Korelacijska analiza ulazno-izlaznih vrijednosti pokazatelja kvalitete vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu

Vrban, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

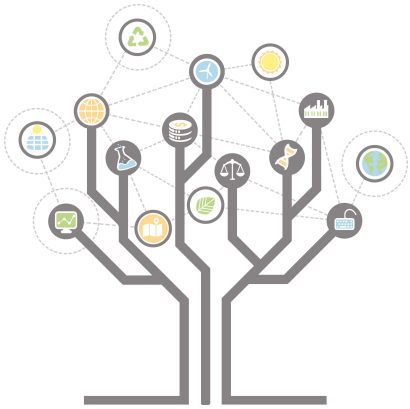
2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:127926

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Korelacijska analiza ulazno-izlaznih vrijednosti pokazatelja kvalitete vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu

Vrban, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:127926

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-09**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

KATARINA VRBAN

KORELACIJSKA ANALIZA ULAZNO-IZLAZNIH VRIJEDNOSTI POKAZATELJA KVALITETE VODE NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

KORELACIJSKA ANALIZA ULAZNO-IZLAZNIH VRIJEDNOSTI POKAZATELJA KVALITETE VODE NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU

KANDIDAT:
Katarina Vrban

MENTOR:
doc.dr.sc Ivan Kovač
KOMENTORICA:
doc.dr.sc. Anita Ptiček Siročić
NEPOSREDNA VODITELJICA:
dr.sc.Jelena Loborec

VARAŽDIN, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnica: KATARINA VRBAN

Matični broj: 98- 2014./2015.

Smjer: INŽENJERSTVO OKOLIŠA

NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

KORELACIJSKA ANALIZA ULAZNO-IZLAZNIH VRIJEDNOSTI POKAZATELJA KVALITETE VODE NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu
3. Korelacijska analiza
4. Zaključak
5. Popis literature
   Popis slika
   Popis tablica

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 15.06.2016.

Rok predaje: 05.09.2016.

Mentor:
Doc.dr.sc. Ivan Kovač

Drugi mentor/komentor:
Doc.dr.sc. Anita Ptiček Siročić

Predsjednica Odbora za nastavu:
Doc.dr.sc. Sanja Kovač

Neposredni voditelj:
Dr.sc. Jelena Loborec

REPUBLIKA HRVATSKA - GEOTEHNIČKI FAKULTET - SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - VARAŽDIN

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom
KORELACIJSKA ANALIZA ULAZNO-IZLAZNIH VRIJEDNOSTI POKAZATELJA KVALITETE VODE NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom ***akademska titula i ime i prezime mentora i/ili komentora*.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 05.09.2016.

KATARINA VRBAN
(Ime i prezime)

Katarina Vrban
(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK:

Ime i prezime: Katarina Vrban

Naslov rada: Korelacijska analiza ulazno – izlaznih vrijednosti pokazatelja kvalitete vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u čakovcu

Mentor: doc.dr.sc Ivan Kovač

U diplomskom radu opisana je analiza učinkovitosti uređaja za pročišćavanje otpadnih voda tijekom ljetnih mjeseci 2013. i 2014. godine. Analiza učinkovitosti pročišćavanja otpadnih voda uključuje određivanje fizikalnih, kemijskih i bioloških pokazatelja kvalitete vode na ulazu i izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Na temelju dobivenih podataka može se zaključiti da je efikasnost uređaja izrazito dobra.

Tijekom promatranog razdoblja analizirana je korelacija između ulaznih i izlaznih vrijednosti istovrsnih i različitih pokazatelja kvalitete otpadnih voda na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.

KLJUČNE RIJEČI: otpadne vode, pročišćavanje, uređaj, biološko i mehanničko pročišćavanje, korelacija

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU 2

2.1. Opis uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i princip rada 4

2.1.1. Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda 6

2.1.2. Biološko pročišćavanje otpadnih voda 13

2.2. Uzorkovanje vode i metode određivanja koncentracije pokazatelja kvalitete vode 18

2.3. Baza podataka 23

2.4. Ocjena učinkovitosti uređaja 24

3. KORELACIJSKA ANALIZA 30

3.1. Analiza povezanosti između ulaznih i izlaznih vrijednosti istovrsnih pokazatelja kvalitete vode 31

3.2. Korelacija između vremenskih nizova ulaznih i izlaznih vrijednosti 36

4. ZAKLJUČAK 42

5. POPIS LITERATURE 42

POPIS SLIKA 44

POPIS TABLICA 45

1. UVOD

Cjelokupan život na Zemlji ovisi o raspoloživim količinama vode. Stoljećima je kakvoća vode, a naročito podzemne, bila povoljna za višestruke namjene. Međutim, zbog eksponencijalnog rasta stanovnika te povećane proizvodnje hrane kao i povećanje utjecaja industrije, znatno su se povećale količine otpadnih tvari i energije koje se izravno ili neizravno ispuštaju u prirodne vodne sustave [1].

Onečišćenje vode je svaka fizikalna, kemijska ili biološka promjena kakvoće vode koja štetno djeluje na žive organizme ili vodu čini neupotrebljivom za određenu namjenu. Prirodne vode mogu biti onečišćene na različite načine te zbog toga imaju različiti utjecaj na biološko-ekološke značajke vodnog sustava. Tvari koje se ispuštaju u prirodne vodotoke su potencijalni izvori onečišćenja [2].

Otpadne vode pročišćavaju se s ciljem ponovne upotrebe ili se ispuštaju u vodne sustave. Da bi se iz vode uklonile otpadne tvari, primjenjuju se različiti postupci i radnje koje se obavljaju na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Radnje i postupci koji se primjenjuju na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda najčešće se razvrstavaju kao: prethodno pročišćavanje (preliminarno), prvi stupanj pročišćavanja (primarno), drugi stupanj pročišćavanja (sekundarno) te treći stupanj pročišćavanja (tercijarno).

Ponekad se određuju ciljevi pojedinih stupnjeva pročišćavanja kako bi se točnije označilo što se očekuje od pojedinog stupnja pročišćavanja. Tako stupnjevi pročišćavanja gradskih otpadnih voda obuhvaćaju:

- prethodni stupanj pročišćavanja označava primjenu radnji i postupaka kojima se iz otpadnih voda uklanjaju krupne plutajuće otpadne tvari, pijesak i šljunak;
- prvi stupanj pročišćavanja označava primjenu fizikalnih i/ili kemijskih postupaka pročišćavanja otpadnih voda kojima se iz vode uklanja najmanje 50 % raspršenih tvari, a vrijednost biokemijske potrošnje kisika BPK_5 smanjuje za 20 % koncentracije ulazne otpadne vode;

- drugi stupanj pročišćavanja označava primjenu bioloških i/ili drugih postupaka pročišćavanja, kojima se u otpadnim vodama smanjuje koncentracija raspršene tvari i BPK_5 ulazne vode za 70 - 90 %, a koncentracija kemijske potrošnje kisika KPK za barem 75 %;
- treći stupanj pročišćavanja označava primjenu fizikalno-kemijskih, bioloških i drugih postupaka kojima se u otpadnim vodama smanjuju koncentracije hranjivih soli ulazne vode za 80 %, odnosno uklanjaju se hranjive soli (dušika i fosfora) iz vode pročišćene drugim stupnjem pročišćavanja u svrhu sprečavanja eutrofikacije [1].

Pročišćena se voda sve više primjenjuje u svijetu radi očuvanja i unapređenja kakvoće okoliša. Valja istaknuti da se postupcima pročišćavanja otpadnih voda, prije ispuštanja u prirodne prijamnike, ne uklanjaju u potpunosti svi onečišćivači. Iako postoje postupci pročišćavanja kojima bi se moglo postići vrlo učinkovito čišćenje, iz gospodarskih razloga to se najčešće ne čini [1].

Kako bi se otpadne vode mogle na zadovoljavajući način pročistiti i ispustiti u prijamnike, potrebno je analizirati efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Potrebno je ispitati fizikalne, kemijske i biološke pokazatelje kvalitete vode na ulazu i izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadne vode. Kroz ovaj rad prikazana je ocjena učinkovitosti uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu. Provedene su analize povezanosti između ulaznih i izlaznih vrijednosti pokazatelja kvalitete vode i to za: pH, kemijsku potrošnju kisika KPK, biokemijsku potrošnju kisika BPK_5, suspendiranu tvar, suhu tvar, ukupni fosfor, fosfate, ukupni dušik, amonijev ion i nitrate.

2. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ČAKOVCU

Na temelju članka 67. stavka 4. *Zakona o vodama (Narodne novine broj 153/09, 63/11, 56/13 i 14/14)* te članka 21. *Statuta Međimurske županije („Službeni*

glasnik Međimurske županije" broj 26/10, 4/13, 6/13 - pročišćeni tekst, 8/13 i 6/14), Skupština Međimurske županije na sjednici, održanoj 18.12.2014. godine, donijela je *Odluku o odvodnji otpadnih voda na području aglomeracije Čakovec* [3].

Ovom je *Odlukom* utvrđeno:

- način odvodnje otpadnih voda s područja aglomeracije Čakovec, uključivo iz naseljenih mjesta i izvan njih,
- način odvodnje onečišćenih oborinskih voda koje se ne ispuštaju u sustav javne odvodnje,
- zemljopisni podatak o mjestu ispuštanja otpadnih voda iz sustava javne odvodnje agromeracije Čakovec u tijela površinskih voda,
- uvjeti ispuštanja otpadnih voda agromeracije Čakovec na područjima na kojima je i na kojima nije izgrađen sustav javne odvodnje otpadnih voda,
- granične vrijednosti emisija otpadnih voda koje se ispuštaju u građevine sustava javne odvodnje, sabirne i septičke jame,
- nadležnost za održavanje sustava javne odvodnje,
- uvjeti održavanja individualnih i internih uređaja za predpročišćivanje, odnosno pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda te održavanja i pražnjenja sabirnih i septičkih jama,
- obveza priključenja na građevine sustava javne odvodnje aglomeracije Čakovec,
- način i uvjeti davanja koncesije za održavanje i pražnjenje septičkih i sabirnih jama,
- nadzor nad provođenjem ove *Odluke,* te
- prijelazne i završne odredbe.

Otpadne vode s područja aglomeracije Čakovec ispuštaju se u sustav javne odvodnje te se iste dovode do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Čakovec i pročišćene ispuštaju u prijamnik - vodotok Trnavu, na mjestu ispusta koje se nalazi na lokaciji s koordinatama prema HTRS 96/TM: N = 5137800,0 E = 496776,6 [3].

2.1. Opis uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i princip rada

Uređaj za pročišćavanje otpadne vode je vodna građevina s postrojenjima kojima se pročišćavaju otpadne vode iz sustava javne odvodnje prije njihova ispuštanja u prirodni prijemnik.

Prema stupnju pročišćavanja dijele se na:

- prethodni stupanj pročišćavanja;
- prvi stupanj pročišćavanja;
- drugi stupanj pročišćavanja i
- treći stupanj pročišćavanja [2].

Odvodnja otpadnih voda te pročišćavanje otpadnih voda prije ispuštanja u neki recipijent, osnovni je uvjet za opstanak društva na današnjem stupnju razvoja civilizacije. Danas se za pročišćavanje otpadnih voda koristi više metoda, a najrašireniji je mehaničko - biološki postupak sa slobodnim biološkim muljem, kakav je izgrađen i u Čakovcu [4].

Početak gradnje uređaja, odnosno postavljanje kamena temeljca obavljeno je 1995. godine, a sama gradnja građevinskih objekata i montaža tehnološko-procesne opreme trajala je do 1998. godine.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu bio je u probnom radu nešto više od godinu dana, kako bi se provjerila efikasnost pročišćavanja otpadnih voda kod najviših temperatura zraka u ljetnim mjesecima i najnižih temperatura tijekom zimskih mjeseci. U redovni rad uređaj za pročišćavanje otpadnih voda pušten je 1999. godine te od tada radi neprekidno i postiže propisane i zadovoljavajuće rezultate pročišćavanja otpadne vode.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda sastoji se od objekata za mehaničko pročišćavanje (mehanički stupanj) i objekata za biološko pročišćavanje (biološki stupanj) otpadnih voda. Osim objekata pročišćavanja postoje i objekti za obradu viška mulja. Uređaj je prikazan na *Slici 1* [4].



Slika 1. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu

Kapacitet uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec izražen je ekvivalentnim jedinicama koje predstavljaju ekvivalent stanovnika. Projektiran i izgrađen kapacitet iznosi ES = 91 000. Tijekom 2014. godine je bilo ukupno

pročišćeno 9 120 452 m^3 vode pri čemu je 1 868 061 m^3 (20,48 %) pročišćenih otpadnih voda (fekalne + predtretirane tehnološke + septičke jame), dok je ostalih voda bilo 7 252 391 m^3, odnosno 79,52 %. Razlog ovom gotovo četverostrukom povećanju ostalih otpadnih voda (oborinske vode + podzemne vode) je relativno sušna 2013. godina (966,0 L/m^2) i nastavno vlažna 2014. godina (1 187,0 L/m^2). Ili 19,18 % više od godine ranije, infiltracijom podzemne vode u kanalizacijski sustav i novi režim rada uređaj za pročišćavanje otpadnih voda nakon 1. kvartala godine, pri čemu se od ukupne količine otpadnih voda (oko 420 L/s) dio ulazne otpadne vode pročišćava samo mehanički (oko 200 L/s), a ostali dio i biološki (oko 220 L/s) [5].

