بررسی سمیت حاد پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهرک های صنعتی استان گلستان به روش زیست آزمونی

فائزه قلیچی[۱]، الهه علیخانی[۲]، یوسف دادبان شهامت[۳*]

۱ – مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

۲ – مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

۳*– دانشیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: dr.udadban@goums.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

چکیده

مقدمه و هدف: تصفیه مؤثر فاضلابهای خانگی و صنعتی برای حفظ کیفیت آبهای پذیرنده از اهمیت زیادی برخوردار است. حتی جامع ترین مشخصات فیزیکی شیمیایی پساب اثرات سوء بر اکوسیستم آبهای پذیرنده را نشان نمی دهد و اثرات زیستی پساب تنها با آزمایش های زیست آزمونی مشخص می شود. هدف از این تحقیق بررسی سمیت پساب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب صنعتی استان گلستان با استفاده از زیست آزمونی می باشد.

مواد و روش ها: نمونه های مرکب پساب خام و تصفیه شده از دو تصفیه خانه صنعتی استان گلستان برداشت شد و سپس با استفاده از بیواندیکاتور دافنی مگنا غلظت کشنده (LC_{50})[۱] و سمیت حاد (TU)[۲] در زمان های ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت با آزمون آماری پروبیت در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها: میانگین پارامترهای اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD_5)[3] و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)[4] پساب تصفیه شده شهرک صنعتی بندرگز به ترتیب ۲±۲۸ و ۴±۴۴ میلی گرم در لیتر با میزان LC_{50}-96h ورودی و خروجی ۰/۸ ٪ و ۴۷ ٪ حجمی با میزان TU به ترتیب ۱۲۷۷۳ و ۲۱۴ و برای شهرک صنعتی آق قلا COD ۲۵±۵۰ میلی گرم در لیتر با میزان LC_{50}-96h ورودی و خروجی به ترتیب ۰/۸ ٪ و ۳۹/۹ ٪ با میزان TU به ترتیب ۱۲۱۵۹ و ۲۵۱ سنجش شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد میزان حذف سمیت LC_{50}-96h پساب تصفیه خانه آق قلا و بندرگز به ترتیب از ۰/۸ ٪ به ۳۹/۹ ٪ و از ۰/۸ ٪ به ۴۷ ٪ حجمی محاسبه شد. همچنین سمیت حاد پساب تصفیه خانه آق قلا از ۱۲۱۵۹ به ۲۵۱ و سمیت حاد پساب تصفیه خانه بندرگز پس از ۹۶ ساعت سنجش از ۱۲۷۷۳ به ۲۱۴ تنزل یافت که طبق طبقه بندی ترکیبات سمی بر اساس واحد سمیت، پساب خروجی از دو تصفیه خانه فوق، بی نهایت سمی می باشد؛ لذا تمهیدات لازم برای کاهش سمیت ضروری می باشد.

کلمات کلیدی

"زیست آزمونی"، "دافنی مگنا"، "LC_{50}"، "TU"، "گرگان"

۱- مقدمه

تصفیه مؤثر فاضلاب های خانگی و صنعتی برای حفظ کیفیت آب های پذیرنده از اهمیت زیادی برخوردار است. کیفیت پساب تصفیه خانه ها معمولاً با پارامتر هایی چون pH، اکسیژن محلول، اکسیژن شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، مجموع کربن آلی، مجموع جامدات محلول، مجموع جامدات معلق، غلظت بعضی ترکیبات ویژه و سایر پارامتر های مربوط بیان می شود. این روش نقایص فراوانی دارد ازجمله عدم تشخیص آثار هماهنگ و همزمان شاخص ها و سمیت آن ها است. حتی جامع ترین مشخصات فیزیکی- شیمیایی پساب اثرات سوء بر اکوسیستم آب های پذیرنده را نشان نمی دهد و اثرات زیستی پساب تنها با آزمایش های زیست آزمونی مشخص می شود[۱, ۲]. روش های مختلفی برای تعیین سمیت وجود دارد که می توان به بایولومینسانس، رسپیرومتری، نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون، آزمون ها و سنسور ها با اساس مولکولی و زیست آزمونی اشاره نمود[۱-۷]. معمولاً در گزارش مدیریت تحقیقات آب، محیط آزمون ها به میکروکالریمتری، زیست آزمونی های تیتراسیون، ریسپیرومتری، آزمون های میکروتوکس، سنسور های سلولی-مولکولی مجهز می شوند. به عنوان مثال روش بیولومینسانس به طور وسیع در تست های سمیت استفاده می شود و آزمون های میکروتوکس بر اساس لومینسانس طبیعی توسط باکتری ویبریو فیشری می باشند؛ به طوری که این باکتری نسبت به سمیت در تاریکی پاسخ می دهد[۱, ۲, ۸]. روش ریسپیرومتری برای ارزیابی سمیت فاضلاب با استفاده از باکتری هتروتروف و باکتری شوره ساز استفاده می شود. همچنین روش آزمون های نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون معمولاً با استفاده از شوره سازی لجن فعال یا با تصفیه شوره ساز انجام می شوند؛ به طوری که اساس آزمایش در نیتریفیکاسیون حذف ترکیبات حاوی آمونیوم و به وجود آمدن نیتریت و نیترات می باشد[۲]. در روش بیو سنسورهای مولکولی، تشخیص پروتئین های تأکیدی از قبیل پروتئین های شوک حرارتی برای استفاده در سم شناسی به کار می روند[۷]. یکی از روش های استاندارد برای تعیین سمیت فاضلاب، آزمون سمیت یا زیست آزمونی است. روش های بسیاری برای زیست آزمونی وجود دارد. دو نوع متداول که عمدتاً استفاده می شود، سمیت مزمن و حاد است. در زیست آزمونی از موجودات زیادی مثل انواع ماهی ها، جلبک ها، باکتری ها و انواع موجودات آب های

