بررسی و تحلیل وقایع سیل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸
۱. وضعیت بارندگی و مخازن سدهای کشور

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۶۴۳۸
اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. وضعیت بارندگی و مخازن سدهای کشور در سال آبی جاری ۳
۲. بررسی سیل استان گلستان ۶
۲-۱. وضعیت سیل استان گلستان ۷
۲-۲. تحلیل کارشناسی سیل استان گلستان ۱۲
۲-۲-۱. اثر بارش و توپوگرافی منطقه ۱۲
۲-۲-۲. عدم مدیریت صحیح مخازن سدها قبل از وقوع سیل ۱۲
۲-۲-۳. اثر چشمگیر آب ورودی از حوضه‌های بینابینی ۱۳
۲-۲-۴. اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل ۱۴
۳. بررسی سیل‌های استان خوزستان ۱۴
۳-۱. وضعیت سیلابی حوضه آبریز کرخه ۱۴
۳-۲. تحلیل کارشناسی سیل حوضه آبریز کرخه ۱۷
۳-۳. وضعیت سیلابی حوضه آبریز کارون بزرگ ۲۱
۳-۴. تحلیل کارشناسی سیل حوضه آبریز کارون بزرگ ۲۴
۳-۴-۱. نقش مهم مدیریت مخازن در کنترل سیلاب کارون بزرگ ۲۴
۳-۴-۲. اقدامات ضعیف سازه‌ای پایین‌دست ۲۴
۳-۴-۳. نقش مهم مسیل‌های متروکه ۲۵
۳-۴-۴. اهمیت اطلاعات صحیح و قابل اعتماد از توپوگرافی و هیدرودینامیک رودخانه‌ها ۲۵
۴. بررسی سیل استان لرستان ۲۵
۴-۱. تحلیل کارشناسی سیل استان لرستان ۲۶
۵. بررسی علل وقوع سیل‌های نیمه اول فروردین‌ماه و علل تشدید تبعات آن ۲۷
۵-۱. بارندگی‌های منتهی به سیل‌های نیمه اول فروردین ۲۷
۵-۲. رعایت نکردن ملاحظات فنی در طراحی زیرساخت‌های شهری و بین‌شهری ۲۹
۵-۳. تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها ۲۹
۵-۴. اقدامات نامطلوب سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل ۳۲
۶. سایر تحلیل‌های کارشناسی از مناظر مختلف ۳۳
۶-۱. تغییر اقلیم ۳۳
۶-۲. نقص در قوانین و آیین‌نامه‌ها ۳۴
۶-۳. اتمام دوره خشکسالی ۳۵
۶-۴. اثر سدسازی بر کنترل سیل ۳۵
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۳۶
منابع و مآخذ ۴۰

بررسی و تحلیل وقایع سیل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸
۱. وضعیت بارندگی و مخازن سدهای کشور

چکیده

سال‌های آبی متوالی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به ترتیب از نظر خشکسالی و ترسالی در طول دوره آماری ثبت شده کشور بسیار کم‌سابقه است. در سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ درصد اختلاف متوسط بارندگی در کل کشور با موقعیت مشابه زمانی در سال آبی گذشته و متوسط درازمدت به ترتیب ۱۸۱ و ۴۶ درصد بوده است. همچنین تا تاریخ مذکور، کل ورودی و خروجی مخازن سدهای کشور به ترتیب ۵۱/۰۶ و ۳۲/۸۴ میلیارد مترمکعب بوده است. درصد پُر بودن مخازن سدهای کشور تا این تاریخ در سال‌های آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به ترتیب ۴۸ و ۷۶ درصد بوده است. آمار و ارقام مذکور حاکی از پُرآب بودن سال آبی جاری و بارش‌های زیاد و گسترده در سطح کشور است. به دلیل سامانه‌های بارشی با شدت، تداوم و گستردگی مکانی بالا، در اواخر اسفندماه ۱۳۹۷ و اوایل فروردین‌ماه ۱۳۹۸ برخی از استان‌های کشور دچار سیل‌های شدید با خسارات بالا شدند. شدت و خسارات سیل در استان‌های گلستان، خوزستان و لرستان بالا و چشمگیر بود. بررسی‌های کارشناسی نشان می‌دهد که در هر سه استان گلستان، خوزستان و لرستان، شدت و بزرگی سیل‌ها به حدی بوده است که در وضعیت فعلی، کنترل ۱۰۰ درصدی آنها غیرممکن بوده و وارد شدن خسارات نیز اجتناب‌ناپذیر بوده است. تحت این شرایط، سؤال اساسی این است که آیا امکان کاهش خسارات وجود داشته و دلایل اصلی افزایش خسارات چه بوده است. در مورد سیل رودخانه گرگان‌رود استان گلستان به‌دلیل خشکسالی شدید سال آبی قبل، مخازن سدهای روی رودخانه گرگان‌رود (سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر) تا اول بهمن‌ماه ۱۳۹۷ وضعیت مناسبی را نداشته‌اند، ولی بارش‌های بعدی تا اول اسفندماه مخازن سدهای گلستان و وشمگیر را به طور کامل از آب پُر می‌کند. بارش‌های آخر اسفندماه ۱۳۹۷ باعث سرریز شدن سدها و ایجاد سیل در پایین‌دست، به خصوص در مناطق گنبد و آق‌قلا می‌شود. حجم سیلاب تولید شده به حدی زیاد بوده که ظرفیت مخازن سدهای روی رودخانه گرگان‌رود برای مهار کامل آن کافی نبوده است، اما پُر نگه‌داشتن مخازن سدها می‌توانست سبب شود که حتی سیل‌های کوچک‌تر از سیل موضوعه نیز خسارات قابل توجهی را وارد کند. اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای پایین‌دست و همچنین تجربه نگرفتن از سیل‌های قبل استان گلستان نیز به تشدید خسارات سیل گرگان‌رود منجر شده است. متولیان امر در حوضه‌های آبریز کرخه و کارون بزرگ نیز در ابتدای سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ با تصور تداوم کم‌آبی‌های سال‌های قبل و همچنین با تکیه بر پیش‌بینی‌های مبنی بر نرمال بودن سال آبی جاری، در جهت ذخیره‌سازی بیشتر آب در سدهای استان

خوزستان برنامه‌ریزی می‌کنند. از اواسط بهمن‌ماه ۱۳۹۷ با توجه به درصد پُری بالای مخازن سدها در خوزستان، آستانه تحمل پایین‌دست (حداکثر ظرفیت آبگذری ایمن) و احتمال بسیار بالای بارش‌های اواخر اسفندماه و اوایل فروردین‌ماه، وضعیت بحرانی پایین‌دست آشکار بوده است. تحت این شرایط زمان کافی برای ایجاد فضای خالی در مخازن سدها با توجه به آستانه تحمل پایین‌دست وجود نداشته است و برای ایجاد فضای خالی قابل توجه در مخازن سدها تنها راه، ایجاد سیل‌های مصنوعی در پایین‌دست بوده است. از این زمان خروجی از سدها در حد آستانه تحمل بوده است. با احتمال بسیار بالای وقوع سیل در اواخر اسفندماه و اوایل فروردین‌ماه، باید اقداماتی مبنی بر تقویت و ایجاد سازه‌های حفاظتی پایین‌دست به صورت ضرب‌الاجلی و در حداقل زمان برای کم کردن خسارات آتی انجام می‌شده است. نکته حائز اهمیت آن است که حتی در صورت خالی بودن بخش قابل توجهی از مخازن سدهای استان خوزستان، خسارات اجتناب‌ناپذیر بوده و رویکرد باید در جهت حداقل کردن خسارات موضوعه با مدیریت مخزن و اقدامات حفاظتی پایین‌دست می‌بوده است. نکته مهم دیگر که در سیل هر سه استان به تشدید قابل توجه خسارات انجامیده، تجاوزات و تصرفات بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها بوده که از دلایل اصلی آن ناهماهنگی‌های دستگاه‌های مرتبط در تعیین‌تکلیف تصرفات است. سایر دلایل تشدید خسارات سیل‌های اخیر عبارتند از: آماده نبودن متولیان و مسئولان برای مقابله با سیلاب، ملاحظات فنی نامطلوب در طراحی زیرساخت‌های شهری، بین شهری و حفاظتی، عدم وجود نظام پیش‌بینی و اخطاردهی و عمل بر اساس آن، نبود اطلاعات قابل اطمینان و بهنگام از شرایط رودخانه‌ها، توپوگرافی آنها و مدل‌های پخش سیلاب. راهکارهای کنترل و مدیریت سیل در دو دسته سازه‌ای و غیرسازه‌ای جای می‌گیرند که در صدر این راهکارها طرح جامع سیل و نظام‌نامه مدیریت سیل قرار می‌گیرد.