2.1.1. Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda

Otpadne vode dovode se na pročistač putem armirano - betonskog dovodnog kolektora, koji završava na gruboj mehaničkoj rešetki instaliranoj u armirano-betonskom žlijebu ispred ulaza u glavnu ulaznu crpnu stanicu [4].

Rešetanje je prva obvezna operacija te ujedno najjednostavniji proces odvajanja plutajućih tvari (papira, lišća, granja, plastike...) iz vode kako bi se zaštitile crpke i drugi dijelovi opreme na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. Rešetanje se izvodi na grubim ili finim rešetkama ili pak na sitima. Prikaz grube rešetke na uređaju za pročišćavanje je prikazano na *Slici 2* [2].

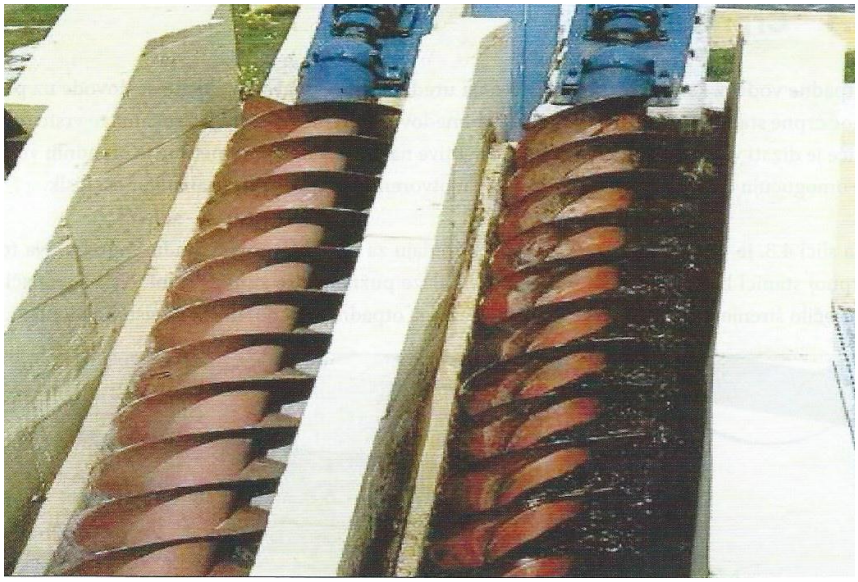
U glavnu ulaznu crpnu stanicu upuštaju se otpadne vode javne kanalizacije, muljne vode s ugušćivača mulja i strojne dehidracije mulja te sve otpadne vode koje se dovoze cisternama [4].



Slika 2. Grube rešetke na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda

Na ulaz dovodnog kolektora otpadne vode postavljena je zidna pločasta zapornica na elektromotorni pogon kojom se može regulirati količina dotoka ili potpuno zatvoriti dotok ulazne otpadne vode.

Upravljanje zidnom pločastom zapornicom može biti automatsko i ručno. Za automatski rad zapornice koristi se ultrazvučni mjerač nivoa ulazne otpadne vode ispred grube mehaničke rešetke, koji pomoću integratora upravlja elektromotornim pogonom za otvaranje ili zatvaranje zapornice. Istim se ultrazvučnim mjeračem nivoa ulazne otpadne vode upravlja automatskim radom ulaznih pužnih crpki [4]. Ulazne pužne crpke prikazane su na *Slici 3.*



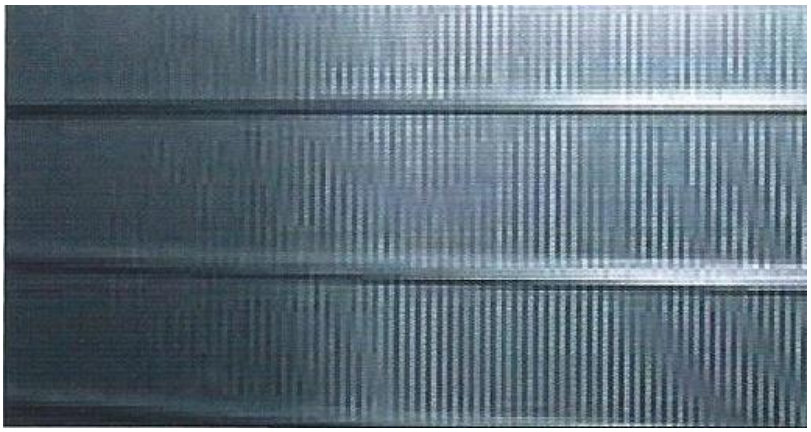
Slika 3. Pužna crpka

Gruba mehanička rešetka ima namjenu zadržavanja grubog otpada koji bi mogao oštetiti ulazne pužne crpke i drugu opremu. Taj izdvojeni otpad odnosi se prenosivom posudom do kontejnera za otpad.

Nakon prolaza otpadne vode kroz grubu mehaničku rešetku voda se usmjerava u razdjelni armirano - betonski žlijeb. Iz tog žlijeba otpadna se voda raspoređuje u odvojene kanale ulaznih pužnih crpki. Na svakom otvoru prema kanalu ulazne pužne crpke ugrađena je tipska zidna zapornica koja omogućuje zatvaranje kanala i crpke iz toka ulazne otpadne vode, čime se omogućuje servisiranje i remont pužne crpke [4].

Na svaki kanal ulazne pužne crpke ugrađena je vodilica (deflektor) koja usmjerava vodu prema centru puža, sprječava škropljenje i povećava koeficijent iskoristivosti crpke. U prvoj etapi izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda ugrađene su 4 crpke raznih kapaciteta, pri čemu je jedna je crpka uvijek pričuvna. Za drugu etapu ostavljen je još jedan prazni kanal za naknadno instaliranje još jedne crpke većeg kapaciteta. Otpadna se voda pomoću pužnih crpki diže na visinu od 6 m te daljnji proces teče gravitacijski.

U armirano - betonske žljebove ugrađene su dvije automatske rešetke, a u treći armirano - betonski obilazni žlijeb ugrađena je fina mehanička rešetka [4]. Na *Slici 4.* prikazana je fina rešetka.



Slika 4. Fina rešetka

Žljebovi i rešetke smješteni su u zatvorenoj hali. Ulazna otpadna voda usmjerava se kroz obilaznu rešetku samo u slučaju kvara jedne ili obiju finih automatskih rešetki. Svaki žlijeb finih automatskih rešetki i žlijeb obilazne mehaničke rešetke moguće je po potrebi isključiti iz toka otpadne vode pomoću žljebnih zapornica s ručnim pogonom [4].

Otpad s rešetke zgrće se grabljama na elektromotorni pogon i odbacuje pomoću rampe u lijevke cjevastog pužnog transportera ugrađenog ispod obiju finih automatskih rešetki (*Slika 5a)*. Pužnim transporterom djelomično se kompaktira izdvojeni otpad i takav odbacuje u kontejner smješten u prizemlju hale ispod pužnog cijevnog transportera (*Slika 5b).* Pužni cijevni transporter uključuje se povremeno pomoću grablji finih automatskih rešetki [4].



a) *b)*

Slika 5. a) cjevasti pužni transporter za otpad s automatskih rešetki
b) kontejneri za otpad s automatskih rešetki

Za aeraciju kanala pjeskolova - mastolova u posebnoj prostoriji u sklopu hale finih automatskih rešetki ugrađena su dva odgovarajuća puhala (kompresori za proizvodnju komprimiranog zraka do 0,4 bara) od kojih je jedno radno, a drugo pričuvno. Stlačeni se zrak posebnim cijevnim razvodom odvodi do aeracijskih grana u žijebovima pjeskolova-mastolova. Ova puhala služe za rad mamut crpki

kojima se vadi izdvojeni pijesak u pjeskolovu i transportira u strojni separator pijeska koji se također nalazi u hali automatskih rešetki.

Na glavni tlačni cjevovod komprimiranog zraka ugrađene su sekundarne vertikalne aeracijske grane *(Slika 6.)* koje završavaju horizontalnim uzdužnim aeratorima od perforiranih cijevi. Aeracijske grane priključuju se na glavni tlačni razdjelni cjevovod pomoću brzozatvarajućih zasuna, tako da je pojedinu granu moguće izvaditi iz žlijeba, a da se bitno ne poremeti sustav aeracije žljebova pjeskolova – mastolova [4].

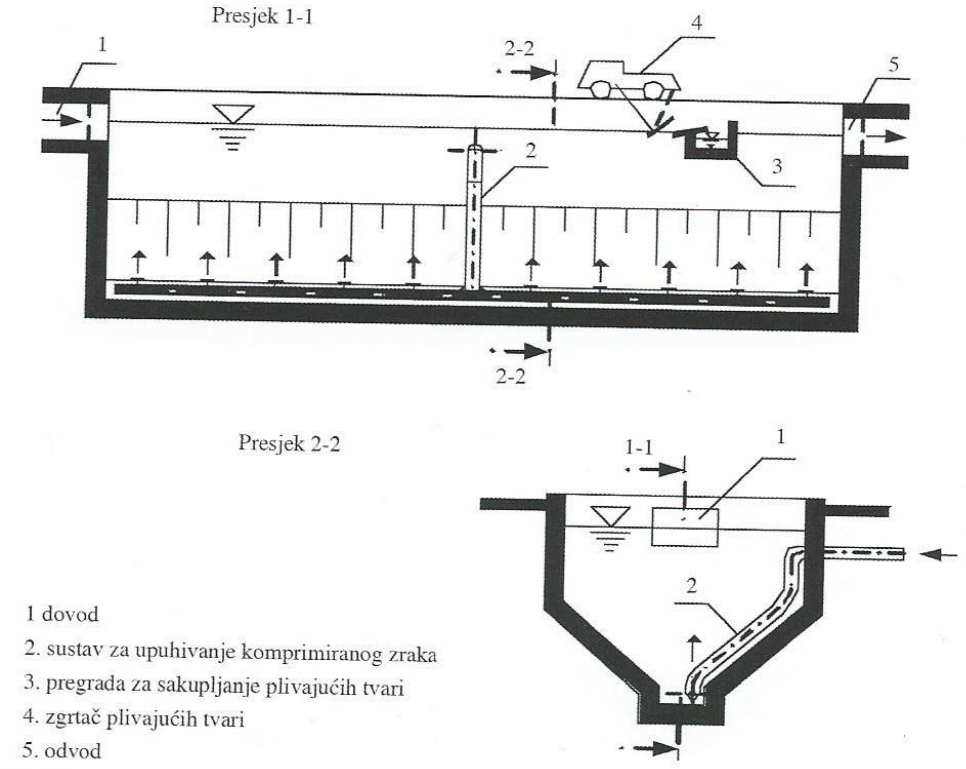


Slika 6. Sustav aeracije žljebova pjeskolova - mastolova

Iznad žljebova pjeskolova - mastolova ugrađen je elektromotorni most. Sastavljen je od cijevnog nosača mosta i dvojih voznih kola sa sinkroniziranim pogonskim elektromotorima. Na nosač i poslužni most pričvršćene su mamut crpke za crpljenje pijeska s dna oba kanala pjeskolova [4].

Prozračni jednokomorni i dvokomorni pjeskolov i mastolov primjenjuje se za uklanjanje površinskih masti i nečistoća te za odvajanje talnog mulja i pijeska. Za zgrtanje se rabi pokretni most sa zgrtačima i crpkama. Most je izveden u nosivoj čeličnoj zavarenoj konstrukciji duljine 15 m i antikorozivno zaštićen epoksidnim smolama. Za pogon mosta služe dva elektromotorna reduktora. Sinkronizacija rada reduktora izvedena je pomoću impulsnog davača informacija. Most je oslonjen na pogonske jedinice koje čine nosivi profili i kotači. Kotači su izvedeni s vijencem s unutarnje strane, što jamči sigurnu vožnju po tračnicama. Tračnice su željezničke i antikorozivno zaštićene, što daje dugi vijek trajanja.

Plivajuće masti zgrću se uronjenim zgrtačima koji su izvedeni od nehrđajućeg materijala. Zgrtači se podižu i spuštaju uz pomoć motoreduktora, što je prikazano na *Slici 7* [2].



Slika 7. Shematski prikaz prozračenoga jednokomornog mastolova

Na *Slici 8.* prikazani je prozračeni pjeskolov – mastolov na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.



Slika 8. Prozračeni pjeskolov – mastolov na uređaju u Čakovcu

Predviđen je rad i kretanje mosta, mamut crpki i zgrtala u intervalima koji ovise o količini izdvojenog pijeska i plivajućih tvari iz otpadne vode. Upravljanje radom mosta pjeskolova - mastolova, kao i puhalom za vađenje izdvojenog pijeska moguće je ručno i automatski pomoću računala [4].

