

# POTENCIJALNI RIZICI ZA LJUDSKO ZDRAVLJE POVEZANI S IZLOŽENOŠĆU OTPADNIM VODAMA

---

**Braje, Karlo**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2024**

*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:128:209130>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Karlo Braje

**POTENCIJALNI ZDRAVSTVENI RIZICI  
POVEZANI S IZLOŽENOŠĆU OTPADNIM  
VODAMA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional graduate study of Safety and Protection

Karlo Braje

**POTENTIAL HEALTH RISKS  
ASSOCIATED WITH WASTEWATER  
EXPOSURE**

Master thesis

Karlovac, 2024

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Karlo Braje

**POTENCIJALNI ZDRAVSTVENI RIZICI  
POVEZANI S IZLOŽENOŠĆU OTPADNIM  
VODAMA**

Mentor: Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

Karlovac, 2024.



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

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni prijediplomski/ **stručni diplomski studij: Sigurnost i zaštita**

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

### **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Student: Karlo Braje

Matični broj: 0420421026

Naslov: Potencijalni zdravstveni rizici povezani s izloženošću otpadnim vodama

Opis zadatka:

Zadatak diplomskog rada je u navesti osnovne pojmove vezane uz otpadne vode, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, faze koje se odvijaju u uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, istaknuti opasnosti i štetnosti te zdravstvene rizike koji se mogu javiti. Osim toga, analizirati osnovna zaštitna sredstva, ekonomske učinke te na kraju iznijeti mišljenje na temelju svega obrađenog.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Rujan, 2023.

Rujan, 2024.

Rujan, 2024.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

## **PREDGOVOR**

Diplomski rad „Potencijalni zdravstveni rizici povezani s izloženošću otpadnim vodama” zaokružio je moje obrazovanje. Samostalno napisani diplomski rad za mene označuje kraj jednog perioda, studiranja.

Zahvaljujem se mentorici Lidiji Jakšić, mag. ing. cheming., koja me pratila u ovom radu i uveliko olakšala izradu ovog rada.

## SAŽETAK

U suvremenom svijetu, ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda ima ozbiljne ekološke posljedice. Učinkovito pročišćavanje i redovito održavanje uređaja za pročišćavanje ključni su zaštiti okoliša i zdravlju radnika. Sigurnost otpadnih voda je važan aspekt upravljanja okolišem i zdravljem. U ovom radu će biti prikazani različiti čimbenici koji utječu na sigurnost otpadnih voda, potencijalni zdravstveni rizici, mjere sigurnosti i zaštite povezane s uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Pravilno održavanje također donosi ekonomske uštede kroz smanjenje troškova popravaka i kazni. Ove mjere čine temeljnu komponentu održivog gospodarenja otpadnim vodama.

**Ključne riječi:** otpadne vode, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, mjere sigurnosti i zaštite, opasnosti, ekonomski učinci na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda

## SUMMARY

In the modern world, the discharge of untreated wastewater has serious ecological consequences. Efficient purification and regular maintenance of wastewater treatment facilities are crucial for environmental protection and the health of workers. Wastewater safety is an important aspect of environmental and health management. This paper will present various factors affecting the safety of wastewater, potential health risks, safety measures and safeguards associated with wastewater treatment plants. Proper maintenance also yields economic savings through reduced repair costs and penalties. These measures constitute a fundamental component of sustainable wastewater management.

**Keywords:** wastewater, wastewater treatment plant, safety and protection measures, hazards, economic effects on wastewater treatment facilities.

# SADRŽAJ

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA .....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY .....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD .....	1
2. OTPADNE VODE .....	3
2.1. Kućanske otpadne vode .....	5
2.2. Industrijske otpadne vode .....	5
2.3. Oborinske otpadne vode .....	7
2.4. Poljoprivredne otpadne vode .....	8
3. VAŽNOST UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....	9
4. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....	11
4.1. Prethodno pročišćavanje.....	12
4.2. Prvi stupanj pročišćavanja .....	13
4.3. Drugi stupanj pročišćavanja.....	14
4.4. Treći stupanj pročišćavanja .....	15
5. OPASNOSTI, RIZICI I OZLJEDE NA RADU S UREĐAJIMA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....	17
5.1. Identifikacija opasnih tvari i mikroorganizama u otpadnim vodama .....	17
5.2. Potencijalne opasnosti, rizici i ozljede radnika na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda.....	18
5.2.1. Rizici od nesreća .....	18
5.2.2. Fizički rizici.....	19
5.2.3. Ergonomski, psihosocijalni i organizacijski faktori.....	20
5.2.4. Kemijske opasnosti .....	21
5.3. Utjecaj ozljeda na radnike i posljedice na produktivnost .....	21
6. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE NA UREĐAJIMA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....	22
7. RAD U SKUĆENIM PROSTORIMA – ZAKONOSKA REGULATIVA.....	25
8. EKONOMSKI ČIMBENICI U VEZI S UREĐAJEM ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....	27
8.1. Analiza troškova uvođenja, održavanja i pogona uređaja.....	28



8.2.	Utjecaj uređaja na smanjenje troškova vodoopskrbnih sustava .....	29
8.3.	Potencijalna generacija prihoda od prodaje pročišćene vode .....	30
9.	STATISTIČKI PRIKAZ OZLJEDA VEZANIH UZ DJELATNOSTI OPSKRBE VODOM I UKLANJANJE OTPADNIH VODA.....	32
10.	KONTINUIRANO PRAĆENJE POBOLJŠANJE SIGURNOSTI, ZAŠTITE I EKONOMSKIH ASPEKATA.....	35
11.	ZAKLJUČAK.....	37
12.	LITERATURA .....	39
13.	PRILOZI .....	41
13.1.	Popis slika.....	41
13.2.	Popis tablica .....	41

## 1. UVOD

U posljednjim desetljećima svjedočimo dramatičnim promjenama u okolišu uzrokovanim sve većim utjecajem čovjeka. Nažalost, većina ovih promjena ima negativan odraz na okoliš i ekosustav, a jedan od ključnih faktora takvog negativnog utjecaja je ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda u okoliš. Da bismo se suočili s ovim izazovima i zaštitili okoliš od zagađenja, postaje iznimno važno implementirati visoko učinkovite sustave pročišćavanja otpadnih voda. Zagađenje voda može predstavljati vrlo veliku opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš.

Proces pročišćavanja otpadnih voda odvija se kroz nekoliko ključnih faza, od prethodnog pročišćavanja do krajnjeg stupnja obrade. Svaka od tih faza igra nezamjenjivu ulogu u osiguranju da ispuštanje otpadnih voda u okoliš ne uzrokuje štetne učinke. Izostavljanje ili nepotpuno provođenje bilo koje od ovih faza može rezultirati ozbiljnim ekološkim posljedicama.

Kako bi uređaji za pročišćavanje otpadnih voda radili optimalno, održavanje i redovito servisiranje postaju od suštinskog značaja. Osim tehničkog održavanja, posebno je važna briga za sigurnost i zaštitu zdravlja radnika koji obavljaju rad u prostorima uređaja.

Pravilna primjena standarda zaštite na radu, uključujući pravilnu upotrebu osobne zaštitne opreme, ključna je u minimiziranju rizika za radnike koji obavljaju ove zadatke. Pridržavanjem ovih smjernica i pravila može se značajno smanjiti ili potpuno eliminirati rizik od ozljeda na radu i profesionalnih bolesti, čime se čuva ne samo zdravlje radnika već i operativna učinkovitost postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Ekonomska strana također igra ključnu ulogu u ovom kontekstu. Nedostatak ili nepropisno održavanje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda može rezultirati visokim troškovima popravaka, kaznama zbog onečišćenja i smanjenjem produktivnosti. S druge strane, investiranje u modernizaciju i održavanje ovih postrojenja može donijeti značajne uštede kroz optimizaciju procesa, smanjenje

otpada, učinkovitije korištenje resursa i dugoročno smanjenje operativnih troškova [1, 7, 9, 15, 16].

U zaključku, pravilno upravljanje i održavanje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, uz istovremeno osiguranje sigurnosti i zaštite zdravlja radnika, čine temeljnu komponentu održivog gospodarenja otpadnim vodama. Ovo je ključno ne samo za zaštitu okoliša već i za očuvanje ekonomske održivosti i društvene odgovornosti u procesima pročišćavanja otpadnih voda [1].