مقدمه

سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ بر خلاف سال آبی قبل از آن یکی از پُربارش‌ترین سال‌ها در طول دوره آماری ثبت شده در کشور بوده است. می‌توان گفت که از منظر گستردگی مکانی در طول دوره آماری ثبت شده در کشور، بارش‌های اخیر بی‌سابقه بوده است. سیل‌های به وقوع پیوسته در اواخر اسفندماه سال ۱۳۹۷ و نیمه اول فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در نقاط مختلف کشور باعث خسارات جانی و مالی چشمگیر شد. بررسی آمار و ارقام و علل مربوط به سیل‌های مذکور می‌تواند از آن جهت مفید واقع شود که به سیاستگذاران و تصمیم‌گیران دید صحیح و واقع‌گرایانه‌ای از این پدیده می‌دهد. همچنین در اتخاذ تصمیم‌های آتی مفید واقع شده تا احتمالاً از بروز حوادث مشابه جلوگیری شود. در این گزارش پس از ارائه وضعیت بارش در سال آبی جاری، آمار و ارقام، تحلیل‌های مرتبط با سیل‌های به وقوع پیوسته در استان‌های گلستان، خوزستان و لرستان ارائه می‌شود. در انتها نیز اظهارنظر کارشناسی از مناظر مختلف و پیشنهادها ارائه می‌شود.

۱. وضعیت بارندگی و مخازن سدهای کشور در سال آبی جاری

جدول ۱ میزان بارش‌ها در حوضه‌های آبریز درجه یک و کل کشور را از ابتدای سال آبی جاری (۱۳۹۷/۰۷/۰۱) تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ نشان می‌دهد. در این جدول همچنین درصد اختلاف با موقعیت مشابه در سال آبی گذشته و متوسط درازمدت پنجاه‌ساله نیز ارائه شده است.

جدول ۱. میزان بارش‌ها در حوضه‌های آبریز درجه یک و کل کشور از ابتدای سال آبی جاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

حوضه آبریز درجه یک	میزان بارندگی (میلی‌متر)			درصد اختلاف سال آبی جاری با:	
	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	میانگین ۵۰ ساله	سال آبی گذشته	میانگین ۵۰ ساله
دریای خزر	۴۳۵	۲۵۴	۲۸۳	۷۱	۵۳
خلیج فارس و دریای عمان	۴۹۵	۱۴۲	۳۱۹	۲۴۹	۵۵
دریاچه ارومیه	۴۰۵	۲۶۰	۲۴۰	۵۵	۶۹
فلات مرکزی	۱۷۹	۵۳	۱۳۳	۲۳۶	۳۴
مرزی شرق	۶۹	۱۸	۸۵	۲۷۶	-۱۸
قره‌قوم	۲۰۹	۸۱	۱۶۵	۱۵۷	۲۶
کل کشور	**۲۹۰**	**۱۰۳**	**۱۹۹**	**۱۸۱**	**۴۶**

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۸.

همان طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، بارش‌های سال آبی جاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ نسبت به سال آبی گذشته و متوسط درازمدت پنجاه‌ساله، افزایش چشمگیری داشته است. در کل کشور میزان افزایش بارش‌ها تا تاریخ مذکور نسبت به موقعیت مشابه در سال آبی گذشته و متوسط درازمدت پنجاه‌ساله به ترتیب ۱۸۱ و ۴۶ درصد بوده است. از آنجایی که سال آبی گذشته یکی از خشک‌ترین سال‌ها در چند دهه اخیر بوده، افزایش بارندگی سال آبی جاری نسبت به سال آبی گذشته بسیار چشمگیر است.

در مقیاس حوضه‌های آبریز درجه یک میزان مطلق بارندگی در حوضه‌های آبریز خلیج فارس و دریای عمان، خزر و دریاچه ارومیه نسبت به بقیه حوضه‌های آبریز بیشتر بوده است. همچنین با توجه به اینکه بیشترین پتانسیل حجم آبدهی در کشور در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان است، افزایش ۲۴۹ و ۵۵ درصدی در این حوضه آبریز، به ترتیب نسبت به سال آبی گذشته و متوسط درازمدت پنجاه‌ساله، بسیار قابل توجه است. در مقیاس حوضه‌های آبریز درجه دو نیز حوضه‌های آبریز با افزایش بارندگی بالاتر از ۵۰ درصد نسبت به متوسط پنجاه‌ساله عبارتند از: کرخه، مرزی غرب، قره‌سو و گرگان، اترک، دریاچه نمک، دریاچه ارومیه، کارون بزرگ، جراحی و زهره، سفیدرود بزرگ، کویر مرکزی و گاوخونی.

جدول ۲ میزان بارندگی استان‌های کشور را از ابتدای سال آبی جاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ و همچنین

درصد اختلاف آن را با موقعیت مشابه در سال آبی گذشته و متوسط درازمدت پنجاه‌ساله نشان می‌دهد.

جدول ۲. میزان بارندگی استان‌های کشور از ابتدای سال آبی جاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

استان	میزان بارندگی (میلی‌متر)			درصد اختلاف نسبت به:	
	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	متوسط درازمدت	سال آبی گذشته	متوسط درازمدت
آذربایجان شرقی	۲۹۱	۲۳۳	۱۸۳	۲۵	۵۸
آذربایجان غربی	۴۱۸	۲۵۴	۲۴۶	۶۴	۷۰
اردبیل	۲۲۰	۲۰۲	۲۰۵	۹	۷
اصفهان	۱۸۴	۴۳	۱۲۷	۳۳۳	۴۵
البرز	۵۲۸	۲۰۵	۳۰۲	۱۵۷	۷۵
ایلام	۸۷۰	۲۵۲	۳۶۰	۲۴۵	۱۴۲
بوشهر	۲۹۱	۹۴	۲۳۰	۲۱۰	۲۷
تهران	۳۴۰	۱۱۷	۲۰۷	۱۹۱	۶۴
چهارمحال و بختیاری	۹۳۱	۲۳۸	۵۶۸	۲۹۱	۶۴
خراسان جنوبی	۱۰۶	۶۰	۹۸	۷۷	۸
خراسان رضوی	۲۱۳	۶۵	۱۴۶	۲۲۹	۴۶
خراسان شمالی	۳۱۵	۹۸	۱۷۷	۲۲۱	۷۸
خوزستان	۵۵۹	۱۵۵	۳۲۵	۲۶۱	۷۲
زنجان	۳۵۳	۱۷۹	۲۱۵	۹۸	۶۴
سمنان	۱۴۸	۴۴	۸۵	۲۳۲	۷۳
سیستان و بلوچستان	۷۰	۲۴	۸۵	۱۹۵	-۱۷
فارس	۳۳۸	۹۵	۲۸۳	۲۵۷	۱۹
قزوین	۳۸۷	۱۸۶	۲۳۱	۱۰۸	۶۸
قم	۲۳۰	۷۰	۱۲۲	۲۲۹	۸۹
کردستان	۵۹۱	۳۱۵	۳۳۲	۸۸	۷۸
کرمان	۱۳۰	۳۳	۱۱۲	۲۹۳	۱۶
کرمانشاه	۷۳۶	۲۷۹	۴۱۱	۱۶۴	۷۹
کهگیلویه و بویراحمد	۹۹۷	۲۳۶	۵۷۷	۳۲۲	۷۳
گلستان	۵۸۹	۳۱۵	۳۳۸	۸۷	۷۴
گیلان	۸۶۰	۵۳۸	۶۶۵	۶۰	۲۹
لرستان	۱۰۷۳	۲۹۸	۴۶۴	۲۶۰	۱۳۱
مازندران	۵۶۴	۳۸۱	۴۲۸	۴۸	۳۲
مرکزی	۴۳۵	۹۳	۲۲۹	۳۷۰	۹۰
هرمزگان	۱۸۶	۴۷	۱۶۱	۲۹۵	۱۶
همدان	۵۸۴	۱۸۶	۲۶۸	۲۱۴	۱۱۸
یزد	۹۳	۳۱	۸۰	۲۰۰	۱۷

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۸.

همان طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ به غیر از استان سیستان و بلوچستان، سایر استان‌های کشور از افزایش بارندگی برخوردار بوده‌اند. ۶ استان لرستان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، ایلام، گیلان و کرمانشاه، به ترتیب در رتبه نخست بارندگی قرار دارند. میزان بارندگی در استان لرستان بسیار قابل توجه است که با توجه به بی‌سابقه بودن آن به سیل بزرگ اخیر این استان منجر شده است.

