

IZBOR TEHNOLOGIJE ZA FILTRIRANJE VODE ZA IZVORIŠTE „KRUŠČICA“

THE WATER FILTRATION TECHNOLOGY SELECTION FOR WELL „KRUŠČICA“

Doc. dr. Šefkija Botonjić, prof. dr. Ilhan Bušatlić, as. Azra Halilović, dipl. ing. hemije,
Almin Oruč, dipl. ing. hemije
Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale
Zenica, BiH

Ključne riječi: voda, mutnoća, filtracija, tehnologija

REZIME

Vode koje se najčešće koriste za piće su podzemne vode. One se na površini Zemljine kore javljaju u obliku izvora različitog oblika i kapaciteta, i u većini slučajeva to su hemijski, fizički i bakteriološki prihvatljive vode i pogodne za upotrebu. U nekim slučajevima dolazi do određenog zamućenja ovih izvora, koja su posljedica obilnih padavina ili nekih ljudskih faktora. Izvorište „Kruščica“ koje je u nadležnosti J.P. Vodovod i kanalizacije d.o.o. Zenica, ima određenih problema sa pojavom zamućenja koje se zadržava dovoljno dugo da utječe na krajni kvalitet vode koja je predviđena za vodosnadbijevanje gradova Zenice i Viteza. Ovo izvorište se sastoji od tri stalno aktivna izvora, različitog kapaciteta i jednog povremeno aktivnog izvora. Problem predstavljaju dva izvora, koja su označena kao K-2 i K-3. Trenutno, na ovim izvorištima ne postoji nijedna tehnologija ili sredstvo za rješavanje ovog problema, a voda iz izvorišta ide direktno u sabirni bazen, a dalje ide do potrošača. Ovo je slučaj kada nema zamućenja, i tada mutnoća ne prelazi vrijednost od 1 NTU. U slučaju pojave zamućenja, voda se sa ovih izvorišta ne uvodi u bazene, već se pušta u obližnji potok. Cilj ovog rada je bio predložiti tehnologiju i/ili sredstvo za uklanjanje mutnoće kojom/kojim bi se na najbolji mogući način riješio ovaj problem.

Keywords: water, turbidity, filtration, coagulation, technology

SUMMARY

Water that is commonly used for drinking is groundwater, that appears on the surface of the Earth's crust as sources of different types and capacities, and in most cases that water is chemical, physical and bacteriological acceptable and suitable for use. In some cases, there is some blurring of water, that is the result of heavy rainfall or some human factors. The source "Kruščica", which is the responsibility of JP Water Supply and Sewerage Ltd. Zenica, has problems with the appearance of blurring that lingers long enough to affect the final quality of the water which is intended for water supply of cities Zenica and Vitez. This source has three constant active sources that are different capacity, and occasionally one active source. The problem are the two sources, which are designated as K-2 and K-3. At the moment there is no a single technology or a means for solving the problem of water blurring, and the water from the source goes directly to the tank, and then to the consumer. This is the case when there is no blur, and then the turbidity does not exceed 1 NTU. In the case of turbidity, the water from these sources is not introduced into the pool, but it is released into a nearby

creek. The aim of this study was to propose a technology and/or means of removing turbidity, that would be the best way to solve this problem.

1. UVOD

Prirodne vode pored osnovne komponente, sadrže u sebi rastvorene gasove, rastvorena organska i neorganska jedinjenja i čvrste suspendovane materije. Koja će količina rastvorenih i suspendovanih materija biti, zavisi od niza faktora: temperature vode, kontakta vode sa atmosferom, vrste sedimenata sa kojim je voda u kontaktu, količine oborinskih voda koje dolaze u površinske vode i količine otpadnih materijala koje čovjek svojim aktivnostima unosi u vode. Voda koja se koristi za piće i druge potrebe u domaćinstvu treba da je umjerene temperature, potpuno bistra, bez neprijatnog ukusa i mirisa, bez organskih materija i njihovih produkata raspadanja, bez otrovnih sastojaka, bez gvožđa i mangana i slabo mineralizovana i bez bakterija [4].

2. BISTRENJE VODE

Voda koja je zamućena većim ili manjim količinama suspendovanih čestica, koloidnih čestica ili bojom nekih materija nije za upotrebu u domaćinstvu i u industriji pa se zbog toga ove materije moraju ukloniti. Uklanjanje ovih materija iz vode, koje uzrokuju njenu mutnoću, predstavlja proces bistrenja koji se može obaviti na nekoliko načina [1]:

- prirodnim taloženjem (sedimentacijom),
- flokulacijom (koagulacijom) i zatim taloženjem ili flotacijom ili filtracijom,
- centrifugalnim taloženjem,
- flotacijom,
- filtracijom.

