

# بررسی اثرات پیش ازن زنی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی آب آشامیدنی

بهمن معصومی \*

سازمان آب منطقه ای فارس، فارس، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹

## چکیده

**زمینه و هدف:** در تصفیه آب پیش ازن زنی برای مقاصد مختلفی از جمله بهبود فرآیند انعقاد، کاهش تولید تری هالومتانها، حذف رنگ، حذف آهن و منگنز، کنترل میکروارگانیسمها و حذف مواد آلی استفاده می شود. هدف اصلی این مقاله بررسی اثرات پیش ازن زنی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب آشامیدنی است.

مواد و روش ها: این مطالعه در مقیاس واقعی بر روی واحد پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز طی مدت ۶ ماه انجام شده است. در این مطالعه نمونه گیری از آب خام ورودی به واحد پیش ازن زنی و آب ازن زنی شده به روش تصادفی با ظروف نمونه گیر شیشه ای انجام گرفته است. در هر ماه ۴ نمونه و در مجموع ۲۴ نمونه جهت بررسی روند تغییرات پارامترها برداشته شده است. آزمایشات لازم طبق روش ارایه شده در کتاب استاندارد متد (ویرایش بیستم) بر روی نمونه ها جهت بررسی تاثیرات پیش ازن زنی بر روی پارامترهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی انجام گرفته است.

**یافته ها:** بررسی ها نشان داد که راندمان حذف کدورت و کل کربن آلی (Total Organic Carbon) در فرایند پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز به ترتیب حدود ۶۲ و ۱۸/۸۳ درصد بوده و بر pH هیچ اثری ندارد. همچنین درصد حذف آهن (Fe) و منگنز (Mn) در فرایند پیش ازن زنی به ترتیب ۹۱/۵ و ۸۲ درصد است. بررسی اثرات پیش ازن زنی در حذف رنگ آب نشان داد که با افزایش میزان دوز و غلظت ازن تزریقی، تغییرات معنی داری بر کاهش بیشتر رنگ و پیش سازهای رنگ اتفاق نمی افتد و درصد حذف ترکیبات پیش ساز رنگ از جمله کلروفیل  $a$  حدود ۲۱٪ است.

**نتیجه گیری:** نتایج نشان داد که ازن نمی تواند برخی از پارامترهای فیزیکی از جمله pH و رنگ را تغییر دهد اما تاثیر قابل توجهی بر روی پارامترهای شیمیایی داشته و پارامترهای بیولوژیکی را حدود ۲۱ درصد کاهش می دهد.

**کلمات کلیدی:** پیش ازن زنی، تصفیه خانه آب کوه سبز، کیفیت آب، خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی، راندمان حذف

## مقدمه

مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب از مهمترین پارامترهای تعیین کننده کیفیت آب می باشد<sup>۱،۲</sup>. نامطلوب بودن کیفیت آب آشامیدنی می تواند باعث بروز بیماریهای مختلفی شود. لذا بهسازی و تصفیه منابع آب می تواند نقش بسیار تعیین کننده ای در کاهش بیماریها و عوارض ناشی از آن داشته باشد<sup>۳</sup>. همواره تفاوت هایی در کیفیت منابع آبی از لحاظ خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی وجود دارد و بررسی کامل خصوصیات کیفی یک منبع آبی شامل بررسی این سه خصوصیت می باشد<sup>۴</sup>. آلاینده های فیزیکی شامل پارامترهایی از جمله کدورت، درجه حرارت، رنگ، طعم، بو، سختی و کل جامدات محلول می شود. آلاینده های شیمیایی آلی شامل مواد آلی فرار، مواد آلی طبیعی (NOM) و محصولات جانبی گندزدایی می باشد<sup>۵</sup>. در آزمایشات فیزیکی، مهمترین خصوصیات فیزیکی آب از قبیل دما و کدورت مورد بررسی قرار می گیرد که این دو پارامتر بر بسیاری از سیستم های تصفیه مؤثر می باشد. اندازه گیری کدورت آب به عنوان مشخصه غلظت و توزیع مواد معلق ریز بکار می رود<sup>۶</sup>. در یک تصفیه خانه متعارف که از آب سطحی بعنوان ورودی استفاده می نماید اولین مرحله تصفیه، حذف کدورت می باشد<sup>۶</sup>. کدورت بالای آب خام معمولاً به دلیل حضور مواد کلوئیدی است<sup>۷</sup>. آب آشامیدنی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری بایستی شفاف، زلال و عاری از کدورت باشد، از نظر کیفیت میکروبی و شیمیایی نیز بایستی در حد مطلوب قرار داشته باشد<sup>۸</sup>. آب خالص بی رنگ است، اما آبی که در طبیعت یافت می شود، معمولاً توسط مواد خارجی دارای رنگ می باشد. به عنوان مثال اکسیدهای آهن رنگ قرمز کمرنگ به آب می دهند و اکسیدهای منگنز موجب قهوه ای یا تیره رنگ شدن آب می گردند<sup>۹</sup>. آهن در مقادیر اندک یک عنصر تغذیه ای ضروری بشمار می رود و فقر آهن سبب کم خونی می شود. آهن همراه با منگنز جز لیست استانداردهای ثانویه آب آشامیدنی و بر

اساس جنبه زیبایی شناسی و مزه می باشد<sup>۵</sup>. آزمایشات شیمیایی آب به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده خصوصیات شیمیایی آب از قبیل غلظت یونهای معدنی و ترکیبات آلی آب شناخته می شوند. خصوصیات شیمیایی آب فی الواقع مهم بوده و در نوع تصفیه مقدماتی، تصفیه اصلی و تصفیه نهائی و کارآیی هریک از آنها نقش مؤثر دارد<sup>۴</sup>. pH آب یکی از مهمترین شاخص های شیمیایی آب می باشد<sup>۱۰</sup>، زیرا که بیشتر روش های تصفیه آب به pH آن بستگی دارد. اکثر آبهای طبیعی به علت انحلال کربنات ها و بی کربنات های قلیایی پوسته زمین اندکی قلیایی هستند. pH آب آلوده نشده اساساً رابطه بین دی اکسید کربن آزاد و مقدار کربنات و بی کربنات را نشان می دهد<sup>۱۱</sup>. آزمایشات بیولوژیک آبهای طبیعی، حاوی گروه ها و گونه های مختلف میکروارگانیسم ها می باشند. شناسائی و تعیین این گونه ها جهت بررسی اثرات گوناگون آنها بر سیستم ها و مراحل تصفیه آب است<sup>۴</sup>. کلروفیل *a* یک پارامتر بیولوژیک و به عنوان یک ماده رنگی مهم فتوسنتز در جلبک ها و سایر گیاهان مطرح است و به عنوان یکی از متغیرهای مهم در زمان تخمین ظرفیت فتوسنتز یک اکوسیستم مطرح می شود. بنابراین اندازه گیری کلروفیل *a* به عنوان یک شاخص مهم می تواند در ارزیابی کیفیت آب دریاچه ها، آب ورودی به تصفیه خانه ها و مشکلات ناشی از اتروفیکاسیون مورد استفاده قرار گیرد<sup>۱۲</sup>. اهداف تصفیه آب های سطحی، آب های زیرزمینی و پساب ها براساس فرایندهای وابسته به ازن، گندزدایی و حذف مواد آلی محلول می باشد<sup>۱۳،۷</sup>. ازن یک فرم آلتروپی اکسیژن بوده و عامل اکسیدکننده موثری است که خواص ضد ویروسی و باکتری کشی قوی دارد<sup>۱۴</sup> و برای مقاصد مختلفی از جمله بهبود فرایند انعقاد، حذف جلبک ها، اکسیداسیون مواد آلی و غیر آلی، کنترل و حذف عوامل ایجاد کننده بو و رنگ در تصفیه آب استفاده می شود<sup>۱۵</sup>. علاوه بر این ازن توانایی زیادی در کشتن باکتریها، ویروسها، کیست ها دارد<sup>۱۶</sup>. ساییدی و