U prizemlju hale automatskih rešetki ugrađen je strojni separator pijeska koji se sastoji od prihvatnog lijevka i cijevnog elektromotornog pužnog transportera. Tekući pijesak ubacuje se u zatvoreni lijevak gravitacijskim cjevovodom mamut crpki. U lijevku dolazi do taloženja pijeska na dno i površinskog odvajanja vode. Voda se s površine odvodi cjevovodom u sustav odvodnje zgrade. Istaloženi pijesak s dna lijevka zahvaća se pužnim transporterom i kosim cijevnim kanalom diže iznad separatora. U kosom transportu dolazi do daljnjeg ocjeđivanja pijeska, a izdvojena voda se vraća u separator. Ocijeđeni i separirani pijesak se kroz otvor na gornjem kraju cijevnog transportera ubacuje u kontejner za pijesak [4].

Pokraj pjeskolova - mastolova postoji mjerni žlijeb. U mjernom žlijebu instalirani su slijedeći mjerni instrumenti: mjerač protoka, pH-sonda i aparat za automatsko uzimanje uzoraka.

Na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda obavezno se postavljaju mjerni uređaji koji mjere količinu vode koja prolazi uređajem. Na mjestu gdje se mjeri protok moraju biti stvoreni odgovarajući uvjeti, koji daju podatke o kanalu na mjestu mjerača, dimenzije kanala, uzdužni pad i podatke o hrapavosti kanala, jer se iz tih uvjeta određuje krivulja Q-H. Na uređajima se najčešće primjenjuju Venturijev ili Parshallov mjerač, kao posebno projektiran objekt u kanalu sa slobodnim vodnim licem. Geometrijske značajke mjerača su takve da prisiljavaju vodni tok da prolazi kroz suženje i krunu preljeva s kritičnom dubinom tečenja. Na taj način nizvodni tok nema utjecaja na uzvodni, pa je protok moguće odrediti samo jednim mjerenjem dubine vode uzvodno od krune mjerača [2].

Aparat za automatsko uzimanje uzoraka postavljen je uz mjerni žlijeb u vodotijesni ormarić u kojem je automatski uzorkivač otpadne vode s 12 posuda za čuvanje 24-satnog kompozitnog uzorka otpadne vode i dozirna crpka koja crpi uzorke otpadne vode iz mjernog žlijeba. Automatika i doziranje uzoraka otpadne vode je proporcionalna s mjerenim protokom pa je ova crpka povezana s mjeračem protoka. Dnevno se kompozitni uzorci uzimaju iz ormarića za potrebe

laboratorijskih ispitivanja karakteristika otpadnih voda sa svrhom utvrđivanja ulaznih parametara i optimalizacije tehnološkog procesa čišćenja otpadne vode.

Za zgrtanje istaloženog mulja, plivajućeg mulja, evakuaciju primarnog mulja i mehanički očišćene otpadne vode u primarne taložnice ugrađena je slijedeća strojarska i hidrotehnička oprema: elektromotorni pokretni most sa zgrtalima istaloženog i plivajućeg mulja, potopne muljne crpke s pripadajućim tlačnim cjevovodima za evakuaciju primarnog mulja, preljevne letve i uronjene zavjese za mehanički pročišćenu otpadnu vodu, zidne pločaste zapornice na ručni pogon za usmjeravanje mehanički pročišćene otpadne vode k objektima biološkog pročišćavanja otpadnih voda ili obilaznici biološkog dijela pročistača i zasunska okna na tlačnom cjevovodu primarnog mulja [4].

Na kraju primarnih taložnica izveden je armirano - betonski preljevni i odvodni žlijeb. Na preljevne pragove žlijeba ugrađene su dvostrano nazubljene preljevne letve od nehrđajućeg čelika. Ispred prednjeg preljevnog praga ugrađena je i uronjena zavjesa od nehrđajućeg čelika koji sprečava prelijevanje masti, ulja i plivajućih tvari u izlaznu mehanički pročišćenu otpadnu vodu koja dalje gravitacijski otječe na biološki dio pročistača otpadnih voda.

U armirano - betonskom ispusnom oknu primarnih taložnica ugrađene su dvije tipske pločaste zapornice na ručni pogon. Njihova je zadaća usmjeriti mehanički pročišćene vode k odvodnom sifonskom cjevovodu prema bioaeracijskim spremnicima, ili u slučaju poremećaja i remonta na bioaeracijskim spremnicima, k obilaznom sifonskom cjevovodu u recipijent [4].

2.1.2. Biološko pročišćavanje otpadnih voda

Biološki proces obradbe otpadnih voda je razgradnja organskih tvari uz pomoć mikroorganizama. Biološko je pročišćavanje proces koji se odvija i u prirodnom okolišu. Mikroorganizmi, najčešće bakterije, apsorbiraju organsko onečišćenje i hranjive soli koje su raspršene ili otopljene u otpadnim vodama [2].

Biološke procese pri pročišćavanju otpadnih voda moguće je primijeniti ondje gdje su njihova onečišćenja biološki razgradiva i ne sadržavaju otrovne tvari

u kritičnim količinama. Biološki se procesi primjenjuju zato da se iz otpadnih voda ukloni organski ugljik te smanje fosforni i dušikovi spojevi (nitrifikacija i denitrifikacija) te stabilizira mulj otpadnih voda [2].

Biološki stupanj pročišćavanja sastoji se od dva bioaeracijska spremnika, pripadajuće kompresorske stanice, dviju sekundarnih taložnica te crpilišta povrata biološkog mulja i crpilišta viška biološkog mulja. Mehanički pročišćena otpadna voda dovodi se cjevovodom do centralno smještenog razdjelnog okna između bioaeracijskih spremnika. U isto razdjelno okno posebnim cjevovodom dovodi se i povratni biološki mulj, koji se trenutno miješa s mehanički pročišćenom otpadnom vodom te se tako pomiješana voda i mulj uvode u aeracijske spremnike [4].

Na *Slici 9.* nalaze se bioaeracijski spremnici na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.



Slika 9. Bioaeracijski spremnici

U bioaeracijske spremnike i pripadajuće okolne objekte ugrađena je slijedeća strojarska i hidrotehnička oprema: sustav tlačne aeracije, podvodni propelerni mješači, cijevni zasuni na glavnom razdjelnom oknu, glavno razdjelno okno bioaeracijskih spremnika, O_2-sonda u ispusnom oknu bioaeracijskog spremnika [4].

Zbog tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda vođenog računalom, aeraciju bioaeracijskih spremnika potrebno je u otpadnoj vodi pratiti sadržaj otopljenog kisika. Iz tog je razloga u ovom oknu na posebni nosač ugrađena automatska O_2-sonda pomoću koje se sadržaj kisika u smjesi i mjereni

podaci prenose u sustav procesorskog upravljanja te na osnovu memoriranih podataka automatski uključuju ili isključuju pojedina puhala (kompresori) u kompresorskoj stanici [4].

Biološko čišćenje obavlja se uz pomoć biološkog mulja (aerobnih i anaerobnih mikroorganizama) te je u bioaeracijskim spremnicima potrebno održavati optimalnu koncentraciju biološkog mulja. Isto tako u procesu čišćenja dolazi do hiperprodukcije mulja i odumiranja biološkog mulja. Zbog navedenih pojava potrebno je provoditi stalnu recirkulaciju biološkog mulja, koji se izdvaja u sekundarnim taložnicama u bioaeracijske spremnike, uz svakodnevno izuzimanje i evakuaciju viška biološkog mulja u primarne ugušćivače mulja.

Za zadovoljavanje ovih tehnoloških uvjeta ugrađena je sljedeća strojarska i hidrotehnička oprema u crpilište biološkog mulja: pužne crpke za povrat biološkog mulja, potopljene muljne crpke za izuzimanje viška biološkog mulja, potopljene muljne crpke za prebacivanje sekundarnog plivajućeg mulja, prateća hidrotehnička oprema. Na *Slici 10* je prikazano crpilište biljnog mulja [4].



Slika 10. Crpilište biljnog mulja

Za osiguranje optimalne funkcionalnosti i sigurnosti pogona sekundarnih taložnica i pratećih objekata, odnosno dovod smjese mulja i očišćene otpadne vode, odvod istaloženog mulja i odvod očišćene otpadne vode u taložnice te prateće objekte ugrađena je sljedeća strojarska i hidrotehnička oprema: dovodni sifonski cjevovodi s pripadajućim cijevnim zasunima, hidrotehnička oprema unutar

centralnih razdjelnih građevina sekundarnih taložnica, elektromotorni pokretni mostovi s podnim i površinskim zgrtalima, nazubljene preljevne letve i uronjene zavjese ispred preljeva, lijevak s odvodnim cjevovodom plivajućeg mulja i odvodni sifonski cjevovodi istaloženog biološkog mulja [4].

Naknadni taložnik drugi je objekt biološkog uređaja u kojemu se suspendirane tvari izdvajaju iz vode koja dotječe iz biološkog reaktora. Taloženje se odvija gravitacijski, a izdvajaju se bakterije koje moraju imati dobre karakteristike u odnosu na taloživost. Istaložene tvari su pretežito bakterije, koje se dijelom vraćaju u biološki reaktor (riječ je o aktivnom mulju), a višak se odvodi na obradu mulja kao organski mulj u kojemu se nalazi oko 1,0 % suspendirane krute tvari [2].

U taložnicama mora doći do razdvajanja mulja od vode, pri čemu se mogu pojaviti problemi kao što su:

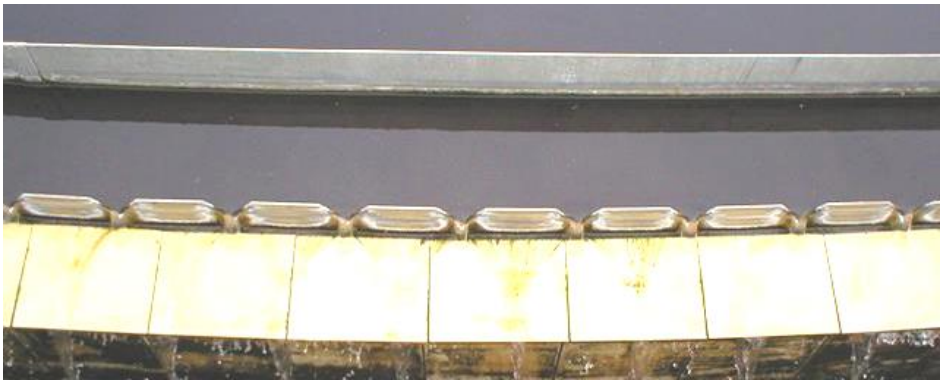
- mali broj flokula, zbog čega taloženje biva otežano,
- isplivavanje mulja, što prouzrokuje nekontroliranu denitrifikaciju,
- napuhivanje mulja,
- pjenjenje mulja [2].

Na *Slici 11.* prikazani je naknadni taložnik na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.



Slika 11. Naknadni taložnik na uređaju u Čakovcu

Na preljevne pragove ugrađuju se podesive nazubljene preljevne letve izrađene od nehrđajućeg čelika *(Slika 12).* Pomoću ovih letvi omogućuje se točno niveliranje preljevne visine i jednakomjerno prelijevanje očišćene i izbistrene otpadne vode po cijelom obodu taložnice, a time i uspostava idealnog laminarnog horizontalnog strujanja u taložnici uz postizanje dobrog efekta taloženja biološkog mulja i isplivavanja eventualno zaostalog plivajućeg i nadutog mulja [4].



Slika 12. Nazubljena preljevna letva i uronjena zavjesa ispred preljeva

U zgradu dozirne stanice za kemikalije (kisele i alkalne), prikazanoj na *Slici 13,* smješteni su spremnici s otopinama flokulanata (željezni III klorid - $FeCl_3$) i dezificijenta (natrijev hipoklorit – NaOCl). U zgradi su osim spremnika, smještene i membranske dozirne crpke s pripadajućim elektrorazvodnim i komandnim ormarićima. Pod zgrade izveden je kao vodonepropusna arimrano - betonska ploča zaštićena odgovarajućim premazima otpornim na kemikalije (otopine flokulanta i dezificijenta). Ispod dijela zgrade izvedeni su armirano - betonski spremnici za prihvat kemikalija kod eventualnih izvanrednih situacija. Unutarnje stjenke ovih spremnika isto su tako zaštićene odgovarajućim premazima otpornim na navedene kemikalije [4].



Slika 13. Dozirna stanica za kemikalije

2.2. Uzorkovanje vode i metode određivanja koncentracije pokazatelja kvalitete vode

Za provedbu analize fizikalno - kemijskih parametara kvalitete vode uzimaju se uzorci otpadne vode na ulazu i izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadne vode u Čakovcu. Provedba analize izvodi se u laboratoriju, koji se nalazi u sklopu uređaja za pročišćavanje otpadne vode.

Pokazatelji koji se svakodnevno analiziraju i čije se vrijednosti pohranjuju su: pH vrijednost, ukupni dušik, amonijev ion, nitrati, KPK (kemijska potrošnja kisika), BPK_5 (biokemijska potrošnja kisika), suspendirane tvari i fosfor [4].

