

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان:

بررسی کیفیت آب (پارامترهای زیستی،  
غیر زیستی و آلاینده های زیست محیطی)  
سد آزاد سنندج به منظور فعالیت های شیلاتی

مجری:

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۵۶۵۰۰

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

---

عنوان طرح/ پروژه: بررسی کیفیت آب (پارامترهای زیستی، غیر زیستی و آلاینده های زیست محیطی) سد آزاد سنج به منظور فعالیت های شیلاتی  
کد مصوب: ۰۱۴-۷۶-۱۲-۰۳۹-۹۶۰۴۴

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان: حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرح های ملی و مشترک دارد): حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان: حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی همکار(ان): -

نام و نام خانوادگی مشاور(ان): حسن فضلی، نیما پورنگ، محمود رامین، مهناز ربانی ها

نام و نام خانوادگی ناظر(ان): -

محل اجرا: استان مازندران

تاریخ شروع: ۱۳۹۶/۷/۱

مدت اجرا: ۱ سال و ۶ ماه

ناشر: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار: سال ۱۳۹۹

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است.

**«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»**

طرح / پروژه: بررسی کیفیت آب (پارامترهای زیستی، غیر زیستی و آلاینده‌های زیست محیطی) سد آزاد سنندج به منظور فعالیت‌های شیلاتی

کد مصوب: ۹۶۰۴۴-۰۴۱-۱۲-۷۶-۱۲۴

شماره ثبت (فروست): ۵۶۵۰۰ تاریخ: ۱۳۹۸/۹/۶

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می‌باشد.

**پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ**

**۱۳۹۸/۸/۲۶ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.**

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد  پژوهشکده  مرکز  ایستگاه

با سمت رئیس پژوهشکده در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده است.

صفحه	«فهرست مندرجات»	عنوان
۱	.....	چکیده
۴	.....	۱- مقدمه
۱۰	.....	۱-۲-۱- مروری بر منابع
۱۰	.....	۱-۲-۱- پارامترهای محیطی
۱۴	.....	۱-۲-۲- آلاینده های زیست محیطی
۱۶	.....	۲- مواد و روشها
۱۶	.....	۲-۱- مکان نمونه برداری
۱۸	.....	۲-۲- پارامترهای محیطی و زیستی
۱۸	.....	۲-۳- شاخص ها
۱۸	.....	۲-۳-۱- سطح تغذیه گرایی
۱۹	.....	۲-۳-۲- کیفیت آب سطحی ایران (Iran Water Quality Index sc)
۲۰	.....	۲-۴- آلاینده های زیست محیطی
۲۰	.....	۲-۴-۱- عناصر فلزی در بافت ماهی
۲۰	.....	۲-۴-۲- هیدروکربنهای نفتی رسوبات
۲۰	.....	۲-۴-۳- سموم کشاورزی ارگانو کلره در آب
۲۰	.....	۲-۴-۴- سموم کشاورزی ارگانو فسفره در آب
۲۱	.....	۲-۴-۵- دترجنت (LAS) در آب
۲۱	.....	۲-۵- آزمون های آماری
۲۲	.....	۳- نتایج
۲۲	.....	۳-۱- پارامترهای فیزیکوشیمیایی و کلروفیل-آ
۳۲	.....	۳-۲- شاخص ها
۳۲	.....	۳-۲-۱- سطح تروفیک
۳۵	.....	۳-۲-۲- تغییرات عمودی
۳۷	.....	۳-۳- شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQIsc)
۳۸	.....	۳-۴- میکروب
۴۱	.....	۳-۵- بررسی روابط آماری

