

GORDANA ILIŠIĆ
MILORAD MAKSIMOVIĆ
ĐORĐE VOJINOVIĆ

Tehnološki fakultet, Banjaluka,
Republika Srpska,
Bosna i Hercegovina

NAUČNI RAD

628.1:628.345+541.18.041

KOAGULACIJA I FLOKULACIJA U PROCESU PRIPREME VODE ZA PIĆE NA PILOT POSTROJENJU

"Pilot" postrojenje za pripremu vode za piće iz površinske vode rijeke Vrbas je projektovano tako da sve varijante postupka pripreme vode omogućavaju dobijanje vode za piće, koja će svojim kvalitetom zadovoljiti norme Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Koagulacija i flokulacija su jedna od metoda koje se primjenjuju u procesu bistrenja vode. Voda sadrži suspendovane materije koje su koloidno dispergovane u vodi i od njih potiče boja i mutnoća vode. Ove supstance se zbog stabilnosti koloida ne mogu ukloniti taloženjem, a njihovo uklanjanje direktno filtracijom je veoma skupo jer brzo dolazi do zapušavanja filtra ili čak do prolaza ovakvih čestica kroz filter. Da bi se izvršilo njihovo uklanjanje potrebno je destabilizovati suspendovane čestice što se uspješno postiže procesom koagulacije odnosno flokulacije.

Cilj praktičnog dijela ovog rada je bio da se ispita uticaj pojedinih parametara na proces koagulacije/flokulacije, kao i uticaj učinka ove faze na dalje prečišćavanje vode.

Snabdijevanje grada Banja Luka pitkom vodom vrši ODKJP "Vodovod" Banja Luka sa izvorišta Novoselija koje se nalazi 6 km uzvodno od centra grada na desnoj obali rijeke Vrbas. Osnovna sirovina za dobijanje pitke vode je voda rijeke Vrbas. Trenutni kapacitet fabrike vode Novoselija je oko 1000 L/s, od čega se oko 400 L/s dobija bunarskim sistemom preko infiltracionih bazena, a oko 600 L/s preko postrojenja za preradu vode. Ova količina vode nije dovoljna za trenutne potrebe grada, a sa porastom broja stanovništva taj problem će biti još izraženiji. Iz tog razloga ODKJP "Vodovod" Banja Luka se odlučio za izradu projekta i izgradnju novog pogona za preradu vode "Novoselija 2" kojim bi se obezbjedilo dodatnih 800 L/s vode. Projektna dokumentacija je izrađena u saradnji sa firmom "Beoinžinjering 2000" iz Beograda, a parametri procesa će biti definisani na osnovu istraživanja pripreme vode rijeke Vrbas na poluindustrijskom postrojenju (PILOT) [1].

Kvalitet površinske vode rijeke Vrbas na vodozahvatu Novoselija se nalazi između I i II klase kvaliteta vode što predstavlja dobru sirovinu za proizvodnju vode u svrhu snabdijevanja stanovništva zdravstveno ispravnom vodom za piće.

U tabeli 1 dati su osnovni fizičko-hemijski pokazatelji kvaliteta vode za sirovi Vrbas u vremenskom periodu od jedne godine.

Promjena temperature (T), mutnoće (NTU) i sadržaja organskih materija izraženih preko utroška KMnO_4 (PB), tokom sva četiri godišnja doba, za 2003. godinu predstavljen je na slici 1.

EKSPERIMENTALNI DIO

"Pilot" postrojenje za pripremu vode za piće iz površinske vode rijeke Vrbas je projektovano tako da sve

Tabela 1. Najčešće vrijednosti pojedinih parametara za sirovi Vrbas i maksimalno dozvoljene vrijednosti (MDK) istih u vodi za piće (Hemijski laboratorij ODKJP "Vodovod" Banja Luka)

Table 1. Common values of some parameters for raw water from Vrbas River and their maximum allowable concentration (MAC) in drinking water (Chemical Laboratory, Banja Luka Municipal Waterworks)