## 2. OTPADNE VODE

Otpadne vode su vode koje su postale zagađene ili kontaminirane ljudskim aktivnostima i koje se više ne mogu sigurno koristiti za piće, kućanske potrebe ili druge svakodnevne svrhe, one su tekućine koje se sastoje od tekućeg otpada otopljenog u vodi, nastaju uporabom vode iz raznih vodoopskrbnih sustava za određene namjene, pri čemu dolazi do promjena u njenim fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim značajkama. Često sadrže različite nečistoće i tvari koje potječu iz raznih izvora, a to čini njihovu upotrebu opasnom ili neprihvatljivom. Otpadne vode potječu iz različitih izvora kao što su kućanstava naselja i gradova (organski i fekalni otpad), poljoprivrednih djelatnosti, tvornica ili industrijskih pogona. Jedan od načina procjene onečišćenja vode je boja, okus i miris te ukoliko postoji razlika od uobičajenog sastava i kvalitete. Otpadne vode moraju biti prikladno tretirane i pročišćene prije nego što se ponovno ispuštaju u okoliš kako bi se spriječilo onečišćenje voda i očuvala ekološka ravnoteža. Proces pročišćavanja uključuje uklanjanje suspendiranih čestica, organske tvari i patogenih mikroorganizama kako bi se osigurala sigurnost vode za okoliš i ljudsko zdravlje. Nakon obrade, voda se može ponovno koristiti za određene svrhe, kao što je zalijevanje vrta ili ispiranje toaleta, ili se ispušta u prirodna vodna tijela, ali obično podložno regulacijama kako bi se zaštitila okolišna i ljudska zdravstvena sigurnost. Otpadne vode su dio procesa hidrološkog ciklusa, koji nam prikazuje kruženje vode u prirodi (Slika1.).[1]

Otpadne vode svrstavaju se na:

- Kućanske otpadne vode: vode iz kućanstava uključuju vodu koja se koristi za pranje posuđa, pranje rublja, tuširanje, ispiranje WC-a i druge svakodnevne aktivnosti. Ove vode obično sadrže deterdžente, sapune, deterdžente za rublje i druge kemikalije.[1]
- Industrijske otpadne vode: nastale su upotrebom vode u različitim procesima rada i proizvodnje u industrijskim i sličnim proizvodnim pogonima koje mogu sadržavati kemikalije, teške metale, ulja i druge potencijalno štetne tvari. [1]

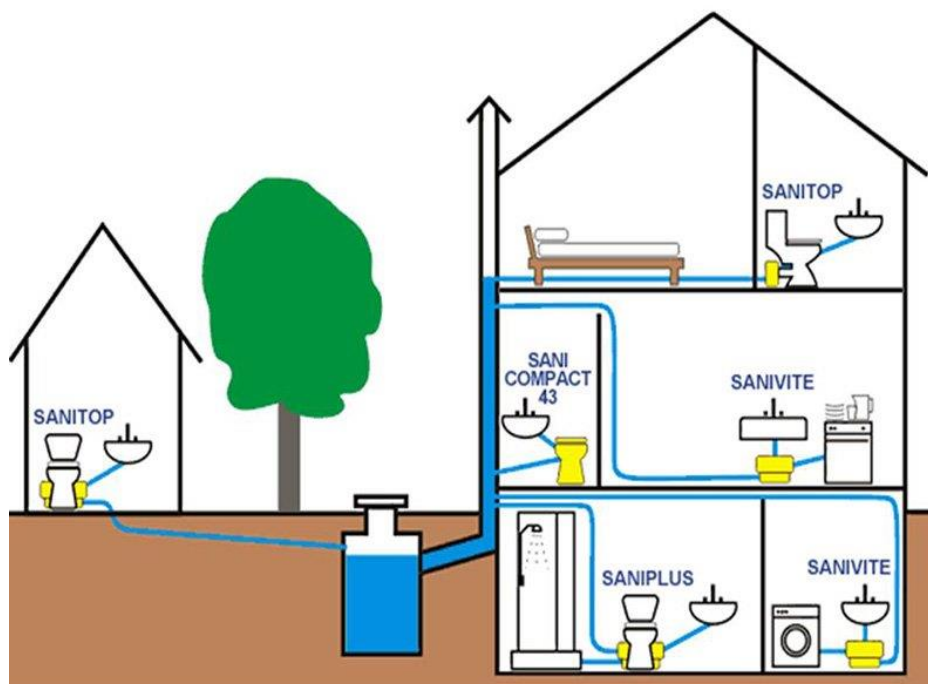


## 2.1. Kućanske otpadne vode

Kućanske otpadne vode nastaju na sanitarnim čvorovima stambenih, industrijskih, javnih i drugih objekata gdje ljudi rade i žive. Kada govorimo o kućanskim otpadnim vodama na osnovu tereta zagađenja možemo ih podijeliti u dvije vrste:

- Sive otpadne vode: predstavljaju otpadne vode iz tuševa, kupaonica, praonica, bazena itd. i ne sadrže mnogo krutih tvari [1].
- Crne otpadne vode: to su otpadne vode iz kuhinja i sanitarnih čvorova, odnosno ljudski i životinjski otpad [1].

Obično obje, i sive i crne otpadne vode se ispuštaju u isti sustav odvodnje i nazivaju se „kućna kanalizacija“ (Slika 2.) [1].



Slika 2. Shema primjera "kućne kanalizacije"[3]

## 2.2. Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode (Slika 3.), nastaju kao nusproizvod različitih tehnoloških procesa u industrijskim i drugim proizvodnim postrojenjima. Ove otpadne vode mogu se podijeliti u dvije osnovne kategorije:

- **Biološki lako razgradive otpadne vode:** Ove vrste otpadnih voda obiluju komponentama koje su sklone brzom biološkoj razgradnji. Primjerice, one proizlaze iz sektora prehrambene i fermentativne industrije. U ovim vodama prisutni su biološki jednostavni sastojci koji se relativno brzo razgrađuju u procesima pročišćavanja.
- **Biološki nerazgradive otpadne vode:** U ovom tipu industrijskih otpadnih voda nalaze se komponente koje posjeduju visoku otpornost na biološku razgradnju. To uključuje industrije poput kemijske, farmaceutske, proizvodnje papira te kvasca i celuloze. Unutar ovih voda prisutni su biološki složeni sastojci koji zahtijevaju specifične metode obrade kako bi se razgradili ili uklonili iz otpadnih voda.

Prije nego što se industrijske otpadne vode ispuštaju u gradske kanalizacijske sustave, važno je provesti postupak pročišćavanja iz nekoliko razloga, a to su uklanjanje toksičnih tvari koje mogu štetiti okolišu i ljudskom zdravlju, zaštita kanalizacijske infrastrukture od korozije i oštećenja, priprema otpadnih voda za obradu na postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, eliminirajući tvari koje mogu ometati rad tih postrojenja.

Očuvanje kvalitete vodenih resursa i zaštita okoliša zahtijevaju pažljivo upravljanje i obradu industrijskih otpadnih voda kako bi se osiguralo da ispuštene vode ne ugrožavaju okoliš i vodne ekosustave.



**Slika 3.** Industrijske otpadne vode[4]

### **2.3. Oborinske otpadne vode**

Oborinske otpadne vode (Slika 4.) potječu od atmosferskih oborina koje se onečišćuju u doticaju s tlom, krovovima, otapanjem plinovitih sastojaka iz onečišćenog zraka u kapljicama vode tzv. „kisele kiše“, ispiranjem značajne količine gnojiva i nerazgrađenih pesticida. U ove vode ubrajaju se i vode od pranja gradskih i seoskih ulica i nogostupa. Oborinske otpadne vode su jako slične sanitarnim otpadnim vodama, ali one se često ne pročišćuju iz razloga jer se smatraju čistima, što nikako nije dobro za očuvanje okoliša [1].



**Slika 4.** Oborinske otpadne vode [5]



## 2.4. Poljoprivredne otpadne vode

Neprestane poljoprivredne aktivnosti u različitim granama poljoprivrede, kao što su ribarstvo, mljekarstvo, tovilišta i svinjogojstvo, rezultiraju proizvodnjom značajnih količina otpadnih voda koje se mogu kretati od razrijeđenih do koncentriranih otopina biorazgradivih tvari. Nažalost, ove poljoprivredne otpadne vode (Slika 6.) često ostaju bez odgovarajućeg postupka obrade ili se tretiraju minimalno, često zanemarujući ozbiljne ekološke probleme koje iz toga proizlaze. Stoga je važno postaviti sustave za obradu poljoprivrednih otpadnih voda koji će smanjiti onečišćenje i minimizirati ekološke rizike. To uključuje implementaciju tehnologija i praksi koje smanjuju količinu i koncentraciju zagađivača u tim otpadnim vodama, kao i poticanje odgovornog upravljanja i regulacije u poljoprivredi kako bi se minimizirali negativni utjecaji na okoliš [1].



**Slika 5.** Poljoprivredne otpadne vode[6]

### **3. VAŽNOST UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA**

Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda predstavljaju iznimno važan dio infrastrukture koja ima širok utjecaj na našu okolinu, društvo i zdravlje. Njihova ključna uloga ogleda se u nekoliko ključnih aspekata.

Prvo, zaštita okoliša. Kada otpadne vode nisu pravilno obrađene prije ispuštanja u prirodne vodne resurse, poput rijeka, jezera i mora, one mogu ozbiljno zagađivati ove resurse. Otpadne vode sadrže štetne tvari kao što su kemikalije, teški metali, patogeni mikroorganizmi i hranjive tvari. Bez odgovarajuće obrade, ove tvari mogu narušiti ekosustave u vodenim tijelima, ugroziti riblji život i biološku raznolikost, te učiniti vode neprikladnima za korištenje u različite svrhe.

Drugo, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda igraju ključnu ulogu u zaštiti ljudskog zdravlja. Nepravilno tretirane otpadne vode mogu sadržavati opasne patogene mikroorganizme poput bakterija i virusa. Kada se ove nečiste vode koriste za piće, kuhanje ili kupanje, postoji visoki rizik od širenja zaraznih bolesti među ljudima. Stoga je pročišćavanje otpadnih voda kritično za osiguranje sigurnosti vode za ljudsku upotrebu.

Treće, uređaji za pročišćavanje pomažu u očuvanju dragocjenih resursa. Voda je ograničen resurs, i pročišćavanjem otpadnih voda možemo reciklirati vodu za različite namjene. To smanjuje pritisak na prirodne izvore vode i doprinosi očuvanju vodnih resursa za buduće generacije.