همکاران (۲۰۱۲)، آنالیز فیزیکی شیمیایی و میکروبی تصفیه آب آشامیدنی با استفاده از ازن را انجام دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که ازن نمی‌تولند پارامترهای فیزیکی آب از جمله pH، EC و کدورت را تغییر دهد، اما اثرات کافی بر روی پارامترهای شیمیایی از قبیل غلظت نیترات، سختی کل، سختی کلسیم،  $Fe^{+2}$  و  $Fe^{+3}$  دارد.<sup>۱۷</sup> ون و اندریس (۲۰۱۲)، نشان دادند که رنگ طبیعی موجود در آب را می‌توان بوسیله ازن از بین برد.<sup>۱۸</sup> در طول ازناسیون، تولیدات جانبی مختلف آلی از اکسیداسیون مواد آلی طبیعی (NOM) شکل می‌گیرد که عبارتند از: آلدئید، کتون، کتوآلدئیدها، کربوکسیلیک اسیدها، کتواسیدها، هیدروکسی اسیدها، الکها و استرها.<sup>۱۹</sup> تری‌هالومتان‌ها و هالواسیتیک اسید نیز عمده ترین ترکیبات جانبی گندزدایی آب با کلرمی باشند.<sup>۲۰</sup> پیش ازن زنی باعث تغییر شکل مواد آلی موجود در آب خام می‌گردد. ازن مواد آلی دارای زنجیره طولانی و با تعداد ملکول زیاد را به مواد غیر قابل تجزیه بیولوژیکی و نیز برخی ترکیبات کوچکتر قبل تجزیه تبدیل می‌نماید. این امر بطور همزمان موجب افزایش اکسیژن محلول آب می‌گردد و شرایط برای رشد باکتریهای هوازی مهیا می‌شود.<sup>۲۱</sup> قدیم خانی و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی آزمایشگاهی واکنش بین ازن و منعقدکننده در حذف مواد آلی نشان دادند که با توجه به غلظت کربن آلی کل (TOC) آب خام، ازن زنی هم باعث کاهش و هم افزایش مواد آلی طبیعی می‌گردد.<sup>۲۲</sup> بررسی اثر پیش ازن زنی بر حذف کربن آلی کل در تصفیه آب‌های سطحی توسط ترابیان و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که؛ پیش ازن زنی باعث کاهش کدورت و TOC آب ته‌نشینی در شرایط آزمایشگاهی می‌شود.<sup>۲۳</sup> اورین و تویاسون (۲۰۰۰)، نشان دادند که در شرایط آزمایشگاهی پیش ازن زنی باعث کاهش کدورت و کربن آلی کل می‌شود.<sup>۲۴</sup> سلمانی‌خاص و بیدهندی (۱۳۸۵) ارزیابی کارایی واحدهای مختلف تصفیه خانه آب تهران پارس در حذف TOC را انجام دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که درصد حذف TOC در

واحد زلال ساز نسبت به سایر واحدها بیشتر است.<sup>۲۵</sup> نتایج آزمایشگاهی منصوری و عربشاهی (۱۳۸۰) در ارزیابی عملکرد کاربرد ازن در حذف آلاینده‌ها از آب رودخانه کارون نشان داد که؛ فرآیند ازن زنی به طور متوسط باعث کاهش ۳۶ درصدی کدورت از آب خروجی از فیلتر (ورودی به مخزن تماس ازن) می‌شود.<sup>۲۶</sup> بررسی کارایی ازناسیون در کاهش کل کربن آلی در تصفیه‌خانه آب اصفهان توسط کارگر و همکاران (۱۳۸۵) انجام شد. نتایج نشان داد که ازن زنی به تنهایی جهت گندزدایی آب در این تصفیه‌خانه کافی نمی‌باشد و لازم است که علاوه بر ازن زنی از فرایند کلرزنی نیز استفاده شود.<sup>۲۷</sup> همچنین نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که کیفیت آب اثر مهمی روی پایداری ازن در آب دارد. مواد معدنی معلق و نامحلول به سرعت با ازن واکنش نشان می‌دهد و مانع از عمل ضد باکتریائی مطلوب می‌شود. نیمه عمر ازن در آب بسته به میزان آلاینده‌های آب متفاوت است. لذا بعد از پیش ازن زنی و در پایان خط تصفیه آب لازم است مقدار جزئی کلر، دی اکسید کلر و یا کلر آمین اضافه شود تا سلامت آب طی عبور از شبکه آبرسانی حفظ شود.<sup>۲۸</sup> بنابراین نقش ازن در تصفیه آب و پساب به عنوان یک عامل اکسید کننده و نیز یک ترکیب گندزدا حائز اهمیت می‌باشد. لذا میزان ازن مورد نیاز در عملیات گندزدایی آب باید طوری محاسبه و تنظیم گردد تا ازن باقیمانده آزاد برای مدت زمان معینی در آب حفظ شود. این امر لزوم مقادیر بالای ازن را ضروری می‌سازد که بستگی به ازناسیون، pH و سایر مشخصات آب دارد.<sup>۲۹</sup> هدف کلی این پروژه بررسی اثرات پیش ازن زنی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی آب آشامیدنی (آب ورودی به تصفیه‌خانه کوه سبز در استان فارس) می‌باشد که در مقیاس واقعی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی آب همزمان با تغییر میزان دوز ازن تزریقی از جمله نوآوری این مطالعه می‌باشد.

## مواد و روش کار

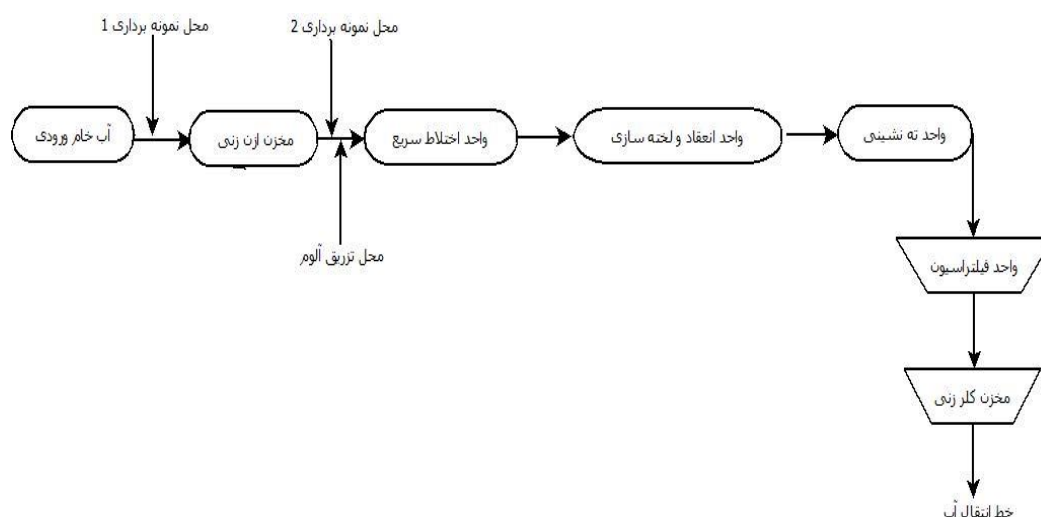
این مطالعه به صورت مطالعه موردی و در مقیاس واقعی بر روی آب خام ورودی به واحد پیش ازن زنی و آب خروجی از واحد پیش ازن زنی تصفیه‌خانه آب کوه سبز واقع در استان فارس انجام شده است. آب ورودی به تصفیه‌خانه از سد درودزن تامین می‌شود. تصفیه‌خانه آب کوه سبز در ۱۲ کیلومتری شهرستان مرودشت و نزدیک روستای کوه سبز با موقعیت، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۱ دقیقه و ۱۶/۲۹ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه و ۷۹/۱۶ ثانیه شمالی قرار دارد. بهره‌برداری از تصفیه‌خانه آب کوه سبز از سال ۱۳۶۴ آغاز شده و ظرفیت اسمی تصفیه‌خانه  $65000 \text{ m}^3/\text{hr}$  و ظرفیت بهره‌برداری تصفیه‌خانه  $66000 \text{ m}^3/\text{hr}$  می‌باشد. آب ورودی به تصفیه‌خانه ابتدا پیش ازن زنی شده و سپس به حوضچه‌های اختلاط سریع (۲ واحد) و حوضچه‌های اختلاط کند (۱ واحد) هدایت می‌شود. پس از طی فرایندهای لازم تصفیه به واحد زلالسازی (۲ واحد) هدایت شده و در ادامه به منظور تکمیل فرایندهای تصفیه، بخشی از آب به فیلترهای شنی (فیلتر تحت فشار ۲ واحد) و بخشی نیز به فیلترهای شنی تند (۸ واحد) وارد شده و سپس وارد مخزن ذخیره آب (مخزن ۱۶۰۰۰ متر مکعبی) می‌گردد. در نهایت در این مخزن کلرزنی شده (با توجه به کیفیت آب در فصول مختلف سال میزان کلر مصرفی از ۸ کیلوگرم تا ۱۶ کیلوگرم تغییر می‌یابد) و بعد از کلرزنی، آب موجود در مخزن توسط ایستگاه پمپاژ به خطوط آبرسانی منتقل شده و به مصرف می‌رسد. دیاگرام فرایند تصفیه آب در تصفیه‌خانه آب کوه سبز و نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده

است. در سال ۱۳۹۱ به منظور افزایش کیفیت آب تصفیه شده مطابق با استانداردها، یک واحد ازن زنی (پیش ازناسیون) در تصفیه‌خانه تاسیس گردید. در این بررسی نمونه‌گیری به روش تصادفی ساده با ظروف نمونه‌گیر شیشه‌ای طی مدت ۶ ماه از آب خام ورودی به واحد پیش ازن زنی و آب پیش ازن زنی شده انجام گرفته است. به این ترتیب که در هر ماه ۴ نمونه و در مجموع ۲۴ نمونه برداشته شده است. در فاصله زمانی مشخص از محل‌های مشخص شده (آب خام ورودی به مخزن پیش ازن زنی و آب خروجی مخزن پیش ازن زنی شده) نمونه‌هایی به حجم ۱/۵ لیتر برداشت شده است. پس از نمونه‌گیری در هر بار، هر بطری را برچسب شناسایی زده و پیش از نمونه‌برداری و یا بلافاصله پس از آن برگه‌های نمونه‌برداری تکمیل گردیده است. به‌منظور کمک به انتخاب روش آزمون ماهیت و منشأ نمونه‌ها و هدف آزمون نیز مشخص شده است. نمونه‌هایی که بلافاصله بر روی آنها آزمایش انجام نمی‌گیرد، در دمای ۴ درجه سانتیگراد با حداقل تماس با روشنایی و هوا نگهداری شده و سپس به آزمایشگاه انتقال داده شده است. آزمایشات لازم طبق روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد (ویرایش بیستم) بر روی نمونه‌ها جهت بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی در آب خام ورودی و همچنین تغییرات آنها بعد از انجام عملیات پیش ازن زنی، جهت مشخص شدن تأثیرات پیش ازن زنی بر روی این پارامترها انجام گرفته است.<sup>۳۰</sup>

دستورالعمل‌ها، روش‌ها، تجهیزات، روش و شماره استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب خام ورودی به تصفیه‌خانه در جدول ۱ مطابق با روشهای استاندارد متد چاپ ۲۰ آورده شده است.

**جدول ۱:** دستورالعمل‌ها، روش‌ها، تجهیزات، روش و شماره استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب خام ورودی به تصفیه‌خانه<sup>۳۰</sup>

ردیف	پارامتر	نوع تجهیزات	روش اندازه‌گیری	دستورالعمل‌های فنی	شماره استاندارد
۱	PH	PH متر	دستگاهی	Standard Methods For The Examination of Water and waste water	-HB۴۵۰۰
۲	کدورت	کدورت سنج مدل N-2100	کدورت به روش نفلومتری		B۲۱۳۰
۳	TOC	HACH 2100 ما، ک	دستگاهی		A۵۳۰
۴	کلروفیل <i>a</i>	اسپکتروفتومتر و دستگاه آلتاتورج	اسپکتروفتومتری و دستگاهی	Standard Methods For The Examination of Water and waste water	H۱۰۲۰۰
۵	رنگ	اسپکتروفتومتر	اسپکتروفتومتری	دستگاه آلتاتورج Standard Methods For The Examination of Water and waste water	C ۲۱۲۰
۶	Fe	اسپکتروفتومتر	روش نورسنجی		C, ۳۱۱۱B, ۳۱۱۱
۷	Mn	اسپکتروفتومتر	روش نورسنجی		A۳۱۲۰B, ۳۱۱۳
۸	TOC	دستگاهی	DR9000 دستگاه		C, ۳۱۱۱B, ۳۱۱۱ A۳۱۲۰B, ۳۱۱۳ A ۵۳۰



**شکل ۱:** دیاگرام فرایند تصفیه آب در تصفیه‌خانه آب کوه سبز و نقاط نمونه برداری

## نتایج

### بررسی کیفیت آب ورودی به تصفیه‌خانه در

#### محل تزریق ازن

میانگین تغییرات کدورت آب ورودی در طول دوره پژوهش (NTU) ۶ بوده بطوریکه حداقل کدورت ۲/۸۶ و حداکثر کدورت ۸/۲ NTU بوده است. بررسی‌ها نشان داد که

میزان کدورت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه در طول فصول مختلف متفاوت می‌باشد که معمولاً به دلیل تغییرات در میزان مواد معلق، مواد آلی و معدنی ریز، ترکیبات آلی رنگی محلول، پلانکتونها و سایر میکروارگانیسم‌ها در آب دریاچه سد درودزن است که بیشترین تغییرات در فروردین ماه و در تیر ماه مشاهده شده است. میانگین تغییرات رنگ در آب ورودی

خام ورودی به تصفیه خانه آب کوه سبز قبل از فرایند پیش ازن زنی و بعد از فرایند پیش ازن زنی آورده شده است.

### بررسی تاثیر ازناسیون بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی آب

نتایج کیفیت آب ازن زنی شده با میانگین دوز ازن تزریقی ۳/۷ کیلوگرم بر ساعت نشان می دهد که؛ میانگین تغییرات کدورت آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش ۲/۸۶ NTU بوده بطوریکه حداقل کدورت ۱ و حداکثر کدورت ۲/۸۶ بوده است که چگونگی تغییرات آن در آب خام و آب پیش ازن زنی شده در شکل (۲) نشان داده شده است. میانگین تغییرات رنگ در آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش ۶/۹ بوده بطوریکه حداقل رنگ ۳ پلاتین -کبالت در فروردین ماه و حداکثر آن ۱۱ در تیرماه می باشد. در شکل (۳) روند کلی تغییرات رنگ آب خام و آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش نشان داده شده است. میانگین تغییرات pH آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش ۸/۰۲ می باشد که حداقل pH حدود ۶/۹ در فروردین ماه در دوز ازن تزریقی ۳ کیلوگرم بر ساعت و حداکثر pH در حدود ۸/۴ در تیر ماه با دوز ازن تزریقی ۶ کیلوگرم بر ساعت می باشد. شکل ۴، چگونگی تغییرات pH آب خام و آب پیش ازن زنی شده در طی دوره پژوهش را نشان می دهد. میانگین کل TOC در آب پیش ازن زنی شده در طی دوره پژوهش ۷/۴ mg/l است که حداقل آن ۴/۲ و حداکثر آن ۶/۶ mg/l می باشد. در شکل ۵، روند کلی تغییرات TOC در آب خام و آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش آورده شده است. میانگین تغییرات Fe و Mn در آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش ۰/۰۱۸ میلی گرم بر لیتر بوده بطوریکه حداقل Fe برابر با ۰/۰۱ و حداکثر آن برابر با ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر است. حداقل و حداکثر Mn در طول دوره پژوهش در آب پیش ازن زنی شده به ترتیب برابر است با ۰/۰۱ و ۰/۰۴ میلی گرم بر لیتر. میانگین

