ارزیابی تغییر کیفیت برخی از پارامترهای آب رودخانه کارون در یک بازه‌ی زمانی چهار ساله

علی‌عسکر کلاه‌کج[۱]، ابراهیم پناهپور*[۲] و علی غلامی[۳]

۱)دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲و۳) عضو هیات علمی گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: e.panahpour@gmail.com

تاریخ دریافت:۹۶/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش:۹۶/۰۶/۲۷

چکیده

منابع آب‌های سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها به علت موارد استفاده بسیاری که دارند بیشتر از دیگر منابع در معرض خطر می‌باشند. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تغییر برخی از پارامترهای کیفی آب رودخانه کارون در بازه‌ی مکانی گتوند تا اهواز طی سال‌های ۱۳۹۲ _ ۱۳۸۹ بود. داده‌های بررسی شده در این تحقیق، از اندازه‌گیری میانگین سالانه پارامترهای بیوشیمیایی در نه ایستگاه نمونه‌برداری اداره کل امور آب استان خوزستان تهیه شد. به منظور بررسی روند تغییرات کیفی آب رودخانه از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که میانگین اکسیژن‌خواهی شیمیایی(COD) در بین ایستگاه‌ها تفاوت معناداری نداشته ولی میانگین اکسیژن محلول (DO) و اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) دارای تفاوت معنی‌داری در بین ایستگاه‌ها بود. طوری‌که بیش‌ترین میانگین (DO) در ایستگاه شماره ۱ (گتوند) به میزان ۹/۱۷ میلی‌گرم در لیتر و بیش‌ترین میانگین (BOD_5) در ایستگاه شماره ۹ (گرگر_ بندقیر) به میزان ۴/۳۹ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. هم‌چنین میانگین مقدار اکسیژن محلول (DO) تفاوت معناداری نشان نداده اما مقدار میانگین (BOD_5) روند نزولی داشته در حالی‌که مقدار میانگین (COD) از ۱۱/۸ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۳۸۹ به ۲۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است که نشان از افزایش آلاینده‌های شیمیایی آب رودخانه می‌باشد. بررسی خواص میکروبیولوژیکی (کلیفرم کل ومدفوعی) در طول سال‌های مطالعاتی، اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین آلودگی را ایستگاه‌های شماره ۵ (گرگر_شوشتر) و شماره ۱۵ (اهواز_پل پنجم) با سایر ایستگاه‌ها داشت که حاکی از تراکم جمعیتی در این مناطق بوده طوری‌که فاضلاب‌های شهری بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای وارد رودخانه می‌شوند. با توجه به اینکه فاضلاب‌های صنعتی و پساب‌های کشاورزی فاکتورهای موثر بر پارامترهای کیفی هستند، پیشنهاد می‌شود که این فاضلاب‌ها پس از تصفیه مناسب اجازه تخلیه به این رودخانه را داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه‌ی کارون، ایستگاه‌های نمونه‌برداری، اکسیژن محلول، خواص بیولوژیکی، کلیفرم مدفوعی.

مقدمه

از مهم‌ترین مشکلات جهان و به‌ویژه کشور ما، کمبود آب شیرین و تخلیه آلاینده‌های گوناگون به آب‌های موجود می‌باشد. در مسیر جریان رودخانه کارون فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی بسیار زیادی وارد می‌گردد که به همین دلیل کیفیت آب آن مرتباً دچار تغییرات شدیدی می‌شود و باعث مرگ تدریجی اکوسیستم کارون شده است (صفاریان، ۱۳۸۵).

توسعه کشاورزی به ویژه در مناطق خشک الزاما استفاده گسترده‌تر از منابع آب‌های سطحی را به دنبال دارد. از مهم‌ترین آب‌های سطحی در استان خوزستان رودخانه‌ی کارون است که نه‌تنها کشاورزی منطقه به شدت به آن وابسته است بلکه از منابع منحصر به‌فرد در تأمین آب مورد نیاز شرب و صنایع استان می‌باشد (حسینی‌زارع، ۱۳۸۱).

این رودخانه که از سلسله جبال زاگرس سرچشمه می‌گیرد پس از طی مسافتی حدود ۴۰۰ کیلومتر از مناطق کوهستانی و دارای شیب تند در نزدیکی محلی به نام گتوند وارد دشت خوزستان می‌شود و در بالادست شوشتر در منطقه بند میزان به دو شاخه تقسیم می‌شود. شاخه‌های گرگر و شطیط که بیش از ۸۰ درصد آب رودخانه در آن جاری است در گذار از مناطق شهری شوشتر علاوه بر تامین بخشی از آب شرب و کشاورزی محدوده مورد نظر از شمال به سمت جنوب جریان داشته و با پیوستن رودخانه دز که از غرب منطقه جریان دارد، در محلی به نام بند قیر، رودخانه کارون بزرگ را تشکیل می‌دهند که به طرف شهرستان اهواز جریان یافته و این شهر را به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم می‌نماید و سرانجام در خرمشهر از طریق اروند رود و بهمنشیر به خلیج فارس می‌ریزد.

ورود فاضلاب‌ها به منابع آبی مورد استفاده، تأثیرات سوئی بر این منابع داشته و استفاده از آن‌ها را دچار مشکلاتی می نماید. منابع آب‌های سطحی خصوصاً رودخانه‌ها به علت موارد استفاده بسیاری که دارند؛ بیشتر از دیگر منابع در معرض خطر می‌باشند. ورود پساب‌های صنعتی و کشاورزی و شهری سبب افزایش دما، مواد آلی و معدنی آب گردیده و این امر سبب آلودگی محیط زیست و ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها می‌گردد (قاضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

Antonopoulos و همکاران (۲۰۰۱) روند تغییرات دبی و برخی پارامترهای کیفی آب رودخانه استریمون در یونان شامل شوری، فسفر کل، میزان اکسیژن محلول، نیترات، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم و سولفات محلول، هم‌چنین رابطه بین دبی و پارامترهای کیفی را طی دو دوره‌ی زمانی طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج حاکی از وجود روند کاهشی برایمیزان شوری و نیترات و روند افزایشی برای اکسیژن محلول، سولفات، سدیم و پتاسیم محلول بود.