Četvrto, pročišćavanje otpadnih voda smanjuje troškove liječenja bolesti. Vodene bolesti koje se šire kroz zagađene vode mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme među ljudima. Pravilno pročišćavanje smanjuje rizik od ovih bolesti i štedi zdravstveni sustav od ogromnih troškova liječenja.

Peto, uređaji za pročišćavanje doprinose smanjenju ekonomske štete. Zagađena voda može imati ozbiljne ekonomske posljedice, uključujući štetu

poljoprivredi i ribarstvu te infrastrukturne probleme. Pročišćavanje otpadnih voda pomaže u smanjenju ovih ekonomskih gubitaka i potiče ekonomski prosperitet.

Konačno, pročišćavanje otpadnih voda pomaže u sprječavanju socijalnih i političkih problema. Nedostatak pristupa čistoj vodi za piće i higijenskim uslugama često vodi do sukoba oko resursa i migracije stanovništva. Uređaji za pročišćavanje igraju ključnu ulogu u sprječavanju ovih problema osiguravajući siguran pristup čistoj vodi i sanitarnim uslugama.

Sve u svemu, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda predstavljaju nezamjenjivu komponentu očuvanja okoliša, zaštite zdravlja ljudi te promicanja održivog razvoja. Njihova važnost je duboka i višestruka, te se proteže na mnoge aspekte našeg svakodnevnog života.

## 4. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

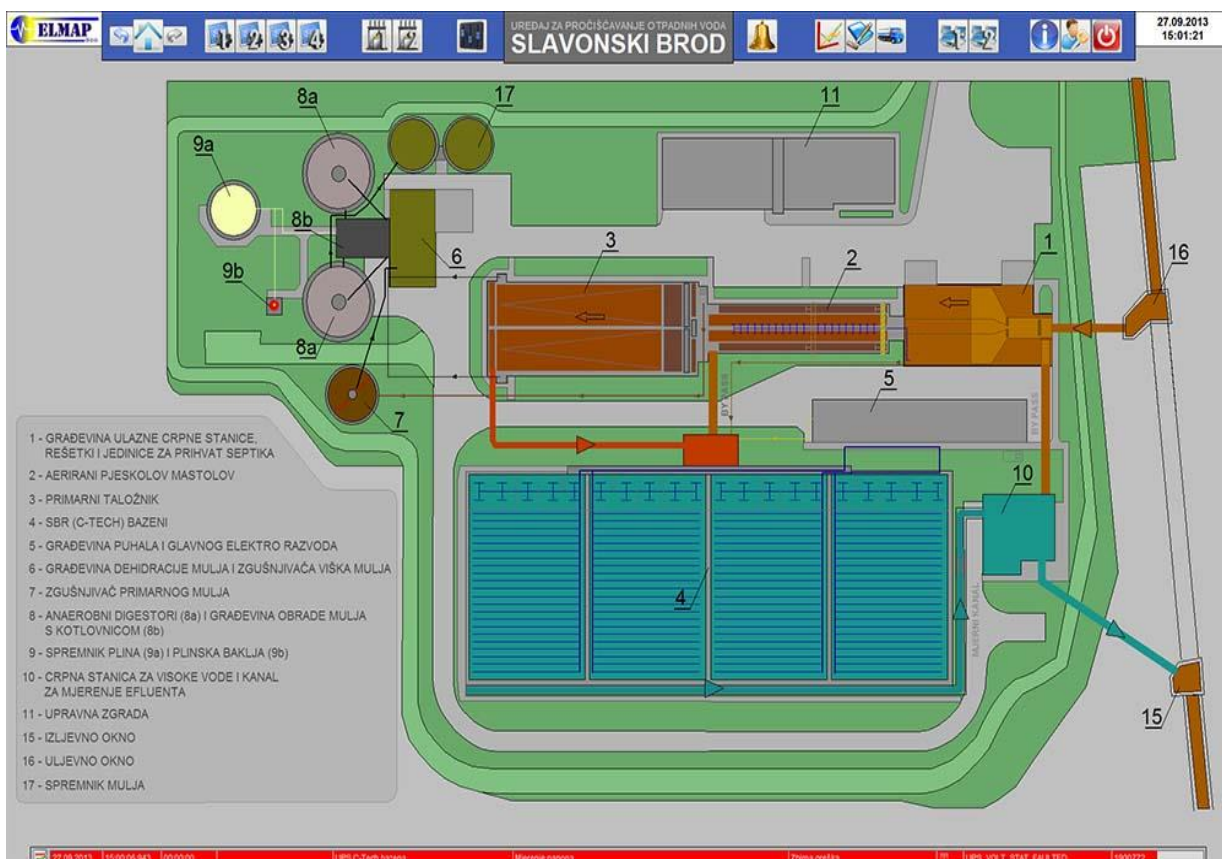
Projektiranje sustava za pročišćavanje otpadnih voda za urbana područja zahtijeva precizna i stručna istraživanja kako bi se odredili ključni faktori. Ovi faktori uključuju količinu i sastav otpadnih voda, a ovu analizu često predvode inženjeri i ekolozi [1, 7].

Osnovni koraci u projektiranju ovakvih sustava obuhvaćaju izračune volumena spremnika, kapaciteta crpnih postrojenja i ostalih komponenata. Poznavanje količine i sastava otpadnih voda koje dolaze u sustav ključno je za adekvatan dizajn. Ovo se često izražava kao "ekvivalent stanovnika", što pomaže u dimenzioniranju sustava kako bi se odgovarajuće nosio s očekivanim opterećenjem [1,7].

Način rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda obično uključuje nekoliko faza kako bi se osigurala učinkovita obrada:

- **Prethodno pročišćavanje:** Ova faza uključuje uklanjanje krupnih čestica, pijeska, mulja i drugih materijala iz otpadnih voda. To se obično postiže mehaničkim procesima kao što su rešetke i sita [1, 7].
- **Prvi stupanj pročišćavanja:** Nakon prethodnog pročišćavanja, otpadne vode ulaze u prvi stupanj pročišćavanja, gdje se nastavlja uklanjanje suspendiranih čestica. Ovaj proces često uključuje taloženje i flotaciju [1, 7].
- **Drugi stupanj pročišćavanja:** Nakon prvog stupnja, otpadne vode prolaze kroz biološki proces kako bi se razgradile organske tvari. Ovo uključuje aktivno muljenje ili biološki filteri koji koriste mikroorganizme za obradu otpadnih tvari [1, 7].
- **Treći stupanj pročišćavanja:** Treći stupanj se primjenjuje za dodatno pročišćavanje vode. To može uključivati napredne kemijske procese za uklanjanje hranjivih tvari ili dezinfekciju vode kako bi se osigurala sigurnost za okoliš i ljudsko zdravlje [1, 7].

Ovo su osnovni koraci u procesu pročišćavanja otpadnih voda u urbanim sustavima. Naravno, dizajniranje sustava za pročišćavanje otpadnih voda može biti znatno složenije i uključivati specifične tehničke detalje i zahtjeve ovisno o lokalnim uvjetima i zakonima. Slika 6. prikazuje shemu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Slavenskom Brodu [1, 7].



**Slika 6.** Shema uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Slavenskom Brodu [8]

#### 4.1. Prethodno pročišćavanje

Prethodno pročišćavanje u procesu obrade otpadnih voda ima ključnu ulogu u uklanjanju krupnih čestica i plivajućih krutih tvari, poput smeća, drva, šljunka, pijeska i masnoća. Cilj ovog koraka je ne samo zaštita od oštećenja dijelova uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, već i poboljšanje ukupne kvalitete otpadnih voda [1, 7].

Ova faza prethodnog pročišćavanja može uključivati sljedeće glavne procese:

- **Rešetanje:** U ovoj fazi, otpadne vode prolaze kroz rešetke koje su dizajnirane za zadržavanje krupnih čestica i predmeta poput grana, smeća i drugih velikih tvari. Ovo sprječava da se ovi predmeti dalje prenesu kroz sustav [1, 7].
- **Usitnjavanje:** Nakon rešetanja, neki sustavi uključuju usitnjavanje kako bi se dodatno smanjila veličina čestica i olakšalo njihovo daljnje rukovanje. Ovo može biti posebno važno ako su prisutni veliki predmeti koji bi mogli začepiti cijevi ili druge dijelove sustava [1, 7].
- **Taloženje:** U fazi taloženja, otpadne vode usmjeravaju se u spremnike gdje dolazi do usporavanja protoka. To omogućuje da teže čestice padnu na dno spremnika, stvarajući mulj. Mulj se kasnije može ukloniti i obraditi [1, 7].
- **Isplivavanje (flotacija):** Ova tehnika koristi zračne mjehuriće ili kemijske agense kako bi se potaknulo plivajuće tvari poput masnoća i ulja da isplivaju na površinu. Odatle se mogu lako ukloniti [1, 7].
- **Izjednačavanje:** Prije nego što otpadne vode uđu u sljedeće faze obrade, često se provodi proces izjednačavanja kako bi se smanjile varijacije u protoku i koncentraciji čestica. To pomaže u postizanju stabilnijeg i učinkovitijeg procesa pročišćavanja [1,7].

Sve ove faze prethodnog pročišćavanja osiguravaju da otpadne vode budu pripremljene za daljnju obradu u sustavu za pročišćavanje otpadnih voda, minimizirajući rizik od oštećenja opreme i poboljšavajući ukupnu kvalitetu obrađene vode [1, 7].

