

OTPADNE VODE GRADA BJELOVARA

Pleško, Davorka

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:321651>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Davorka Pleško

OTPADNE VODE GRADA BJELOVARA

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

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

Davorka Pleško

WASTEWATER OF THE CITY OF BJELOVAR

Final paper

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Davorka Pleško

OTPADNE VODE GRADA BJELOVARA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming, pred.

Karlovac, 2022.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu, Karlovac, 2022. godine

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Davorka Pleško

Matični broj: 0422420007

Naslov: Otpadne vode Grada Bjelovara

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je opisati problematiku otpadnih voda, objasniti karakteristike otpadnih voda, sustava za odvodnju otpadnih voda, kao i načine i postupke pročišćavanja otpadnih voda. U radu će biti prikazana i zakonska regulativa odnosno dijelovi iz Zakona o vodama (NN 66/19, 84/21) koji se odnose na ispuštanje otpadnih voda, uzorkovanje i ispitivanje otpadnih voda i granične vrijednosti emisija propisane ovim zakonom i Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020). Bit će navedene i mjere sigurnosti i zaštite pri radu na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Također će biti opisan sustav javne odvodnje Grada Bjelovara, kao i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, te rezultati analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje otpadne vode Grada Bjelovara za 2021. godinu.

Zadatak zadan:

Rok predaje:

Predviđeni datum obrane:

Veljača 2022.

Rujan 2022.

12. rujna 2022.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming, pred.

Dr.sc. Zvonimir Matusinović, v.pred.

PREDGOVOR

Ovaj rad nastao je iz potrebe pisanja završnog rada za Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite na Veleučilištu u Karlovcu.

Zahvaljujem se mentorici Lidiji Jakšić, pred. na ukazanom povjerenju, pomoći i savjetima prilikom izrade rada, kao i svim nastavnicima na prenesenom znanju tijekom studiranja.

Želim se zahvaliti roditeljima, Brankici i Davorinu, što su mi omogućili studiranje na Veleučilištu i bezbrižne studentske dane, pružili podršku, vjerovali u mene i veselili se svakom položenom ispitu.

Veliko hvala kolegicama na nezaboravnim danima provedenim u studentskom domu, hvala dečku Luki na potpori, razumijevanju i velikoj vjeri u mene u svim trenucima studiranja. Zahvalna sam svima koji su mi na bilo koji način uljepšali i olakšali studentske dane.

SAŽETAK

U radu su prikazani važni pojmovi vezani uz otpadne vode i sustav odvodnje otpadnih voda, kao i načini i postupci pročišćavanja, ali i zakonska regulativa povezana s ovom tematikom. Također su prikazane i mjere sigurnosti i zaštite na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Opisan je i sustav javne odvodnje na primjeru Grada Bjelovara, kao i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, te rezultati analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje otpadne vode Grada Bjelovara za 2021. godinu.

Ključne riječi: Otpadne vode, sustav odvodnje, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, pročišćavanje otpadnih voda

ABSTRACT

This final paper presents important terms related to wastewater and the wastewater drainage system, as well as methods and procedures of purification, as well as legal regulations related to this topic. Safety and protection measures on waste water treatment devices are also described. The public drainage system based on the example of the City of Bjelovar, as well as the waste water treatment device, and the results of the wastewater analysis at the entrance and exit of the City of Bjelovar waste water treatment device for the year 2021 are described.

Key words: Waste water, drainage system, waste water treatment device, waste water treatment

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
2. PODJELA VODA I IZVORI ONEČIŠĆENJA	2
3. OTPADNE VODE.....	3
4. KARAKTERISTIKE OTPADNIH VODA	5
4.1. Karakteristike kućanskih otpadnih voda.....	5
4.2. Karakteristike industrijskih otpadnih voda.....	6
4.3. Karakteristike oborinskih otpadnih voda.....	7
4.4. Karakteristike poljoprivrednih otpadnih voda	8
5. SUSTAVI ZA ODVODNJU OTPADNIH VODA.....	9
6. POSTUPCI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA	10
6.1. Nepovoljni utjecaji ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda	11
7. ZAKONSKA REGULATIVA.....	13
7.1. Ispuštanja otpadnih voda	13
7.2. Uzorkovanje i ispitivanje otpadnih voda	14
7.3. Granične vrijednosti emisija.....	15
8. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE PRI RADU SA UREĐAJIMA ZA PRO.....	18
9. OTPADNE VODE - AGLOMERACIJA BJELOVAR	19
9.1. Povijest odvodnje	19
9.2. Sustav javne odvodnje	20
9.3. Pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Bjelovar.....	21
9.4. Način rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.....	22
9.5. Laboratorijske analize.....	25
10. ZAKLJUČAK	30
11. LITERATURA.....	31
12. PRILOZI.....	33
12.1. Popis slika	33
12.2. Popis tablica	33

1. UVOD

Voda je izvor života na Zemlji i neophodna je za opstanak čovječanstva. Zauzima gotovo 70% površine naše planete Zemlje i najzastupljenija je tvar u ljudskom organizmu [1]. Voda je nužna i najvažnija stvar za život svih živih organizama. Svojim djelovanjem čovjek sve više ugrožava ovaj nezamjenjivi prirodni resurs. Brzina razvoja industrijskih i tehnoloških pogona i procesa sa sobom donosi brojne ekološke probleme, a jedan od njih je velika količina otpadnih voda. Ovisno o količini i vrsti onečišćivača koji se nalaze u otpadnoj vodi, biološka ravnoteža ekosustava može biti uvelike narušena, a u opasnost se dovode rijeke, mora, jezera, izvori pitke vode i čitav okoliš. Voda je često zagađena kemikalijama, pesticidima, nitritima, teškim metalima, naftom i naftnim nusproduktima, spojevima nastalim na bazi klora i drugim otrovnim elementima. Zagađivanje izvora pitke vode otpadnim vodama dovodi do problema kvalitete života i zdravlja stanovništva. Kako bi se u prirodne vodotoke pustile u što čistijem stanju, otpadne vode potrebno je prikupiti i obraditi odnosno pročišćiti prije ispuštanja u prijemnike [2]. Obrada vode postiže se različitim tehnikama i uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Svaki stupanj obrade otpadne vode ima svoj značaj i važnost za očuvanje okoliša i ekosustava.

Rad sadrži osam glavnih poglavlja: podjela vode, skupine i karakteristike otpadnih voda, sustavi za odvodnju otpadnih voda kao i način i vrste pročišćavanja. U radu će biti prikazana i zakonska regulativa odnosno dijelovi iz Zakona o vodama (NN 66/19, 84/21) koji se odnose na ispuštanje otpadnih voda, uzorkovanje i ispitivanje otpadnih voda i granične vrijednosti emisija propisane ovim zakonom i Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020). Navedene su i mjere sigurnosti i zaštite pri radu s uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. U istraživačkom dijelu rada opisan je sustav javne odvodnje aglomeracije Bjelovar, kao i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, te laboratorijska analiza otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje otpadne vode aglomeracije Bjelovar za 2021. godinu. Na kraju rada nalazi se zaključak u kojem se iznosi osvrt na cjelokupni rad.

2. PODJELA VODA I IZVORI ONEČIŠĆENJA

Prema nastanku i mjestu gdje se nalaze na Zemlji, vode možemo podijeliti na atmosferske, površinske i podzemne vode [1]. Najzastupljeniji izvori zagađenja voda na planeti Zemlji su: industrijska postrojenja zbog ispuštanja štetnih tvari i plinova koji odlaze u atmosferu te se putem oborina vraćaju na zemlju, zatim divlja odlagališta otpada te poljoprivreda zbog prekomjerne upotrebe pesticida [2].

Atmosferske ili oborinske vode nastaju u atmosferi i dio su hidrološkog ciklusa. Oborine nastaju kondenzacijom vodene pare u zraku koje iz oblaka padaju na tlo u tekućem (kiša, rosulja) ili u krutom stanju (snijeg, tuča), no mogu nastati i u tlu kroz mraz, inje ili rosu. Na pojavu oborina utječu i: tlak zraka, temperatura zraka, vlažnost zraka, gustoća i cirkulacija zraka. Oborine se smatraju nečistom vodom jer se prilikom prolaska iz atmosfere na tlo pomiješaju sa plinovima, krutim česticama, bakterijama, aerosolima i sl. [1].