Chang (۲۰۰۸) روند تغییرات هشت پارامتر کیفی آب شامل، دما، DO، pH، BOD_5، COD، رسوبات محلول، فسفر و نیتروژن را درحوضه رودخانه‌ی هان درکره‌ی جنوبی را بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ مورد ارزیابی قرار داد. وی به یک روند افزایشی در غلظت نیتروژن در اکثر ایستگاه‌ها دست یافت. در مورد سایر متغیرها، برخی از ایستگاه‌ها روند افزایشی و پاره‌ای دیگر روند کاهشی نشان داده‌اند. افزون بر این، تقریبا نیمی از ایستگاه‌ها روند معنی‌داری را در مورد متغیرهای اخیر نشان نداده‌اند.

صمدی و همکاران (۲۰۱۵) نیز رودخانه‌ی مرادبیک را برای ۱۲ ماه سال مطالعه کردند و منطقه‌بندی رودخانه را از کیفیت متوسط تا بد، با استفاده از GIS، به انجام رساندند.

نتایج تحقیقات قاضی‌میرسعید (۱۳۹۰) در بررسی داده‌های جمع‌آوری شده از ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری رودخانه جاجرود نشان داد که در مجاورت مراکز جمعیتی، کیفیت آب رودخانه کاهش می‌یابد، ولی به علت توان بالای خوپالایی طبیعی رودخانه، آب ورودی به مخزن دارای کیفیت خوبی می‌باشد.

رودخانه کارون در فاصله بند قیر تا انتهای دارخوین و با احتساب تصفیه‌خانه‌های فعال آب آشامیدنی واقع در این ناحیه، روزانه بالغ بر یک میلیون مترمکعب آب از رودخانه جهت انجام عملیات تصفیه برداشت و آب شرب حدود دو سوم جمعیت استان تأمین می‌شود (جعفرزاده حقیقی و همکاران، ۱۳۸۶).

در بررسی پارامترهای کیفی رودخانه کارون و انجام خودپالایی آن، در ارتباط با پارامترهای pH و BOD_5 در مردادماه و دی‌ماه – به عنوان دو موعد زمانی کم آبی و پر آبی NO_3 در مردادماه و TSS در دی‌ماه از عدم خودپالایی برخوردار بوده و آب رودخانه از لحاظ کیفیت در محدوده‌ی ضعیف گزارش گردید. همچنین در ارتباط با دیگر پارامترهای ارزیابی کیفیت، با توجه به بار آلودگی وارد شده به رودخانه، خودپالایی کم اعلام گردید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵).

مروج و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ کیفیت رودخانهٔ کارون نسبت به گذشته اندکی افزایش یافته، لیکن با اتصال رودخانهٔ دز، شاخص کیفیت آب به میزان نسبتاً زیادی کاهش می‌یابد که می‌تواند بیانگر پایین‌تر بودن کیفیت آب رودخانه‌ی دز به دلیل ورود آلودگی به آن در پایین دست ایستگاه دزفول باشد و انجام اقدامات کنترلی را در این رودخانه پیشنهاد نمودند.

با توجه به مطالعات قبلی، بررسی تغییرات کیفیت رودخانه کارون باید در یک دوره زمانی چند ساله انجام گیرد که در برگیرنده‌ی دوره‌های کم آبی و تغییرات فصلی کیفیت آب باشد. بنابر این در این مطالعه سعی گردید تغییرات برخی از پارامترهای کیفی آب رودخانه کارون در بازه‌ی مکانی گتوند تا اهواز طی سال‌های ۱۳۹۲ _ ۱۳۸۹ به تفصیل بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

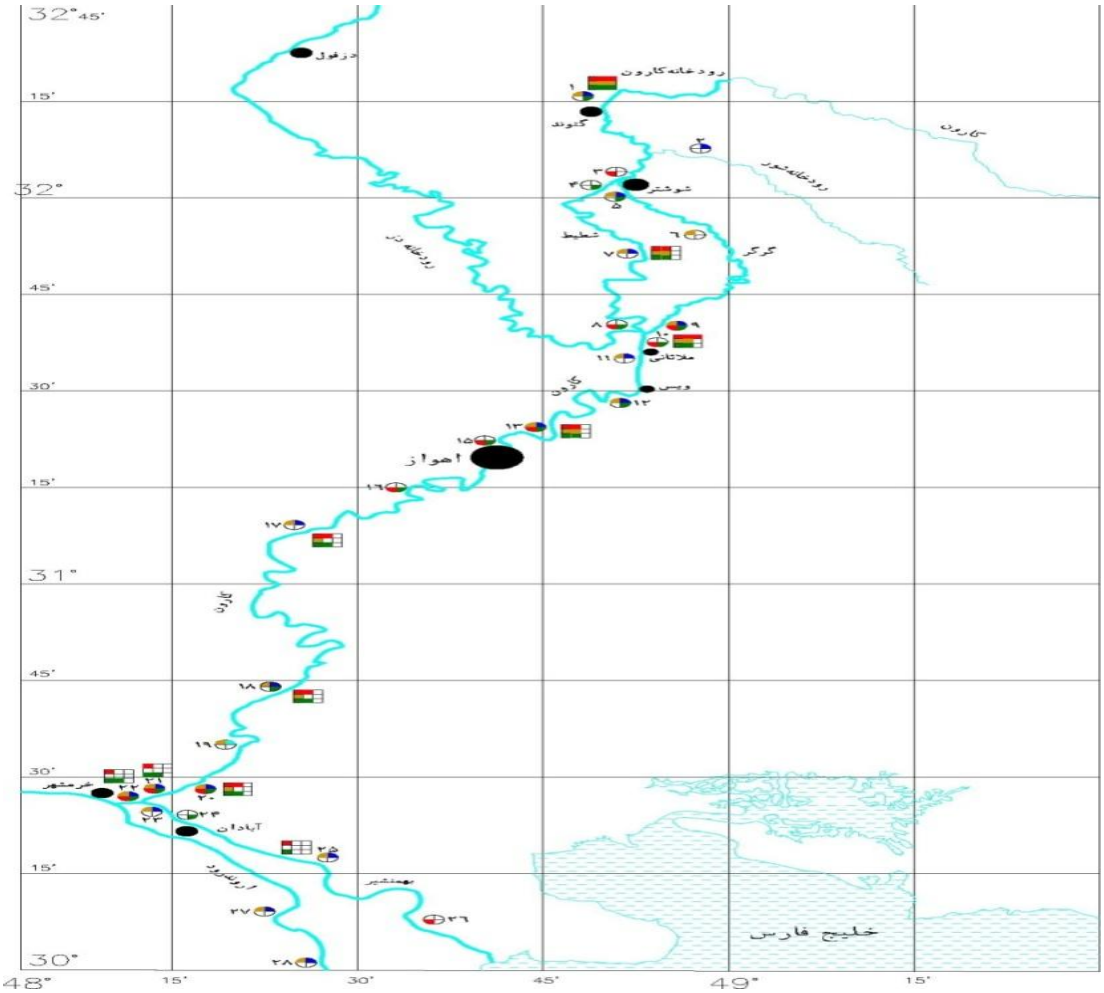
با توجه به اهمیت رودخانه کارون بزرگ، مطالعات فراوانی به ویژه در سال‌های اخیر بر این رودخانه صورت پذیرفته است، اما بازه‌ی زمانی و مکانی در نظر گرفته شده در این بررسی، آن را از دیگر تحقیقات انجام شده متمایز می‌سازد. هدف اصلی از این مطالعه، پایش کیفی رودخانه کارون طی چهار سال(۱۳۹۲ – ۱۳۸۹) در بازه مکانی گتوند تا اهواز و به دست آوردن اطلاعات کمی از تغییرات در این بازه‌های زمانی و مکانی برای برخی از متغیرهای کیفی همچون کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، میزان اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی جهت بهینه سازی و مدیریت کیفی آب در این رودخانه بود.

