

بررسی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب

شرب

* بهمن معصومی

سازمان آب منطقه ای فارس، فارس، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۹/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: عملکرد ازن در گندزدایی آب به عوامل فرایندی و همچنین پارامترهای طراحی واحد ازن زنی وابسته است که طراحی نامناسب واحد ازن زنی و عدم تناسب میزان دوز ازن با کیفیت آب مورد استفاده باعث ایجاد تغییراتی در کیفیت آب می‌گردد. هدف کلی این مطالعه بررسی تأثیرگذاری عوامل فرایندی حاکم بر ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب است. روش کار: این مطالعه در مقیاس پایلوتی در ۴ سناریو مختلف جهت بررسی تأثیرگذاری عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شبیه‌سازی شده (کدورت، رنگ، کلروفیل a، pH و TOC) انجام گرفته است. در کلیه سناریوها دوز ازن بین ۱ تا ۵ گرم بر ساعت در نظر گرفته شده است. مدت زمان تماس (دقیقه)، دما (درجه سانتی‌گراد) و pH به ترتیب در سناریوهای ۱ تا ۴ برابر است است با؛ ۵، ۲۳/۹ و ۵/۶-۴ (سناریو ۱)، ۱۰، ۲۳/۸ و ۵/۶-۶/۸ (سناریو ۲)، ۱۵، ۲۳/۸ و ۶/۸ (سناریو ۳) و ۲۰، ۲۳/۶ و ۸/۶ (سناریو ۴). یافته‌ها: نتایج بررسی‌ها نشان داد که دوز ازن تزریقی، مدت زمان تماس ازن با آب، pH و دما بیشترین تأثیر در عملکرد ازن زنی دارد. میانگین درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a در سناریوهای ۱ تا ۳ به ترتیب برابر است با؛ (سناریو ۱؛ ۱۲/۸۵، ۱/۰۵، ۵/۳، ۱/۸ و ۴۱/۸٪)، (سناریو ۲؛ ۱۴/۳۵، ۱۲/۳، ۱۲/۷۵ و ۶۰٪)، (سناریو ۳؛ ۳۱/۶۵، ۱۶/۳، ۱۸ و ۶۷/۳٪). نتایج نشان داد که در سناریو ۴ با pH قلیایی (۱۰/۶) و میانگین دمای ۲۳/۶ درجه سانتی‌گراد با دوز ازن تزریقی ۵ گرم بر ساعت و مدت زمان تماس ۲۰ دقیقه، درصد حذف پارامترهای کیفی نمونه آب از جمله؛ کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a بالاتر از سایر سناریوها بوده و به ترتیب برابر است با: ۴۴/۰۷، ۳۲/۶، ۳۹/۸ و ۹۲/۷٪.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که از بین عوامل فرایندی حاکم بر ازن زنی؛ دما و pH بیشترین تأثیر را بر ازناسیون آب دارد، بطوریکه همزمان با کاهش دما و افزایش pH درصد حذف پارامترها افزایش می‌یابد. مدت زمان تماس و دوز ازن تزریقی تأثیر مستقیم در حذف پارامترها دارد، بطوریکه تأثیر این دو پارامترها بر روی پارامترها بستگی به شرایط هیدرولیکی مخزن ازن زنی و همچنین کیفیت آب خام دارد. بررسی سناریوهای مختلف نشان داد که در شرایط مطلوب ازن زنی بیشترین درصد حذف پارامترها به ترتیب مربوط به کلروفیل a، کدورت، رنگ و TOC است.

کلمات کلیدی: پایلوت، ازناسیون، عوامل فرایندی، پارامترهای کیفی آب.

مقدمه

در سال‌های اخیر به منظور بهینه سازی عملیات تصفیه آب شرب روش‌های پیشرفته‌ای مانند استفاده از ازن ماوراء بنفش جایگزین روش‌های سنتی گردیده است.^{۱،۲} از ناسیون یک روش متداول و ضروری برای گندزدایی آب در فرایندهای تصفیه آب آشامیدنی است.^۳ ازن به دلیل داشتن ظرفیت اکسید کنندگی قوی، قابلیت استفاده در مراحل مختلف تصفیه خانه را دارد.^۴ شیمی از ناسیون مکانیسم حذف رنگ را با استفاده از اکسید کردن ماده آلی مشخص می‌کند و با مطالعه منبع ورود آن می‌توان مواد احتمالی باقیمانده در محیط را تعیین و در جهت حذف آن اقدام نمود.^۵ ازن برای مقاصد مختلفی از جمله بهبود فرایند انعقاد، حذف جلبک‌ها، اکسیداسیون مواد آلی و غیر آلی، کنترل و حذف عوامل ایجاد کننده بو و رنگ در تصفیه آب استفاده می‌شود.^۶ ازن دارای معایبی از قبیل حلالیت پایین در آب، سرعت واکنش پایین با بعضی از ترکیبات آلی و عدم تجزیه کامل ترکیبات آلی مقاوم از قبیل ترکیبات آلی طبیعی می‌باشد. عمده‌ترین مشکل فرایند از ناسیون آب شرب تولید محصولات جانبی از ناسیون است که منجر به رشد مجدد باکتری‌ها و رشد و افزایش بیوفیلم در لوله‌های آب‌رسانی می‌گردد.^۷ از جمله این محصولات جانبی فرایند از ناسیون آب عبارتند از: برومات، آلدئیدها و فرمالدئید، اسیدهای آلدو و کتو، اسیدهای کربوکسیلیک و پراکسیدها، بروموفرم، اسیدهای برومین، برومواستونیتریل‌ها.^۸ بنابراین نقش ازن در تصفیه آب و پساب به‌عنوان یک عامل اکسیدکننده و نیز یک ترکیب گندزدا حائز اهمیت می‌باشد.^۹ نتایج باقری طالخونچه (۱۳۸۰) در بررسی و مقایسه کارایی کلر و ازن در گندزدایی اولیه تصفیه آب نشان داد که قدرت میکروبی کشی ازن نسبت به کلر خیلی بالاست.^{۱۰} باتوجه به کاربرد و خواص متنوع ازن در تصفیه آب، مصرف ازن در هریک از موارد در حد معینی است که ممکن است این مقادیر با یکدیگر در تضاد باشند و این امر ممکن است که باعث ایجاد تغییراتی در کیفیت آب ازن زنی شده

گردد.^{۱۱} استفاده از ازن در فرایند گندزدایی آب بستگی به اهداف از ناسیون و پارامترهای فرایندی از جمله؛ pH، دما، دوز و غلظت ازن تزریقی، زمان تماس و پارامترهای طراحی از جمله دبی آب ورودی، حجم راکتور، تعداد دیفوزرها و محل تزریق ازن و سایر مشخصات آب دارد.^{۱۱} از جمله پارامترهای کیفی آب که در این مطالعه اثرات از ناسیون بر روی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است عبارتند از: کدورت، رنگ، کلروفیل a و کل کربن آلی (TOC). کدورت پدیده‌ای است که میزان شفافیت آب را مشخص می‌کند و به‌عنوان یک خاصیت ظاهری آب محسوب می‌گردد.^{۱۲} در مرحله پیش ازن زنی، ازن از طریق ناپایدار کردن ذرات معلق و خنثی سازی بار ذرات کلونیدی موجبات حذف کدورت را فراهم می‌نماید.^{۱۳} رنگ یک پارامتر نوری متشکل از جذب بخشی از طیف پرتوهای قابل مشاهده توسط مواد حل شده در آب، مواد کلونیدی و ذرات معلق موجود در آب یا فاضلاب است.^{۱۳} کربن آلی در منابع آبی می‌تواند به‌طور مستقیم ناشی از گیاهان فتوسنتز کننده و یا به‌طور غیر مستقیم از مواد آلی خاک باشد.^{۱۴} کل کربن آلی موجود در آب یا فاضلاب، ترکیبات گوناگون آلی در شرایط اکسیداسیونی متفاوت هستند.^{۱۵} اغلب موارد برای تحلیل مواد آلی طبیعی از پارامتر TOC استفاده می‌شود. کلروفیل a جزء اصلی جلبک‌ها است و معرف مناسبی برای زیست توده جلبک به‌شمار می‌رود، زیرا جلبک چه بصورت مستقیم (شکوفایی جلبکی) و چه به‌صورت غیر مستقیم (کاهش/افزایش اکسیژن محلول) سبب ایجاد مشکلات مرتبط با تغذیه گری می‌شود.^{۱۳} پارامترهای فرایندی از جمله دما، pH، مواد محلول در آب، غلظت ازن، مدت زمان تماس و همچنین ترکیبات آلی و معدنی قابل اکسیداسیون در آب از عوامل اثرگذار در انحلال ازن در آب هستند.^{۱۳} انحلال ازن در محلول آبی اساساً تحت تأثیر فشار جزئی ازن در فاز گازی، دمای آب و اندازه حباب‌های توزیع شده در محلول می‌باشد.^{۱۶} که با افزایش فشار گاز ازن در کنتاکتور ازن زنی حلالیت ازن در

