

# Optimizacija rada pločastog taložnika na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga

---

**Prodan, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:815805>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown



**Istarsko veleučilište**  
**Università Istriana**  
**di scienze applicate**

**KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE**

**ZAVRŠNI RAD**

**OPTIMIZACIJA RADA PLOČASTOG TALOŽNIKA NA  
POSTROJENJU ZA KONDICIONIRANJE VODE BUTONIGA**

**Marin Prodan**

**Pula, rujan 2019.**



# **KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE**

## **OPTIMIZACIJA RADA PLOČASTOG TALOŽNIKA NA POSTROJENJU ZA KONDICIONIRANJE VODE BUTONIGA**

### **ZAVRŠNI RAD**

Student: Marin Prodan

Kolegij: Proizvodno inženjerstvo

Mentor: dr.sc. Stanić Davor - predavač

**Pula, rujan 2019.**

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svom mentoru dr. sc. Davoru Staniću, pred. na savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Također, zahvalio bi se kolegama iz Istarskog Vodovoda d.o.o Buzet, RJ Proizvodnja-postrojenje Butoniga koji su mi omogućili i ustupili materijale za pisanje završnog rada.

Posebno hvala mojoj obitelji na motivaciji i podršci tijekom čitavog školovanja i izrade ovog završnog rada.

Marin Prodan

## **IZJAVA O SAMOSTALNOSTI IZRADE ZAVRŠNOG RADA**

Izjavljujem da sam završni rad „Optimizacija rada pločastog taložnika na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga“ izradio samostalno koristeći stečena znanja i vještine koje sam usvojio tijekom studija, te navedenom stručnom literaturom koju sam naveo na kraju rada.

Završni rad je pisan na hrvatskom jeziku i u skladu s pravilnikom o završnom radu na stručnom studiju Istarskog veleučilišta Pula.

Student: Marin Prodan

Potpis: \_\_\_\_\_

## SAŽETAK

U ovom završnom radu „Optimizacija rada pločastog taložnika na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga“ opisane su mogućnosti optimizacije pločastog taložnika na čiju su potrebu ukazali loša kvaliteta otpadne vode te nemogućnost korištenja iste u svrhu smanjenja tehnološke vode kroz ponovnu obradu u procesu kondicioniranja vode. Pločasti taložnik djeluje unutar jedinice za tretman mulja koji je pomoćni dio procesa obrade vode u postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga. Postrojenje Butoniga je samostalna proizvodna cijelina u sastavu Istarskog Vodovoda Buzet. U završnom radu je opisan rad pločastog taložnika, njegovi nedostaci te su analizirane mogućnosti poboljšanja njegovog rada kako bi se povećala kvaliteta otpadne vode i smanjila količina tehnološke vode.

**Ključne riječi:** Istarski Vodovod, postrojenje za kondicioniranje vode, pločasti taložnik, optimizacija rada, otpadna voda, tehnološka voda

## ABSTRACT

The final work „Plate settlers work optimisation on the Butoniga water conditioning system describes possibility of plate settler optimisation which necessity was derived from low quality waste water and impossibility to reuse technological water. Plate settler is working inside mud treatment unit which is necessary part of the water treatment on Butoniga water conditioning system inside Istarski Vodovod Buzet. Work of plate settler, its imperfections and analysis of its improvement to increase wastewater quality and decrease quantity of technological water are described in this final work.

**Key words:** Istarski Vodovod, water conditioning system, plate settler, work optimisation, wastewater, technological water

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	Opis i definicija problema.....	1
1.2.	Cilj i svrha rada.....	1
1.3.	Hipoteza .....	1
1.4.	Metode rada .....	2
1.5.	Struktura rada.....	2
2.	OPĆI PODACI.....	3
2.1.	Istarski vodovod kroz povijest .....	3
2.2.	Istarski vodovod danas.....	6
2.3.	Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga .....	8
2.3.1.	Proces obrade vode.....	9
3.	TRETMAN MULJA.....	13
3.1.	Jedinica obrade vode od pranja filtera .....	14
3.2.	Jedinica za obradu mulja.....	15
4.	LAMELARNI (PLOČASTI) TALOŽNIK NA POSTROJENJU BUTONIGA	18
4.1.	Općenito o lamelarnim (pločastim) taložnicima.....	18
4.2.	Princip rada pločastog taložnika na postrojenju Butoniga.....	19
4.3.	Glavni dijelovi taložnika na postrojenju Butoniga .....	21
4.4.	Održavanje taložnika na postrojenju Butoniga .....	25
4.5.	Uočeni nedostaci taložnika na postrojenju Butoniga.....	26
5.	OPTIMIZACIJA RADA PLOČASTOG TALOŽNIKA NA POSTROJENJU BUTONIGA	28
5.1.	Prijedlozi rješenja za unaprjeđenje taložnika.....	28
5.2.	Unaprijeđeno stanje taložnika.....	29
6.	ANALIZE OPRAVDANOSTI ULAGANJA U OPTIMIZACIJU TALOŽNIKA	33
6.1.	Laboratorijska analiza obrađene otpadne vode.....	33
6.2.	Udio količine vode od pranja brzih filtera u tehnološkoj vodi .....	35
7.	ZAKLJUČAK .....	37
	LITERATURA .....	38



## POPIS SLIKA

Slika 1: Gradnja kupole na izvorištu Sv.Ivan [15].....	4
Slika 2: Izgradnja crpne stanice Sv. Stjepan [15] .....	4
Slika 3: Izgradnja crpne stanice Gradole [15].....	5
Slika 4: Područje djelovanja Istarskog vodovoda Buzet i shema vodoopskrbnog sustava Istre [15].....	7
Slika 5: Akumulacija Butoniga (fotografirao D.Krajcar) .....	8
Slika 6: Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga [2] .....	9
Slika 7: Tretman mulja [Autor].....	14
Slika 8: Shema jedinice obrade vode od pranja filtera [Autor] .....	15
Slika 9: Spremnici za prihvatanje mulja a) pogled na spremnike, b) mješač u spremniku mulja [Autor].....	16
Slika 10: Pumpa za mulj i filter preše [Autor] .....	16
Slika 11: Filterski kolač mulja [Autor] .....	17
Slika 12: Presjek pločastog taložnika [9].....	18
Slika 13: Tipovi pločastih taložnika [9].....	19
Slika 14: Konusni dio pločastih taložnica gdje se taloži talog suspendiranih tvari [Autor] ....	20
Slika 15: Detalj pločastog taložnika u radu [Autor] .....	20
Slika 16: Obje linije pločastog taložnika u radu [Autor] .....	20
Slika 17: Cijevi za dovod vode od pranja filtera na taložnik [Autor].....	22
Slika 18: Mjerač protoka za određivanje količine protoka vode i očitavanje ukupne količine vode od pranja brzih filtera [Autor].....	22
Slika 19: Pozicija doziranja anionskog polielektrolita [Autor].....	23
Slika 20: Dovod vode u flokulacijski bazen, zasunski ventil i miješalo [Autor].....	23
Slika 21: Uređaj za pripremu polielektrolita [Autor].....	24
Slika 22: Cijevi za odvod izbistrene vode s mogućnošću odabira za povratak u proces kondicioniranja ili slanja u recipijent [Autor].....	24
Slika 23: Vađenje ploča taložnika koje je potrebno oprati [15].....	25
Slika 24: Ispumpavanje mulja potopnom pumpom [15].....	26
Slika 25: Ispumpavanje zaostalog staloženog mulja potopnom pumpom [15] .....	26

Slika 26: Nakupljeni mulj a) na lamelama taložnika, b) gotovo do vrha lamela taložnika [15]	27
.....	27
Slika 27: Pločasti taložnik sa vidljivim flokulama mulja [14].....	27
Slika 28: Skica potrebnih radnji za poboljšanje rada pločastog taložnika [Autor].....	29
Slika 29: Vertikalna vodovodna cijev na obodu taložnika [Autor] .....	30
Slika 30: Elektromagnetski ventili koja otvaraju i zatvaraju dovod vode na sapnice [Autor]	31
Slika 31: Elektromagnetni ventil na dnu pločastog taložnika [Autor].....	31
Slika 32: Naputak operaterima za proceduru odmuljivanja [Autor].....	32
Slika 33: Grafički prikaz količine aluminija prije i nakon ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [Autor].....	34
Slika 34: Grafički prikaz mutnoće prije i nakon ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [Autor].....	34
Slika 35: Grafički prikaz količine tehnološke vode i vode od povratnog pranja brzih filtera u periodu od 2009. do 2018. godine [Autor] .....	36
Slika 36: Grafički prikaz udjela vode od povratnog pranja filtera u tehnološkoj vodi u periodu od 2009. do 2018. godine [Autor].....	36

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Rezultati laboratorijske analize uzoraka nakon ugradnje ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [13] .....	33
Tablica 2: Rezultati laboratorijske analize uzorka prije ugradnje ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [13].....	34

## **1. UVOD**

Voda je jedan od najvažnijih resursa, pa je tako briga o njoj te briga o njenom kvalitetnom eksploatiranju jedan od temeljnih zadataka cjelokupnog čovječanstva. Uzimajući u obzir da pitke vode u svijetu ima sve manje i samom činjenicom da se danas pitka voda naziva plavo zlato nije teško zaključiti kako bi u gospodarenju istom trebalo davati više pažnje, te njenom očuvanju. Tako je i tema ovog završnog rada vezana uz očuvanje voda. U završnom radu opisati će se optimizacija jedinice tretmana mulja odnosno pločastog taložnika koji je pomoćni dio procesa obrade vode na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga koje djeluje u sklopu Istarskog Vodovoda Buzet.

### **1.1. Opis i definicija problema**

Rezultati analiza načina rada pločastog taložnika za obradu vode kod pranja filtera, a koji je pomoćni dio procesa obrade vode na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga, nije ostvario očekivane rezultate. Otpadna voda je loše kvalitete, te se ne može koristiti u ponovnoj obradi u procesu kondicioniranja vode, pa su upravo ovi problemi ukazali za potrebom unaprjeđenja načina rada postojećeg pločastog taložnika.

### **1.2. Cilj i svrha rada**

Cilj ovog završnog rada je primjenom odgovarajućih metoda dokazati da će se optimizacijom pločastog taložnika njegov rad učiniti efikasnijim i s time povećati kvalitetu otpadne vode i smanjiti količinu tehnološke vode. Svrha rada je smanjenje troškova proizvodnje pitke vode i troškova održavanja pogona primjenom poboljšane tehnologije odmuljivanja.

### **1.3. Hipoteza**

Uvođenjem novog tehnološkog rješenja rada na pločastom taložniku povećati će se njegova efikasnost rada i kvaliteta otpadne vode, a istovremeno smanjiti količina tehnološke vode.

#### **1.4. Metode rada**

Za rješavanje problema korištena su iskustvena saznanja i sva raspoloživa dokumentacija dostupna u Istarskom vodovodu, stručna literatura vezana uz zadanu problematiku te Internet. Prilikom izrade završnog rada korištene su grafičke metode, metode analize i sinteze, statističke metode, opisne ili deskriptivne metode te teoretska i praktična znanja usvojena na kratkom stručnom studiju Politehnike, te znanja usvojena tijekom rada u Istarskom vodovodu.