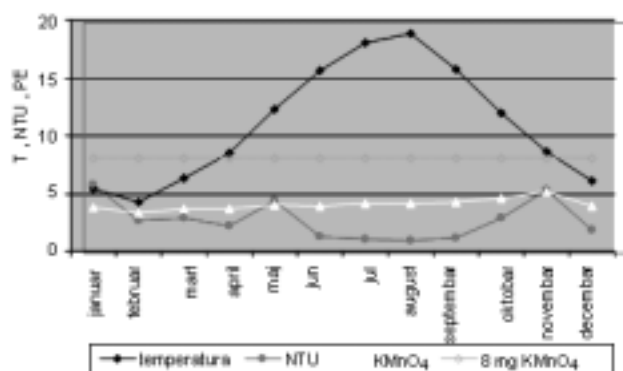
Parametar	Jedinica mjere	Min. i max. vrijednosti Vrbasa	Najčešće vrijednosti	MDK vrijed. u vodi za piće
Temperatura	°C	3,0–19,0		
Miris	bez	nije primjetan	nije primjetan	bez
pH		8,00–8,20	8,05	6,80–8,50
Mutnoća	NTU	1,00–180,00	1,00–10,00	1,00
Permanganatni broj	mg KMnO_4/L	2,50–26,00	3,00–5,00	8,00
Hloridi	mg/L	8,00–12,00	10,00	200,00
Nitrati (N)	mg/L	<1,00	<1,00	11,30
Nitriti (N)	mg/L	0,001–0,026	0,002–0,003	0,009
Amonijak (N)	mg/L	0,00	0,00	0,10
Aluminijum	mg/L	–	–	0,20
Kiseonik	mg/L	8,50–14,00	10,00–11,50	
BPK ₅	mg O_2/L	<1,00	<1,00	
p-alkalitet	mg CaCO_3/L	0,00	0,00	
m-alkalitet	mg CaCO_3/L	170–200	180–190	
Karbonatna tvrdoća	mg CaCO_3/L	161–196	179	
Ukupna tvrdoća	mg CaCO_3/L	179–250	196–232	
Ca-tvrdoća	mg CaCO_3/L	170–213	170–200	
Mg-tvrdoća	mg CaCO_3/L	9–37	26–32	

*Rad je saopšten na VI Simpozijumu "Savremene tehnologije i privredni razvoj", Leskovac, Oktobar 21–22, 2005

Adresa autora: I. Gordana, Tehnološki fakultet, Banjaluka, Stepe Stepanovića 75, Banjaluka

Rad primljen: Septembar 12, 2005

Rad prihvaćen: Septembar 19, 2005

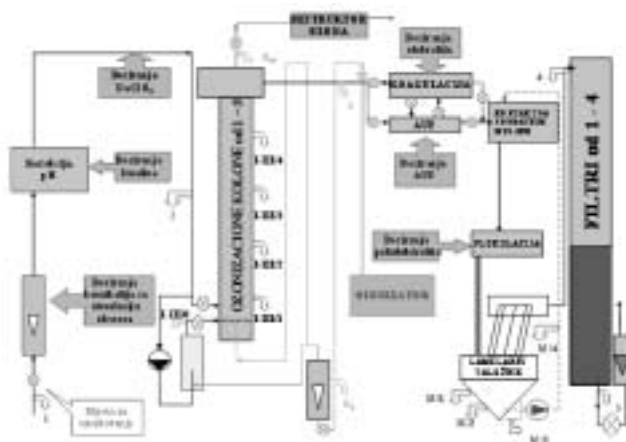


Slika 1. Dijagram promjene temperature, mutnoće i sadržaja organskih materija rijeke Vrbas tokom godine

Figure 1. Annual changes in the temperature, turbidity and organic component content in the Vrbas River

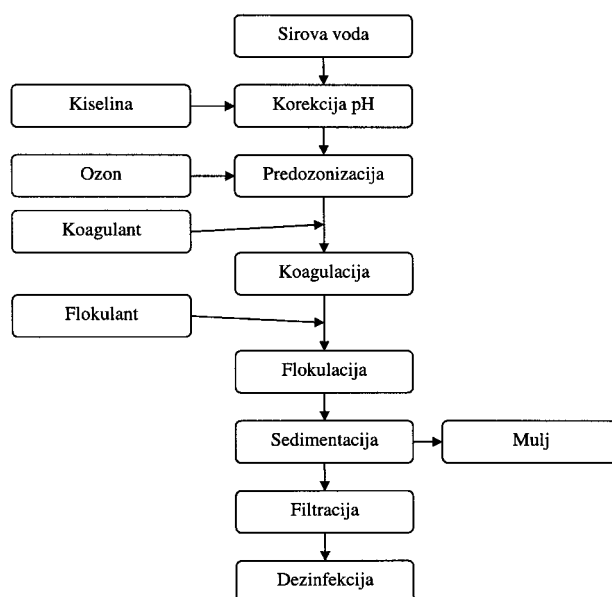
varijante postupka pripreme vode omogućavaju dobijanje vode za piće, koja će svojim kvalitetom zadovoljiti norme Pravilnika. Osnovni problem sirove vode Vrbasa sa aspekta kvaliteta te vode kao vode za piće je variranje mutnoće vode i sadržaja prirodnih organskih materija u vodi (POM) kao i mogućnost pojave polutanata i fekalnog zagađenja. S obzirom da kvalitet Vrbasa značajno varira tokom godine mora se usvojiti tehnološki proces čija je osnovna karakteristika elastičnost. "Pilot" postrojenje za pripremu vode za piće od vode Vrbasa proračunato je za protok od 2 m³/h. Ovaj protok je usvojen jer se na taj način osigurava dovoljna veličina svih podsklopova "pilota" za nesmetano obavljanje istraživanja, kao i dobijanje podataka koji se mogu koristiti za projektovanje industrijskog uređaja za pripremu vode za piće.