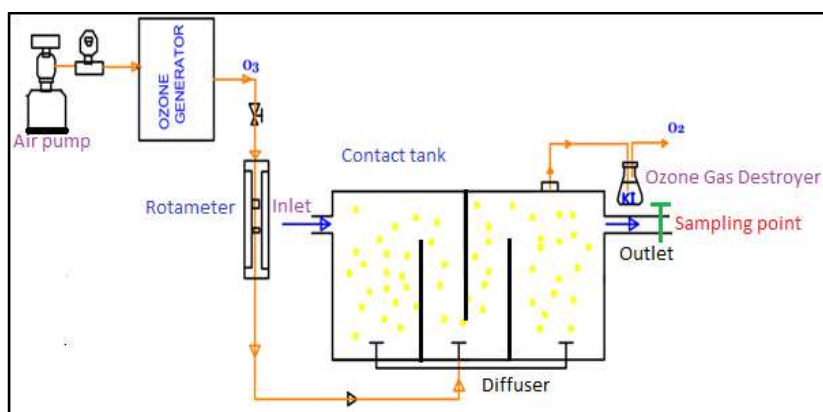
مواد و روشها:

در این مطالعه از یک مخزن ۲۰ لیتری شیشه ای با ابعاد (cm) ۴۰*۲۵*۲۰ برای انجام فرایند ازن زنی استفاده شده است. مخزن ازن زنی با کمک بافلهای شیشه ای به ۴ سلول تقسیم شده و در هر سلول یک عدد دیفیوزر حبابی کار گذاری شده است. ازن موردنیاز به وسیله یک دستگاه مولد ازن مدل ۲۷ OPW با ظرفیت اسمی ۵ گرم بر ساعت و با استفاده از یک پمپ هوا تأمین گردیده است. ازن تولید شده در ادامه از طریق ۴ عدد دیفیوزر (سنگ هوا) به صورت حباب های بسیار ریز از کف وارد راکتور می شود. مشخصات ازن ژنراتور مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. فرایند ازن زنی نمونه آب شرب شیشه سازی شده در سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۴ سناریو) و در هر مرحله از نمونه آب ازن زنی شده نمونه برداری کرده و مورد آزمایش قرار گرفته است. در سناریو ۱ تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب شیشه سازی شده در دوزهای مختلف ازن (۱ تا ۵ گرم بر ساعت) در مدت زمان تماس ۵ دقیقه و pH های مختلف از (۴ تا ۵) در دمای تقریبی ۲۳/۹ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفته است. در سناریوی دوم با افزایش مدت زمان تماس از ۵ دقیقه به ۱۰ دقیقه در pH های مختلف (۶/۸-۵/۶) و با دوز ازن تزریقی ۱ تا ۵ گرم بر ساعت در دمای ۲۳/۸ درجه سانتی گراد روند تغییرات پارامترها بررسی شده است. در سناریوی سوم، دوز ازن تزریقی را ۱ تا ۵ گرم بر ساعت در نظر گرفته، مدت زمان تماس ازن با آب را به ۱۵ دقیقه افزایش داده، میزان pH و دما به ترتیب برابر است با ۶/۸ و ۲۳/۸ درجه سانتی گراد. در سناریو ۴، نمونه آب شرب با pH بین ۶/۸-۸/۶ و میانگین دمای ۲۳/۶ درجه سانتی گراد با دوز ازن تزریقی از ۱ تا ۵ گرم بر ساعت به مدت ۲۰ دقیقه ازن زنی شده است. از خاک رس، کائولین و اسید هیومیک پودری برای شبیه سازی کدورت و کل کربن آلی (TOC) نمونه آب استفاده شده است. برای شبیه سازی کدورت از خاک رس و کائولین (استفاده از الک

آب افزایش می یابد^{۱۷}. دوز ازن تزریقی و همچنین مدت زمان تماس ازن با آب، نقش مهم و اساسی در عملکرد فرایند ازن زنی دارد، بطوریکه اگر همزمان با افزایش دوز ازن تزریقی به سیستم مدت زمان تماس ازن با آب افزایش نیابد واحد ازن زنی کارایی لازم را نداشته و عملکرد ضعیف واحد ازن زنی بر روی فرایندهای بعدی تصفیه مشکل ایجاد می کند^{۱۳}. نتایج مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) نشان داد که یک رابطه خطی بین میزان تولید محصولات جانبی فرایند ازناسیون آب و دوز ازن بکار رفته وجود دارد^{۱۸،۱۹}. همچنین هوانگ و همکاران (۲۰۰۴ و ۲۰۰۵) نشان دادند که هرچه میزان دوز ازن کاربردی در ازناسیون آب پایین تر باشد غلظت محصولات جانبی تولیدی نیز پایین تر است^{۲۰،۲۱} و برعکس پرتو در سال ۲۰۰۰، نشان داد که پارامترهای دما و pH از جمله عوامل تأثیرگذار در فرایند ازناسیون آب می باشند بطوریکه در دماهای بالا (۲۲ درجه سانتی گراد) و pH بین ۶ تا ۸، میزان تولید محصولات جانبی فرایند ازن زنی افزایش می یابد^{۲۲}. بررسی ترابیان و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد پیش ازن زنی نه تنها مقادیر مورد نیاز حذف کربن آلی کل را تأمین می کند، بلکه باعث بهبود حذف کربن آلی کل نیز می شود^{۱۲}. معصومی و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان دادند که در دماهای بالا انحلال ازن در آب کاهش می یابد و برعکس در در دماهای پایین همراه با افزایش pH انحلال ازن در آب افزایش یافته و فرایند ازناسیون به نحو مطلوب انجام می گیرد^{۱۳}. هدف کلی انجام این پژوهش بررسی تأثیر عوامل فرایندی موثر بر واحد پیش ازن زنی (دما، pH، دوز و غلظت ازن تزریقی، مدت زمان تماس ازن با آب) بر روی پارامترهایی کیفی آب از جمله کدورت، رنگ، کلروفیل a، pH و TOC است که با اجرای پایلوت ازن زنی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مهمترین نوآوری این مطالعه بررسی چگونگی تأثیر گذاری همزمان عوامل فرایندی حاکم بر ازناسیون بر روی پارامترهای کیفی آب است.