#### **4.2. Prvi stupanj pročišćavanja**

Prvi stupanj pročišćavanja otpadnih voda obuhvaća postupke kojima se iz prethodno pročišćenih otpadnih voda uklanjaju suspendirane tvari koje se

talože na dnu spremnika ili drugih pročišćačkih struktura. Osim toga, istovremeno se postiže smanjenje BPK5 (biološka potrošnja kisika nakon 5 dana), što je ključni pokazatelj organske kontaminacije vode [1, 7].

U nastavku je navedeno detaljnije o procesima koji se obavljaju u prvom stupnju pročišćavanja otpadnih voda:

- **Taloženje:** U fazi taloženja, otpadne vode se usmjeravaju u posebne spremnike gdje dolazi do usporavanja protoka. To omogućuje da teže čestice, poput pijeska, mulja i drugih suspendiranih tvari, padnu na dno spremnika i stvore talog. Ovaj proces se naziva taloženje i pomaže u uklanjanju krutih čestica iz vode [1, 7].
- **Zgrušavanje:** Zgrušavanje je proces koji se koristi za uklanjanje manjih čestica koje nisu učinkovito taložile tijekom taloženja. Ovo se često postiže dodavanjem koagulanata u otpadne vode. Koagulanti su kemikalije koje potiču čestice da se združe i formiraju veće zgrušavane čestice koje se lakše talože. Nakon formiranja zgrušanih čestica, one također padaju na dno spremnika i mogu se ukloniti kao talog [1, 7].

Ovim postupcima u prvom stupnju pročišćavanja postiže se znatno smanjenje suspendiranih tvari u otpadnim vodama, što smanjuje opterećenje na kasnije faze pročišćavanja i pomaže u poboljšanju kvalitete obrađene vode prije nego što prođe kroz biološke i kemijske procese u drugim stupnjevima pročišćavanja. Osim toga, smanjenje BPK5 ukazuje na smanjenje sadržaja organskih tvari u vodi, što je ključno za očuvanje kvalitete vodnih resursa i zaštitu okoliša [1, 7].

#### **4.3. Drugi stupanj pročišćavanja**

Drugi stupanj obrade otpadnih voda slijedi nakon prethodnog i prvog stupnja obrade otpadnih voda. Ovaj stupanj obično uključuje biološke procese kao ključni aspekt obrade otpadnih voda, ali također može uključivati i dodatne fizikalno-kemijske postupke kako bi se postigla visoka razina čišćenja i

sigurnosti. U drugom stupnju pročišćavanja otpadnih voda obavljaju se sljedeći procesi [1, 7]:

- **Biološki procesi:** Drugi stupanj pročišćavanja često se fokusira na biološke procese kako bi se uklonile organske tvari iz otpadnih voda. Ovaj korak može uključivati aktivno muljenje, biološke filtre ili druge biološke reaktore. U ovim reaktorima mikroorganizmi, poput bakterija, razgrađuju organske tvari u otpadnim vodama. Ovaj proces smanjuje količinu organskih tvari i BPK5 (biološke potrošnje kisika nakon 5 dana) u vodi, što je ključno za zaštitu vodnih resursa i okoliša [1, 7].
- **Dezinfekcija:** Dezinfekcija je proces koji se primjenjuje kako bi se uklonili patogeni mikroorganizmi iz otpadnih voda. To uključuje bakterije, viruse i ostale potencijalno štetne mikroorganizme. Dezinfekcija se obično postiže dodavanjem kemikalija, poput klora ili ozona, ili primjenom fizikalnih procesa, kao što je UV zračenje. Cilj je osigurati da obrađena voda bude sigurna za ispuštanje u okoliš ili za ponovnu upotrebu [1, 7].

Drugi stupanj obrade otpadnih voda igra ključnu ulogu u uklanjanju organskih tvari i mikroorganizama iz otpadnih voda kako bi se osigurala njihova sigurnost za okoliš i ljudsko zdravlje. Biološki procesi su posebno važni jer pružaju prirodan način razgradnje organskih tvari, dok dezinfekcija osigurava sterilnost obrađene vode prije nego što se vrati u prirodno okruženje ili koristi u ljudskim sustavima vodoopskrbe [1, 7].

#### **4.4. Treći stupanj pročišćavanja**

Treći stupanj pročišćavanja otpadnih voda primjenjuje se kada je potrebno postići visoki stupanj obrade vode, posebno radi uklanjanja hranjivih tvari kao što su fosfor i dušik. Osim toga, ovaj stupanj često uključuje uklanjanje neželjenih karakteristika vode, poput neugodnih mirisa, boje, prisutnosti mikroorganizama, koliformnih bakterija ili čak otrovnih tvari koje mogu biti štetne za vodni ekosustav. Treći stupanj pročišćavanja često se primjenjuje i na industrijske otpadne vode, za koje se specifični postupci često prilagođavaju



kako bi se postigao odgovarajući stupanj pročišćavanja. Ovaj stupanj pročišćavanja otpadnih voda temelji se na različitim tehnikama i procesima [1, 7]:

- **Fizikalni postupci:** U ovom stupnju koriste se različite fizikalne tehnike za pročišćavanje vode. To uključuje postupke kao što su cijeđenje, adsorpcija i membranski procesi. Cijeđenje se koristi za uklanjanje suspendiranih čestica iz vode, dok se adsorpcija primjenjuje kako bi se uklonile neželjene tvari vezivanjem za adsorbente. Membranski postupci koriste membrane za filtriranje tvari iz vode, što može biti posebno korisno za uklanjanje mikroorganizama i nečistoća.[1,7]
- **Kemijski postupci:** Kemijski postupci uključuju različite kemijske reakcije koje se primjenjuju za uklanjanje specifičnih tvari iz otpadnih voda. To može uključivati kemijsko obaranje tvari, oksidaciju i redukciju, ionsku izmjenu te dezinfekciju vode. Kemijsko obaranje, na primjer, može se koristiti za uklanjanje fosfora ili teških metala iz vode [1, 7].
- **Biološki postupci:** U trećem stupnju pročišćavanja često se primjenjuju biološki procesi kako bi se uklonile preostale hranjive tvari, poput dušika i fosfora. Ovo uključuje biološke reaktore i mikroorganizme koji razgrađuju ove tvari u neškodljive produkte [1, 7].

Svi ovi procesi čine treći stupanj pročišćavanja otpadnih voda složenim i učinkovitim za postizanje visokih standarda čistoće i zaštite vodnih resursa. Ovisno o specifičnim potrebama i karakteristikama otpadnih voda, odabrani su odgovarajući postupci kako bi se postigao željeni rezultat [1, 7].

## 5. OPASNOSTI, RIZICI I OZLJEDE NA RADU S UREĐAJIMA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Radnici u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda suočavaju se s nizom opasnosti i rizika tijekom svakodnevnog rada. Identifikacija tih potencijalnih prijetnji i razumijevanje njihovih posljedica od iznimne su važnosti za održavanje sigurnog radnog okoliša i zaštite zdravlja radnika [1, 9].

### 5.1. Identifikacija opasnih tvari i mikroorganizama u otpadnim vodama

- U otpadnim vodama mogu se nalaziti različite opasne tvari, uključujući teške metale, organske kemikalije i otrovne spojeve. Osim toga, prisutnost patogenih mikroorganizama (Slika 7.) kao što su bakterije i virusi također predstavlja potencijalnu opasnost [1, 9].
- Radnici koji dolaze u kontakt s ovim tvarima i mikroorganizmima bez odgovarajuće zaštite izloženi su riziku od trovanja, iritacije kože i očiju, te ozbiljnih zdravstvenih problema [1, 9].



**Slika 7.** Mikroorganizmi u otpadnim vodama [10]

## 5.2. Potencijalne opasnosti, rizici i ozljede radnika na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda

Radnici u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda suočavaju se s opasnošću od klizanja i pada zbog skliske površine, što može rezultirati ozljedama kao što su prijelomi, ogrebotine ili ozljede glave.

### 5.2.1. Rizici od nesreća

U postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, postoji niz značajnih fizičkih opasnosti i rizika, uključujući:

- **Padovi, poskliznuća i spoticanje:** Ovi incidenti često se događaju na mokrim podovima ili uslijed rukovanja vodom, izloživši radnike ozbiljnom riziku od ozljeda [1, 9, 11].
- **Padovi s visine:** Radnici koji rade na neispravnim ljestvama ili se penju na visoke industrijske instalacije suočavaju s potencijalno opasnim situacijama koje mogu rezultirati ozbiljnim padovima [1, 9, 11].
- **Padovi unutar industrijskih instalacija ili bunara:** Padovi unutar samih postrojenja ili pri ispitivanju bunara, posebice tijekom procesa uzimanja uzoraka vode za analizu, predstavljaju rizik za ozljede radnika [1, 9, 11].
- **Ozljede uzrokovane radnom odjećom i dijelovima tijela između strojeva:** Radnici koji rade s pokretnim ili rotirajućim strojevima izloženi su ozljedama, uključujući ozljede udova i odjeće [1, 9, 11].
- **Strujni udar:** S obzirom na činjenicu da se rad često odvija u mokrom i vlažnom okruženju, postoji visoki rizik od strujnog udara zbog kontakta s "živom" žicom ili neispravnim električnim instalacijama [1, 9, 11].
- **Izloženost opasnim tvarima:** Naglo otpuštanje otrovnih materijala, bilo kao posljedica nesreće ili ljudske pogreške, kao što je dodavanje kemikalija u neodgovarajuću instalaciju, može izložiti radnike rizičnim supstancama, uključujući klorni plin [1, 9, 11].
- **Rizik od požara:** Postoji opasnost od požara ako dođe do kontakta između sredstava za oksidaciju, kao što su dezinficijensi, i zapaljivih

tvari. Ovo se može dogoditi zbog nepropisnog skladištenja kemikalija, ljudskih pogrešaka ili iznenadnih ispuštanja iz cjevovoda [1, 9, 11].

