

# POSTROJENJE ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA AGLOMERACIJE JASTREBARSKO

---

**Domladovac, Mihael**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:128:756168>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Preddiplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Mihael Domladovac

**POSTROJENJE ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA  
AGLOMERACIJE JASTREBARSKO**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Preddiplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Mihael Domladovac

**POSTROJENJE ZA PROČIŠĆAVANJE  
OTPADNIH VODA AGLOMERACIJE  
JASTREBARSKO**

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:

Lidija Jakšić, mag. ing.cheming, pred.

Karlovac, 2021.



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

**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 / specijalistički studij: Sigurnosti i zaštite**

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2021.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Mihael Domladovac

Matični broj: 0415615075

Naslov: Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko

Opis zadatka: Tema završnog rada je Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko. Teorijski je objašnjena podjela voda, što su otpadne vode i koji su izvori onečišćenja te koji su procesi i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda prema opremi i stupnjevima. Istraživački dio rada odnosi se na prikaz tehnološkog postupka pročišćavanja uređaja otpadnih voda (UPOV) aglomeracije Jastrebarsko.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Lipanj 2021.

Rujan 2021.

6. rujna 2021.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Lidija Jakšić, mag. ing.cheming, pred.

dr.sc. Snježana Kirin, v. pred.

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem obitelji i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

Zahvaljujem svim profesorima i predavačima koji su mi prenijeli potrebna znanja i vještine te ostalim zaposlenicima Veleučilišta u Karlovcu koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom studiranja.

Zahvaljujem mentorici dr.sc. Lidiji Jakšić na stručnim savjetima koje mi je davala pri pisanju završnog rada te razumijevanju.

Zahvaljujem se tvrtki Vode Jastrebarsko na materijalima i ostalim potrebnim informacijama koji su mi bili od velikog značaja za pisanje istraživačkog dijela završnog rada.

Zahvaljujem se svima koji su mi na bilo koji način doprinijeli pisanju moga rada i pružali mi podršku.

## **SAŽETAK**

### **POSTROJENJE ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA AGLOMERACIJE JASTREBARSKO**

Kroz rad je objašnjena podjela voda na površinske, oborinske i podzemne. Objasnjava se pojam otpadnih voda te njihova podjela na sanitarne/kućanske otpadne vode, industrijske vode, oborinske vode te procjedne otpadne vode. Upoznaje se s izvorima onečišćenja te koji su procesi i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda prema opremi i stupnjevima. Istraživački dio rada odnosi se na prikaz tehnološkog postupka pročišćavanja uređaja otpadnih voda (UPOV) aglomeracije Jastrebarsko.

**Ključne riječi:** otpadne vode, izvori onečišćenja, uređaji za pročišćavanje vode, biološko pročišćavanje, stabilizacija mulja, aglomeracija Jastrebarsko.

## **SUMMARY**

### **WASTEWATER TREATMENT PLANT OF AGLOMERATION JASTREBARSKO**

The paper explains the division of water into surface, precipitation and groundwater. The concept of wastewater and their division into sanitary/domestic wastewater, industrial water, rainwater and treated wastewater are explained. Get acquainted with the sources of pollution and what are the processes and plants for wastewater treatment by equipment and stages. The research part of the paper refers to the presentation of the technological process of wastewater treatment (WWTP) of the Jastrebarsko agglomeration.

**Key words:** wastewater, pollution sources, water treatment plants, biological treatment, sludge stabilization, Jastrebarsko agglomeration.

# SADRŽAJ

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....</b>	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR.....</b>	<b>II</b>
<b>SAŽETAK .....</b>	<b>III</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PODJELA VODE.....</b>	<b>2</b>
2.1. Oborinske vode .....	2
2.2. Površinske vode.....	2
2.3. Podzemne vode.....	3
<b>3. IZVORI ONEČIŠĆENJA I OTPADNE VODE .....</b>	<b>4</b>
3.1. Izvori onečišćenja vode .....	4
3.2. Vrste otpadnih voda .....	6
3.3. Sanitarne/kućanske otpadne vode.....	6
3.4. Industrijske otpadne vode.....	7
3.5. Oborinske vode .....	8
3.6. Procjedne vode.....	8
<b>4. PROCESI I POSTROJENJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PREMA OPREMI I STUPNJEVIMA .....</b>	<b>10</b>
4.1. Proces fizikalnog pročišćavanja .....	11
4.2. Proces kemijskog i fizikalno – kemijskog pročišćavanja .....	13
4.3. Proces biološkog pročišćavanja .....	15
<b>5. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA (UPOV) AGLOMERACIJE JASTREBARSKO.....</b>	<b>18</b>
5.1. Opis tehnološkog postupka pročišćavanja otpadnih voda.....	19
5.2. Okno za uzrokovanje.....	20
5.3. Prijem sadržaja septičkih jama .....	20
5.4. Automatska gruba i ručna rešetka.....	21
5.5. Ulazna crpna stanica .....	22
5.6. Mehanički tretman .....	23
5.7. Egalizacija .....	24
5.8. Bazeni sa selektorom .....	25
5.9. Puhala .....	29

5.10.	Mjerač protoka izlazne vode i crpna stanica tehnološke vode.....	30
5.11.	Ugušćivač mulja .....	30
5.12.	Spremnik za stabilizaciju mulja .....	31
5.13.	Dehidracija mulja .....	31
5.14.	Polja za ozemljavanje .....	33
5.15.	Priprema tehnološke vode .....	34
5.16.	Rezervoar za koagulant .....	35
5.17.	Filtar za otpadni zrak .....	36
5.18.	Dizel agregat i 22. Transformatorska stanica .....	37
5.19.	PLC, SCADA, NUS .....	38
5.20.	Upravna zgrada i laboratorij .....	40
6.	ZAKLJUČAK .....	42
7.	LITERATURA.....	43
8.	POPIS PRILOGA.....	45
8.1.	Popis slika.....	45
8.2.	Popis tablica.....	45



## 1. UVOD

Voda je izvor života na zemlji i zauzima većinu našeg planeta, nažalost razvojem gradova i povećanjem broja stanovnika voda je sve ugroženija. Njezina kakvoća se mijenja zbog raznih onečišćenja, a pitka voda se neumjereno troši. Osim onečišćenja vode, njezinim protjecanjem uništava se biljni i životinjski svijet, ako u sebi sadrži otrovne i opasne tvari. Kako bi što manje otpadnih voda došlo u okoliš potrebno ih je pročistiti, tj. prikupiti posebnim sustavima i obraditi ih kako bi se iz njih uklonile nečistoće koje ugrožavaju živi svijet.

Rad je strukturiran kroz šest naslova. Prvi naslov uvodi u temu rada, drugi, treći i četvrti naslov obuhvaća teorijski dio, dok se peti naslov odnosi na istraživački dio te na kraju cjelokupan zaključak rada. Drugi naslov rada prikazuje teorijski dio, podjela vode na oborinske, površinske i podzemne. Treći naslov obuhvaća teorijski dio o otpadnim vodama i njihovim vrstama te izvorima onečišćenja vode. Četvrti naslov opisuje procese i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda prema opremi i stupnjevima. Peti i istraživački naslov opisuje tehnološki postupak pročišćavanja Uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) Aglomeracije Jastrebarsko koji će u skorom vremenu biti u upotrebi. Istraživački dio napisan je na temelju elaborata tehničko-tehnološkog rješenja. Posljednji, šesti naslov je zaključak u kojem je sažet cjelokupan osvrt na rad.

## **2. PODJELA VODE**

Prema nastanku vode imaju osnovnu podjelu: oborinske, površinske i podzemne. Uz navedenu podjelu moguće su i druge podjele. Vode se dijele i prema kakvoći prema kojoj se određuje njezina upotrebljivost. Na osnovu toga dijele se na: vodu za piće, tehnološku vodu, rashladnu vodu te otpadnu vodu. [1]

### **2.1. Oborinske vode**

Oborinske vode su važan sastavni dio hidrološkog ciklusa. Prolaskom kroz atmosferu oborinska voda prikuplja razne sastojke nečistoća (npr. plinovi, krute čestice, aerosoli, mikroorganizmi i sl.). Nečistoće lebde u atmosferi pokrenute vjetrom i zračnim strujama. U urbanim područjima, gdje je razvijena industrija i veliki promet, oborinske vode onečišćuju se ispuštanjem raznih plinova iz tvornica te ispušnih plinova vozila. Na taj način se oborinskim vodama stvara velika količina ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), koji šteti i prirodnim vodama. [1]

### **2.2. Površinske vode**

Površinske vode se dijele u dvije skupine: morska voda (slana) i kontinentalna voda (slatka). Kontinentalna ili slatka voda dijeli se na: tekućice (rijeke i potoke) te na stajačice (jezera, akumulacije, ribnjake i sl.). Površinske vode nastaju od oborinske vode pripadajućega sljevnog područja te iz podzemnih dotoka. [1]

Površinske vode se u najvećem broju slučajeva onečišćuju otpadnim vodama (npr. gradskim i industrijskim). Isto tako veliki broj onečišćenja prouzrokovan je ispiranjem voda s poljodjelskih i prometnih površina te s odlagališta otpada. Na taj način voda se onečišćuje otrovnim tvarima, anorganskim tvarima u obliku suspenzije te dušikom i fosforom gdje je povećana količina hranjivih soli. [1]

### 2.3. Podzemne vode

Podzemne vode nastaju od oborinske i površinske vode, koja ponire s površine tla te koja prodire kroz šupljine između čestica tla ili kroz pukotine stijena. Prema podrijetlu šupljine/pore dijele se na primarne i sekundarne. U podzemne vode se ubrajaju: vadozna voda (vodena para kondenzirana u porama tla) i juvenilna voda (kondenzat u stijenama). Kakvoća podzemnih voda ovisi najviše o kemijskom sastavu geoloških formacija i topljivosti stijena kroz koje prolazi voda. Prema tome se podzemne vode razlikuju prema tvrdoći. Tvrde vode su s područja krša te imaju formaciju vapnenca i dolomita s visokom mineralizacijom, dok su meke vode s područja granita, bazalta i drugih magmatskih stijena. Posebnu skupinu podzemnih voda čine mineralne i termalne vode obogaćene plinovima magmatskog podrijetla iz velikih dubina. [1]

Na krškom području podzemne vode su pukotinske te ne postoji zemljani sloj kroz koji bi se voda pročistila, na prirodan način te je mutna i bakteriološki onečišćena. Iz tog razloga kakvoća pukotinskih podzemnih voda slična je površinskoj vodi. Podzemne vode često se koriste u vodoopskrbi, ali prije korištenja potrebno je proučiti kemijski sastav. Podzemne vode mogu sadržavati: veće količine CO<sub>2</sub>, željeza i mangana, veće količine neotopivih tvari, huminskih kiselina, a moguće su i onečišćenosti gradskim, industrijskim i poljodjelskim otpadnim vodama. [1]

### **3. IZVORI ONEČIŠĆENJA I OTPADNE VODE**

Onečišćenje vode podrazumijeva fizikalnu, kemijsku ili biološku promjenu kakvoće vode koja štetno djeluje na žive organizme i vodu čini neupotrebljivom za piće. Voda se onečišćuje na različite načine pa iz tog razloga ima različit utjecaj na biološko – ekološke značajke vodnog sustava. [1]

Otpadne vode nastaju iz upotrijebljene vode iz naselja i industrija te su joj promijenjena fizikalna, kemijska i biološka svojstva te se ne može koristiti u druge svrhe (npr. u kućanstvo, poljoprivreda, itd.). Otpadna voda sadrži: onečišćenu vodu, kišnicu i tzv. „stranu vodu“. Vode koje su iskorištene za neku namjenu (npr. kućanstvo, poljoprivreda, industrija i sl.) potrebno je prikupiti kao otpadnu vodu te je na odgovarajući način obraditi i odvesti u prijemnike bez štetnih posljedica za okoliš te bez narušavanja prirodnog hidrološkog ciklusa. [2]

Otpadne vode potječu iz kućanstava naselja i gradova (uključujući organski i fekalni otpad), tvornica i industrijskih pogona te poljoprivrednih djelatnosti. Njihovim ispuštanjem, iz kanalizacije (točkasti ispusti) ili izravnim ispiranjem tla (oborinske otpadne vode) u površinske kopnene vode (rijeke, jezera) ili more, može se zagaditi, te smanjiti uporabna vrijednost vodenoga sustava u koji dospijevaju. [3]

#### **3.1. Izvori onečišćenja vode**

Najčešći izvori onečišćenja vode su: industrijske otpadne vode, odlagališta otpada, migracije efluenta prema eksploatacijskom zdencu, primjena agrotehničkih kemijskih sredstava, onečišćeni površinski vodotoci, prerada i uskladištenje nafte, ispuštanje otpadnih voda u podzemlje te odlaganje opasnog industrijskog otpada. [2]

Tvari koje se ispuštaju iz navedenih izvora onečišćenja u prirodne vodotoke pojavljuju se u vodi kao: neotopive i otopive tvari, organske tvari, toplinsko onečišćenje, otrovne tvari, radioaktivne tvari te mikroorganizmi. [1]

Neotopive tvari (npr. suspenzije, taložive i plivajuće tvari i sl.) nisu podložne daljnjoj razgradnji, ali nisu niti otrovne. Utjecaj neotopivih tvari je indirektno negativan jer onemogućuje prodor svjetla, a to smanjuje proizvodnju u ekosustavu i količinu kisika. Isto tako, neotopive tvari ugrožavaju dišni sustav organizama jer se talože na ribljim škrgama, što ima

utjecaj na respiraciju te izaziva uginuće riba. Plivajuće tvari na vodenoj površini stvaraju opnu koja onemogućuje prirodni pristup kisiku iz atmosfere u vodu. [1]

Topive tvari su najčešće anorganske i rijetko su zastupljene u visokim koncentracijama. Određeni broj organizama se priviknuo se na neke anorganske tvari pa one mogu biti zastupljene u većim koncentracijama (npr. soli, željezo, sumpor, karbonati i sl.). Onečišćenje vode podrazumijeva fizikalnu, kemijsku ili biološku promjenu kakvoće vode koja štetno djeluje na žive organizme i vodu čini neupotrebljivom za piće. Voda se onečišćuje na različite načine pa iz tog razloga ima različit utjecaj na biološko – ekološke značajke vodnog sustava. [1]

Najčešći izvori onečišćenja vode su: industrijske otpadne vode, odlagališta otpada, migracije efluenta prema eksploatacijskom zdencu, primjena agrotehničkih kemijskih sredstava, onečišćeni površinski vodotoci, prerada i uskladištenje nafte, ispuštanje otpadnih voda u podzemlje te odlaganje opasnog industrijskog otpada. [2]

Tvari koje se ispuštaju iz navedenih izvora onečišćenja u prirodne vodotoke pojavljuju se u vodi kao: neotopive i otopive tvari, organske tvari, toplinsko onečišćenje, otrovne tvari, radioaktivne tvari te mikroorganizmi. [1]

Neotopive tvari (npr. suspenzije, taložive i plivajuće tvari i sl.) nisu podložne daljnjoj razgradnji, ali nisu niti otrovne. Utjecaj neotopivih tvari je indirektno negativan jer onemogućuje prodor svjetla, a to smanjuje proizvodnju u ekosustavu i količinu kisika. Isto tako, neotopive tvari ugrožavaju dišni sustav organizama jer se talože na ribljim škrkama, što ima utjecaj na respiraciju te izaziva uginuće riba. Plivajuće tvari na vodenoj površini stvaraju opnu koja onemogućuje prirodni pristup kisiku iz atmosfere u vodu. [1]

Organske tvari su najstarije onečišćujuće tvari, a potječu od ljudi, biljaka i životinja. Pod organske tvari se ubrajaju: ugljikohidrati, bjelančevine i masti. Izvori onečišćenja organskim tvarima vidljivi su u gradskoj otpadnoj vodi, industrijskim otpadnim vodama te u vodama iz prirodnog okoliša. Takve tvari najviše utječu na smanjenje količine kisika u vodnom ekosustavu te su one stalni oblik onečišćenja prirodnih voda. [1]

Toplinsko onečišćenje podrazumijeva fizikalno onečišćenje toplinom kao posljedica ispuštanja toplih voda iz industrijskih ili energetske objekata. Najčešće se radi o rashladnim vodama, a

temperatura tople vode utječe na sve značajke ekosustava. Dolazi do ubrzavanja ili usporavanja nekih ekoloških procesa. [1]

Otrovne tvari odnose se na teške kovine (npr. cink, živa, olovo, bakar i sl.) koje u vodu dolaze zbog ispiranja zemljišta i otapanja minerala te iz industrijskih otpadnih voda. Otrovne tvari podrazumijevaju sve tvari koje i u malim količinama predstavljaju opasnost za ljudsko i životinjsko zdravlje.

