

# Ispitivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete voda

DOI: 10.15255/KUI.2015.045  
KUI-35/2016  
Stručni rad  
Prispjelo 20. listopada 2015.  
Prihvaćeno 24. studenoga 2015.

A. Ptiček Siročić,<sup>a\*</sup> N. Fujs<sup>b</sup> i N. Glumac<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska

<sup>b</sup> Tehnix d.o.o., Braće Radića bb, 40 320 Donji Kraljevec, Hrvatska

<sup>c</sup> Međimurske vode d.o.o., Matice hrvatske 10, 40 000 Čakovec, Hrvatska

## || Sažetak

U ovom su radu analizirani fizikalno-kemijski pokazatelji kakvoće otpadnih voda (kemijska potrošnja kisika (KPK), biokemijska potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), koncentracija suspendiranih tvari) tijekom ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj i kolovoz) 2013. i 2014. godine na centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec, koji je predviđen za drugi stupanj pročišćavanja. Ljetni mjeseci 2014. godine ne pokazuju značajnija odstupanja vrijednosti pojedinih pokazatelja, ali u odnosu na iste mjeseci u 2013. godini srednje vrijednosti znatno su niže i nalaze se unutar dopuštenih maksimalnih koncentracija. Rezultati za lipanj, srpanj i kolovoz 2013. i 2014. godine ukazuju na učinkovito pročišćavanje otpadnih voda na pročistaču.

## || Ključne riječi

*Fizikalno-kemijski pokazatelji, otpadne vode, pročistač otpadnih voda, kemijska potrošnja kisika, biokemijska potrošnja kisika, suspendirane tvari*

## 1. Uvod

Razvoj industrije, eksponencijalni rast stanovništva kao i povećanje proizvodnje znatno utječu na porast količine otpadnih tvari koje se izravno ili neizravno ispuštaju u prirodne vodne sustave. Ovisno o veličini prihvatne sposobnosti pojedinih prijemnika potrebno je određeno vrijeme kako bi se opazili eventualni poremećaji prirodne biološke ravnoteže dijelova vodnih sustava. Teško poremećeni dijelovi prirodnog okoliša, osobito voda, ubrzo postaju neupotrebljivi za mnoge namjene. Da bi se zaštitila kvaliteta prirodnih vodnih sustava, komunalne otpadne vode prije ispuštanja u okoliš moraju udovoljiti određenim uvjetima kvalitete. Zahvati različitih namjena voda ujedno su mjesta čovjekove intervencije u hidrološki ciklus jer voda više ne slijedi zakone hidrološkog ciklusa, nego se podvrgava zakonima ljudskih htijenja. Kako bi se otpadne vode mogle na zadovoljavajući način pročititi i ispustiti u prijemnike, potrebno je analizirati učinkovitost pročišćavanja i djelovati na odgovarajući način. Analizirati učinkovitost pročišćavanja znači ispitati fizikalne, kemijske i biološke pokazatelje kvalitete vode na ulazu i izlazu iz pročistača. U Republici Hrvatskoj na sustav javne vodoopskrbe priključeno je oko 76 % stanovništva, na sustave kanalizacije manje od 50 %, a pročišćava se samo 35 % otpadnih voda, od čega na zadovoljavajući način tek nešto više od 10 %. U ovom radu analizirani su fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete otpadne vode (kemijska potrošnja kisika, KPK; biokemijska potrošnja kisika, BPK<sub>5</sub> i koncentracija suspendiranih tvari) tijekom ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj, kolovoz) 2013. i 2014. godine na centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec.

## 2. Eksperimentalni dio

Za provedbu analize fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode uzeti su uzorci otpadne vode na ulazu i izlazu iz centralnog uređaja za pročišćavanje otpadne vode u Čakovcu. Automatski uzorkivač sadrži 12 posuda za čuvanje 24-satnog kompozitnog uzorka otpadne vode, a automatika i doziranje uzoraka otpadne vode proporcionalna je protoku, s obzirom na to da je crpka povezana s mjerачem protoka. Kompozitni uzorci uzimani su svakodnevno radi utvrđivanja ulaznih pokazatelja i optimizacije tehnološkog procesa čišćenja otpadne vode.

### 2.1. Određivanje kemijske potrošnje kisika<sup>1</sup>

Kemijska potrošnja kisika određena je na spektrofotometru *HACH DR 4000U* u koncentracijskom području 0,0 – 1000 mg l<sup>-1</sup> kisika. Pripremljeni reagens (kalijev dikromat, živin(II) sulfat i srebrov sulfat) odmjeren je u čiste začepljene kivete kao i uzorak otpadne vode. Kivete se stave u KPK-reaktor i kuhaju 2 sata na temperaturi 150 °C. Slijepa proba priprema se na isti način s destiliranom vodom. Nakon kuhanja uzorak se ohladi i mjeri se apsorbancija pri valnoj duljini od 600 nm u odnosu na slijepu probu.

