene, voda postaje najvrjednija biogeokemijska karika kruženja tvari u prirodi.

Prirodne vode se dijele na atmosferske, podzemne i površinske, a prema količini i vrsti otopljenih tvari razlikujemo slatke, mineralne, slane, tvrde, meke i ostale vode.

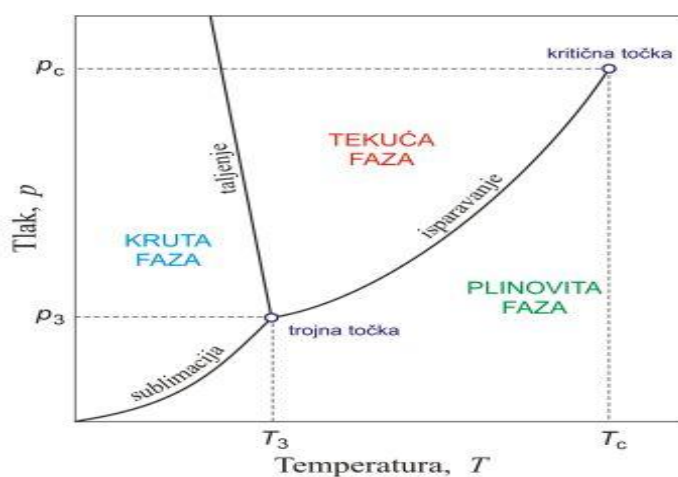
Prirodna voda je bezbojna tekućina, bez boje i mirisa. Nastaje izgaranjem organskih tvari koje sadržavaju vodik, pirolizom hidrata, metaboličkim reakcijama u organizmu, ali i izravnom reakcijom vodika s kisikom. [1]

## 2. STRUKTURA VODE

Struktura voda ovisi o agregacijskom stanju, a na Zemlji je prisutna u trima agregacijskim stanjima: tekućem u površinskom i podzemnim vodama, čvrstom u ledom prekrivenom površinama te plinovitom kao vodena para.

Ravnoteža stanja između tekuće, čvrste i plinovite faze prikazuje se faznim dijagramom vode. Krivulje faznog dijagrama vode prikazuju ravnotežu stanja između dviju faza. Sve tri krivulje sjeku se u trojnoj točki pri temperaturi  $T_{t,t} = 273,16$  K i tlaku  $p_{t,t} = 0,611$  kPa. Krivulja isparavanja vode završava pri temperaturi  $T_{krit.} = 647,3$  K i tlaku  $p_{krit.} = 22\ 064$  kPa, odnosno u kritičnoj točki iznad koje se prekida jasna granica između tekuće i plinovite faze. To znači da se na ekstremno visokim temperaturama i tlakovima tekuća i plinovita faza ne mogu razlikovati pa tu fazu nazivamo fluidom u superkritičnim uvjetima.

„U većini faznih dijagrama granice između čvrste i tekuće faze imaju pozitivan nagib zbog veće gustoće čvrste faze, što uvjetuje povišenje temperature taljenja s porastom tlaka. Nasuprot tome, u faznom dijagramu vode, granica između čvrstog i tekućeg stanja ima negativan nagib, što pokazuje da je gustoća leda manja od gustoće vode.“ [2] Ta anomalija se naziva *anomalijom vode*. [2]



Slika 2. Fazni dijagram vode

## 2.1. Fizikalno – kemijska svojstva

Molekule vode i njihovo vanjsko električno polje imaju *dipolni karakter*, zbog nesimetrične razdiobe elektrona. Molekule vode se međusobno povezuju vodikovom vezom koja nastaje pridruživanjem elektronegativnog atoma kisika jedne molekule elektropozitivnim atomima vodika drugih molekula vode.

Polarnost određuje ostala svojstva vode:

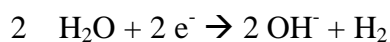
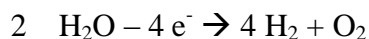
Gustoća vode ovisi o temperaturi, tlaku i agregatnom stanju. Pri 101,325 kPa i 3,98 °C gustoća vode iznosi 1,0000 g/cm<sup>3</sup>, što je maksimalna vrijednost koja se smanjuje povišenjem temperature. Gustoća leda iznosi 0,917 g/cm<sup>3</sup>, što pokazuje kako se smanjenjem temperature gustoća vode smanjuje. Gustoća vode objašnjava zašto led pluta na površini, koji štiti od prodora hladnoće u dubinu gdje se odvija život biljaka i životinja.

Viskoznost vode ovisi o temperaturi i tlaku. Na temperaturama manjim od 30 °C viskoznost se smanjuje s porastom tlaka, a iznad te temperature raste s tlakom. Viskoznost vodene pare ovisi o temperaturi, ali ne i o tlaku, tako da se molekule vode slobodno gibaju u prostoru.

<b>svojstva vode</b>	<b>vrijednosti</b>
Ledište (101 325 kPa)	0 °C
Vrelište (101325 kPa)	100 °C
Kritična temperatura	647,3 K (374,15 °C)
Kritičan tlak	22 064 kPa
Kritična gustoća	0,314 g/cm <sup>3</sup>
Gustoća (0 °C)	0,9998 g/cm <sup>3</sup>
(3,98 °C)	1,0000 g/cm <sup>3</sup>
(25 °C)	0,9970 g/cm <sup>3</sup>
Viskoznost (20°C)	1,0026 Pa s

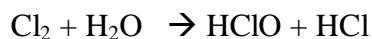
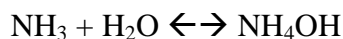
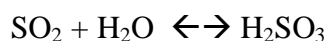
Tablica 1. Fizikalna svojstva vode

Voda je zbog svoje dipolnosti izvrsno otapalo za mnoge organske i anorganske tvari te neke plinove. Ionski spojevi i spojevi s polarnim molekulama se najbolje otapaju u vodi zbog privlačenja suprotnih polova njihovih molekula i uspostavljanja ion-dipolnih veza. Voda može djelovati kao reducens ili oksidans, pri čemu razvija kisik, odnosno vodik: [1]



## 2.2. Otapanje plinova u vodi

Otapanje plinova u vodi mijenja njezin sastav: Otapanje vode s SO<sub>2</sub> povećati će njezinu kiselost – primjer za to su kisele kiše; dok će otapanje amonijaka u vodi učiniti vodu lužnatom. Napolarni plinovi se teško otapaju, kao npr. klor.



N <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	NO
0,019	0,029	0,043	0,073	1,688	3,846	112,8	0,062

Tablica 2. Topljivost nekih plinova u vodi (g/L) pri 20 °C

Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) ima važnu ulogu na Zemlji za održavanje života te djeluje u mnogim prirodnim procesima, poput fotosinteze i disanja. Nalazi se i u oborinama koje se prodiru kroz tlo, pa podzemne vode mogu sadržavati od deset do nekoliko stotina mg/L ugljične kiseline (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), nastale otapanjem CO<sub>2</sub>. [1]

### **3. OTPADNE VODE**

Otpadne vode su sve potencijalno onečišćene tehnološke, kućanske, oborinske i druge vode. Nastaju uporabom vode iz brojnih vodoopskrbnih sustava za određene namjene, pri čemu dolazi do promjena njenih prvotnih značajki: fizikalnih, kemijskih i mikrobioloških.

Izgradnjom vodoopskrbnog sustava, voda uzeta za opskrbu stanovništva se nakon uporabe kanalizacijskim sustavom odvodi se na pročišćavanje i vraća u prirodni okoliš. Svojstva otpadnih voda se razlikuju prema porijeklu, pa se mogu svrstati u:

1. kućanske otpadne vode
2. industrijske otpadne vode
3. oborinske otpadne vode [3]

#### **3.1. Kućanske otpadne vode**

Kućanske otpadne (komunalne, gradske, fekalne) vode nastaju uporabom sanitarnih agensa u kućanstvima, zdravstvenim, školskim, uslužnim, turističkim i drugim neproizvodnim objektima. Obuhvaćaju i otpadne vode dobivene pranjem ulica, zalijevanjem zelenila i pranjem automobila.

