



OTPADNE VODE U GRAĐEVINSKOJ INDUSTRIJI I MOGUĆNOSTI PREČIŠĆAVANJA

Dr Vladana Rajaković-Ognjanović, dipl.ing.tehn.
Vanredni profesor

Jelena Gajić¹, master. građ.ing., Tamara Vučković¹, dipl.građ.ing., Nemanja Maćešić¹, master
građ.ing., Nada Cvijetić¹, dipl.ing.preh.tehn., Dr Ljubinka Rajaković², dipl.ing.tehn

Institut za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo
Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

E-mail: vladana@grf.bg.ac.rs

²AINS. Akademija inženjerskih nauka Srbija, Kraljice Marije 16, 11 000 Beograd



Sadržaj



- **Uvod - otpadne vode u građevinskoj industriji**
- **Rezultati analize otpadne vode**
- **Obrada otpadne vode**
- **Koagulacija**
- **Elektrokoagulacija**
- **Zaključak**

UVOD

U fabrikama građevinskih materijala nastaju velike količine otpadnih voda.

U ovom radu je analiziran kvalitet otpadne vode u fabrici građevinske industrije koja se bavi proizvodnjom specifičnih građevinskih materijala. Tokom određenih procesa u fabrici nastaju i otpadne vode koje se ne prečišćavaju, već se odvoze van fabrike.

Ideja i cilj ispitivanja u okviru ovog rada je da se nakon analize kvaliteta otpadne vode oceni mogućnost boljeg upravljanja vodama u krugu fabrike. Bolje upravljanje podrazumeva primenu odgovarajućeg predtretmana. Jedan od ciljeva je da se otpadne vode ne odvoze van kruga fabrike, već da se ispuštaju u kanal koji se nalazi u neposrednom okruženju fabrike.

Za ispitivanje ove mogućnosti analiziran je i kvalitet vode u obližnjem kanalu.

Rezultati analize otpadnih voda i vode iz kanala ukazuju da je moguće adekvatnom obradom ispustiti vodu i uštedeti troškove plaćanja odvoženja i tretmana otpada van kruga fabrike.

Rezultati analize otpadne vode

- U okviru ovog rada analizirane su otpadne vode iz fabrike za proizvodnju specijalnog građevinskog materijala kao i voda iz obližnjeg kanala, koji predstavlja potencijalni recipijent.
- Rezultati analize otpadnih voda i vode iz kanala prikazani su u tabeli 1.

OZNAKA I TIP UZORKA					
PARAMETAR	1- OTPADNA VODA IZ LAB ZA MALTERE	2- OTPADNA VODA IZ KANALA ZA PROIZVODNJU	3- OTPADNA VODA IZ LAB. ZA ADDITIVE	4- OTPADNA VODA IZ OTPADNE JAME	5- PRIHVATNI KANAL
pH	9,76	4,05	6,45	4,82	8,31
Elektroprovodljivost, [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	654	37 100	1 512	7 550	1 605
TDS, [mg/L]	310	17400	700	3 600	799
Mutnoća, [NTU]	243	53 500	2 330	31 400	9,83
Boja, [Pt-Co]	980	350 000	13 300	151 000	94
NH ₃ (N), [mg/L]	0,74	430	11,4	190	3,1
NO ₃ ⁻ (N), [mg/L]	50	300	2	120	0,3
NO ₂ ⁻ (N), [mg/L]	0,5	1,5	0,01	0	0,017
Cl ⁻ , [mg/L]	10	50	60	100	76
SO ₄ ²⁻	19	13000	220	1000	410
PO ₄ ³⁻	8,38	46,7	9,29	65,5	0,61
HPK	640	19 200	48 000	14 400	48
BPK ₅	3	1 700	10 000	900	5

Šta pokazuju rezultati?

Nakon ispitivanja zahvaćenih uzoraka može se zaključiti da svi ispitivani parametri:

- pH vrednost,
- provodljivost,
- ukupne rastvorene materije,
- mutnoća,
- boja,
- HPK,
- BPK₅,
- koncentracija amonijaka,
- nitrata,
- nitrita,
- hlorida,
- sulfata i
- fosfata

odstupaju od vrednosti koje su izmerene u potencijalnom recipijentu, te da otpadna voda mora da se tretira pre ispuštanja.