Površinske otpadne vode nastaju od oborina koje su pale na tlo, a nisu se isparile niti su se filtrirale u tlo. Površinske vode uz pomoć klimatskih i slivnih značajki područja otječu u potoke, rijeke, jezera i more. Razlikujemo tekuće (potoci, rijeke, izvori, bujice itd.) i stajaće vode (lokve, močvare, ribnjake, umjetne akumulacije, retencije i jezera) [1]. Površinske vode mogu biti zagađene zbog utjecaja raznih industrijskih postrojenja, zbog pesticida koji se koriste u poljoprivredi, zbog loše izvedenog ili ne postojećeg sustava kanalizacije, kao i zbog ne adekvatno zbrinutog otpada na divljim odlagalištima.

Podzemne vode nalaze se ispod površine tla i većinom nastaju od oborina koje se kroz površinski sloj infiltriraju u tlo. Primarni zagađivači kako površinskih, tako i podzemnih voda su industrijska postrojenja, pesticidi, sustav kanalizacija te divlja i urbana odlagališta otpada. Od iznimne je važnosti odgovorno i pametno postupati prema podzemnim vodama jer se negativni učinci zagađenja ne mogu uočiti odmah, već tek nakon izvjesnog vremena [3].

3. OTPADNE VODE

Onečišćenjem vode nazivamo svaku fizikalnu, kemijsku ili biološku promjenu kakvoće vode koja štetno djeluje na žive organizme ili vodu čini neupotrebljivom za određenu namjenu. Vode se mogu onečistiti na razne načine, odnosno onečišćivači mogu biti iz više različitih izvora i narušiti biološko-ekološku ravnotežu vodenog sustava. Onečišćivači se u vodi pojavljuju kao:

- 1) Netopive tvari – mogu se izdvojiti fizički (pijesak, oksidi, talog i sl.),
- 2) Topive tvari – ne mogu se izdvojati fizički (boje, deterdženti),
- 3) Organske tvari – ugljikohidrati, bjelančevine, masti,
- 4) Otrovne tvari – teški metali (živa, olovo, bakar, kadmij, cink itd.),
- 5) Radioaktivne tvari,
- 6) Mikroorganizmi,
- 7) Toplinsko onečišćenje [4].

Vrste onečišćenja voda i štetne posljedice koje donose sa sobom prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Vrste onečišćenja voda [2]

VRSTE ONEČIŠĆENJA VODA	ŠTETNE POSLJEDICE
Krupni kruti materijal: papir, tkanine, plastika	Loše estetsko stanje okoliša, opasnost za zdravlje ljudi i životinja
Organske tvari: otpaci hrane, fekalne tvari, industrijske otpadne vode	Zbog prisutnosti bakterija smanjuje se količina otopljenog kisika u vodi te se javlja pomor riba i drugih organizama
Ulja i masti	Na površini vode formira se opasan, tanak i nepropusni sloj koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere
Dušik i fosfor	Djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi i ostalog vodenog bilja
Bakterije i virusi	Onečišćenje voda koje se koriste za natapanje poljoprivrednih kultura
Toksične tvari iz industrijskih otpadnih voda	Oštećenje flore i faune, akumulacije štetnih tvari u mesu riba i školjkaša, štetno djelovanje na zdravlje ljudi

Upotrijebljena voda iz raznih vodoopskrbnih sustava za određene namjene koja je promijenila svoja prvobitna fizikalna, kemijska i biološka svojstva naziva se otpadna voda.

Otpadne vode možemo svrstati u tri glavne skupine:

- 1) Kućanske otpadne vode
- 2) Industrijske otpadne vode
- 3) Oborinske otpadne vode

Zbog oblika u kojima se mogu pojaviti, ponekad se zasebno mogu razmatrati i poljoprivredne otpadne vode [4].

Sve vode koje su iskorištene za određenu namjenu potrebno je adekvatno prikupiti i obraditi te ispustiti u prijemnike bez štetnih posljedica za okoliš i prirodni hidrološki ciklus. Prijemnici mogu biti prirodni: rijeke, jezera, mora, no ponekad se obrađena otpadna voda odmah ponovo koristi za prvobitnu svrhu ili neke druge procese [4, 5].

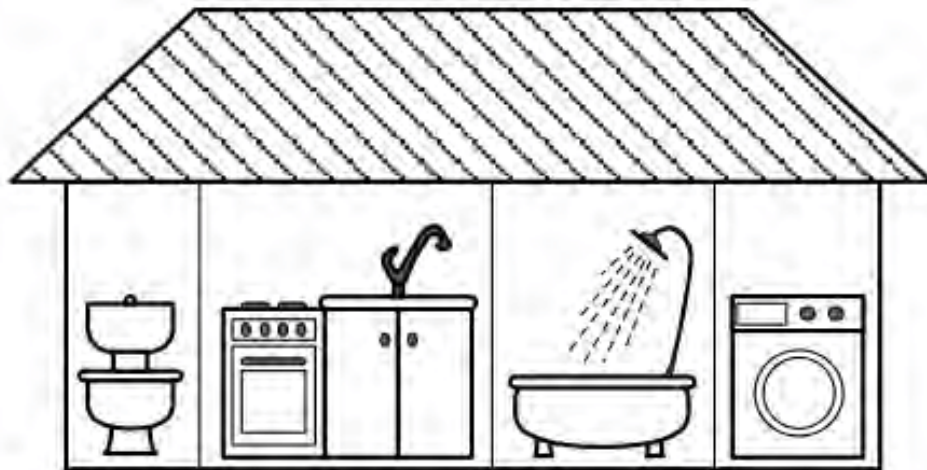
4. KARAKTERISTIKE OTPADNIH VODA

Karakteristike otpadnih voda možemo podijeliti na: fizikalne, kemijske i biokemijske. Karakteristike ovise o brojnim faktorima, a neki od njih su potrošnja vode po osobi u kućanstvu, geografski i topografski uvjeti kanalizacijskog sustava, tipovima industrijskih otpadnih voda i ostalih voda (oborinske, podzemne, drenažne) koje ulaze u kanalizacijski sustav.

Fizikalne karakteristike otpadnih voda koje utječu na hidrauličko konstruiranje cjevovoda su vrlo slične karakteristikama pitke vode. Međutim, agresivnost (korozivnost) takvih voda može bitno odstupati od obične vode. Može doći i do intenzivnog obraštanja stjenki mikroorganizmima, čiji produkti mogu biti korozivni po stjenke sustava, stvaranja anaerobnih uvjeta u sustavu, što pogoduje razvijanju drugih agresivnih tvari, npr. H₂S hidrogen sulfid-sumporovodik, koji je korozivan i na cementnim i metalnim površinama. U kanalizacijski sustav mogu dospjeti i jako lužnate ili jako kisele supstance i također pokrenuti ili ubrzati korozijske procese. Otpadne vode imaju u prosjeku i povišenu temperaturu, tako da se i na taj način ubrzavaju kemijski procesi korozije materijala [4].

4.1. Karakteristike kućanskih otpadnih voda

Kućanske otpadne vode nastaju upotrebom vode za kućanske potrebe, javne prostore i manje industrijske pogone. One služe za vodoopskrbu stanovništva i za zadovoljavanje životnih funkcija i sanitarnih potreba. To su otpadne vode nastale upotrebom sanitarnih čvorova, kuhinja, raznih praonica i sl. u kućanstvu, hotelima, restoranima, trgovačkim centrima itd. (Slika 1.). Pretežno sadrže biorazgradive tvari: proteine, ugljikohidrate i masti. Također sadrže i mikroorganizme i suspendirane tvari, stoga su najvažniji pokazatelji sastava kućanskih otpadnih voda: sadržaj organskih tvari, količina suspendiranih tvari, ukupni dušik i fosfor, te broj patogenih organizama. Količina tih tvari u kućanskoj otpadnoj vodi ovisi o brojnim parametrima, a neki od njih su: kulturne značajke stanovništva, klimatski uvjeti, ekonomska razvijenost društva i sl. [4].