Prirodno taloženje zasniva se na izdvajanju suspendovanih čestica iz vode njihovim padanjem na dno taložnika pod dejstvom zemljine težine. Flokulacijom ili koagulacijom čestice koloidnih dimenzija se ukрупnjavaju i povećava im se specifična masa, te se na taj način olakšava i ubrzava njihovo izdvajanje taloženjem. Centrifugalni postupci izdvajanja suspendovanih čestica iz vode u osnovi su isti kao i postupci sedimentacije, s tim što je sila koja uslovljava izdvajanje čestica iz vode (centrifugalna sila) dosta veća od sile zemljine težine, pa je i sam postupak taloženja dosta brži i efikasniji. Prilikom flotacije suspendovanih čestica, uz pomoć mjehurića vazduha česticama se prividno smanjuje specifična masa, pa one isplivavaju na površinu, gdje se koncentrišu i odakle se uklanjaju obiranjem. Ako su sastojci vode po svojoj prirodi takvi, da ih taloženjem nije moguće izdvojiti, pristupa se njihovom izdvajanju „prosijavanjem“ kroz porozne medije, odnosno filtraciji.

2.1. Bistrenje vode koagulacijom ili flokulacijom

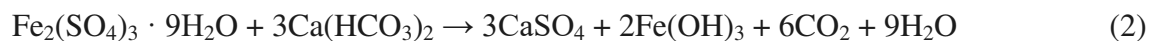
U prirodnoj vodi, čestice koje čine mutnoću najčešće su vrlo malih dimenzija ili su toliko hidratizane da im je gustina približno jednaka sa gustinom same vode. Zbog toga je njihovo izdvajanje iz vode prirodnom sedimentacijom veoma sporo ili čak nemoguće. Zbog toga se vrlo često koristi postupak flokulacije i koagulacije za stvaranje većih agregata čestica koje se zatim brže i efikasnije talože u vodi. Suspendovane i koloidne čestice u vodi su najčešće negativno naelektrisane kod pH vrijednosti 7. Ako se u vodu unese supstance sa suprotnima naelektrisanjem tada dolazi do privlačenja negativno naelektrisanih čestica i formiranja većih agregata koji se znatno brže talože. Pod pojmom koagulacija obično se podrazumijeva neutralizacija naelektrisanja elektrostatičkim privlačenjem suprotno naelektrisanih čestica što uzrokuje njihovo ukрупnjavanje i povećanje njihove gustine usljed kontrakcije. Pod pojmom flokulacija se podrazumijeva kontakt makromolekula flokulacionog sredstva sa većim brojem čestica odnosno vezivanje pojedinačnih čestica na

više suprotno naelektrisanih mjesta flokulacionog sredstva, pri čemu se javlja tzv. molekulska premošćivanje [3].

2.1.1. Sredstva za bistrenje vode koagulacijom ili flokulacijom

U prvu grupu sredstava za bistrenje ubrajaju se različita jedinjenja aluminijuma i željeza. Ovi spojevi u vodi podliježu hidrolizi pri čemu nastaju pozitivno naelektrisani hidroksidi koji imaju veoma razvijenu adsorpcionu specifičnu površinu, a zbog suprotnog naelektrisanje privlače negativno naelektrisane koloidne čestice i tako neutrališu njihov naboj.

Aluminijum sulfat je najjeftinije i najčešće korišteno sredstvo za bistrenje vode. Optimalna količina koagulantna određuje se eksperimentalno, i za aluminijum sulfat je dokazano da je dovoljna količina od $10 - 50 \text{ g/m}^3$. Ako se kao koagulaciona sredstva koriste aluminijevi ili željezni joni, tokom procesa koagulacije mogu se očekivati sljedeće reakcije [1,3]:



Druga grupa sredstava za bistrenje vode koagulacijom ili flokulacijom obuhvata polielektrolite, koji su u suštini polimeri lančaste strukture, sa bočnim lancima na čijim se krajevima javlja pozitivno ili negativno naelektrisanje koje može biti jače ili slabije izraženo. Ovi spojevi su velike molekulske mase, sa brojnim hidrofilnim grupama u molekulskom lancu, sposobnih da disociraju i da tako na više mjesta adsorbuju veći broj koloidnih čestica, što na kraju uzrokuje njihovo ukрупnjavanje, otežavanje i taloženje.