Aparat za automatsko uzimanje uzoraka postavljen je uz mjerni žlijeb u vodotijesni ormarić u kojem je automatski uzorkivač otpadne vode s 12 posuda za čuvanje 24-satnog kompozitnog uzorka otpadne vode i dozirna crpka koja crpi uzorke otpadne vode iz mjernog žlijeba (*Slika 14*). Automatika i doziranje uzoraka otpadne vode je proporcionalna s mjerenim protokom, pa je ova crpka povezana s mjeračem protoka. Dnevno se kompozitni uzorci uzimaju iz ormarića za potrebe laboratorijskih ispitivanja karakteristika otpadnih voda sa svrhom utvrđivanja ulaznih pokazatelja i optimalizacije tehnološkog procesa čišćenja otpadne vode [4].

a) b)



Slika 14. a) automatski uzorkivač ulazne vode, b) posude u koje se spremaju uzorci

pH-vrijednost

Stupanj kiselosti ili lužnatosti otpadnih voda pokazuje njihova pH vrijednost. O tome stupnju ovise mnogi procesi obrade otpadnih voda, kao i njihov utjecaj na uvjete u prijemniku onda ako se otpadne vode ispuštaju bez prethodne obrade. Vode onečišćene industrijskim otpadom mogu imati nisku pH-vrijednost. Vode čija je pH-vrijednost niska korozivne su. Prirodne vode imaju pH-vrijednost u granicama od 5,5 do 8,6 [2].

Mjerenju pH vrijednosti prethodi kalibracija uređaja puferom poznate pH vrijednosti. Razlog odabira pufera određene pH vrijednosti je očekivana vrijednost pH uzoraka. Za otpadne vode koje dolaze na pročistač u Čakovcu pH vrijednosti pufera su 7 i 10. Budući da pH ovisi o temperaturi, potrebno je zagrijati uzorak na 20 °C te je potrebno naznačiti temperaturu na kojoj će se ispitivanje provoditi. pH sonda stavlja se u uzorak te se očita prikazana vrijednost na pH-metru [4].

Amonijev ion

U kućanskim otpadnim vodama 60 % dušika nalazi se u obliku amonijaka, a 40 % u organskom obliku. Amonijak (NH_3) se nalazi kao plin otopljen u vodi te je u ravnoteži s amonijevim ionom (NH_4^+), što ovisi o pH-vrijednosti i temperaturi vode. Amonijak, kao i organski dušik, nisu poželjni u vodi jer troše kisik za svoju oksidaciju. Prisutnost amonijevih iona i amonijaka indikator je mikrobne razgradnje organskih tvari koje sadržavaju dušik. Ako u vodi postoje bakterije koje nitrificiraju, one amonijak prevode u nitratne ione. U takvim vodama opada koncentracija amonijaka, a raste koncentracija nitrata [2].

Amonijak je određivan *HACH DR 4000 U* spektrofotometrom u koncentracijskim područjima:

- 0,0 – 1,6 mg/L NH_3 – N
- 0,0 – 0,2 mg/L NH_4^+ - N

U odmjernu tikvicu od 50 ml odmjeri se 40 ml uzorka te se doda 4 ml salicilat – citratne otopine i 4 ml otopine reagensa (smjesa NaOH i Na – diklorizo – cijanourat). Odmjernu tikvicu potrebno je nadopuniti destiliranom vodom do oznake i promućkati. Kao slijepa proba uzeta je destilirana voda. Nakon što se provede slijepa proba, na zaslonu spektrofotometra automatski se pojavi vrijednost koncentracije amonijaka izražena u mg/L [4].

Nitrati

Visoka koncentracija nitrata u vodi može biti pokazatelj završnog stupnja stabilizacije biološkog otpada ili toga da voda potječe s jako nagnojenih polja. Nitrati se mogu naći u vodama svih vrsta. Nitrati u vodama nastali nitrifikacijom su znak onečišćenja kanalizacijskim vodama ili onečišćenja s tla tretirana stajskim i mineralnim gnojivom [2].

Nitrati se određuju *HACH DR 4000 U* spektrofotometrom u koncentracijskom području 0,0 – 10,0 mg/L NO_3^- - N. U Erlenmeyerovu tikvicu od 100 ml odmjeri se 50 ml uzorka, doda se 1 ml 1M HCl i promiješa se. Apsorbancija

se mjeri pri valnoj duljini od 220 nm (UV područje) u odnosu na slijepu probu. Kao slijepa proba uzeta je destilirana voda. Na zaslonu spektrofotometra automatski se očita koncentracija nitrata u mg/L NO_3^- - N [4].

Kemijska potrošnja kisika KPK

Voda sadržava različite količine primjesa koje mogu oksidirati u dodiru s raznim oksidansima. Metoda određivanja kemijske potrošnje kisika zasniva se na određivanju udjela kisika koji će se potrošiti za oksidaciju neke tvari/nečistoća u vodi, a na osnovi redukcije otopina bikromata pod posebnim uvjetima. Kemijska potrošnja kisika (KPK) je masena koncentracija kisika potrebna da pod određenim uvjetima oksidiraju tvari otopljene i suspendirane u 1 L vode (mg O_2/L).

KPK se smatra indikatorom ukupnog opterećenja u vodi, a najveći udio upravo je opterećenje organskom tvari. Budući da i mnoge anorganske tvari mogu oksidirati, KPK je vrijednost kojom se procjenjuje ukupno onečišćenje vode. Razlikuje se ukupna i djelomična oksidativnost. Ukupna oksidativnost ili KPK uključuje sve tvari koje mogu oksidirati, a određuje se utroškom kalij-bikromata ($K_2Cr_2O_7$) u sumporno-kiseloj otopini [2].

Kemijska potrošnja kisika) određuje se *HACH DR 4000 U* spektrofotometrom u koncentracijskom području 0,0 – 1000 mg/L O_2. Reagens se priprema na način da se otopine pomiješaju sljedećim redoslijedom:

- $K_2Cr_2O_7$ (kalijev dikromat) – 75 ml
- $HgSO_4$ (živin (II) sulfat) – 30 ml
- Ag_2SO_4 (srebrov sulfat) – 375 ml

Volumen od 3,2 ml pripremljenog reagensa odmjeri se u čiste kivete koje se začepe i čuvaju od utjecaja svjetlosti na sobnoj temperaturi. U pripremljene kivete stavi se 2 ml uzorka otpadne vode, dobro se zatvori čepom i promiješa okretanjem kivete. Kivete se stave u KPK – reaktor i kuhaju se 2 sata na temperaturi od 150 ^{0}C. Slijepa proba priprema se na isti način s destiliranom vodom. Nakon kuhanja uzorak se ohladi do 60 ^{0}C ili manje te se kivete promiješaju. Kad se kivete ohlade do sobne temperature, mjeri se apsorbancija pri valnoj duljini od 600 nm u odnosu

na slijepu probu. Na zaslonu spektrofotometra automatski se pojavi rezultat KPK vrijednosti u mg/L O_2 [4].

Biokemijska potrošnja kisika BPK_5

Vrijednost BPK_5 jedna je od bitnih značajaka otpadnih voda. Biokemijska potrošnja kisika je empirijski test u kojem se standardni laboratorijski procesi upotrebljavaju za određivanje potrošnje kisika za biološku oksidaciju tvari u otpadnim vodam, izlaznom toku i onečišćenim vodama. Test ima najširu primjenu u mjerenju opterećenja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i procjeni uspješnosti uklanjanja svih onih tvari koje za svoju razgradnju u sustavu pročišćavanja troše kisik [2].

BPK_5 određuje se Oxitop uređajem (*Slika 15.*). Temperatura uzorka podesi se na 20 ^{0}C, a pH na 6 - 8. U staklenu tikvicu ili menzuru odmjeri se određeni volumen homogeniziranog uzorka (ovisno o očekivanoj koncentraciji utrošenog kisika u mg/L nakon 5 dana) te se prebaci u bočicu od tamnog stakla. Doda se određeni broj kapi inhibitora nitrifikacije (1 kap na 50 ml uzorka), stavi se magnetić u bočicu i gumeni nastavak na grlo bočice u koji se stave dvije granule NaOH. Bočica se zatvori Oxitop-om te se nulira istovremenim pritiskom na tipke S i M dok se na zaslonu ne prikažu dvije nule (00). Stavi se u prethodno podešen termostat na 20 ± 1 ^{0}C, tako da se magnetić u bočici okreće. Nakon 5 dana očita se rezultat. [4].



Slika 15. Mjerni uređaj ”Oxitop”

Suspendirana tvar

Suspendirane ili raspršene tvari u vodama mogu biti organskog i anorganskog porijekla. Povećane koncentracije suspendirane tvari u odnosu na prirodne značajke vodnog sustava, ukazuju na utjecaj ispuštenih opadnih voda

naselja, industrije, poljoprivrede i sl. Suspendirane tvari djeluju kao onečišćivać vode, i to u estetskom, ekološkom te u zdrastvenom smislu. Takve tvari čine vodu mutnom te neupotrebljivom za vodoopskrbu, razonodu i sl. [1].

Osušen i u eksikatoru ohlađen filter papir potrebno je vagnuti i zabilježiti odvagu. Filter papiri koji se koriste su:

- crna traka, Ø = 55 mm – za uzorak ulazne vode i uzorke bio 1 i bio 2
- sa staklenom fazom, Ø = 55 mm – za uzorak povrata mulja
- celuloza nitratni, Ø = 50 mm – za uzorak izlazne vode.

Filter papir stavi se na vakuum sisaljku te se ispere malom količinom destilirane vode. Određeni volumen izmiješanog uzorka (ovisno o količini suspendirane tvari koja se očekuje) profiltrira se preko filter papira, ispere se malom količinom destilirane vode te se stavi u sušionik na 105 ^{0}C oko 60 minuta. Osušeni filter papir stavi se u eksikator na hlađenje najmanje 30 – 60 minuta, zatim se važe i zabilježi odvaga. Ukoliko se određuje i postotak organske tvari u uzorku, filter papir s talogom stavi se u porculansku zdjelicu i spali na 600 ^{0}C na način da se zdjelica s filter papirom stavi u peć za žarenje i drži do pojave plamena, a zatim se otvore vrata peći dok se plamen ne ugasi. Ponovno se zatvore vrata i zdjelica s filter papirom se ostavi u peći 15 minuta. Spaljeni filter papir stavi se u eksikator na hlađenje u trajanju od 60 minuta, važe se i zabilježi odvaga [4].

Ukupni fosfor

Fosfati se određuju pomoću volfram-molibdenova reagensa, s kojim daju modro obojenje. Da bi se odredio ukupni fosfor, uzorak se najprije mora spaliti („mokro“ spaljivanje koncentriranom sulfatnom kiselinom i vodikovim peroksidom), pri čemu svi fosforni spojevi prelaze u ortofosfate. Nakon toga se volfram-molibdenovim reagensom određuje ukupna količina ortofosfata. Fosfati se razgrađuju u vodnim sustavima, ali jako sporo [2].

2.3. Baza podataka

Mjerenja su provedena u laboratoriju na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu. Uzorci otpadne vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda su uzimani svakih 15 minuta. Nakon 24 sata svi se uzorci spajaju u jedan kompozitni uzorak.

Za svaki mjesec podaci su prikazani u zasebnoj radnoj knjizi u programu Excel [6,7,8,9,10,11]. Svaki od pokazatelja kvalitete vode u toj knjizi ima svoj radni list gdje se nalazi grafički prikaz pripadnog vremenskog niza za dotični datum. Svi podaci prikazani su u radnom listu pod nazivom „Tablica“ gdje svaki dan u promatranom mjesecu ima svoj redak, a svaki pokazatelj kvalitete vode ima svoj stupac. Izvorna baza podataka [6,7,8,9,10,11] priložena je na CD-u.

Za potrebe ovog diplomskog rada uzeti su podaci iz radnog lista „Tablica“ i to samo za one pokazatelje kvalitete vode koji su obrađivani u ovom radu. Jedan dio baze podataka prikazan je na *Slici 16*.

