

PRINCIPIJELNO RJEŠENJE PRAĆENJA SISTEMA OBRADE OTPADNIH VODA NASTAVNOG CENTRA «GRMEČ»

PRINCIPLE TRACKING SYSTEM SOLUTIONS WASTE WATER TREATMENT OF THE CENTER „GRMEČ“

Ifet Šišić, docent; Osman Perviz, docent; Safeta Kozlica, asistent
Biotehnički fakultet u Bihaću, Kulina bana 2. Bihać,

REZIME

Postojeći sistem obrade otpadnih voda iz nastavnog centra „Grmeč“ nije adekvatan u odnosu na novu namjenu i upotrebu dodijeljenih objekata bivše vojne kasarne „Grmeč“ Biotehničkom fakultetu u Bihaću. Neuređeno i nekontrolisano ispuštanje zagađenih voda dovodi do poremećaja i degradacije prirodnih voda, obzirom na stroga zakonska pravila o graničnim vrijednostima i koncentracijama zagađujućih materija. Poseban problem predstavljaju otpadne vode iz hemijskog laboratorija u kojima se koriste hemikalije različite koncentracije i hemijska sredstva. Pristup izboru sistema obrade voda zasniva se na realnim tehnološkim rješenjima obrade voda sa pratećim sistemom nadzora i kontrole procesnih parametara.

Ključne riječi: otpadne vode iz laboratorija, mjerni parametri, monitoring.

SUMMARY

The existing system of waste water treatment from the educational center „Grmeč“ is not adequate in relation to the new purpose and use of facilities assigned former military barracks "Grmeč" to "Biotechnical Faculty in the Bihac". Unregulated and uncontrolled runoff of contaminated water leads to disorder and degradation of natural water, because of the strict legal rules about limit values and concentrations of polluting substances. Special problem is waste water from chemical laboratory which using different concentrations of chemicals and chemical means. Access to choice of water treatment is based on the real technological solutions of water treatments with the accessorized system of supervision and control of process parameters.

Key words: Waste water from the laboratory, measurement parameters, monitoring

1. NEDOSTACI POSTOJEĆEG SISTEMA OBRADE VODA

1.1 Opis postojećeg stanja

Postojeća koncepcija obrade otpadnih voda nastavnog centra „Grmeč“ je naslijeđena od ranijih korisnika (vojska Federacije BiH) [4]. Zasniva se na priključenju svih otpadnih voda na klasični biološki sistem, koje se gravitacijskim putem transportuju podzemnim cjevovodima u zajednički prihvatni bazen, gabarita $L \times B \times H = 8 \times 5 \times 4$ [m], korisne zapremine $V_{pb} = 140$ [m³]. Nakon prirodnog gravitacijskog taloženja suspendiranih tvari u prijemnom

bazenu, izbistrena voda se preliva u sekundarni bazen u kojem se vrši dodatna obrada bez upotrebe sredstava za ubrzano taloženje. Mulj nastao taloženjem krutih tvari se nakon privremene obustave obrade voda crpi i odlaže kao komunalni otpad(!?). Opisano neuređeno stanje objekta obrade otpadnih voda dovodi do degradacije prirodnih voda i destabilizacije prirodnog ambijenta.

1.2. Nastanak otpadnih voda iz laboratorija

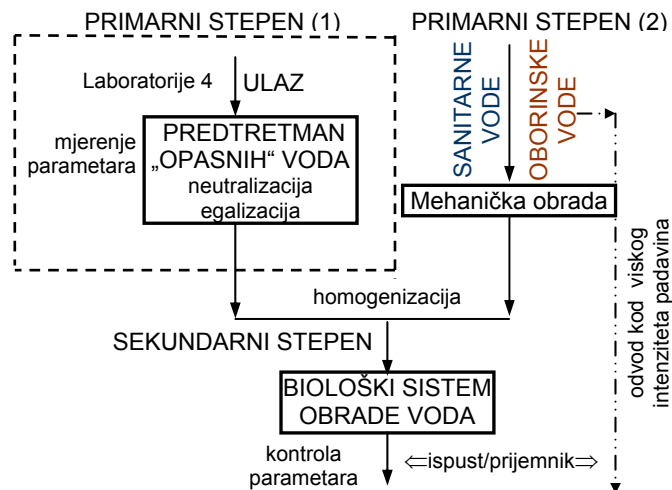
Zagađivala vode po svom karakteru mogu biti hemijska, biološka i fizička. U četiri laboratorija za hemijska, biološka i mehanička ispitivanje izvode se praktične hemijske i biološke vježbe, te ispitna i eksperimentalna istraživanja korištenjem, u većini slučajeva, čiste vode iz sistema gradskog vodovoda, korištenu, kako neposredno za rad u laboratoriju, tako i za druge tekuće potrebe pranja i održavanja. U tabeli 1 je dat pregled hemikalija i hemijskih sredstava, različitih koncentracija, korištenih za izvođenje praktičnih opita i eksperimenata u laboratorijima.