#### **1.5. Struktura rada**

Kroz završni rad obraditi će se pomoćni dio procesa obrade vode na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga. Rad je podijeljen u osam poglavlja. U prvom poglavlju dan je kratak uvod te opis i definicija problema, cilj i svrha rada, hipoteza i korištene metode rada. U drugom poglavlju dan je osvrt na opće podatke o Istarskom Vodovodu i postrojenju Butoniga. Treći dio opisuje rad tretmana mulja i njegove jedinice dok četvrti dio opisuje rad i nedostatke pločastog taložnika kao sastavnog dijela u procesu odmuljivanja. U petom poglavlju dani su prijedlozi optimizacije rada pločastog taložnika sa detaljnim opisom unaprijedenog rješenja. Šesto poglavlje daje analizu opravdanosti ulaganja u optimizaciju taložnika te rezultate laboratorijske analize prije i nakon optimizacije istog. Sedmo poglavlje daje osvrt na izvedeno poboljšano stanje i njegove koristi. U osmom poglavlju dane su preporuke za daljnja unaprjeđenja, a u posljednjem poglavlju navedena je korištena literatura.

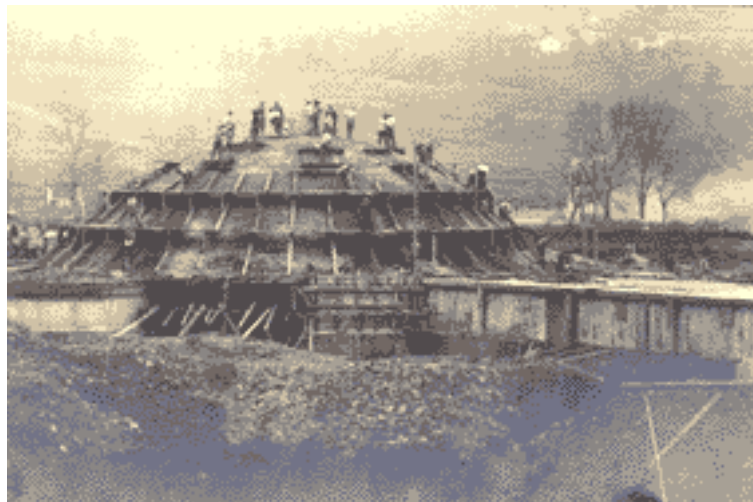
## 2. OPĆI PODACI

Istarski vodovod Buzet okosnica je vodoopskrbnoga sustava Istre koja počiva na izvorima Sveti Ivan kapaciteta 300 litara vode u sekundi, Gradole s 1.100 litara vode u sekundi, Bulaž s 500 litara vode u sekundi te akumulacija Butoniga s 1.000 litara vode u sekundi. Sve je započelo 1930. godine izgradnjom kaptaze izvora Sveti Ivan u Buzetu, čime se počela ostvarivati zamisao kompleksnoga rješenja opskrbe pitkom vodom što je jedan od najvećih infrastrukturnih zahvata u povijesti Istre. [1,18]

### 2.1. Istarski vodovod kroz povijest

Kada je 1924. godine stručna komisija koju su činili inženjer hidrotehničar Gino Veronese, predavač na Kraljevskom sveučilištu u Padovi, provincijski liječnik dr. Opler, biolog profesor Casagrandi i geolog profesor Dal Piaz su po zaduženju Skupština Odbora za pitke vode Triju Venecija po prvi put u povijesti sistematski snimili geo – hidrološko stanje Istre te izradili katastar istarskih voda. Kao osnovu vodoopskrbe Istre odredili su izvor Sveti Ivan kod Buzeta smješten na 49 m n.m., minimalne izdašnosti 200 l/s, a maksimalne 2.000 l/s, konstantne temperature 12-13 stupnjeva te tvrdoće oko 21-22 francuskih stupnjeva. Projektant Istarskog vodovoda bio je inženjer Veronese koji je projekt završio krajem 1929. godine. Bilo je predviđeno pet osnovnih faza izgradnje. U lipnju 1930. Inženjer Veronese dovršio je izvedbeni projekt prve faze radova a u tijeku je bio i izvedbeni projekt druge faze radova. Početak radova obilježen je 28. listopada 1930. godine kada je u blizini crkvice Sv. Ivan kod Buzeta svečano postavljen kamen temeljac, omanji obelisk s pohranjenom posvetom na pergamentu. Već u listopadu 1933. godine dovršeni su radovi prve faze na kaptazi izvora Sv. Ivan, koji je prikazan na slici 1, uređaji za kondicioniranje vode, strojarnica, cjevovod od Buzeta do Sv. Stjepana. Crpna stanica Sv. Stjepan, tlačni cjevovod Medici, koji su prikazani u slici 2, rezervoar Medici i cjevovod Medici, Laganiši, Oprtalj, Triban, Buje. Već godinu dana nakon nadograđen je cjevovod od Buja do Umaga te novi krak preko Brtonigle do Novigrada. Istim projektom bila je predviđena gradnja za vodoopskrbu mjesta Hrpelje-Kozina, Materija, Obrov, Predgrad, Jelšane. Za ovaj dio bila je zainteresirana talijanska vojska pa se tako paralelno uz civilni gradio i vojni vodovod koji se isto snabdijevao s izvora Sv. Ivan. Za potrebe tog vodovod u Buzetu je izgrađena dodatna crpna stanica i cjevovod koji se nalazio u tunelima te je pomoću pumpi vodu tlačila u rezervoar na Žbevnici na 950 m n.m. Potom se voda gravitacijski distribuirala do potrošnih mjesta od Hrpelja-Kozina pa sve do Klane i

Mučića. Zahvaljujući vojnom vodovodu, vodu su dobila i mjesta duž kojom je prolazila trasa vodovoda. U narednim godinama došlo je do proširenje mreže te su završeni ogranci za vodoopskrbu Savudrije. Također izgrađena je kaptaza izvora Kožljak te mreža za Rašu i Labin. U to se vrijeme vodom iz vodovodnog sustava moglo koristiti oko 130.000 stanovnika. U godinama koje slijede, a sve do početka drugog svjetskog rata, vodu su dobili Motovun, Poreč, Pazin. Pula nije pripadala ovom sustavu s obzirom da je Pula imala svoj Vodovod. U vrijeme drugog svjetskog rata širenje i investiranje je stalo, pa je tako Rovinj vodu dobio tek 1959. godine. [1,2]



Slika 1: Gradnja kupole na izvorištu Sv.Ivan [15]



Slika 2: Izgradnja crpne stanice Sv. Stjepan [15]

Dolazi vrijeme ubrzanog gospodarskog i turističkog razvoja Istre pa je potreba za potrošnjom pitke vode sve veća te se počinje s pripremanama za iskorištavanje izvora Gradole,

odnosno počinje se s izradom studije za izgradnju uređaja vodovoda Gradole, a koji se nalazi na lijevoj strani u donjem toku rijeke Mirne. Gradnja crpne stanice Gradole prikazana je na slici 3. Gradole ulaze u sustav 1969. godine dok je cjelokupni projekt dovršen 1973. godine i to zahvaljujući zajedničkim snagama i ulaganjima triju vodovoda: Istarski vodovod, Vodovod Pula i Rižanski vodovod Kopar. Gradole su projektirane i izgrađene da mogu isporučiti prema potrošačima 1.100 l/s pitke vode. [1,2]



Slika 3: Izgradnja crpne stanice Gradole [15]

Turizam uzima sve veći zamah, slijede nepovoljnije hidrološke prilike krajem osamdesetih godina pa i redukcije u vodoopskrbi dolazi do potrebe za dodatnim količinama vode, a u tom trenutku jedino i najbrže rješenje je bilo iskorištavanje izvora Bulaža nedaleko Istarskih toplica. Tako je 1988. godine izgrađena crpna stanica, tlačni cjevovod, rezervoar i gravitacijski cjevovod spojen na izvor Gradole kapaciteta 150 l/s. Bulaž je zamišljen kao sustav koji služi isključivo za prihranu u ljetnim i sušnim mjesecima.

Konačno, najmlađi ali i najveći sustav u Istarskom vodovodu danas je postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga koji se veže na višenamjensku akumulaciju Butoniga. Gradnja akumulacije započela je 1983. godine da bi 1987. godine bili završena, a 1988. godine bila prvi puta napunjena. Izgradnjom privremene pumpne stanice uključena je u vodoopskrbni sustav tako što se voda pumpala u ponor Čiže te podzemnim putem napajala izvor Gradole, te od 1990 godine i za vodoopskrbu Pule koristeći novoizgrađeni magistralni cjevovod i privremeni uređaj

za pročišćavanje vode u Bermu kapaciteta 150 l/s. Gradnja postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga kapaciteta 1.000 l/s započelo je u lipnju 1995. godine da bi postrojenje počelo s radom u lipnju 2002. godine. Nakon redukcije vodoopskrbe 2012. godine postrojenje Butoniga i akumulacija Butoniga povezani su s izvorom Bulaž s mogućnošću nadopune akumulacije s 380 l/s ili direktno nadopune postrojenja s 450 l/s a sve ovisno o režimu rada. [1,2]

## **2.2. Istarski vodovod danas**

Usklađivanjem sa zakonom o trgovačkim društvima Istarski vodovod d.o.o. Buzet registriran je 1995. godine kao trgovačko društvo s djelatnošću proizvodnje i distribucije vode sa sjedištem u Buzetu, u Svetom Ivanu. Vlasnici su općine i gradovi u čijem području djeluje (gradovi Buje, Buzet, Novigrad, Pazin, Poreč, Rovinj i Umag te općine Bale, Brtonigla, Cerovlje, Gračišće, Grožnjan, Kanfanar, Karojba, Kaštelir-Labinci, Lanišće, Lupoglav, Motovun, Oprtalj, Sv. Lovreč, Sv. Petar u Šumi, Tinjan, Višnjan, Vižinada, Vrsar, Žminj, Funtana, Tar i dio općine Pićan), a koji s temeljnim udjelima sudjeluju u temeljnom kapitalu društva dok njihovi predstavnici čine skupštinu i nadzorni odbor. Dio vode distribuira i na područje Pule i po potrebi isporučuje vodu Rižanskom vodovodu Kopar u Sloveniji, a snabdjeva ih sa izvora Sveti Ivan, Gradole, Bulaž i akumulacije Butoniga. Područje djelovanja Istarskog vodovoda Buzet i shema vodoopskrbnog sustava Istre prikazano je na slici 4. To ga svrstava među četiri najveća vodovoda u Hrvatskoj, a vizija mu je postati jedno od vodećih vodoopskrbnih društva u Hrvatskoj po kvaliteti usluga u javnoj vodoopskrbi te vodu učiniti dostupnom svakom kućanstvu na području djelovanja.