MEĐIMURSKE VODE d.o.o.
ČAKOVEC, Mihovljanska 68
LABORATORIJSKO IZVIJEŠĆE O RADU BIOLOŠKOG UREĐAJA ZA MJESEC

Datum	Reducirani datum	Protok m^3/h	Količina m^3/d	pH		KPK mgO_2/L		BPK_5 mgO_2/L		Suspendirana tvar mg/L		Suha tvar mg/L		FOSFOR: Ukupni fosfor mg/L		FOSFOR: $P\text{-}PO_4$ mg/L		DUŠIK: Tot-N mg/L		DUŠIK: $NH_4\text{-}N$ mg/L		
				ulaz sred	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz-NEF	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz	izlaz	ulaz
2014.08.01.	1	731,03	17544,7	18,0	7,6	7,8	146,0	10,0	46,0	0,0	106,0	3,0			1,4	2,2	1,1	1,8	11,4	3,2	6,7	0,1	2,7
2014.08.02.	2	732,66	17583,8	16,9	7,7	7,8	348,0	13,0	110,0	0,0	276,0	2,0	678,0	406,0	1,7	3,3	1,4	1,7	11,6	3,7	7,0	0,1	2,8
2014.08.03.	3	735,55	17653,2	16,9	7,8	7,9	343,0	12,0	105,0	1,0	252,0	10,0	680,0	444,0	2,2	1,7	1,7	1,6	13,0	4,7	8,2	0,1	3,5
2014.08.04.	4	737,19	17692,6	16,9	7,8	7,8	204,0	13,0	90,0	2,0	154,0	16,0	648,0	474,0	2,1	1,9	1,7	1,7	15,1	5,5	9,3	0,1	2,4
2014.08.05.	5	742,79	17827,0	16,9	8,0	7,9	162,0	9,0	68,0	0,0	111,0	7,0	580,0	316,0	2,8	1,7	1,9	1,7	17,4	5,6	9,9	0,2	2,9
2014.08.06.	6	739,72	17753,3	16,8	7,8	7,9	232,0	11,0	100,0	1,0	130,0	5,0	606,0	468,0	2,0	1,8	1,8	1,6	14,2	4,9	10,7	0,2	3,5
2014.08.07.	7	679,01	16296,2	16,8	7,8	7,9	496,0	11,0	210,0	1,0	278,0	6,0	816,0	472,0	2,8	2,2	2,3	1,8	20,2	4,6	11,2	0,2	3,5
2014.08.08.	8	642,00	15408,0	16,9	7,7	7,9	368,0	9,0	120,0	0,0	226,0	4,0			2,8	1,8	2,2	1,8	16,3	5,9	10,6	0,1	1,3
2014.08.09.	9	730,66	17535,8	17,0	7,7	7,9	360,0	13,0	150,0	0,0	226,0	3,0	706,0	498,0	2,8	1,8	2,3	1,8	21,1	6,5	10,9	0,1	1,6
2014.08.10.	10	537,98	12911,5	16,7	7,8	8,0	336,0	14,0	120,0	1,0	226,0	4,0	678,0	464,0	2,4	1,8	2,0	1,8	18,4	5,0	9,7	0,1	3,1
2014.08.11.	11	622,63	14943,1	17,2	8,0	7,9	312,0	26,0	140,0	2,0	142,0	6,0	744,0	490,0	3,1	1,8	2,2	1,8	19,8	4,3	12,4	0,1	2,9
2014.08.12.	12	727,23	17453,5	17,3	7,9	7,9	393,0	17,0	160,0	3,0	230,0	11,0	776,0	526,0	3,1	1,6	2,2	1,5	22,2	3,8	13,1	0,2	3,5
2014.08.13.	13	630,73	15137,5	17,1	7,9	7,9	385,0	30,0	150,0	1,0	246,0	6,0	796,0	536,0	2,3	1,5	2,3	1,5	23,0	4,5	13,0	0,1	3,7
2014.08.14.	14	727,88	17469,1	18,3	7,7	7,9	188,0	18,0	55,0	1,0	152,0	7,0			0,7	2,0	0,7	1,8	6,1	2,5	1,7	0,0	3,1
2014.08.15.	15	1027,33	24655,9	16,9	7,7	7,9	100,0	10,0	30,0	1,0	206,0	5,0			0,6	1,6	0,5	1,3	14,4	3,4	2,9	0,0	5,4
2014.08.16.	16	1181,07	28345,7	16,4	7,7	8,0	159,0	5,0	55,0	1,0	118,0	5,0	532,0	356,0	0,8	1,2	0,7	1,2	10,0	4,2	6,3	0,0	3,7
2014.08.17.	17	1176,76	28242,2	16,3	7,8	8,0	286,0	19,0	80,0	1,0	220,0	14,0	634,0	416,0	1,2	1,4	0,8	1,2	9,0	4,7	4,6	0,0	4,1
2014.08.18.	18	1185,17	28444,1	16,6	7,8	7,9	235,0	4,0	80,0	2,0	188,0	9,0	648,0	464,0	1,6	1,0	1,0	1,0	14,5	6,2	6,9	0,0	4,2
2014.08.19.	19	1193,21	28637,0	16,8	7,9	7,9	346,0	21,0	110,0	2,0	254,0	13,0	782,0	492,0	1,4	1,6	1,1	1,5	12,1	4,9	7,6	0,1	3,4
2014.08.20.	20	1197,50	28740,0	16,9	8,0	7,9	322,0	12,0	100,0	1,0	272,0	9,0	726,0	470,0	1,9	1,2	1,3	1,0	13,5	4,6	7,8	0,1	4,0

Slika 16. Dio baze podataka

Pomoću tih podataka analizirana je učinkovitost uređaja, a rezultati su prikazani u Poglavlju 2.4.

2.4. Ocjena učinkovitosti uređaja

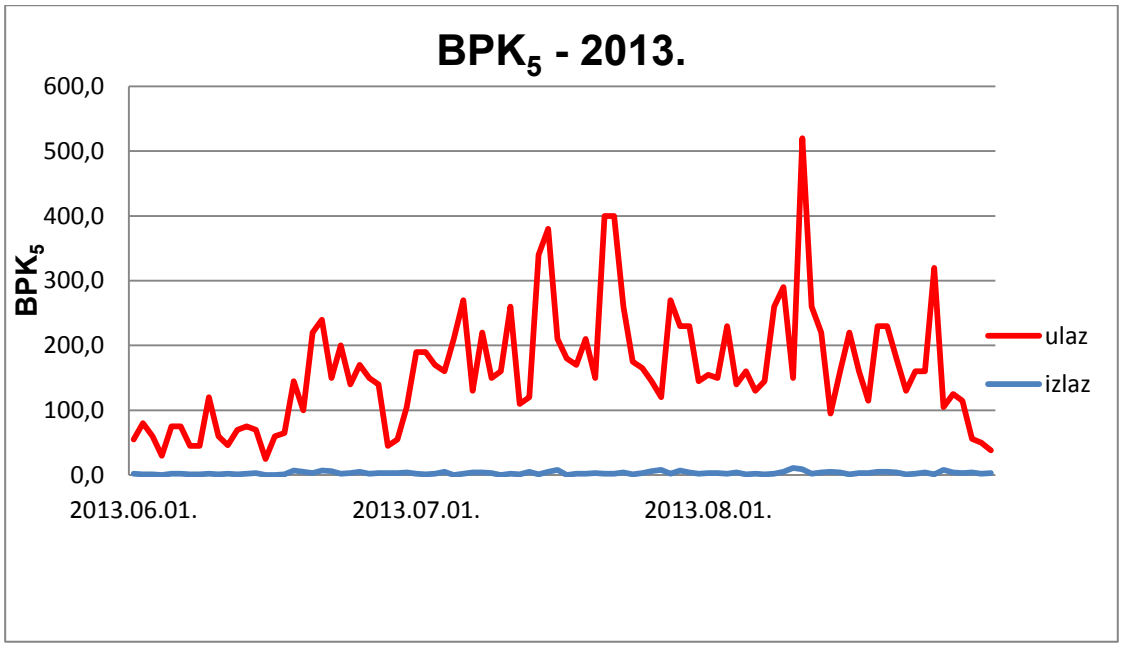
Ocjena učinkovitosti uređaja nam pokazuje efikasnost rada uređaja. Možemo ju odrediti pomoću ove formule:

$$smanjenje = 100 - \left(\frac{izlaz}{ulaz} \times 100\right) [\%]$$

gdje nam *smanjenje* pokazuje koliko puta se pojedini pokazatelj kvalitete vode s obzirom na ulaznu koncentraciju smanjuje u odnosu na izlaznu koncentraciju. Smanjenje koncentracije se izražava u postocima.

U *Tablici 1.* prikazane su ulazne i izlazne vrijednosti koncentracije BPK_5 u lipnju, srpnju i kolovozu 2013. godine na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.

Na *Slici 17.* prikazani je graf gdje je crvenom bojom označena koncentracija na ulazu u uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, a plavom bojom prikazane su izlazne koncentracije iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu u periodu od 01. lipnja 2013. do 31. kolovoza 2013. godine. Iz grafa se vidi smanjenje koncentracije koncentracije BPK_5 na izlazu u odnosu na ulaz.



Slika 17. Ulazne i izlazne vrijednosti BPK_5 u lipnju, srpnju i kolovozu 2013. godine

Tablica 1. Prikaz baze podataka za BPK_5 u lipanju, srpnju i kolovozu 2013. godine

Datum	BPK_5 (mgO_2/L)		Datum	BPK_5 (mgO_2/L)		Datum	BPK_5 (mgO_2/L)	
	ulaz	izlaz		ulaz	izlaz		ulaz	izlaz
01.06.2013.	55,0	2,0	**01.07.2013.**	190,0	2,0	**01.08.2013.**	155,0	3,0
02.06.2013.	80,0	1,0	**02.07.2013.**	190,0	1,0	**02.08.2013.**	150,0	3,0
03.06.2013.	60,0	1,0	**03.07.2013.**	170,0	2,0	**03.08.2013.**	230,0	2,0
04.06.2013.	30,0	0,0	**04.07.2013.**	160,0	5,0	**04.08.2013.**	140,0	4,0

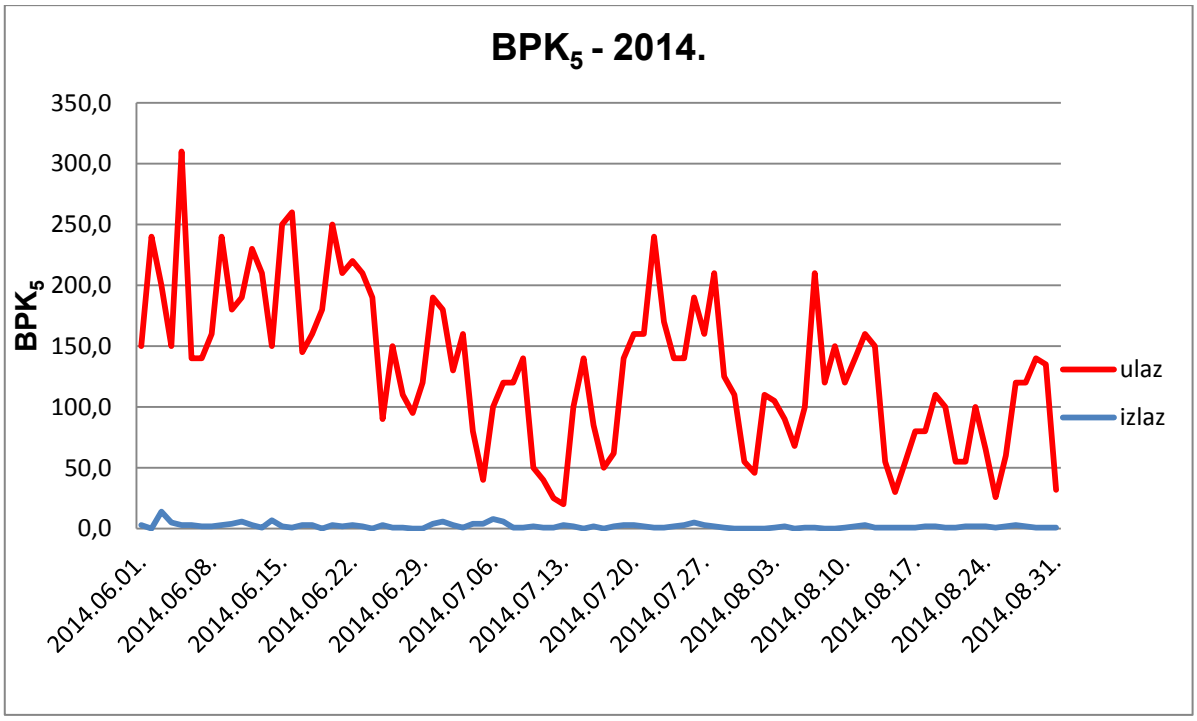
05.06.2013.	75,0	2,0	**05.07.2013.**	210,0	0,0	**05.08.2013.**	160,0	1,0
06.06.2013.	75,0	2,0	**06.07.2013.**	270,0	2,0	**06.08.2013.**	130,0	2,0
07.06.2013.	45,0	1,0	**07.07.2013.**	130,0	4,0	**07.08.2013.**	145,0	1,0
08.06.2013.	45,0	1,0	**08.07.2013.**	220,0	4,0	**08.08.2013.**	260,0	2,0
09.06.2013.	120,0	2,0	**09.07.2013.**	150,0	3,0	**09.08.2013.**	290,0	5,0
10.06.2013.	60,0	1,0	**10.07.2013.**	160,0	0,0	**10.08.2013.**	150,0	11,0
11.06.2013.	46,0	2,0	**11.07.2013.**	260,0	2,0	**11.08.2013.**	520,0	9,0
12.06.2013.	70,0	1,0	**12.07.2013.**	110,0	1,0	**12.08.2013.**	260,0	2,0
13.06.2013.	75,0	2,0	**13.07.2013.**	120,0	5,0	**13.08.2013.**	220,0	4,0
14.06.2013.	70,0	3,0	**14.07.2013.**	340,0	1,0	**14.08.2013.**	95,0	5,0
15.06.2013	25,0	0,0	**15.07.2013**	380,0	5,0	**15.08.2013**	160,0	4,0
16.06.2013.	60,0	0,0	**16.07.2013.**	210,0	8,0	**16.08.2013.**	220,0	1,0
17.06.2013.	65,0	1,0	**17.07.2013.**	180,0	0,0	**17.08.2013.**	160,0	3,0
18.06.2013.	145,0	7,0	**18.07.2013.**	170,0	2,0	**18.08.2013.**	115,0	3,0
19.06.2013.	100,0	5,0	**19.07.2013.**	210,0	2,0	**19.08.2013.**	230,0	5,0
20.06.2013.	220,0	3,0	**20.07.2013.**	150,0	3,0	**20.08.2013.**	230,0	5,0
21.06.2013.	240,0	7,0	**21.07.2013.**	400,0	2,0	**21.08.2013.**	180,0	4,0
22.06.2013.	150,0	6,0	**22.07.2013.**	400,0	2,0	**22.08.2013.**	130,0	1,0
23.06.2013.	200,0	2,0	**23.07.2013.**	260,0	4,0	**23.08.2013.**	160,0	2,0
24.06.2013.	140,0	3,0	**24.07.2013.**	175,0	1,0	**24.08.2013.**	160,0	4,0
25.06.2013.	170,0	5,0	**25.07.2013.**	165,0	3,0	**25.08.2013.**	320,0	1,0
26.06.2013.	150,0	2,0	**26.07.2013.**	145,0	6,0	**26.08.2013.**	105,0	8,0
27.06.2013.	140,0	3,0	**27.07.2013.**	120,0	8,0	**27.08.2013.**	125,0	4,0
28.06.2013.	45,0	3,0	**28.07.2013.**	270,0	2,0	**28.08.2013.**	115,0	3,0
29.06.2013.	55,0	3,0	**29.07.2013.**	230,0	7,0	**29.08.2013.**	56,0	4,0
30.06.2013.	105,0	4,0	**30.07.2013.**	230,0	4,0	**30.08.2013.**	50,0	2,0
			31.07.2013.	145,0	2,0	**31.08.2013.**	38,0	3,0