1 Lethal Concentration
2 Toxicity Unit
3 Biochemical Oxygen Demand
4 Chemical Oxygen Demand

شیرین و دریا استفاده می شود[۵, ۹]. یکی از این اندیکاتورها سخت پوستی به نام دافنی مگنا می باشد[۳, ۴, ۶, ۱۰-۱۵]. اهمیت سخت پوستان از جمله دافنی مگنا، به عنوان یک منبع غذایی با ارزش برای ماهیان به ویژه کپور، به طور وسیعی ثابت شده و از دافنی مگنا، به عنوان موجود آزمایشگاهی استاندارد در تعیین سمیت انواع آلاینده ها از جمله مواد شیمیایی مختلف استفاده گردیده است. نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده بر روی انواع موجودات آزمایشگاهی نشان می دهد که زیست آزمونی با دافنی مگنا در مقایسه با برخی موجودات دارای حساسیت زیاد، تولید مثل کوتاه، ساده بودن آزمایش و پایین بودن هزینه های آزمایشگاهی و از همه مهم تر به خاطر بکرزا بودن آن ها، همانندی ژنتیکی که از مهم ترین عوامل در اعتبار نتایج به دست آمده از آزمایش های زیست آزمونی است، در نوزاد هایی که از یک جنس ماده متولد می شوند، وجود دارد. همچنین در اقدامات کنترل آلودگی آب جایگاه ویژه ای دارد. امروزه استفاده از دافنی مگنا به خاطر حساسیت بالا و استفاده آسان تر از آن برای پایش پساب خروجی و تعیین راندمان تصفیه خانه در کاهش سمیت در کشور های مختلف پذیرفته شده است[۶, ۹, ۱۶, ۱۷].زیست‌آزمونی معمولاً برای بررسی آلودگی پساب به کار می رود. در بحث سمیت مواد موجود در آب، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی برای ارزیابی اثرات سمیت مناسب نمی باشند. برای مثال تأثیر متقابل فاکتورهای شیمیایی و اثرات سمی ترکیبی مواد شیمیایی را نمی‌توان تعیین کرد. انواع مختلف موجودات زنده‌ی آبزی نسبت به مواد سمی مشابه به یک اندازه حساس نیستند و موجوداتی که به یک اندازه حساس می باشند، در مراحل مختلف زندگی حساسیت یکسانی ندارند. حتی موجوداتی که قبلاً در معرض مواد سمی قرار گرفته‌اند، ممکن است واکنش های متفاوتی را در مواجهه با مواد سمی از خود نشان بدهند[۱۸].با وجود اینکه همه‌ی آزمایش‌های زیست‌آزمونی در اصول شباهت زیادی با هم دارند، ولی در این تحقیق بیشتر بر زیست‌آزمونی به کمک میکروارگانیسم‌ها تاکید شده است، زیرا آزمایش‌های زیست‌آزمونی به کمک میکروارگانیسم‌ها علاوه بر ارزش عملی زیادی که دارند، جایگاه ویژه‌ای را در اقدامات مربوط به کنترل آلودگی آب به خود اختصاص داده‌اند[۱۹]. آزمایش سمیت برای حیات آبزیان، روشی است که عکس العمل‌های موجودات آبزی، برای آشکارسازی یا اندازه‌گیری وجود یا تأثیر یک یا چند ماده‌ی سمی، فاضلاب یا عوامل محیطی به تنهایی یا توام با یکدیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- **زیست‌آزمونی با استفاده از دافنیا:**

استفاده از دافنیا در مطالعات زیست‌آزمونی سابقه‌ای طولانی دارد. شاید بتوان گفت مزایای استفاده از دافنیا برای ارزیابی کیفیت پساب‌هایی که به آب‌های پذیرنده تخلیه می‌شوند، از همه‌ی روش‌های زیست‌آزمونی بیشتر است و همین امر باعث توسعه‌ی روزافزون این روش در مقایسه با سایر روش‌های زیست‌آزمونی، گردیده است. دافنیا مگنا (Daphnia Magna) بزرگ‌ترین دافنیا است که اندازه‌ی آن به 5 mm می‌رسد. تعداد زیادی از آنها را می‌توان در یک فضای نسبتاً کوچک پرورش داد. نوزادهای دافنیا مگنا ۰/۸ تا ۱ میلی‌متر طول دارند و با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند. دافنیا مگنا در این مرحله از سیکل زندگی اهمیت زیادی در آزمایش‌های زیست‌آزمونی دارد. جنس ماده‌ی دافنیا مگنا می‌تواند تا ۴ ماه در 20° C زنده بماند. آنها در آب‌های طبیعی و آب شیر کلرزدایی شده، پرورش می‌یابند. غذای آنها را باکتری‌ها، جلبک‌ها و مخمرها به همراه عصاره‌ی خاک و مواد آلی تشکیل می‌دهند. دافنیا مگنا در ظروف کوچک به طور انفرادی و در آکواریوم‌های بزرگ به صورت انبوه پرورش می‌یابد. دافنیا از خانواده‌ی کروستاسه است و معمولاً در آب‌های شیرین به صورت بومی زندگی می‌کند و در برکه‌ها و نهرها به تعداد زیاد یافت می‌شود. گونه‌ی دافنیا مگنا دارای سیکل زندگی جالبی است.در شرایط مساعد، جنس نر وجود ندارد و ماده‌ها تولید تخم نموده و در فواصل زمانی کوتاهی بکرزایی می‌نمایند. در این شرایط، تخم‌ها در تخمدان تولید شده و به محفظه‌ی کیسه‌ای انتقال می‌یابند که طی چند روز تکامل می‌یابند و سپس حیوان‌های جوانی متولد می‌شوند که از نظر ژنتیکی همانند مادر خود هستند. در شرایط نامساعد، نرها متولد می‌شوند و ماده‌ها تخم نابارور تولید می‌کنند سپس تولید مثل جنسی اتفاق می‌افتد و تخم‌های بارور شکل می‌گیرند. این تخم ها رشد کرده و اصطلاحاً به آنها تخم‌های خوابیده (Dormant Eggs) گفته می‌شود. این تخم ها در مقابل خشک کردن و انجماد مقاوم بوده و سرانجام تحت شرایط مساعد باز شده و تولید حیوانات ماده‌ی بکرزا می‌نمایند. به این ترتیب همانندی ژنتیکی که از مهم‌ترین عوامل در اعتبار نتایج به دست آمده از آزمایش‌های زیست‌آزمونی است در نوزادهایی که از یک جنس ماده متولد شده اند، وجود دارد.عسگری و همکارانش (۲۰۰۳) برای بررسی شاخص سمیت پساب در تصفیه خانه جنوب اصفهان از دافنی مگنا استفاده نمودند. نتایج نشان داد که زیست آزمونی برای ارزیابی سمیت فاضلاب و کنترل آلودگی آب لازم است. بنابراین می توان زیست آزمونی را به عنوان یک روش مناسب برای ارزیابی اثر و کارایی فرایند های مختلف تصفیه و کنترل سمیت به عنوان اطلاعات پایه برای پایش پساب ها به کار برد[۱۹].غلامی بروجنی و همکارانش (۲۰۱۳) برای کاهش سمیت رنگ از پساب های صنعتی از آنزیم هورس رادیش پراکسیداز استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آزمون سمیت با استفاده از دافنی مگنا منجر به کاهش شدیدی در سمیت پساب تولیدی شده است[۲۰].