Tabela 1. Pregled korištenih hemikalija u hemijskom laboratoriju

Vrsta vol.	Vrsta mas.	Vrsta mas.	Vrsta mas.
1041 ml H ₃ PO ₄	36,33 g NH ₄ SCN	1,3 g Na – acetat p.a	i- butanol 10g
198,5 ml HNO ₃	5 g As ₂ O ₃	65 g CuSO ₄ · 5H ₂ O	nitrobenzen 5g
1691 ml H ₂ SO ₄	8,75 g SnCl ₄	1,73 K-Na- tartarat	naftalen 15 g
19 g CrCl ₃	45g FeS	1500 ml petroletera	benzen 10 g
2176 ml HCl	77,4 g FeCl ₃	1,5 g K ₂ Cr ₂ O ₇	anilin 8,5 g
43,1 ml Pb(NO ₃) ₂	14,5 g Co(NO ₃) ₂	70 g Na ₂ CO ₃	toluen 4 g
35,4 g K ₂ CrO ₄	13,14 g NiSO ₄	17,5 g Na - silicilat	ksilen 3 g
352,5 g KJ	58 g Zn(NO ₃) ₂	100 ml Neslerova otopina	tetrahlorougljik
590,8 g NaOH	8,5 g MnSO ₄	6,5 g HgSO ₄	aktivni ugalj
558,59 g KOH	61,75 g Al ₂ (SO ₄) ₃	4,3 g Hg(NO ₃) ₂	α-naftol, 5g
5 g K ₂ Cr ₂ O ₃	48,8 g Na ₂ HPO ₄	1000 ml HCl (25 %)	CCl ₄
1000 ml H ₂ S	6,64 g dimetil glioksin	Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ ·6H ₂ O(C=0,25M)	maltoza, 5g
150,4 g AgNO ₃	68,05 g CaCl ₂	1400 ml etanol 96 %	laktoza, 5g
12,097 g KBr	24,2 g SrNO ₃	1921,34 ml NH ₃	urea 2 % 5 ml
3,9 g KCN	17,8 g BaCl ₂	26 g Fe ₂ (SO ₄) ₃	arabinoza 5g
100,7 g Na ₂ S ₂ O ₃	83,8 g NaCl	13 g H ₂ O ₂	hloroform,200ml
80,6 g Hg ₂ (NO ₃) ₂	49,5 g MgSO ₄	10 g Pb –acetat	KJO ₃ 2g
68,6 g K ₄ Fe(CN) ₆	16,7 g LiCl	14,25 g FeCl ₃	KJ 30 % 175 ml
38,05 g CuSO ₄	19,1 g KCl	35 g limunske kiseline	α-nitrozo-β-naftol,1g
30,07 g CdSO ₄	86,25g vinska kiselina	11,7 g oksalne kiseline	kromsumporna kisel.
22,8 g MgCl ₂	226,2 g CH ₃ COOH	100 ml Lugolova otopina	crveni fosfor 7,5 g
198,98 g NH ₄ Cl	41 g Na – acetat	170 ml Lufova otopina	bijeli fosfor 7,5 g
693,16 ml HClO ₄	21,19 g Na ₂ CO ₃	5 g Zn	metilensko plavo, 1g
6,24 g BiOCl	19,2 g (NH ₄) ₂ CO ₃	35 g KMnO ₄	anilinski reagens, 5ml
17,31 g Hg(NO ₃) ₂	8,6 g CaSO ₄	100 ml KJ (10 %)	AgCl, 5g
16,5 g Ba(OH) ₂	13,57 g HgCl ₂	1000 ml komplekson III	KBr 20 g
3,75 g HgI ₂	15,5 g (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	Millonov reagens, 30mL	AgNO ₃ 3 % 100 ml
30,3 g SnCl ₂	37,2g EDTA bezvodni	Fehlingov rastvor I, 400ml	Na ₂ [Fe(CN) ₅ NO], 1g
74,4g EDTA·2H ₂ O	2 g ZnSO ₄	Fehlingov rastvor II, 400ml	KHSO ₄ , 5g
6 g metiloranža	27,2g eriohrom crno T	Petroleter 200 ml p.a	Bi(OH) ₂ NO ₃ , 5g
27,8g FeSO ₄ ·5H ₂ O	0,277 g KBrO ₃	Seliwanoffov reagens, 100ml	K ₄ [Fe(CN) ₆], 5g
2,52g oksalne kis.	10 g škroba	Tauberov reagens, 50ml	KBr 5 % 100 ml

