مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱۲۹ تا ۱۴۰

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک اکولوژیک و سلامت آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (LAS) در آب سد درودزن (فارس)

ابراهیم هوشیاری[۱]، نسرین حسن زاده[۱،*]، علی چرخستانی[۲]
۱- گروه محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۲- گروه محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۸
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۲
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۳/۲۹

واژگان کلیدی: آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی، سد درودزن، سورفاکتانت، ارزیابی خطر آب شرب

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Nasrinhassanzadeh@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلکیل بنزن سولفانات خطی (LAS) کاربرد زیادی در تولید انواع شوینده‌ها دارد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی همزمان خطر سلامت و خطر اکولوژیک این آلاینده در آب سد درودزن برای ارگانیسم‌های هدفی همچون ماهی‌ها و دافنی است.

روش بررسی: با توجه به هدف تحقیق و براساس محدودیت‌های موجود، در شهریورماه ۱۳۹۷ از ۷ ایستگاه انتخاب شده براساس کانون آلودگی در سد درودزن تعداد ۲۱ نمونه آب برداشت شد و پارامترهای کیفی آب شامل دما، اسیدیته (pH)، اکسیژن محلول (DO)، پتانسیل اکسایش و کاهش (ORP)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) براساس روش استاندارد در محل سنجش شد. مقدار آلکیل بنزن سولفانات خطی (LAS) پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از روش بهینه شده متیلن بلو اندازه‌گیری شد. سپس ارزیابی خطر اکولوژیک و سلامت با محاسبه شاخص RQ (شاخص ریسک) انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین پارامترهای pH برابر با ۸/۸۴، EC برابر با ۷۳۲/۱۹ µs/cm، TDS، شوری و DO به ترتیب برابر با ۴۸۲/۹۰ mg/L، ۳۶۶/۶۱ و ۶/۸۷ بود. بیشترین و کمترین غلظت LAS به ترتیب ۰/۰۳۹ mg/L و ۰/۰۰۵ بود. همچنین نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین غلظت LAS و pH وجود دارد. نتایج ارزیابی خطر نشان داد که شاخص ریسک سلامت در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از مقدار ۰/۱ است. در صورتی‌که شاخص ریسک اکولوژیک به‌جزء در ایستگاه شماره ۷ در سایر ایستگاه‌ها در طبقه با ریسک کم قرار دارد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که شاخص RQ در آب سد درودزن در محدوده مناسب و در طبقه با ریسک کم قرار دارد. لذا لازم است که به منظور رسیدن به قطعیت در ارتباط با شرایط بهینه آب سد از نظر اکولوژیکی و سلامت مطالعات طولانی مدت در این زمینه انجام شود.

Please cite this article as: Hoshyari E, Hassanzadeh N, Charkhestani A. Ecological and health risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates in Doroodzan Dam (Fars). Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):129-40.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

مقدمه

سد درودزن حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از آب آشامیدنی شهر شیراز و نیز بخش عمده آب آشامیدنی شهرستان مرودشت و کشاورزی و صنایع پایین دست را تامین می‌کند (۱). از این‌رو هر تغییری در کیفیت آب این سد تاثیری حیاتی بر سلامتی بیش از یک میلیون نفر از مردم استان دارد. آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (LAS) یکی از شوینده‌های معمول محسوب می‌شود که در گروه شوینده‌های آنیونی قرار دارد (۲، ۳). LAS دارای فرمول R-ph-SO3 است که گروه R یک گروه آلکیل با تعداد ۱۴-۱۰ کربن است و گروه فنیل می‌تواند از طریق کربن‌های نوع دوم به زنجیره R متصل و ایزومرهای مختلفی را ایجاد نماید (۴). بر این اساس LAS در مجموع دارای ۲۶ ایزومر و همولوگ در ساختار خود است (۲). LAS به‌عنوان یکی از متداول‌ترین شوینده‌ها، کاربرد وسیعی در مصارف خانگی داشته و بزرگترین منبع ورود آن به محیط‌زیست به ویژه آب‌های سطحی، فاضلاب‌های خانگی است (۵). مطالعات مختلف نشان داده است که آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی دارای خاصیت اکوتوکسیکولوژی بر موجودات آبزی هستند (۹-۶). شوینده‌ها از نظر زیستی قادرند حالت و کیفیت پروتئین‌ها را تغییر دهند و در نتیجه ویروس‌ها را غیرفعال و متابولیسم باکتری‌ها را مختل سازند و موجب کندی اعمال حیاتی آنها گردند (۱۰). غشای میکروارگانیسم‌ها تحت تاثیر شوینده‌ها تخریب می‌شود و موجب از بین رفتن آنزیم‌ها می‌شود، از نظر غیر زیستی نیز شوینده‌ها از طریق افزایش فسفات در محیط می‌توانند باعث پدیده یوتریفیکاسیون شده و ضمن ایجاد کف بر روی آب، مانع فتوسنتز و در نهایت مرگ ارگانیزم‌های آبزی شوند (۱۱). غلظت مزمن و کشنده آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی در اکوسیستم‌های آبی و در گونه‌های دریایی کمتر از ۱ mg/L گزارش شده است (۱۲، ۱۳). آژانس حفاظت محیط‌زیست در سال ۱۹۸۹ حداکثر غلظت ثانویه عوامل کف‌کننده را ۰/۵ mg/L توصیه نموده و سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۸۴ عنوان نمود که هیچ عامل کف‌کننده‌ای نباید در آب خام وجود داشته باشد و حداکثر غلظت سورفاکتانت در آب آشامیدنی را ۰/۲ mg/L عنوان کرده است (۱۱). امروزه ارزیابی ریسک سلامت و اکولوژیکی به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در تعیین سیاست‌های مدیریت محیط‌زیست است (۱۴). لذا با توجه به تاثیرات زیستی و اکولوژیکی شوینده‌ها و همچنین با توجه به اهمیت سد درودزن در تامین آب شرب و همچنین اهداف تفرج و گردشگری، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی همزمان خطر سلامت و اکولوژیکی آب سد درودزن با استفاده از شاخص‌های ریسک مربوطه است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

سد درودزن در ۸۵ کیلومتری شمال غربی شهر شیراز و در مسیر رودخانه کر ساخته شده است و یکی از منابع تامین کننده آب شرب شهر شیراز به‌شمار می‌رود و در ارتفاع ۱۳۵۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این سد به ترتیب در طول و عرض جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی قرار دارد و جهت تامین آب شرب شهر شیراز و همچنین کشاورزی روستاهای پایین‌دست سد مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱).