OBRADA OTPADNE VODE



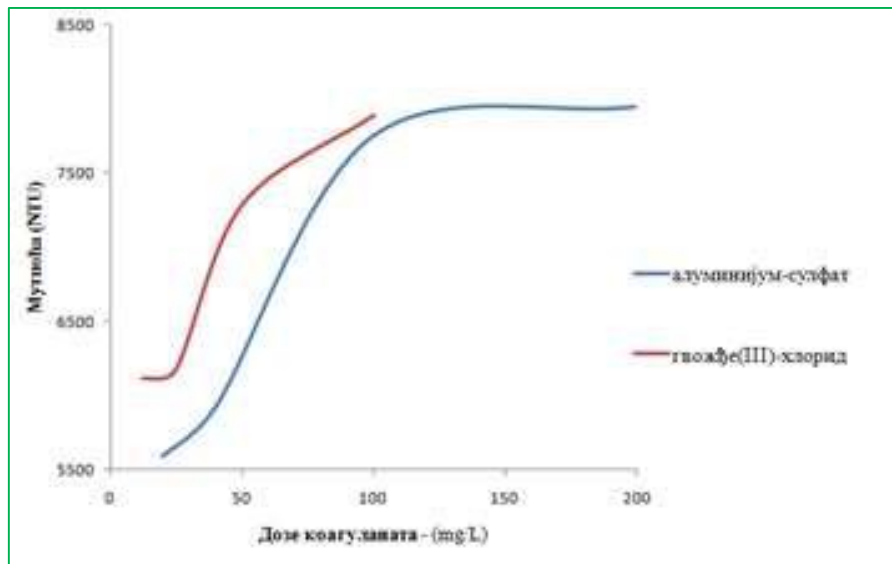
Od metoda prečišćavanja otpadnih voda, izabrane su, odnosno ispitane u laboratoriji: klasična koagulacija i flokulacija i elektrokoagulacija [1-5].

K&F pripadaju osnovnim tehnološkim procesima u sistemu za prečišćavanje otpadne vode. K predstavlja postupak doziranja jedne ili više hemikalija u cilju približavanja (koloidnih) čestica, a F je proces agregacije (ukrupnjavanja) destabilizovanih čestica i uklanjanja iz rastvora, kroz taloženje.