### 2.2. Određivanje biokemijske potrošnje kisika<sup>2</sup>

BPK<sub>5</sub> (biološka potrošnja kisika nakon pet dana) određuje se s pomoću uređaja *OxiTop*. Temperatura uzorka podesi se na 20 °C, a pH na 6 – 8. U staklenu tikvicu odmjeri se određeni volumen homogeniziranog uzorka (ovisno o očekivanoj koncentraciji utrošenog kisika u nakon 5 dana) te se prebaci u bočicu od tamnog stakla. Doda se određeni

\* Autor za dopisivanje: doc. dr. sc. Anita Ptiček Siročić  
e-pošta: [anitaps@gfv.hr](mailto:anitaps@gfv.hr)

broj kapi inhibitora nitrifikacije (1 kap na 50 ml uzorka), stavi se magnetič u bočicu te gumeni nastavak na grlo bočice u koji se stave dvije granule NaOH. Uzorak se stavi u prethodno podešen termostat na  $20 \pm 1$  °C i nakon 5 dana očita se rezultat.

### 2.3. Određivanje suspendirane tvari<sup>3</sup>

Osušen i u eksikatoru ohlađen filter-papir potrebno je vagnuti i zabilježiti odvagu. Filter-papir se stavi na vakuumsku 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 malom količinom destilirane vode te stavi u sušionik na 105 °C oko 60 min. Osušeni filter-papir stavi se u eksikator na hlađenje najmanje 30 – 60 minuta, zatim se važe i zabilježi odvaga.

## 3. Rezultati i rasprava

U gradu Čakovcu izgrađen je miješani kanalizacijski sustav što znači da na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda dolaze kućanske otpadne vode kao i oborinske otpadne vode. Na uređaj za pročišćavanje također dolaze i industrijske otpadne vode s obzirom na to da nema posebnog kanalizacijskog sustava, a ni uređaja za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec predviđen je za drugi stupanj pročišćava-

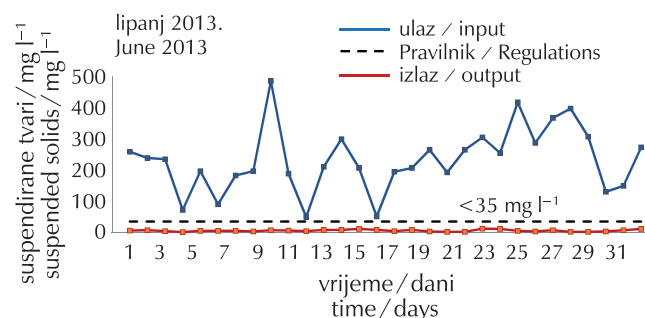
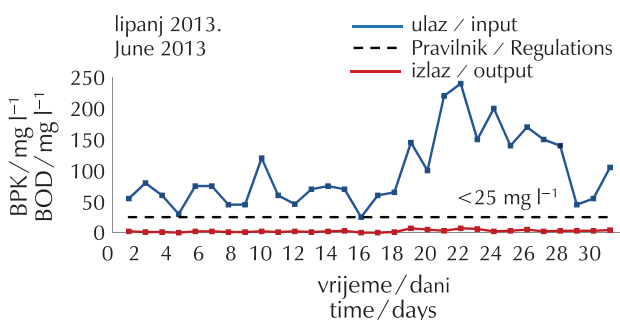
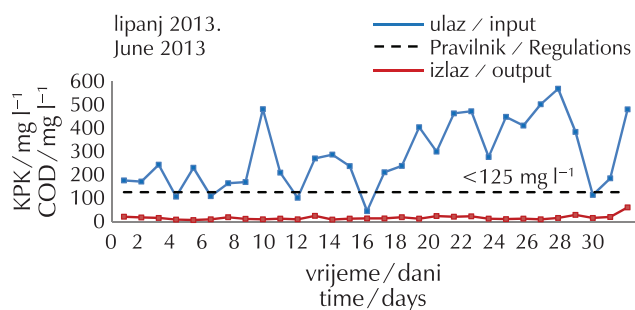
nja otpadnih voda. Pravilnikom o граниčnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/2013),<sup>4</sup> za drugi stupanj pročišćavanja otpadnih voda propisano je određivanje KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari, stoga su u radu analizirani navedeni pokazatelji. Koncentracije ulaznih pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari na uređaju za pročišćavanje nisu konstantne vrijednosti jer uvelike ovise o antropogenim aktivnostima i meteorološkim prilikama. Trenutačno aktivne industrije u gradu Čakovcu i prigradskim mjestima su tekstilna, metalska, grafička, mesna, mljekarska i mlinarska industrija. Ispuštanjem otpadnih voda industrije znatno doprinose povišenim vrijednostima koncentracija pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub>, suspendiranih tvari kao i ostalih pokazatelja kakvoće vode, tablica 1.