Prosječan broj korisnika usluga laboartorija u toku dana je ≈70 korisnika-studenata (2008/09).

Nekompatibilnost otpadnih voda iz laboratorija s sanitarnim i drugim otpadnim vodama nije preporučljiva i ne smiju se ispuštati u isti sistem kojim se obrađuju druge otpadne vode bez predobrade i dovođenja u "kompatibilno" tehnološki prihvatljivo stanje za obradu u drugoj fazi [3]. Sastav „laboratorijskih otpadnih voda“ je neposrednoj funkciji sastava i stepena razrijeđenosti hemikalija, hemijskih sredstava i deterdženata. Da bi se ovo stanje preduprijedilo, neophodno je pristupiti izradi novog tehničko-tehnološkog rješenja sa prethodnim separatnim tretmanom „opasnih“ otpadnih voda (slika 1).



Slika 1. Principijelna shema obrade voda, moguće rješenje

Pored organskih spojeva, teški metali (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, As, i dr.) čine drugu važnu kategoriju toksičnih materija koji se nalaze u laboratorijskoj otpadnoj vodi. To su razni organski rastvarači, kiseline, baze, razne vrste reagenasa koji u određenim količinama mogu da djeluju toksično. Npr. živa, kao teški metal u elementarnom obliku se spere u vodi i ulazi u sastav otpadnih voda, dok kao neorganska živa, u vodi pod djelovanjem odgovarajućih bakterija, može da prijeđe u organske oblike. Metali se javljaju u vodi u obliku različitih spojeva i u različitim oksidacijskim stanjima, tako da se njihova toksičnost mijenja u zavisnosti od forme u kojoj se nalaze i učestalosti potrošnje hemikalija.

2. PROJEKTNE OSNOVE SISTEMA OBRADJE OTPADNIH VODA

2.1 Istraživanje rješenja obradje otpadnih voda

Istraživanje optimalnog postupaka prečišćavanja otpadnih voda sa izborom mjesta mjerenja i postavljanjem mjerno-regulacione opreme ima za cilj ostvarenja sigurnosnih i efikasnih uslova rada budućeg postrojenja. Uslovi ispuštanja voda, ujedno projektni zahtjevi i ograničenja, su:

- za svakog zagađivača koji svoje otpadne vode ispušta u prirodne recipijente broj ispusta mora biti sveden na tehnički i ekonomski prihvatljiv minimum,
- obezbijedenje graničnih parametara (jediničnih ili u granicama vrijednosti) zasnovanim na propisanim normama i odgovarajućoj kvaliteti eufleta za datu klasu vodotoka ili komunalnu kanalizacionu mrežu.

Opis tehnološkog procesa, u kojem nastaju otpadne vode, je važan da bi se utvrdile mogućnosti praćenja i intervencije u toku eksploatacije postrojenja. Pri tome veliku važnost imaju tehnološki proračun tehnološki usklađeni tokovi funkcija rada objekata i instalirane opreme te mjerna oprema.

2.2. Bilansi otpadnih voda

Na osnovu sastava ulaznih otpadnih voda definiše se potreban tehnološki proces obrade do kvaliteta za ispuštanje u gradsku kanalizaciju ili u recipijent. Prema nastanku u nastavnom centru „Grmeč“ imamo: *a*) sanitarne otpadne vode koje nastaju kao posljedica fizioloških potreba korisnika nastavnog centra, pranja i održavanja prostora–objekata Q_s , *b*) vode iz restorana Q_r , *c*) otpadne vode koje nastaju kao posljedica rada u laboratoriju, Q_l , *d*) oborinske ili atmosferske vode Q_o , *e*) vode od pranja unutrašnjih saobraćajnica i sredstava rada, Q_{pr} i *f*) drenažne vode Q_{dv} . Prema tome, ukupni bilans otpadnih voda je:

$$Q_{uk} = Q_s + Q_r + Q_l + Q_o + Q_{pr} + Q_{dv} \quad [\text{m}^3/\text{h}], [\text{m}^3/\text{d}], [\text{m}^3/\text{g}] \quad \dots (1)$$