2.2. Bistrenje vode filtracijom

Ako je mutnoća vode znatna ili ako je talog koji uzrokuje mutnoću trajan ili previše sitan, samo taloženje nije dovoljno. U tom slučaju, nakon taloženja voda se uvodi u filtere. Djelovanje filtera sastoji se u tome da se polaganim prolaskom vode kroz slojeve filtera zadržavaju i najsitnije čestice suspendovanih materija. Filtracija je zapravo postupak izdvajanja čestica iz vode njihovim provođenjem preko ili kroz porozne medije [2]. Ako su čestice u vodi veće od otvora filterskih pora one ostaju na filterskoj površini. To je površinsko filtriranje preko saća ili membrane. Ako se čestice zadržavaju u unutrašnjosti porozne mase tada se govori o dubinskom filtriranju. Ako se koristi filterski sloj od poroznog zrnastog materijala kod procesa filtriranja se dešavaju različiti fizički i hemijski procesi. Dio čestica se zadržava na sloju filtera, druge čestice prodiru u sami filterski sloj gdje se zadržavaju. Prilikom filtracije poroznost filtera se smanjuje jer se u njegovim porama zadržavaju čestice iz vode, zbog čega dolazi do pada pritiska vode. Kapacitet filtracije se izražava u količini vode koja se može profiltrirati datim filterom dok se on ne „zaguši“, odnosno u jednom radnom ciklusu. Nakon zasićenja filtera dolazi do pada brzine protoka do određene vrijednosti kada se rad prekida i filter se ispire ili zamjenjuje.

3. KARAKTERISTIKE I PROBLEMATIKA IZVORIŠTA „KRUŠČICA“

Voda dobija izrazite karakteristike kraških voda zbog prisustva dolomitnih krečnjaka i površinski raspucanog riolita. To se vidi u specifičnim uslovima kretanja podzemnih voda na putu od mjesta poniranja i inflatacije do njihove pojave na vrelima, što se dešava u nepravilnom sistemu pukotina i podzemnih kanala, za koje se ne mogu pouzdano utvrditi putevi i brzina kretanja podzemne vode. Dokazano je da dolazi do razgradnje organskih materija, a sva zagađenja koja voda spere sa površine terena vrlo brzo dolazi do mjesta zahvata. Pojava ponora i privilegovanih pravaca kretanja podzemnih voda česti su i rezultati ispitivanja pokazuju da vrijeme tečenja vode od mjesta ponora do izvorišta u nekim

slučajevima iznosi i manje od jednog dana. Posebno su kritični ponori koji se nalaze u dolinama samih potoka i uz saobraćajnice, jer je mogućnost unošenja zagađenja na tim mjestima daleko veća. Do zagađenja ponora dolazi i zbog eksploatacije šume u tom području, što uslovljava postojanje šumskih traktorskih puteva, te se i na taj način se vrši zagađenje ponora ovog izvorišta. Na pojavu mutnoće u ovom izvorištu veliku ulogu igraju i atmosferske prilike kao što su obilne padavine, naglo otapanje snijega i drugo.

Izvorište „Kruščica“ obuhvata izvorišnu zonu od oko 43 km². U ovom području prisutno je 5-6 pojedinačnih izvora, od kojih su neki neaktivni, neki povremeno aktivni, a neki stalno aktivni. Tri aktivna izvorišta su glavni izvori na ovom mjestu i jedno povremeno aktivno vrelo. Od svih ovih izvorišta problem predstavljaju dva izvora, K-2 i K-3. K-3 je stalno aktivno vrelo, dok je K-2 povremeno aktivno vrelo. Prosječna zamućenja ovih izvorišta kreću se oko 40-50 NTU. Pošto se radi uglavnom o pjeskovito-glinenom talogu, mutnoća veoma brzo opadne na vrijednost od oko 10 NTU (1-2 h) dok ova preostala mutnoća, čiji je glavni uzročnik prisustvo glinenih komponenata, u vodi ostaje duži vremenski period. Maksimalan protok ovih izvorišta je K-2= 80 dm³/s; K-3= 300 dm³/s. Prilikom izbora tehnologije ili sredstva za uklanjanje ove mutnoće dodatni problem je nedostatak prostora jer se radi o kanjonu potoka.

3.1. Opis postupka analiza

Voda za analizu je donesena sa dva izvora koji su obilježeni oznakama K-2 i K-3, a oni vode porijeklo s izvorišta „Kruščica“. Količina uzete vode je po 20 dm³ s oba izvora. Zatim je izvedeno simuliranje mutnoće i praćenje njenog opadanja s vremenom u zavisnosti od količine dodatog koagulanta. Zbog ovoga, izmjerena je mutnoća uzete vode na samom početku, i imala je sljedeće vrijednosti: **K2-0,88 NTU** i **K3-0,78 NTU**. U daljem radu ova dva uzorka vode su pomiješana i posmatrana kao jedan pri čemu je uzorak imao početnu vrijednost mutnoće **K_p = 0,84 NTU**. Razlog miješanja uzoraka vode i njihovog posmatranja kao jednog je taj što se ova dva izvora i na terenu miješaju i zajedno uvode u sabirni rezervoar. Još jedan od razloga njihovog miješanja i posmatranja kao jedne cjeline je i zbog toga što bi se poslije njihovog miješanja trebala primijeniti tehnologija koja bi otklanjala njihovo zamućenje u vrijeme kada je zamućenje primjetno. Nakon miješanja uzoraka vode, određene su njene osnovne karakteristike: **pH=8,56**, **t=19,8°C**, **bez boje** i **G=208 μS/cm**. Za simuliranje mutnoće koristio se talog koji je nastao višemjesečnim taloženjem u sabirnom rezervoaru i u kaptazama iz vode izvorišta „Kruščica“.

