

# Industrijske otpadne vode

---

**Adanić, Dragutin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:128:642588>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**



**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

Dragutin Adanić

# **INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Dragutin Adanić

# **INDUSTRIAL WASTEWATER**

FINAL PAPER

Karlovac, 2016.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Dragutin Adanić

# **INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor : dr. sc. Zlatko Jurac, prof.v.š.

Karlovac, 2016.



**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



## **STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE ZAŠTITA NA RADU**

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Dragutin Adanić

Matični broj: 0416613069

Naslov teme : **INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE**

Opis zadatka: Opis zadatka:

1. Uvod
2. Industrijske otpadne vode
3. Pročišćavanje industrijskih otpadnih voda
4. Zakonski propisi o ispuštanju industrijskih otpadnih voda
5. Uređaji za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda
6. Zaključak
7. Literatura
8. Prilozi

Zadatak zadan:  
11/2016

Rok predaje rada:  
12/2016

Predviđeni datum obrane:  
01/2017

Mentor:  
Dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:  
Dr. sc. Igor Peternel, pred.

## **PREDGOVOR**

Izrada ovog rada provedena je pod mentorstvom iskusnog dr. sc. Zlatka Jurca, kojemu se ovom prilikom zahvaljujem na konstruktivnim primjedbama, korisnim savjetima i podršci u svakom trenutku, tijekom čitavog trajanja Studija, tijekom planiranja, izrade i pisanja ovog završnog rada.

Također se zahvaljujem svim profesoricama i profesorima Veleučilišta u Karlovcu na omogućenom kvalitetnom usvajanju novih znanja zbog čega sam na preporuku bivših studenta i došao na Karlovačko Veleučilište.

Najiskrenije hvala mojoj obitelji i svim dragim osobama na pruženoj podršci, preuzimanju mojih poslova na domaćinstvu i razumijevanju tijekom studiranja a posebice tijekom pisanja ovog završnog rada.

## SAŽETAK

Tek na pragu 21. Stoljeća postali smo svjesni važnosti očuvanja okoliša kako za nas same tako i za naraštaje koji tek dolaze. Voda je prirodni fenomen i najzastupljenija je tvar u građi svih živih bića te obuhvaća najveći dio Zemljine površine, čak 70,8 % dok je 29,2 % kopno. Voda je izvor života i nezamjenjivo prirodno bogatstvo.

Svakom upotrebom vode iz brojnih vodoopskrbnih sustava za različite namjene dolazi do promjene njezinih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava te nastaju otpadne vode bilo industrijske, kućanske, poljoprivredne ili oborinske. Takve vode potrebno je prikupiti te ih na prikladan način pročistiti i odvesti u prijemnik bez štetnih posljedica za okoliš. U posljednje je vrijeme sve više kompanija se bavi razvojem, proizvodnjom i isporukom tehnologije za obradu otpadnih voda. Sve je važnija obrada otpadnih voda i izgradnja uređaja za pročišćavanje na kraju sustava gradske kanalizacije a pogotovo u okviru industrijskog pogona prije upuštanja u gradski kanalizacijski sustav. Također je važno poznavati vrstu i sastav otpadne vode kako bi se prema potrebama mogao primijeniti odgovarajući proces pročišćavanja i učinak bio što bolji.

Ključne riječi: tehnologije za obradu industrijskih otpadnih voda i otpadne vode.

## SUMMARY

It was not until the dawn of the 21st century we have become aware of the importance of preserving the environment both for ourselves and for generations to come. Water is a natural phenomenon and is the most common substance in the structure of all living beings and covers most of the earth's surface, even 70.8% and 29.2% of the land. Water is the source of life and irreplaceable natural resource.

Any use of water from various water supply systems for different purposes there is a change of its physical, chemical and biological properties and the resulting waste water was industrial, household, agricultural or storm. Such water should be collected and are a convenient way to clean up and take the receiver with no adverse effects on the environment. Lately, more and more companies engaged in the development, production and delivery of technologies for waste water treatment. All the important waste water treatment and construction of purification at the end of the city's sewage system and especially in the context of the plant before being discharged into the city sewer system. It is also important to know the type and composition of the waste water in order to be applicable to the needs of an appropriate purification process and achieve a better result.

Keywords: technologies for wastewater treatment and waste water.



**SADRŽAJ :**

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | UVOD  | 1  |
| 1.1.   | Predmet i cilj rada   | 2  |
| 1.2.   | Izvori podataka i metode prikupljanja                       | 2  |
| 2.     | INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE                                   | 4  |
| 2.1.   | Kućanske otpadne vode                                       | 5  |
| 2.2.   | Oborinske otpadne vode                                      | 5  |
| 2.3.   | Industrijske otpadne vode                                   | 6  |
| 3.     | PROČIŠĆAVANJE INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA                   | 7  |
| 3.1.   | Otpadne vode u automobilskoj industriji                     | 7  |
| 3.2.   | Otpadne vode u drvenoj industriji                           | 8  |
| 3.3.   | Otpadne vode u industriji papira                            | 9  |
| 3.4.   | Otpadne vode iz prehrambene industrije                      | 10 |
| 3.5.   | Otpadne vode iz građevinarske industrije                    | 11 |
| 3.6.   | Otpadne vode iz metalne prerađivačke industrije             | 12 |
| 3.7.   | Otpadne vode u tekstilnoj industriji                        | 13 |
| 3.8.   | Napredni oksidacijski procesi o pročišćavanje otpadnih voda | 14 |
| 3.9.   | Fenton proces   | 15 |
| 3.4.2. | Perokson postupak   | 10 |
| 3.4.3. | Fenton proces   | 10 |
| 4.     | ZAKONSKI PROPISI O ISPUŠTANJU OTPADNIH VODA                 | 16 |
| 4.1.   | Zakonski stupnjevi pročišćavanja                            | 17 |
| 4.2.   | Biokemijska potrošnja kisika (BPK)                          | 18 |
| 4.3.   | Kemijska potrošnja kisika (KPK)                             | 18 |
| 5.     | TIPSKI UREĐAJI ZA BIOLOŠKO PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA      | 19 |
| 5.1.   | Biotip  | 19 |
| 5.2.   | Biotip kup  | 23 |
| 5.3.   | Montaža uređaja   | 25 |
| 5.4.   | Biotip pp   | 25 |
| 5.5.   | Biotip max  | 26 |
| 5.6.   | Opis tehnologije uređaja Biotip max                         | 26 |
| 5.7.   | Biotip Ind  | 28 |
| 5.8.   | Biolaguna   | 28 |
| 5.9.   | Biokontejner  | 30 |
| 5.9.1. | Opis rada Biokontejnera                                     | 31 |
| 6.     | ZAKLJUČCI   | 32 |
| 7.     | LITERATURA  | 33 |
| 8.     | PRILOZI   | 34 |
| 8.1.   | POPIS SIMBOLA (KORIŠTENIH KRATICA)                          | 34 |
| 8.2.   | POPIS SLIKA   | 35 |
| 8.3.   | POPIS TABLICA   | 36 |

## 1. UVOD

Današnjica je obilježena sve većom potrošnjom vode, pogotovo u industriji i urbanim sredinama. Upotrijebljena voda opterećena otpadnim organskim i anorganskim tvarima, odnosno onečišćenjima, ispušta se u vodotoke, jezera ili mora. Onečišćenja ugrožavaju biološku ravnotežu vodnih ekosustava, a ovisno o količini i vrsti onečišćenja mogu dovesti u pitanje i njihov opstanak. Površinske vode napajaju podzemne vodonosne slojeve i tako obnavljaju zalihe podzemne vode koja je najvrijedniji izvor pitke vode za čovjeka. Narušena kakvoća površinske vode i sve veća potrošnja čiste podzemne vode ugrožavaju prirodne procese samopročišćavanja, odnosno kakvoću i opstanak izvora pitke vode. Zato je pročišćavanje otpadne vode već desetljećima nužnost koja daje poticaj istraživanju i razvoju novih tehnologija obrade, kao što je i cjeloviti sustav upravljanja vodnim bogatstvom preduvjet njegovog održanja.

Najstariji ostaci kanala i dijelova za pročišćavanje otpadnih voda potječu čak iz 6000 godina prije n.e. Za vrijeme vladavine kralja Davida, Jeruzalem je imao sustav za odvodnju otpadnih voda sličan današnjoj kanalizaciji. Još u antičkim vremenima se pokušavalo pročistiti otpadne vode upijanjem u porozna tla ( Grčka prije n.e. ). Velike količine otpadne vode od stanovništva, industrija i oborinskih voda s urbanih površina odvodile su se u najbliži vodotok. Tako su se postizala dovoljna razrjeđenja pa se smatralo da je to najbolji i najjeftiniji način zbrinjavanja otpadnih voda. Prvi uređaj za pročišćavanje vode za gradski vodovod Londona izgradio je James Simpson godine 1829.-1839., a radio je na principu procjeđivanja otpadne vode kroz pješčani filter. Početkom 19. stoljeća Engleska je bila zemlja s najvećim brojem stanovništva i najrazvijenijom industrijom. Kraljevska komisija za uklanjanje otpadne tvari je 1989. godine imenovana te joj je zadaća bila utvrditi ključne pokazatelje koji određuju kakvoću vode te razvijati postupke pročišćavanja otpadne vode prije ispusta u vodotoke[1]. Briga za uklanjanje otpadnih tvari i otpadne vode, te gradnja kanalizacijskih sustava i danas sporo napreduje. U Republici Hrvatskoj je na sustav javne vodoopskrbe priključeno oko 76% stanovništva, na sustave kanalizacije manje od 50%, pročišćava se samo 35% otpadnih voda, a na zadovoljavajući način tek nešto više od 10 %. Pročišćavanje industrijskih otpadnih voda najčešće je neodgovarajuće i takve vode završavaju u gradskoj kanalizaciji[1].

U ovom radu su prikazani uređaji za biološko pročišćavanje industrijskih otpadnih voda, učinkovitost procesa i izgled aktivnog mulja u svakom od navedenih procesa.

U Republici Hrvatskoj velik broj stanovnika nije priključen na kanalizacijski sustav, već probleme otpadnih voda rješavaju individualno, uglavnom na načine koji nisu povoljni za okoliš. Problem leži u neodgovarajućem ispuštanju otpadnih voda iz pojedinih naselja i industrija, gdje se pojavljuje niz ispusta otpadne vode duž vodotoka uglavnom bez ikakve prethodne obradbe. Najučinkovitija zaštita površinskih i podzemnih voda te obalnog mora može se postići ako se otpadne vode pročiste prije ispusta i ako se dobro izvede kanalizacijski sustav (važno je osigurati nepropusnost ) [1].

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Cilj ovog završnog rada je prikazati uređaje za biološko pročišćavanje industrijskih otpadnih voda, otpadnih voda hotela, kampova, škola, marina, trgovačkih centara, naselja, gradova, industrije tipskim uređajima koji su predviđeni upravo za tu namjenu.

