Archive of SID

مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۳۹۹، سال ۸، شماره ۲: ۱۵۸-۱۷۲

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 ٤ سناریو مختلف جهت بررسی تاثیرگذاری عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شبیه‌سازی‌شده (کدورت، رنگ، کلروفیل a ، pH وTOC) 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 سانتی گراد) و pH به ترتیب در سناریوهای ۱ تا ٤برابر است است با؛ ۵، ۲۳/۹ و ۵/٦-٤ (سناریو۱)، ۱۰، ۲۳/۸و ٦/۸-۵/٦ (سناریو۲)، ۱۵، ۲۳/۸ و ٦/۸ (سناریو۳) و ۲۰، ۲۳/٦و۸/٦ (سناریو٤).

یافته ها: نتایج بررسی ها نشان داد که دوز ازن تزریقی، مدت زمان تماس ازن با آب، pH و دما بیشترین تاثیر در عملکرد ازن زنی دارد. میانگین درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a در سناریو های ۱ تا ۳ به ترتیب برابر است با؛ (سناریو۱؛ ۱۲/۸۵، ۱/۰۵، ۵/۳ و ٤۱/۸٪)، (سناریو۲؛ ۱٤/۳۵، ۱۲/۳، ۱۲/۷۵و ٦۰ ٪)، (سناریو۳؛ ۳۱/٦۵، ۱٦/۳، ۱۸ و ٦۷/۳). نتایج نشان داد که در سناریو ٤ با pH قلیایی (۱۰/٦) و میانگین دمای ۲۳/٦ 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: ٤٤/۰۷، ۳۲/٦، ۳۹/۸ و ۹۲/۷٪.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که از بین عوامل فرایندی حاکم بر ازن زنی؛ دما و pH بیشترین تاثیر را بر ازنا سیون آب دارد، بطوریکه همزمان با کاهش دما و افزایش pH درصد حذف پارامترها افزایش می یابد. مدت زمان تماس و دوز ازن تزریقی تاثیر مستقیم در حذف پارامترها دارد، بطوریکه تاثیر 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.

* **نویسنده مسئول:** سازمان آب منطقه ای فارس، فارس، ایران
ایمیل: masoomi37@gmail.com – شماره تماس ۰۹۳۸۵۴۲۱۷۷۹

www.SID.ir

Archive of SID

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]. ازناسیون 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[٤]. شیمی ازناسیون 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 ازجمله بهبود فرایند انعقاد، حذف جلبک ها، اکسیداسیون موادآلی و غیر آلی، کنترل و حذف عوامل ایجاد کننده بو و رنگ درتصفیه آب استفاده می شود[٦]. 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 ازناسیون آب شرب تولید محصولات جانبی ازن زنی است که منجر به رشد مجدد باکتری‌ها و رشد و افزایش بیوفیلم در لوله‌های آب‌رسانی می‌گردد[۷]. از جمله این محصولات جانبی فرایند ازن زنی آب عبارتنداز؛ برومات، آلدئیدها و فرمالدئید ، اسیدهای آلدو و کتو ، اسیدهای کربوکسیلیک و پراکسیدها، بروموفرم ، اسیدهای برومین ، برومواستونیتریل ها[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 میکروب 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 یکدیکر 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 ازناسیون 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 ازناسیون بر روی روی آنها مورد بررسی قرار گرفته است عبارتنداز؛ کدورت، رنگ، کلروفیل a و کل کربن آلی(TOC).کدورت پدیده ای است که میزان شفافیت آب را مشخص می کند و به عنوان یک خاصیت ظاهری آب محسوب می گردد[۱۲]. درمرحله پیش ازن زنی، ازن از طریق ناپایدارکردن ذرات معلق و خنثی سازی بار ذرات کلوئیدی موجبات حذف کدورت را فراهم می نماید[۱۳]. رنگ یک پارامتر نوری متشکل از جذب بخشی از طیف پرتوهای قابل مشاهده توسط مواد حل شده در آب، مواد کلوئیدی و ذرات معلق موجود در آب یا فاضلاب است[۱۳]. کربن آلی در منابع آبی می تواند به طور مستقیم ناشی از گیاهان فتوسنتز کننده و یا به طور غیر مستقیم از مواد آلی خاک باشد[۱٤]. 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 می شود. کلروفیل aجزء اصلی جلبک ها است و معرف مناسبی برای زیست توده جلبک به شمار می رود، زیرا جلبک چه بصورت مستقیم (شکوفایی جلبکی) و چه به صورت غیر مستقیم (کاهش/ افزایش اکسیژن محلول) سبب ایجاد مشکلات مرتبط با تغذیه گرایی می شود[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 حباب های توزیع شده در محلول می باشد[۱٦]که با افزایش فشار گازن ازن در کنتاکتور ازن زنی حلالیت ازن در

