

# Otpadne vode u farmaceutskoj industriji

---

**Markeš, Renata**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*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:128:464347>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



**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

Renata Markeš

# **OTPADNE VODE U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Renata Markeš

# **WASTEWATER IN PHARMACEUTICAL INDUSTRY**

FINAL PAPER

Karlovac, 2018.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Renata Markeš

# **OTPADNE VODE U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
Vuk Zlatar, predavač

Karlovac, 2018.

## ZAVRŠNI ZADATAK



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Trg J.J.Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579

## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: \_\_\_\_\_ Sigurnosti i zaštite \_\_\_\_\_

Usmjerenje: \_\_\_\_\_ Zaštita na radu \_\_\_\_\_ Karlovac, \_\_\_\_\_ 2018. \_\_\_\_\_

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: \_\_\_\_\_ Renata Markeš \_\_\_\_\_ Matični broj: \_\_\_\_\_ 0415613060 \_\_\_\_\_

Naslov: \_\_\_\_\_ OTPADNE VODE U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI \_\_\_\_\_

Opis zadatka:

Objasniti problematiku otpadnih voda u farmaceutskoj industriji. Opisati metode i tehnološke operacije čišćenja voda.

Zadatak zadan:

\_\_\_\_\_ 06/2018 \_\_\_\_\_

Rok predaje rada:

\_\_\_\_\_ 09/2018 \_\_\_\_\_

Predviđeni datum  
obrane:

\_\_\_\_\_ 09/2018 \_\_\_\_\_

Mentor:

Vuk Zlatar, predavač

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, viši predavač

## **PREDGOVOR**

*Ovim putem bih se zahvalila predavaču Vuk Zlataru što je prihvatio da mi bude mentor pri izradi završnog rada i što mi je omogućio slobodu izbora teme. Također mu zahvaljujem na kontinuiranoj podršci prilikom izrade ovoga rada i dostupnosti da izdvoji svoje vrijeme kako bi nama studentima maksimalno pomogao.*

*Zahvaljujem se svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu koji su na nas studente prenijeli svoja znanja i vještine te nas pripremili za život nakon fakulteta.*

*Zahvaljujem se svojoj obitelji koja mi je pružila potporu prilikom školovanja i pomogla mi kada mi je bilo najpotrebnije.*

*Također bih se posebno zahvalila svojem dečku Stjepanu Đumlji koji me poticao kada mi je to bilo potrebno i pomogao savjetom kada su situacije izgledale nerješive.*

## **SAŽETAK**

Proces obrade otpadnih voda u farmaceutskoj industriji kao i svih otpadnih voda složen je kemijski, biološki i fizikalno-kemijski proces koji je bitan za cijelo čovječanstvo i održavanje života na planeti Zemlji. Unutar farmaceutske industrije je javno poznato da se stvara velika količina otpadnih voda koja se koristi za rashlađivanje strojeva u samim procesima stvaranja krajnjeg proizvoda, odnosno lijekova. Sam proces obrade otpadnih voda strogo je definiran zakonima i propisima, a jedan od glavnih je Zakon o zaštiti okoliša.

### **Ključne riječi:**

Otpadne vode, farmaceutska industrija, zaštita okoliša, zaštita na radu

## **SUMMARY**

The process of wastewater treatment in the pharmaceutical industry as well as all wastewater is a complex chemical, biological and physico-chemical process that is essential for all mankind and maintaining life on planet Earth. Within the pharmaceutical industry it is commonly known that a large amount of wastewater is produced, and that water is used to cool the machines in the processes of creating the end product or drugs. The waste water treatment process itself is strictly defined by laws and regulations, and one of the major is environmental protection law.

### **Key words:**

Wastewater, pharmaceutical industry, environmental protection, safety at work

## SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY .....	III
SADRŽAJ .....	IV
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OTPADNE VODE .....</b>	<b>4</b>
2.1. Podjela otpadnih voda .....	7
2.1.1. Kućanske otpadne vode .....	7
2.1.2. Oborinske otpadne vode .....	8
2.1.3. Industrijske otpadne vode .....	9
2.1.4. Poljoprivredne otpadne vode .....	10
2.2. Vrste onečišćenja.....	10
<b>3. FARMACEUTSKA INDUSTRIJA .....</b>	<b>12</b>
3.1. Otpadne vode u farmaceutskoj industriji .....	12
<b>4. RASHLADNA VODA .....</b>	<b>13</b>
4.1. Tipu strujanja.....	13
4.1.1. Prirodnu .....	13
4.1.2. Mehaničku .....	14
4.1.3. Križno .....	15
4.1.4. Protusmjerno.....	16
<b>5. OBRADA OTPADNIH VODA .....</b>	<b>17</b>
5.1. Mehanička obrada otpadnih voda .....	17
5.1.1. Rešetanje i/ili usitnjavanje (dezintegracija).....	18
5.1.2. Taloženje (u pjeskolovu) i isplivavanje.....	20
5.1.3. Izjednačavanje (egalizacija) i/ili neutralizacija .....	20



5.2.	Biološka obrada otpadnih voda .....	21
5.2.1.	Aerobni procesi.....	21
5.2.2.	Anaerobni procesi.....	22
5.3.	Fizikalno-kemijska obrada otpadnih voda .....	23
5.3.1.	Zgrušavanje .....	23
5.3.2.	Kemijsko obaranje .....	23
5.3.3.	Adsorpciju .....	23
5.3.4.	Ionsku izmjenu .....	23
5.3.5.	Membranske procese .....	24
<b>6.</b>	<b>UTJECAJ OTPADNIH VODA .....</b>	<b>25</b>
6.1.	Utjecaj na prirodu.....	25
<b>7.</b>	<b>SVRHA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA.....</b>	<b>27</b>
<b>8.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>30</b>
<b>10.</b>	<b>POPIS SIMBOLA (popis skraćenica) .....</b>	<b>32</b>
<b>11.</b>	<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>33</b>
<b>12.</b>	<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>34</b>

## 1. UVOD

Porastom ljudske populacije svake godine dostupno je sve manje i manje pitke vode. Količina vode koju čovječanstvo koristi je ogromna, ne samo zbog održavanja hidratacije već i za proizvodnju.

Voda je bezbojna, prozirna tekućina koja sačinjava sva jezera, rijeke, izvore te je bitan sastojak svih živih organizama na Zemlji. Dok kod nekih organizama sačinjava 90% masenog udia, kod čovjeka je to oko 70%. Voda prekriva više od dvije trećine Zemljine površine i izmjenjuje se kroz svoja tri agregatna stanja na način da isparuje u atmosferu gdje se kondenzira te se u obliku oborina (kiša, snijeg, magla, rosa, tuča) vraća na Zemlju [Slika 1.] i [Tablica 1.].