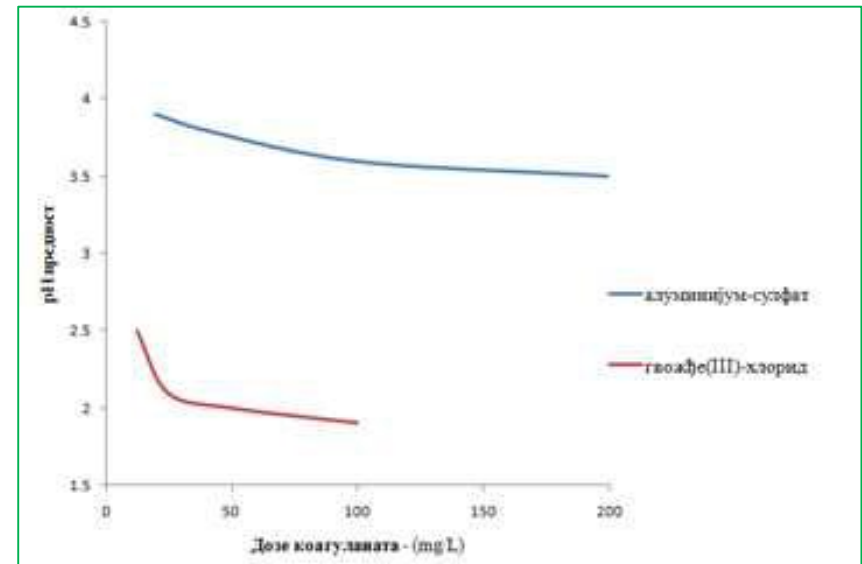


KLASIČNA KOAGULACIJA I REZULTATI DOBIJENI PRIMENOM KOAGULACIJE

Primena aluminijum-sulfata i gvožđe(III)-hlorida tokom klasične koagulacije rezultirala je smanjenjem mutnoće otpadne vode oko pet puta [5]. Na slikama 1 i 2 prikazana je zavisnost mutnoće od doze koagulanta, kao i zavisnost promene pH vrednosti od doze koagulanta [5]. Određeno prečišćavanje je postignuto koagulacijom i flokulacijom, ali je i dalje nedovoljno efikasno da bi se otpadna voda ispustila u kanal, pošto su vrednosti mutnoće mnogo veće od izmerenih vrednosti u kanalu [4].

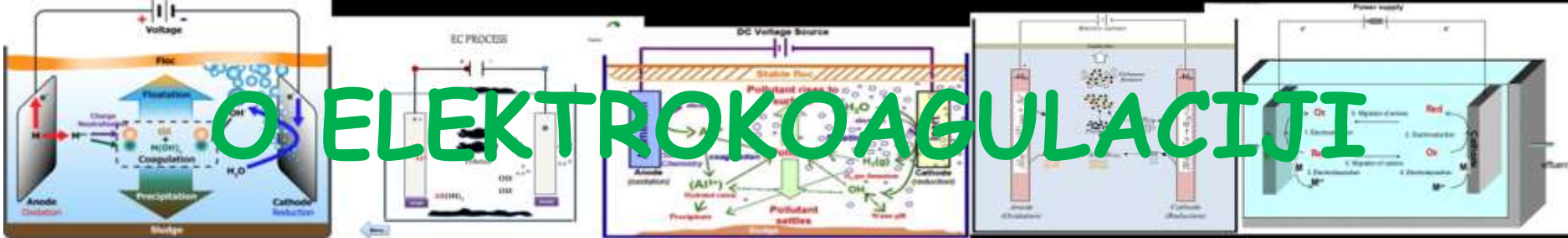


Slika 1 Dijagram zavisnosti mutnoće i doze koagulacionog sredstva



Slika 2 Dijagram zavisnosti pH vrednosti od doze koagulacionog sredstva

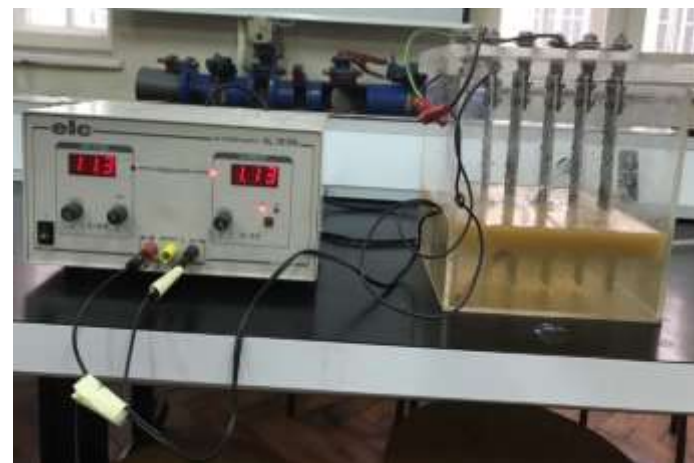
O ELEKTROKOAGULACIJI



Elektrokoagulacija (EK) predstavlja jedan od elektrohemijskih postupaka za obradu otpadnih voda. Tokom EK dolazi do razdvajanja otpadne vode na dve faze, bistru (tečnu) i na talog (čvrstu fazu). Postupak počinje nastankom jona metala koji je iniciran jednosmernom strujom koja se pušta kroz elektrode. Joni koje otpušta elektroda zavise od kog je metala elektroda.

