



## بررسی تغییرات پارامترهای دما، نیترات و فسفات در مخزن سد طرق

خیامی، کارشناس ارشد سازه های آبی

سعید رضا خدا شناس، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

شهناز دانش، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

کامران داوری، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیکی: [sacedkhodashenas@yahoo.fr](mailto:sacedkhodashenas@yahoo.fr)

### چکیده:

در سالهای اخیر افزایش استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و ورود این مواد از طریق زه آبهای کشاورزی به رودخانه ها، ورود فضولات انسانی و حیوانی به آب رودخانه ها و همچنین مخازن سدها و ورود فاضلابهای شهری و صنعتی به آب رودخانه ها و نهایتاً مخازن سدها، کیفیت آب این منابع آبی را دستخوش تغییرات فراوانی نموده است. از جمله فرایندهای سازی مخازن به واسطه ورود بیش از حد مواد مغذی گیاهی مانند نیترژن و فسفر می باشد که کیفیت آب بسیاری از مخازن سدها را در جهت مصارف مختلف با مشکل مواجه کرده است. همچنین وجود پدیده لایه بندی حرارتی در مخازن سدها نیز می تواند در تغییر پارامترهای مختلف کیفی آب در مخازن سدها موثر باشد. لذا آگاهی از چگونگی تغییرات کیفیت آب در دوره های مختلف سال، می تواند کمک موثری را در بهره برداری از آب مخازن سدها داشته باشد. در این تحقیق با استفاده از مدل‌های DYRESM و CAEDYM شرایط حرارتی مخزن طی یک دوره یک ساله و تغییرات نیترات و فسفات در طی یک دوره ۱۰۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دادند که لایه بندی حرارتی در مخزن مذکور از اوایل فصل بهار تدریجاً شروع شده و در اواسط فصل تابستان کامل می گردد. در اثر این لایه بندی حرارتی که تا آخر تابستان ادامه می یابد، حداکثر اختلاف دما بین پایین ترین تراز و بالاترین تراز ۱۲ درجه سانتیگراد می باشد که این امر از نظر تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب بسیار حائز اهمیت است. میزان نیترات در مخزن سد در لایه های میانی بیش از لایه های سطحی و لایه های زیرین مشاهده شد. در لایه های سطحی به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها و در لایه های زیرین نیز به دلیل احیای بی هوازی، غلظت نیترات کاهش می یابد. تغییرات فسفات نیز در مخزن سد نشان داد که در لایه های سطحی به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها از مقادیر آن کاسته شده و در لایه های پایینی مقادیر بیشتری فسفات مشاهده شده است.

کلید واژه‌ها: کیفیت آب، لایه بندی حرارتی، مدل DYRESM، مدل CAEDYM

کد مقاله: ۱۰۱۰ - (پوستر)



## بررسی تغییرات پارامترهای دما، نیترات و فسفات در مخزن سد طرق

خیامی، کارشناس ارشد سازه های آبی

سعید رضا خدا شناس، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

شهناز دانش، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

کامران داوری، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[saeedkhodashenas@yahoo.fr](mailto:saeedkhodashenas@yahoo.fr)

### چکیده :

در سالهای اخیر افزایش استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و ورود این مواد از طریق زه آبیهای کشاورزی به رودخانه ها، ورود فضولات انسانی و حیوانی به آب رودخانه ها و همچنین مخازن سدها و ورود فاضلابهای شهری و صنعتی به آب رودخانه ها و نهایتاً مخازن سدها، کیفیت آب این منابع آبی را دستخوش تغییرات فراوانی نموده است. از جمله فرایندهای غنی سازی مخازن به واسطه ورود بیش از حد مواد مغذی گیاهی مانند نیترژن و فسفر می باشد که کیفیت آب بسیاری از مخازن سدها را در جهت مصارف مختلف با مشکل مواجه کرده است. همچنین وجود پدیده لایه بندی حرارتی در مخازن سدها نیز می تواند در تغییر پارامترهای مختلف کیفی آب در مخازن سدها موثر باشد. لذا آگاهی از چگونگی تغییرات کیفیت آب در دوره های مختلف سال، می تواند کمک موثری را در بهره برداری از آب مخازن سدها داشته باشد. در این تحقیق با استفاده از مدل های DYRESM و CAEDYM شرایط حرارتی مخزن طی یک دوره یک ساله و تغییرات نیترات و فسفات در طی یک دوره ۱۰۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دادند که لایه بندی حرارتی در مخزن مذکور از اوایل فصل بهار تدریجاً شروع شده و در اواسط فصل تابستان کامل می گردد. در اثر این لایه بندی حرارتی که تا آخر تابستان ادامه می یابد، حداکثر اختلاف دما بین پایین ترین تراز و بالاترین تراز ۱۲ درجه سانتیگراد می باشد که این امر از نظر تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب بسیار حائز اهمیت است. میزان نیترات در مخزن سد در لایه های میانی بیش از لایه های سطحی و لایه های زیرین مشاهده شد. در لایه های سطحی به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها و در لایه های زیرین نیز به دلیل احیای بی هوازی، غلظت نیترات کاهش می یابد. تغییرات فسفات نیز در