Na slici 2 je data šema "pilot" postrojenja sa svim njegovim funkcionalnim podsklopovima primjenjivim za različite varijante. Brojevima su označena mjesta uzorkovanja vode, a slovima M i O mjesta uzorkovanja mulja i ozona.



Slika 2. Šema pilot postrojenja

Figure 2. Scheme of the pilot plant



Slika 3. Blok šema pilot postrojenja za varijantu I

Figure 3. Block scheme of the pilot plant for option I

Konstrukcija "pilota" omogućuje ispitivanje različitih varijanti postupka pripreme vode. Tokom našeg rada pratili smo varijantu I koja se sastoji od sljedećih faza:

- korekcija pH vrijednosti,
- predozonizacija,
- koagulacija/flokulacija,
- sedimentacija (taloženje),
- filtracija, i
- dezinfekcija.

Jednostavniji prikaz pojedinih faza može se vidjeti na blok šemi "pilot" postrojenja koja je data za posmatranu varijantu (slika 3).

KOAGULACIJA I FLOKULACIJA

Uloga procesa koagulacije i flokulacije pri preradi sirove vode u vodu za piće je:

- bistrenje vode,
- smanjenje sadržaja organskih materija, i
- dalje smanjenje broja mikroorganizama.

Ovo je i najvažnija faza procesa prerade vode jer od nje zavisi efikasnost sedimentacije i filtracije.

Koagulacija kao podsklop na "pilot" postrojenju se izvodi u 4 pod-faze:

1. dodavanje koagulant;
2. dodavanje aktivnog uglja u prahu (AUP);
3. recirkulacija povratnog mulja (PM); i
4. dodatak flokulanta.

Na "pilot"-u su urađena istraživanja sljedećih ekscenarnih situacija: izliv nafte, ulja, pesticida (LINDAN i ATRAZIN), benzaldehida i došlo se do zaključaka:

- da AUP zbog svoje velike površine ima sposobnost da efikasno apsorbira mikropolutante; i
- da se može smanjiti doza koagulant u procesu koagulacije.

AUP se uklanja prilikom taloženja zajedno sa flokulacionim muljem. Proces flokulacije koji dovodi do rasta flokula i završetka procesa adsorpcije (u slučaju da se dodaje AUP), se izvodi nakon koagulacije. Proces se svodi na određeno vrijeme zadržavanja vode u flokulatoru.

Nakon faze flokulacije voda se odvodi na bistrenje ili bolje rečeno na separaciju flokula. Glavno bistrenje pri kom se uklanja najveći dio flokula se vrši gravitacionim taloženjem, a završno bistrenje vode se izvodi filtracijom.

Višak mulja se povremeno izbacuje u prihvatni sud, a 2–3% mulja u odnosu na količinu obrađene vode se pumpom vraća u koagulator kao povratni mulj (PM). Recirkulacija flokulacionog mulja je poznata tehnika kojom se pospješuje proces koagulacije i flokulacije. Izbistrena voda se prihvata na prelivu seta lamela i odvodi na filtraciju gdje se uklanja preostala mutnoća vode.

Završno bistrenje vode koja se dovodi sa preliva lamelnarnog taložnika vrši se na otvorenim gravitacionim filtrima. Filtri su izvedeni u vidu kolona sa ispunama od kvarcnog pijeska granulacije 0,7–1,2 mm i antracita granulacije 1,6–2,4 mm. Visina filtracionog sloja iznosi 1,2 m, a visina vodenog stuba 1,5 m. Usvojena brzina filtracije je $7 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i ona se kontroliše rotametrom, a reguliše ručno.