Prema sadržaju kisika i stupnju razgradnje organskih otpadnih sadržaja razlikuju se:

- kod svježih kućanskih otpadnih voda, gdje razgradnja organskih otpadnih sadržaja nije napredovala te je sadržaj kisika približno jednak sadržaju kisika u vodi iz gradskog vodovoda,
- u odstajalim i trulim kućanskim otpadnim vodama, gdje je sadržaj kisika približno jednak nuli te je utrošen na razgradnju organskih otpadnih sadržaja s tim što je u trulim kućanskim otpadnim vodama već značajno napredovala anareobna razgradnja organskih otpadnih sadržaja.



Kućanske otpadne vode sadrže znatne količine grubih zagađenja i grubo dispergiranih sadržaja. Od koloidno dispergiranih tvari i otopljenih sadržaja oko dvije trećine su organskog porijekla. Najčešće se kao pokazatelj svojstava kućanskih otpadnih voda koriste biokemijska potrošnja kisika, sadržaj koloidno dispergiranih tvari i sadržaj mikroorganizama fekalnog porijekla (bakterije i virusi). Temperatura kućanskih otpadnih voda je povišena za oko 10 °C, što ubrzava proces razgradnje organskih otpadnih sadržaja uz utrošak kisika, te je uvijek prisutna opasnost od truljenja. Opasnost je osobito izražena ljeti i u toplijim krajevima. Kućanske otpadne vode u područjima bez kanalizacijskog sustava prikupljaju se u septičkim jamama koje je potrebno povremeno prazniti. [3]

### **3.2. Industrijske otpadne vode**

Industrijske otpadne vode prate odvijanje proizvodnih procesa. Svojstva industrijskih otpadnih voda su veoma različita i ovise o prirodi i parametrima proizvodnih procesa.

Voda se u industrijskim tvrtkama koristi, kako neposredno u tehnološkim procesima i operacijama, tako i u pomoćnim operacijama (hlađenje industrijskih uređaja, transport sirovina, uklanjanje proizvodnih otpadaka i slično). Industrijske otpadne vode mnogih industrijskih grana sadrže specifične primjese, od kojih mnoge imaju stupanj toksičnosti. Kao zagađivači u ovoj vrsti otpadnih voda mogu se nalaziti i mnogi korisni i vrijedni materijali. Njihovim izvlačenjem iz otpadne vode postiže se određeno smanjenje stupnja njene zagađenosti, a istovremeno ostvaruje i određeni ekonomski efekat.

Zavisno od zahtjeva u pogledu kvaliteta vode koja se koristi u tehnološkom procesu, može se primjenjivati više stupnjevito, ponovo iskorištavanje otpadnih voda za jednu istu operaciju (recirkulacija), ili njihovo korištenje za druge operacije, za koje je zadovoljavajuća i niža kvaliteta vode (ponovna upotreba). U oba slučaja se otpadna obrađuje kako bi se ponovno mogla koristiti u procesu. [3]

Različiti tehnološki procesi u industrijama uvjetuju i različite sastave otpadnih voda i prema tome, imamo dvije osnovne grupe:

- biološki razgradive – vode koje se mogu miješati s gradskim otpadnim vodama, odnosno koje se odvođe zajedničkom kanalizacijom (npr. iz prehrambenih industrija)
- biološki nerazgradive - vode koje se moraju proći postupak pročišćavanja prije miješanja s gradskom otpadnom vodom (npr. iz kemijske, metalne industrije)

Često se još spominju onečišćene vode i uvjetno čiste pri čemu se u uvjetno čiste vode ubrajaju one vode koje uporabom nisu pretrpjele značajne promjene fizikalnih i kemijskih svojstava te se mogu bez predobrade ispustiti u kanalizaciju ili prijemnik. Većina industrija upotrebljava znatne količine vode za hlađenje u procesu, pri čemu temperatura vode raste, velik dio vode ispari, a posljedica je povećanje koncentracija soli u otpadnoj vodi i toplinsko onečišćenje vode. Svaka industrija čini specifičan problem po temeljnim sastojcima u otpadnoj vodi, a pojedine industrijske otpadne vode mogu sadržavati sastojke koji su toksični ili teško razgradivi te interferiraju sa živim svijetom okoliša. To su teški metali, kiseline, lužine, nafta i naftni derivati, masti i mineralna ulja, radioaktivni izotopi, sintetski kemijski spojevi, dakle sastojci koje ne sadržavaju prirodne vode. Prije priključenja takve vode na gradsku kanalizaciju, potrebno ih je prethodno pročistiti iz nekoliko razloga:

- kako bi se uklonile toksične i postojeće tvari koje se gomilaju u živom organizmu i sprečavaju biološku razgradnju
- kako bi se iz otpadnih voda izdvojile eksplozivne, korozivne i zapaljive tvari koje oštećuju kanalizacijske objekte i cijevi
- kako bi se uklonili inhibitori koji onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje

komunalnih otpadnih voda

Kada je u otpadnoj vodi veća količina dušika, pretpostavlja se da je to zbog utjecaja industrije. pH - vrijednost gradskih otpadnih voda kreće se oko 7-7,5 dok je pH-vrijednost industrijskih otpadnih voda uglavnom veća ili manja od toga. Također, u industrijskoj otpadnoj vodi se pojavljuju teški metali, visok je salinitet te je povišena temperatura. [4]

### 3.3. Oborinske otpadne vode

Oborinske vode ispiru zrak i površine tla te su zbog toga u manjoj ili većoj mjeri zagađene. Budući da ima svojstva slabe kiseline, gdje je pH – vrijesnost između 4 i 5, ona je agresivna te može ugroziti živote trovanjem koje nastaje otapanjem metalnih dijelova vodovodnih instalacija.

Oborinske vode se iz praktičnih razloga mogu podijeliti na dvije osnovne vrste:

- čiste oborinske vode
  - krovne vode prikupljene sa krovova, nadstrešnica i slično
  - vode sa uređenih i neuređenih zelenih površina koje spadaju krovne vode prikupljene sa krovova, nadstrešnica i slično
  - vode sa uređenih i neuređenih zelenih površina koje se ne koriste za djelatnost, manipulaciju, promet i slično i ove vode treba prikupiti i direktno odvesti ka finalnom recipijentu
- otpadne oborinske vode
  - prikupljene sa uređenih površina (asfaltiranih, betoniranih, popločanih i slično) koje se koriste za neku djelatnost ili promet i one prije upuštanja u finalni recipijent moraju biti pročišćene do graničnih vrijednosti opasnih i štetnih tvari koje su dozvoljene zakonom i odgovarajućim pravilnicima. [3]

### 3.4. Svojstva otpadnih voda

Otpadne vode predstavljaju mješavinu raznih onečišćenja koji su vodom nošeni. Stoga svojstva ovih voda bitno ovise o njihovom porijeklu (kućanske, industrijske i oborinske vode). Pročišćavanje otpadnih voda je proces smanjenja onečišćenja do onih količina ili koncentracija s kojima pročišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju neopasne za život i ljudsko zdravlje i ne uzrokuju neželjene promjene u okolišu.

Glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda su:

- krupni (površinski) otpaci
- krutine
- mikroorganizmi
- hranjive soli (biogene soli)
- postojeane tvari (perzistentne tvari)
- otrovne tvari
- radioaktivne tvari
- otopljeni plinovi
- povišena temperatura vode [3]

### **3.4.1. Krupni otpaci**

Krupni otpaci su papiri, krpe, kore od voća i ostali krupniji organski i sintetski otpaci. Za razgradnju krupnih organskih otpadaka se troši kisik, pa se tako smanjuje količina otopljenog kisika u vodi. Međutim, u odnosu na krutine, ovi otpaci nemaju većeg ekološkog značenja. [3]

### **3.4.2. Krutine**

Krutine su tvari organskog i anorganskog porijekla koje se u otpadnim vodama nalaze u:

- otopljenom stanju, dimenzija čestica do 1 nm
- koloidnom stanju, dimenzija čestica od 1 nm do 1  $\mu\text{m}$
- lebdećem stanju, dimenzija čestica preko 1  $\mu\text{m}$

Za dimenzije čestica do 10  $\mu\text{m}$  krutine su netaložive, a preko 10  $\mu\text{m}$  su taložive. Otopljene tvari uglavnom uzrokuju promjenu boje, a koloidi i lebdeće tvari tvore mutnoću. Povećana mutnoća vode sprječava prodiranje svjetlosti, što usporava fotosintezu. Zbog

toga se u većim dubinama smanjuje količina kisika, pa se povećava zona anaerobne razgradnje organske tvari, čime se stvaraju plinovi neugodna mirisa, a miris u vodi može potjecati i od unošenja nekih kemijskih spojeva, naročito kad se uvode industrijske otpadne vode. [3]

### **3.4.3. Mikroorganizmi**

Mikroorganizmi su jednostanični ili više stanični organizmi koji se nalaze u svim otpadnim vodama, a čine ih virusi, bakterije, plijesni, kvasci, alge, praživotinje, itd. Za procese pročišćavanja otpadnih voda od naročitog su značenja slijedeće dvije skupine mikroorganizama:

- mikroorganizmi razlagači (saprofagni mikroorganizmi),
- mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja (fekalni mikroorganizmi) [3]

### **3.4.4. Hranjive soli**

Hranjive soli nastaju procesom razgradnje organske tvari iz otpadnih voda ispuštanjem u prirodne i umjetne prijemnike. Ovaj je proces prvenstveno vezan uz nastanak soli dušika i fosfora, koje sudjeluju u stvaranju bjelančevina i time potiču razvoj planktona i zelenih biljaka. Prema tome, ispuštanjem većih količina otpadnih voda bogatih organskim tvarima u vodne sustave sa slabijom izmjenom vode kao što su jezera, akumulacijska jezera ili morski zaljevi znatno se povećava količina hranjivih soli u ekosustavu. Ako su pri tome za razvoj biomase povoljni i ostali činioci (kisik, svjetlost i temperatura) može doći do prekomjernog rasta planktona i cvatnje otrovnih algi. [3]

### **3.4.5. Postojane tvari**

Postojane tvari su organske i sintetske biološki nerazgradive ili teško razgradive tvari. U razdoblju dok traje njihova eventualna razgradnja nepovoljno djeluju na vodeni život, a mogu se i gomilati u organizmima. Od ovih su tvari u otpadnim vodama od prvenstvenog interesa mineralna ulja i njihovi derivati (naročito nafta i naftni derivati), pesticidi, detergentski i plastične tvari. [3]

### **3.4.6. Otrovne tvari**

Tvari koje prema svojim količinama i svojstvima uzrokuju bolesti živih organizama, nenormalno ponašanje, kancerogene i genetičke promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt, nazivaju se otrovnim tvarima. U industrijskim otpadnim vodama opasne tvari su predstavljene teškim metalima (živa, kadmij, olovo, nikal, cink, srebro, selen, mangan, krom, bakar, željezo) te otrovnim spojevima (cijanidi, kromati, fluoridi). [3]

### **3.4.7. Radioaktivne tvari**

Radioaktivne tvari u vodi su prirodnog i umjetnog porijekla. Prirodni izvori zračenja su radioaktivni elementi litosfere i svemirska zračenja. Umjetni izvori zračenja su radioaktivne tvari koje se nalaze u industrijskim otpadnim vodama, prvenstveno vodama nuklearnih elektrana, a potom i vodama iz industrijskih pogona. Povećano zračenje može uzrokovati genetičke promjene, sterilnost, kancerogene bolesti i smrt živih organizama. Osim toga, radioaktivne tvari ulaze u biokemijske procese, koncentrirajući se od nižih prema višim organizmima prehrambenog lanca te mogu biti vrlo opasne za život čovjeka. [3]

### **3.4.8. Otopljeni plinovi**

Otopljeni plinovi u otpadnim vodama su prisutni u različitim koncentracijama. Među najvažnijima je kisik koji je bitan za život velikog broja organizama u vodi. Nalazi se otopljen u vodoopskrbnoj vodi i tako dopijeva u otpadne vode. Određena količina kisika se dobije i njegovim obnavljanjem iz zraka, kao i procesom fotosinteze. Pored kisika otpadne vode vrlo često sadrže ugljični dioksid, koji dolazi otapanjem iz zraka i razgradnjom organske tvari, te sumporovodik, koji prvenstveno nastaje razgradnjom organskih i nekih anorganskih spojeva.

[3]

### **3.4.9. Povišena temperatura vode**

Povišena temperatura vode posljedica je ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih postrojenja, posebice termoelektrana i nuklearnih elektrana. Toplija voda sadrži manje otopljenog kisika, a ubrzava metabolizam živih organizama, te se kisik brže troši, pa se pojavljuje sve veći manjak kisika. Zbog toga se mijenjaju životni uvjeti staništa, postupno nestaju organizmi koji trebaju više kisika i počinje anaerobna razgradnja mrtve organske tvari.

[3]

## 4. UZORKOVANJE

Svrha analize okoliša je utvrđivanje postojećeg stanja okoliša ili praćenja radi dobivanja spoznaje o njegovoj kvaliteti, stupnju zagađenosti, određivanja područja s izrazito visokim koncentracijama zagađivala ili procjene rizika. Loše uzorkovanje unosi najveću pogrešku u analitički proces jer je pogreška uzorkovanja višestruko veća od mjerne pogreške, pa i ukupna pogreška ovisi o načinu uzorkovanja. Budući da se okoliš mijenja s vremenom, potrebno je uzimati uzroke u različitim vremenskim intervalima. Svojstva uzorka iz okoliša mogu se mijenjati ovisno o mjestu i vremenu uzorkovanja, što uzrokuje njihovu heterogenost.

Da bi se osiguralo dobivanje reprezentativnog uzorka potrebno je:

- identificirati populaciju koja se uzrokuje
- osigurati odgovarajući broj uzoraka
- odrediti učestalost i vrijeme uzorkovanja
- definirati plan uzorkovanja
- pravilno provesti postupak preduzorkovanja [5]

### 4.1. Uzorkovanje vode

Uzorkovanje vode iz okoliša treba planirati i provesti u skladu sa spoznajama o razlogu uzorkovanja, značajkama uzorkovane vode, svojstvima i koncentraciji zagađivala te analitičkom laboratoriju koji će iz određivati. Ispitivane se vode s obzirom na svoje značajke mogu razvrstati na:

- površinske (rijeke, jezera, mora, izvori)
- podzemne
- oborinske
- voda za piće (vodovod, vodospremnici, cisterne, zdenci)
- industrijske i kanalizacijske
- vode zagađene kemikalijama



S obzirom na način uzorkovanja, a razlikujemo vode koje teku u otvorenim, (rijeke ili kanali), industrijskih otpadnih voda ili zatvorenim sustavima (cijevi), vode koje miruju u zatvorenim spremnicima (tankovi, baloni) te vode u otvorenim stajaćicama (mora, jezera). Često je neophodna suradnja analitičara s hidrogeolozima, hitrometeorolozima, biologima, toksikolozima i stručnjacima za statistiku. Strategija uzorkovanja površinskih voda ovisi o hidrogeološkim uvjetima (vrsta tla na obali), udaljenosti mjesta uzorkovanja od ispusta vode u okoliš, dnevnim i godišnjim promjenama protoka vode, temperaturi, sastavu biosfere, predviđenoj koncentraciji zagađivala, brzini protoka vode na mjestu uzorkovanja i drugim čimbenicima.

Kada se želi ispitati uzrok zagađenosti rijeke, uzorkuju se obalne vode, područja slabog protoka, matica rijeke, sediment i biološki materijal, a pri uzorkovanju priobalnih morskih voda dodatnu pozornost treba obratiti na utjecaj plime, oseke i morskog strujanja. Uzorkovanje izvorskih voda zahtjeva uzimanje uzoraka s različitih dubina vode od dna do površine. Zagađivala u vodi sudjeluju u brojnim fizikalnim i kemijskim procesima (taloženje, difuzija, adsorpcija na sediment, solvatacija, biotransformacija i bioakumulacija, kemijska razgradnja), a podložna u utjecajima iz vana (temperatura, pH vrijednost, prozračivanje i sl.).