Izvršene su dvije vježbe od po četiri serije analiza s različitim količinama taloga, različitoj količini Al₂(SO₄)₃ i s različitim oblikom taloga u jednakoj količini izvorišne vode. U prvoj seriji analiza korišten je talog u izvornom obliku, dok je u drugoj seriji analiza korišten usitnjen talog zbog postizanja većih mutnoća s manjom količinom taloga i zbog pretpostavke da se talog skamenio dugim stajanjem. Kao sredstvo za koagulaciju korišten je rastvor Al₂(SO₄)₃ koncentracije 5 g/ dm³. Analize su vršene na takozvanom „jar testu“ sa četiri čaše u kojima su otopljene jednake količine taloga, ali je izmijenjena količina dodatog Al₂(SO₄)₃. U prvoj vježbi dodavao se Al₂(SO₄)₃ u sljedećim količinama: 5, 10, 20, 30 ml. Ovaj postupak se ponavljao za svaku sljedeću seriju s tim što je u sljedećim serijama izmijenjena količina taloga, a količina Al₂(SO₄)₃ je ostajala ista.

3.1.1. Određivanje mutnoće u originalnom talogu

Za prvu vježbu dodavalo se 10, 5, 2,5 i 1 g taloga u četiri serije analiza. Postupak odvijanja jedne analize sastojao se iz sljedećih koraka:

1. na analitičkoj vagi odvaži se četiri puta po 10 g taloga
2. u četiri čaše od po 1000 cm³ dodate su iste količine taloga od po 10 g

3. čaše su dopunjene do oznake s vodom s izvorišta „Kruščica“ i vršeno je miješanje taloga i vode kako bi se čestice koloidnih dimenzija što bolje otopile u vodi

Miješanje je vršeno na sljedeći način: sve četiri čaše su miješane 5 min na 200 obrtaja/min, zatim su sve čaše miješane 5 min na 60 obrtaja/min

4. poslije miješanja vršeno je određivanje početne mutnoće za sve četiri čaše poslije očitavanja početne mutnoće, dodaje se rastvor $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ koncentracije 5 g/dm^3 u sve četiri čaše, ali u različitim količinama od 5, 10, 20, i 30 ml i zatim je vršeno ponovno miješanje

5. poslije 2 h mirovanja ponovo se određuje mutnoća u svim čašama kao i pH

6. čaše se ostavljaju da miruju 24h računajući od početka taloženja i poslije 24h vrši se ponovno određivanje mutnoće

Ovaj postupak se ponavljao još tri puta, s tim što se mijenjala količina taloga. U sljedećim analizama koristile su se količine taloga od 5, 2, 5 i 1g.

3.1.2. Određivanje mutnoće i boje u vodi s usitnjenim talogom

Nakon završene prve vježbe ustanovljeno je da je količina $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ od 5 ml vrlo mala i da se s tom količinom ne mogu postići zadovoljavajući rezultati. Zbog ovoga, druga vježba se radila s količinom $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ od 10, 20, 30 i 40 ml. Dalje je ustanovljeno da se s datim talogom ne mogu postići velike mutnoće, pa se određena količina taloga usitnila tako da bi se bolje otopio u vodi i dobile veće mutnoće s manjom količinom taloga. Za drugu vježbu dodavalo se 1, 0,5, 0,25 i 0,1 g taloga u četiri serije analiza. Na izvorištu „Kruščica“ problem predstavlja ovaj sitni talog (koji je simuliran). Ovaj talog ostaje dovoljno dugo da utječe na krajnji kavalitet vode. Talog koji se koristio za prvu vježbu se relativno brzo istaloži jer se radi o pjeskovito – praškastom granulatu. U ovoj vježbi se vršilo određivanje boje sa ciljem da se dobije više podataka o stepenu замуćenja te o njegovom procesu bistrenja. Postupak ove vježbe je gotovo isti kao i postupak prve vježbe, s tim da se određivala boja odmah poslije stvaranja замуćenja, zatim poslije 2 sata i nakon 24h.

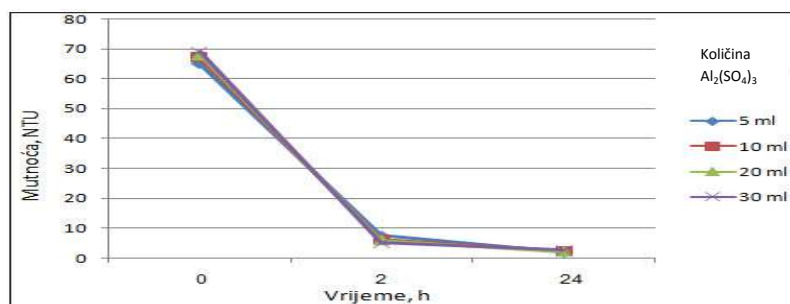
3.2. Rezultati urađenih analiza

3.2.1. Rezultati analiza mutnoće s originalnim talogom

Dobijeni rezultati analiza za prvu vježbu dati su u sljedećim tabelama.