Koagulacija je standardna metoda uklanjanja suspendovanih koloida, ali i efikasna metoda za uklanjanje prirodnih organskih materija (POM) iz vode.

Prilikom rada na "pilot" postrojenju ispitivani su:

- konvencionalni koagulant: aluminijum-sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) i željezo-hlorid (FeCl_3);
- polimerni neorganski koagulant na bazi Al: polialuminijum-hlorid-sulfat, "KOAFLOK" i polialuminijum-hlorid, "BOPAC";

Praćen je rad sa samim koagulantom kao i kombinacija koagulant i flokulanta. Nakon što su istraživanja pokazala da je koagulaciona moć Al-sulfata pri temperaturama nižim od 10°C znatno smanjena, uvedena je kombinacija sa flokulantom. Tokom varijante koju smo pratili prilikom izrade ovog rada kao koagulant je korišten $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, a kao sredstvo za flokulaciju polielektrolit pod komercijalnim nazivom PE 110.

Na efikasnost procesa koagulacije i flokulacije utiče više faktora: vrsta i doza koagulant i flokulanta, pH vrijednost vode, koncentracija suspendovanih materija u vodi, temperatura vode i sam način izvođenja procesa. Osnovni parametar procesa, zbog rizika vezanog za rezidualni aluminijum, je doza koagulant i flokulanta koja se određuje na osnovu JAR-testa. JAR-test se takođe koristi za ispitivanje kvaliteta povratnog mulja. Uzorak se uzima sa određenog nivoa taložnika i ostavlja da stoji u Inhoff-ovim lijevcima. Nakon stajanja u vremenu od pola, jednog, i dva sata mjeri se količina istaloženog mulja. Isti uzorak se koristi za analizu suvih i suspendovanih materija, nakon čega se donosi konačna ocjena kvaliteta mulja koji se može primjenjivati za recirkulaciju u proces koagulacije.

Mjesta uzorkovanja na "pilot" postrojenju su postavljena u vidu slavina nakon svake pojedine faze i to:

- slavina 1 – sirova voda rijeke Vrbas, na ulazu u "pilot" postrojenje;
- slavina 2 – uzorkovanje vode nakon korekcije pH vrijednosti tj. nakon dodatka kiseline;
- slavina 3 – voda nakon izvršene ozonizacije, odnosno, prije dolaska vode na koagulaciju/flokulaciju;
- slavina 4 – voda nakon uklanjanja koaguliranih čestica tj. nakon završenog procesa sedimentacije;
- slavina 5 – uzorkovanje vode po završenoj filtraciji.

Analiza uzoraka je vršena u hemijskom laboratoriju ODKJP "Vodovod" Banja Luka primjenom standardnih metoda ispitivanja vode za piće [5].

Metode korištene za analizu uzoraka su:

- mjerenje temperature termometrom;
- pH vrijednost je određivana potenciometrijskom metodom, mjerenjem na pH-metru;
- mutnoća je određivana mjerenjem na turbidimetru marke "NACH" 2100N. Izražava se u nefelometrijskim jedinicama gdje 1 NTU odgovara jednom mg SiO_2 rastvorenog u jednom litru destilovane vode;
- sadržaj prirodnih organskih materija (POM) određena je permanganometrijski, kao permanganometrijski broj (PB) koji predstavlja mL utrošenog KMnO_4 za oksidaciju POM u jednom litru vode;
- rezidualni aluminijum određen je na atomskom apsorpcionom spektrofotometru;
- doze koagulant i flokulanta su određivane JAR testom na aparatu marke "VELP";
- suspendovane materije određene su gravimetrijski, filtracijom na WATTMAN-papiru;
- sadržaj ozona određen je jodometrijskom metodom;
- UV predstavlja apsorpciju svjetlosti pri talasnoj dužini od 250 nm;
- alkalitet je određen volumetrijski, titracijom sa HCl uz fenolftalein i metiloranž kao indikator.

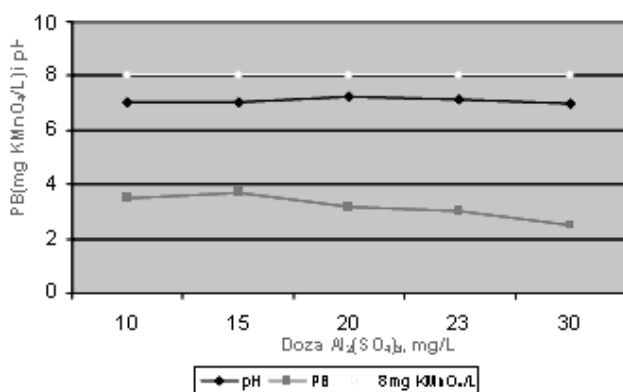
PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA

Zavisnost procesa koagulacije/flokulacije od doze koagulant, koja se kretala od 10 do 30 mg/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, prikazana je na dijagramu na slici 4.