Uzorkovanje se može obavljati ručno, sisaljkom i automatskim uređajem. Izbor ovisi o raspoloživim uređajima, mjestu i razlozima uzorkovanja. Ako se uzorkuje tvar koja se ne mješa dobro s vodom, uzorak se uzima s površine ili dna površinske vode, zdenca ili cisterne za vodu. [5]

## 5. OBRADA OTPADNIH VODA

Zavisno od svojstava otpadnih voda i potrebnog stupnja njihovog pročišćavanja razlikujemo:

- mehaničko ili prethodno (primarno) pročišćavanje
- biološko ili naknadno (sekundarno) pročišćavanje
- fizikalno – kemijsko (tercijarno) pročišćavanje

Mehaničko i biološko pročišćavanje se naziva konvencionalnim pročišćavanjem. Mehaničko pročišćavanje se provodi radi poboljšanja kvalitete otpadnih voda, gdje se smanjuje količina krupnih plivajućih, lebdećih i masnih tvari, kako bi se uklonile one tvari koje bi mogle oštetiti uređaje za biološko i fizikalno – kemijsko pročišćavanje. Prema tome, mehaničko pročišćavanje je prethodna faza biološkog i fizikalno – kemijskog pročišćavanja, kao dviju osnovnih vrsta pročišćavanja otpadnih voda. Neke faze mehaničkog pročišćavanja imaju i osobine fizikalno – kemijskih procesa. Međutim, kao što je istaknuto, zbog opće prihvaćenosti gornje podjele ovdje će se također prikloniti svrstavanju pročišćavanja otpadnih voda na mehaničko, biološko i fizikalno – kemijsko. Svako od ovih pročišćavanja provodi se na objektu s pripadnom elektrostrojarskom opremom, koji nazivamo uređaj za pročišćavanje. [3]

### 5.1. Mehaničko pročišćavanje

Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda ima tri faze. Prvu i drugu fazu mehaničkog pročišćavanja redovito susrećemo kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, dok se treća faza se u načelu primjenjuje za industrijske otpadne vode. To su sljedeće faze:

- rešetanje i/ili usitnjavanje (dezintegraciju),
- taloženje (u pjeskolovu, PJ) i isplivavanje,
- izjednačavanje (egalizaciju) i/ili neutralizaciju. [3]

### 5.1.2. Rešetanje

Rešetanje je proces uklanjanja krupne tvari (lišća, krpa, stakla, komadića drveta, plastike) iz otpadnih voda radi zaštite crpki i drugih dijelova uređaja za pročišćavanje. Ovaj se proces odvija na rešetkama, čiji učinak ovisi o slobodnom otvoru među šipkama rešetke.

U kanalizaciji se uglavnom koriste:

- grube rešetke, sa slobodnim otvorom 50 do 100 mm
- srednje rešetke, sa slobodnim otvorom 10 do 25 mm
- fine rešetke, sa slobodnim otvorom 3 do 10 mm

Najveći učinak imaju fine rešetke na kojima se zaustavlja i dio lebdećih tvari. Učinak pročišćavanja na finim rešetkama iznosi:

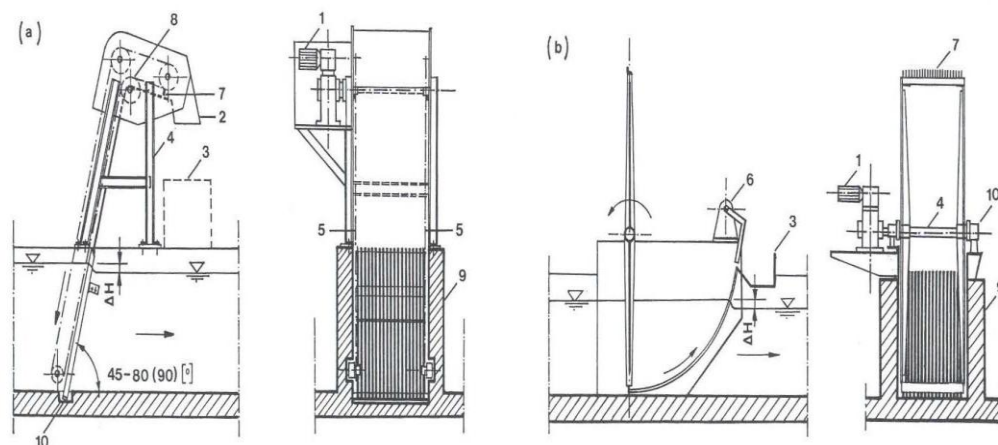
- smanjenje BPK (biokemijske potrošnje kisika) za 3 do 10 %
- smanjenje lebdećih tvari za 2 do 20 %
- smanjenje bakterija za 10 do 20 %
- smanjenje KPK (kemijske potrošnje kisika) za 5 do 10 %

Rešetke mogu biti ravne i lučne. Čiste se ručno ili mehanički. Ručno se čiste rešetke na manjim uređajima i grube rešetke koje se na većim uređajima postavljaju kao zaštita srednjih i finih rešetki.

Širina rešetke,  $b_r$  [m], definirana je izrazom:

$$b_r = \frac{Q(s+e)}{hvef}$$

$Q$  – protok, [m<sup>3</sup>/s];  $s$  – debljina šipke rešetke, [mm];  $e$  – slobodni otvor među šipkama, [mm];  $h$  – dubina (vode) u kanalu, [m];  $v$  – brzina vode, [m/s];  $f$  – stupanj zapunjenja rešetke



Slika 3. Rešetke s mehaničkim čišćenjem; (a) ravna rešetka; (b) lučna rešetka; 1 – pogonski motor; 2 – izlazni lijevak; 3 – sanduk (podest) za otpatke; 4 – nosač rešetke; 5 – lanac; 6 – zgrtač; 7 – češalj za čišćenje rešetke; 8 – pogonski lančanik; 9 - zid kanala; 10 – ležište rešetke

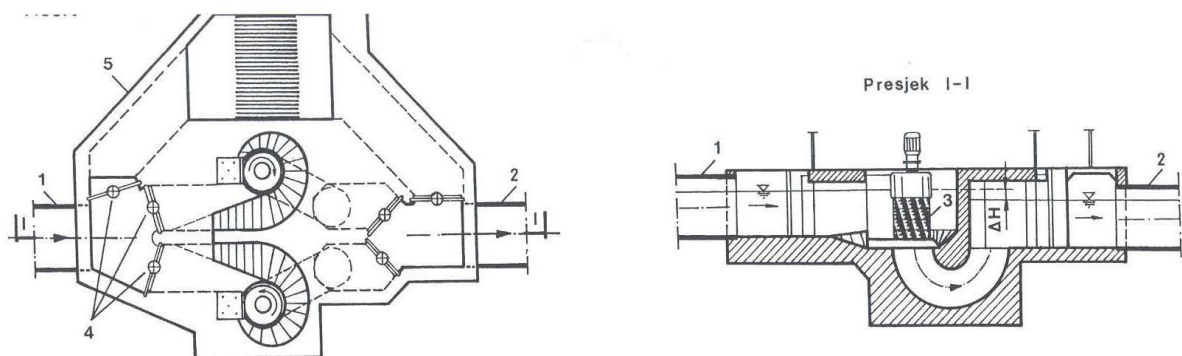
Brzina vode u kanalu se obično uzima od 1.0 do 1.5 m/s, a da bi se izbjeglo taloženje otpadnih tvari ne bi smjela biti manja od 0.6 m/s. Gubici visine,  $\Delta H$ , pri protjecanju kroz rešetku iznose 0.1 do 0.4 m. U tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda ponekad se umjesto finih rešetki za uklanjanje krupnijih suspenzija, koriste sita. Izvode se od nehrđajuće žice ili prorupčanog lima s veličinom otvora do 3 mm. Zavisno od konstrukcije, na sitima se zadržava i do 35 % lebdećih tvari. Čišćenje sita je automatsko (četkama, zrakom ili vodom). [3]

### 5.1.3. Usitnjavanje

Usitnjavanje otpadne tvari je proces koji potpuno zamjenjuje rešetanje ili se primjenjuje nakon prolaska otpadne vode kroz grubu rešetku.