- **Rizik od eksplozije:** Postoji potencijal za eksploziju ako dođe do kontakta između ozona, koji je vrlo snažan oksidator, i organskih kemikalija i agenasa s jakim svojstvima redukcije [1, 9, 11].
- **Rizik od utapanja:** Radnici koji rade u rezervoarima ili u vodotocima s jakom strujom suočavaju se s rizikom od utapanja tijekom svog posla [1, 9, 11].
- **Rizik od gušenja:** Postoji opasnost od gušenja tijekom održavanja ili instalacije, kao što je rad u skućenim prostorima kao što su spremnici ili boileri, ili tijekom iskopavanja, što može rezultirati urušavanjem iskopa ili tunela [1, 9, 11].



Slika 8. Znakovi upozorenja [12]

### 5.2.2. Fizički rizici

**Izloženost visokim razinama buke:** Radnici su izloženi visokim razinama buke zbog elektro-mehaničke opreme koja se koristi u postrojenju i bučnog okruženja u kojem rade. Ova izloženost buci može imati negativne učinke na sluh i zahtijeva primjenu zaštitnih slušalica radi zaštite sluha [1, 9, 11].

**Izloženost različitim vremenskim uvjetima:** Radnici se suočavaju s različitim vremenskim uvjetima, uključujući vjetrovite uvjete, niske temperature, kišu i visoke temperature tijekom ljetnih mjeseci. Ovi vremenski uvjeti mogu rezultirati različitim problemima, uključujući rizik od prehlade, udara hladnoće ili toplotnog udara. Stoga je potrebno osigurati odgovarajuću odjeću i zaštitu od vremenskih uvjeta kako bi se zaštitila zdravlja radnika [1, 9, 11].

**Izloženost UV zračenju:** Tijekom postupka dezinfekcije vode, radnici su izloženi UV zračenju koje može oštetiti oči ili kožu. Ovo može rezultirati ozbiljnim zdravstvenim problemima, stoga je potrebno nositi odgovarajuću zaštitnu opremu poput zaštitnih naočala i odjeće kako bi se minimalizirala izloženost UV zračenju i zaštitila zdravlje radnika [1, 9, 11].

### **5.2.3. Ergonomski, psihosocijalni i organizacijski faktori**

**Ozljede mišićno-koštanog sustava:** Radnici su izloženi riziku od ozljeda mišićno-koštanog sustava zbog neuobičajenih položaja tijela tijekom čišćenja ili inspekcije cjevovoda ili instalacija. Ovi neuobičajeni položaji tijela mogu prouzročiti naprezanje mišića i zglobova [1, 9, 11].

**Prevelik napor:** Prekomjerni napor može nastati tijekom podizanja ili rukovanja teškom opremom ili velikim paketima kemikalija. Takav napor može uzrokovati ozljede i oštećenja različitih sustava u tijelu [1, 9, 11].

**Psihološki stres ili pritisak:** Radnici su izloženi psihičkom stresu ili pritisku zbog različitih okolinskih faktora kao što su buka, špricanje vode, neugodni mirisi i visoka vlažnost. Ovi faktori mogu stvarati stresno radno okruženje [1, 9, 11].

**Psihosocijalni problemi:** Visoko radno opterećenje, zahtjevi za poboljšanjem radnog učinka, stalna potreba za visokom razinom vještina, nedostatak privatnosti zbog nadzora nadređenih (npr. praćenje putem mobilnih uređaja čak i izvan radnog vremena), te obveza odgovaranja na neočekivane pozive tijekom

hitnih situacija mogu stvarati psihosocijalne probleme na radnom mjestu [1, 9, 11].

#### **5.2.4. Kemijske opasnosti**

Kontakt s kemijskim tvarima u otpadnim vodama može uzrokovati ozljede poput kemijskih opekline, koje su iznimno bolne i zahtijevaju dugotrajno liječenje. Rizici povezani s izloženošću različitim dezinficijensima i koagulantima u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda uključuju: Ozbiljne respiratorne probleme i iritaciju očiju zbog izloženosti kloru (plinu), fluorovodičnoj kiselini, natrijevom hipokloritu, kalcijevom hipokloritu, ozonu i klorovom dioksidu. Potencijalne ozljede kože i sluznica, uključujući ozbiljne kemijske opekotine, prilikom rukovanja fluorovodičnom kiselinom. Moguću iritaciju dišnih puteva i pluća zbog izloženosti ozonu. Respiratorne tegobe i iritaciju očiju prilikom rada s klorovim dioksidom. Iritaciju kože i očiju kao posljedicu izlaganja koagulantima poput aluminijevog sulfata [1, 9, 11].

Ozljede povezane s rukovanjem opremom za pročišćavanje otpadnih voda, poput ozljeda prstiju ili ruku, također su moguće ako se opremom ne rukuje pažljivo [1, 9, 11].

#### **5.3. Utjecaj ozljeda na radnike i posljedice na produktivnost**

Ozljede na radu imaju ozbiljne posljedice na zdravlje radnika, uključujući bol, dugotrajne medicinske tretmane i potencijalne trajne učinke. Ozljede također utječu na produktivnost postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda jer ozlijeđeni radnici ne mogu obavljati svoje zadatke. To može rezultirati povećanim troškovima i vremenom izgubljenim na poslu. Ozljede mogu negativno utjecati i na sigurnosnu kulturu unutar postrojenja, smanjujući svijest radnika o važnosti sigurnosti [1, 9, 11].

## 6. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE NA UREĐAJIMA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Razmatranje sigurnosti i zaštite na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda ključno je za zaštitu zdravlja radnika i očuvanje učinkovitosti postrojenja. U nastavku je prikazan detaljni pregled mjera sigurnosti i zaštite na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda:

### Osiguravanje sigurnog radnog okruženja za zaposlenike:

- **Obuka i edukacija:** Svi radnici koji rade na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda trebali bi proći odgovarajuću obuku o sigurnosti. To uključuje obuku o identifikaciji opasnih tvari, pravilnom rukovanju opremom i postupcima u hitnim situacijama.
- **Procjena opasnosti:** Postrojenje treba provesti temeljitu procjenu opasnosti kako bi se identificirale potencijalne prijetnje i rizici. Ova procjena može obuhvaćati analizu kemijskih tvari prisutnih u otpadnim vodama, opasnosti od klizanja i padanja te druge specifične opasnosti.
- **Održavanje i inspekcija:** Redovito održavanje opreme za pročišćavanje otpadnih voda ključno je za sprječavanje nezgoda. Redovite inspekcije trebaju identificirati i rješavati potencijalne probleme prije nego što postanu ozbiljni.[1, 11]

### Primjena protupožarnih mjera i sigurnosnih postupaka:

- **Protupožarni sustavi:** U postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, posebna pažnja mora se posvetiti protupožarnim sustavima i opremi. Ovo uključuje sustave za detekciju požara, alarme i vatrogasne aparate.
- **Hitni planovi:** Svako postrojenje trebalo bi imati detaljne hitne planove i procedure za postupanje u slučaju požara, eksplozije ili drugih izvanrednih situacija. Radnici trebaju biti obučeni kako bi znali kako reagirati u takvim situacijama.

- **Kontrola kemikalija:** Kemikalije koje se koriste u procesu pročišćavanja otpadnih voda trebaju se čuvati na sigurnom mjestu i primjenjivati prema propisanim sigurnosnim uputama. Osim toga, treba biti svjestan mogućih kemijskih reakcija koje se mogu dogoditi.[1, 11]

### **Korištenje osobne zaštitne opreme (OZO) (Slika 9):**

- **Zaštitna odjeća:** To uključuje radne uniforme, kombinezone ili odjeću koja štiti od kemikalija, vlage, prljavštine i ozljeda. Ovisno o radnom okruženju, ova odjeća može biti jednokratna ili višekratna upotreba.
- **Rukavice:** Rukavice se koriste kako bi se zaštitile ruke od kemikalija, ozljeda i kontaminacije. Mogu biti izrađene od različitih materijala, ovisno o potrebama.
- **Zaštitne cipele ili čizme:** Ovo su posebne cipele ili čizme koje pružaju zaštitu od klizanja, kemikalija i ozljeda na stopalima.
- **Zaštitne naočale ili viziri:** Oči su osjetljive na kemikalije i ozljede, stoga se koriste zaštitne naočale ili viziri kako bi se spriječile ozljede očiju.
- **Zaštitne maske i respiratori:** Korišteni su za zaštitu dišnih organa od isparenja kemikalija, čestica ili plinova koji se mogu pojaviti tijekom rada.
- **Zaštitni slušni aparati:** Koriste se za zaštitu sluha od buke koja može biti prisutna u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda.
- **Zaštitna oprema za glavu:** To uključuje kacige ili štitnike za glavu koji pružaju zaštitu od padajućih objekata ili ozljeda glave.
- **Pojas za spašavanje i plutajuća oprema:** Korišteni su za zaštitu od utapanja u vodotocima ili bazenima koji se nalaze u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda.
- **Zaštitne narukvice i pojasevi:** Koriste se za označavanje radnika, osobito kada rade u opasnim područjima.
- **Prašnici i zaštitne kapuljače:** Ove se komponente koriste za zaštitu od prašine, kemikalija i drugih opasnosti koje mogu utjecati na glavu i vrat [1, 11].