در این تحقیق، از میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی سالانه‌ی پارامترهای بیوشیمیایی در نه ایستگاه از ایستگاه‌های نمونه‌برداری اداره کل امور آب استان خوزستان استفاده شد که همه‌ی آزمایش‌ها با روش استاندارد تجزیه‌ی آب اندازه‌گیری شده بود.

نام و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری که در این پژوهش از داده‌های آن استفاده شده است مطابق جدول و شکل ۱ می‌باشد.

جدول ۱: شماره و نوع کاربری ایستگاه‌های مورد نمونه‌برداری

شماره ایستگاه روی نقشه	نوع کاربری ایستگاه	نشانه‌ها
۱	H,S,E	
۳	S,E	
٥	H,S,E	
٦	S	H: هیدرمتری
۷	H,S	S: نمونه‌برداری
۹	H,S,E	E: زیست‌محیطی
۱۱	H,S	
۱۳	H,S,E	
۱٥	S,E	



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی رودخانه کارون (باروتکوب و جعفرزاده حقیقی، ۱۳۸۷).

سپس تجزیه و تحلیل بر روی میانگین متغیرها به منظور بررسی روند تغییرات کیفی رودخانه طی ۴ سال و در بازه‌ی مورد نظر با استفاده از نرم افزار SPSS و نمودارهای توصیفی با استفاده از نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت. همچنین به منظور بررسی روند تغییرات کیفی آب رودخانه از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

اکسیژن محلول (DO)

نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه بررسی وضعیت (DO) آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری سطح معنی‌داری $p<0.05$ را نشان می‌دهد که بیان‌کننده وجود تفاوت در وضعیت DO آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

می‌باشد؛ برای بررسی بیش‌تر این تفاوت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲: آزمون تعقیبی LSD بررسی وضعیت DO آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

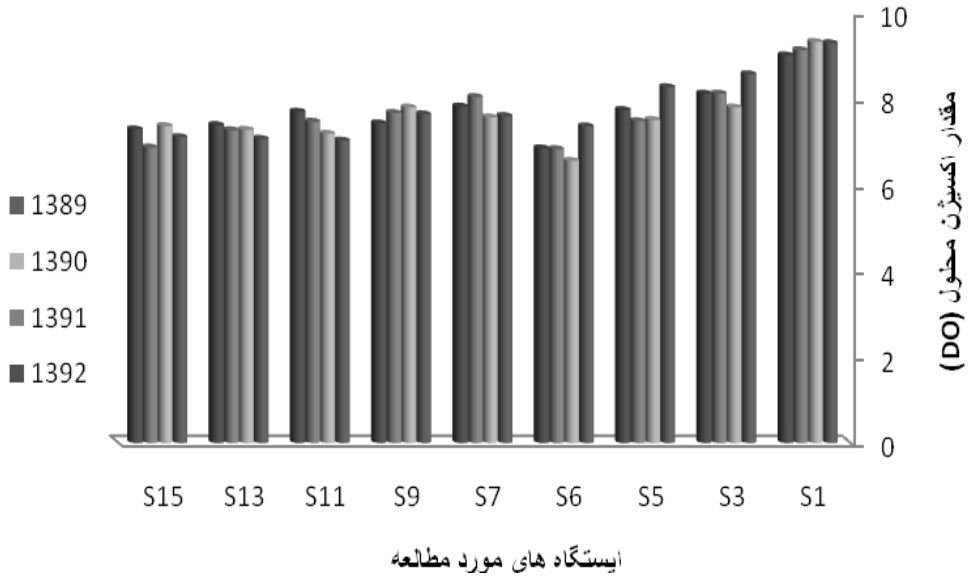
شماره ایستگاه	S1	S3	S5	S6	S7	S9	S11	S13
S1	-	P =۰/۰۰۱ md = ۱/۰۳	P =۰/۰۰۱ md =۱/٤٤	P =۰/۰۰۱ = ۲/۲۹ md	P =۰/۰۰۱ md =۱/٤۳	P =۰/۰۰۱ md = ۱/٥٥	P =۰/۰۰۱ =۱/۸٤ md	P =۰/۰۰۱ =۱/۹۳ md
S3	P =۰/۰۰۱ = -۱/۰۳ md	-	-	P =۰/۰۰۱ md =۱/۲٦	-	-	P =۰/۰۰٤ md=۰/۸۰	P =۰/۰۰۱ md=۰/۹۰
S5	P =۰/۰۰۱ md =-۱/٤٤	-	-	P =۰/۰۰۲ = ۰/۸٥ md	-	-	-	-
S6	P =۰/۰۰۱ = -۲/۲۹ md	P =۰/۰۰۱ = -۱/۲٦ md	P =۰/۰۰۲ = -۰/۸٥ md	-	P =۰/۰۰۲ = -۰/۸٥ md	P =۰/۰۱ = -۰/۷۳ md	-	-
S7	P =۰/۰۰۱ md =-۱/٤۳	-	-	P =۰/۰۰۲ = ۰/۸٥ md	-	-	-	-
S9	P =۰/۰۰۱ = -۱/٥٥ md	-	-	P =۰/۰۱ md =۰/۷۳	-	-	-	-
S11	P =۰/۰۰۱ = -۱/۸٤ md	P =۰/۰۰٤ = -۰/۸۰ md	-	-	-	-	-	-
S13	P =۰/۰۰۱ = -۱/۹۳ md	P =۰/۰۰۱ = -۰/۹۰ md	-	-	-	-	-	-
S15	P =۰/۰۰۱ = -۲/۰۳ md	P =۰/۰۰۱ = -۰/۹۹ md	-	-	-	-	-	-

md: تفاوت میانگین در سطح معناداری ۰/۰۵ درصد

نتایج آزمون تعقیبی LSD در جدول۲ نشان می‌دهد که بین ایستگاه شماره یک با سایر ایستگاه‌ها تفاوت وجود دارد. نتایج حاکی از بالاتر بودن میانگین ایستگاه شماره یک در مقدار DO آب رودخانه نسبت به سایر ایستگاه‌هاست.