Uklanjanje jona metala elektrokoagulacijom postiže se kombinacijom različitih procesa:

- Precipitacija, hemijsko taloženje, u obliku hidroksida, usled oslobađanja jona, oksidacijom metalne elektrode, odgovarajućeg metala koji inicira koagulaciju,
- Adsorpcija, uz nastanak hidroksida, u obliku flokula aluminijuma ili gvožđa (u sistemu sa elektrodama od gvožđa i/ili aluminijuma),
- Koprecipitacija (naknadno taloženje), odvija se usled taloženja koji pri izdvajanju kupi sve krupnije čestice u rastvoru,
- Flotacija, nastaje katodnom redukcijom vodonika.



ELEKTROKOAGULACIJA I REZULTATI DOBIJENI PRIMENOM EK

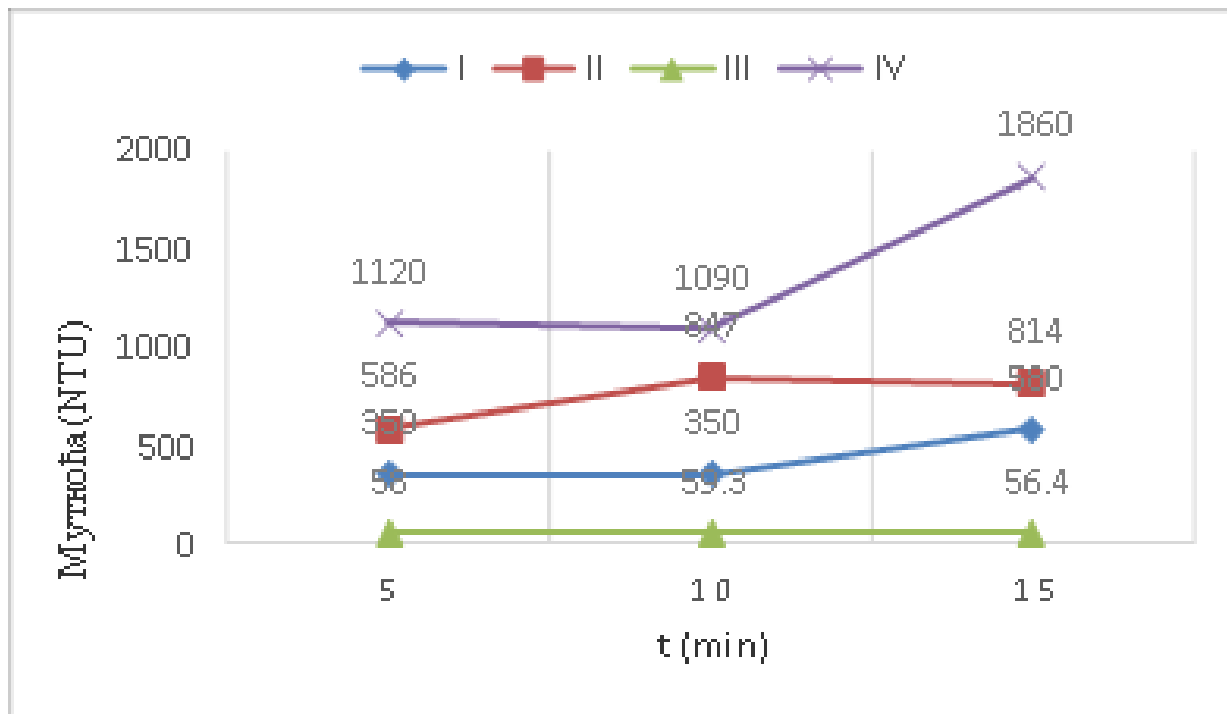
Druga metoda koja, elektrokoagulacija (EK), korišćena je u lab sa elektrodama od gvožđa [3]. Vrednost mutnoće otpadne vode je smanjena 120 puta (III eksperiment), ali je i dalje 6 puta veća nego u kanalu. Vrednost boje otpadne vode je smanjena 25 puta (III eksperiment), ali je i dalje 5 puta veća nego u kanalu. Međutim, kada je otpadna voda u laboratorijskim uslovima stajala 5 dana, nakon EK, ostvaruje se dodatno bistrenje vode i smanjenje mutnoće. U tabeli 2 prikazane su modifikacije otpadne vode za svaki od eksperimenata.