**Slika 9.** Osobna zaštitna oprema [13]

## **7. RAD U SKUČENIM PROSTORIMA – ZAKONOSKA REGULATIVA**

Sigurnost i zaštita zdravlja radnika koji obavljaju rad u skućenim prostorima od iznimne su važnosti, a temeljni dokument koji se odnosi na ovu problematiku jest Zakon o zaštiti na radu. Prema ovom zakonu, poslodavac je obavezan izraditi procjenu rizika na radnom mjestu u pisanom ili elektroničkom obliku. Ova procjena rizika identificira potencijalne opasnosti, štetnosti i napore koji bi mogli ugroziti sigurnost i zdravlje radnika [1].

U procesu izrade procjene rizika za rad u skućenim prostorima, važno je uzeti u obzir nekoliko ključnih faktora. Prvo, lokacija i vrsta skućenog prostora igraju ključnu ulogu u određivanju rizika. Struktura i veličina prostora također su važni faktori koji se uzimaju u obzir, zajedno s izlaznim putevima i postupcima za hitne intervencije i spašavanje radnika [1].

Identifikacija izvora opasnosti i štetnosti unutar skućenih prostora ključna je za procjenu rizika. Osim toga, treba uzeti u obzir izvore opasnosti koji se nalaze u neposrednoj blizini ulaza u skućeni prostor. Također, važno je razmotriti izbor rasvjete i električne energije unutar skućenog prostora kako bi se osigurala sigurnost radnika [1].

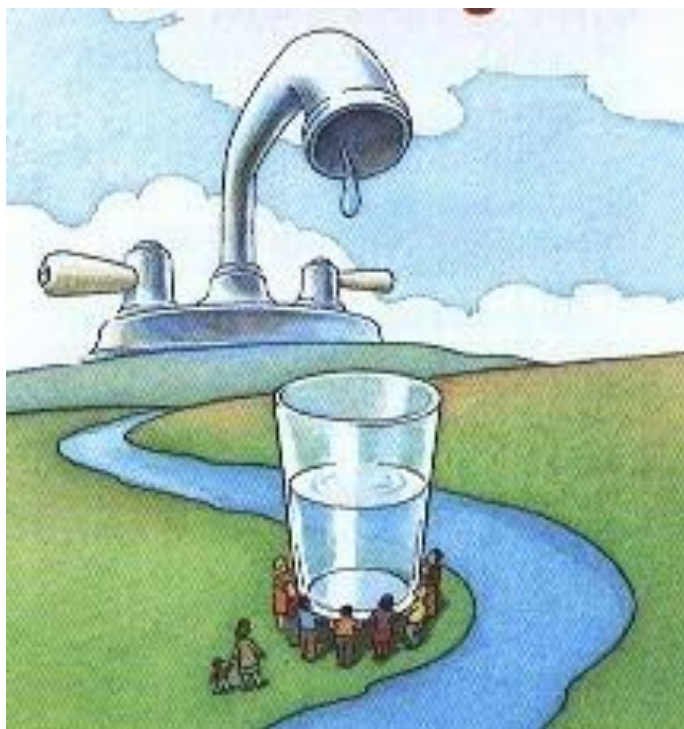
Osim Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14 , 94/18, 96/18), postoje i podzakonski propisi koji se odnose na specifične aspekte sigurnosti i zaštite zdravlja radnika u skućenim prostorima. To uključuje Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti opasnim kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima (NN 91/2018), Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 148/2023), Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/2012) te Pravilnik o stavljanju na tržište osobne zaštitne opreme (NN 89/2010) [1].

Svi ovi zakoni i propisi imaju za cilj osigurati da radnici koji obavljaju poslove u skućenim prostorima budu zaštićeni od potencijalnih opasnosti i štetnosti. Kroz pravilno provedene procjene rizika i primjenu sigurnosnih mjera, postiže se

sigurno radno okruženje za sve radnike, čime se smanjuje rizik od ozljeda i profesionalnih bolesti. Ove mjere također pridonose općem cilju očuvanja zdravlja i sigurnosti na radu [1].

## 8. EKONOMSKI ČIMBENICI U VEZI S UREĐAJEM ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Suočeni s rastućim urbanizacijom, industrijalizacijom i promjenama u načinu života, čovječanstvo se suočava s izazovom očuvanja okoliša i održivog upravljanja resursima. Jedan od ključnih aspekata ovog problema je učinkovito upravljanje otpadnim vodama. Otpadne vode predstavljaju kompleksan ekološki izazov, jer njihova nepravilna obrada može imati ozbiljne posljedice po ekosustave i ljudsko zdravlje. U tom kontekstu, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda postaju neophodna tehnološka rješenja za očuvanje kvalitete vodnih resursa i zaštite okoliša. Slika 10. nam prikazuje kako je svaka kap vode bitna [9, 15, 16].



**Slika 10.** Svaka kap je bitna [14]

## 8.1. Analiza troškova uvođenja, održavanja i pogona uređaja

Troškovi uvođenja uključuju nabavku i instalaciju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Cijene ovih sustava variraju ovisno o različitim čimbenicima, kao što su kapacitet postrojenja, tehnologija koja se koristi i složenost instalacije. Na primjer, napredniji sustavi s većim kapacitetom obično imaju više troškove uvođenja. Za postrojenja manjeg kapaciteta i jednostavnijih tehnologija troškovi će biti niži. U našem primjeru, uvođenje sustava košta milijun dolara.

Održavanje uključuje redovito čišćenje, servisiranje sustava i zamjenu potrošnih dijelova kako bi se osiguralo da sustav kontinuirano radi na optimalnoj učinkovitosti. Troškovi održavanja ovise o vrsti tehnologije i kapacitetu sustava. Napredniji sustavi ili oni većeg kapaciteta mogu imati više zahtjevno održavanje i stoga veće godišnje troškove. U primjeru, godišnji troškovi održavanja iznose 50 tisuća dolara [9, 15, 16].

Troškovi pogona uključuju energiju potrebnu za pogon sustava, kao i kemijske spojeve koji se koriste za pročišćavanje otpadnih voda. Ovi troškovi ovise o veličini postrojenja, intenzitetu pročišćavanja i potrebama za kemikalijama. Napredniji sustavi ili oni koji zahtijevaju intenzivnije pročišćavanje obično imaju veće troškove pogona. U našem primjeru, godišnji troškovi energije i kemijskih spojeva iznose 200 tisuća dolara [9, 15, 16].

Ukupni ekonomski učinak uvođenja sustava za pročišćavanje otpadnih voda može se procijeniti subtrahiranjem godišnjih troškova održavanja i troškova pogona od troškova uvođenja. U našem primjeru, ukupni godišnji troškovi iznose 1,250,000 dolara ( $1,000,000 + 50,000 + 200,000$ ) [9, 15, 16].

Ova analiza omogućuje donositeljima odluka da procijene financijsku isplativost investicije u uređaje za pročišćavanje otpadnih voda i donesu informirane odluke o implementaciji [9, 15, 16].

## **8.2. Utjecaj uređaja na smanjenje troškova vodoopskrbnih sustava**

Uvođenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u vodoopskrbne sustave može značajno utjecati na ekonomske čimbenike na nekoliko načina

Smanjenje potrebe za svježom vodom: Ovaj proces omogućuje ponovnu upotrebu vode koja bi inače bila otpadna. Korištenjem tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda, vodoopskrbni sustavi mogu smanjiti potrebu za isporukom svježe vode iz prirodnih izvora. To smanjuje operativne troškove vodoopskrbe, kao što su crpljenje vode iz rijeka ili podzemnih izvora te njezina obrada.

Smanjenje troškova odvodnje i obrade otpadnih voda: Pročišćavanje otpadnih voda omogućuje pretvaranje otpadne vode u vodu koja je često čišća od prirodnih izvora vode. To smanjuje troškove tretmana i obrade otpadnih voda prije ispuštanja u okoliš. Otpadne vode koje se ne pročišćavaju mogu zahtijevati skuplje postupke tretmana, kao što su kemijska obrada ili filtracija. Korištenjem pročišćene vode mogu se smanjiti ti postupci obrade, što štedi novac.

Generacija prihoda od prodaje pročišćene vode: U nekim slučajevima, pročišćena voda može se prodavati kao resurs. Primjerice, pročišćena voda može se koristiti u industrijskim procesima ili za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Ovo može generirati dodatne prihode za vodoopskrbne tvrtke ili lokalne vlasti.

Primjer uvođenja sustava za pročišćavanje otpadnih voda može biti sljedeći: Pretpostavimo da grad ima godišnje troškove odvodnje i obrade otpadnih voda od 1 milijun dolara. Uvođenjem sustava za pročišćavanje otpadnih voda, troškovi se smanjuju za 20%, što znači uštedu od 200 tisuća dolara godišnje.