رنگ نمونه آب شبیه‌سازی شده به $19/6$ TCU رسیده است. تست نمونه‌ها و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز مطابق روشهای ذکر شده در کتاب استاندارد متد و روشهای دستگاهی می‌باشد. pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه متروم سوئیس مدل ۸۳۰، TOC با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR4000 متد ۱۰۱۲۹، میزان کدورت مطابق استاندارد متد با استفاده از روش نفلومتری با دستگاه ۲۱۰۰ N مارک HACH آمریکا، کلروفیل a با دستگاه آلکاتورچ مدل bbe و رنگ با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (C_{2120}) اندازه‌گیری شده است. در ادامه شروع به اجرای پایلوت ازن زنی کرده و تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شبیه‌سازی شده (کدورت، رنگ، کلروفیل a، سیانوباکترها، pH، TOC) مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ۳، دستورالعمل‌ها، روش‌ها، تجهیزات، روش و شماره استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب مورد بررسی آورده شده است. شکل کلی راکتور مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۱ و کیفیت نمونه آب شبیه‌سازی شده جهت بررسی تأثیر ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب در جدول ۴ آورده شده است.

استاندارد شماره ۲۰۰) و برای شبیه‌سازی کل کرین آلی از اسید هیومیک پودری با خلوص ۹۵ درصد و برای شبیه‌سازی کلروفیل a از جلبکهای سبز استفاده شده است. برای تامین نیترات مورد نیاز جلبک‌ها از نیترات سدیم ($NaNO_3$) و برای تنظیم pH نمونه آب از اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم استفاده شده است. برای شبیه‌سازی کدورت از کائولین ۹۵ درصد استفاده شده و سپس کدورت حاصل را با دستگاه آلکاتورچ اندازه‌گیری گردید. جدول ۲ مواد مورد استفاده جهت بررسی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب را نشان می‌دهد. میزان کدورت در ابتدا ۱۲ FTU بوده که با اضافه کردن رس و کائولین، میزان کدورت شبیه‌سازی شده به ۲۰ FTU رسیده است. با تست نمونه‌ها و اندازه‌گیری کدورت توسط دستگاه آلکاتورچ، با اضافه کردن ۳/۷ گرم از پودر کائولین به آب شبیه‌سازی شده میزان کدورت آب به ۲۱/۸ FTU رسیده است. برای شبیه‌سازی مواد آلی از اسید هیومیک با درجه خلوص ۹۵ درصد استفاده شده است که در مرحله اول حدود ۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در مرحله بعد با افزایش میزان اسید هیومیک و با تست نمونه‌ها میزان مواد آلی از جمله TOC، حدود ۹/۵ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین میزان



شکل ۱- طرح شماتیک پایلوت آزمایشگاهی ازن زنی

بررسی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب

جدول ۱- مشخصات ازن ژنراتور مورد استفاده

Model	OPW۲۷	V	۲۲۰/۲۳۰
S.N	۵۲۵۴۵/۱۹	W	۳۶
Date of Manufacture	۲۰۱۴	F	۵۰
Type of feed Gas	Air-Oxygen	Working	Duty
Flow Rate	۵/۵ Lpm	Temp	۴۵ °C
Ozone Rate	۵ gr/h	Method of Cooling	Water or air
Ozone Concentration	۱۵ Ppm	Mode by	TTF.CO

جدول ۲- مواد و تجهیزات مورد استفاده جهت بررسی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای

کیفی آب شرب

ردیف	مواد مورد استفاده	درجه	موارد استفاده
۱	خاک رس	۹۵٪	شبیه سازی کدورت
۲	کائولین	۹۵٪	شبیه سازی کدورت
۳	اسید هیومیک	۹۵٪	شبیه سازی ترکیبات آلی
۴	جلبک های سبز-	۱۰۰٪	جهت تأمین کلروفیل a

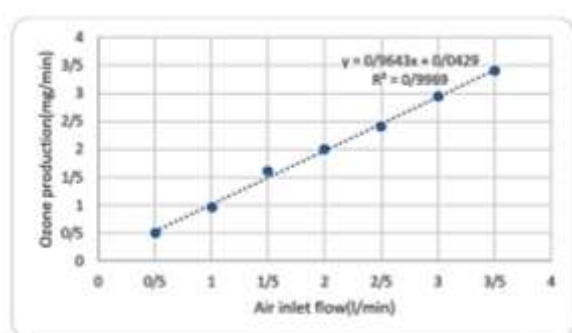
جدول ۳- دستورالعمل ها، تجهیزات، روش و شماره استاندارد برای اندازه گیری پارامترهای کیفی آب^{۲۴}

ردیف	پارامتر	نوع تجهیزات	روش اندازه گیری	دستورالعمل های فنی	شماره استاندارد
۱	pH	pH متر	دستگاهی	Methods For Standard The Examination of Water and weast water	HB۴۵۰۰
۲	دما	دما سنج	دستگاهی		B۲۲۵۰
۳	کدورت	کدورت سنج	کدورت به روش نفلومتری		B۲۱۳۰
۴	TOC	دستگاه DR ۵۰۰۰	دستگاهی		A۵۳۱۰
۵	کلروفیل a	اسپکتروفتومتر	اسپکتروفتومتری		دستگاه آکاتورج
		دستگاه آکاتورج	دستگاهی		
۶	رنگ	اسپکتروفتومتر	اسپکتروفتومتری	Standard Methods For The Examination of and weast water Water	C۲۱۲۰

جدول ۴- کیفیت آب شبیه سازی شده جهت بررسی تأثیر ازن زنی در کاهش پارامترهای کیفی آب

پارامتر	کلروفیل a (mg/m3)	کدورت (FTU)	pH	دما (°C)	TOC (mg/l)	رنگ (TCU)
نمونه ۱	۱/۳	۲۲/۴	۸	۲۳/۸۶	۸/۲	۲۲/۲
نمونه ۲	۱/۲	۲۱/۶	۸/۱	۲۳/۷۷	۹/۶	۲۱/۶
نمونه ۳	۱/۸	۲۱/۶	۸/۱	۲۳/۸۳	۹/۸	۱۸/۶
نمونه ۴	۱/۲	۲۱/۶	۸/۱	۲۳/۸۴	۱۰/۴	۱۵/۸
میانگین	۱/۳۷۵	۲۱/۸	۸/۰۸	۲۳/۸۳	۹/۵	۱۹/۶

۰، ۳/۰۶، ۳۴/۵٪ با افزایش دوز ازن از ۱ gr/hr به ۵ gr/hr، با افزایش pH به ۵/۶ در دمای ۲۳/۸۰ درجه سانتی‌گراد و با مدت زمان تماس ۵ دقیقه، درصد حذف پارامترها افزایش می‌یابد، بطوریکه درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با ۱۷/۴، ۲/۱، ۷/۷ و ۴۹/۱٪. در شکل ۳(A) روند تغییرات پارامترهای کیفی نمونه آب شرب ازن زنی شده به مدت ۵ دقیقه در دوزهای مختلف ازن نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار ظرفیت ازن تولیدی نسبت به هوای ورودی به ازن ژنراتور

در سناریوی دوم با افزایش مدت زمان تماس از ۵ دقیقه به ۱۰ دقیقه در pH و با دوز ازن تزریقی ۱ گرم بر ساعت و دمای ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سناریو اول میزان کاهش پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با: ۲/۱، ۱۸/۳، ۹/۲، ۴۹/۱٪. با افزایش دوز ازن از ۱ به ۵ گرم بر ساعت و در pH اسیدی (۶/۸)، درصد حذف پارامترها افزایش یافته، بطوریکه درصد حذف هر کدام از پارامترهای کدورت، TOC و رنگ و کلروفیل a در دمای ۲۳/۹ به ترتیب برابر است با ۲۶/۶، ۶/۳، ۱۶/۳، ۷۰/۹٪. در شکل ۳(B)، روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کاتولین + اسید هیومیک ۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۱۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن آورده شده است. نتایج بدست آمده از سناریوی سوم نشان داد که درصد کاهش پارامترها نسبت به حالت‌های قبل (مرحله ۱ و ۲) افزایش چشمگیری داشته است.