مخزن سد نشان داد که در لایه های سطحی به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها از مقادیر آن کاسته شده و در لایه های پایینی مقادیر بیشتری فسفات مشاهده شده است.

### واژه های کلیدی: کیفیت آب، لایه بندی حرارتی، مدل *DYRESM*، مدل *CAEDYM*

#### ۱- مقدمه

تغییرات دما و توسعه لایه بندی دمایی در دریاچه های مناطق معتدله و مخازن سدهای بزرگ، معمولاً در فصول زمستان و تابستان اتفاق می افتد. لایه بندی حرارتی به علت تفاوت در چگالی آب (ناشی از اختلاف دما) در ترازهای مختلف حاصل می گردد. همچنین تغییر در چگالی آبهای ورودی و تنشهای ناشی از سرعت باد می تواند در ایجاد لایه بندی و عمق لایه اختلاط موثر باشد. بدیهی است در فصولی که لایه بندی اتفاق می افتد، تغییر در درجه حرارت لایه ها، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب مخزن را در ترازهای مختلف، تغییر می دهد [۱]. دمای آب بر روی نوع و میزان فعالیت گونه های بیولوژیکی، انحلال گازها، سرعت واکنشهای شیمیایی و سرعت رسوب گذاری تاثیر گذاشته به طوری که به ازای افزایش ۱۰ درجه سانتیگراد، سرعت واکنشهای شیمیایی و بیوشیمیایی دو برابر می شود. در فصل تابستان به علت بالا بودن درجه حرارت و شدت تابش نور خورشید، به خصوص در شرایطی که عناصر غذایی گیاهی نیز فراوان باشد، رشد جلبکها در لایه های سطحی به شدت افزایش می یابد که این امر می تواند کیفیت آب را از نظر رنگ، بو و طعم دچار تغییرات زیادی نماید. از طرفی دیگر به دلیل کاهش انحلال اکسیژن در آب و همچنین زیاد شدن سرعت فعالیت های متابولسمی آبزیان و تجزیه مواد تجمع یافته در رسوبات، شرایط در ترازهای عمقی آب می تواند کاملاً بیهوازی شده و منجر به تشکیل ترکیبات مولد بو و یا طعم نامطبوع گردد [۲]. وجود ترکیبات نیتروژن دار و فسفر دار (که از عوامل مهم در غنی سازی مخازن سدها می باشند) به همراه لایه بندی حرارتی می تواند باعث بوجود آمدن تغییرات عمده ای در کیفیت آب مخازن سدها گردد [۳،۴].

تولید نیترات ( $\text{NO}_3$ ) نتیجه آخرین مرحله اکسیداسیون آمونیاک و معدنی شدن ازت حاصل از مواد آلی می باشد. عمل اکسیداسیون آمونیاک و تبدیل آن به نیترات، در محیط های خاک و آب توسط باکتریهای نیتریفیکاسیون صورت می گیرد و تنها در یک محیط با اکسیژن فراوان، انجام شود. افزایش کاربرد کودهای شیمیایی ازت دار در چند دهه اخیر، باعث افزوده شدن نیترات در آبهای سطحی و زیرزمینی شده است. میزان نیترات در آبهای سطحی غالباً تحت تأثیر تغییرات فصلی می باشد. بدین گونه که در فصل زمستان و با کاهش دما، فعالیت بیولوژیکی به خصوص رشد و تکثیر جلبکها در منابع آب سطحی کاهش یافته و نیترات آب افزایش می یابد که این امر منجر به زیاد شدن غلظت آن می گردد. در طول تابستان معمولاً میزان نیترات در اثر جذب بیوشیمیایی جلبکها کاهش می یابد. علاوه بر این در اثر فعالیت بیشتر باکتریهای دی نیتریفیکاسیون در گل و لای ته نشین شده در فصول گرم، نیترات تبدیل به گاز نیتروژن شده و غلظت آن را در آب کاهش می دهد. آبی که دارای غلظت بالایی از نیترات باشد بالقوه برای شیرخواران و کودکان مضر می باشد زیرا باکتریهای موجود در دستگاه گوارش، می توانند نیترات غذا و آب را به نیتريت احیاء کنند. نیتريت حاصله جذب جریان خون شده و هموگلوبین را تبدیل به متاهموگلوبین می نماید. متاهموگلوبین با اینکه بالقوه سمی نیست ولی ظرفیت اکسیژن رسانی خون را کاهش داده و بدن را با کمبود اکسیژن مواجه می سازد. نیتريت همچنین با آمینهای نوع دوم و سوم ترکیب شده و تشکیل نیتروزآمین ها را می دهد که این مواد سرطان زا می باشند [۴،۲].