- نمونه برداری و آنالیز

الف) نمونه‌برداری

با توجه به هدف تحقیق و به دلیل اوج فعالیت‌های تفرج و گردشگری در اواخر تابستان (شهریورماه) و همچنین به دلیل محدودیت‌هایی همچون صدور مجوز تنها جهت یکبار نمونه‌برداری از آب سد، پس از هماهنگی‌های بعمل آمده با اداره آب و فاضلاب شیراز و اداره محیط‌زیست شهرستان مرودشت، نمونه‌برداری در اواسط شهریورماه ۱۳۹۷ و از ۷ ایستگاه انتخاب شده براساس بازدید از محل و تعیین مراکز احتمال ورود آلاینده و همچنین براساس نوع فعالیت‌های انجام شده در اطراف سد صورت گرفت. موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب مکانی (GPS) برداشت گردید (شکل ۱). ظروف نمونه‌برداری از جنس پلی اتیلن و به حجم ۱/۵ لیتری بود. در هر ایستگاه،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

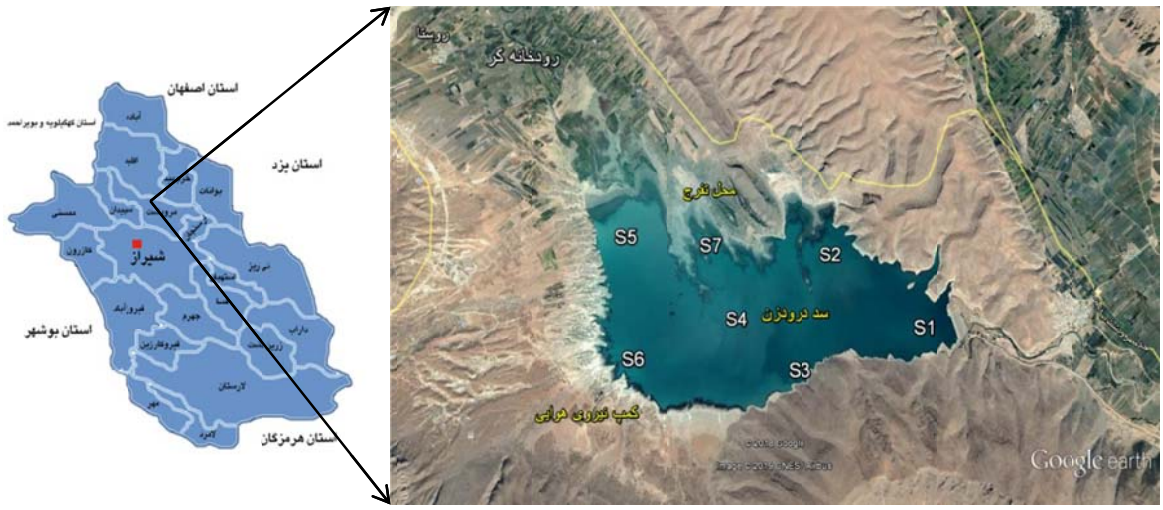
نمونه‌برداری براساس روش استاندارد از ستون آب و با سه تکرار انجام شد (۱۵). به‌منظور اندازه‌گیری آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (LAS)، میزان ۱ mg/L هیدروکلریک اسید جهت جلوگیری از تجزیه احتمالی LAS در ماتریس آب، به نمونه‌ها اضافه و پس از قرار دادن نمونه‌ها در یخدان سریعا به آزمایشگاه انتقال داده شد (۱۶).

ب) اندازه‌گیری پارامترهای کیفی

به‌منظور بررسی ارتباط احتمالی بین پارامترهای کیفی آب و غلظت LAS و همچنین بررسی تاثیر این پارامترها و بطور کلی به‌منظور اطلاع از کیفیت آب در زمان نمونه برداری، پارامترهایی همچون دمای آب، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، اکسیژن محلول (DO) و پتانسیل اکسایش و کاهش (ORP) با استفاده از دستگاه‌های پرتابل ۷۰۳۱ EZDO و ۸۲۰۰ EZDO پس از کالیبراسیون براساس دستورالعمل دستگاه و در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. دقت قرائت دستگاه ۷۰۳۱ EZDO جهت پارامترهای DO و درجه حرارت به ترتیب ۰/۰۱mg/L و ۰/۱ °C و دقت قرائت دستگاه ۸۲۰۰ EZDO جهت پارامترهای pH، ORP، درجه حرارت، EC، TDS و شوری به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۰/۱ Mv، ۰/۱ °C، ۰/۱ µS/cm و ۰/۱ mg/L بود (۱۷).

