Archive of SID

محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ٥٤ تابستان ٨٩، صفحهٔ ١١- ١٨

پیش‌بینی لایه‌بندی حرارتی سد در دست احداث بختیاری با استفاده از مدل CE-QUAL-W2

مهرداد نظریها[1]، عرفان دانایی[2]*، سید حسین هاشمی[3]، امیرحسین ایزد دوستدار[4]

۱- استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران mnazariha@ur.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی H_hashemi@sbu.ac.ir

٤- مدیر دفتر مطالعات پایه، محیط زیست و میراث فرهنگی شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران amirensi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۰ تاریخ پذیرش ۸۸/۹/۱۵

چکیده

در دهه‌های اخیر و در شروع قرن جدید یکی از نگرانی‌های مردم ساکن کرهٔ زمین و خصوصاً کشورهای واقع در مناطق خشک از جمله کشور ما مساله آب است به گونه‌ای که دسترسی به آب با کمیت و کیفیت مناسب به یک چالش مهم تبدیل شده است. آب خروجی مخازن سدها نسبت به آب ورودی آنها به دلیل افزایش زمان ماند آب و ایجاد پدیده لایه‌بندی تغییر کیفیت می‌دهند. خصوصیات دمایی و پایداری آب مخازن سدها را می‌توان با استفاده از مدلهای ریاضی پیش‌بینی کرد و در صورت پیش‌بینی مشکلات زیست‌محیطی، می‌توان از طرق مختلف برای تخفیف و تسکین آن، راه درمانی را در پیش گرفت. در این مقاله رژیم حرارتی مخزن سد در دست احداث بختیاری با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 بررسی شده است. داده‌های ژرف‌شناسی مخزن سد، اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی مربوط به مخزن سد بختیاری تهیه شد. بر اساس تغییرات احتمالی در جریان آبدهی رودخانه سه سناریو برای سالهای خشک، نرمال و تر تعریف شد. نتایج سال خشک نشان‌دهندهٔ لایه‌بندی از اواخر فروردین تا اواخر شهریور بوده، اما نتایج سال نرمال نشان‌دهندهٔ یک لایه‌بندی هفت ماهه از اواخر اردیبهشت تا اواخر آذر است در سال تر، به جز لایه‌های سطحی که تابع تغییرات ماهانه دما هستند، دمای لایه‌های میانی بیشتر تابع دمای آب ورودی بوده و مخزن به دلیل عدم تشابه کارکرد با سالهای خشک و نرمال، تغییرات لایه‌بندی پیش‌بینی شده را تجربه نمی‌کند. در کلیهٔ سناریوها یک لایه راکد در زیر تراز آبگیر مشاهده می‌شود. هر چه تأثیر وجود سد روی رژیم آبی بیشتر باشد (سال خشک)، امکان نزدیکی شرایط به وضعیت دریاچه‌ای بیشتر است. اما با کاهش آثار سد روی رژیم جریان(سال مرطوب)، کیفیت آب خروجی از کلیه جهات بیشتر تحت تأثیر رژیم ورودی قرار می‌گیرد.

کلید واژه

سد بختیاری،لایه بندی حرارتی، شبیه سازی، CE-QUAL-W2

سرآغاز

در دهه‌های اخیر و در شروع قرن جدید یکی از نگرانی‌های مردم ساکن کرهٔ زمین و خصوصا کشورهای واقع در مناطق خشک از جمله کشور ما مسئلهٔ آب است، به گونه‌ای که دسترسی به آب با کمیت و کیفیت مناسب به چالشی مهم تبدیل شده است (سلطانی ،۱۳۸۴). همان‌طور که از دیر باز نیز مرسوم بوده، نیاز به ذخیره آب از طریق احداث سد برای تأمین آب جهت مصارف کشاورزی، صنعت، شرب، کنترل سیلاب، تولید انرژی برقابی، کنترل کیفی و... ضروری به نظر می‌رسد (کارآموز ،۱۳۸۲). آب در حال جریان، تحت تأثیر فرایندهایی چون هواگیری، تنفس سلولی، اختلاط و...از کیفیت یکنواختی برخوردار است، اما ذخیره‌کردن جریان آبهای سطحی می‌تواند باعث آثار سوء بر کیفیت آب رودخانه شود چرا که با انسداد، فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌توانند بر کیفیت آب مخزن و درنتیجه آب رها شده به پایین دست مؤثر باشند (سلطانی،۱۳۸۴). مهم‌ترین