شکل ۲ میانگین تغییرات میزان اکسیژن محلول در ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد که میزان اکسیژن محلول در ایستگاه ۱ که در بخش بالادستی منطقه مورد مطالعه قرار دارد بیشترین مقدار داشته و با فاصله گرفتن از این ایستگاه به‌خاطر افزایش آلودگی‌های متعدد از زمین‌های کشاورزی، روستاها و شهرهای اطراف مقدار آن کاهش داشته است. در ایستگاه ۶ که بر روی شاخه‌ی گرگر قرار دارد کمترین میزان اکسیژن محلول اندازه‌گیری گردید که دلیل آن می‌تواند اضافه شدن فاضلاب‌های سطحی شهر شوشتر و پساب‌های کشاورزی زمین‌های اطراف باشد.

بصیریان و همکاران (۱۳۸۷) از مقایسه مقدار DO در بازه های شبیه سازی شده، دریافتند که کم‌ترین میزان DO در اهواز اتفاق افتاد و تجمع منابع آلاینده در بازه زرگان تا کوت امیر را یکی از دلایل تغییر میزان DO در طول مسیر دانستند.



شکل ۲: تغییرات مقدار میانگین اکسیژن محلول (mg/l) در ایستگاه‌ها طی سال‌های مورد مطالعه(۹۲-۱۳۸۹)

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)

نتایج حاصل از تحلیل واریانس نشان می‌دهد سطح معنی‌داری کوچک‌تر از مقدار ($p<0.05$) است. سطح معنی‌داری محاسبه شده برای این آماره برابر ۰/۰۰۱ بوده که نشان‌دهنده وجود تفاوت در وضعیت BOD_5 آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد، برای بررسی بیشتر تفاوت در وضعیت BOD_5 آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه-برداری از آزمون تعقیبی LSD استفاده شده که در جدول ۳ به آن اشاره می‌شود.

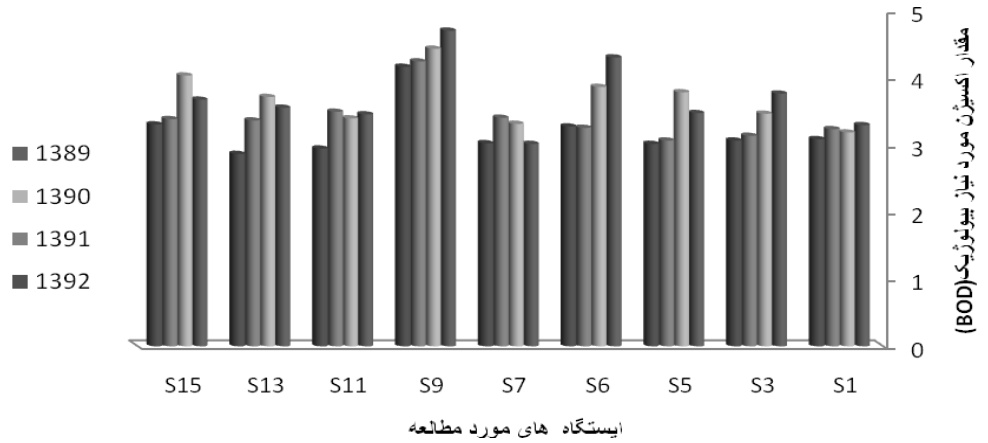
نتایج نشان می‌دهد بین ایستگاه شماره ۹ با سایر ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه ۶ تفاوت معنادار وجود دارد. نتایج حاکی از بالاتر بودن میانگین آن ایستگاه (گرگر _ بندقیر) در مقدار BOD_5 آب رودخانه نسبت به سایر ایستگاه‌هاست. این نتایج و تغییرات در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: آزمون تعقیبی LSD بررسی وضعیت BOD_5 آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	S1	S3	S5	S6	S7	S9	S11	S13
S1	-	-	-	-	-	-۱/۱۸ و P =۰/۰۰۱ md =	-	-
S3	-	-	-	-	-	-۱/۰۳ و P =۰/۰۰۳ md =	-	-
S5	-	-	-	-	-	-۱/۰۵ و P =۰/۰۰۲ md =	-	-
S7		-	-	-	-	=-۱/۱۹ و P =۰/۰۰۱ md	-	-
S9	=۰/۰۰۱ P و ۱/۱۸ md =	=۰/۰۰۳ P و =۱/۰۳ md	=۰/۰۰۲ P و =۱/۰۵ md	-	=۰/۰۰۱ P و ۱/۱۹ md =	-	=۰/۰۰۲ P و =۱/۰۶ md	=۰/۰۰۳ P و =۱/۰۱ md
S11	-	-	-	-	-	-۱/۰۶ و P =۰/۰۰۲ md =	-	-
S13	-	-	-	-	-	-۱/۰۱ و P =۰/۰۰۳ md =	-	-
S15	-	-	-	-	-	-۰/۷۸, P =۰/۰۳۶ md =	-	-

md: تفاوت میانگین در سطح معناداری ۰/۰۵ درصد

نکته قابل توجه در مورد شاخه گرگر این است که در دو دهه اخیر با توجه به واگذاری مجوزهای احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان گرمابی به‌دلیل برگشت پسآب آن‌ها به‌طور مستقیم و بدون هیچ‌گونه عمل تصفیه، مشکلاتی را برای کیفیت آب این شاخه از کارون و نهایتا کارون بزرگ طی سالیان اخیر به‌وجود آورده است به‌طوریکه این بازه از رودخانه را به یک محدوده حساس به لحاظ مدیریت کنترل آلاینده‌ها قرارداده است (حسینی‌زارع، ۱۳۸۱).



شکل ۳: تغییرات میانگین اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(mg/l) در ایستگاه‌ها طی سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۹-۱۳۹۲).