هدف اصلی این پژوهش تعیین سمیت حاد پساب صنعتی تصفیه شده در شهرک های صنعتی آق قلا و بندرگز به روش زیست آزمونی می‌باشد.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

نمونه های مرکب پساب خام و تصفیه شده از دو تصفیه خانه صنعتی بندر گز و آق قلا برداشت شد. این تصفیه خانه در شهرک صنعتی آق قلا در ۱۰ کیلومتری شهرستان گرگان در زمینی به مساحت یک هکتار و در مدت ۱۰ ماه ساخته شده و به بهره برداری رسیده است. تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی آق قلا در سال ۸۳ و با هدف تصفیه فاضلاب واحد های صنعتی مستقر در این شهرک احداث شد. ظرفیت این تصفیه خانه در حدود ۶۹۰ متر مکعب در شبانه روز در نظر گرفته شده است که با استفاده از لجن فعال و به روش هوادهی گسترده فاضلاب صنعتی را در حد استاندارد آب های سطحی مورد تایید حفاظت محیط زیست تصفیه نموده و البته در حال حاضر برای آبیاری فضای سبز شهرک مورد استفاده قرار می گیرد و بخشی از آن نیز در سیستم استفاده مجدد از پساب مورد تصفیه کامل تر قرار گرفته تا در بخش صنعت و برای مصارف مختلف صنعتی استفاده شود. این تصفیه خانه دارای ۲۰۰ واحد صنعتی که ۱۲۰ واحد فعال است که فاضلاب واحدهای صنعتی فعال به تصفیه‌خانه منتقل می‌شود.

شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- **انتخاب نقاط نمونه برداری**

دقت یک آزمایش بیولوژیکی به علل متعددی که ناشی از تفاوت‌های طبیعی موجود در بین اعضای یک گونه است محدود می‌شود. مطالعه با گونه‌هایی که بطور تصادفی انتخاب شده است، اطلاعات صحیحی در مورد سمیت یک ترکیب نسبت به سایر گونه‌ها و مراحل زندگی ارائه نمی‌دهد. آزمایش با یک گونه، تخمینی صحیح از سمیت تنها نسبت به سایر گونه‌های مشابه از نظر اندازه، سن و شرایط فیزیولوژیکی در آبی با مشخصات و شرایط مشابه ارائه می‌دهد. با توجه به حساسیت دافنیا و گزارش های موجود در مورد اینکه دافنیا مگنا حساس ترین آبزی بی مهره به ترکیبات آلی مختلف است؛ جهت تعیین اثربخشی فرایندهای به کارگرفته شده در این مطالعه، از دافنیا مگنا به عنوان بیواندیکاتور آزمایشات زیست آزمونی استفاده شد. در این پژوهش LC_{50} و واحد سمیت (TU) تعیین شد[۱۸].

- **روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی**

ابتدا مواد مورد نیاز برای آزمایش، آب رقیق‌سازی و محلول‌های سمی آماده می‌شود و محلول‌های مورد آزمایش و شاهد در مقادیر ۱۰۰ میلی‌لیتر در شیشه‌های دهان گشاد و یا ظروف مشابه وارد می‌شود. آزمایش های لازم مانند اندازه گیری pH، اکسیژن محلول (DO)، کل جامدات معلق (TSS)، دما، BOD، COD، هدایت الکتریکی(EC) روی نمونه پساب انجام شد. پس از آماده‌سازی محلول‌های آزمایش، نوزادهای دافنیا را که از محفظه‌ی کیسه‌ای مادر هر ۲۴ ساعت یکبار در $20^{\circ}C$ و یا هر ۱۲ ساعت یکبار در $25^{\circ}C$ برداشت شده و در ظرفی جمع‌آوری گردیده است، جدا می‌شوند و ۳ بار در آب رقیق‌سازی شستشو داده می‌شوند. هر شستشو باید ۵ دقیقه ادامه یابد. ۱۰ نوزاد در هر ظرف آزمایش و ظرف شاهد وارد می‌شود. از یک تک لوله‌ی شیشه ای با قطر 8 mm و به طول 20 cm که یک سر آن کشیده شده و قطرش به 2 mm کاهش یافته است و سر دیگر آن با حباب لاستیکی به حجم 2 mL مجهز شده است برای جمع‌آوری و انتقال نوزادها استفاده می‌شود. از وسیله‌ی مشابهی که دو سر آن پرداخت شده و به یک حباب لاستیکی مجهز شده است، برای جابجایی حیوانات بالغ استفاده می‌شود.