Stvarni učinci na ekonomske čimbenike ovise o mnogim faktorima, uključujući veličinu sustava za pročišćavanje, kvalitetu ulazne otpadne vode, cijene vode i obrade otpadnih voda te lokalne uvjete. Detaljnija analiza potrebna je za svaki specifičan slučaj kako bi se precizno odredili ekonomski učinci [9, 15, 16].

### **8.3. Potencijalna generacija prihoda od prodaje pročišćene vode**

Potencijalna generacija prihoda od prodaje pročišćene vode predstavlja važan ekonomski faktor povezan s uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Ovdje ćemo istražiti kako pročišćena voda može postati resurs za generiranje prihoda.

Ako pročišćena voda ispunjava stroge standarde kvalitete vode, ona može postati vrijedan resurs koji se može prodati trećim stranama. Ova voda može pružiti nekoliko koristi i otvoriti potencijalne izvore prihoda:

- Navodnjavanje poljoprivrednih površina: Pročišćena voda može se koristiti za navodnjavanje poljoprivrednih usjeva. Ovo je posebno važno u sušnim područjima gdje je voda za navodnjavanje ograničen resurs. Poljoprivrednici mogu biti spremni platiti za pristup visokokvalitetnoj vodi koja će poboljšati njihovu produktivnost.
- Industrijska uporaba: Industrijski sektori zahtijevaju velike količine vode za svoje procese. Pročišćena voda može se koristiti kao siguran izvor vode za industriju. Industrijski subjekti mogu platiti za pouzdan pristup kvalitetnoj vodi.
- Pitka voda za zajednice: Ako pročišćena voda udovoljava standardima za pitku vodu, može se koristiti kao izvor pitke vode za lokalne zajednice. Komunalne vlasti ili vodoopskrbni sektor mogli bi biti zainteresirani za kupnju ove vode.

Primjer: Pretpostavimo da godišnji prihod od prodaje pročišćene vode iznosi 100 tisuća dolara. Ova brojka predstavlja potencijalnu dobit koja se može ostvariti kroz prodaju pročišćene vode trećim stranama.

Ovaj potencijalni prihod može značiti dodatnu financijsku potporu za postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (Slika 11.). Međutim, važno je napomenuti da ostvarivanje ovog prihoda zahtijeva ispunjavanje strogih standarda kvalitete vode i usklađivanje s regulatornim zahtjevima. Također, faktori kao što su regionalna potražnja za vodom i dostupnost tržišta također igraju važnu ulogu u ovom ekonomskom aspektu [9, 15, 16].



**Slika 11.** Zarada pročišćavanjem otpadnih voda[17]



## 9. STATISTIČKI PRIKAZ OZLJEDA VEZANIH UZ DJELATNOSTI OPSKRBE VODOM I UKLANJANJE OTPADNIH VODA

Analizom ukupnog broja prijavljenih ozljeda na radu (N=18 138) za koje je HZJZ dobio podatke za 2019. godinu, u djelatnosti Opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša dogodilo se njih **617**, od čega 558 (90,44%) **na mjestu rada**, a 59 (9,56%) **na putu** [1, 18].

U Tablici 1. prikazani su broj prijavljenih ozljeda i stopa ozljeda na radu na 1000 zaposlenih prema spolu. Za jednu prijavljenu ozljedu na mjestu rada te za dvije na putu nema podataka o spolu ozlijeđenih. Stopa ozljeda na 1000 zaposlenih izračunata je temeljem statističkih izvještaja DZS-a o prosječnom broju zaposlenih prema spolu [1, 18].

**Tablica 1.** Broj prijavljenih ozljeda i stopa ozljeda na 1000 zaposlenih prema spolu u djelatnosti opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša (sukladno ESAW metodologiji) [1,18]

Spol	Ukupno		Stopa ukupnih ONR na 1000 zaposlenih	Na mjestu rada		Stopa ONR na mjestu rada na 1000 zaposlenih
	N	%		N	%	
<b>Muškarci</b>	550	89,58	28,60	512	93,09	26,62
<b>Žene</b>	64	10,42	12,49	45	70,31	8,78

U Tablici 2. prikazan je broj prijavljenih ozljeda na radu prema dobnim skupinama radnika i mjestu nastanka. Obzirom na ukupan broj prijavljenih ozljeda (N=558) u ovoj djelatnosti, **na mjestu rada** najviše su se ozljeđivali radnici starosne skupine 41-50 (26,09 %) [18].

**Tablica 2.** Broj prijavljenih ozljeda na radu prema dobnim skupinama radnika i mjestu nastanka [1,18]

Starost radnika	Ukupno		Na mjesturada	
	N	%	N	%
18 –30	123	19,94	113	18,31
31 –40	152	24,64	141	22,85
41 –50	179	29,01	161	26,09
51 –60	145	23,50	127	20,58
60 +	18	2,92	16	2,59
<b>Sveukupno</b>	<b>617</b>	<b>100,00</b>	<b>558</b>	<b>90,44</b>

Šest najčešćih zanimanja radnika koji su se ozljeđivali u djelatnosti opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša u odnosu na odjeljke u ovoj djelatnosti prikazani su u tablici 3. Od ukupnog broja prijavljenih ozljeda **na mjestu rada** (N=558) prema NKZ 10, njih 449 obuhvaćeno je analizom. Najviše su se ozljeđivali radnici iz odjeljka 38 Skupljanje otpada, djelatnosti obrade i zbrinjavanja otpada; uporaba materijala (N=290). Od zanimanja najčešće su se ozljeđivali čistači ulica i srodna zanimanja (N=244) [1, 18].

**Tablica 3.** Prijavljene ozljede na radu u po odjeljcima u djelatnosti opskrba vodom; uklanjanje ... i zanimanjima s najviše ozlijeđenih (sukladno NKZ10 i NKD2007) [1,18]

NKD područje E-odjeljci	NKZ 10 -zanimanja s najviše ozlijeđenih u opskrbi vodom*						Ukupno(N)
	61	71	72	83	91	96	
36 Skupljanje, pročišćavanje i opskrba vodom	2	44	12	15	10	45	128
37 Uklanjanje otpadnih voda	3	2	0	3	2	4	14
38 Skupljanje otpada, djelatnosti obrade i zbrinjavanja otpada; uporaba materijala	17	7	12	56	10	188	290
39 Djelatnosti sanacije okoliša te ostale djelatnosti gospodarenja otpadom	0	5	0	3	2	7	17
<b>Sveukupno</b>	<b>22</b>	<b>58</b>	<b>24</b>	<b>77</b>	<b>24</b>	<b>244</b>	<b>449</b>

U nastavku su navedena objašnjenja oznaka prikazanih u Tablici 3.

Oznaka:

- 61 Poljoprivredni radnici/poljoprivredne radnice orijentirane na tržište,
- 71 Građevinari/građevinarke i srodna zanimanja, osim električara,
- 72 Tokari/tokarice, kovinotokari/kovinotokarice, strojarski mehaničari/strojarske mehaničarke i srodna zanimanja,
- 83 Vozači/vozačice, strojovođe/strojovotkinje prijevoznih sredstava i pokretnih strojeva,
- 91 Čistači/čistačice, perači/peračice, kućne pomoćnice i srodna zanimanja,
- 96 Čistači/čistačice ulica i srodna zanimanja

## **10. KONTINUIRANO PRAĆENJE POBOLJŠANJE SIGURNOSTI, ZAŠTITE I EKONOMSKIH ASPEKATA**

Kontinuirano praćenje, poboljšanje sigurnosti i zaštite, te ekonomskih aspekata iznimno su važni u industrijama koje se bave opskrbom vodom, uklanjanjem otpadnih voda, gospodarenjem otpadom i sanacijom okoliša. Evo detaljnije obrade ovih ključnih aspekata:

### **Značaj redovitog praćenja sustava i postrojenja:**

Redovito praćenje kvalitete vode je esencijalno kako bi se osigurala sigurna i zdravstveno prihvatljiva pitka voda. Ovo uključuje praćenje koncentracija kemikalija, prisutnost mikroorganizama i druge potencijalno štetne tvari. Primjerice, redovito ispitivanje razine klora u vodi pomaže osigurati da je voda dezinficirana i sigurna za potrošnju. Praćenje sigurnosti na radu uključuje bilježenje svih ozljeda, incidenata i bliskih poziva kako bi se identificirali potencijalni rizici. Ovo također obuhvaća praćenje uvjeta rada, pravilnu upotrebu osobne zaštitne opreme i osiguravanje da su zaposlenici pravilno obučeni. Primjerice, ako se primijeti da je većina ozljeda povezana s rukovanjem određenom opremom, mogu se poduzeti mjere za poboljšanje obuke ili promjenu opreme kako bi se smanjio rizik od ozljeda. Praćenje ekonomske strane operacija uključuje analizu troškova održavanja, potrošnje resursa (npr., energije, kemikalija) te operativnih troškova. Ovo je važno za identifikaciju potencijalnih ušteda i optimizaciju resursa. Na primjer, smanjenje potrošnje vode ili energije može rezultirati značajnim uštedama na dugoročnoj razini.