Slika 1. Izvori kućanskih otpadnih voda [6]

4.2. Karakteristike industrijskih otpadnih voda

Industrijske otpadne vode nastaju prilikom upotrebe vode kod tehnoloških procesa u tvornici i specifične su za svaki pojedini proizvodni proces (Slika 2.). Karakteristike industrijske otpadne vode ovise o tehnološkom procesu, odnosno tehnološkom postupku pretvorbe energije (termoelektrane, hidroelektrane, nuklearne elektrane) uz koji su nastale. Industrijske otpadne vode možemo podijeliti prema:

- Tipu tehnološkog procesa uz/iz kojega nastaju,
- Kompatibilnosti s kućnim otpadnim vodama,
- Mogućnosti ponovnog korištenja u industrijskim procesima.

U industrijske otpadne vode svrstava se i voda namijenjena za hlađenje industrijskih uređaja, transport sirovina, uklanjanje otpadaka u proizvodnji i sl. Ovisno o grani industrije, u otpadnoj vodi mogu se naći različiti zagađivači koji su manje ili više toksični. Industrijske otpadne vode potrebno je pročistiti prije nego što se priključe na gradsku kanalsku mrežu kako bi se kontrolirale otrovne tvari, izdvojile eksplozivne, korozivne i zapaljive tvari, kako bi se otklonili inhibitori koji onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje [4].



Slika 2. Industrijske otpadne vode [7]

4.3. Karakteristike oborinskih otpadnih voda

Oborinske otpadne vode nastale su od oborina (kiše, snijega) te uključuju slivne vode sa gradskih, selških i ostalih površina (Slika 3.). Zbog zagađenog tla i atmosfere, na svom putu i doticaju sa površinom, oborinska voda miješa se sa prašinom, raznim onečišćivačima, otopljenim plinovima i sl. što predstavlja opasnost za okoliš prilikom slijevanja u prirodne vodotoke. To su tzv. kisele kiše koje ugrožavaju šume, poljoprivredne usjeve, pitku vodu i tzv. crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine u Africi [4].



Slika 3. Oborinske otpadne vode [8]

4.4. Karakteristike poljoprivrednih otpadnih voda

Navodnjavanje poljoprivrednih kultura preduvjet je za uspješnost svake poljoprivredne proizvodnje. Dovedena voda koja se ne uspije apsorbirati niti ispariti, procijediti će se u dubinu do podzemnih voda ili otjecati do obližnjih površinskih voda. To je tzv. poljoprivredna otpadna voda.

Poljoprivredne otpadne vode potrebno je odvesti s mjesta nastanka, dodatno obraditi i ponovo je iskoristiti u sljedećem ciklusu navodnjavanja poljoprivrednih kultura i zemljišta. Sastav poljoprivrednih otpadnih voda ovisi o primijenjenoj tehnologiji obogaćivanja zemljišta gnojivom, hranjivim tvarima, herbicidima itd. Najčešće se za gnojidbu koristi mineralni dušik, stoga poljoprivredu obično smatramo onečišćivačem voda nitratima. [4]



Slika 4. Navodnjavanje poljoprivrednih kultura [9]

5. SUSTAVI ZA ODVODNJU OTPADNIH VODA

Sustav koji odvodi kućanske, industrijske i poljoprivredne otpadne vode naziva se kanalizacijski sustav ili sustav odvodnje otpadnih voda.

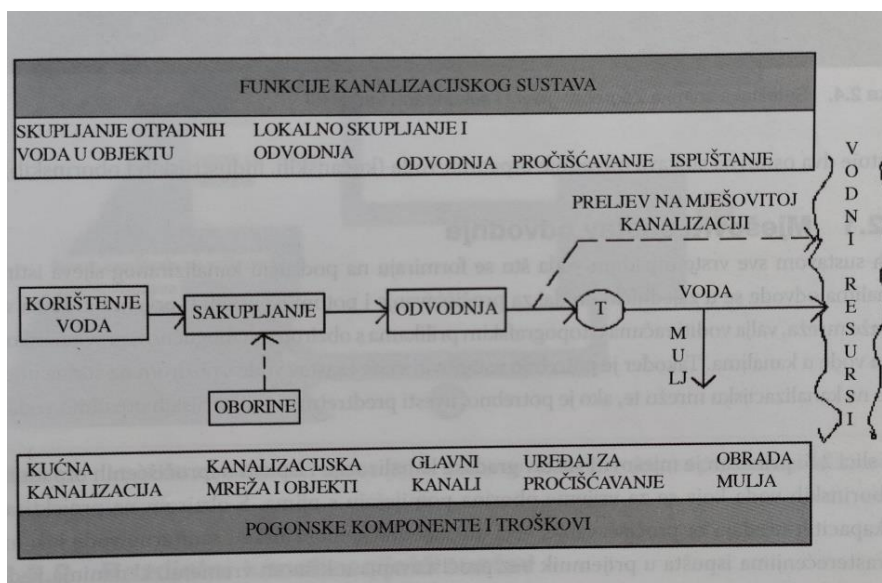
Kanalizacijski sustav uključujući i pripadajuće objekte služi za:

- Sakupljanje otpadnih voda u naseljenim i industrijskim sredinama,
- Odvođenje otpadne vode do mjesta pročišćavanja,
- Pročišćavanje do stupnja uvjetovanog lokalnim prilikama i zakonskim odredbama,
- Ispuštanje pročišćene vode u odgovarajući prijemnik.

Postoji više vrsta kanalizacijskih sustava: mješoviti sustav odvodnje, razdjelni kanalizacijski sustav, djelomični razdjelni sustav i kombinirani kanalizacijski sustav. Izbor sustava ovisi o više čimbenika: lokacija, ekonomske mogućnosti, investicijski i pogonski troškovi, te sanitarni i ekološki uvjeti na nekom području [5].

Elementi kanalizacijskog sustava (Slika 5.) su:

- Kanalizacijska (kolektorska) mreža (sekundarna i glavna),
- Objekti (crpne stanice, okna, preljevne građevine itd.)
- Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda,
- Ispusti u prijemnik.



Slika 5. Elementi kanalizacijskog sustava [5]

6. POSTUPCI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Pročišćavanje vode je vrsta obrade vode, a obuhvaća postupke kojima se iz vode mogu otkloniti: suspenzije i emulzije, plinovi, organske tvari, soli, kiseline, lužine i dr. Pročišćavati se može: voda iz domaćinstva, industrijska otpadna voda, komunalna otpadna voda, vode za napajanje termoelektrane, vode za medicinsku i ostalu upotrebu [4].

Industrijske otpadne vode koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje podliježu prethodnom pročišćavanju, kojim se:

- 1) Sprječava oštećenje sustava javne odvodnje,
- 2) Ne ometa rad uređaja za pročišćavanje otpadnih voda,
- 3) Osigurava da ispuštanja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda nemaju štetan utjecaj na okoliš,
- 4) Osigurava uporaba i/ili zbrinjavanje mulja na ekološki prihvatljiv način,
- 5) Osigurava zaštita zdravlja radnika koji rade u tom sustavu.

Pročišćavanje možemo podijeliti na tri glavne skupine ovisno o vrsti onečišćenja:

- 1) Mehaničko pročišćavanje
- 2) Kemijsko pročišćavanje
- 3) Biološko pročišćavanje

Tablica 2. prikazuje uređaje pomoću kojih se može provesti pročišćavanje otpadnih voda, ovisno o vrsti onečišćenja.