www.SID.ir

Archive of SID

آب افزایش می یابد[17]. 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 می‌کند[13]. نتایج مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۵و ۲۰۲۰) نشان داد که یک رابطه خطی بین میزان تولید محصولات جانبی فرایند ازناسیون آب و دوز ازن بکار رفته وجود دارد [18،19]. همچنین هوانگ و همکاران (۲۰۰٤و ۲۰۰۵) نشان دادند که هرچه میزان دوز ازن کاربردی در ازناسیون آب پایین تر باشد غلظت محصولات جانبی تولیدی نیز پایین تر است[20،21]و برعکس پرتر در سال ۲۰۰۰، نشان داد که پارامترهای دما و pH از جمله عوامل تاثیرگذار در فرایند ازناسیون آب می باشند بطوریکه در دماهای بالا (۲۲ درجه سانتی گراد) و pH بین٦ تا ۸، میزان تولید محصولات جانبی فرایند ازن زنی افزایش می یابند۲۲. بررسی ترابیان و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد پیش ازن زنی نه تنها مقادیر مورد نیاز حذف کربن آلی کل را تامین می کند، بلکه باعث بهبود حذف کربن آلی کل نیز می شود[12]. معصومی و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان دادند که در دماهای بالا انحلال ازن در آب کاهش می یابد و برعکس در دماهای پایین همراه با افزایش pH انحلال ازن در آب افزایش یافته و فرایند ازناسیون به نحو مطلوب انجام می گیرد[13]. 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 وTOC است که با اجرای پایلوت ازن زنی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مهمترین نوآوری این مطالعه بررسی چگونگی تاثیر گذاری همزمان عوامل فرایندی حاکم بر ازناسیون بر روی پارامترهای کیفی آب است.

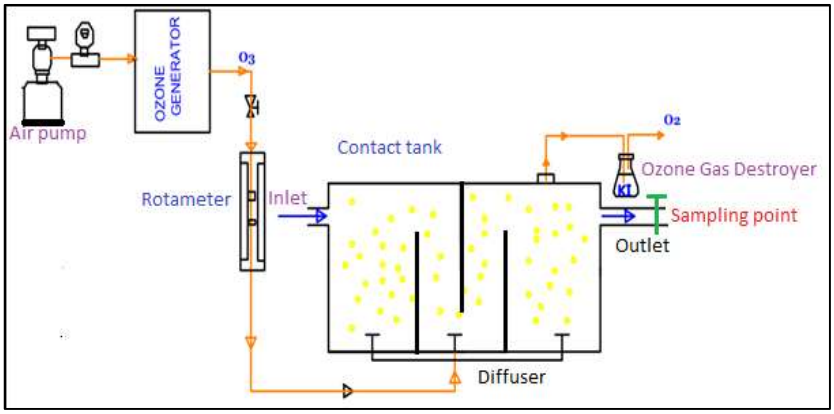
مواد و روشها:

در این مطالعه از یک مخزن ۲۰ لیتری شیشه ای با ابعاد(cm ٤۰*۲۵*۲۰) برای انجام فرایند ازن زنی استفاده شده است. مخزن ازن زنی با کمک بافلهای شیشه ای به ٤ سلول تقسیم شده و در هر سلول یک عدد دیفیوزر حبابی کار گذاری شده است. ازن موردنیاز به وسیله‌ی یک دستگاه مولد ازن مدلOPW ۲۷ با ظرفیت اسمی۵ گرم بر ساعت و با استفاده از یک پمپ هوا تأمین‌گردیده است. ازن تولید شده در ادامه از طریق ٤عدد دیفیوزر (سنگ هوا) به صورت حباب های بسیار ریز از کف وارد راکتور می شود. مشخصات ازن ژنراتور مورد استفاده در جدول۱ آورده شده است. فرایند ازن زنی نمونه آب شرب شبیه سازی شده در سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (٤ سناریو) و در هر مرحله از نمونه آب ازن زنی شده نمونه برداری کرده و مورد آزمایش قرار گرفته است. در سناریو۱ تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب شبیه‌سازی‌شده در دوزهای مختلف ازن(۱ تا ۵ گرم بر ساعت) در مدت زمان تماس ۵ دقیقه و pH های مختلف از (٤ تا۵/٦) در دمای تقریبی۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفته است. در سناریوی دوم با افزایش مدت‌زمان تماس از ۵ دقیقه به ۱۰ دقیقه در pH های مختلف (٦/۸-۵/٦) و با دوز ازن تزریقی ۱تا ۵ گرم بر ساعت در دمای ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد روند تغییرات پارامترها بررسی شده است. در سناریوی سوم، دوز ازن تزریقی را ۱ تا ۵ گرم بر ساعت در نظر گرفته، مدت‌زمان تماس ازن با آب را به ۱۵ دقیقه افزایش داده، میزان pH و دما به ترتیب برابر است با ٦/۸ و۲۳/۸ درجه سانتی گراد. در سناریو ٤، نمونه آب شرب با pH بین ٦/۸-۸/٦ و میانگین دمای ۲۳/٦درجه سانتی‌گراد 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 شبیه‌سازی کدورت و کل کربن آلی (TOC) نمونه آب استفاده شده است. برای شبیه‌سازی کدورت از خاک رس و کائولین (استفاده از الک