U ovom radu prikazane su vrijednosti pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari za svaki dan u ljetnim mjesecima (lipanj, srpanj, kolovoz) 2013. i 2014. godine. Na slici 1 prikazane su ulazne i izlazne vrijednosti KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari za lipanj 2013. godine u usporedbi s vrijednostima prema tada važećim pravilnicima NN 87/10<sup>9</sup> i NN 80/13.<sup>4</sup>

Tablica 1 – Utjecaj industrije na pojedine pokazatelje kakvoće vode<sup>5-8</sup>

Table 1 – The impact of industry on indicators of water quality<sup>5-8</sup>

Industrija Industry	Pokazatelji Indicators
tekstilna industrija textile industry	KPK, krutine, kiseline, lužine, površinski aktivne tvari COD, solids, acids, bases, surfactants
površinska obrada metala surface treatment of metals	kiseline, lužine, metali, cijanidi, površinski aktivne tvari, masti acids, bases, metals, cyanides, surfactants, fats
celuloza i papir cellulose and paper	KPK, krutine, lužine COD, solids, bases
prehrambena industrija food industry	BPK, krutine, masnoće BOD, solids, fats
koksare coke oven	KPK, cijanidi, spojevi sumpora COD, cyanides, sulphur compounds
kožarska industrija leather industry	BPK, krutine, sulfidi, metali, lužine BOD, solids, sulphides, metals, bases
umjetna gnojiva fertilizers	KPK COD
petrokemijska industrija petrochemical industry	kiseline, lužine, sumporni spojevi acids, bases, sulphur compounds
farmaceutska industrija pharmaceutical industry	KPK, kiseline, lužine COD, acids, bases



Slika 1 – KPK, BPK<sub>5</sub> i koncentracija suspendirane tvari u lipnju 2013. godine

Fig. 1 – COD, BOD<sub>5</sub> and concentration of suspended solids in June 2013

Ulazne vrijednosti 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 što ima kao posljedicu niže vrijednosti KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari. Iz slike je vidljivo da se ulazne vrijednosti KPK za lipanj 2013. godine kreću u rasponu 44 – 566 mg l<sup>-1</sup>; ulazne vrijednosti BPK<sub>5</sub> kreću se u rasponu 25 – 240 mg l<sup>-1</sup>, dok su za suspendirane tvari ulazne vrijednosti u rasponu 49 – 484 mg l<sup>-1</sup>. Vrijednosti pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari nalaze se unutar intervala karakterističnih vrijednosti za mješoviti kanalizacijski sustav<sup>5</sup> prema tablici 2.

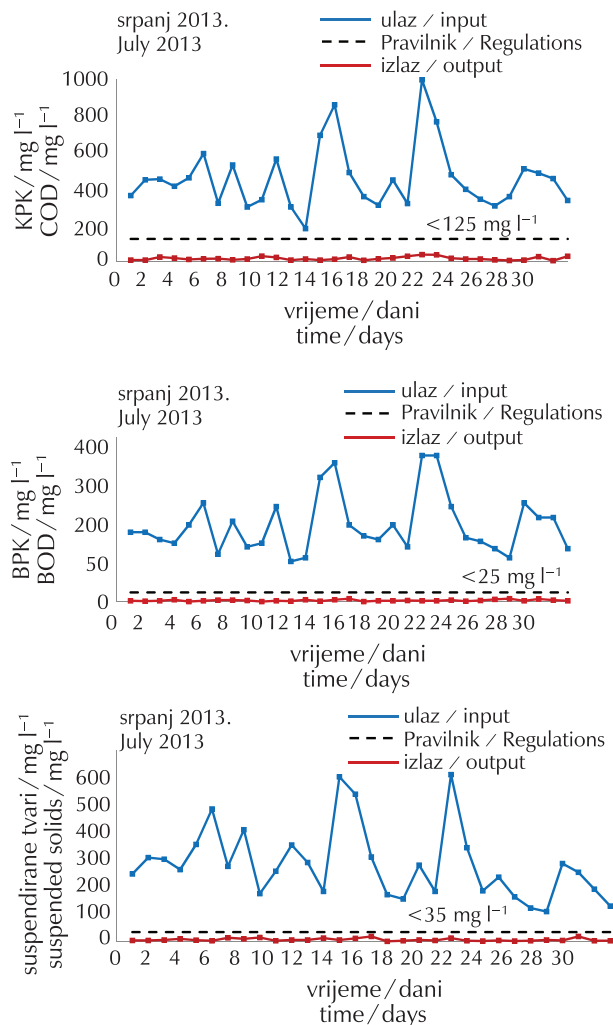
Tablica 2 – Pokazatelji otpadne vode mješovite kanalizacije  
Table 2 – Indicators of mixed sewage wastewater