Tabela 1. Rezultati analiza za količinu taloga od 10 g

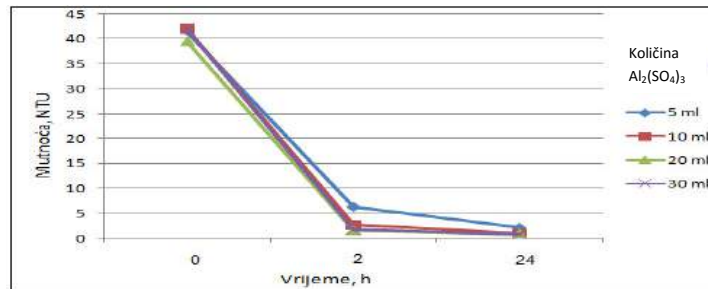
Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Količina $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ml)	Poslije 2 h		Poslije 24 h
				pH _x	Mutnoća (NTU)	Mutnoća (NTU)
I	65,8	8,56	5	8,31	7,50	2,08
II	67,6	8,56	10	8,04	6,16	2,34
III	68,2	8,56	20	7,75	5,96	2,16
IV	69,9	8,56	30	7,57	5,08	2,68



Slika 1. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ za 10 g taloga

Tabela 2. Rezultati analiza za količinu taloga od 5 g

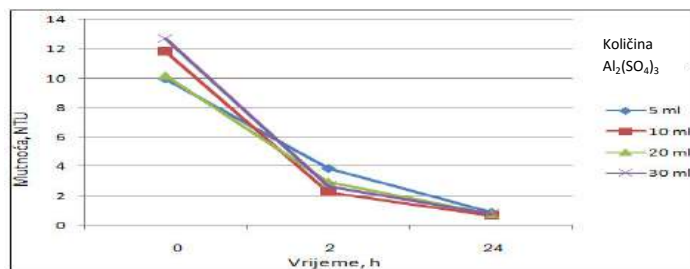
Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Količina Al ₂ (SO ₄) ₃ (ml)	Poslije 2 h		Poslije 24 h
				pH _x	Mutnoća (NTU)	Mutnoća (NTU)
I	41,5	8,56	5	8,20	6,31	2,12
II	42,0	8,56	10	8,03	2,72	0,96
III	39,6	8,56	20	7,76	1,53	0,84
IV	42,1	8,56	30	7,55	1,74	0,74



Slika 2. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine Al₂(SO₄)₃ za 5 g taloga

Tabela 3. Rezultati analiza za količinu taloga od 2,5 g

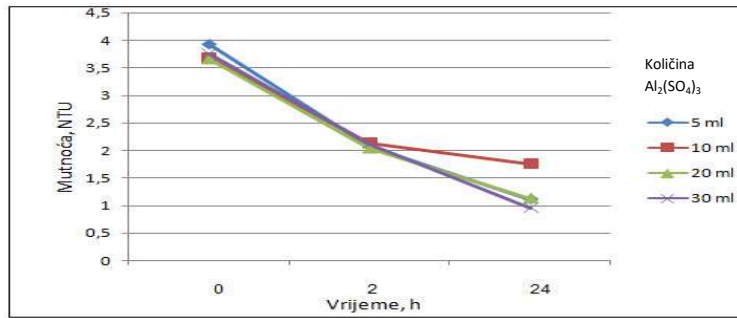
Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Količina Al ₂ (SO ₄) ₃ (ml)	Poslije 2 h		Poslije 24 h
				pH _x	Mutnoća (NTU)	Mutnoća (NTU)
I	9,95	8,56	5	8,30	3,88	1,09
II	11,8	8,56	10	8,03	2,24	0,68
III	10,2	8,56	20	7,78	2,96	0,77
IV	12,7	8,56	30	7,59	2,69	0,80



Slika 3. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine Al₂(SO₄)₃ za 2,5 g taloga

Tabela 4. Rezultati analiza za količinu taloga od 1 g

Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Količina Al ₂ (SO ₄) ₃ (ml)	Poslije 2 h		Poslije 24 h
				pH _x	Mutnoća (NTU)	Mutnoća (NTU)
I	3,92	8,56	5	8,21	2,08	1,11
II	3,68	8,56	10	8,11	2,14	1,76
III	3,66	8,56	20	7,74	2,04	1,13
IV	3,75	8,56	30	7,85	2,12	0,97