- **کنترل کیفی آنالیز**

پس از وارد کردن نوزادان به محلول مورد آزمایش، مشاهده به طور منظم انجام می‌شود. معمولاً مشاهده بعد از ۱۲،۶،۴،۲،۱ ساعت و سپس به طور روزانه تا چهار روز (۹۶ ساعت) انجام می‌شود. تعداد حیوانات متحرک در هر ظرف آزمایش باید ثبت شود. حیوانی غیرمتحرک تلقی می‌شود که حرکت مستقلی حتی بعد از چرخاندن ظرف از خود نشان ندهد. حیوانات را نباید در طول آزمایش تغذیه کرد. دافنیا مگنا برای بیش از یک هفته بدون غذا در محلول‌هایی که نمک آنها خوب تنظیم شده است زنده می‌ماند. گونه‌های مختلف و آزمایش‌های دراز مدت مستلزم تغییراتی در شرایط استاندارد می‌باشد[۱۸]. نوزادهای دافنیا نسبت به دافنیاهای مسن‌تر مقاومت کم‌تری در برابر بیشتر آلاینده‌ها دارند لذا جهت انجام آزمایش‌های سمیت، معمولاً از نوزادها استفاده می‌گردد. در این تحقیق نوزادهای دافنیای مورد استفاده جهت انجام آزمایش‌ها عموماً ۳ روزه بودند. در تمام آزمایش‌های انجام شده، وجود شاهد به منظور بررسی معنی‌دار بودن نتیجه‌ی آزمایش ضروری است. مرگ و میر در نمونه‌های شاهد نباید بیش از ۱۰ درصد و ترجیحاً بیش از ۵ درصد باشد، که این درصد نشان‌دهنده‌ی یک موجود زنده‌ی مریض در گروه ۱۰ تا ۲۰ تایی است. مرگ و میر بالاتر غیرقابل قبول است و آزمایش از اعتبار ساقط شده و می‌بایست مجدداً تکرار گردد[۱۹]. این اصل نیز در این آزمایش رعایت شد.

میزان (TU) نیز از طریق رابطه (۱) محاسبه شد.

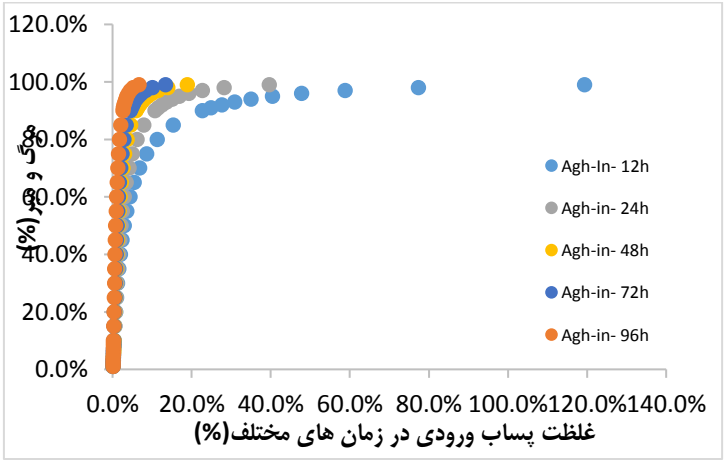
$$Tu = \frac{100\,\%}{LC_{50}} \qquad : \ (۱)$$

یافته‌های پژوهش:

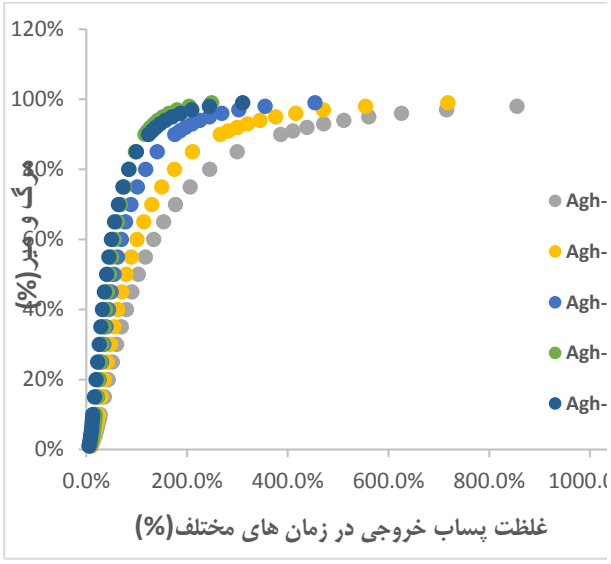
جدول ۱: پارامترهای ورودی و خروجی تصفیه خانه های آق قلا و بندرگز

پارامتر	نمونه برداری	ورودی تصفیه خانه	خروجی تصفیه خانه
آق قلا			
pH	میانگین	۷/۳	۷/۵
	انحراف معیار	۰/۴۴	۰/۳
COD (mg/L)	میانگین	**1854**	۵۵/۴
	انحراف معیار	**489**	۲۲/۴
TSS (mg/L)	میانگین	**1232**	**53**
	انحراف معیار	**189**	۳۲/۳
BOD	میانگین	**1196**	**140**
	انحراف معیار	**28**	۱۲/۴
بندر گز			
pH	میانگین	۷/۶۱	۷/۸۱
	انحراف معیار	۰/۰۶	۰/۰۷
COD (mg/L)	میانگین	**260**	۵۶/۵
	انحراف معیار	۶/۸۹	۰/۱۴
TSS (mg/L)	میانگین	۱۳۱/۲۵	۱۳/۹۶
	انحراف معیار	۳/۷۹	۱/۴۶

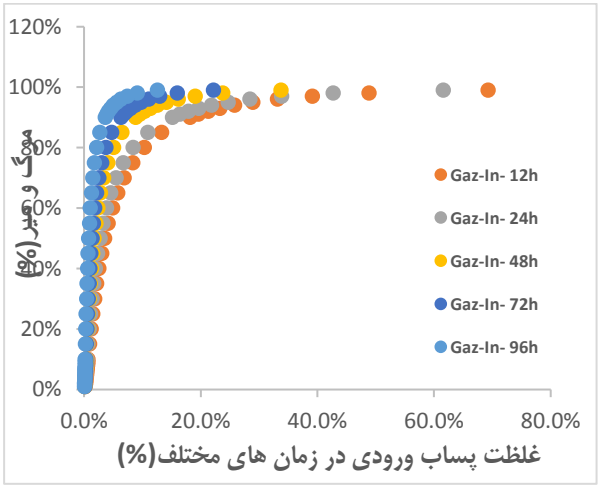
به منظور تعیین LC_{50} ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته و ترسیم نمودارهای مربوطه از نرم‌افزار SPSS و آنالیز پروبیت استفاده شد.