Slika 1. Kruženje vode u prirodi [1]

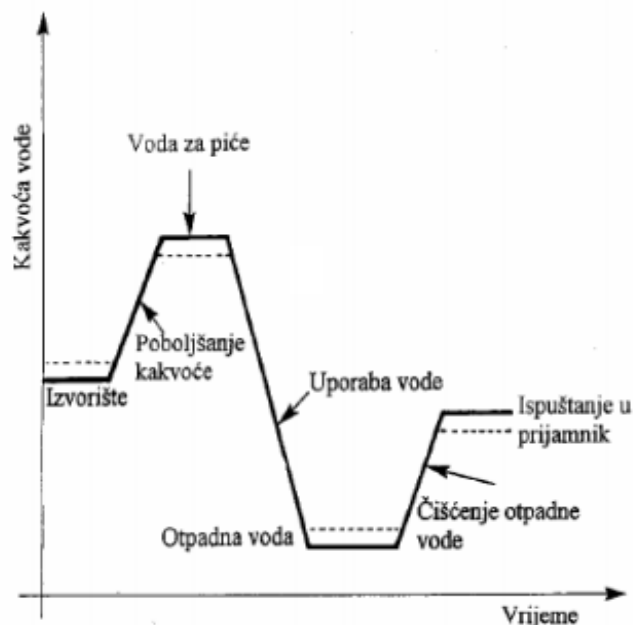
Tablica 1. Rasprostranjenost vode u prirodi [2]

RASPROSTRANJENOST VODE	(VOLUMNI UDJEL)
Morska voda	96,652%
Polarni led i ledenjaci	1,702%
Podzemna voda	1,631%
Površinske vode (jezera i rijeke)	0,013%
Voda u tlu	0,001%
Voda u atmosferi	0,001%

Voda je kapljevina bez mirisa i okusa bez koje život na planeti nije moguć. Civilizacija ju koristi u svrhu: poljoprivrede, za piće, pranje, gašenje požara, preradu hrane, proizvodnju te mnoge druge načine. Kako se također koristi u svrhu proizvodnje dosta često se događa da se te, nedovoljno obrađene otpadne vode ispuštaju u rijeke i jezera i time zagađuju i štete njenom prirodnom sastavu.

Proces obrade otpadnih voda je složen proces koji sadrži mehaničku obradu, biološku obradu, fizikalno-kemijsku obradu. Prva faza obrade otpadnih voda je mehanička obrada koja se također naziva i primarno pročišćavanje otpadnih voda. Isto tako otpadnu vodu tretiramo odnosno čistimo biološkom obradom te fizikalno-kemijskim postupcima.

Otpadnu vodu tretiramo do faze postanka tehničke vode odnosno do dostignuća zadovoljavajućih faktora s kojima otpadna voda postaje voda koja je zdrava za okoliš i sva živa bića. Takva voda se naknadno koristi za iste procese ili se pušta u prirodu odnosno u rijeke [Slika 2.].



Slika 2. Promjena kakvoće vode prilikom uporabe [3]

U zemljama u razvoju, 90% svih otpadnih voda još uvijek se ispušta neobrađeno u izvore, rijeke, jezera i potoke. Oko 50 država također pati zbog srednje ili visoke nestašice vode, a 17 među njima koristi i uzima godišnje više vode nego što se ona može obnoviti svojim prirodnim kruženjem. Stoga neke europske zemlje već duže vrijeme primjenjuju tehnike iskorištavanja otpadnih voda kao resurs za pročišćavanje i njihovo ponovno korištenje. Srećom, takav je trend sve češći i u Hrvatskoj. Primjerice, malim i srednjim naseljima omogućilo se uspješno rješavanje problema vodoopskrbe kroz projekte koje provode Hrvatske vode. A još bolji rezultat projekta, koji Hrvatsku diže na europsku razinu, je taj da se radi o primjeni suvremenih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda [4].

## 2. OTPADNE VODE

Otpadne vode obuhvaćaju sve vode koje su pod utjecajem ljudske uporabe, što bi značilo da su otpadne vode nusprodukt raznih djelatnosti kao što su domaća, komercijalna, industrijska i poljoprivredna djelatnost. Takva voda mora se prikupiti te na prikladan način obraditi, jer je puna štetnosti za okoliš i živa bića, a njeno neodgovorno ispuštanje u okoliš, rijeke i jezera prije obrade bilo bi pogubno za mnoge organizme i živa bića koja obitavaju na tom području te se time ugrožava osjetljiva ravnoteža ekosustava [Slika 3].



Slika 3. Ispuštanje otpadne vode u okoliš [5]

Otpadne vode nastaju korištenjem vode za razne namjene, pri čemu se mijenja fizikalni, kemijski i mikrobiološki sastav vode.

Radi utvrđivanja upotrebljivosti vode za određene namjene radi se klasifikacija vode. Klasifikacijom voda radi se podjela voda u klase i određuju opći pokazatelji i granice njihovih dozvoljenih vrijednosti za pojedine namjene.

Podjela vode prema klasama:

- I klasa- vode koje se u prirodnom stanju ili poslije dezinfekcije mogu upotrebljavati za piće i u prehrambenoj industriji,
- II klasa- vode koje su podobne za kupanje, rekreaciju i sportove na vodi, kao i vode koje se uz uobičajene metode obrade ( koagulacija, filtracija i dezinfekcija) mogu upotrijebiti za opskrbu naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji,
- III klasa- vode koje se mogu upotrijebiti ili iskoristiti za navodnjavanje i u industriji, osim prehrambene,
- IV klasa- vode koje se mogu upotrebljavati za druge namjene samo poslije odgovarajuće obrade.

Glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda su:

- krupni (površinski) otpaci- 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.
- Krutine- tvari organskog i anorganskog porijekla koje se u otpadnim vodama nalaze u: otopljenom stanju, koloidnom stanju, lebdećem stanju. 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.
- Mikroorganizmi- jednostanični ili više stanični organizmi koji se nalaze u svim otpadnim vodama, a čine ih virusi, bakterije, plijesni, itd..
- hranjive soli (biogene soli)- nastaju procesom razgradnje organske tvari iz otpadnih voda ispuštanjem u prirodne i umjetne prijemnike.
- postojeće tvari (perzistentne tvari)- 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.

- otrovne 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).
- radioaktivne tvari 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.
- 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 nastaje razgradnjom organskih i anorganskih spojeva
- 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.



## 2.1. Podjela otpadnih voda



Slika 4. Izvori onečišćenja vode [6]

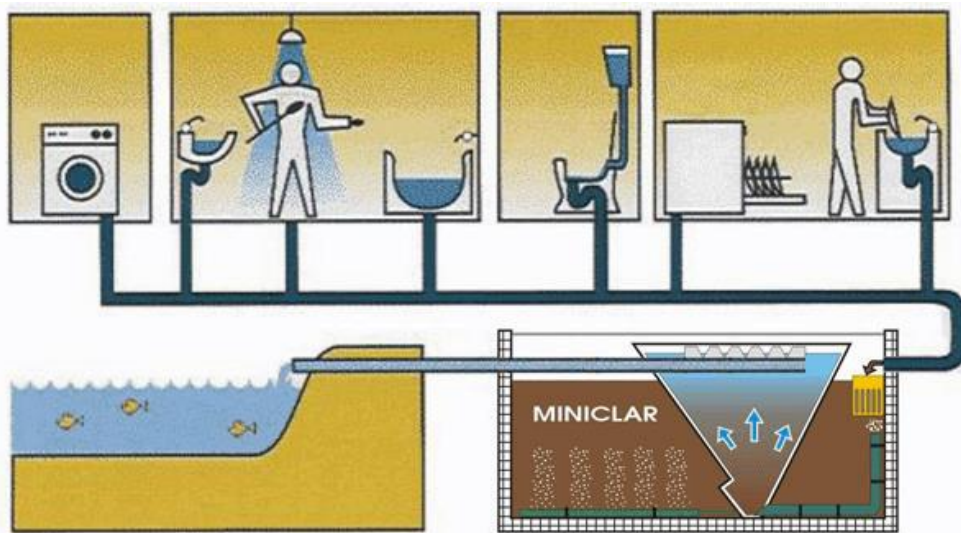
### 2.1.1. Kućanske otpadne vode

Nastaju uporabom vode u kućanstvima također za razne primjene: sanitarne, za zadovoljavanje čovjekovih potreba, pripremu obroka, higijenu. Obuhvaćaju i otpadne vode nastale u raznim ustanovama kao što su: hoteli, trgovački lanci, voda korištena za pranje ulica ili vozila.