### **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Podaci u ovom završnom radu prikupljeni su snimanjem, praćenjem i analizom tehničke dokumentacije tvrtke ASIO d.o.o. kojoj je za našu državu sjedište u Dardi, ulica S.S.Kranjčevića 13. Navedena firma stvorila je mrežu predstavnika u svim nama bliskim Europskim zemljama. ASIO Grupa može se pohvaliti sa kvalitetom prodaje i proizvodnje certificirana „Sustavom kontrole kvalitete - Quality controlling system“ sukladno normama ISO 9001:2009. i ISO 14001:2005. [16].

Kompanija ASIO d.o.o. surađuje sa mnogim institutima i univerzitetima. Glavni cilj kompanije je pružanje kompletne usluge dobavljačima u branši obrade otpadnih voda; sa naglaskom na moderne, visoko kvalitetne i pouzdane proizvode po Europskim regulativama, zadržavajući visoke ekološke standarde i ispunjavajući zahtjeve kupca za „jednostavnom, brzom, kvalitetnom i ekološki prihvatljivom“ uslugom. Kod izrade ovog završnog rada korištena je metoda studije i dokumentacija

tvrtke ASIO d.o.o. Postupak studije dokumentacije u ovom završnom radu imao je težište na ugradnji uređaja za biološko pročišćavanje industrijskih otpadnih voda.

Studij dokumentacije podrazumijeva prikupljanje i obradu svih pisanih materijala vezanih uz uređaje za biološko pročišćavanje otpadnih voda. [16].

## **2. OTPADNE VODE**

Otpadne vode su sve 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. One također sudjeluju u hidrološkom ciklusu, odnosno, voda uzeta za opskrbu stanovništva, izgradnjom vodoopskrbnog sustava, nakon uporabe kanalizacijskim sustavom odvodi se na pročišćavanje i vraća u prirodni okoliš. U otpadne vode svrstavaju se: kućanske otpadne vode - otpadne vode nastale uporabom sanitarnih trošila vode u kućanstvu, hotelima, uredima, kinima i u objektima industrijskih pogona koji također imaju izgrađene sanitarne čvorove za radnike, industrijske otpadne vode - nastale su upotrebom vode u procesu rada i proizvodnje u industrijskim i drugim proizvodnim pogonima te rashladne vode onečišćene temperaturom.

Ove tri grupe otpadnih voda uobičajeni su sastav komunalnih otpadnih voda, a njima se mogu priključiti i otpadne vode od pranja javnih prometnih površina i eventualno procjedne vode s odlagališta neopasnog otpada[1]. Na žalost se i danas još otpadne vode često ispuštaju bez pročišćavanja u prirodne recipijente (Slika 1.)



Slika 1. Prikaz neadekvatnih objekata za odvodnju otpadnih voda [2].

## 2.1. Kućanske otpadne vode

Podrazumijevaju se sve otpadne vode koje nastaju zbog kućanskih aktivnosti, za zadovoljavanje životnih funkcija, sanitarnih potreba te čišćenja prometnica. Kada govorimo o podjeli kućanskih otpadnih voda, razlikujemo[3].

sive vode- predstavljaju otpadne vode iz kupaonica, tuševa, praonica i bazena; Ne sadržavaju mnogo krutih tvari i postoji mogućnost prenamjene. Ako postoji razdjelni sustav odvodnje kućanskih otpadnih voda, mogu se koristiti za zalijevanje vrtova. Sive se vode mogu pročišćavati, no to nije baš u širokoj primjeni zbog problema koji nastaju tijekom pročišćavanja što poskupljuje i otežava proces crne vode- otpadne vode iz kuhinja i sanitarnih čvorova

Temperatura kućanskih otpadnih voda povišena je u usporedbi s vodom iz vodoopskrbnog sustava zbog uporabe tople vode u kuhinjama i kupaonicama te u kanalizacijskom sustavu zbog procesa biorazgradnje[3].

Gradske vode neugodna su izgleda, boje i mirisa, što uzrokuje dodatno onečišćenje prijemnika u estetskom smislu[3].

## **2.2. Oborinske otpadne vode**

Smatraju se uvjetno čistim vodama, jer one na svom putu ispiru atmosferu i otapaju ili prema površini zemlje prenose sve sastojke koji se na određenom području ispuštaju u atmosferu ili pak pod utjecajem vjetrova dolaze iz drugih, znatno udaljenijih krajeva. Primjer za to su kisele kiše, koje ugrožavaju šume, građevine i slično, te crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine koja dopire iz Afrike. U skupinu oborinskih otpadnih voda možemo svrstati i vode koje nastaju topljenjem snijega. Posebno su onečišćeni oni dotoci koji se javljaju pri naglu zatopljenju, i to u fazama završnog topljenja snijega, kad sva nečistoća prikupljena tijekom razdoblja niskih temperatura dospijeva u kanalizaciju [4].

## **2.3. Industrijske otpadne vode**

Različiti tehnološki procesi u industrijama uvjetuju i različite sastave otpadnih voda i prema tome, imamo dvije osnovne grupe [4]: biološki razgradive - one koje se mogu miješati s gradskim otpadnim vodama, odnosno odvoditi zajedničkom kanalizacijom (npr. iz nekih prehrambenih industrija), biološki nerazgradive - one koje se moraju podvrći prethodnom postupku 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 [4]. Većina industrija upotrebljava znatne količine vode kao rashladne vode, 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 otrovni 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 nego što se takve vode priključe na gradsku kanalizacijsku mrežu potrebno ih je prethodno pročistiti iz nekoliko razloga:

- ✓ kako bi se uklonile toksične i postojane 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 se u industrijskoj otpadnoj vodi pojavljuju teški metali, visok salinitet i njegove nagle oscilacije te je povišena temperatura[4].

### **3. PROČIŠĆAVANJE INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA**

Iako se u gradskim postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda može obrađivati otpadna voda naselja i industrije, većina industrijskih otpadnih voda, prije dolaska do zajedničkog postrojenja, prethodno se pročišćava fizikalnim, fizikalno-kemijskim i biološkim procesima, ili njihovom kombinacijom, a vrši se do granice kada koncentracija zagađenja postaje neopasna za život i zdravlje ljudi te ne uzrokuje nepoželjne promjene u okolišu. Potreba za prethodnim pročišćavanjem industrijskih otpadnih voda posljedica je njihovog posebnog sastava, kao i neujednačene dinamike ispuštanja. Pročišćavanje industrijskih otpadnih voda je trenutno apsolutno neophodno zbog već narušenog sustava u okolišu i opasnosti za život ljudi. Izlazna otpadna voda iz industrijskih pogona može imati veliki utjecaj na kvalitetu podzemnih voda i vodenih tokova. Iz tog razloga povećava se broj institucija i industrijskih kompanija koje odgovorno vode računa o ovom problemu i izrađuju specijalizirana postrojenja za obradu otpadne vode koja su namijenjena za temeljito pročišćavanje industrijskih otpadnih voda ili sprječavanje kontaminaciju otpadnim vodama [16].

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

Tehnologija za obradu industrijskih otpadnih voda nastalih u automobilskoj industriji se može koristiti za izdvajanje boja, ljepila, emulzija iz industrijskih otpadnih voda koje nastaju u proizvodnim procesima.

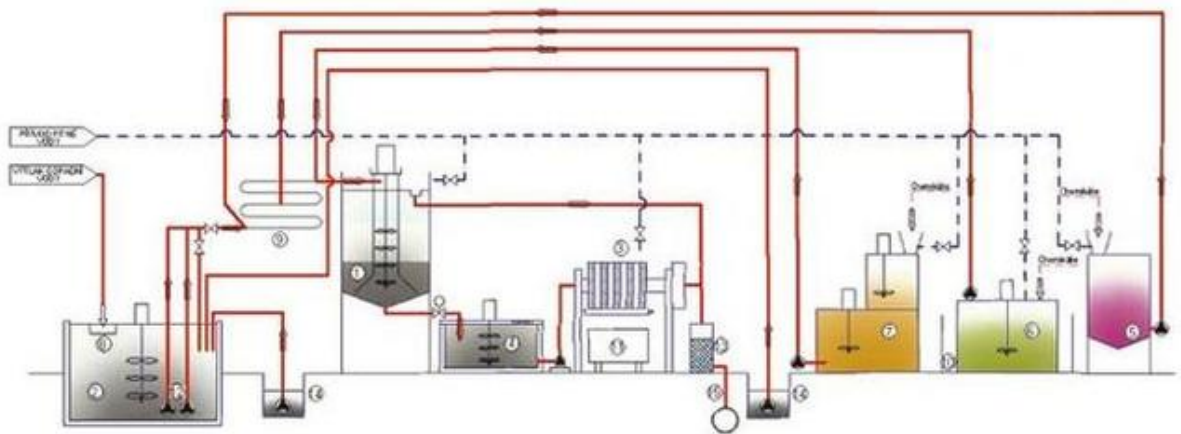
Tretman industrijskih otpadnih voda bazira se na kemijskoj stabilizaciji, precipitaciji, taloženju te naknadnoj filtraciji i dehidraciji na filter preši.

Princip rada postrojenja za obradu otpadne vode u automobilskoj industriji tvrtke ASIO-ASLI radi na principu da se sva otpadna voda iz proizvodnog pogona homogenizira u akumulacijskom spremniku u kojem se miješanje vrši sporohodnom mješalicom. Homogenizacijom se postiže izjednačavanje kvalitete vode. Homogenizirana otpadna voda se prepumpava kroz cijevni mikser u sedimentacijski reaktor. U cijevnom mikseru se doziraju sredstva za koagulaciju, flokulaciju kao i alkalna sredstva za korekciju pH vrijednosti. Na ovaj način se postiže potrebna pH vrijednost otpadne vode za daljnje odvijanje procesa pročišćavanja, a samim time i pH vrijednost za ispuštanje vode u kanalizacijsku mrežu. Onečišćenja iz otpadne



vode se izdvajaju procesom taloženja koje je potpomognuto dodatkom sredstva za koagulaciju[16].

Na još bolji učinak filtracije i uklanjanja vode iz mulja pomoću filter prese utiče doziranje sredstva za flokulaciju. Otpadna voda tretirana na ovaj način omogućuje daljnju obradu otpadne vode u biološkom reaktoru[16].



Slika 2. Tehnološka shema filter prese[16].