www.SID.ir

Archive of SID

استاندارد شماره ۲۰۰) و برای شبیه‌سازی کل کربن آلی از اسید هیومیک پودری با خلوص ۹۵ درصد و برای شبیه سازی کلروفیل a از جلبکهای سبز ا ستفاده شده ا ست. برای تامین نیترات مورد نیاز جلبک ها از نیترات سدیم (NaNO3) و برای تنظیم pH نمونه آب از اسیدکلریدریک و هیدروکسید سدیم ا ستفاده شده ا ست. برای شبیه سازی کدورت از کائولین ۹۵ درصد استفاده شده و سپس کدورت حاصل را با دستگاه آلکا تورچ اندازه‌گیری گردید. جدول۲ مواد مورد استفاده جهت برر سی تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شرب را نشان می دهد. میزان کدورت در ابتدا۱۲ FTU بوده که با اضافه کردن خاک رس وکائولین، میزان کدورت شبیه سازی شده به ۲۰ FTU رسیده است. با تست نمونه ها و اندازه‌گیری کدورت توسط دستگاه آلکاتورچ، با اضافه کردن ۳/۷ گرم از پودر کائولین به آب شبیه سازی شده میزان کدورت آب به ۲۱/۸ FTU رسیده ا ست. برای شبیه سازی مواد آلی از اسید هیومیک با درجه خلوص ۹۵ درصد استفاده‌شده است که در مرحله اول حدود ٦ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در مرحله بعد با افزایش میزان اسید هیومیک و با تست نمونه ها میزان مواد آلی از جمله TOC، حدود۹/۵میلی‌گرم بر لیتر و همچنین میزان رنگ نمونه آب شبیه‌سازی‌شده به ۱۹/٦TCU رسیده است. تست نمونه ها و اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز مطابق روشهای ذکر شده در کتاب استاندارد متد و روشهای دستگاهی می باشد. pH نمونه ها با استفاده از دستگاه متروم سوئیس مدل ۸۳۰، TOC با ا ستفاده از د ستگاه ا سپکتروفتومتر DR4000 متد ۱۰۱۲۹، میزان کدورت مطابق ا ستاندارد متد با ا ستفاده از روش نفلومتری با دستگاه ۲۱۰۰ N مارک HACH آمریکا، کلروفیل a با دستگاه آلکاتورچ مدلbbe و رنگ با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (C۲۱۲۰) اندازه گیری شده است. در ادامه شروع به اجرای پایلوت ازن زنی کرده و تأثیر عوامل فرایندی ازن زنی بر روی پارامترهای کیفی آب شبیه‌سازی‌شده (کدورت، رنگ، کلروفیل a ، سیانوباکترها، pH, TOC) مورد برر سی قرار گرفته است. در جدول۳، 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 ۱و کیفیت نمونه آب شبیه سازی شده جهت بررسی تأثیر ازن زنی بر روی پارامتر های کیفی آب شرب در جدول ٤ آورده شده است.



شکل۱- طرح شماتیک پایلوت آزمایشگاهی ازن زنی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مشخصات ازن ژنراتور مورد استفاده

Model	OPW۲۷	V	۲۲۰/۲۳۰
S.N	۵۲۵٤۵/۱۹	W	۳٦
Date of Manufacture	۲۰۱٤	F	۵۰
Type of feed Gas	Air-Oxygen	Working	Duty
Flow Rate	۵/۵ Lpm	Temp	٤۵ ^{0}c
Ozone Rate	۵ gr/h	Method of Cooling	Water or air
Ozone Concentration	۱۵ Ppm	Mode by	TTF.CO

جدول۲- 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٪	شبیه‌سازی کدورت
۲	کائولین	۹۵٪	شبیه‌سازی کدورت
۳	اسیدهیومیک	۹۵٪	شبیه‌سازی ترکیبات آلی
٤	جلبک‌های سبز-	۱۰۰٪	جهت تأمین کلروفیل a

جدول ۳- دستورالعمل‌ها، تجهیزات، روش و شماره استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب[۲۴]

ردیف	پارامتر	نوع تجهیزات	روش اندازه‌گیری	دستورالعمل‌های فنی	شماره استاندارد
۱	pH	pH متر	دستگاهی	Methods For Standard The Examination of Water and weast water	-HB٤۵۰۰
۲	دما	دماسنج	دستگاهی		B۲۲۵۰
۳	کدورت	کدورت سنج	کدورت به روش نفلومتری		B۲۱۳۰
٤	TOC	دستگاه DR ۵۰۰۰	دستگاهی		A۵۳۱۰
۵	کلروفیل a	اسپکتروفتومتر	اسپکتروفتومتری		H۱۰۲۰۰
		دستگاه آلکاتورج	دستگاهی	دستگاه آلکاتورج	
٦	رنگ	اسپکتروفتومتر	اسپکتروفتومتری	Standard Methods For The Examination of and weast water Water	C۲۱۲۰

جدول٤-کیفیت آب شبیه‌سازی‌شده جهت بررسی تأثیر ازن زنی در کاهش پارامترهای کیفی آب

پارامتر	کلروفیل a(mg/m3)	کدورت(FTU)	pH	دما (^{0}C)	TOC(mg/l)	رنگ(TCU)
نمونه ۱	۱/۳	۲۲/٤	۸	۲۳/۸٦	۸/۲	۲۲/۲
نمونه۲	۱/۲	۲۱/٦	۸/۱	۲۳/۷۷	۹/٦	۲۱/٦
نمونه ۳	۱/۸	۲۱/٦	۸/۱	۲۳/۸۳	۹/۸	۱۸/٦
نمونه ٤	۱/۲	۲۱/٦	۸/۱	۲۳/۸٤	۱۰/٤	۱۵/۸
میانگین	۱/۳۷۵	۲۱/۸	۸/۰۸	۲۳/۸۳	۹/۵	۱۹/٦

www.SID.ir

Archive of SID

برآورد میزان تولید ازن توسط دستگاه ازن ژنراتور:

دستگاه ازن ژنراتور مورد استفاده در این تحقیق با مشخصات ذکرشده در جدول۱، 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