ج) اندازه‌گیری آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (LAS)

در این مطالعه از روش جدید، ساده و بهینه شده نسبت به روش‌های قدیمی جهت اندازه‌گیری میزان LAS استفاده شد (۱۸). بدین منظور ابتدا با استفاده از استاندارد سدیم دودسیل بنزن سولفانات با فرمول شیمیایی $C_{18}H_{29}NAO_3S$ منحنی کالیبراسیون از طریق ساخت محلول‌های استاندارد رسم شد و پس از ساخت محلول‌های مورد نیاز شامل: عامل متیلن بلو (۱۳/۳ mM)، محلول بافر سدیم تترابورات ۵۰ mM و شناساگر فنول فتالئین، مقدار ۵ mL از هر نمونه آب در لوله شیشه‌ای ریخته شد و از طریق اضافه کردن ۲۰۰ µL تترابورات سدیم (۵۰mM) قلیایی و به pH برابر با ۱۰/۵ رسانده شد، جهت تشخیص تغییر pH نیز از شناساگر فنول فتالئین استفاده شد. در ادامه مقدار ۱۰۰ µL متیلن بلو اضافه گردید و محلول بهم زده شد و پس از اضافه کردن مقدار ۴mL کلروفرم به آن به مدت ۳۰ s به شدت تکان داده شد و ۵ min به حال خود رها شد. پس از تشکیل دو فاز، فاز آلی (قسمت پایینی لوله شیشه‌ای) جدا و درون سل ۱۰ mL ریخته شد و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۵۰ nm قرائت گردید و در نهایت، با استفاده از معادله خطی منحنی کالیبراسیون و



شکل ۱- موقعیت سد درودزن و ایستگاه‌های نمونه برداری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

طول موج جذب شـده، غلظت LAS محاسـبه شد. به‌منظور جلوگیـری از ورود احتمالـی آلودگـی در طـی فراینـد نمونه بـرداری و آنالیز نمونه‌ها، کلیه ظروف نمونه برداری و تجهیزات آزمایشـگاهی مورد اسـتفاده همچون لوله‌های شیشه‌ای، بشر، ارلن مایر و ... قبل از اسـتفاده، اسیدشـویی شـده و با استفاده از آب دوبار تقطیر شستشـو داده شدند (۱۶). به‌منظور دقت در اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب، دسـتگاه پرتابل با استفاده از محلول‌های استاندارد و براسـاس دستورالعمل دستگاه کالیبره شـد. همچنین در طی روند آنالیز، نمونه‌های شاهد (که شامل مواد مورد اسـتفاده بدون حضور نمونه بـود) تهیه و همزمان با نمونه‌های آب آنالیز شد (۱۷).

د) ارزیابی خطر

- ارزیابی خطر سلامت

جهت ارزیابی خطر سـلامت LAS در آب سـد درودزن برای مصرف‌کنندگان از شاخص ریسک(Risk Qutient (RQ)) استفاده شـد (۱۶). مقدار این شاخص با اسـتفاده از معادله ۱ محاسبه می‌گردد.

$$RQ = MC/DWEL \qquad (۱)$$

در ایـن معادلـه RQ شـاخص ریسـک، (Maximun Concentration) MC: حداکثر غلظت آلاینده مد نظر است و DWEL (Drinking Water Equivalent Level): سطحی از تماس که منجر به اثرات حاد نمی‌گردد که با استفاده از معادله ۲ محاسبه می‌گردد.

$$DWEL = \frac{ADI*BW}{DWI*AB*FOE} \qquad (۲)$$

در معادله ۲، ADI (Accepted Daily Intake) (mg/L): جذب قابل قبول روزانه که در واقع غلظتی از یک آلاینده که در دوره طول عمر انسان تاثیری ایجاد نمی‌کند (براساس مطالعات انجام گرفته میزان آن mg/L ۴/۵ در نظر گرفته شـده است). BW (Body Weight): وزن تـوده بدنی (۷۰kg)، DWI (Daily Water Intake): مقدار آب مصرفی روزانه بر حسب گروه سـنی (برای یک انسـان بالـغ L/day ۲ در نظر گرفته می‌شـود)، AB: نرخ جذب که براسـاس رهنمود EPA مقدار ۱ در نظـر گرفته می‌شـود (۱۶) و FOE: فراوانـی مواجهه با آلاینده که براسـاس رهنمود EPA مقدار ۰/۹۶ در نظر گرفته شده اسـت (۱۹). در این فرمول اگر مقدار RQ بزرگتر از عدد ۱ باشـد نشان‌دهنده وجود ریسک، اگر مقدار RQ بین ۱-۰/۲ باشد ریسک متوسط و اگر مقدار این شاخص کمتر از ۰/۲ باشد بیانگر عدم وجود ریسـک است (۱۶). همچنین شاخص ریسک سـلامت جهت هریک از گروه‌های سنی محاسبه گردید. مقدار آب مصرفی هریک از گروه‌های سـنی از دسـتورالعمل سازمان حفاظت محیط زیسـت آمریکا (U.S.EPA) اسـتخراج شـد (۱۹).

- ارزیابی خطر اکولوژیک

جهـت ارزیابـی ریسـک اکولوژیکـی (Ecological Risk Assessment (ERA)) نیز همان‌گونه‌که ذکر شد از شاخص RQ اسـتفاده شد که مقدار آن با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد (۱۶).

$$RQ= MC/PNEC \qquad (۳)$$

در ایـن معادلـه MC (Maximun Concentration) حداکثـر غلظت ماده آلاینده و PNEC (Predict No Effect Concentration) غلظـت قابل پیش بینی و غیرقابل تاثیر ماده آلاینده اسـت که با اسـتفاده از معادله ۴ محاسـبه می‌گـردد. در ایـن فرمول اگر مقدار RQ کمتر از ۰/۱ باشـد آلاینده دارای ریسـک پایین، اگر بین ۰/۱ تا ۱ باشد وضعیت ریسک متوسط و اگر بزرگتر از ۱ باشد دارای ریسک بالا است (۱۶).

$$PNEC= EC_{50} \text{ or } LC_{50}/AF \qquad (۴)$$

در معادلـه ۴: EC_{50} (غلظـت مؤثـر که منجر بـه کاهش ۵۰ درصـد فرایندهـای بیولوژیکـی می‌شـود) LC_{50} (غلظتی از آلاینـده که باعث مرگ ۵۰ درصد از موجودات زنده می‌شـود) که در این تحقیق براسـاس مطالعات صورت گرفته ارگانیسـم

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

هدف ماهی‌ها و سخت پوستان مثل دافنی است (۲۰) و AF (Assessment Factor): فاکتور ارزیابی استاندارد که جهت مطالعات کوتاه مدت و در آب‌های شیرین ۱۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود (۱۶). براساس مطالعات سم‌شناسی که در ارتباط با LAS در محیط‌های آبی انجام شده است مقدار PNEC، ۰/۲۷ برآورد گردیده است (۲۰). که در این مطالعه نیز از این عدد جهت محاسبات استفاده شده است.