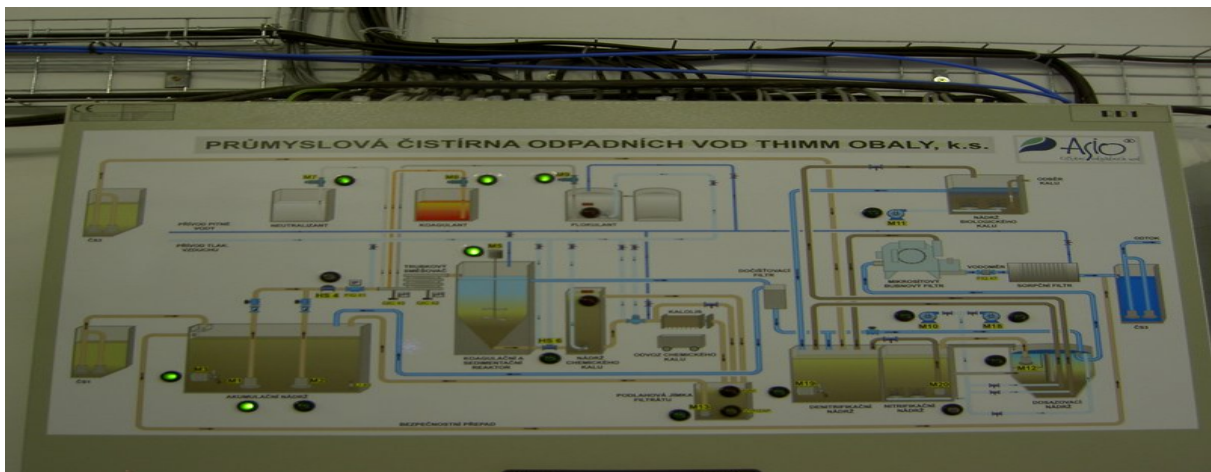
### 3.2. Otpadne vode u drvnoj industriji

Tehnologija za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda u mogućnosti je izdvojiti boje kao i škrobna ljepljiva iz industrijskih otpadnih voda drvne industrije. Tehnologija izdvajanja se koristi za mješovite otpadne vode (otpadne vode koje sadrže boje i ljepljiva) kao i za otpadne vode zagađene samo jednim onečišćenjem (boje ili ljepljiva). Tretman industrijskih otpadnih voda bazira se na kemijskoj stabilizaciji, precipitaciji, taloženju te naknadnoj filtraciji i dehidraciji na filter preši. Otpadna voda koja dolazi kontinuirano iz proizvodnog pogona se homogenizira u akumulacijskom spremniku u kojem se mješanje vrši sporohodnom miješalicom. Homogenizacijom se postiže izjednačavanje kvalitete vode. Homogenizirana otpadna voda se prepumpava kroz cijevni mikser u sedimentacijski reaktor. U cijevnom mikseru se doziraju sredstva za koagulaciju, flotaciju kao i alkalna sredstva za korekciju pH vrijednosti. Na ovaj način se postiže potrebna pH vrijednost otpadne vode za daljnje odvijanje procesa pročišćavanja, a samim time i pH vrijednost za ispuštanje vode u kanalizacionu

mrežu. Onečišćenja iz otpadne vode se izdvajaju procesom taloženja koje je potpomognuto dodatkom sredstva za koagulaciju[16].

### 3.3. Otpadne vode u industriji papira

Tehnologija za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda u mogućnosti je izdvojiti boje kao i škrobna ljepljiva iz industrijskih otpadnih voda pogona za proizvodnju papira. Tehnologija izdvajanja se koristi za mješovite otpadne vode (otpadne vode koje sadrže boje i ljepljiva) kao i za otpadne vode zagađene samo jednim onečišćenjem (boje ili ljepljiva). Otpadna voda koja dolazi kontinuirano iz proizvodnog pogona se homogenizira u akumulacijskom spremniku u kojem se miješanje vrši sporohodnom mješalicom. Homogenizacijom se postiže izjednačavanje kvalitete vode. Homogenizirana otpadna voda se prepumpava kroz cijevni mikser u sedimentacijski reaktor. U cijevnom mikseru se doziraju sredstva za koagulaciju, flotaciju kao i alkalna sredstva za korekciju pH vrijednosti. Na ovaj način se postiže potrebna pH vrijednost otpadne vode za daljnje odvijanje procesa pročišćavanja, a samim time i pH vrijednost za ispuštanje vode u kanalizacijsku mrežu. Onečišćenja iz otpadne vode se izdvajaju procesom taloženja koje je potpomognuto dodatkom sredstva za koagulaciju. Na još bolji učinak filtracije i uklanjanja vode iz mulja pomoću filter prese utiče doziranje sredstva za flokulaciju. Otpadna voda tretirana na ovaj način omogućuje daljnju obradu otpadne vode u biološkom reaktoru[16].



Slika 3. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u industriji papira[16].



Slika 4. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u industriji papira[16].

### **3.4. Otpadne vode iz prehrambene industrije**

Tehnologija (flotacijska jedinica) označena pod nazivom AS-FLOT se može koristiti za tretman otpadnih voda iz prehrambene industrije. AS-FLOT tehnologija se koristi za tretman otpadnih voda klaonica i industrija za preradu mesa, mljekara, sirana, pivovara, pogona za preradu biljnih ulja i životinjskih masnoća. Navedena tehnologija se može koristiti u Mesnoj industriji, Pivovari, Klaonici stoke, Preradi ribe, Mljekari, Proizvodnji čipsa i sl. Princip rada AS-FLOT tehnologije temelji se na separacijskim procesima, koji se koriste za izdvajanje dispergiranih čestica (suspendirane tvari, ulja i masnoće) iz otpadne vode. Tijekom procesa flotacije dolazi do interakcije između čestica onečišćenja i finih mjehurića zraka pri čemu nastaje flotacijska pjena koja je lakša od vode te isplivava na površinu. Pjena se sa površine uklanja pomoću zgrtača u prihvatni spremnik. Otpadna voda sadrži specifične čestice organskog porijekla, čije se prisustvo očituje kroz povišene koncentracije KPK, BPK5, suspendirane tvari te ulja i masti. Također jedna od karakteristika otpadne vode iz prehrambene industrije je česta promjena temperature, pogotovo otpadne vode iz mesne industrije. Ovisno o zahtjevanim izlaznim parametrima u mogućnosti smo ponuditi projektiranje, dostavu i montažu opreme ne samo za mehanički pred-tretman već i za biološko

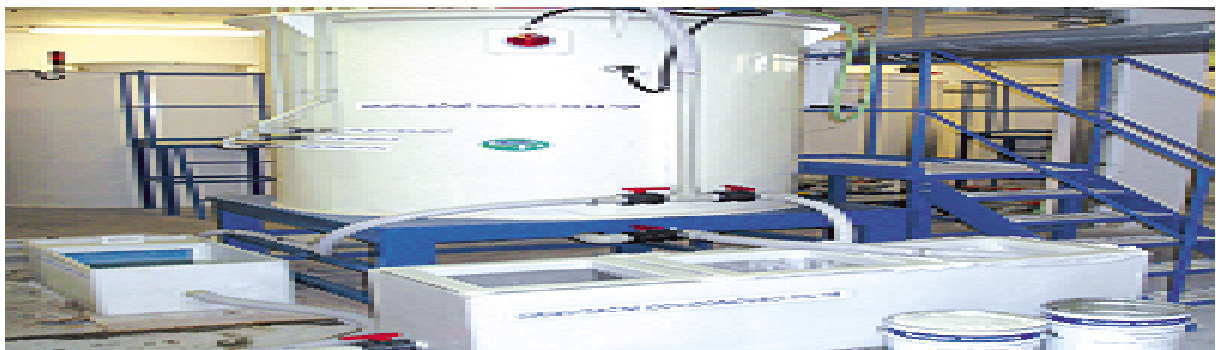
pročišćavanje otpadne vode. Biološki tretman otpadne vode je potrebno primjeniti u slučajevima kada se pročišćena voda ispušta u prirodni recipijent. Sanitarno fekalna voda se ne podvrgava tretmanu na flotacijskoj jedinici već se nakon odgovarajućeg mehaničkog pred-tretmana direktno odvodi u UPOV[16].



Slika 5. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji[16].

### **3.5. Otpadne vode iz građevinske industrije**

Tehnologija za obradu industrijskih otpadnih voda koje nastaju u graditeljstvu je u mogućnosti izdvojiti boje, pigmente, vezivna ljepila, mehaničke nečistoće (pijesak) kao i disperzije (veziva topiva u vodi). Tretman industrijskih otpadnih voda bazira se na kemijskoj stabilizaciji, precipitaciji, taloženju te naknadnoj filtraciji i dehidraciji na filter presi[16].



Slika 6. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u građevinskoj industriji[16].

### **3.6. Otpadne vode iz metalno - prerađivačke industrije**



Tehnologija za obradu industrijskih otpadnih voda metalo prerađivačke industrije omogućuje izdvajanje emulzija, boja, pigmenata, pasti za lemljenje i odmašćivanje iz onečišćenih voda nastalih u proizvodnim procesima. Tretman industrijskih otpadnih voda bazira se na kemijskoj stabilizaciji, precipitaciji, taloženju te naknadnoj filtraciji i dehidraciji na filter presi. Otpadna voda koja dolazi kontinuirano iz proizvodnog pogona se homogenizira u akumulacijskom spremniku u kojem se miješanje vrši sporohodnom miješalicom. Homogenizacijom se postiže izjednačavanje kvalitete vode. Homogenizirana otpadna voda se prepumpava kroz cijevni mikser u sedimentacijski reaktor. U cijevnom mikseru se doziraju sredstva za koagulaciju, flokulaciju kao i alkalna sredstva za korekciju pH vrijednosti. Na ovaj način se postiže potrebna pH vrijednost otpadne vode za daljnje odvijanje procesa pročišćavanja, a samim time i pH vrijednost za ispuštanje vode u kanalizacijsku mrežu. Onečišćenja iz otpadne vode se izdvajaju procesom taloženja koje je potpomognuto dodatkom sredstva za koagulaciju[16]. Na još bolji učinak filtracije i uklanjanja vode iz mulja pomoću filter prese utiče doziranje sredstva za flokulaciju. Otpadna voda tretirana na ovaj način omogućuje daljnju obradu otpadne vode u biološkom reaktoru[16].



Slika 7. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prerađivačkoj industriji[16].

### 3.7. Otpadne vode u tekstilnoj industriji

Tekstilna industrija nalazi se na prvom mjestu u svijetu prema količini otpadnih voda. Tekstilno oplemenjivanje troši najveće količine vode i smatra se da su jedan od najvećih zagađivača. Smanjenje potrošnje vode u oplemenjivanju tekstila nastoji se postići u prvom redu konstrukcijskim rješenjima aparata za oplemenjivanje, tj. smanjenjem omjera kupelji i regeneracijom otpadne vode. Zbog zadovoljenja ekonomskih i ekoloških zahtjeva, razvoj strojeva za oplemenjivanje tekstila je usmjeren na primjenu automatizacije, odnosno realizaciju računalno vođenih procesa[5].

