

## بررسی کارایی سولفات آلومینیوم، کلرور فریک، پلی آلومینیوم کلراید، پلیمر و آهک در تصفیه پساب سنگبری

محمد فهیمی نیا<sup>۱</sup>

محسن انصاری<sup>۲</sup>

شهرام نظری<sup>۳</sup>

غریب مجیدی<sup>۴\*</sup>

[gharibmajidi@gmail.com](mailto:gharibmajidi@gmail.com)

زهرا احمدی<sup>۵</sup>

وحیده فهیمی نیا<sup>۶</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۴

### چکیده

**زمینه و هدف:** در کارخانه‌های سنگبری مقادیر زیادی آب مصرف می‌شود و استفاده مجدد از آب در فرآیند امری ضروریست. این مطالعه با هدف بررسی کارایی سولفات آلومینیوم، کلرور فریک، پلی آلومینیوم کلراید، پلیمر و آهک در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات از پساب صنعت سنگبری انجام شد.

**روش بررسی:** این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از دستگاه جارتست صورت پذیرفت. آزمایشات بر اساس غلظت‌های متغیر منعقدکننده (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) انجام گردید. مراحل اختلاط سریع، اختلاط آرام و سکون انجام شد و عواملی از قبیل کدورت، کل جامدات معلق، کل جامدات، pH و هدایت الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** کارایی منعقدکننده‌ها در حذف کدورت تقریباً یکسان بود. بالاترین میزان حذف کدورت مربوط به آهک (۹۹/۸٪) و پایین‌ترین میزان حذف مربوط به سولفات آلومینیوم (۸۶/۴٪) بود. آهک و پلی آلومینیوم کلراید راندمان بالایی در حذف کل جامدات معلق داشتند.

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی خلخال، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران.

۴- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران \* (مسئول مکاتبات).

۵- کارشناس مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

۶- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

بیشترین میزان حذف کل جامدات معلق مربوط به آهک (۹۹/۱٪) و کمترین میزان حذف مربوط به کلرور فریک (۵۷/۳٪) بود. راندمان آلوم و پلیمر در حذف کل جامدات بالاتر از سایر منعقدکننده‌ها بود. بیشترین میزان حذف کل جامدات مربوط به آلوم (۸۲/۵٪) و پایین‌ترین میزان حذف مربوط به پلی‌آلومینیوم کلراید (۷۰٪) برآورد گردید.

**بحث و نتیجه‌گیری:** استفاده از مواد منعقدکننده می‌تواند موجب افزایش راندمان تصفیه و تسریع در بازگشت آب به چرخه گردد. آلوم و آهک در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات کارایی بالایی دارند و برای تصفیه پساب سنگ‌بری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

**واژه‌های کلیدی:** پساب، سنگ‌بری، آهک، سولفات آلومینیوم، کلرور فریک

## **Efficiency of aluminum sulfate, ferric chloride, poly aluminum chloride, polymer and lime in marble processing effluent treatment**

**Mohammad Fahiminia<sup>1</sup>**

**Mohsen Ansari<sup>2</sup>**

**Shahram Nazari<sup>3</sup>**

**Gharib Majidi<sup>4\*</sup>**

[gharibmajidi@gmail.com](mailto:gharibmajidi@gmail.com)

**Zahra Ahmadi<sup>5</sup>**

**Vahideh Fahiminia<sup>6</sup>**

### **Abstract**

**Background and Objective:** Because of high consumption on water in marble processing, issue of water reuse in the process, is essential. Therefore this study was conducted with purpose of survey efficiency of aluminum sulfate, ferric chloride, poly aluminum chloride, polymer and lime in removal of turbidity, total suspended solids and total solids of marble processing wastewater.

**Method:** This study was performed on laboratory scale and using the jar test. The experiments was done based on various doses of coagulant (25, 50, 75, 100, 200 and 500 mg/l). Steps of rapid mixing, slow mixing and stable was done, and the factors such as turbidity, total suspended solids, total solids, pH, and electrical conductivity (EC) were investigated.

**Findings:** Coagulants efficiency in the turbidity removal was approximately identical. The maximum rates of removal of the turbidity related to lime (99.8%) and a minimum rate of removal was related to aluminum sulfate (86.4%). Poly aluminum chloride and lime were high efficiency in the removal of the total suspended solids. The maximum rates of removal of the total suspended solids related to lime

---

1- M.Sc in Environmental Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

2- M.Sc in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

3- M.Sc in Environmental Health Engineering, School of Khalkhal Medical, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran.