ه) تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار آماری SPSS, 20 و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. بدین منظور نخست وضعیت نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف –اسمیرنف (Kolmogorov-Smirnov) تعیین شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، جهت بررسی همبستگی بین پارامترها و بررسی اختلاف بین آنها به ترتیب از آزمون همبستگی پیرسون (Pierson) و تحلیل واریانس (One – Way ANOVA) استفاده شد.

یافته‌ها

- اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب

در این مطالعه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محل نمونه‌برداری و با استفاده از دستگاه پرتابل کالیبره شده اندازه‌گیری شد. جدول ۱ آمار توصیفی پارامترهای مورد نظر را در ۷ ایستگاه سد درودزن نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین پارامترهای کیفی آب سد درودزن را نشان می‌دهد.

- اندازه‌گیری میزان LAS

به منظور اندازه‌گیری میزان LAS نخست منحنی کالیبراسیون از طریق ساخت محلول‌های استاندارد رسم شد. نتایج حاصل از رسم منحنی کالیبراسیون نشان داد که میزان R^2 در این مطالعه مقدار ۰/۹۹۶۶ است که مقدار قابل قبولی است. پس از رسم منحنی کالیبراسیون، غلظت LAS در نمونه‌های آب اندازه‌گیری شد. جدول ۳ غلظت LAS در ۷ ایستگاه سد درودزن را نشان می‌دهد. جدول ۴ نیز ارتباط بین غلظت LAS و پارامترهای کیفی آب را ارائه می‌کند.

جدول ۱ – آمار توصیفی پارامترهای کیفی آب سد درودزن

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	حد مجاز	
						سازمان بهداشت جهانی (۲۱)	سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۲۲)
اسیدیته (pH)	-	۸/۴۱	۸/۶۱	۸/۴۸	۰/۰۵۹	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵
هدایت الکتریکی (EC)	µs/cm	۶۹۴	۷۵۱	۷۳۲/۱۹	۱۹/۲۴	-	۱۰۰۰
کل جامدات محلول (TDS)	mg/L	۴۵۸	۴۵۹	۴۸۲/۹۰	۱۲/۰۱	۱۰۰۰	-
شوری	mg/L	۳۴۸	۳۷۶	۳۶۶/۶۱	۹/۲۱	-	-
درجه حرارت	°C	۲۵	۲۷	۲۵/۹۲	۰/۵۰	-	-
پتانسیل اکسایش و کاهش (ORP)	mv	-۷۴	-۶۵/۹۰	-۷۰/۷۶	۲/۵۶	-	-
اکسیژن محلول (DO)	mg/L	۶/۸۷	۶/۹۵	۶/۸۷	۰/۰۵۲	۵	۵

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

جدول ۲- همبستگی بین پارامترهای مختلف کیفی در آب سد درودزن

پارامتر	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	کل جامدات محلول (TDS)	شوری	درجه حرارت	پتانسیل احیا (ORP)	اکسیژن محلول (DO)
اسیدیته (pH)	۱	-	-	-	-	-	-
هدایت الکتریکی (EC)	-۰/۲۷۶	۱	-	-	-	-	-
کل جامدات محلول (TDS)	-۰/۲۹۱	۰/۹۹۳*	۱	-	-	-	-
شوری	-۰/۳۰۰	۰/۹۹۱*	۰/۹۹۴*	۱	-	-	-
درجه حرارت	-۰/۳۵۱	-۰/۲۰۹	-۰/۱۶۷	-۰/۱۲۹	۱	-	-
پتانسیل اکسایش و کاهش (ORP)	-۰/۷۶۲	۰/۲۲۲	۰/۲۲۷	۰/۲۰۴	۰/۱۱۳	۱	-
اکسیژن محلول (DO)	-۰/۸۱۰	۰/۱۴۰	۰/۱۵۲	۰/۱۵۰	۰/۱۷۰	۰/۶۶۶*	۱

*همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

جدول ۳- غلظت LAS در ایستگاه‌های نمونه برداری شده سد درودزن (mg/L)

پارامتر / شماره ایستگاه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	حد مجاز WHO (۲۱)	حد مجاز EPA (۱۹)	سطح معنی‌داری (p)
۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱			
۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳			
۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۲			
۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۲	۰/۵	۰/۰۰۰*
۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۲			
۶	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱۱			
۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۱۲			

*اختلاف در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

جدول ۴- همبستگی بین غلظت LAS و پارامترهای کیفی آب سد درودزن

پارامتر / ترکیب	pH	DO	ORP	Temperature	Salinity	TDS	EC
LAS	۰/۴۹۸*	-۰/۲۰۴	-۰/۱۷۴	-۰/۳۹۵	-۰/۳۹۱	-۰/۳۷۱	-۰/۳۱۰