Onečišćenje vode u tekstilnoj industriji prvenstveno je uzrokovano nečistoćama koje se kod oplemenjivanja tekstila izdvajaju iz tekstila i kemijskim sredstvima koja se upotrebljavaju u tehnološkim procesima nakon oplemenjivanja i ispiranja. Karakterizacija otpadnih voda provodi se kemijskom analizom. Na temelju te analize može se zaključiti da li je voda pogodna za životnu i tehničku upotrebu te je moguće odrediti optimalan postupak pročišćavanja[5].

Do najznačajnijih onečišćenja vode dolazi u fazama procesa oplemenjivanja pamuka i to kod: pranja, iskuhavanja, bijeljenja, mercerizacije, bojanja, tiskanja i ispiranja. Kemijska i biokemijska potrošnja kisika, KPK i BPK5 u mg O<sub>2</sub>/l raste s ispuštima većih količina organskih i anorganskih tvari. Analize otpadne vode u Pamučnoj industriji Duga Resa u novije vrijeme, od 2000 godine, provodi CEMTRA d.o.o, za kontrolu i ekološku zaštitu. Rezultati analize sadrže podatke o izgledu otpadne vode, obojenju, mirisu i vidljivoj otopljenoj tvari. Otpadnoj vodi određuje se Ph, ukupna tvar sušena, ukupna tvar žarena, suspendirana tvar sušena, suspendirana tvar žarena, otopljena tvar sušena, otopljena tvar žarena, dinamika taloženja, , KPK, BPK5, sulfidi, ulja, masti, mineralna ulja[5]. Teški metali kao izvor onečišćenja dolaze u otpadne vode u procesu bojanja i vrlo su toksični[5].

Tablica br.1. Onečišćenje vode u procesima oplemenjivanja[5].

| Proces oplemenjivanja | KPK (mg O <sub>2</sub> /l) | BPK (mg O <sub>2</sub> /l) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>P A M U K</b>      |                            |                            |
| Pranje                | 3000-6000                  | 4000-6000                  |
| Iskuhavanje           | 8000-14000                 | 7000-12000                 |
| Bijeljenje            | 800-1200                   | 80-150                     |
| Optičko bijeljenje    | 7-50                       | 10-70                      |
| Mercelizacija         | 400-1600                   | 300-1400                   |
| Bojadsanje            | ≈ 1200                     | ≈ 1000                     |
| Tisak                 | 100-300                    | 100-300                    |
| ISPIRANJE             | 1000-2000                  | ≈ 2000                     |
| <b>V U N A</b>        |                            |                            |
| Pranje sirove vune    | ≈ 22000                    | ≈ 42000                    |
| Valjkanje             | 4000-24000                 | 6000-43000                 |
| Karbonizacija         | 200-500                    | 200-700                    |
| Bojanje               | 200-4000                   | 500-5000                   |

### 3.8. Napredni oksidacijski procesi pročišćavanja otpadnih voda

Istraživanja u području tehnologija obrade vode u svijetu sve se više orijentiraju na ekonomičnost procesa i na njihovu ekološku prihvatljivost. Utrošena energija i nusprodukti postaju glavni elementi za ocjenjivanje prihvatljivosti tehnologije obrade vode. Te zahtjeve zadovoljavaju napredni oksidacijski procesi (Advanced Oxidation Processes, AOPs) kojima se uspješno mogu razgraditi različita organska zagađivala u vodenom mediju. [18]

Napredni oksidacijski procesi predstavljaju alternativu tradicionalnim biološkim, fizikalnim i kemijskim metodama obrade otpadnih voda. Napredni oksidacijski procesi su takvi procesi koji ne proizvode sekundarni otpad što je i njihova velika prednost pred klasičnim postupcima obrade. Definiiraju se kao procesi u kojima pod utjecajem energije, bilo kemijske, električne ili energije zračenja, dolazi do stvaranja vrlo

reaktivnih hidroksilnih radikala i to u količini dovoljnoj za razgradnju većinu organskih spojeva prisutnih u otpadnoj vodi u uvjetima atmosferskog tlaka i temperature. Oksidacija se odvija posredstvom hidroksilnih radikala - kad u nekoj reakciji oksidacije nastanu reaktivni slobodni radikali, slijede naknadne oksidacijske reakcije između nastalih radikala i drugih reaktanata (organskih i anorganskih) sve dok se ne formiraju termodinamički stabilni oksidacijski produkti. Kao neselektivni oksidans sa svojim oksidacijskim potencijalom gotovo potpuno pretvara organsku tvar u vodu i CO<sub>2</sub>. Neki od naprednih oksidacijskih procese su :Ozonacija, Perokson postupak, Fenton i Fentonu slični procesi. [18]

### **3.9. Fenton proces**

Vinil-klorid (VC) važna je industrijska kemikalija koja se upotrebljava u proizvodnji poli(vinil-klorida) (PVC). Kao rezultat velike potrebe za PVC-om svjetska proizvodnja VC-a u stalnom je porastu. Pri tome je važan element i briga za za titu okoliša. Svrha ovog rada je istra iti obradu otpadne vode iz procesa oksikloriranja etena (OXY toka) u proizvodnji vinil-klorida petrokemijske industrije DINA-e iz Omišlja. Ustanovljena je djelotvornost i optimalni parametri procesa koagulacije, flokulacije i napredne Fentonove oksidacije za obradu OXY toka. Ustanovljen je kemijski sastav i izmjerene su vrijednosti pokazatelja kvalitete vode prije i nakon obrade naprednom oksidacijom. Koagulacijom i flokulacijom postignuta je niska djelotvornost uklanjanja organskog sadržaja. Maksimalno je uklonjeno 24 % TOC-a (ukupnoga organskog ugljika) koagulacijom s polialuminij-kloridom, dok je s oba poliakrilatna flokulanta, anionskim i kationskim, uklonjeno samo 2 – 13 %. Nasuprot tomu, nakon obrade Fentonovim procesom izmjerene su zadovoljavajuće vrijednosti pokazatelja kvalitete vode. Postignuto je uklanjanje TOC-a od 97 %, a koncentracije prisutnih spojeva, osim NaCl, znatno su snižene. [18]

## **4. ZAKONSKI PROPISI O ISPUŠTANJU OTPADNIH VODA**



U pogledu provedbe zaštite voda u Hrvatskoj, temeljni dokumenti su Zakon o vodama NN 107/95[6] i NN 150/05[7], Strategija upravljanja vodama NN 91/08[8], Državni plan za zaštitu voda NN 8/99[9] i Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08[10], 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[9] 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[11]. 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[12]. 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[10]. 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 1 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[12].

Tablica 2. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama[12].

| Pokazatelji i tvari | za ispuštanje u površinske vode | u za ispuštanje u sustav javne odvodnje |
|---------------------|---------------------------------|---|
|---------------------|---------------------------------|---|

|                               |                   |           |
|-------------------------------|-------------------|-----------|
| pH-vrijednost                 | 6,5 -9,0          | 6,5 – 9,5 |
| BPK5 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       |

#### 4.1. Zakonski stupnjevi pročišćavanja

»Prethodno pročišćavanje« je obrada otpadnih voda u skladu sa zahtjevima za ispuštanje tehnoloških otpadnih voda u sustav javne odvodnje[6].

»Prvi stupanj (I) pročišćavanja« je obrada komunalnih otpadnih voda fizikalnim i/ili kemijskim postupkom koji obuhvaća taloženje suspendiranih tvari ili druge postupke u kojima se BPK5 ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20% prije ispuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50%[6].

»Drugi stupanj (II) pročišćavanja« je obrada komunalnih otpadnih voda postupkom koji općenito obuhvaća biološku obradu sa sekundarnim taloženjem kojim se uklanja 70 – 90% BPK5 ulaznih otpadnih voda i 75% KPK ulaznih otpadnih voda[6].

»Treći stupanj (III) pročišćavanja« je obrada komunalnih otpadnih voda postupkom kojim se uz drugi stupanj pročišćavanja još dodatno uklanja fosfor za 80% i/ili dušik za 70 – 80%[6].

#### 4.2. Biokemijska potrošnja kisika (BPK)

Ukupna biokemijska potrošnja kisika (BPKukup) je količina kisika potrebna za potpunu razgradnju organske tvari. Radi kvantificiranja opterećenja otpadnih voda organskom tvari za praktične je potrebe uveden pokazatelj petodnevnog biokemijske potrošnje kisika (BPK5). BPK5 se određuje tako da se relativno mala količina

otpadne vode razrijedi u znatno većoj količini destilirane vode bogate otopljenim kisikom. Ta se smjesa stavi u bocu u kojoj nema zraka i drži u njoj 5 dana na temperaturi 20 [°C].

Nakon toga se odredi koliko je otopljenog kisika potrošeno te se ta količina izrazi u miligramima kisika na litru otpadne vode. BPK ovisi o većem broju faktora: vrsti i broju mikroorganizama koji se nalaze u vodi, vrsti otpadne tvari i biokemijske razgradnje, ponudi hranjivih tvari za mikroorganizme, koncentraciji kisika, trajanju ispitivanja, vremenu potrebnom za razvoj mikroorganizama na otpadnim organskim tvarima, temperaturi i osvjetljenju, opterećenosti bioloških procesa zbog prisutnosti spojeva koji djeluju otrovno i inhibicijski. Dvije najvažnije veličine su vrijeme ispitivanja (inkubacija) i temperatura, koja uobičajeno iznosi 20°C. Najčešće se određuje BPK5 (vrijeme inkubacije 5 dana) i BPK20 (vrijeme inkubacije 20 dana) [8].

### **4.3. Kemijska potrošnja kisika (KPK)**

Kemijska potrošnja kisika je pokazatelj ukupnog organskog opterećenja u uzorku otpadne vode. Kemijska potrošnja kisika (KPK) je veličina koja označava količinu organskih otpadnih tvari u otpadnoj vodi koje se mogu oksidirati u vrućoj smjesi kromne i sulfatne kiseline. Ako se želi dobiti podatak o mogućnosti oksidacije onečištila sadržanih u nekoj otpadnoj vodi nakon mehaničkog čišćenja, tada se određuje KPK istaloženog uzorka. Uzorak se ispituje bez predobrade ako se želi dobiti podatak o ukupnoj onečišćenosti organskim tvarima. Takva ispitivanja su naročito korisna kada se želi odrediti koliko će takve otpadne vode onečistiti prihvatnu vodu (prijamnik) [8].

## **5. TIPSKI UREĐAJI ZA BIOLOŠKO PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA**

### **5.1. Biotip**

Biotip je tipski uređaj za potpuno biološko pročišćavanje otpadnih voda iz manjih naselja, hotela, odmarališta, vojarni, kampova, škola, prehrambene industrije i sl.

Stupanj pročišćavanja je više od 95% razgradnje organske tvari, a po zahtjevu se može izvesti i postupak sa dodatnim uklanjanjem dušika i fosfora. Rad uređaja je potpuno automatiziran s minimalnim troškovima pogona i održavanja.