Kako djeluje na području Istre koja ima raznoliku konfiguraciju terena svrstava se u jedan od najsloženijih i najefikasnijih vodoopskrbnih sustava. Istarski vodovod već duži niz godina primjenjuje i razvija sustav nadzora i upravljanja. Nadzor i upravljanje vrši se 24 sata na dan preko dispečerskog centra i tri postrojenja za preradu i kondicioniranje vode. Posjeduje vlastitu digitalnu UHF radio mrežu kao i vlastiti wireless i optičku komunikaciju. Razvija i svoj geoinformacijski sustav. Posjeduje i certifikate ISO 9001, HACCP te je u fazi uvođenja certifikata 50001. [1,2]

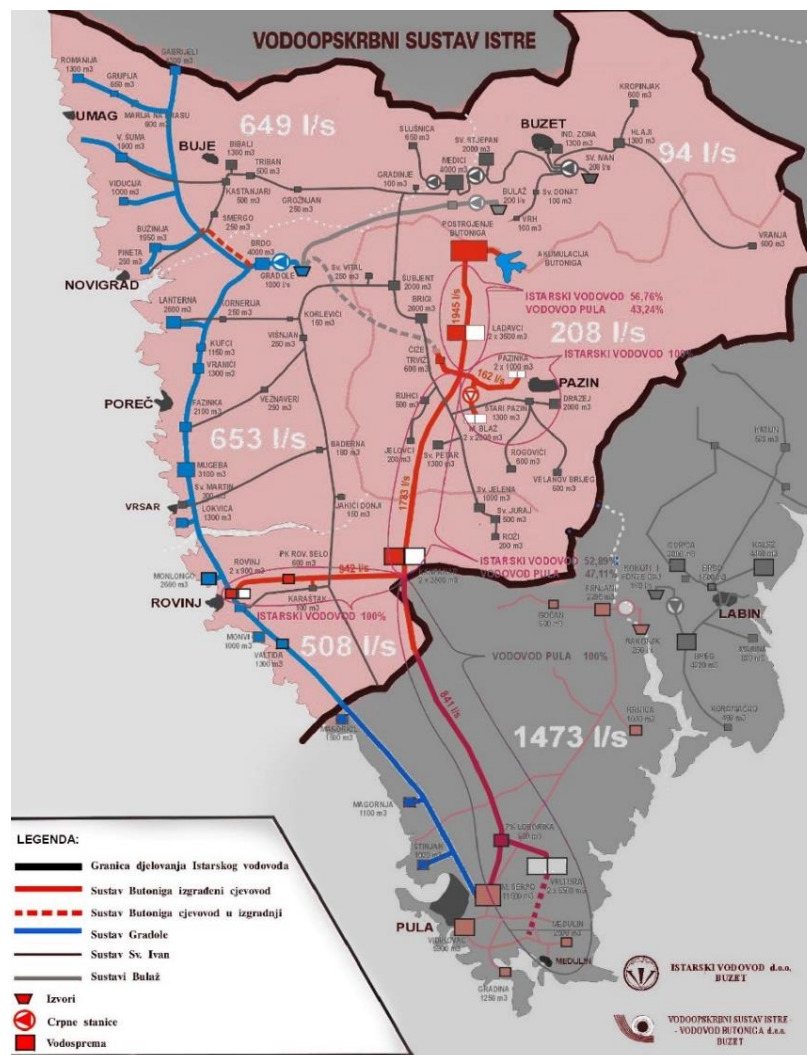
Konačno Istarski vodovod u brojkama danas izgleda ovako:

- 300 radnika
- 28 gradova i općina u kojima djeluje
- 3 izvora



- 1 akumulacija
- 2.900 litara vode u sekundi je proizvodni kapacitet
- 2.388 kilometara vodovodne mreže
- 99 vodosprema
- 72 prekidne komore
- 38 crpnih stanica + 4 sa posadom
- 67.975 vodomjera odnosno potrošnih mjesta
- 99,78 % priključnog stanovništva
- 15 % gubitaka vode u mreži
- 12.700.000 m<sup>3</sup> godišnja distribucija\* +
- 4.800.000 m<sup>3</sup> vode koju isporuči Vodovodu Pula i Rižanskom vodovodu\*

\*rekord zabilježen u 2017. godini [10]



Slika 4: Područje djelovanja Istarskog vodovoda Bužet i shema vodoopskrbnog sustava Istre [15]

### 2.3. Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, sustav Butoniga dio je Istarskog vodovoda i osigurava vodu za piće za južni dio Istre. Sustav Butoniga se sastoji se od magistralnog cjevovoda u dužini od preko 80 km, te popratnih vodosprema, prekidnih komora i postrojenja za kondicioniranje vode kapaciteta 1.000 litara vode u sekundi. Sirova voda za proces dobivanja vode za piće zahvaća se iz akumulacije Butoniga, koja je prikazana na slici 5. To je umjetno jezero smješteno u dolini u slivu rijeke Mirne. Namjena mu je obrana od poplave te za vodoopskrbu. Akumulacija je dobila ime po rječici Butoniga koja je ujedno i glavni pritok. Osim pritoka Butoniga postoje još dva pritoka a to su potoci Račice i Podmerišće dok ostala voda dolazi iz slivnog područja površine 73 km<sup>2</sup>. Površina akumulacije je oko 2,5 km<sup>2</sup>, kod ispunjenosti jezera do kote 41 m n.m što je ujedno i preljevna kota brane, a najveća dubina akumulacije je oko 16 m kod te iste ispunjenosti. Volumen vode je oko 20 miliona kubičnih metara. Zbog kapaciteta prihvata poplavnih voda i sigurnosti brane najčešći nivo ispunjenosti jezera je do kote 39 m n.m. [1,2]



Slika 5: Akumulacija Butoniga (fotografirao D.Krajcar)

Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, koje je prikazano na slici 6 smješteno je oko 600 m nizvodno od brane akumulacije na površini od 80.000 m<sup>2</sup> te se sastoji od ukupno 18 građevina. Cijeli sustav projektiran je za preradu 1.000 litara vode u sekundi. Sve procesne

jedinice projektirane su za 24 satni puni kapacitet. Postrojenje može raditi fleksibilno promjenom kapaciteta od 20 do 100,0 % nominalnog kapaciteta ovisno o potrebama u sustavu. Postrojenje je napravljeno na način da može raditi u ručnom-lokalnom modu ili automatski uz minimalne potrebe za intervencijama od strane operatera koji vrše kontrolu i upravljanje 24 sata kroz 365 dana u godini. Kontrola i upravljanje postrojenjem vrši se iz kontrolnog centra preko dva upravljačka PC-a i video zida dok je automatizacija sustava izvršena preko PLC-a. [4,5,6]



Slika 6: Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga [2]

### 2.3.1. Proces obrade vode

Sam se proces pročišćavanja odvija se u četiri faze: predobrada, brza filtracija, ozoniranje i spora filtracija. Proces na izlazu osigurava vodu ujednačene kvalitete, bez obzira na promjene u kvaliteti vode akumulacije Butoniga. Osim dijelova procesa kojima je zadatak prerada i osiguranje kvalitetne i zdravstveno ispravne pitke vode, postrojenje je opremljeno i sustavima koji imaju za zadaću osigurati da se produkti nastali prilikom kondicioniranja vode obrade do vrijednosti tvari neškodljivih za okoliš. [4,5,6]

Glavni proces obrade vode sastoji se od slijedećih jedinica koje će biti opisane u nastavku:

- Zahvat sirove vode
- Predozoniranje
- Koagulacija – Flokulacija
- Flotacija
- Brza filtracija
- Glavno Ozoniranje
- Spori pješčani filter
- Dezinfekcija
- Završna korekcija pH vrijednosti
- Pumpanje u tlačni vod
- Dokloriranje

Sirova voda iz akumulacije zahvaća se na usisnom tornju koji je izveden sa četiri moguća usisna otvora na četiri nivoa. Zahvati se nalaze na kotama 29,0; 31,7; 34,3 i 37,0 m n.m. Voda na postrojenje dolazi slobodnim padom, a razina zahvaćanja sirove vode odabire se zavisno o ispunjenosti akumulacije ili zavisno o kvaliteti sirove vode. Kvaliteta sirove vode kontinuirano se prati mjerenjem slijedećih parametara: otopljeni kisik, redoks potencijal, mutnoća, pH vrijednost, elektrovodljivost, temperatura, koncentracija mangana i koncentracija amonija. Sirova voda koja je dospjela na postrojenje ide na proces predozoniranja. Uloga predozoniranja je oksidacija mangana, željeza i sumporovodika, inaktivacija algi, te mikroflokulacija. Komore za predozoniranje su kvadratni bazeni, od kojih je svaki podijeljen u kontaktni i reakcijski dio. Smjesa kisika i ozona uvodi se kroz uronjeno turbinsko miješalo. Doziranje ozona u predozoniranju odabire se u zavisnosti o koncentraciji mangana, te mutnoći sirove vode. Nakon predozoniranja slijedi proces koagulacije – flokulacije, a njime vršimo destabilizaciju disperziranih čestica u vodi dodatkom koagulacijskog sredstva, nakon čega dolazi do nakupljanja koloidno disperziranih tvari prisutnih u vodi u flokule. Koagulacijom i flokulacijom pospješuje se uklanjanje mutnoće mineralnog porijekla, organske tvari prirodnog i sintetskog porijekla, mikroorganizama, toksičnih metala, željeza i mangana.

Proces koagulacije i flokulacije se odvija u koagulacijskoj komori opremljenom brzim mješačem dok je flokulacijska komora opremljena sa sporim mješačem. Koagulacija teče u tri uzastopne faze: uvođenje procesnih kemikalija na ulazu u koagulacijsku komoru,

destabilizacija čestica brzim miješanjem u koagulacijskoj komori i agregacija čestica sporim miješanjem u flokulacijskim komorama. Kemikalije koje koristimo u fazi koagulacije su koagulacijsko sredstvo polialuminijev klorid sulfat uvijek dok sumpornu kiselinu, anionski polielektrolit i aktivni ugljen doziramo samo iznimno prema potrebi. Slijedi faza flotacije gdje se otopljenim zrakom uklanjaju flokule nastale tijekom koagulacije – flokulacije. Flotacija se odvija u kvadratnom bazenu u koji se putem sapnica za uvođenje vode zasićene zrakom uvode mjehurići zraka, koji na sebe vežu flokule i podižu ih na površinu sa koje se potom uklanja mulj. Voda se potom kanalom odvodi na brzu filtraciju gdje se uklanjaju manje flokule zaostale nakon flotacije, zaostala suspendirana tvar i organska tvar. Brzi filteri sastoje se od dva sloja filterskog medija. Donji filtracijski sloj čini kvarcni pijeska a gornji filtracijski sloj je Aquafilt. Filteri se peru automatski dok se voda od pranja filtera obrađuje u procesu obrade vode od pranja filtera. Nakon brze filtracije slijedi glavno ozoniranje gdje se vrši poboljšanje okusa i mirisa, dezinfekcija vode, te oksidacija zaostale otopljene organske tvari koja se prevodi u biorazgradivi oblik i uklanja se na biološkom stupnju procesa na sporim filterima. Glavno ozoniranje sastoji se od kontaktne difuzorske komore i reakcijske komore. U kontaktnoj komori se kroz porozne keramičke difuzore smjesa zraka i ozona upušta u vodu. Zaostali ozon odvodi se na destrukciju ozona u izlaznom plinu. Nakon procesa ozoniranja vode slijedi filtracija na sporim pješčanim filterima te je to i završna filtracija koja uklanja organske tvari oksidirane dodatkom ozona. Na površini filtera stvaraju se mikroorganizmi koji uklanjaju sav biorazgradivi organski ugljik te osiguravaju stabilnost vode u distribucijskom sustavu. U ovako filtriranu vodu se u cjevovodu, a prije ispusta u vodospremu čiste vode zapremine 15.000 m<sup>3</sup> dodaje plinoviti klor koji služi za dezinficiranje vode. Po potrebi se u ovoj fazi može završno korigirati pH vrijednost vode dodavanjem zasićene vapnene vode koja se proizvodi u jedinici za pripremu i doziranje vapna. Korekcijom pH vrijednosti osigurava se stabilnost vode u distribucijskom sustavu. Konačno, kondicionirana voda pumpa se u tlačni cjevovod pomoću pumpi kapaciteta 720,0 m<sup>3</sup>/h sve do vodospreme Ladavci. U ovoj fazi se zbog potrošnje dijela klora te isparavanja klora zbog duljeg zadržavanja u vodospremi vrši dodatno kloriranje na ulazu u tlačni cjevovod. Nakon vodospreme Ladavci voda gravitacijski teče kroz magistralni cjevovod do potrošača. [4,5,6]

Pomoćni proces obrade vode sastoji se od slijedećih jedinica te će isti biti opisani u nastavku:

- Stanica za čišćenje pijeska sa sporih pješčanih filtra
- Obrada vode od pranja filtra
- Obrada mulja

- Neutralizacija otpadnih voda od kemikalija. [4]

U jedinici za čišćenje pijeska sa sporih pješčanih se pere pijesak skinut sa površine sporih pješčanih filtra. Naime nakon određenog vremena rada sporih pješčanih filtra dolazi do njihovog začepljenja i pada protoka. Filtri se čiste tako da se uklanja površinski sloj pijeska, debljine oko 3 cm, koji se potom pere na stanici za pranje pijeska. Pijesak čisti se na uređaju sa hidrociklonom kapaciteta oko 2,5 t/h. Očišćeni pijesak se skladišti do potrebe nadopunjavanja filtra. Nakon pranja slijedi obrada vode od pranja sporih filtera kao i voda od pranja brzih filtera koja se obrađuje u jedinici za obradu vode od pranja filtera gdje se pročišćava procesom flokulacije sa polielektrolitom i sedimentacijom u pločastim taložnicama. Pročišćena voda ispušta se u recipijent, a nastali mulj se odvodi na postrojenje za obradu mulja. Obrada mulja vrši se pomoću spremnika za prihvatanje mulja te filter preše za prešanje tekućeg mulja.