Tabela 2 Modifikacije otpadne vode za svaki od eksperimenata EK

Redni broj eksperimenta	Karakteristike otpadne vode
I	EK na sirovom uzorku otpadne vode
II	Podešena pH vrednost uzoraka otpadne vode na 8,95
III	Podešena pH vrednost uzoraka otpadne vode na 2,07
IV	EK na dest puta razblaženom uzorku

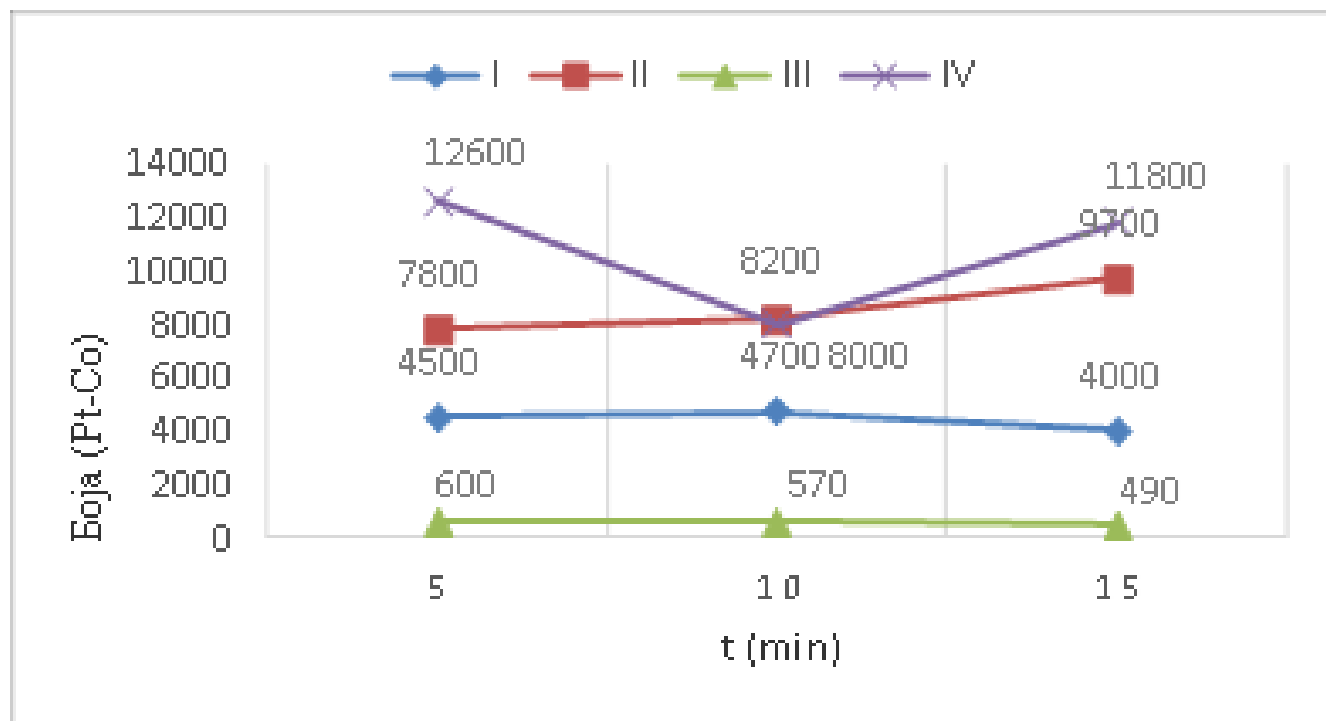
REZULTATI DOBIJENI PRIMENOM EK

Na slici 3. prikazana je promena mutnoće (NTU) tokom vremena za eksperimente I, II, III, IV. Poređenjem rezultata zapaženo je značajno smanjenje mutnoće. Najbolji rezultati postignuti su nakon eksperimenta III, koji je obuhvatio prethodno podešavanje pH vrednosti na vrednost 2,07. Mutnoća sirovog uzorka iznosila je 6810 NTU, nakon podešavanja pH vrednosti i elektrokoagulacije 56,4 NTU. Mutnoća u kanalu je 9,83 NTU [4].