Kada govorimo o podjeli kućanskih otpadnih voda, razlikujemo:

- sive vode- otpadne vode iz kupaonica, praonica, kada, tuševa perilica; ne sadrže mnogo krutih tvari i postoji mogućnost prenamjene [Slika 4]. Ukoliko postoji mogućnost razdjelnog sustava odvodnje, takve vode mogu se upotrebljavati za zalijevanje vrtova.
- crne vode- otpadne vode iz sanitarnih čvorova koje je teško obraditi ukoliko sadrže veliku količinu viška vode.

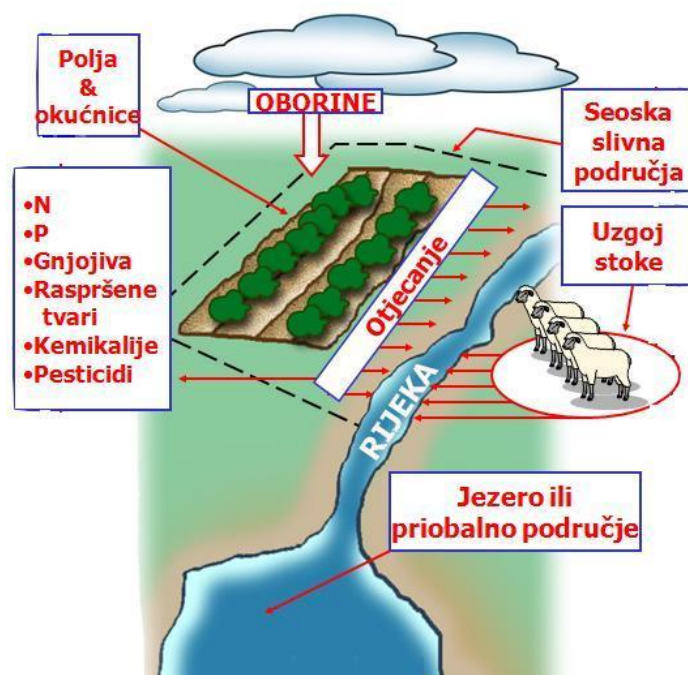




Slika 5. Kućanske otpadne vode [7]

### 2.1.2. Oborinske otpadne vode

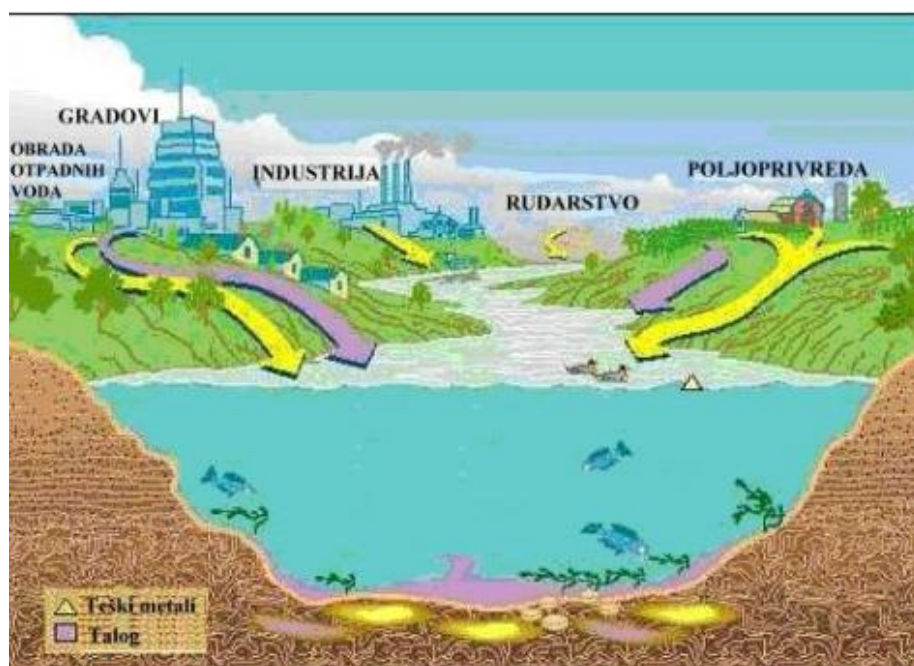
Nastaju od oborina koje su već onečišćene prilikom samog nastanka. Takve oborine prije nego što padnu na tlo ispiru atmosferu i otapaju sve sastojke koji se nalaze u atmosferi ili one koji su vjetrom stigli na to područje [Slika 6.]. Također se prilikom oborina ispiru krovovi, oluci i slično te takve vode putuju dalje odvodnim kanalima. U ovu kategoriju ubrajaju se i vode koje potječu od otapanja snijega.



Slika 6. Oborinske vode [6]

### 2.1.3. Industrijske otpadne vode

Nastaju uporabom vode u svrhu proizvodnje, industrijskim i drugim proizvodnim pogonima. Svaka takva otpadna voda razlikuje se ovisno o vrsti industrije. Razne industrije koriste velike količine vode za rashlađivanje uređaja pri čemu velika količina vode ispari uslijed velikih temperatura, a u preostalom dijelu vode dolazi do povećane koncentracije soli u otpadnoj vodi te dolazi do toplinskog onečišćenja vode. Industrijske otpadne vode iz mnogih grana industrije upotrebljavaju posebne smjese pri čemu mnoštvo njih sadrži određenu količinu otrovnosti [Slika 7.].



Slika 7. Mogućnost zagađenja voda [6]

Industrijske otpadne vode mogu se podijeliti u dvije skupine:

- Biološki razgradive (kompatibilne) industrijske otpadne vode  
Ove vode mogu se miješati s komunalnim otpadnim vodama i odvoditi kanalizacijom. Ovdje najčešće spadaju otpadne vode iz prehrambene industrije jer sadrže otpadne tvari prehrambenih artikala.
- Biološki nerazgradive (nekompatibilne) industrijske otpadne vode  
Da bi se takve vode priključile ne gradsku kanalizaciju potrebno ih je prethodno pročistiti: kako bi se uklonile otrovne i ostale tvari koje se gomilaju u živom organizmu i sprečavaju biološku razgradnju, kako bi se

uklonile eksplozivne, nagrizajuće i zapaljive tvari koje oštećuju kanalizacijske objekte i cijevi te kako bi se uklonili uzročnici koji onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.

#### 2.1.4. Poljoprivredne otpadne vode

Kako oborinske vode ili sustavi za navodnjavanje ne mogu dovesti točnu količinu vode do biljaka događa se da sav višak vode u tlu ne može ispariti niti se apsorbirati. Stoga taj višak vode koji odlazi do podzemnih voda ili otječe do obližnjih površinskih voda nazivamo poljoprivredne otpadne vode.

Proces otklanjanja otpadnih voda započinje njihovim prikupljanjem, a završava se otpuštanjem u konačni prijemnik (zemljište, vodu).

Iako se u gradskim postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda može obraditi otpadna voda iz industrije, većina tih voda se prije dolaska do gradskog postrojenja prethodno pročišćava. Zbog posebnog sastava industrijskih otpadnih voda velika je potreba za prethodnim pročišćavanjem.