Radioaktivne tvari u vodu dolaze zbog kemijskih i biokemijskih procesa te se ugrađuju u biomasu hranidbenog lanca. Iz tog proizlaze razne posljedice koje utječu na žive organizme, a odnose se na mutagena i genetska oštećenja organizama. [1]

Mikroorganizmi su organizmi kojima su prirodne vode stanište, ali osim prirodnih mikroorganizama u vodu dolaze i mikroorganizmi u otpadnim vodama te se hrane organskom tvari iz njih. Otpadne vode u svom sastavu sadržavaju mnoge organske i anorganske tvari koje su određenim heterotrofnim mikroorganizmima dobar izvor ugljika i energije. [1]

### **3.2. Vrste otpadnih voda**

Otpadne vode nastaju upotrebom vode iz raznovrsnih vodoopskrbnih sustava za određene namjene, a dijele se na: sanitarne/kućanske, industrijske, oborinske i procjedne otpadne vode. [1]

### **3.3. Sanitarne/kućanske otpadne vode**

Sanitarne/kućanske otpadne vode služe za vodoopskrbu kućanstava, tj. stanovništva kako bi zadovoljili životne funkcije i potrebe. Pri upotrebi vode u kućanstvu, uredima, hotelima i slično dolazi do nastajanja otpadnih voda. Sanitarne otpadne vode sadržavaju organsku tvar, tj. razgradljiv otpad pa je njihova primarna značajka biorazgradivost. Zbog toga je za razgradnju potrebna velika količina kisika. Mikroorganizmi u otpadnoj vodi koriste se biološki razgradivom tvari kao hranom, a prilikom toga troši se kisik. Osim organskih tvari u sastavu otpadne vode nalaze se i tvari koje ometaju biokemijske postupke razgradnje organske tvari. Sastav i koncentracija otpadne tvari u vodi upotrijebljenoj u kućanstvima ovisi o načinu života, klimi, količini vode kojom se raspolaže u vodoopskrbi stanovništva, izgrađenosti vodoopskrbnog sustava, itd. [1]

Sanitarne otpadne vode uglavnom sadrže biorazgradive tvari, suspendirane i veliki broj mikroorganizama, a prema stupnju razgradnje razlikuju se prema tri stupnja:

1. Svježa voda, gdje u otpadnoj vodi biorazgradnja nije još napredovala, tj. koncentracija otopljenog kisika nije bitno manja od koncentracije u vodovodnoj vodi.
2. Odstajala voda, u kojoj je sadržaj kisika jednak nuli jer je potrošen zbog biološke razgradnje.
3. Trula/septička voda, gdje je biorazgradnja napredovala i anaerobna je, tj. nema prisustva kisika. [1]

Sanitarne otpadne vode u svom sastavu sadrže veliki broj mikroorganizama, a najviše bakterija i virusa koji mogu biti i patogeni. Gradske otpadne vode imaju vrlo neugodan miris te su neuglednog izgleda, tj. boje te utječu na ekološke i sanitarne prilike u prijemniku otpadnih voda. [1]

### **3.4. Industrijske otpadne vode**

Industrijske otpadne vode su sporedni proizvod osnovnog industrijskog procesa te vrlo često sadrže kemikalije otrovne za bakterije, što onemogućuje biološku razgradnju. Industrijske otpadne vode razlikuju se po svome sastavu, a to ovisi o industrijskim pogonima iz kojih dolaze. Prema tome se dijele u dvije skupine:

1. Biološki razgradive ili kompatibilne vode miješaju se s gradskim otpadnim vodama, tj. odvođe se zajedničkom kanalizacijom i biološki su razgradive.
2. Biološki nerazgradive i inkompatibilne vode se miješaju s gradskom otpadnom vodom, ali se ne smiju odvoditi zajedničkom kanalizacijom kojom se odvođe i kućanske otpadne vode. Prije toga je potrebno podvrgnuti ih određenom postupku pročišćavanja. Inkompatibilne vode su onečišćene otrovnim i opasnim tvarima. [2]

Prije priključivanja na gradsku kanalsku mrežu inkompatibilne vode je potrebno pročitati iz sljedećih razloga:

- potrebno je kontrolirati otrovne i postojane tvari koje se gomilaju u živom organizmu i sprječavaju biološku razgradnju.
- potrebno je izdvojiti eksplozivne, korozivne i zapaljive tvari kako se ne bi oštetile kanalizacijske cijevi i objekti.

- potrebno je ukloniti kemijske tvari koje onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda. [1]

### **3.5. Oborinske vode**

Oborinske vode nastaju od oborina i smatraju se uvjetno čistom vodom. Do zagađenja oborinske vode uglavnom dolazi do onečišćenja prilikom doticaja s površinom tla, nižim slojevima atmosfere, krovovima zgrada te kuća i sl. Oborinske vode pod utjecajem vjetrova dolaze iz udaljenijih krajeva pa tako nastaju tzv. crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine. Primjer zagađenja oborinskih voda su i kisele kiše. [1]

Oborinske vode s gradskog područja onečišćavaju se zbog velikog prometa, industrije, trajanja kiše određene jakosti i sl. te tako nastala onečišćena oborinska voda otječe u kanalizaciju. Koncentracija onečišćene vode u oborinskoj vodi mijenja se tijekom trajanja oborine, tj. u procesu formiranog otjecanja. [2]

Oborinske vode se smatraju i vode koje nastaju otapanjem snijega i smatraju se vrlo onečišćenom vodom. Najveća zagađenja su prilikom naglog zatopljivanja i završnog otapanja snijega, kada sva nečistoća koja se prikupi tijekom razdoblja niskih temperatura ode u kanalizaciju. [1]

Otpadne vode s poljoprivrednih površina također nastaju ispiranjem tla oborinama, a sadrže veće količine neutrošenih fosfornih i dušičnih gnojiva, nerazgrađenih herbicida i pesticida. [3]

### **3.6. Procjedne vode**

Procjedne vode obuhvaćaju podzemne vode i čiste vode koje su filtrirane tečenjem kroz slojeve tla. Kod rješavanja odvodnje otpadnih voda, najčešće kod objekata na padini brda ili kod dubokih podruma dolazi do procjeđivanja podzemnih voda. Takve vode moraju se prikupiti posebnim kanalizacijskim sustavom (drenažom) te se moraju uključiti u zajednički odvodni sustav. [1]

Uklanjanje fosfora odnosi se na uklanjanje fosfata iz vode. Postoji više procesa uklanjanja fosfata, a ovisi o nastanku anaerobnih uvjeta uz potpunu odsutnost kisika i nitrata otopljenih u



suspenziji aktivnog mulja i otpadne vode. Proces se odvija u anaerobnoj fazi u kojoj se aerobnim procesima razgrađuju akumulirane masti. Polifosfati se sintetiziraju ponovno, ali u većoj mjeri. Uklanjanjem viška mulja uklanjaju se i fosfati s biomasom. [1]

Kombinirano uklanjanje dušika i fosfora mogu se kombinirati na različite načine, a sve kombinacije uključuju anaerobne, anoksične i aerobne zone. Kod procesa u mehaničko-biološkom ciklusu pročišćavanja potrebno je stvoriti uvjete za naizmjenično uspostavljanje anaerobne, anoksične i aerobne zone. [1]

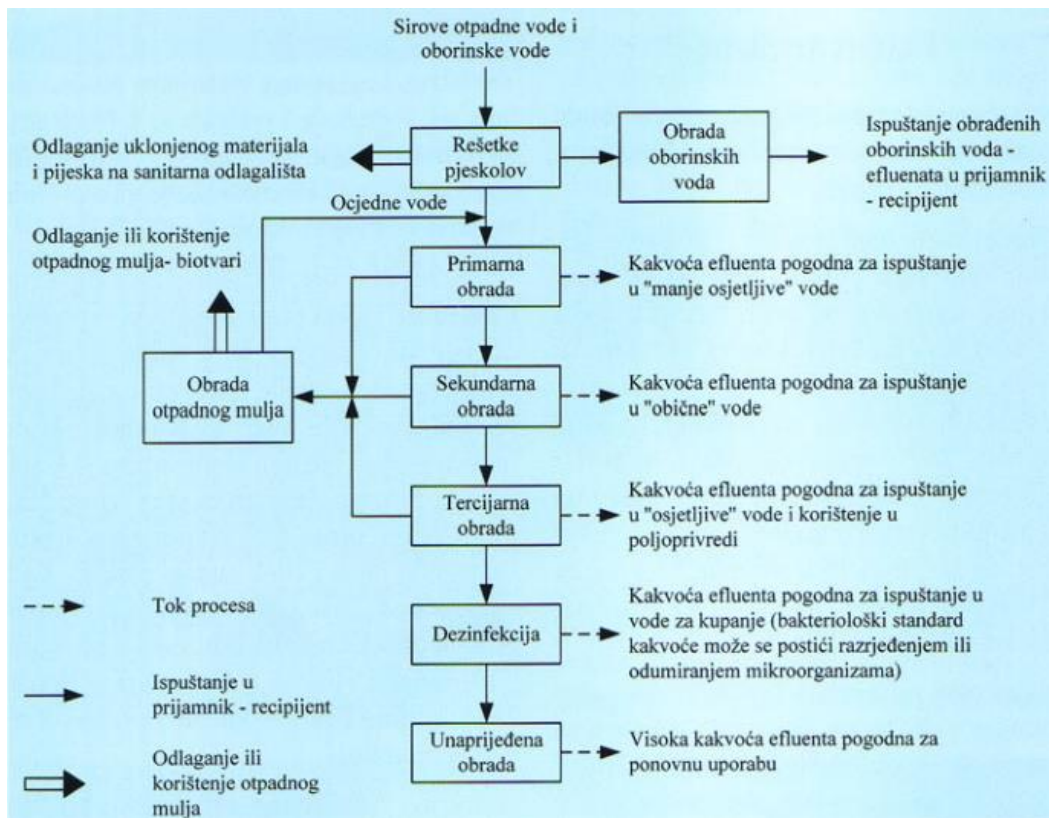
#### **4. PROCESI I POSTROJENJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PREMA OPREMI I STUPNJEVIMA**

Rastom broja stanovništva i ubrzanim razvojem naselja dolazi i do porasta potrošnje vode, a to rezultira stvaranjem veće količine otpadnih voda. Sve to dovodi do ugrožavanja čovjeka i sredine u kojoj živi pa se na taj način mijenja i kvaliteta življenja. Kako bi se spriječila prevelika potrošnja vode i zaštiti okoliš počele su se primjenjivati tehnike iskorištavanja otpadnih voda kao resurs za pročišćavanje i njihovo ponovno korištenje.

Opasnost od zagađivanja sprječava se tehnološkim postupcima pročišćavanja otpadnih voda načinom prilagođenim njihovu sastavu. Prvi sustav pročišćavanja odvaja raspršene krute čestice otpada iz otpadne vode taloženjem. Drugi sustav izlaže otpadne vode prozračivanju, čime se oksidiraju otopljene tvari, ili se na njih djeluje kemikalijama (npr. neutralizacija kiselina ili lužina, kloriranje, obradba solima željeza). Treći je sustav biološko pročišćavanje, kojim se uz pomoć odabranih bakterija razgrađuju organske tvari iz otpadnih voda. Prodiranje nepročišćenih otpadnih voda u podzemlje onečišćuje podzemne vode, koje su osnovna zaliha pitke vode naselja i gradova. Ispuštanje otpadnih voda uređeno je nizom sanitarnih i sigurnosnih propisa i zakonskih normi, i podložno stalnom nadzoru ovlaštenih državnih organa. [3]

Uređaji koji služe za pročišćavanje otpadnih voda imaju posebne parametre koji se odnose na kapacitet pročišćavanja otpadnih voda, a mjere se prema ekvivalentu stanovnika (ES). Veći ekvivalent stanovnika označava i veći kapacitet pročišćavanja. [4]

Procesi u pročišćavanju vode dijele se na: fizikalne, biološke, kemijske i fizikalno-kemijske procese. Prikaz rada procesa uređaja za pročišćavanje pročišćavanja vode vidljiv je na slici 1.



Slika 1. Prikaz rada procesa uređaja za pročišćavanje pročišćavanja vode [5]

#### 4.1. Proces fizikalnog pročišćavanja

Fizikalni procesi pročišćavanja obuhvaćaju sljedeće faze: rešetanje, ujednačavanje ili egalizacija, miješanje, taloženje ili sedimentacija, isplivavanje ili flotacija, cijedenje ili filtriranje te adsorpcija.