نتایج به دست‌آمده از بررسی کمیت و کیفیت فاضلاب‌های ورودی به رودخانه کر، توسط جعفرزاده و همکاران (۱۳۷۶) نشان داد فاضلاب‌های صنعتی بیش از فاضلاب‌های شهری در کاهش غلظت اکسیژن رودخانه موثر بودهاست، هم‌چنین در شرایط بحرانی ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی، اکسیژن محلول را به کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر کاهش می‌دهند.

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

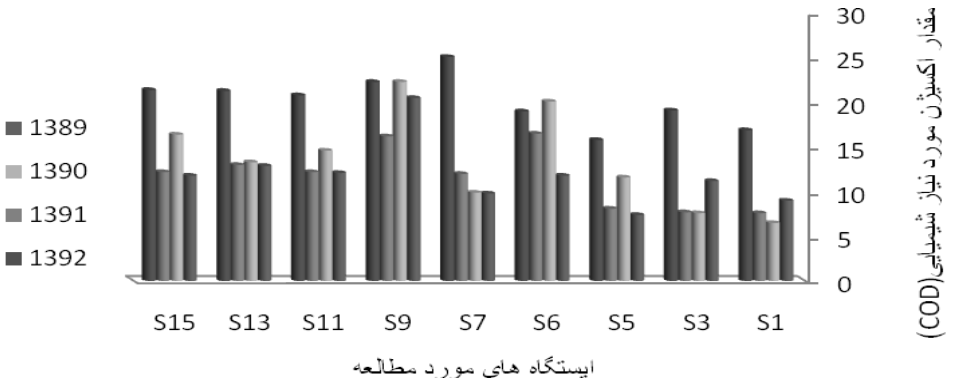
داده‌های جدول۴ درجه آزادی، میانگین مربعات، آماره F و سطح معنی‌داری را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از مقدار $p<0.05$ است. سطح معنی‌داری محاسبه شده برای این آماره برابر ۰/۰۹۳ بوده که نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت در وضعیت COD آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد.

جدول ۴: تحلیل واریانس یک‌راهه بررسی وضعیت COD آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ویژگی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
بین گروهی	۳۳۹/۵۱	۸	۴۲/۴۳۹		
درون‌گروهی	۵۸۶/۸۵	۲۷	۲۱/۷۳۵	۱/۹۵۳	۰/۰۹۳
کل	۹۲۶/۳۶	۳۵			

اما مطالعات حسینی‌زارع (۱۳۸۱) در بازه (گتوند- بندقیر) در مورد دبی پساب‌های ورودی به این بازه، نشان‌داد که زهکش‌های کشاورزی بیش‌ترین دبی(۸۵/۸۸ درصد) را وارد رودخانه می‌کنند و نسبت به کل دبی ورودی به کارون بزرگ (۱۶/۵۲ درصد) را شامل می‌شوند. در بین آن‌ها، زهکش کشاورزی کشت و صنعت کارون به شطیط به میزان (۶۱/۵۷ درصد) در خود بازه و (۱۱/۸۵ درصد) نسبت به کل دبی وارده به سیستم کارون بزرگ را شامل می‌شود.

این موضوع در شکل ۴ که حاصل مقایسه توصیفی میانگین COD در ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد، هم نشان می‌دهد که میانگین تغییرات اکسیژن مورد نیاز شیمیایی آب رودخانه کارون در ایستگاه شماره۷ (شطیط _ عرب اسد) در سال ۱۳۹۲ بیش از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد.



شکل ۴: تغییرات مقدار میانگین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (mg/l) در ایستگاه‌ها طی سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۹-۹۲).

کلیفرم مدفوعی (F.COL)

داده‌های جدول ۵ تحلیل واریانس یک‌راهه بررسی وضعیت F.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد سطح معنی‌داری کوچک‌تر از مقدار $p<0.05$ است سطح معنی‌داری محاسبه شده برای این آماره برابر ۰/۰۰۱ بوده که نشان‌دهنده وجود تفاوت در وضعیت F.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد، برای بررسی بیشتر تفاوت در وضعیت F.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آزمون تعقیبی LSD استفاده شده که در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول۵: تحلیل واریانس یک‌راهه بررسی وضعیت F.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه های نمونه برداری

ویژگی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
بین گروهی	۱/۹۹۰	۸	۲/۴۸۷		
درون‌گروهی	۱/۹۳۶	۲۷	۷/۱۷۲	۳۴/۶۸۵	۰/۰۰۱
کل	۲/۱۸۴	۳۵			

نتایج آزمون تعقیبیLSD حاکی از تفاوت معنادار میانگین ایستگاه شماره ۵ (گرگر- شوشتر) و شماره ۱۵(کارون- اهواز) در مقدار F.COL آب رودخانه نسبت به آن ایستگاه‌ها است. این نتایج حاکی از بالاتر بودن میانگین ایستگاه شماره ۱۵ در مقدار کلیفرم‌های مدفوعی آب رودخانه نسبت به سایر ایستگاه‌هاست.

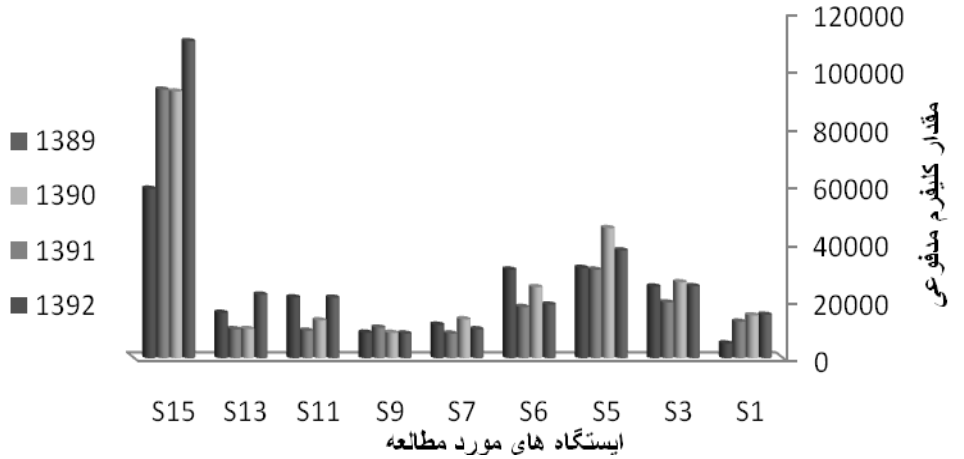
جدول ۶: آزمون تعقیبی LSD بررسی وضعیت F.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	S1	S3	S5	S6	S7	S9	S11	S13
S5	P =۰/۰۱ md=۲۴۲۰۷/۵	-	-	-	P =۰/۰۰۷ md= ۲۵۲۱۳/۷۵	P =۰/۰۰۳ md= ۲۶۹۳۵/۷۵	-	P =۰/۰۲۸ md= ۲۱۶۴۰/۲۵
S15	P =۰/۰۰۱ md = ۷۶۷۰۰/۷۵	P =۰/۰۰۱ md = ۶۴۷۴۲	P =۰/۰۰۱ md = ۵۲۴۹۳/۲۵	P =۰/۰۰۱ md = ۶۵۶۸۲/۵	P =۰/۰۰۱ md = ۷۷۷۰۶/۷۵	P =۰/۰۰۱ md = ۷۹۴۲۹	P =۰/۰۰۱ md = ۷۲۴۳۲/۵	P =۰/۰۰۱ md = ۷۴۱۳۳/۵

