

مهر ۱۴۰۱  
مسلسل: ۱۸۴۵۷

## بررسی اثرات کیفی ناشی از آبگیری سد چم شیر





مرکز پژوهش‌ها  
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۸۴۵۷

کد موضوعی: ۲۵۰

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی اثرات کیفی ناشی از آبیاری سد چم شیر

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین: مراد اسدی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظر علمی: علیرضا رهایی

اظهار نظر کننده: محمدحسن معادی رودسری

همکار: مهدی مظاهری

ویراستار تخصصی: —

ویراستار ادبی: —

واژه‌های کلیدی:

۱. نوسان کیفی رودخانه

۲. زون‌های شور کننده

۳. کنترل شوری مخزن-رودخانه

۴. آبیاری

۵. داده‌های هیدرولوژیک



تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۷/۹

## به نام خدا

### فهرست مطالب

۱	چکیده.....
۲	مقدمه.....
۲	۱. رودخانه زهره.....
۳	۱-۱. آبدهی رودخانه زهره در مقطع سد چم شیر.....
۳	۱-۲. شرایط کیفی رودخانه.....
۵	۲. سد چم شیر.....
۶	۲-۱. تخصیص‌های صورت گرفته از سد.....
۶	۲-۲. وضعیت زمین‌شناسی محدوده مخزن و سد.....
۸	۲-۳. مسائل کیفی آبیگری سد چم شیر.....
۸	۳. منابع افت کیفیت در رودخانه و مخزن.....
۸	۳-۱. زون شوری درون مخزن (زون ۲).....
۹	۳-۲. زون‌های شوری پایین دست سد.....
۱۰	۳-۳. انحلال سازند گچساران در تداخل با مخزن.....
۱۱	۴. راهکارهای ارائه شده برای کنترل شوری.....
۱۱	۴-۱. کنترل شوری در مخزن.....
۱۲	۴-۲. کنترل شوری در پایین دست سد.....
۱۲	جمع‌بندی.....
۱۶	منابع و مآخذ.....





## بررسی اثرات کیفی ناشی از آبیگری سد چم شیر

### چکیده

به دلیل تغییرات فصلی آبدهی رودخانه زهره و وجود منابع شور متعدد در امتداد آن، این رودخانه در شرایط طبیعی دارای نوسان شدید کیفی در ماه‌های کم‌آب و پرآب سال است. با توجه به اینکه نگهداشت جریان، امکان تعدیل شوری و تقلیل نوسان کیفیت رودخانه را فراهم می‌کند، احداث سد مخزنی چم شیر در محدوده تنگ چم شیر پیشنهاد شده است. اما وجود زون‌های شور در محدوده مخزن و پایین‌دست سد و تداخل مخزن با سازند گچساران پس از آبیگری، نگرانی‌های جدی در خصوص وضعیت کیفی رودخانه زهره ایجاد می‌کند.

با توجه به بررسی مطالعات صورت گرفته و مستندات طرح، در محدوده مخزن سد چم شیر سطوح نمکی مشاهده نشده و منشأ زون شورکننده درون مخزن ناشی از شورابه عمیق با فشار بالا بوده، لذا با آبیگری سد نمی‌توان انتظار داشت که دبی چشمه‌های شور درون مخزن کاهش یابد. به دلیل تداخل سازند گچساران با مخزن، انحلال گچ گریزناپذیر بوده و پس از آبیگری سد املاح مزاد برآورد طبیعی رودخانه به مخزن وارد می‌شود. با توجه به ورود شورابه غلیظ به مخزن و کاهش نوسان در بدنه آبی مخزن، لایه‌بندی کیفی رخ خواهد داد به طوری که جریان غلیظ در کف مخزن و جریان با غلظت کمتر در ترازهای نزدیک به سطح آب قرار می‌گیرد. لذا کیفیت جریان خروجی از سد منوط به نحوه آبیگری از اعماق مختلف سد خواهد بود. برای کنترل و تنظیم شوری جریان خروجی از سد، ضمن الگوبرداری از مخزن سد کوثر برای برآورد میزان انحلال گچ ناشی از تداخل مخزن و سازند گچساران، طرح آبیگری از اعماق مختلف ارائه شده است.

در پایین‌دست سد اولین زون شورکننده در فاصله‌ای به نسبت کوتاه، مهم‌ترین نقش را در افزایش غلظت جریان رودخانه دارد. برای کنترل شوری در رودخانه پایین‌دست، طرح نگهداشت موقت شورابه و اختلاط آن با جریان خروجی از سد صرفاً در ساعات بهره‌برداری از نیروگاه سد که حجم جریان خروجی از سد بیشتر و کیفیت آن بهتر است، ارائه شده است. از آنجاکه در ساعات عدم بهره‌برداری از نیروگاه صرفاً تخلیه حداقل حبابه محیط زیستی انجام می‌گیرد، تضمین تخلیه حداقل حبابه محیط زیستی به منظور حفظ کیفیت جریان پایین‌دست حائز اهمیت است.

در مطالعات انجام شده از آمار هیدرولوژیکی دهه اخیر که عمدتاً شامل سال‌های خشک و بعضاً ترسالی شدید بوده، استفاده نشده است. این در حالی است که استفاده از آمار سال‌های اخیر که آثار تغییر اقلیم نیز در آن مشهود است، می‌تواند مطالعات و راهکارهای ارائه شده برای کنترل شوری در مخزن و رودخانه پایین‌دست را دستخوش تغییر کرده و حتی به اصلاح ارقام در نظر گرفته شده برای حبابه محیط زیستی منجر شود. از طرفی در حال حاضر شرایط خشکسالی در منطقه حاکم بوده و امکان آبیگری از سد با تردید مواجه است. لذا با توجه به حساسیت‌های کیفی مرتبط با سد چم شیر تا زمان بهبود شرایط آبی و افزایش آبدهی رودخانه که فرایند آبیگری را تسهیل خواهد

کرد، فرصتی فراهم است تا با به‌روزرسانی و تدقیق مطالعات انجام شده به‌ویژه با بهره‌گیری از داده‌های هیدرولوژیکی دهه اخیر و تکمیل مطالعات زمین‌شناسی برای رفع بعضی ابهام‌های موجود اقدام کرد.

## مقدمه

در اقلیم خشک و نیمه‌خشک مناطق جنوبی کشور رودخانه‌ها نقش اساسی در پویایی محیط زیست و حفظ حیات جوامع وابسته به آنها ایفا می‌کنند. هم‌زمان با رشد توسعه کشور، بهره‌گیری هرچه بیشتر از رودخانه‌ها با احداث سدهای متعدد مورد توجه قرار گرفته است. این سدها با وجود مزایایی که به همراه داشته به‌دلیل تغییرات شگرفی که در محیط زیست ایجاد می‌کنند می‌توانند منشأ مشکلات ناخواسته بعدی باشند. رودخانه زهره به‌عنوان یکی از رودخانه‌های دائمی جنوب کشور در مسیر خود به‌دلیل عبور از سازندهای زمین‌شناسی متعدد، منابع مختلف شوری را دریافت کرده و به‌دلیل تغییرات آبدهی فصلی، کیفیت آن در طول سال دچار نوسان می‌شود.

احداث سد چم‌شیر بر رودخانه زهره، در محدوده‌ای که منابع شورکننده در مسیر رودخانه قرار داشته و مخزن سد نیز در تداخل با سازندهای زمین‌شناسی مستعد انحلال قرار دارد، نگرانی نسبت به آبیگری از سد را بیشتر کرده است. لذا شناخت منابع آلاینده و راهکارهای مطرح شده برای کنترل شوری و حفظ شرایط مطلوب کیفی در محدوده مخزن و رودخانه پایین‌دست آن، لازمه هرگونه تصمیم‌گیری درخصوص آبیگری، عدم آبیگری یا تغییر در راهبردها و راهکارهای مطرح شده برای کنترل شوری خواهد بود.

در گزارش حاضر ضمن معرفی اجمالی سد چم‌شیر و تشریح شرایط کیفی رودخانه، نتایج مطالعات انجام شده برای منشأیابی منابع شوری در محدوده مخزن و پایین‌دست بیان شده است. در ادامه ضمن ارائه خلاصه نتایج مطالعات انجام شده برای کنترل شوری در مخزن سد و پایین‌دست آن، به نواقص و ابهام‌های فنی-مطالعاتی صورت گرفته پرداخته شده است. در پایان ضمن جمع‌بندی، نکات پیشنهادی برای بهبود مطالعات و رفع ابهام‌های موجود ارائه شده است.

## ۱. رودخانه زهره

رود زهره از رودخانه‌های مهم جنوب کشور بوده و سرچشمه اصلی آن در غرب استان فارس و شرق استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده و با طی مسیر ۵۲۰ کیلومتری به خلیج فارس می‌ریزد. حوضه آبریز رودخانه زهره محدوده‌ای از استان‌های فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان را شامل می‌شود. از به هم پیوستن سرشاخه‌های فهلیان و شیو، رودخانه زهره در بالادست محلی به نام تنگ چم‌شیر تشکیل می‌شود که پس از عبور از این تنگه، شاخه خیرآباد را نیز دریافت کرده و به مسیر خود به سمت جنوب غرب در استان خوزستان ادامه می‌دهد.

در حال حاضر سد مخزنی چم‌شیر در محل تنگ چم‌شیر بر رودخانه زهره در دست احداث بوده که از پیشرفت فیزیکی چشمگیری (۸۹ درصد) برخوردار است. در پایین‌دست این سد و قبل از اتصال شاخه خیرآباد، احداث دو سد زهره ۱ و ۲ بر رودخانه زهره نیز در دست مطالعه است.



### ۱-۱. آبدهی رودخانه زهره در مقطع سد چم‌شیر

در جدول ۱ آمار آورد ماهیانه رودخانه زهره در محل ساختگاه سد چم‌شیر ارائه شده است. این مقادیر با استفاده از سری درازمدت آبدهی برداشت شده طی سال‌های آبی ۱۳۳۶-۱۳۳۵ تا ۱۳۸۸-۱۳۸۷ و با لحاظ اثر برداشت‌ها و طرح‌های آبی به‌دست آمده است.

جدول ۱. سری درازمدت آبدهی ماهیانه رودخانه زهره در محل سد چم‌شیر

شاخص	۹۶	۹۷	۹۸	۹۹	۱۰۰	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۳	۱۰۴	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۸	۱۰۹	۱۱۰	میانگین
دبی (ثانیه/م <sup>۳</sup> ) <sup>*</sup>	۲۰/۳	۳۱/۸	۵۶/۲	۸۸/۳	۱۱۹/۳	۱۲۰/۴	۱۱۸/۹	۶۷/۵	۳۶/۳	۲۱/۹	۱۹/۵	۱۹/۰	۱۹/۰	۵۹/۹		
حجم (میلیون مترمکعب)	۵۲/۷	۸۲/۵	۱۴۵/۸	۲۲۹/۰	۳۰۹/۱	۳۰۱/۷	۳۱۸/۳	۱۸۰/۷	۹۷/۱	۵۸/۷	۵۲/۱	۵۱/۰	۵۱/۰	۱۸۷۸/۷		
حداکثر (ثانیه/م <sup>۳</sup> )	۱۲۱/۷	۸۲/۷	۲۷۰/۴	۴۳۱/۵	۵۷۳/۸	۵۳۱/۳	۳۲۰/۵	۱۷۳/۴	۸۷/۶	۴۷/۷	۴۷/۲	۳۲/۵	۳۲/۵	۱۷۳/۲		
حداقل (ثانیه/م <sup>۳</sup> )	۷/۳	۹/۷	۱۶/۰	۱۴/۰	۱۵/۸	۱۲/۶	۱۶/۸	۱۱/۸	۶/۶	۹/۳	۷/۲	۷/۳	۷/۳	۱۳/۹		
انحراف‌معیار (ثانیه/م <sup>۳</sup> )	۱۵/۶	۱۵/۱	۵۲/۰	۹۳/۱	۱۱۲/۴	۹۸/۷	۸۱/۶	۳۸/۹	۱۸/۵	۹/۰	۷/۸	۶/۴	۶/۴	۳۶/۲		

\* ثانیه/م<sup>۳</sup>: مترمکعب در ثانیه.

با توجه به آمار بلندمدت، این رودخانه دائمی بوده و در همه ماه‌های سال جریان داشته که نشان می‌دهد رودخانه دارای منشأ ذوب برفی است. با این وجود آمار هیدرولوژیکی سال‌های دهه اخیر که عمدتاً خشک و بعضاً سیلابی بوده‌اند، وقوع پدیده‌های حدی با فاصله زمانی اندک<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد که به نوعی بیانگر آثار تغییر اقلیم بوده و لزوم توجه به این مهم را نشان می‌دهد. در مطالعات مرتبط با سد چم‌شیر، آمار آورد رودخانه در سال‌های دهه ۹۰ مورد استفاده قرار نگرفته است.

### ۱-۲. شرایط کیفی رودخانه

رودخانه زهره طی مسیر خود به‌دلیل ورود منابع شور با افت کیفیت روبه‌رو می‌شود. نواحی شورکننده رودخانه زهره در محدوده سد چم‌شیر و پایین‌دست آن (قبل از اتصال سرشاخه خیرآباد) در شش زون (محل) در امتداد این رودخانه قرار گرفته‌اند (دانشگاه شیراز، ۱۴۰۰). در بالادست محور سد دو زون شوری و در پایین‌دست محور سد نیز چهار زون شوری شناسایی شده است. از دو زون بالادست سد، زون ۱ در فاصله ۱۶۰ کیلومتری بالادست سد واقع

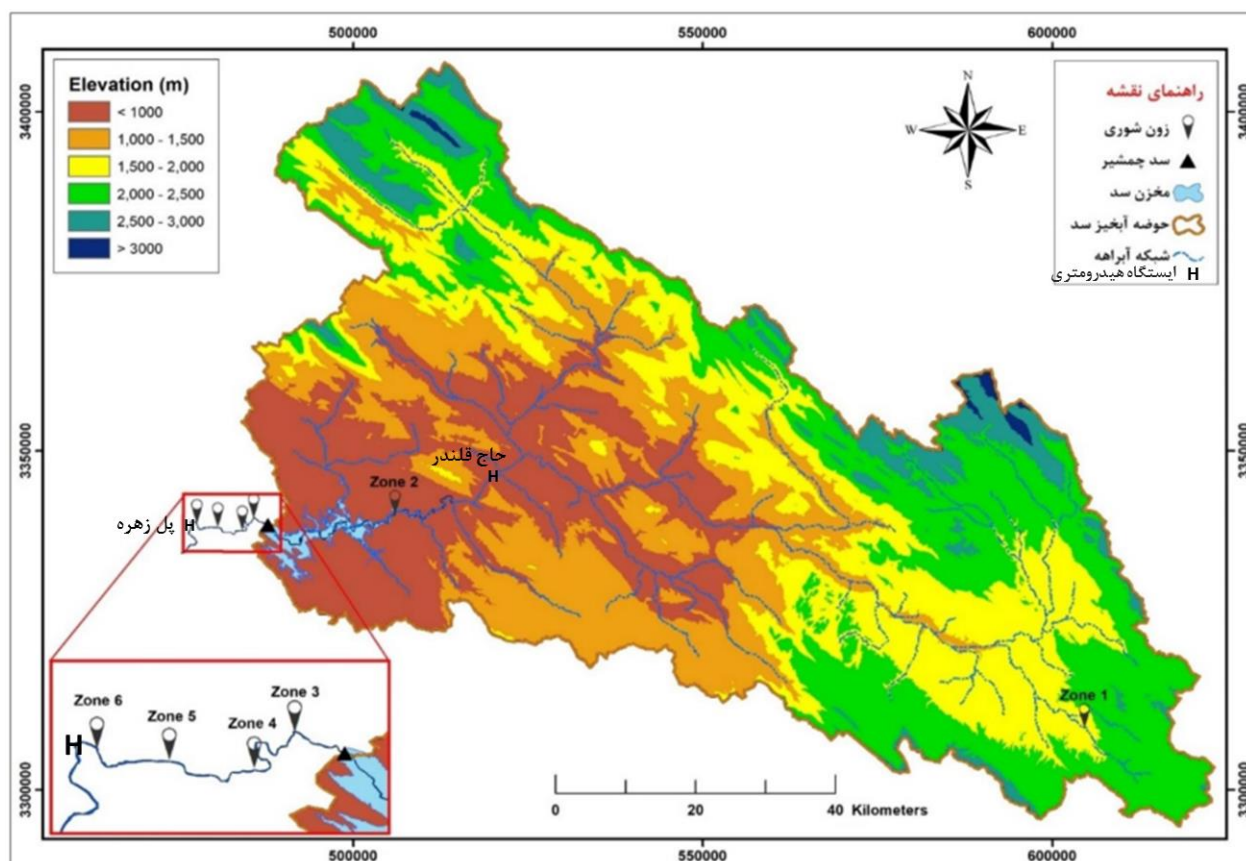
۱. در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به‌دلیل وقوع خشکسالی، میزان آورد رودخانه در مقطع سد کمتر از ۲۰۰ میلیون مترمکعب بوده، درحالی‌که سال بعد از آن ترسالی شدید رخ داده است.

شده و تداخلی با مخزن ندارد. زون ۲ درون مخزن و در مجاورت محل اتصال شاخه بابامیر به رودخانه زهره واقع شده است. چهار زون شورکننده دیگر در پایین دست محور سد قرار داشته به ترتیب به سمت پایاب با شماره‌های ۳ تا ۶ نام‌گذاری شده‌اند.

در امتداد رودخانه زهره در فاصله ۹ کیلومتری بالادست محور سد ایستگاه حاج قلندر واقع شده و پایین دست محور سد دو ایستگاه هیدرومتری بی‌بی‌جان‌آباد و پل زهره به ترتیب در فواصل ۷ و ۲۰ کیلومتری واقع شده‌اند که داده‌های بلندمدت کیفیت و آبدهی رودخانه در آنها ثبت شده است.

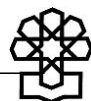
در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌ها و زون‌های شورکننده شش‌گانه در امتداد رودخانه زهره و محدوده مخزن سد چمشیر نشان داده شده است.

شکل ۱. نقشه حوضه آبریز و دریاچه سد چمشیر و موقعیت زون‌های شش‌گانه شوری در امتداد رودخانه

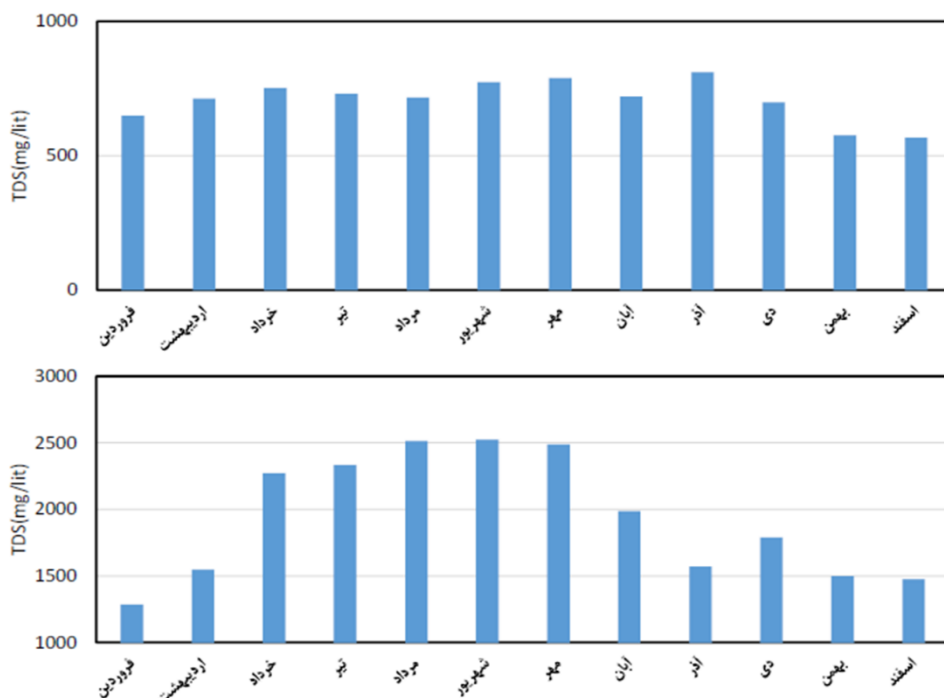


با توجه به آمار بلندمدت در ایستگاه حاج قلندر در بالادست سد، غلظت کل املاح بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر (EC معادل ۹۰۰ تا ۱۴۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) متغیر بوده که از مقدار مطلوب شوری آب شرب (براساس استاندارد ملی آب شرب<sup>۱</sup>) کمتر است. در شکل ۲ تغییرات متوسط ماهیانه کیفیت رودخانه در محل ایستگاه حاج قلندر در بالادست سد و بی‌بی‌جان‌آباد در پایین دست سد نشان داده شده است.

۱. براساس استاندارد ملی آب شرب، حداکثر غلظت کل املاح جامد محلول در آب شرب (TDS) برابر با ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است.



شکل ۲. متوسط ماهیانه غلظت املاح جامد محلول در آب رودخانه (برحسب میلی‌گرم بر لیتر): ایستگاه حاج قلندر (بالادست سد)، ایستگاه بی‌بی‌جان‌آباد (پایین دست سد)؛



با توجه به داده‌های کیفی ماهیانه برداشت شده از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۷ در ایستگاه بی‌بی‌جان‌آباد، تغییرات غلظت کل املاح از ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (EC معادل ۲۱۶۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در ماه‌های پرآب تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (EC معادل ۴۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در ماه‌های کم‌آب متغیر است. در ایستگاه بی‌بی‌جان‌آباد در پایین دست سد کیفیت آب طی ماه‌های بهمن تا فروردین برای شرب نیز مناسب بوده اما در سایر ماه‌ها کیفیت آب برای آبیاری نیز در دسته نامناسب قرار می‌گیرد.

مقایسه تغییرات کیفی در دو ایستگاه حاج قلندر و بی‌بی‌جان‌آباد نشان می‌دهد در محدوده تنگ چم‌شیر میزان زیادی از املاح به جریان رودخانه اضافه می‌شود. با توجه به برآوردهای صورت گرفته، از طریق رودخانه زهره سالیانه حدود ۱ میلیون تن املاح از محل ایستگاه حاج قلندر در بالادست سد به محدوده مخزن وارد می‌شود. سپس در محدوده مخزن (بدون در نظر گرفتن انحلال سازند مخزن)، حدود ۰/۵ میلیون تن دیگر املاح به رودخانه اضافه خواهد شد. بررسی آمار ایستگاه بی‌بی‌جان‌آباد در پایین دست سد نشان می‌دهد از محور سد تا محل این ایستگاه سالیانه به‌طور متوسط ۱ میلیون تن دیگر املاح به رودخانه اضافه شده به‌طوری‌که در شرایط طبیعی رودخانه (بدون احداث سد) کل املاح منتقل شده به پایین دست در محل ایستگاه بی‌بی‌جان‌آباد به‌طور متوسط به ۲/۵ میلیون تن در سال می‌رسد (دانشگاه تهران، ۱۳۹۷).

## ۲. سد چم‌شیر

سد مخزنی و نیروگاه برقابی چم‌شیر در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان گچساران در استان کهگیلویه و بویراحمد روی رودخانه زهره که جزو حوضه آبریز درجه دو زهره-هندیجان بوده، در دست احداث است. از اهداف

اصلی مطرح شده برای سد تولید برقایی، تأمین آب کشاورزی، تعدیل کیفی جریان رودخانه و کنترل سیلاب عنوان شده است. این سد از نوع بتن غلتکی بوده که مشخصات آن به شرح جدول ۲ است.

جدول ۲. مشخصات سد چم‌شیر

مقدار		مشخصات
۴۸۰ متر (از سطح دریا)		تراز اولیه بستر رودخانه
۴۹۲ متر (از سطح دریا)*		تراز بستر رودخانه پس از رسوب گذاری (در دوره ۵۰ ساله)
۵۹۸ متر (از سطح دریا)		تراز نرمال
۲۳۱۷ میلیون مترمکعب		حجم کل مخزن در تراز نرمال
۵۱۳۲ هکتار		سطح مخزن در تراز نرمال
برج آبگیر	۴۹۰ متر	ترازهای آبگیری
آبگیر تحتانی	۵۰۰ متر	
آبگیر تحتانی	۵۰۸ متر	
برج آبگیر	۵۵۰ متر	
سرریز	۵۹۸ متر	
۵۴۴ متر		حداقل تراز مورد نیاز نیروگاه

\* این عدد با لحاظ اثر طرح‌های بالادست سد چم‌شیر (شامل سدهای در دست مطالعه شش‌شیر، پارسیان و شیو) برآورد شده است.

با توجه به حداقل تراز مورد نیاز نیروگاه، در زمان بهره‌برداری آبگیری از اعماق میانی و نزدیک به تراز نرمال مخزن انجام می‌گیرد.

### ۱-۲. تخصیص‌های صورت گرفته از سد

براساس تخصیص صورت گرفته برای سد چم‌شیر (در سال ۱۳۹۵) تأمین نیازهای کشاورزی، محیط زیستی و صنعت به میزان ۷۳۳/۳ میلیون متر مکعب در سال برای استان‌های کهگیلویه و بویراحمد (صنعت و کشاورزی)، خوزستان (کشاورزی) و بوشهر (کشاورزی) مدنظر است. طبق اظهارات مشاور کارفرما تخصیص بوشهر در حال حاضر حذف شده است.

نیازهای در نظر گرفته شده برای کشاورزی در همه ماه‌های سال لحاظ شده و عمدتاً مرتبط با استان خوزستان است. در ماه‌های خشک که کیفیت رودخانه زهره کاهش می‌یابد، در پایین دست تنگ چم‌شیر با پیوستن جریان شاخه خیرآباد که از شرایط کیفی مناسب‌تری برخوردار است، شرایط کیفی رودخانه زهره بهبود می‌یابد. در حال حاضر روی شاخه خیرآباد سد مخزنی کوثر احداث شده و در دست بهره‌برداری است.

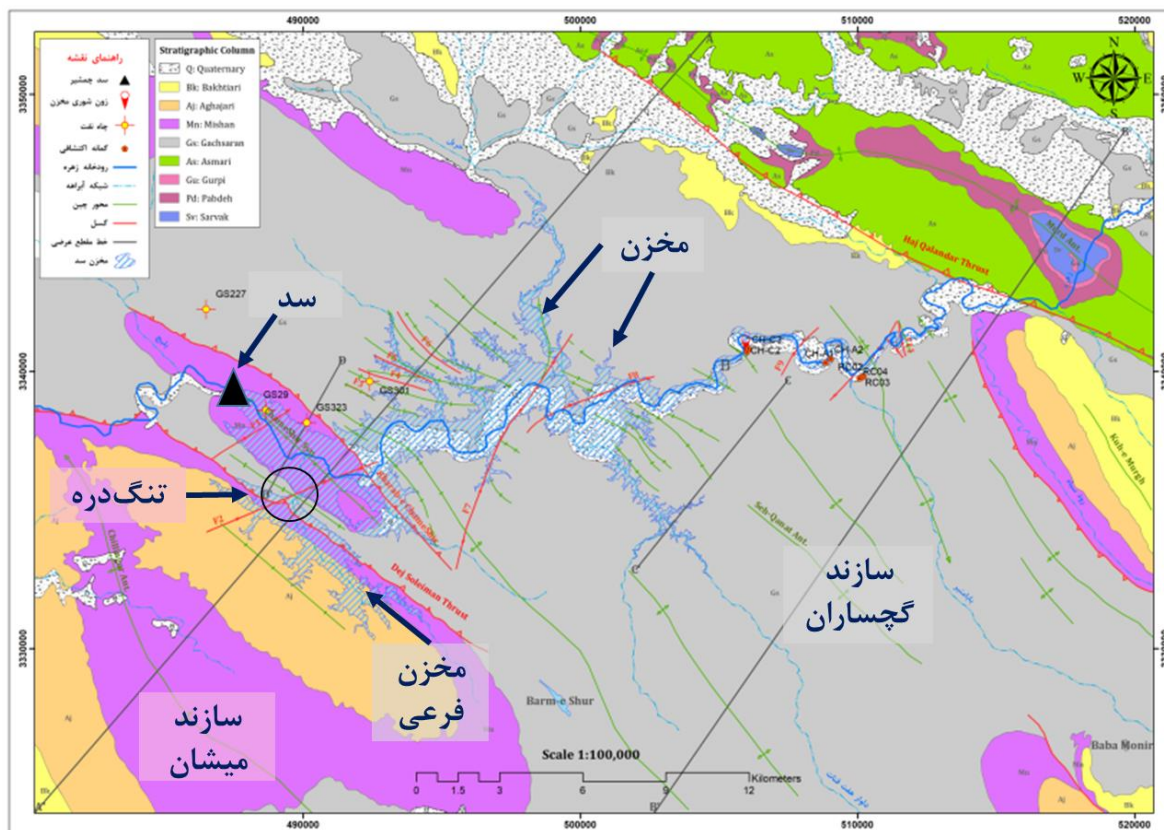
### ۲-۲. وضعیت زمین‌شناسی محدوده مخزن و سد

بخش زیادی از مخزن چم‌شیر روی سازند زمین‌شناسی گچساران یا رسوبات واقع بر آن قرار گرفته به همین سبب

این سازند به طور مستقیم و غیرمستقیم بیشترین تماس را با آب مخزن خواهد داشت.<sup>۱</sup>

سازند گچساران در ناحیه خوزستان به هفت بخش (member) تقسیم می‌شود. این سازند عمدتاً از ترکیبات تبخیری مانند گچ و نمک تشکیل شده که در صورت تماس با آب انحلال پیدا می‌کنند. میزان این انحلال با توجه به نوع ترکیبات می‌تواند متفاوت باشد. قسمت عمده سازند گچساران در محدوده سد چم‌شیر و پایین‌دست آن از بخش‌های ۶ و ۷ تشکیل شده است (مهاب قدس، ۱۳۹۵-۱۳۸۸). در بررسی‌های زمین‌شناسی صورت گرفته از مناطق مختلف، تاکنون در بخش ۷ سازند گچساران وجود لایه‌های نمکی گزارش نشده، اما بعضاً در بخش ۶ وجود لایه‌های نمکی مشاهده شده است. نتایج مطالعاتی که براساس حفاری‌ها و بازدیدهای میدانی ارائه شده، وجود لایه‌های نمکی در سطح منطقه سد و پایین‌دست آن را گزارش نکرده‌اند (دانشگاه شیراز، ۱۴۰۰؛ مهاب قدس). در شکل ۳ وضعیت سد و مخزن چم‌شیر نسبت به سازندهای زمین‌شناسی گچساران، میشان و گسل‌های موجود در منطقه قابل مشاهده است. سازند زمین‌شناسی میشان عمدتاً شامل ترکیبات آهکی بوده و ساختگاه سد چم‌شیر بر آن احداث شده است. سازند میشان مقاومت خوبی داشته و خطرات سازندهای تبخیری مانند نشست، آلودگی آب، ناپایداری فونداسیون‌ها و ناپایداری شیب‌ها برای آن منتفی است. سازند تبخیری گچساران سازند میشان را احاطه کرده و سطح عمده‌ای از مناطق بالادست و پایین‌دست سد و محدوده مخزن را شامل می‌شود.

شکل ۳. سازندهای زمین‌شناسی در محدوده مخزن و سد چم‌شیر



۱. سازندهای زمین‌شناسی محدوده مخزن و سد چم‌شیر به ترتیب شامل سازند گچساران (دربرگیرنده ۲۶٪ از سطح مخزن)، رسوبات عهد حاضر (۳۹٪)، میشان (۲۶٪) و آغاچاری (۹٪) است.

### ۱-۲-۲. گسل‌های اصلی محدوده مخزن و سد

در شمال شرقی دره چم‌شیر ارتفاعات کاردریگون قرار داشته که مرتفع‌ترین عارضه سازند میشان است. با عبور از این کوه به سمت شمال، گسل خرابه چم‌شیر قرار دارد. این گسل به همراه گسل حاج‌قلندر مهم‌ترین گسل‌های موجود در محدوده ساختگاه و مخزن هستند. گسل حاج‌قلندر در انتهای مخزن واقع شده است.

در ساحل چپ رودخانه کوه گچ‌حاجی از سازند گچساران تشکیل یافته و فروچاله‌های متعددی در این قسمت مشاهده شده است. این کوه مخزن را به دو بخش اصلی و فرعی مجزا کرده که از طریق تنگ‌دره (دربه) با هم ارتباط دارند. در امتداد کوه گچ‌حاجی گسل دژسلیمان قرار داشته که از پایین‌دست سد شروع شده و پس از عبور از زون شور شماره ۳، امتداد آن از درون مخزن فرعی عبور می‌کند. این گسل سبب خردشدن لایه‌های نفوذناپذیر نزدیک به سطح شده و نفوذ آب به اعماق و تماس آن با لایه نمکی را تسهیل کرده است. علاوه بر این وجود یک لایه آب‌بند طبیعی در این گسل (لایه شیلتی) شرایطی فراهم کرده که بعد از تماس آب با لایه‌های نمکی عمیق، شورابه به سطح هدایت شود (آریو بهین طرح، ۱۳۹۶).

### ۳-۲. مسائل کیفی آبیگری سد چم‌شیر

رودخانه زهره در محدوده تنگ چم‌شیر در شرایط طبیعی با افت کیفیت قابل توجهی مواجه می‌شود. با توجه به نتایج ارائه شده در مطالعات مرتبط با سد چم‌شیر، هیچگونه سطح نمکی در محدوده مخزن سد مشاهده نمی‌شود (دانشگاه شیراز ۱۴۰۰؛ سازند آب پارس، ۱۳۹۰). آمار موجود از شرایط بلندمدت کیفیت رودخانه نشان می‌دهد که جریان رودخانه توانایی محدودی برای پذیرش منابع جدید شوری داشته و در فصول خشک به دلیل کاهش آبدهی و افزایش غلظت املاح، عملاً امکان استفاده برای مصارف معمول را نخواهد داشت.

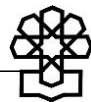
با توجه به نتایج مطالعات انجام شده، وجود زون‌های شورکننده درون مخزن و پایین‌دست محور سد (تهران-سحاب و پاریاب فارس، ۱۳۷۶؛ مه‌باب قدس ۱۳۹۳؛ دانشگاه شیراز ۱۴۰۰؛ آریو بهین طرح ۱۴۰۰)، همچنین انحلال سازندهای تبخیری مخزن دریاچه سد که عمدتاً شامل ترکیبات گچی بوده و پس از آبیگری در معرض آب قرار می‌گیرند (دانشگاه تهران، ۱۳۹۷)، به‌عنوان منابع اصلی شورکننده مخزن و رودخانه پایین‌دست مطرح هستند.

### ۳. منابع افت کیفیت در رودخانه و مخزن

با توجه به قرارگیری زون‌های شش‌گانه در سازند گچساران که ترکیبات آن از نوع تبخیری است، منشأیابی منابع ایجاد شوری حائز اهمیت بوده و باید از عدم انحلال نمک پس از آبیگری اطمینان حاصل کرد. در همین راستا مطالعات منشأیابی شوری برای مخزن و زون‌های پایین‌دست سد انجام شده که خلاصه نتایج آن در ادامه بیان شده است.

### ۱-۳. زون شوری درون مخزن (زون ۲)

زون ۲ به طول ۵۰۰ متر در امتداد رودخانه و حدود ۲۲/۵ کیلومتری بالادست محور سد واقع شده و تراز ارتفاعی این محدوده ۵۶۰ متر از سطح دریاست. آماربرداری‌های صورت گرفته از مهرماه ۱۳۸۹ تا مهرماه ۱۳۹۰ بیانگر افت کیفیت



رودخانه در این زون بوده به طوری که متوسط EC رودخانه حدود ۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد. آبدهی چشمه‌های شور واقع در زون ۲ تقریباً ثابت و مستقل از آبدهی رودخانه زهره است. در مطالعات اولیه عامل اصلی شوری چشمه‌ها و گمانه‌های حفر شده، اختلاط آب‌های جوی با شورابه نفتی تشخیص داده شده است (سازندآب پارس، ۱۳۹۰). در مطالعات بعدی، با توجه به اطلاعات به دست آمده از حفاری‌های انجام شده در محل زون شورکننده درون مخزن، وجود لایه‌های ضخیم نمک در لایه‌های زیرین سازند گچساران تشخیص داده شده که عمقی بیش از ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر داشته و تحت فشار بسیار قرار دارند که امکان نفوذ شورابه به سطح را فراهم می‌کند (دانشگاه شیراز، ۱۴۰۰). با توجه به نتایج ارائه شده در مطالعات، آبدهی چشمه‌های شور واقع در زون ۲ درون مخزن برابر ۵۹ لیتر در ثانیه و غلظت کل املاح محلول آن برابر با ۱۱۰ گرم بر لیتر است (حد مجاز شوری براساس استاندارد ملی آب شرب، ۱/۵ گرم بر لیتر است). با توجه به اینکه انتقال این حجم از شورابه از اعماق به سمت سطح ناشی از فشار زیاد است، با آبیگری از سد نمی‌توان انتظار داشت که آبدهی چشمه‌های شور که دارای منشأ عمقی هستند کاهش یابد.

### ۲-۳. زون‌های شوری پایین دست سد

از محل خروجی تنگ چم شیر در پایین دست سد تا ۱۲ کیلومتر پس از آن، زون‌های شوری شماره ۳ تا ۶ قرار گرفته‌اند. در سه زون به وضوح افزایش شوری رخ می‌دهد که به ترتیب در فواصل ۲/۱ کیلومتر، ۵/۴ کیلومتر و ۱۲ کیلومتر پایین دست محور سد قرار دارند. در زون‌های پایین دست محور سد، به طور متوسط EC بیش از ۱۱۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یافته است.

زون ۳ به عنوان نخستین زون در پایین دست سد به طول حدود ۲۰۰ متر، محدوده اصلی آلوده کننده آب رودخانه زهره است. در این محدوده به دلیل ورود شورابه‌هایی با EC نزدیک به ۲۰۰ هزار میکروزیمنس بر سانتی‌متر، کیفیت آب رودخانه کاهش می‌یابد (مهاب قدس، ۱۳۹۳). علاوه بر این در محدوده زون ۳، شاخه فرعی بلیج با EC حدود ۶۵۰۰ تا ۷۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به رودخانه وارد می‌شود. در این محدوده به طور متوسط هدایت الکتریکی آب رودخانه بیش از ۷۵٪ افزایش یافته و به عنوان نمونه در تابستان ۱۳۸۷ هدایت الکتریکی از ۲۴۷۰ به ۴۳۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسیده است. آبدهی چشمه‌های شور واقع در زون ۳ در محدوده ۶۶ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه متغیر است (آریوبهین طرح، ۱۳۹۶). از آنجاکه زون ۳ منشأ اصلی شوری در پایاب سد تشخیص داده شده، مطالعات منشأیابی شوری در چند مرحله انجام شده است. آخرین مطالعات انجام شده در این خصوص با استفاده از داده‌های آماری، انجام بازدید میدانی، انجام حفاری‌های جدید در جناحین رودخانه و برداشت کیفیت آب رودخانه و گمانه‌های حفاری شده انجام شده است.

نتایج گمانه‌های حفاری شده در زون ۳ نشان‌دهنده وجود لایه‌های نمکی (در عمق ۷۰ تا ۱۰۰ متری از بستر رودخانه) هستند. در محدوده زون ۳، گسل دژسلیمان واقع شده که با توجه به نتایج زمین‌شناسی ارائه شده این گسل سبب خرد شدن لایه‌های نفوذناپذیر نزدیک به سطح شده و نفوذ آب به اعماق و تماس آن با لایه نمکی را تسهیل کرده است. لذا در مطالعات انجام گرفته منشأ شورابه در زون ۳ ناشی از اثر گسل در شکستن لایه‌های سازند گچساران، نفوذ آب به لایه نمکی و نقش لایه نفوذناپذیر موجود در این گسل در ایجاد جریان چرخشی رو به بالا بیان

شده است (آریو بهین طرح، ۱۴۰۰). اما در مطالعات اولیه انجام شده در این خصوص، منشأ شوری در زون ۳ شورابه عمیق تشخیص داده شده که از اعماق به سطح زمین جریان می‌یابد. فارغ از منشأ شوری، به دلیل اینکه زون ۳ خارج از محدوده مخزن سد واقع شده تداخلی با مخزن ندارد. لذا برای کنترل کیفیت رودخانه در پایین دست سد، نحوه مدیریت شورابه در زون ۳ حائز اهمیت است.

زون ۴ در فاصله‌ای به طول ۱/۵ کیلومتر باعث کاهش کیفیت آب رودخانه زهره شده و میزان املاح موجود را ۱۰٪ افزایش می‌دهد. با توجه به میزان آلودگی به نسبت پایین این زون نسبت به زون ۳ از اهمیت کمتری برخوردار است. به دلیل گستردگی ناحیه شورکننده زون ۴، هرگونه اقدام برای کنترل شوری با مشکلات بیشتری همراه خواهد بود.

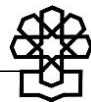
### ۳-۳. انحلال سازند گچساران در تداخل با مخزن

با شروع آبیگری، مخزن سد با سازند تبخیری گچساران تداخل پیدا می‌کند. هرچند طبق نتایج ارائه شده در گزارش‌های مختلف، نمک در محدوده سازند مخزن مشاهده نشده، اما شرایط برای انحلال ترکیبات گچی (ژپس) فراهم می‌شود. میزان انحلال گچ نسبت به نمک کمتر (۱/۱۸۰) است، با این وجود تداخل مخزن با سازند شرایط را برای انحلال آن و افت کیفیت مخزن فراهم می‌کند.

با توجه به نتایج مطالعات ارائه شده، مخزن سد کوثر در فاصله ۵۰ کیلومتری از سد چم‌شیر از نظر سازندهای زمین‌شناسی شباهت زیادی با مخزن سد چم‌شیر داشته به طوری که بخش زیادی از مخزن سد کوثر در تماس با سازند گچساران است (دانشگاه تهران، ۱۳۹۷). لذا در مطالعات انجام گرفته برای برآورد میزان املاح وارد شده به مخزن چم‌شیر از شرایط کیفی مخزن سد کوثر که بر شاخه خیرآباد رودخانه زهره واقع شده، الگوبرداری شده است. براساس الگوبرداری صورت گرفته از شرایط کیفی سد کوثر، انحلال سازند گچساران (که عمدتاً شامل انحلال گچ است)، غلظت جریان خروجی از مخزن چم‌شیر را به اندازه ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش داده و سالیانه ۵۰۰ هزار تن املاح وارد مخزن می‌شود. این املاح بار شوری مازاد نسبت به شرایط طبیعی رودخانه است. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن میانگین کیفیت رودخانه قبل و بعد از احداث سد، وجود مخزن سبب افزایش املاح ورودی به رودخانه خواهد شد که عامل آن انحلال ترکیبات گچی سازند گچساران است.

با وجود اینکه سازند گچساران دارای بخش‌ها (ممبرها)ی متفاوت است، در مطالعات انجام شده با وجود تشابه سازندی بین مخازن سدهای کوثر و چم‌شیر، نوع بخش‌های این سازندها و نسبت سطح سازند هر سد به حجم آن مورد بررسی قرار نگرفته است.

علاوه بر موارد گفته شده فوق، تبخیر بالقوه در منطقه سد سالیانه نزدیک به ۲ متر بوده و لذا تبخیر از سطح مخزن می‌تواند به افزایش غلظت املاح و افت کیفیت شود. اما با توجه به حجم مخزن (۲/۳ میلیارد مترمکعب)، اثر تبخیر در افت کیفیت آب چشمگیر نخواهد بود. لذا منابع اصلی که خطر افزایش غلظت املاح در مخزن سد و یا رودخانه پایین دست را به همراه داشته و می‌توانند به افت کیفیت جریان نسبت به شرایط طبیعی رودخانه منجر شوند شامل: زون شورکننده درون مخزن (زون ۲)، زون‌های شورکننده پایین دست سد و انحلال ترکیبات گچی سازند گچساران در تداخل با مخزن است.



#### ۴. راهکارهای ارائه شده برای کنترل شوری

با توجه به اینکه منشأ شوری در بالادست و پایین دست سد واقع شده، راهکارهای کنترل یا مقابله با شوری به تفکیک هر ناحیه بیان شده است. همان طور که اشاره شد، در فصول خشک سال با کاهش آبدی رودخانه، غلظت املاح افزایش یافته و سبب افت کیفیت آب می شود. اما در فصول تر با افزایش آبدی شرایط برای رقیق شدن جریان و بهبود شرایط کیفی فراهم می شود. لذا نقش برجسته سد چم شیر علاوه بر نگهداشت و تنظیم آبدی، تعدیل کیفیت جریان پایین دست بوده که لزوم توجه بیشتر به جنبه های کیفی آبدی سد را نشان می دهد.

##### ۴-۱. کنترل شوری در مخزن

برای بررسی وضعیت کیفی مخزن، منابع شوری ناشی از املاح منتقل شده توسط رودخانه از بالادست، شورابه درون مخزن در محل زون شماره ۲ و انحلال سازند گچساران و بهره برداری از مخزن با استفاده از آبدی های نیروگاه و تحتانی مدنظر قرار گرفته است. املاح ورودی به مخزن از طریق رودخانه مستقل از احداث سد بوده و همانند شرایط طبیعی قبل از احداث تداوم می یابد. با توجه به منشأ شورابه عمیق نمکی واقع در زون ۲، راهکاری برای مقابله با آن وجود نداشته و پس از آبدی با همچنان به مخزن وارد می شود. در مخزن نیز به دلیل تماس آب با سازند تبخیری گچساران، انحلال گچ گریزناپذیر بوده و سبب افت کیفیت مخزن خواهد شد.

به دلیل اختلاف زیاد غلظت جریان رودخانه و غلظت چشمه های شور زون ۲، با آبدی از سد و کاهش نوسان بدنه آبی درون مخزن، انتظار می رود لایه شور که سنگین تر است در عمق مخزن و لایه های با کیفیت در نزدیکی سطح آب قرار گیرند. این شرایط سبب می شود غلظت آب در اعماق مختلف اختلاف بسیاری پیدا کرده و اصطلاحاً لایه بندی کیفی رخ دهد. با توجه به تجربه موجود از سد گتوند و وقوع لایه بندی شدید کیفی پس از ورود شورابه نمکی به مخزن، وقوع لایه بندی کیفی در مخزن چم شیر نیز مورد انتظار است.

با توجه به وقوع لایه بندی کیفی پس از آبدی سد چم شیر، در مطالعات انجام شده از سوی مشاور طرح ضمن الگوبرداری از سد کوثر برای برآورد میزان انحلال گچ، برای کنترل و تعدیل شوری خروجی از مخزن ایده آبدی از اعماق مختلف [برداشت انتخابی<sup>۱</sup>] مطرح شده است. بر این اساس در ماه هایی که شرایط کیفی جریان رودخانه بهتر است (آذرماه تا اردیبهشت ماه) با تخلیه بیشتر از آبدی تحتانی سد بخشی از املاح غلیظ تجمع یافته در ترازهای پایین مخزن تخلیه شده تا وضعیت کیفی مخزن و جریان خروجی برای ماه هایی که معمولاً شرایط کیفی بحرانی است (خردادماه تا آبان ماه) بهبود یابد. با وجود نقش تعدیل کنندگی سد، در صورت کاهش آورد رودخانه در سال های خشک همچنان مشکل افت کیفیت جریان خروجی به پایین دست باقی خواهد ماند.

در این مطالعات علاوه بر عدم استفاده از داده های کیفی دهه اخیر، نقش آبدی های جدید (که بعداً در روند مطالعات احداث آنها پیشنهاد شده) اعمال نشده است. آبدی های جدید به دلیل قرارگیری در اعماق مختلف مدیریت آبدی از مخزن و تنظیم کیفیت جریان خروجی را تسهیل خواهد کرد. علاوه بر این در صورت ارائه برنامه عملیاتی بهره برداری از سد در شرایط خشکسالی، امکان مدیریت مصارف پایین دست بهبود می یابد.

## ۲-۴. کنترل شوری در پایین دست سد

ایده اصلی مطرح شده برای کنترل شوری در پایین دست سد مبتنی بر جداسازی شورابه زون ۳ از جریان اصلی رودخانه و انتقال آن به مخزن نگهداشت موقت بوده است. بر این اساس در ساعات بهره‌برداری از نیروگاه (۶ ساعت از شبانه‌روز) که حجم آب بیشتر و با کیفیت بهتری از سد تخلیه می‌شود، شورابه ذخیره شده زون ۳ با جریان خروجی از نیروگاه اختلاط پیدا می‌کند. در سایر ساعات تنها جریان زیست‌محیطی (۱۰ متر مکعب بر ثانیه) از مخزن به پایاب تخلیه شده که برای جلوگیری از افزایش غلظت جریان رودخانه، از ورود شورابه‌های زون ۳ به رودخانه ممانعت به عمل می‌آید. با توجه به برآورد صورت گرفته در مطالعات طرح، اگر شوری تعادلی خروجی از مخزن ۲۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر باشد، اختلاط جریان شور درون حوضچه و آب خروجی از سد در ساعت عملکرد نیروگاه، ۸ درصد شوری را افزایش داده و شوری تعادلی جریان به ۲۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد (آریو بهین طرح، ۱۴۰۰).

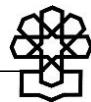
با توجه به اینکه در ساعات عدم بهره‌برداری از نیروگاه حداقل جریان محیط زیستی به پایاب تخلیه می‌شود، هرگونه کاهش این جریان به سبب وجود شورابه ناشی از زون‌های ۴ تا ۶، سبب افت شدید کیفیت رودخانه خواهد شد، بنابراین تضمین حبابه محیط زیستی برای حفظ شرایط کیفی رودخانه زهره دارای اولویت است.

### جمع بندی

**کلیات طرح:** کیفیت رودخانه زهره در شرایط طبیعی با افت در امتداد مسیر مواجه بوده، با این وجود در ماه‌های پرآب (دی، بهمن، اسفند و فروردین و بعضاً اردیبهشت) آبدهی رودخانه بالا و کیفیت مناسب است. اما در سایر ماه‌ها با کاهش آبدهی رودخانه غلظت املاح افزایش یافته و حتی در ماه‌های تابستان کیفیت آب برای کشاورزی زراعی نیز جوابگو نیست. لذا از گذشته طرح‌های تعدیل نوسان شوری رودخانه چم‌شیر مطرح بوده که در همین راستا در محدوده تنگ چم‌شیر احداث سد به منظور تعدیل کیفیت جریان رودخانه در ماه‌های مختلف سال و با هدف تولید برق، کشاورزی و تأمین نیاز صنعت، پیشنهاد شده و در دست تکمیل است.

**چالش‌ها:** وجود چشمه‌ها و زون‌های شورکننده با غلظت بسیار زیاد در محدوده مخزن و پایین دست سد چم‌شیر مشهود بوده و از شش زون شورکننده، اولین زون در سرچشمه رودخانه و خارج از محدوده مخزن، زون دوم درون مخزن و چهار زون دیگر در پایین دست سد قرار دارند. علاوه بر این به دلیل قرارگیری مخزن چم‌شیر در سازند تبخیری گچساران، با شروع آبدگیری شرایط برای انحلال و ورود منابع جدید املاح به مخزن فراهم خواهد شد، بنابراین شرایط کیفی مخزن و نحوه کنترل شوری در رودخانه پایین دست از چالش‌های مهم آبدگیری سد چم‌شیر بوده و لزوم توجه به جنبه‌های کیفی را دوچندان کرده است.

**راهکارهای مطرح شده:** با توجه به نتایج مطالعات ارائه شده، خطر خاصی از نظر انحلال نمک در سازند گچساران که بیشترین سطح مخزن را تشکیل می‌دهد وجود نداشته و سطوح نمک مشاهده نشده است. همچنین حفاری صورت گرفته در محدوده مخزن وجود لایه نمکی در عمق کم را نشان نمی‌دهد. با توجه به نتایج مطالعات ارائه شده، زون شوری شماره ۲ درون مخزن دارای منشأ شورابه پرفشار عمیق (در عمق ۴۰۰ متری) است. شورابه عمیق پس از احداث



سد همچنان با آبدهی ثابت ۵۹ لیتر بر ثانیه و غلظت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به مخزن وارد می‌شود. علاوه بر این پس از آبدگیری سد و تداخل سازند گچساران با آب، انحلال گچ و ورود آن به مخزن قابل توجه خواهد بود.

در پایین‌دست سد زون‌های شوری شماره ۳ تا ۶ نقش چشمگیری در افت کیفیت رودخانه دارند. برای کاستن از میزان شوری، بر زون ۳ که منشأ اصلی ورود شوری به رودخانه زهره در پایین‌دست سد بوده و در فاصله کوتاهی منابع آلاینده در آن تجمع یافته‌اند تمرکز شده است. در خصوص منشأ این شورابه با توجه به نتایج حفاری‌های صورت گرفته، وجود یک لایه نمکی در عمق ۷۰ متری کف رودخانه مشاهده شده است. وجود گسل عبوری از این محدوده سبب خرد شدن لایه‌های فوقانی لایه نمکی شده و شرایط برای نفوذ جریان به لایه نمکی و بازگشت شورابه به بستر رودخانه فراهم شده است. امتداد این گسل به سمت بالادست، از محل مخزن فرعی عبور می‌کند. در مطالعات اولیه انجام شده برای منشأیابی شوری در زون ۳، وجود لایه پرفشار عمقی (مشابه زون ۲ درون مخزن) به‌عنوان منشأ شوری تشخیص داده شده است. با توجه به آبدهی ثابت چشمه‌های شور زون ۳ و عدم قرارگیری آن درون مخزن، فارغ از منشأ شوری، نحوه کنترل شورابه ورودی به رودخانه از الزامات مدیریت شوری در پایین‌دست سد محسوب می‌شود.

مطابق نتایج ارائه شده در مطالعات کنترل شوری در پایین‌دست سد، در زمان عملکرد نیروگاه (۶ ساعت در شبانه‌روز) حجم آب بیشتر و با غلظت کمتری از سد تخلیه شده که در صورت اختلاط با شورابه غلیظ ذخیره شده زون ۳، افت کیفیت رودخانه محسوس نخواهد بود (۸ درصد افزایش غلظت). اما در سایر ساعات شبانه‌روز که صرفاً حداقل جریان محیط زیستی از سد تخلیه می‌شود، اختلاط شورابه زون ۳ با آب خروجی از سد، کیفیت جریان را به‌صورت چشمگیری کاهش می‌دهد. لذا برای تعدیل کیفیت جریان رودخانه، ذخیره موقت شورابه زون ۳ در ساعات عدم کارکرد نیروگاه و اختلاط آن با آب خروجی از سد صرفاً در زمان بهره‌برداری از نیروگاه به‌عنوان راهکار بهینه مطرح شده است. در همین راستا در زون ۳ طرح جداسازی مسیر رودخانه از محدوده چشمه‌های شور مطرح و احداث حوضچه ذخیره شورابه در ساحل راست در نظر گرفته شده است.

## اظهار نظر کارشناسی:

### نتایج مطالعاتی مورد تأیید

با توجه به مطالعات صورت گرفته در خصوص سد چم‌شیر و بررسی مسائل مرتبط با وضعیت کیفی سد و رودخانه پایین‌دست، همچنین راهکارهای ارائه شده برای کنترل شوری موارد ذیل مورد تأیید است:

۱. ماهیت نوسانی کیفیت رودخانه زهره: رودخانه زهره در محدوده تنگ چم‌شیر در شرایط طبیعی در ماه‌های تر دارای کیفیت مناسب و حتی قابل شرب بوده، اما در سایر ماه‌ها به‌دلیل کاهش آبدهی رودخانه غلظت املاح به‌حدی افزایش یافته که برای کشاورزی زراعی نیز مناسب نیست.

۲. نقش مثبت سد در تعدیل کیفی: همان‌طور که اشاره شد نقش اصلی سد چم‌شیر (با وجود افزایش میانگین غلظت رودخانه نسبت به شرایط عدم احداث سد) ایجاد تعادل کیفی در رودخانه پایین‌دست و کاهش نوسانات کیفیت جریان نسبت به شرایط طبیعی است. لذا تضمین تأمین حداقل حبابه محیط زیستی برای تعدیل کیفی رودخانه پایین‌دست باید انجام پذیرد. هرگونه انحراف از رهاسازی حداقل حبابه محیط زیستی پایاب سد چم‌شیر، با

توجه به وجود زون‌های شور موجود می‌تواند کیفیت رودخانه را با مشکل مواجه کند.

۳. عدم مشاهده نمک در سطح مخزن: با توجه به نتایج ارائه شده در مطالعات، نمک در مخزن سد مشاهده نشده است. همچنین نتایج مطالعات منشأیابی چشمه‌های شور درون مخزن (زون ۲) بیانگر عمقی بودن شورابه بوده که با فشار بالایی به سمت سطح حرکت می‌کند، لذا با آبیگری سد و افزایش ارتفاع آب درون مخزن، نمی‌توان انتظار داشت آبدهی این چشمه‌ها کاهش چشمگیری داشته باشد. با توجه به قرارگیری زون ۲ در تراز ۵۶۰ متری، با آبیگری مخزن و افزایش تراز سطح آب بالاتر از این تراز، شورابه به دلیل غلظت بالا و کاهش نوسانات درون مخزن با بدنه اصلی مخزن اختلاط پیدا نمی‌کند. انتظار می‌رود این شورابه در کف مخزن تجمع یافته که به تشکیل لایه‌بندی شدید کیفی در عمق منجر خواهد شد (مشابه تجربه لایه‌بندی گتوند). به عبارت دیگر در اعماق مختلف مخزن شوری آب متفاوت بوده به طوری که کیفیت آب در اعماق نزدیک به کف مخزن بسیار پایین و در نزدیکی سطح آب به مراتب بهتر خواهد بود.

### نواقص مطالعاتی نیازمند تکمیل:

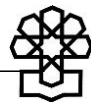
با توجه به راهکارهای ارائه شده برای کنترل شوری، اظهارنظر در خصوص آبیگری سد چم شیر نیازمند انجام مطالعات به روزرسانی مرتبط با موارد ذیل است:

۱. بهره‌گیری از داده‌های هیدرولوژیکی دهه اخیر: عمده مطالعات سد براساس داده‌های هیدرولوژیکی منتهی به سال ۱۳۷۸-۱۳۷۷ انجام گرفته است. با توجه به تغییرات ایجاد شده در اقلیم منطقه و کاهش متوسط بارش در ۱۳ سال منتهی به سال ۱۴۰۰، لازم است از داده‌های هیدرولوژیکی اخیر در مطالعات کمی و کیفی (کنترل شوری) استفاده شود. بر همین اساس مطالعات مدل‌سازی کیفی مخزن و توجیه اقتصادی طرح باید مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز بازبینی لازم صورت گیرد.<sup>۱</sup>

۲. الگوبرداری از شرایط کیفی سد کوثر: برای برآورد میزان انحلال سازندهای مخزن چم شیر، از شرایط مخزن سد کوثر الگوبرداری و اختلاف شوری جریان‌های ورودی و خروجی مبنا قرار گرفته است. در این برآورد، لایه‌بندی کیفی سد کوثر مورد توجه قرار نگرفته است. هرچند سازند زمین‌شناسی این دو مخزن از نوع گچساران بوده، اما این سازند دارای بخش‌ها (ممبرها)ی مختلف بوده که از این منظر مقایسه‌ای بین دو مخزن صورت نگرفته است. با وجود انحلال کم گچ، اگر در این دو مخزن، نسبت سطوح سازند گچساران به حجم مخزن مدنظر قرار گیرد، می‌تواند الگوبرداری صورت گرفته را دقیق‌تر کند. در صورتی که میزان انحلال بیش از مقدار برآورد شده اولیه (۵۰۰ هزار تن در سال) باشد، در این صورت کیفیت تعادلی مخزن که مبنای طرح‌های کنترل شوری در پایین‌دست قرار می‌گیرد با مشکل مواجه خواهد شد.

۳. آبیگری از اعماق (لایه‌های) مختلف جهت مدیریت کیفی مخزن: نتایج مطالعات بررسی وضعیت کیفی مخزن بیانگر وقوع لایه‌بندی کیفی در مخزن بوده و ایده آبیگری از اعماق مختلف (برداشت انتخابی) مدیریت کیفی مخزن را تسهیل می‌کند. با این وجود برنامه عملیاتی برای برداشت از آبیگرهای مخزن به تفصیل ارائه نشده است. همچنین به دلیل اضافه‌شدن آبیگرهای جدید و تغییر شرایط آبیگری از سد (که در مطالعات کنونی لحاظ نشده) از یک سو و عدم استفاده از

۱. نکته قابل توجه اینکه به دلیل پیشرفت فیزیکی ۸۹ درصد طرح، در شرایط کنونی امکان تغییرات در ابعاد سد ممکن است میسر نباشد.



آمار هیدرولوژیکی رودخانه طی دهه اخیر از دیگرسو، لزوم به روزرسانی مطالعات مدل سازی کیفی مخزن را نشان می دهد.

۴. عدم تأثیر گسل در ایجاد منابع آلاینده در مخزن فرعی: براساس مطالعات دریافتی از کارفرمای طرح، منشأ شورابه در زون ۳ ناشی از اثر گسل دژسلیمان در شکستن لایه های سازند گچساران، نفوذ آب به لایه نمکی و نقش لایه نفوذناپذیر موجود در این گسل در ایجاد جریان چرخشی رو به بالا بیان شده است (آریو بهین طرح، ۱۴۰۰). با وجود ابهام نسبت به این نتیجه گیری، اگر این گسل به سمت بالادست سد امتداد یافته باشد، آنگاه در محدوده مخزن فرعی سد (در ساحل چپ رودخانه و مجاور کوه گچ حاجی) قرار می گیرد که می تواند پس از آبیگری سد، نفوذ آب به اعماق را تسهیل کرده و عامل ورود شوری به مخزن شود. با وجود ابهام های مطرح شده نسبت به امتداد این گسل به سمت بالادست، پیشنهاد می شود با توجه به نتایج حفاری های صورت گرفته در محدوده مخزن فرعی، مطالعات زمین شناسی تکمیلی در خصوص وضعیت گسل و بررسی وجود لایه های احتمالی نمک انجام شود.

راهکارهای کنترل شوری ارتباط مستقیمی با آورد رودخانه داشته، بنابراین باید داده های دهه اخیر در مطالعات مرتبط با راهکارهای کنترل شوری در مخزن (برداشت انتخابی) و رودخانه پایین دست مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین صرفاً پس از انجام مطالعات تکمیلی فوق می توان نسبت به آبیگری سد چم شیر اظهار نظر کرد. از این رو به دلیل حساسیت کیفی نسبت به شوری و نواقص مطالعاتی موجود، **انجام عملیات آبیگری سد چم شیر در حال حاضر توصیه نمی شود.**

#### پیشنهادهایی جهت ارتقای مطالعات

با توجه به اینکه در حال حاضر شرایط خشکسالی در منطقه حاکم بوده، امکان آبیگری از سد با تردید مواجه است. لذا با توجه به حساسیت های کیفی مرتبط با سد چم شیر تا زمان بهبود شرایط آبی و افزایش آبدهی رودخانه که فرایند آبیگری را تسهیل خواهد کرد، فرصتی فراهم است تا ضمن به روزرسانی و تدقیق مطالعات انجام شده به ویژه با بهره گیری از داده های هیدرولوژیکی دهه اخیر و تکمیل مطالعات زمین شناسی نسبت به رفع ابهام های موجود در راستای تصمیم گیری نهایی در خصوص آبیگری اقدام کرد. مازاد بر این، جهت ارتقای مدیریت سیستم مخزن-رودخانه و بهینه کردن راهکارهای کنترل شوری، انجام مطالعات ذیل پیشنهاد می شود:

- سیستم مخزن-رودخانه با بهره گیری از داده های دهه اخیر و لحاظ شیوه های کنترل شوری در مخزن (آبیگری از ترازهای جدید و ترازهای بررسی شده قبلی) و رودخانه پایین دست (نگهداشت موقت شورابه) به صورت یکپارچه بررسی و در صورت نیاز تخصیص های صورت گرفته به روزرسانی شود.
- برای سد برنامه عملیاتی بهره برداری پیشنهادی با بهره گیری از داده های دهه اخیر (به سبب وجود دوره های تر و خشک شدید) ارائه شود.
- بررسی اثر تغییر اقلیم بر آبدهی رودخانه و کیفیت تعادلی خروجی از مخزن جهت به روزرسانی سناریوهای مدیریت مصارف سد انجام گیرد.
- آبیگری از سد با پایش کیفی مخزن انجام پذیرد تا چنانچه منشأ شناسایی نشده شوری نیز پیدا شد بتوان نسبت به مدیریت آن با سهولت بیشتری عمل کرد.

- به دلیل تأثیری که احداث سد بر شرایط کیفی پایین دست خواهد داشت، چنانچه در پایین دست سد چم شیر احداث سدهای مخزنی در دست مطالعه (زهره ۱ و ۲) مدنظر باشد، پیشنهاد می شود (خارج از مطالعات مرتبط با سد چم شیر) به دلیل ورود املاح به مخازن آنها و افزایش شوری رودخانه نسبت به شرایط عدم احداث سد، مطالعات ارزیابی اثرات کیفی سدهای زهره ۱ و ۲ انجام گرفته سپس در خصوص احداث آنها تصمیم گیری شود.

### منابع و مآخذ

۱. اسدی، مراد. «مدیریت کیفی (شوری) رودخانه کارون در پایین دست سد گتوند: اهمیت و ضرورت‌ها»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۷۷۷۱، ۱۴۰۰.
۲. شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران. «رشد مطالعات کیفیت آب سد چم شیر از ابتدا تاکنون (ارائه پاورپوینت)»، ۱۴۰۰.
۳. شرکت مهندسی مشاور سازند آب پارس. «گزارش مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی سد و نیروگاه چم شیر»، ۱۳۹۰.
۴. شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. «گزارش بررسی علل شوری آب رودخانه زهره پایین دست سد چم شیر- بازنگری مطالعات مرحله اول»، ۱۳۹۳.
۵. شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. «گزارش برنامه ریزی منابع آب و هیدروانرژی»، ۱۳۹۴.
۶. شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. «گزارش کیفیت آب مخزن سد و رودخانه پایین دست (مدل سازی اختلاط کامل و مدل سازی دویعدی مخزن سد بدون اثر سازندهای شور)»، ۱۳۹۰.
۷. شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. «گزارش مطالعات زمین شناسی تکمیلی مخزن سد چم شیر نتایج حفاری‌های اکتشافی محدوده مشکوک به نمک»، ۱۳۹۵.
۸. مشارکت تهران سحاب-پاراب فارس. «مطالعات مرحله اول: سد مخزنی چم شیر، شبکه آبیاری و زهکشی مربوطه و تأسیسات وابسته، کنترل شوری رودخانه زهره»، جلد هفتم، ۱۳۷۶.
۹. مشاور آریو بهین طرح. «مطالعات مرحله اول جداسازی و علاج بخشی چشمه‌های شوری‌زا واقع در پایین دست سد چم شیر»، ۱۴۰۰.
۱۰. محمدی، ضرغام؛ زائری، علی. «مطالعات زون شورکننده رودخانه زهره در مخزن سد چم شیر: تعیین منشأ شوری و ارائه راهکارها»، دانشگاه شیراز، ۱۴۰۰.
۱۱. منتظری نمین، مسعود؛ بهلولی، اصغر. «انجام تحقیق، پژوهش به منظور بررسی کیفیت آب در مخزن سد چم شیر»، دانشگاه تهران، ۱۳۹۷.
۱۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. «آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی»، استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ تجدیدنظر پنجم، ۱۳۸۸.