Tablica 2. Vrste pročišćavanja i uređaji za pročišćavanje otpadnih voda [4]

MEHANIČKO PROČIŠĆAVANJE	KEMIJSKO PROČIŠĆAVANJE	BIOLOŠKO PROČIŠĆAVANJE
Rešetka Sito, mehanički filter Pjeskolov Mastolov Taložnik uzdužni Taložnik lamnarni Taložnik radijalni Separator ulja Flokator Pješčani filter	Uređaj za neutralizaciju Uređaj za detoksikaciju Ionska izmjena Kloriranje Ozoniranje	Laguna Aeracijski bazen Bio filter Bio disk Fermentator Denitrifikator Fermentator ulja

6.1. Nepovoljni utjecaji ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda

Ispuštanje otpadnih voda u prijemnike bez prethodne obrade izazvat će niz negativnih utjecaja na ljude i okoliš, te smanjiti kvalitetu života. Posebnu važnost treba dati otpadnim vodama s visokom razinom organske tvari, fosfora i dušika. Takve vode mogu uzrokovati eutrofikaciju vode u koju se ispuštaju, što za posljedicu ima povećanje potrošnje kisika koja može uzrokovati pojavu poput pomora riba (Slika 6.). Osim toga takve vode mogu biti i toksičke prilikom ispuštanja u okoliš [10].

Samo neki od negativnih utjecaja nepročišćenih otpadnih voda su:

- Opasnost za ljudsko zdravlje,
- Štetne posljedice na vodenim biljnim i životinjskim vrstama,
- Smanjene mogućnosti iskorištavanja vode prijemnika,
- Širenje neugodnih mirisa,
- Narušavanje estetike krajolika.



Slika 6. Negativni utjecaj nepročišćenih otpadnih voda na životinjski svijet [11]

7. ZAKONSKA REGULATIVA

7.1. Ispuštanja otpadnih voda

Prilikom ispuštanja industrijskih i drugih otpadnih voda, pravne i fizičke osobe koje pri obavljanju gospodarske ili druge poslovne djelatnosti unose, ispuštaju ili odlažu opasne i druge onečišćujuće tvari u vode, dužne su te tvari prije ispuštanja u građevine za javnu odvodnju ili drugi prijamnik djelomično ili potpuno odstraniti u skladu s izdanom vodopravnom dozvolom za ispuštanje otpadnih voda odnosno okolišnom dozvolom [12].

Kod ispuštanja komunalnih otpadnih voda, jedinice lokalne samouprave dužne su putem isporučitelja vodne usluge osigurati sakupljanje i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda, prije njihova izravnoga ili neizravnoga ispuštanja u vode, u skladu s izdanom vodopravnom dozvolom za ispuštanje otpadnih voda [12].

Prilikom ispuštanja oborinskih voda, građevine urbane oborinske odvodnje, kao i građevine oborinske odvodnje s cestovnih i željezničkih prometnica, zračnih luka, luka na unutarnjim vodama te površina u krugu industrijskih postrojenja i benzinskih crpki, projektiraju se i grade tako da opasne i druge onečišćujuće tvari u tim vodama ne prelaze granične vrijednosti emisija propisane Zakonom o vodama (NN 66/19, 84/21) za otpadne vode [12].

Vodopravna dozvola za ispuštanje otpadnih voda mora sadržavati:

- 1) Dopuštene količine otpadnih voda,
- 2) Granične vrijednosti emisija,
- 3) Obvezu ispitivanja i sastava otpadnih voda,
- 4) Druge obveze utvrđene Zakonom o vodama (NN 66/19, 84/21).

Zbog zaštite voda i vodnoga okoliša provodi se kontrola ispuštanja otpadnih voda prema sljedećim pravilima i načelima: otklanjanje počinjene štete vodama i vodom okolišu prvobitno se otklanja na izvoru nastanka, kombinirani pristup te pravilo da onečišćivač snosi troškove nastale onečišćivanjem voda i vodnog okoliša [12].

Kombinirani pristup znači propisivanje standarda kakvoće vode, primjenu propisanih graničnih vrijednosti emisija, kontrolu emisija, primjenu dobre poljoprivredne prakse u slučajevima raspršenih izvora onečišćenja sukladno Zakonu o vodama (NN 66/19, 84/21) [12].

7.2. Uzorkovanje i ispitivanje otpadnih voda

Svaka pravna i fizička osoba koja je u obvezi imati vodopravnu dozvolu za ispuštanje otpadnih voda prema Zakonu o vodama (NN 66/19, 84/21) ili okolišnu dozvolu prema posebnim propisima o okolišu, obvezna je osigurati redovito uzorkovanje i ispitivanje sastava otpadnih voda te o tome voditi očevidnik. Djelatnost uzorkovanja i ispitivanja sastava otpadnih voda obavlja ovlaštenu laboratorij. Zakonom o vodama (NN 66/19, 84/21) uređena je metodologija uzorkovanja i ispitivanja sastava otpadnih voda, učestalost uzorkovanja i ispitivanja, mjerodavnost uzorka, obrazac očevidnika ispuštenih otpadnih voda, njegov oblik i način vođenja, te rokovi i oblici dostavljanja podataka o tome Hrvatskim vodama. Pravne i fizičke osobe koje ispuštaju industrijske otpadne vode iz tehnološkog postupka sa znatnijim opterećenjem prijamnika dužne su imati, koristiti, održavati u ispravnom stanju uređaj za mjerenje protoka vode i uređaj za automatsko uzimanje uzorka te ga učiniti uvijek dostupnim vodnom nadzoru, kada je to određeno propisima iz Zakona o vodama (NN 66/19, 84/21) [12].

Uzorkovanje pročišćenih i/ili nepročišćenih industrijskih otpadnih voda prije ispuštanja u sustav javne odvodnje obavlja se iz trenutačnog ili kompozitnog uzorka, odnosno kako je to utvrđeno vodopravnom dozvolom za ispuštanje otpadnih voda. Uzorkovanje se obavlja tijekom ispuštanja industrijskih otpadnih voda na obilježenom kontrolnom oknu neposredno prije ispuštanja pročišćene i/ili nepročišćene otpadne vode u sustavu javne odvodnje. Kompozitno uzorkovanje obavlja se svakih sat vremena. Ako se industrijska ili druga otpadna voda ispušta u površinske ili iznimno u podzemne vode, tada da uzorkovanje obavlja iz trenutačnog ili kompozitnog uzorka tijekom trajanja radnog procesa na obližnjem kontrolnom oknu neposredno prije ispuštanja pročišćene i/ili nepročišćene otpadne vode [13].

Na uređajima za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda, ispitivanje se obavlja na uzorcima razmijenim protoku ili vremenu, na stalnom obilježenom mjestu na izlazu iz uređaja. Uzorkovanje se obavlja svakih sat vremena tijekom razdoblja uzorkovanja propisanoga Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020). radi utvrđivanja postignutog smanjenja opterećenja na isti način se obavlja uzorkovanje i na ulazu u uređaj za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda [13].

7.3. Granične vrijednosti emisija

Prema Zakonu o vodama (NN 66/19, 84/21) pravne i fizičke osobe mogu ispuštati otpadne vode u okviru propisanih graničnih vrijednosti emisija koje se propisuju za pojedine onečišćujuće tvari ili skupine onečišćujućih tvari u industrijskim otpadnim vodama (prije njihova ispuštanja u građevine za javnu odvodnju ili u individualni sustav odvodnje) i u svim pročišćenim i nepročišćenim otpadnim vodama koje se ispuštaju u vode [12].

Također, prema Zakonu o vodama (NN 66/19, 84/21), granične vrijednosti emisije u pravilu vrijede na izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda ili iz postrojenja u kojem nastaju otpadne vode, neovisno o razrjeđenju u prijamniku. Kod neizravnih ispuštanja u vodu, pri određivanju granične vrijednosti emisije može se uzeti u obzir učinak uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, pod uvjetom da se jamči jednaka razina zaštite okoliša u cjelini te da to ne dovodi do više razine onečišćenja okoliša [12].

Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020) jasno definira stupnjeve pročišćavanja:

1. *prethodno pročišćavanje* je predobrada otpadnih voda s lokacije onečišćivača u skladu sa zahtjevima za ispuštanje otpadnih voda u sustav javne odvodnje

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

3. *drugi stupanj (II) pročišćavanja* je obrada komunalnih otpadnih voda postupkom koji općenito obuhvaća biološku obradu sa sekundarnim taloženjem i/ili druge postupke kojima se postižu zahtjevi zadani Pravilnikom.