فسفر نیز یکی از عناصر مهم در رشد و نمو موجودات آبرزی بوده و چون در فرآیند اتروفیکاسیون دریاچه ها نقش مهمی دارد، اندازه گیری آن در مطالعات آلودگی آب لازم و ضروری می باشد. فسفر در فاضلاب به صورت ترکیبات آلی و معدنی موجود می باشد. پاک کننده ها، بزرگترین منبع فسفر معدنی، و غذاها و فضولات حیوانی مهمترین منابع فسفر آلی به حساب می آیند. فسفر موجود در مواد طبیعی سرانجام به وسیله فرآیندهای بیوشیمیایی به ترکیبات معدنی فسفر تبدیل شده که مجدداً توسط گیاهان جذب و در ترکیبات آلی وارد می شود [۳،۴].

#### مدلهای کیفی آب

در دو دهه گذشته استفاده از مدل‌های ریاضی برای شبیه سازی اکولوژیکی و واکنشهای موثر بر کیفیت آب در منابع آبهای سطحی رواج یافته است و براساس نتایج حاصل از آنها، روشهای جامع و مناسبی نیز در جهت کاهش بار آلودگیها و نوع کاربریهای بهینه از اینگونه منابع ارائه گردیده است.

به طور کلی مدل‌های کیفی متنوعی در جهت بررسی و پیش بینی کیفیت آب در مخازن سدها موجود می باشد که با توجه به خصوصیات آنها (مانند میزان دقت محاسباتی، وسعت و نوع داده های مورد نیاز، نوع کاربری مدل و ...) و شرایط موجود، می توان بهترین گزینه مدل را برای سیستم آبی مورد نظر انتخاب نمود. مدل‌هایی که به بررسی شرایط کیفی آب در دریاچه ها و مخازن سدها می پردازند، از دیدگاه بعد محاسباتی در چهار گروه طبقه بندی می شوند که عبارتند از: الف) مدل‌های صفر بعدی، ب) مدل‌های یک بعدی، ج) مدل‌های دوبعدی و د) مدل‌های سه بعدی [۵].

در بین مدل‌ها، مدل هیدرودینامیکی یک بعدی DYRESM (Imberger and Patterson ۱۹۸۱) به دلایل مختلف مانند دقت محاسباتی بالا، امکان استفاده در کلیه شرایط آب و هوایی، در نظر گرفتن تغییرات پارامترهای مختلف آب و هوایی و قابلیت بررسی تاثیر روند تغییرات آنها بر روی خصوصیات حرارتی و شوری آب، توانایی انجام شبیه سازی برای دوره های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت، و نیز عدم احتیاج به کالیبراسیون، کاربرد وسیعی را در بررسی و پیش بینی خصوصیات کیفی آب دریاچه ها و مخازن سدها پیدا نموده است [۶]. همچنین جهت بررسی شرایط سایر پارامترهای کیفی آب می توان از مدل CAEDYM به همراه مدل DYRESM استفاده نمود و تغییرات این پارامترها را مورد بررسی قرار داد. Ping Han و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از این مدل اقدام به شبیه سازی دمایی مخزن سد Sau در اسپانیا نمودند. ایشان با استفاده از داده های دمایی موجود از مخزن سد، اقدام به تست مدل کرده و تأثیر ورودی و خروجی ها را در شرایط لایه بندی دمایی مخزن مورد بررسی قرار دادند [۷]. T. Asaeda و همکاران (۲۰۰۱) به منظور بررسی و کنترل جلبکها در مخزن سد Terachi در غرب کشور ژاپن، از مدل DYRESM به همراه مدل CAEDYM استفاده نمودند [۸]. همچنین Lousie و همکاران (۲۰۰۶) جهت بررسی نقش گردش کرین، نیتروژن و فسفر بر روی پارامترهای مختلف کیفی آب و چگونگی لایه بندی آنها در دریاچه Kineret (واقع در فلسطین اشغالی) از مدل‌های DYRESM و CAEDYM استفاده نمودند [۹]. Balistrieri و همکاران (۲۰۰۶) نیز در تحقیقات خود در ارتباط با تغییرات دما و شوری دریاچه Pexter Pit در ایالت نوادای آمریکا، مدل DYRESM را به کار گرفتند. نتایج کار آنها که بر مبنای مقایسه خروجی های حاصل از شبیه سازی مدل با داده های دمایی اندازه گیری شده از دریاچه بود، نشان داد که مدل مذکور در انجام شبیه سازی دمایی و شوری آب از دقت بسیار بالایی برخوردار است [۱۰].