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۹۱۲۳۰۶۷۸۶۰

E-mail: erfandanaei@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

تغییراتی که در کیفیت آب ممکن است به وقوع بپیوندد لایه‌بندی و تغییرات دمایی در مخزن سد (لایه‌بندی حرارتی) است. هر چند که تغییرات دیگری نیز همچون مغذی شدن، تبخیر از مخزن، آثار بستر مخزن، املاح محلول، گازهای محلول، مسئله تولید بوو.... ازجمله مواردی هستند که بر کیفیت آب مخزن سد اثر می‌گذارند (سلطانی،۱۳۸۴). گام نخست در مطالعهٔ فرایندهای زیستی–فیزیکی داخل مخزن، شناخت لایه‌بندی حرارتی و به دنبال آن ایجاد لایه‌بندی و تشکیل فرایندهای متناسب با آن است، زیرا دما در تجزیهٔ مواد آلی وتسریع واکنش‌های شیمیایی و از طرفی غلظت و روند تغییرات زمانی و مکانی این مواد و عناصر، مشخص کننده کیفیت آب مخزن است (تجریشی،۱۳۸۵). خصوصیات دمایی و پایداری آب مخازن سدها را می‌توان با استفاده از مدلهای ریاضی پیش‌بینی کرد و در صورت پیش‌بینی مشکلات زیست محیطی، می‌توان از طرق مختلف برای تخفیف و تسکین آن، راه درمانی را در پیش گرفت. استفاده از آبگیرهای چند ترازه، تخریب لایه‌بندی مخزن یا اختلاط، هوادهی آب خروجی از سد با ایجاد پرش هیدرولیکی و غیره از جمله راههای درمانی قابل پیشنهاد در سنین مختلف سد از مطالعه تا بهره‌برداری است (تجریشی،۱۳۸۵).

پیش از احداث سدها مطالعات محدودی روی لایه‌بندی حرارتی صورت گرفته است، زیرا نتایج شبیه‌سازی نیازمند واسنجی با استفاده ازنمونه‌های برداشت شده از مخزن است. گوندوز و همکاران (1998) با استفاده از مدل دو بعدی CE-QUAL-W2 رفتار کیفی آب در مخزن در دست احداث ایزیکلی[۱] جهت تأمین آب آشامیدنی آنکارا را شبیه‌سازی کردند. این مدل جهت تعیین کاهش بالقوه کیفیت آب در اثر بارهای آلودگی مختلف استفاده و نتایج آن با استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی مقایسه شد تا راهبردهای مدیریتی کنترل کیفیت آب مخزن و حوضه آبریز تعیین شوند.(Gunduz, et al, 1998) شرکت مشاورین انکون[۲] با استفاده از مدل یک بعدی DYRESM تأثیر سد دردست احداث یوسفعلی[۳] در ترکیه را بر روی لایه بندی حرارتی مخزن مطالعه کردند (ENCON,2006). با توجه به شکل مخزن سد بختیاری که در آن نسبت طول به عرض زیاد (تقریبا ۱:۶۰) است و شکل دندریتی دارد، از مدل CE_QUAL_W2 که توانایی شبیه‌سازی دو بعدی مخزن را در عمق و طول دارد، استفاده شد. با وجود طویل بودن مخزن که به دلیل تغییرات بیشتر طولی استفاده از مدل یک بعدی را توجیه می‌کند اما به دلیل شکل دندریتی و همچنین توانایی‌های مدل در شبیه‌سازی کیفی، این مدل برای مطالعات آتی در مرحله آبگیری مخزن و بهره‌برداری به دیگر مدلها ترجیح داده شده است در این مقاله تأثیر سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی منابع آب ورودی به مخزن در شکل‌گیری لایه‌بندی حرارتی با استفاده ازاین مدل بررسی شده است.

منطقهٔ مورد مطالعه

سد بختیاری در جنوب غربی دامنه‌های رشته کوه زاگرس روی رودخانه‌ای به همین نام در مرز استان‌های لرستان (جناح راست)و خوزستان (جناح چپ) واقع شده است. مساحت حوضهٔ آبریز ۶۵۰۳ کیلومترمربع و حداکثر ارتفاع حوضه ۴۰۸۰ متر از سطح دریای آزاد است. در تراز نرمال ۸۳۰ متر نسبت به سطح دریا، حجم کل دریاچه ۴۸۴۵ میلیون مترمکعب و حجم مفید آن ۲۶۴۷ میلیون مترمکعب، مساحت مخزن ۵۵ کیلومترمربع، طول آن حدود ۶۰ کیلومتر وحداکثرعمق مخزن در کنار دیواره سد ۳۰۰ متر است. شش دستگاه توربین آبی هر یک به ظرفیت ۲۵۰ مگاوات و در مجموع ۱۵۰۰ مگاوات در نیروگاه سد نصب شده است (مهاب قدس، ۱۳۸۴).

مواد و روشها

برای شبیه‌سازی کیفیت آب مخزن از مدل CE-QUAL-W2 استفاده شد. مدل CE-QUAL-W2 مدلی دو بعدی (طولی–عمقی) هیدرودینامیکی و کیفی است. به دلیل فرض همگن بودن جانبی، برای پیکره‌های آبی طویل و باریک مناسب است. توسعه و تکامل این مدل از سه دهه پیش آغاز شده و برای مخازن، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و خورها در سراسر دنیا استفاده شده است. مدل اولیه CE-QUAL-W2 که به عنوان LARM شناخته می‌شود توسط ادینگر [۴]و بوچاک[۵] (1975) توسعه داده شد. این مدل هیدرودینامیک، دماو مشخصه‌های پایدار کیفی آب مانند TDSرا شبیه سازی می‌کرد. توسعه بیشتر امکان شبیه سازی چندین انشعاب و خور را در مدل GLVHTتوسط کول[۶] و ولز[۷] (2003) فراهم کرد. پس از افزودن الگوریتم‌های کیفی آب مدل به نام CE-QUAL-W2نسخه یک شناخته شد. نسخه‌های جدیدتر آن به شرح زیر است:

Version 2 (Cole and Buchak1995)
Version 3.1 (Cole and Wells2003)

www.SID.ir

Archive of SID

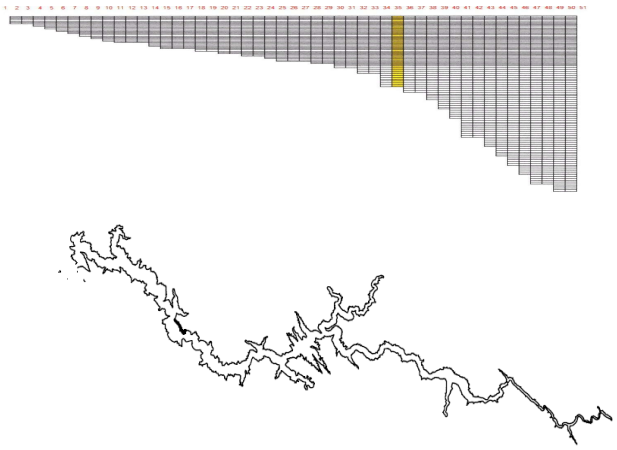
Version 3.2 (Cole and Wells2003)
Version 3.5 (Cole and Wells 2006)

تغییرات مدل بهبود در کارایی و دقت محاسبات، برنامه انتقال و اختلاط و افزودن چندین الگوریتم کیفی آب، سازه‌های هیدرولیکی و توانایی اتصال چندین پیکرهٔ آبی است. این مدل برای مخازن توسعه یافته است ولی می‌تواند برای رودخانه‌ها و خورها نیز به کار برده شود. این مدل دوبعدی بر مبنای تفاوت محدود عمل کرده و توانایی شبیه سازی توزیع قائم و طولی انرژی حرارتی و مواد شیمیایی و بیولوژیکی انتخاب شده در پیکره آبی را در طول زمان دارد، همچنین در پیکره‌های آبی حجم، سطح آب، چگالی، سرعت‌های قائم و طولی و غلظت اجزای کیفی را به خوبی شبیه‌سازی می‌کند. موتور شبیه‌سازی هیدرودینامیکی جریان غیر دایمی، تأثیرات تغییرات چگالی بر جریان را اعمال می‌کند. ماجول کیفی مدل مذکور توانایی مدلسازی حدود ۳۰ مشخصه کیفی به همراه دما و الگوی چرخه‌ای دما را داراست. همچنین مدل دارای توانایی‌های زیر نیز است :الف)شبیه‌سازی برای دوره‌های طولانی مدت ب)مدل‌سازی شاخه‌های متعدد در پیکره‌های آبی با پیچیدگی هندسی ج)پیکره‌های آبی متعدد متصل د)فاصله‌های متغیر طولی و ارتفاعی در شبکه‌بندی مدل با چندین فرض و تقریب که برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرودینامیکی، انتقال و کیفی به کار می‌گیرد، محدودیت‌هایی دارد. مدل به حل معادلات در راستای طولی و قائم پرداخته، اما از تغییرات جانبی صرف‌نظر می‌کند. الگوریتمی برای مومنتم در راستای قائم وجود نداشته و نتایج برای پیکره‌هایی با شتاب قائم زیاد ممکن است دقیق نباشد. مؤلفه‌های کیفی آب که با مدل ارائه می‌شوند اندرکنش پیچیده‌ای دارند. چندین فرایند مانند انتقال و تجمع رسوب، مواد سمی و اکسیژن‌خواهی دینامیک رسوب، شبیه‌سازی نمی‌شود (Williams2007).

CE-QUAL-W2 به داده‌های زیر نیازمند است: داده‌های بسیمتریک، دمای هوا، دمای نقطه شبنم، سرعت و جهت باد، پوشش ابر، تابش خورشید، میزان دبی ورودی و خروجی، دمای آب ورودی، میزان بارش، تبخیر، غلظت مؤلفه‌های کیفی آب و مشخصه‌های هیدرولیکی و سینتیک‌های واکنش چهار سری داده شامل داده‌های هندسه مخزن، دوره شبیه‌سازی، شرایط مرزی و هواشناسی برای مدل‌سازی استفاده شدند.

هندسه مخزن

اطلاعات هندسه و ژرفشناسی مخزن سد بختیاری از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ استخراج شد. برای تعریف هندسه مخزن در مدل، پیکرهٔ آبی به ۵۱ قطعه با طول ۱/۵کیلومتر و به لایه‌هایی با عمق دو و سه متر تقسیم شد (شکل شمارهٔ ۱).