Krupne otpadne tvari usitne se i isjeku u čestice veličine 3 do 8 mm i odvođe dalje na pročišćavanje bez opasnosti od začepljenja crpki i drugih dijelova uređaja. Usitnjavanje

otpadne tvari se obavlja usitnjivačima. U praksi se najčešće upotrebljavaju usitnjivači sa slobodnim prolazom vode. Gubitak visine,  $\Delta H$ , na ovom tipu usitnjivača iznosi 0.1 do 0.3 m. [3]



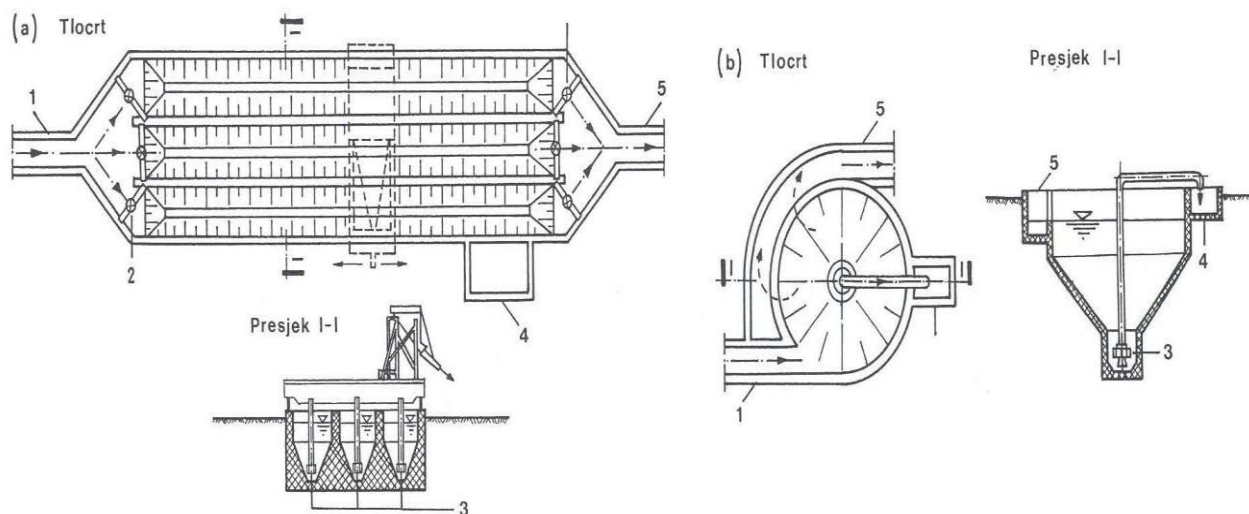
Slika 4. Usitnjivač sa slobodnim prolazom vode; 1 – dovod; 2 – odvod; 3 – usitnjivač; 4 – zapornice; 5 – obilazni vod s rešetkom (za slučaj kvara usitnjivača)

#### 5.1.4 . Taloženje

Taloženje se kod mehaničkog pročišćavanja primjenjuje za izdvajanje pijeska i ostalih krupnijih čestica mineralnog porijekla iz otpadnih voda. To je potrebo radi zaštite rotora crpki, te cjevovoda od abrazije, kao i ostalih dijelova uređaja. Radi orijentacije, kao prosječna vrijednost uzima se količina pijeska s 50 do 60 postotnim sadržajem vode, koja iznosi 5 do 12  $\text{dm}^3$  po stanovniku na godinu.

Građevine u kojima se odvija ovaj proces zovu se pjeskolovi. U pravilu se postavljaju kod mješovitih sustava odvodnje i na oborinskoj kanalskoj mreži. Pjeskolovi se izvode kao taložnici, dakle kao spremnici u kojima se smanjuje brzina vode i tako omogućava taloženje zrnatih čestica. Radi sprječavanja istovremenog taloženja i čestica organskih tvari, nastoji se postići minimalna brzina protjecanja vode kroz pjeskolov oko 0.3 m/s. Pri ovoj ce se brzini praktički istaložiti sve čestice pijeska promjera većeg od 0.25 mm. Vrijeme zadržavanja vode kroz pjeskolov uzima se 45 do 90 s, a najčešće 60 s.

Pjeskolovi su pretežno višekomorni, kako bi se omogućilo vađenje pijeska i izravnavanje oscilacija u dotoku. Kod manjih uređaja pjeskolovi se čiste ručno, a kod većih mehanički. [3]



Slika 5. Pjeskolovi; (a) pravokutni trokomorni; (b) okrugli jednokomorni; 1- dovod; 2 – zapornice; 3 – crpke za vedenje pijeska; 4 – komora za pijesak; 5 – odvod

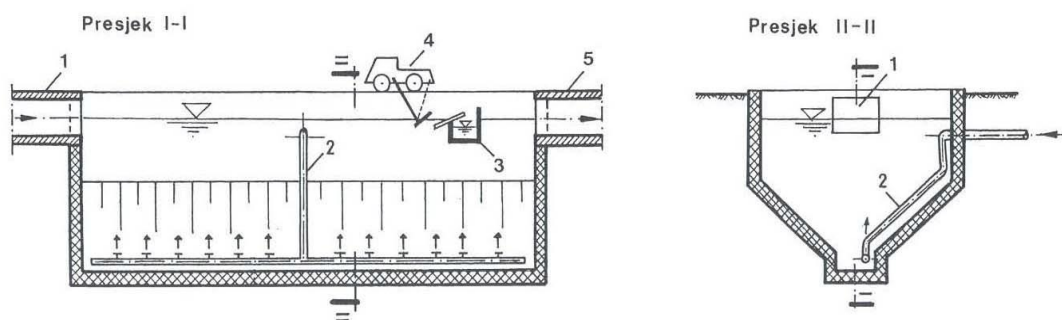
### 5.1.5. Isplivavanje

Isplivavanje je proces uzlaznog kretanja čestica raspršenih u vodi kojima je gustoća manja od gustoće vode. Kod pročišćavanja otpadnih voda ovaj se proces pretežno koristi za uklanjanje ulja i masti.

Razlikuje se prirodno i stimulirano isplivavanje. Prirodno isplivavanje se ostvaruje kod čestica kojima je gustoća manja od gustoće vode, a stimulirano najčešće upuhivanjem komprimiranog zraka u sitnim mjehurićima, koji se lijepe na čestice gustoće veće od gustoće vode, koje se potom izdižu na površinu.

Učinak flotacije ovisi o više činilaca: vremenu zadržavanja vode u spremniku, gustoći, veličini i masenom protoku čestica, te brzini protjecanja i temperaturi vode. Prirodnim

isplivavanjem može se smanjiti sadržaj plivajućih tvari 80 do 90 %, a stimuliranim i do 98 %, u slučaju ako je temperatura vode niža od 30 do 35 °C. Isplivavanje se odvija u flotatorima koji su jedno ili višekomorni spremnici slični taložnicima. Volumen flotatora odabiru se iz uvjeta da vrijeme zadržavanja vode u bazenu bude 3 do 5 min. Brzina protjecanja vode obično se uzima 0.015 m/s.

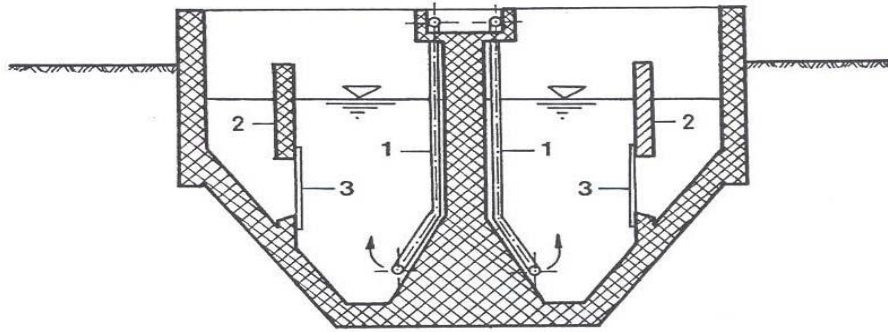


Sika 6. Aerirani jednokomorni flotator; 1 – dovod; 2 – sustav za upuhivanje komprimiranog zraka; 3 – pregrada sa sakupljačem plivajućih tvari; 4 – zgrtač plivajućih tvari; 5 - odvod

Kod aeriranih flotatora količina upuhivanja zraka iznosi reda veličine 5 po metru kubnom volumena spremnika ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

Za praksu se preporučuju slijedeće vrijednosti i odnosi karakterističnih parametara flotatora, a to su širina od 2.0 do 6.0. m, dubina vode od 1.0 do 2.5 m, odnos dubine i širine od 0.3 do 0.5 m.

Kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, u kojima prosječna količina plivajućih tvari (ulja i masti) iznosi 1 do 5 ne izvode se posebno flotatori, već se uklanjanje plivajućih tvari obavlja u pjeskolovu. [3]



Slika 7. Aerirani dvokomorni pjeskolov i flotator; 1 – sustav za upuhivanje komprimiranog zraka; 2 – uzdužne pregrade; 3 – hrastove platice

### 5.1.6. Izjednačavanje

Izjednačavanje je proces zadržavanja otpadnih voda u spremniku da se izjednače temeljna svojstva vode (koncentracija vodikovih iona, boja, mutnoća, BPK, KPK i dr.), uz dodatne učinke zbog fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena tokom zadržavanja.

Ovaj je proces primjeren za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda, vrijeme zadržavanja ovisi o industrijskim (tehnološkim) procesima i ne može biti kraće od trajanja cjelokupnog ciklusa.

Radi sprječavanja taloženja i postizanja boljeg miješanja vode upotrebljavaju se mehaničke mješalice i primjenjuje se aeracija. Upuhivanjem zraka potpomaže se biološka i kemijska oksidacija otpadne tvari. [3]

### 5.1.7. Neutralizacija

Neutralizacija je proces za promjenu koncentracije vodikovih iona (pH vrijednosti) u industrijskim otpadnim vodama. Naime, ove vode često sadrže kisele i bazične sastojke u količinama s kojima se ne smiju ispuštati u prirodne vodne sustave, gdje se dopušta ispuštanje



otpadnih voda s vrijednošću pH od 6 do 9, a kod primjene biološkog pročišćavanja od 6.5 do 8.

Neutralizacija je jedan od temeljnih procesa za prethodno pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Najjednostavnije se postiže miješanjem otpadnih voda iz različitih pogona, odnosno miješanjem kiselih s bazičnim otpadnim vodama. Druga je mogućnost dodavanjem reagensa (npr. natrijeve lužine u kisele vode, a sumporne kiseline u bazične vode). [3]

## **5.2. Biološko pročišćavanje**

Mehaničkim se pročišćavanjem iz otpadnih voda uglavnom uklanja manji dio onečišćenja (krupni otpaci, brzo taložive krutine, ulja i masti), dok veći dio onečišćenja ostaje u otpadnim vodama (organske i anorganske krutine u otopljenom i koloidnom stanju, mikroorganizmi, hranjive soli, pesticidi, detergentski, otrovne i radioaktivne tvari).

Za uklanjanje svih onečišćenja potrebno je primijeniti viši stupanj pročišćavanja otpadnih voda, odnosno biološko ili fizikalno – kemijsko pročišćavanje.

Biološko pročišćavanje otpadnih voda u općem slučaju obuhvaća slijedeće faze:

- taloženje (u prethodnim taložnicima, PT) i isplivavanje
- taloženje (u naknadnim taložnicima, NT) i isplivavanje
- biološke procese
- dezinfekciju i procjeđivanje [3]

### **5.2.1. Taloženje i isplivavanje**

Taloženje se kod sekundarnog (i tercijarnog) pročišćavanja otpadnih voda primjenjuje za smanjenje anorganske i dijela organske lebdeće tvari.

Kod biološkog pročišćavanja razlikujemo dva stupnja taloženja:

- taloženje u prethodnim taložnicima, iz kojih se voda odvodi na biološke procese (u aeriranim spremnicima s aktivnim muljem, lagunama, prokapnicima, okretnim biološkim nosačima, anaerobnim digektorima)
- taloženje u naknadnim taložnicima, u koje se dovodi voda pročišćena biološkim procesima [3]

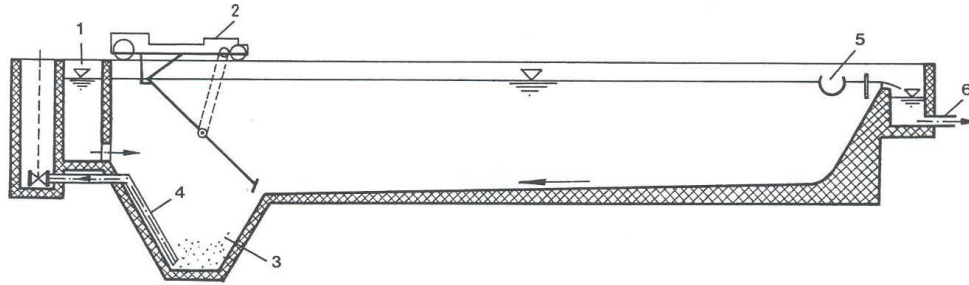
#### **5.2.1.1. Taloženje u prethodnim taložnicima**

Taloženje u prethodnim taložnicima se primjenjuje za uklanjanje suspenzija koje se u otpadnim vodama nalaze u obliku zrna i pahuljica.

Učinak pročišćavanja otpadnih voda u prethodnim taložnicima iznosi:

- smanjenje BPK za 25 do 40 %
- smanjenje ukupnih lebdećih tvari za 40 do 70 %
- smanjenje bakterija za 25 do 75 %
- smanjenje KPK za 20 do 35 %

Budući da se u otpadnim vodama nalaze izmiješane suspenzije u obliku zrna i pahuljica, učinak pročišćavanja u prethodnim taložnicima ovisi i o vremenu zadržavanja vode. Za industrijske i otpadne vode s pretežnim udjelom industrijskih otpadnih voda podaci za dimenzioniranje taložnika utvrđuju se na osnovi ispitivanja. [3]



Slika 8. Pravokutni prethodni taložnik; 1 – dovod; 2- zgrtač mulja; 3 – muljna komora; 4 – odvod mulja; 5 – skupljač plivajućih tvari; 6 – odvod

### 5.2.1.2. Taloženje u naknadnim taložnicima

To je često posljednja faza pročišćavanja otpadnih voda koja se primjenjuje se za bistrenje vode pročišćene biološkim procesima u kojoj se još nalazi pahuljičastog mulja.

Budući da se radi o uklanjanju pahuljičastih suspenzija, učinak taloženja u naknadnim taložnicima ovisi o vremenu zadržavanja vode. Važan utjecaj na učinak taloženja u ovoj vrsti taložnika ima udio industrijskih otpadnih voda. Za izbor dimenzija naknadnih taložnika za bistrenje industrijskih voda potrebna su prethodna ispitivanja. [3]

### 5.3. Biološki procesi

Biološki procesi se primjenjuju za pročišćavanje kućanskih i industrijskih otpadnih voda s pretežnim udjelom organske tvari i sa sadržajem opasnih tvari ispod kritičnih koncentracija. Pročišćavanje biološkim procesima temelji se na aktivnosti mikroorganizama koji razgrađuju mrtvu organsku tvar upotrebljavajući je kao hranu za gradnju novih stanica. Uz razvoj mikroorganizama nastaju plinovi i nerazgradivi ostatak.