Pokazatelj Indicator	Vrijednosti / mg l <sup>-1</sup> Values / mg l <sup>-1</sup>
KPK COD	80 – 1760
BPK <sub>5</sub> BOD <sub>5</sub>	10 – 470
suspendirane tvari suspended solids	35 – 2000

Kao što je vidljivo iz slike 1, ulazne su koncentracije suspendiranih tvari povišene što se u velikoj mjeri može pripisati utjecaju oborina. Oborinske vode, koje ispiru atmosferu kao i površine gradova i naselja, međusobno se bitno razlikuju, ali im je zajednička značajka da su pri početnom ispiranju površina koncentracije suspendiranih tvari ponekad više od koncentracija u kućanskim otpadnim vodama.<sup>11,12</sup> Nakon duljeg ispiranja površina koncentracija suspendiranih tvari u oborinskim vodama se smanjuje. Međutim, vrijednosti za sve pokazatelje nisu usporedive zbog zadržavanja vode u retencijskom bazenu i načinu rada crpk.

Nakon postupka pročišćavanja vidljivo je da su vrijednosti svih ispitivanih pokazatelja u lipnju 2013. godine unutar dopuštenih graničnih vrijednosti prema tada važećim pravilnicima.<sup>4,9</sup> Također je vidljivo da su izlazne vrijednosti svih pokazatelja gotovo konstantne te se može zaključiti da je učinkovitost uređaja zadovoljavajuća unatoč ulaznim oscilacijama.

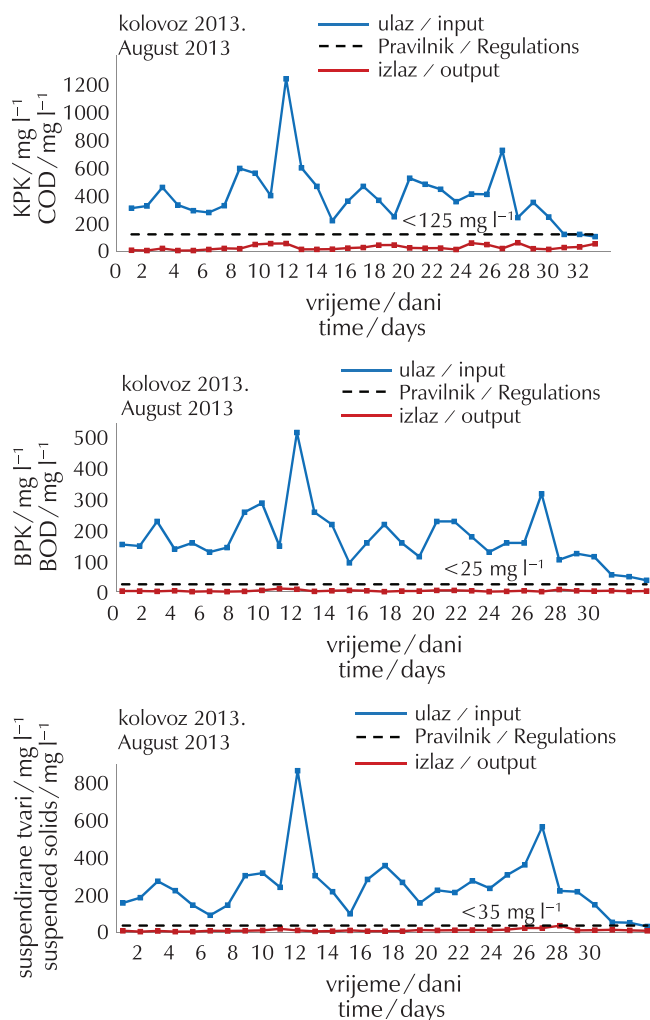
Na slici 2 prikazane su ulazne i izlazne vrijednosti pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari za srpanj 2013. godine. Usporedbom dobivenih vrijednosti KPK i BPK<sub>5</sub> za mjesec lipanj i srpanj (slika 1 i slika 2) vidljivo je znatno povećanje ulaznih koncentracija u mjesecu srpnju. Razlog povišenih ulaznih parametara pripisuje se povećanoj potrošnji vode u kućanstvima jer mjesec srpanj karakterizira početak godišnjih odmora. Prema navedenim podacima izlazne vrijednosti svih pokazatelja određenih u srpnju nalaze se u rasponu dopuštenih vrijednosti prema tablici 2.