Kao što se vidi sa dijagrama, sve vrijednosti primjenjenog koagulant, tokom našeg ispitivanja, daju rezultate koji ulaze u okvir dozvoljenih granica. Optimalna doza će zavisiti od ostalih parametara, kao i od doze flokulanta koji je neophodno primjeniti zbog osjetljivosti $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ na niske temperature.

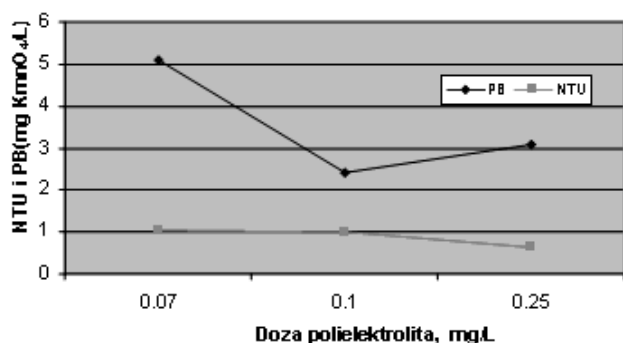
Rezultati dobijeni primjenom različitih doza flokulanta, uz konstantne vrijednosti ostalih parametara, su pokazali da se najbolja efikasnost procesa koagulacije/flokulacije postiže pri dozi od $0,1 \text{ g/m}^3$ polielektrolita.

Na slici 5 prikazan je dijagram zavisnosti NTU i PB od količine upotrebljenog polielektrolita.



Slika 4. Dijagram sadržaja POM u koagulisanjoj vodi u zavisnosti od doze koagulant

Figure 4. The content of NOM in coagulated water as a function of coagulant dose

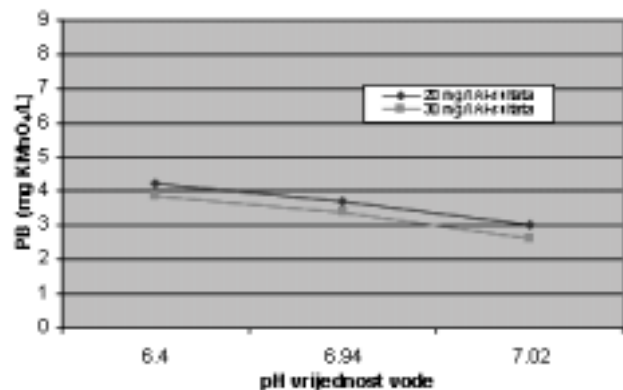


Slika 5. Dijagram zavisnosti mutnoće i sadržaja organskih materija od doze polielektrolita

Figure 5. The dependence diagram of turbidity and organic component content on the polyelectrolyte concentration

pH vrijednost vode je veoma bitan faktor u procesu koagulacije/flokulacije. Njen uticaj na uklanjanje POM iz vode, za različite doze koagulant prikazan je dijagramom na slici 6.

Prisustvo rezidualnog aluminijuma u vodi za piće, čak i pri malim koncentracijama, je veoma štetno. Na sljedećem dijagramu vidi se kako promjena pH vrije-



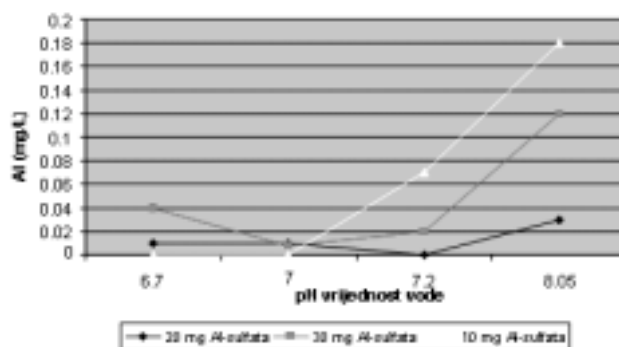
Slika 6. Dijagram uticaja pH vrijednosti vode na sadržaj POM

Figure 6. The influence of pH values on the NOM content

dnosti vode tj. korekcija pH vrijednosti, utiče na sadržaj aluminijuma. Proces je vođen sa različitim dozama koagulant, kao glavnog nosioca metala. Iz prikazanih rezultata vidi se da pH vrijednost ima veliki uticaj na dobijene rezultate. Niske vrijednosti rezidualnog aluminijuma dobijaju se na oko pH = 7, bez obzira na dozu koagulant, iz čega možemo zaključiti da je prije izvođenja procesa koagulacije/flokulacije neophodno izvršiti korekciju pH vrijednosti vode.