4. *treći stupanj (III) pročišćavanja* je stroža obrada komunalnih otpadnih voda postupkom kojim se uz drugi stupanj pročišćavanja postižu zahtjevi za i/ili fosfor i/ili dušik zadani Pravilnikom, i/ili mikrobiološke pokazatelje i/ili druge onečišćujuće tvari u cilju zaštite osjetljivih područja, odnosno postizanja ciljeva zaštite voda [13].

Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020) određene su i granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja (Tablica 3.) [13].

Tablica 3. Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja [13]

Pokazatelji	Granična vrijednost	Najmanji postotak smanjenja onečišćenja ⁽¹⁾	Referentna metoda mjerenja
1	2	3	4
Ukupne suspendirane tvari	35 mg/l ⁽³⁾	90 ⁽³⁾	Filtriranje ogleđnog uzorka kroz 0,45 µm membranskom filtracijom. Sušenje na 105 °C i vaganje. Centrifugiranje ogleđnog uzorka (najmanje pet minuta uz srednje ubrzanje od 2800 do 3200 g), sušenje na 105 °C i vaganje.
Biokemijska potrošnja kisika BPK ₅ (20 °C) bez nitrifikacije ⁽²⁾	25 mg O ₂ /l	70	Homogenizirani, nefiltrirani, nedekantirani uzorak. Utvrđeni otopljeni kisik prije i nakon petodnevne inkubacije na 20 °C ±1 °C, u potpunoj tami. Dodatak inhibitora nitrifikacije.
Kemijska potrošnja kisika KPK _{Cr}	125 mg O ₂ /l	75	Homogenizirani, nefiltrirani, nedekantirani uzorak. Kalijev dikromat

Za sve koji iz proizvodnih procesa ispuštaju tehnološke otpadne vode postoji zakonska obveza za njihovim adekvatnim zbrinjavanjem, odnosno potrebnim stupnjem pročišćavanja prije konačnog ispuštanja u sustav javne odvodnje ili drugi prijemnik. Prema odredbama iz Pravilnika (NN 26/2020), u Tablici 4. su za pojedine pokazatelje kakvoće voda prikazane njihove granične vrijednosti, odnosno dozvoljene koncentracije opasnih i drugih tvari u tehnološkim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u površinske vode ili u sustav javne odvodnje. [14]

¹ Smanjenje u odnosu na ulaz u uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

Tablica 4. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama [14]

Pokazatelji i tvari	za ispuštanje u površinske vode	za ispuštanje u sustav javne odvodnje
pH-vrijednost	6,5 -9,0	6,5 – 9,5
BPK ₅ mg O ₂ / L	25	-
KPK mg O ₂ / L	125	-
Ukupni fosfor mg P / L	2 (1 za jezera)	-
Ukupni dušik mg N / L	10	-
Ukupna suspendirana tvar mg/L	35	-
Ukupna ulja i masnoće mg / L	20	100

8. MJERE SIGURNOSTI I ZAŠTITE PRI RADU SA UREĐAJIMA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Pri radu sa uređajima za pročišćavanje otpadnih voda važno je pridržavati se sljedećih mjera sigurnosti i zaštite:

- Nositi zaštitne cipele sa ne klizajućim potplatima,
- Koristiti ispravne ljestve; osigurati da su ljestve u položaju bez mogućnosti pomicanja i/ili pada; provjeriti ljestve prije penjanja ili spuštanja,
- Sve šupljine, šuplji prostori kao i povišene radne površine i druga mjesta na kojima postoji opasnost od pada moraju biti sigurno ograđene odgovarajućim zaštitnim ogradama,
- Pri radu sa uređajem za pročišćavanje otpadnih voda, obavezno koristiti propisanu radnu odjeću "pripijenu" uz tijelo, koristiti primjerena pokrivala za glavu i odgovarajuću zaštitu za uši,
- Posebnu pažnju obratiti na pokretne dijelove uređaja,
- Prije početka rada provjeriti sigurnost električne opreme; eventualne nepravilnosti prijaviti ovlaštenom serviseru,
- Sve priključne točke opskrbe kemikalijama moraju biti provjerene i potrebno je postaviti odgovarajuće znakove na tim točkama (primijeniti pravila kemijske sigurnosti pri rukovanju opasnim kemikalijama),
- Primijeniti sigurnosna pravila tijekom rada u skućenom prostoru (provjeriti kvalitetu zraka, ispušnu ventilaciju, koristiti pojaseve, koristiti respiratore i plinske maske itd.) [15].

9. OTPADNE VODE - AGLOMERACIJA BJELOVAR

9.1. Povijest odvodnje

Postojeći sustav javne odvodnje grada Bjelovara razvijao se usporedno s razvojem grada. Sustav javne odvodnje je mješovitog tipa, a sastoji se od zatvorenih odvodnih kanala koji su izgrađeni nakon Drugog svjetskog rata (oko četrdesetih godina 20. stoljeća) pa sve do danas. S obzirom da su se s vremenom mijenjale koncepcije tehničkih rješenja te graditeljske tehnike i vrste materijala kojima je kanalizacija građena, današnji je sustav odvodnje vrlo heterogen jer su primijenjena različita tehnička rješenja i vrsta ugrađenih materijala. Sami počeci odvodnje u gradu Bjelovaru datiraju još od osnutka grada u 18. stoljeću kada su građeni otvoreni i zidani kanali (Slika 7.) za odvodnju voda iz centra grada u okolne vodotoke.



Slika 7. Zidani kanali za odvodnju vode [9]

Godine 1967. započela je modernija, planska gradnja kanalizacijskog sustava te je i danas u izgradnji. Ukupno je do danas izgrađeno 108 km kanalizacijske mreže. Sustav čine četiri glavna kolektora: mješoviti kolektori A, B i D s kišnim preljevima i sanitarno-fekalni kolektor K1. Do dovršetka izgradnje kolektora B 2004. godine, dio otpadnih voda prikupljenih ovim kolektorom ispuštao se bez pročišćavanja privremenim ispustima u vodotok Bjelovarsku, kao i dio otpadnih voda prikupljenih sekundarnim kolektorom A1 i kolektorom D koji se do izgradnje precrpne

stanice i dovršenja kolektora D1, 2009. godine, također ispuštao bez pročišćavanja privremenim ispustima u vodotok Plavnicu [16].

9.2. Sustav javne odvodnje

Aglomeracija Bjelovar pokriva područje s oko 35 000 stanovnika, a oko 21 000 stanovnika grada Bjelovara i naselja Trojstveni Markovac i Ždralovi priključeno je na sustav javne odvodnje i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Gledajući u postocima, oko 60% ukupnog broja stanovnika priključeno je na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, dok 40% stanovnika koristi septičke jame.

Sustav javne odvodnje grada Bjelovara je mješovitog tipa. Postojeći sustav sačinjava 108 km izgrađenih cjevovoda odvodnje, 7 precrpnih stanica i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Na cjevovodima se nalazi i više kišnih preljeva / odušnih kanala preko kojih se u slučaju velikih kiša uz veliko razrjeđenje cjevovodi rasterećuju u vodotoke Bjelovarsku i Plavnicu.

Sustav čine tri glavna kolektora mješovite odvodnje: A, B i D, te kolektor K1 (razdjelnog sustava) koji sakuplja sanitarno fekalne vode istočnog područja grada Bjelovara te ih pomoću precrpnih stanica dovodi do kolektora B.

Kolektor A prikuplja otpadne vode jugozapadnog dijela urbanog područja s lijeve strane vodotoka Plavnica i spaja se spojnim kolektorom A – B na kolektor B. Kolektor A i spojni kolektor A-B izgrađeni su od azbest – cementnih cijevi. Kolektoru B gravitira oko 65% urbanizirane gradske površine i to uglavnom njezin istočni dio. Ovaj kolektor izgrađen je u cijelosti od suvremenih materijala (cijevi i okna od centrifugiranog poliestera) kao zatvoreni kanal. Kolektor odvodi otpadne vode na centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) grada Bjelovara. Kolektor D, kojem gravitira područje zapadno od vodotoka Plavnice, izgrađen je u cijelosti i spojen na glavnu crpnu stanicu s tlačnim cjevovodom duljine 420 m, te kolektorom D1 spojen na centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) . Kolektor „D“ predstavlja 1. etapu izgradnje podsustava „Zapad“, za odvodnju otpadnih voda sa zapadnog područja grada Bjelovara. Sve je pušteno u pogon sredinom 2009.g. Osim ovih kolektorskih kanala prvog reda u sustavu javne odvodnje postoji i nekoliko kolektorskih kanala drugog reda. To su kanali koji su u funkciji odvodnje jednog šireg gradskog područja, a utiču u jedan od glavnih kolektora.