Slika 2 – KPK, BPK<sub>5</sub> i koncentracija suspendirane tvari u srpnju 2013. godine

Fig. 2 – COD, BOD<sub>5</sub> and concentration of suspended solids in July 2013

Na slici 3 prikazane su ulazne i izlazne vrijednosti pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari u kolovozu 2013. godine. Ulazne vrijednosti pokazatelja KPK kreću se u rasponu 109 – 1236 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 401,5 mg l<sup>-1</sup>. Ulazne vrijednosti BPK<sub>5</sub> kreću se u rasponu 36 – 520 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 176,1 mg l<sup>-1</sup>. Ulazne vrijednosti suspendiranih tvari nalaze se u rasponu 30 – 864 mg l<sup>-1</sup>, dok srednja mjesečna vrijednost iznosi 241,9 mg l<sup>-1</sup>. Iako su ulazne vrijednosti 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.<sup>13-15</sup> Ako se dobivene vrijednosti usporede s karakterističnim vrijednostima pokazatelja mješovitog kanalizacijskog sustava (tablica 2), može se zaključiti da, iako znatno povišene, još su uvijek u dopuštenom intervalu.



Slika 3 – KPK, BPK<sub>5</sub> i koncentracija suspendirane tvari u kolovozu 2013. godine

Fig. 3 – COD, BOD<sub>5</sub> and concentration of suspended solids in August 2013

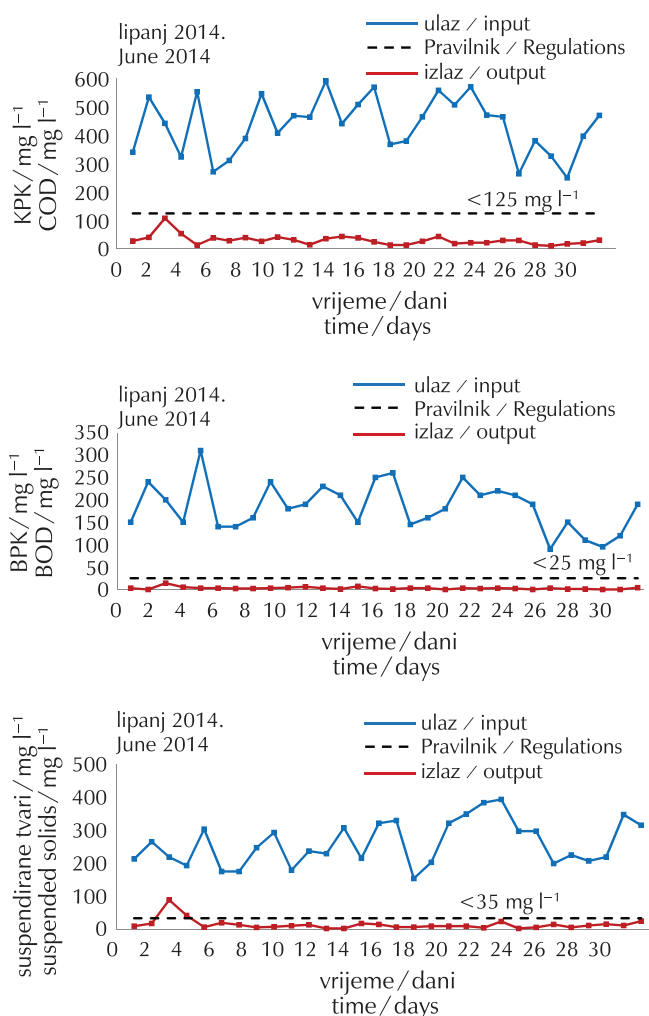
Međutim, vrlo izražen porast vrijednosti svih mjerenih pokazatelja 11. dana u kolovozu 2013. (slika 3) u odnosu na ostale dane u mjesecu, može se pripisati ispuštanju otpadnih voda iz septičkih jama. Poznato je iz literature<sup>5</sup> da septičke jame sadrže vrlo visoke koncentracije ispitivanih pokazatelja, tablica 3.

Tablica 3 – Otpadne tvari u vodama iz septičkih jama

Table 3 – Waste substances in the waters from septic tanks

Pokazatelj Indicator	Vrijednosti / mg l <sup>-1</sup> Values / mg l <sup>-1</sup>
suspendirane tvar suspended solids	5 000 – 17 000
BPK <sub>5</sub> BOD <sub>5</sub>	4 000 – 10 000
KPK COD	6 000 – 16 000

Prema tome može se zaključiti da završavanjem godišnjih odmora pojedini ulazni pokazatelji karakteristični za



Slika 4 – Vrijednosti koncentracija KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari u lipnju 2014. godine

Fig. 4 – Values of COD, BOD<sub>5</sub> and suspended solids in June 2014

otpadne vode ukazuju na početak rada u industrijama te manju aktivnost ljudi u kućanstvima.