Uređaj se izvodi kao ukopani kružni bazen prekriven nagaznom rešetkom, smješten na smjeru kanalizacije kada nema potrebe izvođenja crpne stanice. Na uređaju nema pokretnih dijelova (puhalo i elektro ormarić su smješteni u posebnoj prostoriji) radi čega je trajnost neograničena, a svi materijali su otporni na agresivne medije.

Biotip je tipski uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda koji se koristi za biološko pročišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda manjih naselja i pojedinačnih objekata za opterećenje do 3500 ekvivalentnih stanovnika. Uređaj BIOTIP® čini aeracijski bazen okruglog oblika u kojemu se nalazi sekundarni taložnik sa preljevnim križem, zračna "mamut" crpka, aeratori i razvodni cjevovod zraka. Bazen je pokriven nagaznom rešetkom koja se oslanja na nosive profile. Za pogon kompletnog uređaja koristi se komprimirani zrak koji se dobavlja uz pomoć niskotlačnih kompresora koji su smješteni u posebnoj prostoriji gdje se nalazi i elektrokomandni ormarić. Svježa otpadna voda ulazi u aeracijski bazen gravitacijom ili uz pomoć crpki iz crnog bazena. U otpadnu vodu se intenzivno upuhuje komprimirani zrak kroz membranske aeratore koji stvaraju fine mjehuriće. Svježa otpadna voda se miješa sa finim mjehurićima zraka, a kisik iz zraka se otapa u vodi. Iz sekundarnog taložnika se mamut crpkom povremeno u aeracijski bazen prebacuje i "aktivni" mulj kojega čine flokule mikroorganizama (bakterije, alge, protozoe). Mikroorganizmi za svoj život trebaju hranu i kisik. Hranu uzimaju iz otpadne vode (organske tvari) i na taj način je pročišćavaju, a kisik dobivaju iz zraka koji se upuhuje u vodu. Mješavina otpadne vode, mjehurića zraka i mikroorganizama prelazi u sekundarni taložnik gdje se aktivni mulj odvaja od izbistrene vode koja odlazi u preliv. Aktivni mulj se ponovo vraća u aeracijski bazen i time se proces kontinuirano obnavlja. Izbistrena i biološki pročišćena voda odlazi u recipijent. Nakon određenog vremena dio mikroorganizama ugiba i stvara se biomasa čija koncentracija u otpadnoj vodi se povećava. Međutim, proces je tako dimenzioniran da se ta biomasa dodatno oksidira i mineralizira (extended aeration) i proces se vodi do faze endogene respiracije. Time se smanjuje volumen viška mulja i potreba izvlačenja viška mulja se produžuje na duže vrijeme. U praksi, izvlačenje viška mulja se vrši jedanput u 6 mjeseci do 2 godine. Izlazna voda ima manje od 25 mg (BPK5)/l što čini stupanj

pročišćavanja veći od 95% razgradnje organske tvari. To se postiže dimenzioniranjem aeracijskog bazena na opterećenje volumena manje od 0,2 kg (BPK5)/m<sup>3</sup>,d, zadržavanjem vode u sekundarnom taložniku većem od 4 sata i unošenjem kisika od najmanje 3,0kg O<sub>2</sub>/kg (BPK5). Izlazna voda zadovoljava uvjete za ispuštanje u prirodni prijemnik II kategorije.

Tablica br. 3: Primjeri rezultata izlazne vode iz pojedinih uređaja BIOTIP[17].

|               | BIOTIP®<br>1000 ES<br>OTOČEC | BIOTIP®<br>800 ES<br>KOBILJE | BIOTIP®<br>250 ES<br>GRABOVAC | BIOTIP®<br>1300 ES<br>KAMP<br>BECHTEL | BIOTIP®<br>150 ES<br>DOM<br>MIRKOVEC | BIOTIP®<br>2.500<br>MAČVA.MITR. | BIOTIP®<br>150 ES<br>OMCO |
|---------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| BPK5<br>ULAZ  | 350 mg/l                     | 740 mg/l                     | 1400 mg/l                     | nepoznat                              | 920 mg/l                             | 703 mg/l                        | 290 mg/l                  |
| BPK5<br>IZLAZ | 6 mg/l                       | 8 mg/l                       | 4 mg/l                        | 5 mg/l                                | 7 mg/l                               | 15,4 mg/l                       | 3 mg/l                    |
| KPK<br>ULAZ   | 990 mg/l                     | 1070 mg/l                    | 2251 mg/l                     | nepoznat                              | 168 mg/l                             | 832 mg/l                        | 560 mg/l                  |
| KPK<br>IZLAZ  | 31 mg/l                      | 30 mg/l                      | 24 mg/l                       | 46 mg/l                               | 6,7 mg/l                             | 20 mg/l                         | 14 mg/l                   |
| %<br>UČINAK   | 98%                          | 98%                          | 99%                           | -                                     | 99%                                  | 98%                             | 99%                       |

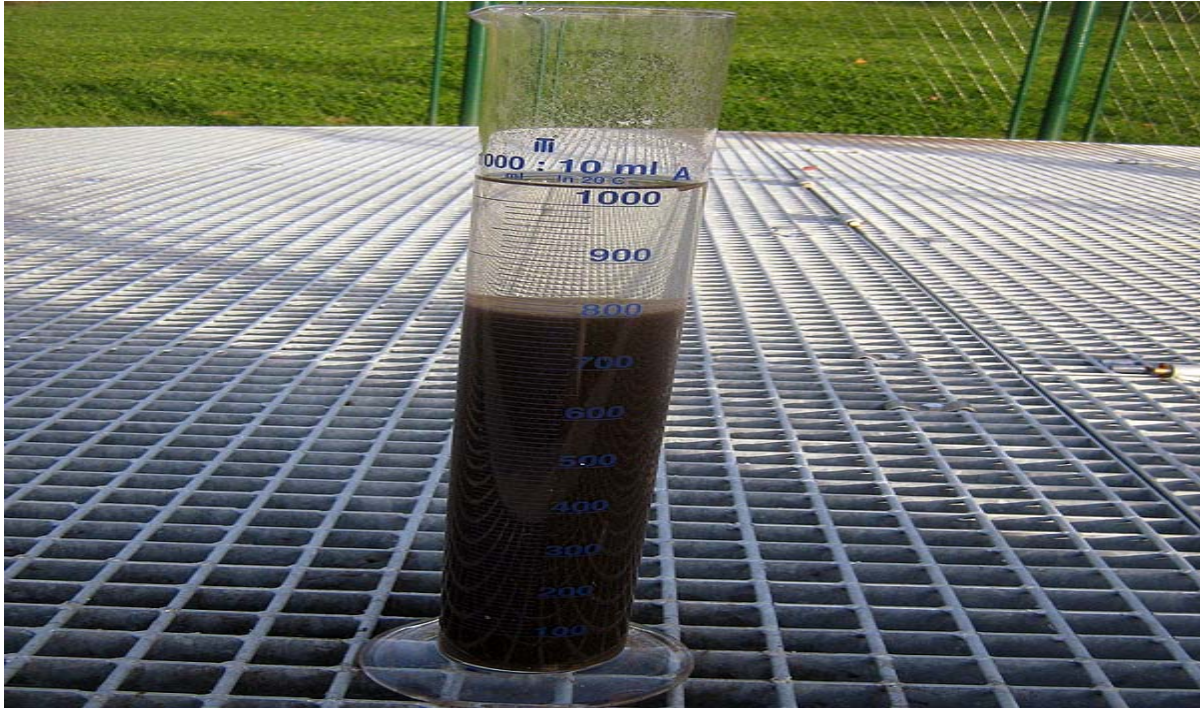


Slika 8. Biotip 200 ES - restoran Sabljaci – Ogulin, u radu od 1978[17].

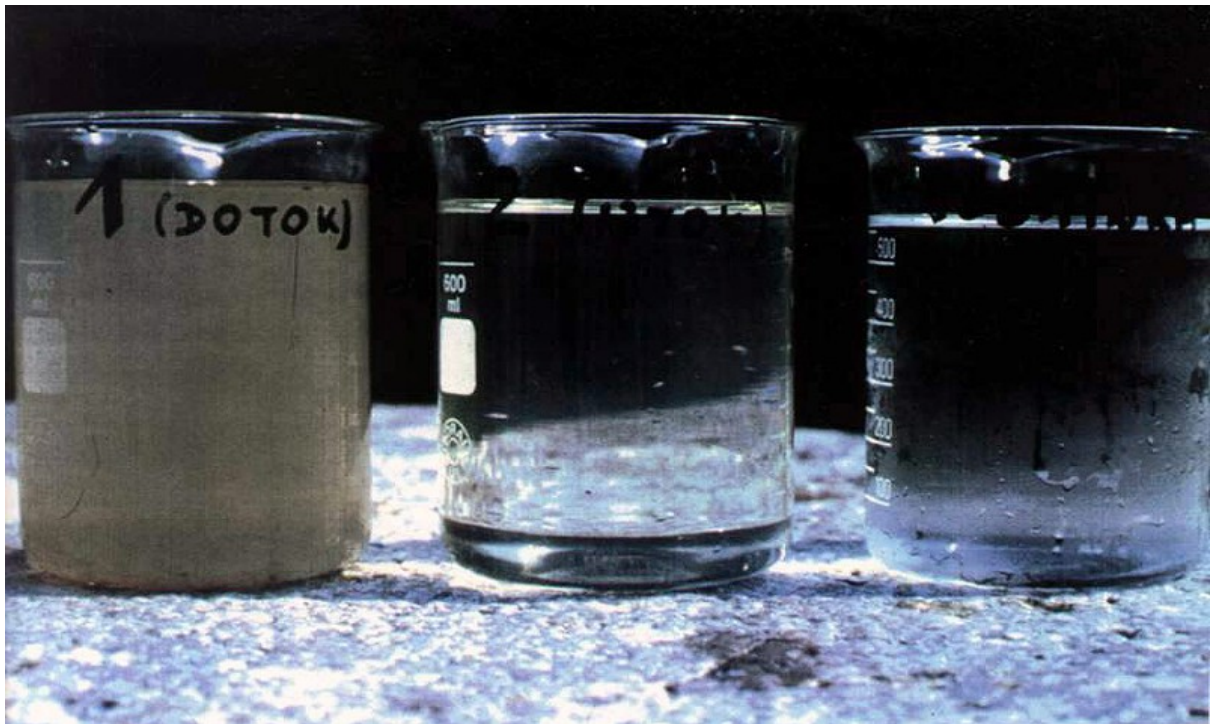


Slika 9. Voda iz aeracijskog bazena[18].





Slika 10. Nakon 20 minuta taloženja, voda na samom vrhu je pročišćena[18].