md: تفاوت میانگین در سطح معناداری ۰/۰۵ درصد

حسینی‌زارع (۱۳۸۱) نشان‌داد؛ فاضلاب‌های شهری بیش‌ترین دبی(۷۱/۷۳ درصد) را ازمیان پساب‌های ورودی به رودخانه‌ی کارون در بازه‌ی (بند قیر تا جنوب اهواز) وارد می‌کنند و نسبت به کل دبی ورودی به کارون بزرگ (۵/۸۹ درصد) را شامل می‌شوند که در بین‌آن‌ها فاضلاب‌های شهری اهواز به میزان ۶۷/۸۳ درصد در خود بازه و ۷/۵۷ درصد نسبت به کل دبی وارده، بیش‌ترین دبی ورودی را شامل می‌شوند.

مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۵ آلودگی کلیفرم‌های مدفوعی در اهواز (ایستگاه ۱۵) بسیار بیش‌تر از سایر ایستگاه‌هاست، که با توجه به تراکم جمعیتی در این منطقه، دور از انتظار نمی‌باشد.



شکل ۵: تغییرات مقدار میانگین کلیفرم‌های مدفوعی (N/100ml) در ایستگاه‌ها طی سال‌های۱۳۹۲-۱۳۸۹.

کلیفرم کل (T.COL)

بر اساس نتایج تحلیل واریانس، سطح معنی‌داری محاسبه شده برای این آماره برابر ۰/۰۰۱ بوده که نشان‌دهنده وجود تفاوت در وضعیت T.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد، برای بررسی بیشتر وضعیت T.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آزمون تعقیبی LSD استفاده‌شده که در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷: آزمون تعقیبی LSD بررسی وضعیت T.COL آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های مورد مطالعه

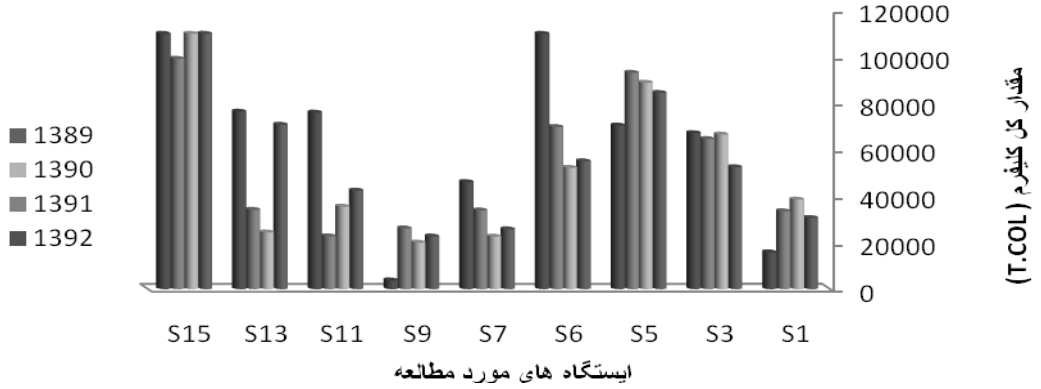
شماره ایستگاه	S1	S3	S5	S6	S7	S9	S11	S13
S1	-	-	۰/۰۰۲ P = md = -٥/٤٦	۰/۰۲٥ P = md = -٤/٢١	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	P =۰/۰۱٥ md = ٤٤٥٨٢	-	-
S5	P =۰/۰۰۲ md = ٥٤٦٣٢/٥	-	-	-	P =۰/۰۰۳ md = ٥٢١٨٦/٢٥	P =۰/۰۰۱ md = ٦٦١٢٨/٥	P =۰/۰۳۸ md = ٤۰۰۸۰/٢٥	-
S6	P =۰/۰۲٥ md = ٤٢١٤٣/٧٥	-	-	-	P =۰/۰٤١ md = ٣٩٦٩٧/٥	P =۰/۰۰۲ md = ٥٣٦٣٩/٧٥	-	-
S7		-	۰/۰۰۳ P = md = -٥/٢١	۰/۰٤١ P = md = -٣/٩٦	-	-	-	-
S9	-	P =۰/۰۱٥ md = -٤/٤٥	۰/۰۰۱ P = md = -٦/٦١	۰/۰۰۲ P = md = -٥/٣٦	-	-	-	-
S15	P =۰/۰۰۱ =۷۷٦٤٩ md	P =۰/۰۱٥ ٤٤٥٦٣/۰ md=	-	-	P =۰/۰۰۱ =۷٥۲۰۲/٧٥ md	P =۰/۰۰۱ =۸۹۱٤٥/۰ md	P =۰/۰۰۱ =٦۳۰۹٦/٧٥ md	P =۰/۰۰۱ =٥٥٨٤۳/٥ md

md: **تفاوت میانگین در سطح معناداری ۰/۰۵ درصد**

نتایج آزمون‌تعقیبی (LSD) حاکی از بالاتر بودن میانگین ایستگاه شماره ۵ در مقدار T.COL آب رودخانه نسبت به ایستگاه‌های۱، ۷، ۹ و ۱۱ است. ایستگاه ۱۵ با سایر ایستگاه‌های نمونه برداری بجز ایستگاه‌های ۵ و۶ تفاوت معناداری دارد، این نتایج حاکی از بالاتر بودن میانگین ایستگاه شماره ۱۵ واقع در اهواز(پل پنجم) در مقدار T.COL آب رودخانه نسبت به سایر ایستگاه‌هاست.