Prema količini otopljenog kisika u otpadnoj vodi i prema prilikama u staništu mogući su slijedeći procesi:

- aerobna gradnja i razgradnja stanica,
- anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja,
- bakteriološka oksidacija i redukcija. [3]

#### **5.3.1.1. Aerobna gradnja i razgradnja stanica**

Aerobni procesi nastaju kada u vodi ima dovoljna količina otopljenog kisika. Kisik se troši prilikom razgradnje lebdeće i koloidne organske tvari koju mikroorganizmi upotrebljavaju kao hranu. Istodobno mikroorganizmi razgrađuju vlastite stanice uz ponovnu potrošnju kisika. Aerobnim procesima se proizvodi višak žive i mrtve organske i anorganske tvari koji se naziva viškom mulja. [3]

#### **5.3.1.2. Anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja**

Anaerobni procesi nastaju kad u vodi nema otopljenog kisika. Ovaj se proces odvija u dvije faze. U prvoj, odnosno kiseloj fazi bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku tvar do organskih kiselina koje su hrana za metanske bakterije u drugoj ili metanskoj fazi razgradnje. Prilikom anaerobnih procesa nastaje mnogo manje mikroorganizama nego tokom aerobnih. [3]

#### **5.3.1.3. Bakteriološka oksidacija i redukcija**

Bakteriološka oksidacija i redukcija omogućuje oksidaciju željeza, mangana i sumpornih spojeva, te redukciju i oksidaciju dušikovih spojeva. Uz uvjete u staništu, biološki procesi su vrlo osjetljivi i na sastav otpadnih voda, prvenstveno na količinu hranjivih tvari,

gdje je umnožavanje mikroorganizama u otpadnim vodama razmjerno koncentraciji hranjivih tvari, količinu otopljenog kisika, temperaturu koje ubrzava biološki proces, koncentraciju vodikovih iona (za većinu procesa optimalno je područje vrijednosti pH između 6.5 i 8.5) i koncentraciju otrovnih tvari koje ili usporavaju biološke procese ili mogu uništiti mikroorganizme. [3]

### **5.3.2. Procjeđivanje i dezinfekcija**

Procjeđivanje se koristi radi zadržavanja krutina prisutnih u otpadnim vodama. Kod završnog pročišćavanja otpadnih voda procjeđivanje se može provesti:

- površinskim procjeđivačima (tlačni, vakuumski, trakasti, mikrosita), kod kojih se voda procjeđuje prolaskom kroz prorupčanu podlogu,
- dubinskim procjeđivačima (gravitacijski, tlačni, vakuumski), kod kojih se voda silazno, uzlazno ili dvosmjerno procjeđuje kroz filtarski sloj sastavljen od granuliranog materijala.

Procjeđivanjem otpadnih voda na ovoj vrsti procjeđivača postiže se:

- smanjenje ukupnog fosfora za 70 do 98 %
- smanjenje KPK za 20 do 45 %
- smanjenje BPK za 40 do 70 %
- smanjenje mutnoće za 60 do 95 %

Dezinfekcija se kod pročišćavanja otpadnih voda najčešće provodi primjenom klora. Uobičajene doze klora iznose 5 do 20 mg/l. [3]

## **5.4. Fizikalno – kemijsko pročišćavanje**

Analogno tumačenju biološkog pročišćavanja i fizikalno – kemijskog pročišćavanje sadrži niz procesa koji su prethodno tumačeni (mehaničko pročišćavanje, procjeđivanje i dezinfekciju), tako da se ovdje neće obrazlagati.

Za procese zgrušavanja, pahuljičenja i adsorpcije iznijeti će se dodatne specifičnosti, a za procese s kojima se nismo susretali (kemijsko obaranje, ionska izmjena i membranski procesi) dat će se (zbog rijetkosti, odnosno specifičnosti njihove primjene) samo uvodne informacije.

Ova vrsta pročišćavanja otpadnih voda u općem slučaju obuhvaća:

- zgrušavanje
- kemijsko obaranje
- adsorpciju
- ionsku izmjenu
- membranske procese [3]

### **5.4.1. Zgrušavanje**

Zgrušavanje se prvenstveno koristi za stabilizaciju koloida i fosfata u kućanskim i oborinskim vodama, te koloida u otpadnim vodama iz industrije papira i čeličane. Dodatno, ovim se procesom smanjuje količina pjene i masnoća u otpadnim vodama iz rafinerije i čeličana. Vrsta i doziranje sredstava za zgrušavanje određuje se ispitivanjem otpadnih voda. [3]

### **5.4.2. Kemijsko obaranje**

Kemijsko obaranje je proces kojim se uklanjaju nepoželjne otopljene tvari iz otpadnih voda dodavanjem reagensa, pri čemu se kemijskim reakcijama stvaraju netopivi spojevi (prvenstveno soli kalcija, magnezija i silicija, te fluoridi i fosfati) koji se talože na dno spremnika.

Ovim se procesom iz otpadnih voda mogu ukloniti teški metali (kadmij, bakar, krom, nikal, cink, olovo, željezo i srebro).

U otpadnoj vodi u kojoj se nalaze tvari u raspršenom i otopljenom obliku odvija se istodobno zgrušavanje i obaranje, budući da se za precipitaciju koriste reagensi kao i za zgrušavanje. [3]

### **5.4.3. Adsorpcija**

Adsorpcijom se iz otpadnih voda uklanjaju nerazgradivi spojevi, mirisi i boje. Kao adsorbenti (čvrsta tvar koja adsorbira) se koriste fina ilovača, silicij, aktivna glina i aktivni ugljen. Služe kao filtarski materijal dubinskih procjeđivača. [3]

### **5.4.4. Ionska izmjena**

Ionska izmjena je proces zamjene iona između krutine (ionskog izmjenjivača) i vode (otopine elektrolita). Ionski izmjenjivači se za pročišćavanje otpadnih voda izvode kao zatvoreni dubinski procjeđivači.

Najčešće se primjenjuju za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda koje sadrže teške metale, fosfate i dušik. [3]

### **5.4.5. Membranski procesi**

Membranski procesi jesu procesi pročišćavanja otpadnih voda pomoću polupropusnih membrana koje propuštaju vodu i neke otopljene tvari, ali su nepropusne za tvari koje treba ukloniti iz vode.

U tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda od membranskih procesa se primjenjuju:

- inverzna osmoza
- elektrodijaliza
- ultrafiltracija (ultraprocjeđivanje) [3]

#### **5.4.5.1. Inverzna osmoza**

Inverzna osmoza je proces koji se temelji na osmozi, s tim da se u spremnik s većom koncentracijom (otpadnom vodom) povećava tlak iznad osmotskog, tako da će se voda iz spremnika s većom koncentracijom dotjecati u spremnik s manjom koncentracijom (čistom vodom). Zbog obrnutog toka vode u odnosu na tok osmoze, proces je nazvan inverznom osmozom. Temeljni problem šire primjene ovog procesa je mogućnost proizvodnje membrana prihvatljivih u ekonomskom i tehnološkom pogledu. [3]

#### **5.4.5.2. Elektrodijaliza**

Elektrodijaliza je proces uklanjanja iz vode iona (katona i aniona) koji prolaze kroz polupropusne membrane zbog djelovanja električnog polja. Membrane su selektivne, tako da jedne propuštaju katione, a druge anione, a u međuprostoru ostaje pročišćena voda. [3]



### **5.4.5.3. Ultrafiltracija**

Ultraprocjeđivanje je proces propuštanja otpadnih voda kroz membrane koje propuštaju vodu, a zadržavaju makromolekule veće od pora membrane. Prvenstveno se primjenjuju u prehrambenoj industriji za bistrenje vina i voćnih sokova, te za odvajanje proteina, šećera i enzima. [3]

## 6. ZAKONSKI PROPISI O ISPUŠTANJU OTPADNIH VODA

U pogledu provedbe zaštite voda u Hrvatskoj, temeljni dokumenti su Zakon o vodama NN 107/95 i NN 150/05, Strategija upravljanja vodama NN 91/08, Državni plan za zaštitu voda NN 8/99 i Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08, koji na nacionalnoj razini uključuju aktivne i pasivne mjere u zaštiti voda od onečišćenja. Prema odredbama iz Državnog plana za zaštitu voda NN 8/99 dozvoljava se ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u površinske vodotoke (rijeke, potoci, melioracijski kanali) i mora. Potrebni stupanj pročišćavanja ovisi prvenstveno o propisanoj kategoriji prijemnika (vodotoka) u koji se ispuštaju pročišćene otpadne vode te o veličini uređaja za pročišćavanje. Kategorizacija vodotoka u Hrvatskoj definirana je Uredbom o klasifikaciji voda NN 77/98. Klasifikacija voda određuje se na temelju graničnih vrijednosti pojedinih tvari i drugih svojstava (pokazatelja) dopuštenih za određenu vrstu vode. Ukupno se razlikuje pet kategorija voda. Potrebno je voditi računa o tehnološkim otpadnim vodama, ukoliko se na obuhvatnom području promatranog sustava nalaze i privredni subjekti (industrija). Tehnološke otpadne vode također su obuhvaćene Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08. Prema tome, za sve koji iz proizvodnih procesa ispuštaju tehnološke otpadne vode postoji zakonska obveza za njihovim adekvatnim zbrinjavanjem, odnosno potrebnim stupnjem pročišćavanja prije konačnog ispuštanja u sustav javne odvodnje ili drugi prijemnik. Prema odredbama iz Pravilnika, u Tablici 3. su za pojedine pokazatelje kakvoće voda prikazane njihove granične vrijednosti, odnosno dozvoljene koncentracije opasnih i drugih tvari u tehnološkim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u površinske vode ili u sustav javne odvodnje.