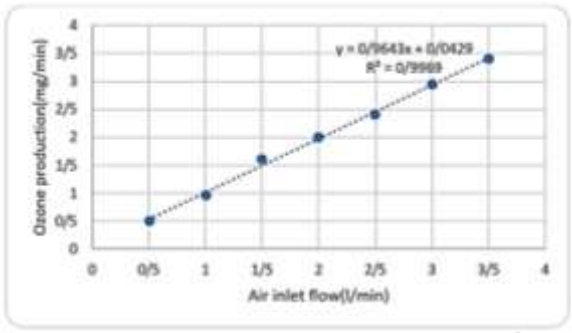
جدول۵- میزان ازن تولیدی در ازن ژنراتور نسبت به جریان هوای ورودی

ردیف	جریان هوای ورودی (l/min)	ازن تولیدی (mg/min)
۱	۰/۵	۰/۵
۲	۱	۰/۹۵
۳	۱/۵	۱/٦
٤	۲	۲
۵	۲/۵	۲/٤
٦	۳	۲/۹۵
۷	۳/۵	۳/٤

ازن ژنراتور با استفاده از دستگاه ازن سنج پالین تست اندازه‌گیری شده است. در جدول ۵، جریان هوای ورودی به راکتور با روتامتر 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 (R2=۰/۹۹۷۰).

یافته ها

نتایج بدست آمده در سناریو ۱ نشان داد که درمدت‌زمان تماس ۵ دقیقه، دوز ازن gr/hr ۱ در pH اسیدی (٤ pH) و میانگین دمای ۲٤/۳۵ درجه سانتی‌گراد، میزان تغییرات کدورت،TOC ،رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با ۸/۳، ۰، ۳/۰٦، ۳٤/۵٪ با افزایش دوز ازن از gr/hr ۱ به gr/hr ۵، با افزایش pH به۵/٦ در دمای ۲۳/۸۰ درجه سانتی‌گراد و با مدت‌زمان تماس ۵ دقیقه، درصد حذف پارامترها افزایش می یابد، بطوریکه درصد حذف پارامترهای کدورت،TOC ، رنگ و کلروفیل a به ترتیب برابر است با ۱۷/٤، ۲/۱ ، ۷/۷ و ٤۹/۱٪. 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.



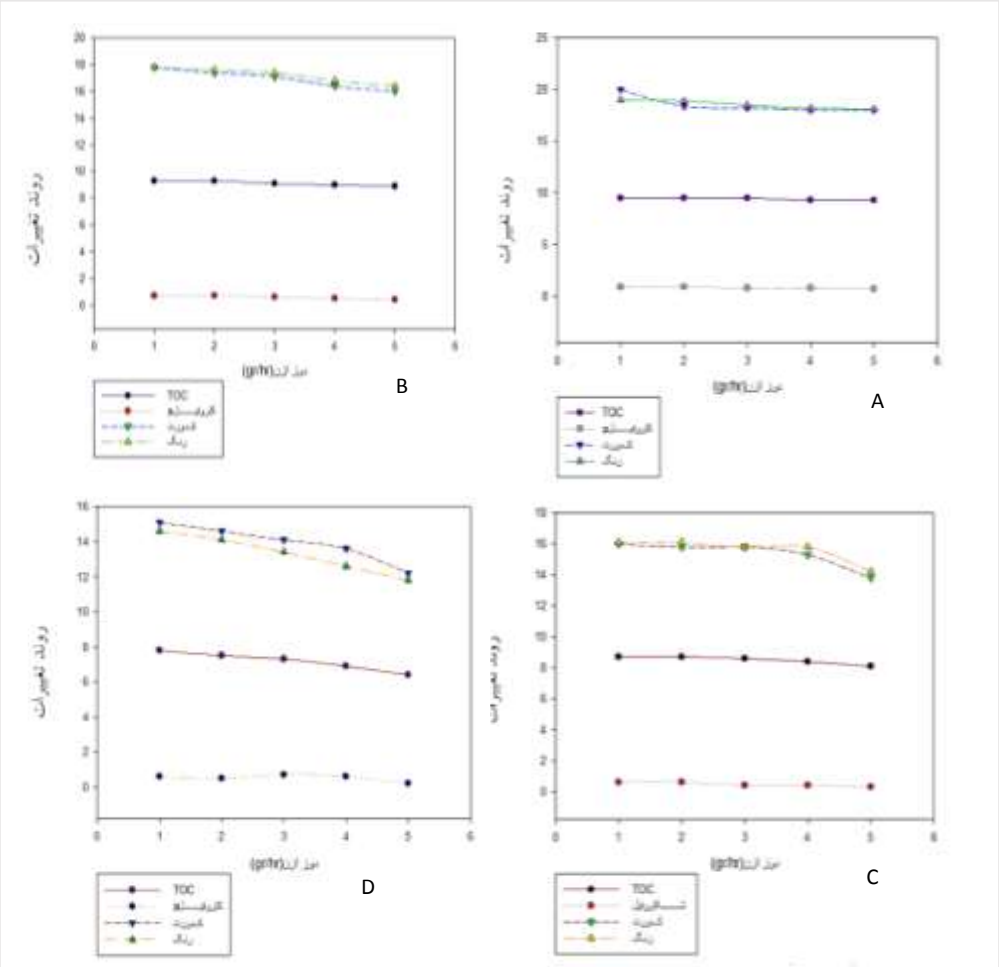
شکل۲ – نمودار ظرفیت ازن تولیدی نسبت به هوای ورودی به ازن ژنراتور