شکل شمارهٔ (۱): نمای جانبی و بالای هندسه مخزن

مدت زمان شبیه‌سازی

با توجه به اینکه سالهای آبی مختلف خشک، نرمال و تر در دوره‌های آماری ثبت شده است، برای هر نوع سال آبی، یک دوره دو ساله شبیه سازی شامل سال اول مربوط به پر شدن و سال دوم مربوط به برداشت آب از مخزن در نظر گرفته شد. اطلاعات مربوط به دبی جریان ورودی به مخزن و جریانات خروجی از مخزن برگرفته از جدول گزارش "برنامه ریزی منابع آب و تولید بهینهٔ انرژی تهیه شده در سال ۱۳۸۴ است که از گزارش ارزیابی زیست محیطی برداشت شده است. برای بررسی نوسانات سالانه، سه سال آبی بسیار خشک،عادی و بسیار مرطوب جهت مقایسه تغییرات لایه بندی حرارتی به صورت جداگانه در ورودی مدل وارد شده است

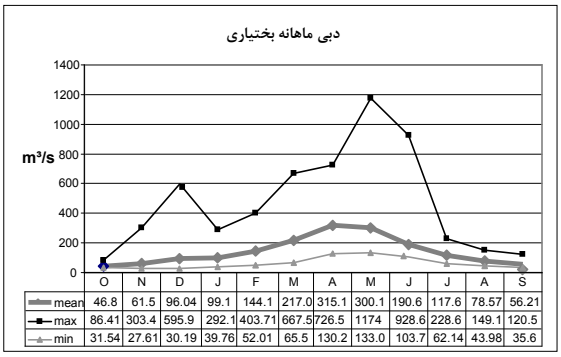
شرایط مرزی مدل

شرایط مرزی بالادست با دبی ورودی به مخزن و دمای آب ورودی و شرایط مرزی پایین دست نیز با دبی خروجی از مخزن به مدل معرفی می‌شود. اطلاعات هیدرولوژیکی از ایستگاه آبسنجی تنگ پنج در نزدیکی

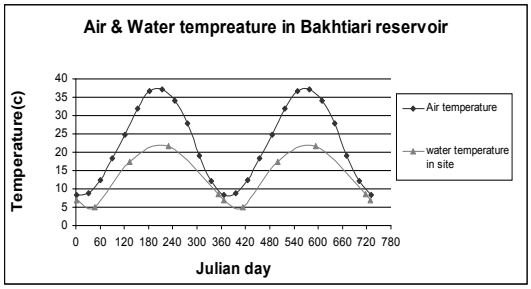
www.SID.ir

Archive of SID

محل تلاقی رودخانهٔ بختیاری به رودخانهٔ سزار انتخاب شده است (شکل شمارهٔ ۲). شکل شمارهٔ (۳) درجهٔ حرارت آب که در نمونه‌برداری‌های فصلی تعیین شده است، نشان می‌دهد.



شکل شمارهٔ (۲):میانگین، حداکثر و حداقل جریان ماهانه رودخانهٔ بختیاری (گزارش ارزیابی زیست محیطی، ۱۳۸۴)



شکل شمارهٔ (۳):تغییرات دمای آب و هوا در دورهٔ شبیه سازی

داده‌های هواشناسی

داده های هواشناسی شامل درجهٔ حرارت هوا، درجهٔ حرارت نقطه شبنم، سرعت و جهت باد و پوشش ابر است. داده‌های هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه تنگ پنج و الیگودرز استخراج شده است. در این شبیه‌سازی، اطلاعات هواشناسی به صورت ماهانه به مدل وارد شده و از اطلاعات سال آبی ۸۲-۸۳ استفاده شده است.

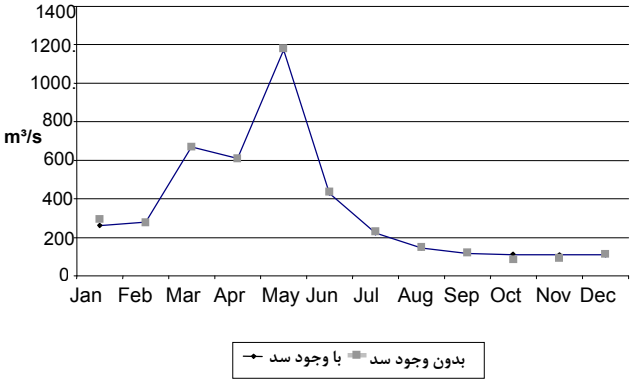
با عنایت به گزارش هواشناسی طرح که به تشابه دمای هوا در سالهای مختلف اشاره دارد، مقادیر متوسط ماهانه برای دو سال پیاپی به مدل داده می‌شوند. به دلیل عدم شکل‌گیری مخزن و عدم وجود اطلاعات در مورد تراز و دمای آب مخزن، کالیبراسیون مدل به هنگام شکل‌گیری مخزن انجام می شود. براساس مطالعات انجام یافته قبلی (محمدی خلف بادام، ۱۳۸۳، Williams,2007)، دو عامل جهت وزش باد نسبت به محور مخزن و سایه ناشی از پوشش گیاهی اطراف مخزن از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر پدیده لایه‌بندی هستند که هر دو عامل با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده، تعیین شدند.

سناریوهای مدیریتی

به منظور شبیه‌سازی رفتار حرارتی مخزن سد بختیاری بر اساس تغییرات احتمالی متوسط دبی ورودی به مخزن سد، سه سناریو تعریف شد. در سناریوی اول رفتار حرارتی مخزن سد در اثر کاهش دبی آب ورودی بر اساس یکی از سالهای خیلی خشک شبیه‌سازی شده است. سال مورد نظر سال آبی ۱۳۴۹- ۱۳۵۰ بوده است. در سناریوی دوم رفتار حرارتی با دبی متوسط ورودی به مخزن بررسی شد.