برآورد میزان تولید ازن توسط دستگاه ازن ژنراتور:

دستگاه ازن ژنراتور مورد استفاده در این تحقیق با مشخصات ذکر شده در جدول ۱، از شرکت طریقت طب فارس با ظرفیت تولید ازن ۵ گرم در ساعت ازن خریداری شده است. برای تعیین ظرفیت ازن زنی دستگاه ازن ژنراتور و همچنین مقدار ازن وارد شده به سیستم تصفیه، گاز ازن تولید شده توسط

جدول ۵- میزان ازن تولیدی در ازن ژنراتور نسبت به جریان

هوای ورودی

ردیف	جریان هوای ورودی (l/min)	ازن تولیدی (mg/min)
۱	۰/۵	۰/۵
۲	۱	۰/۹۵
۳	۱/۵	۱/۶
۴	۲	۲
۵	۲/۵	۲/۴
۶	۳	۲/۹۵
۷	۳/۵	۳/۴

ازن ژنراتور با استفاده از دستگاه ازن سنج پالین تست اندازه‌گیری شده است. در جدول ۵، جریان هوای ورودی به راکتور با روماتر تنظیم و اندازه‌گیری شده است. ظرفیت تولید ازن توسط دستگاه ازن ژنراتور در نمودار شکل ۲ آمده است. نمودار نشان می‌دهد که بین جریان هوای ورودی برحسب لیتر در دقیقه و ازن تولیدی برحسب میلی‌گرم در دقیقه همبستگی خوبی وجود دارد ($R^2=0.9970$).

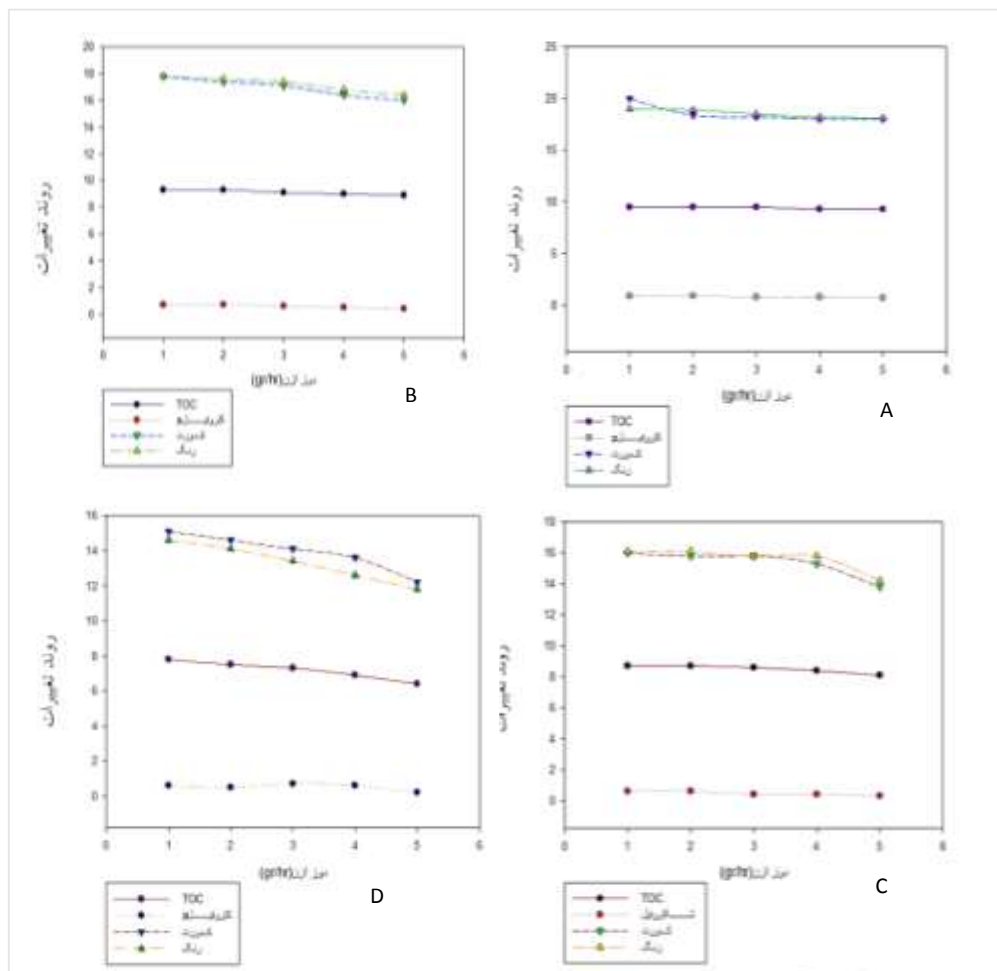
یافته‌ها

نتایج بدست آمده در سناریو ۱ نشان داد که در مدت زمان تماس ۵ دقیقه، دوز ازن ۱ gr/hr در pH اسیدی (۴) و میانگین دمای ۲۴/۳۵ درجه سانتی‌گراد، میزان تغییرات کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با ۸/۳،

بررسی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب

ساعت در pH قلیایی (۱۰/۶) و دمای ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر است با ۴۴/۰۷، ۳۲/۶، ۳۹/۸ و ۹۲/۷. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که ازن زنی بر روی کلروفیل a بیشترین تأثیر را داشته است، بطوریکه تقریباً ۹۰ درصد کلروفیل را در مدت زمان تماس ۲۰ دقیقه از بین می‌برد. میزان تغییرات دما از مرحله ۱ تا مرحله ۴ ازن زنی روند کاهشی داشته، بطوریکه دما از ۲۴/۳۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله ۱ به ۲۳/۵۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله ۴ می‌رسد. در شکل ۳ (D) روند تغییرات کیفیت نمونه آب شرب (نمونه آب + کاتولین + اسید هیومیک ۰.۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۲۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن نشان داده شده است.

بطوریکه درصد حذف کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a در مدت زمان تماس ۱۵ دقیقه با میزان دوز ازن تزریقی ۱ گرم بر ساعت به ترتیب برابر است با: ۲۶/۶، ۱۷/۹، ۸/۴، ۵۶/۴٪. با افزایش میزان دوز ازن تزریقی به ۵ گرم بر ساعت در (۶/۸ pH) و دمای ۲۳/۶۰ به ترتیب برابر است با ۳۶/۷، ۱۴/۷، ۲۷/۶ و ۷۸/۲٪. در شکل ۳ (C) روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کاتولین + اسید هیومیک ۰.۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۱۵ دقیقه در دوزهای مختلف ازن آورده شده است. در سناریو ۴ در مقایسه با سناریوهای ۱ تا ۳، میزان درصد حذف پارامترها به مراتب بالاتر می‌باشد، بطوریکه درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a با دوز ازن تزریقی ۵ گرم بر