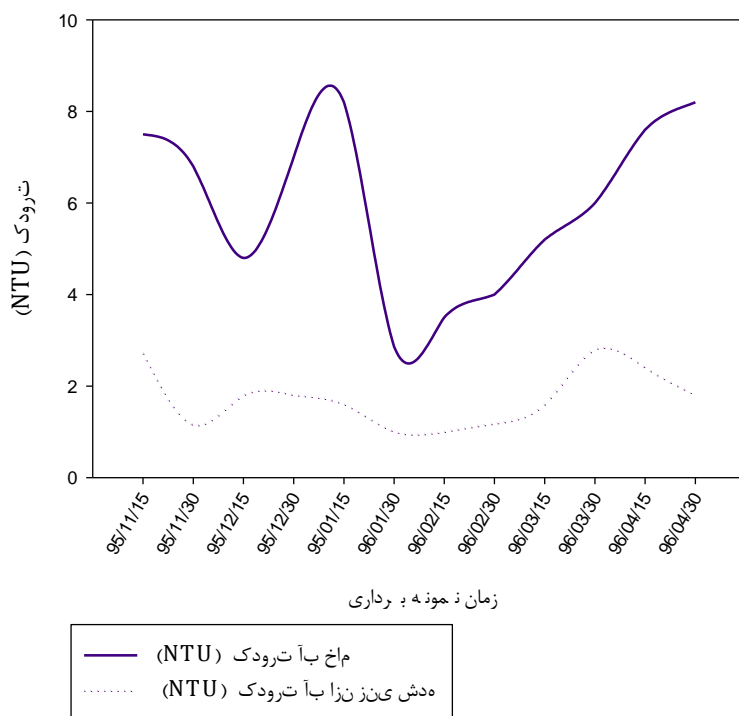
به تصفیه خانه در طول دوره پژوهش ۶ پلاتین -کبالت است، بطوریکه حداقل رنگ ۳ پلاتین -کبالت در فروردین ماه و حداکثر آن ۸ در بهمن ماه و تیرماه می باشد. میانگین تغییرات pH در طول دوره پژوهش ۸/۰۲ است که حداقل pH حدود ۶/۹ در تیر ماه و حداکثر pH در حدود ۸/۴ در بهمن ماه و فروردین ماه می باشد. بطور کلی محدوده تغییرات pH از ۶/۹ الی ۸/۴ می باشد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می شود که pH آب ورودی به تصفیه خانه در محدوده قلیایی است. میانگین تغییرات Fe و Mn به ترتیب در آب ورودی به تصفیه خانه در طول دوره پژوهش ۰/۱۵۳ و ۰/۱۰۷ میلی گرم بر لیتر بوده بطوریکه حداقل Fe برابر با ۰/۱ و حداکثر آن برابر با ۰/۲ میلی گرم بر لیتر است. حداقل و حداکثر Mn در طول دوره پژوهش در آب ورودی به تصفیه خانه به ترتیب برابر با ۰/۰۹ و ۰/۱۴ میلی گرم بر لیتر است. با توجه به نتایج بدست آمده، میانگین کلروفیل *a* در طول انجام پروژه در آب خام ورودی به تصفیه خانه حدود ۲/۴ میکروگرم بر مترمکعب بوده بطوریکه میزان حداقل و حداکثر تغییرات به ترتیب برابر است با ۰/۷ میکروگرم بر متر مکعب در بهمن ماه و ۴/۳ میکروگرم بر متر مکعب در تیرماه. روند تغییرات کلروفیل *a* در آب خام ورودی (شکل ۶) نشان می دهد که میزان تغییرات کلروفیل *a* با تغییر فصول از زمستان به تابستان روند افزایشی داشته است، لذا می توان گفت که در فصل های بهار و تابستان آب ورودی به تصفیه خانه در حالت مزوتروپیک و در فصل های پاییز و زمستان حالت الیگوتروپیک است. میانگین تغییرات TOC آب ورودی به تصفیه خانه در طول دوره پژوهش ۸/۵ mg/l می باشد، بطوریکه حداقل TOC برابر با ۲ میلی گرم بر لیتر در فروردین ماه و ۵/۸ میلی گرم بر لیتر در اسفند ماه می باشد. لذا این افزایش TOC در اسفند ماه حاکی از افزایش کل مواد آلی محلول در آب به دلیل بارش باران و رواناب حاصله است. در شکل های ۱ تا ۵ روند تغییرات پارامترهای ذکر شده در آب

با توجه به اینکه همراه با اندازه گیری پارامترهای کیفی آب ورودی به تصفیه خانه، پارامترهای کیفی آب ازن زنی شده نیز اندازه گیری شده است، می توان عملکرد پیش ازن زنی را بر اساس درصد حذف پارامترها ارزیابی نمود. عملکرد واحد ازن زنی در حذف پارامترها در جدول ۲ آورده شده است.

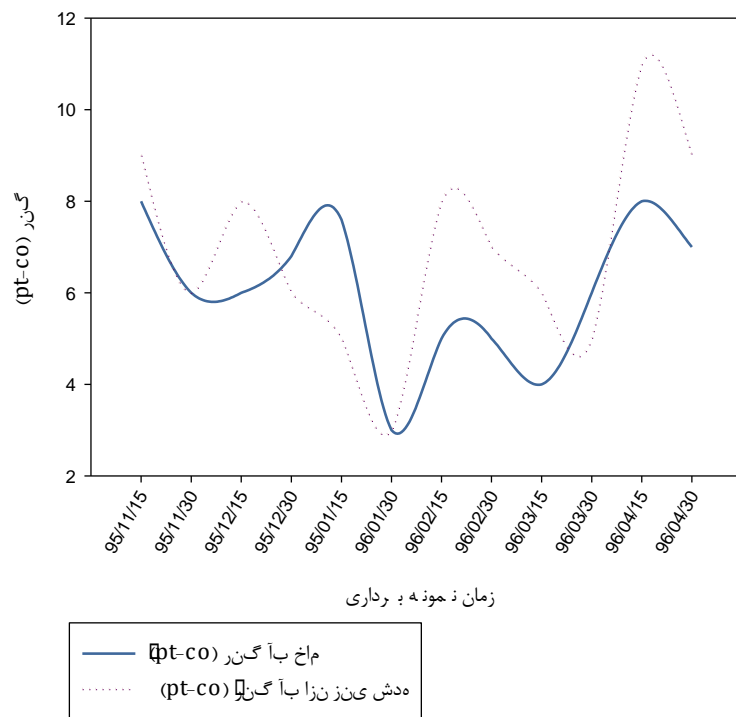
کلروفیل  $a$  در آب پیش ازن زنی شده در طول انجام پروژه حدود  $1/9$  میکروگرم بر متر مکعب بوده بطوریکه میزان حداقل و حداکثر تغییرات به ترتیب برابر است با  $0/1$  میکروگرم بر متر مکعب در بهمن ماه و  $3$  میکروگرم بر متر مکعب در تیرماه است. در شکل ۶، روند کلی تغییرات کلروفیل  $a$  در آب خام و آب پیش ازن زنی شده در طول دوره پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۲: عملکرد واحد پیش ازن زنی در حذف پارامترهای کیفی آب