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

Tablica 3. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama

Granične vrijednosti pokazatelja odnosno dozvoljene koncentracije u tehnološkim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje, posebno se određuju za BPK<sub>5</sub>, KPK, ukupni fosfor i ukupni dušik. Isti se ne ograničavaju u Tablici 3. za ispuštanje u sustav javne odvodnje ako sustav prikupljanja i odvodnje otpadnih voda ima uređaj za pročišćavanje na kojem se može postići stupanj pročišćavanja u skladu s Pravilnikom prije ispuštanja pročišćenih otpadnih voda u prijemnik. Vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija za prethodno navedene parametre određuju se aktom pravne osobe koja upravlja sustavom javne odvodnje. Temeljem takvog akta pravna osoba koja upravlja sustavom javne odvodnje donosi korisniku sustava javne odvodnje rješenje o dozvoljenim koncentracijama na mjestu ispusta. U slučaju da takvo rješenje nije doneseno, za ispuštanje u sustav javne odvodnje primjenjivat će se sljedeće granične vrijednosti za pokazatelje: BPK = 250 mg O<sub>2</sub>/l, a KPK = 700 mg O<sub>2</sub>/l. [6]

## 7. OTPADNE VODE U SISAČKO – MOSLAVAČKOJ ŽUPANIJI

U posljednjih deset godina sve češće imamo pojavu pomora riba u slivu rijeke Lonje, a naročito u njenim pritocima Česme i Trebeža. Puštanjem u rad tvornice umjetnih gnojiva u Kutini 1968. godine; čije otpadne vode sadrže amonijak, dušičnu kiselinu, amonijev nitrat, ureu, kalcijev karbonat i aluminijev sulfat, a izlaze u količini 180 m<sup>3</sup>/h, dolazilo je do čestih pomora u Trebežu. Ti pomori riba davali su tragičnu sliku, kada bi val zagađenja preko potoka Kutinice u Trebežu naišao na koncentriranu matičnu ribu, koja je ušla iz Save (šaran, smuđ, som i dr.) i čekala proljetnu vodu da zalije Lonjsko polje, da se u njemu izmresti i „opase“, te krajem lipnja kada bi bile uništene milijunkse količine uglavnom šaranskog mlada starog tri do četiri tjedna izmreštenog u Lonjskom polju, koji se preko Trebeža vraćao u Savu.

Skupština općine Kutina već je odredila lokaciju za pročišćavanje otpadnih voda, a nosioc glavnog projekta je Hidroprojekt-Zagreb, dok je INA- inženjering Zagreb izradio glavni projekt 1973. godine za postrojenje glinare, čađare i vapnare, ali ne za pogone Urea i NPK.

U INA-Petrokimiji u razradi su istraženi radovi snimanja postojeće situacije na svim postrojenjima kao što su: sinteza amonijaka, dobivanje dušične kiseline, uree, kalcijum amonijum nitrata ili KAN-a i kompleksnih gnojiva NPK, radi izrade studija rješenja pročišćavanja otpadnih voda do 1980. godine. [7]

## 8. ZAKLJUČCI

Slatka voda sigurna za piće čini samo 2.5 % vode na našem planetu. Uzmemo li u obzir da je veliki dio te vode nedostupan, tj. preduboko u podzemlju ili zarobljen u polarnim ledenjacima, unatoč novim metodama potrage i dobavljanja, ostaje nam samo oko 1% vode dostupne za korištenje. Iako bi realne količine slatke vode na Zemlji bile dostatne i da je njena populacija trostruko veća, problem stvara neravnomjerna raspodijeljenost slatke vode. Najveći nedostatak osjećaju upravo zemlje Trećega svijeta u kojima je najizraženija eksplozija stanovništva i oni su ujedno i najugroženiji situacijom sve većeg zagađenja ono malo resursa koje posjeduju. Više od 1 milijarde ljudi u 21. st. živi još bez pristupa sigurnoj i čistoj vodi.

Voda sigurna za piće podijelila se na dva pola od kojih jedni zagovaraju stranu da je voda sigurna za piće nužno pravo svakog čovjeka, a drugi je smatraju samo ekonomskim resursom koji se kupuje i prodaje.

Hrvatska je zemlja koja je bogata pitkom vodom i gotovo sva njena voda dolazi iz podzemnih izvora. Čak je i u zakonu istaknuto kako uporaba podzemnih voda u svhu pića, sanitarija i protupožarne zaštite ima prednost nad svim drugim svrhama. Nastavimo li pravilno gospodariti vodom trebala bi nas zaobići kriza koja će se neminovno u jednom trenutku izbiti u svijetu nastavimo li ovom putanjom.

Najveći zagađivači vode su industrija i, neočekivano ali istinito, suvremena poljoprivreda. Kako se uzgoj hrane koji nema za cilj ekološku proizvodnju temelji na proizvodnji sve veće količine takvi proizvođači se ne ustručavaju od korištenja umjetnih gnojiva i pesticida kako bi povećali prinose. Na taj način velike zemljišne površine bivaju zagađene ovim supstancama koje se kišama odvede u tlo i zagađuju podzemne izvore pitke vode. Stoga, upravljanje pitkom vodom trebao bi biti jedan od primarnih zadataka čovječanstva. Čak i da momentalno sve tvornice prestanu ispuštati plinove i otrove u zrak i da svi proizvođači prestanu svoja polja posipavati pesticidima, da se zaustavi ispuštanje industrijskih voda u tokove rijeka, bila bi potrebna desetljeća da eko sustav pročisti sam sebe. Nužno je gospodariti vodom na način da se primjenjuje održivi razvoj, jer zagađimo li vodu alternativa ne postoji.

Ova životno važna tekućina opće je dobro i niti jedna tvrtka ili organizacija ne može polagati pravo na njeno isključivo korištenje. Na skupštini UN-a 2000. godine donesen je ambiciozan plan da se do 2015. prepolovi broj ljudi kojima nije dostupna pitka voda. Neka poboljšanja su svakako očita, no još nas čeka puno posla kako bismo svakoj osobi mogli pružiti ono što je njeno prirodno pravo.

**LITERATURA :**

[1] AŠPERGER, BABIĆ I SURADNICI, ANALITIKA OKOLIŠA, Tisak 2013., Hrvatska, ISBN: 978-953-6904-29-7

[2] M. PICER, S. TEDESCHI, VODA. U: TEHNIČKA ENCIKLOPEDIJA, svezak XIII, Leksikografski zavod Miroslava Krleže, 1997. god.

[3] PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA  
<http://info.grad.hr/res/odbfiles/1823/predavanja/2.6-pi.pdf> - 10.09.2015

[4] TUŠAR B., PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA, Kigen d.o.o., Zagreb, 2009. god.

[5] D. LAMBKIN, S. NORTCLIFF, T. WHITE, THE IMPORTANCE OF PRECISION IN SAMPLING SLUDGES, BIOWASTES AND TREATED SOILS IN A REGULATORY FRAMEWORK, TrAC-Trends in Analytical Chemistry, 2004. god

[6] ZAKON O VODAMA <http://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama> - 19.09.2015

[7] DR. IGNJAC MUNJKO, LABORATORIJ ZA KONTROLU VODA „INA-OKI“, Važnost ispitavanja površinskih voda u slivu rijeke Lonje, članak  
<http://hrcak.srce.hr/file/139257> - 25.09.2015