در دهه اخیر توجه به وضعیت کیفیت آب در مخازن سدها در سطح کشور ایران نیز اهمیت زیادی پیدا نموده است. در سال ۱۳۷۹ امین سارنگ و همکاران با استفاده از مدل یک بعدی HEC5-Q اقدام به شبیه سازی کیفیت آب مخزن سد بوکان بر روی رودخانه زرینه رود در استان کردستان نمودند. در این تحقیق پارامترهای EC, DO, BOD<sub>5</sub>, N, P, PH و TDS در مخزن سد مذکور شبیه سازی شده و نتایج حاصل از مدل با داده های اندازه گیری شده از مخزن سد مورد مقایسه و سنجش قرار گرفت [۱۱]. توحیدی در سال ۱۳۷۷ اقدام به بررسی پارامترهای کیفی آب در مخزن سد طرق (واقع در استان خراسان رضوی) نمود. وی در این تحقیق با انجام آزمایشات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و باکتریایی و انجام تجزیه و تحلیل نتایج نمونه برداریها با استفاده از مدل‌های آماری و رگرسیونی توسط برنامه های SURFER و STATGRAPHICS تغییرات عمقی و زمانی پارامترهای کیفی آب مخزن سد طرق را طی یک دوره ۳ ماهه در سال ۱۳۷۷ مورد ارزیابی قرار داد [۵]. شیعی و همکاران در سال ۱۳۸۰ اقدام به مطالعه شرایط کیفی آب مخزن سد دوستی نمودند و آب این سد را به لحاظ شوری و دمایی با استفاده از مدل VDYRESM بررسی کردند. سپس با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی مدل، کیفیت آب را در ترازهای مختلف آبیگری (آبگیر تحتانی و فوقانی) مورد ارزیابی قرار دادند [۱۲]. همچنین در سال ۱۳۸۵ شیعی با استفاده از مدل VDYRESM، مخزن سد شوربچه (واقع در استان خراسان رضوی) را به لحاظ حرارتی و دمایی مورد بررسی قرار داده و با توجه به نتایج مدل اقدام به ارزیابی کیفیت آب جهت مصارف شرب و کشاورزی نمود [۱۳].

## ۲- مواد و روشها

با توجه به اهمیت سد طرق در تأمین بخشی از آب شرب و کشاورزی شهر مشهد، در این تحقیق، تغییرات حرارتی، نترات و فسفات آب مخزن سد طرق و چگونگی روند تغییرات آن با استفاده از مدل هیدرودینامیکی یک بعدی DYRESM به همراه مدل CAEDYM مورد ارزیابی قرار گرفت.

محدوده سد: سد طرق در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد و در طول جغرافیایی ۴۳° ۵۹' و عرض جغرافیایی ۱۳° ۳۶' واقع شده است. این سد در سال ۱۳۶۷ با هدف بهره برداری از آب آن، جهت مصارف شرب و کشاورزی و کنترل سیلابهای سالانه بر روی رودخانه طرق ساخته شد. رودخانه طرق یک رودخانه فصلی است و در طی مسیر خود از تعدادی روستا عبور می کند که این امر باعث ورود آلودگیهای انسانی و حیوانی به داخل مخزن سد می گردد. تراز رودخانه نسبت به سطح دریا ۱۱۵۹/۷ متر می باشد. خصوصیات هیدرومتری این رودخانه در ایستگاهی به نام ایستگاه هیدرومتری کرتیان که در ۳ کیلومتری بالادست سد احداث شده است اندازه گیری می شود. سد طرق دارای ۴ آبگیر در ترازهای صفر، ۲۸، ۳۹ و ۵۱ متری از کف مخزن می باشد. در جدول ۱ و مشخصات کاملی از سد طرق ارائه گردیده است.