جداول ۳ و ۴ نیز وضعیت مخازن سدهای کشور را از ابتدای سال آبی جاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ نشان می‌دهند.

جدول ۳. وضعیت مخازن سدها به تفکیک حوضه‌های آبریز درجه یک تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

(میلیارد مترمکعب)

حوضه آبریز درجه یک	کل ورودی		کل خروجی		حجم مخزن		درصد پُر بودن		درصد تغییرات		
	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	ورودی	خروجی	حجم مخزن
دریای خزر	۶/۳۴	۴/۱۷	۳/۷۱	۲/۳۴	۴/۵۳	۳/۸۰	۵۷	۴۶	۵۲	۵۹	۱۹
خلیج فارس و دریای عمان	۳۹/۱۲	۷/۶۷	۲۵/۹۵	۹/۱۴	۲۸/۵۲	۱۶/۱۰	۹۱	۵۲	۴۱۰	۱۸۴	۷۷
دریاچه ارومیه	۲/۰۹	۱/۱۷	۱/۵۶	۰/۶۳	۱/۲۵	۱/۲۰	۷۵	۷۳	۷۹	۱۴۸	۴
فلات مرکزی	۲/۷۳	۰/۷۸	۱/۴۶	۱/۰۱	۲/۶۵	۱/۶۰	۵۲	۳۲	۲۵۰	۴۵	۶۶
مرزی شرق	۰/۴۴	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۲۷	۰/۷۶	۰/۷۰	۴۸	۴۱	۴۳۰۰	-۶۳	۹
قره‌قوم	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۵۱	۰/۳۰	۳۷	۲۵	۴۶۷	-۴۶	۷۰
کل کشور	**۵۱/۰۶**	**۱۳/۸۶**	**۳۲/۸۴**	**۱۳/۵۲**	**۳۸/۲۱**	**۲۳/۶۴**	**۷۶**	**۴۸**	**۲۶۸**	**۱۴۳**	**۶۲**

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۸.

جدول ۴. درصد پُرشدگی مخازن سدهای کشور تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۱۳

درصد پُرشدگی	تعداد	درصد از ظرفیت کل مخازن
۹۰ الی ۱۰۰	۷۲	۵۵
۷۰ الی ۹۰	۳۱	۱۹
۵۰ الی ۷۰	۳۳	۸
۴۰ الی ۵۰	۹	۳
کمتر از ۴۰	۳۳	۱۶

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

همان طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، وضعیت مخازن سدهای کشور در سال آبی جاری نسبت به سال آبی گذشته، تفاوت بسیار چشمگیری دارد، به طوری که تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰، کل حجم ورودی به مخازن سدهای کشور، ۵۱/۰۶ میلیارد مترمکعب بوده است. این رقم نسبت به رقم مشابه سال آبی قبل، ۲۶۸ درصد افزایش داشته است. همچنین درصد پُر بودن کل مخازن سدهای کشور تا تاریخ مذکور در سال آبی جاری ۷۶ درصد است که نسبت به رقم مشابه در سال آبی قبل (۴۸ درصد) افزایش بسیار چشمگیری دارد. شایان ذکر است که به طور متوسط در پانزده سال اخیر مجموع مخازن سدهای کشور حداکثر تا ۴۰ درصد پُر بوده است که این مقدار در سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی‌ها، بسیار کاهش داشته است. این امر نیز خود حاکی از بسیار قابل توجه بودن بارش‌های سال آبی جاری در مقایسه با سال‌های اخیر است.

جدول ۵ نیز وضعیت مخازن سدهای حوضه‌های آبریز کارون بزرگ، کرخه و مارون را تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ نشان می‌دهد. بر اساس این جدول می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تقریباً مخازن سدهای این حوضه‌های آبریز به عنوان اصلی‌ترین سدهای کشور، تقریباً از آب پُر است.

جدول ۵. وضعیت مخازن سدهای حوضه‌های آبریز کارون بزرگ، کرخه و مارون تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

نام سد	درصد پُر بودن مخزن
کارون ۴	۹۶
کارون ۳	۹۶
شهید عباس‌پور	۹۸
مسجد سلیمان	۹۴
گتوند علیا	۹۰
کرخه	۱۰۰
سیمره	۷۱
دز	۹۱
مارون	۹۱

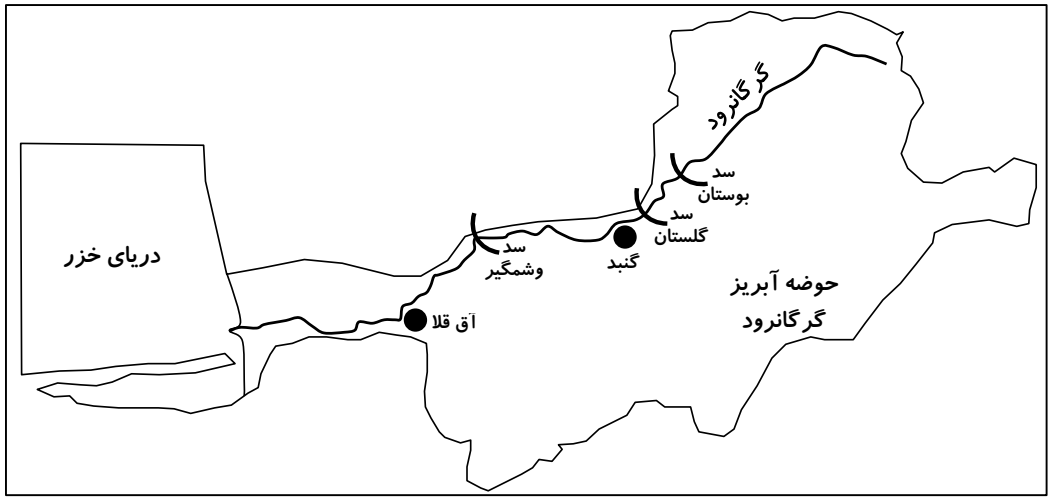
مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

۲. بررسی سیل استان گلستان

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع شامل پنج حوضه آبریز گرگان‌رود، اترک، قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود است. در مجموع ۴۵ رشته رودخانه به طول کلی ۲۷۰۰ کیلومتر در این استان امتداد دارد. متوسط بارندگی سالیانه استان در شرایط نرمال حدود ۴۵۰ میلی‌متر است. رودخانه گرگان‌رود که آبراهه اصلی حوضه گرگان‌رود است و بیشترین حجم آب استان گلستان در آن جریان دارد، در ابتدا از

به‌هم پیوستن رودخانه‌های زاو و قره‌ناوه در شمال شرقی شهرستان کلاله شکل می‌گیرد و به سد بوستان می‌ریزد. سپس رودخانه حاجی‌قوشان قبل از سد گلستان و رودخانه‌های دوغ، قره‌شور و اوغان در محل سد گلستان و رودخانه قلی‌تپه بعد از سد گلستان به آن می‌پیوندند. مجموع رودخانه‌های چهل‌چای، نرماب و خرمالو در جنوب شهر گنبد با گذر از ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه به رودخانه گرگان‌رود ملحق شده و سپس این رودخانه به سد وشمگیر وارد می‌شود. رودخانه‌های قره‌چای، شیرآباد، زرین‌گل، کبودوال، محمدآباد، تقی‌آباد و قرن‌آباد نیز بعد از سد وشمگیر و قبل از شهر آق‌قلا وارد رودخانه اصلی گرگان‌رود شده و در نهایت این رودخانه به دریای خزر منتهی می‌شود. شکل ۱ حوضه آبریز گرگان‌رود را به همراه رودخانه گرگان‌رود نشان می‌دهد.