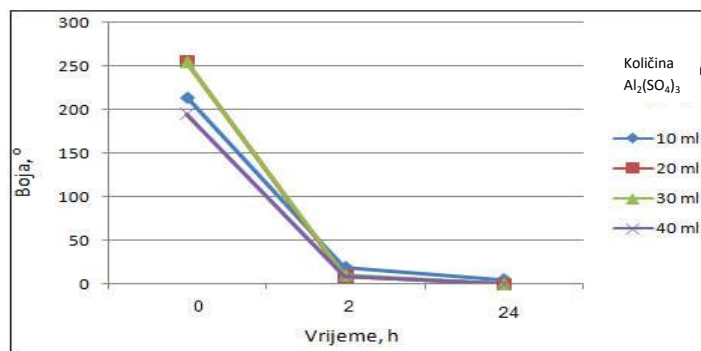
Slika 4. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 1 g taloga

3.2.2. Rezultati analiza mutnoće i boje s usitnjenim talogom

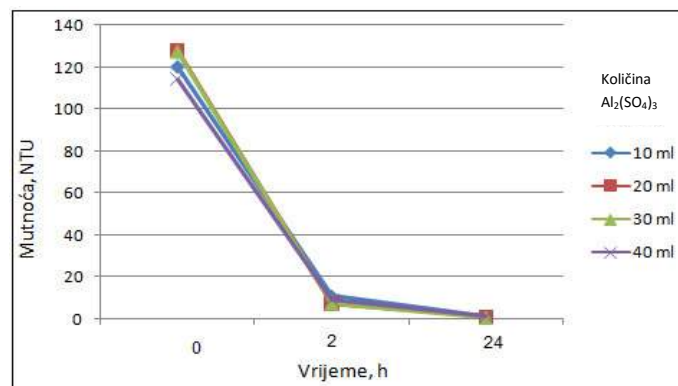
Dobijeni rezultati analiza za drugu vježbu prikazani su u sljedećim tabelama uz dodatak dijagrama zavisnosti mutnoće od vremena i količine dodatog $Al_2(SO_4)_3$, i dijagrama zavisnosti promjene boje od vremena i količine $Al_2(SO_4)_3$.

Tabela 5. Rezultati analiza za količinu usitnjenog taloga od 1 g

Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Boja (°)	Količina $Al_2(SO_4)_3$ (ml)	Poslije 2 h			Poslije 24 h	
					pH _x	Mutnoća (NTU)	Boja (°)	Mutnoća (NTU)	Boja (°)
I	120	8,56	214	10	8,05	10,9	19	1,35	5
II	128	8,56	255	20	7,78	7,31	9	1,16	0
III	127	8,56	255	30	7,56	7,35	10	0,62	0
IV	114	8,56	195	40	7,37	8,97	8	1,22	0



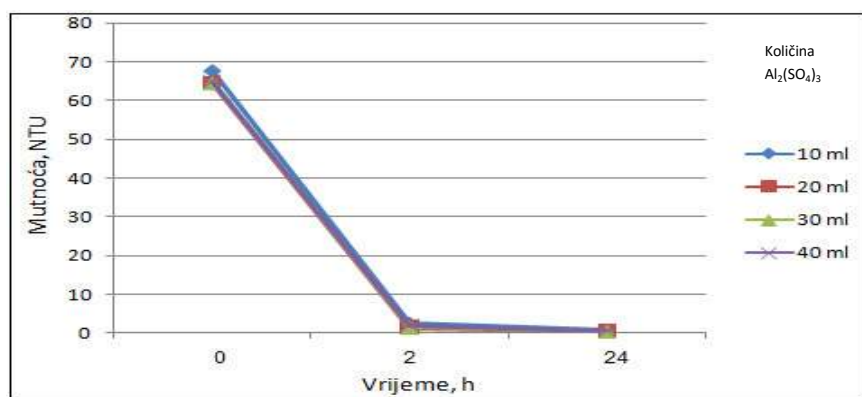
Slika 5. Promjena boje u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 1 g taloga



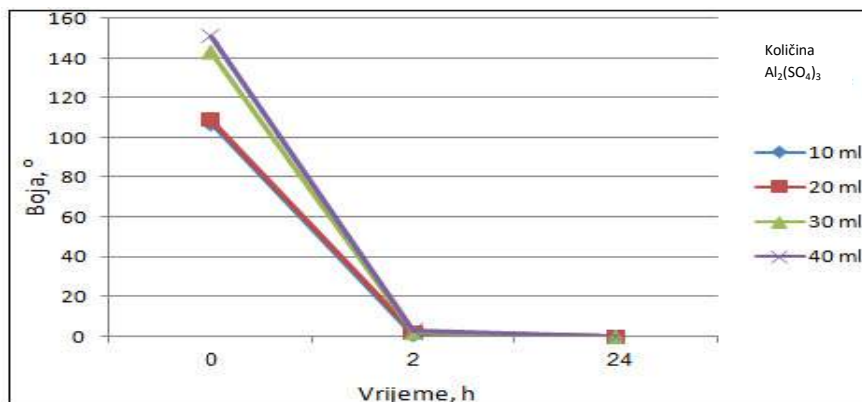
Slika 6. Promjena mutnoće od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 1 g taloga