Slika 3 Dijagram promena mutnoće (NTU) sa vremenom tokom EK

REZULTATI DOBIJENI PRIMENOM EK



Slika 4 Dijagram promene boje ($^{\circ}$ Pt-Co) sa vremenom tokom EK

Na slici 4 prikazana je promena boje ($^{\circ}$ Pt-Co) tokom vremena za eksperimente I, II, III, IV. Analizom rezultata uočeno je značajno smanjenje boje. Najbolji rezultati postignuti su nakon eksperimenta III, koji je obuhvatio prethodno podešavanje vrednosti pH na 2,07. Boja sirovog uzorka je sa vrednosti 12100 Pt-Co, nakon podešavanja pH vrednosti i elektrokoagulacije, smanjena na 490 $^{\circ}$ Pt-Co, dok u kanalu iznosi 94 $^{\circ}$ Pt-Co.

Komparativna analiza rezultata obrade

- Koagulacija i flokulacija

- Početna mutnoća: 31 400 NTU
- Aluminiyum-sulfat $Al_2(SO_4)_3$ \Rightarrow 5595 NTU
- Gvožđe(III)-hlorid $FeCl_3$ \Rightarrow 6120 NTU
- **Mutnoća smanjena 5 puta, ipak 600 puta veća od mutnoće u kanalu.**

- Elektrokoagulacija (EK)

- Korišćene su elektrode od gvožđa
- Početna mutnoća: 6810 NTU
- Mutnoća nakon EK: 56,4 NTU
- Mutnoća smanjena 120 puta, ali je i dalje 6 puta veća nego u kanalu
- **Međutim, ako se uzorak nakon EK ostavi 5 dana u lab, dolazi do dodatnog bistrenja i uzorak ima mutnoću 7 puta manju, što je niže od vrednosti mutnoće u kanalu.**

ZAKLJUČAK

- Kada uzorak, pri podešavanju vrednosti pH na 2, nakon tretmana procesom elektrokoagulacije stoji u laboratoriji 5 dana, dobija se vrednost mutnoće 8,9 NTU. Dakle, elektrokoagulacija može da se preporuči, ali uz uvažavanje produženog vremena taloženja [3-5].
- Ključni zaključak je da je moguće ispustiti otpadnu vodu nakon elektrokoagulacije, u obližnji kanal, uz naknadno taloženje.
- U okviru ovog rada rađena su laboratorijska ispitivanja koja su dobra smernica za obradu otpadne vode u realnom okruženju. U okviru budućih istraživanja potrebno je uzeti u obzir analizu svih parametara i stepen uklanjanja koji se postiže primenom EK.

LITERATURA

1. A.Djukić, B. Lekić, V. Rajaković-Ognjanović, Dj. Veljović, T. Vulić, M. Djolić, Z.Naunović, J. Despotović, D. Prodanović, *Further Insight into the Mechanism of Heavy Metals Partitioning in Stormwater Runoff*, Journal of Environmental Management, 168 (2016) 104-110
2. V. Gardić (2007), Primena elektrohemijskih metoda za prečišćavanje otpadnih voda. Deo I. elektrodepozicija i elektrokoagulacija, *Zaštita materijala* 48 (1), 53
3. J. Gajić, Primena elektrokoagulacije za prečišćavanje otpadne vode iz građevinske industrije, Master rad, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu (2019)
4. N. Maćešić, Ispitivanje kvaliteta otpadne vode u fabrici za građevinske materijale – predlozi za unapređeno upravljanje otpadnim vodama, Master rad, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu (2019)
5. T. Vučković, Izbor koagulacionog sredstva za obradu otpadne vode iz građevinske industrije, Diplomski rad, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu (2019)

**I don't want to protect
the environment,**



**I want to create a world
where the environment
doesn't need protecting.**