## 2.2. Vrste onečišćenja

Prema vrsti onečišćenja imamo:

- Fizičko onečišćenje koje se očituje u povećanju temperature vode, pojavi zamućenja, promjeni boje, mirisa i okusa. Povećanje temperature je najčešća posljedica ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih i energetskih objekata u površinske vode bez prethodnog hlađenja. Posebno je važan pad koncentracije otopljenog kisika u zagrijanim vodama, jer se zbog toga znatno umanjuje mogućnost razgradnje organskih tvari u vodi. Do zamućenja vode dolazi zbog prisutnosti sitnih čestica u vodi, koje s vodom čine suspenziju ili koloidne otopine.
- Biološko onečišćenje vode sastoji se od patogenih bakterija, virusa i drugih mikroorganizama koji mogu ugroziti ljudsko zdravlje. Ti mikroorganizmi najčešće dospijevaju u površinske vode otpadnim

vodama iz raznih naseljenih područja, a u podzemne vode dolaze iz kanalizacije ili loše izvedenih sabirnih septičkih jama.

- Kemijsko onečišćenje očituje se kao prisutnost nekih iona koji se inače ne nalaze u vodama. Anorgansko kemijsko onečišćenje vode posljedica je miješanja vode s industrijskim ili drugim otpadnim vodama koje sadrže otrovne elemente, a do njega može doći i primjenom anorganskih mineralnih gnojiva na površinama iznad vodonosnih naslaga.
- Organsko kemijsko onečišćenje uvjetuje smanjenje kakvoće vode zbog njezina kontakta s različitim organskim spojevima, najčešće je to onečišćenje naftom, deterdžentima, organskim bojama, organskim pesticidima.
- Radiološko onečišćenje je posljedica doticaja podzemne vode s različitim prirodnim radioaktivnim elementima. Izvori takvog onečišćenja mogu biti ležišta uranskih ruda, rudnici urana pogodni za preradu uranske rude, nuklearne elektrane, odlagališta nuklearnog otpada.

### **3. FARMACEUTSKA INDUSTRIJA**

Farmaceutska industrija otkriva, razvija, proizvodi i prodaje lijekove za uporabu i za medicinske svrhe. Ona je podložna različitim zakonima i propisima koji reguliraju patentiranje, testiranje, sigurnost, učinkovitost i marketing lijekova. Glavni cilj farmaceutske industrije je osigurati lijekove za održavanje zdravlja i liječenje bolesti.

#### **3.1. Otpadne vode u farmaceutskoj industriji**

Farmaceutski proizvodi izrađeni su s ciljem specifičnog djelovanja u biološkim sustavima, a ako dospiju u okoliš, predstavljaju problem zbog mogućeg štetnog djelovanja na organizme u ekosustavima. Sam sastav otpadnih voda farmaceutske industrije ovisi o sirovini koja se koristi, tehnološkim postupcima i procesima te otpadnim produktima. Iako su koncentracije farmaceutika koji dopijevaju u otpadne vode uglavnom niske, sve više raste zabrinutost zbog mogućeg dugoročnog utjecaja na zdravlje ljudi te kopnene i vodene ekosustave uslijed trajne izloženosti ovim spojevima.

Postupci kojima će se podvrgnuti otpadna voda prije ispuštanja u prirodu ovisi o količini i sastavu otpadne vode. Biološka obrada otpadnih voda je najjeftinija i najprihvatljivija metoda međutim, pokazala se nedovoljno učinkovitom za otklanjanje svih potencijalno opasnih sastojaka u otpadnoj vodi.

Najbolji način da se smanji onečišćenje je da se spriječi nastanak onečišćenja na samom izvoru. Onečišćenje se može smanjiti: uporabom novih sirovina, zamjenom otrovnih kemikalija, redovitom kontrolom uređaja i procesa rada, itd..

## 4. RASHLADNA VODA

Rashladne vode su industrijske otpadne vode koje se koriste za odvođenje topline iz procesa ili uređaja, a mogu biti u zatvorenom ili otvorenom rashladnom krugu [8].

Svaki stroj, koji proizvodi toplinsku energiju, troši rashladnu vodu.

Rashladna voda je dobila naziv po tome što se koristi samo za postrojenja; za hlađenje, vrtnju kotlova itd.. Glavna karakteristika joj je da nema fizičkih nečistoća, pod time misli se na kamenja, ostatke metala, da se ne bi oštetilo postrojenje i da nema određene soli (zbog korozije).

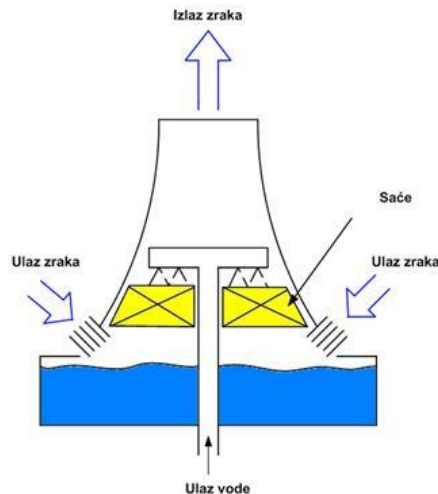
**Rashladni toranj** se najčešće koristi za izbacivanje topline kod vodom hlađenog kondenzatora sustava hlađenja, klimatizacije i sustava u procesnoj industriji.

Dijele se prema:

### 4.1. Tipu strujanja

#### 4.1.1. Prirodnu

Njima nije potreban ventilator zato što su dizajnirani na način da iskoriste razliku u gustoći između zraka koji ulazi u toranj i toplijeg zraka unutar samog tornja. Topao i vlažan zrak unutar tornja je manje gustoće i on se podiže prema gore, dok se hladan i gušći zrak spušta prema donjem dijelu tornja. Razlog zašto je rashladni toranj tako visok (do 200m) je zato što je potrebno potaknuti adekvatno strujanje zraka.



Slika 8. Prirodno strujanje zraka unutar rashladnog tornja [9]

#### 4.1.2. Mehaničku

Koriste ventilator za strujanje zraka prema dnu tornja. Oni daju pouzdaniji protok zraka i time je efikasnost veća. Snaga ventilatora je razmjerno mala s obzirom na izmijenjeni toplinski tok.

Mehanička se dijeli na:

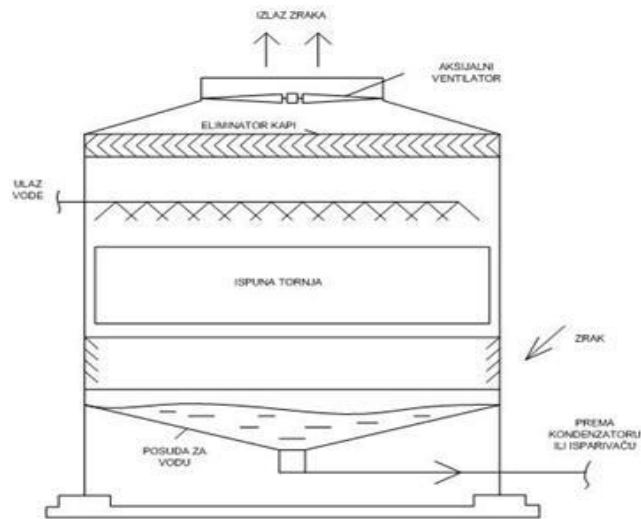
- Tlačnu cirkulaciju

Ventilator je smješten na ulazu zraka, pri dnu uređaja tj. uz struju zraka u odnosu na ispunu tornja. Prednosti su da su vibracije manje u usporedbi s tornjem s induciranim strujanjem, jer se ventilator nalazi bliže dnu i to da je bolji efekt ishlapljivanja ako centrifugalni ventilator puše direktno u posudu s vodom. Neki nedostaci ovog rashladnog tornja su nejednolika raspodjela struje zraka kroz ispunu tornja uslijed puhanja tlačnog ventilatora, uslijed velike brzine ulaznog zraka može doći do prijenosa dijela toplog i vlažnog istrošenog zraka. Ti rashladni tornjevi se uglavnom koriste kod malih i srednje velikih postrojenja.