جدول ۱: مشخصات کلی سد طرق [۱۴]

نوع سد	مشخصات سازه ای			مشخصات سرریز			مشخصات هیدرولوژیکی			اهداف کاربردی		
	طول تاج (m)	عرض تاج (m)	ارتفاع از کف (m)	نوع سرریز	ظرفیت سرریز (CMS)	حجم کل مخزن (MCM)	حجم مفید مخزن (MCM)	حجم قابل تنظیم مخزن (MCM)	مساحت دریاچه در رقوم نرمال (hec)	سطح اراضی ناخالص (hec)	تامین آب شرب (MCM)	تامین آب کشاورزی (MCM)
بتنی دو قوسی	322	4/8	60	نیلوفری	240	33/1	31/1	16	193/5	1300	6	10



MCM: میلیون متر مکعب. CMS: متر مکعب بر ثانیه. hec: هکتار.

**داده های ورودی به مدل:** این داده ها شامل داده های هواشناسی، داده های جریان ورودی به مخزن سد طرق، داده های جریان خروجی از مخزن و داده های مربوط به مشخصات هندسی مخزن سد طرق می شدند.

**داده های هواشناسی:** از جمله میانگین روزانه پارامترهای تشعشع موج کوتاه، درصد ابرناکی، درجه حرارت هوا، فشار بخار، سرعت باد و بارندگی، از محل ایستگاه سینوپتیک مشهد (وابسته به سازمان هواشناسی) تهیه گردید [۱۵]. این داده های بعد از بررسی و ارزیابی از نظر کیفی، طی یک دوره آماری ۱ ساله (سال ۱۹۹۸) تصحیح و مورد استفاده قرار گرفت.

**داده های جریان ورودی به مخزن:** مدل DYRESM توانایی شبیه سازی کیفی آب را با توجه به جریان های ورودی به مخزن (جریان های ورودی سطحی و زیر زمینی)، دارا می باشد. در مورد سد طرق تنها یک جریان ورودی سطحی (رودخانه طرق) موجود می باشد. داده های هیدرومتری مورد نیاز (دبی رودخانه، دمای آب رودخانه و میزان نیترات و فسفات) از محل ایستگاه هیدرومتری کرتیان تهیه گردید. دبی رودخانه به صورت روزانه طی دوره آماری ۱ ساله مورد استفاده قرار گرفت. در خصوص رودخانه طرق، آماری در خصوص پارامتر دمای آب موجود نبود. لذا در این مورد، با توجه به راهنمای مدل، از میانگین دمای هوای چهار روز قبل، جهت دمای آب رودخانه استفاده گردید. همچنین مقادیر پارامترهای نیترات و فسفات نیز طی یک دوره ۱۰۵ روزه (از ۱۹۹۸/۴/۱۰ تا ۱۹۹۸/۷/۲۲) مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به قرار گیری این دوره در اوج شرایط تشکیل لایه بندی حرارتی نسبت به سایر اوقات سال و در نتیجه تغییر شرایط کیفی آب مخزن در ترازهای مختلف، انتخاب این دوره جهت بررسی پارامترهای کیفی منطقی به نظر می رسد.

**داده های جریان خروجی از مخزن:** داده های مربوط به جریان های خروجی روزانه از مخزن در مدل مورد استفاده قرار گرفت. جریان خروجی از مخزن شامل نیاز روزانه بخش کشاورزی و شرب می باشد.

**داده های مربوط به مشخصات هندسی مخزن سد طرق:** مشخصات هندسی مورد نیاز در ارتباط با مخزن سد، شامل رابطه سطح، حجم و ارتفاع، تراز آبرگیری و تراز سرریز و شیب کف مخزن سد بود که براساس اطلاعات اولیه و نقشه های توپوگرافی مخزن سد تهیه و در مدل به کار گرفته شد.