در شکل ۶ میزان تغییرات کلیفرم کل نشان داده شده است، چنانچه مشاهده می‌شود در ایستگاه‌هایی مانند ۵، ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ که به مناطق مسکونی نزدیک می‌باشد تعداد کلی‌فرم‌ها افزایش یافته است که ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی به رودخانه می‌باشد.

تحقیقات بصیر و نبوی (۱۳۸۶) در خصوص کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه های نمونه‌برداری بازه‌ی بند قیر تا اهواز با استفاده از شاخص WQI و نرم‌افزار GIS نشان می‌دهد که تغییر شاخص کیفیت آب از بالادست به پایین دست، کاهش یافته و این افت ناشی از ورود آلاینده‌ها و پساب‌های کشاورزی در این بازه به رودخانه بوده است.



شکل ۶: تغییرات مقدار میانگین کلیفرم کل (N/100ml) در ایستگاه‌ها طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹

نتیجه‌گیری

میانگین سالانه اکسیژن محلول آب رودخانه کارون از ایستگاه اول (گتوند) تا ایستگاه آخر مطالعاتی (اهواز) کاهش معناداری داشته است با ادامه روند خشکسالی و تصفیه نامناسب پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، کاهش غلظت اکسیژن محلول به پائین‌تر از (۶ – ۵) میلی‌گرم در لیتر دور از انتظار نیست. هم‌چنان‌که مطالعات کشکولی و حسینی‌زارع (۱۳۷۹) در خصوص رودخانه‌ی کارون نشان داد که علاوه بر کم شدن حجم آب آن رودخانه در سال‌های اخیر در درجه اول به‌علت خشکسالی و کم‌شدن حجم آب‌های ورودی به آن و در درجه دوم به علت گرفتن آب از سرشاخه‌های آن و هم‌چنین برداشت حجم عظیمی از آب در دشت به موازات اجرای طرح‌های جدید توسعه کشاورزی و آبیاری، مسئله آلوده شدن شدید آن را تشدید نموده‌است. زه‌آب‌های حاصل از کشاورزی در حوضه رودخانه کارون یکی از عوامل اصلی افزایش آلودگی بیولوژیکی و میکروبیولوژیکی آب رودخانه کارون بوده است، همچنان‌که نتایج حاصل از بررسی تغییرات میانگین مقدار اکسیژن مورد نیاز بیولوژیک در بین ایستگاه‌های مطالعاتی تفاوت معناداری داشته و بیش‌ترین مقدار میانگین آن مربوط به ایستگاه (گرگر- بندقیر) است که در نزدیکی محل تلاقی شاخه‌های گرگر با شطیط و رودخانه دز واقع گردیده و فاضلاب‌های حوضچه‌های پرورش ماهی (حدود ۱۲۰۰ هکتار به‌طور رسمی و حدود ۵۰۰ هکتار به‌طور غیر رسمی حوضچه و استخرهای پرورش ماهی در مسیر گرگر و حد فاصل شوشتر تا بندقیر وسعت دارد) مستقیما، بدون عملیات تصفیه وارد آن منطقه می‌شوند. نظر به اینکه این شاخه از رودخانه کارون، علاوه بر تامین آب مورد نیاز جهت مصارف مختلف کشاورزی و کارگاه‌های پرورش ماهی، تاسیسات آبگیر و تصفیه‌خانه سیدحسن (واقع در ۵ کیلومتری شمال ملاثانی) جهت تامین آب شرب مردم شهرستان‌های رامهرمز، هفتگل و بسیاری از روستاهای واقع در طول مسیر بر روی این رودخانه برداشت می‌شود، نیازمند مدیریت آلاینده‌ها به‌صورت ویژه می‌باشد (حسینی‌زارع،۱۳۸۱). مرعشی و همکاران (۱۳۸۷) نیز با حمایت دفتر تحقیقات و استاندارد شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان، تحقیقی پیرامون عوامل

بیولوژیکی رودخانه کارون متأثر از زمین‌های کشاورزی در محدوده‌ی آبگیر تصفیه‌خانه‌های ملاثانی، ویس، شماره یک و دو اهواز، اضطراری اهواز و کوت امیر انجام دادند و دریافتند، تخمین درصد نقش آلودگی زه‌آب‌های کشاورزی نسبت به فاضلاب‌های شهری و صنعتی در این محدوده با توجه به گسترش کشاورزی در حاشیه رودخانه کارون مشکل بوده اما وسعت اراضی زیر کشت و عدم رعایت مسائل زیست محیطی به دلیل سنتی بودن کشاورزی در این منطقه، می‌تواند کشاورزی را در حاشیه رودخانه کارون، از مهم‌ترین عوامل آلاینده محسوب نماید. هرچند تغییرات میانگین اکسیژن‌خواهی شیمیایی بین ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد، ولی بین سال‌های مطالعاتی در مقدار میانگین کل COD تفاوت معنی‌دار وجود دارد به طوری‌که در سال ۱۳۹۲ در کلیه ایستگاه‌ها نسبت به سال‌های مورد مطالعه، میانگین آن بسیار بیش‌تر بوده‌است و در این میان ایستگاه(شطیط- عرب‌اسد) بالاتر از سایر ایستگاه‌ها آلودگی نشان می‌دهد. نتایج بررسی حسینی‌زارع (۱۳۸۱) در بازه (گتوند- بندقیر) در مورد دبی پساب‌های ورودی به این بازه، نشان‌داد؛ زهکش‌های کشاورزی به تنهایی (۸۱/۵ درصد) بارآلودگی COD در این بازه و معادل (۷/۷۳ درصد) کل بارآلودگی COD ورودی به سیستم کارون بزرگ را به خود اختصاص داده است که در این میان زهکش کشت و صنعت کارون به شطیط ۷۴/۱۲ درصد بارآلودگی COD را به تنهایی و در کل سیستم ورودی به کارون بزرگ (۷/۰۳ درصد) را شامل می‌شود (حسینی‌زارع، ۱۳۸۱). نتایج بررسی میانگین سالانه فاکتورهای میکروبیولوژیک (فکال و توتال کلیفرم) آب رودخانه کارون، بین ایستگاه‌ها متفاوت بوده ولی در سال‌های مطالعاتی تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. نتایج نشان می‌دهد که در بازه مورد مطالعه، ایستگاه (شماره ۱۵) در محدوده پل پنجم شهر اهواز، آلوده‌ترین منطقه از لحاظ آلودگی میکروبی (کلیفرم کل و مدفوعی) می‌باشد. نتایج آزمایش‌های باکتریایی (کلیفرم‌ها) مرعشی و همکاران (۱۳۸۷) هم نشان داد، در دوره‌ی مرطوب (آبان، آذر، دی و بهمن) نسبت به دیگر دوره‌ها آلودگی بیش‌تر بوده است. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری از لحاظ آلودگی توتال کلیفرم بین ایستگاه‌های ویس و شماره دو اهواز وجود داشت و سایر ایستگاه‌ها بین این دو قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنان‌که نتایج تحقیقات حسینی‌زارع (۱۳۸۱) در مورد دبی پساب‌های ورودی به رودخانه کارون در بازه بند قیر تا جنوب اهواز نشان می‌دهد، فاضلاب‌های شهری بیش‌ترین دبی (۷۱/۷۳ درصد) را وارد رودخانه می‌کنند که در بین آن‌ها فاضلاب‌های شهری اهواز (۶۷/۸۳ درصد) بیش‌ترین دبی را شامل می‌شوند. از ورودی‌های مهم فاضلاب در این ناحیه می‌توان فاضلاب‌های مناطق کورش، ملی‌راه، کیان‌پارس، نیوساید، مرکزشهر، سیلو، پل پنجم، دانشگاه شهید چمران، گلستان و منطقه چنیبه را نام‌برد. از دیگر منابع آلاینده مهم که در این ناحیه از اهمیت بالایی برخوردارند، می‌توان به فاضلاب‌های آلوده و بسیار خطرناک بیمارستان‌ها اشاره‌نمود که برخی همراه با ورودی فاضلاب‌های شهری و برخی به‌صورت مستقیم به رودخانه تخلیه می‌گردند.