۴۵	..... ۳-۶-آلاینده های زیست محیطی
۴۵	..... ۳-۶-۱- عناصر فلزی
۴۸	..... ۳-۶-۲- سموم کشاورزی در آب
۴۹	..... ۳-۶-۳- دترجت
۵۰	..... ۳-۶-۴- ترکیبات نفتی در رسوبات
۵۱	..... ۴- بحث
۵۱	..... ۴-۱- پارامترهای فیزیکوشیمیایی
۵۴	..... ۴-۲- کلروفیل-آ و سطح تروفیک
۵۵	..... ۴-۳- کیفیت آب IRWQIsc
۵۷	..... ۴-۴- جمع بندی شاخص ها
۶۱	..... ۴-۵- میکروب
۶۵	..... ۴-۶- بررسی روابط بین پارامترها و شاخص ها
۶۸	..... ۴-۷- آلاینده های زیست محیطی
۷۲	..... ۵- نتیجه گیری نهایی
۷۴	..... پیشنهادها
۷۵	..... منابع
۸۲	..... پیوست
۸۸	..... چکیده انگلیسی

## چکیده

طرح " بررسی کیفیت آب (پارامترهای زیستی، غیر زیستی و آلاینده های زیست محیطی) سد آزاد سندج به منظور فعالیت های شیلاتی" در سال ۹۵-۱۳۹۴ صورت گرفت. اهداف عمده این مطالعه شامل مقایسه وضعیت کیفیت آب سد بر اساس آلاینده های زیست محیطی (عناصر فلزی، دترجت و سموم کشاورزی)، پارامترهای زیستی (میکروب)، غیر زیستی، شاخص های کیفیت آب سطحی (IRWQISC) و سطح تروفیک با استانداردها در کاربری های مختلف بخصوص فعالیت های شیلاتی می باشد. تعیین عناصر فلزی (سرب، کادمیم، آرسنیک و جیوه) در ماهی، ترکیبات نفتی در رسوب و اندازه گیری سموم کلره، فسفره و دترجت و همچنین پارامترهای فیزیکی شیمیایی، کلروفیل-آ و میکروبی در آب صورت پذیرفت. نمونه برداری به صورت ماهانه، در ۵ ایستگاه انجام شد. طبق نتایج میانگین غلظت اکسیژن محلول در لایه سطحی بالاتر از ۵ میلی گرم در لیتر بود. میانگین فسفر کل، نیتروژن کل، آلکالینتی کل و سختی کل آب، pH بترتیب  $0.048 \pm 0.033$ ،  $1.52 \pm 0.32$ ،  $50 \pm 10$ ،  $147 \pm 13$  میلی گرم در لیتر و  $7.89 \pm 0.37$ ، هدایت الکتریکی آب دریاچه  $290 \pm 40$  میکروزیمنس بر سانتی متر و مواد جامد محلول  $145 \pm 20$  میلی گرم در لیتر تعیین شد. همچنین میانگین پارامترهای آلودگی BOD<sub>5</sub> و COD و ترکیبات NH<sub>3</sub> و NO<sub>2</sub>/N بترتیب برابر  $2.18 \pm 1.48$  و  $9.28 \pm 8.78$  میلی گرم بر لیتر،  $1.57 \pm 2.58$  میکروگرم بر لیتر  $0.005 \pm 0.004$  میلی گرم بر لیتر ثبت گردید. در ماه های بارندگی (آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت) میانگین غلظت کلروفیل-آ ( $8.56 \pm 1.08$  میلی گرم در مترمکعب) تقریباً ۹ برابر ماه های غیر بارندگی بدست آمد. میانگین کلی شاخص سطح تروفیک کارلسون (۴۹) طی ماه های مورد مطالعه بیانگر وضعیت مزوتروف در مخزن سد بود. سطح تروفیکی در همه فصول (بهار تا زمستان) در ایستگاه های کناری (۴) و (۵) عموماً بیشتر از سایر ایستگاهها بود. آزمون رگرسیون گام به گام نشان داد که شفافیت آب با کلروفیل-آ همبستگی معنی دار منفی داشته و ضریب بتا برابر  $-0.36$  با مجذور ضریب همبستگی  $0.13$  بدست آمد. محاسبه شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQIsc) نشان داد که تقریباً ۵۹، ۴۰ و ۱ درصد از کل داده ها بترتیب در کلاس های ۱ (بسیار خوب)، ۲ (خوب) و ۳ (نسبتاً خوب) قرار داشتند. میانگین شاخص کیفیت آب در لایه سطحی همه ایستگاهها (۱ الی ۵)، ۸۸ بدست آمد که بیانگر کیفیت آب بسیار خوب است. در فصل بارندگی کاهش شاخص کیفیت آب ایران دارای همبستگی (پیرسون) معنی داری با افزایش شاخص سطح تروفیکی (برمبنای مواد مغذی) بود ( $r = -0.40$ ). بررسی همبستگی (پیرسون) بین کلروفیل-آ و عوامل تغییرات آب و هوا (بارش و دمای هوا) نشان داد که تغییرات کلروفیل با دمای هوا دارای همبستگی معنادار ( $r = 0.80$ ) بود. تعداد کل میکروب در آب دارای حداقل ( $40 \text{ CFU}/100\text{ml}$ ) و حداکثر ( $13000 \text{ CFU}/100\text{ml}$ ) بترتیب در ماه های مرداد و دی در ایستگاه ۵، بود. میانگین هندسی کل کلیفرم تقریباً ۳ درصد از میانگین شمارش تعداد کل میکروب را شامل شد. بر اساس آزمون تحلیل واریانس (ANOVA)، تغییرات میانگین تعداد کل میکروب و کلیفرم در بین