4- M.Sc in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.\* (*Corresponding Author*)

5- BSc in Health Environmental Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

6- M.Sc in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

(99.1%) and the minimum rate of removal was related to ferric chloride (57.3%). Alum and polymer efficiency in removal of the total solids was higher than other coagulants. The maximum rates of removal of total solids related to alum (82.5%) and the minimum rate of removal was related to polyaluminum chloride (70%).

**Discussion and Conclusions:** Use of coagulants can increase the treatment efficiency and accelerates return the water to cycle. Alum and lime have high performance in removal of turbidity, total suspended solids, and total solids and can be used for marble processing wastewater treatment.

**Key words:** Effluent, Marble Processing, Alum, Aluminum Sulfate, Ferric Chloride.

#### مقدمه

فرآوری سنگ گردد و همچنین ممکن است منجر به گرفتگی لوله‌ها شود (۳). حداکثر کدورت باقیمانده آب پاک باید کمتر از ۱۵ NTU باشد (۶). در صورت استفاده از آب با کیفیت پایین در مراحل پایانی و پرداخت، محصولی با کیفیت پایین به دست می‌آید زیرا مواد جامد معلق در آب باعث خراش بر روی سطح محصول می‌شوند (۲).

در کارگاه‌های کوچک برای تصفیه و استفاده مجدد از پساب، از حوضچه ته‌نشینی استفاده می‌شود در حالی که در کارگاه‌های بزرگ به طور معمول از روش‌های فیزیکوشیمیایی استفاده می‌گردد (۷). انعقاد و لخته‌سازی جزء فرآیندهای فیزیکوشیمیایی می‌باشند که به طور گسترده‌ای در تصفیه فاضلاب استفاده شده‌اند. دو هدف اصلی فرایندهای انعقاد و لخته‌سازی، ته نشین نمودن سریع ذرات کلوئیدی محلول که بسیار آهسته ته نشین می‌شوند یا در شرایط معمولی ته نشین نمی‌شوند و منجر به کدورت باقیمانده می‌گردند و دیگری حذف کدورت باقیمانده از آب یا فاضلاب و به دست آوردن آب یا فاضلاب شفاف‌تر می‌باشد (۳). در حال حاضر برای انجام فرایند انعقاد، از مواد گوناگونی بهره می‌گیرند. این مواد به دو دسته منعقد کننده و کمک منعقد کننده تقسیم می‌شوند. مواد کمک منعقد کننده موادی هستند که جهت بالا بردن چگالی ذرات به هم چسبیده و تسريع در فرایند ته‌نشینی، استفاده می‌شوند. از مواد منعقدکننده می‌توان به سولفات آلومینیوم (آلوم)، کلرور فریک، سولفات فریک، سولفات فرو و پلی آلومینیوم کلراید (پک) اشاره نمود. از مواد کمک منعقدکننده می‌توان بنتونیت،

ایران با دارا بودن معادن گسترده سنگ‌های نما و تزئینی شاهد استقرار کارخانجات سنگ‌بری فراوانی در استان‌ها و شهرهای مختلف است. در کشور ایران ۴۹۲۵ واحد صنعتی کوچک و بزرگ در زمینه بریدن، شکل دادن و تکمیل سنگ فعالیت می‌نمایند. در سطح استان قم ۱۸۶ واحد سنگ‌بری فعال وجود دارد که تماماً در اطراف شهر قم (حداکثر تا شعاع ۱۵ کیلومتری) قرار دارند (۱).

در کارخانه‌های سنگ‌بری در طی برش، شستشو، پاک‌سازی و صیقل‌کاری مقادیر زیادی آب مصرف می‌شود. در یک کارخانه سنگ‌بری با اندازه متوسط، روزانه ۵۰-۱۵۰ متر مکعب آب کاربرد دارد. پس از انجام این عملیات، پسابی حاوی ۲ تا ۱۰ درصد وزنی پودر سنگ، تولید می‌شود. بر اساس آخرین سرشماری صنعتی که در سال ۱۳۹۲ توسط اداره صنعت، معدن و تجارت استان قم انجام شده است، حجم آب مصرفی سالیانه در کارخانه‌های سنگ‌بری بالغ بر ۴۰۰۰۰۰۰ متر مکعب می‌باشد. (۲، ۳).