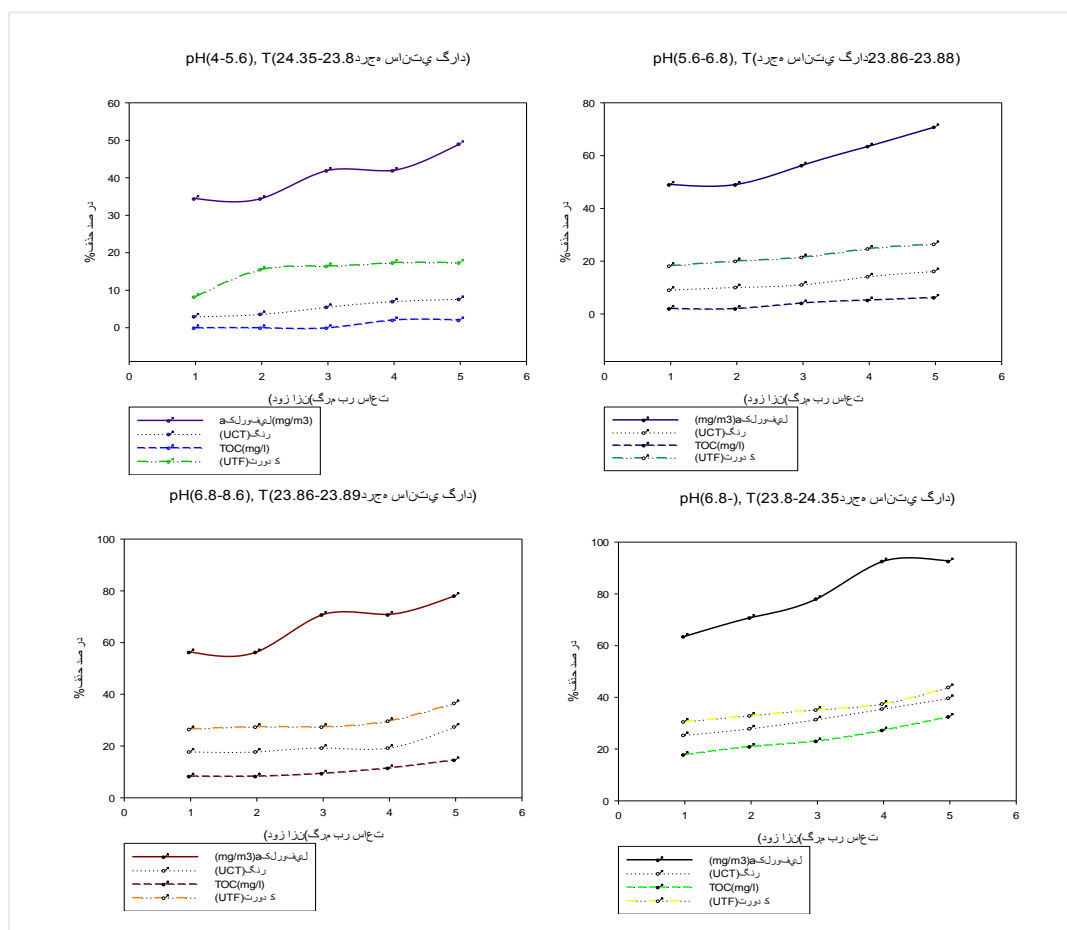
شکل ۳- روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کاتولین + اسید هیومیک ۰.۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن

کمتر بوده و کلروفیل a با ۴۹/۱ درصد بیشتر از بقیه پارامترها است. بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی میزان درصد حذف پارامترها مشاهده می شود که با افزایش مدت زمان تماس همراه با افزایش دوز ازن تزریقی درصد حذف پارامترها نیز افزایش می یابد. میزان درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ، کلروفیل a از مدت زمان تماس ۵ دقیقه به مدت زمان تماس ۲۰ دقیقه افزایش چشمگیری داشته و به ترتیب برابر است با ۴۴، ۳۲، ۳۹/۸، ۹۲/۷ درصد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدت زمان تماس ازن با آب و همچنین دوز و غلظت ازن تزریقی از مهم ترین پارامترها در عملکرد گندزدایی آب توسط ازن است.

مقایسه درصد حذف پارامترها در سناریوهای

مختلف:

در شکل ۴ میزان درصد حذف پارامترها در دوزهای مختلف ازن در مدت زمان ۵ تا ۲۰ دقیقه نشان داده شده است. با توجه به نتایج شکل ۴، مشاهده می شود که افزایش دوز ازن تزریقی و افزایش pH تأثیر مثبت در حذف پارامترها دارد، بطوریکه درصد حذف پارامترها در دوز ازن تزریقی ۵ گرم بر ساعت و pH ۵/۶ نسبت به حالت های دیگر بیشترین درصد حذف پارامترها را دارند. در این حالت درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با ۱۷/۴، ۲/۱، ۷/۷، ۴۹/۱ درصد، که درصد حذف TOC از بقیه پارامترها



شکل ۴- مقایسه درصد حذف پارامترها در دوزهای مختلف ازن (۲ تا ۵ گرم بر ساعت) در مدت زمان تماس ۵ تا ۲۰ دقیقه در pH و دماهای مختلف

تحلیل آماری درصد حذف پارامترها

در دوزهای مختلف ازن

در ادامه تحلیل آماری انجام شده بر روی نتایج بدست آمده از ازن زنی نمونه آب شرب شبیه‌سازی شده با کمک نرم‌افزار سیگما پلات انجام شده است. رگرسیون خطی داده‌ها بر اساس (مدت زمان - تغییرات پارامترها) با ۲۰۰ تکرار محاسبه شده است. تغییرات پارامترها در مدت زمان تماس (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ دقیقه) با دوز ازن تزریقی ۱ تا ۵ گرم بر ساعت با کمک نرم سیگما پلات

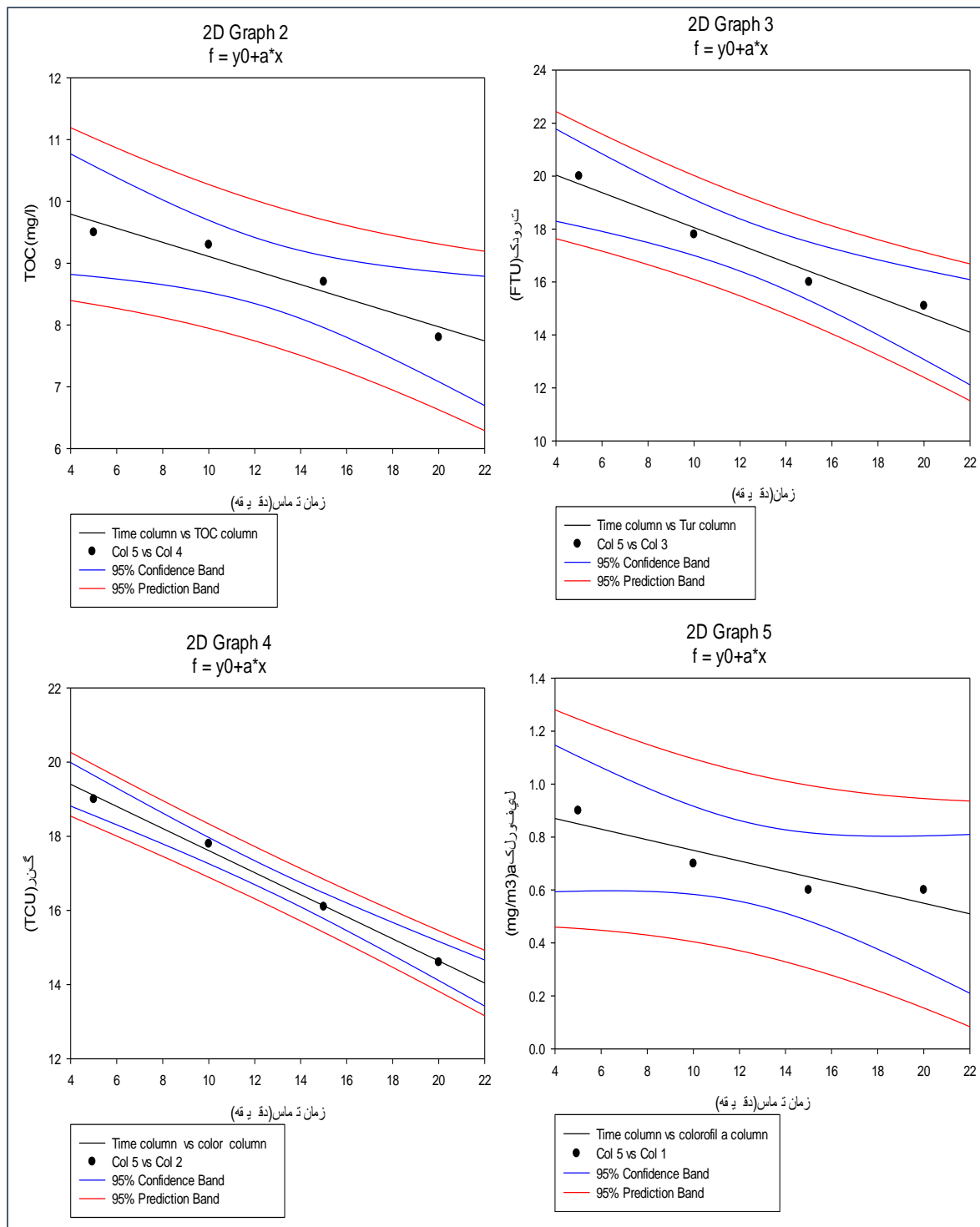
در ۵ سناریو مورد آنالیز قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کلیه داده‌های بدست آمده از نتایج آزمایشات در محدوده اطمینان ۹۵ درصد قرار دارند، میزان همبستگی داده‌ها نزدیک به ۱ و مقادیر P-value کمتر از ۰/۰۵ است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تغییرات است. در ادامه برای نمونه تحلیل آماری روند تغییرات پارامترها در سناریو ۱ (جدول ۶ و شکل ۵) و سناریو ۵ (جدول ۷ و شکل ۶) آورده شده است.