Tablica 2. Prikaz baze podataka za BPK_5 u lipanju, srpnju i kolovozu 2014. godine

Datum	**BPK_5 (mgO_2/L)**		**Datum**	**BPK_5 (mgO_2/L)**		**Datum**	**BPK_5 (mgO_2/L)**	
	ulaz	**izlaz**		**ulaz**	**izlaz**		**ulaz**	**izlaz**
01.06.2014.	150,0	3,0	**01.07.2014.**	180,0	6,0	**01.08.2014.**	46,0	0,0
02.06.2014.	240,0	0,0	**02.07.2014.**	130,0	3,0	**02.08.2014.**	110,0	0,0
03.06.2014.	200,0	14,0	**03.07.2014.**	160,0	1,0	**03.08.2014.**	105,0	1,0
04.06.2014.	150,0	5,0	**04.07.2014.**	80,0	4,0	**04.08.2014.**	90,0	2,0

05.06.2014.	310,0	3,0	**05.07.2014.**	40,0	4,0	**05.08.2014.**	68,0	0,0
06.06.2014.	140,0	3,0	**06.07.2014.**	100,0	8,0	**06.08.2014.**	100,0	1,0
07.06.2014.	140,0	2,0	**07.07.2014.**	120,0	6,0	**07.08.2014.**	210,0	1,0
08.06.2014.	160,0	2,0	**08.07.2014.**	120,0	1,0	**08.08.2014.**	120,0	0,0
09.06.2014.	240,0	3,0	**09.07.2014.**	140,0	1,0	**09.08.2014.**	150,0	0,0
10.06.2014.	180,0	4,0	**10.07.2014.**	50,0	2,0	**10.08.2014.**	120,0	1,0
11.06.2014.	190,0	6,0	**11.07.2014.**	40,0	1,0	**11.08.2014.**	140,0	2,0
12.06.2014.	230,0	3,0	**12.07.2014.**	25,0	1,0	**12.08.2014.**	160,0	3,0
13.06.2014.	210,0	1,0	**13.07.2014.**	20,0	3,0	**13.08.2014.**	150,0	1,0
14.06.2014.	150,0	7,0	**14.07.2014.**	100,0	2,0	**14.08.2014.**	55,0	1,0
15.06.2014	250,0	2,0	**15.07.2014**	140,0	0,0	**15.08.2014**	30,0	1,0
16.06.2014.	260,0	1,0	**16.07.2014.**	85,0	2,0	**16.08.2014.**	55,0	1,0
17.06.2014.	145,0	3,0	**17.07.2014.**	50,0	0,0	**17.08.2014.**	80,0	1,0
18.06.2014.	160,0	3,0	**18.07.2014.**	62,0	2,0	**18.08.2014.**	80,0	2,0
19.06.2014.	180,0	0,0	**19.07.2014.**	140,0	3,0	**19.08.2014.**	110,0	2,0
20.06.2014.	250,0	3,0	**20.07.2014.**	160,0	3,0	**20.08.2014.**	100,0	1,0
21.06.2014.	210,0	2,0	**21.07.2014.**	160,0	2,0	**21.08.2014.**	55,0	1,0
22.06.2014.	220,0	3,0	**22.07.2014.**	240,0	1,0	**22.08.2014.**	55,0	2,0
23.06.2014.	210,0	2,0	**23.07.2014.**	170,0	1,0	**23.08.2014.**	100,0	2,0
24.06.2014.	190,0	0,0	**24.07.2014.**	140,0	2,0	**24.08.2014.**	65,0	2,0
25.06.2014.	90,0	3,0	**25.07.2014.**	140,0	3,0	**25.08.2014.**	26,0	1,0
26.06.2014.	150,0	1,0	**26.07.2014.**	190,0	5,0	**26.08.2014.**	60,0	2,0
27.06.2014.	110,0	1,0	**27.07.2014.**	160,0	3,0	**27.08.2014.**	120,0	3,0
28.06.2014.	95,0	0,0	**28.07.2014.**	210,0	2,0	**28.08.2014.**	120,0	2,0
29.06.2014.	120,0	0,0	**29.07.2014.**	125,0	1,0	**29.08.2014.**	140,0	1,0
30.06.2014.	190,0	4,0	**30.07.2014.**	110,0	0,0	**30.08.2014.**	135,0	1,0
			31.07.2014.	55,0	0,0	**31.08.2014.**	32,0	1,0

U *Tablici 2*. prikazani su podaci za koncentraciju BPK_5 u vremenskom periodu od 1. lipnja 2014. do 31. kolovoza 2014. godine. BPK_5 se smanjuje za više od 90 % te su grafički prikazi na *Slici 18*.



Slika 18. Ulazne i izlazne vrijednosti BPK_5 u lipnju, srpnju i kolovozu 2014. godine

Prema podacima iz *Tablice 1.* gdje je 1. lipnja 2013. godine ulazna koncentracija BPK_5 55 mgO_2/L, a izlaznu 2 mgO_2/L, izračuna se smanjenje koncentracije:

$$smanjenje = 100 - \left(\frac{2}{55} \times 100\right) = 96{,}36\ \%$$

Dobiveno je smanjenje koncentracije BPK_5 od 96,36 % s obzirom na ulaznu i izlaznu koncentraciju.

Smanjenje koncentracije BPK_5 za *lipanj 2013*. godine iznosi:

$$smanjenje = 100 - \left(\frac{2{,}5}{97{,}2} \times 100\right) = 97{,}43\ \%$$

Te smanjenje koncentracije BPK_5 na izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda za lipanj, srpanj i kolovoz zajedno, tj. smanjenje za 2013. godinu bilo bi:

$$smanjenje = 100 - \left(\frac{3}{161{,}9} \times 100\right) = 98{,}15\ \%$$

gdje je uzeta prosječna vrijednost ulazne i izlazne koncentracije BPK_5.

Pomoću iste formule izračunato je smanjenje koncentracije BPK_5 za 2014. godinu te prikazano u *Tablici 3.*

Tablica 3. Prikaz smanjenja koncentracije BPK_5 u 2014. godini

2014.	ulaz	izlaz	smanjenje (%)
01.06.2014.	150 mgO_2/L	3 mgO_2/L	98,00 %
lipanj	184 mgO_2/L	2,8 mgO_2/L	98,48 %
2014. (lipanj, srpanj, kolovoz)	132,05 mgO_2/L	2,13 mgO_2/L	98,39 %

Prema rezultatima koji su dobiveni izračunom vidi se da se u drugom stupnju pročišćavanja koncentracija BPK_5 smanjuje za više od 90 %, što potvrđuje efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.

U *Tablici 4.* prikazano je smanjenje za svaki pokazatelj kvalitete vode u 2013. i 2014. godini. Kod koncentracije pH i nitrata dobiveno je negativno smanjenje što znači da ne dolazi do smanjenja koncentracije, nego do povećanja koncentracije na izlazu u odnosu na ulaz. Ostali pokazatelji kvalitete vode imaju značajna smanjenja na izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Najveća smanjenja koncentracije imaju: KPK, BPK_5, suspendirana tvar i amonijev ion.

Tablica 4. Prikaz smanjenja u 2013. i 2014. godini

	2013.			2014.		
	ulaz	**izlaz**	**smanjenje (%)**	**ulaz**	**izlaz**	**smanjenje (%)**
pH	7,8	7,9	**-1,28**	7,8	7,8	**0,00**

KPK	380,8	21,9	**94,25**	333,1	21,7	**93,49**
BPK_5	161,9	3,0	**98,15**	132,05	2,13	**98,39**
Susp. tvar	252,7	7,4	**97,07**	219,8	10,2	**95,36**
Suha tvar	718,0	454,3	**36,73**	678,1	452,2	**33,31**
Uk. P	3,2	1,9	**40,63**	2,9	1,8	**37,93**
$P\text{-}PO_4$	2,2	1,5	**31,82**	2,2	1,6	**27,27**
Uk. N	18,9	6,3	**66,67**	18,0	6,5	**63,89**
$NH_4\text{-}N$	10,0	0,7	**93,00**	10,1	1,3	**87,13**
$NO_3\text{-}N$	4,1	4,5	**-9,76**	3,1	4,5	**-45,16**

3. KORELACIJSKA ANALIZA

Analizirana je povezanost između ulaznih i izlaznih vrijednosti istovrsnih pokazatelja kvalitete vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu te je izračunata korelacija između različitih vremenskih nizova ulaznih i izlaznih vrijednosti.

Analiza je provedena u programu Excel i određivane su vrijednosti koeficijenta korelacije (r) i koeficijenta determinacije (R^2).

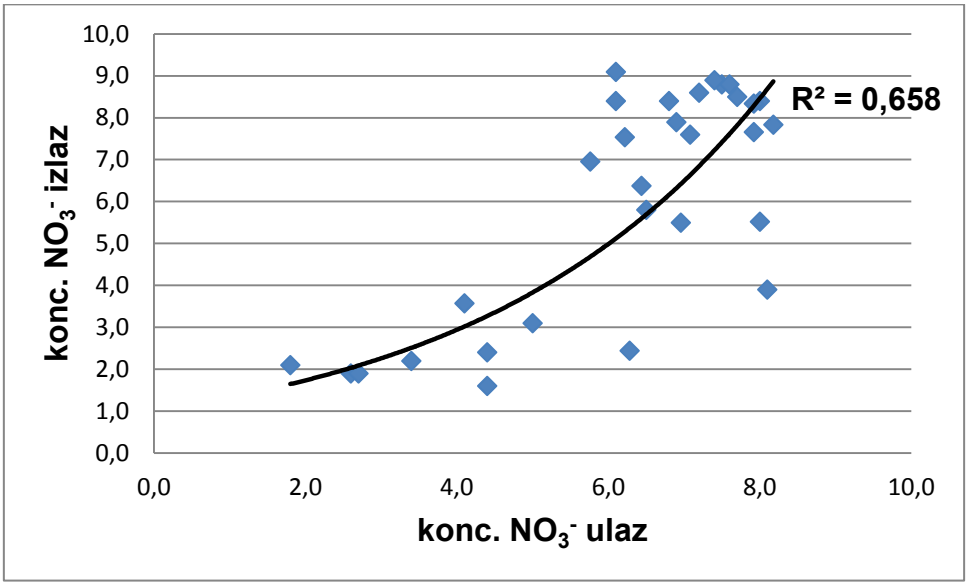
3.1. Analiza povezanosti između ulaznih i izlaznih vrijednosti istovrsnih pokazatelja kvalitete vode

Postoje pet tipova povezanosti pomoću kojeg možemo izraziti koeficijent determinacije (R^2), a prikazani su u *Tablici 5*.

Tablica 5. Tipovi povezanosti i njihova opća jednadžba

Tip povezanosti	Opća jednadžba
eksponencijalan	$y = ae^{bx}$
linearan	$y = ax + b$
logaritamski	$y = aln(x) + b$
polinom	$y = ax^2 \pm bx + c$
snaga	$y = ax^b$

Povezanost između istovrsnih pokazatelja kvalitete otpadne vode ne mora biti linearna. Npr. u mjesecu lipnju 2013. godine povezanost između ulaznih i izlaznih vrijednosti koncentracija nitrata (NO_3^-) je eksponencijalna (*Slika 19.*). zbog toga je utvrđena vrijednost koeficijenta determinacije (R^2) za svaki od promatranih pokazatelja kvalitete otpadne vode za različite tipove povezanosti i to za svaki mjesec posebno. Rezultati su prikazani u *Tablici 6.*, 7. i 8. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) variraju iz mjeseca u mjesec. Na osnovu toga se može zaključiti da povezanost između ulaznih i izlaznih vrijednosti se mijenja tijekom promatranog razdoblja.