ایستگاه‌ها و مناطق نمونه‌برداری (کناری و باز) اختلاف معنی دار نشان نداد ( $P > 0/05$ ). اما این پارامترها در بین ماههای نمونه‌برداری تفاوت معنی دار نشان دادند ( $P < 0/05$ ). طی مطالعه تعداد استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم مدفوعی در محیط‌های کشت کمتر از  $0/1$  CFU/100ml بود. طبق نتایج آزمون مولفه اصلی PCA، شاخص سطح تروفیکی و غلظت کلروفیل-آ با جای‌گیری در مولفه اصلی اول، مهمترین عوامل تاثیر گذار بر کیفیت آب سد بودند. شاخص کیفیت آب و پارامترهای آن (غلظت فسفر معدنی،  $BOD_5$  و کل کلیفرم) با قرار گرفتن در مولفه اصلی دوم، در رتبه‌های بعدی اهمیت جای داشتند.

در تحقیق حاضر غلظت فلزات سرب، جیوه و کادمیم (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در ماهیان مختلف بترتیب  $(2/72 \pm 0/57)$ ،  $(0/55 \pm 0/09)$  و  $(0/32 \pm 0/06)$  بدست آمد. میانگین غلظت سرب و کادمیم ماهیان با وزن کمتر از ۱۰۰ گرم، بیشتر از ماهیان با وزن بیشتر از ۱۰۰ گرم بوده است. اما غلظت عنصر جیوه در این دو گروه وزنی از ماهیان اختلافی نداشته و آرسنیک نیز در ماهیان با وزن بیشتر از ۱۰۰ گرم بالاتر بوده است. بررسی غلظت اجزای سموم کشاورزی کلره در آب سد نشان داد که فقط ۲ درصد از کل داده‌ها دارای غلظت بیشتر از ۲ میکروگرم بر لیتر بوده است که این سموم مربوط به لیندن (Lindane) از گروه BHCs و آلدترین (Aldrin) از گروه Drins بود. سموم کشاورزی فسفره از قبیل دیازینون، اتیون، مالاتیون، پاراتیون، آزینفوس متیل کمتر از حد تشخیص دستگاه بود. اندازه‌گیری غلظت دترجنت (LAS) در آب سد نشان داد که حداکثر غلظت دترجنت در ایستگاه ۵ ( $0/326$  میلی‌گرم بر لیتر) و حداقل آن در ایستگاه ۱ ( $0/082$  میلی‌گرم بر لیتر) بود. تغییرات غلظت ترکیبات نفتی ( $16PAHs$ ) در رسوبات سد نشان داد که حداکثر و حداقل میزان ترکیبات نفتی بترتیب در ایستگاه ۱ ( $50$  میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک) و ایستگاه ۲ ( $14$  میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک) بود.