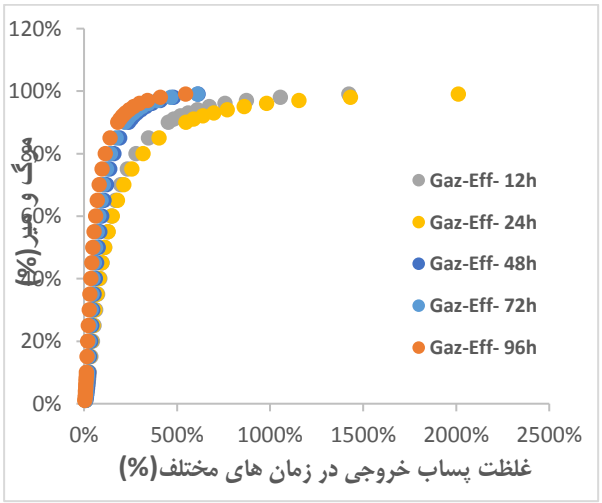
نمودار ۱ : LC_{50} ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته در پساب ورودی شهرک صنعتی آق قلا



نمودار ۲: LC_{50} ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته در پساب خروجی شهرک صنعتی آق قلا

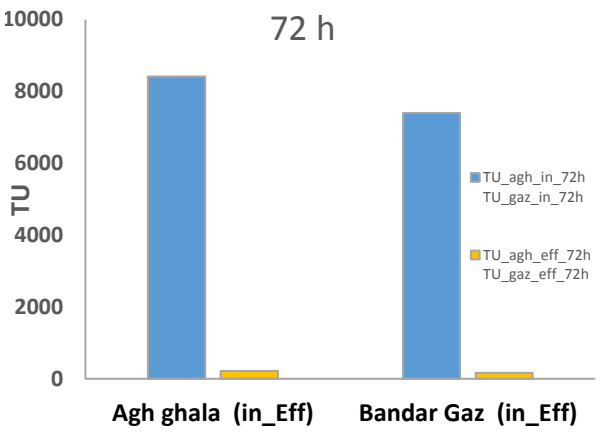


نمودار ۳: LC_{50} ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته در پساب ورودی شهرک صنعتی بندرگز

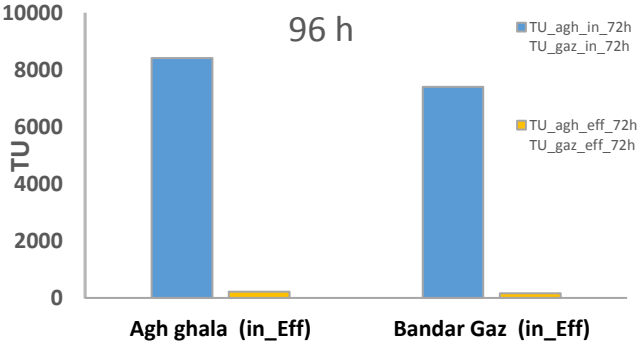


نمودار ۴: LC_{50} ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته در پساب خروجی شهرک صنعتی بندرگز

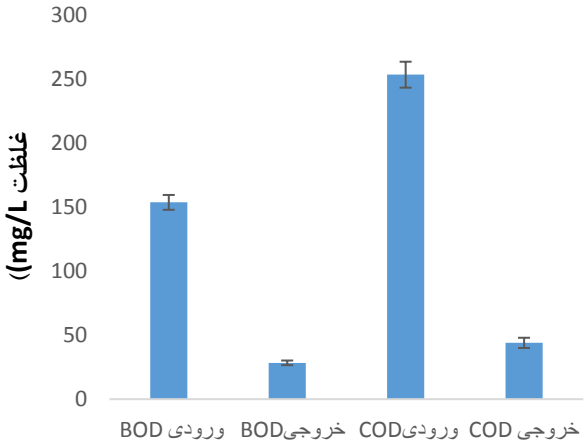
سمیت حاد ۷۲ و ۹۶ ساعته در پساب آق قلا و بندرگز بررسی شد:



نمودار ۵: مقایسه سمیت حاد ۷۲ ساعته پساب ورودی و خروجی بندرگز با آق قلا



نمودار ٦: مقایسه سمیت حاد ۹۶ ساعته پساب ورودی و خروجی بندرگز با آق قلا



نمودار ۷: تغییرات BOD و COD بندرگز

۳- بحث و نتایج

برای تعیین سمیت پساب خام و تصفیه شده در طی زمان های مختلف تصفیه به روش COP با روش زیست آزمونی نتایج مربوط به مرگ و میر دافنی مگنا و LC_{50} و واحد سمیت (TU) در نمودار های ۱ تا ۷ ارائه گردیده است. میانگین پارامترهای BOD_5 و COD پساب تصفیه شده شهرک صنعتی بندرگز به ترتیب ۲±۲۸ و ۴±۴۴ میلی گرم در لیتر با میزان LC_{50}-96h ورودی و خروجی ۰/۸ و ۴۷ درصد حجمی با میزان TU به ترتیب ۱۲۷۷۳ و ۲۱۴ و برای شهرک صنعتی آق قلا COD ۲۵±۵۰ میلی گرم در لیتر با میزان LC_{50}-96h ورودی و خروجی به ترتیب ۰/۸ درصد و ۳۹/۹ درصد با میزان TU به ترتیب ۱۲۱۵۹ و ۲۵۱ سنجش شد. با توجه به ا ستاندارد بودن خروجی ت صفیه خانه ها بر ا ساس محدوده ی ارائه شده تو سط سازمان حفاظت محیط زیست، به نظر می رسد ملاحظات زیست محیطی شدیدتری برای تخلیه پساب به محیط زیست باید اعمال گردد. بر طبق طبقه بندی انجام شده، میزان سمیت پساب های سمی بر ا ساس واحد سمیت (TU_{48-h}) به صورت جدول زیر می باشد.