در سناریوی دوم با افزایش مدت‌زمان 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، ٤۹/۱ . با افزایش میزان دوز ازن از ۱ به ۵ گرم بر ساعت و در pH اسیدی (٦/۸)، درصد حذف پارامترها افزایش یافته، بطوریکه درصد حذف هرکدام از پارامترهای کدورت، TOC و رنگ و کلروفیل a در دمای ۲۳/۹ به ترتیب برابر است با ۲٦/٦، ٦/۳، ۱٦/۳، ۷۰/۹ ٪. در شکل۳(B)، روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کائولین+ اسید هیومیک۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۱۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن آورده شده است. نتایج بدست آمده ازسناریوی سوم نشان داد که درصد کاهش پارامترها نسبت به حالت‌های قبل(مرحله ۱ و ۲) افزایش چشمگیری داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

بطوریکه درصد حذف کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a در مدت‌زمان تماس ۱۵ دقیقه با میزان دوز ازن تزریقی ۱ گرم بر ساعت به ترتیب برابر است با؛۲۶/۶، ۱۷/۹، ۸/٤، ٥٦/٤٪. با افزایش میزان دوز ازن تزریقی به ۵ گرم بر ساعت در (٦/٨ pH) و دمای ۲۳/٦۰ به ترتیب برابر است با ۳٦/۷، ۱٤/۷، ۲۷/٦و ۷۸/۲٪. در شکل۳ (C) روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کائولین+ ا سید هیومیک۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۱۵ دقیقه در دوزهای مختلف ازن آورده شده ا ست. در سناریو ٤ در مقایسه با سناریوهای ۱ تا ۳، میزان در صد حذف پارامترها به مراتب بالاتر می‌باشد، بطوریکه درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیل a با دوز ازن تزریقی ۵ گرم بر ساعت در pH قلیایی (۱۰/٦) و دمای ۲۳/۵درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر است با٤٤/۰۷، ۳۲/٦، 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 مدت‌زمان تماس ۲۰ دقیقه از بین می‌برد. میزان تغییرات دما از مرحله ۱ تا مرحله ٤ ازن زنی روند کاهشی دا شته، بطوریکه دما از ۲٤/۳۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله ۱ به ۲۳/۵۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله ٤ می‌ر سد. در شکل۳ (D) روند تغییرات کیفیت نمونه آب شرب (نمونه آب + کائولین+ اسید هیومیک۹۵٪) ازن زنی شده به مدت ۲۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن نشان داده شده است.



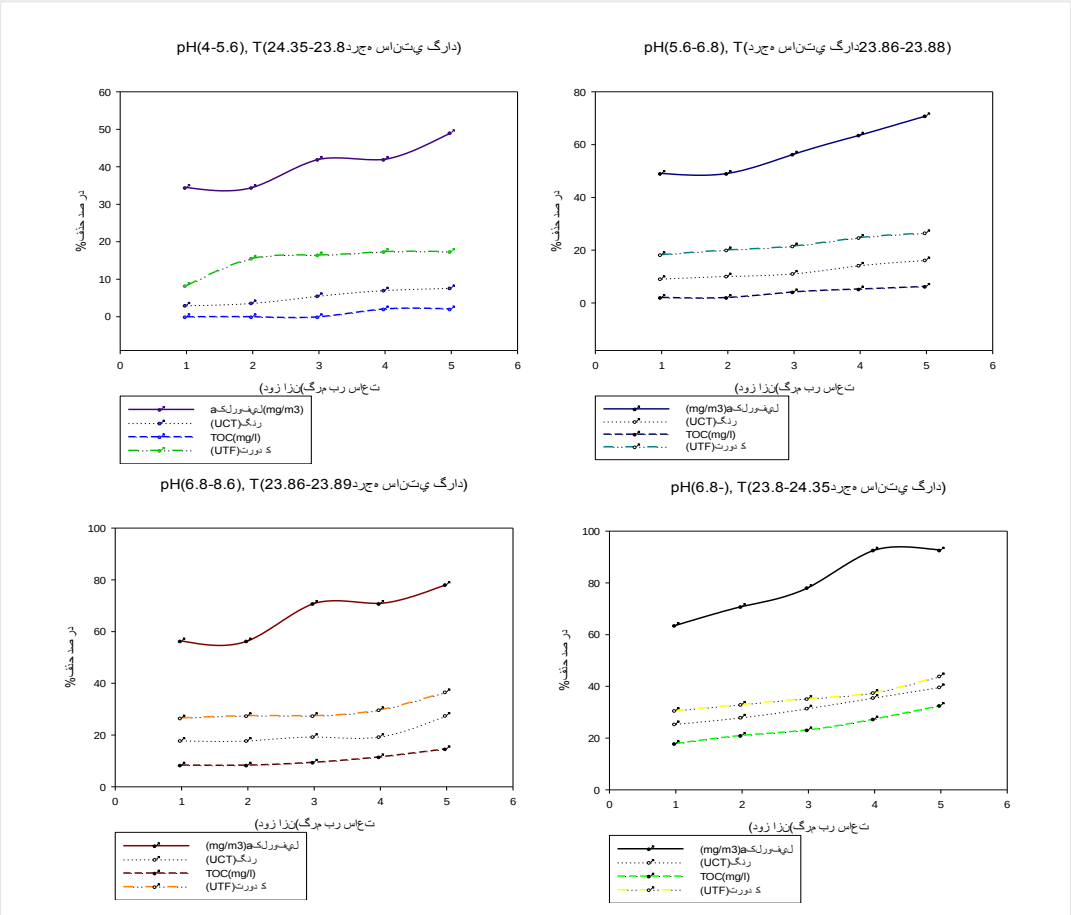
شکل۳- روند تغییرات کیفیت نمونه آب (نمونه آب + کائولین+ اسید هیومیک۹۵٪) ازن زنی شده به مدت۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در دوزهای مختلف ازن