بطور کلی، مقایسه محدود تغییرات پارامترهای فیزیکوشیمیایی در این سد با مقادیر استاندارد ارائه شده برای پرورش ماهیان گرمابی و سردابی بیانگر مناسب بودن آب این سد برای فعالیتهای شیلاتی بود. البته تغییرات برخی از پارامترها از قبیل دما، پرورش ماهیان سردابی و گرمابی را در دوره زمانی معینی محدود می‌نماید. بر اساس شمارش میکروبی نیز، آلودگی آلی ناشی از فاضلابها، چرای دام و... در حدی نبود که رشد میکروبی بیش از مقادیر استاندارد را سبب گردد. همچنین زمان ماند آب در سد آزاد برای خودپالایی سد و حذف میکروبی مناسب بود. در ضمن، تعداد کم (کمتر از  $0/1$  CFU/100ml) استرپتوکوک‌های مدفوعی و کلیفرم مدفوعی در تمامی نمونه‌ها بیانگر کیفیت مناسب آب از جهت عدم آلودگی به میکروب‌های مدفوعی مقاوم، قدیمی و تازه بود. طبق میانگین شاخص کیفیت آب (۸۸، کیفیت بسیار خوب)، این سد دارای پتانسیل مناسب برای فعالیتهای شیلاتی و ماهیان حساس است. میانگین شاخص تروفیک در کل سال (۴۹) نیز بیانگر شرایط هشدار برای آزاد ماهیان هست. بنابراین هرچند براساس شاخص WQI، دریاچه سد آزاد برای پرورش آزاد ماهیان مناسب برآورد شد، اما از دیدگاه شاخص تغذیه‌گرایی شرایط چندان مطلوب نمی‌باشد، اما طبق مقادیر شاخص سطح تروفیک، این سد برای پرورش ماهیان مقاوم مناسب است. بنابراین، در صورت برنامه‌ریزی

ماهیدار کردن در این دریاچه، چالش‌های مدیریتی به منظور حفظ سطح تروفیک در محدوده مزوتروف تا مزو-پوتروف (معادل شاخص تروفیک ۶۰-۴۰) با خود به همراه خواهد داشت.

بر اساس نتایج بدست آمده در سد آزاد، مقادیر میانگین و حتی حداکثر غلظت فلزات جیوه، آرسنیک و کادمیم در عضله ماهیان سد آزاد ناچیز بوده و پایین تر از حد مجاز اتحادیه اروپایی، سازمان بهداشت جهانی و چند کشور دیگر بود. میانگین و حداکثر غلظت عنصر سرب نیز از استاندارد اداره غذا و دارو (FDA) بسیار کمتر بود. همچنین در تمام ماهیها غلظت سرب از حداکثر سازمان بهداشت جهانی (WHO) کمتر ثبت گردید اما در برخی نمونه های ماهی بیشتر از مقادیر WHO بوده است. میانگین غلظت سم لیندن در ایستگاههای مختلف به طور معنی داری بالاتر از مقادیر استاندارد بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نسبت DDE+DDD/DDT در محدوده ۲-۲۰ بود که بیانگر مصرف این گروه از سموم در سنوات قبل است. غلظت دترجنت در سد آزاد نشان داد که در مقایسه با استاندارد آبهای سطحی و زیرزمینی، کمتر بوده است. غلظت ترکیبات نفتی رسوبات سد آزاد نیز بسیار کمتر از حداکثر مجاز و بیانگر آلودگی بسیار کم رسوبات بوده است. همچنین غلظت TEQ مربوط به ترکیب B[a]Pyr بعنوان شاخص آلودگی ترکیبات پلی آروماتیک، زیر حد تشخیص دستگاه بوده است و کمتر از غلظت آستانه بود که بیان دیگر کیفیت مناسب رسوبات بوده است. در مجموع بررسی آلاینده های زیست محیطی نشان داد که تهدید بالقوه برای فعالیت های اکوتوریسم و شیلاتی وجود ندارد.

**کلمات کلیدی:** پارامترهای فیزیکوشیمیایی، شاخص کیفیت آب سطحی ایران، شاخص سطح تروفیک، آلاینده های زیست محیطی، سد آزاد سندج