Rešetanje je prva obvezna faza pročišćavanja i najjednostavniji proces odvajanja plutajućih tvari (npr. lišće, plastika, itd.) iz vode kako bi se zaštitile crpke i ostali dijelovi opreme na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Rešetanje se izvodi na grubim i finim rešetkama te sitima. [1]

Druga faza je ujednačavanje ili egalizacija, a služi kako bi se poboljšala učinkovitost rada uređaja kod pročišćavanja otpadnih voda. Tijekom dana otpadne vode imaju velike oscilacije u količini protoka, a to ovisi o dobu dana, tj. o aktivnosti stanovništva i radu industrije. Proces

egalizacije služi da se postojeći kapaciteti objekata uređaja rabe učinkovitije, kako bi se izbjegla izgradnja dodatnih jedinica za obradu otpadnih voda. [1]

Miješanje je treća faza fizikalnog pročišćavanja, a ostvaruje se na nekoliko načina: crpkama, mehaničkim miješanjem, upuhivanjem zraka i sl. Miješanje kod otpadnih voda je potrebno jer je u većini faza pročišćavanja važno da se sadržaj otpadnih voda izmiješa s dodanom kemijskom tvari te kako bi se čestice koje nastanu kemijskom reakcijom mogle održati u suspenziji. [1]

Taloženje ili sedimentacija je četvrta faza pročišćavanja, a odnosi se na uklanjanje taložnih krutina iz tekućina. Taloženje sitnih čestica je dugotrajno pa se sedimentacija najčešće odnosi na odvajanje čestica čija je brzina taloženja veća od  $10^{-5}$  m/s. Kod pročišćavanja otpadnih voda nailazi se na zrnate suspenzije, čija je brzina taloženja konstantna i pahuljaste suspenzije koje imaju malu i neujednačenu brzinu taloženja. Proces taloženja ovisi o vremenu zadržavanja vode u taložniku, njegovoj dubini i koncentraciji suspendiranih tvari koje se nalaze u vodi. [1]

Peta faza je isplivavanje ili flotacija gdje se tvari iz tekućine odvajaju izdizanjem na površinu s koje se potom uklanjaju. Razlikuje se prirodno ili spontano te prisilno isplivavanje tvari. Kod prirodnih tvari gustoća je manja od gustoće tekućine, a kod prisilnog isplivavanja potreban je raspršeni zrak ili plin, gdje se vežu čestice koje mogu imati gustoću veću od tekućina u kojoj se odvija proces. Flotacija kod pročišćavanja otpadnih voda provodi se u objektu koji se zove mastolov, u kojem se odvajaju masti i ulja. Flotacija se može provoditi i u zajedničkom objektu u kojem se odvija i taloženje, a zove se pjeskolov-mastolov. Isti proces se primjenjuje i prilikom procesa zgušnjavanja mulja. Kod flotacije se najčešće primjenjuje prisilno isplivavanje uz pomoć raspršenog zraka ili plina. [1]

Šesta faza pročišćavanja je cijedenje ili filtriranje te je najjednostavniji proces odvajanja krutina od tekućina na cjediljkama ili filtrima. Cijediti se može kroz površinske i dubinske cjediljke, a nastala tekućina iz cjediljki naziva se filtrat. Površinske cjediljke mogu biti: s rupičastom podlogom (mikrosita), s platnom, trakaste i tlačne ili vakuumske. Površinski način cijedenja najčešće se primjenjuje pri obradi mulja ili kao završni proces pročišćavanja voda. Dubinski način cijedenja provodi se kroz tijelo cjediljke, a krutina se uklanja na više načina: mehanički, adsorpcijski, adhezijski, taloženjem, kemijski i biološki. [1]

Adsorpcija je sedmi i posljednji proces pročišćavanja u kojem se tijekom filtracije otopljene i koloidne tvari kroz sloj zrnatog materijala vezuju na površinu krute tvari. Prilikom adsorpcije iz otopine je moguće adsorbirati cijele molekule ili pojedinačne ione. Pri pročišćavanju vode najčešće se koristi aktivni ugljen kao adsorpcijsko sredstvo. Kod pročišćavanja otpadnih voda upotrebljava se u završnom postupku. Aktivni ugljen adsorbira tvari iz tekućine te uklanja okus, miris, boju, fosfate i sl. [1]

## **4.2. Proces kemijskog i fizikalno – kemijskog pročišćavanja**

Kemijski i fizikalno – kemijski procesi pročišćavanja obuhvaćaju sljedeće faze: neutralizacija, zgrušavanje ili koagulacija, pahuljičenje ili flokulacija, oksidacija i redukcija, dezinfekcija (kloriranje, ozonizacija, ultraljubičasto zračenje, ionizacijsko zračenje), ionska izmjena, rezervna osmoza, ultrafiltracija, mikrofiltracija i elektrodijaliza.

Prva faza pročišćavanja kod kemijskih i kemijsko – fizikalnih procesa je neutralizacija, a obuhvaća proces pročišćavanja vode u kojemu se dodavanjem kiselina ili lužina popravljaju pH vrijednost. Ovaj proces se najčešće primjenjuje u tehnologiji obrade otpadnih voda kako bi se otkiselila tzv. sirova voda te kako bi se popravila kiselost ili lužnatost kod pročišćavanja industrijskih otpadnih voda. Do nastajanja kiselih otpadnih voda dolazi prilikom proizvodnje mineralnih gnojiva, boja i sl. Postupak neutralizacije ovisi o: sastavu i količini otpadnih voda, prijemniku otpadnih voda, načinu ispuštanja, cijeni sredstava za neutralizaciju. Neutralizacija se može izvesti: miješanjem kiselih i lužnatih voda, filtracijom kiselih otpadnih voda te dodavanjem različiti sredstava za neutralizaciju. [1]

Druga faza pročišćavanja je zgrušavanje ili koagulacija koja predstavlja proces praćenja ravnoteže koloidnih otopina koje nastaju ionizacijom. Prilikom koagulacije dolazi do stvaranja većih pahuljica koje se lakše izdvajaju taloženjem, cijeđenjem ili isplivavanjem, a iz vode se uklanjaju koloidi. Koagulacija se odvija u taložnicama uz pomoć uređaja za dodavanje određenih količina kemikalija te naprave za miješanje. [1]

Pahuljičenje ili flokulacija je treća faza pročišćavanja u kojoj se čestice raspršene u tekućini sporo miješaju i spajaju u veće pahuljice, koje se zbog veće gustoće nastavljaju taložiti i dalje. Nakon dodavanja sredstva za koagulaciju potrebno je brzo miješati koagulant i otpadnu vodu,

a nakon toga dolazi do pahuljičenja koje se odvija uz polagano miješanje i stvaranje većih pahulja koje se nastavljaju taložiti. [1]

Četvrta faza je oksidacija i redukcija koja se odvija u procesu oksidacijsko – redukcijskih reakcija. Kada neka tvar oksidira, druga se reducira i obrnuto, a uzrok tome je međusobno ovisna kemijska reakcija. Navedeni procesi primjenjuju se pri dezinfekciji vode za piće, pri obradi industrijske otpadne vode i sl. kako bi se iz vode uklonio šesterovalentni krom. [1]

Dezinfekcija je peta faza kojom se osigurava zdravstvena ispravnost vode. Dezinfekcija se primjenjuje na vodama u vodoopskrbnim sustavima te kod ispuštanja otpadnih voda i muljeva u okoliš, ako je unaprijed propisano. Dezinfekcija vode vrši se:

1. kloriranjem koje je najraširenije i gospodarski najprihvatljivije kod dezinfekcije vode za piće, otpadnih voda i obrade mulja. Kloriranje se provodi klorom koji je topiv u vodi ili plinovitim klorom. [1]
2. ozonizacijom se vrši dezinfekcijom ozonom te se dodaje na završetku tehnološkog procesa pročišćavanja vode. Ozon se smatra nestabilnim plinom pa nema duljeg dezinfekcijskog učinka. Iz tog razloga nakon dezinfekcije dodaje se i klor kako bi djelovanje bilo dugoročnije. Dezinfekcija ozonom vrlo rijetko se primjenjuje zbog visokih investicijskih troškova. [1]
3. ultraljubičastim zračenjem koje se provodi zračenjem ultraljubičastim zrakama, ali kao i kod ozona učinak dezinfekcije je kratkotrajan pa se dodaje klor za dugoročnije djelovanje. [1]
4. ionizacijskim zračenjem provodi se kobaltom ili cezijem te uređajima za zračenje gama zrakama. Ovaj način dezinfekcije vrlo rijetko se koristi zbog visokih troškova i dodatnog osposobljavanja radnika. [1]

Peta faza je ionska izmjena koja se prvotno koristila za omekšavanje vode. Ionski izmjenjivači služe za uklanjanje neželjenih iona iz vode, a postiže se ionskom smolom ili kombinacijom više ionskih smola. Ionske smole mogu biti u obliku kuglice, vlakana, cijevi ili membrana. [1]

Membranski proces je šesta faza koja se odnosi na poboljšanje kakvoće vode za piće i pročišćavanje otpadnih voda. Prije membranskog procesa važna je obrada sirove vode te je iz nje potrebno ukloniti suspendirane i koloidne čestice. Proces koji se primjenjuje u tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda su:

1. rezervna osmoza u kojoj se odslanjaju i pročišćavaju otpadne vode.
2. ultrafiltracija kojom se iz vode izdvajaju bakterije, virusi i sl.
3. mikrofiltracija gdje se uklanjaju sitne čestice kao što je sitni koloidni ili otopljeni materijal.
4. elektrodijaliza koja služi za odslanjivanje vode, za obradu tekućeg radioaktivnog otpada, za obnavljanje i pročišćavanje otopina iz otpadnih voda i sl. [1]

### **4.3. Proces biološkog pročišćavanja**

Biološki proces obrade otpadnih voda predstavlja razgradnju organskih tvari uz pomoć mikroorganizama te se odvija u prirodnom okolišu. Prilikom biološkog pročišćavanja mikroorganizmi ili bakterije apsorbiraju organsko onečišćenje i hranjive soli koje se nalaze u otpadnim vodama. Biološki proces pročišćavanja otpadnih voda primjenjuje se gdje su onečišćenja biološki razgradiva i ne sadržavaju otrovne tvari u velikim količinama. Na taj način se iz otpadnih voda uklanja organski ugljik, smanjuju se fosforni i dušikovi spojevi te se stabilizira mulj otpadnih voda. Prilikom otapanja određene količine kisika u vodi odvijaju se sljedeći procesi: aerobna izgradnja i razgradnja stanica, anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja stanica te bakteriološka oksidacija i redukcija. [1]

Biološki proces pročišćavanja su: aerobni proces (proces s aktivnim muljem, pročišćavanje mikroorganizmima pričvršćenim na podlogu), anaerobni proces, nitrifikacija i denitrifikacija, uklanjanje fosfora te kombinirano uklanjanje dušika i fosfora.

Kod biološkog procesa pročišćavanja najpoznatiji je aerobni proces koji se najčešće primjenjuje kod pročišćavanja komunalnih otpadnih voda. prilikom pročišćavanja aerobni mikroorganizmi razgrađuju organske tvari te oslobađaju energiju i sintetiziraju novu biomasu. U otpadnim vodama nali se smjesa različitih organskih tvari te se pri biološkom pročišćavanju koristi se više kultura raznih vrsta mikroorganizama, koji imaju različitu generaciju i različiti brzinu rasta. Koliko će biti uspješna obrada otpadnih voda ovisi o rastu i metabolizmu mikroorganizma. Aerobni biološki procesi najčešće se primjenjuju u prirodnim uvjetima samopročišćavanja u lagunama i stabilizacijskim barama. Za uspješne prirodne postupke pročišćavanja voda moraju biti povoljni klimatski uvjeti te hidrološki i geološki uvjeti. Stupanj pročišćavanja otpadnih voda najčešće je viši od 95%, ali potrebne su velike površine tla. U lagunama se primjenjuju različiti načini čišćenja, a voda se mineralizira postupno. [1]

Proces s aktivnim muljem u većini slučajeva se primjenjuje na uređajima za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda. aktivni mulj sadrži različite skupine bakterija i drugih organizama, kao što su: bičaši, trepetljikaši, amebe, valjkasti crvi i sl. Prilikom pročišćavanja dolazi do procesa koji se zove "aktiviranje" te dolazi do postupnog stvaranja aktivnog mulja u biološkom reaktoru, a mora biti prilagođen vrsti ili sastavu otpadne vode. Prilikom pročišćavanja aktivnim muljem on se uz dovoljnu količinu kisika pomiješa s otpadnom vodom. Otpadna voda koja se pročisti ulazi u biološki reaktor u kojem se nalaze suspendirani mikroorganizmi. U reaktor se dodaje potrebna količina kisika uz miješanje sadržaja otpadne vode. Na taj način se sprječava taloženje te ubrzava dodir pahuljica hranjive tvari i mikroorganizma. Smjesa starih i novih stanica zajedno s otpadnom vodom se uvodi u naknadni taložnik. Istaloženi ili aktivni mulj vraća se u biološki reaktor, a višak mulja se izdvaja iz procesa te se odvodi na obradu mulja. U ovom procesu se obnavljaju nove stanice mikroorganizma, a stare se odvođe iz sustava. [1]

Proces pročišćavanja mikroorganizmima pričvršćenima na podlogu je najstariji i najjednostavniji proces biološkog pročišćavanja otpadnih voda. Procesom pročišćavanja mikroorganizmima pričvršćenima na podlogu dolazi do rasta mikroorganizama na površini granule ili krute ispune. Najčešće se radio betonskim spremnicima koji su kružnog oblika te na dnu imaju rešetku. Nakon određenog vremena na ispuni u biološkom filtru stvori se skupina kultura različitih vrsta organizama pričvršćenih u obliku biološke opne ili filma koja predstavlja presudni činitelj procesa biološkog pročišćavanja otpadnih voda. [1] Biološka opna ili film sastoji se od različitih vrsta biljaka, algi, plijesni, larvi i sl., koje mogu upijati velike količine vode iz otpadnih voda koje teku po površini. Kako bi se odvijao biokemijski proces potrebna je dovoljna količina kisika koja se najčešće dovodi prirodnim strujanjem zraka. [1]

Anaerobni procesi pročišćavanja otpadnih voda također spadaju u biološki proces pročišćavanja. Otpadne vode se pročišćavaju uz pomoć mikroorganizama anaeroba koji u otpadnim vodama mogu živjeti bez prisutnosti kisika. Anaerobni proces se najčešće koristi kada otpadna voda sadržava velike koncentracije organskog opterećenja. Anaerobni procesi se odvijaju u sljedećim fazama:

1. Hidroliza – anaerobi i fakultativni aerobi razgrađuju nerazgrađene organske tvari kao što su ugljikohidrati, masti i bjelančevine.
2. Kiselo vrenje – razgrađene organske tvari pretvaraju se u organske kiseline, alkohole i sl.
3. Bakterije metanskog vrenja stvaraju metan i CO<sub>2</sub>, a bakterije su veoma osjetljive na pH vrijednost i prisutnost kisika. [1]



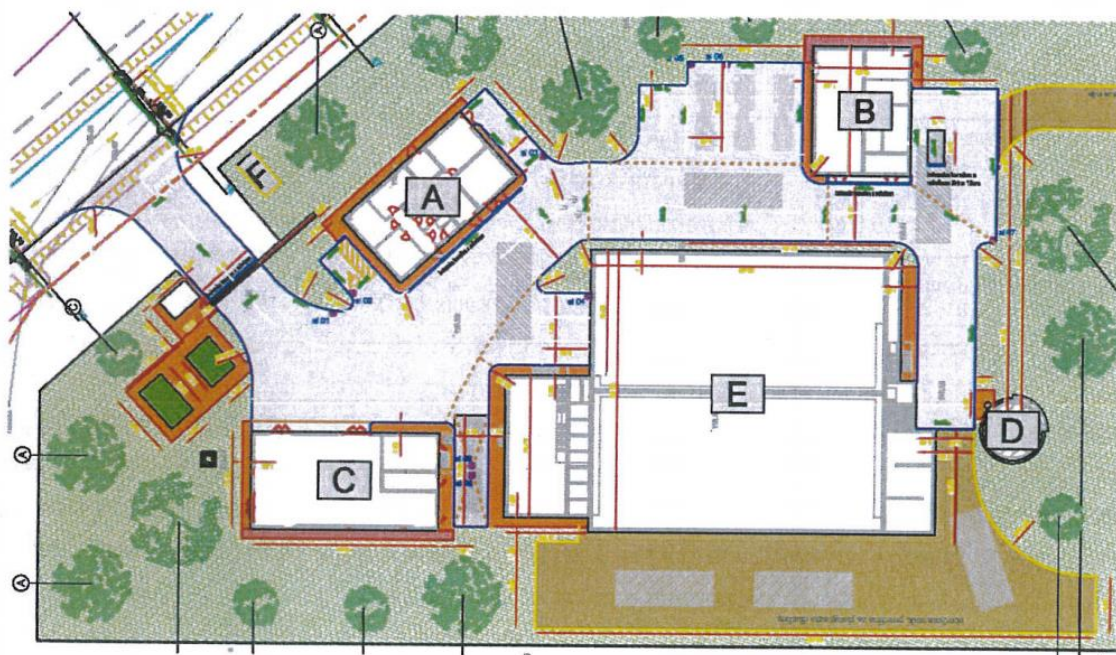
Pri anaerobnoj razgradnji otpadna se voda uvodi u zatvoreni reaktor kako bi se spriječio pristup zraka, a otpadna tvar se istodobno razgrađuje s procesom metanskog i kiselog vrenja. Uređaji za anaerobno pročišćavanje otpadnih voda dijele se na reaktore s anaerobnim miješanjem te na anaerobne kolone. Ostatak koji se nakupi u biološkom reaktoru je mulj te on sadržava i dalje velike količine vode, ali je ta voda onečišćena. Voda u mulju se odvodi na početak uređaja za pročišćavanje te ponovno prolazi kroz sustav pročišćavanja vode. Kod anaerobne obrade vode obvezna je primjena procesa prethodne i konačne obrade vode. [1]