جدول ۲: طبقه بندی میزان سمیت ترکیبات سمی بر اساس واحد سمیت (TU_{48-h}) [۲۱, ۲۲]

مقادیر سمیت	واحد سمیت (TU)				
	۰	۱>	۱ - ۱۰	۱۱-۱۰۰	۱۰۰ <
سمیت	غیر سمی	اندکی سمی	سمی	بسیار سمی	بی نهایت سمی

محوی و همکارانش نیز برای کاهش سمیت فنل با غلظت اولیه ۱۰۰ میلی گرم در لیتر توسط پرتوهای UV(۴۰۰وات) از آزمون سمیت توسط دافنی استفاده نمودند؛ نتایج آنها نشان داد که سمیت پساب تصفیه شده (LC_{50}, 96h) پس از ۶۰ دقیقه پرتودهی توسط لامپ UV، از ۱۵/۷ml/۱۰۰ml به ۲۲/۳ ml/۱۰۰ml تنزل یافته است و همچنین به دنبال آن واحد سمیت نیز از ۶/۳۶ به ۴/۳۵ کاهش تقریباً ۱/۵ برابری یافته است[۲۳]. ناوارو و همکارانش (۱۹۹۷ میلادی) از دافنی مگنا برای تعیین سمیت پساب تصفیه شده و تصفیه نشده بیمار ستان ها ا ستفاده نمودند. نتایج نشان داد از ده آزمون شرکت صنعتی پنج تا تصفیه شده و پنج تا ت صفیه ن شده ا ست و دو تا از آن ها پ ساب سمی بی شتر از ۲۳۰ واحد سمیت (ATU) داشتند. واحد های تصفیه آب در بعضی از شرکت ها در ۵۰ درصد موارد آزمایش شده به درستی کار نمی کنند[۲۴]. ناوارو و همکارانش (۱۹۹۹ میلادی) سمیت پساب پنج نساجی را با ا ستفاده از دافنی مگنا به عنوان شاخص ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد سمیت پساب تصفیه نشده نساجی ۲/۱ تا ۲۵/۴ واحد سمیت (ATU) و پساب ت صفیه شده ن ساجی ۱/۵ تا ۷/۲ واحد سمیت (ATU) می با شد[۱۰]. ناوارو و همکارانش (۲۰۰۰ میلادی) برای تعیین سمیت پساب از از دافنی مگنا ا ستفاده نمودند. نتایج تحقیق ن شان داد که بی شترین عامل سمیت پساب این صنایع به علت حضور رنگ و یون ClO^- می باشد که سمیت معادل ۲/۲ تا ۹۶۰ واحد سمیت (ATU) تولید می کند که نشان دهنده سمیت حاد ب سیار بالا می با شد[۳]. پنتار و همکارانش (۲۰۰۴ میلادی) سمیت پساب کارخانه کاغذ را با دافنی مگنا و ویبریو فیشری با ا ستفاده از فرایند اکسیداسیون کاتالیتیکی تر در حضور دو کاتالیست Ru/TiO_2 مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فاضلاب تصفیه شده توسط کاتالیست Ru/TiO_2 سمیت کمتر و قابلیت تجزیه پذیری بیشتر پساب می گردند[۶]. عسگری و همکارانش (۲۰۰۳ میلادی) برای بررسی شاخص سمیت پساب در تصفیه خانه جنوب اصفهان از دافنی مگنا ا ستفاده نمودند. نتایج ن شان داد که زیست آزمونی برای ارزیابی سمیت فاضلاب و کنترل آلودگی آب لازم است. بنابراین می توان زیست آزمونی را به عنوان یک روش مناسب برای ارزیابی اثر و کارایی فرایند

های مختلف تصفیه و کنترل سمیت به عنوان اطلاعات پایه برای پایش پساب ها به کار برد[۱۹]. محوی و همکارانش (۲۰۰۷ میلادی) سمیت محلول رنگزای رادیواکتیو و پساب واقعی نساجی را با فرایند نانوفتوکاتالیز با استفاده از دافنی مگنا بررسی نمودند. نتایج نشان داد که فرایند نانوفتوکاتالیز قابلیت رنگبری و کاهش سمیت پساب های واقعی نساجی را دارد[۲۳]. کریستوفر و همکارانش (۲۰۱۰ میلادی) برای تعیین حساسیت پساب در نیوزلند از چهار گونه کلادوسرا و دافنی مگنا استفاده نمودند. نتایج نشان داد نسبت های مزمن سمیت از ۱/۳ تا ۱۳/۵ برای کلادوسرا دوبیا می باشد[۱۶]. غلامی بروجنی و همکارانش (۲۰۱۳ میلادی) برای کاهش سمیت رنگ از پساب های صنعتی از آنزیم هورس رادیش پراکسیداز استفاده نمودند. نتایج نشان داد که آزمون سمیت با استفاده از دافنی مگنا منجر به کاهش شدیدی در سمیت پساب تولیدی شده است[۲۰]. پوردلجو و همکارانش (۲۰۱۴ میلادی) سمیت اکولوژیکی نانوذرات سیلیکا بر دافنی مگنا را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که نانوذرات سیلیکا اثرات سمی خود را بر دافنی مگنا ظاهر می نماید[۲۵].