تشکر و قدردانی:

از زحمات و همکاری صمیمانه کارشناس ارشد آزمایشگاه اداره کل امور آب استان جناب آقای مهندس یابر حمید و مسئول محترم آزمایشگاه جناب آقای دکتر نادر حسینی زارع قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

افخمی، م. (۱۳۸۰). بررسی پساب نیروگاه رامین بر کیفیت آب رودخانه کارون، سومین همایش ملی انرژی ایران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، تهران.

باروتکوب، ع.، جعفرزاده حقیقی، ن. (۱۳۸۷). بررسی منابع آلاینده و پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه کارون، دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برقابی.

بصیر، م.، نبوی، س.م. (۱۳۸۷). بررسی کیفی رودخانه کارون در بازه بند قیر- اهواز با استفاده از شاخص WQI و نرم افزار GIS. اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل.

بصیریان، م.، معاضد، ه.، ایمانی، ا. (۱۳۸۷). مدل‌سازی اکسیژن محلول (DO) و سایر پارامترهای کیفی رودخانه کارون در بازه ملاثانی – اهواز.

جعفرزاده‌حقیقی، ن.، مراغی، ش.، مرعشی، ش.، موبد، پ. (۱۳۸۶). بررسی عوامل‌باکتریایی و پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در آبگیر تصفیه‌خانه‌های شهرستان اهواز، مجله علمی پزشکی، دوره ۶، شماره ۲.

جعفرزاده، ن.، عباسی، ع. (۱۳۷۶). تاثیر ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری بر روی تغییرات بیوشیمیایی رودخانه کر،مجله آب و فاضلاب، شماره ۲، انتشارات مهندسین مشاور طرح تحقیقات آب و فاضلاب، ص ۲۳.

جعفرزاده، ن.، سپهرفر، ک.،لاهیجان‌زاده، ا. (۱۳۸۲). بررسی میزان خودپالایی اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کادمیوم و روی در رودخانه گرگر، مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط، جلد دوم، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی.

حسینی، پ.، ایلدرمی، ع.، حسینی، ی. (۱۳۹۵). بررسی کارایی مدل Qual2kw در خودپالایی رودخانه کارون در بازه زرگان تا کوت امیر، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۸، شماره ۲، ۱۲۲-۱۰۳.

حسینی، پ.، ایلدرمی، ع.، حسینی، ی. (۱۳۹۱). ارزیابی کیفیت رودخانه‌ی کارون با شاخص NSFWQI در بازه زرگان تا کوت امیر، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

حسینی‌زارع، ن.، کشکولی، ح. (۱۳۷۹). اثرات دراز مدت طرح‌های جدید آبیاری بر کیفیت آب رودخانه کارون برای مصارف شرب و کشاورزی. اولین کنفرانس ملی بررسی راه‌های مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.

حسینی‌زارع، ن. (۱۳۸۱). بررسی تاثیر گسترش اراضی فاریاب و طرح‌های توسعه در خوزستان بر کیفیت آب رودخانه‌های کارون و دز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه‌خاکشناسی دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان.

سادات‌نوری، س.م.، شکری، ا.، ابراهیمی، ک. (۱۳۸۹). معرفی و مقایسه روش‌های رده‌بندی کیفیت آب، نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه.

صفاریان، ر. ۱۳۸۵. بررسی بار آلایندگی رودخانه کارون و عوامل آلوده‌کننده آن در بازه اهواز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صفحات ۴، ۱۳۷ تا ۱۳۹.

قاضی‌زاده، ن.، شهنی‌زاده، ب.، دهکردی، ش.، سواری، س. (۱۳۸۹). ارزیابی کیفی رودخانه کارون بر اساس نظام شاخص کیفی آب در سال ۱۳۸۸. همایش ملی آب با رویکرد آب پاک، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).

قاضی میرسعید، ح. ۱۳۹۰. مدل‌سازی کیفی رودخانه جاجرود و ارزیابی قدرت خودپالایی آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۱۶۳ صفحه.

مرعشی، ش.، موبد، پ.، جعفرزاده حقیقی، ن. (۱۳۸۷). عوامل بیولوژیکی رودخانه کارون متاثر از زمین‌های کشاورزی (در محدوده شهرستان اهواز)، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.

مروج، م.، کریمی‌راد، ا. و ابراهیمی، ک. ۱۳۹۶. ارزیابی وضعیت کیفی رودخانهٔ کارون براساس شاخص کیفیت آب و استفاده از GIS ، اکوهیدرولوژی، دورهٔ ۴ ،شمارهٔ ۱، ۲۳۵-۲۲۵.

Antonopoulos, V., Papamichail, D., Mitsiou, K. (2001). Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon river in Greece. Hydrology and Earth System Sciences, 5(4): 679–691.

Chang, H. (2008). Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. Water Research, 42: 3285–3304.

Samadi MT, Sadeghi S, Rahmani A, Saghi MH. (2015). Survey of water quality in Moradbeik river basis on WQI index by GIS. Environmental Health Engineering and Management.;2(1):7.