Postrojenje je opremljeno i jedinicom za neutralizaciju otpadnih voda od kemikalija. Otpadne vode iz zgrade za skladištenje pripremu i doziranje kemikalija, kao i otpadne vode iz laboratorija obrađuju se na posebnom uređaju za neutralizaciju. Uređaj se sastoji bazena za redukciju klora te bazena za neutralizaciju. Nakon obrade klorne otopine sa natrij tiosulfatom obrada se nastavlja u bazenu za neutralizaciju. Sve procjedne vode iz kemijske zgrade isto se obrađuju u bazenu za neutralizaciju. Opremljen je sustavom za doziranje kiseline ili lužine uz kontrolu pH vrijednosti. Nakon dostizanja zadovoljavajuće pH vrijednosti sadržaj bazena prazni se u recipijent. [4,5,6]

### 3. TRETMAN MULJA

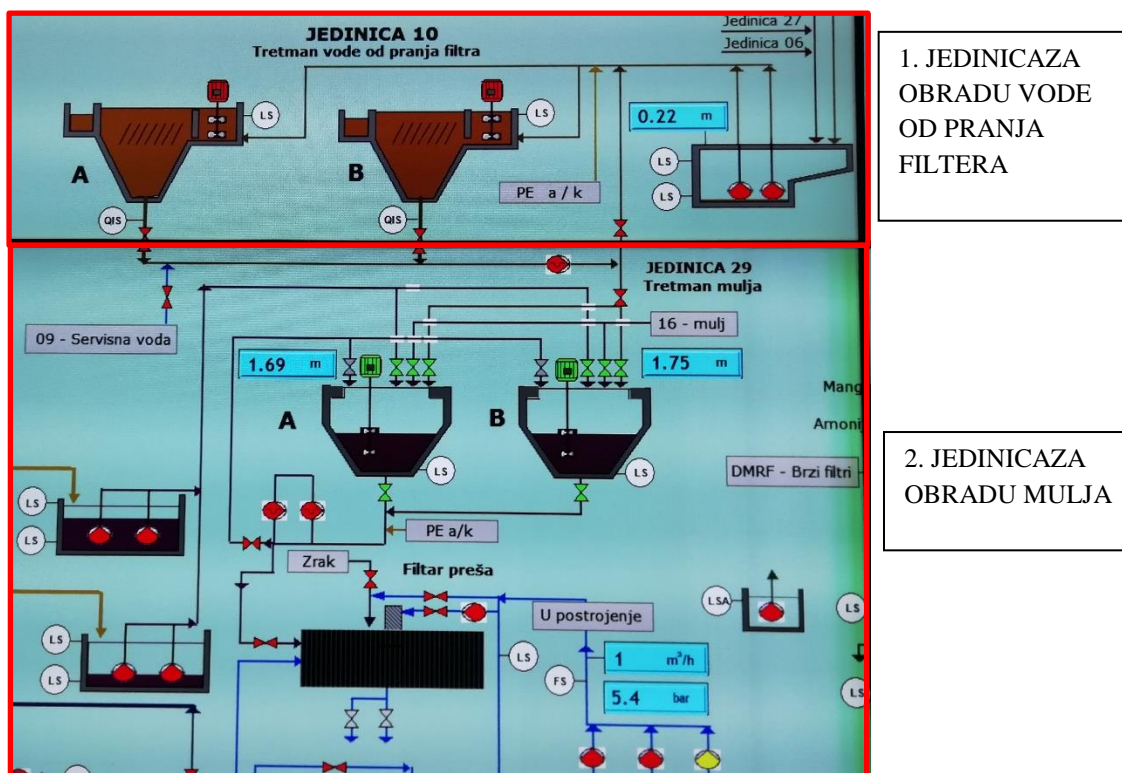
Mulj je nusprodukt procesa pročišćavanja vode za piće a na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga nastaje u tri jedinice procesa.

1. Flotacijski mulj nastaje u jedinici predtretmana, uslijed reakcije kemikalije nečistoća iz vode prilikom predobrade vode, a skuplja se na površini vode u flotacijskom bazenu uslijed djelovanja zraka. Posebnim zgrtačima se uklanja i odvodi do prihvatnog kanala. Iz flotacije se nakupljeni mulj automatski prebacuje u spremnike za prihvatanje mulja sa 4 pužne pumpe kapaciteta svaka po 6,0 m<sup>3</sup>/h, ovisno o visini nakupljenog mulja u prihvatnom kanalu.
2. Mulj od obrade vode od pranja filtera je mulj koji je nastao u otpadnoj vodi uslijed taloženja uz dodatak anionskog polielektrolita. Iz jedinice za obradu vode od pranja filtera mulj se nakon odmuljivanja slobodnim padom deponira u spremnike za prihvatanje mulja
3. Mulj od pripreme vapnene vode koji je nastao u jedinici za pripremu i doziranje vapnene vode prilikom procesa pripreme iste. Mulj nakupljen u jedinici za pripremu i doziranje zasićene vapnene vode prebacuje se u spremnik preko pumpi kapaciteta 5,0 m<sup>3</sup>/h, u određenim vremenskim razmacima zavisno o visini proizvodnje te potrebe za doziranjem vapnene vode. [7,11,12 ]

Tretman mulja je pomoćni dio procesa obrade vode na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga. Tretman mulja, prikazan na slici 7 se sastoji od dvije međusobno povezane jedinice:

1. jedinica za obradu vode od pranja filtera i
2. jedinice za obradu mulja.

Jedinica za obradu vode od pranja filtera, i njezin sastavni dio, pločasta taložnica, su predmet istraživanja ovog završnog rada. [11]



1. JEDINICA ZA OBRADU VODE OD PRANJA FILTERA

2. JEDINICA ZA OBRADU MULJA

Slika 7: Tretman mulja [Autor]

### 3.1. Jedinica obrade vode od pranja filtera

Svrha jedinice obrade vode od pranja filtera je da obrađuje otpadnu vodu od protustrujnog pranja dvostrukih brzih filtera a koji se peru automatski nakon određene količine profiltrirane vode, te vodu iz jedinice za pranje pijeska sporih pješčanih filtera.

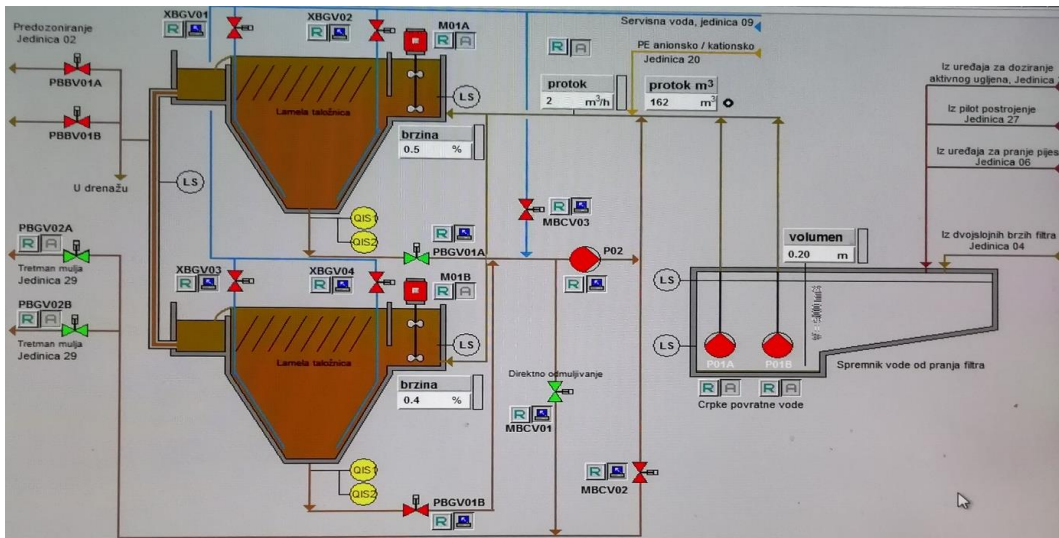
Voda od pranja brzih filtera, kao i voda iz stanice za pranje pijeska sa sporih filtera, obrađuje se na posebnom uređaju za obradu vode od pranja filtera. Sakupljena voda se iz spremnika pumpama prebacuje u flokulacijske bazene gdje se uz dodavanje polielektrolita vrši flokulacija. Nakon flokulacije obrada se nastavlja u pločastim (lamelarnim) taložnicama postupkom sedimentacije. Nakon sedimentacije pročišćena voda se odvodnim kanalom odvodi u recipijent ili ovisno o kvaliteti ista se može ponovno vraćati na početak procesa kondicioniranja vode za piće. Nastali mulj prilikom sedimentacije u pločastom taložniku se odvodi na postrojenje za obradu mulja. Shema jedinice obrade vode od pranja filtera prikazana je na Slici 8. [11]

Sama jedinica se sastoji od:

- spremnika za prihvat voda od pranja filtra kapaciteta  $500 \text{ m}^3$ ,



- dvije pompe za prepumpavanje vode kapaciteta svaka od po 225,0 m<sup>3</sup>/h,
- dva flokulacijska bazena volumena svaki po 10 m<sup>3</sup> i dva miješala snage 2,2 kW, te
- dvije linije pločastih taložnica svaka sa po 54 lamele. [7,11]



Slika 8: Shema jedinice obrade vode od pranja filtera [Autor]

### 3.2. Jedinica za obradu mulja

Kao što je opisano u prethodnim poglavljima, mulj nastaje u više faza procesa tijekom obrade vode na postrojenju za kondicioniranje vode. Jedinica za obradu mulja se sastoji od:

- dva spremnika za prihvat mulja kapaciteta svaki po 50 m<sup>3</sup>, svaki sa jednim mješačem koji konstantno vrtloži nakupljeni mulj, koji su prikazani na slici 9,
- pumpe za mulj, prikazane na slici 10,
- sustava za doziranje polielektrolita te
- filter preše kapaciteta 10,5 m<sup>3</sup> tekućeg mulja opremljenu sa 70 filterskih ploča, koje su prikazane na slici 10 te sustavom za automatsko pranje filterskih ploča. [7,11]