شکل ۱. حوضه آبریز گرگان‌رود

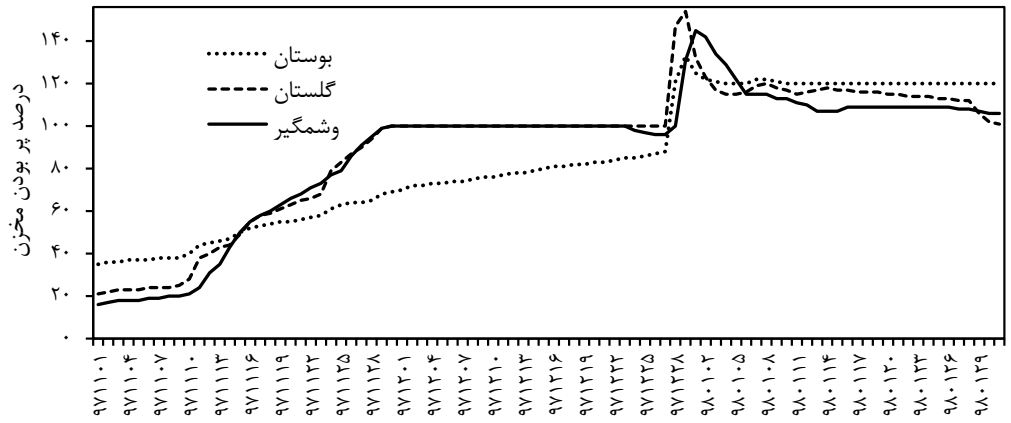


۱-۲. وضعیت سیل استان گلستان

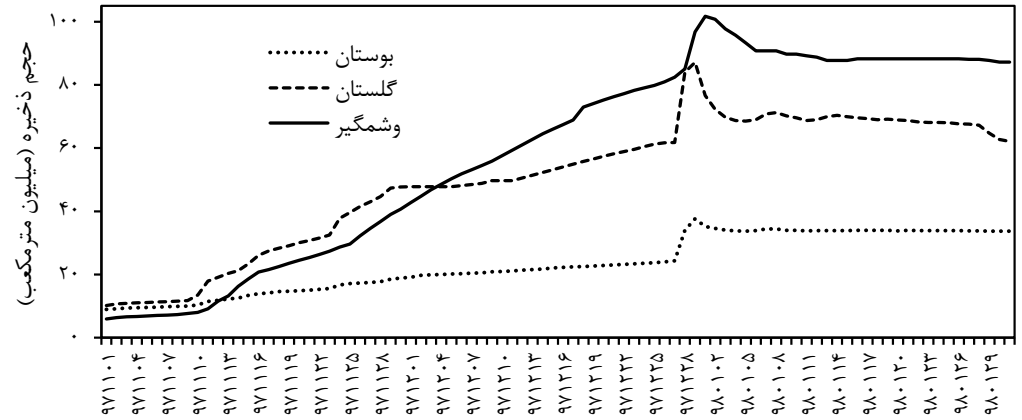
مشابه سایر مناطق کشور، در استان گلستان نیز در سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ وضعیت بارش‌ها نسبت به وضعیت نرمال بیشتر بوده است، به طوری که تا تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ بارش‌ها در استان گلستان حدود ۳۵ درصد نسبت به متوسط درازمدت افزایش داشته است. *به دلیل خشکسالی بسیار شدید سال آبی گذشته و خالی بودن بیش از حد مخازن سدها، وضعیت سدهای استان گلستان تا تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ مناسب نبوده، به طوری که درصد پُر بودن سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر تا این تاریخ، به ترتیب حدود ۳۵، ۲۱ و ۱۶ درصد بوده است.*

به دلیل بارش‌های بالادست و زیرحوضه‌های گرگان‌رود، از نیمه اول بهمن‌ماه ۱۳۹۷، وضعیت مخازن سدها رو به بهبود می‌گذارد و روند پُر شدن آنها تسریع می‌شود، به طوری که *در اول اسفندماه ۱۳۹۷ مخازن سدهای گلستان و وشمگیر به طور کامل از آب پُر می‌شوند* و در این زمان، سد بوستان نیز تا ۷۰ درصد از آب پُر می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳).

شکل ۲. درصد پر بودن مخازن سدهای استان گلستان



شکل ۳. میزان حجم ذخیره سدهای استان گلستان



به دنبال اخطار مورخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۳ سازمان هواشناسی مبنی بر وقوع بارش در حوضه آبریز گرگان‌رود، بارندگی از شب ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ شروع شده و تا صبح ۱۳۹۸/۰۱/۰۲ به مدت پنج شبانه‌روز به طور پیوسته تداوم داشته است. بخش اعظم بارش از صبح ۱۳۹۷/۱۲/۲۷ تا صبح ۱۳۹۷/۱۲/۲۸ اتفاق افتاده است. مقدار بارش مولد سیل در کل حوضه آبریز گرگان‌رود به طور میانگین حدود ۱۹۰ میلی‌متر بوده است که در برخی از ایستگاه‌ها تا مقدار ۳۵۴ میلی‌متر هم ثبت شده است. با لحاظ این سامانه بارشی، از ابتدای سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۰۷، در استان گلستان ۸۳ درصد بارش‌ها نسبت به متوسط درازمدت بیشتر بوده است که این امر حکایت از منحصربه‌فرد بودن سامانه بارشی مذکور دارد. در حین این سامانه بارشی، علاوه بر سدهای گلستان و وشمگیر، سد بوستان نیز به‌طور کامل از آب پُر شد (شکل ۲).

سیلاب از ساعت ۱ بامداد ۱۳۹۷/۱۲/۲۸ به سد بوستان وارد و در ساعت ۲۱، خروجی این سد به

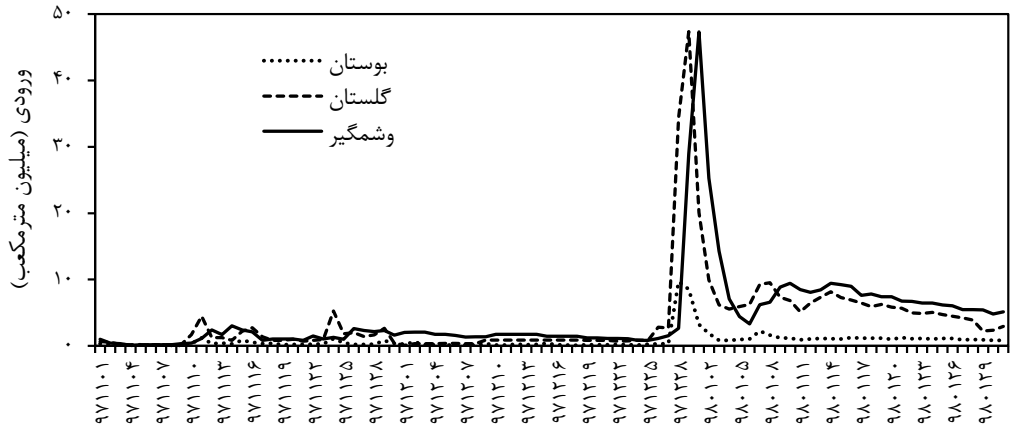
اوج خود رسید. این سیلاب به حجم ۲۷ میلیون مترمکعب با دبی حداکثر ۲۳۰ مترمکعب بر ثانیه وارد مخزن ۳۳ میلیون مترمکعبی سد بوستان می‌شود و با تعدیل سیلاب در مخزن سد، ۱۷ میلیون مترمکعب آن با دبی حداکثر ۱۰۳ مترمکعب بر ثانیه از سرریز سد خارج می‌شود.

با تجمیع سیلاب رودخانه‌های در مسیر و حجم آب حوضه بینابینی، حجم سیلاب ۱۳۵ میلیون مترمکعبی با دبی حداکثر ۸۲۹ مترمکعب بر ثانیه وارد مخزن ۴۸ میلیون مترمکعبی سد گلستان می‌شود و پس از تعدیل در مخزن سد، حجمی معادل ۱۳۰ میلیون مترمکعب با دبی حداکثر ۵۴۵ مترمکعب بر ثانیه از سرریز سد خارج می‌شود.

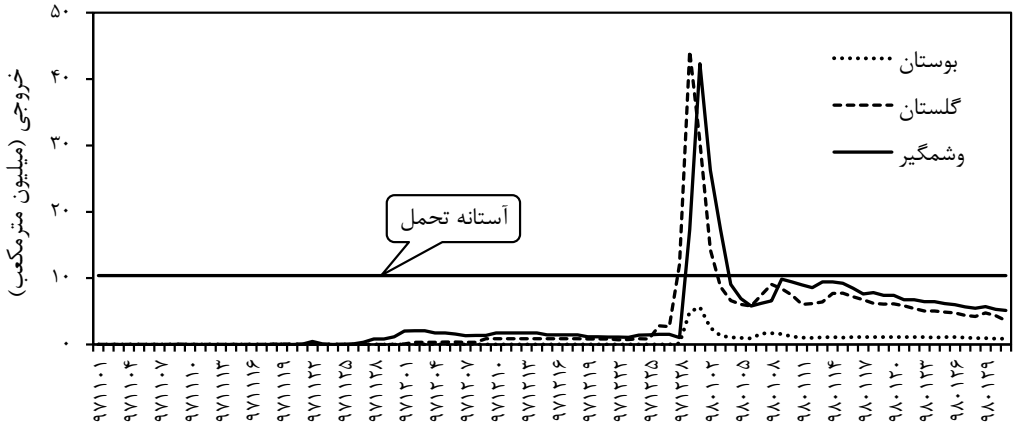
آب خروجی از سد گلستان با پیمودن مسیر ۲۴ کیلومتری به شهر گنبد وارد می‌شود. دبی آستانه تحمل رودخانه در این بازه حدود ۲۷۰ مترمکعب بر ثانیه است که در نتیجه آن از مجموع ۱۳۰ میلیون مترمکعب سیلاب تخلیه شده از سد گلستان، با توجه به محدودیت ظرفیت آبگذری رودخانه، به میزان ۱۰۳ میلیون مترمکعب در طول بازه زمانی مورد بررسی، ۲۷ میلیون مترمکعب آن وارد سیلاب‌دشت بالادست و محدوده شهر گنبد می‌شود. با عبور سیلاب از شهر گنبد و اضافه شدن حجم سیلاب رودخانه‌های در مسیر و حوضه بینابینی، حجم سیلاب ورودی به مخزن سد وشمگیر به ۱۳۵ میلیون مترمکعب می‌رسد.

ساعت ۶ صبح ۱۳۹۷/۱۲/۲۷ سیلاب با دبی حداکثر ۶۹۰ مترمکعب بر ثانیه و حجم ۱۳۵ میلیون مترمکعب وارد مخزن سد وشمگیر می‌شود و پس از تعدیل جزئی با حجم ۱۲۷ میلیون مترمکعب و دبی حداکثر ۶۶۶ مترمکعب بر ثانیه از سد وشمگیر خارج می‌شود. به حجم سیلاب خروجی از سد وشمگیر، حجم آب ناشی از رودخانه‌های در مسیر و حوضه بینابینی اضافه می‌شود و در نهایت سیلاب ۱۶۰ میلیون مترمکعبی در روز ۱۳۹۸/۰۱/۰۱ وارد شهر آق‌قلا می‌شود. با توجه به دبی آستانه تحمل رودخانه در محل شهر آق‌قلا به میزان ۱۲۰ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۷۴ میلیون مترمکعب در بازه زمانی مورد بررسی)، حجم سیلابی معادل ۸۶ میلیون مترمکعب در محدوده سیلاب‌دشت و شهر آق‌قلا وارد می‌شود. شکل‌های ۴ و ۵ ورودی و خروجی سدهای روی رودخانه گرگان‌رود را از ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ نشان می‌دهد.

شکل ۴. میزان ورودی به سدهای استان گلستان



شکل ۵. میزان خروجی از سدهای استان گلستان



جدول ۶ محاسبه حجم سیلاب بر اساس ورودی و خروجی سدهای روی رودخانه گرگان‌رود و همچنین آب ورودی از زیرحوضه‌های بینابینی را از تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ نشان می‌دهد.

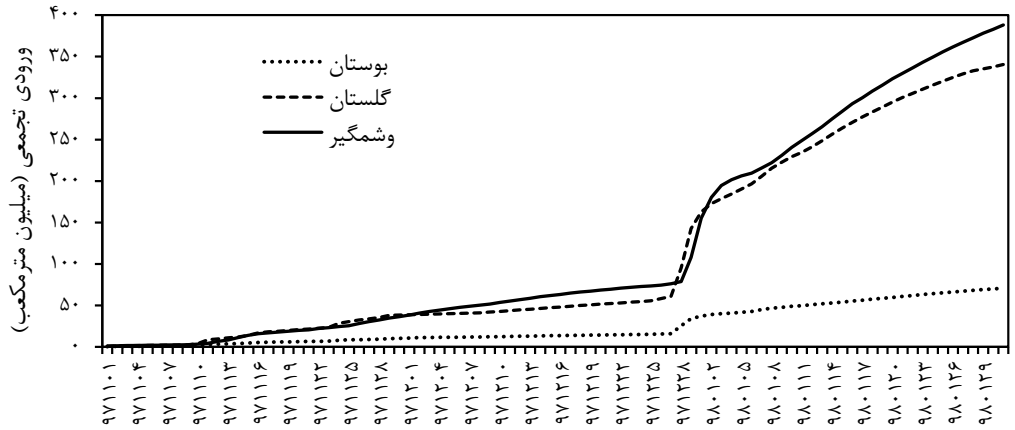
جدول ۶. محاسبه حجم سیلاب رودخانه گرگان‌رود در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸

مورد	حجم (میلیون مترمکعب)
خروجی سد گلستان	۱۳۰
ورودی میان‌حوضه (باغه سالیان)	۴۰
ورودی میان‌حوضه (ارازکوسه)	۷۸
میان‌حوضه بین سدهای گلستان و وشمگیر	۳۳
ذخیره شده در سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر	۲۳
جمع کل (حجم کل سیلاب)	**۳۰۴**

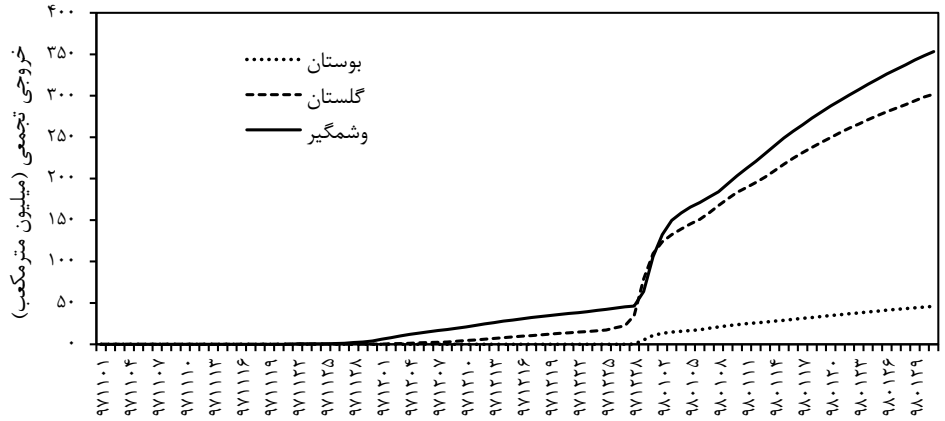
مأخذ: شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۸.

همان گونه که جدول ۶ نشان می‌دهد، در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ در اثر سامانه بارشی، حجم سیلابی معادل ۳۰۴ میلیون مترمکعب در رودخانه گرگان‌رود ایجاد شده است. شایان ذکر است که به دلیل زیر آب رفتن برخی از ایستگاه‌های هیدرومتری، ممکن است که حجم تخمینی آب ورودی از میان‌حوضه‌ها با خطا همراه باشد. در شکل‌های ۶ و ۷ ورودی و خروجی تجمعی سدهای روی رودخانه گرگان‌رود نشان داده شده است.

شکل ۶. میزان ورودی تجمعی به سدهای استان گلستان



شکل ۷. میزان خروجی تجمعی از سدهای استان گلستان



جدول ۷ نیز حجم سیلاب ورودی به شهرهای گنبد و آق‌قلا را با توجه به ظرفیت آستانه تحمل رودخانه در محل این شهرها در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸، نشان می‌دهد.

جدول ۷. سیلاب ورودی به شهرهای گنبد و آق‌قلا در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ (میلیون مترمکعب)

نام شهر	گنبد	آق‌قلا
آورد رودخانه در محل شهر	۱۳۰	۱۶۰
آستانه تحمل رودخانه	۱۰۳	۷۴
آب ورودی به شهر	۲۷	۸۶

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

۲-۲. تحلیل کارشناسی سیل استان گلستان

۲-۲-۱. اثر بارش و توپوگرافی منطقه

به طور حتم علت اصلی سیل اخیر در رودخانه گرگان‌رود وقوع یک رخداد بارش بسیار زیاد است. بارش‌های آخر اسفندماه در این منطقه علاوه بر مقدار زیاد، تداوم بالایی نیز داشتند، به طوری که مقدار ۱۷۸ میلی‌متر بارندگی در مقیاس متوسط کل، ظرف مدت چهار روز اتفاق افتاده است. در برخی از نقاط حوضه مقادیر بسیار بالاتری از بارندگی نیز وجود داشته است که به تشدید پدیده سیل خواهد انجامید. نکته مهم دیگر که اثر بسیار مهمی در وقوع سیل و تشدید تبعات آن داشته است و خواهد داشت، توپوگرافی منطقه است. شیب‌های بسیار ملایم و همچنین پهنه‌های سیلاب‌دشتی وسیع باعث می‌شود که سیل به آسانی در پهنه‌های وسیع پخش شود و به دلیل شیب بسیار ملایم، به آهستگی خارج شود.

۲-۲-۲. عدم مدیریت صحیح مخازن سدها قبل از وقوع سیل

همان طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، از اول اسفندماه ۱۳۹۷ مخازن سدهای گلستان و وشمگیر کاملاً و سد بوستان نیز تا ۷۰ درصد از آب پُر بوده است. *این امر به معنای عدم آمادگی متولیان در کنترل سیلاب‌هایی حتی با حجم بسیار کمتر از سیلاب اخیر است.* از تاریخ اول اسفندماه تا زمان وقوع سیلاب اخیر تنها پتانسیل حجم سیلاب حدود ۱۰ میلیون مترمکعب بوده است. همان طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، *بسیار قابل تأمل است که تا تاریخ شروع وقوع سیل آخر اسفندماه، هیچ‌گونه رهاسازی از سدها صورت نگرفته است. مسئولان امر با توجه به پُرآب بودن سال آبی جاری و اینکه عمده بارش‌ها در اسفند و فروردین اتفاق می‌افتد، باید تمهیدات ایجاد فضای خالی را در مخازن سدهای موضوعه اجرایی می‌کردند*، ولی این امر از زمان پُر شدن مخازن سدها در اول اسفندماه اجرایی نشد. البته شایان ذکر است که حجم سیلاب به وقوع پیوسته از حجم کل مخازن سدهای موضوعه بسیار بیشتر بوده است، اما نکته مهم این است که *آمادگی برای مواجه شدن برای سیل‌های بسیار کوچک‌تر از این سیل نیز وجود نداشته است و در صورت وقوع یک سیل بسیار کوچک‌تر نیز، مدیریت نامطلوب مخزن به خساراتی نیز منجر می‌شد.* جدول ۸ عملکرد سدهای استان گلستان را در کنترل سیل اخیر در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ نشان می‌دهد.

جدول ۸. عملکرد سدهای استان گلستان در کنترل سیل اخیر

در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ (میلیون مترمکعب)

نام سد	بوستان	گلستان	وشمگیر
حجم مفید مخزن	۳۳	۴۸	۳۷
حجم سیلاب ورودی	۳۱	۱۶۰	۱۴۹
حجم سیلاب خروجی	۲۱	۱۵۰	۱۴۲
سیلاب ذخیره شده	۱۰	۱۰	۷
عملکرد موجود در کنترل سیل اخیر در محل سد (درصد)	۳۲	۶	۵

مأخذ: شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۸ و محاسبات نویسنده.

بر اساس جدول فوق تنها ۳۲، ۶ و ۵ درصد سیلاب ورودی به سدهای به ترتیب بوستان، گلستان و وشمگیر کنترل شده است که دلیل این امر علاوه بر بزرگی سیلاب ورودی، به پُر بودن سدها (به خصوص سدهای گلستان و وشمگیر) قبل از ورود سیلاب نیز باز می‌گردد. البته باید به نقش سدها و دریاچه آنها در تعدیل دبی حداکثر ورودی، حتی در حالت پُر بودن مخزن آنها نیز اشاره کرد.

از طرف دیگر باید به نقش پیش‌بینی‌های فصلی در مدیریت مخازن سدها نیز اشاره نمود. *در صورت وجود پیش‌بینی‌های فصلی قابل اطمینان و یا حداقل وجود چشم‌انداز فصلی نسبتاً قابل اطمینان، امکان مدیریت مخازن با طرح‌ریزی مناسب‌تری وجود دارد.*

همچنین باید عنوان نمود که عدم عملکرد صحیح دریچه‌های سدها در این شرایط به دلایل مختلف، از جمله دلایل مکانیکی و تجمع رسوب، می‌تواند تبعات جبران‌ناپذیری را به‌دنبال داشته باشد. *در این راستا مانور دوره‌ای و بازدیدهای منظم از تأسیسات مربوطه، مورد تأکید است.*

۳-۲-۲. اثر چشمگیر آب ورودی از حوضه‌های بینابینی

همان طور که در ابتدای این بخش نیز اشاره شد، رودخانه‌های متعددی به رودخانه گرگان‌رود می‌ریزند. به دلیل گسترده بودن سامانه بارشی مولد سیلاب اخیر، حجم آب رودخانه‌های در مسیر و حوضه‌های بینابینی موجب تقویت سیلاب و باعث تشدید خسارت در مناطق پایین‌دست شده است. درصد بسیار زیادی از حجم نهایی سیلاب رودخانه گرگان‌رود، ناشی از رودخانه‌های در مسیر و حوضه‌های بینابینی بوده است. کنترل سیل در سرشاخه‌ها و میان‌حوضه‌ها توسط اقدامات سازه‌ای کوچک‌مقیاس و آبخیزداری، می‌توانست تأثیر بسزایی در کاهش حجم سیلاب و در نتیجه کاهش خسارات داشته باشد. نکته مهم دیگر اشاره به اثر رسوبات و نقش آن در تشدید سیلاب‌های اخیر است. به نظر می‌رسد که اقدامات آبخیزداری در حوضه آبریز گرگان‌رود به طور مؤثری انجام نشده است. مصداق بارز این موضوع علاوه بر کاهش حجم مفید سدهای این حوضه آبریز، در سیلاب اخیر نیز آشکار است. در سیلاب اخیر

علاوه بر آب، احجام بسیار زیادی از رسوبات نیز وارد شهرهای گنبد و آق‌قلا و سیلاب‌دشت‌ها شد که دلیلی بر ضعف فعالیت‌های آبخیزداری بالادست است. در حقیقت می‌توان گفت که سیلاب اخیر حالت سیلاب واریزه‌ای (ترکیب آب و رسوب) داشته که به دلیل افزایش جرم مخصوص سیال، هم ارتفاع سیلاب افزایش می‌یابد و هم قدرت تخریبی آن بیشتر می‌شود.

۴-۲-۲. اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل

سیل سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ گلستان دو سیل از شدیدترین سیل‌های به وقوع پیوسته در کشور بوده که تلفات جانی آنها بالغ بر ۴۵۵ نفر بوده است. *شاید بتوان مهم‌ترین علت تشدید چشمگیر خسارات سیل اخیر گلستان را، اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل در نظر گرفت. اقدامات مهندسی رودخانه، نظیر تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب و مطالعات مرحله دوم ساماندهی، تنها در ۵۵ درصد طول رودخانه گرگان‌رود انجام شده است. همچنین اگرچه مطالعات حریم و بستر رودخانه گرگان‌رود در حد مطلوبی انجام شده است، ولی آزادسازی تصرفات به طور کامل انجام نشده که در جای خود به تشدید خسارات دامن زده است.*

تجربه نگرفتن از سیل سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و همچنین انجام ندادن اقدامات مؤثر سازه‌ای نظیر احداث سدهای کوچک در سرشاخه‌ها، دیواره‌های حفاظتی با دوره برگشت‌های مناسب، لایروبی، آزادسازی مسیر و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها قطعاً به تشدید چشمگیر خسارات انجامیده است. اقدامات غیرسازه‌ای کنترل سیلاب نیز نظیر سیستم‌های هشدار، تهیه نقشه‌های خطر، مدیریت مخازن و بیمه سیل نیز در سیل اخیر عملکرد مؤثری نداشته‌اند.

در صورت انجام لایروبی رودخانه گرگان‌رود، افزایش ظرفیت آبگذری رودخانه بین ۳۰ تا ۵۰ درصد امکان‌پذیر می‌بود که *می‌توانست حجم آب ورودی به مناطق گنبد و آق‌قلا را به نحو چشمگیری کاهش دهد و همچنین سرعت تخلیه آب را از مناطق سیل‌گرفته (یکی از مشکلات اصلی سیل اخیر گرگان‌رود)، نیز افزایش دهد.* البته مشخصاً به دلیل حجم بالای سیلاب، وارد شدن خسارات تقریباً اجتناب‌ناپذیر بود، ولی اقدامات موضوعه در کاهش آنها می‌توانست نقش مؤثری ایفا کند.

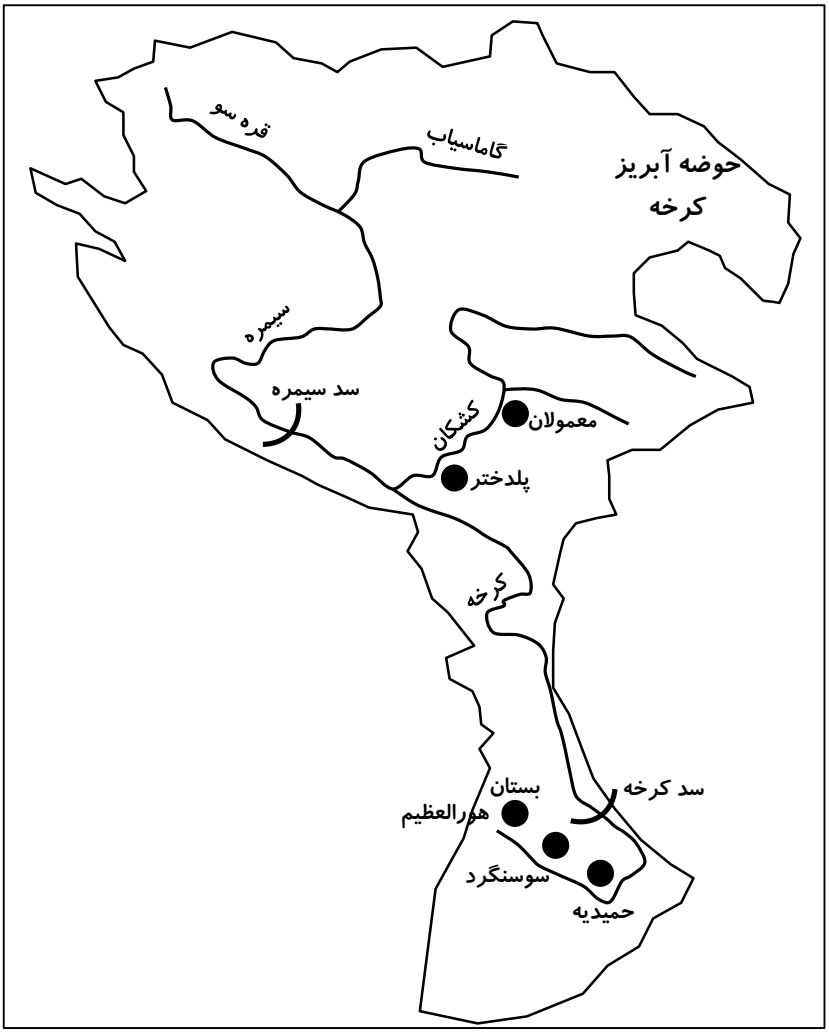
۳. بررسی سیل‌های استان خوزستان

۱-۳. وضعیت سیلابی حوضه آبریز کرخه

حوضه آبریز کرخه از لحاظ تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به شمار می‌رود. این حوضه از شمال به حوضه رودخانه‌های سیروان، سفیدرود و قره‌چای، از غرب به حوضه‌های مرزی ایران و عراق، از شرق به حوضه دز و از جنوب نیز به قسمتی از مرز غربی کشور محدود می‌شود. حوضه آبریز کرخه دارای مساحت ۵۱۴۰۰ کیلومتر مربع است که حدود ۵۹ درصد آن

در مناطق کوهستانی غالباً در بخش‌های شمالی و جنوبی و حدود ۴۱ درصد آن را نیز دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهد. حوضه آبریز کرخه شامل قسمت‌هایی از استان‌های کرمانشاه، همدان، کردستان، ایلام، لرستان و خوزستان است و قسمت عمده آن در سه استان کرمانشاه، همدان و لرستان واقع شده است. از شهرهای مهم داخل این حوضه آبریز می‌توان ملایر، نهاوند، تویسرکان، کنگاور، سنقر، کامیاران، کرمانشاه، کرند، خرم‌آباد، سوسنگرد و حمیدیه را نام برد. شکل ۸ حوضه آبریز درجه ۲ کرخه را به همراه رودخانه‌های اصلی این حوضه آبریز نشان می‌دهد.

شکل ۸. حوضه آبریز درجه ۲ کرخه به همراه رودخانه‌های اصلی

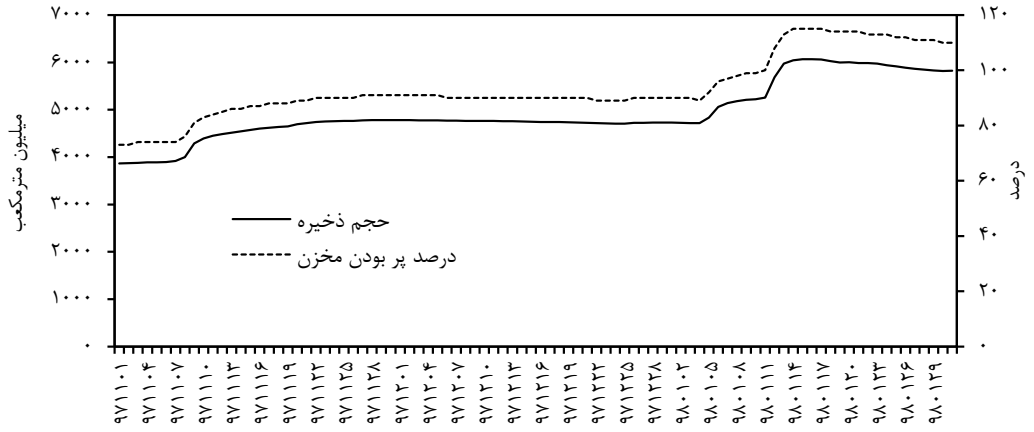


در این بخش از گزارش تحلیل شرایط سیلابی حوضه آبریز کرخه با تمرکز بر مدیریت مخزن سد کرخه از تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ انجام می‌شود. با توجه به تغییر شرایط هیدرولوژیکی و تحقق بارش‌های فراوان در تاریخ ۱۳۹۷/۰۹/۲۴ برای اولین بار و قبل از شروع فصل پاییز، هشدار در

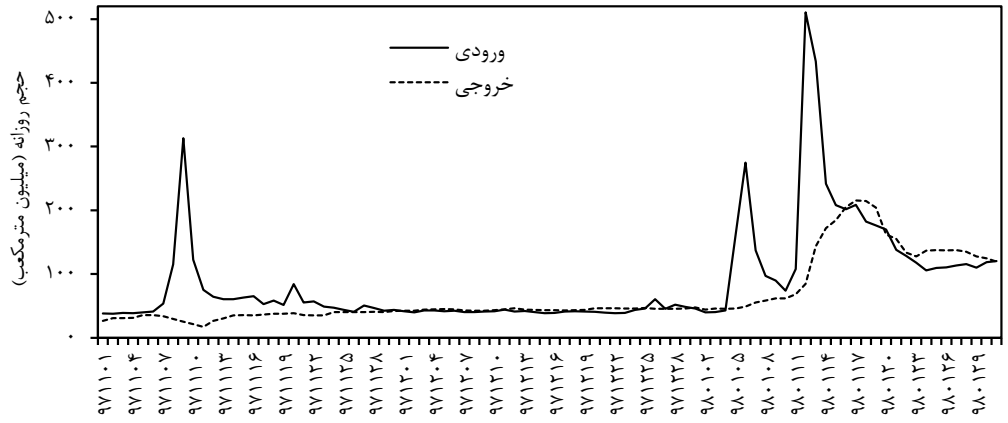
خصوص تغییرات فاز رطوبتی به استانداری و ستاد مدیریت بحران خوزستان ارسال شد که در آن احتمال افزایش دبی عبوری و سرریز در فصل بهار در حوضه‌های آبریز کرخه و دز مورد اشاره قرار گرفته است. *شایان ذکر است که تا قبل از هشدار مذکور، پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی کشورحاکی از نرمال تا اندکی بیش از نرمال بودن بارش‌ها بوده است.*

با توجه به وقوع بارش‌های از ابتدای سال آبی، میزان ذخیره سد کرخه در تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ برابر با ۳۸۶۵ میلیون مترمکعب معادل ۷۳ درصد حجم مخزن بوده است (شکل ۹). با توجه به بارش‌های به وقوع پیوسته در بالادست، همان طور که شکل ۱۰ نشان می‌دهد، میزان ورودی به مخزن سد کرخه از تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۷ تا ۱۳۹۷/۱۱/۱۱ افزایش بسیار قابل توجهی داشته و اثر ورودی مذکور تا چند روز بعد نیز ادامه داشته است. بر این اساس حجم ذخیره سد کرخه در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۰۱ به ۴۷۸۳ میلیون مترمکعب (معادل ۹۱ درصد حجم مخزن) رسید. این امر بدان معناست که ظرف مدت یک ماه حجم آب ذخیره شده در مخزن سد کرخه به میزان ۹۱۸ میلیون مترمکعب افزایش یافته است.