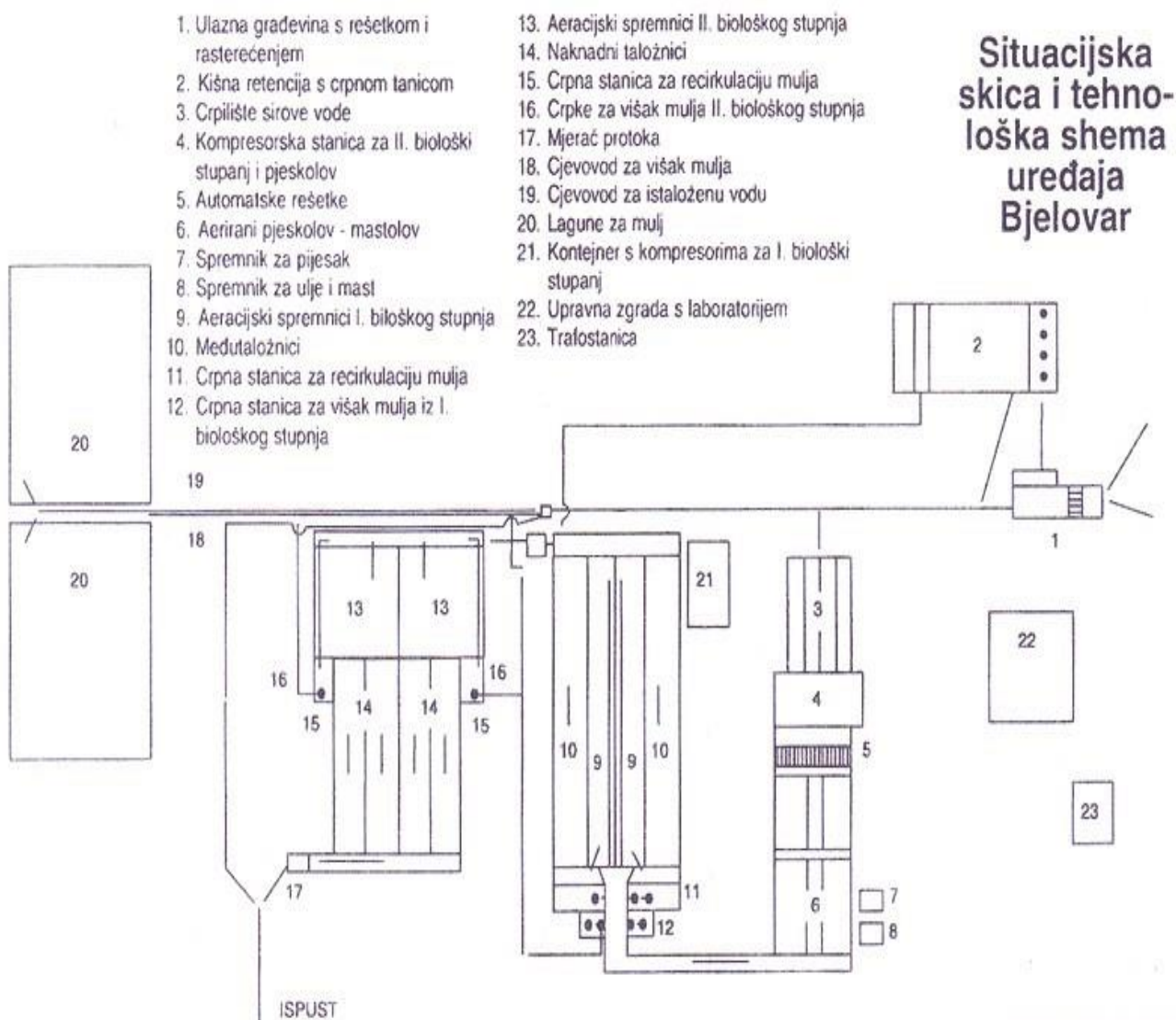
Osim ovih kolektorskih kanala, koji čine okosnicu sustava javne odvodnje, tu su još i zatvoreni kanali manjeg profila, locirani uzduž gradskih ulica, formirajući tako gradsku kanalizacijsku mrežu. Ukupna duljina svih kanala gradskog kanalizacijskog sustava iznosi oko 108 km, od čega na kolektorske kanale otpada oko 30 km. Sve otpadne vode koje se sakupe sustavom javne odvodnje dovode se na centralni mehaničko-biološki uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Bjelovara smješten u Velikom Korenovu, te se nakon pročišćavanja ispuštaju u vodotok Bjelovarsku, koja je glavni recipijent za prihvrat pročišćenih otpadnih voda [16].

9.3. Pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Bjelovar

Na području grada Bjelovara otpadna voda pročišćava se pomoću uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji je u pogon pušten 1986. godine. Uređaj je smješten nedaleko od samog centra grada, u naselju Veliko Korenovo, između prometnice Bjelovar-Čazma i potoka Bjelovarska koji je ujedno i recipijent. Prvobitnim projektom predviđena je izgradnja uređaja koji bi koristio dvostupanjsku tehnologiju biološkog pročišćavanja otpadnih voda s anaerobnom stabilizacijom mulja. U razdoblju od 1980. do 1986. godine izgrađena je prva faza uređaja u sklopu koje je izgrađen mehanički dio i prvi biološki stupanj pročišćavanja.

U tom razdoblju izgrađeni su slijedeći objekti: retencija, crpilište za sirovu vodu s finim rešetkama i kompresorskom stanicom, dvolinijski aerirani pjeskolov – mastolov, dva primarna taložnika, prvi biološki stupanj s dva aeracijska spremnika i dvije taložnice i zemljane lagune za aerobnu i anaerobnu stabilizaciju viška mulja.

Zbog problema koji su bili izazvani truljenjem u primarnoj taložnici, rezultati pročišćavanja nisu bili na željenoj razini. Iz tog razloga 1996. godine započela je rekonstrukcija uređaja kojom su dva postojeća bazena primarne taložnice pretvorena u dva biološka bazena u koja je ugrađen sistem dubinske aeracije s finim mjehurićima, te dvije taložnice čime je uređaj pretvoren u dvostupanjski biološki uređaj koji kao takav radi i danas (Slika 8.) [17].



Slika 8. Skica uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Bjelovar [17]

9.4. Način rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda sastoji se od sedam elemenata:

- 1) Crpna stanica,
- 2) Aerirani pjeskolov-mastolov,
- 3) Izlaz iz pjeskolova,
- 4) Prvi stupanj biološkog pročišćavanja,

- 5) Drugi stupanj biološkog pročišćavanja,
- 6) Taložnice drugog stupnja,
- 7) Izlazna građevina u prirodni vodotok

Otpadna voda iz kućanstava i industrije kolektorima se dovodi do uređaja. Prvo prolazi preko grube rešetke na kojoj se zadržavaju veći komadi otpada, a zatim se pomoću crpne stanice (Slika 9.) odvodi na finu rešetku gdje se zadržavaju sitniji komadi smeća [17].



Slika 9. Crpna stanica [17]

Nakon prolaska kroz finu rešetku, otpadna voda dolazi u aerirani pjeskolov-mastolov (Slika 10.) u kojem se pijesak i mast odvajaju u poseban spremnik. Sljedeća faza je prvi stupanj biološkog pročišćavanja koji se sastoji od dva aeracijska bazena i dvije taložnice u koje otpadna voda dolazi kanalom iz pjeskolova-mastolova. Volumen bazena je 312m^3 , a taložnice 634m^3 [17].