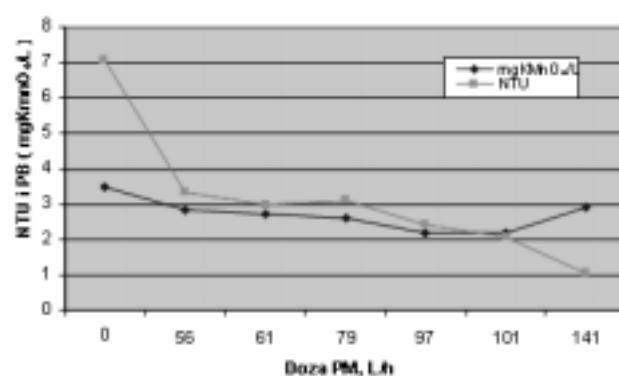
Povratni mulj, kao pomoćno sredstvo u procesu koagulacije/flokulacije, se često primjenjuje u praksi. Na dijagramu na slici 8 je prikazan uticaj PM na ovaj proces pri sljedećim uslovima: 20 g/m³ Al₂(SO₄)₃; 0.1 g/m³ PE; korekcija pH ≈ 7.

Povećanjem doze povratnog mulja stalno opada mutnoća, a do određene vrijednosti i sadržaj prirodnih organskih materija. Međutim kao optimalna doza se uzima količina od 2–3% povratnog mulja, jer bi veće doze dovele do pogoršanja ostalih parametara. Osim što pozitivno djeluje na sam proces koagulacije, jer predstavlja centre za stvaranje novih flokula [3], može bitno uticati na smanjenje doze koagulant. Na ovaj način se postiže



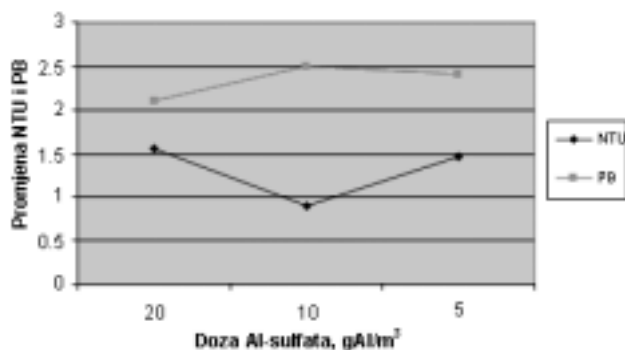
Slika 7. Dijagram uticaja pH na koncentraciju rezidualnog Al u vodi

Figure 7. The influence of pH values on the concentration of residual Al in the water



Slika 8. Dijagram uticaja količine povratnog mulja na NTU i PB

Figure 8. The dependence diagram of turbidity and organic component content on the counter-recoil sludge dose



Slika 9. Dijagram promjena NTU i PB za različite doze koagulant pri PM = 90 L/h

Figure 9. Turbidity and organic component content variation for different coagulant concentrations at CS=90 L/h

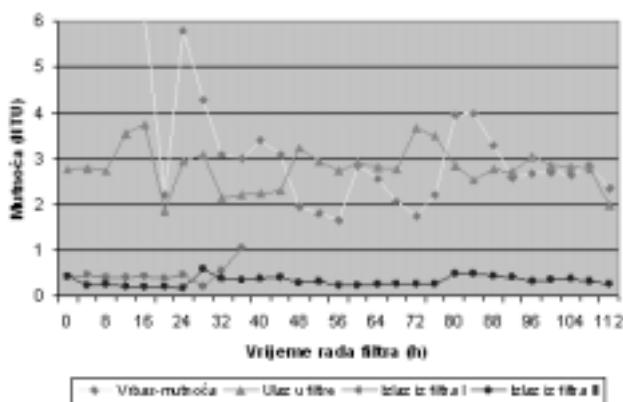
znatna ušteda hemikalija pa je i sam proces ekonomičniji.