جدول ۶- آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن (دوز ازن تزریقی ۱ گرم بر ساعت)

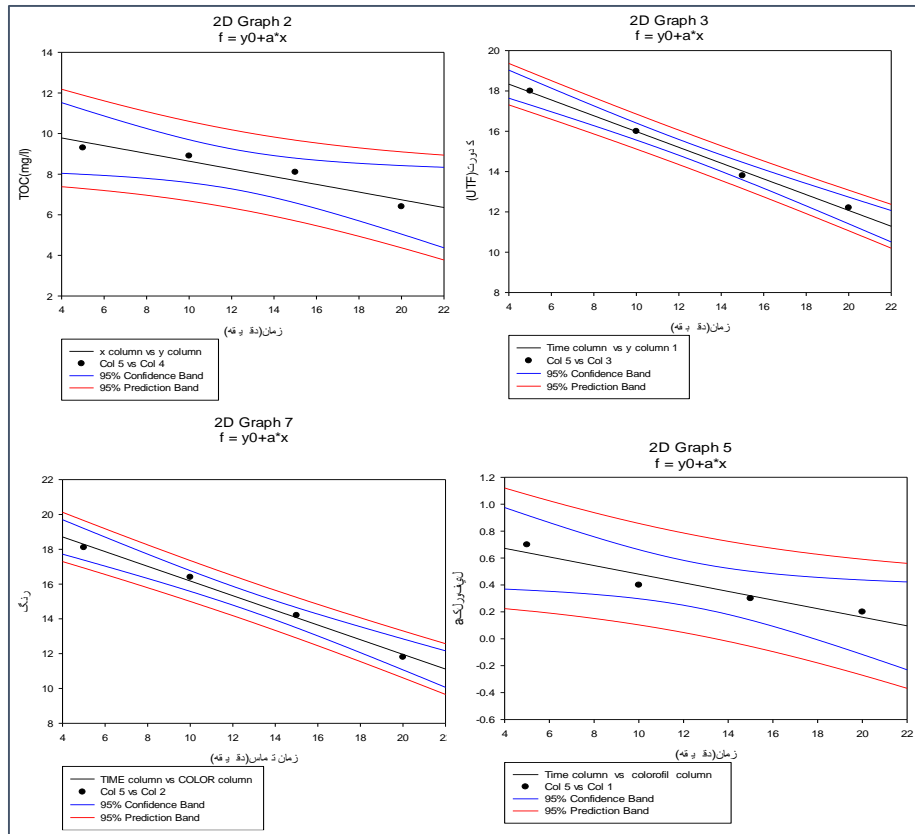
پارامتر	آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن (دوز ازن تزریقی ۱ گرم بر ساعت)				
	R	Rsqr	P-value	iterations	Number of Iterations Performed
TOC(mg/l)	۰/۹۶۴۲	۰/۹۲۹۷	۰/۰۳۵۸	۲۰۰	۱۳
کدورت (FTU)	۰/۹۸۵	۰/۹۷۰۳	۰/۰۱۵	۲۰۰	۵۹
رنگ (TCU)	۰/۹۹۸	۰/۹۹۶۱	۰/۰۰۲	۲۰۰	۱۸
کلروفیل a (mg/m ³)	۰/۹۱۲۹	۰/۸۳۳۳	۰/۰۸۷۱	۲۰۰	۱

جدول ۷- آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن (دوز ازن تزریقی ۳ گرم بر ساعت)

پارامتر	آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن (دوز ازن تزریقی ۳ گرم بر ساعت)				
	R	Rsqr	P-value	iterations	Number of Iterations Performed
TOC(g/l)	۰/۹۵۷۱	۰/۹۱۶	۰/۰۴۲۹	۲۰۰	۵۴
کدورت (FTU)	۰/۹۹۱۳	۰/۹۹۶۶	۰/۰۰۱۷	۲۰۰	۱۹
رنگ (TCU)	۰/۹۷۶۷	۰/۹۵۳۹	۰/۰۲۳۳	۲۰۰	۱۹
کلروفیل a (mg/m ³)	۰/۹۵۶۵	۰/۹۱۴۹	۰/۰۴۳۵	۲۰۰	۱۱



شکل ۵- نمودار تحلیل آماری اعتبار سنجی تغییرات پارامترها (پارامترهای کدورت، رنگ، کلروفیل a، TOC) نسبت به زمان تماس با دوز ازن تزریقی ۱۶۷ گرم بر ساعت



شکل ۶- تحلیل آماری اعتبار سنجی تغییرات پارامترها (پارامترهای کدورت، رنگ، کلروفیل a، TOC) نسب به زمان تماس با دوز ازن تزریقی ۵ گرم بر ساعت

بحث

بررسی تأثیر مدت زمان تماس ازن با آب شرب در پایلوت اجرایی نشان داد که؛ با افزایش مدت زمان تماس ازن با آب شرب، میزان انحلال ازن با آب افزایش پیدا کرده و تقریباً بیشترین قسمت ازن تزریقی در آب حل شده و کار گندزدایی و حذف پارامترها توسط ازن به خوبی انجام می‌گیرد. زمان جذب ازن توسط آب خام عامل مهمی در تصفیه آب است که بر غلظت ازن تأثیر می‌گذارد. با افزایش زمان جذب مقدار ازن جذب شده افزایش می‌یابد. سلیمان و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که وقتی زمان تماس کمتر از ۱۸ دقیقه باشد، غلظت ازن بیشترین است^{۲۷}. در حالی که افزایش تماس بیش از این مقدار باعث کاهش ازن جذب شده به دلیل افزایش دمای ازن ژنراتور شده، زیرا در این حالت تجزیه ازن سریع تر می

در فرایند ازناسیون آب عوامل و متغیرهای مختلفی بر روند گندزدایی آب تأثیرگذار هستند مانند؛ pH، دما، غلظت ازن، انتقال ازن از فاز گاز به فاز مایع، سینتیک واکنش های بین ازن و گونه های موجود در آب^{۲۵}. در این مطالعه تأثیر عوامل فرایندی مختلف از جمله؛ pH، دما، دوز ازن و مدت زمان تماس ازن با آب بر روی پارامترهای کیفی آب بررسی شده است. نتایج بدست آمده از بررسی سناریوها نشان داد که این پارامترها نقش اساسی در فرایند ازناسیون آب شرب دارند. مدت زمان تماس ازن با آب برای بهینه سازی میزان انحلال ازن در آب و انتقال ازن از فاز گاز به فاز مایع مهم بوده و همچنین در تجزیه پذیری زیست محیطی آلاینده ها نقش اساسی دارد^{۲۶}.