یکی از راهکارها برای کاهش مصرف آب و حفظ ذخایر آبی به ویژه در مناطقی که با مشکل کم آبی مواجه‌اند، استفاده مجدد از پساب در فرایند می‌باشد (۴). استان قم با مشکلاتی از قبیل کم آبی و جیره‌بندی آب در فصول گرم و کیفیت پایین منابع آب مواجه می‌باشد (۵). این امر لزوم استفاده مجدد از آب را در صنعت ضروری ساخته است.

اگر کدورت آبی که به طور مجدد مورد استفاده قرار می‌گیرد، بالاتر از مقادیر قابل قبول باشد، ممکن است پودرهای سنگ موجود در آب باعث ایجاد مشکلاتی در صیقل‌کاری در هنگام

ابتدا مشخصات اولیه پساب از جمله کدورت، کل جامدات معلق، کل جامدات، pH و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین نوع و مقدار غلظت بهینه ماده منعقد کننده، از آزمایش جار استفاده گردید (۱۱). انواع مواد منعقد کننده مصرفی شامل سولفات آلومینیوم، کلور فریک، پلی آلومینیوم کلراید، پلیمر و آهک بود. مواد منعقد کننده مصرفی در این تحقیق، از شرکت مرک آلمان خریداری شد. میزان غلظت منعقد کننده مصرفی به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود. پس از افزودن مواد منعقد کننده مراحل اختلاط سریع (۱۰۰ دور در دقیقه به مدت یک دقیقه)، اختلاط آرام (۴۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) و سکون (۳۰ دقیقه) انجام شد. برای هریک از غلظت‌های مصرفی، پارامترهای کدورت، کل جامدات معلق، کل جامدات، pH و EC بر اساس دستورالعمل‌های موجود در کتاب آزمایش‌های استاندارد آب و فاضلاب، اندازه‌گیری گردید (۱۱).

نمودارهای مربوط به کارایی هر یک از منعقد کننده‌های ذکر شده در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات با استفاده از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ ترسیم گردید. برای اندازه‌گیری کدورت، EC و pH به ترتیب دستگاه کدورت سنج (مدل AQVALITIC)، EC متر (مدل CANT20) و pH متر (مدل R.T.CO) به کار گرفته شد.

### نتایج

در این تحقیق کارایی سولفات آلومینیوم، کلور فریک، پلی آلومینیوم کلراید، آهک و پلیمر در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات بررسی شد. هم چنین تاثیر این مواد بر هدایت الکتریکی و pH نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخصات اولیه‌ی پساب کارخانه سنگ‌بری در جدول ۱ آمده است.

در شکل ۱ نتایج مربوط به تاثیر مواد منعقد کننده مختلف بر کاهش کدورت از پساب ارایه شده است. بالاترین میزان حذف کدورت مربوط به آهک با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر است که ۹۹/۸ درصد می‌باشد. پایین‌ترین میزان حذف نیز مربوط به سولفات آلومینیوم با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر است که ۸۶/۴

پلی الکترولیت‌ها، آلومینات سدیم و سیلیکات سدیم را نام برد (۸، ۹).

مطالعاتی در زمینه بررسی کارایی منعقد کننده‌ها در تصفیه پساب سنگ‌بری انجام شده است. در مطالعه‌ای که توسط ارسلان و همکاران در سال ۲۰۰۵ صورت گرفت، کارایی آلومینیوم سولفات و کلور فریک در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات پساب صنعت سنگ‌بری بررسی شد (۱۰). در مطالعه دیگری که توسط Ersoy و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام شد، کارایی کلرید فریک، آلومینیوم کلراید و سولفات آلومینیوم در حذف کدورت از پساب صنعت سنگ‌بری بررسی گردید (۳).

در مطالعه‌ای دیگر که توسط Solak و همکاران در سال ۲۰۰۹ با عنوان بررسی حذف کدورت و مواد معلق از فاضلاب صنایع سنگ‌بری توسط فرایند انعقاد الکتریکی انجام شد، لزوم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین در جهت بهبود کیفیت پساب سنگ‌بری در هنگام استفاده مجدد از آن در فرآیند و نیز کاهش زمان حذف کدورت و ذرات معلق مورد تاکید قرار گرفت (۷). با توجه به این که تاکنون هیچ مطالعه‌ای در ایران در این زمینه انجام نشده است، این مطالعه با هدف بررسی کارایی منعقد کننده‌های سولفات آلومینیوم، کلور فریک، پلی آلومینیوم کلراید، آهک و پلیمر در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات از پساب صنایع سنگ‌بری انجام گردید.