٤- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد میزان حذف سمیت LC_{50}-96h پساب تصفیه خانه آق قلا و بندرگز به ترتیب از ۰/۸ درصد به ۳۹/۹ درصد و از ۰/۸ به ۴۷ درصد حجمی کاهش یافت. همچنین واحد سمیت حاد پساب (TU) پس از ۹۶ ساعت در تصفیه خانه آق قلا از ۱۲۱۵۹ به ۲۵۱ با راندمان حذف ۹۷/۹ درصد و برای پساب تصفیه خانه بندرگز از ۱۲۷۷۳ به ۲۱۴ با راندمان حذف ۹۸/۳ درصد تنزل یافت. با توجه به اینکه سمیت پساب تصفیه خانه آق قلا تقریباً ۱/۱ برابر تصفیه خانه بندرگز می باشد، طبق طبقه بندی ترکیبات سمی بر اساس واحد سمیت، پساب خروجی از هر دو تصفیه خانه در رده بی نهایت سمی می باشد. لذا تمهیدات لازم برای پایش و کاهش سمیت علاوه بر رعایت پارامترهای شاخص استاندارد پساب تصفیه خانه ها ضروری می باشد.

تقدیر و تشکر :

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی با عنوان" بررسی سمیت حاد پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهرک های صنعتی شهرستان گرگان به روش زیست آزمونی" با کد تصویب ۹۴۱۲۱۸۳۳۷ مصوب معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گلستان انجام شده است. نویسندگان از همکاری و حمایت آن معاونت کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع:

1. Ren, S., Assessing wastewater toxicity to activated sludge: recent research and developments. Environment International, 2004. 30(8): p. 1151-1164.
2. Dalzell, D.J.B., et al., A comparison of five rapid direct toxicity assessment methods to determine toxicity of pollutants to activated sludge. Chemosphere, 2002. 47(5): p. 535-545.
3. Villegas-Navarro, A., et al., Determination of Wastewater LC50 of the Different Process Stages of the Textile Industry. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2001. 48 :(۱)p. 56-61.
4. Verma, Y., Acute toxicity assessment of textile dyes and textile and dye industrial effluents using Daphnia magna bioassay. Toxicology and Industrial Health, 2008. 24(7): p. 491-500.
5. Sponza, D.T., Application of toxicity tests into discharges of the pulp-paper industry in Turkey. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2003. 54(1): p. 74-86.
6. Pintar, A., et al., Toxicity to Daphnia magna and Vibrio fischeri of Kraft bleach plant effluents treated by catalytic wet-air oxidation. Water Research, 2004. 38(2): p. 289-300.
7. Farré, M. and D. Barceló, Toxicity testing of wastewater and sewage sludge by biosensors, bioassays and chemical analysis. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2003. 22(5): p. 299-310.
8. Guerra, R., Ecotoxicological and chemical evaluation of phenolic compounds in industrial effluents. Chemosphere, 2001. 44(8): p. 1737-1747.
9. Barata, C., et al., A Daphnia magna feeding bioassay as a cost effective and ecological relevant sublethal toxicity test for Environmental Risk Assessment of toxic effluents. Science of The Total Environment, 2008. 405(1–3): p. 78-86.
10. Villegas-Navarro, A., et al., Evaluation of Daphnia magna as an indicator of toxicity and treatment efficacy of textile wastewaters. Environment International :(٥)٢٥ .١٩٩٩ ,p. 619-624.
11. Tišler, T. and J. Zagorc-Končan, Toxicity evaluation of wastewater from the pharmaceutical industry to aquatic organisms. Water Science and Technology, 1999. 39(10–11): p. 71-76.
12. Selcuk, H., Decolorization and detoxification of textile wastewater by ozonation and coagulation processes. Dyes and Pigments, 2005. 64(3): p. 217-222.
13. Meriç, S., H. Selçuk, and V. Belgiorno, Acute toxicity removal in textile finishing wastewater by Fenton's oxidation, ozone and coagulation–flocculation processes. Water Research, 2005. 39(6): p. 1147-1153.

14. Lambolez, L., et al., The Environmental Risks of Industrial Waste Disposal: An Experimental Approach Including Acute and Chronic Toxicity Studies. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1994. 28(3): p. 317-328.
15. Kim, S.D., K.S. Park, and M.B. Gu, Toxicity of hexavalent chromium to Daphnia magna: influence of reduction reaction by ferrous iron. Journal of Hazardous Materials, 2002. 93(2): p. 155-164.
16. Hickey, C.W., Sensitivity of four New Zealand cladoceran species and Daphnia magna to aquatic toxicants. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 1989. 23(1): p. 131-137.
17. Emmanuel, E., et al., Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network. Journal of Hazardous Materials, 2005. 117(1): p. 1-11.
18. Rice, E.W., et al., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2012: American Public Health Association.
19. Asgari ,g., h. Movahdian, and b. Bina, Survey of indicator toxicity of Isfahan south of wastewater treatment plant by using of daphnia magna. Yafteh, 2004. 5(4): p. 57-63.
20. Gholami-Borujeni, F., F. Nejatzadeh-Barandozi, and A.H. Mahvi, Detoxification of Dye from Industrial Wastewater by Immobilized Horseradish Peroxidase. Journal of Color Science and Technology, 2013. 7(2): p. 133-142.
21. Manusadžianas, L., et al., Ecotoxicological study of Lithuanian and Estonian wastewaters: selection of the biotests, and correspondence between toxicity and chemical-based indices. Aquatic toxicology, 2003. 63(1): p. 27-41.
22. Dungumaro, E.W. and N.F. Madulu, Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2003. 28(20-27): p. 1009-1014.
23. Mahvi, A.H., et al., Investigation of the Toxicity Reduction in Reactive Dye Solution and Real Textile Wastewater by Nanophotocatalysis Process Using Daphnia Magna. Journal of Color Science and Technology, 2007. 1(2): p. 91-96.
24. Villegas-Navarro, A., et al., Determination of LC50 from Daphnia magna in treated industrial waste waters and non-treated hospital effluents. Environment International, 1997. 23(4): p. 535-540.
25. Pourdeljoo, T., et al., Ecotoxicity of Nano Silica in Daphnia Magna. Journal of Guilan University of Medical Sciences, 2014. 22(88): p. 11-17.