مشخص است^{۲۸}. نتایج سومگوا و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان داد که بالاترین مقدار ثابت سرعت واکنش ازن وقتی حاصل می شود که ازن سازی در pH قلیایی (۱۱) انجام شود^{۲۸}. همچنین بررسی تاثیر عوامل فرایندی از ناسیون بر روی پارامترهای کیفی آب نشان داد که با افزایش دوز ازن به ۵ گرم بر ساعت به همراه کاهش دما درصد حذف پارامترهای کیفی افزایش می یابد. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که با کاهش دما درصد حذف پارامترها افزایش می یابد، زیرا حلالیت ازن با کاهش دما در آب افزایش یافته در نتیجه تأثیرگذاری ازن در حذف پارامترها افزایش می یابد که این نتایج با نتایج تحقیقات گردونی کازنیانی در سال ۲۰۱۲ همخوانی دارد^{۳۲}. نتایج بررسی تاثیر عوامل فرایندی از ناسیون بر روی پارامترهای کیفی آب نشان داد که کیفیت آب مورد تصفیه از جمله کدورت، مواد آلی، pH و دمای آب در عملکرد ماده ضد عفونی کننده موثر است. تحقیقات نشان داده است ذراتی که عامل کدورت هستند می توانند همچون سپری میکروارگانسیم ها را در برابر ماده ضد عفونی کننده محفوظ دارند. مواد آلی با چسبیدن به سطح سلول می توانند باعث کاهش تاثیر ماده ضد عفونی کننده شوند و به علاوه؛ ترکیب ماده ضد عفونی کننده با ماده آلی ممکن است منجر به ترکیباتی شود که خاصیت میکروب کشی کمتری داشته و یا اصطلاحاً خاصیت میکروب کشی نداشته باشند^{۳۳}. بررسی نتایج سناریو همچنین نشان داد که محل تزریق ازن نیز نقش کلیدی و اساسی در فرایند ازن زنی آب ایفا می کند. بطوریکه محل تزریق ازن باید جایی انتخاب شود که در عین اینکه تزریق ازن به خوبی در آب انجام می گیرد، آب ازن زنی شده بتواند مدت زمان بیشتری با ازن در تماس باشد. برای این کار معمولاً در کتاکتورهای ازن زنی از بافلهایی استفاده می شود که در عین اینکه گردش آب در مخزن را افزایش می دهد، باعث تماس مناسب ازن با آب می گردد. همچنین بررسی ها نشان داد که کیفیت آب مورد تصفیه از جمله کدورت، مواد آلی، pH و دمای آب در عملکرد از ناسیون

شود^{۲۷}. دما نقش مهمی را در فرایند از ناسیون آب بازی می کند و باعث حل شدن ازن در آب می شود. دما حلالیت ازن و همچنین نرخ ضرایب واکنشهای شیمیایی را تحت تاثیر قرار می دهد. مقدار pH بر مکانیسم واکنش و همچنین نوع محصولات ایجاد شده تأثیر می گذارد. در pH پایین واکنشهای مستقیم غالب هستند. محصولات نهایی معمول واکنشهای مستقیم، اسیدهای کربوکسیلیک و آلدئیدها هستند. در مقادیر pH بالاتر، مکانیسم واکنش رادیکال مسلط است^{۲۸}. در فرایند از ناسیون با افزایش pH، تجزیه خود به خودی ازن اتفاق می افتد، بطوریکه که در نهایت باعث تولید انواع رادیکالهای آزاد بسیار واکنش پذیر از قبیل رادیکال هیدروکسیل (OH^\bullet) می شود. میزان تجزیه ازن تحت شرایط قلیایی افزایش پیدا می کند که باعث تولید رادیکال های فعال بیشتری می گردد. رادیکال های هیدروکسیل با توانایی اکسیدکنندگی بالا با مولکول های رنگ واکنش داده و باعث تخریب رنگ و حذف آن از آب می شود^{۲۹}. نتایج بدست آمده از بررسی پایلوتی نشان داد که در pH قلیایی از ناسیون آب بهتر عمل کرده و درصد حذف پارامترها افزایش می یابد که با نتایج تحقیقات ملیسیا و همکاران در سال ۲۰۱۸ و همچنین جانگ و همکاران در سال ۲۰۱۷ همخوانی دارد^{۳۰،۳۱}. در این مطالعه میزان تغییرات pH در سناریوی اول در حالت اسیدی قرار داشته است (۴ pH)، در مرحله ۴ به حالت قلیایی بالای ۸/۶ رسیده است که در این حالت درصد حذف پارامترها نسبت به بقیه مراحل بالاتر است. سومگوا و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که بالاترین اثر اکسیداسیون در محدوده pH قلیایی می باشد^{۲۸}. افزایش pH باعث افزایش غلظت ازن در آب می شود. زیرا یون های هیدروکسید تجزیه ازن را آغاز می کنند^{۲۷}. اثر فرایند از ناسیون به طور قابل توجهی توسط pH تحت تاثیر قرار می گیرد. نتایج مطالعات انجام شده توسط نتایج سومگوا و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان می دهد که بالاترین کارایی ازن در منطقه قلیایی حاصل می شود که مکانیسم واکنش رادیکال ازن برای آن

پارامترها کیفی آب شرب افزایش می یابد. بررسی نتایج تاثیرگذاری عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی در سناریوهای مختلف نشان داد که در شرایط مطلوب ازن زنی (افزایش دوز ازن تزریقی همراه با افزایش مدت زمان تماس همراه با کاهش دما در pH قلیایی)، بیشترین درصد حذف به ترتیب مربوط به کلروفیل a، کدورت، رنگ و TOC است. لذا در صد حذف پارامترهای کیفی آب شرب در فرایند ازناسیون نشان می دهد که کارایی این واحد در حذف ترکیبات آلی چندان مؤثر نیست که لازم است ازناسیون همراه با تزریق ماده منعقدکننده یا فرایند دیگری همراه با شد تا بتوان در صد حذف ترکیبات آلی را افزایش داد.

تقدیر و تشکر

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

مؤثر است، بطوریکه هرچه کدورت و مواد آلی آب نمونه کمتر و هرچقدر pH قلیایی تر و دمای آب پایین تر باشد، تأثیر ازناسیون در حذف پارامترها افزایش می یابد.

نتیجه گیری

بررسی تأثیر عوامل فرایندی مؤثر بر واحد پیش ازن زنی نشان داد که عوامل فرایندی مختلفی از جمله؛ دبی آب ورودی، دوز ازن، مدت زمان تماس ازن با آب، دما، pH در فرایند ازناسیون آب تأثیرگذار هستند. نتایج به دست آمده نشان داد که pH های قلیایی تأثیر بیشتری در فرایند ازن زنی دارد، زیرا افزایش در pH سرعت واکنش تجزیه ازن را به دلیل تولید انواع رادیکال های آزاد بسیار واکنش پذیر، از قبیل رادیکال هیدروکسیل (OH°) افزایش می دهد. همچنین نتایج نشان که با افزایش مدت زمان تماس ازن با آب و همچنین افزایش دوز ازن تزریقی در pH های قلیایی همزمان با کاهش دما درصد حذف

1. References

- Mansouri R, Arabshahi H. Evaluation of the performance of ozone application in the removal of pollutants from the water of Karun River. *Scientific Journal of Water and Environment* 2001; 48-49.
- Mansoori R, Arabshahi H, Mahvi A, Vaezi F. Evaluation of performance and efficiency of ozone equipment located in Ahvaz refinery number one, research project, research center and productivity improvement of water industry and Wastewater. *Iran Institute of Information Science and Technology* 2003; writing code 43874.
- Pulicharla R, Proulx F, Behmel B, Serodes J, Rodriguez M. Trends in Ozonation Disinfection By-Products Occurrence, Analysis and Toxicity of Carboxylic Acids. *Journal of Water* 2020; 12(3): 756. <https://doi.org/10.3390/w12030756>.
- Loeb BL, Thompson CM, Drago J, Takahara H, Baig S. Worldwide ozone capacity for treatment of drinking water and wastewater: A review. *Ozone Sci. Eng* 2012; 34: 64-77.
- Asam Hosseini M, Solatifar S, Mirzanejad A, Solatifar N. Study of water and wastewater treatment methods in developed countries (Case study of the United States). *Journal of Applied Science-Applied Chemistry* 2010; 5(14): 84-75.
- Askari Gh, Combining the catalytic process of ozone and biologically active carbon with a fluidized bed reactor to remove humic acid from water, PhD thesis in Environmental Health Engineering. *Tarbiat Modares University, University of Medical Sciences* 2010; 89-86.
- 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.
- Grosvenor T, minimizing ozonation by-products in drinking water. *Water and wastes digest* 2000; dec 28. <https://www.wwdmag.com>.
- Masoomi B, Jafarzadeh Haghghi 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). *Journal on Water Engineering* 2017; 5(2): 91-100.
- Bagheri Talkhooncheh H. Study and comparison of chlorine and ozone efficiency in primary disinfection of water treatment, Master Thesis, Shiraz University 2001; Code 41893.