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است

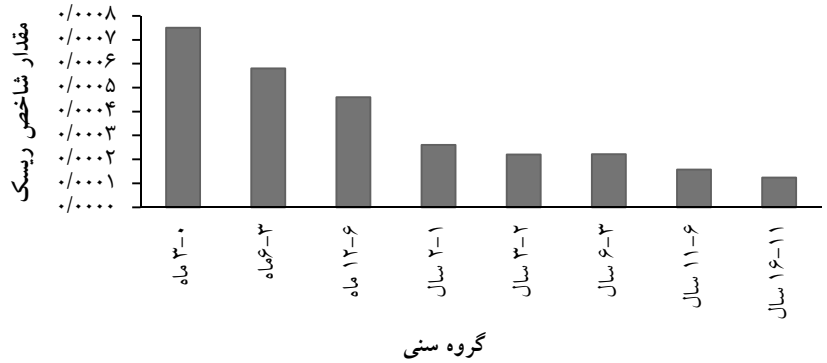
- ارزیابی ریسک سلامت و اکولوژیکی

در این مطالعه جهت ارزیابی ریسک سلامت و همچنین ارزیابی ریسک اکولوژیکی از شاخص RQ استفاده شد. جدول ۵ نتایج ارزیابی ریســک را نشان می‌دهد. نمودار ۱ نیز میانگین شاخص RQ در گروه‌های سنی مختلف را نشان می‌دهد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

جدول ۵- نتایج ارزیابی ریسک سلامت (RQ_1) و ارزیابی ریسک اکولوژیکی (RQ_2) در آب سد درودزن

پارامتر / ایستگاه	غلظت (mg/L)	ریسک سلامت (RQ_1)	ریسک اکولوژیکی (RQ_2)	وضعیت ریسک	
				RQ_1	RQ_2
۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۱۸۵۲	ریسک کم	ریسک کم
۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۵۱۴۸	ریسک کم	ریسک کم
۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۲۵۹۳	ریسک کم	ریسک کم
۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۳۲۲۲	ریسک کم	ریسک کم
۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۷۰۳۷	ریسک کم	ریسک کم
۶	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۹۲۵۹	ریسک کم	ریسک کم
۷	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰۲۵	۰/۱۵۱۸۵	ریسک کم	ریسک متوسط



نمودار ۱- میانگین شاخص RQ در گروه‌های سنی مختلف

بحث

در این مطالعه از روش ساده شده Jurdo و همکاران استفاده شد زیرا براساس مطالعه انجام گرفته توسط Pirsaheb و همکاران (۲۳) این روش از نظر سرمایه‌گذاری اولیه، مواد مصرفی، تجهیزات مورد استفاده و ... اقتصادی‌تر از روش استاندارد است. در مرحله اول و براساس نتایج آنالیز پارامترهای کیفی آب سد درودزن مشخص گردید که مقدار هدایت الکتریکی (EC) در دامنه ۶۹۴ µS/cm تا ۷۵۱ است. همچنین بیشترین میزان هدایت الکتریکی در ایستگاه شماره ۵ (۷۵۰/۶۶ µS/cm) و کمترین میزان آن در ایستگاه شماره ۶ (۶۹۴/۳۳ µS/cm) ثبت گردید. در خصوص کل جامدات محلول نیز نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب متعلق به ایستگاه‌های شماره ۶ و ۵ است (جدول ۱). TDS با EC همبستگی دارد و با توجه به افزایش میزان EC مقدار آن نیز افزایش می‌یابد (۲۴). مقدار pH در دامنه ۸/۶۱-۸/۴۱ قرار دارد. pH آب سد درودزن نزدیک به محدوده قلیایی است. pH قلیایی باعث تلخی طعم آب شده و مناسب جهت آبیاری نیست (۲۵). مقدار اکسیژن محلول (DO) نیز در این ۷ ایستگاه در دامنه غلظت mg/L ۶/۹۵-۶/۷۸ اندازه‌گیری شده است. ORP، همان پتانسیل اکسیداسیون و احیا است که اندازه‌گیری آن در محیط‌های آبی نمایانگر میزان مواد اکسیدکننده یا کاهنده است (۲۶). نتایج نشان داد که بین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