### روش بررسی

این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی در تابستان سال ۱۳۹۳ انجام شد. پساب مورد استفاده در این مطالعه، از کارخانه سنگ‌بری پاکیران تهیه شد. کارخانه سنگ‌بری مورد مطالعه با مساحتی ۲ هکتاری در مجتمع شهر سنگ استان قم قرار دارد. وزن تولیدات ماهانه این واحد به طور میانگین ۸۰۰ تن بوده و برای تولید نهایی این میزان محصول ۱۶۰۰۰ متر مکعب آب مصرف می‌شود. تعداد نمونه‌های مورد مطالعه ۳۰ نمونه با حجم یک لیتر بود. پساب مورد استفاده از خروجی نهایی کارخانه سنگ‌بری برداشت گردید.

در حذف کل جامدات معلق و کل جامدات برابر ۲۵، ۱۰۰، ۱۰۰، ۵۰۰ میلی گرم در لیتر است.

در جداول ۲ و ۳ مقادیر pH و EC قبل و بعد از انجام آزمایش جارتست آمده است. مقادیر pH پساب سنگ‌بری برابر ۷/۲ و EC برابر ۱۲/۵ میکروموهس در سانتی متر است. پس از انجام آزمایش جارتست بیشترین و کمترین میزان pH به ترتیب برابر ۹/۱۷ و ۶/۴۱ بود که مربوط به آهک و کلرید فریک می‌باشد. هم چنین بیشترین و کمترین هدایت الکتریکی به ترتیب برابر ۱۲/۱۴ و ۲/۵۴ میکروموهس در سانتی متر است که مربوط به آهک و کلرید فریک می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات فاضلاب خام سنگ‌بری

Table 1. Characteristics of Raw Stone Cutting wastewater

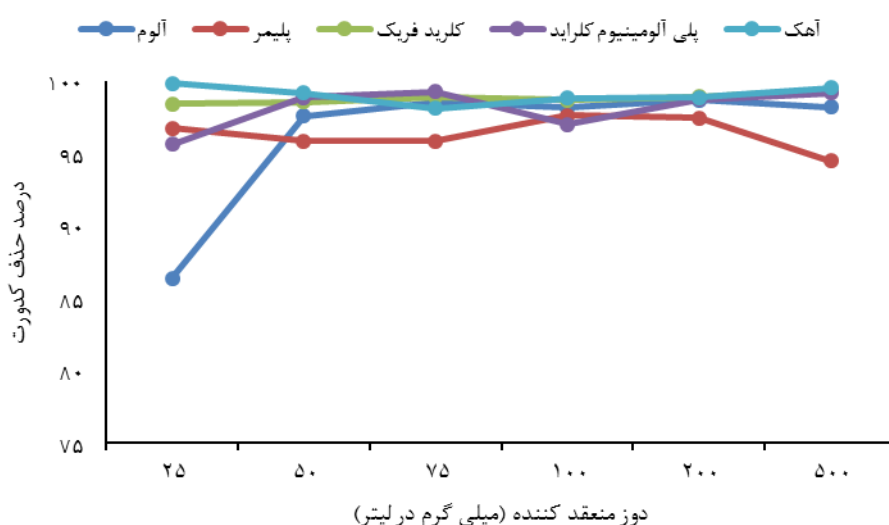
| مقدار | پارامتر                                     |
|-------|---------------------------------------------|
| ۷/۲   | pH                                          |
| ۱۲/۵  | هدایت الکتریکی<br>( میکروموهس در سانتی متر) |
| ۳۹۰   | کدورت (NTU)                                 |
| ۹۶۰۰  | TS (mg/lit)                                 |
| ۲۱۰۰  | TSS (mg/lit)                                |
| ۷۵۰۰  | TDS (mg/lit)                                |

درصد می‌باشد. به جز آلوم، در بقیه موارد درصد حذف کدورت بالای ۹۵ درصد می‌باشد.