Nitrifikacija i denitrifikacija su dva biološka procesa koji teku jedan iza drugoga pod djelovanjem mikroorganizama koji iz vode uklanjaju dušikove spojeve. Mikroorganizmi koji sudjeluju u nitrifikacijskom procesu su autotrofne, strogo aerobne bakterije. Nitrifikacija počinje kada su otpadne vode u sustavu tri dana ili više. Denitrifikacija omogućavaju heterotrofne ili fakultativno anaerobne bakterije koje zahtijevaju prisutnost ugljika u lako raspadljivu obliku od odsutnost kisika. Prilikom denitrifikacije nitrati se reduciraju u plinoviti dušik koji odlazi u atmosferu. Nitrifikacija i denitrifikacija mogu se odvijati samostalno ili u kombinaciji. [1]

## 5. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA (UPOV) AGLOMERACIJE JASTREBARSKO

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) aglomeracije Jastrebarsko zamišljen je na trećem stupnju pročišćavanja otpadnih voda primjenom SBR („*Sequencing Batch Reaktor*“) tehnologije za biološko pročišćavanje i aerobne stabilizacije mulja te poljima za stabilizaciju mulja. Izgradnjom UPOV-a osigurat će se pročišćavanje prikupljenih otpadnih voda u skladu s hrvatskim propisima i propisima Europske Unije te će se riješiti problem nedovoljne zaštite recipijenta preljevnih voda.

Objekti različite namjene koji zajedno čine tehničko-tehnološku cjelinu UPOV-a su: upravna zgrada (A), zgrada dehidracije (B), pogonska zgrada (C), ugušivač mulja (D), biološki dio (E), pomoćni objekti (Slika 2.).



Slika 2. Načrt za izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko [11]

Navedeni projekt (Slika 3.) obuhvaća područje grada Jastrebarsko i 12 okolnih naselja te obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- rekonstrukcija i optimizacija postojećeg sustava odvodnje (izgradnja 2 retencijska bazena, 2 kišna preljeva, 2 crpne stanice te rekonstrukciju 2,7 km kanala)
- izgradnja sustava odvodnje u naseljima bez izgrađenog sustava odvodnje (mreža duljine 44,3 km, 13 crpnih stanica s pripadnih 1290 m tlačnih cjevovoda)

- izgradnja UPOV-a Jastrebarsko III. stupnja pročišćavanja s kapacitetom 14965 ES
- izgradnja dodatnih 560 m<sup>3</sup> vodospremnog volumena (3 vodospreme)
- nabava opreme za održavanje sustava odvodnje
- usluge upravljanja projektom, nadzora, informiranja i promidžbe. [6]



Slika 3. Mjesto izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko [7]

### 5.1. Opis tehnološkog postupka pročišćavanja otpadnih voda

Tehnološki postupak pročišćavanja otpadnih voda obuhvaća: okno za uzrokovanje, prijem sadržaja septičkih jama, automatsku grubu i ručna rešetku, ulaznu crpnu stanicu, mehanički tretman, egalizaciju, SBR bazene sa selektorom, puhala, mjerač protokola izlazne vode i crpnu stanicu tehnološke vode, ugušćivač mulja, spremnik za stabilizaciju mulja te dehidraciju mulja, polja za ozemljavanje, pripremu tehnološke vode, rezervoar za koagulant, filter za otpadni zrak, dizel agregat i 22 transformatorsku stanicu, PLC („*Programmable logic controller*“), Programski alat za vizualizaciju SCADA („*Supervisory Control And Data Acquisition*“), NUS, upravnu zgradu i laboratorij. [11]

## 5.2. Okno za uzrokovanje

U oknu za uzorkovanje će se nalaziti sirova otpadna voda. Voda neće biti mehanički očišćena i sadržavat će krupne nečistoće koje stvaraju probleme prilikom rada, prilikom održavanja opreme za uzimanje uzoraka te mjerene opreme. Iz tog razloga je predviđena ugradnja magnetno induktivnog mjerača protoka na tlačnom cjevovodu iz ulazne crpne stanice na kompaktni uređaj. Prednost magnetno induktivnog mjerača protoka je znatno veća preciznost mjerenja i lakše održavanje zbog pristupačnosti. Automatski uređaj za uzimanje uzoraka i pH sonda nalazit će se na dotoku na kompaktni uređaj zbog lakše pristupačnosti i lakšeg održavanja. Kod provjeravanja uzorka iz ulaznog okna će se moći ručno uzeti uzorak sirove otpadne vode te će se izmjeriti pH i temperatura. Otpadna voda će gravitacijski teći po kolektoru u spojno okno te u okno za uzorkovanje. [11]

## 5.3. Prijem sadržaja septičkih jama

Sadržaj septičkih jama će se prazniti u autocisterne i odvoziti na lokaciju UPOV Jastrebarsko. U odvojenom prostoru će se nalaziti stanica za prijem sadržaja septičkih jama kapaciteta 10 m<sup>3</sup>/h. Stanica za prijem će biti zatvorena čelična konstrukcija u kojoj će se nalaziti fino sito otvora 6 mm s kompaktorom. Kompaktirani otpad će se uvrećavati i padati u kontejnere. Na dovodnom cjevovodu bit će ugrađeni elektromotorni zasuni (02.01.01 EV), elektromagnetni induktivni mjerač protoka (FIR 02.02) te pH sonda (AIS-pH 02.01). Stanica će imati svoj lokalni kontrolni elektroormar i identifikacijsku stanicu (RLOC 02). [11] Na taj način se dopušta samo ovlaštenim vozačima da isprazne cisterne uz zapisivanje potrebnih podataka. Prilikom pražnjenja cisterne od vozača će se zahtijevati sljedeće: identifikacija vozača vozila, podrijetlo sadržaja koje se nalazi unutar cisterne, ukupna količina dovezenog sadržaja te datum i vrijeme dolaska i pražnjenja. Iz lokalnog upravljačkog elektroormara podatci će se prenositi i bilježiti u NUS-u. Ispod objekta će se nalaziti betonski bazen za prijem obrađene septike (02.00 BB) volumena 70 m<sup>3</sup>. Sadržaj iz cisterne će se crpiti s crpkom na cisterni preko dovodnog cjevovoda u stanicu za prijem sadržaja septičkih jama (02.02.01 FS). Cjevovod za prihvat će imati elektromotorni zasun (02.01.01 EV) i priključak koji ima brzu spojnicu za kamione. Priključno mjesto nalaziti će se na vanjskom zidu pogonske zgrade, a sastojat će se od brze spojke na koju se priključi autocisterna. Priključno mjesto će imati čeličnu posudu za prihvat prolivenih voda i vanjski priključak vode za pranje. Fino sito zadržavat će sve krupne materijale koje će još kompaktirati i čistiti te oni padaju u beskonačnu vreću i dva komunalna kontejnera

(02.06.01/02 KO) min 1,1 m<sup>3</sup> od pocinčanog lima s kotačima. Preostala otpadna voda će padati iz stanice u bazen za prijem obrađene septike. U bazenu će se nalaziti potopna miješalica (02.03.01 MJ) i dvije potopne crpke za septiku (02.04.01 PC) Uz pomoć njih će se kontrolirano crpiti sadržaj u 04. ulaznu crpnu stanicu. Jedna pumpa će biti radna, a druga pričuvna. Bazen za prijem obrađene septike imat će ugrađen ultrazvučni (UZ) mjerač razine (LIC 02.04) i nivo prekidače (LS 02.05 i LS 02.06). Montaža i demontaža potopnog miješala i potopnih crpki vršit se pomoću ručnog konzolnog dizala (02.06.01 DZ). Svi metalni dijelovi stanice za prihvat sadržaja septičkih jama bit će izrađeni od nehrđajućeg čelika AISI 316. [11] Zbog kvalitetne obnove pasivnog sloja stanica za prihvat sadržaja septičkih jama mora prije upotrebe proći postupak završne površinske zaštite metodom jetkanja u kupelji te postupak pasivizacije metodom uranjanja u kupelj. Smještaj jedinice će biti u prostoru u kojem je moguće ostvariti podtlak u prostoru. Izdvojeni zrak će se tretirati kemijskim filtrom za otpadni zrak (16.02.01 FZ). Otpadni zrak iz prostorije će se usisavati i voditi na pročišćavanje na filter za otpadni zrak. Ako bude potrebno dodatno zračenje i izmjena zraka u prostoriji što je moguće zbog izbjegavanja Ex zona, to će se osigurati aksijalnim zidnim ventilatorom (05.04.01 VE). Ventilator će se uključiti ako se izmjeri povišena koncentracija metana. U prostoru će biti ugrađen sustav grijanja, kako bi se osigurala minimalna temperatura od 10°C kao zaštita od smrzavanja. Prostor za pranje s tehnološkom pročišćenom vodom biti će izveden sa sifonskim slivnikom za prikupljanje ispuštenih voda na prostoru za pranje. Vode od pranja skupljat će se u internoj kanalizaciji, koja će se ispuštati u dotok na grube rešetke. Unutrašnjost prostorija biti će obložena keramičkim pločicama, na podu će se nalaziti protuklizne i kiselo otporne pločice, a na zidovima kiselo otporne pločice do pune visine zida. Pločice će imati zaobljene spojeve na prijelazu između zidnih i podnih pločica, zbog lakšeg održavanja. [11]

#### **5.4. Automatska gruba i ručna rešetka**

Otpadna voda će izravno teći u dva kanala. U jednom kanalu će biti ugrađene automatske grube rešetke (03.02.01 GR) sa svijetlim otvorom 30 mm, dok će se u drugom kanalu nalaziti ručna gruba rešetka (03.04.01 GR) sa svijetlim otvorom 30 mm. Predviđena širina kanala bit će 800 mm. Ugrađena automatska gruba rešetka će minimalno zadovoljavati kapacitet jednak maksimalnom protoku. U svakom kanalu će se ispred i iza automatske grube i ručne rešetke nalaziti ručne zapornice (03.01.01-03 RZ). Voda iz kanala će gravitacijski ulaziti u ulaznu crpnu stanicu. Čišćenje automatske grube rešetke automatski će se uključiti. Uključivanje će ovisiti o izmjerenoj razini otpadne vode, ispred i iza rešetki (LIS 03.01/LIS 03.02) ili u predodređenim

vremenskim intervalima. Rad automatske grube rešetke u automatskom radu bit će upravljana razlikom razine vode ispred i iza rešetke, a mjerit će se ultrazvučnim mjeračima razine vode. Montaža i demontaža grube rešetke vršit će se pomoću servisne staze i ručne lančane dizalice (03.09.01 DL). Otpaci s automatske grube rešetke ispadat će u kompaktor otpada (03.03.01 ST). Otpatke će stisnuti, oprati i stavljati u beskonačnu vreću te transportirati u dva komunalna kontejnera (03.05.01/02 KO) min 1,1 m<sup>3</sup> od pocinčanog lima s kotačima. [11] Održavanje kompaktora čistim vršit će se tehnološkom vodom. Ručna rešetka služiti će samo za slučaj servisiranja automatske rešetke. U tom slučaju otpad će se vaditi ručno, uz pomoć grablji. Otpad iz automatskih grubih rešetki sadrži sve čvrste nečistoće veće od otvora na rešetkama. Na taj način otpad će biti moguće odlagati na odlagalište za neopasan otpad sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15, NN 103/18, NN 56/19). [8]

Automatska gruba rešetka će imati pripadajući elektro-ormar za upravljanje i PLC koji će biti povezan s centralnim NUS-om. U prostoru, gdje će biti smještene grube rešetke bit će osigurana minimalna temperatura od 10°C kao zaštita od smrzavanja. Grube rešetke i zapornice bit će izrađene od nehrđajućeg čelika tipa AISI 316. Također obavezno moraju proći postupak završne površinske zaštite metodom jetkanja u kupelji te dodatno postupak pasivizacije metodom uranjanja u kupelj. [11] Grube rešetke su smještene u prostoru u kojem je moguće ostvariti podtlak, kao što je slučaj i kod septičkih jama. Izdvojeni zrak će se tretirati filtrom za otpadni zrak (16.02.01 FZ). Dodatno prozračivanje osigurat će se sa zidnim aksijalnim ventilatorom (03.06.01 VE). Kanal grubih rešetki bit će pokriven pomičnim pločama. Unutrašnjost prostorija bit će obložena keramičkim pločicama na istom principu kao u prijemu sadržaja septičkih jama. [11]

## **5.5. Ulazna crpna stanica**

U ulaznu crpnu stanicu (04.00 BB) gravitacijski će teći otpadna voda iz grubih rešetki (03.02.01 GR). Iz ulazne crpne stanice otpadna voda će se crpiti na kombinirani uređaj (05.01.01 KU) za mehanički predtretman. U betonskom bazenu ulazne crpne stanice (04.00 BB) bit će ugrađene tri potopne pumpe (04.01.01-03 PC). Dvije pumpe će biti radne, a jedna pričuvna. [8] Svaka pumpa će imati frekvencijski pretvarač rada. U ulaznoj crpnoj stanici bit će ugrađeni nivo prekidači za zaštitu suhog rada pumpi (LS04.02 i LS 04.03) i UZ mjerač razine (LICA 04.01) koji će regulirati rad pumpi. Na tlačnom cjevovodu nalaziti će se magnetno induktivni mjerač protoka (FIRC 04.04) dotoka otpadne vode na uređaj. Ulazna crpna stanica nalaziti će se u

tehnološkoj zgradi mehaničkog tretmana. Ulazna crpna stanica biti će zatvorena s revizijskim otvorima. Zrak iz ulazne crpne stanice će se usisavati filtrom za otpadni zrak. Montaža i demontaža potopnih pumpi u ulaznoj crpnoj stanici vršit će se pomoću ručne konzolne dizalice (04.03.01 DZ). [11]