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه درصد حذف پارامترها در سناریوهای مختلف:

در شکل٤ میزان درصد حذف پارامترها در دوزهای مختلف ازن در مدت‌زمان ٥ تا ٢٠ دقیقه نشان داده شده است. با توجه به نتایج شکل٤، مشاهده می‌شود که افزایش دوز ازن تزریقی و افزایش pH تأثیر مثبت در حذف پارامترها دارد، بطوریکه در صد حذف پارامترها در دوز ازن تزریقی ٥ گرم بر ساعت و pH٥/٦ نسبت به حالت‌های دیگر بیشترین درصد حذف پارامترها را دارند. در این حالت درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ و کلروفیلa به ترتیب برابر است با ١٧/٤، ٢/١، ٧/٧، ٤٩/١درصد، که درصد حذف TOC از بقیه پارامترها کمتر بوده و کلروفیل a با ٤٩/١ درصد بیشتر از بقیه پارامترها است. بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی میزان درصد حذف پارامترها مشاهده می‌شود که با افزایش مدت‌زمان تماس همراه با افزایش دوز ازن تزریقی درصد حذف پارامترها نیز افزایش می‌یابد. میزان درصد حذف پارامترهای کدورت، TOC، رنگ، کلروفیلa از مدت‌زمان تماس ٥ دقیقه به مدت‌زمان تماس ٢٠ دقیقه افزایش چشمگیری داشته و به ترتیب برابر است با ٤٤، ٣٢، ٣٩/٨، ٩٢/٧ درصد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدت زمان تماس ازن با آب و همچنین دوز و غلظت ازن تزریقی از مهم‌ترین پارامترها در عملکرد گندزدایی آب توسط ازن است.



شکل٤- مقایسه درصد حذف پارامترها در دوزهای مختلف ازن(٢ تا ٥ گرم بر ساعت) در مدت‌زمان تماس ٥ تا ٢٠دقیقه در pH و دماهای مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل آماری درصد حذف پارامترها در دوزهای مختلف ازن

در ادامه تحلیل آماری انجام‌شده بر روی نتایج بدست آمده از ازن زنی نمونه آب شرب شبیه‌سازی‌شده با کمک نرم‌افزار سیگما پلات انجام‌شده است. رگرسیون خطی داده‌ها بر اساس(مدت‌زمان- تغییرات پارامترها) با ۲۰۰تکرار محاسبه شده است. تغییرات پارامترها در مدت‌زمان تماس (۵،۱۰،۱۵،۲۰ دقیقه) با دوز ازن تزریقی ۱تا۵گرم بر ساعت با کمک نرم سیگما پلات در ۵ سناریو مورد آنالیز قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کلیه داده‌های بد ست 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 سناریو۱ (جدول٦ و شکل۵) و سناریو ۵ (جدول۷ و شکل٦) آورده شده است.

جدول۶- آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن(دوز ازن تزریقی۱ گرم بر ساعت)

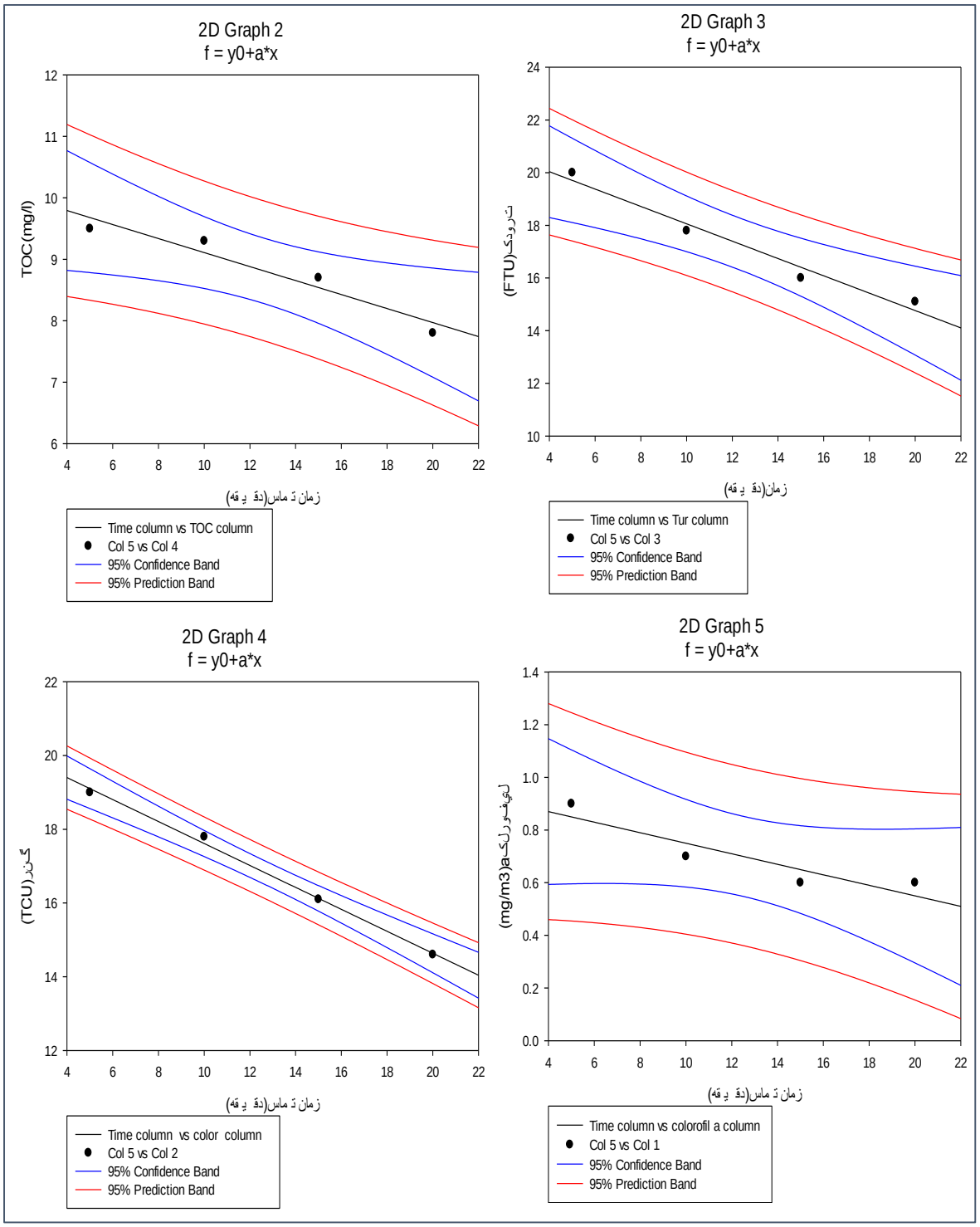
پارامتر	آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن(دوز ازن تزریقی۱ گرم بر ساعت)				
TOC(mg/l)	R	Rsqr	P-value	iterations	Number of Iterations Performed
	۰/۹٦٤۲	۰/۹۲۹۷	۰/۰۳۵۸	۲۰۰	۱۳
کدورت(FTU)	۰/۹۸۵	۰/۹۷۰۳	۰/۰۱۵	۲۰۰	۵۹
رنگ(TCU)	۰/۹۹۸	۰/۹۹٦۱	۰/۰۰۲	۲۰۰	۱۸
کلروفیل a)۳(mg/m	۰/۹۱۲۹	۰/۸۳۳۳	۰/۰۸۷۱	۲۰۰	۱