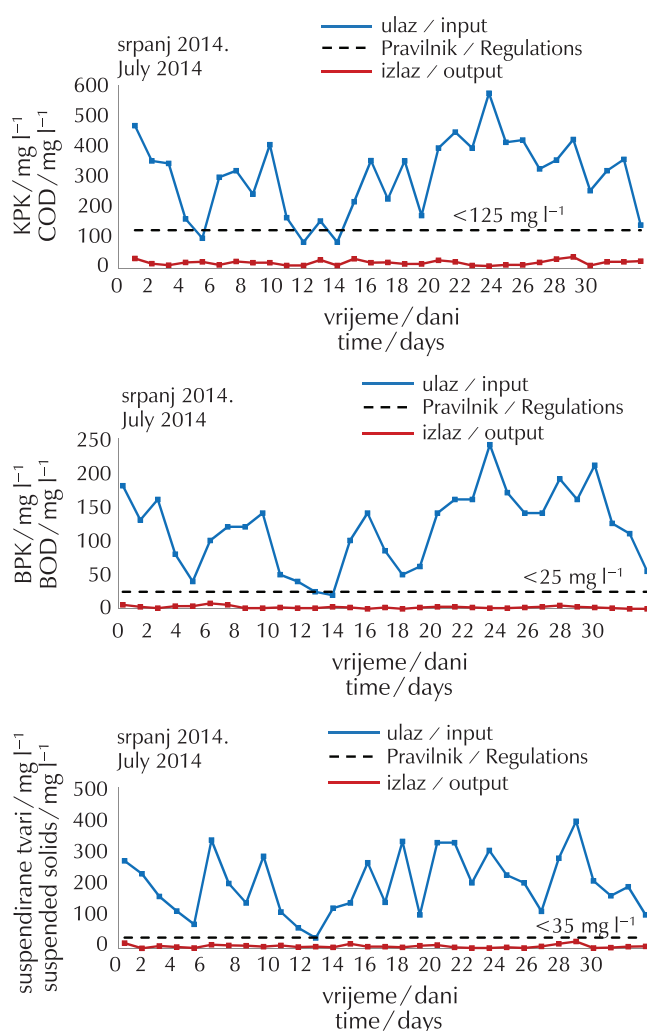
Ljetne mjeseci 2014. godine obilježile su neuobičajeno velike količine padalina te je zbog toga bilo i očekivano drugačije ponašanje ispitivanih pokazatelja. U lipnju 2014. godine (slika 4) ulazne vrijednosti KPK kreću se u rasponu 250 – 590 mg l<sup>-1</sup>, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 433,6 mg l<sup>-1</sup>. Vrijednosti pokazatelja BPK<sub>5</sub> na ulazu u pročištač kreću se u rasponu 90 – 310 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 184 mg l<sup>-1</sup>, dok se ulazne vrijednosti suspendiranih tvari kreću u rasponu 155 – 394 mg l<sup>-1</sup>, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 261,3 mg l<sup>-1</sup>. Vrijednosti svih ispitivanih pokazatelja u lipnju nalaze se unutar raspona karakterističnih za mješovitu kanalizaciju (tablica 2). Zanimljive su izlazne vrijednosti svih promatranih pokazatelja trećeg dana u lipnju 2014. godine. Tog su dana izlazne vrijednosti svih pokazatelja bile znatno povećane u odnosu na ostale dane u mjesecu, a osobito je povećana koncentracija suspendiranih tvari, koja je znatno iznad dopuštene vrijednosti propisane Pravilnikom (NN 80/13<sup>4</sup> i 43/14<sup>10</sup>). Izlazna vrijednost koncentracije suspendiranih tvari ne može se pripisati industrijskim aktivnostima. Uzrok naglom povećanju

vrijednosti je priključenje kanalizacijske grane na glavnu granu odvodnje pa je bilo potrebno isprazniti kanalizaciju. Na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu uobičajeno rade dvije crpke na ulazu, a tog su dana radile sve četiri, čime se znatno povećalo opterećenje pročištača i uzrokovalo nagli porast vrijednosti. Isto tako mogu se primijetiti povišene izlazne vrijednosti svih pokazatelja tijekom pojedinih dana istoga mjeseca, što se također može pripisati postavljanju novih kanalizacijskih grana što je smanjilo efikasnost rada uređaja s obzirom na to da je bilo potrebno određeno vrijeme za stvaranje optimalne količine aktivnog mulja u bioeracijskim bazenima. Iako su izlazne vrijednosti pokazatelja povišene u odnosu na prethodnu godinu za isti mjesec, sve se vrijednosti nalaze ispod maksimalno dopuštenih koncentracija prema Pravilniku (NN 80/13<sup>4</sup> i 43/14<sup>10</sup>) osim za suspendirane tvari na početku lipnja 2014. godine.