- Induciranu cirkulaciju

Ventilator je smješten niz strujanje zraka u odnosu na ispunu tornja, na izlazu zraka, pri vrhu uređaja. Zbog ishlapljivanja male količine kondenzatorske vode (oko 1%), temperatura vode se postupno smanjuje tijekom njezinog slijevanja kroz ispunu tornja. Veće kapljice vode odvajaju se na eliminatoru kapi. Struja zraka izlazi pri vrhu tornja i ispušta se u okoliš.

Voda ohlađena ishlapljivanjem pada u sabirnu posudu odakle se odvodi prema kondenzatoru.



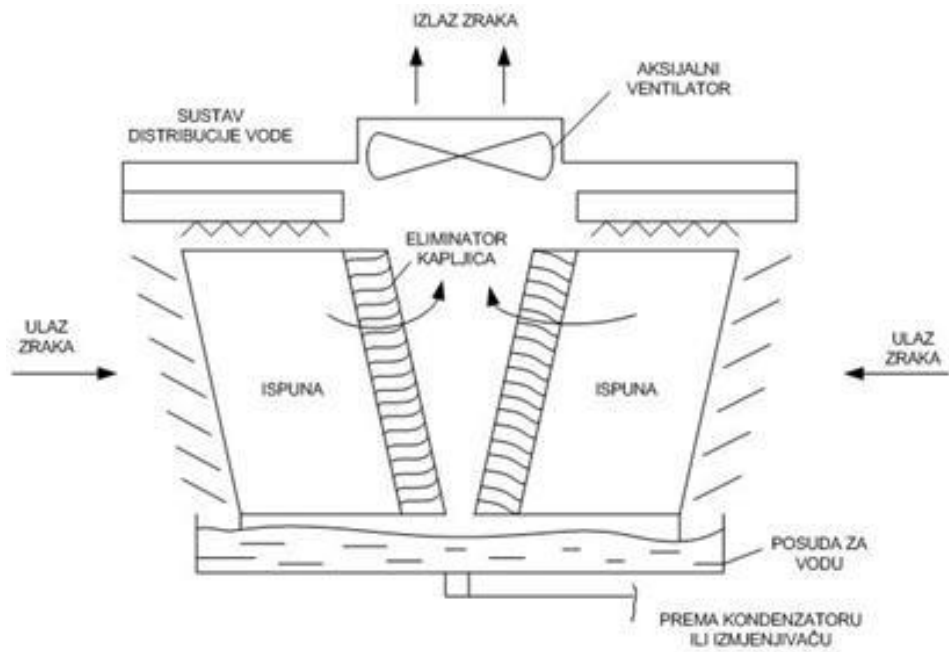
Slika 9. Protusmjerni rashladni toranj s induciranim strujanjem [9]

#### 4.1.3. Križno

Kod križnih rashladnih tornjeva zrak poprečno struji na vodu koja se cijedi kroz punilo [Slika 10].

Ventilator je smješten niz struju zraka u odnosu na ispunu tornja, na izlazu zraka pri vrhu uređaja. Ispuna se nalazi u razini s ulazima zraka. Zrak ulazi u toranj s bočne strane i struji vodoravno kroz ispunu i eliminator kapi. Zrak se zatim usmjerava prema gore i izlazi pri vrhu uređaja. Voda se raspršuje, pada preko ispune i dolazi do križnog strujanja vode i struje zraka. Križni rashladni toranj s induciranim strujanjem ima povećanu površinu za ulaz zraka. Uslijed križnog strujanja, ovakav toranj može biti znatno niži od protusmjernog tornja.





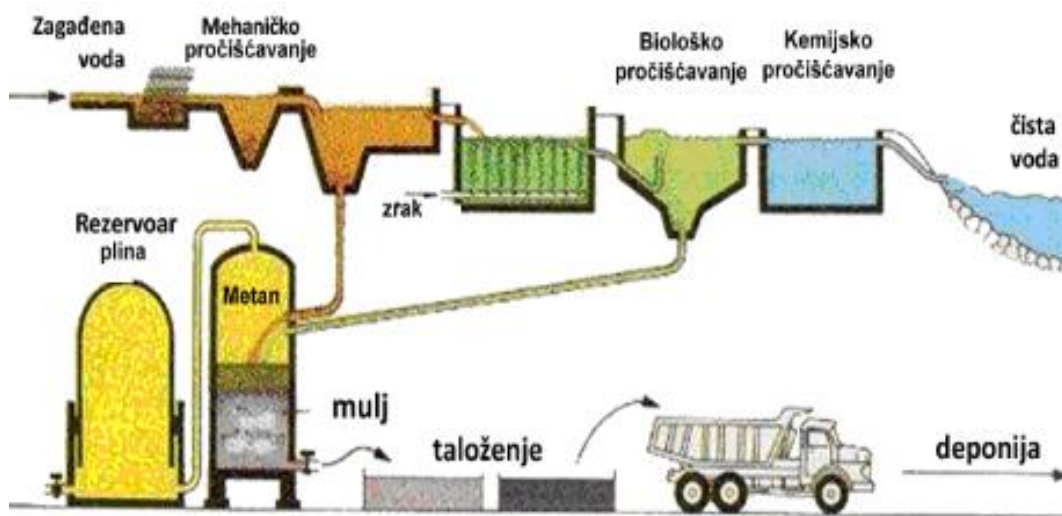
Slika 10. Križni rashladni toranj [9]

#### 4.1.4. Protusmjerno

Protusmjerno strujanje zraka vidljivo je također na prethodnoj slici [Slika 9].

## 5. OBRADA OTPADNIH VODA

Kod proizvodnje, razne industrije najčešće koriste vodu iz nekoliko različitih izvora kao što su rijeke, izvori, jezera, mora. Samo petina industrijskih otpadnih voda podvrgnuta je pročišćavanju dok se sva preostala voda ispušta u jezera i rijeke. Izbor postupaka pročišćavanja kojima se podvrgava otpadna voda prije nego se ispusti u prirodnu sredinu ovisi o količini i sastavu otpadne vode, kao i o zahtijevanoj kakvoći vode na mjestu ispuštanja. Obično se radi o kombinaciji niza postupaka kako bi učinak svakog od pojedinih postupaka i njihova kombinacija dali što bolje krajnje rezultate [Slika 11].



Slika 11. Postupci obrade otpadnih voda [6]

Zavisno od svojstava otpadnih voda i potrebnog stupnja njihovog pročišćavanja razlikujemo: mehaničku, biološku i fizikalno-kemijsku obradu otpadnih voda.

### 5.1. Mehanička obrada otpadnih voda

Mehaničko pročišćavanje obuhvaća metode za uklanjanje grubih i plivajućih tvari iz otpadnih voda (plastične vrećice, krpe, lišće, komadi drveta ili drugih tvari).

Kod pročišćavanja industrijskih otpadnih voda služe za uklanjanje dijelova sirovina iz procesa proizvodnje koji mogu ometi rad uređaja za pročišćavanje (začepljenje cjevovoda, pumpi i dr.). Uređaji za mehaničko pročišćavanje otpadnih voda koriste se i u svrhu smanjenja organskog opterećenja istih (BPK i KPK). Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda ima tri faze.

To su sljedeće faze:

- rešetanje i/ili usitnjavanje
- taloženje i isplivavanje,
- izjednačavanje i/ili neutralizaciju.