Tabela 6. Rezultati analiza za količinu usitnjenog taloga od 0,5 g

Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Boja (°)	Količina Al ₂ (SO ₄) ₃ (ml)	Poslije 2 h			Poslije 24 h	
					pH _x	Mutnoća (NTU)	Boja (°)	Mutnoća (NTU)	Boja (°)
I	67,5	8,56	107	10	8,15	2,44	1	0,68	0
II	64,4	8,56	109	20	7,94	1,43	2	0,55	0
III	64,6	8,56	143	30	7,70	1,53	2	0,49	0
IV	64,7	8,56	151	40	7,53	1,97	3	0,51	0



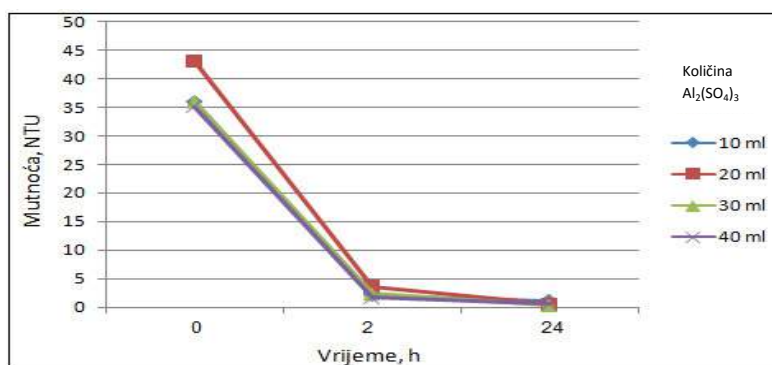
Slika 7. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine Al₂(SO₄)₃ za 0,5 g taloga



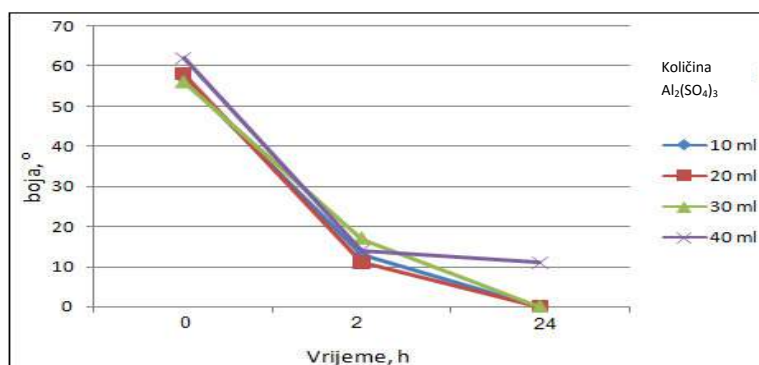
Slika 8. Promjena boje u zavisnosti od vremena i od količine Al₂(SO₄)₃ za 0,5 g taloga

Tabela 7. Rezultati analiza za količinu usitnjenog taloga od 0,25 g

Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Boja (°)	Količina Al ₂ (SO ₄) ₃ (ml)	Poslije 2 h			Poslije 24 h	
					pH _x	Mutnoća (NTU)	Boja (°)	Mutnoća (NTU)	Boja (°)
I	36,0	8,56	57	10	8,16	2,04	13	1,08	0
II	43,1	8,56	58	20	8,04	3,51	11	0,47	0
III	36,2	8,56	56	30	7,88	2,39	17	0,28	0
IV	34,9	8,56	62	40	7,80	1,64	14	0,55	11



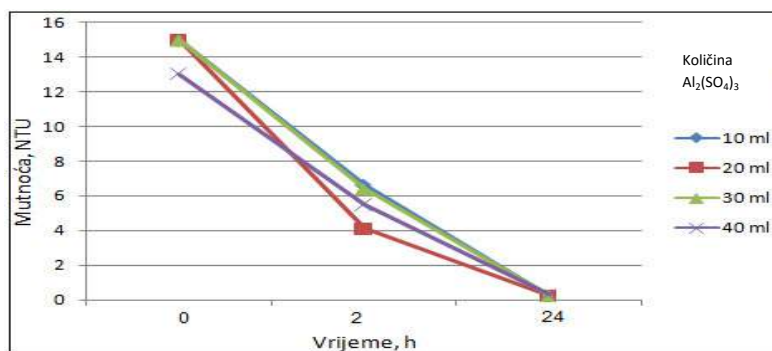
Slika 9. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 0,25 g taloga