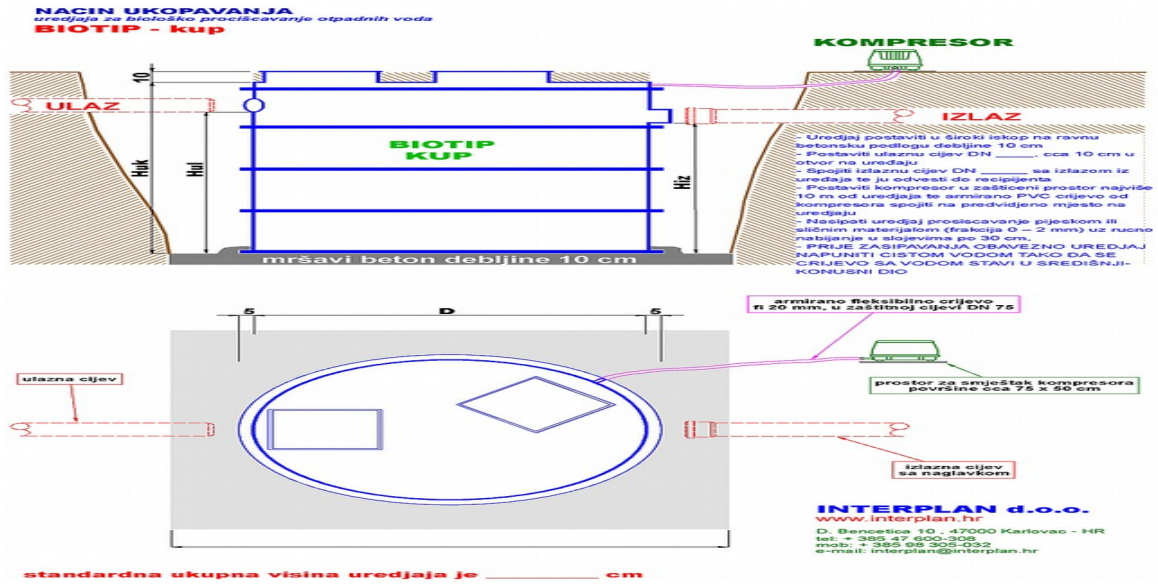
Slika 11. Voda na ulazu i izlazu iz uređaja[18].

## 5.2. Biotip kup

Kapacitet uređaja je od 4 do 30 ES (ekvivalentnih stanovnika). Namjenjen je za obiteljske kuće, apartmane, benzinske crpke, pansione, granične prijelaze. Koristi se bez primarnog taložnika i evakuacije primarnog mulja.

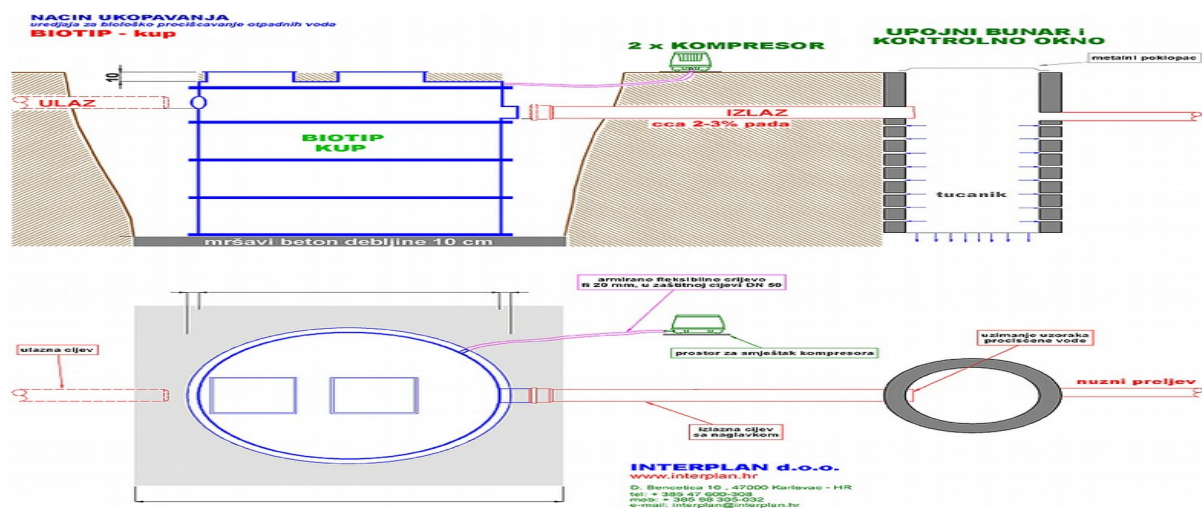
Kućni uređaj za pročišćavanje (KUP) svojom veličinom, konstrukcijom i tehnologijom spada u tzv. "predizvedene mehaničko-biološki vođene kućne uređaje". Ovo su plastični uređaji sa aeracijskim sistemom tipa "lagani balon", sa načinom rada sa biomasom malog opterećenja, denitrifikacijom (uklanjanje dušika), aeracijom i aerobnom stabilizacijom viška mulja. Uređaj je izveden kao plastični vodonepropusni bazen podijeljen na dijelove prema zasebnim mehaničko-biološkim cjelinama u kojima se odvijaju faze pročišćavanja otpadnih voda. U bazenu se nalaze ulazna košara, sustav aeracije koji se sastoji od razvoda zraka, aeratora i zračne pumpe. Svi metalni dijelovi su površinski zaštićeni ili izrađeni od nehrđajućeg čelika. Bazen je izrađen od ekstrudiranih ploča od polipropilena koje su međusobno spojene zavarivanjem. Bazen je cilindričnog oblika, a sa vanjske strane se nalaze prstenovi za ojačanje. Konstrukcija bazena napravljena je tako da on može podnijeti okolni pritisak tla bez dodatnih konstrukcijskih ili statičkih mjera. Ulazna košara je lako uklonjiva perforirana košara koja se nalazi na ulazu u uređaj. Hidraulički i zračni sustav su strojno izrađeni sustavi uređaja. Hidraulični sustav je izrađen od polipropilenskih cijevi i nalazi se na okviru bazena. Ovaj sustav omogućuje automatsku cirkulaciju vode i mulja. Zračni sustav se sastoji od puhalo, razvoda zraka i aeratora. Puhalo je smješteno izvan samog uređaja, obično na suhom mjestu u objektu (garaža, kotlovnica, podrum i sl.). Puhalo radi bez podmazivanja uljem, sa malom potrošnjom el. energije i minimalnim nivoom buke. Puhalo je jedini električno pogonjeni uređaj na uređaju za pročišćavanje. Za njegov pogon potrebna je utičnica 230V/50 Hz zaštićena od prskanja vodom [18].





Slika 12. Biotip KUP 25 ES skica[18].

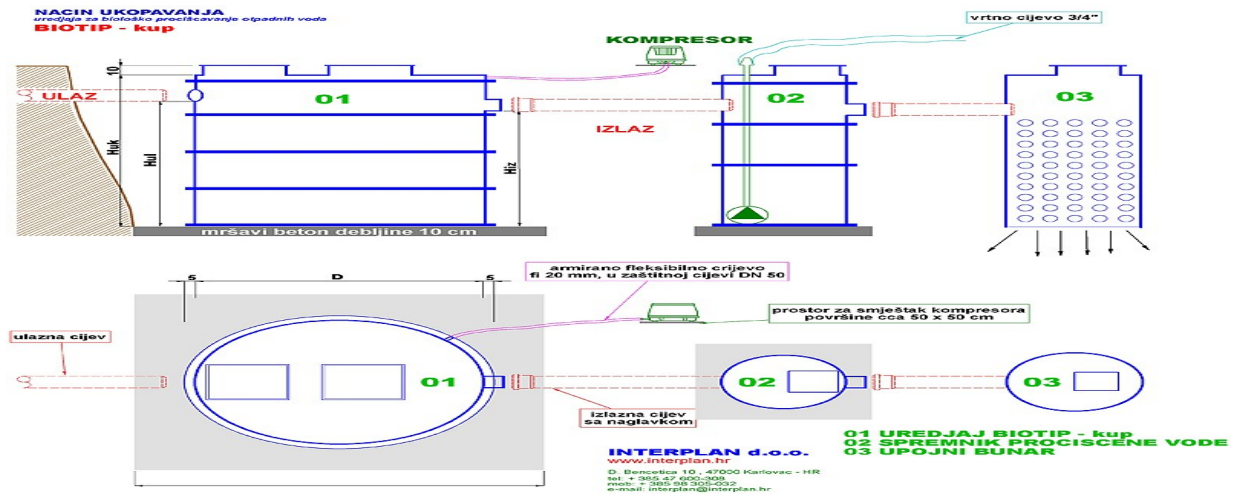
Otpadna voda se preko kanalizacijskog sustava dovodi do ulazne košare koja se nalazi u uređaju. Ovdje se usitnjuju krupne čestice. Nakon toga otpadna voda prolazi ispod pregradne stijene u dio za aeraciju. Ovdje se nalaze aeratori a aerirana voda odlazi u završni taložnik. U taložniku se pročišćena voda odvaja od bioaktivnog mulja. Pročišćena voda preko izlazne cijevi odlazi iz uređaja, a aktivni mulj se pomoću mamut pumpe vraća u aeraciju[18].



Slika 13. Shema Biotip kup upojni bunar[17]

### 5.3. Montaža uređaja

Za postavljanje uređaja potrebno je imati prethodno iskopanu jamu odgovarajućih dimenzija ovisno o veličini uređaja. Osim toga potrebno je predvidjeti mjesto za postavljanje puhala najviše 10 mod uređaja. Za testiranje i početni rad uređaja potrebno je osigurati dovoljnu količinu čiste vode za prvo punjenje uređaja[18].

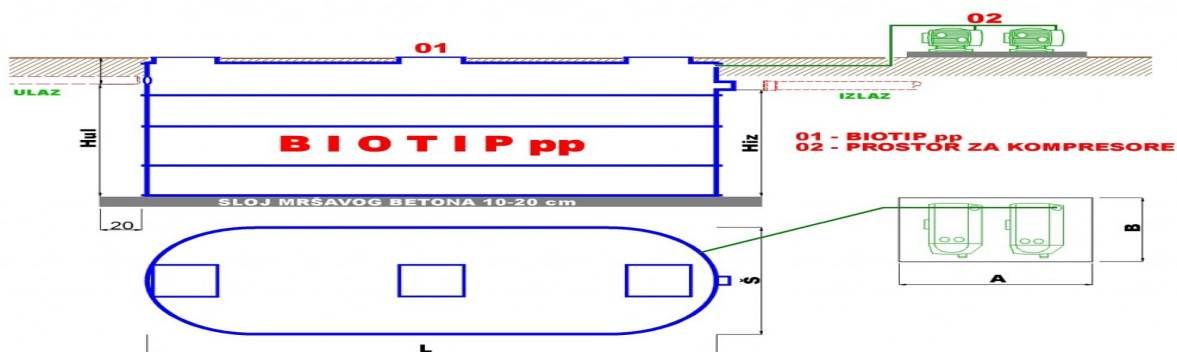


Slika 14. Biotip kup pročišćena voda[18].