Pri količini povratnog mulja od 90 L/h, doza koagulant se može smanjiti, a da vrijednosti NTU i PB ostanu u dozvoljenim granicama (slika 9).

Kao najbolji pokazatelj efikasnosti procesa koagulacije/flokulacije može poslužiti rad filtra. Filtar može da radi sve dok mutnoća na izlazu ima zadovoljavajuće vrijednosti, odnosno dok visina vode u piazometrima ne dostigne maksimalnu vrijednost (130 cm). Tada se zaustavlja njegov rad da ne bi došlo do tzv. "probijanja" filtra. Rad filtra osim što zavisi od zaostale mutnoće tj. od količine čestica koje se uklone koagulacijom i sedimentacijom, zavisi i od vrste filtarske ispune.

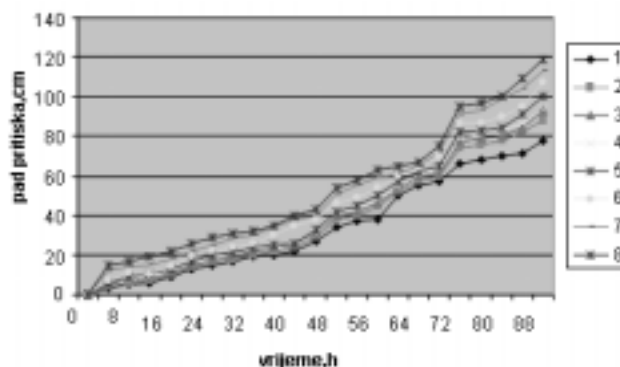
Na dijagramu na slici 10 je prikazano poređenje rada filtra I (pješčana ispuna), i filtra III (mješovita ispuna, pijesak–antracit), za iste uslove koagulacije.

Kao što se na dijagramu vidi, filtar III sa ispunom pijesak–antracit ima znatno duže vrijeme rada od pješčanog filtra čije vrijeme rada iznosi svega 30 sati. Obzirom da se pokazalo, da kombinovana ispuna efikasno



Slika 10. Dijagram poređenja rada filtra I i filtra III za iste uslove koagulacije/flokulacije

Figure 10. Comparison of the operation of filters I and III under the same coagulation/flocculation conditions



Slika 11. Dijagram filtracije za filtar III

Figure 11. Filtration diagram for filter III

ukaljanja zaostalu mutnoću duže vrijeme, mi smo tokom našeg rada proces pratili preko filtra III.

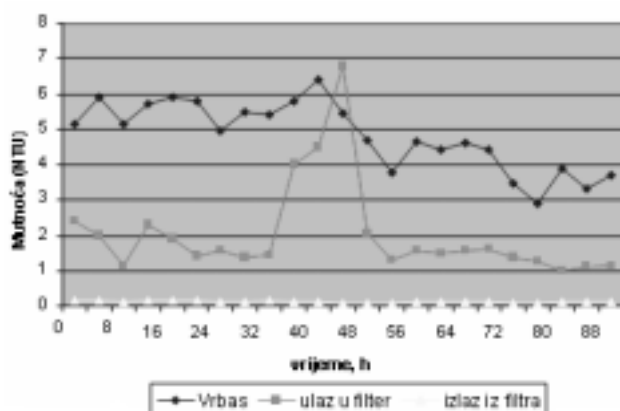
Na sljedećim dijagramima prikazan je primjer rada filtra III u vremenskom intervalu od 88 radnih sati, za sljedeće uslove koagulacije/flokulacije: 21 g/m³ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; 0,1 g/m³ PE; 94 L/h PM; pH ≈ 7.

Krive označene brojevima od 1 do 8 predstavljaju padove pritiska u piazometrima.

Pad pritiska u piazometrima je posljedica pada otpora filtarske ispune prema vodi, na šta koagulacija/flokulacija ima direktan uticaj. Prečnik čestica zaostalih nakon sedimentacije određuje vrijeme rada filtra. Na slici 12 prikazan je odnos mutnoća na ulazu i izlazu iz filtra, što predstavlja najbolji pokazatelj efikasnosti cjelokupnog procesa.

Ekstremno skok mutnoće iza taložnika može biti posljedica nakupljanja čestica u slavini za uzorkovanje. Rezultati mutnoće na izlazu iz filtra imaju zadovoljavajuće vrijednosti tokom rada filtra svih 88 časova.

Dijagrami prikazani za rad filtra su samo potvrda da su rezultati koji su dobijeni tokom rada, a dati su u naprijed navedenim dijagramima, približno isti kao i uslovi pri kojima je rad filtra bio zadovoljavajući.