Slika 9: Spremnici za prihvatanje mulja a) pogled na spremnik, b) mješač u spremniku mulja [Autor]



Slika 10: Pumpa za mulj i filter preše [Autor]

Proces obrade mulja radi na principu šaržiranog punjenja, a operater zadužen za rad s jedinicom tretmana mulja ga pokreće ovisno o nivoima u spremnicima mulja. Količine nastalog mulja zavise o količini ukupno zahvaćene i kondicionirane vode. Kada je jednom pokrenuta preša za mulj, cijeli proces odradi automatski i taj proces traje 120,0 min. Pumpa za mulj transportira mulj sakupljen u spremniku te uz dodavanje polielektrolita zavisno o mulju, puni

filter prešu muljem u tekućem stanju. Nakon završetka procesa punjenja i prešanja dobiva se konačni produkt preše kojeg nazivamo filterski kolač stabiliziranog i inertnog mulja, kako je prikazano na slici 11 koji sadrži oko 60 % vlage. Isti se prazni u kontejnere smještene ispod filter preše te je kao takav spreman za odvoz na deponiju. [11,12]

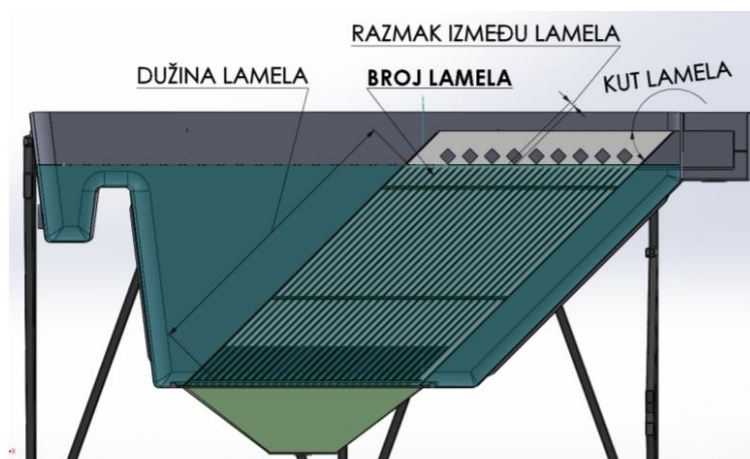


Slika 11: Filterski kolač mulja [Autor]

## 4. LAMELARNI (PLOČASTI) TALOŽNIK NA POSTROJENJU BUTONIGA

### 4.1. Općenito o lamelarnim (pločastim) taložnicima

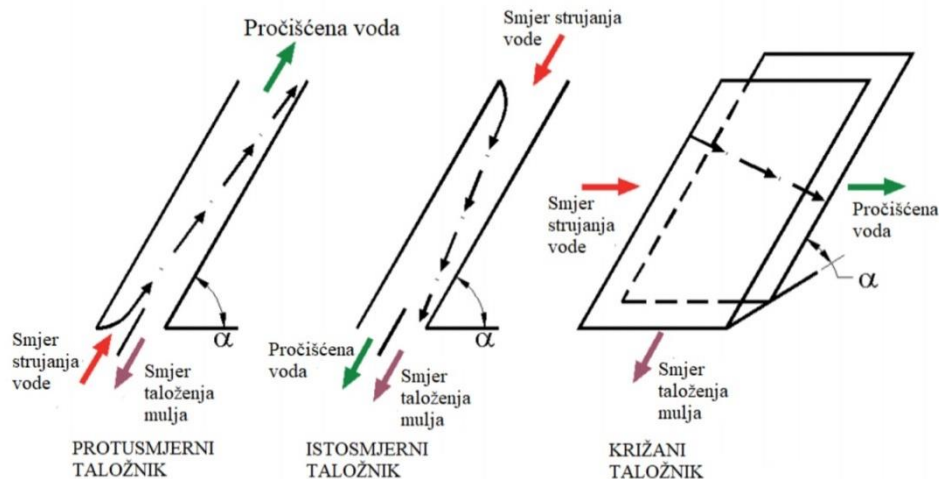
Pločasti taložnici se koriste za odvajanje suspendiranih tvari iz vode, a služe za sedimentaciju mulja od pročišćene vode, odnosno bistrenje vode. Čvrste čestice koje se lako talože se odvajaju i skupljaju na dnu konusnog dijela taložnika dok se dio čestica hvata na lamele taložnika koje su ugrađene paralelno jedna na drugu i pod određenim kutom. Ovisno o potrebi za brzinom i količinom profiltrirane vode određuje se broj lamela, njen nagib i razmak, kao što je prikazano na slici 12. U usporedbi sa klasičnim taložnicima postižu veću efikasnost odvajanja i ugušćavanja mulja. [3,9]



Slika 12: Presjek pločastog taložnika [9]

Pločasti taložnici se djela po smjeru strujanja vode između ploča te razlikujemo tri tipa taložnika, koja su prikazana na slici 13, a to su:

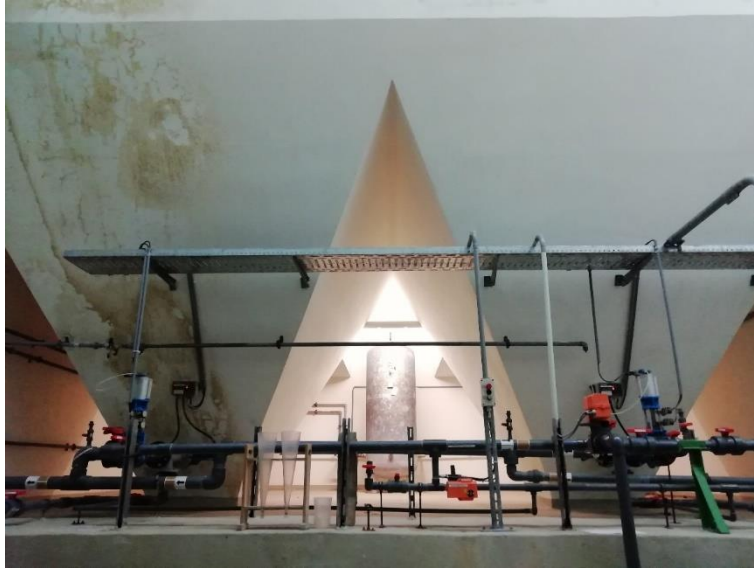
- protustrujni taložnik - kretanje vode se odvija uzlazno uz ploče taložnika dok se pad nataloženog mulja odvija niz ploče,
- istosmjerni taložnik - ima smjer strujanja vode i taloženja jednak te se odvija niz ploče taložnika
- križani taložnik - voda se kreće poprečno u odnosu na postavljenu kosinu lamele od jedne do druge strane a nataloženi mulj pada niz kosinu lamele [9]



Slika 13: Tipovi pločastih taložnika [9]

#### 4.2. Princip rada pločastog taložnika na postrojenju Butoniga

Na postrojenju Butoniga u radu imamo osam polja brze filtracije, tzv. brzi filteri koji se ciklički povratno peru svakih 9.000-14.000 m<sup>3</sup> profiltrirane vode, a zadana količina ovisi o kvaliteti sirove vode. Nakon što se povratno opere brzi filter, otpadna voda od pranja brzog filtera deponira se u spremnik veličine 500 m<sup>3</sup> u jedinici za obradu vode od pranja filtera. Riječ je o količini otpadne vode od oko 300 m<sup>3</sup> kod svakog pranja jednog polja brzog filtera. Prilikom dostizanja određenog nivoa količine otpadne vode u spremniku automatski se pali pumpa koja otpadnu vodu prepumpava brzinom od 90,0 m<sup>3</sup>/h do 225,0 m<sup>3</sup>/h u pločasti taložnik odnosno u flokulacijski bazen u kojem se uz pomoć miješala snage 2,2 kW i mogućnošću reguliranja brzine vrtnje vrši flokulacija mulja. Kako bi se postiglo čim bolje taloženje suspendiranih tvari iz otpadne vode, u dovodni cjevovod prije flokulacijskog bazena, automatski se dozira anionski polielektrolit, koje je prikazano na slici 19. Nakon flokulacije, voda se dovodi na dva pločasta taložnika. U ovoj fazi voda protustrujno prolazi kroz ploče taložnika te se tu odvija intenzivan razvoj flokula i njihovo taloženje. Talog suspendiranih tvari taloži se na dnu konusnog djela taložnika, koji su prikazani na slici 14, a obrađena voda bez suspendiranih tvari se prelijeva u odvodni kanal i potom odvodi u recipijent ili po potrebi se može ponovno vraćati u proces za kondicioniranje vode. Talog suspendiranih tvari se izdvaja na dnu pločastog taložnika te se transportira slobodnim padom u dva spremnika mulja prije obrade samog mulja koji se vrši na filter preši. [4,7,11] Na slikama 15 i 16 prikazan je rad pločastog taložnika na postrojenju Butoniga.



Slika 14: Konusni dio pločastih taložnica gdje se taloži talog suspendiranih tvari [Autor]



Slika 15: Detalj pločastog taložnika u radu [Autor]



Slika 16: Obje linije pločastog taložnika u radu [Autor]

### 4.3. Glavni dijelovi taložnika na postrojenju Butoniga

Na postrojenju Butoniga ugrađene su dvije linije pločastog taložnika koje se sastoje od:

- dva flokulacijska bazena od kojih je jedan prikazan na slici 16 zapremine svaki po 10 m<sup>3</sup> opremljenih svaki sa svojim uronjenim mješačem, koji je prikazan na slici 20 snage 2,2 kW s ugrađenim frekvencijskim pretvaračem za reguliranje brzine vrtnje
- 54 lamele (ploče) po svakoj liniji ugrađene u samom taložniku, koje su prikazane na slici 23.

U sklopu taložnika, a neposredno prije njega ugrađen je:

- bazen zapremine 500 m<sup>3</sup> za prihvrat otpadne vode te
- dvije pumpe maksimalnog protoka 225,0 m<sup>3</sup>/h,
- Dovodne cijevi za distribuciju otpadne vode do taložnika, koje su prikazane na slici 17, a koji na sebi imaju ugrađen mjerac protoka, prikazan na slici 18 i doziranje anionskog polielektrolita, koje je prikazano na slici 19,
- dva zasunska ventila, od kojih je jedan prikazan na slici 20, a nalazi se neposredno prije ulaska vode u flokulacijski bazen koji osim za zatvaranje, služe i za regulaciju željene količine vode, te
- kemijska stanica za pripremu i doziranje polielektrolita koja je prikazana na slici 21.