Na slici 5 prikazane su vrijednosti koncentracija ispitivanih pokazatelja za srpanj 2014. godine. U srpnju 2014. godine opterećenje na ulazu u pročištač bilo je povišeno u odnosu na promatrane mjesece u 2013. godini. Ulazne vrijednosti pokazatelja KPK nalaze se u rasponu 86 – 572 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 300,1 mg l<sup>-1</sup>. Ulazne vri-

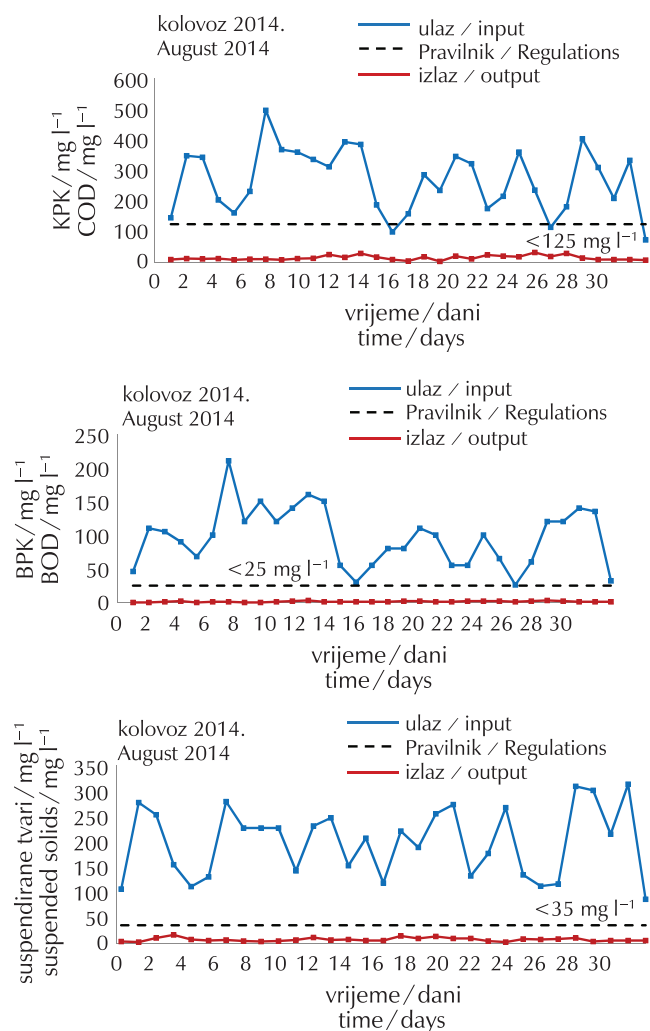
jednosti BPK<sub>5</sub> nalaze se u rasponu 20 – 240 mg l<sup>-1</sup> dok je srednja vrijednost 117,5 mg l<sup>-1</sup>. Koncentracija suspendiranih tvari kreće se u rasponu 34 – 394 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 200,3 mg l<sup>-1</sup>. Uspoređujući rezultate svih pokazatelja određenih u srpnju 2014. godine s rezultatima dobivenim u lipnju uočena su sniženja prosječnih vrijednosti, kako na ulazu tako i na izlazu iz pročištača. Smanjene srednje mjesečne vrijednosti ulaznih pokazatelja u srpnju 2014. godine u odnosu na lipanj iste godine mogu se pripisati meteorološkim prilikama koje su doprinijele razrjeđenju koncentracija. Izlazne vrijednosti svih pokazatelja nalaze se unutar maksimalno dopuštenih koncentracija prema važećem Pravilniku. Nadalje, izlazne vrijednosti ispitivanih pokazatelja su relativno konstantne, te se može zaključiti da je u bioeracijskim bazenima došlo do optimizacije aktivnog mulja, poremećenog u prethodnom mjesecu kada se priključivala kanalizacijska grana.

Kolovoz 2014. godine bio je izrazito kišovit te su srednje ulazne i izlazne vrijednosti pokazatelja KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari još niže nego u srpnju te godine. Povećane količine padalina posebno su bile izražene u drugoj polovici mjeseca. Na slici 6 prikazane su ulazne vrijednosti



Slika 5 – Vrijednosti koncentracija KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari u srpnju 2014. godine

Fig. 5 – Values of COD, BOD<sub>5</sub> and suspended solids in July 2014



Slika 6 – Vrijednosti koncentracija KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari u kolovozu 2014. godine

Fig. 6 – Values of COD, BOD<sub>5</sub> and suspended solids in August 2014

koncentracije KPK u rasponu 74 – 496 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 268,9 mg l<sup>-1</sup>. Raspon ulaznih vrijednosti pokazatelja BPK<sub>5</sub> kreće se između 26 i 210 mg l<sup>-1</sup> sa srednjom mjesečnom vrijednošću 96,4 mg l<sup>-1</sup>, dok je raspon ulaznih vrijednosti suspendiranih tvari između 86 i 312 mg l<sup>-1</sup>, a srednja mjesečna vrijednost iznosi 199 mg l<sup>-1</sup>. Kako je već ranije spomenuto, visoke koncentracije suspendiranih tvari uzrokovane padalinama najčešće se javljaju samo u početnom dijelu trajanja padalina, pri čemu dolazi do najvećeg ispiranja zemljišta, gradskih površina i atmosfere. Izlazne vrijednosti svih pokazatelja nalaze se unutar maksimalno dopuštenih vrijednosti prema važećem Pravilniku,<sup>10</sup> a pokazuju i kontinuitet što dokazuje izvrsnu efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