Slika 12. Dijagram odnosa mutnoća nakon koagulacije/flokulacije i filtracije

Figure 12. Turbidity ratio after coagulation/flocculation and filtration

ZAKLJUČCI

1. Neminovno je izvršiti hemijski tretman sirove vode da bi ona hemijski i bakteriološki zadovoljavala standarde i norme vode za piće;

2. Kao koagulant se najbolje pokazao $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; doza koagulanta osim što raste sa porastom mutnoće vode, zavisi i od ostalih upotrebljenih hemijskih sredstava.

3. Pri niskim temperaturama dejstvo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ je smanjeno, stoga je neophodna njegova kombinacija sa polielektrolitom kao flokulantom; najbolje su se pokazale doze od 0,1 g/m³ polielektrolita.

4. Najbolje uklanjanje POM iz vode, kao i nizak sadržaj rezidualnog aluminijuma se postiže pri pH≈7, što nam govori da je na samom početku procesa neophodno izvršiti korekciju pH vrijednosti; niža pH vrijednost dovodi do potrebe naknadne alkalizacije, a viša do povećanja sadržaja rezidualnog aluminijuma.

5. Povratni mulj u količini od 2–3% u odnosu na ukupnu količinu vode pozitivno utiče na proces koagulacije/flokulacije, jer dovodi do smanjenja PB i NTU; takođe njegova primjena obezbjeđuje uštedu koagulanta; prevelika količina PM nije poželjna jer dovodi do poremećaja ostalih parametara.

6. Kombinovana filtarska ispunja pijesak–antracit ima daleko bolji učinak u odnosu na pješčanu ispunu, uz zadovoljavajuće vrijednosti mutnoće na izlazu tokom ukupnog rada.

7. Da bi proces prečišćavanja bio efikasan moraju se podesiti takvi uslovi koagulacije/flokulacije, kako bi filter imao što duže vrijeme rada. Jedan od primjera optimalnih uslova je: korekcija pH vrijednosti na pH≈7; doza koagulanta 20 mg/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; doza flokulanta 0,1 mg/L PE; doza povratnog mulja 90 L/h PM;

LITERATURA

- [1] B. Dalmacija, M. Bečelić, Šema istraživanja, Istraživačko poluindustrijsko (pilot) postrojenje za pripremu vode za piće iz površinske vode (reka Vrbas), PMF, Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad, 2003.
- [2] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni glasnik Republike Srpske, broj 40, jun 2003.
- [3] M. Maksimović, Disertacija, Tehnološki fakultet, Banja Luka, 1989.
- [4] B. Dalmacija, M. Bečelić, M. Klašnja, Izvještaj o istraživanjima, Istraživačko poluindustrijsko (pilot) postrojenje za pripremu vode za piće iz površinske vode (reka Vrbas), 2004.
- [5] APHA–AWWA–WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, 1995.

SUMMARY

COAGULATION AND FLOCCULATION IN THE PREPARATION OF DRINKING WATER IN A PILOT PLANT

(Scientific paper)

Gordana Ilišić, Milorad Maksimović, Đorđe Vojinović

Faculty of Technology, Banjaluka, Republic Srpska, Bosnia and Hercegovina

The objective of the practical part in this article was to explore the influence of different parameters on coagulation and flocculation processes, as well as the influence of this stage on other stages in water purification. Analysis of the water samples was conducted in the chemical laboratory of Banja Luka Municipal Waterworks using standard methods for analyzing drinking water.

The results are presented as diagrams that show the dependence of different parameters as a function of the residual turbidity and the content of natural organic matters in water.

The following conclusions were drawn:

1. It is necessary to conduct the chemical treatment of raw water with the aim to satisfy chemical and bacteriological standards for drinking water.
2. The best results were achieved with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ as coagulant.
3. Counter-recoil sludge in an amount of 2–3% in relation with the total quantity of water has a positive impacts on coagulation–flocculation processes.
4. For effective purification, all the conditions for coagulation–flocculation must be adjusted for the filter to have a longer useful life. One of example is: correction of the pH to pH≈7, coagulant dose 20 mg/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, flocculant dose 0.1 mg/L PE, counter-recoil sludge dose 90 L/h PM.

Key words: Coagulation • Flocculation • Drinking water • Pilot plant •

Ključne riječi: Koagulacija • Flokulacija • Voda za piće • Pilot postrojenje •