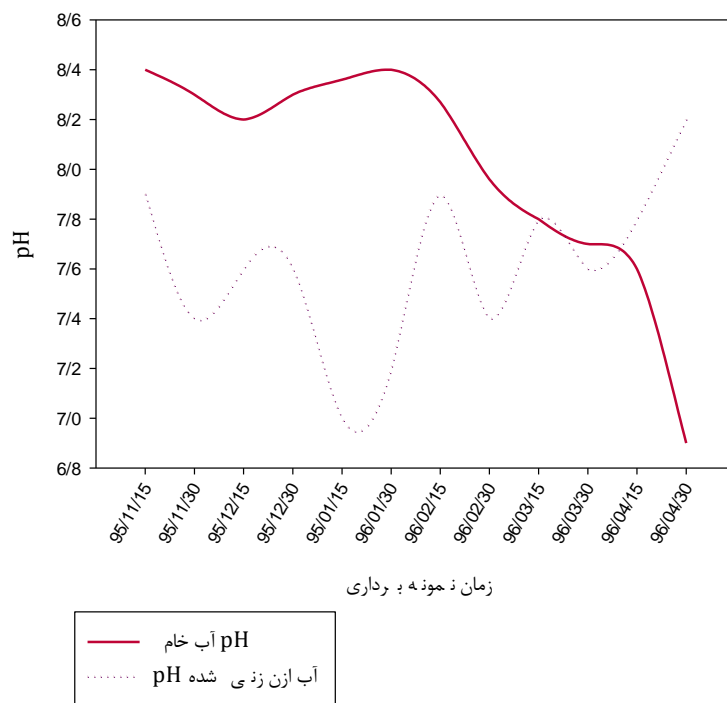
ردیف	پارامتر	واحد	میانگین در آب خام	میانگین در آب ازن زنی شده	راندمان حذف (%)
۱	کدورت	NTU	۵/۴	۲	۶۳
۲	Fe	ppm	۰/۲	۰/۰۱۷	۹۱/۵
۳	Mn	ppm	۰/۱	۰/۰۱۸	۸۲
۴	رنگ	پلاتین-کبالت	۶	۵/۹	۱/۲
۵	کلروفیل $a$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	۲/۴	۱/۹	۲۰/۸۳
۶	کل کربن آلی	ppm	۸/۵	۷/۴	۸۳/۱۸



شکل ۲: تغییرات کدورت آب ازن زنی شده نسبت به آب خام ورودی به تصفیه خانه

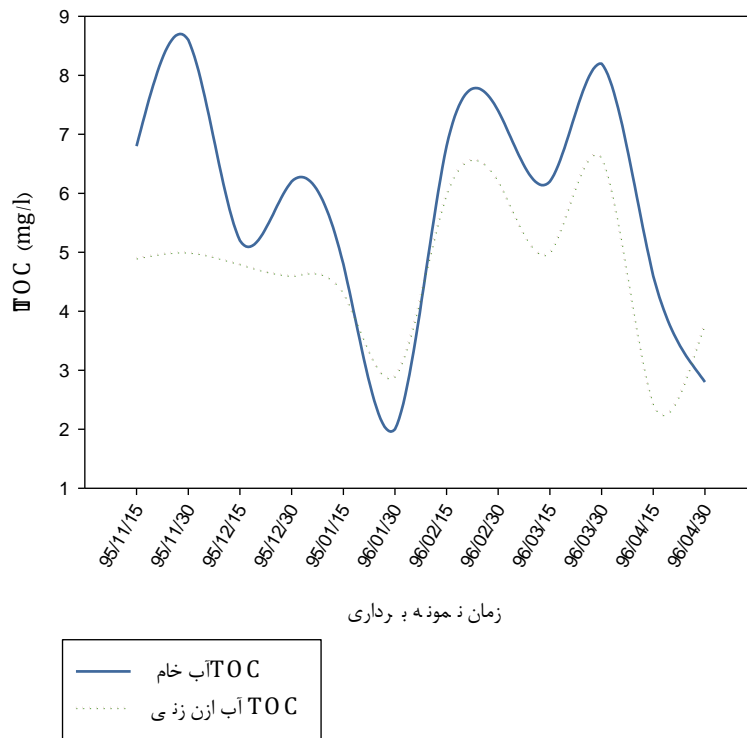


**شکل ۳:** تغییرات رنگ آب ازن زنی شده نسبت به آب خام ورودی به تصفیه خانه

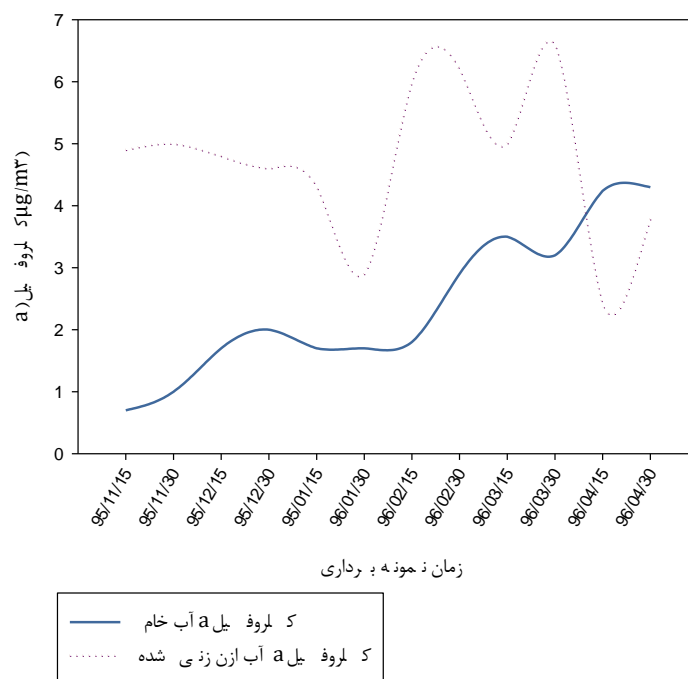


**شکل ۴:** تغییرات pH آب ازن زنی شده نسبت به آب خام ورودی به تصفیه خانه





شکل ۵: تغییرات TOC آب ازن زنی شده نسبت به آب خام ورودی به تصفیه خانه



شکل ۶: تغییرات کلروفیل a در آب ازن زنی شده نسبت به آب خام ورودی به تصفیه خانه

## بحث

كدورت آب تصفيه شده بعنوان يك پارامتر مهم در تعيين كيفيت آب در كليۀ تصفيه خانۀها اندازه گيري مي شود. كدورت آب آشاميدني بايد كمتر از ۱ واحد NTU باشد<sup>۳۱</sup>. در مرحله پيش ازن زني، ازن از طريق ناپايدار كردن ذرات معلق و خشي سازي بار ذرات كلويدي موجبات حذف كدورت را فراهم مي نمايد. نتايج بدست آمده از تاثير پيش ازن زني بر روي پارامترهاي فزيكي از جمله كدورت و مقايسه با ميانگين كدورت در آب خام ورودي نشان مي دهد كه راندمان حذف كدورت در فرايند پيش ازن زني تصفيه خانۀ آب كوه سبز حدود ۶۲ درصد مي باشد. اين ميزان حذف كدورت با نتايج مطالعۀ معصومي و همكاران (۱۳۹۶) در ارزيابي كارايي واحد پيش ازن زني در حذف كدورت كه برابر با ۶۱ درصد بوده، همخواني دارد<sup>۳۲</sup>. رنگ در آب به دو گونه بيان مي شود. رنگي كه بعد از حذف كدورت در آب مشاهده مي شود، به رنگ واقعي شهرت دارد. در مقابل، رنگ ظاهري به رنگ آب قبل از فيلتراسيون اطلاق مي شود كه در آن ذرات معلق كلويدي نيز نقش ايفاء مي كنند. رنگ آب معمولا به واحد هازن كه همان مقياس پلاتين - كبات است، بيان مي شود. طبق استانداردهاي بين المللي ميزان رنگ مورد قبول آب آشاميدني معادل ۱ ميلي گرم بر ليتر در ليتر طبق مقياس پلاتين-كبات مي باشد. بايد در نظر داشت كه ميزان رنگ تابعي از pH است، از اينرو بايستي در بيان رنگ pH نيز ذكر شود. رنگ را مي توان در اثر جذب سطحي، منعقدسازي و يا اكسيداسيون از بين برد<sup>۱۱</sup>. نتايج بدست آمده از تاثير پيش ازن زني بر روي پارامترهاي فزيكي از جمله رنگ آب و مقايسه با ميانگين رنگ آب خام ورودي نشان مي دهد كه راندمان حذف رنگ در فرايند پيش ازن زني تصفيه خانۀ آب كوه سبز بسيار پايين (۱/۲ درصد) مي باشد. بررسي ها نشان مي دهد كه در فصول گرم با افزايش دما و كيفيت نامناسب آب ورودی و با افزايش ميزان دوز ازن تزريقي جهت تصفيه بهتر