جدول۷- آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن(دوز ازن تزریقی۳ گرم بر ساعت)

پارامتر	آنالیز تغییرات پارامترها در زمانهای مختلف تماس با ازن(دوز ازن تزریقی۳ گرم بر ساعت)				
TOC(g/l)	R	Rsqr	P-value	iterations	Number of Iterations Performed
	۰/۹۵۷۱	۰/۹۱٦	۰/۰٤۲۹	۲۰۰	٥٤
کدورت(FTU)	۰/۹۹۱۳	۰/۹۹٦٦	۰/۰۰۱۷	۲۰۰	۱۹
رنگ(TCU)	۰/۹۷٦۷	۰/۹٥۳۹	۰/۰۲۳۳	۲۰۰	۱۹
کلروفیل a(mg/m^3)	۰/۹٥٦٥	۰/۹۱٤۹	۰/۰٤۳٥	۲۰۰	۱۱

www.SID.ir

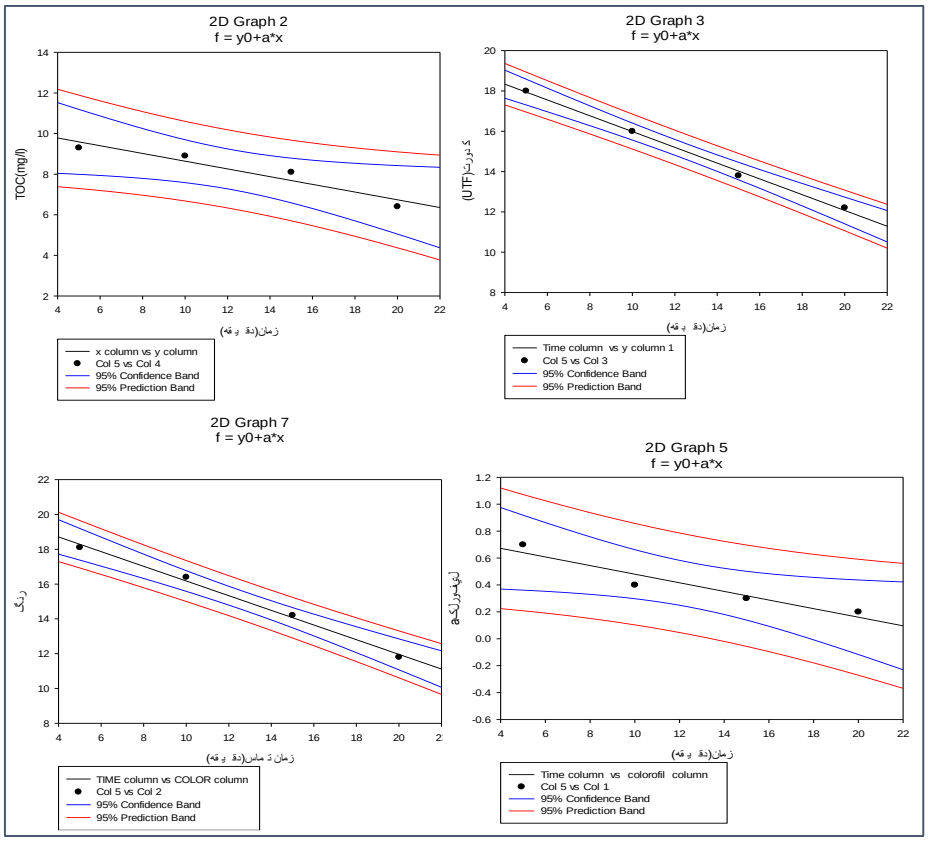
Archive of SID



شکل۵- نمودرا تحلیل آماری اعتبار سنجی تغییرات پارامترها (پارامترهای کدورت، رنگ، کلروفیل a،TOC) نسب به زمان تماس با دوز ازن تزریقی ۱گرم بر ساعت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۶ -تحلیل آماری اعتبار سنجی تغییرات پارامترها (پارامترهای کدورت، رنگ، کلروفیل a،TOC) نسب به زمان تماس با دوز ازن تزریقی ۵گرم بر ساعت