Nastale količine otpadnih tvari ovise o intenzitetu i učestalosti rada laboratorija, vrstama i količinama korištenih hemijskih sredstava i njihovom stepenu razrijeđenja sa vodom i deterđentima, a nakon pranja i održavanja laboratorijskih sredstava. Analiza potrošača i potrošnje vode Q_v u laboratorijama se može dobiti iz modifikovane jednačine [3]:

$$Q_v = n_p \cdot n_{k/k/p} \cdot f_{rv} \cdot \eta_i \quad [\text{l/d}], [\text{l/g}] \quad \dots (2)$$

gdje su:

n_p –normativi potrošnje vode za korisnike, potrošače i za površine, [l/h], [l/d]

$n_{k/k/p}$ –brojne vrijednosti, korisnika (k), komada (k) i površine (p),

f_{rv} –planirani ili ostvareni fond radnog vremena (sati) na dan, mjesec i/ili godinu,

η_i –stepen iskorištenja potrošnje vode po potrošačima.

Bilansi laboratorijskih voda Q_l na 10 sati rada i 300 radnih dana u godini (n –normativ[3]): *a*) umivaionik, 8 kom: $n250[\text{l/h}] = 20.000[\text{l/d}]$; *b*) korita za pranje laboratorijskog posuđa, sredstava i instrumenata, 6 kom: $n720[\text{l/h}] = 43.200[\text{l/d}]$; *c*) slavine za pranje, 6 kom= $n1.080[\text{l/h}] = 64.800[\text{l/d}]$; *d*) tuš za ispiranje, 2 kom: $n504[\text{l/h}] = 4.080[\text{l/h}]$; *e*) za čišćenje podova i zidova laboratorija, $1.170[\text{m}^2]$: $n0,05 [\text{l/m}^2] = 585 [\text{l/d}]$; *f*) ostale potrebe, procjena: $1.000[\text{l/d}]$. Sveukupno: $Q_l = 133.665 [\text{l/d}] \approx 134 [\text{m}^3/\text{d}] \approx 40.200 [\text{m}^3/\text{g}]$.

Količina i kvalitet otpadne vode su osnovni faktori pri projektiranju sistema za obradu otpadnih voda, npr. „ES ekvivalent stanovnik“. U praksi se za hidrauličko opterećenje uzima srednja dnevna količina otpadne vode. Pošto dotok otpadne vode na budućem postrojenju prečišćavanja varira po količini i sastavu, za dimenzionisanje primjenjuju prosječne vrijednosti opterećenja, a za dotok se uzima srednji dotok u toku dana Q_{sv} ($6 \div 18$ h) pri suhom vremenu [1]:

$$Q_{sv} = \frac{ES \cdot q_{sp}}{t \cdot 1000}, [\text{m}^3/\text{h}] \quad \dots (3)$$

gdje je:

ES –ekvivalentni broj stanovnika, predstavlja vrijednost utroška vode po stanovniku tokom dana (karakteristika zagađenja otpadne vode),

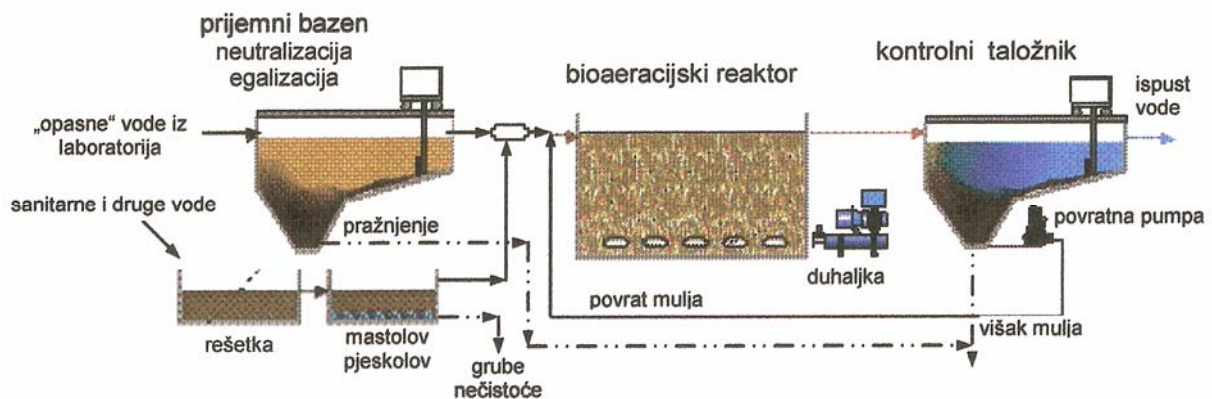
q_{sp} –specifična potrošnja vode po stanovniku i danu, [l(st-d)], pri čemu je ukupno opterećenje gradskih kanizacionih voda, izraženo preko $BPK_5 = 300 [\text{g/m}^3]$.