Evaluation of acute toxicity of effluents of industrial wastewater treatment plants of industrial towns of *Golestan Province* using biomonitoring

Faezeh Ghelichi [1]; Elaheh Alikhani [2]; Yousef Dadban Shahamat [3, *]

1- Environmental Health engineering, school of public Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

2- Environmental Health engineering, school of public Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

[*]3- Associate Professor, Environmental Health Research Center, Faculty of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

[*]Email Address: dr.udadban@goums.ac.ir

Abstract

Introduction

Effective treatment of domestic sewage and industrial effluent to maintain the quality of the utmost importance. Quality wastewater treatment, usually with parameters such as PH, dissolved oxygen, chemical oxygen, biochemical oxygen demand, total organic carbon, total dissolved solids, total suspended solids, concentration of some special compounds and other parameters can be expressed. There are several methods for determining toxicity, including bioluminescence, respiration, nitrification, denitrification, molecular-based tests and sensors, and bioassay. Toxicity testing for aquatic life is a method in which the reactions of aquatic organisms are used to detect or measure the presence or effect of one or more toxic substances, wastewater, or environmental factors alone or in combination. This method has many deficiencies, including lack of recognition synchronized effects and toxicity index them. Even the most comprehensive physico-chemical properties wastewater effluent adverse effects on ecosystems will not show the effects of bio-waste only determined by bioassay tests. One of the standard methods for determining the toxicity of wastewater is the toxicity test or bioassay. Although all bioassay tests are very similar in principle, this study focuses more on bioassay with the help of microorganisms, because bioassays focus on microorganisms in addition to their specificity in controlling water pollution. There are many types for bioassay. The two most commonly used types are chronic and acute toxicity. Many organisms such as fish, algae, bacteria and freshwater and sea creatures are used in the bioassay. One of these indicators is a hard skin called Daphnia Magna. The results of research on a variety of laboratory organisms show that bioassay with Daphnia Magna compared to some organisms with high sensitivity, short reproduction, simplicity of testing and low laboratory costs and most importantly due to fertilization. They have a genetic similarity, which is one of the most important factors in the validity of the results of bio-experiments, in infants born of the same sex. It also has a special place in water pollution control measures. Today, the use of Daphnia Magna is accepted in different countries due to its high sensitivity and easier use to monitor the effluent and determine the efficiency of the treatment plant in reducing toxicity.The aim of this study was to evaluate the toxicity of effluent from wastewater treatment plants, industrial city of Golestan Province Using the biology test.

Methodology

The accuracy of a biological test is limited to a number of reasons, which are due to natural differences between members of a species. Study with accidentally selected species does not provide accurate information about the toxicity of a compound compared to other species and life stages. Experiments with one species, provide an accurate estimate of toxicity only to other similar species in terms of size, age, and physiological conditions in water with similar characteristics and conditions. Daphnia Magna is the largest daphnia, measuring 5 mm in size. Many of them can be grown in a relatively small space. Daphnia Magna babies are 0.8 to 1 mm long and can be seen with the naked eye. Daphnia magna is very important in biological experiments at this stage of the life cycle. The female genus Daphnia magna can survive for up to 4 months at 20 ° C. They grow in natural waters and dechlorinated tap water. Their diet consists of bacteria, algae and yeasts along with soil extracts and organic matter. Daphnia magna is grown individually in small containers and in large aquariums. According to the sensitivity of Daphnia and the reports that Daphnia magna is the most sensitive invertebrate to various organic compounds; To determine the effectiveness of the processes used in this study, Daphnia Magna was used as a bioindicator of bioassay experiments. First, the test materials, diluent water, and toxic solutions are prepared, and the test and control solutions are introduced in 100 ml volumes into wide-mouthed glass or similar containers. Necessary tests such as pH, DO, TSS, temperature, BOD, COD,

EC were performed on the effluent sample. After preparing the test solutions, 10 Daphnia infants were placed in each test container and control container; then observation is performed regularly. Observation is usually done after 1, 2, 4, 6, 12 hours and then daily for up to four days (96 hours). The number of moving animals in each test vessel should be recorded. Mortality in control samples should not be more than 10% and preferably more than 5%, which indicates a sick organism in the group of 10 to 20. Then using Daphnia magna Bioandicator acute toxicity unit and LC_{50} at 12, 24, 48, 72 and 96 hours with probit test in SPSS version 22 was used. Composite samples of raw sewage and industrial wastewater treatment plant of the Golestan Province were refined. It should be noted that all toxicity tests determined in the Health college laboratory of Medical Sciences university was conducted. In this study, LC50 and toxicity unit (TU) were determined.

Results

To determine the toxicity of raw and treated effluents during different treatment times by COP method with experimental method, the results related to Magna and LC50 mortality and toxicity unit (TU) are presented in Figures 1 to 7. BOD_5 and COD parameters treated wastewater Industrial Town BandarGaz, respectively 44 ± 4 and 28 ± 2 mg with 0.8% and 47% by volume of input and output LC_{50}-96h with the TU respectively 12773 and 214 for Agh Ghala Industrial Town COD 50 ±25 mg LC_{50}-96h with the input and output, respectively 0.8% and 39.9%, respectively 12159 and 251 were measured by the TU.

Conclusion

The results showed that the removal of toxic wastewater treatment LC_{50}-96h Aq Qala and Bandar Gaz respectively from 0.8% to 39.9% and from 0.8% to 47% by volume, respectively. The acute toxicity of waste water treatment plants Aqqala from 12159 to 251and acute toxicity of the wastewater treatment plant Bandargaz after 96 hours measure fell from 12 773 to 214. Considering that the toxicity of Aqqala water treatment plant effluent is approximately 1.1 times than Bandar-e-Gaz treatment plant, according to the classification of toxic compounds based on the toxicity unit, the effluent from both treatment plants is extremely toxic. Therefore, necessary measures to monitor and reduce toxicity, in addition to observing the parameters of the standard index of wastewater treatment plants are necessary.

Keywords

Bioassay; Daphnia magna; LC_{50}; TU, Gorgan