## 5.6. Mehanički tretman

Otpadna voda će se iz crpne stanice crpiti na tipski kombinirani uređaj za mehanički tretman (05.01.01 KU). Na dotoku u kombinirani uređaj izvršavat će se uzorkovanje dotoka otpadne vode pomoću automatskog uzorkivača (04.02.01 AU) i pH sonde (04.05 AIR-pH), s mjeracem temperature otpadne vode ( 04.06 TIR). [11] Kombinirani uređaj će imati ugrađen *by-pass* cjevovod za otpadnu vodu. Uređaj će biti funkciji samo kad se vrši servisiranje opreme kompaktnog uređaja. Kompaktni uređaj će biti dimenzioniran na maksimalni protok otpadne vode i na vrijeme zadržavanja od 4 minute. Vrijeme zadržavanja će biti produženo kod minimalnih protoka iznad preporučenoga. Kako bi se izbjeglo predugo vrijeme zadržavanja u vrijeme minimalnih dotoka, koje traju duže najčešće noću, bit će ograničen minimalni protok, koji će se crpiti iz ulazne crpne stanice na kompaktni uređaj. Ili će dolaziti do truljenja istaloženog materijala uz emisiju štetnih plinova. Kombinirani uređaj je čelična kvadar posuda, u kojoj će se na početku nalaziti fino rotacijsko sito s kompaktorom (05.01.01.01 FS), a na dnu će biti horizontalni vijčani transporter za pijesak (05.01.01.02 ST) te po cijeloj dužini aerirani mastolov. Fino sito će imati otvore 3 mm. Otpaci s finog sita će se vaditi kosim transporterom koji je sastavni dio finog sita, gdje će se na kraju kompaktirati, oprati te stavljati u beskonačnu vreću i padati u kontejner (05.03.01 KO) min 1,1 m<sup>3</sup> od pocinčanog lima s kotačima. Čišćenje finog sita uključivat će se automatski, što će ovisiti o nivou otpadne vode (LS 05.01). Pijesak će se taložiti na dnu odakle će ga horizontalni transporter za pijesak (05.01.01.02 ST) gurati prema kraju te će se crpiti s centrifugalnom pumpom (05.01.01.04 CP) na klasirer pijeska (05.02.01 KP). Aeracija pjeskolova vršiti će se pomoću tipski ugrađenog manjeg puhala (05.01.01.06 PU), koji će biti sastavni dio kombiniranog uređaja. Zrak će se upuhavati u kombinirani uređaj po cijeloj dužini i pomoću upuhanog zraka se u posebnoj komori na površini skupe izlučene masti. Masti će se skupljati zgrtačem masti (05.01.01.03 ZG) i crpit će se s vijčanom crpkom za masti (05.01.01.05 CP) u komunalni kontejner (05.05.01/02 KO) min 1,1 m<sup>3</sup> od pocinčanog lima s kotačima opremljen drenažnim ispustom vode. Otpad iz finih sita sadržavat će sve čvrste nečistoće veće od otvora na sitima. [11] Otpad iz finih sita moći će se odlagati na odlagalište za neopasan otpad sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja

otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15, NN 103/18, NN 56/19). [8]

Pranje otpada u kompaktoru kombiniranog uređaja te pijeska u klasireru pijeska biti će pomoću tehnološke vode. Otpadna voda od pranja pijeska će se ispuštati u internu kanalizaciju. U klasireru pijeska (05.02.01 KP) kapaciteta 15 m<sup>3</sup>/h pijesak će se oprati te će se pomoću kosog spiralnog transportera (05.02.01.02 ST) istresati u kontejner (05.03.02 KO) min 1,1 m<sup>3</sup> od pocinčanog lima s kotačima. [11] Organske tvari od pranja i vode će se odvoditi u internu kanalizaciju. Za pranje pijeska će se upotrebljavati tehnološka voda, a pijesak će biti opran na način da će sadržaj organskih tvari u pijesku biti manji od 5 % te će pijesak biti moguće odlagati na odlagalište sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15, NN 103/18, NN 56/19). [8] Svi metalni dijelovi kompaktnog uređaja će biti izrađeni od nehrđajućeg čelika AISI 316. Zbog kvalitetne obnove pasivnog sloja kompaktni uređaj će morati proći postupak završne površinske zaštite metodom jetkanja u kupelji te dodatno postupak pasivizacije. Za kompaktni uređaj će biti osiguran automatski rad. Njegovim radom će se upravljati preko lokalnog upravljačkog Elektro ormara s PLC-om, koji je spojen na NUS. Kompaktni uređaj i klasirer pijeska bit će zatvoreni s priključcima za isisavanje otpadnog zraka, koji se vodi na pročišćavanje na filter za otpadni zrak (16.01.02 FZ) pomoću usisnog ventilatora (16.01.01 VE). Otpadni zrak iz prostorije će se usisavati i voditi na pročišćavanje na filter za otpadni zrak. Ako dođe do potrebe za dodatnim zračenjem i izmjenom zraka u prostoriji zbog izbjegavanja Ex zona osigurava se aksijalnim zidnim ventilatorom (05.04.01 VE). [11] Ventilator će se uključiti ako je izmjeri povišena koncentracija metana. U prostoru gdje je smješten kompaktni uređaj osigurat će se minimalna temperatura od 10°C kao zaštita od smrzavanja. Montaža i demontaža finog sita u kompaktni uređaj vršit će se pomoću servisne staze i ručne lančane dizalice (05.06.01 DL). [11]

## **5.7. Egalizacija**

Mehanički pročišćena otpadna voda skupljat će se u egalizaciji (06.00 BB), tj. natkrivenom betonskom bazenu. Iz bazena će se voda kontrolirano crpiti na biološko pročišćavanje. Egalizacija je potpuno natkrivena i predviđena je izvlačenje i pročišćavanje otpadnog zraka iz istog. U bazenu je ugrađena potopna miješalica (05.04.01 MJ) koja sprječava taloženje. Rezerva potopne miješalice nalazi se u spremištu. Otpadna voda će se crpiti pomoću tri potopne pumpe (06.03.01-03 PC). Dvije pumpe su radne, a jedna je pričuvna pumpa. Pumpe imaju frekvencijski pretvarač rada. Bazen je opremljen mjeračem nivoa i nivo prekidačima. Umjesto pridnenog



zgrtača egalizacija bit će opremljen razvodom tehnološke vode (06.05.01) za pranje stijena bazena. Ugradnja pridnenog zgrtača nije potrebna, jer nema potrebe za zaustavljanjem zbog čišćenja bazena. [11] U egalizaciji će biti ugrađeno potopno miješalo, koje će miješati sadržaj egalizacijskog bazena i sprječavati taloženje. U egalizaciji će cijelo vrijeme biti minimalna razina otpadne vode pa se bazen neće prazniti i neće biti potrebe za čišćenjem i pridnenim zgrtačem. Za sprječavanje taloženje u kutovima bazena biti će ugrađen naklonski beton, bez mrtvih kutova. U egalizaciji će biti ugrađene potopne pumpe i potopno miješalo. Za potrebe održavanja ili servisiranja podignu se iz bazena te iz tog razloga nije potrebno pražnjenje i čišćenje egalizacije. Bazeni će moći raditi u vrijeme održavanja i servisiranja. Montaža i demontaža potopnog miješala i potopnih pumpi vršit će se pomoću ručne konzolne dizalice (06.006.01 DZ). Razina otpadne vode u egalizaciji mijenjat će se od minimalnog do maksimalnog pa se zbog toga može na stijenama bazena zadržavati onečišćenja. Za potrebe čišćenja stijena bazena ugradit će se sustav za čišćenje pomoću tehnološke vode (06.05.01). Sustav će se automatski uključiti putem otvaranja odgovarajućeg elektro magnetnog ventila. Iz egalizacije će se otpadna voda crpiti u selektor (07.01 BB). Na tlačnom cjevovodu bit će ugrađen magnetno induktivni mjerac protoka (FIR 06.05). Njime će se mjeriti količina i protok otpadnih voda na biološko pročišćavanje. Za potrebe servisa miješalice i potopnih pumpi ugradit će se prijenosna konzolna dizalica. Egalizacija će biti pokrivena betonskom pločom, a otpadni zrak će se isisavati s filtrom za otpadni zrak (16.02.01 FZ). [11]

## **5.8. Bazeni sa selektorom**

Biološko pročišćavanje će se vršiti u dva betonska SBR bazena (07.02 BB i 07.03 BB). Otpadna voda će se crpiti iz egalizacijskog bazena u betonski selektor (07.01 BB), odakle će gravitacijski otjecati u jedan od dva SBR bazena (07.02 BB i 07.03 BB) putem otvaranja odgovarajućih elektromotornih ventila (07.01.01/02 EV). [11] Otpadna voda će se najprije crpiti u selektor, a iz selektora će otjecati u pojedini SBR. U selektoru će se crpiti i recikel otpadne vode iz pojedinog SBR-a pomoću potopne pumpe recirkulacije (07.02.01/02 PC). Selektor će služiti za postizanje uvjeta za biološku eliminaciju fosfora i za djelomičnu denitrifikaciju. Selektor će također služiti za postizanje uvjeta koji pomažu formiranju mulja s niskim volumskim indeksom i boljem taloženju mulja u SBR-u. Selektor će biti sastavljen od niza pretinaca, od kojeg će svaki imati svoju ulogu. U prvi pretinac će crpiti recikel mulja iz SBR tako, gdje će se mulj miješati sa sirovom otpadnom vodom. Uvjeti u selektoru će se mijenjati od prvog pretinca pa dalje, od oksidnih, anoksičnih pa do anaerobnih uvjeta. Cilj selektora je stvaranje anaerobnih

uvjeta. Iz tog razloga će se i ograničavati protok recikla na dio dotoka otpadne vode kako bi se osiguralo dovoljno mulja za kontakt sa sirovom otpadnom vodom. U selektoru će se zbog recikliranja mulja vršiti i djelomična denitrifikacija, dok će se glavni i potpuni dio denitrifikacije vršiti u SBR bazenima. Povremeno će se selektor na kratko promiješati pomoću ugrađenog razvoda zraka (07.07.02 AS) otvaranjem elektromotornog ventila za zrak (07.07.01 EV). Miješanje će se izvoditi najviše 5 minuta svakih 2 sata s grubom aeracijom. [11] U selektoru će se nalaziti sirove otpadne vode pomiješane s aktivnim muljem. Selektor će služiti za stvaranje uvjeta za biološku eliminaciju fosfora te uvjeta koji pomažu formiranju mulja s niskim volumskim indeksom i boljem taloženju mulja u SBR-u. Selektor se neće dimenzionirati kao sastavni dio biološkog pročišćavanja jer se i njegov volumen ne uzima za proračun ukupnog potrebnog volumna biološkog pročišćavanja. Otpadna voda će izmjenično teći u samo jedan od dva SBR bazena. Pumpa za recirkulaciju mulja iz pojedinog SBR bazena u selektor radit će samo u vrijeme kada je prema predviđenim ciklusima SBR bazena predviđen dotoku u taj SBR bazen. [11] U vrijeme sušnog ciklusa rada SBR bazena od 6 sati predviđeno je trajanje dotoka otpadne vode u trajanju od 3 sata i tada će crpka za recirkulaciju mulja biti uključena. Preostala 3 sata ciklusa neće biti dotoka i recirkulacije mulja u taj SBR bazen. Predviđen jedan selektor će raditi izmjenično po 3 sata za svaki SBR bazen. Iz toga proizlazi da će se vršiti dotok i recirkulacija mulja u tom selektoru. Po potrebi će biti moguće precrpiti dio biološkog mulja iz jednog SBR bazena u drugi bazen, uz pomoć potopnih pumpi za recirkulaciju mulja preko zajedničkog selektora. SBR bazeni će raditi ciklično. Svaki ciklus će se sastojati od tri faze:

1. faza punjenja i aeracije u kojoj će otpadna voda teći u SBR u kojem će se u isto vrijeme vršiti aeracija. Nakon završetka faze punjenja i aeracije započet će faza taloženja, kada se dotok otpadne vode u pojedini SBR zatvori i aeracija se zaustavi. Trajanje prve faze je četiri sata, od toga će se u razdoblju od tri sata vršiti dotok otpadne vode, a aeracija će se vrši sva četiri sata.
2. faza taloženja u kojoj će se biološki mulj istaložiti na dnu bazena, a traje jedan sat.
3. faza dekantiranja u kojoj će se pročišćena otpadna voda s vrha bazena pomoću pomičnih dekantera polako ispuštati iz pojedinog SBR bazena. Kad razina pročišćene otpadne vode padne na minimalno, dekantiranje će se zaustaviti, a dekanter će vratiti u početni položaj. Trajanje dekantacije je jedan sat. [11]

Ciklus rada pojedinih SBR-a je u razmacima od tri sata. Iz tog proizlazi da će dotok otpadnih voda biti u jedan od SBR bazena, a ispušt otpadnih voda iz jednog SBR bazena. Za vrijeme kišnog razdoblja količine otpadnih voda su veće pa su otpadne vode značajnije razrijeđene

te se ciklusi rada SBR bazena skraćuju. Radni volumen jednog SBR bazena je 670 m<sup>3</sup>, a u kišnom razdoblju bazeni će raditi u ukupnom trajanju od 4 sata i 2 sata. Egalizacijski bazen će omogućavati prihvat do 200 m<sup>3</sup> otpadne vode tako da će se u vrijeme mijenjanja radnih ciklusa moći zadržati otpadna voda. U svakom SBR bazenu će biti ugrađen: sustav za aeraciju (07.03.01/02 AS), pumpa za recirkulaciju otpadne vode u selektor (07.02.01/02 PC) i pumpa za višak mulja (07.04.02 PC). Višak mulja iz pojedinog SBR bazena će se povremeno crpiti u ugušćivač mulja. Količina suvišnog mulja će se regulirati pomoću procesnog modula za mulj. Montaža i demontaža potopnih crpki u SBR bazenima vršit će se pomoću prijenosne ručne konzolne dizalice (07.06.01 DZ). Svaki SBR bazen će imati svoj mjerač koncentracije kisika (AIC-O2 07.03/04) i mjerač nivoa otpadne vode (LICA 07.01/02). U SBR bazenima će se mjeriti koncentracija nitratnog dušika (AI-NO3 07.07/08), koncentracija mulja (AI-SS 07.05/06) i koncentracija amonijevog dušika (AI-NH3-N 07.09/10). Koncentracija fosfora pratit će se pomoću dvo-kanalnog *on-line* mjerača (AI-PO4-P 07.13). Aeracija će se u svakom SBR reaktoru regulirati pomoću procesnih modula i izmjerenih koncentracija amonijevog i nitratnog dušika. U SBR bazenu djelomično će se vršiti i simultana denitrifikacija, a pri tome će se održavati tražena koncentracija amonijevog dušika. Pomoću procesnog modula za dušik odredi se tražena koncentracija kisika (između 2 i 1,5 mg/L) u svakom SBR bazenu. [11] Tražena koncentracija kisika održavat će se pomoću frekvencijske regulacije rada svakog puhala. Na taj način će se postići najpovoljniji uvjeti za eliminaciju dušika i optimiranje rada puhala kako bi se smanjila potrošnja električne energije. Aeracija će se vršiti sa sustavom podnih membranskih difuzora (07.03.01/02 AS) kojima će se osiguravati aeracija finim mjehurićima koji su jednoliko raspoređeni po dnu bazena. Na taj način će se sprječavati stvaranje mrtvih zona. Membrane difuzora će biti izvedene od silikonskih materijala ili EPDM-a („ethylene propylene diene monomer“) otpornog na začepljenje. [11] Grupe difuzora će biti postavljene na zasebne jedinice izvedene iz nehrđajućeg čelika AISI 316, koje je moguće isključiti iz sustava opskrbe zrakom i podignuti iznad razine vode. Ako dođe do popravaka ili zamjene dijelova. Cijevni razvodi će biti iz nehrđajućeg čelika AISI 316. Svaki difuzor će biti sigurno pričvršćen za odgovarajuće postolje s potpornim prstenom i kružnim brtvama. Ploča i potporni prsteni moraju biti od PVC-a ili nekog drugog otpornog plastičnog materijala. Na cijevi koje su spojene s difuzorima ugrađen je elektromagnetni ventili za odzračivanje (KV 08.01). Cijevi služe za opskrbu zrakom. Na najnižoj točki cjevovoda ugrađen je priključak za ispuštanje kondenzirane vode. Sustav aeracije će imati mogućnost automatskog i ručnog rada. Mjerenje tlaka pomoću mjerača tlaka je