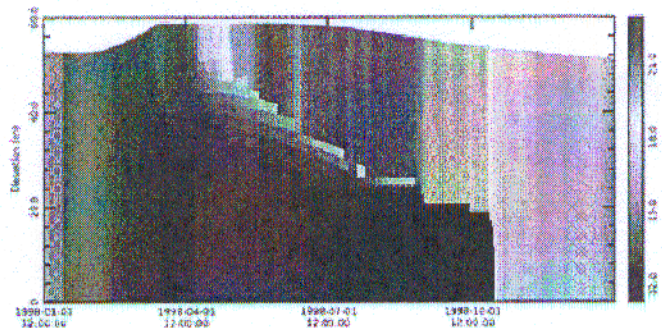
### ۳- نتایج

#### تغییرات حرارتی در مخزن سد طرق

با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی حرارتی مخزن سد طرق، اقدام به ارزیابی تغییرات دمایی آب، طی یک دوره ۱ ساله (۱۹۹۸) گردید. شکل ۱ نتایج حاصل از شبیه سازی حرارتی مخزن سد طرق را در سال ۱۹۹۸ نشان می دهد. در ابتدای این سال (فصل زمستان) به دلیل اختلاط کامل مخزن، لایه بندی حرارتی تشکیل نشده و دمای آب در تمامی ترازهای مخزن یکسان می باشد. با شروع فصل بهار و گرم شدن هوا، تدریجاً از اواسط بهار، لایه بندی حرارتی در مخزن تشکیل شده و در اواسط تابستان به اوج خود رسیده است. این لایه بندی تا انتهای تابستان ادامه دارد. در این دوره اختلاف دما بین لایه سطحی و لایه های پایینی به دلیل افزایش دمای آب در لایه های سطحی و عدم وجود شرایط اختلاط بین لایه های مختلف مخزن، افزایش پیدا کرده است. همچنین تشکیل لایه بندی حرارتی در مخزن، به تدریج باعث افزایش ضخامت لایه اپیلمنیون شده به طوری که در انتهای فصل تابستان ضخامت این لایه به ۳۵ متر نیز رسیده است. در ۲۰ متر انتهایی مخزن همواره شرایط دمایی یکسان

بوده و عدم اختلاط در این لایه و وجود شرایط بی هوازی، شرایط کیفی آب را بسیار نامناسب می کند. مجدداً با شروع فصل پاییز و آغاز دوره سرما، اختلاط مخزن سد اتفاق افتاده است. اختلاط آب مخزن در این دوره، علاوه بر اینکه شرایط دمایی مخزن را در تمامی ترازها یکسان می کند، باعث می شود تا لایه های پایینی مخزن که دارای شرایطی بی هوازی بوده اند، به سطح مخزن آمده و از طریق تماس با اتمسفر و انحلال گاز اکسیژن در آب، اکسیژن از دست رفته خود را بدست آورد [۷].

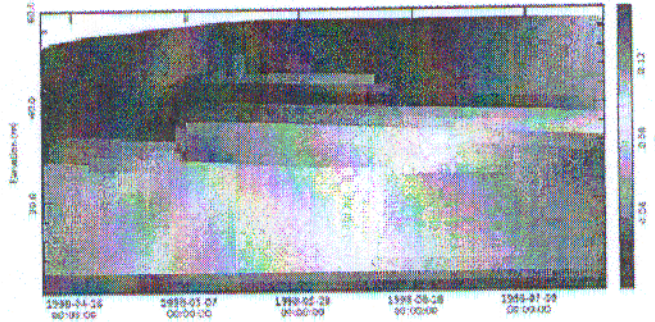
در فصل زمستان میانگین دمای آب ۱۲/۵ درجه سانتیگراد می باشد. میانگین درجه حرارت آب در فصل پاییز نیز ۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده شده است. در فصول بهار و تابستان با شروع لایه بندی حرارتی، تغییرات دمایی در ترازهای مختلف مخزن افزایش یافته است. در فصل بهار متوسط دمای لایه سطحی و زیرین به ترتیب ۲۱/۵ و ۱۱/۵ درجه سانتیگراد و در فصل تابستان ۲۲/۴ و ۱۱/۵ درجه سانتیگراد بوده است. این اختلاف دما، می تواند باعث تفاوت در شرایط کیفی آب در لایه های مذکور شود و پاره ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی آب را در ترازهای مختلف مخزن تغییر دهد. به گونه ای که افزایش فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی از جمله رشد جلبکها در لایه سطحی، باعث تولید بو، طعم و رنگ نامناسب می شود [۵]. در طول فصول بهار و تابستان همواره لایه هیپولیمنیون دارای دمایی یکسان بوده و عدم وجود شرایط اختلاط در آب این لایه، می تواند باعث ایجاد شرایط بی هوازی شود. وجود شرایط بی هوازی باعث تجزیه بی هوازی برخی ترکیبات در آب شده و این فرآیند می تواند مولد رنگ، بو و طعم نامطبوع در آب شود.



شکل ۱: نقشه لایه بندی حرارتی آب مخزن سد طرق در سال ۱۹۹۸

تغییرات نترات در آب در مخزن سد طرق

شکل ۲ نتایج حاصل از شبیه سازی و بررسی تغییرات نترات در آب مخزن سد طرق را نمایش می دهد.