### **Utvrđivanje preventivnih mjera i planova za poboljšanje sigurnosti i ekonomije:**

Na temelju rezultata praćenja identificiraju se potencijalni rizici i opasnosti. To uključuje ocjenu potencijalnih nesreća, ozljeda radnika, tehnoloških neispravnosti i utjecaja na okoliš. Primjerice, ako se utvrdi da postoji povećan rizik od istjecanja kemikalija u okoliš, mogu se razmotriti alternativne kemikalije ili sigurnosni protokoli kako bi se smanjila ta prijetnja. Na temelju identificiranih

rizika razvijaju se preventivne mjere. Ovo uključuje poboljšanje sigurnosnih protokola, redovito obnavljanje obuke zaposlenika i primjenu najboljih praksi. Na primjer, ako se otkrije da je održavanje određene opreme visokorizično, mogu se razviti stroži postupci održavanja ili čak razmotriti zamjena opreme. Analizom ekonomskih parametara identificiraju se područja u kojima je moguće ostvariti uštede. Ovo može uključivati optimizaciju procesa, smanjenje otpada ili uvođenje efikasnijih tehnologija. Na primjer, prelazak na obnovljive izvore energije može dugoročno smanjiti troškove energije i smanjiti ekološki otisak.

Kontinuirano poboljšanje: Planiranje i implementacija preventivnih mjera te ekonomske optimizacije moraju biti kontinuirani proces. To uključuje redovito praćenje učinkovitosti tih mjera te njihovo prilagođavanje na temelju novih saznanja i promjena uvjeta. Na primjer, ako se nova tehnologija pojavi koja može smanjiti ekološki utjecaj postrojenja, može se razmotriti njezina implementacija kako bi se poboljšala održivost i ekonomija operacija.

U tom procesu, stručna literatura koja se bavi upravljanjem rizicima, sigurnošću na radu i ekonomskim aspektima u industriji opskrbe vodom i srodnim sektorima pruža dublje uvide, primjere i pristupe kako bi se ovi koncepti primijenili na najučinkovitiji način [9, 15, 16].

## 11. ZAKLJUČAK

Urbanizacija, razvoj industrije i poljoprivrede stvaraju sve veće izazove u kontroli otpadnih voda i očuvanju okoliša. U tom kontekstu, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda postaju ključni alati u zaštiti vodnih resursa i sprečavanju onečišćenja. Proces pročišćavanja otpadnih voda sastoji se od nekoliko važnih faza, a svaka od njih ima značajnu ulogu u osiguravanju učinkovitog i sigurnog pročišćavanja. Sigurnost i zaštita zdravlja radnika koji sudjeluju u ovim procesima od iznimne su važnosti kako bi se osiguralo da postrojenja rade ispravno i da radnici ne budu izloženi nepotrebnim rizicima.

Kontinuirano održavanje, čišćenje i servisiranje dijelova uređaja za pročišćavanje otpadnih voda ključno je za njihov pravilan rad. Unutar prostora gdje se održavaju ovi uređaji, postoji niz opasnosti koje prijete sigurnosti i zdravlju radnika. Međutim, primjenom strogo utvrđenih pravila zaštite na radu te korištenjem odgovarajuće osobne zaštitne opreme, rizici se mogu svesti na najmanju moguću mjeru ili potpuno eliminirati. Ovaj pristup ne samo da čuva zdravlje radnika, već također osigurava nesmetano funkcioniranje postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Uz značajnu ulogu u očuvanju okoliša, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda imaju i ekonomske implikacije. Pravilno održavani i efikasno upravljani uređaji smanjuju potencijalne troškove povezane s naknadnim tretmanima vode i sanacijom okoliša uslijed onečišćenja. Dodatno, investicije u moderne tehnologije za pročišćavanje mogu rezultirati uštedama resursa kao što su voda i energija te dugoročno smanjiti operativne troškove.

Učinkovito praćenje i upravljanje procesima pročišćavanja, uz redovito održavanje i primjenu sigurnosnih standarda, također smanjuju potencijalne prekide u radu postrojenja. To pomaže u osiguranju kontinuirane opskrbe vodom, sprječavanju nepredviđenih situacija koje mogu dovesti do troškova popravaka ili kazni te očuvanju povjerenja korisnika usluge.

U konačnici, pravilno upravljanje, sigurnost na radu i ekonomska održivost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda čine osnovu za odgovorno i uspješno gospodarenje otpadnim vodama u skladu s potrebama društva i zaštite okoliša.

## 12. LITERATURA

- [1] **Karlo Braje**, „Opasnosti i mjere sigurnosti i zaštite na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda“, Veleučilište u Karlovcu, 2021.
- [2] Wikipedija, Hidrološki ciklus, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrolo%C5%A1ki\\_ciklus](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrolo%C5%A1ki_ciklus), pristupljeno 15.08.2023.
- [3] HST AUTOMATIKA., Kanalizacija, <https://hst-automatika.hr/kanalizacija/>, pristupljeno 15.08.2023.
- [4] Tomić Hrvoje, Obrada otpadnih voda, [https://www.google.com/search?sca\\_esv=561004444&sxsrf=AB5stBhV4vyA2EMe\\_qM4J-FcOn5kp6eKJQ:1693318448923&q=industrijske+otpadne+vode&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwi-vl7lhoKBAXWfgP0HHW65AHAQ0pQJegQIDhAB#imgrc=\\_fWNmaqWZcq-MM](https://www.google.com/search?sca_esv=561004444&sxsrf=AB5stBhV4vyA2EMe_qM4J-FcOn5kp6eKJQ:1693318448923&q=industrijske+otpadne+vode&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwi-vl7lhoKBAXWfgP0HHW65AHAQ0pQJegQIDhAB#imgrc=_fWNmaqWZcq-MM), pristupljeno 15.08.2023.
- [5] Tomas Antonija, Otpadne vode – karakteristike, zaštita, zakonska regulativa, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:413/preview>, pristupljeno 15.08.2023.
- [6] Društvo za istraživanje i razvoj, Kako upravljamo otpadnim vodama u slivlju rijeke Tinje, <http://istraz.org/file/brosura-kz/77>, pristupljeno 15.08.2023.
- [7] Tomić Hrvoje, Obrada otpadnih voda, Diplomski rad, Veleučilište u Karlovcu, 2019.
- [8] ELMAP, Slavonski Brod, <https://www.elmap.hr/hr/reference/3-upov-slavonski-brod>, pristupljeno 17.08.2023.
- [9] Crittenden C.J., Trussell R. Rhodes, Hand D. W., Howe K. J. i Tchobanoglous G.: "Water Treatment: Principles and Design", MWH's, 2012.
- [10] ZOV, MIKROORGANIZMI PRAVI PROČISTAČI OTPADNE VODE, <https://www.zov-zagreb.hr/hr/novosti/mikroorganizmi-pravi-procistaci-otpadne-vode.html>, pristupljeno 17.08.2023.



[11] International Hazard Datasheets on Occupation, „Water treatment plant operator“,MWH, 2009.

[12] Ministarstvo rada, mirovinskog sustava, obitelji i socijalne politike, Zaštita na radu bitan element u organizaciji gospodarskih sajмова,<https://uznr.mrms.hr/zastita-na-radu-bitan-element-u-organizaciji-gospodarskih-sajmova/> , pristupljeno 17.08.2023.

[13] Majstori alata, Zaštitna oprema i sve o njoj, <https://majstoralata.hr/zastitna-oprema-i-sve-o-njoj/>, pristupljeno 17.08.2023.

[14] Naklada bombon, Svijetski dan vode, <https://www.nakladabombon.hr/proizvodi-vise/kalendar/sijecanj-veljaca-ozujak/22.-03.-svjetski-dan-voda-786>, pristupljeno 17.08.2023.

[15] Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. „Wastewater Engineering: Treatment and Reuse“, Metcalf & Eddy, Inc., 2002.

[16] U.S. Environmental Protection Agency. „Water Reuse Guidelines“, 2004

[17] NOBEL, Zaustavi curenje, štedi vodu na svakoj slavini[https://nobel.ba/blog/sistemi-ustedu/usteda-vode-slavini-kucanstvo-107/?detect\\_country=hr](https://nobel.ba/blog/sistemi-ustedu/usteda-vode-slavini-kucanstvo-107/?detect_country=hr) , pristupljeno 17.08.2023.

[18] HZJZ, Analiza ozljeda na radu u djelatnosti E – Opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša za 2019. Godinu, 2019.

## 13. PRILOZI

### 13.1. Popis slika

Slika 1. Kruženje vode u prirodi (Hidrološki ciklus) [2].....	4
Slika 2. Shema jedne "kućne kanalizacije" [3] .....	5
Slika 3. Idustrijske otpadne vode [4].....	7
Slika 4. Oborinske otpadne vode[5].....	7
Slika 5. Poljoprivredne otpadne vode [6] .....	8
Slika 6. Shema uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Slavonskom Brodu [8] .....	12
Slika 7. Mikroorganizmi u otpadnim vodama [10] .....	17
Slika 8. Znakovi upozorenja [12] .....	19
Slika 9. Osobna zaštitna oprema [13].....	24
Slika 10. Svaka kap je bitna [14] .....	27
Slika 11. Zarada pročišćavanjem otpadnih voda [17] .....	31

### 13.2. Popis tablica

**Tablica 1.** Broj prijavljenih ozljeda i stopa ozljeda na 1000 zaposlenih prema spolu u djelatnosti opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša (sukladno ESAW metodologiji) [1,18]..32

**Tablica 2.** Broj prijavljenih ozljeda na radu prema dobnim skupinama radnika i mjestu nastanka [1,18].....33

**Tablica 3.** Prijavljene ozljede na radu u po odjeljcima u djelatnosti opskrba vodom; uklanjanje ... i zanimanjima s najviše ozlijeđenih (sukladno NKZ10 i NKD2007) [1,18].....33