پارامترهای TDS و EC، شوری با TDS و EC، ORP با pH و DO، و DO با pH در سطح ۰/۰۱ ارتباط معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). با توجه به اینکه pH آب سد درودزن به سمت قلیایی تمایل دارد میزان ORP آن نیز منفی است. بیشترین میزان غلظت LAS مربوط به ایستگاه شماره ۷ و کمترین غلظت آن مربوط به ایستگاه شماره ۱ است (جدول ۳). براساس نتایج آزمون ANOVA مشخص شد که اختلاف معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) بین غلظت LAS در ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود دارد (جدول ۳). ایستگاه شماره ۷ در واقع نزدیک به مکانی است که فعالیت‌های تفریحی و تفرجی در مجاورت آن انجام می‌گیرد که می‌تواند یکی از دلایل بالا بودن غلظت، در این مکان، همین موضوع باشد. ایستگاه شماره ۱ نزدیک به دیواره و خروجی سد قرار دارد که هیچگونه فعالیتی در مجاورت آن انجام نمی‌گیرد. ایستگاه شماره ۶ نیز در نزدیکی محل استقرار کمپ نیروی هوایی ارتش قرار دارد که می‌تواند یکی دیگر از کانون‌های آلودگی جهت ورود پساب‌های حاوی مواد شوینده باشد. غلظت LAS در این ایستگاه ۰/۰۲ mg/L است. بطور کلی میانگین غلظت LAS در آب سد درودزن مقدار ۰/۰۱۶ mg/L است که پایین‌تر از حد مجاز اعلام شده توسط EPA و WHO است (جدول ۳). Abedini و همکاران (۲۷) در مطالعه خود بر روی حوزه جنوبی دریای خزر نیز میانگین غلظت LAS را ۰/۰۱۹ mg/L به‌دست آوردند. Ghandi و همکاران (۱۰) نیز میانگین غلظت LAS در تالاب انزلی را ۰/۱۳ mg/L بیان کردند و نتایج مطالعه آنها نشان داد که غلظت LAS در بخش‌های مختلف تالاب با هم متفاوت بوده و در ایستگاه‌هایی که مجاور کانون آلودگی بودند غلظت LAS بالاتر است. غلظت LAS در محیط‌های مختلف بسته به روش مورد استفاده جهت سنجش آن، فصول سال، میزان مصرف شوینده‌ها و ... متفاوت است، اما بطور کلی بیشترین غلظت آن در فاضلاب (۱۰-۱ mg/L) و کمترین مقدار آن در آب دریا (۰/۰۰۲-۰/۰۰۱ mg/L) یافت می‌شود. در آب‌های سطحی مقدار آن در محدوده ۰/۰۰۵ -۰/۰۵ mg/L است (۲۸).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین پارامترهای کیفی آب سد درودزن و غلظت LAS نشان داد که فقط بین غلظت LAS و میزان pH ارتباط معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). فاکتورهای زیادی بر مقدار سمیت سورفاکتانت‌ها تاثیرگذار هستند، بطور مثال افزایش درجه حرارت موجب افزایش سمیت LAS می‌شود، حساسیت ارگانیزم‌های آبی نسبت به LAS در آب سخت بیشتر از آب نرم است. سختی آب بر سمیت سورفاکتانت‌ها موثر است. حضور سایر مواد شیمیایی همچون فلزات سنگین در محیط آبی نیز می‌تواند بر سمیت سورفاکتانت‌ها موثر باشد، بطوری‌که مشخص شده است که بین LAS و عناصر مس و جیوه اثرات همبیشی وجود دارد (۲۹). Soleimanirudi و همکاران (۳۰) در مطالعه خود نشان دادند که ارتباط معنی‌داری بین درجه حرارت و میزان LAS وجود دارد که البته این ارتباط خطی و منفی بود. در مطالعه Sakai و همکاران (۳۱) مشخص شد که ارتباط خطی و معنی‌داری بین میزان BOD و غلظت LAS وجود دارد. در این مطالعه علاوه بر محاسبه شاخص RQ، ارزیابی ریسک سلامت براساس گروه‌های سنی مختلف و با توجه به میزان آب مصرفی توسط این گروه‌ها محاسبه گردید. گروه‌های سنی نیز براساس راهنمای ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی انتخاب گردید (۳۲). براساس نتایج مشاهده شد که شاخص ریسک سلامت (RQ_1) در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از حد مجاز استاندارد ۰/۲ است که نشان‌دهنده عدم وجود خطر آلاینده LAS در آب سد درودزن جهت سلامت انسان است و مقدار آن در دامنه ۰/۰۰۰۰۳ برای ایستگاه شماره ۱ و تا ۰/۰۰۰۲۵ برای ایستگاه شماره ۷ قرار دارد (جدول ۵). Riva و همکاران (۳۳) در مطالعه خود، ارزیابی ریسک سلامت ۸۰ آلاینده مهم در آب آشامیدنی شهر میلان را انجام دادند، نتایج مطالعه آنها نشان داد که مقدار شاخص RQ_1 تمامی آلاینده‌ها کمتر از ۱ بود. هرچند که حساس‌ترین گروه سنی نسبت به آلاینده‌ها در محیط‌های آبی، گروه سنی ۳-۰ ماه است (۳۴). اما براساس نتایج مشاهده شد که مقدار شاخص RQ_1 برای تمامی گروه‌های سنی کمتر از مقدار مجاز ۰/۲ است که این نشان‌دهنده عدم وجود ریسک

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

آلاینده LAS برای تمامی گروه‌های سنی است. مقدار شاخص RQ_1 در گروه سنی ۳-۰ بیشتر از سایر گروه‌ها است (نمودار ۱) که با نتایج مطالعه de Jesus Gaffney و همکاران (۳۴) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که میانگین شاخص RQ_1 در ایستگاه شماره ۷ برای تمامی گروه‌های سنی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است و بعد از آن به ترتیب ایستگاه‌های شماره ۶ و ۵ دارای بیشترین مقدار هستند. همانطور که در ابتدای این مطالعه ذکر شد یکی از دلایل بالا بودن مقدار این شاخص در ایستگاه‌های شماره ۷، ۶ و ۵ نسبت به سایر ایستگاه‌ها، هم‌جواری با کانون‌های آلودگی است. در خصوص ارزیابی ریسک اکولوژیکی LAS در آب سد درودزن، براساس نتایج مشاهده گردید که در تمامی ایستگاه به‌جزء ایستگاه شماره ۷، مقدار شاخص RQ_2 کمتر از مقدار ۰/۱ است که نشان‌دهنده شرایط کیفی کم خطر برای ارگانیزم‌های آبی است. در ایستگاه شماره ۷ مقدار شاخص RQ_2 در طبقه با ریسک متوسط قرار دارد (RQ=۰/۱۵۱۸۵). بیشترین و کمترین مقدار این شاخص نیز به ترتیب متعلق به ایستگاه شماره ۷ و ایستگاه شماره ۱ است (جدول ۵). Sharma و همکاران (۱۶) نیز در مطالعه خود بر آب آشامیدنی رودخانه Ganges در هند، آلاینده‌های مهمی را مورد اندازه‌گیری قرار داده و ریسک آن برای انسان و ارگانیزم‌های آبی را محاسبه کردند.