آب، حلاليت ازن در آب (مخزن پيش ازن زني) به دليل عدم تنظيم دقيق دوز و غلظت ازن تزريقي متناسب با كيفيت آب ورودی و همچنين به علت وجود مشكلات هيدروليكي و عدم تامين مدت زمان تماس كافي آب با ازن، كاهش يافته و ازن بدون انحلال در آب از مخزن ازن زني خارج شده و در كاهش رنگ اوليه آب چندان موثر واقع نمي شود<sup>۳۳</sup>. pH يك محلول شاخص غلظت اسيد و باز فعال موجود در آن است و همچنين يك فاكتر اصلي كه رنگ آب را تحت تاثير قرار مي دهد pH است. pH در حذف ميكروارگانيسم ها، مواد آلي طبيعي، رنگ، كدورت موثر بوده و يكي از فاكترهاي اساسي در تشكيل محصولات جانبي گندزدايي مي باشد. ميانگين تغييرات pH آب خام و آب پيش ازن زني شده در طول دورۀ پژوهش ۸/۰۲ مي باشد، لذا بررسي هاي انجام گرفته نشان مي دهد كه پيش ازناسيون آب آشاميدني بر روي pH اثر ندارد كه با نتايج سابيدي (۲۰۱۲) و موريسون و همكاران (۲۰۱۲) نيز همخواني دارد<sup>۱۷،۳۳</sup>. در اين مطالعه به دليل نامناسب بودن شرايط هيدروليكي مخزن ازن زني (فقط وجود دو عدد بافل در ابتدای مخزن ازن زني) و رسوب گرفتگي ديفيوزر هاي تزريقي ازن (در اثر عدم تعويض ديفيوزرها) و همچنين كم بودن زمان تماس ازن با آب (در اثر نبود بافل در طول مخزن)، اختلاط ازن با آب به خوبي صورت نگرفته و مقداري از ازن بدون واكنش با آب از مخزن خارج مي شود<sup>۳۴</sup>. لذا غلظت ازن در آب كاهش يافته و به دليل قليايي بودن pH آب خام ورودی به واحد پيش ازن زني، تجزيه سريع ازن به دليل حضور راديكال هيدروكسيل (OH<sup>۰</sup>) اتفاق مي افتد كه در نتيجه تغيير خاصي در ميزان pH فرايند پيش ازن زني اتفاق نمي افتد. آهن و منگنز از تركيبات شيميايي طبيعي منابع آب آشاميدني هستند كه غلظت آنها در مقادير توصيه شده مطابق استاندارد جهاني بهداشت خطري براي سلامت عمومي ندارد. ولي غلظت بالای اين تركيبات مي تولد موجب رشد و تكثير باكتري هاي آهن و منگنز، ايجاد

می‌افتد، بطوریکه که در نهایت باعث تولید انواع رادیکالهای آزاد بسیار واکنش پذیر، از قبیل رادیکال هیدروکسیل ( $OH^0$ ) می‌شود. تجزیه ازن تا حدود رادیکالهای  $OH^0$  است. وقتی که مقدار pH افزایش می‌یابد، تشکیل رادیکالهای  $OH^0$  افزایش می‌یابد. در یک محلول با یک مقدار pH بالا، بیشتر یونهای هیدروکسید ( $OH$ ) حضور دارند، این یونهای هیدروکسیل به عنوان آغازگر نابودی ازن (شروع به از بین رفتن ازن) عمل می‌کند<sup>۳۲</sup>. همچنین در اثر اکسیداسیون مستقیم  $Mn^{2+}$  موجود در آب با ازن بر اساس واکنش شماره ۸،  $Mn^{+2}$  در اثر اکسیداسیون توسط ازن به  $MnO_2$  تبدیل می‌گردد. معمولاً این عملیات بیشتر در pH حدود ۸ بهتر انجام می‌گیرد<sup>۳۵</sup>، که این نتایج با نتایج پروژۀ حاضر (pH بین ۶/۹-۸/۴) همخوانی دارد.

تغییر در طعم و بوی آب، ایجاد لکه‌های رنگی قرمز و قهوه‌ای تیره بر روی لوازم شستشو و انسداد سیستم های آبرسانی گردد<sup>۳۴</sup>.  $Fe^{+2}$  بوسیله ازن به  $Fe^{+3}$  اکسید شده و در اثر هیدرولیز به  $Fe(OH)_3$  تبدیل می‌شود که این عملیات بیشتر در pH بین ۶ تا ۹ انجام می‌گیرد (واکنش ۱). مراحل تجزیه ازن در آب و واکنش ازن با آهن در واکنشهای ۲ تا ۷ آورده شده است. تجزیه ازن در آب تابعی از pH می‌باشد. بنابراین افزایش در pH، نرخ تجزیه ازن را افزایش می‌دهد و واکنش اکسیداسیون ازن با دیگر گونه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گزارش شده است وقتی که ازن محلول در محلولهای آبی در pH کمتر از ۷ باشد، نمی‌تواند با آب واکنش دهد و به عنوان مولکول  $O_3$  موجود است. با افزایش pH، تجزیه خود به خودی ازن اتفاق

جدول ۳: فرمول‌ها و واکنشهای مورد استفاده

فرمول	شماره
$2Fe^{2+} \xrightarrow{O_3 \rightarrow O_2} 2Fe^{3+} \xrightarrow{H_2O} Fe(OH)_3$	۱
$Fe^{2+} + O_3 \rightarrow Fe^{3+} + O_3^-$	۲
$O_3^- \leftrightarrow O^- + O_2$	۳
$O^- + H_2O \rightarrow OH^0 + OH^-$	۴
$OH^- + Fe^{2+} \rightarrow OH^- + Fe^{3+}$	۵
$OH^0 + O_3 \rightarrow HO_2 + O_2$ (6)	۶
$Fe^{2+} + H_2O \rightarrow O_2 + Fe^{3+} + 2OH^-$	۷
$Mn^{+2} + O_3 + H_2O = Mn^{+4} + OH^- + O_2$	۸
$Mn^{+4} + 4OH^- = Mn(OH)_4 = MnO_2 + 2H_2O$	

حدود ۹۱/۵ و درصد حذف Mn حدود ۸۲ درصد است که درصد بالایی است و با نتایج بدست آمده از تحقیق سابیدی (۲۰۱۲) همخوانی دارد<sup>۱۷</sup>. نتایج مطالعات سانيسا (۲۰۱۷)، نیز

نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی کارایی فرایند پیش ازناسیون در حذف آهن و منگنز نشان داد که کارایی ازن در حذف Fe نسبت به Mn بالاتر است. بطوریکه درصد حذف Fe