Slika 19. Dijagram disperzije za ulazne i izlazne koncentracije nitrata

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za lipanj 2013. godine

Lipanj 2013	eksponencijalan	linearan	logaritamski	polinom	snaga
pH	0,287	0,285	0,283	0,307	0,285
KPK	0,058	0,083	0,078	0,085	0,063
BPK_5	-	0,436	0,461	0,460	-
Susp. tvar	0,016	0,015	0,021	0,030	0,023
Suha tvar	0,000	0,001	7E-09	0,127	8E-05
Uk. P	0,031	0,046	0,044	0,047	0,031
$P\text{-}PO_4$	0,030	0,060	0,066	0,068	0,035
Uk. N	0,259	0,183	0,209	0,316	0,295
$NH_4\text{-}N$	0,384	0,187	0,173	0,193	0,367
$NO_3\text{-}N$	0,658	0,594	0,568	0,597	0,638

Tablica 7. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za srpanj 2013. godine

Srpanj 2013	eksponencijalan	linearan	logaritamski	polinom	snaga
pH	0,058	0,057	0,056	0,232	0,056
KPK	0,070	0,120	0,087	0,163	0,049
BPK_5	-	0,013	0,018	0,020	-
Susp. tvar	0,119	0,063	0,074	0,071	0,134
Suha tvar	0,030	0,027	0,047	0,125	0,051
Uk. P	0,283	0,228	0,214	0,241	0,301
$P\text{-}PO_4$	0,438	0,434	0,394	0,495	0,463

Uk. N	0,125	0,110	0,115	0,113	0,137
NH_4-N	0,002	0,018	0,004	0,140	0,011
NO_3-N	0,299	0,374	0,250	0,541	0,202

Tablica 8. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za kolovoz 2013. godine

Kolovoz 2013	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**
pH	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
KPK	0,025	0,022	3E-05	0,109	0,000
BPK_5	0,009	0,044	0,012	0,152	0,000
Susp. tvar	0,030	0,032	0,026	0,042	0,011
Suha tvar	0,038	0,031	0,076	0,247	0,086
Tot-P	0,002	0,001	0,003	0,030	0,005
$P\text{-}PO_4$	0,025	0,032	0,063	0,147	0,056
Tot-N	0,086	0,158	0,134	0,259	0,071
NH_4-N	0,159	0,198	0,178	0,224	0,150
NO_3-N	0,160	0,157	0,129	0,165	0,129

Vrijednosti navedene u *Tablicama 6., 7. i 8.* ukazuju na promjenjivost jakosti i tipa povezanosti u vremenu. Npr. povezanost između ulaznih i izlaznih vrijednosti koncentracije NO_3^- je jaka tijekom lipnja, a slaba tijekom srpnja i kolovoza.

Podaci za sva 3 mjeseca (lipanj, srpanj, kolovoz) spojeni su u jednu bazu podataka i ponovljeni je postupak određivanja vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2). Rezultati su prikazani u *Tablici 9.*

Najprikladnijim za određeni slučaj tipom povezanosti smatra se onaj kod kojeg je dobivena najveća vrijednost koeficijenta determinacije (R^2).

Tablica 9. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za 2013. godinu

2013.	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**
pH	0,115	0,114	0,113	0,180	0,114
KPK	0,051	0,075	5,50E-01	0,119	0,037
BPK_5	0,009	0,164	0,164	0,211	-
Susp. tvar	0,055	0,037	0,040	0,048	0,056

Suha tvar	0,023	0,020	0,041	0,166	0,046
Tot-P	0,105	0,092	0,087	0,106	0,112
P-PO_4	0,164	0,175	0,174	0,237	0,185
Tot-N	0,157	0,150	0,153	0,229	0,168
NH_4-N	0,182	0,134	0,118	0,186	0,176
NO_3-N	0,372	0,375	0,316	0,434	0,323

Vrijednost koeficijenta determinacije izračunata je i za 2014. godinu za sva 3 mjeseca zasebno (*Tablica 10., Tablica 11., Tablica 12*.) te za sva 3 mjeseca zajedno (*Tablica 13*.). Iz tablica je vidljivo da se povezanost mijenja iz mjeseca u mjesec, te iz godine u godinu.

Za razliku od 2013. godine vidi se slaba povezanost, što znači da se povezanost mijenja tijekom vremena.

Tablica 10. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za lipanj 2014.

Lipanj 2014.	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**
pH	0,055	0,055	0,055	0,078	0,054
KPK	0,009	0,002	0,003	0,014	0,009
BPK_5	-	0,003	0,009	0,048	-
Susp. tvar	0,046	0,032	0,031	0,034	0,050
Suha tvar	0,255	0,240	0,289	0,357	0,301
Tot-P	0,037	0,030	0,034	0,055	0,040
P-PO_4	0,079	0,060	0,052	0,060	0,067
Tot-N	0,391	0,411	0,416	0,418	0,407
NH_4-N	0,178	0,141	0,144	0,153	0,163
NO_3-N	0,212	0,220	0,259	0,287	0,247

Tablica 11. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za srpanj 2014.

Srpanj 2014.	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**

pH	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002
KPK	0,002	0,008	0,018	0,047	0,013
BPK_5	-	0,010	0,014	0,024	-
Susp. tvar	0,028	0,092	0,055	0,192	0,012
Suha tvar	0,355	0,366	0,384	0,379	0,380
Tot-P	0,031	0,053	0,050	0,053	0,030
$P\text{-}PO_4$	0,138	0,140	0,106	0,168	0,101
Tot-N	0,467	0,442	0,452	0,464	0,492
NH_4-N	0,137	0,087	0,103	0,132	0,164
NO_3-N	0,006	0,002	0,020	0,171	0,026

Tablica 12. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za kolovoz 2014.

Kolovoz 2014.	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**
pH	0,053	0,052	0,053	0,060	0,053
KPK	0,025	0,006	0,017	0,045	0,037
BPK_5	-	0,011	0,019	0,027	-
Susp. tvar	0,014	0,001	6E-07	0,037	0,008
Suha tvar	0,185	0,192	0,131	0,338	0,125
Tot-P	0,093	0,064	0,060	0,065	0,080
$P\text{-}PO_4$	0,372	0,385	0,310	0,403	0,294
Tot-N	0,212	0,119	0,140	0,158	0,147
NH_4-N	-	0,468	0,374	0,481	-
NO_3-N	0,025	0,026	0,028	0,035	0,024

Tablica 13. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za 2014. godinu

2014.	**eksponencijalan**	**linearan**	**logaritamski**	**polinom**	**snaga**
pH	0,037	0,036	0,037	0,048	0,036
KPK	0,012	0,005	0,013	0,035	0,020
BPK_5	-	0,008	0,014	0,033	-
Susp. tvar	0,029	0,042	0,029	0,088	0,023
Suha tvar	0,265	0,266	0,268	0,358	0,269
Tot-P	0,054	0,049	0,048	0,058	0,050
$P\text{-}PO_4$	0,196	0,195	0,156	0,210	0,154
Tot-N	0,357	0,324	0,336	0,347	0,349
NH_4-N	0,158	0,232	0,207	0,255	0,164
NO_3-N	0,081	0,083	0,102	0,164	0,099

3.2. Korelacija između vremenskih nizova ulaznih i izlaznih vrijednosti

Analizirana je povezanost između različitih pokazatelja kvalitete otpadne vode posebno na ulazu i na izlazu iz uređaja za pročišćavanje za svaki mjesec. Rezultati su prikazani u *Tablici 15, Tablici 16, Tablici 17 i Tablici 18*.

Vrijednost koeficijenta korelacije (r) kreće se u intervalu:

$$-1 \leq r \leq 1.$$

Prikaz Chadockove tablice nalazi se u *Tablici 14* [12]. Pomoću nje možemo odrediti povezanost različitih pokazatelja kvalitete vode. Ako je koeficijent korelacije u intervalu od 0,50 - 0,80 to znači da je veza između različitih pokazatelja kvalitete vode srednje jakosti, dok je čvrsta veza kad je koeficijent korelacije veći od 0,80 pa sve do 1. Potpuna veza između različitih pokazatelja kvalitete vode je kad je 1.

Tablica 14. Prikaz Chadockove tablice

R^2	|r|	Objašnjenje
0	**0**	Odsutnost veze
0,00 – 0,25	**0,00 – 0,50**	Slaba veza
0,25 – 0,64	**0,50 – 0,80**	Veza srednje jakosti
0,64 – 1	**0,80 – 1**	Čvrsta veza
1	**1**	Potpuna veza

Tablica 15. Prikaz korelacijske matrice ulaznih vrijednosti pokazatelja 2013. godine

Ulaz 2013.	Q	pH	KPK	BPK_5	Susp. tvar	Suha tvar	Uk. P	$P-PO_4$	Uk. N	NH_4-N	NO_3-N
Q	1,00										
pH	0,12	1,00									
KPK	0,23	0,12	1,00								
BPK_5	0,29	0,12	**0,94**	1,00							
Susp. tvar	0,15	-0,01	**0,87**	**0,76**	1,00						
Suha tvar	0,22	0,16	**0,90**	**0,85**	**0,82**	1,00					
Uk. P	-0,12	0,24	0,37	0,45	0,10	0,30	1,00				
$P-PO_4$	-0,13	0,22	0,41	0,48	0,15	0,38	**0,93**	1,00			
Uk. N	0,07	0,45	0,33	0,42	0,04	0,39	**0,63**	**0,68**	1,00		
NH_4-N	0,12	0,37	0,43	**0,56**	0,12	0,40	**0,82**	**0,85**	**0,81**	1,00	
NO_3-N	-0,22	-0,04	-0,44	**-0,57**	-0,23	-0,28	**-0,64**	**-0,63**	-0,34	**-0,72**	1,00

Tablica 16. Prikaz korelacijske matrice izlaznih vrijednosti pokazatelja 2013. godine

Izlaz 2013.	Q	pH	KPK	BPK_5	Susp. tvar	Suha tvar	Uk. P	$P-PO_4$	Uk. N	NH_4-N	NO_3-N
Q	1,00										
pH	0,01	1,00									
KPK	-0,21	0,04	1,00								
BPK_5	0,05	-0,03	0,35	1,00							
Susp. tvar	-0,11	-0,03	**0,50**	0,47	1,00						
Suha tvar	0,10	0,00	-0,01	-0,23	-0,17	1,00					
Uk. P	-0,29	0,14	**0,50**	0,21	0,37	-0,07	1,00				
$P-PO_4$	-0,39	0,08	**0,50**	0,15	0,43	-0,13	**0,92**	1,00			
Uk. N	-0,40	-0,12	0,06	-0,27	-0,03	0,31	-0,15	-0,11	1,00		
NH_4-N	-0,10	-0,02	0,20	0,05	-0,03	0,18	-0,04	-0,04	0,42	1,00	
NO_3-N	-0,41	-0,10	-0,01	-0,30	0,01	0,26	-0,09	-0,04	**0,81**	-0,08	1,00

Tablica 17. Prikaz korelacijske matrice ulaznih vrijednosti pokazatelja 2014. godine

Ulaz 2014.	Q	pH	KPK	BPK_5	Susp. tvar	Suha tvar	Uk. P	$P\text{-}PO_4$	Uk. N	$NH_4\text{-}N$	$NO_3\text{-}N$
Q	1,00										
pH	0,03	1,00									
KPK	-0,38	0,19	1,00								
BPK_5	-0,39	0,12	**0,90**	1,00							
Susp. tvar	-0,16	0,13	**0,81**	**0,67**	1,00						
Suha tvar	-0,36	0,26	**0,80**	**0,67**	**0,64**	1,00					
Uk. P	**-0,71**	0,04	0,49	0,49	0,26	**0,53**	1,00				
$P\text{-}PO_4$	**-0,75**	0,06	**0,54**	**0,50**	0,36	**0,60**	**0,92**	1,00			
Uk. N	**-0,60**	0,13	**0,56**	**0,59**	0,30	**0,64**	**0,68**	**0,70**	1,00		
$NH_4\text{-}N$	**-0,68**	0,11	**0,58**	**0,59**	0,28	**0,72**	**0,78**	**0,81**	**0,86**	1,00	
$NO_3\text{-}N$	0,16	0,41	-0,03	-0,09	-0,01	0,03	-0,14	-0,21	-0,12	-0,18	1,00

Tablica 18. Prikaz korelacijske matrice izlaznih vrijednosti pokazatelja 2014. godine

Izlaz 2014.	Q	pH	KPK	BPK_5	Susp. tvar	Suha tvar	Uk. P	$P\text{-}PO_4$	Uk. N	$NH_4\text{-}N$	$NO_3\text{-}N$
Q	1,00										
pH	**0,52**	1,00									
KPK	-0,16	-0,02	1,00								
BPK_5	-0,09	-0,14	**0,62**	1,00							
Susp. tvar	-0,08	-0,04	**0,80**	**0,69**	1,00						
Suha tvar	-0,17	0,15	0,29	0,17	0,23	1,00					
Uk. P	-0,35	-0,28	-0,08	-0,06	-0,06	-0,15	1,00				
$P\text{-}PO_4$	-0,38	-0,24	-0,07	-0,06	-0,02	-0,14	**0,85**	1,00			
Uk. N	-0,37	-0,11	0,49	0,28	0,36	0,48	-0,03	-0,12	1,00		
$NH_4\text{-}N$	-0,36	-0,21	**0,55**	0,38	0,43	0,41	-0,05	-0,17	**0,90**	1,00	
$NO_3\text{-}N$	-0,15	0,02	0,27	0,08	0,19	0,46	0,08	-0,03	**0,78**	**0,55**	1,00

Prema *Tablici 14*. vrijednosti veće od 0,5 označene su plavom bojom. Iz rezultata se vidi dobra međusobna povezanost između parametara režima kisika. Dobro su međusobno povezani: KPK, BPK_5, suspendirana tvar, suha tvar, te su isto tako dobro međusobno povezani: amonijak, ukupni fosfor, ukupni dušik i fosfati.