شکل ۲: نقشه لایه بندی نیترات در آب مخزن سد طرق

همان گونه که مشاهده می شود غلظت این عنصر در طول دوره مورد بررسی، در ترازهای مختلف مخزن تغییراتی را در دامنه صفر تا ۰/۹ میلی گرم در لیتر نشان داده است. در ابتدا دوره مقدار نیترات در لایه های سطحی (تا عمق ۲۰ متری) حدود ۰/۱ میلی گرم در لیتر می باشد و مقدار آن تقریباً ثابت می باشد. از اواسط آوریل (اوایل اردیبهشت) تا اواسط ماه می (اواخر خرداد) به تدریج میزان نیترات در لایه های سطحی افزایش یافته و بین ۰/۶ تا ۰/۹ میلی گرم در لیتر تغییر نموده است. اما بعد از این دوره، دوباره از میزان نیترات لایه های سطحی کاهش یافته و مقدار آن کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر رسیده است. در اعماق بین ۲۰ تا ۵۰ متری، مقدار این پارامتر بین ۰/۶ تا ۰/۹ میلی گرم در لیتر متغیر می باشد. در ۵ متر پایینی مخزن، مقدار نیترات بین صفر تا ۰/۱ میلی گرم در لیتر تغییر می کند. این روند تا پایان دوره شرایط یکسانی را دارد. علت کم بودن این پارامتر در لایه های سطحی می تواند به دلیل مصرف آن توسط جلبکها باشد زیرا به تدریج با گرم شدن آب و نفوذ نور خورشید به آبهای سطحی مخزن، جلبک ها افزایش یافته و منجر به کاهش نیترات می شوند. همچنین علت کاهش این مواد در اعماق پایینی (۵ متر انتهایی) می تواند به علت احیای بی هوازی نیترات در سطح گل و لای ته نشین شده در کف مخزن باشد [۲].

در جدول ۲ مقادیر استانداردهای نیترات توسط سازمان بهداشت جهانی جهت مصارف شرب ارائه شده است. با توجه به این جدول مقادیر نیترات در مخزن سد طرق طی دوره مورد بررسی در حد مجاز (کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر) بوده است.

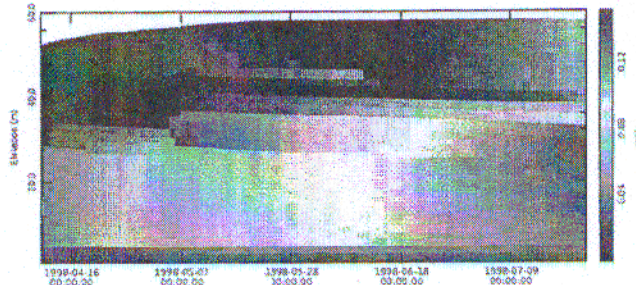
جدول ۲: استانداردهای ارائه شده برای نیترات در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی [۲]

پارامتر کیفی آب	واحد	مقدار توصیه شده	حداکثر مقدار قابل قبول
نیترات NO <sub>3</sub>	میلیگرم در لیتر	۱۰ بر حسب ازت	۳۰

#### تغییرات میزان فسفات در آب مخزن سد طرق

با توجه به اهمیت این عنصر نقشه لایه بندی فسفات در دوره مورد مطالعه، تهیه شده که در شکل ۳ نمایش داده شده است. دامنه تغییرات غلظت فسفات در اعماق مخزن سد طرق بین صفر تا ۰/۱۶ میلی گرم در لیتر متغیر بوده است.





شکل ۳: نقشه لایه بندی فسفات در آب مخزن سد طوق

در لایه های سطحی (تا عمق ۲۰ متری) مقدار فسفر فسفاتی بین صفر تا ۰/۰۴ میلی گرم در لیتر متغیر می باشد. دامنه تغییرات این عنصر در عمق ۲۰ تا ۵۰ متری بیش از سایر اعماق می باشد. در این اعماق در ابتدای دوره مقدار فسفر بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۶ میلی گرم در لیتر است. به تدریج بر میزان آن در این اعماق افزوده شده به طوری که در انتهای دوره مقدار به ۰/۱۲ میلی گرم در لیتر رسیده است. در ۵ متر انتهایی مخزن مقدار فسفر ۰/۱۵ میلی گرم در لیتر بوده و همواره مقدار آن ثابت می باشد. کمبود فسفر در لایه های بالایی نسبت به لایه های پایینی مخزن را می توان به علت مصرف این مواد توسط فیتوپلانکتونها و جلبکها دانست. زیرا با گرم شدن تدریجی هوا و افزایش نفوذ نور خورشید در لایه های سطحی آب، جلبکها افزایش یافته و با مصرف این مواد باعث کاهش فسفر در آب می شوند.