در شکل ۲، درصد حذف کل جامدات معلق در غلظت‌های مختلف مواد منعقد کننده آمده است. بیشترین راندمان حذف را آهک در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر با میزان ۹۹/۱ درصد داراست. کمترین میزان حذف نیز مربوط به کلرور فریک با غلظت ۷۵ میلی گرم در لیتر است که برابر ۵۷/۳ درصد می‌باشد. به جز کلرور فریک، در بقیه موارد درصد حذف کل جامدات معلق بالاتر از ۷۷/۵ درصد می‌باشد.

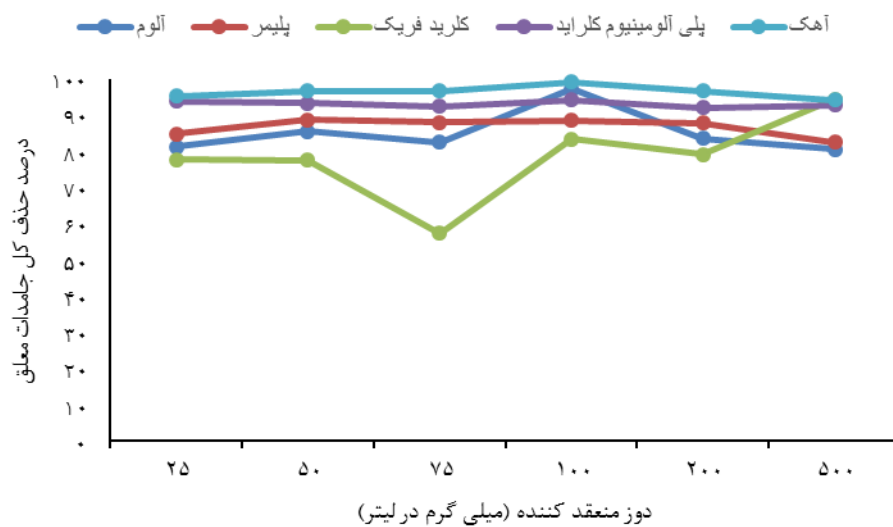
در شکل ۳ درصد حذف کل جامدات آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌کنید بیشترین درصد حذف کل جامدات مربوط به آلوم با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر است که ۸۲/۵ درصد می‌باشد. البته پلیمر با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر راندمان ۸۱/۷ درصد در حذف کل جامدات دارد. پایین ترین میزان حذف مربوط به پلی آلومینیوم کلراید است که در تمامی غلظت‌ها دارای حذف حدودا ۷۰ درصد می‌باشد.

مقدار غلظت بهینه مواد منعقد کننده در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات در شکل ۴ آمده است. مقادیر بهینه آهک، پک، پلیمر، آلوم و کلرید فریک در حذف کدورت به ترتیب برابر ۲۵، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر است. هم چنین مقادیر بهینه پلیمر، آلوم، آهک، پک و کلرید فریک



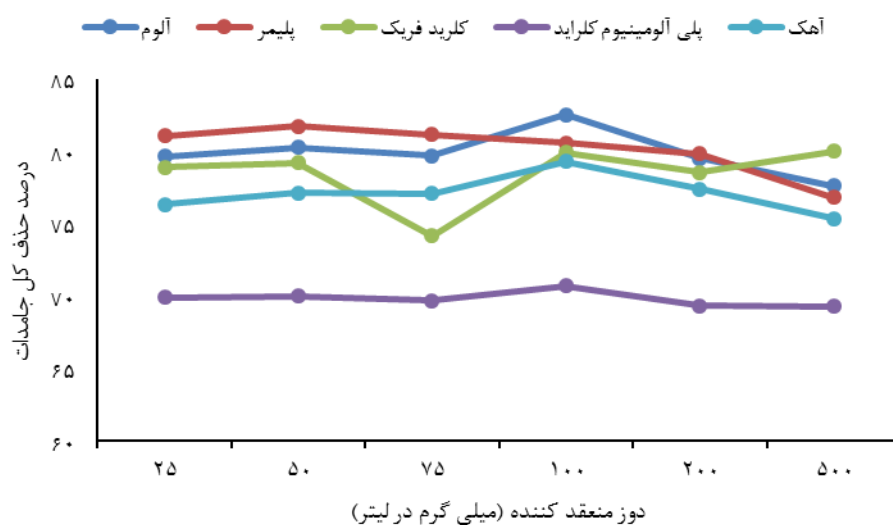
شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف مواد منعقد کننده در کاهش کدورت