Koncentracije ulaznih pokazatelja (KPK, BPK_5 i suspendirane tvari) na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda nisu konstantne vrijednosti jer uvelike ovise o antropogenim aktivnostima i meteorološkim prilikama. Svako urbano područje ima specifične vrijednosti koncentracija tih pokazatelja koje mogu odstupati od područja do područja zbog različitog načina života i pripadnih aktivnosti.

U gradu Čakovcu izgrađen je miješani kanalizacijski sustav, što znači da na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda dolaze kućanske otpadne vode i oborinske otpadne vode. Na uređaj za pročišćavanje također dolaze i industrijske otpadne vode s obzirom da nema posebnog kanalizacijskog sustava, a ni uređaja za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Aktivne industrije u gradu Čakovcu i prigradskim mjestima su: tekstilna industrija, metalna industrija, grafička industrija, mesna industrija, mljekarska industrija i mlinarska industrija. Ispuštanjem otpadnih voda, industrije znatno doprinose povišenim vrijednostima koncentracija pokazatelja KPK, BPK_5, suspendirane tvari i ostalih pokazatelja kvalitete vode [4].

U *Tablici 19*. prikazane su koncentracije otpadnih voda za mješovitu kanalizaciju [1].

Tablica 19. Koncentracije otpadnih voda mješovite kanalizacije

Pokazatelj (mg/L)	Mješovita kanalizacija
KPK	80 – 1760
BPK5	10 – 470
Suspendirane tvari	35 – 2000

Prema *Tablicama 15., 16., 17*. i *18*. vidi se da su pokazatelji kvalitete vode KPK, BPK_5, suspendirane tvari i suha tvar u određenoj međusobnoj ovisnosti, stoga ih je za pravilnu interpretaciju potrebno analizirati zajedno. Ulazne vrijednosti tih pokazatelja pokazuju velike naizmjenične oscilacije što je posljedica zadržavanja ulazne otpadne vode u retencijskom bazenu. Naime, krute se čestice istalože na dno, što uzrokuje niže koncentracije organskog i anorganskog onečišćenja na površini, a više koncentracije onečišćenja prisutne su na dnu bazena [4].

Ulazne vrijednosti KPK za lipanj 2013. godine kreću se u rasponu od 44 – 566 mg O_2/L sa srednjom mjesečnom vrijednošću od 280,5 mg O_2/L. Za BPK_5 ulazne vrijednosti kreću se u rasponu od 25 – 240 mg O_2/L sa srednjom mjesečnom vrijednošću od 97,2 mg O_2/L dok su za suspendirane tvari ulazne vrijednosti u rasponu od 49 – 484 mg/L, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 231 mg/L.

Ulazne vrijednosti KPK za srpanj kreću se u rasponu od 182 – 997 mg O_2/L sa srednjom mjesečnom vrijednošću od 457,3 mg O_2/L, za BPK_5 ulazne vrijednosti kreću se u rasponu od 110 – 400 mg O_2/L sa srednjom mjesečnom vrijednosti od 210,3 mg O_2/L dok su za suspendirane tvari ulazne vrijednosti u rasponu od 110 – 612 mg/L, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 283,7 mg/L.

Ulazne vrijednosti pokazatelja KPK kreću se u rasponu od 109 – 1236 mg O2/L sa srednjom mjesečnom vrijednošću 401,5 mg O_2/L. Ulazne vrijednosti BPK_5 kreću se u rasponu od 36 – 520 mg O_2/L sa srednjom mjesečnom vrijednošću 176,1 mg O_2/L. Ulazne vrijednosti suspendiranih tvari nalaze se u rasponu od 30 – 864 mg/L dok srednja mjesečna vrijednost iznosi 241,9 mg/L.

Podaci su uzeti iz izvorne baze podataka koja je priložena na CD-u.

Povišenje KPK, BPK_5 i suspendirane tvari ne mogu se pripisati utjecaju industrijskih otpadnih voda. S obzirom da su za ljetne mjesece karakteristični godišnji odmori, povišene vrijednosti mogu se pripisati povećanoj potrošnji vode u kućanstvima. Koncentracija suspendiranih tvari u srpnju 2013. nalazi se u vrlo sličnom intervalu vrijednosti kao i u lipnju 2013. godine. Blago povišenje srednje mjesečne vrijednosti u odnosu na lipanj može se pripisati povećanoj potrošnji vode

i sušnim razdobljima. Prema navedenim podacima, izlazne vrijednosti ovih pokazatelja određenih u srpnju, nalaze se u rasponu dozvoljenih vrijednosti.

Iako su ulazne vrijednosti u kolovozu 2013. godine svih pokazatelja znatnije povećane u odnosu na prethodna dva mjeseca, srednje mjesečne vrijednosti za sve ispitivane pokazatelje pokazuju blagi pad u odnosu na srpanj 2013. godine.

Izlazne vrijednosti svih tih pokazatelja kvalitete vode su zadovoljavajuće, što potvrđuje dobru efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.

Ljetne mjesece 2014. godine obilježile su neuobičajeno velike količine padalina te je zbog toga bilo i očekivano drugačije ponašanje KPK, BPK_5 i suspendirane tvari.

Ulazne vrijednosti za KPK kroz lipanj, srpanj i kolovoz 2014. godine kretale su se od 74 – 590 mg O_2/L, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 333,1 mg O_2/L. Vrijednosti BPK_5 na ulazu u pročistač kreću se u rasponu od 20 – 310 mg O_2/L, sa srednjom mjesečnom vrijednošću od 132,1 mg O_2/L dok se ulazne vrijednosti suspendiranih tvari kreću u rasponu od 34 – 394 mg/L, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 219,8 mg/L.

Sve te ulazne vrijednosti pokazatelja odgovaraju koncentracijama mješovite kanalizacije koje su u *Tablici 19*. Dok izlazne vrijednosti svih pokazatelja nalaze se unutar maksimalno dopuštenih vrijednosti prema važećem Pravilniku, a pokazuju i kontinuitet što dokazuje izvrsnu efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu.

Iz Tablica *15., 16., 17.* i *18*. na ulaznim vrijednostima javlja se povezanost između: ukupnog fosfora, fosfata, ukupnog dušika, amonijevog iona i nitrata, dok se na izlazu pojavljuje povezanost između: KPK, ukupnog fosfora i fosfata. Također se na ulaznim vrijednostima pojavljuje i manja povezanost između: BPK_5, amonijevog iona i nitrata.

4. ZAKLJUČAK

Kako bi se otpadne vode mogle na zadovoljavajući način pročistiti i ispustiti u prijamnik analizirana je efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Svakodnevno praćenje fizikalno – kemijskih pokazatelja kvalitete vode vrlo je bitno jer se na taj način može intervenirati u slučaju nepoželjnih situacija.

Tijekom promatranog razdoblja za lipanj, srpanj i kolovoz 2013. i 2014. godine ocjena učinkovitosti uređaja pokazala je efikasnost rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu. Izlazne vrijednosti koncentracija otpadnih voda su daleko manje u odnosu na ulazne.

Analizirana je povezanost između istovrsnih i različitih ulaznih i izlaznih fizikalno – kemijskih pokazatelja kvalitete otpadnih voda s pomoć koeficijenta determinacije. Najprikladniji tip povezanosti smatra se onaj kod kojeg je dobivena najveća vrijednost koeficijenta determinacije i korelacije.

Pokazala se povezanost između KPK, BPK_5, suspendirane tvari i suhe tvari kroz cijelo promatrano razdoblje. Zbog iznimnih oborina došlo je do znatnog povećanja tih koncentracija. Također se pojavila dobra povezanost između nutrijenata. Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je uređaj efikasan.

5. POPIS LITERATURE

[1] Tedeschi, S (1997): Zaštita voda, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

[2] Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb

[3] *Odluka o odvodnji otpadnih voda na području aglomeracije Čakovec*. Službeni glasnik međimurske županije. 2014. Broj 26/10, 4/13, 6/13. [18.12.2014.]

[4] Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.

[5] Međimurske vode (2015.): *Godišnje izvješće međimurskih voda d.o.o. za 2014. godinu*, Čakovec.

[6] Međimurske vode (2013): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec lipanj 2013. godine, Čakovec

[7] Međimurske vode (2013): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec srpanj 2013. godine, Čakovec

[8] Međimurske vode (2013): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec kolovoz 2013. godine, Čakovec

[9] Međimurske vode (2014): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec lipanj 2014. godine, Čakovec

[10] Međimurske vode (2014): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec srpanj 2014. godine, Čakovec

[11] Međimurske vode (2014): Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec kolovoz 2014. godine, Čakovec

[12] http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0351-9465/2014/0351-94651402173O.pdf . [Datum pristupa: 28.08.2016.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu, 5. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 2. Grube rešetke na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, 7. str [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 3. Pužna crpka, 7. str [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 4. Fina rešetka, 8. str [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 5. a) cjevasti pužni transporter za otpad s automatskih rešetki b) kontejneri za otpad s automatskih rešetki, 9. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 6. Sustav aeracije žljebova pjeskolova – mastolova, 10. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 7. Shematski prikaz prozračenoga jednokomornog mastolova, 11. str. [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 8. Prozračeni pjeskolov – mastolov na uređaju u Čakovcu, 11. str [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 9. Bioaeracijski spremnici, 14. str [izvor: Međimurske vode (2011): *Studija o utjecaju na okoliš sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda s područja aglomeracije Čakovec*, Zagreb

Slika 10. Crpilište biljnog mulja, 15. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 11. Naknadni taložnik na uređaju u Čakovcu, 17. str [izvor: Tušar, B (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb]

Slika 12. Nazubljena preljevna letva i uronjena zavjesa ispred preljeva, 17. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 13. Dozirna stanica za kemikalije, 18. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 14. a) automatski uzorkivač ulazne vode, b) posude u koje se spremaju uzorci, 19. str [izvor: Fujs N. *Ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara kvalitete voda.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin. 2015.]

Slika 15. Mjerni uređaj ”Oxitop”, 22. str [izvor: http://www.ru-ve.hr/proizvod/biolo-scaron-ka-potro-scaron-nja-kisika-bpk-samo-testiranje-90-198]

Slika 16. Dio baze podataka, 24. str

Slika 17. Ulazne i izlazne vrijednosti BPK_5 u lipnju, srpnju i kolovozu 2013. godine, 25. str

Slika 18. Ulazne i izlazne vrijednosti BPK_5 u lipnju, srpnju i kolovozu 2014. godine, 28. str

Slika 19. Dijagram disperzije za ulazne i izlazne koncentracije nitrata, 32. str

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz baze podataka za BPK_5 u lipanju, srpnju i kolovozu 2013. godine, 26. str

Tablica 2. Prikaz baze podataka za BPK_5 u lipanju, srpnju i kolovozu 2014. godine, 27. str

Tablica 3. Prikaz smanjenja koncentracije BPK_5 u 2014. godini, 29. str

Tablica 4. Prikaz smanjenja u 2013. i 2014. godini, 30. str

Tablica 5. Tipovi povezanosti i njihova opća jednadžba, 31. str

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za lipanj 2013. godine, 32. str

Tablica 7. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za srpanj 2013. godine, 33. str

Tablica 8. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za kolovoz 2013. godine, 33. str

Tablica 9. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za 2013. godinu, 34. str

Tablica 10. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za lipanj 2014., 34. str

Tablica 11. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za srpanj 2014., 35. str

Tablica 12. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za kolovoz 2014., 35. str

Tablica 13. Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) za 2014. godinu, 35. str

Tablica 14. Prikaz Chadockove tablice, 36. str [izvor: http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0351-9465/2014/0351-94651402173O.pdf]

Tablica 15. Prikaz korelacijske matrice ulaznih vrijednosti pokazatelja 2013. godine, 37. str

Tablica 16. Prikaz korelacijske matrice izlaznih vrijednosti pokazatelja 2013. godine, 37. str

Tablica 17. Prikaz korelacijske matrice ulaznih vrijednosti pokazatelja 2014. godine, 38. str

Tablica 18. Prikaz korelacijske matrice izlaznih vrijednosti pokazatelja 2014. godine, 38. str

Tablica 19. Koncentracije otpadnih voda mješovite kanalizacije, 39. str [izvor: Tedeschi, S (1997): Zaštita voda, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb]