

# UTVRĐIVANJE PARAMETARA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA NA GRADSKOM PROČISTAČU VELIKA GORICA 2012./2013.

---

Jurenić, Anđelko

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Križevci college of agriculture / Visoko gospodarsko učilište u Križevcima**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:185:630161>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Križevci University of Applied Sciences](#)



REPUBLIKA HRVATSKA  
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Andelko Jurenić, bacc.ing.agr.

**UTVRĐIVANJE PARAMETARA ONEČIŠĆENJA  
OTPADNIH VODA NA GRADSKOM PROČISTAČU  
VELIKA GORICA 2012./2013.**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Križevci, 2015.

REPUBLIKA HRVATSKA  
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Specijalistički diplomski stručni studij  
*Poljoprivreda*

Usmjerenje: *Održiva i ekološka poljoprivreda*

Andelko Jurenić, *bacc. ing. agr.*

**UTVRĐIVANJE PARAMETARA ONEČIŠĆENJA  
OTPADNIH VODA NA GRADSKOM PROČISTAČU  
VELIKA GORICA 2012./2013.**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Povjerenstvo za obranu i ocjenu završnog rada:

1. dr. sc. Andrija Špoljar, prof. v.š., predsjednik povjerenstva i član
2. dr. sc. Tatjana Tušek, prof. v.š., mentorica i članica
3. dr. sc. Damir Alagić, prof. v.š., član

Križevci, 2015.

Završni specijalistički diplomski stručni rad je izrađen pod mentorstvom dr. sc. Tatjane Tušek, profesorice visoke škole s Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima.

Podaci koji se koriste i obrađuju u radu dobiveni su analizama otpadnih voda internog laboratorija Uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Velike Gorice (dalje u tekstu UPOV Velika Gorica) kroz 2012. i 2013. godinu, pod mentorstvom voditelja UPOV-a Velika Gorica, Zvonimira Munđera, dipl.san. ing. i voditeljice internog laboratorija Zvezdane Ležajić, dipl. ing. bioteh.

Podaci o radu: Završni specijalistički diplomski stručni rad napisan je na 31 stranici, sadrži 5 tablica, 12 grafikona i 1 sliku.

## **ZAHVALA**

Prije svega, zahvaljujem se svojoj cijeloj obitelji; kćerkama, supruzi, mojim roditeljima, te roditeljima od supruge. Zahvaljujem im na bezgraničnom strpljenu, podršci i povjerenju, koje su mi ukazivali sve ove godine.

Zahvaljujem generalnom direktoru tvrtke D.B.COMP d.o.o., Mladenu Šipušiću, te svim djelatnicima tvrtke, na čiji sam poticaj, svesrdnu financijsku i svu moguću drugu pomoć krenuo u realizaciju ovog studija.

Zahvaljujem se svojoj mentorici dr.sc. Tatjani Tušek, na svim savjetima, uloženom trudu, strpljenju i povjerenju tijekom izrade ovog rada. Zahvaljujem se i predsjedniku povjerenstva za obranu ovog završnog rada, dr.sc. Andriji Špoljaru na aktivnom sudjelovanju, uloženom vremenu i stručnim savjetima, kao i dr.sc. Damiru Alagiću kao članu povjerenstva.

Zahvaljujem se i djelatnicima tvrtke VG Vodoopskrba, odnosno UPOV-a Velika Gorica, na čelu sa voditeljem Zvonimirom Munđerom dipl. san. ing, koji su mi omogućili rad na ovom uređaju, dostupnost svih raspoloživih podataka te stručnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

# SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....   | <b>3</b>  |
| 2.1 Otpadne vode i sustavi odvodnje .....  | 3         |
| 2.2 Karakteristike pročišćavanja otpadnih voda u zemljama Europe i svijeta ..... | 6         |
| <b>3. MATERIJAL I METODE</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....   | <b>13</b> |
| 4.1 Rezultati analiza otpadnih voda .....  | 15        |
| 4.1.1 Ukupno suspendirana tvar .....   | 15        |
| 4.1.2 Kemijska potrošnja kisika .....  | 16        |
| 4.1.3 Biokemijska potrošnja kisika .....   | 17        |
| 4.1.4 Amonij .....   | 18        |
| 4.1.5 Nitriti .....  | 19        |
| 4.1.6 Nitrati .....  | 20        |
| 4.1.7 Ukupni dušik .....   | 21        |
| 4.1.8 Orto-fosfati .....   | 22        |
| 4.1.9 Ukupni fosfor .....  | 23        |
| 4.2 Statistička obrada rezultata laboratorijskih analiza UPOV-a V. Gorica .....  | 25        |
| <b>5. ZAKLJUČAK</b> .....  | <b>26</b> |
| <b>6. LITERATURA</b> .....   | <b>27</b> |
| SAŽETAK .....  | 29        |
| ABSTRACT .....   | 30        |
| ŽIVOTOPIS .....  | 31        |

## 1. UVOD

Procjenjuje se da na zemlji trenutno živi oko 7,2 milijarde stanovnika, a prema američkim geološkim stručnjacima iz USGS-a (United States Geological Survey), vode na Zemlji ima oko 1,3 milijarde km<sup>3</sup>. Od te količine vode 97 % otpada na slanu morsku vodu, koja nije pogodna za piće. Od ukupne količine slatke pitke vode, 70 % je zarobljeno u ledenjacima.

U posljednje vrijeme zabilježen je porast potrošnje pitke vode, a posljedično i njen nedostatak što postaje gorući problem čovječanstva. Potrošnja vode se u zadnjih sto godina povećala osam puta. Od toga, potrošnja se najviše povećala u poljoprivredi (oko 69%), zatim u industriji (oko 21%) te na kraju u domaćinstvima (za 10%). Jedno prosječno europsko domaćinstvo potroši oko 180 L/stanovniku/dan. Prema prognozama do 2025. godine najmanje tri i pol milijarde ljudi će u svijetu osjećati nestašicu vode.

Problem kako stanovništvo opskrbiti dovoljnim količinama kvalitetne vode posebno je povezan s kakvoćom svih prirodnih voda. Očekivani porast ljudske populacije i svakodnevni još jači razvoj industrije i poljoprivrede iziskuju pojačanu uporabu vode što za posljedicu ima i nastajanje velike količine otpadnih voda. Ispuštanje nastalih otpadnih voda, nepročišćenih, u prirodne sustave ekološki je apsolutno neprihvatljivo. U takvih voda dolazi do razgradnje prisutnih organskih sastojaka, a taj proces uzrokuje smanjenje sadržaja otopljenog kisika uz nastajanje plinova neugodnog mirisa. Ovakav razvoj situacije može za posljedicu imati odumiranje bilo kakvog oblika života u vodi. Vrlo često otpadne vode sadrže štetne organizme koji mogu biti opasni za zdravlje ljudi i životinja, ali mogu sadržavati i metale te druge elemente i sastojke koji mogu toksično djelovati.

Rješavanju globalne ekološke krize pokušava se prići na bezbroj načina. Jedan od njih je i postupak pročišćavanja otpadne vode. Čovjek treba što više ovladati znanjem o zaštiti okoliša, a samim time postajemo odgovorniji da vodu uzetu iz prirode ne vraćamo natrag u prirodu onečišćenu, već da je pročistimo do tog stupnja da njenim ponovnim vraćanjem ne narušimo prirodnu ravnotežu i kvalitetu okoliša.

Upravo tome i služi sustav za pročišćavanje otpadnih voda. U našoj zemlji, nažalost, još uvijek ima slučajeva da se u prirodne recipijente ispuštaju nedovoljno ili loše pročišćene otpadne vode. Najčešće su u upotrebi mehaničko – biološki uređaji međutim postoji niz varijacija samog procesa, posebno biološke obrade otpadne vode što najviše ovisi o podrijetlu same otpadne vode. Biološka obrada je jedan od najraširenijih postupaka uz pomoć aktivnog mulja (Hong i sur., 2003), a širina te primjene proizlazi iz činjenice da se njime mogu obrađivati otpadne vode različitog podrijetla (prije svega industrijske i komunalne otpadne vode). Poboljšanje sustava za pročišćavanje otpadnih voda u Hrvatskoj jedan je od prioriteta Nacionalne strategije zaštite okoliša (NN 46/2002), ali i neizbježno

ulaganje u skoroj budućnosti zbog usklađivanja nacionalnog zakonodavstva s Direktivom 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

Svrha ovog rada je utvrditi parametre onečišćenja, odnosno efikasnost pročišćavanja otpadnih voda na pročištaču otpadnih voda grada Velike Gorice (Slika 1) za godine 2012. i 2013. Cilj je utvrditi učinkovitost uređaja za pročišćavanje usporedbom analitičkih podataka otpadne vode prije i nakon ulaska u sustav. Analizom otpadne vode prate se Zakonom propisani parametri koji bi u slučaju većih odstupanja mogli štetno djelovati na zdravlje ljudi i životinja nakon ispuštanja.

Slika 1. Pročištač otpadnih voda grada Velika Gorica



*Izvor: Jurenić, 2013.*

Pročištač otpadnih voda grada Velike Gorice je uređaj star četrdeset godina s niskom razinom automatizacije te bio opterećenjem koje je veće od onog za koje je uređaj projektiran. Ovim radom ukazat će se na mogućnost postizanja određenih rezultata u zakonski propisanim okvirima za II stupanj pročišćavanja, usprkos problema hidro i bio preopterećenosti. Dio rezultata koji su zadovoljavajući, postižu se kao rezultat stručnog upravljanja biološkim procesom obrade od strane djelatnika na uređaju. Ovim radom utvrđeno je da pojedini rezultati pročišćavanja, prije svega za ukupni dušik i fosfor, nisu na razini propisanoj Zakonom jer ovaj uređaj nije dizajniran niti projektiran za rješavanje ovog problema, odnosno za III stupanj pročišćavanja. Da bi uređaj i u budućnosti bio funkcionalan i u skladu sa europskim normama biti će potrebna rekonstrukcija i dodatna ulaganja ili izgradnja potpuno novog sustava.



## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Otpadne vode i sustavi odvodnje

**Onečišćenje vode** je svaka fizikalna, kemijska ili biološka promjena kakvoće vode koja štetno djeluje na žive organizme ili vodu čini neupotrebljivom za određenu namjenu (Tušar, 2009).

Prirodne vode služe kao izvor vodoopskrbe, ali istodobno i kao prijammnici upotrijebljene (otpadne) vode pa je mogućnost promjene kakvoće vode sve veća.

Otpadna tvar i otpadna energija nastaju u postupcima čovjekove djelatnosti, a za samog korisnika predstavljaju nekoristan i nepoželjan otpad. Otpadne tvari javljaju se u tekućem, krutom i plinovitom obliku. Otpadne tvari koje se pojavljuju u tekućem obliku nazivaju se **otpadnim vodama** (Tedeschi, 1997). Otpadna tvar koja dolazi u vodni sustav može se općenito podijeliti u dvije skupine: nekontrolirane veličine (raspršeni izvori) i kontrolirane veličine (točkasti izvori). Pod *raspršenim izvorima* podrazumijevamo taloženje organske i anorganske tvari, te mulja što ga vodni tok sa sobom donosi s drugih područja. Ali i vanjsko ispiranje okolnog terena oborinama i površinskim otjecanjem. U *točkaste izvore* se u prvom redu svrstavaju ispusti kanalizacija iz naselja i industrijskih pogona uzduž promatranog vodotoka. Dovodjenjem većih količina otpadnih voda i otpadne tvari u vodne sustave, znatno se povećava količina hranjivih soli (dušika i fosfora) a time i primarna produkcija (fitoplankton) na koju se ne nadovezuje potrošnja, što može dovesti do pojave eutrofnog stanja (Tušar, 2009). U otpadnim vodama kućanstava, industrije i dijelom oborinskih voda koje se prikupljaju kanalskim sustavom, moguće je nadzirati otpadnu tvar pomoću uređaja za pročišćavanje voda. Točkasti izvori onečišćenja mogu na taj način ujedno biti i nadzirani izvori onečišćenja. Kad je riječ o raspršenim izvorima onečišćenja, zapravo nije moguće nadzirati otpadnu tvar (Tedeschi, 1997).

U Direktivi vijeća europske zajednice od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ) navodi se da "komunalne otpadne vode" predstavljaju otpadne vode iz kućanstava ili mješavinu otpadnih voda iz kućanstava s industrijskim otpadnim vodama i/ili oborinskim vodama. Prema istoj direktivi „kućanske otpadne vode“ znače otpadne vode iz stambenih objekata i uslužnih objekata koje potječu uglavnom od ljudskog metabolizma i iz kućanskih aktivnosti. Još se nazivaju sanitarne, gradske, fekalne, ili jednostavno komunalne.

**Kućanske otpadne vode** (sanitarne, gradske, fekalne ili komunalne) opterećene su organskom tvari, pa je njihova osnovna značajka biorazgradivost tj. razgradnja uz pomoć mikroorganizama razlagača. Biološki razgradivom tvari u otpadnoj vodi mikroorganizmi se koriste kao hranom, pri čemu se troši kisik. Kućanske ili sanitarne otpadne vode prema stupnju biološke razgradnje obuhvaćaju tri stanja: *Svježa voda* - otpadna voda u kojoj biorazgradnja još nije napredovala.

*Odstajala voda* - voda u kojoj je kisik potrošen zbog biološke razgradnje. *Trula voda (septička)* - voda u kojoj je biorazgradnja napredovala i teče na anaeroban način. Kućanske ili sanitarne otpadne vode sadržavaju veoma velik broj mikroorganizama, osobito bakterija i virusa među kojima se nalaze i patogeni uzročnici.

**Industrijske otpadne vode** prema direktivi predstavljaju sve otpadne vode koje se ispuštaju iz prostora korištenih za obavljanje bilo kakve poslovne djelatnosti osim otpadnih voda iz kućanstava i oborinskih voda. U načelu se industrijske otpadne vode mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: *Biološki razgradive ili kompatibilne vode* (npr. prehrambena industrija) koje se mogu miješati s gradskim otpadnim vodama. I *Biološki nerazgradive ili inkompatibilne vode* (npr. kemijska ili metalna industrija) koje se prije miješanja s gradskom otpadnom vodom moraju podvrgnuti prethodnom postupku pročišćavanja.

**Oborinske vode** se uvjetno mogu smatrati čistim vodama, jer one na svome putu ispiru atmosferu i otapaju ili prema površini prenose sve sastojke koji se na određenom području ispuštaju u atmosferu (kisele kiše) ili pak pod utjecajem vjetrova dolaze iz drugih znatno udaljenijih krajeva (Tušar, 2009). Kisele kiše posljedica su povećane koncentracija  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  i  $\text{CO}_x$  u atmosferi. Kako navode Špoljar i sur., (2010) uslijed kiselih kiša stradava biljni svijet (najviše crnogorične šume), te dolazi do zakiseljavanja tla s mogućim nepoželjnim posljedicama za podzemne vode. Ustanovljeno je da je u prvom dotoku oborinske vode koncentracija suspendirane tvari i do deset puta veća nego u završnim fazama otjecanja. Pri jakim i dugotrajnim kišama ta razlika može biti znatno veća, čak i više od dvadeset puta. S obzirom na biokemijsku potrošnju kisika (BPK) prve rate dotoka obično su od dva do pet puta opterećenije nego završne (Tušar, 2009).

**Poljoprivreda** kao grana ljudske djelatnosti koja sa svojim razvojem, ali ujedno i sve većim potrebama ljudi za hranom, sve više sudjeluje u onečišćavanju voda. Poljoprivredne aktivnosti vrše pritisak na vode na više načina, i to kao korisnik voda za navodnjavanje i druge namjene u ovom sektoru, kao onečišćivač putem oborinskih voda koje ispiru poljoprivredne površine i promjenom značajki tla. Međutim voda se u poljoprivredi koristi i u proizvodnji. Vezano uz proizvodnju poljoprivreda je značajan izvor onečišćenja, a sudjeluje u onečišćenju na slijedeći način:

- *Onečišćenje u ratarstvu* – ispiranje tla, dodana i uskladištena gnojiva u tlu, zaštitna sredstva, otpaci od proizvodnje, te drenažne i otpadne vode od navodnjavanja zagađene izlučenim solima.
- *Onečišćenje zbog uzgoja stoke i peradi* – otpaci kod uzgoja, nekontrolirano istjecanje vode zagađene gnojivima i otpadne tvari iz staja, nekontrolirano istjecanje silaže itd.
- *Onečišćenje zbog proizvodnog procesa* – otpadna voda iz proizvodnog procesa, iz mljekara, klaonica i druge prehrambene industrije. Zagađenje od ulja i drugih pratećih posljedica uporabe

strojeva. Od svih vrsta onečišćenja uslijed poljoprivredne djelatnosti, najznačajnije je raspršeno onečišćenje hranjivim solima N i P, te onečišćenje zaštitnim sredstvima (Margeta, 2007).

Tušar (2009) ističe da postoje dva osnovna sustava odvodnje otpadnih voda (kućanskih, industrijskih i oborinskih):

1. Mješoviti sustav odvodnje - tim sustavom se odvede sve vrste otpadnih voda što se formiraju na području kanaliziranog sliva u zajednički uređaj za pročišćavanje i potom ispuštaju u prijemnik. U danima kad nema oborina sustavom odvodnje protječu jedino sanitarne otpadne vode i sav protok dolazi na uređaj za pročišćavanje. U mješovitom sustavu odvodnje najveće hidrauličko opterećenje u kanalima stvaraju oborinske vode. Zbog toga se kanali hidraulički dimenzioniraju prema mjerodavnoj oborini. U sušnom razdoblju protok u tim kanalima smanjuje se uvelike, što može dovesti do taloženja.

2. Razdjelni kanalizacijski sustav - u razdjelnom kanalizacijskom sustavu najčešće postoje dvije odvojene kanalske mreže, jedna za odvodnju otpadnih sanitarnih voda (kućanskih i industrijskih), a druga za odvodnju oborinskih voda. U današnje je vrijeme poznato da prve oborine donose znatna onečišćenja, pa se pojavljuje potreba da se sanira stanje kakvoće vode pojedinih prijemnika. U razdjelnim kanalizacijskim sustavima oborinske se vode u prijemnik najčešće ispuštaju bez pročišćavanja. No, zbog spoznaja o kakvoći oborinske vode danas se prije njezina ispuštanja zahtijeva i odgovarajući predtretman.

Kod sekundarne obrade otpadnih voda uobičajeni su *biološki postupci obrade voda*. Prema Tušar (2009) proces biološke razgradnje provode mikroorganizmi i to većim dijelom *aerobi*, ali tu su ovisno o količini otopljenog kisika u otpadnoj vodi prisutni i *anaerobi* i *fakultativni anerobi*. Iskustva u provedbi aerobnog procesa obrade otpadne vode pomoću aktivnog mulja pokazala su da je koncentracija otopljenog kisika od 2 mg O<sub>2</sub>/l dovoljna za odvijanje procesa. Glancer–Šoljan i sur., (2001) ističu da je *nitrifikacija* biološki postupak uklanjanja anorganskih sastojaka iz otpadne vode u kojem aerobni organizmi, upotrebljavaju otopljene anorganske sastojke [ugljik(IV)-oksid i amonijak] kao izvore ugljika i energije, uz kisik unesen prozračivanjem s atmosferskim zrakom. Razgradnjom amonijaka u otpadnoj vodi nastaju *nitrit* i *nitrat* koji se nakupljaju u vodi. Nakon provedbe aerobne biološke oksidacije u pročišćenoj vodi preostaju još uvijek značajne koncentracije sastojaka s dušikom, poglavito amonijaka. Produkti, ugljik(IV)-oksid i amonijak su supstrat autotrofnim bakterijama koje se nazivaju nitrificirajuće bakterije. Bakterije koje sudjeluju u nitrifikaciji su roda: *Nitrosomonas sp.* – oksidiraju amonijak u nitrit te *Nitrobacter sp.* – oksidiraju nitrit u nitrat.

Isti autori navode da se *denitrifikacijom* prevode nitrati u plinoviti dušik. Proces se provodi u uvjetima bez kisika ili pri niskim koncentracijama otopljenog kisika.

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% suspendirane krute tvari. (Tušar, 2009).

Zbrinjavanje viška mulja u skladu je sa Pravilnikom o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kad se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/08).

## **2.2. Karakteristike pročišćavanja otpadnih voda u zemljama Europe i svijeta**

Kao stručnjak za analizu voda Siegfried Forster (2000.) sa WTW u Njemačkoj, drži da s obzirom na veličinu uređaja i pojedinačne ciljeve pročišćavanja otpadnih voda, valja voditi brigu o osnovnim parametrima koji su neophodni da bi se osigurala puna efikasnost procesa čišćenja na uređaju, a to su prije svega pH i koncentracija otopljenog kisika. Zatim o parametrima koji ukazuju na učinkovitost pročišćavanja otpadne vode i rada samog uređaja, kao što su BPK<sub>5</sub> i KPK te o parametrima, čije praćenje pomaže u optimiziranju rada uređaja, poput amonijaka, nitrita, nitrata, ukupnog dušika i ukupnog fosfora.

Prema FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) glavni cilj pročišćavanja otpadnih voda je da se komunalne i industrijske otpadne vode nakon pročišćavanja mogu ispuštati u prirodne recipijente bez opasnosti po ljudsko zdravlje i bez štetnog utjecaja za prirodni okoliš. FAO posebno upozorava na problem korištenja otpadnih voda za navodnjavanje, u kojem slučaju se moraju poštovati minimalni zahtjevi koji će zadovoljiti preporučene mikrobiološke i kemijske parametre, a ujedno uzeti u obzir minimalne troškove pročišćavanja i održavanja (Arar, 1988). U nekim zemljama, prije svega zemljama u razvoju, niska razina i efikasnost pročišćavanja su neizbježni pa čak i ne zbog samih troškova procesa već zbog kompleksnosti vođenja samog procesa pročišćavanja. Kod projektiranja uređaja obično se vodi potrebama za reduciranje organskih i suspendiranih tvari, dok se o uklanjanju patogenih mikroorganizama manje vodi briga. Međutim u slučaju upotrebe otpadnih voda u poljoprivredi, nužno je i vrlo važno voditi brigu i o tom segmentu onečišćenja (Hillman, 1988).

FAO navodi da se komunalne otpadne vode uglavnom sastoje od vode (99,9 %), zajedno s relativno malim koncentracijama suspendiranih i otopljenih organskih i anorganskih tvari. Među organskim tvarima prisutnim u kanalizaciju su ugljikohidrati, lignin, masti, sapuni, deterdženti, sintetička bjelančevina i njihovih proizvoda raspadanja, kao i razne prirodne i sintetske organske kemikalije iz procesne industrije. U sušnim i polu-sušnim zemljama, korištenje voda je često prilično nisko i kanalizacija ima tendenciju biti vrlo jaka, kao što je navedeno u tablici 1. za Amman, Jordan, gdje je potrošnja vode 90 l/d po osobi.

Tablica 1. Prosječni sastav ulaznih otpadnih voda u Amman, Jordan

| Zemlja         | Suspendirane tvari (mg/l) | KPK (mg/l) | BPK <sub>5</sub> (mg/l) | Ukupni dušik (mg/l) | Ukupni fosfor (mg/l) |
|----------------|---------------------------|------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| Jordan (Amman) | 900                       | 1830       | 770                     | 150                 | 25                   |

Izvor: Al-Salem, 1987.

European Water Association je 2004. godine provelo istraživanje o karakteristikama otpadnih voda u Europi. Podaci za ulazne otpadne vode su prikupljeni iz upitnika poslanih voditeljima uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (Austrija, Francuska), iz nacionalnih baza podataka (Danska, Nizozemska) te iz dostupne literature. Iako su razmatrani uobičajeni parametri za praćenje otpadnih voda, oni nisu u svim zemljama sustavno prikupljeni i pohranjivani jer zakoni ni pravilnici za sve zemlje nisu ujednačeni, niti isti. U tablici 1 prikazane su srednje vrijednosti ulazne sirove otpadne vode (influenta).

Tablica 2. Utvrđene srednje vrijednosti influenta karakteristične za neke od zemalja Europe i svijeta

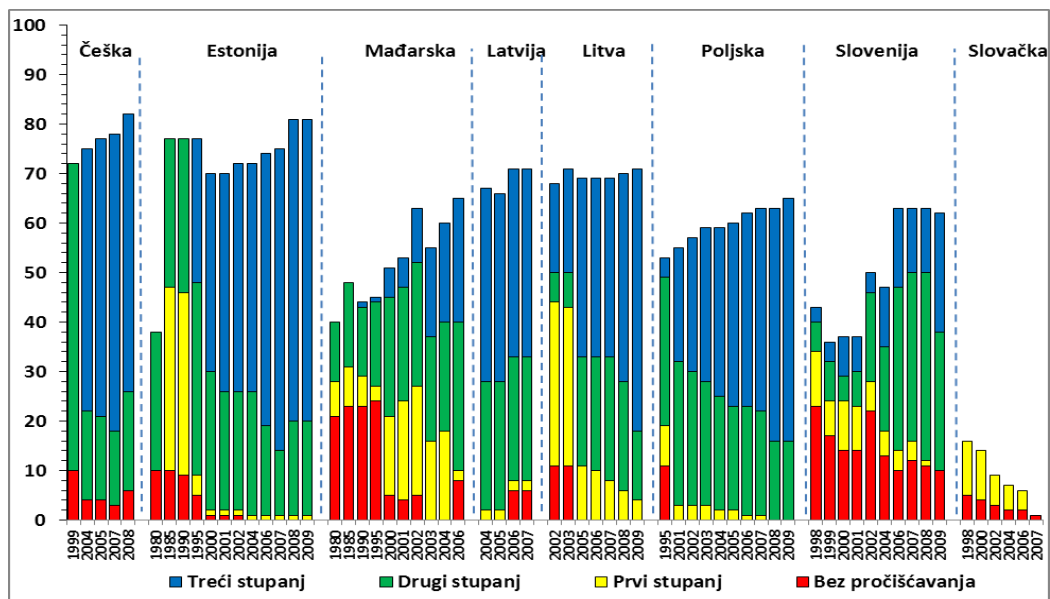
| Zemlja           | Suspendirane tvari (mg/l) | KPK (mg/l) | BPK <sub>5</sub> (mg/l) | Ukupni dušik (mg/l) | Ukupni fosfor (mg/l) |
|------------------|---------------------------|------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| Austrija         | -                         | 526        | 285                     | 44                  | 7,1                  |
| Danska           | -                         | 455        | 163                     | 36                  | 7,8                  |
| Francuska        | 302                       | 634        | 268                     | 52                  | 9,3                  |
| Nizozemska       | 237                       | 450        | 171                     | 42                  | 6,7                  |
| Slovenija        | 426                       | 581        | 267                     | 37                  | 5,5                  |
| Cipar            | 436                       | 522        | 547                     | 98                  | 16                   |
| Finska           | 378                       | 559        | 266                     | 43,8                | 7,5                  |
| Njemačka         | 208                       | 548        | 319                     | 59                  | 8                    |
| Norveška         | 143                       | 233        | 113                     | 22                  | 3                    |
| Španjolska       | 290                       | 762        | 434                     | 71                  | 11                   |
| Švedska          | 243                       | 477        | 171                     | 33,1                | 6,1                  |
| Švicarska        | 98                        | 239        | 133                     | 28                  | 4                    |
| Turska           | 423                       | 656        | 356                     | 65                  | 12                   |
| Velika Britanija | 150                       | 613        | 212                     | 40                  | -                    |

Izvor: Official Publication of the European Water Association (EWA), 2004.

U tablici 2 navodi se da Mediteranske zemlje, poput Cipra, Turske, te Španjolske imaju nešto više vrijednosti praćenih parametara, ali je iznenađujuće da su nešto više vrijednosti za KPK i suspendirane tvari prisutne i u Finskoj. Također primjećujemo niske vrijednosti ukupnog dušika i fosfora u Norveškoj.

Što se tiče rezultata pročišćavanja, odnosno vrijednosti efluenta, one su propisane Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/2013, koji je usklađen sa Direktivom 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. Još i danas sve članice EU nisu u potpunosti ispunile zahtjeve Direktive. To je proces koji zahtjeva izuzetna ulaganja, ali je nepobitno da se sve više na njemu radi i svijest o važnosti pročišćavanja je sve razvijenija. Pa su i rezultati pročišćavanja ovisni o razini implementacije Direktive.

European Environment Agency (2005) iznosi podatke o uspješnosti provođenja Direktive u šest članica EU. Danska i Nizozemska su već 2005. gotovo ispunile sve zahtjeve direktive. U efluentu je postignuto smanjenje organske tvari, u obliku BPK<sub>5</sub>, preko 90 %. Francuska ne ispunjava zahtjeve Direktive jer 58 % uređaja u osjetljivim područjima te 37 % uređaja u manje osjetljivim područjima ne zadovoljavaju propisane standarde. Španjolska, usprkos svesrdnoj pomoći EU (3,8 milijarde eura ili pola od ukupnog ulaganja) ne uspijeva zadovoljiti propisane standarde. Tek 55 % populacije je priključeno na javne sustave odvodnje otpadnih voda. Estonija, kao kasnije priključena članica EU, ima bolje rezultate od prethodno spomenutih, sa 70 % populacije priključene na mrežu i boljim rezultatima pročišćavanja. Poljska je u sličnom položaju kao i Španjolska. Ista EEA (2013) objavljuje podatke o postotku populacije priključenih na sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u razdoblju od 1980. do 2009. godine. Iz kojeg se kronološki, kroz gotovo trideset godina, vidi napredak u implementaciji sustava za pročišćavanje otpadnih voda. Izdvajamo primjer nekih zemalja istočne Europe, između kojih su i neke od nama susjednih zemalja prikazano u grafikonu 1.



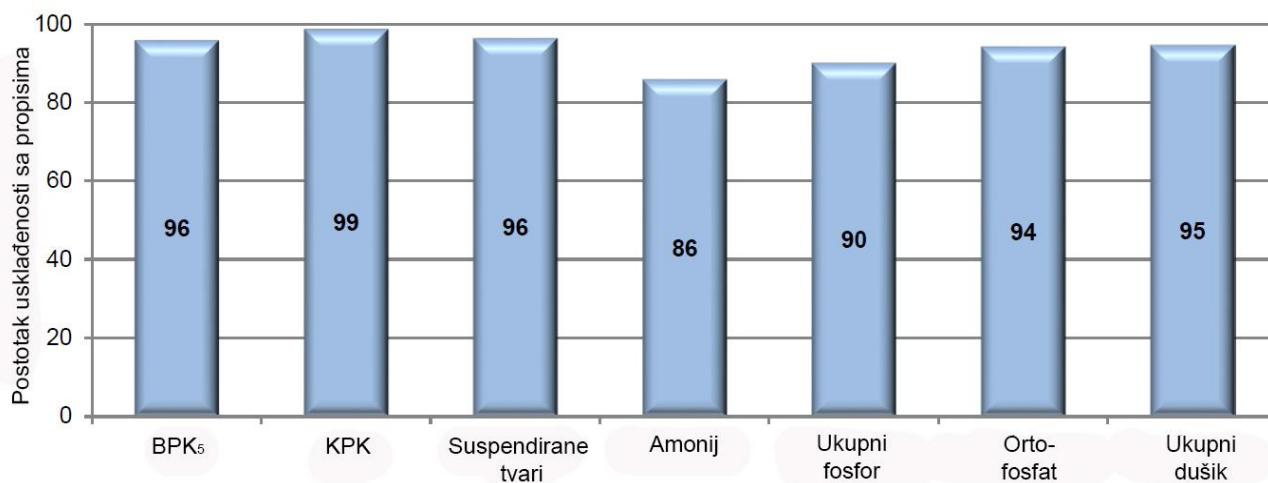
Izvor: European Environment Agency, 2013.

Grafikon 1. Grafički prikaz postotka populacije zemalja istočne Europe priključenih na sustave za odvodnju i pročišćavanje otpadne vode

Kao što je prikazano u grafikonu 1, zamjetan je porast postotka populacije koja je priključena na sustav odvodnje i pročišćavanja (Češka, Mađarska, Poljska, Slovenija), ali isto tako zamjetan porast udjela trećeg stupnja pročišćavanja kao sustava koji efikasno rješava probleme dušika i fosfora, odnosno pridonosi kvalitetnijem pročišćavanju otpadnih voda.

Environmental Protection Agency (2014) objavila je podatke o pročišćavanju otpadnih voda za 2012. godinu u Republici Irskoj. Od ukupno 541 sustava za pročišćavanje, 93,1 % su sustavi sa sekundarnom obradom, što u postotku od 96 % zadovoljava članak 4. Direktive o pročišćavanju komunalnih voda. Sekundarna obrada otpadnih voda je osigurana za 443 urbana područja. Međutim, propisani standard zadovoljava 57 % sustava. Ipak je zabilježen pozitivan trend u odnosu na 2009. godinu kad je taj postotak iznosio 42 %. Što se tiče parametara vezanih za dušik i fosfor, 32 veća urbana područja podliježu članku 5. Direktive o pročišćavanju komunalnih voda. Od toga 21 (66 %) zadovoljava propisane vrijednosti i standarde.

Godine 2012. EPA provodi program monitoringa na 164 sustava za pročišćavanje sa sekundarnom obradom i uzima 174 uzorka otpadnih voda. Od izuzetih uzoraka izveden je 851 test. Rezultati su prikazani u grafikonu br. 2.



Izvor: Environmental Protection Agency of Republic of Ireland, 2014.

Grafikon 2: Postotak rezultata analiza koji zadovoljavaju dopuštene i dozvolom propisane granične vrijednosti uređaja sa sekundarnom obradom u 2012. godini

Od ukupno izvedene 851 analize, 48 rezultata su prelazili dozvoljene granične vrijednosti. Što znači da 94 % analiza je u skladu i zadovoljavaju izdane dozvole i propisane vrijednosti u njima. To je ipak nešto lošiji rezultat u odnosu na 2011. kad je postotak bio 95 %.

### 3. MATERIJAL I METODE

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Velike Gorice sastavni je dio tvrtke „VG Vodoopskrba d.o.o.“ Kao takav dio je sustava javne odvodnje samog grada Velike Gorice, ali i okolnih naselja. Sustav odvodnje s područja Velike Gorice izveden je i deklarira se kao razdjelni sustav. Kanalizacijski sustav za odvodnju otpadnih sanitarnih i industrijskih voda Velike Gorice sastoji se od gravitacijskih i tlačnih kolektora, primarne i sekundarne kanalizacijske mreže te precrpnih stanica. Ukupna dužina kolektora iznosi 52,2 km, a ukupna dužina primarne i sekundarne mreže iznosi 86,4 km. Iako je kanalizacijska mreža službeno razdijeljena, na uređaj stižu velike količine oborinskih i podzemnih voda koje ulaze u mrežu uslijed lošeg stanja mreže, ilegalnih priključaka i infiltracije.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Velike Gorice je lociran istočno od grada i sjeverno od jezera Čiče. To je klasičan mehaničko-biološki uređaj s aktivnim muljem pušten u rad 1974. godine sa početnim kapacitetom od 12 000 ES (Blok 1). Godine 1984. Došlo je do proširenja i povećanja kapaciteta na 35 000 ES (Blok 2). Uređaj je namijenjen za obradu komunalnih otpadnih voda iz razdjelnog sustava odvodnje i danas je na njega dotok otpadne vode koji odgovara opterećenju od cca 50 000 ES. Kao sastavni dio uređaja, nalazi se i crpna stanica pod nazivom „Sava“, koja pročišćene otpadne vode transportira u rijeku Savu tlačnim cjevovodom u dužina od cca 11 km. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Velike Gorice je konvencionalnog tipa te se obrada otpadnih voda provodi mehaničko – biološkim postupkom sukladno Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/10).

Efikasnost rada Pročistača otpadnih voda grada Velike Gorice analizirana je na uzorcima vode uzetim prije i nakon pročišćavanja. Za potrebe usporedbe analitičkih podataka sirove otpadne i pročišćene otpadne vode iz niza laboratorijskih analiza, za usporedbu određeni su sljedeći parametri: ukupna suspendirana tvar, kemijska potrošnja kisika, biokemijska potrošnja kisika, nitriti, nitrati, amonij, ukupni dušik, orto-fosfat i ukupni fosfor. Analize su provedene u laboratoriju „Vodoopskrba d.d. – Pročistač otpadnih voda grada Velika Gorica“, a uzorci vode uzimani su jednom tjedno prije i nakon pročišćavanja. Korištene su standardne međunarodno prihvaćene metode laboratorijskih istraživanja otpadnih voda (APHA, 1996). U tablici 3. prikazani su izabrani analizirani parametri i njihove opće prihvaćene kratice.



Tablica 3. Izabrani analizirani parametri u sirovoj i obrađenoj otpadnoj vodi

| Mjereni parametri         | Mj. jedinica         | Korištena oznaka                |                                 |
|---------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                           |                      | U sirovoj otpadnoj vodi         | U obrađenoj otpadnoj vodi       |
| Kemijska potrošnja kisika | mg O <sub>2</sub> /l | KPKul (ulazna voda)             | KPKiz (izlazna voda)            |
| Biološka potrošnja kisika | mg O <sub>2</sub> /l | BPKul                           | BPK iz                          |
| Ukupna suspendirna tvar   | mg/l                 | Uk. susp. tv.ul                 | Uk. susp. tv.iz                 |
| Nitriti                   | mg/l                 | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ul | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> iz |
| Nitrati                   | mg/l                 | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ul | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> iz |
| Amonij                    | mg/l                 | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ul | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> iz |
| Ukupni dušik              | mg/l                 | Uk. N ul                        | Uk. N iz                        |
| Orto-fosfati              | mg/l                 | Orto-P ul                       | Orto-P iz                       |
| Ukupni fosfor             | mg/l                 | Uk. P ul                        | Uk. P iz                        |

Izvor: Jurenić, 2013.

Statistička obrada po Cochranu i Coxu (1950) citirano prema Petzu (1985) uključuje rezultate izračuna  $t$  raspodijele, odnosno testiranje razlika između aritmetičkih sredina malih nezavisnih uzoraka. Broj stupnjeva slobode su izračunati prema formuli  $(N_1-1) + (N_2-1)$ , gdje  $N$  označava broj mjeseci. Značajnost razlike određena na razini značajnosti od 5%.

Uređaj je projektiran i provodi pročišćavanje II stupnja, a gore navedeni parametri su propisani za navedeni stupanj pročišćavanja. Međutim, na uređaju je između ostalog propisano i praćenje ukupnog dušika i ukupnog fosfora. Iako je takvo pročišćavanje predviđeno za III stupanj, novim Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13) su propisane granične vrijednosti, tablica 4 i 5. Shodno tome na uređajima s pročišćavanjem II stupnja moguće je pratiti odstupanja, što se može i vidjeti na grafikonima koji slijede kao prikaz izračunatih srednjih vrijednosti po mjesecima u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenoj vodi.

Tablica 4. Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog (II) i trećeg (III) stupnja pročišćavanja

| POKAZATELJ   | GRANIČNA VRIJEDNOST                 | NAJMANJI POSTOTAK SMANJENJA |
|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| <b>GRANIČNE VRIJEDNOSTI EMISIJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA PROČIŠĆENIH NA UREĐAJU DRUGOG (II) STUPNJA PROČIŠĆAVANJA</b>  |                                     |                             |
| Suspendirane tvari   | 35 mg/l                             | 90                          |
| BPK <sub>5</sub> (20 °C)   | 25 mg O <sub>2</sub> /l             | 70                          |
| KPK  | 125 mg O <sub>2</sub> /l            | 75                          |
| <b>GRANIČNE VRIJEDNOSTI EMISIJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA PROČIŠĆENIH NA UREĐAJU TREĆEG (III) STUPNJA PROČIŠĆAVANJA</b> |                                     |                             |
| Ukupni fosfor  | 2 mg P/l<br>(10 000-100 000 ES)     | 80                          |
| Ukupni dušik (organski N+NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N)                                   | 15 mg N/l<br>(10 000 do 100 000 ES) | 70                          |

Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/2013.

Tablica 5. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim vodama

| POKAZATELJ                            | IZRAŽENI KAO   | JEDINICA | POVRŠINSKE VODE | POSTOTAK                      |
|---------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------------------|
| <b>FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI</b> |                |          |                 |                               |
| Suspendirane tvari                    |                | mg/l     | 35              | (c)                           |
| <b>ORGANSKI POKAZATELJI</b>           |                |          |                 |                               |
| BPK <sub>5</sub>                      | O <sub>2</sub> | mg/l     | 25              | sukladno članku 5. Pravilnika |
| KPK                                   | O <sub>2</sub> | mg/l     | 125             | sukladno članku 5. Pravilnika |
| <b>ANORGANSKI POKAZATELJI</b>         |                |          |                 |                               |
| Ukupni fosfor                         | P              | mg/l     | 2 (1 jezera)    | sukladno članku 5. Pravilnika |
| Ortofosfati                           | P              | mg/l     | 1 (0,5 jezera)  | -                             |
| Ukupni dušik                          | N              | mg/l     | 15              | sukladno članku 5. Pravilnika |
| Amonij                                | N              | mg/l     | 10              | -                             |
| Nitriti                               | N              | mg/l     | 1               | 10                            |
| Nitrati                               | N              | mg/l     | 2               | -                             |

Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/2013.

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

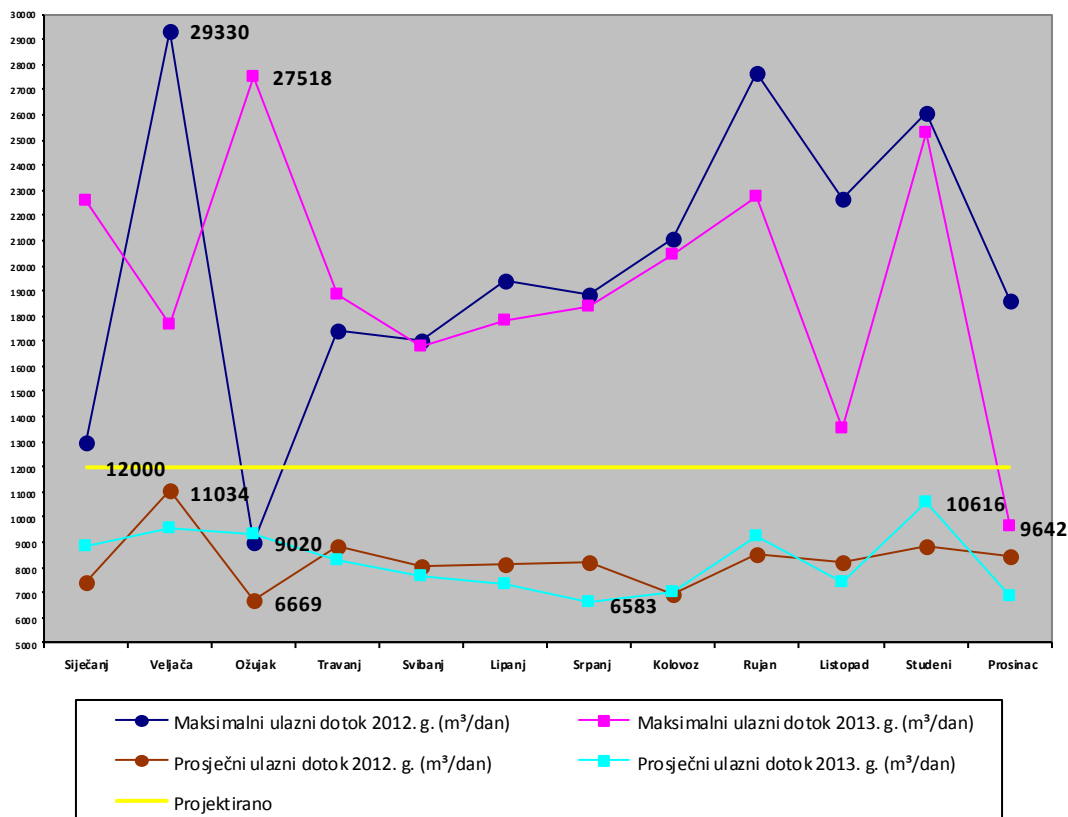
Tijekom specijalističke diplomske stručne prakse koja je odrađena tijekom lipnja i srpnja 2013., bio je moguć izravan rad na analiziranju uzorka vode prije i nakon pročišćavanja na Pročistaču te uvid u rezultate dobivene analiziranjem. Međutim kako bi se dobio što bolji uvid u rezultate pročišćavanja otpadne vode na uređaju Velika Gorica, u ovom radu će se prikazati rezultati dobiveni u razdoblju od dvije godine (2012 i 2013).

Prema zadnjim dostupnim podacima (iz 1991.) na sustav javne odvodnje priključeno je *cca* 35 000 stanovnika. Komunalna sanitarna otpadna voda koja se obrađuje na ovom uređaju većim dijelom je podrijetlom iz domaćinstava, no valja znati da se u sustav uključuju i industrijske otpadne vode, kao i vode sa okolnih farmi i poljoprivrednih gospodarstava. Udio industrijskih objekata koji sudjeluju u ukupnoj količini otpadnih voda je oko 25 %, ali tu je i čitav niz manjih mesnica, kemijskih čistionica, praonica automobila, servisno mehaničarskih radiona itd.

Zbog samog uređaja koji je projektiran da osigura II stupanj pročišćavanja otpadnih voda, ali i sastava otpadnih voda u kojima je velik dio organskog onečišćenja, ovlaštena nadzorna ustanova je prilikom izdavanja Vodopravne dozvole (Hrvatske vode, 2008.) propisala granične vrijednosti ključnih parametara koji ukazuju na stupanj pročišćenosti izlazne otpadne vode. To je prije svega *kemijska potrošnja kisika (KPK)*, zatim *biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>)*, te koncentracija *ukupne suspendirane tvari*. Osim navedenih parametara koji se prate s posebnom pažnjom, prate se i ostali parametri za koje se provodi analiza. To se odnosi na količinu ukupnog dušika i ukupnog fosfora.

Kapacitet uređaja iznosi 35 000 ES, međutim procjene su da je trenutno stvarno opterećenje *cca* 50 000 ES, što rezultira povremenim ispuštanjem nepročišćenih otpadnih voda u oborinski kanal i nastavno u potok Želin, kao osjetljivi mali prijammnik. Ovakvim ispuštanjem viška nepročišćenih otpadnih voda direktno u oborinski kanal, uz lokaciju uređaja, ugroženo je, osim potoka Želin i jezero Novo Čiče koje je neposredno uz uređaj.

S obzirom da je već spomenut problem preopterećenja uređaja, prije analiziranja podataka dobivenih laboratorijskim analizama valja obratiti pažnju i na izmjerene dotoke otpadne vode na uređaju u razdoblju od dvije godine (2012 i 2013), grafikon 3. Uređaj je projektiran za maksimalni prihvat dotoka otpadnih voda za kišnih dana od 12 000 m<sup>3</sup>/dan.



Grafikon 3: Prosječni i maksimalni dnevni dotok influenta po mjesecima za 2012. i 2013. god.

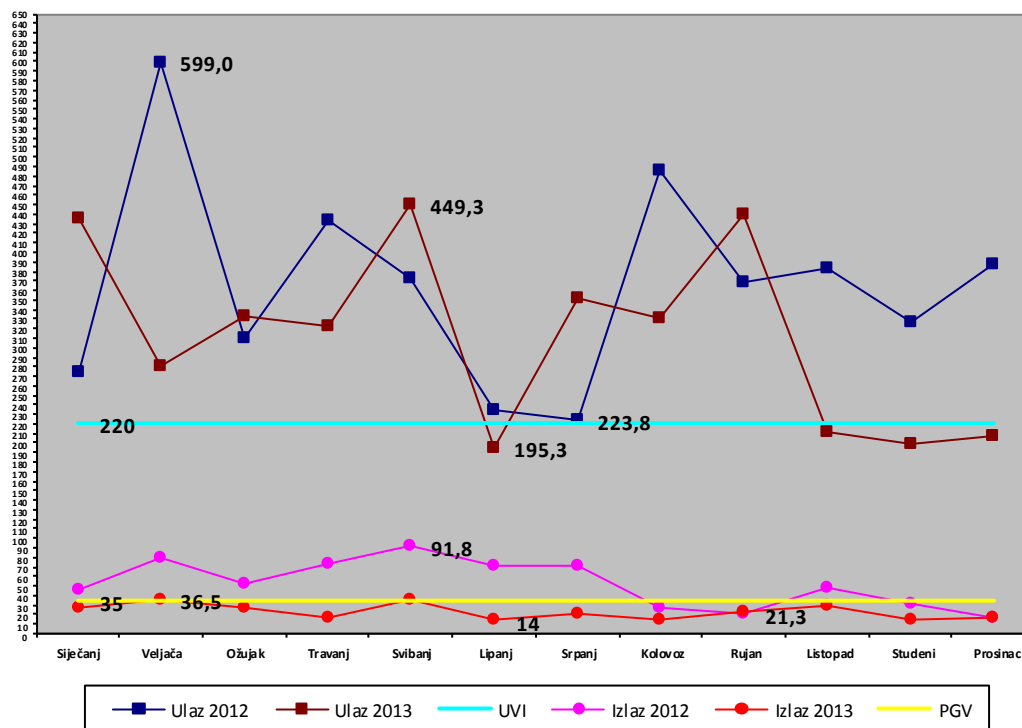
Osim hidro opterećenja valja istaknuti i organsko opterećenje koje je se za parametre BPK<sub>5</sub>, KPK i ukupni dušik, kao najizraženije, može se iskazati i kroz pojam ekvivalent stanovnika (ES). Ova veličina je između ostalog važna kod projektiranja uređaja za pročišćavanja. Kakvoća i količina otpadne vode su osnovni čimbenici koji se upotrebljavaju kod projektiranja sustava. Pa valja ponoviti da je UPOV Velika Gorica projektiran za 12 000 ES, a nadograđen i proširen 1984. na 35 000 ES. Pa su tako zabilježena opterećenja za BPK<sub>5</sub> do 78 000 ES, za KPK do 92 000, te za ukupni dušik čak i preko 100 000 ES.

Iz sustava javne odvodnje, nakon pročišćavanja, u 2012. god. u rijeku Savu je ukupno ispušteno 3.004.916,0 m<sup>3</sup> (prosječno 250.410,0 m<sup>3</sup>/mjesечно). Dok je u 2013. god. u rijeku Savu ukupno ispušteno 2.983.174,0 m<sup>3</sup> (prosječno 248.598,0 m<sup>3</sup>/mjesечно).

Od strane Hrvatskih voda, Vodnogospodarski odjel za slivno područje grada Zagreba, 26.5.2008. UPOV-u Velika Gorica izdana je Vodopravna dozvola za ispuštanje voda. Vodopravnom dozvolom su propisane granične vrijednosti koje uređaj mora postići prilikom pročišćavanja otpadnih voda. Isto tako propisano je da se iz rezultata analitičkih nalaza izračuna postotak uklanjanja određenih parametara nakon procesa pročišćavanja, a u slučaju da uređaj nije u mogućnosti postići propisane granične vrijednosti koji se postotak smanjenja ulaznog opterećenja mora postići prije puštanja pročišćenih otpadnih voda u prirodni prijemnik.

## 4.1 Rezultati analiza otpadnih voda

**4.1.1 Ukupna suspendirana tvar** su čvrste tvari, uključujući organske i anorganske, koje su suspendirane u vodi. Visoka koncentracija suspendiranih tvari može sniziti kvalitetu vode na način da ona počinje upijati svjetlost. Vode tada postaju toplije i smanjuje se sposobnost vode da održi kisik neophodan za život u vodi. Zbog toga vodene biljke također dobivaju manje svjetla, fotosinteza se smanjuje i time koncentracija kisika. Rezultati analiziranja ukupne suspendirane tvari u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 4.

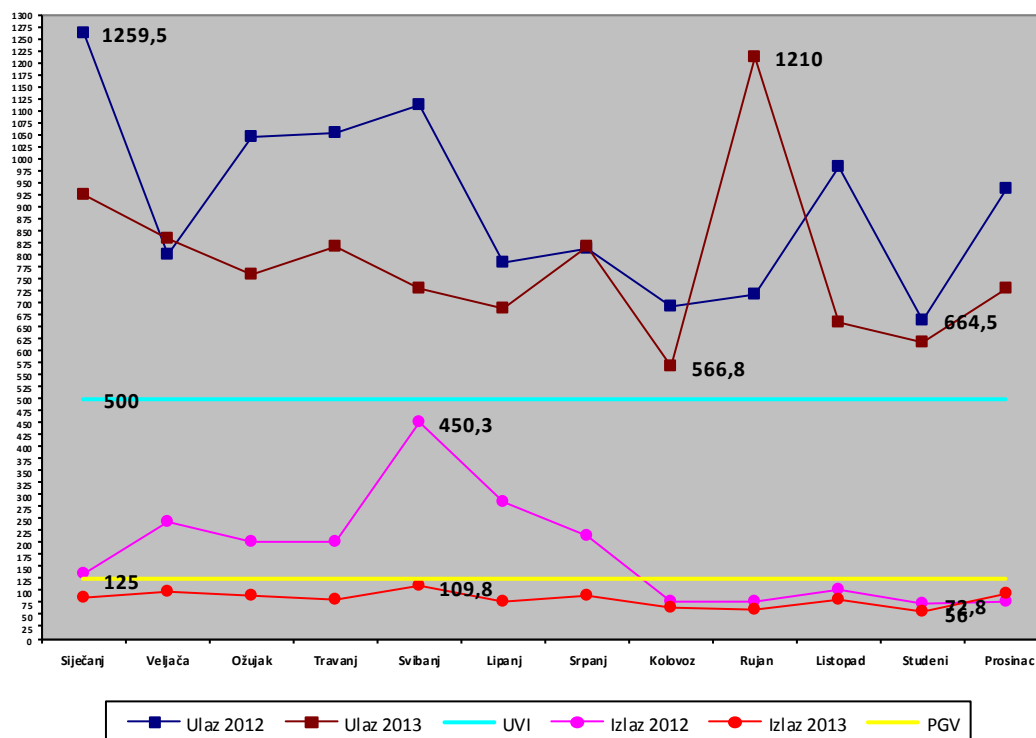


Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti

Grafikon 4: Ukupno suspendirana tvar – srednja vrijednost po mjesecima (mg/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini od 46 analiza efluenta, 25 rezultata prelazi PGV (54,3 %). Od 25 rezultata koji prelaze PGV, tri analize su zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost prelazi 90 %. Realni postotak rezultata analiza efluenta koje prelaze PGV je 47,8 %. Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 160 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 52,50 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini od 48 analiza efluenta, šest rezultata prelaze PGV (12,5 %). Od šest rezultata koji prelaze PGV, dvije analize su zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost prelazi 90 %. Realni postotak rezultata analiza koje prelaze PGV je 8,3 %. Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 58 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2013. godinu iznosi 22,90 mg/l što *zadovoljava*.

**4.1.2 Kemijska potrošnja kisika (KPK)** – parametar je kojim se određuje ukupna koncentracija sastojaka u otpadnoj vodi koji oksidiraju. U većini otpadnih voda sastojci koji oksidiraju su većinom sastojci organskog podrijetla, pa stoga KPK predstavlja pokazatelj ukupnog onečišćenja otpadne vode organskim sastojcima. Neki aromatski spojevi, primjerice benzen, ne oksidiraju potpuno, dok se neki anorganski spojevi kao što su sulfidi, sulfiti i Fe<sup>3+</sup>-ioni oksidiraju. Rezultati analiziranja kemijske potrošnje kisika u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 5.

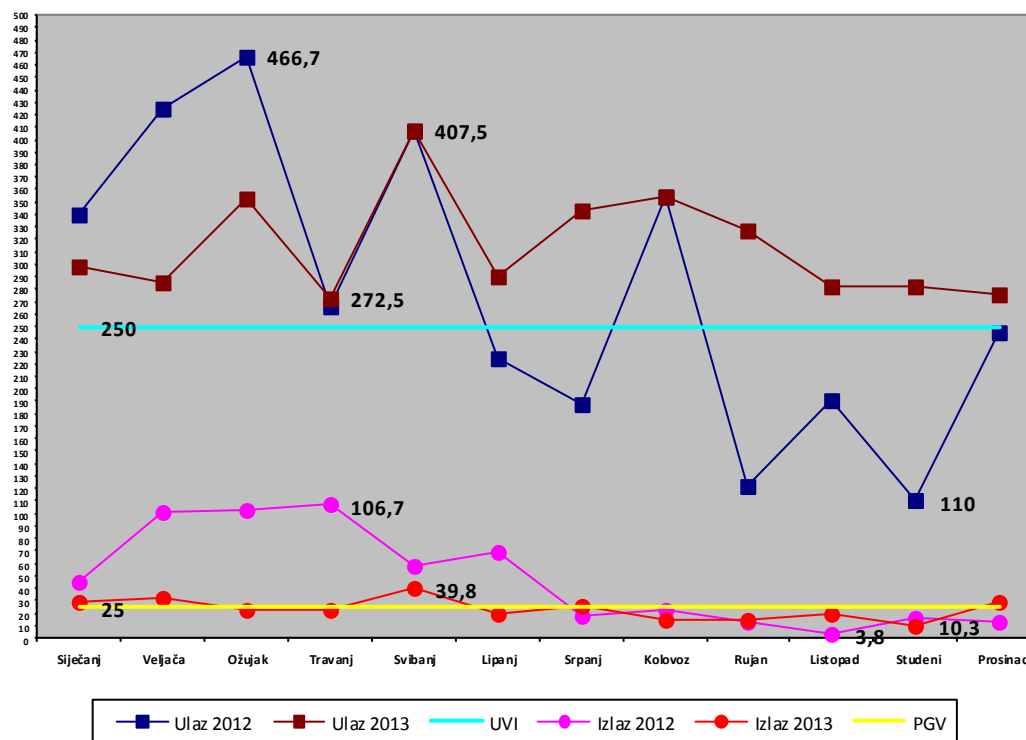


Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti

Grafikon 5: Kemijska potrošnja kisika – srednja vrijednost po mjesecima (mg O<sub>2</sub>/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenoj vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini od 46 analiza efluenta, 24 rezultata prelaze PGV (52,2 %). Od 24 rezultata koji prelaze PGV, 14 analiza su ipak zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost je veća od 75 %. Iz tog razloga realni postotak rezultata analiza koje prelaze PGV je 21,7 %. Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 841 mg/l što *ne zadovoljava*, srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 177,60 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini od 48 analiza efluenta, dva rezultata prelaze PGV (4,2 %), međutim od dva rezultata koji prelaze PGV, obje analize su ipak zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost je veća od 75 %. Iz tog razloga rezultata analiza koje prelaze PGV nema. Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 175 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2013. godinu iznosi 81,70 mg/l što *zadovoljava*.

**4.1.3 Biokemijska potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>)** - radi kvantificiranja opterećenja otpadnih voda organskom tvari uveden je pokazatelj petodnevne biokemijske potrošnje kisika (BPK<sub>5</sub>). Test je zapravo određivanje količine kisika koja je potrebna za razgradnju organske tvari pod utjecajem mikroorganizama prisutnih u uzroku i to pri temperaturi od 20°C u trajanju od 5 dana inkubacije u tami. Rezultati analiziranja BPK<sub>5</sub> u otpadnim vodama grada V. Gorice, grafikon 6.

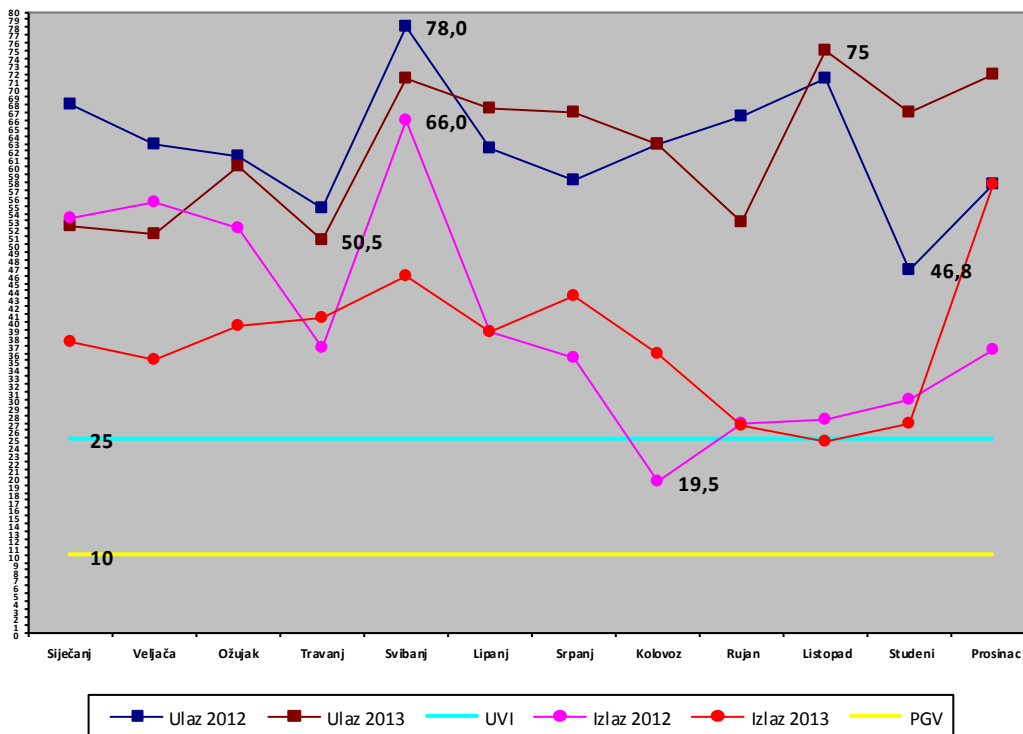


Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti

Grafikon 6: Biološka potrošnja kisika – srednja vrijednost po mjesecima (mg O<sub>2</sub>/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini od 46 analiza efluenta, 23 rezultata prelaze PGV (50,0 %). Od 23 rezultata koji prelaze PGV, 18 analiza je zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost je između 70 - 90 %. Stoga realni postotak rezultata analiza koje prelaze PGV je 10,9 %. Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosila je 180 mg/l, što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 47,80 mg/l što također *ne zadovoljava*, međutim srednja vrijednost postotne učinkovitosti je 77,0 %, tako da je srednja vrijednost rezultat analiza ipak *zadovoljavajuća*. U 2013. godini od 48 analiza efluenta, 16 rezultata prelaze PGV (33,3 %). Od 16 rezultata koji prelaze PGV, 15 analiza su ipak zadovoljavajuće jer postotna učinkovitost je između 70 - 90 %. Iz tog razloga realni postotak rezultata analiza koje prelaze PGV je 2,1 %. Maksimalna vrijednost iznosila je 80 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2013. godini iznosi 23,30 mg/l što *zadovoljava*.