Slika 10. Aerirani pjeskolov-mastolov [17]

U bazenima se provodi aeracija odnosno umjetno unošenje potrebne količine kisika pomoću pločastih aeratora. Također, u bazenima se nalaze bakterije i gljivice koje se hrane organskim tvarima iz otpadne vode i na taj način smanjuju koncentracije otpadnih tvari u vodi. Višak mulja koji nastaje kao posljedica biološkog pročišćavanja transportira se u tzv. muljne lagune [17].

U drugoj fazi biološkog pročišćavanja iz bioloških bazena II. stupnja voda s mikroorganizmima tj. aktivnim muljem odlazi u dvije taložnice po 1200m³ gdje se bistri. Dio aktivnog mulja vraća se u biološke bazene, a višak mulja transportira se u zemljane lagune.

Na kraju procesa, izbistrena i pročišćena voda iz taložnica (Slika 11.) ispušta se u prirodni prijemnik – potok Bjelovarsku (Slika 12.) [17].



Slika 11. Taložnice II.stupnja pročišćavanja [17]



Slika 12. Prirodni prijemnik - potok Bjelovarska [17]

9.5. Laboratorijske analize

Laboratorijskom analizom utvrđuju se fizikalni, fizikalno-kemijski i kemijski parametri otpadnih voda, a to su:

- temperatura, miris, boja,
- zamućenost,
- pH vrijednost,
- elektrovodljivost,
- amonijak,
- kloridi, fosfati, sulfati,
- nitriti, nitrati, dušik, fosfor,
- suspendirana tvar, taložni ostatak,
- kemijska potrošnja kisika (KPK),
- otopljeni kisik,
- biokemijska potrošnja kisika (BPK₅),
- ukupna ulja i masti,
- mineralna ulja,
- anionski deterdženti,
- ukupno otopljene tvari (TDS),
- slobodni klor, ukupni klor,
- arsen, kadmij, krom,
- bakar, željezo, mangan, nikal i cink.

Granične vrijednosti emisija otpadnih voda koje se ispuštaju u vode ili u sustav javne odvodnje, utvrđuju se dozvoljenim koncentracijama onečišćujućih tvari i/ili opterećenjima u otpadnim vodama. Kod ispuštanja pročišćenih komunalnih otpadnih voda u vode pored koncentracija onečišćujućih tvari i/ili opterećenja u otpadnim vodama, potrebno je utvrditi i postotak smanjenja onečišćenja na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda [13].

U tablicama su prikazane vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje otpadne vode grada Bjelovara za 2021. godinu. Analizu je proveo Zavod za javno zdravstvo Bjelovarsko-bilogorske županije (Služba za zdravstvenu ekologiju).

Tablica 5. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje

Mjesec	Datum	Protok	Protok	pH		KPK		BPK ₅		Suspendirana materija		NH ₄	
				U	I	U	I	U	I	U	I	U	I
		m ³ /dan	l/sek			mg/l		mg/l		mg/l		mg/l	
1	14.01.	10.133	117			446	30,8	310	16	360	10		
	20.01.	9.988	116			512	33,3	276	18	316	2		
2	03.02.	8.797	102			564	19,6	321	11	384	2		
	17.02.	7.435	86			199	33,5	136	13	108	2		
3	03.03.	10.131	117			294	32,8	177	13	176	4		
	17.03.	9.796	113			151	24,0	103	9,6	92	3		
4	16.04.	8.170	95			339	29,0	202	15	264	5		
	22.04.	8.790	102			356	22,8	206	9,7	224	2		
5	06.05.	7.835	91			522	31,4	343	15	300	4		
	19.05.	7.815	90			353	28,7	250	16	248	2		
6	10.06.	7.155	83			492	77,7	359	25	336	22		
	16.06.	6.953	80			572	31,7	329	12	395	4		
7	14.07.	6.672	77			918	41,4	403	14	704	3		
	21.07.	5.264	61			414	31,3	311	14	348	2		
8	04.08.	5.918	68			452	28,5	331	13	150	4		
	19.08.	5.790	67			1.010	50,7	469	24	124	8		
9	09.09.	4.269	49			476	38,5	352	18	88	3		
	23.09.	5.929	69			724	39,9	546	20	284	5		
10	06.10.	5.542	64			347	32,7	234	20	188	2		
	21.10.	6.238	72			443	72,3	342	23	252	29		
11	11.11.	7.092	82			335	30,7	235	17	116	8		
	17.11.	6.794	79			390	29,5	302	17	152	2		
12	08.12.	9.944	115			98	40,1	57	12	46	10		
	16.12.	8.022	93			282	33,4	172	17	148	4		
1-6		7.520	99			400	32,9	251	14	267	5		
7-12		6.456	75			491	39,1	313	17	217	7		
1-12		7.520	87			445	36,0	282	16	242	6		
2021.													

$$K=(BPK5/25*KPK/2,5BPK5+MASTI \text{ I } ULJA/30+DETERĐENTI/2+UKP/2+UKN/31)^{1/}$$

Tablica 6. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje

Mjesec	Ukupni N Kjeldahlov		Nitrati		Nitriti		Ukupni N		Fosfati		Ukupni P		Ulja i masti		Deterđenti	
	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I
	mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l	
1							37,80	17,30			6,61	1,98				
							36,90	19,90			6,54	2,84				
2							32,90	13,20			8,44	1,61				
							28,60	28,20			3,32	1,54				
3							42,70	20,90			5,07	1,57				
							17,20	14,90			2,06	1,60				
4							35,30	19,60			5,93	2,41				
							27,60	15,50			7,77	0,76				
5							36,60	26,90			7,10	0,74				
							33,80	17,50			7,51	3,15				
6							44,80	29,10			9,20	6,29				
							51,00	30,10			9,76	3,25				
7							67,40	28,30			12,80	2,09				
							48,80	15,60			9,77	2,10				
8							42,30	26,00			6,66	3,37				
							55,60	24,70			12,60	1,32				
9							46,40	20,40			9,69	3,77				
							82,70	30,50			9,95	2,63				
10							40,30	22,50			6,21	3,13				
							50,00	43,90			7,47	4,81				
11							42,50	26,10			6,77	2,82				
							42,50	29,60			7,03	2,95				
12							20,40	19,10			2,83	1,98				
							42,10	31,70			5,31	2,30				
1-6							35,43	21,09			6,61	2,31				
7-12							48,42	26,53			8,09	2,77				
1-12							41,93	23,81			7,35	2,54				
SUMA																

$$K = (\text{BPK5}/25 * \text{KPK}/2,5 + \text{BPK5} + \text{MASTI} + \text{ULJA}/30 + \text{DETERĐENTI}/2 + \text{UKP}/2 + \text{UKN}/31)^{1/2}$$

Tablica 7. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje

Mjesec	KPK		Uklanjanje	BPK ₅		Uklanjanje	Višak mulja	Suha tvar povrat				Potrošak struje	Efekt			
	U	I	KPK	U	I	BPK ₅		prim	0,5*p	sek	sek		/KPK	po	po	po
							m ³	mulj	+	mulj	mulj	kWh	kWh	KPK	BPK ₅	St
	kg/dan		kg/dan	kg/dan		kg/dan	/dan	%				/dan	/kg KPK	η %	η %	η %
1	4519	312	4.207	3141	162	2.979								93	95	97
	5114	333	4.781	2757	180	2.577								93	93	99
2	4962	172	4.789	2824	97	2.727								97	97	99
	1480	249	1.230	1011	95	916								83	91	98
3	2979	332	2.646	1793	132	1.661								89	93	98
	1479	235	1.244	1009	94	915								84	91	97
4	2770	237	2.533	1650	123	1.528								91	93	98
	3129	200	2.929	1811	85	1.725								94	95	99
5	4090	246	3.844	2687	118	2.570								94	96	99
	2759	224	2.534	1954	125	1.829								92	94	99
6	3520	556	2.964	2569	179	2.390								84	93	93
	3977	220	3.757	2288	83	2.204								94	96	99
7	6125	276	5.849	2689	93	2.595								95	97	100
	2179	165	2.015	1637	74	1.563								92	95	99
8	2675	169	2.506	1959	77	1.882								94	96	97
	5848	294	5.554	2716	139	2.577								95	95	94
9	2032	164	1.868	1503	77	1.426								92	95	97
	4293	237	4.056	3237	119	3.119								94	96	98
10	1923	181	1.742	1297	111	1.186								91	91	99
	2763	451	2.312	2133	143	1.990								84	93	88
11	2376	218	2.158	1667	121	1.546								91	93	93
	2650	200	2.449	2052	115	1.936								92	94	99
12	975	399	576	567	119	447								59	79	78
	2262	268	1.994	1380	136	1.243								88	90	97
1-6	3398	276	3122	2124	123	2002								92	94	98
7-12	3008	252	2757	1903	110	1793								92	94	97
1-12	3203	264	2.939	2014	117	1.897								92	94	98
SUMA																