11. Hoveidi H, Nabi Bid Hindi G, Jafari HR, Nasrabadi T, Taktam S. Evaluation of the use of ozone in disinfection of drinking water. Case study: Tehran Pars Water Treatment Plant. *Journal of Environmental Sciences* 2007; 5(2).
12. Torabian A, Ghadimkhani A, Rashidi Mehrabadi A, Shokouhi Harandi M, Janbeglu R. Preozonation effect on total organic carbon removal in surface water treatment. *J Water and Wastewater* 2006; 17(2): 2-9.
13. Masoomi B, Jafarzadeh Haghighi Fard N, Tabatabaei T, Kuhgardi E, Jorfi S. Effects of pre-ozonation and chemical coagulation on the removal of turbidity, color, TOC, and chlorophyll a from drinking water. *J Environmental Health Engineering and Management* 2019; 6(1): 53–61. Doi: 10.15171/EHEM.2019.06.
14. Masoumi B, Mohammadi R. Principles of water treatment. Tabriz, Forouzeh 2011; 30.
15. 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.
16. Shah Mansouri M R, Kargar M. Evaluation of ozonation efficiency in reduction of total organic carbon and coliform bacteria in Isfahan water refinery. *J Water and Wastewater* 2005; 54: 43-46.
17. Sabah S. Calculation of total organic carbon based on spectral absorption coefficient (SAC), Number One Treatment Plant (Tehran Jalalieh Treatment Plant), maintenance and operation of the treatment plant 2005.
18. Bin AK. Ozone dissolution in aqueous systems treatment of the experimental data. *Exp Therm Fluid Sci* 2004; 28: 395–405.
19. Wei C, Zhang F, Hu Y, Feng C, Wu H, Ozonation in water treatment: the generation, basic properties of ozone and its practical application, *Journal of Chemical Engineering*. DOI 10.1515/revce-2016-0008.
20. Liu C, Tang X, Kim J, Korshin GV. Formation of aldehydes and carboxylic acids in ozonated surface water and wastewater: A clear relationship with fluorescence changes. *Chemosphere* 2015; 125: 182–190.
21. Liu X, Liu R, Zhu B, Ruan T, Jiang G. Characterization of carbonyl disinfection by-products during ozonation, chlorination and chloramination of dissolved organic matters. *Environ. Sci. Technol* 2020.
22. Huang WJ, Chen LY, Peng HS. Effect of NOM characteristics on brominated organics formation by ozonation. *Environ. Int* 2004; 29:1049–1055.
23. Huang WJ, Fang GC, Wang CC. The determination and fate of disinfection by-products from ozonation of polluted raw water. *Sci. Total Environ* 2005; 345:261–272.
24. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. Copyright by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation 1999.
25. Fco.R. Carrillo P, F.C. Nava A, A. Uribe, Ma.D.J. Soria A, A. Martinez L. Absorption of ozone in water. Factors that affect to the ozonation process in aqueous solutions. *Afinidad -Barcelona* 2004; 61(511): 212-219.
26. Alaton A. The effect of pre-ozonation on the biocompatibility of reactive dye hydrolysates. *Chemosphere* 2003; 51 (9): 825-833.
27. Sulaymon AH, Abdul Razzak H, Karaghoulai Al, Flayeh M H. The Factors Affecting the Absorption of Ozone in Water, *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering* 2009; 10(1): 29-34.
28. Sumegova L, Derco J, Melicher M. Influence of reaction conditions on the ozonation process, *Acta Chimica Slovaca* 2013; 6(2): 168-172. DOI: 10.2478/acs-2013-0026.
29. Porter PA. Comparison of Ozonation Systems with Respect to Disinfection by-Product Formation and Microbial Inactivation; National Library of Canada, Bibliothèque nationale du Canada: Ottawa, ON, Canada 2000.
30. Melicia Cintia G, Allan Eduardo W, Isabella Borges G, Renata Valeriano T, Otniel FS, Rogerio G, Davy William, HC. Effect of water temperature and pH on the concentration and time of ozone saturation", *Braz. Journal of Food Technol* 2018; 21: e2017156, 1-7.
31. Jung Y, Hong E, Kwon M, Kang JWA. Kinetic study of ozone decay and bromine formation in saltwater ozonation: effect of O₃ dose, salinity, pH and temperature, *Chemical Engineering Journal* 2017; 312: 30-38.
32. Gardoni D, Vailati A, Canziani R. Decay of Ozone in Water: A Review" *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association* 2012; 34(4): 233-242.
33. Nafri M. Investigation of disinfection methods of drinking, sanitary and industrial waters, Tehran. Green Head Publications

Study of the effect of ozonation process factors on drinking water quality parameters

***Bahman Masoomi**

IDRegional Water Company of Fars, Fars, Iran

Email:masoomi37@gmail.com

Received: 5 Dec 2020; Accepted: 30 Jan 2021

ABSTRACT

Background and objectives: The performance of ozone in water disinfection depends on process factors as well as the design parameters of the ozone unit that improper design of ozonation unit and an imbalance between ozone doses with the quality of the water used is causing changes in water quality. The overall goal of this study is to investigate the effect of ozonation process factors on drinking water quality parameters.

Methods: This study is on a pilot scale in four different scenarios to evaluate the effectiveness of ozonation process factors on the simulated water quality parameters (turbidity, color, chlorophyll a, pH and TOC) was performed. In all scenarios, ozone doses between 1 and 5 grams per hour are considered. Contact time (minutes), temperature (degrees Celsius) and pH are equal in scenarios 1 to 4, respectively; 5, 23.9 and 5.6-4 (Scenario 1), 10, 23.8 and 6.8-5.6 (Scenario 2), 15, 23.8 and 6.8 (Scenario 3) and 20, 23.6 and 8.6 (Scenario 4).

Results: The results of data in different scenarios showed that, injectable ozone dose, ozone contact time with water, pH and temperature it has the greatest effect on ozonation performance. The average removal rate of turbidity, TOC, color and chlorophyll a parameters in scenarios 1 to 3 is equal to; (Scenario 1; 12.85, 1.05, 5.3 and 41.8%), (Scenario 2; 14.35, 12.3, 12.75 and 60), (Scenario 3; 31.65, 16.3, 18 and 67.3) . Studies showed that in scenario 4 with an alkaline pH (10.6) and an average temperature of 23.6 ° C with an injection ozone dose of 5 grams per hour and a contact time of 20 minutes, the removal rate of quality parameters of water samples including; Turbidity, TOC, color and chlorophyll a was higher than other scenarios and are equal to: 44.07%, 32.6%, 39.8% and 92.7%, respectively.

Conclusion: The results showed that among the process factors governing ozonation, temperature and pH have the greatest effect on water ozonation, So that with the decrease of temperature and increase of pH, the removal rate of parameters increases. The contact time and the dose of injected ozone have a direct effect on the removal of parameters, So that the effect of these two parameters depends on the hydraulic conditions of the ozonation tank and the quality of raw water. Reviews various scenarios showed that in the optimal ozonation conditions, the highest removal rate of parameters is related to chlorophyll a, turbidity, color and TOC, respectively.

Keywords: pilot, ozonation, process factors, water quality parameters.