#### 4. Zaključak

U sklopu centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec analizirani su rezultati fizikalno-kemijskih pokazatelja (KPK, BPK<sub>5</sub> i suspendiranih tvari) za lipanj, srpanj i kolovoz 2013. i 2014. godine. Usporede li se vrijednosti ispitivanih pokazatelja za ljetne mjeseci u 2013. godini, vidljiv je porast ulaznih vrijednosti tijekom mjeseca srpnja i kolovoza u odnosu na lipanj 2013. godine dok su izlazne vrijednosti svih pokazatelja unutar dopuštenih maksimuma. Ljetni mjeseci u 2014. godini također pokazuju isti trend. Općenito, tijekom promatranog razdoblja, vrijednosti pokazatelja na izlazu iz pročišćavača gotovo su u svim slučajevima ispod propisanih maksimalnih dopuštenih koncentracija, te se na temelju toga može zaključiti da je uređaj vrlo učinkovit, te se tako pročišćena voda može ispustiti u prirodne vodotokove.

#### Popis kratica i simbola

##### List of abbreviations and symbols

KPK	– kemijska potrošnja kisika, mg l <sup>-1</sup>
COD	– chemical oxygen demand, mg l <sup>-1</sup>
BPK <sub>5</sub>	– biokemijska potrošnja kisika nakon 5 dana, mg l <sup>-1</sup>
BOD <sub>5</sub>	– biochemical oxygen demand after 5 days, mg l <sup>-1</sup>

#### Literatura References

1. Kakvoća vode – Određivanje indeksa kemijske potrošnje kisika (KPK) – Metoda s malim zatvorenim epruvetama (ISO 15705:2002).
2. Kakvoća vode – Određivanje biokemijske potrošnje kisika nakon n dana (BPKn) – 2. dio: Metoda za nerazrijeđene uzorke (ISO 5815:1989, preinačena; EN 1899-2:1998).
3. Kakvoća vode – Određivanje suspendiranih tvari – Metoda filtriranjem kroz filter od staklenih vlakana (EN 872:2005).
4. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine 80/2013.
5. S. Tedeschi, Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1997., str. 33–94.
6. H. Shi, Point sources of pollution: Local effects and its control, Industrial wastewater-types, amounts and effects. Encyclopaedia of Life Support System, Vol. 1, Eolss Publishers Co. UK, 2009., str. 191–204.
7. H. Amarasinghe Anusha Udeni, H. D. Gunawardena, Y. N. Andjayatunga Amaramali, Correlation between biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) for different industrial wastewaters, J. Natn. Sci. Coun. Sri Lanka **21** (1993) 59–266.
8. Pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji, URL: <http://www.ips-konzalting.hr/index.php/hr/usluge-menu-hr/prociscavanje-voda-menu-hr?id=145:prociscavanje-otp-adnih-voda-u-prehrambenoj-industriji&catid=14> (20. 6. 2015.).
9. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine 87/2010.
10. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine 43/2014.
11. B. Tušar, Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, Croatia knjiga, Zagreb, 2004., str. 38–53.
12. B. Tušar, Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d. o. o., Zagreb, 2009., str. 19–123.
13. Međimurske vode, Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec lipanj 2013. godine, Čakovec, 2013.
14. Međimurske vode, Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec srpanj 2013. godine, Čakovec, 2013.
15. Međimurske vode, Laboratorijsko izvješće o radu biološkog uređaja za mjesec kolovoz 2013. godine, Čakovec, 2013.

## SUMMARY

### Study of Physicochemical Indicators of Water Quality

Anita Ptiček Siročić,<sup>a</sup> Nikola Fujs,<sup>b</sup> and Nada Glumac<sup>c</sup>

This paper analyses the physicochemical indicators of wastewater quality (chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), concentrations of suspended solids) during the summer months (June, July and August) in 2013 and 2014 in the wastewater treatment plant Čakovec, which is designed for secondary wastewater treatment. The summer months of 2014 do not show significant deviations in the values of certain indicators, but compared with the same months in 2013, the average monthly values are much lower and within the permitted maximum. Results in June, July, and August 2013 and 2014 indicated efficient wastewater treatment.

#### Keywords

Physicochemical indicators, wastewater, wastewater treatment facility, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, suspended solids

<sup>a</sup> Faculty of Geotechnical Engineering, University of Zagreb, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Croatia

<sup>b</sup> Tehnix d. o. o., Braće Radića bb, 40 320 Donji Kraljevec, Croatia

<sup>c</sup> Međimurske vode d. o. o., Matice hrvatske 10, 40 000 Čakovec, Croatia

Professional paper  
Received October 20, 2015  
Accepted November 24, 2015