Prve dvije faze redovito se koriste kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, dok se treća faza primjenjuje za industrijske otpadne vode.

### **5.1.1. Rešetanje i/ili usitnjavanje (dezintegracija)**

REŠETANJE- proces je uklanjanja krupnih tvari iz otpadne vode kao što su lišće, komadi plastike, drveta, stakla ili drugih tvari kako bi se zaštitile crpke i drugi dijelovi uređaja za pročišćavanje. Proces se odvija na rešetkama, a učinak procesa ovisi o slobodnom otvoru između šipki. Postavljaju se grube ili fine rešetke kako bi se uklonile najgrublje čestice iz otpadne vode [Slika 12].

Rešetke uređaja mogu biti :

- gruba rešetka svijetlog otvora od 10-100 milimetara
- fina rešetka ili sito svijetlog otvora od 0,5-6 milimetara

Grube rešetke koriste se za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda kod uređaja kapaciteta 200-5000 ES, kao i u nekim granama industrije gdje ovakav tretman zadovoljava predviđene izlazne parametre.

Grube rešetke mogu biti ručne i automatske. Kod ručnih rešetki prikupljeni se otpad uklanja ručno, dok automatske posjeduju sustav za automatsko vađenje otpada i odlaganje u odgovarajući spremnik.

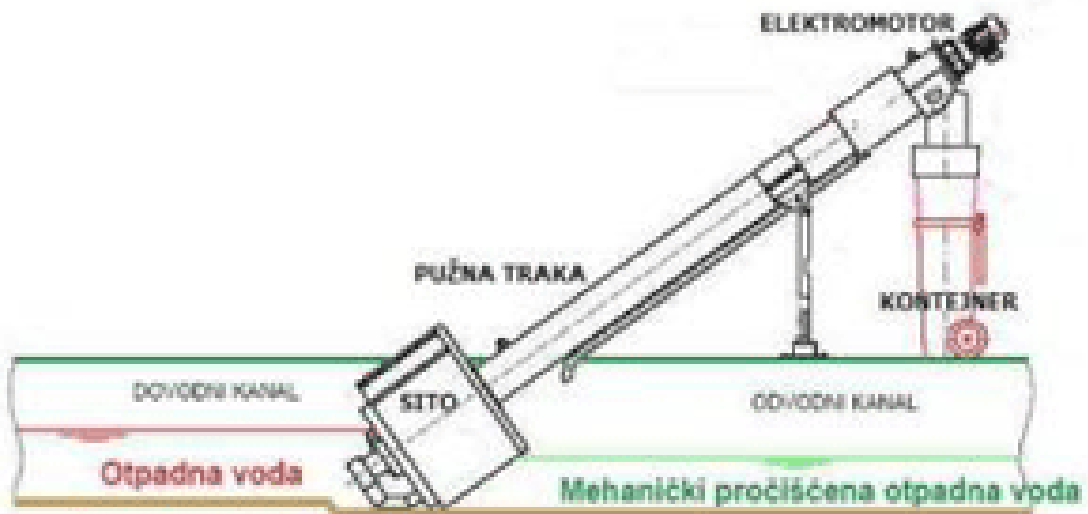
Fine rešetke ili sita koriste se kod uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda kapaciteta 500-5000 ES i kod pročišćavanja industrijskih otpadnih voda. Mogu imati poluautomatsko i automatsko čišćenje nakupljenih tvari koje se odlažu u odgovarajući spremnik

Otpadna se voda na mehanički tretman dovodi gravitacijski ili tlačno, ovisno o potrebi i uvjetima na terenu. [4]

Nakon prešanja otpad se odlaže u plastične vreće u kojima se odvozi na gradsku deponiju.



Slika 12. Uređaj za rešetanje [10]



Slika 13. Dijelovi uređaja za rešetanje [11]

USITNJAVANJE- proces je koji ili potpuno zamjenjuje ili se koristi nakon prolaska otpadne vode kroz grubu rešetku. Krupne tvari se usitne i isjeku na komadiće veličine tri do osam milimetara te se odvede dalje na pročišćavanje bez opasnosti od začepljenja. Usitnjavanje se obavlja usitnjivačima, a najčešće se upotrebljavaju usitnjivači sa slobodnim prolazom vode.

### **5.1.2. Taloženje (u pjeskolovu) i isplivavanje**

TALOŽENJE se primjenjuje za izdvajanje pijeska, šljunka i ostalih krupnijih čestica mineralnog porijekla. Ono se primjenjuje zbog zaštite rotora crpki i cjevovoda od abrazije, kao i drugih bitnih dijelova uređaja.

Pjeskolovi su posebne građevine u kojima se odvija ovaj proces, a one se izrađuju kao taložnici, odnosno kao spremnici u kojima se smanjuje brzina vode i tako se omogućava taloženje zrnatih čestica.

ISPLIVAVANJE- proces uzlaznog kretanja čestica kojima je gustoća manja od gustoće vode. Proces isplivavanja najčešće se koristi kako bi se iz otpadnih voda uklonile masti i ulja..

Isplivavanje se odvija u flotatorima. To su jedno ili više komorni spremnici slični taložnicima, pretežno pravokutnog tlocrta, koji ispred odvoda imaju manju pregradu sa sakupljačem plivajućih tvari. Ovakav tip uređaja se koristi kako bi se iz otpadne vode uklonile suspendirane čestice, emulzije, masti, ulja i otopljene koagulirajuće tvari. Učinak flotacije ovisi o više činitelja: vremenu zadržavanja vode u spremniku, gustoći, veličini i masenom protoku čestica, te brzini protjecanja i temperaturi vode. Simulirano isplivavanje vrši se upuhivanjem komprimiranog zraka (aeracijom) u otpadnu vodu u sitnim mjehurićima, koji se lijepe na čestice gustoće veće od gustoće vode koje se zatim izdižu na površinu. Na površini nastali sloj plivajućeg mulja se kontinuirano uklanja pomoću površinskog zgrtača i ispušta se kroz otvor u spremnik za mulj.

### **5.1.3. Izjednačavanje (egalizacija) i/ili neutralizacija**

IZJEDNAČAVANJE je proces zadržavanja otpadnih voda u spremniku da se izjednače temeljna svojstva vode zbog fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena prilikom zadržavanja. Obzirom da je ovaj proces primjeren za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda, vrijeme zadržavanja ovisi o industrijskim (tehnoškim) procesima i ne može biti kraće od trajanja cjelokupnog ciklusa. Radi sprječavanja taloženja i postizanja boljeg miješanja vode upotrebljavaju se mehaničke miješalice i primjenjuje se aeracija. Upuhivanjem zraka u otpadnu vodu potiče se biološka i kemijska oksidacija otpadne tvari.

NEUTRALIZACIJA je proces za promjenu koncentracije vodikovih  $H^+$  iona (vrijednosti pH) u industrijskim otpadnim vodama. Ove otpadne vode često sadrže kisele i bazične sastojke u količinama s kojima se ne smiju ispuštati u prirodne vodne sustave. Neutralizacija je jedan od procesa za prethodno pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Postiže se miješanjem otpadnih voda iz različitih pogona, tj. miješanjem kiselih s bazičnim otpadnim vodama. Druga je mogućnost dodavanjem reagensa u otpadne vode i to: natrijeve lužine u kisele vode ili sumporne kiseline u bazične vode. Izbor reagensa i količina koja se dodaje utvrđuje se eksperimentalno.

## **5.2. Biološka obrada otpadnih voda**

Biološke procese moguće je primijeniti tamo gdje su onečišćenja biološki razgradiva i ne sadrže otrovne tvari u velikim količinama. Za biološku obradu otpadnih voda koristi se aktivnost mikroorganizama (bakterija). Ovakav proces pročišćavanja identičan je procesu koji se odvija i u prirodnom okolišu. Postoje aerobni i anaerobni procesi pročišćavanja otpadnih voda, a mikroorganizmi koji se koriste su također aerobni (potreban im je kisik) i anaerobni (nije im potreban kisik).

### **5.2.1. Aerobni procesi**

Najčešće korišteni aerobni procesi su:

- postupak s aktivnim muljem

Aktivni mulj sastoji se od bakterija, algi, kvasaca, itd. povezanih sa suspendiranim česticama u nakupine koje se zovu pahuljice ili flokule. Proces se odvija tako što otpadna voda ulazi u biološki reaktor u kojemu su raspršeni mikroorganizmi, zatim se aeracijom dovodi zrak uz miješanje čime se sprečava taloženje i postiže bolji kontakt između mikroorganizama i otpadne vode.

Obrađena otpadna voda ide u naknadni taložnik u kojem se taloži aktivni mulj, te se dio aktivnog mulja vraća nazad u reaktor, a višak mulja se izdvaja i odvodi na daljnju obradu.

Međutim i ovaj proces ima svojih nedostataka među kojima je velika potrošnja energije, proizvodnja velike količine mulja, te nastanak pjene radi umnožavanja bakterija čime se otežava taloženje mulja.

- membranski bio reaktor

Membranski bio reaktor je tehnološko rješenje za pročišćavanje otpadnih voda; koristi kombinaciju tradicionalnih procesa pročišćavanja s membranskim procesom separacije.

Prednost mu je što ima mali utjecaj na okoliš, odličnu kvalitetu otpadne vode, stabilan način rada, mogućnost nadogradnje, neznatan problem vezan za stvaranje pjene. Glavni nedostatak su mu visoki troškovi u usporedbi s drugim sustavima s aktivnim muljem.

### **5.2.2. Anaerobni procesi**

Anaerobni procesi nastaju kad u vodi nema otopljenog kisika. Proces se odvija u dvije faze. U prvoj fazi bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku tvar do organskih kiselina koje su hrana za metanske bakterije u drugoj ili metanskoj fazi razgradnje. Obično najbolje razgrađuju vode s velikom količinom organskih onečišćenja. U tehnološkom sustavu takav proces razgradnje naziva se truljenje.

Razgradnja se odvija u tri faze:

- Hidroliza- razgradnja organskih tvari,
- Kiselo vrenje- razgrađene organske tvari pretvaraju se u organske kiseline, alkohole, aldehide i sl.,
- Metansko vrenje- bakterije stvaraju metan i ugljični dioksid.

U anaerobni reaktor (bazen) voda ulazi bez dodanog kisika pri čemu se naglo smanjuje količina dušika. U slučaju da se razgradnja obavlja u otvorenom reaktoru, uslijed kemijskih procesa unutar reaktora formira se kora koja sprečava dotok kisika, ali i izlaz produkata razgradnje u obliku plinova neugodnog mirisa. Tijekom razgradnje provodi se kiselo i metansko vrenje. Postupak razgradnje otpadne vode anaerobnim postupkom je sporiji od aerobnih postupaka. Vrijeme zadržavanja otpadne vode u reaktoru prilikom anaerobnog pročišćavanja je najmanje desetak dana.

### **5.3. Fizikalno-kemijska obrada otpadnih voda**

Tradicionalni sustavi za pročišćavanje otpadnih voda učinkoviti su za uklanjanje nekih, ali ne svih farmaceutika. Iz tog razloga razvijene su druge tehnologije s ciljem dodatnog smanjivanja njihove koncentracije u otpadnim vodama.

Ova vrsta pročišćavanja otpadnih voda obuhvaća:

#### **5.3.1. Zgrušavanje**

Koristimo ga za stabilizaciju koloida i fosfata u kućanskim i oborinskim vodama, te koloida u otpadnim vodama raznih industrija. Ovim se procesom smanjuje količina pjene i masnoća u otpadnim vodama, dok se vrsta i doziranje sredstava za zgrušavanje određuje ispitivanjem otpadnih voda.

#### **5.3.2. Kemijsko obaranje**

Koristimo ga kako bi se uklonile nepoželjne otopljene tvari iz otpadnih voda dodavanjem reagensa, pri čemu se stvaraju netopivi spojevi (soli kalcija, magnezija i silicija) koji se talože na dno spremnika. 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

#### **5.3.3. Adsorpciju**

Njome 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, koji služe kao filteri.

#### **5.3.4. Ionsku izmjenu**

Proces je zamjene iona između krutine (ionskog izmjenjivača) i vode (otopine elektrolita). Ionski izmjenjivači se za pročišćavanje otpadnih voda izvode kao zatvoreni dubinski procjeđivači. Primjenjuju se za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda koje sadrže teške metale, fosfate i dušik.



### 5.3.5. Membranske procese

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

Od membranskih procesa primjenjujemo:

- Inverznu osmozu  
Proces je koji se temelji na osmozi, s tim da se spremniku s većom koncentracijom otpadne vode poveća tlak iznad osmotskog, tako da voda iz spremnika s većom koncentracijom dotječe u spremnik s manjom koncentracijom (čistom vodom). Zbog obrnutog toka vode u odnosu na tok osmoze, proces je nazvan inverznom osmozom.
- Elektrodijazu  
Proces je uklanjanja iona (katona i aniona) iz vode 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.
- Ultrafiltraciju (ultraprocjeđivanje)  
Proces je 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.

## 6. UTJECAJ OTPADNIH VODA

Svojstva otpadnih 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.

### 6.1. Utjecaj na prirodu

Sprječavanje utjecaja otpadnih voda na okoliš oko nas moguće je postići raznim metodama. Cilj je razviti nove tehnološke procese, poboljšati strukturu procesa, primjenjivati tvari s malom otrovnošću ili tvari koje su potpuno netoksične za ljudsko zdravlje i okoliš.

Tvari treba odabrati s ciljem smanjenja mogućnosti za potencijalne nezgode, ispuštanje u okoliš, eksplozije i požare. Preporuča se uporaba obnovljivih sirovina kada je to izvedivo, primjena katalizatora, ograničavanje rizika koji proizlaze iz rukovanja opasnim tvarima itd..

Minimaliziranje utjecaja na okoliš postiže se projektiranjem novih postrojenja na način da se smanji mogućnost emisija voda u okoliš primjenom raznih tehnika.

Da bi se postrojenje zaštitilo od istjecanja otpadne tekućine, ukrcavanje i iskrcavanje treba vršiti samo u označenim područjima koja su zaštićena od istjecanja, materijale koji će se odložiti treba pohranjivati i skupljati u označenim područjima koja su zaštićena od istjecanja otpadne tekućine, sve pumpne jame ili druge komore postrojenja za preradu iz kojih može iscuriti tekućina potrebno je opremiti alarmima koji upozoravaju na visoku razinu tekućine ili umjesto toga osoblje mora redovito nadzirati pumpne jame, ustanoviti programe za ispitivanje i pregledavanje spremnika i cjevovoda te osigurati opremu za sprječavanje izlivanja, primjenom zaštitnih brana i prikladnih apsorbirajućih materijala [12].