مطالعات زیادی در مقیاس آزمایشگاهی بر روی موجودات آبزی انجام شده است و مشخص شده است که ماهی نسبت به شوینده‌ها بسیار حساس هستند (۲۸). سمیت حاد LAS برای ماهی‌ها در غلظت‌های بالای ۰/۵ mg/L ایجاد می‌شود و اثرات حاد آن بر روی ماهیان شامل تغییر در نرخ زادآوری و اختلال در فعالیت‌های تنفسی است و اثرات مزمن ممکن است در غلظت‌های پایین‌تر از ۰/۱ mg/L ایجاد شود (۲۹). با این وجود با توجه به نتایج به‌دست آمده خطر اکولوژیکی چندانی متوجه ارگانیزم‌های آبی به‌ویژه ماهی‌ها به‌عنوان عضو حساس اکوسیستم قابل تصور نیست زیرا هر چند که در ایستگاه شماره ۷ ریسک اکولوژیکی متوسطی متوجه موجودات است اما با توجه به اینکه این مطالعه بصورت مقطعی و کوتاه مدت و در یک زمان خاص انجام شده است این ریسک قابل چشم‌پوشی است. هر مطالعه‌ای در نوع خود دارای یک‌سری از محدودیت‌ها است. مطالعه حاضر نیز با محدودیت‌هایی چون صدور مجوز از ارگان‌های ذیربط تنها برای یکبار نمونه برداری از آب سد به دلیل مسائل امنیتی و همچنین عدم وجود تجهیزاتی چون قایق جهت نمونه‌برداری از ایستگاه‌های بیشتر و بازه‌های زمانی بیشتر روبرو بود. لذا منطقی است که با مطالعه کوتاه‌مدت و با یکبار نمونه‌برداری با قطعیت نمی‌توان عنوان کرد که میزان LAS در آب سد درودزن به لحاظ سلامتی و اکولوژیکی در محدوده بهینه قرار دارد. اما با توجه به تراکم پایین جمعیت توریستی و گردشگری در این منطقه و با توجه به منابع آلوده‌کننده محدود و ورود اندک آلاینده به این سد و همچنین وجود تصفیه‌خانه در پایین دست سد و پایش‌های منظم آب خروجی از این تصفیه‌خانه می‌توان تا حدودی به این نتیجه رسید که آب سد جهت مصرف کنندگان ریسک پایینی دارد. اما در خصوص ریسک اکولوژیکی جهت رسیدن به اطمینان کامل و همچنین اطلاع از سلامت اکوسیستم سد درودزن برای ارگانیسم‌های حساس همچون ماهیان پیشنهاد می‌شود که مطالعات بلند مدت و فصلی انجام شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد که اثرات آلاینده در سطوح مولکولی و با استفاده از بیومارکرهای خاص مورد مطالعه قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه حداقل در شرایط فعلی نشان داد که اولا غلظت LAS در آب سد درودزن پایین‌تر از حد مجاز است. ثانیا غلظت LAS در آب این سد ریسک یا خطری را برای سلامتی انسان ندارد اما در خصوص ریسک اکولوژیک لازم است مطالعات طولانی مدت و فصلی انجام شود. همچنین نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین pH و غلظت LAS در آب سد درودزن وجود دارد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

دوگانــه، تحریف داده‌ها و داده‌ســازی را در ایــن مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقالــه حاصل پروژه دانشــجویی مقطع دکتری دانشــکده منابع طبیعی و محیط‌زیســت دانشــگاه ملایر با عنوان "ارزیابی ریسک ســلامت و اکولوژیکی آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (LAS) در آب ســد درودزن (فارس)" بوده است که با حمایت مالی دانشــگاه ملایــر و هماهنگی اداره حفاظت محیط‌زیســت شهرستان مرودشت انجام شده است.