نشان داد که ازناسیون آب آشامیدنی تاثیر قابل توجهی در حذف منگنز دارد<sup>۳۶</sup>. کلروفیل a جزء اصلی جلبکها است و معرف مناسبی برای زیست توده جلبک به شمار می رود، زیرا جلبک چه بصورت مستقیم (شکوفایی جلبکی) و چه به صورت غیرمستقیم (کاهش / افزایش اکسیژن محلول) سبب ایجاد مشکلات مرتبط با تغذیه گرایی می شود. بررسی های انجام شده نشان می دهد که راندمان حذف کلروفیل a در واحد پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز حدود ۲۱ درصد می باشد. مقایسه نتایج بدست آمده در رابطه با تاثیر پیش ازناسیون بر حذف کلروفیل a در مقایسه با بررسی های انجام گرفته توسط معصومی و همکاران (۲۰۱۹)، نشان می دهد که پیش ازناسیون بر حذف کلروفیل a تاثیرگذار است، در صورتیکه غلظت، دوز ازن، مدت زمان تماس ازن با آب و شرایط هیدرولیکی مخزن ازن زنی در شرایط بهینه باشد<sup>۳۷</sup>. همچنین موريسون و همکاران (۲۰۱۲)، نشان دادند که کلروفیل a و کلروفیل کل با پیش ازن زنی، زیاد دچار تغییر نمی شود ولی در اثر ازن زنی میانی بشدت تحت تاثیر قرار می گیرد<sup>۳۸</sup>. منابع ایجاد کننده کربن آلی در پیکره های آبی عمدتاً از طریق فتوسنتز گیاهان و مواد آلی خاک است که جزء عوامل اصلی تغییر رنگ آب می باشد. غلظت کربن آلی در آبهای سطحی معمولاً کمتر از ۱۰ و در آبهای زیرزمینی کمتر از ۲۰ میلی گرم بر لیتر است<sup>۳۹</sup>. نتایج بررسی های به عمل آمده نشان داد که میانگین تغییرات TOC آب ورودی به تصفیه خانه در طول دوره پژوهش mg/l ۸/۵ بوده که حداکثر آن ۸/۵ میلی گرم بر لیتر در اسفند ماه می باشد. لذا این افزایش TOC در اسفند ماه حاکی از افزایش کل مواد آلی محلول در آب به دلیل بارش باران و رواناب حاصله است که با نتایج تحقیقات معصومی و همکاران (۱۳۹۶ و ۱۳۹۸) که نشان دادند تغییرات فصلی در میزان تغییرات مواد آلی ورودی به آب های سطحی نقش اساسی دارد مطابقت نتایج بدست آمده از بررسی تاثیر پیش ازن زنی بر روی پارامترهای فیزیکوشیمیایی نشان داد که پیش ازن زنی بر روی

دارد<sup>۳۶</sup>. نتایج بررسی های به عمل آمده نشان داد که میانگین تغییرات TOC در آب ورودی حدود ۵/۸ میلی گرم بر لیتر است که بیشتر از استاندارد ثانویه آب شرب می باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که راندمان حذف TOC در واحد پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز حدود ۱۸/۸۳ درصد می باشد. مقایسه نتایج بدست آمده در رابطه با تاثیر پیش ازناسیون بر حذف TOC در مقایسه با بررسی های انجام گرفته توسط اورین و همکاران (۲۰۰۰) و ترابیان و همکاران (۱۳۸۵) نشان می دهد که در شرایط آزمایشگاهی پیش ازن زنی باعث کاهش کربن آلی کل می شود که بستگی به میزان TOC ورودی دارد<sup>۳۴</sup>. مطالعه موردی توسط موريسون و همکاران (۲۰۱۲)، در تعیین بازده ازناسیون در فرایندهای خالص سازی نشان داد که پیش ازن زنی و ازن زنی میانی اثرات کافی روی TOC ندارد<sup>۳۸</sup>، که با نتایج تحقیقات معصومی و همکاران در سال ۲۰۱۹ و همچنین نتایج این مطالعه همخوانی دارد<sup>۳۷</sup>. نتایج بررسی های انجام شده نشان می دهد که؛ عدم تطابق دوز و غلظت ازن متناسب با کیفیت آب ورودی، کم بودن زمان تماس ازن با آب، تغییرات دبی آب ورودی و همچنین تغییرات کیفیت آب ورودی، از جمله عوامل تاثیرگذار در رابطه با کارایی پایین واحد پیش ازن زنی در حذف رنگ و پیش سازهای ایجاد کننده رنگ در آب از جمله کلروفیل a است. همچنین سایر عوامل فرایندی و طراحی از جمله عدم اختلاط کامل مخزن، مشکلات هیدرولیکی مخزن، تزریق نامناسب ازن توسط دیفیوزرها و همچنین خرابی دیفیوزرها نیز از جمله دیگر عوامل تاثیر گذار در ایجاد پدیده های ذکر شده می باشد که باید بصورت جداگانه مورد مطالعه قرار داده شود تا بتوان کارایی واحد را در حذف ترکیبات پیش ساز رنگ بالا برد.

### نتیجه گیری

پارامترهای آهن، منگنز و کدورت بیشترین تاثیر را دارد، بطوریکه درصد حذف هر کدام از پارامترها به ترتیب برابر

تماس، دبی ورودی و کیفیت آب ورودی، عدم اختلاط کامل مخزن، نقاط کور در مخزن، اتصال کوتاه، تزریق نامناسب ازن توسط دیفیوزرها و همچنین خرابی دیفیوزرها نیز از جمله عوامل تاثیرگذار در کاهش کارایی واحد پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز بر روی پارامترهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی است که باید اقدامات اصلاحی لازم در این زمینه اتخاذ گردد.

### تقدیر و تشکر

از کلیه اساتید و پرسنل تصفیه خانه که در انجام این پروژه همکاری و هماهنگی های لازم را انجام دادند، تشکر و قدردانی می گردد.

است با ۹۱/۵، ۸۲ و ۶۲ درصد. بررسی ها نشان داد که پیش از ناسیون بر روی pH هیچ تاثیری نداشته و میانگین درصد حذف TOC برابر است با ۱۸/۸۳ درصد. همچنین رلندمان حذف رنگ در فرایند پیش ازن زنی تصفیه خانه آب کوه سبز بسیار کم (حدود ۲/۱ درصد) بوده و بیشترین درصد حذف پارامترهایی بیولوژیکی از جمله کلروفیل a برابر است با ۲۱ درصد. نتایج بررسی های نشان داد که با افزایش دوز و غلظت ازن تزریقی به آب ورودی به تصفیه خانه، میزان رنگ و سایر ترکیبات روند کاهشی نداشته و بالعکس روند افزایش را طی می کند. همچنین بررسی ها نشان داد که پارامترهای دما، pH، دوز ازن، مدت زمان تماس ازن با آب، وضعیت فیزیکی و هیدرولیکی مخزن تماس ازن با آب نیز در پدیده ایجاد رنگ در آب تاثیرگذار هستند. عدم تطابق دوز و غلظت ازن با زمان

### References

1. Mahmoudi A, Shafahee H.A, Roudbari A.A. The effects of water ozonation on disinfection by-product formation, J IJHS 2015; 1 (1): 32-35.
2. Kazi T, Virupakshi A. Treatment of tannery wastewater using natural coagulants, J IIRSET 2013; 2 (8): 4061-4068.
3. Hammer MJ. Water and Wastewater Technologies, 6 th edition, Prentice Hall of India Mass Market Paperback Mass Market Paperback 2207; 137-158.
4. Majidi M. Optimization of the Flocculation process and continuous filtration for the purpose of a preliminary purification of sea water in order to reduce SDI to enter the reverse osmosis system. Master of Science Degree in Environmental Engineering in Water Resources. (M Sc) Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran ;2010.
5. Talebzadeh Nahr N. Study of physical and chemical properties Water output from household water purifiers, Master Thesis in Environmental Health Engineering, Tabriz University of Medical Sciences and Health Services, Faculty of Health 2017 ; 4-10.
6. Masoomi B, Jafarzadeh Haghighi Fard N, Tabatabaei T, Kuhgardi E, Jorfi S. Evaluation of pre-ozonation unit efficiency in turbidity and TOC removal (case study: Kouhsabz water treatment plant). J W Eng 2017; 5(2): 91-100.
7. Theodoro J.D, Lenz G.F, Zara R. F, Bergamasco, R. Coagulants and natural polymers: perspectives for the treatment of water. Plastic and Polymer Technology 2013; 2 (3): 55-62.
8. Miranzadeh M. B, Rabbani D.K. Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Kashan during 2008, Feyz: (J KUMS) 2010 ;14 (2): 120-125.
9. Nemati B, Sadeghi M, Fadaei A, Sedehi M, Azari, M, Mohammadi, T. Investigation of color removal and turbidity in waters containing natural organic matter using Combined system of advanced coagulation and direct filtration, J SUMS 2016 ; (2) 18: 122-131.
10. Kale VS, Vijay S. Consequence of temperature, pH, turbidity and dissolved oxygen water quality parameters, J IJARSET 2016 ; (8): 186-190.
11. Masoomi B, Mohammadi R. Principles of water treatment. Tabriz, Forouzeh 2011; 30.
12. Zandieh M. Decomposing the red reactive in the aquatic environment by combining ozone with UV ray in a bubble column reactor [dissertation]. Kermanshah: University of Razi; 2012.
13. Ramasamy R. K , Rahman N , San W. C. Effect of temperature on the ozonation of textile waste effluent, J CTech 2001; 117 (2): 95-97.
14. Nafri M. Investigation of disinfection methods of drinking, sanitary and industrial waters, Tehran. Green Head Publications 2003.