#### 5.4. Biotip pp

Kapacitet uređaja je od 30 do 200 ES (ekvivalentnih stanovnika). Namjenjen je za kampove, apartmane, hotele, restorane, stambene zgrade, benzinske crpke, naselja, granične prijelaze. Koristi se bez primarnog taložnika i pražnjenja primarnog mulja.

Biotip pp je uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda za objekte od 35 do 200 priključenih (stambeni objekti, hoteli, pansioni, kampovi). Stupanj pročišćavanja je iznad 95% i pročišćena voda se može ispuštati u okolinu ovisno o vodopravnim uvjetima (upojni bunar, vodotok, obalni ispušt). Na lokaciju se dovozi kompletan uređaj izrađen iz polipropilena. Uređaj se postavlja u građevinski iskop na betonsku podlogu. Iznad uređaja se može izvesti betonska ploča ili se uređaj zasipa zemljom. Uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda Biotip pp izveden je iz ekstrudiranih polipropilenski ploča koje su međusobno varene. Postoji mogućnost izrade uređaja sa duplom stjenkom između kojih se nalazi armaturno željezo[18].



Slika 15. Skica uređaja Biotip pp[17].

### 5.5. Biotip max

Kapacitet uređaja je od 3.000 do 50.000 ES ekvivalentnih stanovnika, namjenjen je za općine, naselja, gradove, industriju. Biotip max je suvremeni konvencionalni uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda. Proces pročišćavanja je s povratom ili bez povrata aktivnog mulja. Aeracija ja izvedena "aeracijskim granama" koji osiguravaju dobro promješavanje svih dijelova bioaeracijskih bazena. Osnovni objekti na uređaju Biotip max su: prostor za smještaj postrojenja za fino mehaničko pročišćavanje otpadne vode, bazeni za dodatnu denitrifikaciju, bioaeracijski bazeni, sekundarne taložnice, skladište – ugušćivač mulja, prostor za smještaj strojne dehidracije mulja, kanal za postavljanje mjerne opreme[17].

### 5.6. Opis tehnologije uređaja Biotip max

Svježa otpadna voda ulazi u kompaktno postrojenje za mehaničko pročišćavanje vode gdje se uklanjaju krute tvari, pijesak i mast koji se odlažu u komunalne kontejnere. Mehanički pročišćena voda dolazi u bazene za dodatnu denitrifikaciju gdje se voda intenzivno miješa u anoksičnim uvjetima nakon čega prelazi u aeracijski bazen u kojem je smješten aeracijski sistem. U otpadnu vodu se intenzivno upuhuje komprimirani zrak kroz membranske aeratore koji stvaraju fine mjehuriće zraka. Svježa otpadna voda se miješa sa finim mjehurićima zraka, a kisik iz zraka se otapa u vodi. Mješavina otpadne vode, mjehurića zraka i mikroorganizama prelazi u sekundarni taložnik gdje se aktivni mulj odvaja od izbistrene vode koja odlazi u

preljev. Iz sekundarnog taložnika se pomoću pumpi u aeracijski bazen prebacuje i istaloženi "aktivni" mulj kojega čine flokule mikroorganizama (bakterije, alge, protozoe). Mikroorganizmi za svoj život trebaju hranu i kisik. Hranu uzimaju iz otpadne vode (organske tvari) i na taj način je pročišćavaju, a kisik dobivaju iz zraka koji se upuhuje u vodu. Aktivni mulj se ponovo vraća u aeracijski bazen i time se proces kontinuirano obnavlja. Izbistrena i biološki pročišćena voda odlazi u kontrolno mjerno okno i dalje u recipijent. Nakon određenog vremena dio mikroorganizama ugiba i stvara se inertna biomasa čija koncentracija u otpadnoj vodi se povećava. Međutim, proces je tako dimenzioniran da se ta biomasa dodatno oksidira i mineralizira (extended aeration) i proces se vodi do faze endogene respiracije. Time se smanjuje volumen viška mulja i potreba izvlačenja i dehidriranja viška mulja se produžuje na duže vrijeme. Izlazna voda ima manje od 25mg (BPK5)/l što čini stupanj pročišćavanja veći od 95% razgradnje organske tvari. To se postiže dimenzioniranjem aeracijskog bazena na opterećenje volumena manje od 0,25 kg (BPK5)/m<sup>3</sup>,d, zadržavanjem vode u sekundarnom taložniku većem od 4 sata i unošenjem kisika od najmanje 2,5 kg O<sub>2</sub>/kg (BPK5) [17].



Slika 16. Izlazna voda iz uređaja Biotip max[17].

## 5.7. Biotip ind

Kapacitet uređaja je za male i velike količine industrijske otpadne vode. Namjenjen je za predtretman i biološko pročišćavanje industrijskih i komunalnih otpadnih voda[17]. Uređaj za predtretman ili kombinacija sa biološkim pročišćavanjem otpadnih voda Biotip ind koristi se za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Predtretman se koristi kada su zahtjevi da se pročišćena voda može ispuštati u sustav javne odvodnje, a biološko pročišćavanje zajedno sa predtretmanom je potrebno kada je zahtjev da se pročišćena voda može ispuštati u recipijent II kategorije.

Industrijske otpadne vode nastaju industrijskim pogonima nakon upotrebe vode u procesu proizvodnje, kao i prilikom pranja strojeva, spremnika, uređaja i dr. Ove vode mogu biti i uvjetno čiste, kada se upuštaju direktno u recipijent ili atmosfersku kanalizaciju. Kod kemijske i metaloprerađivačke industrije prevladavaju zagađenja mineralnog porijekla. Kod tekstilne, prehrambene, kožarske, industrije papira i sl. zagađenja su pretežno organskog porijekla. Kod zajedničkog pročišćavanja sanitarnih i industrijskih voda postiže se mješavina koja se dobro biološki pročišćava, ukoliko nisu prisutne toksične tvari, kao npr. teški metali, cijanidi, razni otrovi,. Količina i kvaliteta otpadnih voda industrije zavisni su od tehnološkog procesa proizvodnje i mijenjaju se tijekom dana, što je manje izraženo kod sanitarnih voda[17].

### **5.8. Biolaguna**

Kapacitet uređaja je od 2.000 do 100.000 ES (ekvivalentnih stanovnika). Namjenjen je za naselja, općine, gradove, prehrambenu industriju.

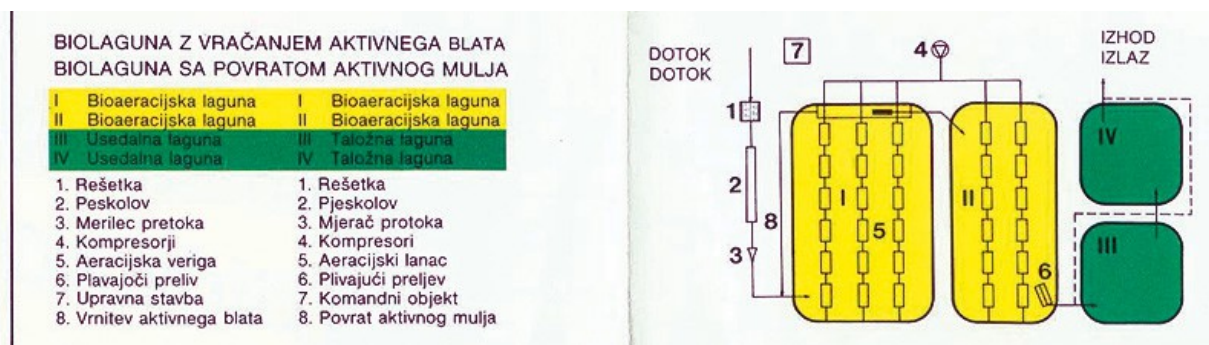
Biolaguna je najsuvremeniji način pročišćavanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda, pogotovo voda s promjenjivim dotocima i koncentracijama. Imaju prednost u svim parametrima po kojima se ocjenjuje efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda : niska cijena izgradnje, najviši stupanj pročišćavanja i najniži pogonski troškovi.

Koriste se za otpadne vode s pretežnim udjelom organskog opterećenja (npr. za gradove s jakom prehrambenom industrijom – mljekare, pivovare, klaonice ) i to za kapacitete 2.000 – 100.000 ES. Proces pročišćavanja u lagunama je nisko opterećen biološki proces s povratom ili bez povrata aktivnog mulja. Aeracija ja izvedena "aeracijskim lancima" koji osiguravaju dobro promješavanje svih dijelova aeracijske lagune. U taložnim lagunama se taloži mineralizirani mulj koji se izvlači tek svakih 5 – 10 godina. Biologune se odlično mogu prilagoditi posebnim zahtjevima za uklanjanje dušičnih ili fosfornih spojeva.

Prednosti su sljedeće:

Biologune prihvaćaju promjenjiva biokemijska i hidraulička opterećenja sa velikim rasponom oscilacija. Stupanj pročišćavanja u Biologuni je vrlo visok (do 98%) jer je proces najbližiji prirodnoj autopurifikaciji vodotoka. Cijena izgradnje i opremanja Biologune je do 30% niža od konvencionalnog uređaja. Održavanje Biologune je znatno jeftinije jer praktički nema potrebe obrade viška mulja. Biologune su kombinacija prirodnog postupka pročišćavanja otpadnih voda u vodotoku pri kojemu se unošenje kisika vrši preko površine vode iz okolnog zraka i konvencionalnog postupka unošenja kisika uz pomoć komprimiranog zraka. Načelno postoje Biologune sa povratom aktivnog mulja (slične konvencionalnom uređaju uz znatno niža specifična opterećenja) i Biologune bez povrata aktivnog mulja (potrebna veća površina). U praksi se često izvodi kao i faza rada Biologuna bez povrata aktivnog mulja, a povećanje opterećenja se prati dogradnjom povrata aktivnog mulja[17]. Biologuna u principu sadržava pogonski objekt sa kompaktnim postrojenjem za fino mehaničko pročišćavanje vode sa aeriranim pjeskolovom i mastolovom, kompresorima i upravljačkim ormarom. Prvu aeracijsku lagunu sa aeracijskim sustavom i povratom ili bez povrata aktivnog mulja. Drugu aeracijsku lagunu za dovršetak procesa razgradnje organske tvari. Prvu i drugu taložnu laguna za taloženje viška mulja i prelijevanje čiste vode u recipijent. Nakon dostizanja visine sloja istaloženog mulja u taložnim lagunama većeg od 0,5 mjedna od taložnih laguna se isključuje iz protoka, odvišna voda se ispumpava, a preostali mulj se prepušta prirodnom sušenju. To se obavlja ljeti, a u jesen se sa građevinskim strojem izvlači višak mulja iz taložne lagune. Za to vrijeme u funkciji je druga taložna laguna. Izvlačenje viška mulja se može očekivati u razdoblju od 10 godina[17].