Figure 1. The effect of different concentrations of coagulant material in reducing turbidity



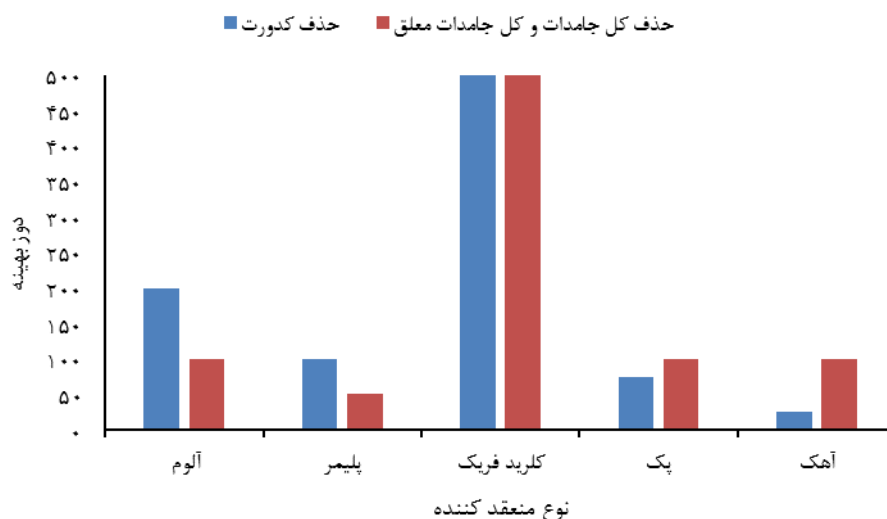
شکل ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف مواد منعقدکننده در کاهش کل جامدات معلق

Figure 2. The effect of different concentrations of coagulant material to reduce total suspended solids



شکل ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف مواد منعقدکننده در کاهش کل جامدات از پساب

Figure 3. The effect of different concentrations of of coagulant material in reducing the solids from wastewater



شکل ۴- مقدار غلظت بهینه مواد منعقدکننده در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات از پساب

Figure 4. The optimum concentration of coagulants in the removal of turbidity, total suspended solids and total dissolved solids from wastewater.

جدول ۲- تاثیر مواد منعقدکننده بر میزان pH

Table 2- Effect of coagulants on the pH

| میزان pH پساب بعد از آزمایش جار تست |      |            |       |      | میزان pH پساب قبل از آزمایش جار تست | غلظت منعقدکننده (میلی گرم در لیتر) |
|-------------------------------------|------|------------|-------|------|-------------------------------------|------------------------------------|
| آهک                                 | پک   | کلرید فریک | پلیمر | آلوم |                                     |                                    |
| ۷/۸                                 | ۷/۲۹ | ۷/۴        | ۷/۶   | ۷/۵  | ۷/۲                                 | ۲۵                                 |
| ۸/۰                                 | ۷/۶۷ | ۷/۲        | ۷/۶   | ۷/۵  |                                     | ۵۰                                 |
| ۸/۰                                 | ۷/۷  | ۷/۱        | ۷/۶   | ۷/۴  |                                     | ۷۵                                 |
| ۸/۰                                 | ۷۱/۷ | ۷/۰        | ۷/۶   | ۷/۳  |                                     | ۱۰۰                                |
| ۸/۲                                 | ۷/۵۸ | ۶/۹        | ۷/۶   | ۷/۲  |                                     | ۲۰۰                                |
| ۹/۱                                 | ۷/۳۵ | ۶/۴        | ۷/۶   | ۷/۰  |                                     | ۵۰۰                                |