kontinuirano, na zajedničkim cijevima za prijenos zraka. Cijevi za zrak će biti dimenzionirane za maksimalnu brzinu ( $\text{Nm}^3$ ) od 12 m/s pri maksimalnoj distribuciji. Distribucijske cijevi za zrak izvan građevine u kojoj su smještena puhala će biti ukopane i bit će izrađene od nehrđajućeg čelika AISI 316. Sustav aeracije će biti reguliran s elektromotornim ventilima (07.08.01/02 EV), koji će biti upravljani elektromotornim pogonom te su povezani u elektro-ormar i spojeni na NUS. [11] U slučaju kvara jednog SBR bazna, drugi SBR bazen će biti u mogućnosti u potpunosti obraditi kompletnu količinu ulazne otpadne vode. Ovisno o količini otpadnih voda maksimalno će se skratiti trajanje ciklusa na 3 sata, kao što je predviđeno za kišno razdoblje. Punjenje s aeracijom će trajati 1,5 sat, taloženje 45 minuta i dekantacija 45 minuta. Za vrijeme taloženja i dekantacije kad nema dotoka u SBR bazen, otpadna voda će se skupljati u egalizacijskom bazenu. U slučaju da je radni SBR pun i da je egalizacija puna, ugasi se aeracija i miješanje SBR bazena. U tom slučaju SBR bazen radi kao taložnik. Rad jednog SBR bazena kao taložnika je samo u vrijeme kišnih dotoka u situaciji kada je radni SBR već pun i da je puna egalizacija. Takav rad će biti samo u ograničenom vremenu i samo u vrijeme kišnih dotoka kad su otpadne vode jako razrijeđene. Taložnjem se uklanja suspenzije tvari. Maksimalni volumen SBR bazena je  $2.581 \text{ m}^3$ , a maksimalni kišni protok je  $414 \text{ m}^3/\text{h}$  iz čega proizlazi da je vrijeme zadržavanja kod maksimalnog kišnog protoka više od 6 sati. U tom slučaju moguće je očekivati uklanjanje suspendiranih tvari do 75% te biokemijskog opterećenja i do 50%. U tom razdoblju se doziraju dodatne količine koagulantata kako bi se pospješilo taloženje suspendiranih tvari i eliminacije onečišćenja. [11] Isto tako će se otpadne vode koje su razrijeđene i vrlo malo onečišćene pomiješati te dodatno razrijediti već pročišćenom otpadnom vodom u radnom SBR bazenu. U kišnom razdoblju kada je najviše opterećenih otpadnih voda. Voda će se prihvatiti u egalizaciju te će se pročišćavati skraćenim/kišnim upravljanjem rada koji uključuje i aeraciju. Nakon prvog vala su kišne otpadne vode jako razrijeđene i sadrže dosta kisika pa je za njihovo pročišćavanje potrebno malo vremena. Zbog toga će se vršiti i djelomično uklanjanje biokemijskog opterećenja i u selektoru, gdje će se osiguravati intenzivni kontakt otpadnih voda s recikliranim muljem. [11]

## 5.9. Puhala

U prostoru puhala ugrađena su tri puhala za aeraciju SBR bazena (08.01.01-03 PU). Dva puhala su radna, a jedno je rezervno. Radno puhalo osigurava dobavljanje zraka za maksimalni protok i biološko opterećenje. Rezervno puhalo ima kapaciteta minimalno 50% ukupne dobave zraka za maksimalni protok i biološko opterećenje. Puhala s rotacijskim klipom bit će upravljana frekventnim regulatorom. Regulatorom će se regulirati količina potrebnog zraka, ovisno u izmjerenoj koncentraciji kisika (AIC-02 07.03 i AIC-02 07.04) i koncentraciji amonijevog dušika (AI-NH<sub>4</sub>- 07.09 i AI-NH<sub>4</sub>- 07.10) u pojedinom SBR bazenu. [8] U prostoru za puhala ugrađena su još dva puhala za aerobnu stabilizaciju mulja (08.02.01/02 PU). Jedno puhalo je radno, a drugo je pričuvno. Montaža i demontaža puhala vršit će se pomoću servisne staze i ručne lančane dizalice (08.10.01 DL). Prostor puhala je izoliran protiv buke. Puhala će biti izvedena sa zaštitnim kućištem s ciljem akustičke izolacije. Bit će izvedeni od pocinčanog čeličnog lima. Cjevovodi za zrak bit će izvedeni na način da se spriječi moguća šteta uzrokovana vibracijama i termičkom ekspanzijom. Motori puhala će biti klase učinkovitosti IE3 prema HRN EN 60034-30. [10] Buka pri radu puhala sa zaštitnim kućištem neće prelaziti 80 dB(A) na udaljenosti 1 m od obrisa puhala. Buka je izmjerena sukladno Hrvatskom zavodu za norme (HRN EN ISO 2151). [10] Motori će imati statore u F ili H klasi izolacije prema IEC 34-1. Puhala će biti izrađena za rad u temperaturama okoline od maksimalno -15°C do minimalno 40°C. Puhala će biti opremljena brojačem sati rada te će biti proizvedena u skladu s europskim direktivama 2006/42/EZ (Direktiva o strojevima) i 97/23/EZ (Direktiva o tlačnoj opremi) za što će imati odgovarajuću ispravu. Puhala će zadovoljavati zahtjeve norme HRN EN 1012-1, što se odnosi na sigurnosne zahtjeve. [10] Svako puhalo će biti opremljeno sljedećim: kontrolni ventili, odzračni ventili, sigurnosni ventili, mjerači pritiska na usisnoj i izlaznoj strani, prekidni ventili te fleksibilni spojevi do razdjelnika tlaka. [11] Vođenje cijevi će biti građeno i izvedeno tako da se spriječi moguća šteta na cijevima i betonu uzrokovana vibracijama i termičkom ekspanzijom. Puhala će biti opremljena integriranim sustavom za smanjenje pulzacije. Ulaz zraka u puhala će biti preko filtra koji pročišćava zrak do mjere koje zahtijevaju odabrani difuzori, sukladno normama HRN EN 779. Puhala će biti spojena na pripadajuće elektro ormare za upravljanje te PLC koji će biti povezan s NUS-om. Na svakom glavnom cjevovodu je ugrađen mjerač tlaka (PI 08.01 i PI 08.02) i elektromagnetni ventil za rasterećenje (KV 08.01 i KV 08.02). Distribucijske cijevi za zrak izvan građevine u kojoj su smještene puhala su ukopane i izrađene od nehrđajućeg čelika AISI 316. [11]

## 5.10. Mjerač protoka izlazne vode i crpna stanica tehnološke vode

Pročišćena otpadna voda iz SBR bazena gravitacijski će se odvoditi iz dekantera (07.05.01/02 DE) cjevovodom do crpne stanice tehnoloških voda (09.01 BB). Iz crpne stanice pročišćena otpadna voda crpit će se u bazen tehnološke vode (14.00 BB). U crpnoj stanici tehnološke vode ugrađene su dvije potopne pumpe (09.03.01/02 CP). Jedna pumpa je radna, a druga pričuvna. Pumpe će se uključivati ovisno o razini tehnološke vode u bazenu (14.00 BB). U crpnoj stanici tehnološke vode ugrađen je i nivo prekidač (LS 09.03) za zaštitu potopnih pumpi od suhog rada. Montaža i demontaža potopnih pumpi vršit će se pomoću ručne konzolne dizalice (09.04.01 DZ). Uzorkovanje pročišćene otpadne vode vršit će se stacionarnim automatski uzorkivačem (09.01.01 AU) iz crpne stanice tehnoloških voda. Iz crpne stanice tehnološke vode (09.01 BB) pročišćena otpadna voda prelijevat će se u kanal za mjerenje protoka izlazne vode (09.02 BB) u kojem će se vršiti mjerenja protoka pročišćene vode. Mjerenje protoka izlazne vode izvodit će se pomoću prefabriciranog „*khafagi-venturi*“ suženja (09.02.01 MP). Suženje je ugrađeno u otvorenom kanalu s ultrazvučnim mjeračem razine (LT 09.01) te će se rezultati prenositi i bilježiti sljedećim programskim alatima: PLC, NUS i PC SCADA. U slučaju visoke razine vode u recipijentu, ispusni kanal će biti potopljen. Visina ispusta iz dekantera i ispusta iz kanala mjerača protoka izlazne vode je dovoljna kako visoke voda u recipijentu ne bi ometala rad mjerača protoka te da se ispusni otpadnih voda u tim slučajevima vrši neometano. [11]

## 5.11. Ugušćivač mulja

Višak mulja se iz SBR bazena povremeno će se crpiti pomoću potopnih pumpi (07.04.01 PC) u betonski pokriveni ugušćivač mulja (10.00 BB). Višak mulja i recikel mulja crpit će se direktno iz pojedinog SBR bazena pa iz tog razloga nije potrebna dodatna crpna stanica za višak mulja i njegovu recirkulaciju. Ugušćivač je pokriven plastičnim poklopcima, a otpadni zrak iz njega će se isisavati preko kemijskog filtra za otpadni zrak (16.02.01 FZ). Na dotoku je ugrađen je mjerač protoka (FIR 10.01) viška mulja. U gravitacijskom ugušćivaču mulja ugrađeno je rotirajuće, drenažno miješalo sa zgrtačem (10.01.01 MJ). Miješalo ugušćivača je izrađeno iz nehrđajućeg čelika minimalne kvalitete AISI 304. Zbog kvalitetne obnove pasivnog sloja miješalo mora proći postupak završne površinske zaštite metodom jetkanja u kupelji te dodatno postupak pasivizacije metodom uranjanja u kupelj. Miješalo ugušćivača mulja i jedinica za dehidraciju su od istog proizvođača. Otvori, učvršćenja, cjevovodi i vodilice za opremu su također izrađeni od nehrđajućeg čelika AISI 316. Zgusnuti mulj će se skupljati na dnu

ugušćivača dok će se nadmuljna voda prelijevati u ulaznu crpnu stanicu. Zgusnuti mulj će se s dna ugušćivača crpiti u bazen za stabilizaciju mulja pomoću dvije vijčane pumpe frekventno regulirane za crpljenje ugušćenog mulja (10.02.01 CP). Jedna pumpa je radna, a jedna rezervna. Na tlačnom cjevovodu ugrađen je magnetno induktivni mjerac protoka (FIRC 10.03) zgusnutog mulja. Ugušćivač mulja je opremljen s mjeracem razine (LISA 10.02). Rad pumpi i mjerac razine povezani su na NUS. Mulj će nakon ugušćivanja imati sadržaj suhe tvari oko 2,5%, a nakon aerobne stabilizacije imat će sadržaj suhe tvari min. 2%. To je dovoljno da se nakon strojne dehidracije postigne količina suhe tvari > 15%. Višak mulja će se iz SBR bazena (07.02 BB i 07.03 BB) prebacivati u ugušćivač (11.00 BB) te iz ugušćivača u spremnik za stabilizaciju mulja (12.00 BB). [11] Iz spremnika za stabilizaciju mulja sestabiliziran će višak mulja crpiti na dehidraciju mulja ili na polja za ozemljavanje. U slučaju radova i servisa na spremniku za stabilizaciju mulja bit će moguće mulj izravno crpiti iz ugušćivača mulja na dehidraciju mulja ili na polja putem *by-pass* cjevovoda. [11]

### **5.12. Spremnik za stabilizaciju mulja**

Ugušćeni mulj se iz ugušćivača (10.00 BB) će se crpiti u betonski spremnik za stabilizaciju mulja (11.00 BB). U spremniku za stabilizaciju mulja vršit će se aerobna stabilizacija mulja putem aeriranja te će se s postići time stabilizacija mulja i ukupna tražena starost mulja od 25 dana. U spremniku za aerobnu stabilizaciju će se biološki mulj stabilizirati u aerobnim uvjetima. Organske tvari će se djelomično razgraditi u mulju pomoću aerobnih mikroorganizama kojima je za život potreban kisik. Na taj način se smanjuje količina suhe tvari u mulju. U bazenu je ugrađen sustav za aeraciju (11.01.01 AS) s difuzorima zraka. Komprimiran zrak proizvodi jedno puhalo za aerobnu stabilizaciju (08.02.01 PU), dok je dodatno puhalo (08.02.02 PU) ugrađeno za rezervu. Stabilizirani mulj će se crpiti pomoću dvije vijčane pumpe (12.01.01/20 CP), s frekvencijskom regulacijom na polja za ozemljavanje ili na dehidraciju mulja. [11] Jedna pumpa je radna, a druga pričuvna. Na tlačnom cjevovodu je ugrađen magnetno induktivni mjerac protoka (FIRC 12.02). U slučaju radova u spremniku za stabilizaciju mulja moguće je višak mulja iz ugušćivača izravno crpiti putem „*by-pass*“ cjevovoda na dehidraciju ili na polja za ozemljavanje, kao i kod ugušćivača mulja. [11]

### **5.13. Dehidracija mulja**

Iz spremnika za stabilizaciju mulja (11.00 BB) može se i višak mulja crpiti na sustav za dehidraciju mulja. Sustav se sastoji od:

- radne i rezervne ekscentrične pužne crpke za dovod mulja na dehidraciju (12.01.01/02 CP)
  - ne začepljive vijčane prese sa sustavom fiksnih i pomičnih ploča (12.02.01 VP)
  - stanice za automatsku pripremu i doziranje polielektrolita (12.04.01 CP)
  - radne i rezervne ekscentrične pužne crpke za doziranje polielektrolita (12.05.01/02 CP)
  - radne i rezervne ekscentrične pužne crpke za doziranje polielektrolita (12.05.01/02 CP).
- [11]

Stabilizirani i ugušćeni višak mulja će se najprije crpiti u spremnik za flokulaciju, u koji će se dozirati otopina polielektrolita, pripremljena u stanici za automatsku pripremu i doziranje polielektrolita (12.04.01 PP). Zapremina spremnika je minimalno 1000 litara. [11] Stanica se sastoji od tri spremnika opremljena miješalicama. Miješalice će ravnomjerno i potpuno otapati polimere. Polimer u prahu će se automatski dozirati iz lijevka u spremnik, pomoću spiralnog transportera. Pripremljena otopina koncentracije od oko 0,1 - 0,2% će se pomoću ekscentrične pužne pumpe (12.05.01/02 CP), dozirati u napojni cjevovod spremnika za flokulaciju. Doziranje će se vršiti i kontrolira prema količini ulaznog mulja izmjerenoj elektromagnetskim mjerачem protoka (FIRC 12.02). Pored uređaja za automatsku pripremu polielektrolita na vidljivom mjestu mora biti sigurnosni list s uputama za sigurno rukovanje kemikalijom. Rotor ekscentričnih pužnih pumpi je izrađen od materijala otpornog na abraziju, a pumpe će imati frekvencijsku regulaciju rada. [11] Kapacitet vijčane prese je dovoljan za obradu maksimalne količine mulja radnim vremenom dehidracije od 8 sati u danu i 5 dana u tjednu. Tijelo vijčane prese za dehidraciju izrađeno je od nehrđajućeg čelika AISI 304. Jedinica za dehidraciju ima pripadajući elektro ormar za upravljanje i PLC koji će biti povezan s NUS-om.