Na izlazu iz taložnika ugrađeni su:

- kuglični ventili za ručno odmuljivanje taložnika te
- odvodni kanal i
- cijevi za odvod izbistrene vode s mogućnošću odabira za povratak vode u proces kondicioniranja ili slanje u recipijent, koje su prikazane na slici 22. [4,7,11]



Slika 17: Cijevi za dovod vode od pranja filtera na taložnik [Autor]



Slika 18: Mjerač protoka za određivanje količine protoka vode i očitavanje ukupne količine vode od pranja brzih filtera [Autor]





Slika 19: Pozicija doziranja anionskog polielektrolita [Autor]



Slika 20: Dovod vode u flokulacijski bazen, zasunski ventil i miješalo [Autor]



Slika 21: Uređaj za pripremu polielektrolita [Autor]



Slika 22: Cijevi za odvod izbistrene vode s mogućnošću odabira za povratak u proces kondicioniranja ili slanja u recipijent [Autor]

#### 4.4. Održavanje taložnika na postrojenju Butoniga

U tehničkom opisu održavanja i po radnoj uputi pločasti taložnik na postrojenju Butoniga nije zahtjevan za održavanje te je njegovo održavanje zamišljeno u periodičnim razmacima i to dva puta godišnje, a u našem slučaju je to pred i nakon ljetne sezone kada se smanje potrebe za proizvodnjom vode za piće te kada postrojenje za kondicioniranje vode radi smanjenim intenzitetom. Procedura održavanja je slijedeća:

- isključiti iz rada pločasti taložnik
- isprazniti ga preko sustava za uklanjanje mulja
- izvaditi dio kontaktnih ploča taložnika, kako je prikazano na slici 23
- ubaciti potopnu pumpu, koja je prikazana na slikama 24 i 25 te isprazniti taložnik,
- izvaditi lopatom i kantom pijesak koji se nakupi na dnu taložnika
- oprati taložnik i stjenke taložnika
- ponovo vratiti taložnik u rad.

No iako je predviđeno da se taložnik održava dva puta godišnje, u našem slučaju to nije bilo dovoljno. Naime taložnik se punio taloženim muljem puno više od prvotno predviđenog što je dovodilo da potrebe za učestalijim održavanjem, puno kompliciranijim, te potrebom za dužim periodom stavljanja van rada istoga. U konačnici to je dovodilo do povećanja troškova održavanja i nezadovoljavajućeg rada taložnika. [8,12]



Slika 23: Vađenje ploča taložnika koje je potrebno oprati [15]



Slika 24: Ispumpavanje mulja potopnom pumpom [15]



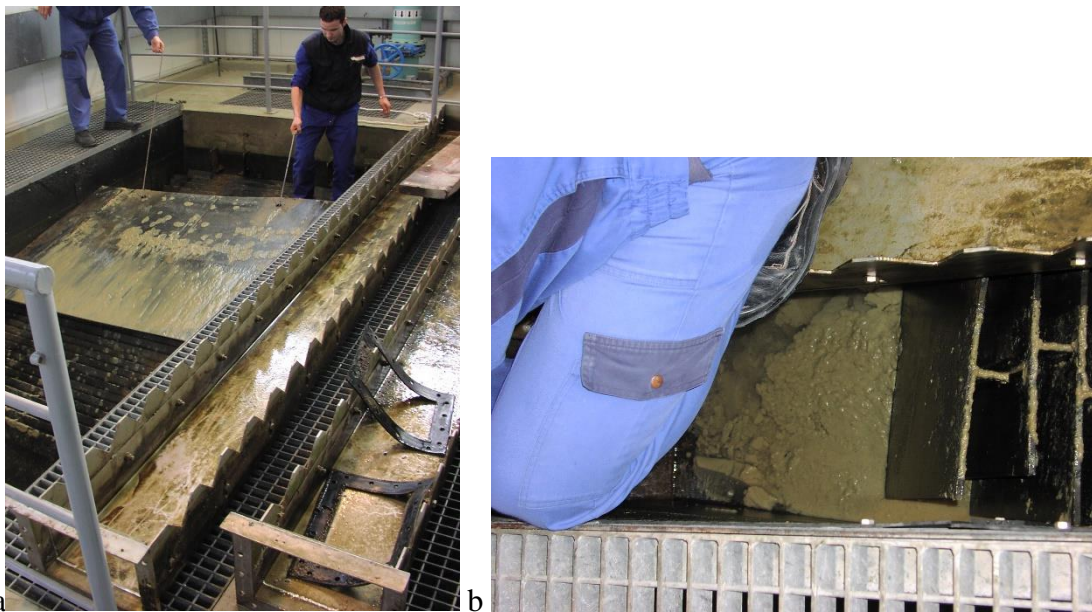
Slika 25: Ispumpavanje zaostalog staloženog mulja potopnom pumpom [15]

#### **4.5. Uočeni nedostaci taložnika na postrojenju Butoniga**

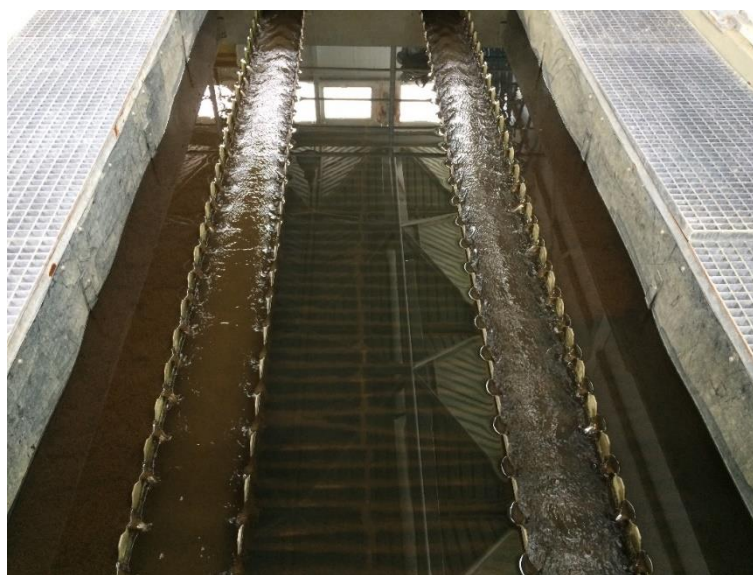
Prilikom rada jedinice za obradu vode od pranja filtera pojavljuje se problem kod taloženja mulja u pločastoj taložnici koji direktno utječe na kvalitetu obrađene otpadne vode koja za uzrok u sebi sadrži povećanu količinu suspendirane tvari i aluminijskih spojeva.

Naime tijekom izdvajanja suspendiranih tvari na taložniku dolazi do nedovoljnog uklanjanja mulja zbog zadržavanja istoga na dnu taložnika. Slabo uklanjanje mulja na dnu taložnika uzrokovano je time što se prilikom pražnjenja mulja koji se istaložio na dno taložnika

stvori otvor u obliku valjka u sredini taložnika, te se tako uklanja jedan dio mulja dok jedan dio ostaje na dnu odnosno hvata se na stjenke konusnog djela taložnika. Potom se na taj neuklonjeni mulj veže novi mulj te dolazi do taloženja mulja po cijelom taložniku i taloženja na pločama taložnika, kako je prikazano na slici 26. To u konačnici dovodi do blokiranja rada ploča taložnika i lošijeg uklanjanja flokula mulja iz otpadne vode, kako je prikazano na slici 27 te na kraju isključenja istoga iz rada zbog prevelike količine nataloženog mulja. [14]



Slika 26: Nakupljeni mulj a) na lamelama taložnika, b) gotovo do vrha lamela taložnika [15]



Slika 27: Pločasti taložnik sa vidljivim flokulama mulja [14]

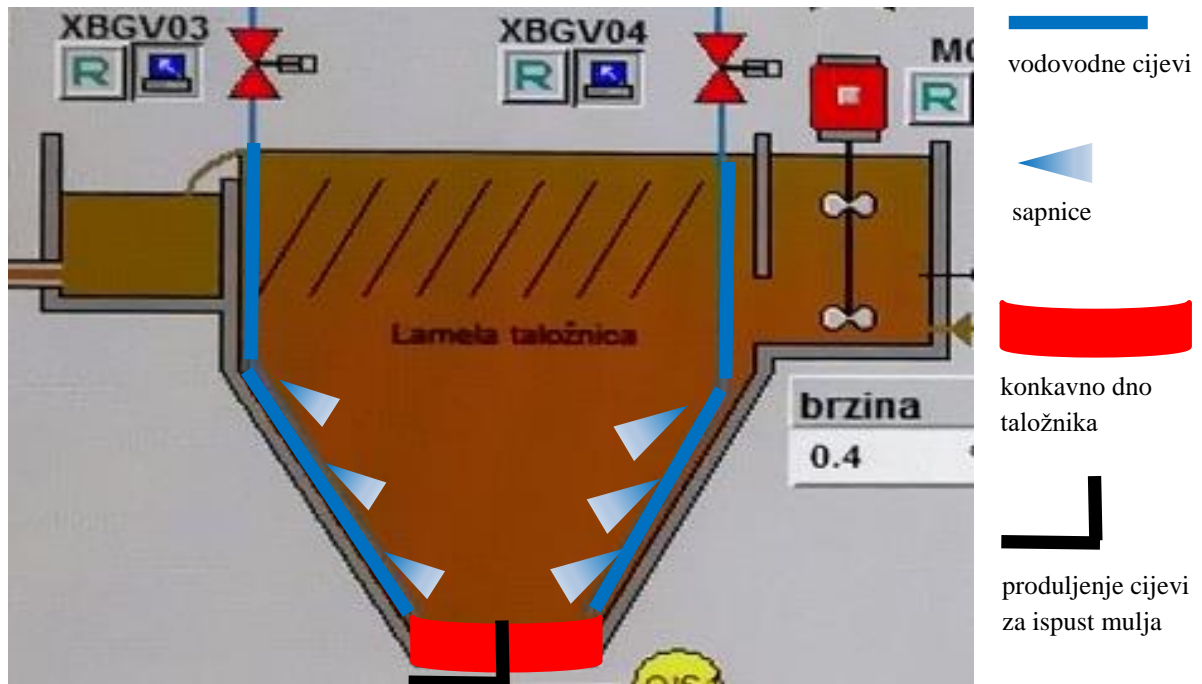
## **5. OPTIMIZACIJA RADA PLOČASTOG TALOŽNIKA NA POSTROJENJU BUTONIGA**

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju zbog uočenih nedostatak prilikom rada pločastog taložnika pristupilo se optimizaciji rada istoga.

### **5.1. Prijedlozi rješenja za unaprjeđenje taložnika**

U svrhu poboljšanja rada pločastog taložnika, a na osnovu višegodišnjeg iskustva u održavanju istoga zaključeno je da bi bilo poželjno napraviti pojedine preinake na samom taložniku. Točnije uvelo bi se ispiranje bočnih stjenki taložnika i dodatno odmuljivanje taložnika koje bi bilo automatizirano i vršilo bi se otprilike 1.0 h nakon svakog povratnog pranja brzih filtera. Radnje koje bi trebalo odraditi jesu slijedeće:

1. Na dnu konusnog dijela taložnika produžiti cijev za ispuštavanje mulja prema sredini dna taložnika kako je prikazano na slici 28. Trenutno se cijev za ispuštavanje mulja nalazi bočno na konusu taložnika.
2. Dno taložnika koje je sada pravokutno i bočne strane konusa su pod pravim kutom u odnosu na dno taložnika. Dno bi trebalo izbetonirati u konkavnom obliku kako se istaloženi mulj ne bi zadržavao u kutovima taložnika kako je prikazano na slici 28.
3. Ugraditi vodovodne cijevi sa sapnicama usmjerene prema dnu taložnika i postavljene uz sam obod taložnika, kako je prikazano na slici 28. Služile bi za ispiranje bočnih stjenki taložnika i razbijanje istaloženog mulja te bi se time pospješilo pražnjenje taloga s dna taložnika. Sapnice bi bile spojene na vodovodni priključak, odnosno na servisnu vodu postrojenja.
4. Automatizacija odmuljivanja ugradnjom elektromagnetskih ventila i povezivanje sa daljinskim sustavom kako bi se odmuljivanje vršilo iz kontrolnog centra.
5. Uvođenje ciklusnog odmuljivanja taložnice nakon svakog protustrujnog pranja brzih filtera. [14]



Slika 28: Skica potrebnih radnji za poboljšanje rada pločastog taložnika [Autor]

## 5.2. Unaprijedeno stanje taložnika

Kao što je predloženo u prethodnom poglavlju na osnovu dosadašnjih iskustva i saznanja, a pod pretpostavkom da će optimizirani pločasti taložnik polučiti očekivane rezultate, krenulo se u izvođenje predloženih preinaka na pločastom taložniku.