جدول ۳- تاثیر مواد منعقدکننده بر میزان EC

Table 3- The impact of Coagulants on the EC

| میزان EC پساب بعد از آزمایش جار تست<br>(میکروموهس در سانتی متر) |      |            |       |      | میزان EC پساب قبل از<br>آزمایش جار تست<br>(میکروموهس در سانتی متر) | غلظت منعقدکننده<br>(میلی گرم در لیتر) |
|-----------------------------------------------------------------|------|------------|-------|------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| آهک                                                             | پک   | کلرید فریک | پلیمر | آلوم |                                                                    |                                       |
| ۱۱/۸                                                            | ۱۲/۰ | ۲/۶        | ۲/۵   | ۲/۶  | ۱۲/۵                                                               | ۲۵                                    |
| ۱۲/۱                                                            | ۱۱/۸ | ۲/۵        | ۲/۵   | ۲/۶  |                                                                    | ۵۰                                    |
| ۱۲/۱                                                            | ۱۱/۶ | ۲/۶        | ۲/۶   | ۲/۶  |                                                                    | ۷۵                                    |
| ۱۲                                                              | ۱۱/۷ | ۲/۶        | ۲/۷   | ۲/۷  |                                                                    | ۱۰۰                                   |
| ۱۱/۹                                                            | ۱۱/۶ | ۲/۷        | ۲/۸   | ۲/۷  |                                                                    | ۲۰۰                                   |
| ۱۱/۹                                                            | ۱۱/۹ | ۳          | ۳/۱   | ۲/۹  |                                                                    | ۵۰۰                                   |

### بحث و نتیجه گیری

فریک میزان pH را اندکی کاهش داد، در حالی که پلیمر، پلی آلومینیوم کلراید و آلوم موجب اندکی افزایش شد. آهک نیز pH را افزایش داد که این افزایش نسبت به سایر مواد منعقد کننده بیشتر بود.

در مطالعه ای که توسط ارسلان و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد، کارایی آلومینیوم سولفات و کلرور فریک در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات پساب صنعت سنگبری بررسی شد. میزان غلظت بهینه آلومینیوم سولفات در حذف کدورت و کل جامدات معلق به ترتیب برابر ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود. میزان غلظت بهینه کلرور فریک در حذف کدورت و مواد جامد معلق به ترتیب برابر ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر برآورد شد. هم چنین برای حذف کل جامدات از پساب، غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در بین تمام غلظت ها مناسب تر است (۱۰).

در مطالعه دیگری که توسط Ersoy و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد، کارایی کلرید فریک، آلومینیوم کلراید و سولفات آلومینیوم در حذف کدورت از پساب صنعت سنگبری بررسی گردید. آلومینیوم کلراید بیشترین کارایی را در حذف کدورت داشت و بقیه کارایی یکسانی داشتند (۳). این نتایج مشابه نتایجی است

راندمان حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات تقریباً در همه منعقدکننده ها بسیار بالا بود. بالاترین میزان حذف کدورت مربوط به آهک (۹۹/۸٪) و پایین ترین میزان حذف نیز مربوط به سولفات آلومینیوم (۸۶/۴٪) بود. بالابودن حذف کدورت می تواند به دلیل ظرفیت بالای جذب سطحی مولکول های آهک نسبت به ذرات عامل کدورت باشد (۱۲). بیشترین راندمان حذف کل جامدات معلق مربوط به آهک (۹۹/۱٪) و کمترین میزان حذف مربوط به کلرور فریک (۵۷/۳٪) بود. بیشترین درصد حذف کل جامدات مربوط به آلوم (۸۲/۵٪) و پایین ترین میزان حذف مربوط به پلی آلومینیوم کلراید (۷۰٪) بود.

مقادیر بهینه آهک، پک، پلیمر، آلوم و کلرید فریک در حذف کدورت به ترتیب برابر ۲۵، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر برآورد شد. هم چنین مقادیر بهینه پلیمر، آلوم، آهک، پک و کلرید فریک در حذف کل جامدات معلق و کل جامدات برابر ۲۵، ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر محاسبه گردید.

سولفات آلومینیوم، کلرور فریک و پلیمر میزان هدایت الکتریکی را به میزان قابل توجهی کاهش داد، اما پلی آلومینیوم کلراید و آهک موجب اندکی افزایش در هدایت الکتریکی گردید. کلرید

بود. در کارخانه‌ها و کارگاه‌های سنگ‌بری می‌توان از آلوم و آهک برای تصفیه پساب سنگ‌بری استفاده نمود. بر اساس استعلام، قیمت هر ۵ ماده شیمیایی به کار رفته در این مطالعه، در جدول ۴ نمایش داده شده است. در کشور ایران به دلیل وجود معادن آهک و در دسترس بودن آن، قیمت تمام شده آهک مصرفی به ازای واحد میلی گرم بر لیتر پساب، از سایر مواد شیمیایی مصرفی پایین‌تر است. پس از آهک، هزینه تمام شده مصرفی برای تصفیه هر متر مکعب پساب توسط آلوم نسبت به سایر منعقدکننده‌ها کمتر است.