Dehidrirani mulj će se iz prese pomoću spiralnog transportera (12.03.01 ST), prebacivati u 5 m<sup>3</sup> kontejner (12.06.01 KO). Sva otpadna voda od dehidracije i voda koja će se koristiti za ispiranje skupljat će se internom kanalizacijom natrag u ulaznu crpnu stanicu. Vijčana presa je potpuno zatvoren uređaj kako se otpadni zrak ne bi mogao širiti prostorijom u kojoj se vrši dehidracija, nego se izravno isisavati na kemijski filter (16.02.01 KF), zajedno sa zrakom iz prostorije. Sustav za dehidraciju mulja je smješten u tehnološkoj zgradi dehidracije mulja. Iz prostora dehidracije osigurano je pročišćavanje zraka isisavanjem na kemijski filter (16.02.01 KF). U slučaju kvara centralnog isisavanja na filter ili u slučaju nedozvoljene koncentracije štetnih plinova, potrebno je dodatno prozračivanje i izmjena zraka koja je osigurana zidnim aksijalnim ventilatorom. Za servisiranje sustava dehidracije ugrađena je servisna staza izrađena od konstrukcijskog čelika St37, prebojana epoksi premazom, uključivo s mačkom (12.11.01



DL) koja je prilagođena nosivosti, prema težini uređaja koji će se koristiti prilikom servisa. Lanci, vodilice i kuke za podizanje su izrađene od nehrđajućeg čelika AISI 316. Unutrašnjost prostorija je obložena keramičkim pločicama. Na podu su protuklizne i kiselo otporne pločice, a na zidovima kiselo otporne do pune visine zida, sa zaobljenim spojevima zid-pod, radi lakšeg održavanja. [11]

#### **5.14. Polja za ozemljavanje**

Izgrađeno je 6 polja za ozemljavanje te su ugrađene vodonepropusne folije za sprečavanje ocijednih voda s polja u teren. Iznad vodonepropusne folije je drenažni sloj pijeska u koji se ugrađuje drenažne cijevi i sadi trstika. Višak stabiliziranog mulja će se dnevno raspoređivati na polja za ozemljavanje. To je moguće pomoću razvodnog cjevovoda i sustava zasuna kojima se određuje na koje polje se raspoređuje mulj. U oknu pokraj pojedinog polja za ozemljavanje nalazi se ručni zasun na razvodnom cjevovodu, koji će se otvarati kad se mulj bude crpio na pojedino polje. Na pojedino polje mulj će se crpiti po tjedan dana, a onda će se crpiti na drugo polje. Ocijedna voda će se s polja prikupljati drenažnim cijevima te gravitacijski odvoditi u ulaznu crpnu stanicu. Kako bi se spriječilo zamrzavanje, u razvodnoj cijevi će se u zimskom razdoblju razvod mulja na pojedino polje isprazniti otvaranjem ručnog ventila za dreniranje cjevovoda. Polja će se ciklički puniti svaki tjedan dana na drugo polje. Svako polje će se napuniti samo djelomično do određene debljine mulja (maksimalno 10 cm), a onda će se mulj puniti u druga polja. U tom razdoblju doći na prvom polju će najprije doći do dreniranja vode iz razrijeđenog mulja, koji se puni u polja. Zatim dolazi do sušenja mulja i mineralizacije pa će se debljina mulja u tom polju tijekom vremena smanjiti. Mineralizacija mulja na poljima za ozemljavanje trajat će od 6 do 10 godina. Volumen polja je dovoljan do 10 godina punjenja i mineralizacije mulja. Nakon tog vremenskog razdoblja punjenja, sušenja i stabilizacije, napuniti će se pojedino polje do vrha. Kada se polje napuni do vrha potrebno ga je isprazniti. Za vrijeme radova kod pražnjenja polja nasipavanjem šljunka se stvori pristup mehanizacijom u pojedino polje kako se ne bi oštetila folija. Na poljima za ozemljavanje mulja zasađena je trstika, koja služi za mineralizaciju i sušenje mulja. Kako bi se poljima za ozemljavanje moglo pristupiti zbog održavanja, izgrađena je pristupna makadamska cesta. Održavanje polja za ozemljavanje odnosi se na košenje trstike jednom godišnje. Prije košnje se barem mjesec dana ne aplicira mulj na odabrano polje za ozemljavanje. Nakon pražnjenja pojedinog polja ponovno je potrebno obnoviti sloj šljunka za dreniranje i zasaditi trstiku. Trstiku je potrebno redovito zalijevati tehnološkom vodom, koja se priključi na razvodni cjevovod. [11]

## 5.15. Priprema tehnološke vode

Pročišćena otpadna voda će se iz dekantera slijevati u crpnu stanicu tehnološke vode (09.01 BB). Ugrađena je jedna radna i jedna rezervna potopna pumpa tehnološke vode (09.03.01/02 CP) koja crpi pročišćenu vodu u sustav za pripremu tehnološke vode. U crpnoj stanici ugrađen je nivo prekidač (LS 09.01) za zaštitu pumpi od suhog rada. Crpna stanica izvodi se s automatskim i lokalnim upravljanjem te je spojena na NUS Postrojenja. [11] Pročišćena voda će se najprije crpiti preko automatskog filtra za vodu (14.02.01) u spremnik tehnološke vode (14.00 BB). Automatski filter za vodu (14.02.01 FV) ima mrežicu svijetlog otvora 0,3 mm te će izbacivati iz pročišćene otpadne vode moguće nečistoće i na taj način štiti ventile i ostalu opremu priključenu na sustav za tehnološku vodu. Automatski filter ima sustav za automatsko čišćenje koji će se uključiti ovisno izmjenom padu tlaka na filteru. Potopna pumpa tehnološke vode (09.03.01/02 PC) će se automatski uključiti, što će ovisiti o razini u spremniku tehnološke vode (14.00 BB). Nakon filtra će se u pročišćenu otpadnu vodu dozirati otopina natrijeva hipoklorita (NaOCl), koji će služiti kao sredstvo za dezinfekciju tehnološke vode. Za dezinfekciju vode će se upotrebljavati 10-15% otopina NaOCl, koja se prenositi i dopremati u spremnicima od 20 litara. Iz spremnika će se NaClO dozirati u tehnološku vodu pomoću dozirne pumpe (14.05.01 CP). Dozirna pumpa će se uključiti kad se uključe potopne pumpe za tehnološku vodu (09.03.01/02 PC). Filtrirana i dezinficirana voda skupljat će se u betonskom spremniku tehnološke vode (14.00 BB). Volumen spremnika ima zapremninu od 25 m<sup>3</sup> koja je dovoljan za dnevnu potrošnju tehnološke vode. Tehnološka voda iz spremnika se crpi u nezavisni sustav cjevovoda tehnološke vode do svih potrošača tehnološke vode uz pomoć hidroforskih pumpi (14.04.01/02 CP). Hidroforske pumpe imaju svoj lokalni upravljački elektro ormar, koji je spojen s NUS-om. U spremniku tehnološke vode (14.00 BB) nalazi se mjerač nivoa tehnološke vode (LIC 14.03) i nivo prekidač (LS 14.02) za zaštitu crpki od suhog rada. Sva oprema pripreme tehnološke vode spojena je na NUS. Hidroforska stanica za crpljenje tehnološke vode je fizički povezana nezavisnim sustavom cjevovoda tehnološke vode sa svakom opremom koja zahtijeva ispiranje. Sustav distribucije tehnološke vode izvodi se od PEHD cijevi, PE 100, SDR 17, PN10 bar. [11] Sva priključna mjesta za tehnološku vodu su odgovarajuće označena, tekstom i grafički, kako bi se vidjelo da se radi o vodi koja nije za piće. Cjevovodi tehnološke vode i vode za piće su različitih boja i označeni na primjeran način kako bi se mogli razlikovati. [11]

## 5.16. Rezervoar za koagulant

U komunalnim otpadnim vodama prisutan je fosfor te se djelomično uklanja putem ugradnje u suvišan biološki mulj pomoću mikroorganizma. Biološko uklanjanje fosfora nije dovoljno za postizanje traženih koncentracija fosfora u pročišćenim otpadnim vodama pa je potrebno još dodatno kemijsko uklanjanje. Kemijsko uklanjanje fosfora vršit će se doziranjem koagulanta. Koagulant za kemijsku eliminaciju fosfora skladištit će se u spremniku (15.01.01 SP) veličine 5 m<sup>3</sup>. Koagulant će se dozirati pomoću dozirnih pumpi (15.02.01/02 CP) u selektor (07.01 BB). Ugrađene su dvije dozirne pumpe (15.02.01/02 CP), radna i pričuvna pumpa. Spremnik za koagulant (15.01.01 SP) opremljen je s mjeračem razine (LIA 15.01) i nivo prekidačima (LS-LL 15.02 i LS-HH 15.03). Koagulant će se u selektor dozirati ovisno o izmjerenoj koncentraciji fosfora u pojedinom SBR bazenu pomoću „on-line“ mjerača (AI PO4 P 07.13) te procesnog modula za fosfor. [11] Na kraju ciklusa prije faze taloženja i dekantacije potrebno je dobiti traženu koncentraciju fosfora. Za kemijsku eliminaciju fosfora upotrebljavat će se otopine Al<sup>3+</sup> ili Fe<sup>3+</sup> soli. Predviđena je upotreba 40% tehničke otopine FeCl<sub>3</sub>, kao koagulanta. Ugrađena oprema omogućavat će upotrebu i drugih otopina koagulanta. Koagulant će se dovoziti autocisternom, iz koje će se precrpiti u spremnik. Koagulant će se skladištiti u spremniku veličine 5 m<sup>3</sup> s dvojnim stijenama, koje imaju mogućnost zadržati cijeli volumen kemikalije u slučaju puštanja spremnika. U vrijeme prelijevanja koagulanta u spremnik autocisterna će biti smještena na betonskoj podlozi koja je predviđena za kemikalije. Pretakalište je izrađeno od betona otpornog na kemikalije. Pretakalište ima dva slivnika s poklopcima. Prvi slivnik će biti otvoren kad se bude vršilo pretakanje kemikalije. Ispust iz prvog slivnika će biti u posebno okno. Volumen okna i pretakališta je dovoljan da prihvati volumen kemikalije, koja može isteći u 5 minuta. Kemikalija koja se će skupiti u oknu će se neutralizirati i iscrpiti. Za vrijeme pretakanja kemikalije drugi slivnik će biti zatvoren poklopcem. Kad se ne bude vršilo pretakanje kemikalija onda će se prvi slivnik zatvoriti poklopcem, a drugi slivnik će se otvoriti. Ispust iz drugog slivnika izljevati će se u internu kanalizaciju UPOV-a, koja je priključena na dovodni cjevovod UPOV-a. U drugi slivnik će se skupljati padaline i otpadne vode s površine pretakališta. Razlog je taj što će se pretakalište koristiti i za autocisterne, koje će prevoziti sadržaj septičkih jama. Koagulant (otopina FeCl<sub>3</sub>) je agresivna, nagrizajuća (pH<1) kemikalija štetna za zdravlje i okolinu. Kod rukovanja s koagulantom potrebno je slijediti upute sa sigurnosnoga lista s uputama za sigurno rukovanje s kemikalijom, koji će biti postavljen neposredno kod spremnika, tj. mjesta upotrebe. Kod rukovanja s koagulantom obvezno je potrebno upotrebljavati zaštitnu opremu (zaštitno odijelo, čizme, rukavice i naočale). Ako se

razlije manja količina kemikalije, površina se mora dobro oprati vodom. Ako se razlije veća količina, tada je potrebno površinu očisti s apsorpcijskim materijalom (npr. pijesak i sl.). [11]

### **5.17. Filtar za otpadni zrak**

Svi tehnološki procesi iz kojih se mogu emitirati plinovi neugodnih mirisa i štetni po zdravlje (npr. sulfidi, merkaptani, amonijak, sumpor vodik i druge organske komponente), odvijaju se u zatvorenim prostorima ili u zatvorenim uređajima. Otpadni zrak, koji nastane u takvim procesima, podtlakom se usisava prema filtru za pročišćavanje otpadnog zraka. Otpadni zrak iz stanice za prijeme septike, automatskih grubih rešetki, kompaktnog uređaja, klasirera pijeska, uređaja za dehidraciju mulja te iz ulazne crpne stanice, iz prostorije prijema septike, mehaničkog tretmana i dehidracije te iz egalizacije i ugušćivača usisavat će se pomoću ventilatora (16.01.01 VE) na filtara za otpadni zrak (16.02.01 ZF). Ventilator za zrak ima regulaciju brzine rada. Na svakom usisnom cjevovodu je leptirasti ventil, s kojim se može regulirati količina zraka, koji se usisava na čišćenje zraka. Filtar za pročišćavanje zraka mora biti izrađen iz nehrđajućeg čelika minimalne kvalitete AISI 304 i obavezno mora proći postupak završne površinske zaštite metodom jetkanja u kupelji te dodatno postupak pasivizacije. [11] Pokrov za zadržavanje otpadnog zraka je ugrađen na izvoru otpadnog zraka zajedno s odgovarajućim cjevovodima, kako bi odvodili zrak prema uređajima za obradu otpadnog zraka. Prilazne i mjerne točke su uključene u pokrovima i cjevovodima, a brzo otpuštajući uređaji su ugrađeni u pokrove. Sustav cijevi sadrži otvor za balansiranje protoka na sustavima s više izvora svježeg zraka te sadrži sustav za prikupljanje kondenzata s ručno kontrolirani ventilima za ispuštanje istog. Predviđeno je da se izvori otpadnog zraka zatvore te da se otpadni zrak pod tlakom usisava prema filtru za pročišćavanje otpadnog zraka. Na filtru se pročišćava otpadni zrak, kojeg se lokalno usisava iz pojedinih zatvorenih uređaja (kompaktni uređaj, prijem septike, dehidracija) ili iz određenih prostorija/zgrada (prijem septike, mehanički tretman, dehidracija, ulazna crpna stanica, egalizacija, ugušćivač mulj). [11] Na navedenim mjestima se očekuju veće emisije štetnih plinova. Dodatno prozračivanje i izmjena zraka iz prostorija osigurana je zidnim aksijalnim ventilatorom u prostorijama koje nisu povezane na filter; u slučaju kvara centralnog usisavanja na filter ili ako se unutar prostorije detektira nedozvoljena koncentracija štetnih plinova. Izvori otpadnog zraka su zatvoreni, a otpad će se uvrećavati, u prostorijama mehaničkog tretmana, prijema septike i dehidracije neće biti povećane koncentracije štetnih plinova. Iz tog razloga zrak u prostorijama će biti prema Pravilniku o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i o biološkim graničnim vrijednostima (NN 13/09, 75/13).