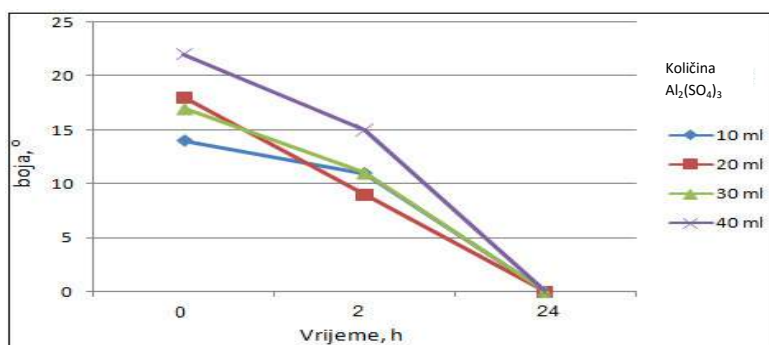
Slika 10. Promjena boje u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 0,25 g taloga

Tabela 8. Rezultati analiza za količinu usitnjenog taloga od 0,1 g

Redni broj čaše	Mutnoća (NTU)	pH ₀	Boja (°)	Količina $Al_2(SO_4)_3$ (ml)	Poslije 2 h			Poslije 24 h	
					pH _x	Mutnoća (NTU)	Boja (°)	Mutnoća (NTU)	Boja (°)
I	15,1	8,56	14	10	7,94	6,65	11	0,25	0
II	15,0	8,56	18	20	7,69	4,12	9	0,24	0
III	15,1	8,56	17	30	7,46	6,37	11	0,23	0
IV	12,8	8,56	22	40	7,30	5,48	15	0,30	0



Slika 11. Promjena mutnoće u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 0,1 g taloga



Slika 12. Promjena boje u zavisnosti od vremena i od količine $Al_2(SO_4)_3$ za 0,1 g taloga

3.3. Diskusija rezultata

Na osnovu urađenih analiza može se reći da se sa aluminijum sulfatom ne mogu u potpunosti ispuniti željeni rezultati u pogledu obaranja mutnoće za vodu s izvorišta „Kruščica“.

Iz prve serije urađenih analiza može se zaključiti da je količina $Al_2(SO_4)_3$ od 5 ml, koncentracije 5 g/l, u svim slučajevima nedovoljna, pa se zbog toga u drugoj seriji analiza radilo s većom količinom Al-sulfata. Kod vrlo visokih zamućenja ne mogu se postići zadovoljavajući rezultati bez obzira na količinu dodatog $Al_2(SO_4)_3$, dok kod nižih vrijednosti zamućenja zadovoljavajući rezultati se mogu postići sa nešto većim količinama aluminijum sulfata (10, 20, 30 ml). Na osnovu ovoga dalo bi se zaključiti da se s povećanjem količine dodatog Al-sulfata povećava efekat bistrenja vode. Međutim, to nije slučajnost jer se s povećanjem Al-sulfata postižu traženi rezultati do određene vrijednosti (kritična vrijednost), a daljim povećanjem bistrenje se ne poboljšava, već dolazi do pojave bijelih pahuljica.

U drugoj seriji analiza, osim određivanja i praćenja zamućenja, pratila se i promjena boje u simuliranim uzorcima. I u ovoj seriji analiza se dokazalo da je kod visokih vrijednosti zamućenja mala količina Al-sulfata neučinkovita (vidi se na osnovu mjerenja boje i zamućenja nakon 24h), dok se s povećanjem količine Al-sulfata donekle smanjuje zamućenje, a boja se u većini slučajeva u potpunosti uklanja. Kod nižih vrijednosti mutnoće i kod manjih količina dodatog Al-sulfata obojenost vode se u potpunosti uklanja, dok je kod primjene većih količina Al-sulfata prisutna bijela boja koja nastaje kao posljedica pojave ovog sulfata u višku.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu laboratorijskih analiza koje s urađene i rezultata simuliranja mutnoće može se zaključiti da je aluminijum sulfat, kao koagulant, pogodan za manja zamućenja (max 50 NTU), dok kod većih zamućenja ne pokazuje zadovoljavajuće rezultate.

Kao moguće tehnološko rješenje bez koagulanta, predlaže se moderna tehnologija mikrofiltracije pomoću membrana koja se u svijetu pokazala vrlo uspješnom u bistrenju prirodnih voda. Izgradnja ovog postrojenja zahtijeva izgradnju objekta na 3 sprata dimenzija 10x15m. Na dva sprata bi bila smještena postrojenja sa membranama, dok bi na trećem spratu bilo uređenje za hemikalije i čišćenje membrana. Predloženi tip membrane je novi i potpuno automatizovani AMAYA S tip koji se odlikuje visokom učinkovitošću uklanjanja zamućenja, mikroorganizama i virusa te mogućnostima uklanjanja dodatne opreme.

5. LITERATURA

- [1] Popović, Z.: Hemija i tehnologija vode, Banja Luka, 2001.,
- [2] Đuković J., Đukić B., Lazić D., Marsenić M.: Tehnologija vode, Beograd, 2000.,
- [3] Gaćeša S., Klačnja M.: Tehnologija vode i otpadnih voda, Beograd, 1994.,
- [4] Rukavina V., Damjanovic D.: Tehnologija vode i tehnologija napojne vode, Beograd, 1984.