Jako vidljivi poremećaji pojavili su se u tzv. Zatvorenim dijelovima vodnih sustava- u jezerima, uvalama i zaljevima. Način i mjesto ispuštanja otpadnih voda u more ovisi o hidrografskim prilikama obalnog mora, kao i o količini i svojstvima otpadne vode, s obzirom na razgradnju organske otpadne tvari u moru. Razgradnjom dijela otpadne tvari u moru (samopročišćavanje) smanjuju se troškovi obrade otpadnih voda. [16]

## 7. SVRHA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Svrha analize okoliša je utvrđivanje trenutnog stanja. S obzirom da se okoliš mijenja s vremenom, potrebno je uzimati uzroke u različitim vremenskim intervalima. Kada se želi ispitati uzrok zagađenosti rijeke, uzimaju se uzorci od 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 morskih struja. 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), a podložna vanjskim utjecajima (temperatura, pH vrijednost, prozračivanje i sl.). Uzorkovanje se može obavljati ručno, sisaljkom i automatskim uređajem, dok izbor ovisi o raspoloživim uređajima, mjestu i razlozima uzorkovanja.

Tablica 2. Posljedice zagađenja i korist pročišćavanja otpadnih voda [6]

VRSTA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA	ŠTETNE POSLJEDICE	OSTVARENA DRUŠTVENA KORIST OD PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA
KRUPNI KRUTI MATERIJAL: papir, tkanine, plastika	Neuredan krajolik; uslijed dodira mogu nastati opasnosti po zdravlje ljudi i životinja	Obale rijeka, jezera, mora i njihova okolica postaju sigurni za radne aktivnosti i rekreaciju
ORGANSKE TVARI: otpaci hrane, fekalne tvari i neke industrijske otpadne vode	Zbog prisutnosti bakterija i drugih viših vrsta vodenog svijeta, smanjuje se količina otopljenog kisika u vodi, pa se javljaju pomori riba i drugih organizama	Zaštita ribarstva i sportskog ribolova; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju;
ULJA I MASTI	Na površini vode formira se opasan tanak nepropusni sloj, koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere	Poboljšano otapanje atmosferskog kisika u vodi pomaže održavanju vodene flore i faune
NUTRIENTI: dušik, fosfor i tragovi štetnih tvari	Djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi, morskih trava i ostalog vodenog bilja	Poboljšani i sigurniji uvjeti za uzgoj riba i školjaka; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
BAKTERIJE I VIRUSI	Onečišćenje voda koje se koriste za vodoopskrbu ili natapanje poljoprivrednih površina na kojima se uzgajaju kulture za prehranu	Sigurniji opći zdravstveni uvjeti za uzgoj školjaka, riba i drugih organizama;
TOKSICNE TVARI IZ INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA	Pojava uništenja ili oštećenja vodene flore i faune; akumulacije štetnih tvari u mesu riba i školjaka, mogu štetno djelovati na zdravlje ljudi	Poboljšani uvjeti za život vodene flore i faune; poboljšani opći zdravstveni uvjeti

## 8. ZAKLJUČAK

Porastom čovječanstva raste potreba za uporabom vode i potreba da se proširuju poduzeća, tvrtke i industrije.

Obzirom na kompleksnost sustava otpadnih voda iz farmaceutske industrije dogodi se dosta često da jedna metoda obrade otpadnih voda nije dovoljna da se ostvari dovoljan stupanj čistoće otpadne vode, već se isti, drugi ili kombinacija postupaka mora ponoviti prije ponovnog ispuštanja u okoliš.

Ključ razvitka je poboljšanje postojećih sustava za obradu otpadnih voda. Napredak tehnologije i procesa poboljšava uvjete života, bili to ljudski, životinjski ili biljni.

S vremenom bi uvjeti bili znatno poboljšani i postigao bi se vrlo poželjni balans između svih živih bića.

## 9. LITERATURA

- [1] Emir Mujić: Voda Pamti, <https://nova-akropola.com/znanost-i-priroda/fenomeni/voda-pamti/>, pristupljeno 25.08.2018.
- [2] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Voda, <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=65109>, pristupljeno 25.08.2018.
- [3] Ana Klasnić, Vode u mesnoj industriji, <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:254/preview>, pristupljeno 25.08.2018.
- [4] Bor, O uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, <http://www.bor-plastika.hr/o-uredajima-za-procciscavanje-otpadnih-voda/>, pristupljeno 25.08.2018.
- [5] Mladen Volarić, Hrvatska do 2018. u otpadne vode mora uložiti 3 milijarde eura, <https://lider.media/aktualno/biznis-i-politika/hrvatska/hrvatska-do-2018-u-otpadne-vode-mora-uloziti-3-milijarde-eura/>, pristupljeno 25.08.2018.
- [6] Anita Štrkalj, Onečišćenje i zaštita vode, [https://travelsdocbox.com/Eastern\\_Europe/68366371-Oneciscenje-i-zastita-voda.html](https://travelsdocbox.com/Eastern_Europe/68366371-Oneciscenje-i-zastita-voda.html), pristupljeno 25.08.2018.
- [7] Bolji Vrbovec, Plan, <https://www.boljivrbovec.eu/plan/>, pristupljeno 25.08.2018
- [8] Zakon o vodama, <https://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama>, pristupljeno 25.08.2018.
- [9] Wikipedija, Rashladni toranj, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Rashladni\\_toranj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Rashladni_toranj), pristupljeno 26.08.2018.
- [10] Bor, Mehanički tretman otpadnih voda, <http://www.bor-plastika.hr/industrijske-otpadne-vode/mehanicki-tretman-otpadnih-voda/>, pristupljeno 26.08.2018.
- [11] Odvodnja d.o.o., Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Borik, <http://www.odvodnja.hr/izbor02-03.html>, pristupljeno 26.08.2018.
- [12] Farmaceutski i drugi specijalni organski kemijski šaržni postupci, [https://www.mzoip.hr/doc/farmaceutski\\_i\\_drugi\\_specijalni\\_organski\\_postupci\\_1.pdf](https://www.mzoip.hr/doc/farmaceutski_i_drugi_specijalni_organski_postupci_1.pdf), pristupljeno 26.08.2018.
- [13] Tušar, B.: Ispuštanje i pročišćavanje otpadnih voda, Croatia knjiga, Zagreb, (2004.), ISBN 953-6321-34-3
- [14] Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (2009.), ISBN 978-953-7343-24-8
- [15] Ašperger, D., Babić, S., Analitika okoliša, Tisak, Zagreb, (2013.), ISBN: 978-953-6904-29-7

[16] Tušar, B., Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb, (2009.), ISBN:  
978-953-6970-65-0



## **10. POPIS SIMBOLA (popis skraćenica)**

BPK biokemijske potrošnje kisika

KPK kemijske potrošnje kisika

ES ekvivalent stanovnika

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Kruženje vode u prirodi .....	1
Slika 2. Promjena kakvoće vode prilikom uporabe .....	3
Slika 3. Ispuštanje otpadne vode u okoliš .....	4
Slika 4. Izvori onečišćenja vode .....	7
Slika 5. Kućanske otpadne vode .....	8
Slika 6. Oborinske vode .....	8
Slika 7. Mogućnost zagađenja voda .....	9
Slika 8. Prirodno strujanje zraka unutar rashladnog tornja.....	14
Slika 9. Protusmjerni rashladni toranj s induciranim strujanjem .....	15
Slika 10. Križni rashladni toranj.....	16
Slika 11. Postupci obrade otpadnih voda .....	17
Slika 12. Uređaj za rešetanje .....	19
Slika 13. Dijelovi uređaja za rešetanje .....	19

## **12. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Rasprostranjenost vode u prirodi .....	2
Tablica 2. Posljedice zagađenja i korist pročišćavanja otpadnih voda.....	28