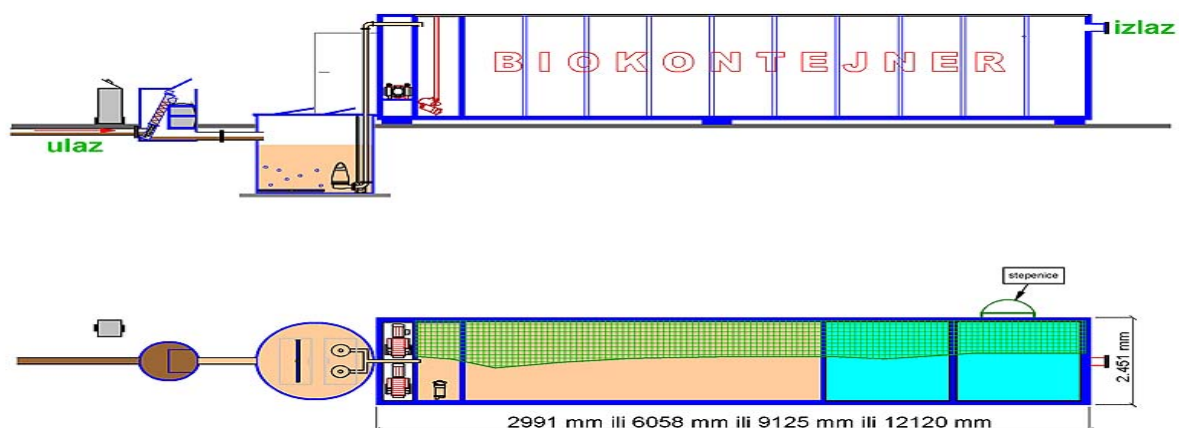


Slika 17. Princip rada Biolagune sa vraćanjem aktivnog mulja[17].

Svježa otpadna voda ulazi u crpnu komoru (ako je potrebna) od kuda se potopljenim pumpama prebacuje na mehanički tretman. Mehaničko pročišćavanje se vrši na kompaktnom postrojenju za finomehaničko pročišćavanje otpadne vode. Mehanički pročišćena voda odlazi u I aeracijsku lagunu gdje se intenzivno aerira i miješa sa povratnim aktivnim muljem. Mješavina otpadne vode, zraka i aktivnog mulja prelazi preko taložne komore gdje se aktivni mulj istaloži i vraća na ulaz, dok otpadna voda prolazi u II aeracijsku lagunu gdje se dovršava proces pročišćavanja. Nakon toga slijede taložne lagune u kojima se taloži višak mulja, a izbistrena voda odlazi u recipijent[17].

## 5.9. Biokontejner

Kapacitet uređaja je od 5 do 1.000 ES (ekvivalentnih stanovnika). Namjenjen je za objekte i naselja koji se namjeravaju seliti, npr. radnička naselja. Uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda za opterećenje do 1000 ekvivalentnih stanovnika izveden u standardnom kontejneru duljine 2 do 12 m. Za veće kapacitete moguća je ugradnja dva ili više kontejnera. U Biokontejneru se postiže visoki stupanj pročišćavanja uz minimalne troškove. Rad uređaja je automatski bez potrebe stalnog nadzora. Biokontejner se dovozi kompletno opremljen na mjesto montaže, postavlja na jednostavne temelje i priključuje na kanalizaciju i elektro energiju. Pogodan za gradilišta i privremene objekte. Moguća ukopana ili poluukopana izvedba[17].



Slika 18. Shema Biokontejnera[17].

### 5.9.1. Opis rada Biokontejnera

Biološki blok Biokontejnera je izveden iz dvije komore: aeracijskog bazena i sekundarnog taložnika. U aeracijskom bazenu se nalazi oprema za aeraciju otpadne vode i to razvodni cjevovod sa ručnim slavinama, vertikalne cijevi za razvod zraka do aeratora i gumeno-membranski aeratori. Aeracijski bazen je povezan sa sekundarnim taložnikom spojnim cijevima, čime aeracijski bazen i taložnik čine spojene posude. Ulaskom otpadne vode u aeracijski bazen otpadna voda se intenzivno aerira i miješa sa aktivnim muljem koji mamut pumpe vraćaju iz taložnika. U toj fazi rada prisutni mikroorganizmi iz otpadne vode koriste organsku tvar iz otpadne vode kao svoju hranu (i na taj način je pročišćavaju) dok kisik potreban za život uzimaju iz zraka koji se upuhuje u vodu. Mješavina otpadne vode i aktivnog mulja (mikroorganizama) putem spojenih posuda prelazi kroz spojnu cijev u taložnik gdje se dovršava proces pročišćavanja, aktivni mulj se taloži u konusni dio taložnika, a izbistrena voda se izdiže prema gore i preko nazubljenog preljeva odlazi u izlaznu cijev. Istaloženi aktivni mulj se pomoću mamut pumpe pogonjene zrakom vraća u aeracijski bazen u određenim vremenskim razdobljima izbistrena voda preko nazubljenog preljeva odlazi u izlaznu cijev[17].



## 6. ZAKLJUČCI

Na cijeloj zemlji danas ima 1,5 milijardi kubnih kilometara vode .Od toga je 97,3 % slano. Ostalo je svježja voda, a od nje je 77% pod ledom na polovima i planinskim glečerima. Podzemna voda predstavlja 22,4%, a površinska 0,36% slatke vode. Tako za korištenje ostaje samo 1%, a od toga je pola zagađeno. Svakog dana u svijetu umre oko 25 000 ljudi zbog nedostatka vode za piće ili bolesti izazvanim konzumiranjem zagađene vode. Higijenski ispravnu vodu ima samo 22% cijelog čovječanstva.

Broj stanovnika na našoj planeti ubrzano se povećava kao i potreba za vodom, a njena količina se ne mijenja. Do 2025. godine dvije trećine čovječanstva osjetit će ozbiljan nedostatak vode.

Problem pročišćavanja otpadnih voda mora se što prije riješiti, jer je podzemna voda koja je osnovni izvor života, zagađenja do alarmantnih granica.

Voda kao resurs je obnovljiva, ali se mora spriječiti daljnje nekontrolirano zagađivanje kako bi se sačuvale postojeće rezerve pitke vode i stvorili uvjeti za obnavljanje i popunjavanje istih.

Na sve ove izazove moramo odgovoriti striktnim provođenjem Zakona o vodama i drugih Pravilnika koji govore o reguliranju tog gorućeg problema. Međutim nije lako kontrolirati sve zagađivače, pogotovo industrijske koje čovjek sam stvara svojim nemarom i željom da ostvari što veći profit. Zbog svega navedenog moramo više nego ikad prije raditi na edukaciji ljudi i podizanju svijesti čovjeka za očuvanjem svih prirodnih resursa i životne sredine.

## 7. LITERATURA

1. Tušar B., Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, CROATIA KNJIGA, Zagreb, 2004. , str. 13-27, 38-40, 41-47
2. <https://greentech.bg/archives/39514>, pristupljeno 14.12.2016.
3. Europska agencija za okoliš ( 1998. ), "Urban wastewater projects-a layperson's guide ", Vodoprivredno-projektni biro, d.d. Zagreb ( 1998. ), Vodoprivredno-projektni biro d.d. Zagreb, 1999, str.12
4. Tušar B.,Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o.,Zagreb,2009.Str.51-69,73-121
5. Zlatko Jurac, Veleučilište u Karlovcu - Otpadne vode 2009. str. 165-167.
6. Zakon o vodama NN 56/13
7. Zakon o vodama NN 150/05
8. <http://www.hrleksikon.info/definicija>, pristupljeno 13.12.2016.
9. Zlatko Jurac,Veleučilište u Karlovcu - Otpadne vode 2009. str.248-277
10. Pravilnik o graničnim vrijednostima opasnih tvari u otpadnim vodama NN 94/08
11. Zlatko Jurac,Veleučilište u Karlovcu - Otpadne vode 2009. str.231-239
12. Vouk D., Pročišćavanje otpadnih voda - Pravne okosnice i zakonodavni okviri, [www.webgradnja.hr](http://www.webgradnja.hr), pristupljeno 11.12.2016.
13. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN153/09
14. [www.ss-medicinska-ri.skole.hr](http://www.ss-medicinska-ri.skole.hr), pristupljeno 11.12.2016.
15. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Preddiplomski studij – Ekoinženjerstvo, Interna skripta, Ak.god. 2014./2015.
16. <http://www.asio.cz/hr/>, teh. dok. tvrtke Asio d.o.o. pristupljeno 13.12.2016.
17. <http://www.interplan.hr/biotip/>
18. Munka S., Pročišćavanje otpadnih voda – [www.pbf.unizg.hr](http://www.pbf.unizg.hr), prist. 12.12.2016

## **8. PRILOZI**

### **8.1. POPIS SIMBOLA (KORIŠTENIH KRATICA)**

BPK5 - biokemijska potrošnja kisika kroz vrijeme inkubacije 5 dana

BPK20 - biokemijska potrošnja kisika kroz vrijeme inkubacije 20 dana

KPK - kemijska potrošnja kisika

ES - ekvivalent stanovnika

AOPS - Napredni oksidacijski procesi (eng. Advanced Oxidation Processes)

### **8.2. POPIS SLIKA**

Stranica

|   |    |
|---|----|
| SI 1. Prikaz neadekvatnih objekata za odvodnju otpadnih voda.....                 | 4  |
| SI 2. Tehnološka shema filter prese.....  | 8  |
| SI 3. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u industriji papira .....        | 9  |
| SI 4. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u industriji papira.....         | 10 |
| SI 5. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji .....  | 11 |
| SI 6. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u građevinskoj industriji.....   | 11 |
| SI 7. Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prerađivačkoj industriji ..... | 12 |
| SI 8. Biotip 200 ES - restoran Sabljaci – Ogulin, u radu od 1978.....             | 21 |
| SI 9. Voda iz aeracijskog bazena.....   | 21 |
| SI 10. Nakon 20 minuta taloženja, voda je pročišćena.....                         | 22 |
| SI 11. Voda na ulazu i izlazu iz uređaja .....                                    | 22 |
| SI 12. Biotip KUP 25 ES skica .....   | 24 |
| SI 13. Shema Biotip kup upojni bunar .....  | 24 |
| SI 14. Biotip kup pročišćena voda .....   | 25 |
| SI 15. Skica uređaja Biotip pp .....  | 26 |
| SI. 16. Izlazna voda iz uređaja Biotip max .....                                  | 27 |
| SI. 17. Princip rada Biologune sa vraćanjem aktivnog mulja .....                  | 30 |
| SI. 18. Shema Biokontejnera .....   | 31 |

### 8.3. POPIS TABLICA

Stranica

Tablica 1. Onečišćenje vode u procesima oplemenjivanja ..... 14

Tablica 2. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari  
u tehnološkim otpadnim vodama ..... 17

Tablica.3. Primjeri rezultata izlazne vode iz pojedinih uređaja BIOTIP ..... 20