Sama izrada preinaka na taložniku nije iziskivala značajnija financijska ulaganja s obzirom da je sav posao odrađen unutar službi održavanja koje djeluju u sklopu Istarskog vodovoda. Nakon što se odradilo sve potrebne pregradnje za početak izvođenja radova, a to je podrazumijevalo isključenje pločastog taložnika iz rada, uklanjanje zaostalog mulja te pranje stjenki taložnika, krenulo se s izvedbom.

Prvo je na dnu pločastog taložnika produžena izlazna cijev za odmuljivanje dodatkom jednog FF profila nazivnog promjera DN 100, dužine 50 cm i jednog koljena 90/90 također nazivnog promjera DN 100.

Slijedeći korak je bio nanošenje novog sloja betonske mase u konkavnom obliku do visine ruba prije postavljenog koljena.

Potom je slijedilo postavljanje vodovodnih čeličnih pocinčanih cijevi nazivnog promjera DN50 koje su postavljene vertikalno prema dnu taložnika, uz sam obod s unutarnje strane pločastog taložnika, koje su prikazane na slici 29. Cijevi su postavljene kroz ravan dio gdje su kontaktne ploče na taložniku te se nastavljaju uz obod konusnog djela taložnika do dna. [14,18]

Nakon toga je na cijevi izbušeno sveukupno 6 rupa promjera 8 mm koje imitiraju sapnicu, na 30 cm razmaka, ali samo u konusnom djelu taložnika gdje su se stvarale naslage mulja. Ukupno su u svaku liniju taložnika ugrađene po dvije takve cijevi sa lijeve i desne strane taložnika.

Zatim su izvan taložnika ugrađena 4 elektromagnetska ventila, koji su prikazani na slici 30, a koji služe za otvaranje i zatvaranje dovoda vode na sapnice. Priključak cijevi na tzv. servisnu vodu koja u ovom slučaju služi za ispiranje putem sapnica izveden je neposredno do taložnika s obzirom da je servisna voda već bila dovedena u zgradu tretmana mulja gdje je i smješten pločasti taložnik.

Potom je bilo potrebno ugraditi još jedan elektromagnetni ventil na dnu pločastog taložnika, koji je prikazan na slici 31. Na toj se poziciji i prije ugradnje elektromagnetskog ventila odmuljivalo taložnik, ali ručnim putem te je sada moguće upravljanje ventilom iz kontrolnog centra za daljinsko praćenje procesa kondicioniranja vode Butoniga.

Zadnji korak je obuka operatera zaduženih za rad s procesom kondicioniranja vode na postrojenju Butoniga. Zadatak je svakog operater uz ostala zaduženja u procesu da 2.0 h nakon povratnog pranja brzih filtera izvrši prvo ispiranje bočnih stjenki pločastog taložnika, a zatim odmulji taložnik na način kako je opisano na slici 32, a po odluci tehnologa na postrojenju za kondicioniranje vode. Sve se vrši iz kontrolnog centra putem PC i povezanim s PLC te je zato bila potreba za ugradnjom elektromagnetskih ventila na sapnicama taložnika i elektromagnetskog ventila na dnu taložnika, gdje se vrši odmuljivanje.



Slika 29: Vertikalna vodovodna cijev na obodu taložnika [Autor]


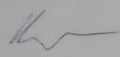




Slika 30: Elektromagnetski ventili koja otvaraju i zatvaraju dovod vode na sapnice [Autor]



Slika 31: Elektromagnetni ventil na dnu pločastog taložnika [Autor]

	<b>NAPUTAK ZA OPERATERE</b> RI Proizvodnja – Postrojenje Butoniga	Oznaka izvora: OBR BTN 05
		Datum izvora: 22.10.2018
<b>1. Podnositelj naputka</b>		
Ime i prezime / funkcija: I	Broj naputka: 47	
Potpis: 	Datum: 14.01.19.	
<b>2. Predmet</b>		
<b>ODMULJIVANJE LAMELE NAKON POVRATNOG PRANJA DMRF- OBJE LAMELE</b>		
<b>3. Procedura</b>		
Tekst procedure: Nakon svakog povratnog pranja brzih filtra potrebno je odmuljiti pločasti taložnik – lamelu po sljedećoj proceduri:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 h nakon povratnog pranja otvoriti ventil za ispuštanje mulja s dna lamele 3 min.</li> <li>- Protustrujno isprati bočne stjenke ( 20 sekundi sa svake strane)</li> <li>- 5 min. pauze pa otvoriti ventil za ispuštanje mulja s dna lamele 3 min.</li> <li>- Protustrujno isprati bočne stjenke ( 20 sekundi sa svake strane) I tako ostaviti.</li> </ul>		
Trenutno su u radu <b>obje lamele</b> pa je potrebno odmuljivati <b>lamelarni taložnik A i B</b> prema istoj proceduri.		
Trajanje: do daljnjega		

Slika 32: Naputak operaterima za proceduru odmuljivanja [Autor]

## 6. ANALIZE OPRAVDANOSTI ULAGANJA U OPTIMIZACIJU TALOŽNIKA

### 6.1. Laboratorijska analiza obrađene otpadne vode

Nakon odrađene optimizacije pločastog taložnika pristupilo se testiranju istoga, tako da se kod uključivanja povratnog pranja brzih filtera, a prije početka rada pločastog taložnika pustila voda kroz sapnice i protustrujno s dna isprao mulj nataložen u taložniku. Nakon toga se uključilo odmuljivanje koje je trebalo odraditi prije početka rada pločastog taložnika, znači prije nego li je krenuo protok vode kroz taložnik. Za ovu potrebu je protok vode smanjen na 150.0 m<sup>3</sup>/h te se tu moralo voditi računa o doziranju polielektrolita s obzirom na smanjeni protok. Za vrijeme rada pločastog taložnika uzet je uzorak vode za ispitivanje na izlazu iz taložnika, dakle uzorak obrađene otpadne vode.

Laboratorijskom analizom mjerene su vrijednosti mutnoće i aluminijska obrađene otpadne vode. Za određivanje aluminijska koristi se Eriokrom cijanin R metoda (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th edition*). Princip metode je da otopljeni aluminij s eriokrom cijaninom R u puferiranoj otopini na pH manje od 6 daje narančasto do crveno obojenje. Koncentracija aluminijska određuje se na valnoj duljini od 534,7 nm. Mjerno područje je od 0,010 – 1 mg/L.

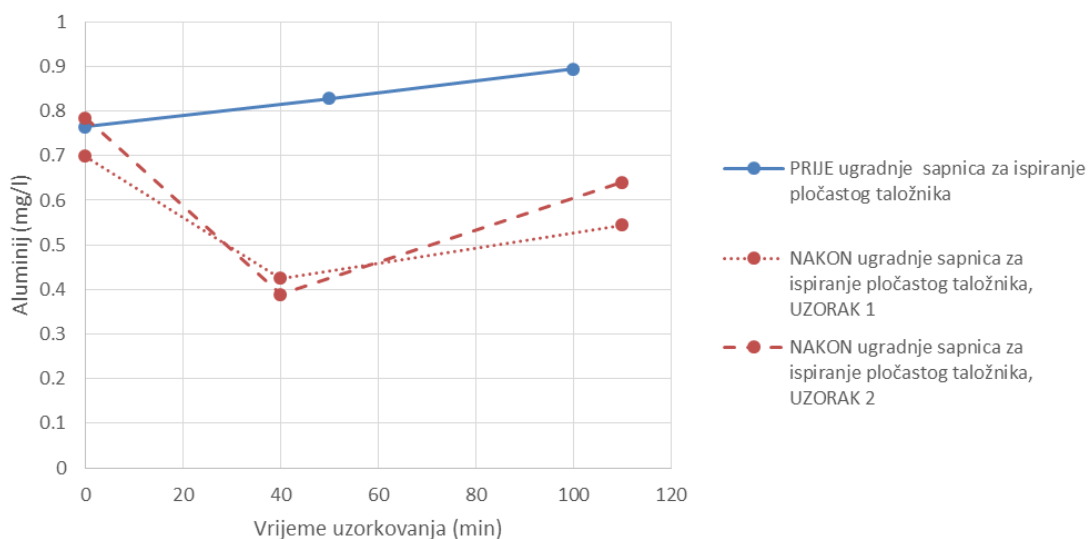
Rezultati laboratorijske analize nakon optimizacije prikazani su u Tablici br 1. Za usporedbu priložena je i Tablica br. 2 koja prikazuje rezultate analize prije ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika. [13,17]

Tablica 1: Rezultati laboratorijske analize uzoraka nakon ugradnje ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [13]

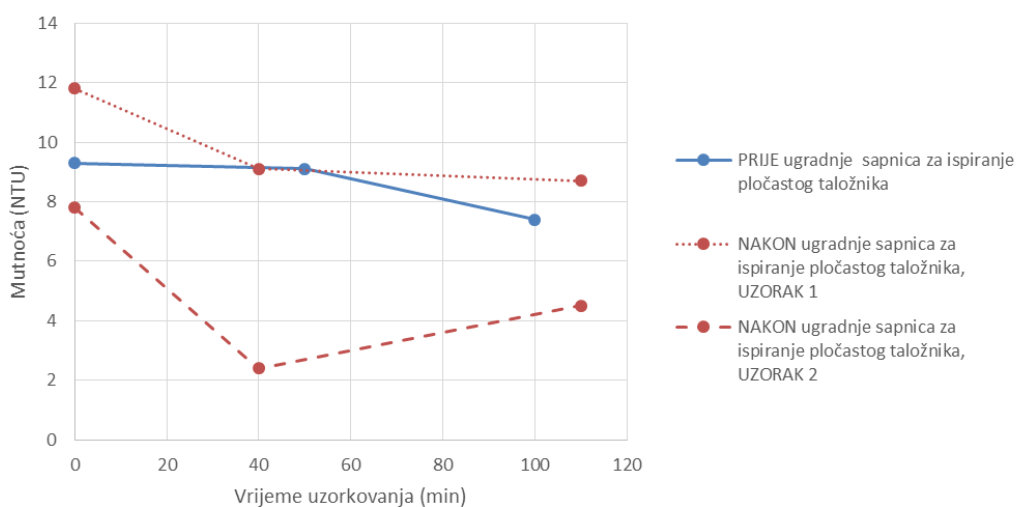
Uzorak br.	Vrijeme uzorkovanja (min)	Obrađena voda	
		Aluminij (mg/l)	Mutnoća (NTU)
1	0	0,699	11,8
	40	0,425	9,1
	100	0,545	8,7
2	0	0,785	7,8
	40	0,389	2,4
	100	0,640	4,5

Tablica 2: Rezultati laboratorijske analize uzorka prije ugradnje ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [13]

Vrijeme uzorkovanja (min)	Obradena voda	
	Aluminij (mg/l)	Mutnoća (NTU)
0	0,765	9,3
50	0,828	9,1
110	0,894	7,4



Slika 33: Grafički prikaz količine aluminija prije i nakon ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [Autor]



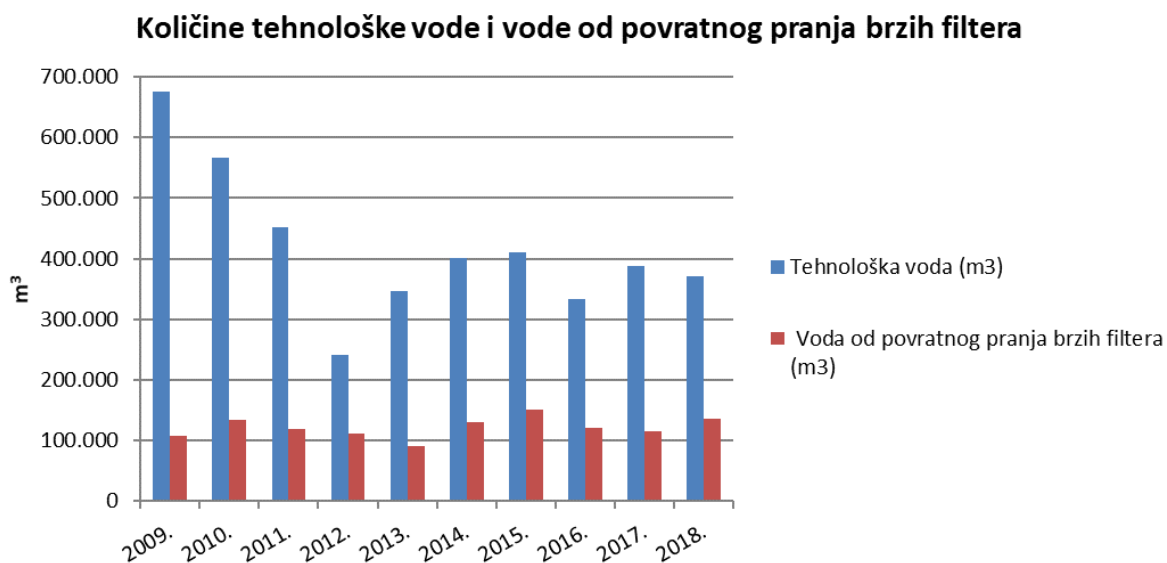
Slika 34: Grafički prikaz mutnoće prije i nakon ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika [Autor]

Vidljivo je da su rezultati laboratorijskih analiza nakon ugradnje sapnica za ispiranje pločastog taložnika bolji od onih prije ugradnje, što je prikazano u tablicama 1 i 2, te grafički prikazano na slikama 33 i 34. Međutim još uvijek nisu zadovoljavajući da bi se obrađenu vodu vraćalo ponovno u proces prerade vode za piće. Ipak, ako bi obrađena voda na pločastom taložniku bila u ulozi otpadne vode rezultati bi bili zadovoljavajući s obzirom da je dobiveni rezultat bolji od prijašnjeg te kao takva otpadna voda za poduzeće bila bi svakako povoljnija, ako gledamo ekonomski aspekt, ali i ekološki aspekt koji danas dobiva sve više na značaju. Svakako ugradnjom sapnica za ispiranje bočnih stjenki taložnika ima prednosti i iz razloga što će u budućnosti olakšati održavanje pločastog taložnika.

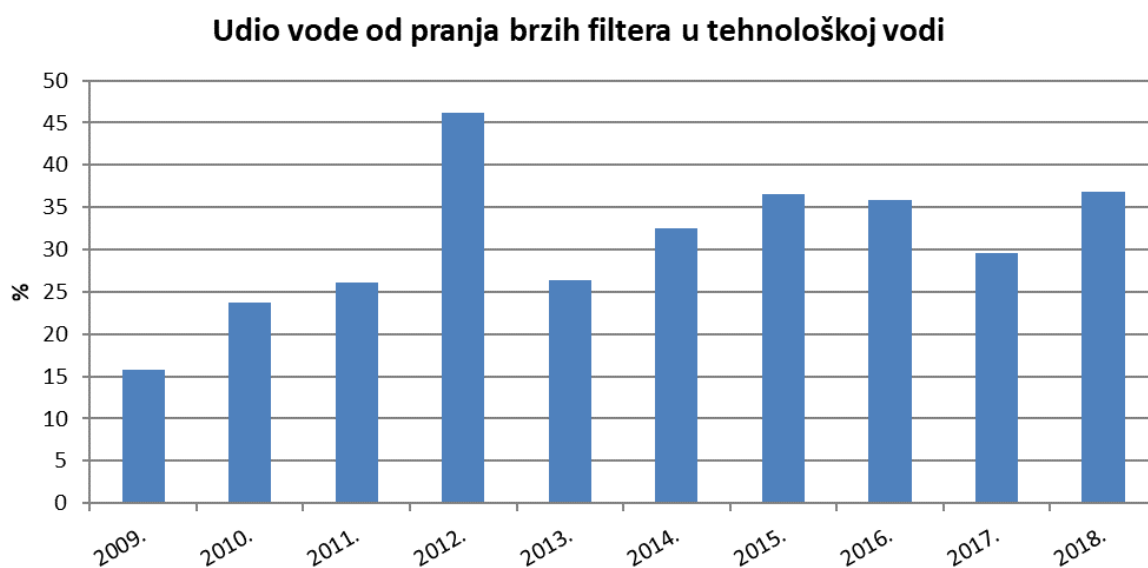
## **6.2. Udio količine vode od pranja brzih filtera u tehnološkoj vodi**

Usporedbom godišnjih količina zahvaćene i isporučene vode na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga koje se bilježe svakodnevno putem nekoliko mjerača protoka vode te služe kao službeni podatak prilikom izrade godišnjih izvješća, možemo lako doći do godišnjih količina tehnološke vode kao i do količina otpadne vode od pranja filtera, te njenog udjela u tehnološkoj vodi. Mjerači protoka postavljeni su na nekoliko pozicija u procesu kondicioniranja vode. Na osnovu toga izradili smo graf usporedbe količina vode u m<sup>3</sup> gdje se vidi količina tehnološke vode i količina vode od povratnog pranja filtera koje su prikazane na slici 35. U graf smo ubacili podatke za razdoblje od 2009. do 2018. godine. Uzevši u obzir ova dva podatka izradili smo i graf koji u postotcima prikazuje udio vode od povratnog pranja filtera u tehnološkoj vodi koji je također izrađen na osnovu podataka od 2009. do 2018. godine. Iz grafa je vidljivo kako je postotak vode od pranja filtera u prosjeku oko 30 % ukupne tehnološke vode, kao što je prikazano na slici 36. Količina udjela ovisi i o kvaliteti sirove vode.

Nije na odmet spomenuti kako postrojenje za kondicioniranje vode kod procesa kondicioniranja ima oko sedam posto tehnološke vode, podatak izračunat razlikom količine zahvaćene i isporučene vode. U konačnu količinu tehnološke vode spada i otpadna voda od pranja filtera. Dalo bi se zaključiti kako bi povratom vode od pranja filtera na početak procesa kondicioniranja imale znatan utjecaj na uštedu kroz ekonomski aspekt kao i kroz aspekt uštede vode u akumulaciji Butoniga u kriznim i sušnim mjesecima. [16]



Slika 35: Grafički prikaz količine tehnološke vode i vode od povratnog pranja brzih filtera u periodu od 2009. do 2018. godine [Autor]



Slika 36: Grafički prikaz udjela vode od povratnog pranja filtera u tehnološkoj vodi u periodu od 2009. do 2018. godine [Autor]

## 7. ZAKLJUČAK

Prema navedenim podacima zaključujemo da je optimizacija pločastog taložnika polučila višestruke koristi u procesu kondicioniranja vode na postrojenju Butoniga. Optimizacijom taložnika poboljšana je njegov rad te je dobivena bolja iskoristivost istoga. Svakako je to vidljivo kroz održavanje taložnika gdje će njegovo održavanje biti znatno lakše, te će biti potrebno utrošiti manje sati rada na njegovo održavanje kao i manji broj djelatnika koji će moći za isto vrijeme odrađivati neke druge zadatke. Iz analiza je vidljivo da je postignuta bolja kvaliteta otpadne vode koja također ima višestruke koristi. Boljom kvalitetom otpadne vode dolazimo do ekonomskih ušteda kao i do očuvanja okruženja u kojem se nalazimo kroz ekološki aspekt, a koji dobiva sve više na značaju te je potreba za istim sve veća.

Do potpunosti iskorištenja pločastog taložnika trebati će odraditi još dodatna tehnološka rješenja kao što je ugradnja membranske filtracije te bi u svrhu toga dobili mogućnost vraćanja vode od pranja filtera na ponovni proces kondicioniranja vode. Koristi bi zasigurno bile višestruke pogotovo kroz uštedu tehnološke vode što bi nama značilo financijsku uštedu ali i kroz očuvanje vode u akumulaciji Butoniga pogotovo u ljetnim mjesecima kada je potreba za istom povećana, a količine izdašnosti izvora kao i količina vode u akumulaciji se u tom periodu smanji.

Postavljena hipoteza završnog rada o uvođenjem novog tehnološkog rješenja rada na pločastom taložniku pokazala se ostvarivom uz zaključak da je moguće i potrebno odraditi još neka tehnološka rješenja kako bi pločasti taložnik imao maksimalnu iskoristivost

## LITERATURA

- [1] Grupa autora (2008) Fotomonografija uz 75. obljetnicu utemeljenja, Istarski vodovod Buzet
- [2] Grupa autora (2018) Otisak vode, Istarski vodovod Buzet
- [3] Gulić, I. Kondicioniranje vode. (2003) Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb
- [4] Istarski vodovod d.o.o. Buzet (2006), Tehnički opis procesa proizvodnje vode u Radnoj jedinici Butoniga
- [5] THYSSEN AUFZÜGE GES.mbH: (2000) Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, Tehnološki projekt, Izvedbeni projekt, Knjiga 0.1.
- [6] THYSSEN AUFZÜGE GES.mbH: (1998) Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, Tehnološki projekt, Izvedbeni projekt, Knjiga 0.2.
- [7] THYSSEN AUFZÜGE GES.mbH, (2001) Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, Tretman mulja, Tehnološki projekt, Izvedbeni projekt, Knjiga 4.
- [8] THYSSEN AUFZÜGE GES.mbH, (1998) Upute za rad i održavanje, Dio 4 Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga
- [9] Ruganec D. (2018) Konstrukcija pločastog taložnika, završni rad, FSB Zgareb
- [10] Istarski vodovod d.o.o. Buzet, Godišnje izvješće za 2017. godinu
- [11] Istarski vodovod d.o.o. Buzet (2006) POS BTN 01, Postupak proizvodnje vode u Radnoj jedinici Butoniga
- [12] Istarski vodovod d.o.o. Buzet (2006) Radna uputa za obradu otpadnih produkata u Radnoj jedinici Butoniga, RUP BTN 05
- [13] Analize internog laboratorija, Istarski vodovod
- [14] Istraživanje rješenja procesa taloženja mulja i povrata vode natrag u tehnološki proces, projekt idejno tehnološkog rješenje (2015) PBF Zagreb, IV-2015
- [15] Arhiv istarskog vodovoda
- [16] Godišnja izvješća postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga
- [17] Interna uputa za uzorkovanje vode, Postrojenje Butoniga
- [18] <https://www.ivb.hr/>
- [19] <http://www.hvac.hr/download/Celicne%20besavne%20cijevi.pdf>