15. Askari Q , Seid Mohammadi A. Combining the process of catalytic ozonation with the process of biologically activated carbon of the fluidized bed (FBR) in the removal of precursors of trihalomethanes, 15th National Conference on Environmental Health, Gilan, 9-11 November, Guilan University of Medical Sciences 2012; 82.
16. Malik M.A , Ghaffar A , Malik S.A. Water purification by electrical discharges, J JPSST 2001; 10(1).
17. Subedi D.P, Tyata RB , Khadgi A , Wong C. S . Physicochemical and Microbiological Analysis of Drinking Water Treated by Using Ozone (Analisis Fisikokimia dan Mikrobiologi Air Minimum yang dirawat dengan Ozon), Sains Malaysiana 2012; 41 (6): 739 –745.
18. Van S , Andries L. Activated carbon and ozone as supplementary water treatment options at Rietveti Dam [dissertation]. South Africa: Rand Afrikaans University 2012.
19. Seifipour F, Samadi MT, Awazpour M, Investigation of aldehyde formation during ozonation process in Shahid Beheshti Water Treatment Plant. Hamadan, 16th National Conference on Environmental Health, Tabriz, Tabriz University of Medical Sciences 2013; 11- 9 October, School of Health: 33.
20. Zare M.R, Aali R, Shahriari A. Iron and Manganese in Drinking Water: Concerns and Possible Problems, J JPH 2016; (2) 3: 34-42 .
21. Alidadi H. Disinfectants in water and wastewater treatment, Isfahan Water Treatment Plant Publications 2000.
22. Ghadimkhani A.A, Torabian A, Mehrabadi A. R. Preozonation and prechlorination effect on TOC removal in surface water treatment, J PJBS 2006; 9 (4): 708-712.
23. Torabian A, Ghadimkhani A, Rashidi Mehrabadi A, Shokouhi Harandi M, Janbeglu R. Preozonation effect on total organic carbon removal in surface water treatment. WWJ 2006; 17(2): 2-9.
24. Orren D. S, Tobiason J. E. Preozonation effects on coagulation, J AWWA 2000; 92 (10): 74–87.
25. Salmani Khas N, Bid Hindi Gh. Evaluation of efficiency of different units of Tehranpars water treatment plant in elimination TOC, JES 2006; 41 (33): 1-4.
26. Mansouri R, Arabshahi H. Evaluation of the performance of ozone application in the removal of pollutants from the water of Karun River, SJWE 2001; 48-49.
27. Shah Mansouri M R, Kargar M. Evaluation of ozonation efficiency in reduction of total organic carbon and coliform bacteria in Isfahan water refinery. WWJ 2005; 54: 43-46
28. Mousavi SP, ehampoush MH, Mahav AH. Investigation of the effect of humic acid removal on acidic conditions of aqueous solutions with the use of single-walled carbon nanotubes. J ZMS, Kurdistan University of Medical Sciences; 2014: 14: 37-47.
29. Ministry of Energy, Program and Budget Organization. Guide to operation and maintenance of water treatment plants, Issue 177, 1998; 96-103.
30. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23RD Edition , American Public Health Association, AWWA, Water Environment Federation 2017.
31. National Standard of Iran 1053. Drinking water - physical and chemical properties, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Technical Commission for Standardization (Fifth Review) 1997; 5.
32. Masoomi B, Jafarzadeh Haghighi Fard N, Tabatabaei T, Kuhgardi E, Jorfi S. Investigating the factors affecting water quality in the pre-ozonation process and presenting a stable model of operation with the help of fluid dynamics (Case study: Study of laboratory scale in Kuh Sabz water treatment plant in Fars province), Thesis on Environmental Engineering -Water and Wastewater» PH.D« Islamic Azad University Bushehr Branch 2019.
33. Morrison S, Venter A, Barnard S. A case study to determine the efficacy of ozonation in purification processes, J Water SA 2012; 38 (1): 49-54.
34. Zare M.R, Aali R, Shahriari A. Iron and Manganese in Drinking Water: Concerns and Possible Problems, J PH, 2016; (2) 3: 34-42 .
35. Spartan Environmental Technologies Air and Water Treatment. Iron and Manganese Removal Using Ozone Water Treatment 2019. www.spartanwatertreatment.com.
36. Sunisa J, Tinnakorn K, Kitirote W. Manganese Removal from Aqueous Solution by Ozonation Process Designed by Box-Behken Design (BBD), Applied Environmental Research 2017; 39 (1), pp. 1-10.
37. Masoomi B, Jafarzadeh Haghighi Fard N, Tabatabaei T, Kuhgardi E, Jorfi S. The Impact of Water Quality Entering the Refinery on the Formation of Color and Foams in Water Purification Process Units (Case Study: Koohsabz Drinking Water Treatment Plant), J EHE 2019; 7( 2): 212-230.

# The Study of Pre-ozonation effects on Physicochemical and Biological Properties of Drinking Water

\*Bahman Masoomi

*Regional Water Company of Fars, Fars, Iran*

*Email:masoomi37@gmail.com*

*Received: 11 July 2021; Accepted: 20 September 2021*

## ABSTRACT

**Background and objectives:**Pre-ozonation in water treatment is used for various purposes such as; improving the coagulation process, reducing the production of trihalomethanes, color removal, removal of iron and manganese, control of microorganisms, and removal of organic matter. The main objective of this paper is to investigate the effects of pre-ozonation on the physical, chemical, and biological properties of drinking water.

**Methods:**This study on a real scale was conducted on the pre-ozonation unit of the Koohsabz drinking water treatment plant for 6 months. In this study, sampling of raw water entering the pre-ozonation unit and ozonized water was done randomly with glass sampling containers. 4 samples per month and a total of 24 samples were taken to evaluate the trends of changes in the parameters. The necessary tests according to the method presented in the standard method book (twentieth edition) on the samples have been done to investigate the effects of pre-ozonation on the physicochemical and biological parameters.

**Results :**The studies showed that the turbidity and TOC (Total Organic Carbon) removal efficiency in the pre-ozonation process of the Koohsabz drinking water treatment plant was about 62% and 18.83%, respectively, and it has no effect on pH. Also, the removal rate of Fe and Mn in the pre-ozonation process was 91.5 and 82%, respectively. Evaluate the effectiveness of pre-ozonation in watercolor removal showed that, by increasing the dosage and the concentration of ozone injection, significant changes did not occur on further reduction of color and color precursors and the removal rate of color precursor compounds, such as the chlorophyll a, is about 21%.

**Conclusion:**The results indicated that ozone could not change any physical parameters such as pH and color, but it has a significant effect on the chemical properties and reduced biological parameters by about 21%.

**Keywords:** Pre-ozonation, Koohsabz Water Refinery, Physicochemical and biological properties, Water quality, removal efficiency.