برای این منظور سال آبی نرمال ۱۳۶۸- ۱۳۶۹ انتخاب شد. در سناریوی سوم رژیم حرارتی مخزن سد برای سال بسیار پر آب ۱۳۷۲- ۱۳۷۳ شبیه سازی شده است. اثر سد در آبدهی رودخانه‌ها در سه سناریو در شکلهای ۴ تا ۶ نشان داده شده است. تراز آبگیر در کلیهٔ سناریوها ۷۰۰ متر از سطح دریا انتخاب شده است. شکل شمارهٔ (۷) تغییرات درجه حرارت آب خروجی در تراز ۷۰۰ متر را برای سه سناریو طراحی شده و شکل‌های شمارهٔ (۸، ۹ و ۱۰) به ترتیب نیمرخ عمودی تغییرات درجهٔ حرارت آب را در سالهای خشک و نرمال و تر در نزدیکی دیواره سد نشان می‌دهد.

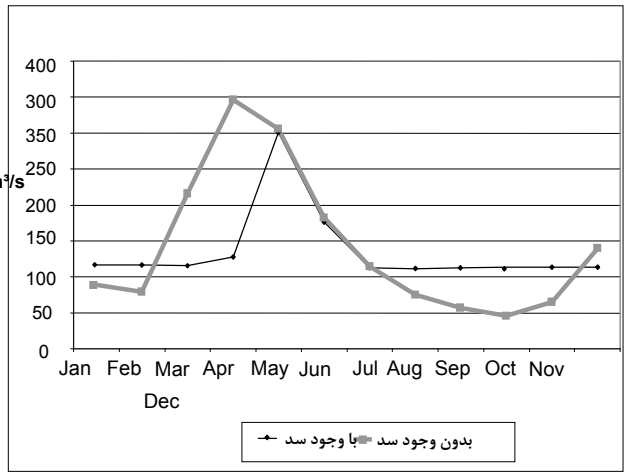
قابل ذکر است که آمار و اطلاعات ماهانه تنها مقایسه کلی از تغییرات دما را در مخزن در سناریوهای مختلف می‌دهد.



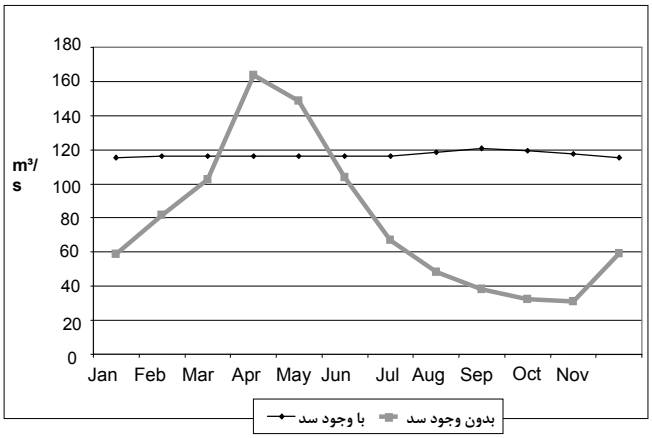
شکل شمارهٔ (۴): اثر سد در آبدهی رودخانه در سال بسیار مرطوب ۱۳۷۲

www.SID.ir

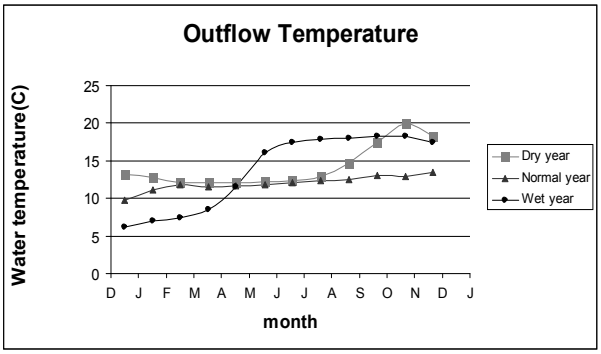
Archive of SID



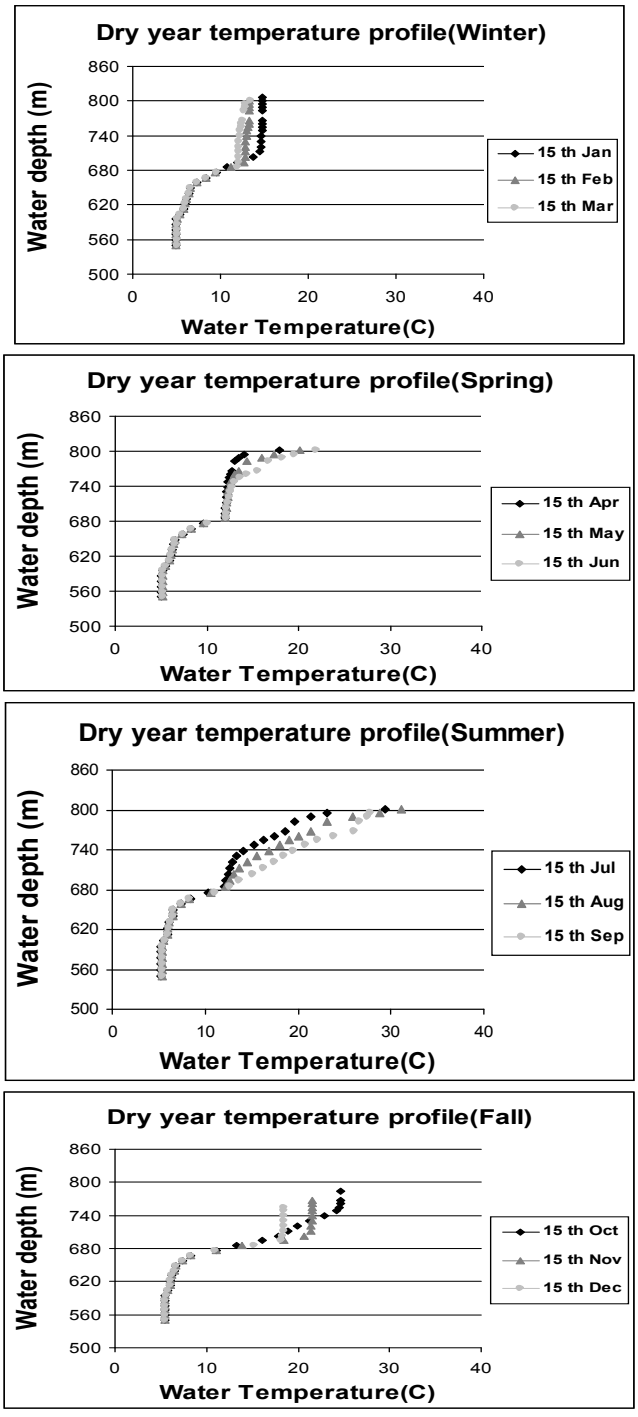
شکل شمارهٔ (۵): اثر سد در آبدهی رودخانه در سال نرمال۱۳۶۸



شکل شمارهٔ (۶): اثر سد در آبدهی رودخانه در سال بسیار خشک ۱۳۴۹



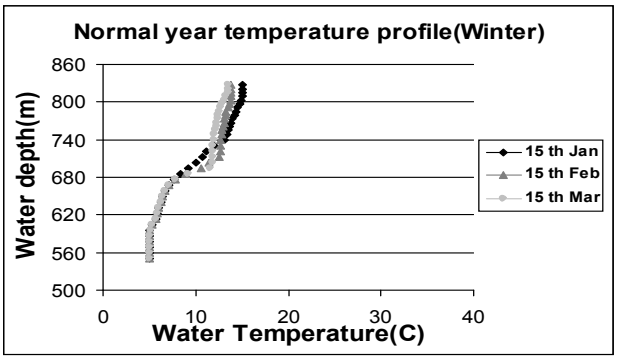
شکل شمارهٔ (۷): تغییرات دمای آب خروجی در سه سناریوی دوره خشک، نرمال و پر آب

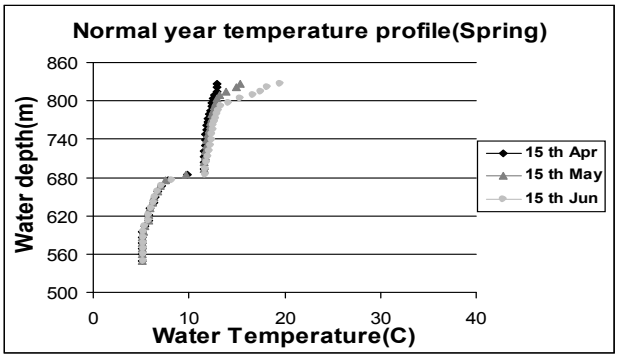


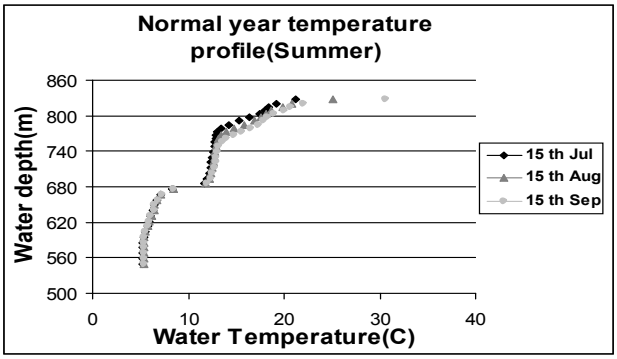
شکل شمارهٔ (۸):نیمرخ دمای آب نسبت به تراز ارتفاعی در سال خشک

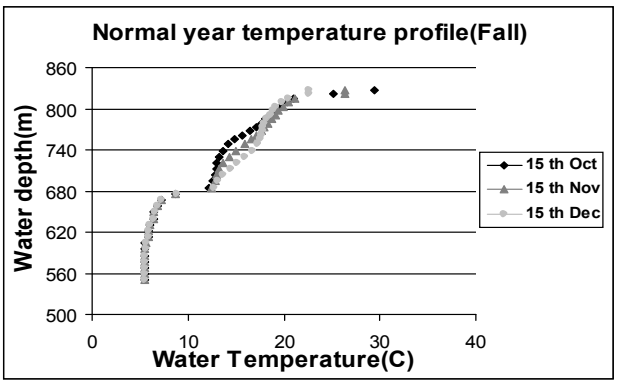
www.SID.ir

Archive of SID

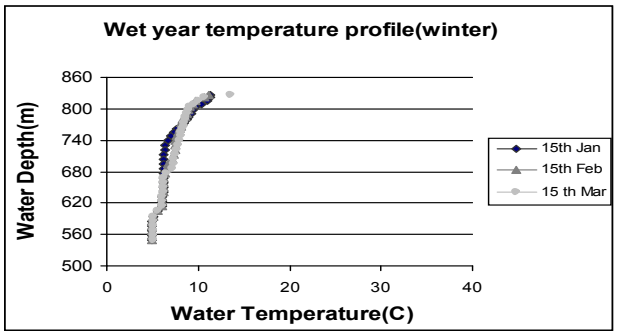


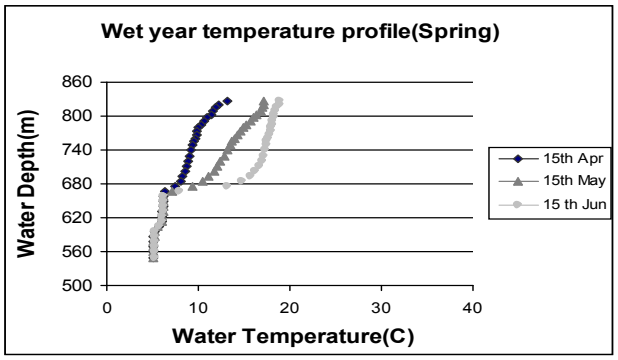


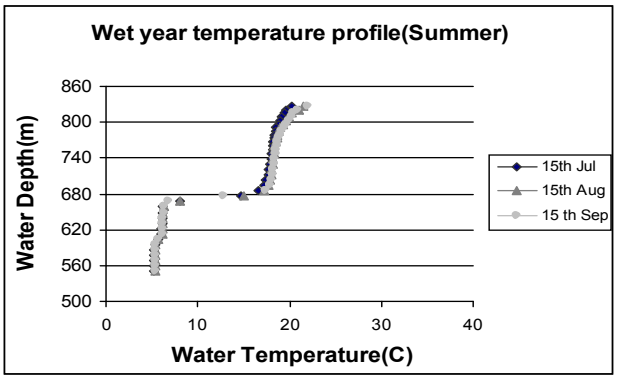


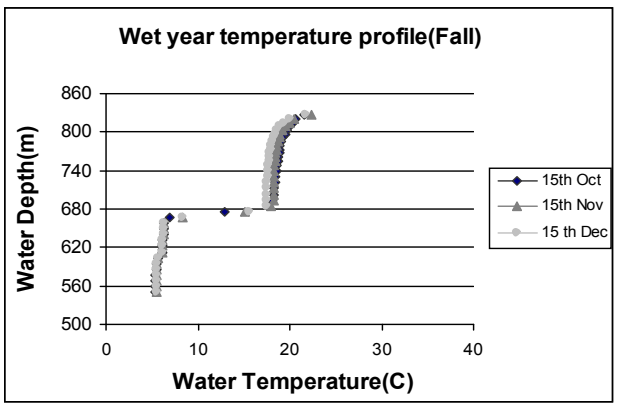


شکل شمارهٔ (۹): نیمرخ دمای آب نسبت به تراز ارتفاعی در سال نرمال









شکل شمارهٔ (۱۰): نیمرخ دمای آب نسبت به تراز ارتفاعی در سال تر

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

مشاهده می‌شود که در زیر تراز ۷۰۰متر که به عنوان تراز آبگیری انتخاب شده، شرایط دمایی، حالت راکد داشته و تغییرات فصلی در آن مشاهده نمی‌شود و دمای آب یکسان و حدود ۵ درجه سانتیگراد است. در آزمون‌های اولیه مشخص شد که عمق این ناحیهٔ راکد تابعی از تغییر در تراز آبگیر است.

دیاگرام‌های شکل شمارهٔ (۵) نشان می‌دهد که در سال خشک از اوایل فروردین، شکل‌گیری لایه‌بندی در تراز ارتفاعی بالا آغاز شده و تا نیمه شهریور به حداکثر خود می‌رسد، به نحوی که تغییرات ۱۶ درجه‌ای دما در عمق ۱۰۰متر قابل مشاهده است و دمای سطحی آب به نزدیک ۳۰ درجه سانتیگراد می‌رسد.

از میانه شهریور تا دی زوال لایه‌بندی آغاز شده ومجدداً لایه همدما شروع به شکل‌گیری کرده و ضمن کاهش دما عمق این لایه از ۳۵ متر به ۶۰ متر افزایش و ماههای دی، بهمن و اسفند شرایط همدمای حدود ۱۳ تا ۱۵ درجه تا عمق ۱۰۰ متر مشاهده می‌شود. مخزن از نوع یک گردشی گرم بوده و این گردش در اوایل پاییز اتفاق می‌افتد و در مدت ۵ ماه از سال لایه‌بندی مشاهده می‌شود.

بر اساس شکل شمارهٔ (۶) تغییرات از نیمه اردیبهشت آغاز شده و تا اواخر آبان به حداکثر خود می‌رسد.

به نحوی که تغییرات ۱۳ درجه‌ای دما در عمق ۱۴۰متر قابل مشاهده است و دمای سطحی آب به نزدیک ۲۷ درجه سانتیگراد می‌رسد از اواخرآبان تا اسفند زوال لایه‌بندی آغاز شده ومجدداً لایه همدما شروع به شکل‌گیری کرده و ضمن کاهش دما عمق این لایه از ۱۰ متر به ۱۱۵ متر افزایش می‌یابد و در ماههای اسفند و فروردین شرایط همدمای حدود ۱۱ تا ۱۳ درجه تا عمق ۱۳۰ متر مشاهده می‌شود.

مخزن از نوع گردشی گرم بوده و این گردش در اوایل زمستان اتفاق افتاده و در مدت ۷ ماه از سال لایه بندی مشاهده می‌شود.

آنچه از شکل شمارهٔ (۷) برمی‌آید نشان‌دهنده یک لایه با گرادیان حرارتی متغیر است که با دمایی حدود ۹ تا ۱۳درجه در فروردین به تغییرات ۱۵ تا ۲۲درجه در اوایل زمستان می‌رسد. این طور به نظر می‌آید که به جز لایه‌های سطحی که تابع تغییرات ماهانه دما هستند، لایه‌های میانی بیشتر تابع دمای آب ورودی بوده و مخزن به دلیل عدم تشابه کارکرد با سالهای خشک و نرمال تغییرات لایه بندی پیش‌بینی شده را تجربه نمی‌کند. در مقایسه بین دو سناریوی سالهای خشک و نرمال می‌توان به این نتیجه رسید که شدت لایه‌بندی با توجه به زمان ماند بیشتر آب در سال خشک شدیدتر بوده اما مدت آن کوتاهتر است. دلیل کوتاهی عمر لایه‌بندی را می‌توان به فرا رسیدن یک دوره ورود کم آب در پاییز و برداشت آب از لایه‌های میانی نسبت داد که به لایه‌های فوقانی که تحت اثر نازک شدن نیز قرار دارند، فرصت نفوذ نور خورشید را داده و لایه همدمای فوقانی سریعتر شکل می‌گیرد.

همچنین می‌توان نتیجه گرفت که هرچه تاثیر وجود سد روی رژیم آبی بیشتر باشد (سال خشک)، انتظار نزدیکی شرایط به وضعیت دریاچه‌ای بیشتر بوده و گردش‌های سالانه بیشتر تحت تأثیر شرایط هندسی، اقلیمی، وزش باد و به‌طورکلی فرایندهای مؤثر بر شکل‌گیری لایه‌بندی هستند. اما با کاهش آثار سد روی رژیم جریان (سال مرطوب)، کیفیت آب خروجی از کلیهٔ جهات بیشتر تحت تأثیر رژیم ورودی بوده و تأثیرات مخزن چه از لحاظ مشخصه‌های متأثر از هیدرودینامیک مسئله مانند دما، یا از جنبه مشخصه‌های کیفی مانند اکسیژن محلول، تغییرات نیتروژن و فسفر در عمق و.... کاهش می‌یابد.

یادداشت‌ها

1-Isikli
2-ENCON
3-Yusufeli
4-Edinger
5-Buchak
6-Cole
7-Wells

منابع مورد استفاده

تجریشی، م.، ابریشم چی، ا.، افشار، ع.، سارنگ، ا.، ۱۳۸۵."آشنایی، بررسی و تحلیل پدیده لایه‌بندی در مخازن سدها" مجموعه مقالات کارگاه تخصصی تغذیه‌گرایی و مدیریت آن در مخازن سدها.

www.SID.ir

Archive of SID

سلطانی، ج، علوی‌مقدم، س.م.۱۳۸۴."تجربیات حاصل از مطالعات تأثیر لایه‌بندی حرارتی در کیفیت آب تعدادی از سدهای کشور."

کارآموز، م. ، کراچیان، ر. ۱۳۸۲. برنام ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

شرکت مهندسان مشاور مهاب قدس. ۱۳۸۴. گزارش ارزیابی زیست محیطی پروژهٔ سد و نیروگاه بختیاری.

محمدی خلف بادام، ح. ۱۳۸۳."تغذیه‌گرایی مخازن–مدل‌سازی دو بعدی (مطالعهٔ موردی: سد کرخه). پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

Cole,T.M. , S.A.Wells. 2007. CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3. Instruction Report EL-03-1, U. S. Army Engineering and Research Development Center, 2003.

ENCON. 2006. Hydro modeling report (reservoir water quality and downstream flow modeling)

Gunduz,O.,S., Soyupak, C.,Yurteri. 1998. Development of water quality management strategies for the proposed Isikli Reservoir. Wat. Sci. Tech. Vol. 37,No.2: 369-376.

Williams, N.T.2007. Modeling Dissolved Oxygen In Lake Powell Using CE-QUAL-W2, Master of Science thesis Department of Civil and Environmental Engineering, Brigham Young University

www.SID.ir