t –redukovani broj sati, [h/d].

Ako uzmemo da toku dana imamo oko 250 korisnika u vremenu od 10 sati dnevno, uz vrijednost $q_{sp} = 200 [\text{l}(\text{st-d})]$, dobijemo srednju vrijednost otpadnih voda u količini od $Q_{sv} = 50 [\text{m}^3/\text{d}]$ ili preko $15.000 [\text{m}^3/\text{g}]$, što sa laboratorijskim otpadnim vodama od $Q_l = 40.200 [\text{m}^3/\text{g}]$ čini ukupno hidraulično opterećenje budućeg postrojenja.

2.3. Pregled primjenjenih metoda i postupaka

Koje će se metode prečišćavanja primijeniti zavisi od niza uticajnih faktora. Prvi je vrsta zagađujućih supstancija i stepen zagađenja korištenih voda. Drugi je kvalitet prečišćene vode, tačnije rečeno, stepen zagađenja koji se može dozvoliti kada se voda ispušta u prirodni vodotok. Tako npr., hemijske metode prečišćavanja otpadnih voda uključuju postupke flokulacije, neutralizacije, katalitičku oksidaciju, izmjenu jona i dezinfekcija. Kako se optimalna vrijednost pH vode kreće od 6 do 8, prethodno se mora izvršiti neutralizacija, bilo sa alkalnog ili kiselog područja, na optimalnu vrijednost. Na slici 2. je data procesna shema obrade otpadnih voda sa prethodnim tretmanom „opasnih“ voda iz laboratorija, kao moguće rješenje.



Slika 2. Principijelna tehnološka shema višestepene obrade otpadnih voda

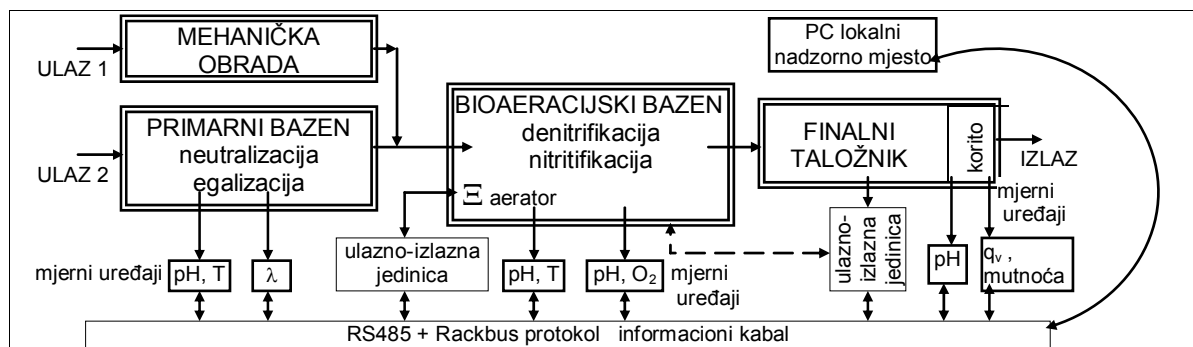
Stepen zagađenja „opasnih“ voda na ulazu i izlazu iz prijemnog bazena se prati pomoću niza fizikalnih, hemijskih i organskih parametara (temperatura T , pH , boja, elektroprovodljivost λ , mutnoća C_0 , količine suspendiranih i taloženih tvari, BPK_5 , HPK , ukupne količine dušika, fosfora i ostalih aniona). Proces obrade voda je definiran kao tehnološka cjelina koja se sastoji od predtretmana voda iz objekata laboratorija (nestacionaran proces) i sanitarnih voda iz drugih objekata. Bazena za neutralizaciju i egalizaciju pridošlih količina influenta je dimenzioniran tako da u procesnoj vezi sa bioaeracijskim reaktorom daje optimalne vrijednosti parametara voda (protok, koncentracija) za kvalitetnu obradu u sljedećoj fazi. Ispust prečišćene vode iz kontrolnog taložnika poželjno je usmjeriti u korito za kontrolu efluenta radi vizualne i on line kontrole protoka, mutnoće, pH vrijednosti te uzimanje uzoraka za laboratorijska ispitivanja.