References

1. Zamanpoore M, Yaripour S. Species composition and spatial distribution of fishes in Dorudzan Reservoir, Fars Province, Iran. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2017;25(4):145-53 (in Persian).
2. Mungray AK, Kumar P. Fate of linear alkylbenzene sulfonates in the environment: A review. International Biodeterioration & Biodegradation. 2009;63(8):981-87.
3. Thomas R, Gough R, Freeman C. Linear alkylbenzene sulfonate (LAS) removal in constructed wetlands: The role of plants in the treatment of a typical pharmaceutical and personal care product. Ecological Engineering. 2017;106:415-22.
4. Lin SH, Leu HG. Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by Fenton oxidation. Water Research. 1999;33(7):1735-41.
5. Mahvi A, Alavi Nakhjavan N, Naddafi K. A survey on detergent removal in Qods township wastewater treatment plant based on activated sludge method. The Horizon of Medical Sciences. 2004;10(2):36-41 (in Persian).
6. Hodges G, Roberts DW, Marshall SJ, Dearden JC. The aquatic toxicity of anionic surfactants to Daphnia magna—a comparative QSAR study of linear alkylbenzene sulphonates and ester sulphonates. Chemosphere. 2006;63(9):1443-50.
7. Lewis MA. Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: A review and risk assessment. Water Research. 1991;25(1):101-13.
8. Liu H, Zhou P, Yang R, Liao B, Lu S, Yu P. Effect of anionic surfactant linear alkybenzene sulfonate (LAS) on physiological and biochemical characteristics of aquatic plants. Agricultural Environmental Protection. 2001;20(5):341-44.
9. Mäenpää K, Kukkonen J. Bioaccumulation and toxicity of 4-nonylphenol (4-NP) and 4-(2-dodecyl)-benzene sulfonate (LAS) in Lumbriculus variegatus (Oligochaeta) and Chironomus riparius (Insecta). Aquatic Toxicology. 2006;77(3):329-38.
10. Dadai ghandi A, Esmaeili sari A, Khodaparast H. Assessing water contamination with anionic surfactants in Anzali Lagoon. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2005;14(3):61-68 (in Persian).
11. Ebrahimi A, Ehrampoosh MH, Shahsavani E, Hosseini E, Hashemi H, Talebi P, et al. Survey on removal efficiency of linear alkylbenzene sulfonate in Yazd stabilization pond. International Journal of Environmental Health Engineering. 2015;4(1):10 68 (in Persian).
12. Venhuis SH, Mehrvar M. Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water. International Journal of Photoenergy. 2004;6(3):115-25.
13. Wang Z, Zhang J, Song L, Li E, Wang X, Xiao B. Effects of linear alkylbenzene sulfonate on the growth and toxin production of Microcystis aeruginosa isolated from Lake Dianchi. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(7):5491-99.
14. Pereira R, Cachada A, Sousa JP, Niemeyer J, Markwiese J, Andersen CP. Ecotoxicological effects and risk assessment of pollutants. In: Duarte AC, Cachada A, Rocha-Santos T, editors. Soil pollution. United States: Academic Press; 2018. p. 191-216.
15. APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
16. Sharma BM, Bečanová J, Scheringer M, Sharma A, Bharat GK, Whitehead PG, et al. Health and ecological risk assessment of emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, and artificial sweeteners) in surface and groundwater (drinking water) in the Ganges River Basin, India. Science of the Total Environment. 2019;646:1459-67.
17. GonDo Electronic. scientific measurement instrument. Taiwan: GonDo Electronic; 2013.
18. Jurado E, Fernández-Serrano M, Nunez-Olea J, Luzón G, Lechuga M. Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. Chemosphere. 2006;65(2):278-85.
19. USEPA. Exposure Factors Handbook. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2011.
20. HERA. LAS: linear alkylbenzene sulphonate (CAS No. 68411-30-3). Auckland, New Zealand: Human and Environmental Risk Assessment; 2013.
21. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4rd ed. Geneva: World Health Organization; 2011.
22. Department of Environment. Iranian water quality standards. Tehran: Human Environment Department; 2016 (in Persian).
23. Pirsaheb M, Almasi A, Zinatizade AA, Khamutian R, Delangizan S. Economic comparison of standard method with E.Jurdo simplified method to measure linear alkyl benzenesulfonates in municipal wastewater. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(2):245-54 (in Persian).
24. Solgi E, Sheikhzadeh H. Study of water quality of Aras River using physico-chemical variables. Water and Wastewater Journal. 2016;12(3):207-13 (in Persian).
25. Shah MC, Shilpkar PG, Acharya PB. Ground water quality of Gandhinagar taluka, Gujarat, India. Journal of Chemistry. 2008;5(3):435-46.
26. Suslow TV. Oxidation-reduction potential (ORP) for water disinfection monitoring, control, and documentation. California: University of California; 2004.
27. Abedini A, Vahedi F, Khodaparast Sh, Babaei H. Determination of the concentration of detergent linear linear alkylbenzenesulfonate in the water of the Sefidrood River (Guilan province). Journal of Aquaculture. 2010;1(3):101-108 (in Persian).
28. WHO. Linear Alkylbenzene Sulfonates and Related Compounds. Geneva: World Health Organization; 1996.
29. Sivak A, Goyer M, Perwak J, Thayer P. Environmental and human health aspects of commercially important surfactants. In: Mittal KL, Fendler EJ, , editors. Solution behavior of surfactants. Berlin, Germany: Springer; 1982. p. 161-88.
30. Solymanirodi A, Nasrolahzadesarvi H, Afraei MA, Younesipour H. Investigation of spatial-temporal variations of anionic surfactant concentration in the surface layer of the waters of the southern part of the Caspian Sea. Oceanographic Journal. 2015;6(22):107-14 (in Persian).
31. Sakai N, Shirasaka J, Matsui Y, Ramli MR, Yoshida K, Ali Mohd M, et al. Reply to discussion by John Heinze on "occurrence, fate and environmental risk of linear alkylbenzene sulfonate in the langat and Selangor River basins, Malaysia". Chemosphere. 2018;207:517-18.
32. USEPA. Exposure Factors Handbook. Washington DC: United States Environmental Protection Agency;1989.
33. Riva F, Castiglioni S, Fattore E, Manenti A, Davoli E, Zuccato E. Monitoring emerging contaminants in the drinking water of Milan and assessment of the human risk. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2018;221(3):451-57.
34. de Jesus Gaffney V, Almeida CM, Rodrigues A, Ferreira E, Benoliel MJ, Cardoso VV. Occurrence of pharmaceuticals in a water supply system and related human health risk assessment. Water Research. 2015;72:199-208.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Ecological and health risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates in Doroodzan Dam (Fars)

E Hoshyari[1], N Hassanzadeh[1,*], A Charkhestani[2]

1- Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Malayer, Iran

2- Department of Environmental Science, Faculty of Civil Engineering, Nowshirvan University of Technology, Babol, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 28 January 2019
Revised: 17 April 2019
Accepted: 22 April 2019
Published: 19 June 2019

Keywords: Linear alkylbenzene sulfonates, Doroodzan Dam, Surfactant, Drinking water risk assessment

***Corresponding Author:**
Nasrinhassanzadeh@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Nowadays linear alkyl benzene sulfanate (LAS) is widely used in the production of various detergents. The purpose of this study was to assess the health and ecological hazards of this pollutant on target organisms such as fish and daphnia in the Doroodzan Dam water.

Materials and Methods: According to the research objective and given existing restrictions, 21 water samples were collected in September 2018 from 7 selected stations based on the source of contamination in Doroodzan dam. Water quality parameters including pH, Dissolved Oxygen (DO), potential Redox (ORP), Total dissolve solid (TDS) and Electrical conductivity (EC) was measured at the site. The amount of linear alkyl benzenesulfonate (LAS) was measured using an optimized methylene blue method after transferring samples to the lab. Then ecological and health risk assessment was performed by calculating the RQ index (risk index).

Results: The results showed that the mean of pH, EC, TDS, salinity and DO were 8.88, 732.19 µs/cm, 482.49, 366.16 and 6.87 mg/L, respectively. The highest and lowest concentrations of LAS were 0.039 and 0.055 mg/L, respectively. The results also showed that there is a significant relationship between LAS concentration and pH. The results of the risk assessment showed that the health risk index in all stations is less than 0.1, while the ecological risk index except at station 7, are in low risk level.

Conclusion: In general, the results show that the RQ index in the Droodzan Dam water is in appropriate range and in the low risk level. Therefore, it is necessary to conduct long-term studies in this field to ensure the persistence of optimal water conditions in the dam ecologically and health-wise.

Please cite this article as: Hoshyari E, Hassanzadeh N, Charkhestani A. Ecological and health risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates in Doroodzan Dam (Fars). Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):129-40.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]