بحث

در فرایند ازناسیون آب عوامل و متغییر های مختلفی بر روند گندزدایی آب تاثیرگذار 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]. دراین مطالعه تاثیر عوامل فرایندی مختلف ازجمله؛ 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 فرآیند 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].

بررسی تأثیر مدت‌زمان تماس ازن با آب شرب در پایلوت اجرایی نشان داد که؛ با افزایش مدت‌زمان تماس ازن با آب شرب، میزان انحلال ازن با آب افزایش پیدا کرده و تقریباً بیشترین قسمت ازن تزریقی در آب حل‌شده و کار گندزدایی و حذف پارامترها تو سط ازن به‌خوبی انجام می‌گیرد. زمان جذب ازن توسط آب خام عامل مهمی در تصفیه آب است که بر غلظت ازن تأثیر می گذارد. با افزایش زمان جذب مقدار ازن جذب شده افزایش می یابد. 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

www.SID.ir

Archive of SID

شود[۲۷]. دما نقش مهمی را در فرایند ازناسیون 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 ازناسیون با افزایش pH، تجزیه خود به خودی ازن اتفاق می‌افتد، بطوریکه که در نهایت باعث تولید انواع رادیکال‌های آزاد بسیار واکنش‌پذیر از قبیل رادیکال هیدروکسیل (OH^o) می شود. میزان تجزیه ازن تحت شرایط قلیایی افزایش پیدا می کند که باعث تولید رادیکال های فعال بیشتری می گردد. رادیکال‌های هیدروکسیل با توانایی اکسیدکنندگی بالا با مولکول‌های رنگ واکنش داده و باعث تخریب رنگ و حذف آن از آب می‌شود[۲۹]. نتایج بدست آمده از بررسی پایلوتی نشان داد که در pH قلیایی ازناسیون آب بهتر عمل کرده و درصد حذف پارامترها افزایش می‌یابد 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 (pH ٤)، در مرحله ٤ به حالت قلیایی بالای۸/٦ 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 فرآیند ازناسیون به طور قابل توجهی توسط pH تحت تأثیر 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 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 ازناسیون 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 می‌یابد، زیرا حلالیت ازن با کاهش دما در آب افزایش یافته در نتیجه تأثیرگذاری ازن در حذف پارامترها افزایش می‌یابد که این نتایج با نتایج تحقیقات گردونی کانزیانی در سال ۲۰۱۲ همخوانی دارد[۳۲]. نتایج بررسی تاثیر عوامل فرایندی ازناسیون 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 میکروارگانیسم 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 اصطلاحا 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 می‌کند. بطوریکه محل تزریق ازن باید جایی انتخاب شود که در عین اینکه تزریق ازن به‌خوبی در آب انجام می‌گیرد، آب ازن زنی شده بتواند مدت‌زمان بیشتری با ازن در تماس باشد. برای این کار معمولاً در کنتاکتورهای ازن زنی از بافلهایی استفاده می‌شود که در عین اینکه گردش آب در مخزن را افزایش می‌دهد، باعث تماس مناسب ازن با آب می‌گردد. همچنین بررسی ها نشان داد که کیفیت آب مورد تصفیه از جمله کدورت، مواد آلی، pH و دمای آب در عملکرد ازناسیون

www.SID.ir

Archive of SID

مؤثر است، بطوریکه هرچه کدورت و مواد آلی آب نمونه کمتر و هرچقدر pH قلیایی‌تر و دمای آب پایین‌تر باشد، تأثیر ازناسیون در حذف پارامترها افزایش می‌یابد.

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، مدت‌زمان تماس ازن با آب، دما، pH در فرایند ازناسیون آب تأثیرگذار هستند. نتایج به‌دست‌آمده 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 رادیکال‌های آزاد بسیار واکنش‌پذیر، از قبیل رادیکال هیدروکسیل (OH^o) افزایش می‌دهد. همچنین نتایج نشان که با افزایش مدت‌زمان تماس ازن با آب و همچنین افزایش دوز ازن تزریقی در pH های قلیایی همزمان با کاهش دما درصد حذف 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 می‌دهد 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 کسانیکه که در انجام این پروژه همکاری و هماهنگی های لازم را انجام دادند، تشکر و قدردانی می گردد.

1. References

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. Grosvenor T, minimizing ozonation by-products in drinking water. Water and wastes digest 2000; dec 28. https://www.wwdmag.com.

9. 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). Journal on Water Engineering 2017; 5(2): 91-100.

10. Bagheri Talkhooncheh H. Study and comparison of chlorine and ozone efficiency in primary disinfection of water treatment, Master Thesis, Shiraz University 2001; Code 41893.

www.SID.ir

Archive of SID

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, Karaghouli 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. Infl uence 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

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Environmental Health Engineering, February 2020; Vol. 8, No. 2: 158-172

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.

www.SID.ir