3. MJERENJE, KONTROLA I UPRAVLJANJE SISTEMOM OBRADE VODA

Postrojenje za obradu otpadnih voda i praćenje mjernih parametara se projektiraju za uslove normalnog hidrauličkog i organskog opterećenja kao i za rad pri različitim dnevnim kapacitetima protoka voda i/ili zimsko–ljetnom periodu.

Rad uređaja za kontrolu procesa i djelimično automatsko vođenje procesa u borektoru, kontrolu rada ulazno–izlaznih jedinica (pumpa za mulj, duhaljka/aerator, pjskolov, mastolov), sa sistemom obavještavanja operatera o nastalim odstupanjima svojstava influenta i efluenta, treba biti osigurano lokalnim PLC uređajem sa modemskom vezom na lokalni kompjutor (PC) i SKADA upravljački sistem.

Prikazi rezultata mjerenja sa registracijom i komparacijom izmjerenih vrijednosti stanja procesa daju na uvid operateru i regulacijskim podsklopovima, signala i alarma, mogućnost povratnog djelovanja.



Slika 3. Prijedlog mjerno-upravljačke programske aplikacije sa prikazom mjerenja parametara električnim mjeračima

Upravljački sistem posjeduje sljedeće bitne komponente:

- ▶ mjerni podsistem, sastoji se od mjernih električnih uređaja za mjerenje pH , T , λ , Q_v , O_2 , mutnoće C_o , neposredna (on-line) i posredna (off-line) veza,
- ▶ upravljačka jedinica sa elementima logičke programibilne jedinice (PLC), regulatori i PC računar) i/ili čovjek,
- ▶ izvršni podsistem koji omogućuje pretvaranje upravljačkih veličana (informacije) u promjene ulaznih procesnih veličana u bioreaktoru i stvaranju ravnotežnih radnih uslova.

Hemijski sastav otpadnih voda (nemanipulativna procesna veličina), se ne može mjeriti uređajima ali se može djelovati na dovođenju parametara u dozvoljene granice koncentracije i sadržaja primjesa. U vremenu T procesne ulazne mjerene veličine možemo dati kroz odnos:

$$\vec{X} = (Q_v, pH, t, \lambda, O_2, \text{mutnoća } C_o)^T \quad \dots (4)$$

dok upravljačke veličine Y_{PM} mogu biti dotok vode u primarni bazen Q_v i radni volumen bazena V_{pb} tek nakon dodatnog dovođenja tehničke vode za regulaciju otoka vode u bioaeracijski bazen, $Q_{bi} \Rightarrow =/+/- [l/s]$.

4. ZAKLJUČAK

Za ispunjavanje zakonskih vrijednosti kvaliteta prečišćene vode iz nastavnog centra „Grmeč“, za ispušt u recipijent ili (buduću) gradsku kanalizacionu mrežu grada Bihaća, potrebno je izraditi konačnu tehnološku shemu i izvesti hidraulične proračune, kao projektne osnove. Ponuđeno konceptualno tehničko-tehnološko rješenje obrade voda sa postavljenim mjerno-upravljačkim sistemom može zadovoljiti zahtjeve monitoringa parametara sistema obrade voda.

5. LITERATURA

- [1] Stuetz, R.: Principles of Water and Wastewater Treatment Processes, IWA Publishing, UK 2005.,
- [2] Simičić, H.: Aerobni sistemi za tretman otpadnih voda prehrambene industrije, Univerzitet u Tuzli, 2003.,
- [3] Brdarević, S.: Projektovanje fabrika, Mašinski fakultet u Zenici, 1996.,
- [4] Arhivska dokumentacija građevinskih objekata i kanalizacione mreže „Grmeč“ 1968-1997.