#### ۴- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت تغییرات دمایی در ترازهای مختلف مخزن طی دوره های زمانی مختلف و تاثیر آن بر تغییرات سایر پارامترهای کیفی آب، در مخازن مختلف بررسی شرایط حرارتی مخزن دارای اهمیت زیادی است. در مورد مخزن سد طوق بررسی شرایط حرارتی مخزن نشان داد که در فصول بهار و تابستان لایه بندی حرارتی در مخزن سد طوق اتفاق افتاده است. به طوری که دمای لایه های سطحی بیش از لایه های پایینی می باشد. در فصول زمستان و پاییز اختلاط در آب مخزن شرایط دمایی در تمامی ترازها را یکنواخت کرده است. تغییر شرایط دمایی در ترازهای مختلف در دوره های گرم سال باعث تغییر در شرایط کیفی آب می شود. روند تغییرات نترات در مخزن نشان می دهد که در لایه های میانی همواره مقادیر بیشتری از نترات موجود می باشد. در لایه های سطحی به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها، و در لایه های پایینی مخزن به دلیل احیای بی هوازی نترات معمولاً مقادیر این پارامتر تقلیل می یابد. تغییرات نترات در مخزن طی دوره مورد بررسی بین صفر تا ۰/۹ میلی گرم در لیتر متغیر بود که جهت مصارف شرب با توجه به استانداردهای ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت شرایط مناسبی را داراست. تغییرات فسفات در مخزن بین صفر تا ۰/۱۶ میلی گرم در لیتر بوده که لایه های سطحی دارای مقادیر کمتری فسفات نسبت به لایه پایینی می باشند که این امر به دلیل مصرف این مواد توسط جلبکها است.

#### ۵- مراجع

[۱] آکرمانی، م. و ناصری، س. (۱۳۸۱) اثرات احداث سد بر کیفیت آب. مجله آب و محیط زیست. شماره ۵۱، ص ۱۱-۶.



- [۲] توحیدی، ح. ر. (۱۳۷۷) تحقیق در رابطه با عوامل موثر در تغییرات کیفی آب مخزن سد طرق و ارائه روشهای بهینه کردن آب دریاچه. کمیته تحقیقات کاربردی شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی (وزارت نیرو).
- [۳] شریعت پناهی، م. (۱۳۸۳) مبانی بهداشت محیط. انتشارات دانشگاه تهران.
- [۴] شریعت پناهی، م. (۱۳۷۷) اصول کیفیت آب و فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران.
- [۵] بووی، ج. ال. و همکاران. ترجمه: ترابیان، ع. و هاشمی، ح. (۱۳۸۱). مدل سازی کیفی آبهای سطحی. انتشارات دانشگاه تهران.

- [6] Gal. G., Imberger. J., Zohary. T., Antenucci. J., Anis. A., and Rosenberg. T. (2003) Simulating the thermal dynamics of Lake Kinneret. *Ecological Modelling*, 162(1-2), 69-86.
- [7] Han. P., Armengol. J., Garcia. C. J., Comerma. M., Roura. M., Dolz. J., and Straskraba. M. (2000) The thermal structure of Sau Reservoir (NE: Spain): a simulation approach. *Ecological Modelling*, 125(2-3), 109-122.
- [8] Asaeda. T., Pham. H. S., Nimal Priyantha. D. G., Manatunge. J., and Hocking. G. C. (2001) Control of algal blooms in reservoirs with a curtain: a numerical analysis. *Ecological Eng.*, 16(3), 395-404.
- [9] Louise. C. B., Hamilton. D., Imberger. J., Gal. G., Gophen. M., Zohary. T., and Hambright K. D. (2006). A numerical simulation of the role of zooplankton in C, N and P cycling in Lake Kinneret, Israel. *Ecological Modelling*, 93( 3-4), 412-436.
- [10] Balistrieri. L., Tempel. R. N., Stillings. L., and Shevenell. L. (2006). Modeling spatial and temporal variations in temperature and salinity during stratification and overturn in Dexter Pit Lake, Tuscarora, Nevada, USA. *Applied Geochemistry*, 21(7), 1184-1203

[۱۱] سارنگ، ا. و تجریشی، م. و ابریشمچی، ا. (۱۳۸۰) شبیه سازی کیفی مخزن سد بوکان. مجله آب و فاضلاب شماره ۳۷، ص ۲-۱۵

[۱۲] شیعی، ک. (۱۳۸۰) طرح تحقیقات کاربردی، مطالعات لایه بندی و کیفیت آب مخزن سد مخزنی دوستی، شرکت طوس آب.

[۱۳] شیعی، ک. (۱۳۸۵) طرح تحقیقات کاربردی، پروژه مطالعات لایه بندی و کیفیت آب مخزن سد مخزنی شوربچه بر روی رودخانه کشف رود، شرکت طوس آب.

[۱۴] اطلاعات اخذ شده از شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان رضوی، واحد آمار و اطلاعات. (۱۳۸۶)

[۱۵] اطلاعات اخذ شده از سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، واحد آمار و اطلاعات. (۱۳۸۶)