**4.1.4 Amonij ( $NH_4^+$ )** - Veće količine amonijaka u vodi upućuju na prisustvo otpadnih ili fekalnih voda. Amonijak u vodi disocira i daje amonij i hidroksilni ion. Amonijak prisutan u vodi je pokazatelj svježeg onečišćenja organskom tvari. Nalazi se kao plin otopljen u vodi te je u ravnoteži s amonij-ionom, što ovisi o vrijednosti pH i temperaturi vode. Rezultati analiziranja amonijevih iona u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 7.



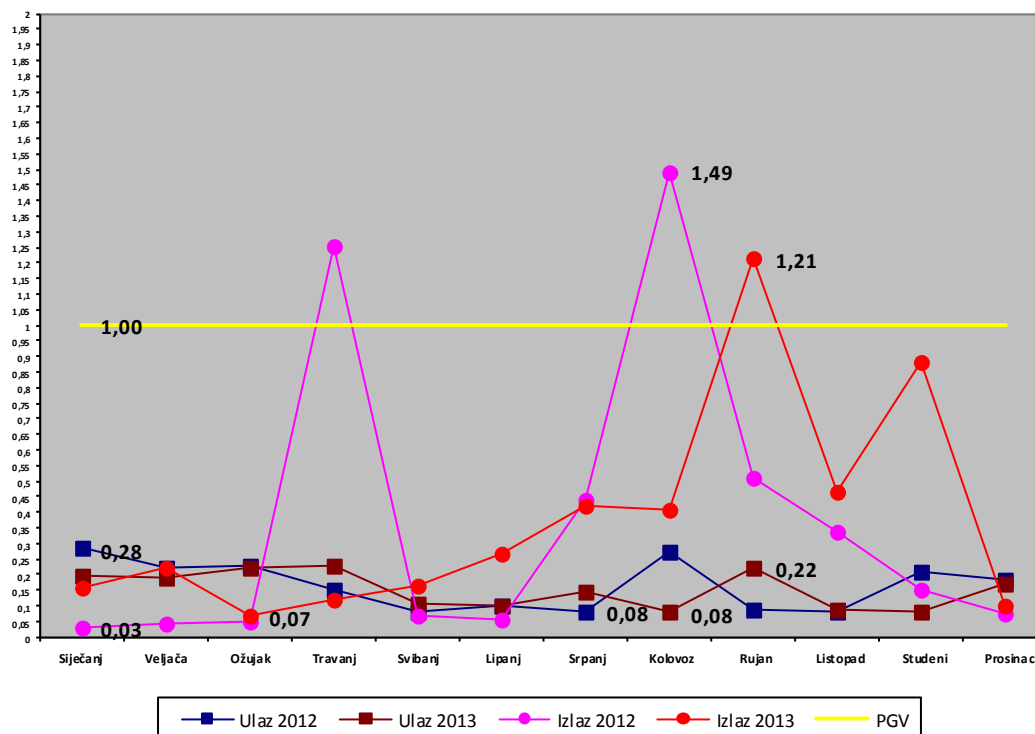
Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti

Grafikon 7: Amonij – srednja vrijednost po mjesecima (mg N/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini u svih dvanaest mjeseci najveći dio analiza prelazi PGV. Od 46 analiza efluenta, 45 rezultata prelaze PGV (97,8 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 89,0 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 39,8 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini u svih dvanaest mjeseci sve analize efluenta prelaze PGV. Od 48 analiza, 48 rezultata prelaze PGV (100,0 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 63,0 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2013. godini iznosi 37,6 mg/l što također *ne zadovoljava*.



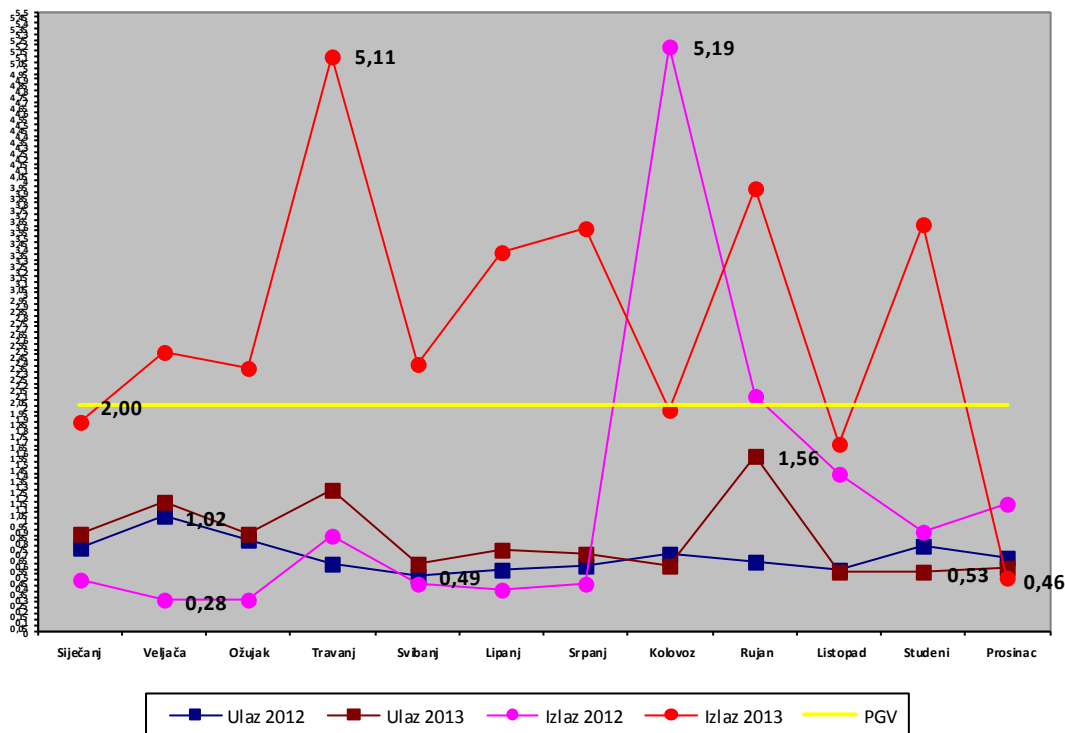
**4.1.5 Nitriti ( $NO_2^-$ )** - Dušik se u obliku nitrita javlja kao prijelazno stanje u biološkoj razgradnji spojeva koji sadrže organski dušik (nitrifikacija). Bakterije prevode amonijak u nitrite u aerobnim uvjetima, a u anaerobnim uvjetima nitriti mogu nastati i bakteriološkom redukcijom nitrata. Budući da se lako oksidiraju u nitrata, ne nalaze se često u površinskim vodama. Prisutnost velikih količina nitrita u ispitivanoj vodi ukazuje na djelomičnu razgradnju ili svježe zagađenje organskim tvarima. Zbog potencijalnog kancerogenog djelovanja, količina nitrita u pitkim vodama ograničena i potrebno ju je pratiti. Rezultati analiziranja nitrita u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 8.



Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti  
 Grafikon 8: Nitriti - srednja vrijednost po mjesecima (mg N/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenoj vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini od 46 analiza efluenta, četiri rezultata prelaze PGV (8,7 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 4,280 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 0,375 mg/l što *zadovoljava*. U 2013. godini od 48 analiza efluenta, tri rezultata prelaze PGV (6,5 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 2,180 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2013. godinu iznosi 0,373 mg/l što *zadovoljava*.

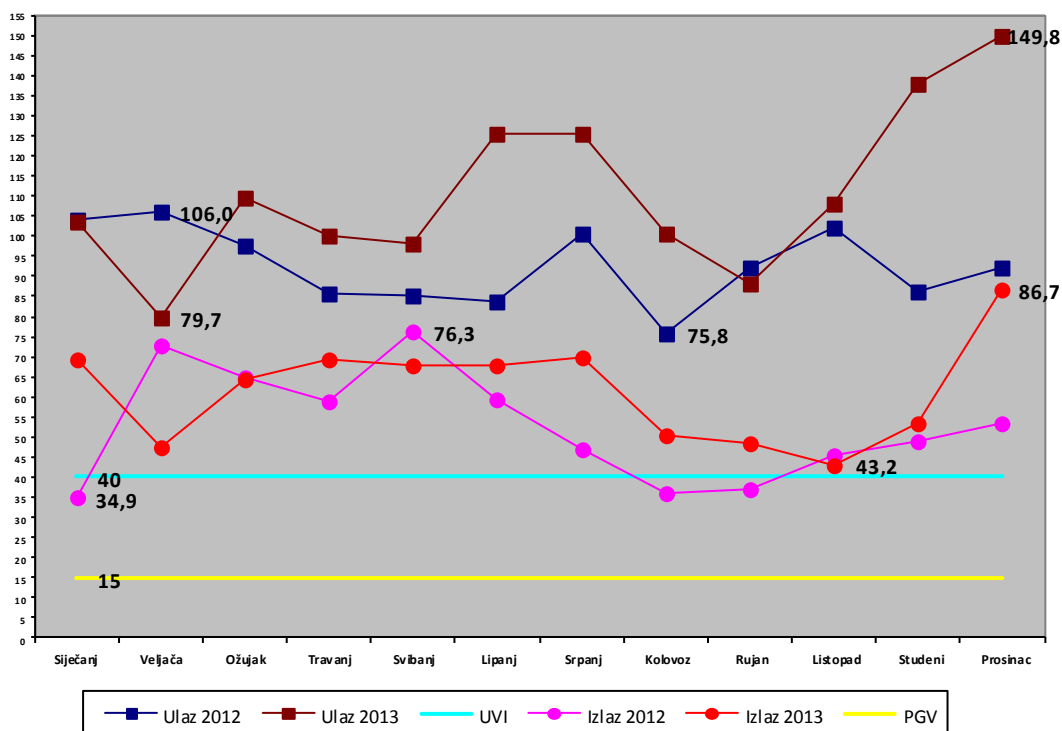
**4.1.6 Nitrati ( $NO_3^-$ )** - Nitrati u otpadnim vodama javljaju se kao rezultat razgradnje organske tvari kroz proces nitrifikacije pod djelovanjem autotrofnih organizama i obligatnih aeroba. Nitrati su pokazatelj starijeg zagađenja organskom tvari. Nitrati su esencijalne mineralne tvari za fotosintetske autotrofne organizme, a u nekim slučajevima mogu biti i ograničavajući faktor rasta. Rezultati analiziranja nitrata u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 9.



Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti  
 Grafikon 9: Nitrati - srednja vrijednost po mjesecima (mg N/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini od 46 analiza efluenta, osam rezultata prelaze PGV (17,4 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 10,70 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 1,14 mg/l što *zadovoljava*. U 2013. godini od 48 analiza efluenta, 32 rezultata prelaze PGV (66,7 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosi 6,88 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2013. godinu iznosi 2,73 mg/l što također *ne zadovoljava*.

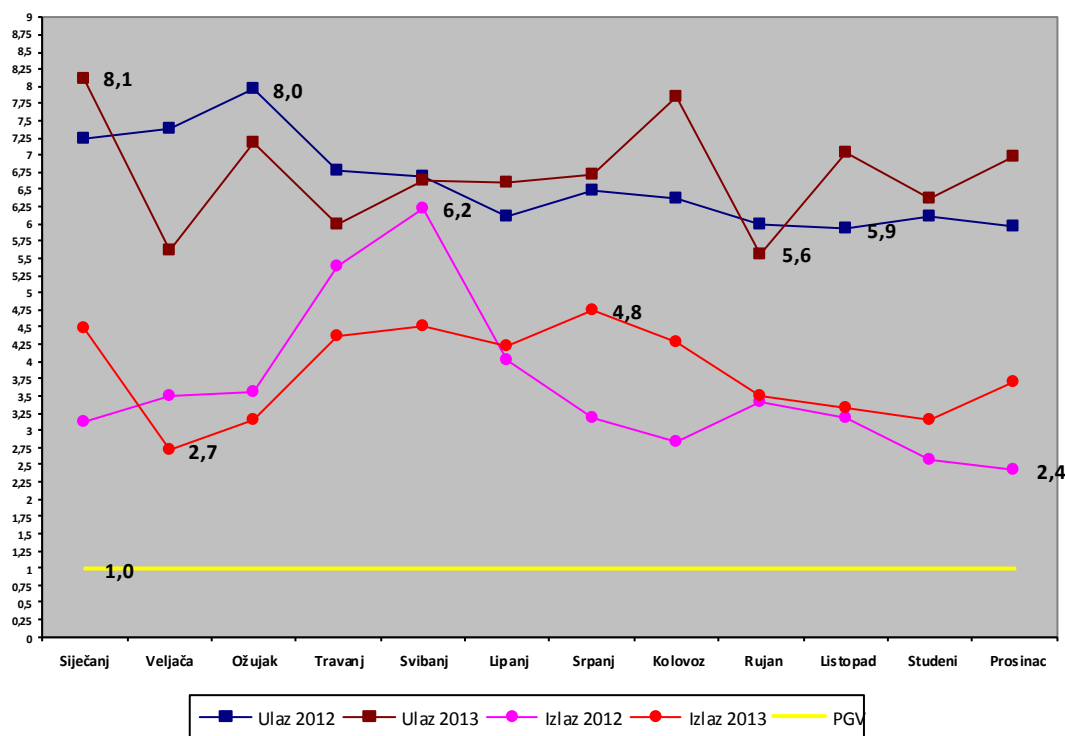
**4.1.7 Ukupni dušik** - Nazočnost dušikovitih spojeva u vodi obično ukazuje na činjenicu da je ta voda u jačoj ili slabijoj mjeri zagađena. Dušik i njegovi spojevi u vodi rezultat su aktivnosti rada bakterija, modrozelenih algi i nekih gljiva, jer dušik iz atmosfere predstavlja relativno mali dio u vodi. Najveći dio dušika u vodi nalazi se vezan u bjelančevinama, aminokiselinama i dr., dok je manji dio vezan anorganski, kao amonijačni, nitritni i nitratni dušik. Ukupni dušik je zbroj ukupnog Kjeldahl dušika (amonijak, organski i reducirani dušik) te nitrata i nitrita. Rezultati analiziranja ukupnog dušika u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 10.



Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti  
 Grafikon 10: Ukupni dušik - srednja vrijednost po mjesecima (mg N/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 46 analiza, svih 46 rezultata prelaze PGV (100,0 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosila je 95,9 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2012. godinu iznosi 52,80 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 48 analiza, svih 48 rezultata prelaze PGV (100,0 %). Maksimalna vrijednost pojedinačne analize iznosila je 96,3 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost za cijelu 2013. godinu iznosi 61,50 mg/l što također *ne zadovoljava*.

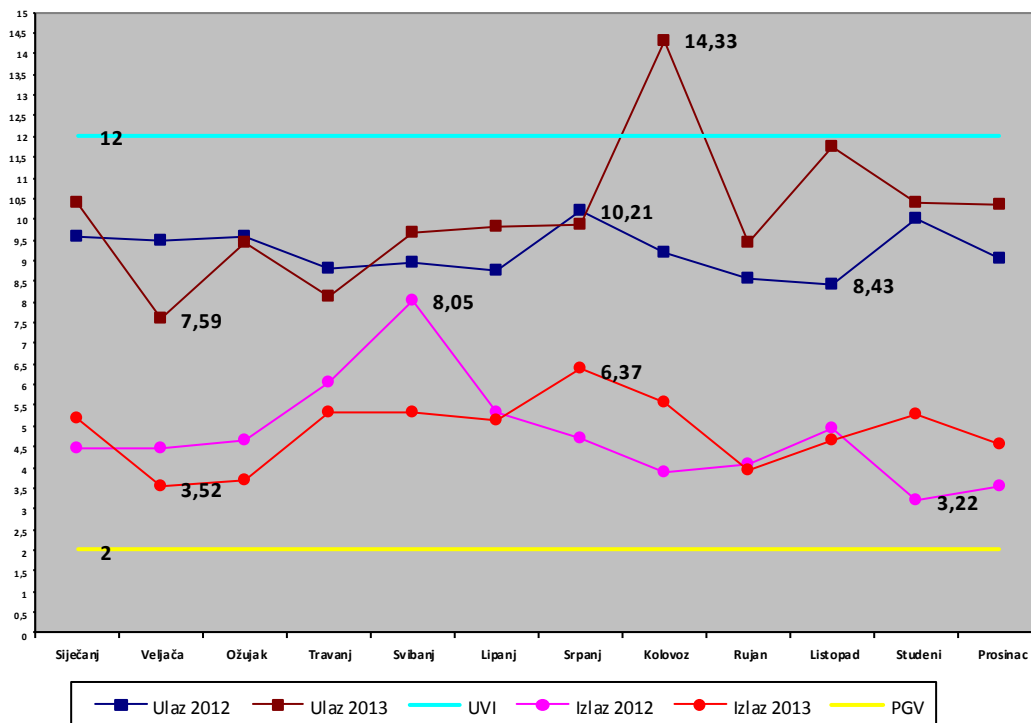
**4.1.8 Orto-fosfat ( $PO_4^{3-}$ )** – Fosfor je u vodama uglavnom prisutan u obliku fosfata. Orto-fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) je najjednostavniji u nizu fosfata i obično se naziva samo fosfat. Ovakav oblik fosfata se najčešće koristi u proizvodnji umjetnih gnojiva. Pa je to i razlog zbog čega ga ima i u površinskim vodama kao rezultat ispiranja poljoprivrednih površina. Rezultati analiziranja orto-fosfata u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikon 11.



Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti  
 Grafikon 11: Orto-fosfat - srednja vrijednost po mjesecima (mg P/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 44 analiza, svih 44 rezultata prelaze PGV (100,0 %). Maksimalna vrijednost iznosila je 9,56 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2012. godini iznosi 3,61 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 48 analiza, svih 48 rezultata prelaze PGV (100,0 %). Maksimalna vrijednost iznosila je 6,34 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2013. godini iznosi 3,84 mg/l što također *ne zadovoljava*.

**4.1.9 Ukupni fosfor** - Fosfor je glavni nutrijent koji utječe na primarnu produkciju u vodenim ekosustavima i potreban je u malim količinama. Povećana koncentracija fosfora uzrokuje bujanje biljnog svijeta u vodama (eutrofikacija) što smanjuje prodiranje sunčevih zraka pa plankton počinje ugibati. Tu biljnu masu razgrađuju aerobne bakterije koje za to troše kisik. Time dolazi do smanjenja kisika u vodi, a to predstavlja smrt za stanovnike voda. Ukupni fosfor objedinjuje sve vrste fosfata (orto-fosfat, organski vezan fosfat i kondenzirani fosfat ili polifosfat). Rezultati analiziranja ukupnog fosfora u otpadnim vodama grada Velike Gorice, grafikom 12.



Tumač: \* UVI – Uobičajene vrijednosti influenta (za komunalne otpadne vode), PGV – Propisane granične vrijednosti  
 Grafikon 12: Ukupni fosfor - srednja vrijednost po mjesecima (mg P/l) u ulaznoj otpadnoj i izlaznoj pročišćenju vodi za 2012. i 2013.

U 2012. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati velike većine svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 44 analiza, 43 rezultata prelaze PGV (97,7 %). Maksimalna vrijednost iznosila je 11,5 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2012. godini iznosi 4,78 mg/l što također *ne zadovoljava*. U 2013. godini u svih dvanaest mjeseci rezultati velike većine svih analiza efluenta prelaze PGV. Od 48 analiza, 47 rezultata prelaze PGV (97,9 %). Maksimalna vrijednost iznosila je 10,10 mg/l što *ne zadovoljava*, dok srednja vrijednost u 2013. godini iznosi 4,88 mg/l što također *ne zadovoljava*.

Vodopravnom dozvolom propisano je i smanjenje ulaznog opterećenja na ispustu u rijeku Savu u slučaju kada se ne postižu utvrđene granične vrijednosti navedenih pokazatelja, a iz rezultat je vidljivo:

**Ukupne suspendirane tvari** – u 2012. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 82,8 %, što *ne zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole. U 2013. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 91,3 %, što *zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole.

**Biloška potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>)** - u 2012. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 77,0 %, što *zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole. U 2013. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 91,8 %, što *zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole.

**Kemijska potrošnja kisika (KPK)** - u 2012. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 77,8 %, što *zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole. U 2013. god., na godišnjoj razini je postignuto prosječno smanjenje od 88,0 %, što *zadovoljava* zahtjeve vodopravne dozvole.

Prema Državnom planu za zaštitu voda (NN 8/99) rijeka Sava na mjestu ispusta svrstana je u vodotok III. kategorije. Osim kriterija propisanih Vodopravnom dozvolom, otpadna voda prije ispuštanja u recipijent, rijeku Savu, prema Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99, 6/01, 14/01) mora zadovoljavati propisane granične vrijednosti za prirodne prijemnika III. kategorije.

Iz rezultat analiza vidljivo je da ti parametri *ne zadovoljavaju*.

**Ukupni dušik** – srednja vrijednost za 2012. god. iznosi 52,8 mg N/l te je postignuto smanjenje 40,8 %. Srednja vrijednost za 2013. god. iznosi 61,5 mg N/l te je postignuto smanjenje 41,4 % (dozvoljene granične vrijednosti prikazane u Tablici 4 i 5).

**Ukupni fosfor** - srednja vrijednost za 2012. god. iznosi 4,78 mg N/l, te je postignuto smanjenje 45,2 %. Srednja vrijednost za 2013. god. iznosi 4,88 mg N/l te je postignuto smanjenje 46,2 % (dozvoljene granične vrijednosti prikazane u Tablici 4 i 5).

## 4.2. Statistička obrada rezultata laboratorijskih analiza UPOV-a Velika Gorica

Broj stupnjeva slobode smo računali prema formuli  $(N_1-1) + (N_2-1)$ , gdje N označava broj mjeseci, prema tome u našem slučaju on iznosi  $11+11=22$ . Značajnost razlike određujemo na razini značajnosti od 5%, pa u tablici B (Petz, 1985), granična vrijednost  $t$  na razini značajnosti od 5%, a uz 22 stupnja slobode iznosi 2,07 (što znači da razlika mora biti barem 2,07 puta veća od svoje pogreške).

Da bismo došli do željenih vrijednosti  $t$  raspodijele (testa), izračunom smo morali odrediti medijan ( $M$ ), standardnu devijaciju ( $S$ ), F test ( $F$ ), zajedničku standardnu devijaciju ( $S_d$ ), razliku aritmetičke sredine ( $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ) i standardnu pogrešku razlike ( $S \cdot x_1 - x_2$ ).

Uvrštavanjem svega navedenog izračun je pokazao da je *statistički značajna razlika* između 2012. i 2013. na razini  $P \leq 0,05$  utvrđena za parametre:

- Ukupno suspendirane tvari (efluent) za koji  $t$  iznosi 2,25
- Nitrati (influent) za koji  $t$  iznosi 8,19
- Nitrati (efluent) za koji  $t$  iznosi 2,26

Rezultati izračuna za ostale parametre pokazali su da nisu statistički značajni.

## 5. ZAKLJUČAK

1. Kanalizacijski sustav grada Velike Gorice na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Velika Gorica izaziva hidro preopterećenje, zbog priliva značajnih količina oborinskih voda te podzemnih voda (zbog oštećenja cjevovoda) s cijelog područja. Dolazi do prelijevanja nepročišćenih otpadnih voda bez predtretmana u prepumpnu stanicu za Savu te u otvoreni melioracijski kanal koji se nalazi uz uređaj i uz jezero Čiče s konačnim ispustom u rijeku Odru (vodotok II kategorije).
2. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Velika Gorica radi sa bio opterećenjem koje je veće od onog za koje je uređaj projektiran. Tijekom 2012. prekoračenje propisanih graničnih vrijednosti (dalje u tekstu PGV) efluenta zabilježeno je u 47,8 %, od ukupnog broja provedenih analiza za ukupno suspendiranu tvar, 21,7 % analiza za KPK, 10,9 % analiza za BPK<sub>5</sub>, 8,7 % analiza za nitrite i 17,4 % analiza za nitrata. Zabilježeno je konstantno prekoračenje PGV efluenta za amonij (97,8 %) , ukupni dušik (100,0 %) , orto-fosfate (100,0 %) i ukupni fosfor (97,7 %).
3. U 2013. su zabilježeni bolji rezultati, prvenstveno zbog rekonstrukcije uređaja i povećanja kapaciteta Bloka I. Značajno poboljšanje je zabilježeno u rezultatima analiza efluenta za ukupno suspendiranu tvar (8,3 % analiza prelazi PGV), KPK (nema prekoračenja PGV-a) , BPK<sub>5</sub> (2,1 % analiza prelazi PGV) i nitrite (6,5 %). Jedino su se pogoršali rezultati analiza nitrata (66,7 % analiza prelazi PGV). Međutim, kao i u prethodnom razdoblju zabilježena su stalna prekoračenja PGV za amonij (100,0 %) , ukupni dušik (100,0 %) , orto-fosfate (100,0 %) i ukupni fosfor (97,9 %).
4. Loši rezultati uklanjanja dušika su posljedica nemogućnosti provođenja adekvatne aeracije za proces nitrifikacije te nedovoljna starost mulja. Osim toga prisutan je i preveliki stupanj uklanjanja organske tvari (BPK<sub>5</sub>) u prethodnom taložniku što uzrokuje nedostatak organske tvari potrebne za denitrifikaciju.
5. Statistički značajna razlika na razini rizika od 0.05 % između 2012. i 2013. godine izražena je za ukupnu suspendiranu tvar i nitrata u efluentu.
6. Za postojeći uređaj je potrebna rekonstrukcija i dogradnja, a samim time povećanje kapaciteta, što uključuje i izgradnju III. stupnja pročišćavanja ili izgradnja potpuno novog uređaja, kako bi se uskladili sa Direktivom 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda s rokom do 31. prosinca 2018. godine.



## 6. LITERATURA

1. Biondić, D., Ivaniš, Z. (2009): Pregled stanja i smjernice razvoja odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda u Republici Hrvatskoj.  
[http://www.wfd.croatia.eu/userfiles/file/UWWTD\\_WFD/presentations/02-Current%20status\\_Biondic.pdf](http://www.wfd.croatia.eu/userfiles/file/UWWTD_WFD/presentations/02-Current%20status_Biondic.pdf), (09. prosinca 2014., 22:15 h).
2. Chapman, D. (2012): Loading Evaluation Workshop.  
<http://www.grandriver.ca/water/DChapman>LoadingEvaluationWorkshop.pdf>, (14. prosinca 2014., 21:55 h).
3. Čargonja-Reicher, K. (2008): Sažetak studije utjecaja na okoliš sanacije i rekonstrukcije gradskog uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda u Velikoj Gorici. Elektroprojekt d.d. Zagreb.
4. Dičak, M. (2010): Modeliranje biološkog procesa obrade otpadne vode na komunalnom uređaju u Velikoj Gorici. Diplomski rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
5. Državni plan za zaštitu voda, NN 8/99, [www.nn.hr](http://www.nn.hr), (5. siječnja 2014).
6. Effectiveness of urban wastewater treatment policies in selected countries: an EEA pilot study, European Environment Agency (2005).  
[http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2005\\_2](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2005_2), (13. travnja 2014., 19:15 h)
7. Focus on Urban Waste Water Treatment in 2012., Environmental Protection Agency (2014), Ireland.  
<http://www.epa.ie/pubs/reports/water/wastewater/Focus20on20Urban20Waste20Water20Treatment20in20201220-20web20copy.pdf>, (8. travnja 2014., 18:55 h)
8. Forster, S. (2000): Efficient Wastewater Treatment The field for analytical and monitoring Equipment.  
<http://www.eco-web.com/edi/01759.html>, (14. travnja 2014., 20:45 h)
9. Glancer-Šoljan, M., Landeka Dragičević, T., Šoljan, V., Ban, S. (2001): Biotehnologija u zaštiti okoliša. Interna skripta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
10. Ispitivanje biorazgradivosti otpadne vode UPOV Velika Gorica – laboratorijski izvještaj. Ekološki inženjering d.o.o., Poreč (2008).
11. Jirka, G. H., Bleninger, T., Burrows, R., Larsen, T., (2004): Environmental Quality Standards in the EC-Water Framework Directive: Consequences for Water Pollution Control for Point Sources. European Water Management Online, Official Publication of the European Water Association.

- [http://www.ewa-online.eu/tl\\_files/media/content/documents\\_pdf/Publications/E-Water/documents/74\\_2004\\_011.pdf](http://www.ewa-online.eu/tl_files/media/content/documents_pdf/Publications/E-Water/documents/74_2004_011.pdf), (10. travnja 2014., 22:30 h)
12. Margeta, J. (2007): Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja, mjere zaštite. Građevinsko-arhitektonski fakultet, Sveučilište u Splitu.
  13. Metcalf & Eddy Inc. (2003): Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Fourth Edition). McGraw-Hill, New York, USA.
  14. Petz, B. (1985): Osnovne statističke metode za nematematičare. Udžbenici sveučilišta u Zagrebu. Sveučilišna naknada Liber, Zagreb.
  15. Piria, M., Tomljanović, T. (2013): Metode određivanja fizikalnih i kemijskih svojstava kopnenih voda. Skripta za vježbe. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
  16. Plan provedbe (revidirani) vodno-komunalnih direktiva (2010), Vlada Republike Hrvatske, Zagreb.  
[http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan\\_provedbe\\_vodno-komunalnih\\_direktiva\\_-\\_hrvatski.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan_provedbe_vodno-komunalnih_direktiva_-_hrvatski.pdf), (14. travnja 2014.)
  17. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/13, [www.nn.hr](http://www.nn.hr), (5. siječnja 2014.).
  18. Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 40/99, 6/01, 14/01, [www.nn.hr](http://www.nn.hr), (5. siječnja 2014.).
  19. Špoljar, A., Tušek, T., Čoga, L. (2010): Onečišćenje okoliša. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.
  20. Tedeschi, S. (1997): Zaštita voda. HDGI, Zagreb.
  21. Tušar, B. (2009): Pročišćavanje otpadnih voda. Kigen d.o.o., Zagreb.
  22. Vodopravna dozvola za ispuštanje voda (2008): Hrvatske vode, Zagreb.
  23. Vodopravna dozvola za ispuštanje voda (2014): Hrvatske vode, Zagreb.
  24. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama, NN 56/13, [www.nn.hr](http://www.nn.hr), (5. siječnja 2014.).
  25. Zakon o vodama, NN 153/09, [www.nn.hr](http://www.nn.hr), (5. siječnja 2014.).
  26. Wastewater characteristics and effluent quality parameters, Food and Agriculture Organisation of United Nations.  
<http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e03.htm#TopOfPage>, (15. travnja 2014., 21:05 h).

## SAŽETAK

Sustav za pročišćavanje otpadnih voda je ispravan način kako čovjek treba odgovorno postupati prema vodi uzetoj iz prirode te njenom vraćanju u istu. Vodu valja pročistiti do tog stupnja da njenim ponovnim vraćanjem ne narušimo prirodnu ravnotežu i kvalitetu okoliša.

Poboljšanje sustava za pročišćavanje otpadnih voda u Hrvatskoj je prioritet Nacionalne strategije zaštite okoliša (NN 46/2002). Nužno je usklađivanje nacionalnog zakonodavstva s Direktivom 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. Revidiranim „Planom provedbe vodno-komunalnih direktiva“ iz studenog 2010. godine, a donešenim od strane Vlade Republike Hrvatske, u poglavlju 4, propisano je prijelazno razdoblje ispunjenja obveza Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda s rokom do 31. prosinca 2018. godine.

Svrha ovog rada je utvrditi parametre onečišćenja, odnosno efikasnost pročišćavanja otpadnih voda na pročišćavaču otpadnih voda grada Velike Gorice za godinu 2012. i 2013. Cilj je istražiti efikasnost kroz rezultate dobivene laboratorijskim analizama otpadne vode prije ulaska u sustav pročišćavanja i nakon njega. Prate se Zakonom propisani parametri koji bi u slučaju većih odstupanja mogli štetno djelovati na zdravlje ljudi i životinja nakon ispuštanja.

Tijekom 2012. od ukupnog broja analiza, prekoračenje propisanih graničnih vrijednosti (dalje u tekstu PGV) efluenta, zabilježeno je u 47,8 % analiza za ukupno suspendiranu tvar; 21,7 % za KPK; 10,9 % za BPK<sub>5</sub>; 8,7 %; za nitrite i 17,4 % za nitrata. Zabilježeno je konstantno prekoračenje PGV efluenta za amonij (97,8 %), ukupni dušik (100 %), orto-fosfate (100 %) i ukupni fosfor (97,7 %). U 2013. su zabilježeni bolji rezultati, prvenstveno zbog rekonstrukcije uređaja i povećanja kapaciteta Bloka I. Značajno poboljšanje je zabilježeno u rezultatima analiza efluenta za ukupno suspendiranu tvar (8,3 % analiza prelazi PGV), KPK (nema prekoračenja PGV-a), BPK<sub>5</sub> (2,1 % analiza prelazi PGV) i nitrite (6,5 %). Jedino su se pogoršali rezultati analiza nitrata (66,7 % analiza prelazi PGV). Međutim, kao i u prethodnom razdoblju zabilježena su stalna prekoračenja PGV za amonij (100 %), ukupni dušik (100 %), orto-fosfate (100 %) i ukupni fosfor (97,9 %).

Nadležne službe za inspekcijski nadzor od strane Hrvatskih voda, utvrdile su da će se dodatnom rekonstrukcijom/dogradnjom/izgradnjom uređaja te tako i povećanjem njegovog kapaciteta, izgradnjom III. stupnja pročišćavanja, a sve prema projektnoj dokumentaciji temeljem Studije izvedivosti i Aplikacije do kraja 2014., otkloniti svi prethodno navedeni problemi.

Ključne riječi: otpadne vode, pročišćavanje, uređaj za pročišćavanje, analiza

## ABSTRACT

The wastewater treatment system is the correct way in which human population should act responsibly towards the water taken from nature, and its release into the same. Water should be purified to degree that its recapture do not disturb the natural balance and environmental quality.

Improving systems for wastewater treatment in Croatia is priority of the National Environmental Strategy (NN 46/2002). It is necessary to harmonize of the national legislation with Directive 91/271 / EEC concerning urban waste water. According to the revised "Plan of Implementation water utility directives" from November 2010, which was passed by the Republic of Croatia's Government, in Chapter 4 that prescribes a transition period to comply with obligations of the Directive concerning urban waste water with the deadline until 31 December 2018.

The purpose of this study is to determine the parameters of pollution, regarding the efficiency of wastewater treatment at the wastewater treatment plant responsible for city Velika Gorica for the year 2012. and 2013. The aim is to explore the efficiency through results obtained from the laboratory analysis of the waste water before entering the treatment system and afterwards. Statutory parameters are monitored which in case of larger deviations would cause harm to the health of humans and animals after its release.

In 2012 the total number of analyzes, exceeding the prescribed limit value (hereinafter PLV) for effluent, was observed in 47.8% of analyzes for total suspended solids; 21.7% for COD; 10.9% for BOD<sub>5</sub>; 8.7 % of nitrites and nitrates for 17.4%. It is noted consistently exceeding the effluent ammonium PLV (97.8%), total nitrogen (100 %), ortho-phosphate (100 %) and total phosphorus (97.7%). During 2013 some better results had been recorded, primarily due to the reconstruction of the device and increase the capacity of Block I. Significantly improved the results of analysis of effluent for total suspended solids (8.3% analysis exceed PLV), COD (not exceeding PLV at all), BOD<sub>5</sub> (2.1% exceeds PLV) and nitrite (6.5%). Only the worsened results of the analysis of nitrate (66.7% exceed PLV). However, as in the previous period were recorded persistent breaches PLV of ammonia (100 %), total nitrogen (100 %), ortho-phosphate (100 %) and total phosphorus (97.9%).

The service in charge for the inspection, situated by the Croatian Waters, have come to the conclusion that the additional reconstruction / upgrading / construction of the device, and therefore the enlargement of its capacity together with building III. treatment level, all done according to the project documentation based on the Feasibility Study and Applications, will eliminate all of these previously mentioned problems by the end of 2014.

Keywords: waste water, treatment, purification device, analysis

## ŽIVOTOPIS

Andelko Jurenić, rođen je 12. lipnja 1970. u Zagrebu. Osnovnu školu pohađao je u Velikoj Gorici, a nakon toga srednju veterinarsku školu u Zagrebu.

Maturirao je 1989. godine. Iste godine upisuje Veterinarski fakultet u Zagrebu. Na istom uspješno studira do 1993. godine, kad nakon odslušanog sedmog semestra napušta studij.

Godine 1999. upisuje stručni studij *Poljoprivreda* na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima, smjer *Stočarstvo*.

Diplomski rad pod nazivom „Tov svinja na obiteljskom gospodarstvu Cvetnić“ izradio je pod mentorstvom dr.sc. Tatjane Jelen. Diplomirao je 23. listopada 2002. godine.

Specijalistički diplomski stručni studij *Poljoprivreda*, smjer *Održiva i ekološka poljoprivreda*, na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima, upisuje 2010. godine.

Završni specijalistički diplomski stručni rad pod nazivom „Utvrdjivanje parametara onečišćenja otpadnih voda na gradskom pročištaču Velika Gorica 2012./2013.“ izrađen je pod mentorstvom dr. sc. Tatjane Tušek.

Posljednjih 18 godina zaposlen u tvrtki D.B.COMP d.o.o. iz Velike Gorice, gdje po završetku studija preuzima poziciju odgovorne osobe za rad sa kemijskim sredstvima.