

# Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka

---

**Sečenj Pinek, Verena**

**Graduate thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:301045>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



*image not found or type unknown*

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Verena Sečenj Pinek**

**Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka**

**Diplomski rad**

**Rijeka, srpanj 2024.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni diplomski studij**  
**Graditeljstvo u priobalju i komunalna infrastruktura**  
**Osnove kondicioniranja pitkih i pročišćavanje otpadnih voda**

**Verena Sečenj Pinek**  
**0135238869**

**Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka**

**Diplomski rad**

**Rijeka, srpanj 2024.**

## IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Verena Sečenj Pinek

U Rijeci, 10.06.2024.

## ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru, doc. dr. sc. Elvisu Žici, dipl. ing. građ., na njegovom sudjelovanju, podršci, uloženom trudu i vremenu koje je posvetio mom diplomskom radu tijekom pisanja. Bila mi je iznimna čast pratiti njegovu stručnost i profesionalnost, što je značajno doprinijelo usmjeravanju mog cjelokupnog rada.

Velika zahvala gospođi Tamari Vrkić Šivolija – Jelica, dipl. ing. građ., iz Ponikva Voda d.o.o., na dragocjenim podacima i informacijama o cijelom projektu izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na otoku Krku. Njezina pomoć bila je neizmjerljivo važna za stjecanje značajnih iskustava koja su pridonijela ovom radu, kao i mom profesionalnom i osobnom razvoju.

Najveća hvala mojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje, bila uvijek potpora te me ohrabivala kada sam posustajala. Oni su bili ključ za moj postignuti uspjeh.

Hvala!

## SAŽETAK

**Naslov rada:** Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka

**Student:** Verena Sečenj Pinek

**Mentor:** doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl. ing. građ.

**Studij:** Specijalistički stručni diplomski studij

**Kolegij:** Osnove kondicioniranja pitkih i pročišćavanja otpadnih voda

Rekonstruiranim i nadograđenim sustavom prikupljanja i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka, planirano je obuhvatiti sve otpadne vode čiji su se fizikalni, biološki i kemijski sastavi promijenili upotrebom.

Otpadne vode obuhvaćaju sve potencijalno onečišćene tehnološke, kućanske, oborinske i druge vode. One također sudjeluju u hidrološkom ciklusu, gdje se nakon upotrebe kanalizacijskim sustavom odvede na tretman, odnosno pročišćavanje, te se kao takve vraćaju u prirodni okoliš (recipijent).

U sklopu razmatranog projekta, planirana su ukupna ulaganja od oko 85 milijuna eura kako bi se postojeći sustav pročišćavanja otpadnih voda doveo do zadovoljavajućih europskih standarda. Projekt je sufinanciran iz izvora sredstava Europske unije u okviru Operativnog programa za „Konkurentnost i koheziju 2014.-2020.“. S obzirom na vrlo propusno krško tlo i prisutnost gotovo 20,000 stanovnika u 68 naseljenih mjesta, zbrinjavanje otpadnih voda je, posebno s ekološkog aspekta, od iznimne važnosti. Dosadašnja odvodnja otpadnih i oborinskih voda iz naselja i gospodarskih zona nije zadovoljila kriterije suvremene tehnologije, već je postojeće stanje sustava javne odvodnje otpadnih i oborinskih voda izvedeno prema konceptu jedno naselje-jedan sustav tako da otok Krk ima sedam različitih sustava javne odvodnje otpadnih voda.

Cilj ovog diplomskog rada je razmotriti objedinjavanje postojećih sustava u jedinstveni sustav, te poboljšati nadzor nad pročišćavanjem otpadnih voda i njihovu kvalitetu. U radu će biti prikazana ponuđena rješenja odvodnje i novih tehnologija pročišćavanja otpadnih voda koje su dio navedenog projekta.

**Ključne riječi:** voda, pročišćavanje, pročištači, crpne stanice, mulj, odvodnja vode

## ABSTRACT

**Title:** The wastewater drainage and treatment system of the Krk Island

**Student:** Verena Sečenj Pinek

**Mentor:** Assistant Professor Elvis Žic, PhD. C.E.

**Studij:** Specialist Professional Graduate Study

**Kolegij:** Fundamentals of Conditioning Drinking Water and Wastewater Treatment

With the reconstructed and upgraded system for collecting and purifying wastewater on the Krk Island, the aim is to encompass all wastewater whose physical, biological, and chemical compositions have been altered through use. Wastewater includes all potentially contaminated technological, household, rainwater, and other waters. They also participate in the hydrological cycle, where after use, they are conveyed through the sewage system for treatment, i.e., purification, and then returned to the natural environment (recipient).

As part of the mentioned project, total investments of approximately 85 million euros are planned to bring the existing wastewater treatment system to satisfactory European standards. The project is co-financed from European Union funds under the Operational Program for "Competitiveness and Cohesion 2014-2020." Given the highly permeable karst terrain and the presence of nearly 20,000 inhabitants in 68 populated areas, wastewater management is of utmost importance, particularly from an ecological standpoint. The current drainage of wastewater and rainwater from residential and commercial zones has not met the criteria of modern technology. The existing state of the public wastewater and rainwater drainage system on the Krk Island has been developed under the concept of one settlement-one system, resulting in seven different public wastewater drainage systems.

The aim of this thesis is to consider the unification of the existing systems into a single system and to increase the control over purification and its quality. The paper will present proposed drainage solutions and new wastewater treatment technologies that are part of the mentioned project.

Key words: water, purification, purifiers, pumping stations, sludge, water drainage

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. SUFINANCIRANJE SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE .....	2
3. OBRADA OTPADNIH VODA - OPĆENITO .....	6
3.1 Mehanički stupanj pročišćavanja - ( I.) stupanj.....	7
3.2. Biološki ili naknadni stupanj - ( II.) stupanj.....	9
3.3. Kemijski stupanj pročišćavanja - (III.) stupanj .....	11
4. VODOOPSKRBA I JAVNA ODVODNJA – DANAS .....	13
4.1. Vodoopskrba otoka Krka.....	13
4.1.1. Vodoopskrba otoka Krka – kroz godine .....	14
4.2 Odvodnja otoka Krk .....	23
4.2.1. Odvodnja otoka Krka – kroz godine.....	24
4.3 Dužina mreže i priključci .....	34
4.3.1. Dužina vodovodne mreže u kilometrima .....	35
4.3.2. Dužina mreže javne odvodnje u kilometrima .....	35
4.3.3. Broj priključaka na vodovodnu mrežu.....	36
4.3.4. Broj priključaka na odvodnu mrežu .....	36
5. PROCES PROČIŠĆAVANJA – UPOV KLMNO - ŠILO.....	37
5.1. Mehanički predtretman / primarno pročišćavanje – linija vode.....	38
5.1.1. Grube rešetke.....	38
5.1.2. Pužna preša s pranjem .....	39
5.1.3. Kombinirani uređaj .....	39
5.1.4. Klasirer pijeska .....	39
5.1.5. Dodatne specifikacije .....	40
5.2. Biološka obrada .....	40
5.2.1. Taložnici - Soliqatori .....	42



5.3. Sistem tehnološke vode .....	44
5.3.1. Mikro filter (100 $\mu$ m) .....	44
5.3.2. Sustav za dezinfekciju natrij-hipokloritom .....	44
5.3.3. Spremnik tehnološke vode .....	44
5.3.4. Hidroforska crpna stanica .....	44
5.4. Tretman mulja .....	45
5.4.1. Bazen za aerobnu stabilizaciju mulja .....	45
5.4.2. Uređaj za dehidraciju mulja .....	45
5.4.3. Vremenski okviri i kapaciteti .....	45
5.5. Doziranje kemikalija .....	46
5.5.1. Jedinica za doziranje polimera .....	46
5.5.1.1. Priprema polimera .....	46
5.5.1.2. Doziranje polimera .....	46
5.5.2. Jedinica za doziranje natrij-hipoklorita .....	46
5.5.2.1. Rezervoar sirovog 10% otopine natrij-hipoklorita .....	46
5.5.2.2. Dozažna crpka .....	46
5.5.2.3. Doziranje i prosječna doza natrij-hipoklorita .....	47
5.6. Praćenje procesnih parametara .....	47
5.6.1. Ulazna mjerenja i mehanička obrada .....	47
5.6.2. Egalizacijski bazen .....	48
5.6.3. Bioaeracijski bazen .....	48
5.6.4. Izlazni mjerni kanal .....	49
5.6.5. Spremnik i crpna stanica pročišćene tehnološke vode .....	50
5.6.6. Stanica puhala .....	50
5.6.7. Obrada zraka .....	50
5.6.8. Aerobna stabilizacija mulja .....	50
5.6.9. Dehidracija mulja .....	51

5.6.10. Predviđena infrastruktura .....	51
6. TRENUTNO STANJE PROJEKTA .....	53
7. ZAKLJUČAK.....	55

## POPIS SLIKA

Slika 1. Raspodjela novčanih sredstava [3] .....	3
Slika 2. Mehanički predtretman (I. Stupanj pročišćavanja otpadnih voda) [7].....	8
Slika 3. Biološki stupanj (II. Stupanj pročišćavanja) [7].....	10
Slika 4. Kemijski stupanj ( III. Stupanj pročišćavanja) [7].....	11
Slika 5. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2014. godini [10].....	15
Slika 6. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2015. godini [10].....	16
Slika 7. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2016. godini [10].....	17
Slika 8. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2017. godini [10].....	18
Slika 9. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2018. godini [10].....	19
Slika 10. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2019. godini [10].....	20
Slika 11. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2020. godini [10].....	20
Slika 12. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2021. godini [10].....	21
Slika 13. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2022. godini [10].....	22
Slika 14. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2023. godini [10].....	22
Slika 15. Broj korisnika javne odvodnje u 2014. godini [10].....	25
Slika 16. Broj korisnika javne odvodnje u 2015. godini [10].....	26
Slika 17. Broj korisnika javne odvodnje u 2016. godini [10].....	27
Slika 18. Broj korisnika javne odvodnje u 2017. godini [10].....	28
Slika 19. Broj korisnika javne odvodnje u 2018. godini [10].....	28
Slika 20. Broj korisnika javne odvodnje u 2018. godini [10].....	29
Slika 21. Broj korisnika javne odvodnje u 2020. godini [10].....	30
Slika 22. Broj korisnika javne odvodnje u 2021. godini [10].....	31
Slika 23. Broj korisnika javne odvodnje u 2022. godini [10].....	32
Slika 24. Broj korisnika javne odvodnje u 2023. godini [10].....	33
Slika 25. Dužina mreže kroz godine, [10] (Prilog 21.).....	34
Slika 26. Dužina vodovodne mreže u kilometrima kroz godine [10] (Prilog 22) .....	35
Slika 27. Dužina javne odvodnje u kilometrima kroz godine [10] ( Prilog 23 ) .....	35
Slika 28. Broj priključaka na vodovodnu mrežu kroz godine [10] (Prilog 24.).....	36
Slika 29. Broj priključaka na javnu odvodnju kroz godine [10] (Prilog 25).....	36
Slika 30. 3D prikaz projektiranog UPOV-a Klimno – Šilo [14] .....	38
Slika 31. Prikaz UPOV-a prilikom završetka radova [15] .....	42
Slika 32. Prikaz Soliqatora, [15].....	43

Slika 33. Bioreakcijskih bazen napunjen vodom.....	49
Slika 34. Prikaz pristupne ceste prema UPOV-u Klimno – Šilo [15] .....	52
Slika 35. UPOV Klimno – Šilo [15].....	54

## 1. UVOD

Svijet se suočava s globalnom krizom čiste vode. Potražnja za vodom rapidno raste, dok se vodovodna infrastruktura ne može adekvatno proširiti kako bi pratila taj trend. Gradovi diljem svijeta svjedoče porastu populacije, a time i većoj potrošnji vode. Urbanizacija iziskuje odgovorno upravljanje ovim resursom, ali se suočavamo i s izazovima onečišćenja vodenih resursa.

U Republici Hrvatskoj, posebno na otoku Krku, situacija je alarmantna. Turistički priljev, uz nagli porast lokalnog stanovništva, dovodi do povećane količine otpadnih voda. Hitno je potrebno proširiti infrastrukturu za upravljanje otpadnim vodama i razviti učinkovite strategije za njihovo očuvanje. U fokusu ovog istraživanja kroz diplomski rad je izgradnja novih sustava prikupljanja i pročišćavanja otpadnih voda te obnova postojećih na otoku Krku. Posebna pažnja posvećena je uređajima iz Izraelske tehnologije za pročišćavanje otpadnih voda, koji će omogućiti primarno pročišćavanje i siguran povrat vode u okoliš.

Pročišćena voda bit će iskorištena za pranje i održavanje postrojenja, dok će se preostali dio otpadnih voda sigurno ispustiti u more. Otpadni mulj, kao nusprodukt procesa pročišćavanja, bit će obrađen u kompostani Treskavac, te korišten kao gnojivo za zelenilo na otoku Krku. Mještani otoka Krka već dugi niz godina uspješno provode sustavno upravljanje otpadom, s naglaskom na recikliranje. Takav pristup trebao bi biti primjenjiv u cijeloj Hrvatskoj, što bi rezultiralo poboljšanjem kvalitete života i zdravlja stanovnika. Ovo istraživanje ima za cilj istaknuti važnost tog područja za društveno i ekološki održiv razvoj.

## 2. SUFINANCIRANJE SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE

Sufinanciranje, u ekonomskom i financijskom kontekstu, označava zajedničko financiranje investicije ili projekta. U Europskim projektima, sufinanciranje je ključni element, što znači da određeni postotak proračuna projekta ili određeni udio prihvatljivih troškova investicije mora biti pokriven sredstvima izvan Europske unije ili drugim izvorima financiranja koji nisu vezani uz institucije Europske unije [2].

Ovaj zahtjev za sufinanciranjem postavljen je kako bi se osiguralo da projekti budu održivi i da zajednica ili organizacija koja provodi projekt ima svoj interes i obvezu prema njemu. Udio sufinanciranja obično varira između 10% i 50% ukupne investicije ili obujma projekta, ovisno o vrsti projekta i smjernicama financiranja.

Prihvaćeni oblici sufinanciranja mogu uključivati vlastita sredstva, što znači novčane ili materijalne resurse koje organizacija ili zajednica već posjeduje i koje ulaže u projekt. Također, nacionalno sufinanciranje od strane države članice podnositelja zahtjeva čest je oblik sufinanciranja, gdje nacionalna vlada ili lokalne vlasti osiguravaju dodatna sredstva kako bi podržale provedbu projekta [2].

Drugi oblici sufinanciranja uključuju korištenje dužničkih vrijednosnih papira, što može uključivati emitiranje obveznica ili drugih financijskih instrumenata kako bi se prikupila dodatna sredstva za projekt. Također, bankovni krediti su čest način sufinanciranja, gdje organizacija ili zajednica uzima kredit od financijske institucije kako bi financirala svoj udio u projektu.

Sufinanciranje je ključni element financijskog modela projekta i igra važnu ulogu u osiguravanju uspješne provedbe i održivosti projekta u dugoročnom smislu [2]. U sklopu projekta "SUSTAV PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA OTOKA KRKA" predviđeno je ulaganje iznosa od cca 85 milijuna eura kako bi se otočki sustav za pročišćavanje otpadnih voda unaprijedio do razine najviših europskih urbanih standarda. Ovaj značajan iznos namijenjen je za modernizaciju postojećeg sustava s ciljem povećanja kapaciteta pročišćavanja otpadnih voda [3].

Projekt je sufinanciran sredstvima Europske unije, što je omogućeno kroz Operativni program za "Konkurentnost i koheziju 2014.-2020.". Ovaj program je ključni mehanizam kojim se ostvaruje kohezijska politika EU-a, a usmjerava se prema cilju poticanja ulaganja u infrastrukturne projekte te podržavanju razvoja poduzetništva i istraživačkih aktivnosti [3].

Struktura sustava upravljanja i kontrole korištenja sredstava iz strukturnih instrumenata jasno je definirana kako bi se osigurala transparentna i učinkovita provedba projekta. Ovaj sustav osigurava pravilno korištenje financijskih resursa te nadzor nad svim fazama projekta, s ciljem ostvarivanja postavljenih ciljeva u skladu s europskim smjernicama i standardima [3].

Tijela koja su uključena u provedbu projekta "SUSTAV PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA OTOKA KRKA" su sljedeća:

- Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije djeluje kao Koordinacijsko tijelo, što podrazumijeva koordinaciju aktivnosti svih relevantnih dionika u provedbi projekta.
- Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije (ARPA) ima ulogu Revizijskog tijela, koje nadzire provođenje projekta i osigurava usklađenost s propisima i standardima Europske unije.
- Ministarstvo financija djeluje kao Tijelo za ovjeravanje, što uključuje provjeru i potvrdu financijskih aspekata projekta.
- Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije djeluje kao Upravljačko tijelo, koje koordinira provedbu projekta na nacionalnoj razini.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (ranije Ministarstvo zaštite okoliša i energetike) djeluje kao Posredničko tijelo razine 1, što podrazumijeva upravljanje operativnim aspektima projekta na nacionalnoj razini.
- Hrvatske vode djeluju kao Posredničko tijelo razine 2, što uključuje provođenje aktivnosti i nadzor na terenu [4].

Korisnik projekta je tvrtka Ponikve voda d.o.o. iz Krka, koja je odgovorna za provedbu konkretnih aktivnosti i ostvarivanje ciljeva projekta na terenu. Ovo tijelo ima ključnu ulogu u operativnoj provedbi projekta i osiguravanju njegove uspješne realizacije.

Realizacijom Projekta postići će se sljedeći ciljevi:

- Usklađenje s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC) za 6 aglomeracija na otoku Krku (Omišalj, Malinska-Njivice, Krk, Punat, Baška i Klimno-Šilo) s ciljem pružanja 100%-tne usluge prikupljanja i obrade sekundarnih otpadnih voda stalnog stanovništva, industrije, trgovine i turizma. Osim postizanja usklađenosti s relevantnom europskom regulativom, ovaj cilj ima za svrhu osigurati da stanovništvo, industrija, trgovina i turizam na otoku Krku imaju pristup visokokvalitetnoj i pouzdanoj usluzi prikupljanja i

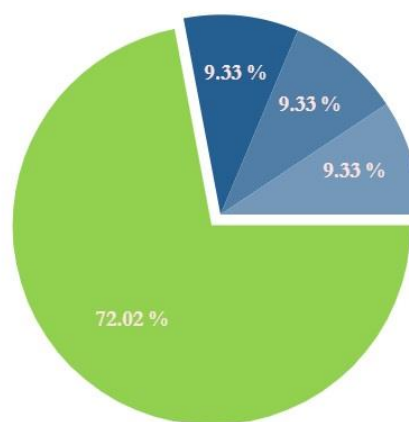
- obrade otpadnih voda, što će doprinijeti zaštiti okoliša i unapređenju kvalitete života na otoku. Od tog iznosa, cca 49 milijuna eura sufinancirano je bespovratnim sredstvima Europske unije. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Hrvatske vode, krčke jedinice lokalne samouprave te tvrtka Ponikve voda d.o.o. sudjeluju u jednakim omjerima u preostalom iznosu od cca 19 milijuna eura (Slika 1.) [2].

VRIJEDNOST PROJEKTA:

510.913.257 KN

RAZDOBLJE PROJEKTA:

2018.- 2022.



Slika 1. Raspodjela novčanih sredstava [3]

Ovaj sustav sufinanciranja omogućuje integrirani pristup i zajedničko ulaganje u rješavanje problema otpadnih voda na otoku, što će osigurati održivost i dugoročnu učinkovitost projekta. Kroz suradnju različitih dionika, poput vlasti, lokalnih uprava i privatnog sektora, osigurava se sinergija i optimalno korištenje resursa za postizanje postavljenih ciljeva, što će rezultirati koristima za cijelu zajednicu na otoku Krku [2].

Hrvatska ima na raspolaganju značajan resurs od 1,049 milijardi eura iz Kohezijskog fonda EU do 2023. godine za projekte u područjima vodoopskrbe, odvodnje otpadnih voda i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Ovaj iznos predstavlja ključnu financijsku potporu koja omogućuje implementaciju raznovrsnih projekata s ciljem poboljšanja vodnog sektora u zemlji [2].

Kroz optimalno korištenje ovih sredstava, Hrvatska može ulagati u modernizaciju i proširenje infrastrukture za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda diljem zemlje. To uključuje izgradnju novih vodovodnih sustava, proširenje postojećih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, te poboljšanje tehnologija i procesa u vodnoj industriji. Osim



toga, ovaj resurs omogućuje i ulaganje u mjere zaštite okoliša, poput smanjenja onečišćenja voda i očuvanja vodnih resursa.

Kroz provođenje ovih projekata, Hrvatska će unaprijediti kvalitetu života svojih građana pružajući im pouzdanu vodoopskrbu i učinkovitu obradu otpadnih voda. Istovremeno, ovi projekti će doprinijeti očuvanju okoliša i održivom korištenju vodnih resursa, što će imati pozitivan utjecaj na dugoročni ekonomski i društveni razvoj zemlje [3].

### 3. OBRADA OTPADNIH VODA - OPĆENITO

Suvremenim tehnološkim procesima danas se provodi učinkovito pročišćavanje otpadnih voda pomoću naprednih postrojenja. Složena postrojenja za pročišćavanje smještena su na kraju kanalizacijskog sustava prije ispusta otpadnih voda u kolektor ili recipijent. Neželjene tvari se uklanjaju iz otpadnih voda prije ispuštanja kako bi se pročišćene vode vratile u prirodni okoliš, obrađene za tehnološke svrhe ili reciklirane, uključujući kanalizacijski mulj i fosfor. Ovo se provodi u skladu s zahtjevima za ispuštanje otpadnih voda u javne odvodne sustave i u skladu s propisima o zaštiti okoliša [5].

Postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda razlikuju se prema postanku, vrsti i sastavu otpadnih voda, te obrađuju različite vrste prljavih voda koje se sakupljaju u kanalizacijskim sustavima. Kućne otpadne vode dolaze iz domaćinstava i obuhvaćaju vode iz kuhinja, kupaonica i WC-a. Industrijske otpadne vode nastaju u raznim industrijskim procesima i mogu sadržavati specifične kemikalije i zagađivače. Otpadne vode s deponija obuhvaćaju procjedne vode koje prolaze kroz odlagališta otpada, dok površinske vode dolaze s urbanih površina poput prometnica i parkirališta. Oborinske vode potječu od padalina i često se miješaju s površinskim vodama u sustavima odvodnje [6].

Tvari u otpadnoj vodi mogu biti krute, otopljene ili fino raspoređene u obliku suspenzija ili emulzija. Krute tvari uključuju pijesak, šljunak i druge neotopljive čestice, dok otopljene tvari obuhvaćaju razne kemijske spojeve poput soli i organskih tvari. Fino raspoređene tvari, kao što su ulja i masti, često su prisutne u obliku emulzija ili suspenzija. Stoga postoje tri osnovna stupnja obrade u pročišćavanju otpadnih voda s učinkom čišćenja od 95 do 97 %: mehanički ili primarni stupanj, biološki ili sekundarni stupanj, te fizikalno-kemijski, biološki stupanj i drugi procesi s ciljem uklanjanja hranjivih tvari.

U individualnom kanalizacijskom sustavu, prikupljanje otpadne vode predstavlja prvi korak u ciklusu obrade i pročišćavanja otpadnih voda. Glavnim kolektorom se otpadne vode usmjeravaju prema postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Pročišćavanje otpadnih voda ima ključnu ulogu u očuvanju okoliša i zaštiti zdravlja ljudi. Osim što sprječava onečišćenje voda, pročišćavanje otpadnih voda također pomaže u očuvanju biljnog i životinjskog svijeta u vodenim ekosustavima. Učinkovito pročišćavanje otpadnih voda smanjuje emisije štetnih tvari u okoliš, poput teških metala, dušičnih spojeva i drugih

potencijalno opasnih kemikalija, što može imati dugoročne pozitivne učinke na biološku raznolikost vodenih ekosustava [5].

Postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koriste različite procese i tehnologije kako bi uklonili nečistoće iz otpadnih voda. Primarni stupanj pročišćavanja obično uključuje uklanjanje krutih tvari i velikih čestica iz otpadnih voda, dok se biološki stupanj fokusira na razgradnju organskih tvari pomoću mikroorganizama. Nakon toga, dodatne tehnologije poput membranskih filtracija ili naprednih kemijskih procesa mogu se koristiti za daljnje pročišćavanje vode prije ispusta u okoliš. Ovi napredni procesi često uključuju metode poput ozonizacije, UV dezinfekcije i nanofiltracije koje osiguravaju visoku razinu čistoće vode [6].

Važno je kontinuirano pratiti i održavati postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda kako bi se osiguralo da rade učinkovito i pouzdano. Redoviti monitoring i održavanje postrojenja uključuju inspekcije, testiranje kvalitete vode i održavanje opreme. Osim toga, važno je educirati javnost o važnosti očuvanja voda i pravilnom postupanju s otpadnim vodama kako bi se smanjilo opterećenje na pročišćivačima i poboljšala kvaliteta okoliša za buduće generacije. Edukacija može uključivati informativne kampanje, radionice i obrazovne programe koji naglašavaju važnost odgovornog korištenja vode i smanjenja zagađenja.

### **3.1 Mehanički stupanj pročišćavanja - ( I.) stupanj**

Mehanički stupanj pročišćavanja otpadnih voda (Slika 2.), poznat i kao predtretman, predstavlja ključan korak u procesu pročišćavanja voda kako bi se smanjio teret onečišćenja i omogućili daljnji koraci u pročišćavanju. Glavna svrha predtretmana je fizičko uklanjanje većine netopivih krutih tvari iz otpadnih voda. U ovom procesu, otpadna voda prolazi kroz sustav grubih mehaničkih rešetki i finih sita, gdje se zadržavaju i izdvajaju krute tvari različitih veličina. To uključuje plastiku, drvene dijelove, higijenske proizvode, kamenje, lišće, staklo, papir, masti i ulja. Ove tvari, koje često potječu iz domaćinstava, moraju se ukloniti kako bi se spriječilo začepljenje i blokada cjevovoda te zaštitili crpke i ostali dijelovi uređaja za pročišćavanje [5].

Proces rešetanja postupno izdvaja suspenzije i uklanja oko 20-30 posto krutih tvari, ovisno o razmacima među rešetkama. Različite rešetke mogu imati različite razmake, poput finih rešetki s razmacima od 3-10 mm, srednjih rešetki s razmacima od 10-25 mm i grubih rešetki s razmacima od 50-100 mm. Nakon grubog rešetanja, moguće je primijeniti postupak usitnjavanja krupnih tvari radi daljnje obrade.

Nakon što otpadna voda prođe kroz rešetke, dolazi do pijeskolova, taložnika koji radi na principu gravitacije. Ovdje teže tvari, poput pijeska i drugih čestica, tonu na dno pijeskolova dok se čišćena otpadna voda dalje usmjerava na obradu. Ovaj proces osigurava efikasno uklanjanje grubih nečistoća iz otpadnih voda, čime se poboljšava kvaliteta vode koja ulazi u daljnje faze pročišćavanja [5].

Pijeskolovi su ključni dio procesa pročišćavanja otpadnih voda i mogu se konstruirati na različite načine, kao što su lijevak ili kanalni tip sedimentacije. Postoje neaerirani i aerirani pijeskolovi kao dvije glavne vrste ovih sustava. Neaerirani pijeskolovi koriste se za uklanjanje sedimenta kroz spor protok vode, dok aerirani pijeskolovi koriste mlaznice za dodavanje procesnog zraka, što stvara strujanje zraka koje podiže masti, ulja i druge tvari prema površini, dok teže krute tvari tonu na dno gdje se talože. U aeriranom pijeskolovu često se koristi "zgrtač plivajućih masnoća" za sakupljanje masti i ulja s površine vode [5].

Proces flotacije (isplivavanja) je ključan korak u pročišćavanju otpadnih voda. Ovaj proces uključuje odvajanje suspendiranih tvari u tekućini tako da čestice niže gustoće isplivaju na površinu. Flotacija može biti spontana ili prisilna. U spontanoj flotaciji, čestice niže gustoće od vode same isplivavaju na površinu, što se koristi za grubo odvajanje otapala i ulja iz vode. Prisilna flotacija, s druge strane, uključuje pričvršćivanje vrlo finih mjehurića plina na čestice koje se žele ukloniti, čime se njihova prosječna gustoća smanjuje ispod gustoće vode. Ovaj postupak se često koristi za uklanjanje ulja ili za odvajanje flokuliranih tvari [6].

Postupak isplivavanja se provodi u objektu nazvanom mastolov, gdje se talože zapaljiva ulja i masti, a zatim se uklanjaju usisnim uređajem s površine. Ovaj proces također može biti primijenjen u postupku gnušanja mulja, gdje se krute istaložene komponente, poznate kao primarni mulj, također mogu ukloniti [6].



Slika 2. Mehanički predtretman (I. Stupanj pročišćavanja otpadnih voda) [7]

### 3.2. Biološki ili naknadni stupanj - ( II.) stupanj

Proces biološkog pročišćavanja otpadnih voda ključan je korak u postupku obrade otpadnih voda prije njihovog puštanja u okoliš. Nakon što otpadna voda prođe kroz mehanički stupanj čišćenja, gdje se uklanjaju krute tvari i velike nečistoće, te kroz primarni stupanj čišćenja ili predtretman, koji uključuje rešetke i pijeskolove za daljnje uklanjanje nečistoća, dolazi red na biološki stupanj [5].

Biološki stupanj čišćenja usredotočen je na razgradnju organskih tvari prisutnih u otpadnoj vodi. Kroz biološku obradu, cilj je transformirati te organske spojeve u manje štetne mineralne tvari. Najčešći proces koji se koristi za ovu svrhu je aktivni mulj, sustav koji se može koncipirati kao jednostupanjski ili višestupanjski [5].

U sustavu s aktivnim muljem, otpadna voda dovodi se u spremnik s mikroorganizmima, gdje se osigurava opskrba kisikom. Kisik je ključan za metabolizam bakterija koje razgrađuju organske spojeve, pretvarajući ih u vodu, ugljikov dioksid i druge spojeve. Ovaj proces omogućuje i razmnožavanje mikroorganizama te stvaranje aktivnog mulja, koji sadrži veliku koncentraciju korisnih bakterija. Nakon biološke obrade, aktivni mulj odvodi se na taloženje u sekundarni taložnik, gdje se dio vraća u aeracijski spremnik kako bi se ponovno koristio u procesu čišćenja. Višak mulja tim se odvodi na daljnju obradu, dok se pročišćena voda priprema za konačni stupanj obrade prije ispuštanja u okoliš.

Biološko pročišćavanje otpadnih voda igra ključnu ulogu u očuvanju okoliša i zaštiti vodenih ekosustava. Ovaj proces omogućuje uklanjanje većine organskih onečišćenja, smanjujući tako negativan utjecaj otpadnih voda na okoliš. Biološki stupanj pročišćavanja otpadnih voda temelji se na prirodnim procesima razgradnje organskih tvari koje provode mikroorganizmi, uglavnom bakterije [5]:

- Aktivni mulj je najučinkovitija metoda za biološku obradu otpadnih voda. U sustavu s aktivnim muljem, otpadna voda prolazi kroz nekoliko ključnih faza:
- Aeracija: Otpadna voda ulazi u aeracijski bazen gdje se dodaje kisik, obično pomoću difuzora ili mehaničkih aeratora. Kisik je ključan za aerobne bakterije koje razgrađuju organske tvari u vodi. Aeracija omogućuje mikroorganizmima da brzo rastu i razgrađuju organske zagađivače.
- Mikrobna razgradnja: Bakterije i drugi mikroorganizmi koriste organske tvari kao izvor hrane, pretvarajući ih u jednostavnije spojeve poput ugljikovog

- dioksida, vode i anorganskih tvari. Ovaj proces također proizvodi biomasu, koja se naziva aktivni mulj.
- Sekundarno taloženje: Nakon aeracije, otpadna voda ulazi u sekundarni taložnik gdje se mulj taloži na dno. Dio taloženog mulja (povratni mulj) vraća se u aeracijski bazen kako bi se održala visoka koncentracija mikroorganizama, dok se višak mulja (višak mulja) odvodi na daljnju obradu, kao što je digestija ili kompostiranje.
- Dodatne tehnologije: Nakon biološke obrade, voda može proći kroz dodatne faze pročišćavanja, kao što su filtracija, dezinfekcija ili napredna oksidacija, kako bi se uklonile preostale nečistoće i osigurala visoka kvaliteta vode prije ispuštanja u okoliš [5].

Biološko pročišćavanje otpadnih voda (Slika 3.) ne samo da smanjuje organsko opterećenje, već također smanjuje koncentracije nutrijenata poput dušika i fosfora, koji mogu uzrokovati eutrofikaciju vodenih tijela. Tehnologije kao što su nitrifikacija-denitrifikacija i biološko uklanjanje fosfora koriste specijalizirane bakterije za uklanjanje ovih nutrijenata iz otpadnih voda [5].

Za postizanje optimalnih rezultata, sustavi za biološko pročišćavanje otpadnih voda zahtijevaju pažljivo upravljanje i praćenje parametara kao što su koncentracija otopljenog kisika, pH, temperatura i koncentracija mulja. Redovito održavanje i nadzor ključni su za osiguranje učinkovitog rada postrojenja i zaštitu okoliša. Osim aktivnog mulja, postoje i druge biološke metode pročišćavanja otpadnih voda, kao što su biofiltri, membranski bioreaktori (MBR) i sustavi za pročišćavanje biljaka. Svaka od ovih tehnologija ima svoje prednosti i može se prilagoditi specifičnim zahtjevima i okolnostima [5].



Slika 3. Biološki stupanj (II. Stupanj pročišćavanja) [7]

### 3.3. Kemijski stupanj pročišćavanja - (III.) stupanj

Nakon što otpadna voda prođe kroz treći stupanj pročišćavanja (Slika 4.) , često se još uvijek može suočiti s prisutnošću raznih tragova kemikalija koje potječu iz različitih izvora. Ovi tragovi mogu proizaći iz kozmetike, lijekova, deterdženata te drugih kućanskih i industrijskih proizvoda. Iako treći stupanj čišćenja može biti učinkovit u uklanjanju većeg dijela suspendiranih čestica i teških metala, može biti ograničen u potpunom uklanjanju tih kemijskih spojeva koji se nalaze u tragovima [5].



Slika 4. Kemijski stupanj ( III. Stupanj pročišćavanja) [7]

Dodatni stupanj pročišćavanja, poznat kao četvrti stupanj, može biti potreban kako bi se učinkovito uklonili preostali kemijski spojevi u otpadnoj vodi. U ovom stupnju čišćenja, primjenjuju se napredniji kemijski procesi i tehnike kako bi se osiguralo potpuno uklanjanje ili značajno smanjenje prisutnosti tih tvari. Jedna od metoda koja se često koristi u četvrtom stupnju pročišćavanja je napredna oksidacija. Ova tehnika koristi snažne oksidante poput ozona, vodikovog peroksida ili ultraviolettne svjetlosti kako bi se razgradili preostali organski spojevi u otpadnoj vodi na manje štetne tvar [5].

Osim napredne oksidacije, mogu se primjenjivati i druge napredne tehnike kao što su membranska filtracija ili adsorpcija:

- Membranska filtracija uključuje korištenje specijaliziranih membrana koje mogu učinkovito ukloniti mikrokontaminante i druge otopljene tvari iz vode.

- Adsorpcija se često izvodi pomoću aktivnog ugljena koji može privući i zadržati širok raspon organskih i anorganskih tvari [5].

Kombinacija trećeg i četvrtog stupnja pročišćavanja često se koristi kako bi se postigla visoka razina čistoće u otpadnoj vodi prije njenog ispuštanja u okoliš ili ponovne uporabe u nekom drugom procesu. Ova napredna tehnologija igra ključnu ulogu u očuvanju okoliša i osiguranju kvalitete vode za buduće generacije [5].

Napredni procesi pročišćavanja, uključujući treći i četvrti stupanj, omogućuju uklanjanje širokog spektra zagađivača, čime se značajno smanjuje rizik od onečišćenja prirodnih vodenih tijela i osigurava sigurnost vode za ljudsku upotrebu. Ovi procesi su ključni za zaštitu ekosustava i očuvanje biološke raznolikosti, osiguravajući da vode koje se vraćaju u okoliš budu u skladu s visokim standardima čistoće i sigurnosti [5].

Za postizanje optimalnih rezultata, važno je kontinuirano istraživati i razvijati nove tehnologije i metode koje će poboljšati učinkovitost pročišćavanja otpadnih voda. Edukacija i svijest javnosti o važnosti pravilnog postupanja s otpadnim vodama također igraju ključnu ulogu u smanjenju opterećenja na sustave za pročišćavanje i poboljšanju kvalitete voda koje koristimo i vraćamo u prirodu.

Napredni stupnjevi pročišćavanja otpadnih voda, uključujući treći i četvrti stupanj, osiguravaju visoku razinu čistoće vode, štiteći okoliš i ljudsko zdravlje te omogućujući održivu uporabu vodenih resursa za buduće generacije [5].



## **4. VODOOPSKRBA I JAVNA ODVODNJA – DANAS**

Jedan od ključnih problema na otocima je nedovoljno razvijen sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, kao i loše održavanje postojećih vodoopskrbnih sustava te nepostojanje razvodne mreže. Nedovoljna infrastruktura predstavlja ozbiljnu prijetnju okolišu i zdravlju stanovnika, s obzirom na to da otpadne vode često završavaju u moru ili tlu bez adekvatnog tretmana, što može dovesti do kontaminacije vodnih resursa i narušavanja ekosustava [8].

Sukladno zakonodavstvu koje regulira postupanje s otpadnim vodama, zakonodavac kontinuirano izdaje nove odredbe koje zahtijevaju usklađivanje s aktualnim standardima. Implementacija strožih graničnih vrijednosti za ispuštanje očišćene kanalizacije, ili povećanje kapaciteta za prihvatanje dodatnih dotoka pri povezivanju novih naselja, znači da se postojeći uređaji za pročišćavanje otpadnih voda moraju stalno proširivati ili modernizirati. Ova potreba za stalnom prilagodbom zahtijeva značajna ulaganja u obnovu ili nadogradnju postojećih sustava kako bi se osigurala njihova usklađenost s hrvatskim propisima i propisima Europske unije.

Za postizanje ovih ciljeva, nužno je osigurati financijska sredstva i tehničku podršku, kao i podići svijest među lokalnim stanovništvom o važnosti pravilnog upravljanja otpadnim vodama. Dodatno, potrebno je poticati suradnju između različitih razina vlasti, stručnjaka i zajednice kako bi se razvila održiva rješenja koja će dugoročno zaštititi okoliš i poboljšati kvalitetu života na otocima [8].

### **4.1. Vodoopskrba otoka Krka**

Vodoopskrba otoka Krka suočava se s raznim izazovima zbog specifičnih geografskih i klimatskih uvjeta te porasta potreba stanovništva i turizma. Premda je Krk najveći hrvatski otok, njegovi vodni resursi su ograničeni, što zahtijeva pažljivo i održivo upravljanje. Jedan od ključnih problema je nedovoljna razvijenost sustava za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda, kao i nedostatak održavanja postojećih vodoopskrbnih sustava te nepostojanje adekvatne distribucijske mreže u nekim dijelovima otoka. Nedostatak infrastrukture predstavlja ozbiljnu prijetnju okolišu i zdravlju stanovnika, jer otpadne vode često završavaju u moru ili tlu bez odgovarajućeg tretmana, što može dovesti do zagađenja vodnih resursa i ugrožavanja ekosustava [8].

Sukladno zakonodavstvu koje regulira postupanje s otpadnim vodama, zakonodavac kontinuirano izdaje nove odredbe koje zahtijevaju usklađivanje s aktualnim standardima.

Implementacija strožih graničnih vrijednosti za ispuštanje očišćene kanalizacije ili povećanje kapaciteta za prihvatanje dodatnih dotoka pri povezivanju novih naselja znači da se postojeći uređaji za pročišćavanje otpadnih voda moraju stalno proširivati ili modernizirati. Ova potreba za stalnom prilagodbom zahtijeva značajna ulaganja u obnovu ili nadogradnju postojećih sustava kako bi se osigurala njihova usklađenost s hrvatskim propisima i propisima Europske unije [9].

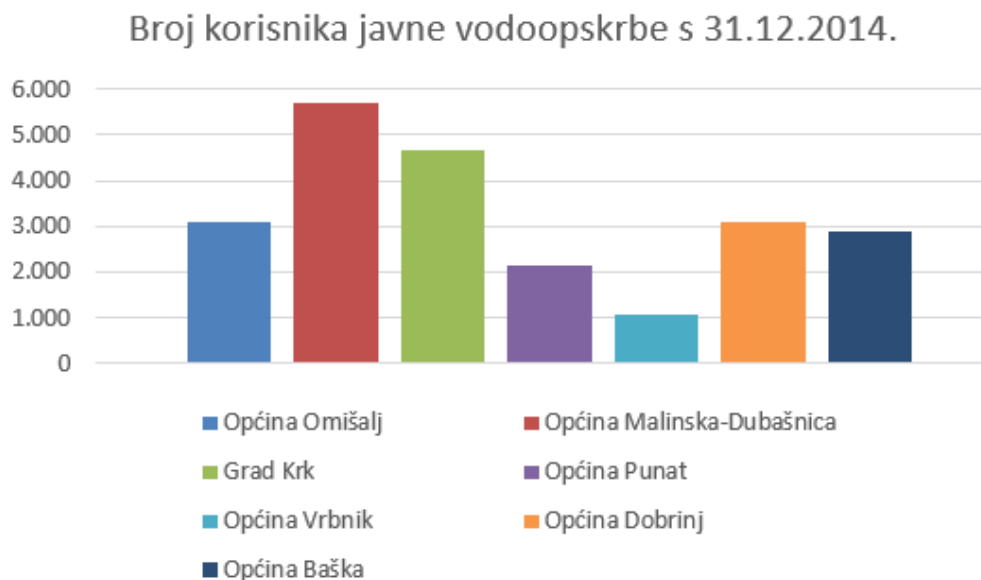
Na otoku Krku, značajan dio vodoopskrbe dolazi iz desalinizacije morske vode i iz lokalnih izvora. Međutim, ljetni mjeseci donose povećanu potrošnju vode zbog turističke sezone, što dodatno opterećuje sustav. Stoga je ključno ulagati u modernizaciju i proširenje vodovodne mreže, kao i u tehnologije koje omogućavaju učinkovitije korištenje i očuvanje vodnih resursa. Za postizanje ovih ciljeva, nužno je osigurati financijska sredstva i tehničku podršku, kao i podići svijest među lokalnim stanovništvom o važnosti pravilnog upravljanja vodnim resursima. Dodatno, potrebno je poticati suradnju između različitih razina vlasti, stručnjaka i zajednice kako bi se razvila održiva rješenja koja će dugoročno zaštititi okoliš i poboljšati kvalitetu života na otoku Krku. Kroz kontinuirano praćenje stanja vodnih resursa i infrastrukturnih potreba, te kroz provedbu strateških investicija i inovacija, otok Krk može postati primjer uspješnog i održivog upravljanja vodnim resursima, osiguravajući sigurnu i pouzdanu vodoopskrbu za sve svoje stanovnike i posjetitelje [8].

#### **4.1.1. Vodoopskrba otoka Krka – kroz godine**

Graf prikazuje broj korisnika javne vodoopskrbe na otoku Krku zaključno s 31.12.2014. godine za različite općine i gradove. Detaljan pregled broja korisnika po općinama i gradu za 2014. godinu dan je u nastavku:

- Općina Omišalj: 3.098 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 5.709 korisnika
- Grad Krk: 4.679 korisnika
- Općina Punat: 2.150 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.089 korisnika
- Općina Baška: 3.103 korisnika
- Općina Dobrinj: 2.879 korisnika (Slika 5.), (Prilog 1.).

Ove brojke ukazuju na razlike u broju korisnika javne vodoopskrbe među različitim dijelovima otoka Krka, s općinom Malinska - Dubašnica koja ima najveći broj korisnika, a općinom Vrbnik najmanji. To može biti rezultat različitih faktora kao što su veličina populacije, razvoj turizma i gospodarske aktivnosti u pojedinim općinama [10].

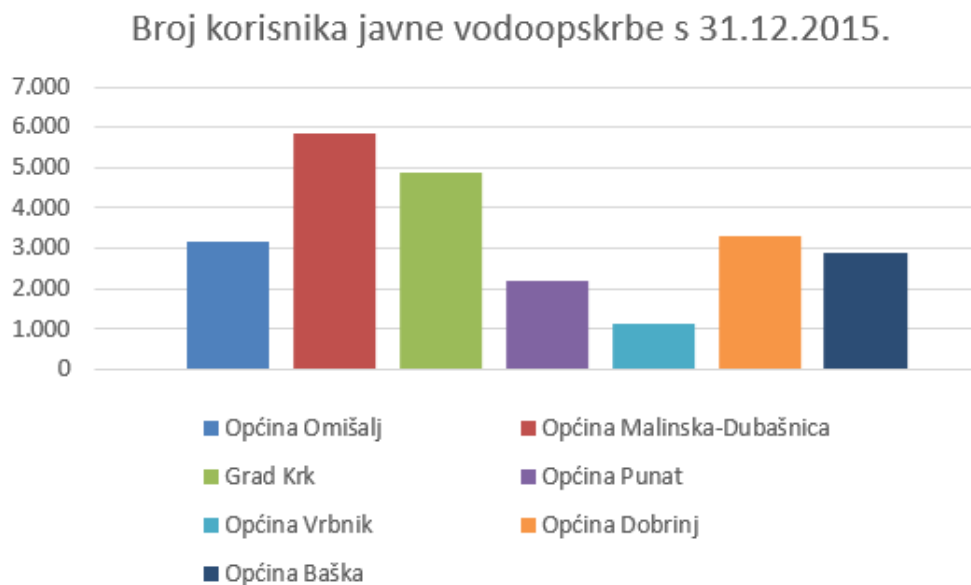


Slika 5. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2014. godini [10]

Pregled broja korisnika po općinama i gradu za 2015. godinu:

- Općina Omišalj: 3.146 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 5.858 korisnika
- Grad Krk: 4.872 korisnika
- Općina Punat: 2.186 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.114 korisnika
- Općina Baška: 3.302 korisnika
- Općina Dobrinj: 2.903 korisnika (Slika 6.), (Prilog 2.).

Iz grafa jasno vidimo kako je broj korisnika i dalje u porastu u općini Malinska – Dubašnica [10].

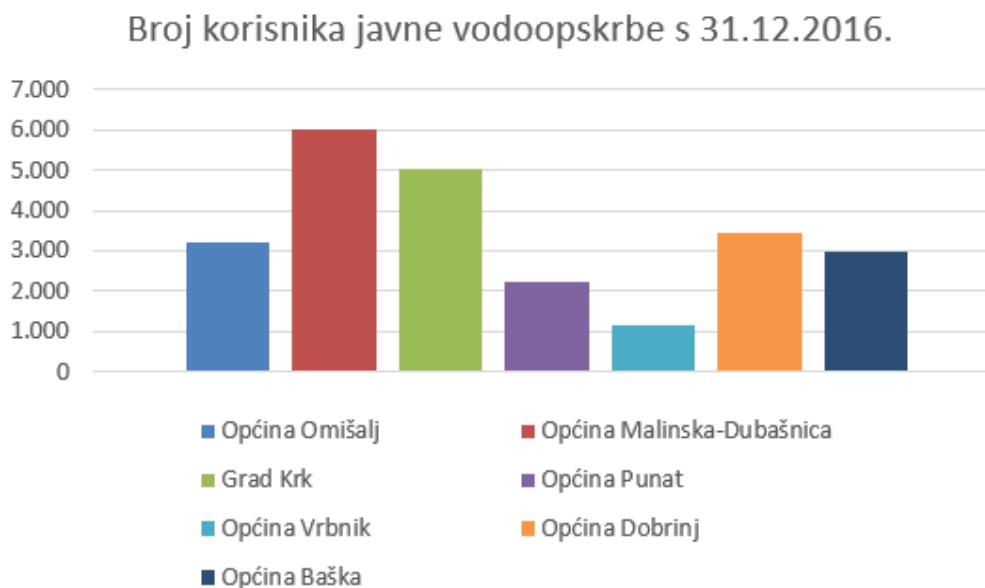


Slika 6. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2015. godini [10]

Pregled broja korisnika po općinama i gradu za 2016. godinu:

- Općina Omišalj: 3.206 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.031 korisnika
- Grad Krk: 5.052 korisnika
- Općina Punat: 2.231 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.142 korisnika
- Općina Baška: 3.444 korisnika
- Općina Dobrinj: 2.971 korisnika (Slika 7.), (Prilog 3.).

Grad Krk nastoji pratiti općinu Malinska – Dubašnica povećanjem broja korisnika javne vodoopskrbe. Sam porast vidljiv je i kroz nadolazeće godine [10].

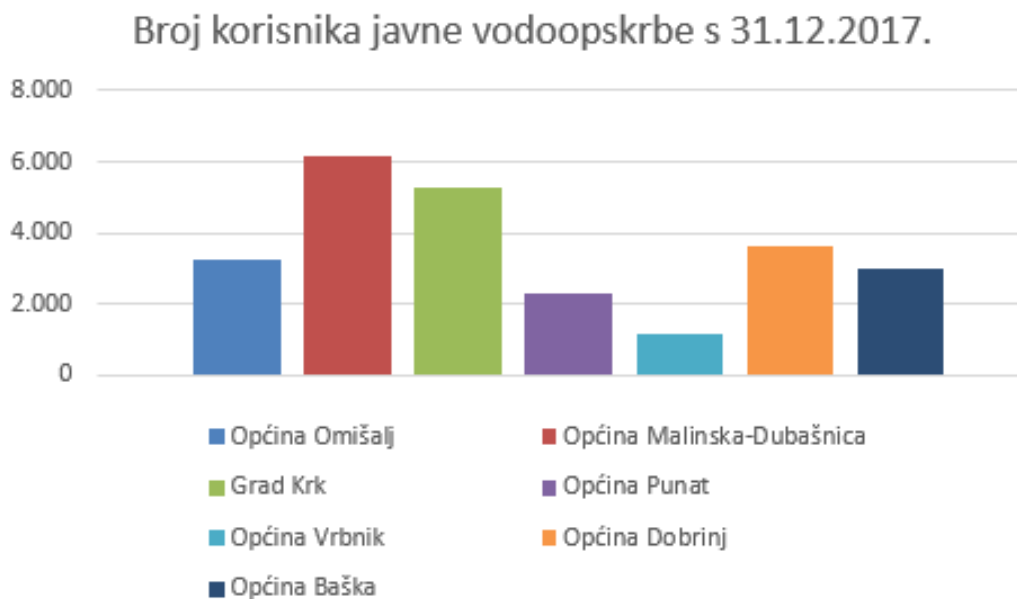


Slika 7. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2016. godini [10]

Graf broja korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2017. godinu:

- Općina Omišalj: 3.275 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.151 korisnika
- Grad Krk: 5.241 korisnika
- Općina Punat: 2.265 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.166 korisnika
- Općina Baška: 3.604 korisnika
- Općina Dobrinj: 3.022 korisnika (Slika 8.), (Prilog 4.).

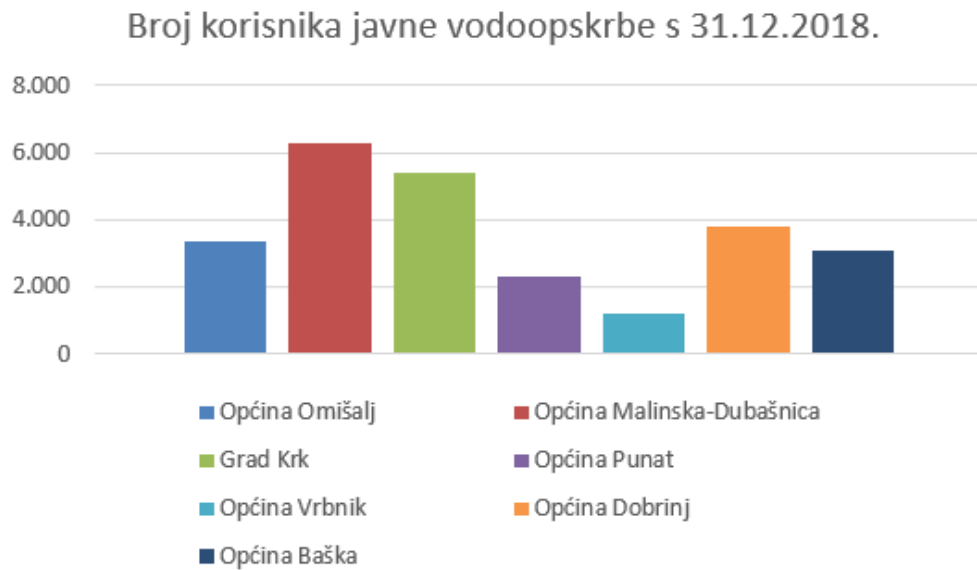
Općina Dobrinj i općina Baška u porastu su iz godine u godinu, kao i općina Omišalj [10].



Slika 8. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2017. godini [10]

Broj korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2018. godinu:

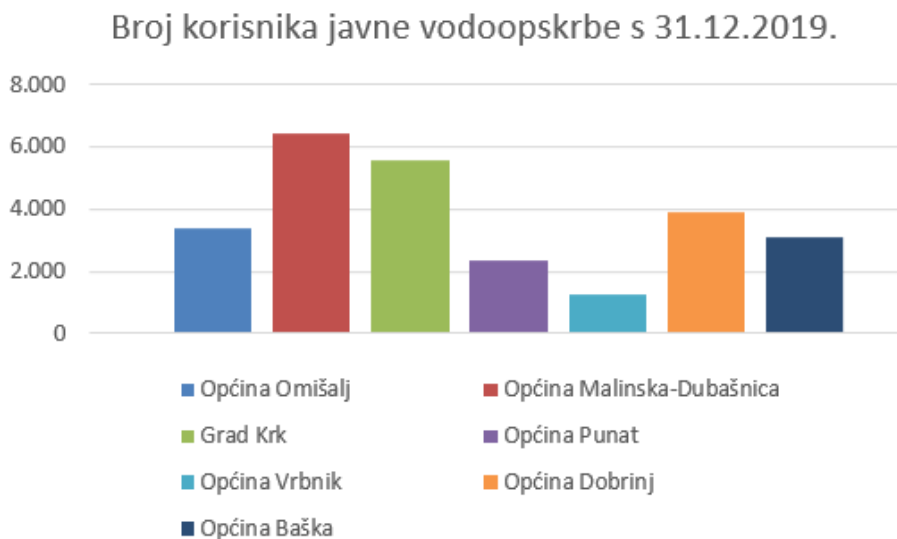
- Općina Omišalj: 3.338 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.303 korisnika
- Grad Krk: 5.396 korisnika
- Općina Punat: 2.323 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.228 korisnika
- Općina Baška: 3.780 korisnika
- Općina Dobrinj: 3.065 korisnika (Slika 9.), (Prilog 5.), [10].



Slika 9. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2018. godini [10]

Prikaz broja korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2019. godinu:

- Općina Omišalj: 3.338 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.428 korisnika
- Grad Krk: 5.560 korisnika
- Općina Punat: 2.342 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.262 korisnika
- Općina Baška: 3.902 korisnika
- Općina Dobrinj: 3.102 korisnika (Slika 10.), (Prilog 6.), [10].

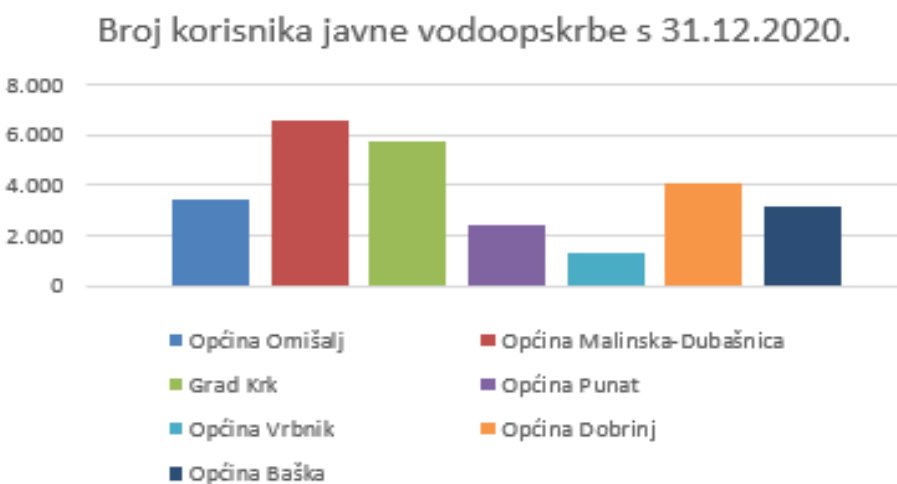


Slika 10. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2019. godini [10]

Broj korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2020. godinu:

- Općina Omišalj: 3.454 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.573 korisnika
- Grad Krk: 5.707 korisnika
- Općina Punat: 2.366 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.301 korisnika
- Općina Baška: 3.132 korisnika
- Općina Dobrinj: 4.077 korisnika (Slika 11.), (Prilog 7.).

Općina Dobrinj ima značajan broj korisnika, što može ukazivati na relativno veću populaciju i prisutnost turističkih objekata [10].



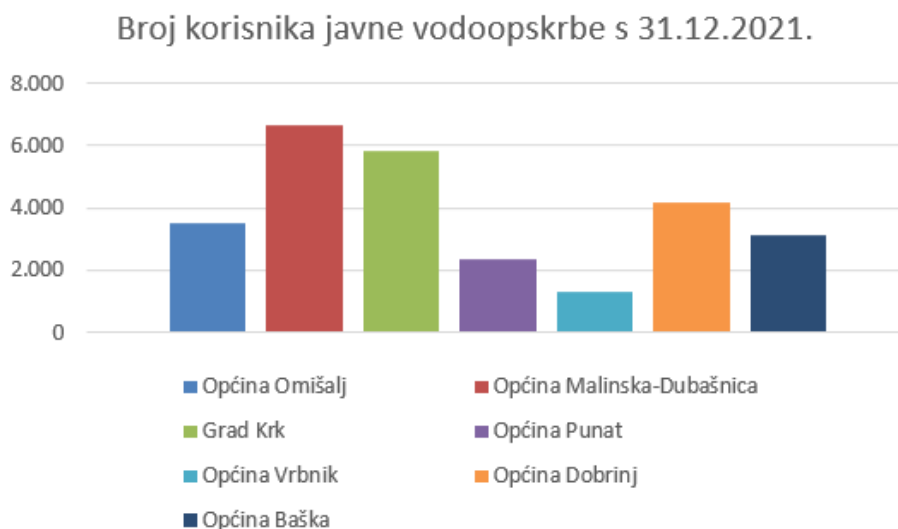
Slika 11. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2020. godini [10]



Prikaz korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2021. godinu:

- Općina Omišalj: 3.510 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.684 korisnika
- Grad Krk: 5.857 korisnika
- Općina Punat: 2.387 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.338 korisnika
- Općina Baška: 3.154 korisnika
- Općina Dobrinj: 4.175 korisnika (Slika 12.), (Prilog 8.).

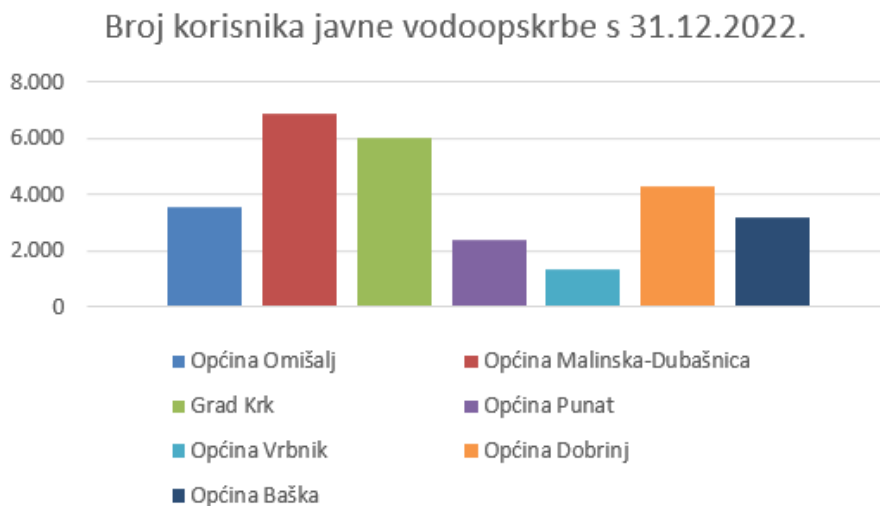
Općina Vrbnik ima najmanji broj korisnika javne vodoopskrbe među svim općinama na otoku Krku, što može ukazivati na manju populaciju i manje turističke aktivnosti u toj općini [10].



Slika 12. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2021. godini [10]

Graf korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2022. godinu:

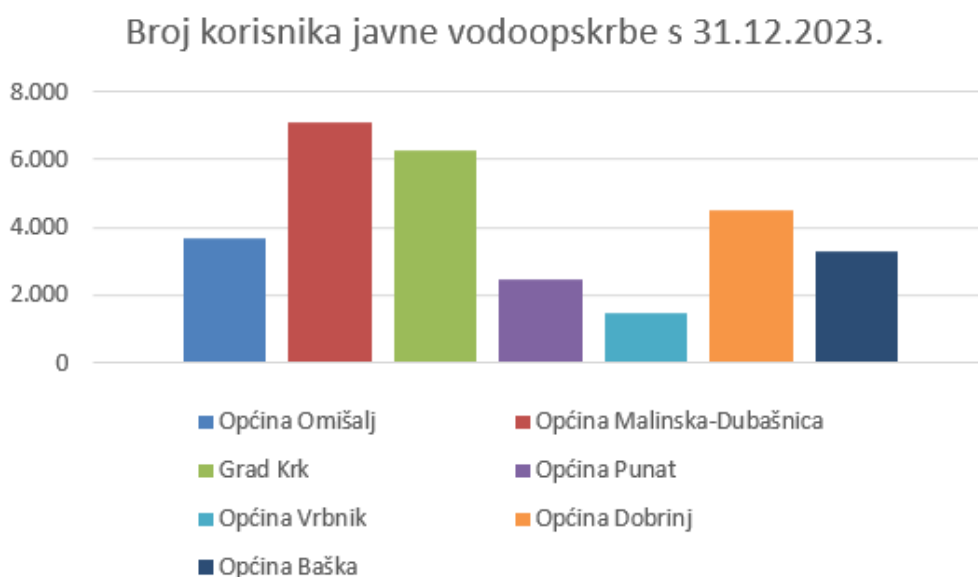
- Općina Omišalj: 3.576 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 6.847 korisnika
- Grad Krk: 6.002 korisnika
- Općina Punat: 2.411 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.368 korisnika
- Općina Baška: 3.175 korisnika
- Općina Dobrinj: 4.319 korisnika (Slika 13.), (Prilog 9.), [10].



Slika 13. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2022. godini [10]

Graf korisnika javne vodoopskrbe po općinama i gradu za 2023. godinu:

- Općina Omišalj: 3.685 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 7.089 korisnika
- Grad Krk: 6.270 korisnika
- Općina Punat: 2.474 korisnika
- Općina Vrbnik: 1.451 korisnika
- Općina Baška: 3.271 korisnika
- Općina Dobrinj: 4.501 korisnika (Slika 14.), (Prilog 10.), [10].



Slika 14. Broj korisnika javne vodoopskrbe u 2023. godini [10]

Općina Malinska-Dubašnica i Grad Krk i dalje imaju najveći broj korisnika, što ukazuje na njihov stalni rast i značaj. Općina Dobrinj bilježi najveći apsolutni porast broja korisnika, što može ukazivati na značajan razvoj i priljev stanovništva ili turističkih objekata. Općina Vrbnik ima najmanji broj korisnika, ali je zabilježen rast broja korisnika. Sve općine i gradovi pokazuju porast broja korisnika javne vodoopskrbe između 2015. i 2023. godine, što odražava opći trend rasta populacije i razvoja infrastrukture na otoku Krku. Ove promjene pokazuju stalni rast potražnje za javnom vodoopskrbom, što može biti povezano s rastom populacije, povećanim turističkim aktivnostima i općim razvojem infrastrukture na otoku Krku [10].

## **4.2 Odvodnja otoka Krk**

Odvodnja otoka Krka predstavlja važan aspekt infrastrukturnog razvoja i zaštite okoliša, s obzirom na specifične potrebe otoka i rastući broj stanovnika i turista. Unatoč naporima uložanim u poboljšanje sustava odvodnje, postoji niz izazova koji zahtijevaju pažnju i ulaganja [8].

Jedan od glavnih problema je nedovoljna razvijenost sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Mnogi dijelovi otoka još uvijek nemaju adekvatne kanalizacijske mreže, što dovodi do ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda u okoliš. To može uzrokovati kontaminaciju tla i mora, što je posebno zabrinjavajuće s obzirom na ekološku osjetljivost i turističku važnost otoka [11].

Sukladno zakonodavstvu koje regulira postupanje s otpadnim vodama, zakonodavac kontinuirano donosi nove propise koji zahtijevaju usklađivanje s aktualnim standardima. Implementacija strožih graničnih vrijednosti za ispuštanje očišćene kanalizacije ili povećanje kapaciteta za prihvatanje dodatnih dotoka pri povezivanju novih naselja znači da se postojeći uređaji za pročišćavanje otpadnih voda moraju neprestano proširivati ili modernizirati. Ova potreba za kontinuiranom prilagodbom zahtijeva značajna ulaganja u obnovu ili nadogradnju postojećih sustava kako bi se osigurala njihova usklađenost s hrvatskim propisima i propisima Europske unije. Radi poboljšanja situacije, ključno je ulagati u razvoj i modernizaciju sustava odvodnje. To uključuje izgradnju novih kanalizacijskih mreža, uvođenje naprednih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda te redovito održavanje postojećih sustava kako bi se spriječile havarije i osigurao njihov dugoročan rad. Dodatno, važno je educirati lokalno stanovništvo i turiste o važnosti pravilnog zbrinjavanja otpadnih voda. Podizanjem svijesti o ekološkim posljedicama

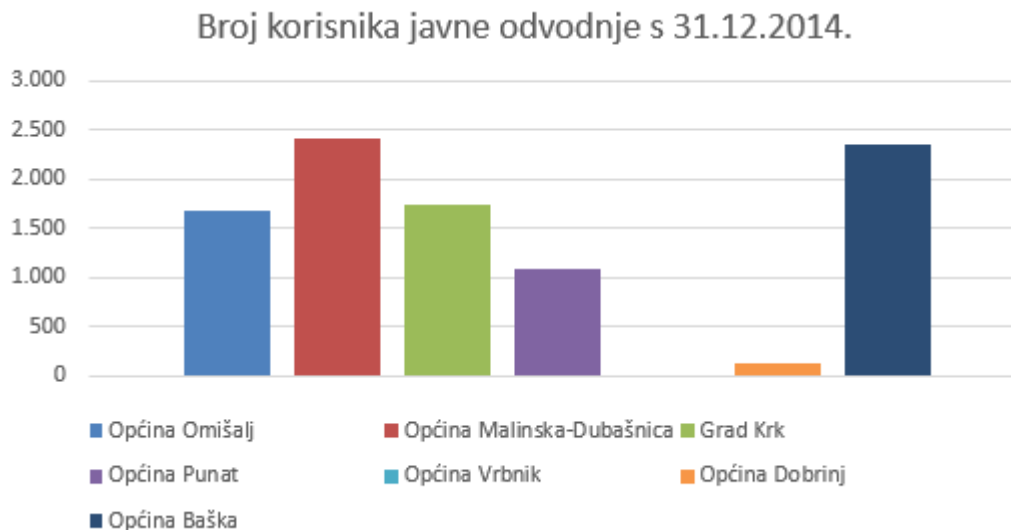
neodgovornog ponašanja moguće je potaknuti širu podršku za projekte usmjerene na poboljšanje sustava odvodnje [12].

Financijska sredstva za ove projekte mogu se osigurati iz različitih izvora, uključujući europske fondove, državne potpore, ali i kroz partnerstva s privatnim sektorom. Kroz strateške investicije i suradnju svih relevantnih dionika, moguće je postići značajna poboljšanja u sustavu odvodnje otoka Krka, čime će se osigurati zaštita okoliša i unaprijediti kvaliteta života stanovnika i posjetitelja. Uz kontinuirano praćenje stanja sustava i implementaciju novih tehnologija, otok Krk može postati primjer održivog i učinkovito upravljanog sustava odvodnje, koji zadovoljava potrebe današnjice i osigurava očuvanje prirodnih resursa za buduće generacije [11,12].

#### **4.2.1. Odvodnja otoka Krka – kroz godine**

Grafovi (slike) u nastavku prikazuju broj korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2014. godine za različite općine i gradove. Detaljan pregled broja korisnika po općinama i gradu dan je u nastavku rada:

- Općina Omišalj: 1.688 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 2.149 korisnika
- Grad Krk: 1.747 korisnika
- Općina Punat: 1.094 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.351 korisnika
- Općina Dobrinj: 134 korisnika (Slika 15.), (Prilog 11.), [10].

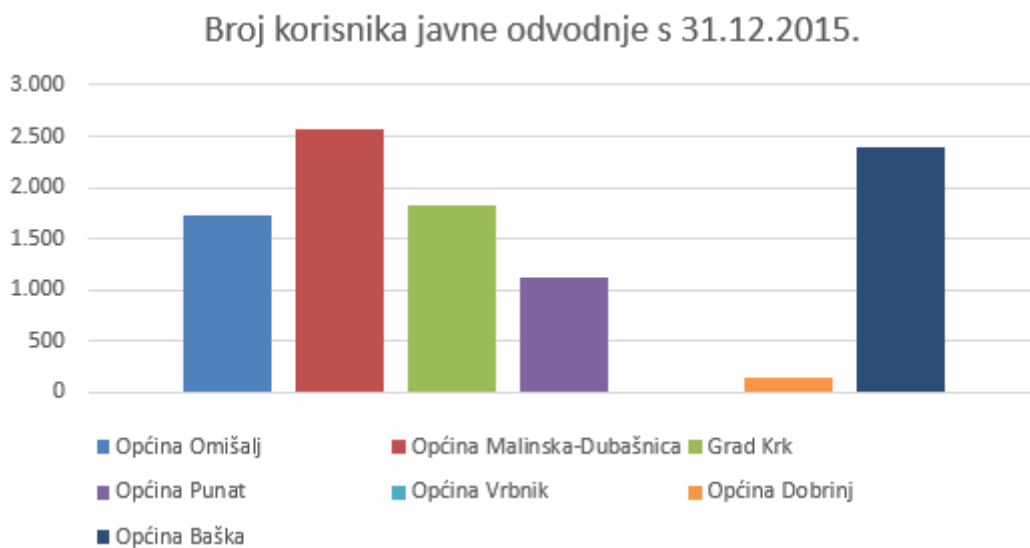


Slika 15. Broj korisnika javne odvodnje u 2014. godini [10]

Prikaz broja korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2015. godine za različite općine i grad.

- Općina Omišalj: 1.717 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 2.574 korisnika
- Grad Krk: 1.822 korisnika
- Općina Punat: 1.119 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.384 korisnika
- Općina Dobrinj: 138 korisnika (Slika 16.), (Prilog 12.).

Općina Malinska-Dubašnica ima najveći broj korisnika javne odvodnje, slijede Grad Krk i Općina Baška [10].

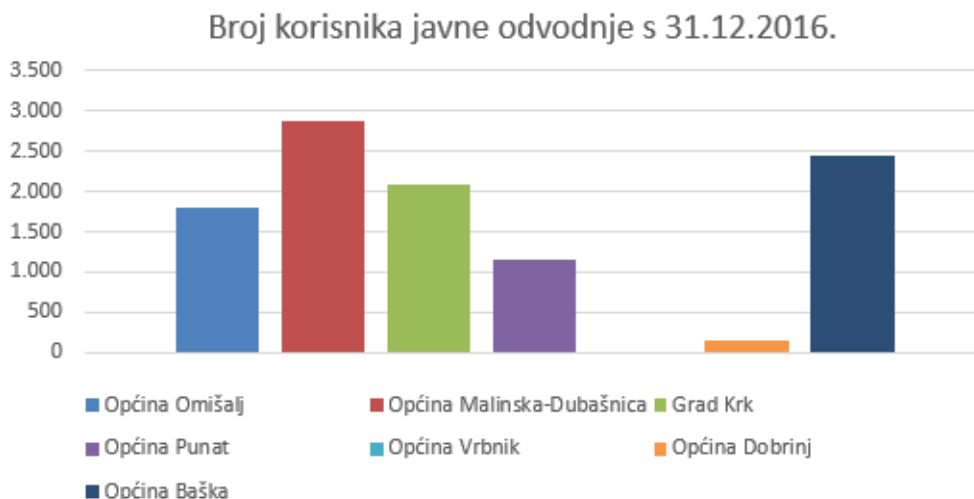


Slika 16. Broj korisnika javne odvodnje u 2015. godini [10]

Graf korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2016. godine za različite općine i grad.

- Općina Omišalj: 1.811 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 2.876 korisnika
- Grad Krk: 2.092 korisnika
- Općina Punat: 1.154 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.448 korisnika
- Općina Dobrinj: 139 korisnika (Slika 17.), (Prilog 13.).

Općina Vrbnik i Općina Dobrinj imaju najmanji broj korisnika javne odvodnje, što može ukazivati na manji infrastrukturni razvoj ili manju populaciju [10].



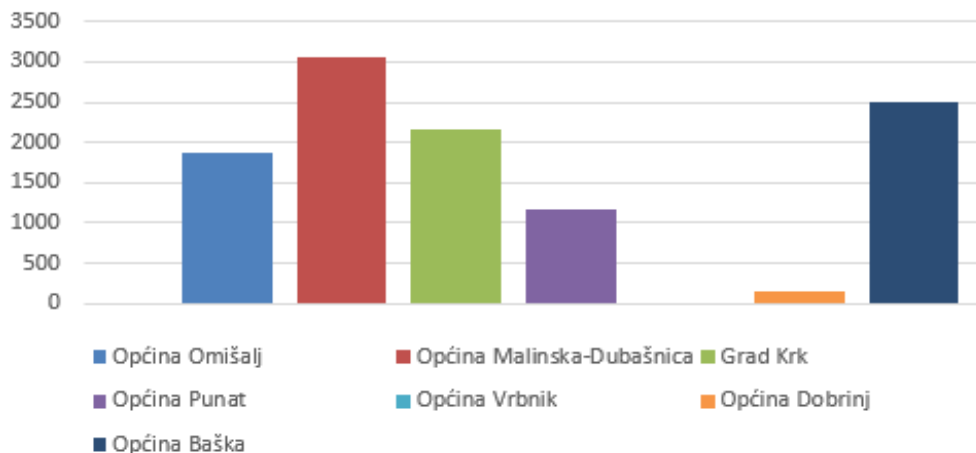
Slika 17. Broj korisnika javne odvodnje u 2016. godini [10]

Broj korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2017. godine.

- Općina Omišalj: 1.874 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 3.049 korisnika
- Grad Krk: 2.157 korisnika
- Općina Punat: 1.174 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.448 korisnika
- Općina Dobrinj: 139 korisnika (Slika 18.), (Prilog 14.).

Općina Vrbnik bilježi 0 korisnika, što može ukazivati na probleme s infrastrukturom ili reorganizaciju sustava odvodnje, dok općina Dobrinj bilježi pad broja korisnika, što može ukazivati na ruralniji karakter i manji razvoj infrastruktura [10].

Broj korisnika javne odvodnje s 31.12.2017.

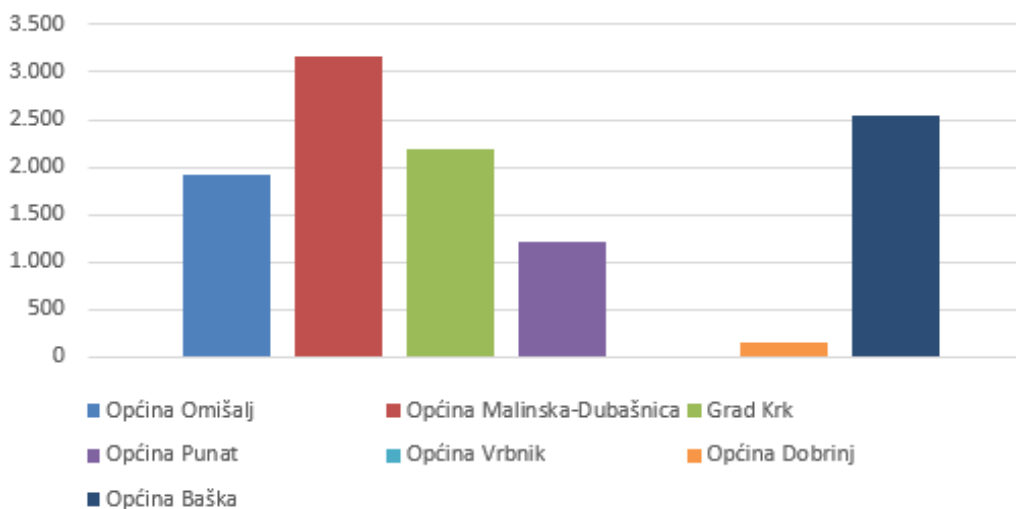


Slika 18. Broj korisnika javne odvodnje u 2017. godini [10]

Korisnici javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2018. godine.

- Općina Omišalj: 1.915 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 3.164 korisnika
- Grad Krk: 2.191 korisnika
- Općina Punat: 1.219 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.550 korisnika
- Općina Dobrinj: 144 korisnika (Slika 19.), (Prilog 15.), [10].

Broj korisnika javne odvodnje s 31.12.2018.

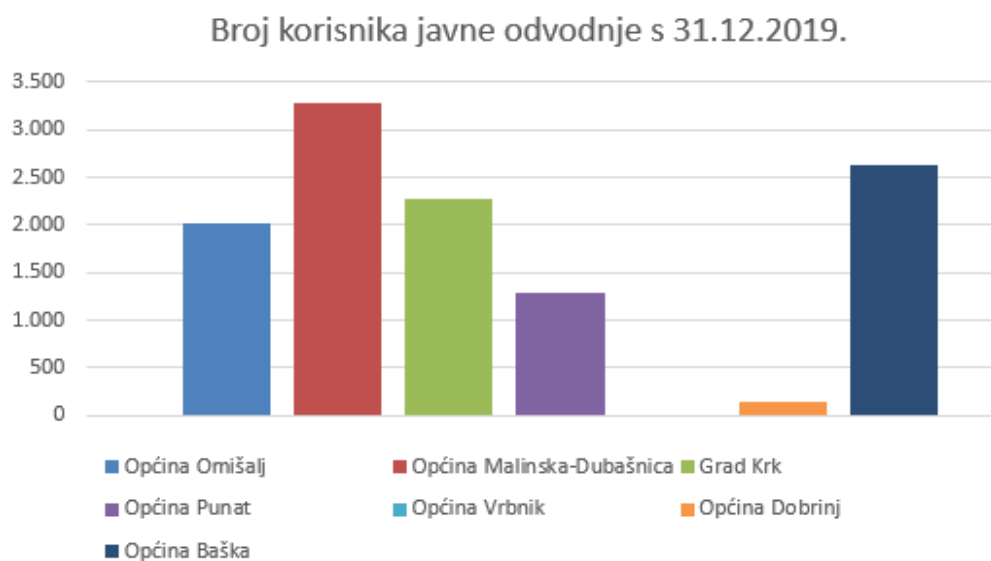


Slika 19. Broj korisnika javne odvodnje u 2018. godini [10]



Prikaz korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2019. godine.

- Općina Omišalj: 2.024 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 3.275 korisnika
- Grad Krk: 2.282 korisnika
- Općina Punat: 1.219 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.630 korisnika
- Općina Dobrinj: 148 korisnika (Slika 20.), (Prilog 16.), [10].

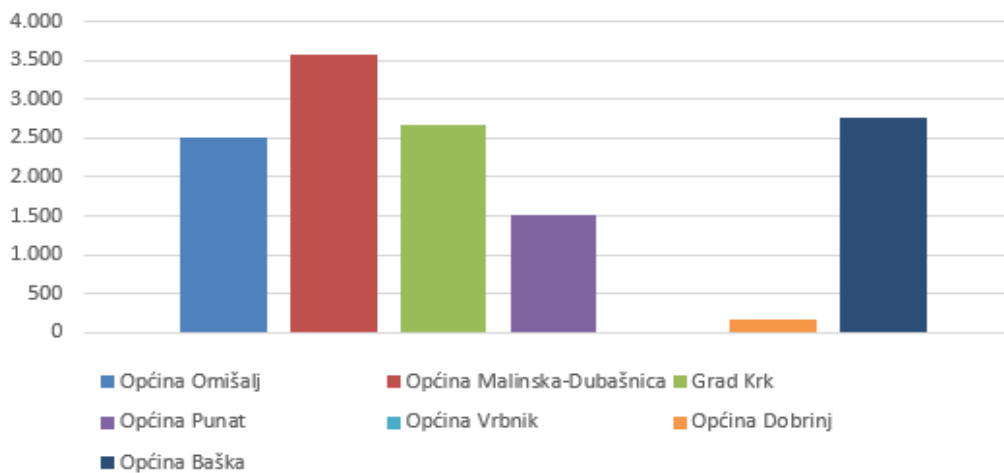


Slika 20. Broj korisnika javne odvodnje u 2018. godini [10]

Broj korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2020. godine.

- Općina Omišalj: 2.501 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 3.585 korisnika
- Grad Krk: 2.665 korisnika
- Općina Punat: 1.524 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.775 korisnika
- Općina Dobrinj: 161 korisnika (Slika 21.), (Prilog 17.), [10].

Broj korisnika javne odvodnje s 31.12.2020.

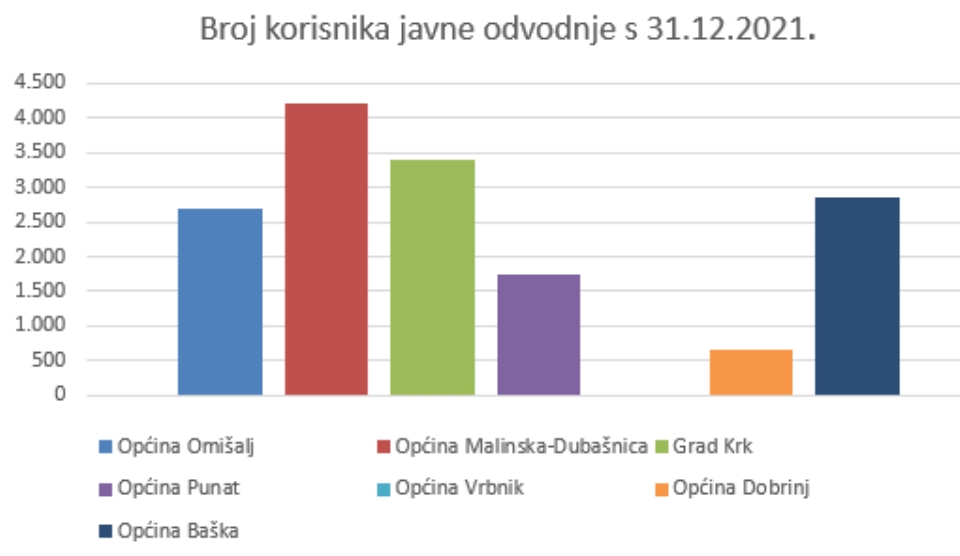


Slika 21. Broj korisnika javne odvodnje u 2020. godini [10]

Broj korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2021. godine.

- Općina Omišalj: 2.681 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 4.218 korisnika
- Grad Krk: 3.410 korisnika
- Općina Punat: 1.755 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.862 korisnika
- Općina Dobrinj: 656 korisnika (Slika 22.), (Prilog 18.), [10].

Općina Vrbnik ostaje s nulnim korisnicima javne odvodnje, što može biti rezultat specifičnosti infrastrukture ili demografskih karakteristika naselja [10].

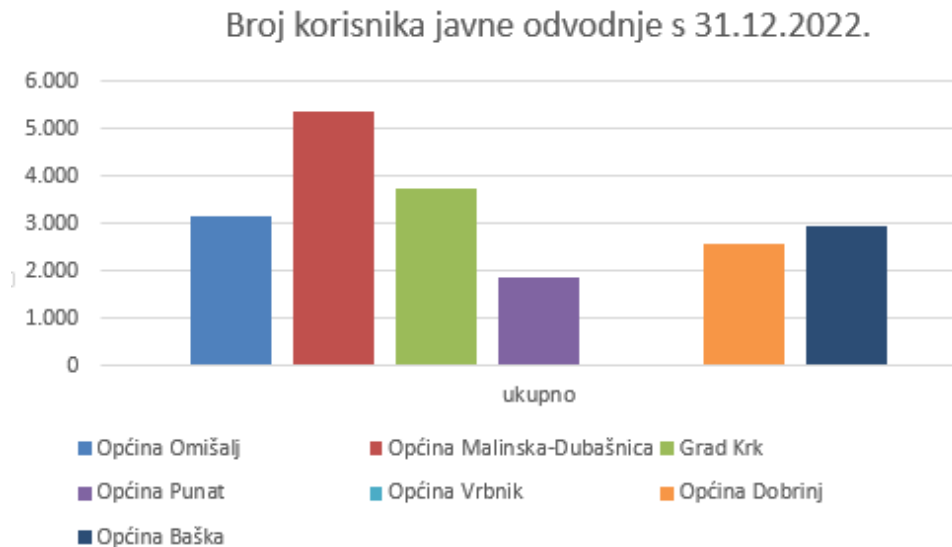


Slika 22. Broj korisnika javne odvodnje u 2021. godini [10]

Prikaz korisnika javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2022. godine.

- Općina Omišalj: 3.176 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 5.384 korisnika
- Grad Krk: 3.750 korisnika
- Općina Punat: 1.847 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.981 korisnika
- Općina Dobrinj: 2.575 korisnika (Slika 23.), (Prilog 19.), [10].

Općina Dobrinj na otoku Krku je zabilježila značajan porast broja korisnika javne odvodnje. Ovaj značajan porast broja korisnika u Općini Dobrinj može biti rezultat različitih faktora kao što su urbanizacija, promjene u demografskoj strukturi, povećana izgradnja ili unapređenje infrastrukture odvodnje. Ovi podaci naglašavaju dinamiku razvoja i rasta infrastrukture javne odvodnje na otoku Krku [10].

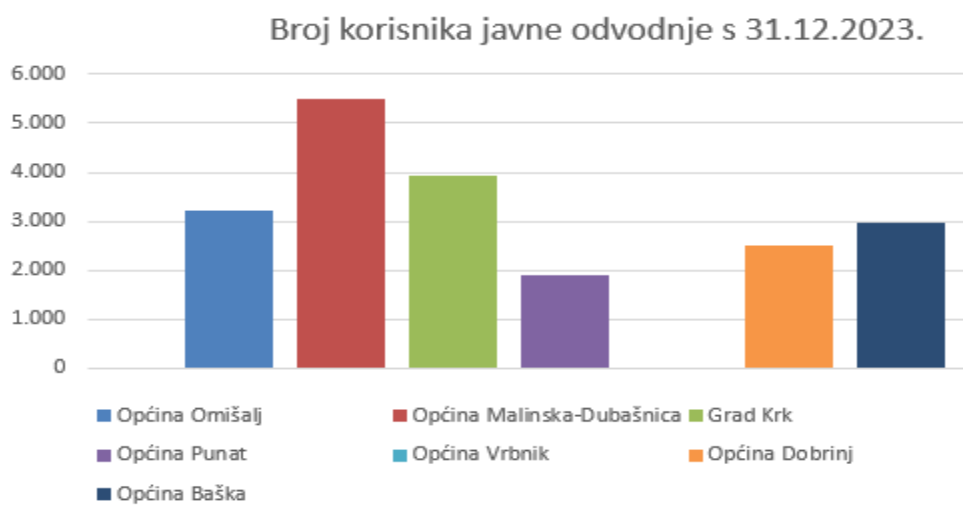


Slika 23. Broj korisnika javne odvodnje u 2022. godini [10]

Grafički prikaz javne odvodnje na otoku Krku zaključno s 31.12.2023. godine.

- Općina Omišalj: 3.234 korisnika
- Općina Malinska - Dubašnica: 5.514 korisnika
- Grad Krk: 3.916 korisnika
- Općina Punat: 1.881 korisnika
- Općina Vrbnik: 0 korisnika
- Općina Baška: 2.981 korisnika
- Općina Dobrinj: 2.502 korisnika (Slika 24.), (Prilog 20.).

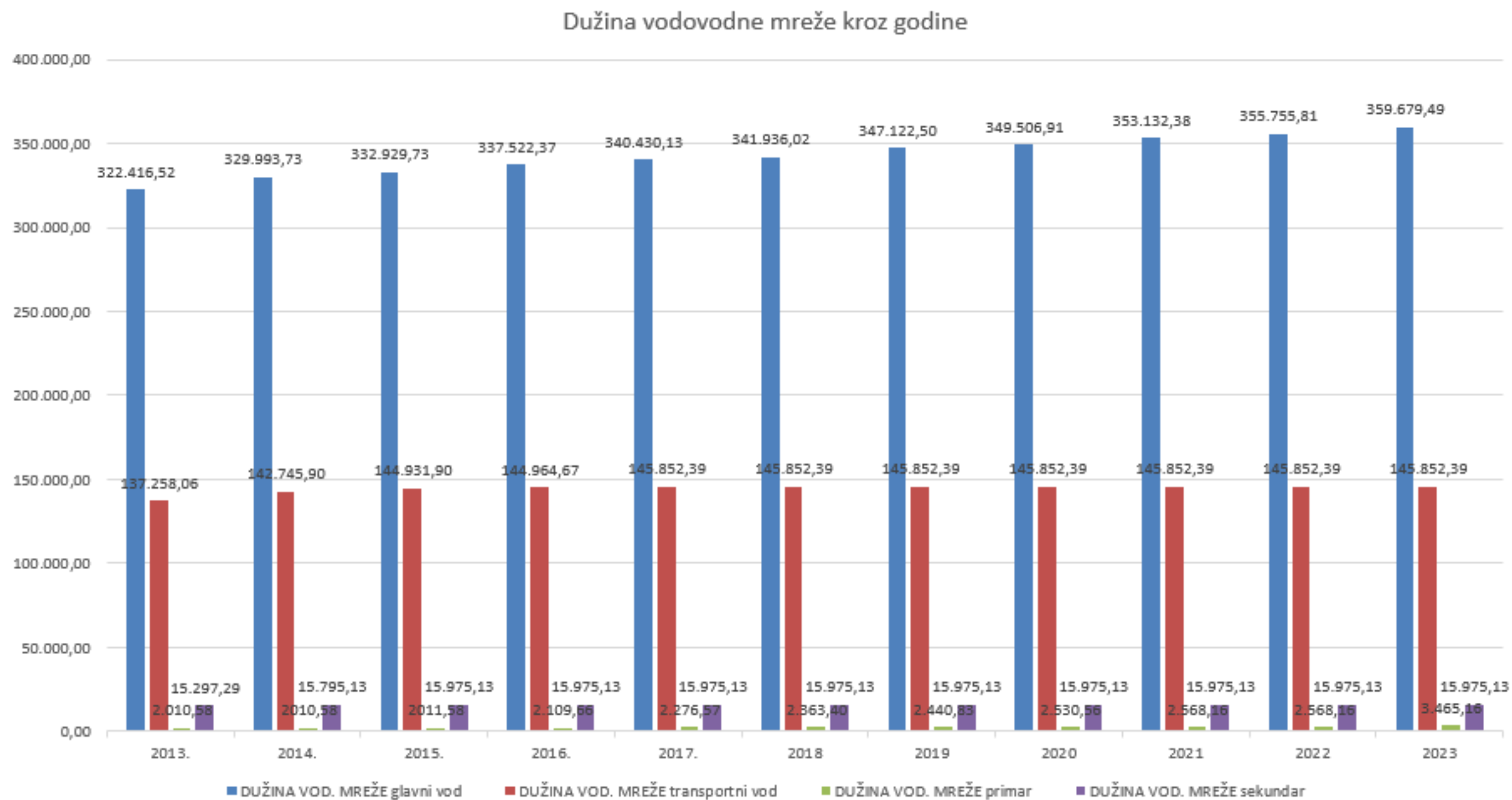
U razdoblju od 2014. do 2023. godine, broj korisnika javne odvodnje na otoku Krku značajno je porastao u svim općinama i gradu Krku. Općina Dobrinj se ističe s izuzetno velikim porastom broja korisnika, dok su i ostale jedinice lokalne samouprave zabilježile značajan rast. Ovo svjedoči o kontinuiranom razvoju infrastrukture i povećanju broja korisnika javne odvodnje na otoku Krku tijekom protekle decenije [10].



Slika 24. Broj korisnika javne odvodnje u 2023. godini [10]

### 4.3 Dužina mreže i priključci

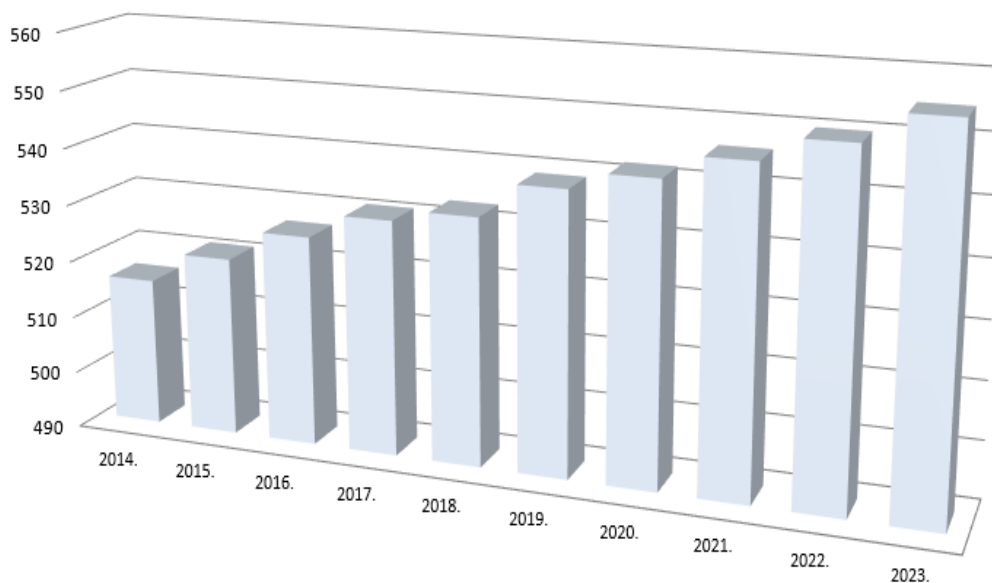
Grafički prikaz vodovodne mreže podijeljene na glavni, transportni, primarni i sekundarni vod na otoku Krku (Slika 25.), [10].



Slika 25. Dužina mreže kroz godine, [10] (Prilog 21.)

#### **4.3.1. Dužina vodovodne mreže u kilometrima**

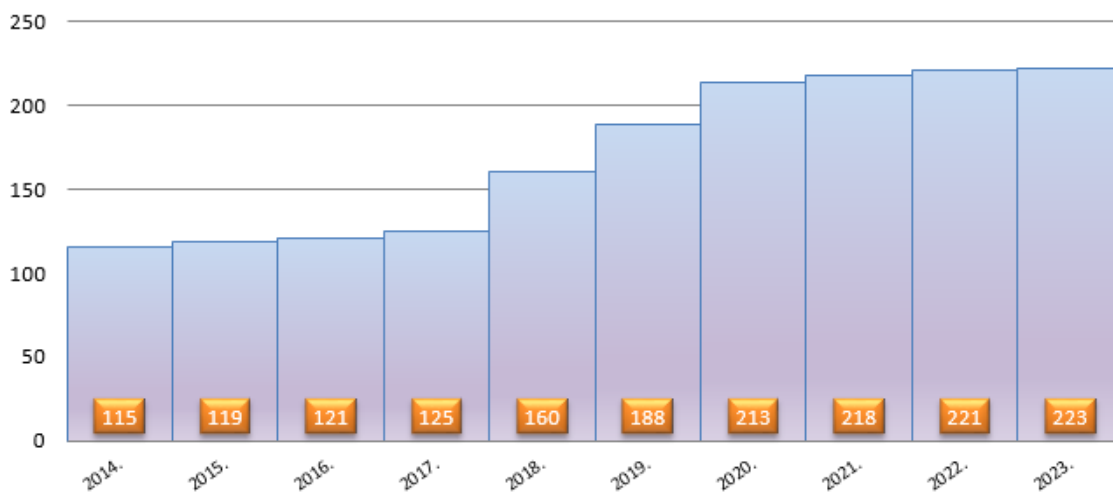
Grafički prikaz vodovodne mreže na otoku Krku iskazan u kilometrima od 2014. godine, sve do 2023. godine (Slika 26.), [10].



Slika 26. Dužina vodovodne mreže u kilometrima kroz godine [10] (Prilog 22)

#### **4.3.2. Dužina mreže javne odvodnje u kilometrima**

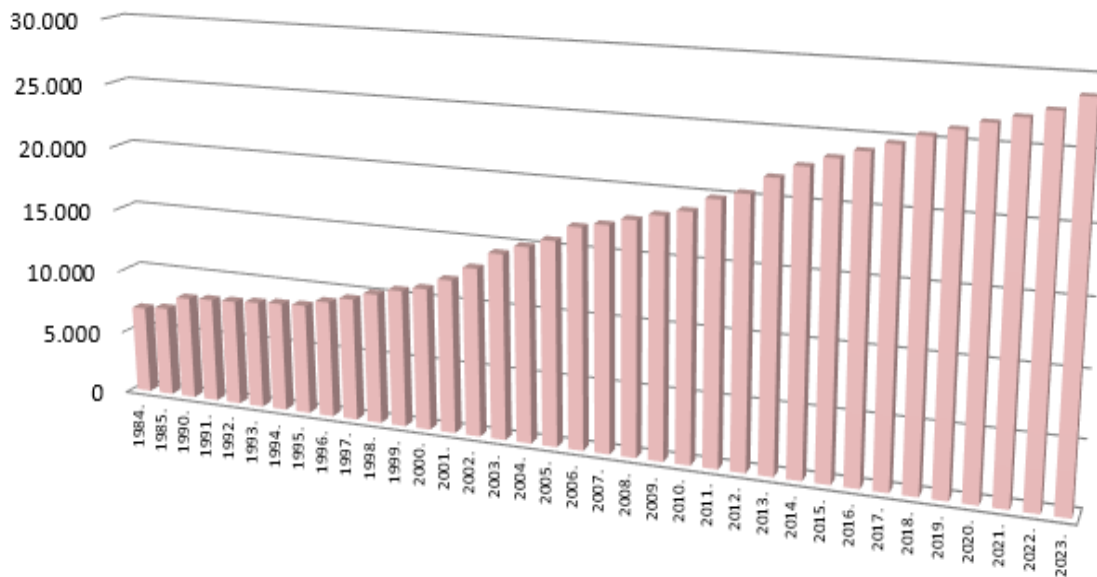
Grafički prikaz vodovodne mreže na otoku Krku iskazan u kilometrima od 2014. godine, sve do 2023. godine (Slika 27.), [10].



Slika 27. Dužina javne odvodnje u kilometrima kroz godine [10] ( Prilog 23 )

### 4.3.3. Broj priključaka na vodovodnu mrežu

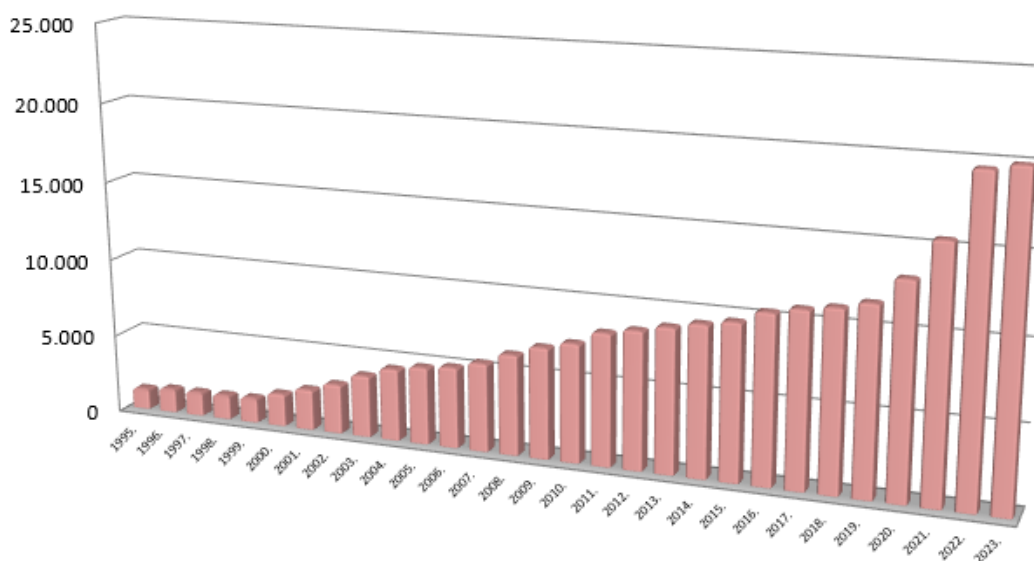
Prikaz porasta priključaka na vodovodnu mrežu u razdoblju od 1984. godine. sve do 2023. godine. (Slika 28.), [10].



Slika 28. Broj priključaka na vodovodnu mrežu kroz godine [10] (Prilog 24.)

### 4.3.4. Broj priključaka na odvodnu mrežu

Prikaz porasta priključaka na javnu odvodnju od 1995. godine. sve do 2023. godine. (Slika 29.). Vidljiv je značajniji porast u 2022. i 2023. godini [10].



Slika 29. Broj priključaka na javnu odvodnju kroz godine [10] (Prilog 25)



## 5. PROCES PROČIŠĆAVANJA – UPOV KLMNO - ŠILO

Pri definiranju procesa pročišćavanja otpadnih voda, posebna pažnja posvećena je zahtjevima da proces bude efikasan, fleksibilan i funkcionalno upravljiv. Na uređaju se mogu definirati sljedeće procesne linije:

- Linija vode: obuhvaća mehanički predtretman (primarni) i biološku preradu (sekundarni) otpadne vode.
- Linija mulja: uključuje aerobnu stabilizaciju i dehidraciju mulja uz prethodno kondicioniranje polimerom.
- Linija za uklanjanje neugodnih mirisa: odnosi se na objekte predtretmana i objekte dehidracije mulja. [13].

Usvojena linija za preradu otpadne vode uključuje sljedeće procese prečišćavanja:

Primarni: mehanički predtretman

- Ovaj korak uključuje uklanjanje krupnih čestica i suspendiranih materija iz otpadne vode koristeći rešetke, sita i taložnike. Mehanički predtretman je ključan za smanjenje opterećenja u narednim fazama prečišćavanja, čime se povećava efikasnost cijelog procesa.

Sekundarni: biološka prerada

- Biološka prerada uključuje korištenje mikroorganizama za razgradnju organskih materijala prisutnih u otpadnoj vodi. Procesi kao što su aktivni mulj ili biofiltri koriste mikroorganizme koji metaboliraju organsku tvar, smanjujući time biološku potrebu za kisikom (BPK) i kemijsku potrebu za kisikom (KPK) u vodi. Sekundarni tretman često uključuje i pročišćavanje kroz aeracijske bazene i sedimentacijske bazene kako bi se osiguralo uklanjanje bioloških kontaminanata [13].

Pročišćavanje dijela efluenta koji se koristi kao tehnološka (servisna) voda za potrebe UPOV-a je zapravo dio pročišćenog efluenta koji se dodatno tretira kako bi se mogao koristiti kao tehnološka ili servisna voda unutar samog uređaja za prečišćavanje otpadnih voda (UPOV). Ovaj proces može uključivati dodatne faze filtracije, dezinfekcije (poput kloriranja ili UV dezinfekcije) i eventualno uklanjanje specifičnih zagađivača kako bi se postigla potrebna kvaliteta vode za tehnološke svrhe.

Svaka od ovih faza je kritična za postizanje visokog stupnja prečišćavanja otpadne vode, osiguravajući da efluent koji se ispušta u okoliš zadovoljava sve relevantne standarde i propise. Pored toga, korištenje dijela pročišćene vode za interne potrebe UPOV-a pridonosi održivosti i smanjenju potrošnje svježe vode, Slika 30., [13].



Slika 30. 3D prikaz projektiranog UPOV-a Klimno – Šilo [14]

### **5.1. Mehanički predtretman / primarno pročišćavanje – linija vode**

Mehanički predtretman otpadnih voda na UPOV-u Klimno-Šilo dimenzioniran je na maksimalni satni protok od 60 l/s. Ovaj proces podrazumijeva uklanjanje grubih i inertnih tvari na grubim rešetkama, finim rešetkama i pjeskolovu. Grubi i inertni materijal uklonjen na rešetkama se ispiru, kompaktira i transportira u kontejnere do konačnog odlaganja. Pijesak iz pjeskolova se ispiru i kompaktira u klasireru pijeska, a zatim se također transportira u kontejnere do konačnog odlaganja. Plivajuće tvari uklonjene u aeriranom pjeskolovu transportiraju se u bazen za prihvatanje izdvojenih masti i ulja iz pjeskolova/mastolova, a potom se zbrinjavaju u skladu sa važećom zakonskom regulativom [13]. Komponente mehaničkog predtretmana uključuju pojedine elemente, odnosno objekte koji će u nastavku biti opisani.

#### **5.1.1. Grube rešetke**

Sa dva jednaka kanala izvedene su grube rešetke, gdje se u glavni kanal ugrađuje automatska gruba rešetka, dok se u zaobilazni kanal ugrađuje rezervna rešetka koja se čisti ručno. Na početku i kraju kanala opremljeni su zapornicama na ručni pogon, koje se koriste u slučaju zastoja ili kvara na automatskoj gruboj rešetki. Poliesterskim poklopcima, koji se mogu demontirati, prekriven je kanal. Maksimalno satno opterećenje od 40 l/s zadovoljava oprema automatske grube rešetke, s otvorima svijetle širine 20 mm. Sustavom za ispiranje

otpadnog materijala opremljena je automatska gruba rešetka. Tehnološka voda koristi se za pranje otpada sa grube rešetke. Od nehrđajućeg čelika kvalitete AISI 316L izrađene su grube rešetke i zapornice. Pripadajući elektroormar za upravljanje i PLC, koji je povezan s NUS-om (nadzorno-upravljački sustav), imaju rešetke [13].

### **5.1.2. Pužna preša s pranjem**

Za prešanje, odnosno dehidraciju izdvojenog otpada sa grube rešetke, služi pužna preša. Posebno izvedenim cjevovodom, prešani materijal se direktno odlaže u kontejnere volumena  $V=1,0 \text{ m}^3$  (2 komada), izrađene od nehrđajućeg čelika kvalitete EN 1.4404. Maksimalno  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  sa sadržajem suhe tvari 35% je kapacitet pužne preše [13].

### **5.1.3. Kombinirani uređaj**

Prije kombiniranog uređaja obavlja se mjerenje protoka i kvalitete ulazne vode pomoću automatskog uzorkovača. Voda se potom preusmjerava u kombinirani uređaj koji uključuje finu rešetku i pijeskolov, uz sustav za ispiranje i sabijanje pijeska (klasifikator pijeska) smješten pored njih. Kombinirani uređaj obuhvaća fino sito s aeriranim pijeskolovom/mastolovom, pužnicu za prikupljanje pijeska, sustav za separaciju i prikupljanje ulja, masti i plutajućih čestica, opremljen standardnom opremom za automatsku separaciju prikupljenog plutajućeg materijala. Fino sito ima otvore širine do 3 mm i opremljeno je sustavom za ispiranje i sabijanje otpada. Aerirani pijeskolov/mastolov uključuje ventilator za ubrizgavanje zraka radi separacije plutajućih tvari (masti i ulja). Također je integriran sustav za separaciju pijeska i masti. Zaobilazni tok (preljev za fino sito) također je dio sustava. Otpad s fine rešetke odlaže se u zasebne standardne kontejnere volumena  $V = 1,0 \text{ m}^3$  (planirano je 3+3 kontejnera od nehrđajućeg čelika kvalitete EN 1.4404). Uključena je i standardna cisterna za masti volumena  $V = 1,1 \text{ m}^3$ . Svi dijelovi kombiniranog uređaja izrađeni su od nehrđajućeg čelika kvalitete AISI 316L. Kombinirani uređaj radi automatski i opremljen je električnom kontrolnom kutijom za upravljanje i PLC sustavom povezanim s SCADA sustavom. Sustav grijanja osigurava minimalnu temperaturu od  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  kako bi se spriječilo smrzavanje [13].

### **5.1.4. Klasirer pijeska**

To je uređaj za ispiranje i kompaktiranje pijeska izdvojenog u kombiniranom uređaju. Kapacitet je  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  mješavine vode i pijeska koji se crpkom doprema iz

kombiniranih uređaja i nakon ispiranja odlaže u kontejner volumena  $V=1,0 \text{ m}^3$ . Kapacitet obrade je  $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$  izdvojenog pijeska [13].

### **5.1.5. Dodatne specifikacije**

Mimovod biološke linije nakon mehaničkog predtretmana omogućen je za slučajeve kada se detektira prisutnost morske vode. U takvim situacijama, otpadna voda se vodi direktno prema izlazu iz uređaja, mimo biološkog pročišćavanja, putem elektromotornih zapornica od nehrđajućeg čelika EN 1.4404 kontroliranih PLC-sustavom [13].

## **5.2. Biološka obrada**

Nakon što otpadna voda prođe kroz mehanički predtretman, gravitacijski se usmjerava kroz razdjelno okno s automatskim zapornicama na elektromotorni pogon prema egalizacijskom spremniku. Egalizacijski bazen ima korisni volumen od  $326 \text{ m}^3$  i dimenzije  $8,30 \times 10,20 \times 6,0 \text{ m}$  (širina  $\times$  duljina  $\times$  dubina), te je prilagođen za prihvatanje otpadne vode tijekom 4,5 sati vršnih dotoka tijekom ljetnog razdoblja. Glavni ciljevi spremnika uključuju kompenzaciju vršnih hidrauličkih opterećenja, stabilizaciju pH vrijednosti otpadne vode kako bi se osigurao optimalan rad i dimenzioniranje biološke obrade [13].

U sklopu egalizacijskog bazena bit će ugrađene dvije potopne crpke - jedna radna i jedna rezervna, svaka kapaciteta  $Q_{cr}=70 \text{ m}^3/\text{h}$ . Njihova je svrha prebacivati otpadnu vodu iz bazena egalizacije u bioreaktor, osiguravajući kontinuiranu obradu i stabilan tok otpadnih voda kroz sustav. Ovaj sustav osigurava efikasno upravljanje otpadnim vodama, pružajući potrebne kapacitete za siguran prijenos vode i optimalan rad biološkog procesa u bioreктору [13].

Egalizacijski bazen je konstruiran s nagibom dna od ulaza prema crpkama te nasuprotnim položajem ulaza i izlaza otpadne vode kako bi se osiguralo da u bazenu ne dolazi do taloženja suspendiranih tvari. Dodatno, crpke su smještene ispod dna bazena što pomaže u sprečavanju taloženja čestica. U ljetnim mjesecima kada su vršni dotoci vode, crpke će raditi na najvišoj radnoj visini (određenoj nivoom sonde), dok će se tijekom zimskih mjeseci nivo crpki prilagođavati nižoj radnoj visini, ovisno o dotoku otpadne vode. To

osigurava kontinuiranu potopljenost crpki kako bi se spriječio rad "na suho", što može oštetiti opremu.

Biološkom preradom otpadne vode u bioeracijskom bazenu uklanjaju se organske tvari putem aktivnog mulja. Bazeni su opremljeni difuzorima i sustavom za distribuciju zraka kako bi se osigurali aerobni uvjeti i kvalitetno miješanje. Potreban kisik za biološku obradu osigurava se komprimiranim zrakom kroz difuzore. Bioeracijski bazen ima korisni volumen od  $1.113 \text{ m}^3$  i dimenzije  $12,0 \times 16,3 \times 6,0 \text{ m}$ . Njegov radni nivo vode varira ovisno o godišnjem dobu, s maksimalnom razinom od 5,8 m u ljetnim mjesecima i minimalnom razinom od 1,3 m tijekom zime. Ova prilagodba omogućuje smanjenje potrebne zapremine bazena na oko  $250 \text{ m}^3$  tijekom manjih dotoka vode [13].

Za aeraciju, na dnu bioeracijskog bazena su postavljeni difuzori izrađeni od UV otpornog materijala. Zrak se opskrbljuje kroz tri puhalu, svako kapaciteta  $704 \text{ m}^3/\text{h}$ , u režimu rada 2 radna + 1 rezervno. Puhala su opremljena frekventnim regulatorom za preciznu kontrolu procesa aeracije. Cjevovodi aeracijskog sustava izrađeni su od nehrđajućeg čelika EN 1.4404, a svaka vertikalna linija opremljena je kuglastim ventilima za izolaciju. Proces aeracije se kontinuirano odvija 24 sata dnevno, osiguravajući efikasno miješanje otpadnih voda s aktivnim muljem radi optimalne biološke obrade. U tijeku ljetnih mjeseci, potreba za kisikom u bioeracijskom bazenu iznosi  $1.267 \text{ m}^3/\text{h}$ , dok se u zimskim mjesecima smanjuje na  $638 \text{ m}^3/\text{h}$ . Kapacitet doziranja kisika prilagođava se prema potrebama koje se utvrđuju kontinuiranim mjerenjem koncentracije otopljenog kisika u bioreaktoru. Hidrauličko vrijeme zadržavanja vode u bioeracijskom bazenu varira ovisno o sezoni. U ljetnim mjesecima, prosječno hidrauličko vrijeme zadržavanja je 16 sati, što osigurava dovoljno vremena za procese biološke obrade uz intenzivnu aeraciju i miješanje. S druge strane, u zimskim mjesecima, kada je dotok vode manji, hidrauličko vrijeme može doseći maksimalno 61 sat, prilagođavajući se smanjenoj aktivnosti biološkog procesa [13].

Biološki tretirana voda se iz bioeracijskog bazena crpi u taložnik (Soliquator®) putem dvije frekventno regulirane crpke, od kojih je jedna radna, a druga rezervna. Svaka crpka ima kapacitet od  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , što omogućuje učinkovito prebacivanje tekućine i mulja u taložniku. U taložniku se tekuća faza pročišćava, dok se čvrsta faza odvaja i zbrinjava. Rad bioreaktora, difuzora i izlaznog cjevovoda automatski je reguliran sustavom PLC

(Programmable Logic Controller), prilagođavajući se količini influenta i osiguravajući stabilan i učinkovit proces obrade otpadnih voda. Ovaj sustav omogućuje precizno upravljanje i optimizaciju rada cijelog postrojenja (Slika 31.) u skladu s promjenama u dotoku otpadne vode i zahtjevima za kisikom u biološkoj obradi.



Slika 31. Prikaz UPOV-a prilikom završetka radova [15]

### **5.2.1. Taložnici - Soliquatori**

Taložnici - Soliquatori® - predstavljaju napredan automatski sustav koji obavlja funkciju ugušćivanja i pročišćavanja otpadne vode. Sustav je podijeljen u 4 linije, svaka maksimalnog kapaciteta 22 m<sup>3</sup>/h, i specijalno je dizajniran za ubrzanje procesa pročišćavanja recirkulacijom aktivnog mulja. Nakon aeracije u bioreaktoru, u otpadnu vodu se dodaje flokulant - polimer, čija se količina empirijski određuje na temelju karakteristika otpadne vode i kontrolira PLC-sustavom. Spremnik polimera dimenzioniran je za 15 dana kontinuiranog rada sustava [13].

Svaki Soliquator® opremljen je tangencijalnim ulazom otpadne vode, što stvara sporo kružno kretanje vode unutar taložnika. Ovo kružno kretanje ubrzava procese flokulacije, odvajanja čvrste od tekuće faze te taloženja na konusnom dnu taložnika. Sustav je zatvoren i pod tlakom, osiguravajući optimalnu koncentraciju mulja i visoku kvalitetu izlaznog efluenta, bez ispuštanja neugodnih mirisa i tekućina [13].

Rad svakog Soliquatora® je potpuno automatski reguliran PLC-om, što omogućuje prilagodbu ovisno o količini i kvaliteti influenta. S obzirom na dotok otpadne vode, aktivirat će se od 1 do 4 Soliquatora® (Slika 32.), osiguravajući optimalne uvjete za učinkovito ugušćivanje i pročišćavanje [13].

Pročišćena otpadna voda iz taložnika se pod tlakom transportira cjevovodom preko Venturijevog mjernog kanala do podmorskog ispusta. U Venturijevom mjernom kanalu nalazi se jedinica za automatsko uzorkovanje pročišćene vode, osiguravajući stalno praćenje kvalitete izlaznog efluenta. Na cjevovodu iza taložnika smješten je mjerač protoka koji preko PLC-a upravlja cjelokupnim radom sustava. Ako nema protoka, sustav automatski zaustavlja rad linija. Dodatno, iza mjerača protoka je ugrađen automatski ventil koji regulira opskrbu sustava pročišćenom vodom za proizvodnju dezinficirane tehnološke vode. Rad ovog ventila također je kontroliran PLC-om, prilagođavajući se potrebama u pogledu tehnološke vode u procesu obrade otpadnih voda [13].



Slika 32. Prikaz Soliquatora, [15]

Mulj koji se nakuplja na dnu taložnika Soliquator® dijelom se vraća u bioreaktor kao aktivni mulj kako bi se ubrzao proces biološke razgradnje organskih tvari i održala mikrobiološka aktivnost. Drugi dio mulja se cjevovodom transportira do bazena za aerobnu stabilizaciju mulja. Koncentracija mulja nakon obrade u taložnicima Soliquatorima® bit će održavana na razini od  $30 \text{ kg/m}^3$  (3%) [13].

Proces odvodnje mulja iz taložnika strogo je kontroliran PLC-sustavom, koji programski definira parametre prema mjerenim karakteristikama i uvjetima sustava. Tijekom probnog rada bit će precizno definirani svi potrebni parametri kako bi se osiguralo besprijekorno funkcioniranje sustava za obradu otpadnih voda.

Sustav za pripremu i doziranje polimera bit će detaljno objašnjen u zasebnom poglavlju, koje će obuhvatiti sve aspekte vezane uz doziranje kemikalija potrebnih za flokulaciju i optimalno funkcioniranje taložnika Soliquatora® [13].

### **5.3. Sistem tehnološke vode**

Dio pročišćene vode, ukupnog kapaciteta 10 m<sup>3</sup>/h, namijenjen je kao tehnička voda za različite operativne potrebe. Za ovu svrhu, sustav uključuje nekoliko ključnih elemenata.

#### **5.3.1. Mikro filter (100 μm)**

Ovaj filter služi za pročišćavanje pročišćene vode prije nego što se koristi u tehničke svrhe. Mikro filter ima kapacitet od 10 m<sup>3</sup>/h i osigurava uklanjanje sitnih čestica i nečistoća iz vode [13].

#### **5.3.2. Sustav za dezinfekciju natrij-hipokloritom**

Dozažna crpka - koristi se za doziranje otopine natrij-hipoklorita u pročišćenu vodu. Dok spremnik NaClO je dimenzioniran da zadovolji potrebe za dezinfekcijom tijekom 15 dana kontinuiranog rada sustava. Dozažna crpka ubrizgava otopinu natrij-hipoklorita u pročišćenu vodu u cjevovodu prema spremniku za tehnološku vodu [13].

#### **5.3.3. Spremnik tehnološke vode**

Spremnik kapaciteta 25 m<sup>3</sup> služi za pohranu tehnološke vode nakon filtracije i dezinfekcije. Ova voda koristi se za pranje opreme kao što su grube i fine rešetke, klasifieri pijeska te jedinice za dehidraciju mulja [13].

#### **5.3.4. Hidroforska crpna stanica**

Opremljena s radnom i rezervnom crpkom ukupnog kapaciteta 20 m<sup>3</sup>/h i minimalnog tlaka od 6 bara. Ova crpna stanica osigurava potrebni tlak i protok za distribuciju tehničke vode prema potrebama korisnika. Sustav je opremljen frekventnim pretvaračem za učinkovito upravljanje potrošnjom vode i povezan je s centralnim nadzornim sustavom (NUS) za automatsko upravljanje i praćenje [13].



## **5.4. Tretman mulja**

Proces obrade viška biološkog mulja uključuje nekoliko ključnih koraka i sustava kako bi se osiguralo učinkovito upravljanje i smanjenje volumena mulja:

### **5.4.1. Bazen za aerobnu stabilizaciju mulja**

Bazen ima efektivnu zapreminu od 236 m<sup>3</sup> i dimenzije 8,30×5,05×6,0 m. Dimenzioniran je za maksimalni kapacitet u ljetnom periodu. Cijelom površinom dna bazena su raspoređeni difuzori koji osiguravaju distribuciju zraka potrebnog za aerobnu stabilizaciju mulja. Za aeraciju bazena koriste se puhalo zraka kapaciteta 230 m<sup>3</sup>/h u režimu rada 1+1. Puhala su smještena u zasebnom, zvučno izoliranom objektu zajedno s puhalima potrebnim za proces bioaeracije. Bazen je dimenzioniran tako da vrijeme zadržavanja mulja iznosi 17 dana tijekom ljetnog perioda, što omogućava potpunu stabilizaciju mulja. Dnevna količina viška mulja iznosi oko 13,1 m<sup>3</sup>/d u ljetnom periodu [13].

### **5.4.2. Uređaj za dehidraciju mulja**

Mulj se iz bazena za aerobnu stabilizaciju prebacuje potopljenim muljnim crpkama (režim rada 1+1) kapaciteta 1,2 m<sup>3</sup>/h. Uređaj za dehidraciju mulja ima isti kapacitet od 1,2 m<sup>3</sup>/h. Nakon kondicioniranja mulja dodavanjem polimera, mulj se dehidrira kako bi se odvojio od viška vode. Proces dehidracije rezultira čvrstom fazom s više od 23% suhe tvari. Voda koja se odvaja iz mulja vraća se u egalizacijski spremnik radi daljnje obrade. Dehidrirani mulj se odlaže u kontejnere zapremine 5 m<sup>3</sup> koji su postavljeni ispod uređaja za dehidraciju, spremni za daljnji transport [13].

### **5.4.3. Vremenski okviri i kapaciteti**

U ljetnom periodu, jedinica za dehidraciju mulja radi oko 11 sati dnevno, proizvodeći maksimalno 1,7 m<sup>3</sup>/d dehidriranog mulja. U zimskom periodu, vrijeme rada jedinice za dehidraciju je oko 2,5 sata dnevno, s dnevnom količinom dehidriranog mulja od 0,2 m<sup>3</sup>/d. Za odlaganje dehidriranog mulja predviđena su dva kontejnera zapremine 5 m<sup>3</sup> [13].

Ovaj sustav osigurava efikasnu obradu viška biološkog mulja s ciljem smanjenja volumena i pripreme mulja za daljnje upravljanje i odlaganje. Svi procesi su detaljno dimenzionirani i automatizirani kako bi se osigurala stabilnost i učinkovitost tijekom različitih sezona i uvjeta rada.

## **5.5. Doziranje kemikalija**

### **5.5.1. Jedinica za doziranje polimera**

Za doziranje polimera u postrojenju, koristi se potpuno automatizirani sustav koji je osmišljen za kontinuiranu pripremu i dodavanje polimera na dva ključna mjesta.

#### **5.5.1.1. Priprema polimera**

Polimer se skladišti u tekućem stanju u tanku kapaciteta 50 litara, koji sadrži 40% otopinu polimera. Automatski uređaj za pripremu i doziranje polimera razrjeđuje otopinu i miješa je kako bi se postigla potrebna koncentracija za aplikaciju. Pripremljena otopina polimera se koristi za doziranje na ulazu u Soliquator® i za kondicioniranje mulja prije ulaska u dehidrator [13].

#### **5.5.1.2. Doziranje polimera**

Za doziranje polimera u Soliquator® predviđena je dozažna crpka maksimalnog kapaciteta 6 l/h. Na uređaju za dehidraciju mulja, dozažna crpka koristi se za doziranje polimera kapaciteta 1 l/h. Oba mjesta doziranja polimera koriste istu jedinicu za pripremu i doziranje, što omogućuje jednostavno upravljanje i održavanje sustava [13].

Sustav je integriran s PLC-om koji automatski kontrolira količinu dodanog polimera na temelju potrebnih parametara i zahtjeva procesa. Ovaj pristup osigurava konzistentnu kvalitetu obrade mulja i optimalnu učinkovitost postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

### **5.5.2. Jedinica za doziranje natrij-hipoklorita**

Doziranje natrij-hipoklorita za potrebe dezinfekcije tehnološke vode u postrojenju vrši se pomoću sustava koji se sastoji od sljedećih elemenata opisanih u nastavku.

#### **5.5.2.1. Rezervoar sirovog 10% otopine natrij-hipoklorita**

Rezervoar ima kapacitet od 20 litara. Otopina natrij-hipoklorita u rezervoaru je pripravljena kao 10% otopina [13].

#### **5.5.2.2. Dozažna crpka**

Dozažna crpka ima nominalni kapacitet od 0,45 l/h. Maksimalni kapacitet dozažne crpke je 1 l/h [13].

### 5.5.2.3. Doziranje i prosječna doza natrij-hipoklorita

Prosječna doza natrij-hipoklorita koja se dodaje u tehnološku vodu iznosi 5 mg/l. Funkcioniranje sustava za doziranje natrij-hipoklorita je automatsko i kontrolira se pomoću PLC sustava, koji osigurava precizno doziranje otopine natrij-hipoklorita ovisno o zahtjevima procesa. Na temelju mjerenja rezidualnog klora u vodi, PLC regulira rad dozažne crpke kako bi se održala konstantna koncentracija dezinfekcijskog sredstva u tehnološkoj vodi. Ovaj sustav osigurava učinkovitu dezinfekciju tehnološke vode, čime se održava higijenska sigurnost opreme i procesa u postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda [13].

## 5.6. Praćenje procesnih parametara

Za nadzor kvalitete ulazne otpadne vode i tretiranog efluenta, planira se ugradnja automatske jedinice za uzorkovanje tretiranog otpadnog efluenta. Osim toga, planira se implementacija sustava za online praćenje ključnih parametara kvalitete ulazne otpadne vode i tretiranog efluenta. Ovi podaci, zajedno s rezultatima laboratorijskih analiza uzoraka, pružit će sveobuhvatan uvid u kvalitetu ulazne i tretirane otpadne vode te efikasnost procesne linije. Za potrebe mjerenja, analize, signalizacije određenih parametara te upravljanja tehnološkim procesom na postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV), planirana je instalacija odgovarajuće mjerne opreme [13].

Ulazna mjerenja i mehanička obrada otpadnih voda te funkcije koje se provode u egalizacijskom bazenu ključne su za učinkovito pročišćavanje otpadnih voda. U nastavku su opisane detaljne specifikacije za svaku od navedenih funkcija.

### 5.6.1. Ulazna mjerenja i mehanička obrada

Mjerenje protoka na ulazu

- Precizno mjerenje količine otpadne vode koja ulazi u postrojenje.
- Ključno je za kontrolu kapaciteta i učinkovitost procesa.

Mjerenje razine otpadne vode gruba rešetka

- Gruba rešetka se koristi za uklanjanje većih čvrstih čestica iz otpadne vode.
- Mjerenje razine pomaže u praćenju i reguliranju prolaska otpadne vode kroz ovaj dio sustava.

Mjerenje razine otpadne vode (kompaktni uređaj)

- Kompaktni uređaji dalje filtriraju otpadne vode, uklanjajući manje čestice i otpad.
- Mjerenje razine pomaže u praćenju i upravljanju ovim procesom.

Automatski uzorkivač na ulazu (prije pjeskolova – mastolova)

- Ova jedinica automatski uzorkuje otpadnu vodu prije nego što uđe u pjeskolov ili mastolov, omogućujući sustavno praćenje karakteristika otpadne vode u ključnom koraku mehaničke obrade.

Mjerenje pH/T na ulazu

- Mjerenje pH vrijednosti i temperature otpadne vode na ulazu je važno za osiguranje optimalnih uvjeta za biološku i kemijsku obradu.

Mjerenje vodljivosti

- Mjerenje vodljivosti pruža informacije o sadržaju otopljenih soli u otpadnoj vodi, što je ključno za kontrolu koncentracije soli i drugih tvari koje mogu utjecati na procese obrade [13].

### **5.6.2. Egalizacijski bazen**

Mjerenje razine bazena

- Praćenje razine vode u egalizacijskom bazenu osigurava stabilne uvjete prije daljnje obrade.
- Ovo mjerenje pomaže u automatskom upravljanju punjenjem i pražnjenjem bazena.

Plovne sklopke visoke i niske razine

- Plovne sklopke se koriste za automatsko reguliranje razine vode u bazenu.
- Visoka plovna sklopka aktivira punjenje, dok niska plovna sklopka aktivira pražnjenje, osiguravajući da se održava optimalna razina vode u bazenu [13].

### **5.6.3. Bioeracijski bazen**

Mjerenje razine bazena

- Praćenje razine vode u bioeracijskom bazenu (Slika 33.) radi automatskog upravljanja punjenjem i pražnjenjem.

Plovne sklopke visoke i niske razine

- Osiguravaju automatsko upravljanje razinom vode u bazenu.

Mjerenje koncentracije otopljenog kisika ( $O_2/T$ )

- Važno za nadzor aerobnih uvjeta potrebnih za biološku obradu otpadnih voda.

Mjerenje suspendirane tvari (senzori TTS)

- Praćenje koncentracije suspendiranih tvari u vodi, što pomaže u procjeni stupnja onečišćenja [13].



Slika 33. Bioreakcijskih bazen napunjen vodom

#### 5.6.4. Izlazni mjerni kanal

Mjerenje protoka na izlazu (tip Venturi)

- Precizno mjerenje protoka otpadne vode na izlazu iz postrojenja.

Mjerenje pH/T na izlazu

- Kontrola pH vrijednosti i temperature otpadne vode prije ispuštanja.

Automatski uzorkivač na izlazu

- Uzorkovanje tretirane otpadne vode za laboratorijsku analizu i kontrolu kvalitete.

Mjerenje suspendirane tvari (senzori TTS)

- Nadzor koncentracije suspendiranih tvari u tretiranom efluentu.

Sonda za mjerenje koncentracije KPK sa UV apsorpcijskom sondom

- Mjerenje koncentracije kemijske potrošnje kisika (KPK), što je važno za procjenu opterećenja organskim tvarima [13].

### **5.6.5. Spremnik i crpna stanica pročišćene tehnološke vode**

Mjerenje razine

- Praćenje razine tehnološke vode u spremniku radi optimalnog upravljanja kapacitetom.

Plovne sklopke visoke i niske razine

- Automatsko upravljanje razinom vode u spremniku tehnološke vode.

Mjerenje protoka na izlazu iz crpne stanice

- Precizno mjerenje protoka tehnološke vode koja se distribuira dalje.

Ostala mjerna oprema potrebna za automatski rad crpki (npr. mjerenje tlaka)

- Kontrola tlaka u crpnoj stanici radi osiguranja stabilnog rada crpki [13].

### **5.6.6. Stanica puhala**

Mjerenje tlaka

- Nadzor tlaka u prostoru s puhalima radi osiguranja sigurnog i učinkovitog rada [13].

### **5.6.7. Obrada zraka**

Mjerenje koncentracije H<sub>2</sub>S na ulazu i izlazu

- Praćenje koncentracije sumporovodika u zraku, što je važno zbog potencijalne toksičnosti.

Mjerenje koncentracije NH<sub>3</sub> na ulazu i izlazu

- Kontrola koncentracije amonijaka u zraku, što je važno zbog potencijalnog utjecaja na okoliš i sigurnost [13].

### **5.6.8. Aerobna stabilizacija mulja**

Mjerenje koncentracije otopljenog kisika (O<sub>2</sub>/T)

- Nadzor koncentracije kisika u bazenu za aerobnu stabilizaciju mulja radi podrške biološkom procesu.

Mjerenje protoka

- Mjerenje protoka u sustavu za aerobnu stabilizaciju mulja radi kontroliranja procesa.

Mjerenje razine

- Praćenje razine mulja u bazenu radi optimalnog upravljanja kapacitetom.

Mjerač protoka doziranja polimera

- Precizno mjerenje protoka polimera dodanog u proces stabilizacije mulja [13].

### 5.6.9. Dehidracija mulja

Mjerenje protoka dehidracije mulja

- Kontrola protoka tijekom procesa dehidracije mulja radi postizanja optimalne učinkovitosti.

Mjerenje temperature - crpka mulja

- Praćenje temperature crpke mulja radi osiguranja sigurnog rada i sprečavanja pregrijavanja.

Mjerenje tlaka - crpka mulja

- Kontrola tlaka u crpki mulja radi osiguranja stabilnog rada i sprječavanja mogućih problema s cjevovodima [13].

### 5.6.10. Predviđena infrastruktura

Izgrađena vodovodna mreža za UPOV osigurava pitku vodu i podržava tehnološke procese, poput pripreme kemikalija. Građevina UPOV-a je priključena na javnu vodovodnu mrežu do granice parcele, osiguravajući kontinuiranu opskrbu vodom.

Za zaštitu od požara unutar parcele, planirana je vanjska i unutarnja hidrantska mreža. Unutar kruga parcele, postaviti će se jedan nadzemni hidrant s kapacitetom od 600 l/min. Hidrantski ormarići bit će smješteni u prostoriji za mehanički predtretman, opremljeni sustavom za gašenje, pružajući potrebnu sigurnost i za pranje prostorija. Tehnološka (servisna) voda, koja se koristi za ispiranje rešetki, pranje centrifuga i drugih postupaka, proizlazi iz tretiranog efluenta. Prije upotrebe, efluent prolazi kroz mikrofilter te se dezinficira natrij-hipokloritom. Voda se podiže hidroforskom stanicom na potreban tlak i dalje distribuira u mrežu tehničke vode. Interna fekalna kanalizacija iz nadzorne zgrade bit će spojena na ulazni dio UPOV-a, posebno na ulaz u građevinu za mehanički predtretman otpadnih voda. Oborinska kanalizacija obuhvaća odvodnju oborinskih voda s krovova i prometnih površina. Vode s krovova se odvede u upojnu građevinu s retencijom, dok se oborinske vode s prometnih površina sakupljaju putem slivnika s taložnicom za pijesak te zajedno odvede u upojni bunar. Za pristup i manipulaciju unutar UPOV-a izvest će se asfaltirani pristupni put dužine 225 m, širine voznog traka od 2×2,50 m te bankina od 2×0,50 m. Manipulativna površina u zoni uređaja bit će asfaltirana kolnikom širine 6,0 m (2×3,0 m), s dodatnim proširenjima u blizini uređaja i objekata, Slika 34. [13].



Slika 34. Prikaz pristupne ceste prema UPOV-u Klimno – Šilo [15]



## 6. TRENUTNO STANJE PROJEKTA

Svi uređaji za pročišćavanje otpadnih voda su izgrađeni i pušteni u probni rad (Slika 35.). Probni rad traje godinu dana, tijekom kojeg se svaki mjesec dokazuju procesni parametri. Ti parametri uključuju:

### Pokusni rad linije vode

- Provjera funkcioniranja sustava za obradu vode, osiguravajući da voda postigne tražene standarde čistoće.

### Pokusni rad linije mulja

- Evaluacija učinkovitosti sustava za obradu mulja, kako bi se osigurala njegova pravilna obrada i zbrinjavanje.

### Pokusni rad kompostane

- Testiranje rada kompostane, koja pretvara biorazgradivi otpad u kompost, kako bi se osiguralo da proces radi učinkovito i u skladu s propisima.

### Dokazivanje sukladnosti zahtjeva za buku

- Mjerenje razine buke kako bi se osiguralo da ne prelazi zakonski dopuštene granice.

### Dokazivanje sukladnosti zahtjeva kakvoće zraka

- Kontrola emisija i kvalitete zraka kako bi se potvrdilo da postrojenje ne zagađuje okolinu.

### Ispitivanje i uzorkovanje vode

- Redovito uzimanje uzoraka vode i njihova analiza kako bi se potvrdila učinkovitost pročišćavanja.

Geodeti prate slijeganja građevina na području UPOV-a zbog jednog od temeljnih zahtjeva građevina – mehaničke otpornosti i stabilnosti. Ovi nadzori osiguravaju da se građevine ne pomiču ili deformiraju na način koji bi mogao ugroziti njihov integritet i sigurnost.



Slika 35. UPOV Klimno – Šilo [15]

## 7. ZAKLJUČAK

Projekt gospodarenja otpadom i kontrolom otpadnih voda na otoku Krku predstavlja značajan korak u prilagodbi infrastrukture otoka sve većim izazovima koje donosi rast turizma, poslovanja i naseljenosti. Ključni fokus projekta je modernizacija sustava za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV-a) kako bi se odgovorilo na povećane količine otpadnih voda koje nastaju uslijed intenzivnog turizma i razvoja građevinskih projekata.

Dosadašnji UPOV-i na otoku Krku više ne mogu zadovoljiti kapacitete za obradu otpadnih voda, što dovodi do potrebe za njihovom rekonstrukcijom, nadogradnjom ili čak izgradnjom novih. U sklopu projekta, planirana je primjena tehnologije koja će omogućiti učinkovitije pročišćavanje otpadnih voda prema europskim standardima. Osim toga, projekt uključuje izgradnju novih mreža odvodnje i rekonstrukciju postojećih, što će osigurati bolje upravljanje vodama na otoku i smanjiti rizike od onečišćenja okoliša. Obnova mjesne vodoopskrbne mreže također je dio plana, čime će se osigurati stabilna opskrba pitkom vodom za lokalno stanovništvo i turiste.

Važno je istaknuti da je ovaj projekt financiran sredstvima Europske unije kroz program "Koherentnost i koheziju 2014.-2020.". Ukupan iznos ulaganja iznosi 84.762.302,87 milijuna eura, od čega su 48.993.119,64 milijuna eura bespovratna sredstva EU-a. Preostali dio sufinanciraju Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Hrvatske vode, lokalne jedinice samouprave otoka Krka te Ponikve voda d.o.o.

Očekuje se da će implementacija ovog projekta značajno poboljšati kvalitetu života na otoku Krku, potaknuti daljnji razvoj turizma i pridonijeti očuvanju ekološke ravnoteže u regiji. Integracija modernih tehnologija za gospodarenje otpadom bit će ključna za održivi razvoj otoka u godinama koje dolaze.

## LITERATURA

- [1] Europska agencija za okoliš, <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/eea-signali-2018-voda-je-zivot/clanci/uvodni-clanak-2013-cista-voda>, pristup 20.05.2024.
- [2] Strukturalni fondovi, <https://strukturnifondovi.hr/eu-fondovi/esi-fondovi-2014-2020/op-konkurentnost-i-kohezija/>, pristup 20.05.2024.
- [3] Hrvatske vode, <https://www.voda.hr/hr/eu/krk>, pristup 21.05.2024.
- [4] Dokumentacija o nabavi „Sustav prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na otoku Krku“ Knjiga 3 – Zahtjevi naručitelja, listopad 2019.
- [5] Tušek B., Pročišćavanje otpadnih voda, Zagreb 2009.
- [6] Briški F., Zaštita okoliša, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Element, Zagreb 2016.
- [7] Tehnix, [https://tehnix.hr/wp-content/uploads/2024/03/VODE\\_3.2024\\_web.pdf](https://tehnix.hr/wp-content/uploads/2024/03/VODE_3.2024_web.pdf), pristup 21.05.2024.
- [8] Ponikve voda, <http://www.ponikve.hr/razvojni-projekti>, pristup 23.05.2024.
- [9] Zakon o vodnim uslugama, <https://www.zakon.hr/z/2105/Zakon-o-vodnim-uslugama>, pristup 25.05.2024.
- [10] Interni podaci Ponikva Voda d.o.o., pristup 03.06.2024.
- [11] Glas koncila, <https://www.glas-koncila.hr/reakcija-koja-nazalost-iznenaduje-problem-otpadnih-voda-je-nerjesiv/>, pristup 28.05.2024.
- [12] Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti javne odvodnje, <http://www.propisi.hr/print.php?id=3957->, pristup 02.06.2024.
- [13] Flum – ing d.o.o., Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda UPOV Čižići – Soline – Klimno – Šilo, Glavni projekt, Glavni projekt, FL 181221/GP-G1
- [14] Časopis Bodulija, <https://bodulija.net/foto-tisuce-kilometara-novih-cjevovoda-nove-crpne-stanice-i-kolektori-u-tijeku-je-ogroman-projekt-zbrinjavanja-otpadnih-voda/>, pristup 28.05.2024.
- [15] Verena Sečenj Pinek, autor slika

PRILOG 1

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKEBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.14.
Općina Omišalj	3.098
Općina Malinska-Dubašnica	5.709
Grad Krk	4.679
Općina Punat	2.150
Općina Vrbnik	1.089
Općina Dobrinj	3.103
Općina Baška	2.879
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>22.707</b>

PRILOG 2

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKEBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.15.
Općina Omišalj	3.146
Općina Malinska-Dubašnica	5.858
Grad Krk	4.872
Općina Punat	2.186
Općina Vrbnik	1.114
Općina Dobrinj	3.302
Općina Baška	2.903
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>23.381</b>

PRILOG 3

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKEBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.16.
Općina Omišalj	3.206
Općina Malinska-Dubašnica	6.031
Grad Krk	5.052
Općina Punat	2.231
Općina Vrbnik	1.142
Općina Dobrinj	3.444
Općina Baška	2.971
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>24.077</b>

PRILOG 4

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKEBE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.17.
Općina Omišalj	3.275
Općina Malinska-Dubašnica	6.151
Grad Krk	5.241
Općina Punat	2.265
Općina Vrbnik	1.166
Općina Dobrinj	3.604
Općina Baška	3.022
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>24.724</b>

PRILOG 5

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.18.
Općina Omišalj	3.338
Općina Malinska-Dubašnica	6.303
Grad Krk	5.396
Općina Punat	2.323
Općina Vrbnik	1.228
Općina Dobrinj	3.780
Općina Baška	3.065
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>25.433</b>

PRILOG 6

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.19.
Općina Omišalj	3.405
Općina Malinska-Dubašnica	6.428
Grad Krk	5.560
Općina Punat	2.342
Općina Vrbnik	1.262
Općina Dobrinj	3.902
Općina Baška	3.102
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>26.001</b>

PRILOG 7

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.20.
Općina Omišalj	3.454
Općina Malinska-Dubašnica	6.573
Grad Krk	5.707
Općina Punat	2.366
Općina Vrbnik	1.301
Općina Dobrinj	4.077
Općina Baška	3.132
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>26.610</b>

PRILOG 8

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE	
Općina/Grad	ukupno
	31.12.21.
Općina Omišalj	3.510
Općina Malinska-Dubašnica	6.684
Grad Krk	5.857
Općina Punat	2.387
Općina Vrbnik	1.338
Općina Dobrinj	4.175
Općina Baška	3.154
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>27.105</b>

PRILOG 9

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.22.
Općina Omišalj	3.576
Općina Malinska-Dubašnica	6.847
Grad Krk	6.002
Općina Punat	2.411
Općina Vrbnik	1.368
Općina Dobrinj	4.319
Općina Baška	3.175
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>27.698</b>

PRILOG 10

BROJ KORISNIKA JAVNE VODOOPSKRBE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.23.
Općina Omišalj	3.685
Općina Malinska-Dubašnica	7.089
Grad Krk	6.270
Općina Punat	2.474
Općina Vrbnik	1.451
Općina Dobrinj	4.501
Općina Baška	3.271
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>28.741</b>

PRILOG 11

BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.14.
Općina Omišalj	1.688
Općina Malinska-Dubašnica	2.419
Grad Krk	1.747
Općina Punat	1.094
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	134
Općina Baška	2.351
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>9.433</b>

PRILOG 12

BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.15.
Općina Omišalj	1.717
Općina Malinska-Dubašnica	2.574
Grad Krk	1.822
Općina Punat	1.119
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	138
Općina Baška	2.384
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>9.754</b>



PRILOG 13

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.16.
Općina Omišalj	<b>1.811</b>
Općina Malinska-Dubašnica	<b>2.876</b>
Grad Krk	<b>2.092</b>
Općina Punat	<b>1.154</b>
Općina Vrbnik	<b>0</b>
Općina Dobrinj	<b>139</b>
Općina Baška	<b>2.448</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>10.520</b>

PRILOG 14

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.17.
Općina Omišalj	1874
Općina Malinska-Dubašnica	3049
Grad Krk	2157
Općina Punat	1174
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	142
Općina Baška	2504
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>10.900</b>

PRILOG 15

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.18.
Općina Omišalj	<b>1.915</b>
Općina Malinska-Dubašnica	<b>3.164</b>
Grad Krk	<b>2.191</b>
Općina Punat	<b>1.219</b>
Općina Vrbnik	<b>0</b>
Općina Dobrinj	<b>144</b>
Općina Baška	<b>2.550</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>11.183</b>

PRILOG 16

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.19.
Općina Omišalj	2.024
Općina Malinska-Dubašnica	3.275
Grad Krk	2.282
Općina Punat	1.279
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	148
Općina Baška	2.630
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>11.638</b>

PRILOG 17

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.20.
Općina Omišalj	2.501
Općina Malinska-Dubašnica	3.585
Grad Krk	2.665
Općina Punat	1.524
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	161
Općina Baška	2.775
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>13.211</b>

PRILOG 18

<b>BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE</b>	
Općina/Grad	Ukupno
	31.12.21.
Općina Omišalj	2.681
Općina Malinska-Dubašnica	4.218
Grad Krk	3.410
Općina Punat	1.755
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	656
Općina Baška	2.862
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>15.582</b>

PRILOG 19

**BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE**

Općina/Grad	Ukupno
	31.12.22.
Općina Omišalj	3.176
Općina Malinska-Dubašnica	5.384
Grad Krk	3.750
Općina Punat	1.847
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	2.575
Općina Baška	2.934
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>19.666</b>

PRILOG 20

**BROJ KORISNIKA JAVNE ODVODNJE**

Općina/Grad	Ukupno
	31.12.23.
Općina Omišalj	3.234
Općina Malinska-Dubašnica	5.514
Grad Krk	3.916
Općina Punat	1.881
Općina Vrbnik	0
Općina Dobrinj	2.502
Općina Baška	2.981
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>20.028</b>

Verena Sečenj Pinek, Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka,  
Diplomski rad, 2024. godina

PRILOG 21

PODJELA PO VRSTI VODA IZGRADENOG U 2014.GODINI	U 2015. GODINI	U 2016. GODINI	U 2017. GODINI	U 2018. GODINI	U 2019. GODINI	U 2020. GODINI	U 2021. GODINI	U 2022. GODINI	
GLAVNI VOD	7.577,21	2.936,00	4.592,84	2.907,76	1.505,89	5.186,48	2.384,41	3.625,47	0,00
TRANSPORTNI VOD	5.487,84	2.186,00	32,77	887,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SEKUNDARNI VOD	497,84	180,00	98,08	168,91	88,83	77,43	89,73	37,80	0,00
PRIMARNI VOD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

PRILOG 22

	km
Dužina mreže	R.J Voda
2014.	516
2015.	521
2016.	527
2017.	531
2018.	533
2019.	539
2020.	542
2021.	546
2022.	550
2023.	555

PRILOG 23

	km
Dužina mreže	RJ Odvodnja
1994.	10
1995.	14
1996.	19
1997.	24
1998.	32
1999.	35
2000.	38
2001.	40
2002.	44
2003.	47
2004.	52
2005.	59
2006.	66
2007.	74
2008.	80
2009.	88
2010.	89
2011.	94
2012.	98
2013.	109
2014.	115
2015.	119
2016.	121
2017.	125
2018.	160
2019.	188
2020.	213
2021.	218
2022.	221
2023.	223

PRILOG 24

Broj priključaka	Vodovod
1984.	6.869
1985.	7.063
1990.	8.111
1991.	8.217
1992.	8.300
1993.	8.435
1994.	8.569
1995.	8.647
1996.	9.142
1997.	9.584
1998.	10.187
1999.	10.695
2000.	11.054
2001.	11.947
2002.	13.054
2003.	14.358
2004.	15.074
2005.	15.740
2006.	16.940
2007.	17.291
2008.	17.848
2009.	18.359
2010.	18.836
2011.	19.892
2012.	20.450
2013.	21.752
2014.	22.707
2015.	23.445
2016.	24.077
2017.	24.724
2018.	25.433
2019.	26.001
2020.	26.610
2021.	27.105
2022.	27.698
2023.	28.741

PRILOG 25

Broj priključaka	Odvodnja
1995.	1.308
1996.	1.504
1997.	1.513
1998.	1538
1999.	1.573
2000.	2.070
2001.	2.570
2002.	3.125
2003.	3.908
2004.	4.554
2005.	4.875
2006.	5.097
2007.	5.565
2008.	6.319
2009.	6.980
2010.	7.439
2011.	8.287
2012.	8.643
2013.	9.044
2014.	9.433
2015.	9.754
2016.	10.520
2017.	10.900
2018.	11.183
2019.	11.638
2020.	13.211
2021.	15.582
2022.	19.666
2023.	20.028