Kvaliteta zraka na granici UPOV Jastrebarsko će biti sukladna zahtjevima DoN i hrvatskih zakona i zahtjeva iz Elaborata o ocjeni potrebe za procjenu utjecaja na okoliš. Za pročišćavanje otpadnog zraka na UPOV-u Jastrebarsko predviđen je kemijski filter (KF) kapacitete 3.000 m<sup>3</sup>/h, koji neutralizira neugodne mirise i onečišćenja u zraku koja su štetna po zdravlje i život operatera. [9] KF filtri su učinkoviti te zauzimaju malo prostora, a proces uklanjanja onečišćenja i neugodnih mirisa odvijat će se unutar filtera. Filter se sastoji od nekoliko slojeva različitih aktivnih masa. Molekule koje uzrokuju neugodne mirise i druge kontaminante u zraku se u kontaktu s aktivnom masom neutraliziraju i oksidiraju. Ostatak su anorganske soli i potrošena filter masa, koja se smatra neopasnim otpadom. Završni rezultat je čist zrak bez neugodnih mirisa. Filter za zrak mora osigurati:

- učinkovitost pročišćavanja otpadnog zraka, tj. da zrak bude čist 99,5%,
- potpunu funkcionalnost na vanjskoj temperaturi od -20 do +50 °C
- otpornost pri 95 % relativne vlage u zraku. [11]

Filter za otpadni zrak će osiguravati kakvoću zraka koja je vidljiva u Tablici 1.

Tablica 1. Kakvoća zraka filtra za otpadni zrak [11]

zahtjevi za kakvoću zraka	na granici lokacije UPOVa		
NH <sub>3</sub>	100	mikrogram/m <sup>3</sup>	prosječno razdoblje - 24 sata
H <sub>2</sub> S	7	mikrogram/m <sup>3</sup>	prosječno razdoblje - 1 sat
	5	mikrogram/m <sup>3</sup>	prosječno razdoblje - 24 sata
merkaptani	3	mikrogram/m <sup>3</sup>	prosječno razdoblje - 24 sata

Moguća dodatna potrebna ventilacija i izmjena zraka sa svježim zrakom prostora mehaničkog tretmana i prijema septike zbog sprječavanja Ex zona osiguravat će se pomoću aksijalnih ventilatora. [11]

### 5.18. Dizel agregat i 22. Transformatorska stanica

Za potrebe opskrbe električnom energijom izgraditi će se nova transformatorska stanica 630 kVA. Procijenjena instalirana snaga svih potrošača je 349 kW, a vršna snaga je 220 kW. Dnevna potrošnja električne struje biti će 1.409 kWh/dan. Pričuvni sustav napajanje električnom energijom će biti izveden pomoću dizel agregata, minimalne snage 220 kVA. Dizel agregat će omogućiti rad svih uređaja i postrojenja potrebnih za nesmetan rad pročišćavanja kao što su:

grube rešetke, ulazna crpna stanica, kombinirani uređaj za mehanički tretman, egalizacija, SBR bazeni, puhalo za aeraciju SBR bazena, ventilacija, instrumentacije i kontrolnog NUS sustava, i „panik“ rasvjete. Dizelski generator će se automatski uključiti u slučaju nestanka struje u roku od maksimalno 5 minuta. [11] Prilikom nestanka struje neće biti potrebna ručna intervencija, sve radnje su automatske. Ugrađen je i sustav za sinkronizaciju između generatora i vanjske strujne mreže. Dizel agregat će imati spremnik za gorivo velike zapremnine koji će omogućiti kontinuirani rad elemenata Postrojenja navedenih gore u tekstu. Napajanje iz agregata kontinuirano će trajati minimalno 12 sati. Spremnik goriva mora biti nadzemni, a projektiranje i instalacija spremnika mora biti u skladu s normom HRN EN 13341. [10]

### **5.19. PLC, SCADA, NUS**

Postrojenje je opremljeno za najveći mogući stupanj automatiziranog rada. Sve informacije o stanjima pojedinih uređaja, vrijednostima mjerenih veličina, alarmima te upravljanje je izvedeno pomoću PLC-a. Sve od prije spomenuto biti će prikazano u programskom alatu za vizualizaciju (SCADA), koji će biti smješten u centralnom NUS-u u upravnoj zgradi Postrojenja. [11] Osnovna zamisao nadzorno-upravljačkog sustava se temelji na tome da se u svakom daljinski nadziranom objektu nalazi elektro-energetika i pripadna lokalna automatika sa svom potrebnom pripadnom mjerno-izvršnom opremom koja je funkcionalno povezana sa sustavom nadzora i daljinskog upravljanja. Upravljanje radom Postrojenja u automatskom radu je preko glavnog PLC-a smještenog u centralnom upravljačkom ormaru u okviru NUS-a. Svi lokalni upravljački elektro ormari bit će spojeni na NUS Postrojenja kao jedinstveni sustav upravljanja. Za potrebe održavanja u ručnom upravljanju rada biti će mogućnost pokretanja i zaustavljanja pojedinih dijelova Postrojenja (automatska gruba rešetka, kompaktni mehanički uređaj, stanica za prijem septike te svi ostali pogoni za koje je to potrebno) preko lokalnog upravljačkog ormarića s tipkalima. [11] Upravljački sustav će raditi na tri razine:

1. razina: ručno upravljanje odvijat će se korištenjem lokalnih start/stop prekidača na svakom komandnom pultu u blizini Postrojenja.
2. razina: lokalni automatski rad biti će upravljan uz pomoć pripadajućih lokalnih uređaja koji imaju mogućnost upravljanja.
3. razina: automatski rad će biti upravljan pomoću svih PLC-a, nadzor/upravljanje iz centralnog NUS-a, na temelju unaprijed izrađenih algoritama NUS i PLC kontrolnog sustava te će imati ne prekidno napajanje (UPS) za razdoblje od 30 minuta i više. NUS će biti opremljen glavnim i rezervnim računalom te će imati mogućnost daljinskog

praćenja putem interneta ili GSM vezom do odgovornih i ovlaštenih osoba. NUS se sastoji od izrade programskih algoritama u svakom postavljenom PLC-u te izrade slika za svaki dio UPOV-a u programskoj aplikaciji za vizualizaciju (SCADA). [11] SCADA će obuhvaćati slijedeće:

1. Pribićeće, spremanje i obrada pohranjenih informacija koji će u centralnu postaju stizati iz pojedinih objekata. Pohranjivat će se u datoteke, a odnosi se na digitalna stanja te analogna mjerenja koje će centralna postaja primiti iz pojedinih postaja.
2. Alarmiranje zvučnim, svjetlosnim i pisanim alarmom u slučaju prijema nekog alarmantnog stanja.
3. Obrada, pohrana i ispis prikupljenih informacija iz sustava te radnji koje su poduzete u komandnom centru. Biti će omogućeno odabiranje podataka koji će biti ispisivani.
4. Alfanumerički i grafički prikaz prikupljenih podataka iz sustava će biti prikazan na LCD monitoru. Grafički način će se koristiti za prikaz sustava koji se odnosi na signalizaciju te mjerenja prikazana grafičkim simbolima koji shematski prikazuju sve vjerodostojne uređaje iz UPOV-a. Alfanumerički način će se koristiti za prikaz listi, tabela, alarmnih stanja i važnih podataka iz sustava. Grafički prikazi će biti podijeljeni u više dijelova, tj. slika. Sadržavat će cjelokupne slike za cijeli sustav s osnovnim informacijama o tome je li objekt u normalnom radu ili se javila neka greška. Svi ostali prikazi biti će pojedinačni, po pojedinim objektima ili po grupama tehnološko povezanih objekata s detaljnim prikazom svih funkcija. U prikazima, pojedina slika sastojat će se od fiksnih i varijabilnih simbola te tekstova numeričkih podataka. Varijabilni simboli i tekstovi mijenjaju svoj izgled u ovisnosti o informacijama prikupljenih iz sustava, tj. o stanju pridruženih informacija. Fiksni simboli služit će za povezivanje elemenata sustava u logičku tehnološku cjelinu. [11]
5. Izmjena postojećih i stvaranje novih prikaza, koji će služiti korisnicima da prilikom mogućih promjena u konfiguraciji mjerno-regulacijsko-upravljačke opreme mogu mijenjati grafičke prikaze, mjerne vrijednosti i sustavne parametre za pojedine uređaje.
6. Automatski rad koji će se temeljiti na algoritmu automatskog rada, uz mogućnost promjene rada od strane dežurnog operatera slati će daljinske naredbe u Postrojenje. Unos naredbi bit će moguć upotrebom tipkovnice ili miša na simbol uređaja kojim se želi upravljati, čime se otvara "prozor" s odgovarajućim odabirom za izdavanje naredbi. Svi algoritmi koji se mogu riješiti na razini PLC-a trebaju rješavat će se na toj razini. Algoritmi na razini sustava rješavat će se na razini komandnog centra, što će osiguravati veću pouzdanost. U slučaju prekida komunikacije i prekida komandnog centra svi

objekti će i dalje, bez ikakvih smetnji funkcionirati normalno, u automatskom režimu. [11]

## 5.20. Upravna zgrada i laboratorij

Zaposlenici UPOV Jastrebarsko nalaziti će se u novoj prizemnoj upravnoj zgradi u kojoj će biti kontrolna prostorija i pogonski laboratorij. Prostor dehidracije i prostor za puhala su u odvojenoj tehnološkoj zgradi. Upravna zgrada ima tlocrtnu dimenzije 16,43 m × 9,09 m. Visina objekta od kote uređenog terena do gornje kote nosive AB konstrukcije je 3,50 m. Bruto tlocrtna površina građevine je 143,32 m<sup>2</sup>. Zgrada se sastoji od prizemlja od ukupno dvanaest prostorija. Zgrada je podijeljena na sjeverni upravljački dio te južni tehnički dio. Upravna zgrada se sastoji od sljedećih prostorija:

- 17. a. Kontrolna prostorija 13,95 m<sup>2</sup>
  - 17. b. Sanitarni čvor i garderoba (dvije prostorije) 5,50+5,74 m<sup>2</sup>
  - 17. c. Spremište 3,79 m<sup>2</sup>
  - 17 c1. Ured 8,19 m<sup>2</sup>
  - 17. d. Dnevni boravak i kuhinja 12,66 m<sup>2</sup>
  - 17. e. Hodnik 7,56 m<sup>2</sup>
  - 17. f. Laboratorij 13,93 m<sup>2</sup>
  - 17. g. Toplinska stanica 7,06 m<sup>2</sup>
  - 17. h. Sanitarni čvor 4,95 m<sup>2</sup>
  - 18. Skladište 19,24 m<sup>2</sup>
  - 19. Radionica 19,24 m<sup>2</sup>
- Ukupna neto tlocrtna površina je 121,45 m<sup>2</sup>. [11]

Za nadzor rada Postrojenja i kontrolu kvaliteta sirovih i pročišćenih otpadnih voda izgrađen je novi pogonski laboratorij u novoj upravnoj zgradi postrojenja. U laboratoriju će se analizirati sljedeći parametri: biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), kemijska potrošnja kisika (KPK), ukupni fosfor, ukupni dušik, amonijev dušik, nitratni dušik, konc. mulja, suspendirane tvari, taložive tvari, pH, otopljeni kisik, elektrovodljivost i sl. [11] Laboratorij će biti opremljen sljedećom opremom:

- spektrofotometar
- termoreaktor
- termostatski kontroliran inkubator za BPK<sub>5</sub>



- komplet laboratorijskih pipeta
- više-parametarski prijenosni multimeter s digitalnim elektrodama za mjerenje pH, otopljenog kisika i elektrovodljivosti
- homogenizator za pripremu uzorka
- hladnjak
- miješalica magnetska s grijanjem
- ručni uzorkivač sa teleskopskim štapom
- set za membransku filtraciju
- analitička vaga
- sušionik
- analizator vlage
- prijenosni aparat za mjerenje mutnoće i suspendirane tvari
- binokularni mikroskop. [11]

## 6. ZAKLJUČAK

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) Aglomeracije Jastrebarsko završetkom gradnje i puštanjem u upotrebu riješit će problem nedovoljne zaštite recipijenta preljernih voda. Kako je došlo do sve većeg razvoja poljoprivrede, industrijalizacije i razvoja gradova tako je i veća potreba za korištenjem vode te dolazi do stvaranja veće količine otpadnih voda. Zahvaljujući razvoju tehnologije mogu se zaštititi prirodni vodotoci izgradnjom pročišćivača otpadnih voda. Uređaj za pročišćavanje voda aglomeracije Jastrebarsko predstavlja biljni pročišćivač koji je idealan za manja mjesta, uklapa se u okoliš te ne narušava njegov izgled. Na području Jastrebarskog i okolnih mjesta nije razvijena industrijalizacija te nema veliki broj stanovnika pa je zahvaljujući tome bila moguća izgradnja biološkog pročišćivača na bazi aktivnog mulja. Pročišćena voda će se moći koristiti i u druge svrhe, za održavanje pročišćivača, ali i za natapanje poljoprivrednih površina. Biljni pročišćivač vode je jednostavan, prihvatljiv, ima nizak trošak izgradnje, a svojim izgledom ne narušava prirodno stanište.

## 7. LITERATURA

### Knjige:

1. **Tušar, B.:** „Pročišćavanje otpadnih voda“, Kigen d.o.o. i Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (2009.), ISBN 978-953-6970-65-0 (19-21, 27-28, 51-55, 99, 100, 103-105 str)
2. **Jurac, Z.:** „*Otpadne vode*“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (2009.), ISBN 978-953-7343-24-8 (45, 63, 65-68 str.)

### Web stranice:

3. Otpadne vode. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45899>, pristupljeno 30.5.2021.
4. Borplastika: O uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, <https://www.borplastika.hr/o-uredajima-za-procciscavanje-otpadnih-voda/>, pristupljeno 17.4.2021.
5. Uređaj za pročišćavanje: <https://www.pmf.unizg.hr/images/50017753/uredjaji%201.pdf>, pristupljeno 20.4.2021.
6. Hrvatske vode. <https://www.voda.hr/hr/eu/jastrebarsko>, pristupljeno 16.6.2021.
7. Jaska.hr. <https://www.jaska.com.hr/vijesti/u-tijeku-izgradnja-uredaja-za-prociscavanje-otpadnih-voda/>, pristupljeno 17.6.2021
8. Narodna novine. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_10\\_114\\_2184.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_10_114_2184.html), pristupljeno 16.7.2021.
9. Narodne novine. Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_05\\_61\\_1138.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_05_61_1138.html), pristupljeno 16.7.2021.
10. Hrvatski zavod za norme. <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2F66011c0bda2bd4dfc1256cf300764c2d%2F142583389f7e7049c12574e500488e10%3FOpenDocument%26AutoFramed>, pristupljeno 12.7.2021.

## **Stručni članci/časopisi:**

- 11. Grbić, P., Kodre, I., Končar, B., Pipuš, G.:** „*Elaborat tehničko tehnološkog rješenja*“, Izgradnja postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko - UPOV Jastrebarsko. Građevina investitor projektant, (2020), 20-37.

## **8. POPIS PRILOGA**

### **8.1. POPIS SLIKA**

Slika 1. Prikaz rada procesa uređaja za pročišćavanje pročišćavanja vode [5] .....	11
Slika 2. Nacrt za izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko [11] ..	18
Slika 3. Mjesto izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Jastrebarsko [7] .....	19

### **8.2. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Kakvoća zraka filtra za otpadni zrak [11].....	37
---	----