$$K=(BPK5/25*KPK/2,5BPK5+MASTI I ULJA/30+DETERĐENTI/2+UKP/2+UKN/31)^{1/2}$$

Tablica 8. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje

Mjesec	Mjesec	Ekvivalenti stanovnika ULAZ UZPOV	Ekvivalenti stanovnika IZLAZ UZPOV
		ES/dan	ES/dan
		52.354	2.702
		45.945	2.996
		47.064	1.613
		16.853	1.586
		29.886	2.195
		16.816	1.567
		27.506	2.043
		30.179	1.421
		44.790	1.959
		32.563	2.084
		42.811	2.981
		38.126	1.391
		44.814	1.557
		27.285	1.228
		32.648	1.282
		45.259	2.316
		25.045	1.281
		53.954	1.976
		21.614	1.847
		35.557	2.391
		27.777	2.009
		34.196	1.925
		9.447	1.989
		22.996	2.273
sred.	I-VI	35.408	2.045
sred.	VII-XII	31.716	1.840
sred.	I-XII	33.562	1.942

Usporedbom vrijednosti otpadne vode na uređaju za pročišćavanje vidljivo je da su emisije otpadnih tvari na izlasku iz uređaja znatno manje nego na ulazu u uređaj, te da su u granicama propisanim Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020).

10. ZAKLJUČAK

Voda kao nezamjenjivi prirodni resurs osnovni je preduvjet za život na planeti Zemlji. Isto tako, nemoguće je zamisliti tehnološke procese, poljoprivredu, te svakodnevni život u kućanstvu bez uporabe vode. Upravo su ta tri čimbenika najveći stvaraoci otpadnih voda. Otpadne vode su sve upotrijebljene vode kojima je promijenjen kemijski, biološki i fizički sastav, odnosno koje u sebi sadrže manje ili veće količine onečišćivača. Ispuštanjem otpadne vode u prirodne prijemnike, odnosno potoke, rijeke, jezera ili more, dovodi se u opasnost čitavi ekosustav, kao i kvaliteta vode i zdravlje stanovništva na tom području. Da bi se spriječila opasnost od zagađivanja, otpadna voda se prije ispusta u prirodne vodotoke treba obraditi tj. pročititi uređajima i tehnikama namijenjenima pročišćavanju otpadne vode. Vrsta i način pročišćavanja ovise o sastavu i onečišćivačima koji se nalaze u otpadnoj vodi. Aglomeracija Bjelovar posjeduje dvostupanjski biološki uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na području grada Bjelovara, uključujući i okolna naselja. Otpadna voda iz industrijskih pogona i kućanstava kolektorima dolazi do uređaja, a nakon pročišćavanja, pročišćena i izbistrena voda se ispušta u prirodni prijemnik – potok Bjelovarsku. Provedenom laboratorijskom analizom na ulazu i na izlazu uređaja za pročišćavanje otpadne vode 2021.godine utvrđeno je da su emisije otpadnih tvari na izlasku iz uređaja znatno manje nego na ulazu u uređaj, odnosno da su u granicama utvrđenim Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020) .

Kvaliteta i očuvanje vode ali i čitavog okoliša odgovornost je cjelokupnog stanovništva na planeti Zemlji. Neprestano je potrebno ulagati u sustave za odvodnju, kanalizacijske sustave, kao i uređaje i tehnologije za pročišćavanje i obradu otpadne vode jer samo razumnim i odgovornim pristupom i ponašanjem možemo sačuvati vodu – nezamjenjivo prirodno bogatstvo.

11. LITERATURA

- [1] Vulić M.: Kontrola kvalitete vode, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:332474>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [2] Novaković K.: Izvori zagađenja i onečišćenja voda, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:273659>, pristupljeno: 27.8.2022.
- [3] Bokšić D.: Onečišćenje i zaštita podzemnih voda na području Republike Hrvatske, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:264214>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [4] Jurac Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., ISBN:978-953-7343-24-8
- [5] Tušar B.: Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb, 2009., ISBN: 978-953-6970-65-0
- [6] Izvori kućanskih otpadnih voda, https://www.researchgate.net/figure/Source-separated-domestic-wastewater-streams_fig1_283398296, pristupljeno: 28.6.2022.
- [7] Industrijske otpadne vode, <https://ozoniq.tech/applications/industrial-wastewater/>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [8] Oborinske otpadne vode, <https://1ppa.ru/hr/novosti/dozhdevye-kanaly-livnevye-sistemy-kanalizacii---eto-chto-takoe-i-kak-oni/>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [9] Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/svjetski-dan-voda-reciklirajmo-otpadne-vode/31586/>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [10] Biološko pročišćavanje otpadnih voda i MBBR tehnologija, <https://www.bor-plastika.hr/biolosko-prociscavanje-otpadnih-voda-i-mbbr-tehnologija/>, pristupljeno: 24.5.2022.
- [11] Negativni utjecaj nepročišćenih otpadnih vodana životinjski svijet, : <https://www.zadarnews.hr/pomor-ribe-u-gazenici-more-je-cudne-boje-i-zaudara-na-deterdzent/>, pristupljeno: 28.6.2022.
- [12] Zakon o vodama, <https://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama>, pristupljeno: 26.8.2022.

- [13] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_26_622.html , pristupljeno: 24.5.2022.
- [14] Tomas A.: Otpadne vode- karakteristike, zaštita, zakonska regulativa, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:864613> , pristupljeno: 23.6.2022.
- [15] Braje K.: Opasnosti i mjere sigurnosti i zaštite na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:722758> , pristupljeno: 28.6.2022.
- [16] Vodne usluge d.o.o. Vodovod grada Bjelovara, Odvodnja otpadnih voda, <http://vodneusluge-bj.hr/odvodnja/> , pristupljeno: 10.3.2022.
- [17] Vodne usluge d.o.o. Vodovod grada Bjelovara, Pročišćavanje otpadnih voda, <http://vodneusluge-bj.hr/prociscavanje/> , pristupljeno: 10.3.2022.

12. PRILOZI

12.1. Popis slika

Slika 1. Izvori kućanskih otpadnih voda [6]	6
Slika 2. Industrijske otpadne vode [7].....	7
Slika 3. Oborinske otpadne vode [8].....	7
Slika 4. Navodnjavanje poljoprivrednih kultura [9].....	8
Slika 5. Elementi kanalizacijskog sustava [5].....	9
Slika 6. Negativni utjecaj nepročišćenih otpadnih voda na životinjski svijet [11]	12
Slika 7. Zidani kanali za odvodnju vode [9]	19
Slika 8. Skica uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Bjelovar [17]	22
Slika 9. Crpna stanica [17]	23
Slika 10. Aerirani pjeskolov-mastolov [17]	23
Slika 11. Taložnice II.stupnja pročišćavanja [17]	24
Slika 12. Prirodni prijemnik - potok Bjelovarska [17].....	24

12.2. Popis tablica

Tablica 1. Vrste onečišćenja voda [2]	3
Tablica 2. Vrste pročišćavanja i uređaji za pročišćavanje otpadnih voda [4]	11
Tablica 3. Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja [13]	16
Tablica 4. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama [14].....	17
Tablica 5. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje.....	26
Tablica 6. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje.....	27
Tablica 7. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje.....	28
Tablica 8. Vrijednosti analize otpadne vode na ulazu i izlazu uređaja za pročišćavanje.....	29