که در این مطالعه به دست آمد. در بین منعقدکننده‌ها آلومینیوم کلراید بیشترین کارایی را در حذف کدورت داشت. استفاده از مواد منعقدکننده در تصفیه پساب صنایع سنگ‌بری می‌تواند موجب افزایش راندمان تصفیه، کاهش زمان ته‌نشینی و تسریع در بازگشت آب به چرخه مصرف گردد. کارایی منعقدکننده‌ها در حذف کدورت تقریباً یکسان بود. آهک و پلی‌آلومینیوم کلراید راندمان بالایی در حذف کل جامدات معلق داشتند. راندمان آلوم و پلیمر در حذف کل جامدات بالاتر از سایر منعقدکننده‌ها برآورد گردید. در مجموع کارایی آلوم و آهک در حذف کدورت، کل جامدات معلق و کل جامدات بالا

#### جدول ۴- ارزیابی اقتصادی مواد شیمیایی مصرفی در تصفیه هر متر مکعب پساب خروجی سنگ‌بری

Table 4. Economic assessment of chemicals material used in the purification of each cubic meter stone cutting effluent

| نام ماده شیمیایی     | واحد   | قیمت واحد (بر اساس نرخ سال ۱۳۹۳) (ریال) | هزینه تمام شده مصرفی برای تصفیه هر متر مکعب پساب (ریال) |
|----------------------|--------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| آلوم                 | mg/lit | ۴۰                                      | ۴۰۵۰۰                                                   |
| پلیمر                | mg/lit | ۸۷                                      | ۸۷۰۰۰                                                   |
| کلرید فریک           | mg/lit | ۶۵                                      | ۶۵۰۰۰                                                   |
| پلی‌آلومینیوم کلراید | mg/lit | ۵۳                                      | ۵۳۵۰۰                                                   |
| آهک                  | mg/lit | ۳۸                                      | ۳۸۵۰۰                                                   |

#### منابع

۱. مسافری، محمد و همکاران، تابستان ۱۳۸۶، مدیریت زیست محیطی زایدات جامد صنایع سنگ‌بری مطالعه موردی استان قم، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۹، شماره ۲، صفحه ۷۳-۶۵.
2. Ozyonar, F., Karagozoglu, B., 2012. Systematic assessment of electrocoagulation for the treatment of marble processing wastewater. *Int J Environ Sci Technol*. Vol. 9, pp. 637-46.
3. Ersoy, B., Tosun, I., Günay, A., Dikmen, S., 2009. Turbidity removal from wastewaters of natural stone processing by coagulation/flocculation methods. *Clean-Soil, Air, Water*. Vol. 3, pp. 225-32.
4. Laitinen, N., Kulovaara, M., Levänen, E., Luonsi, A., Teilleria, N., Nyström, M., 2002. Ultrafiltration of stone cutting mine wastewater with ceramic membranes-a case study. *Desalination*. Vol. 149, pp. 121-125.
5. Aghababaei, H., Fahiminia, M., 2009. Environmental Engineering in small communities and rural areas (water, wastewater, solid waste): Ebtekar Danesh.

10. Arslan, E., Aslan, S., pek, U., Altun, S., 2005. Physico-chemical treatment of marble processing wastewater and the recycling of its sludge. Waste Management & Research. Vol. 23, pp. 550–559.
  11. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed: American Water Work Association; 2005.
  12. Ghazy, Sh., Gad, A., 2014. Lead separation by sorption onto powdered marble waste. Arabian Journal of Chemistry. Vol. 7, pp. 277–286.
  6. Jones B. G, et al. Industrial Wastewater Management, Treatment and Disposal. Third Edition. Alexandria, Virginia: McGraw-Hill; 2008. p. 420-28.
  7. Solak, M., Kilic, M., Yazici, H., Sencan, A., 2009. Removal of suspended solids and turbidity from marble processing wastewaters by electrocoagulation: Comparison of electrode materials and electrode connection systems. Journal of hazardous materials. Vol. 172, pp. 345-352.
  8. Kent, D., Coagulation and Flocculation. Water treatment plant operation. 1: Beard publication.
۹. علیپور. ولی و همکاران، ۱۳۸۳، تصفیه آب: اصول نظری و عملی بهره‌برداری از تاسیسات آب شرب، چاپ اول، انتشارات دانش‌نما، ۱۳۸۳، صفحه ۲۵-۱۵.