شکل ۹. حجم ذخیره و درصد پُر بودن مخزن سد کرخه

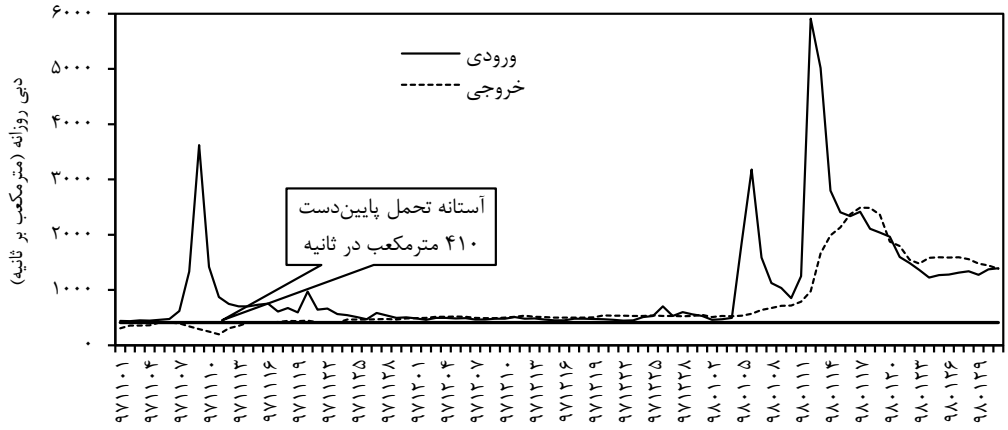


شکل ۱۰. ورودی و خروجی روزانه مخزن سد کرخه



نکته قابل توجه، عملکرد ۱۰۰ درصدی سد کرخه (ذخیره کامل) در کنترل این سیل بوده است. همان طور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد، سیلاب مذکور با دبی حداکثر روزانه ۳۶۲۳ مترمکعب بر ثانیه و دبی حداکثر لحظه‌ای بیش از ۶۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه وارد مخزن سد شده است، در حالی که دبی خروجی از مخزن سد از دبی آستانه تحمل پایین‌دست (۴۱۰ مترمکعب بر ثانیه) تجاوز نکرده است.

شکل ۱۱. دبی ورودی و خروجی مخزن سد کرخه



۲-۳. تحلیل کارشناسی سیل حوضه آبریز کرخه

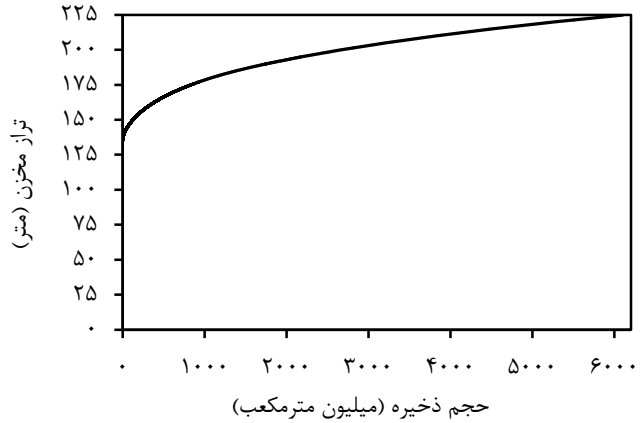
شاخص بودن بارش‌های سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ از مهرماه تا بهمن‌ماه از یک طرف و احتمال زیاد پُربارش بودن ماه‌های اسفند و فروردین از طرف دیگر، با توجه به پُر بودن ۹۱ درصدی حجم مخزن سد کرخه، *از همان ابتدای اسفند ۱۳۹۷ تقریباً وضعیت اضطراری مناطق پایین‌دست این سد را آشکار می‌کرده است.* در این حالت با خروج دبی آستانه تحمل پایین‌دست ۴۱۰ مترمکعب بر ثانیه (حداکثر خروجی از سد به شرط عدم وقوع سیل در پایین‌دست)، در طول یک ماه (۳۰ روز) می‌توان ۱۰۶۳ میلیون مترمکعب

را از حجم ذخیره مخزن کم کرد که مشخصاً به ایجاد ظرفیت خالی کافی برای ذخیره سیل‌های آتی نمی‌انجامیده است. *تحت این شرایط نقش اقدام سریع و اضطراری برای بازسازی، تقویت و احیاناً احداث سیل‌بند و سایر اقدامات سازه‌ای در نقاط حساس پایین‌دست بسیار مهم و پُررنگ (در حقیقت به عنوان تنها راه موجود) می‌شود.*

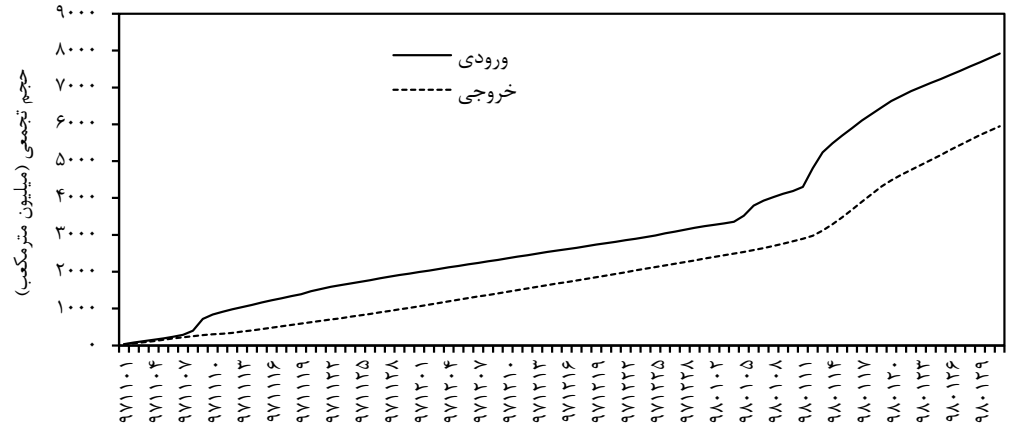
رسیدن اثر بارش‌های به وقوع پیوسته در فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در بالادست به مخزن سد کرخه و افزایش چشمگیر ورودی به آن از تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۰۴ شروع می‌شود. از زمان سیل نیمه اول بهمن‌ماه ۱۳۹۷ تا شروع سیل‌های فروردین‌ماه ۱۳۹۸، دبی خروجی از سد کرخه در حدود آستانه تحمل پایین‌دست و حتی در مواردی بیشتر از آن بوده است (شکل ۱۱). در حقیقت تصمیم متولیان امر برای رهاسازی بیشتر آب از مخزن سد کرخه و ایجاد فضای خالی در مخزن، به منزله سیل‌گیر شدن مناطق پایین‌دست قبل از وقوع سیل‌های فروردین‌ماه ۱۳۹۸ می‌بوده است. به این ترتیب در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۰۴ و با شروع سیل‌های فروردین‌ماه ۱۳۹۸، حجم ذخیره سد کرخه، ۴۷۱۸ میلیون مترمکعب (معادل ۸۹ درصد حجم مخزن) بوده است. همان گونه که شکل ۹ نشان می‌دهد، شدت سیل‌ها باعث می‌شود که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۱۱ حجم ذخیره مخزن به ۱۰۰ درصد (۵۲۶۰ میلیون مترمکعب) برسد و در این حالت تراز آب در مخزن به تراز نرمال بهره‌برداری (۲۲۰ متر) برسد. با ادامه ورودی‌های به مخزن سد، روند افزایش حجم آب در مخزن سد ادامه پیدا کرده (ظرفیت ذخیره سیلاب) به طوری که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۱۵، حجم ذخیره به مقدار حداکثری ۶۰۷۰ میلیون مترمکعب رسیده و تراز مخزن از ۲۲۴ متر نیز می‌گذرد (شکل‌های ۹ و ۱۲). شایان توجه است که به دلیل مسائل طراحی و پایداری سد، در سیل‌های اخیر هیچ‌گاه سد کرخه بیشتر از تراز ۲۲۴/۷ متر آبگیری نشده است. بر اساس ضوابط طراحی باید سد کرخه دبی حداکثر سیل محتمل معادل ۱۸۲۶۰ مترمکعب بر ثانیه را در تراز آب ۲۳۰/۹ متر بدون مشکل عبور دهد.

شکل ۱۳ حجم ورودی و خروجی تجمعی سد کرخه را از تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ نشان می‌دهد. بر این اساس در بازه زمانی فوق حجم آبی معادل ۷۹۱۹ میلیون مترمکعب به مخزن سد وارد شده و ۵۹۵۰ میلیون مترمکعب نیز از آن خارج شده است. به این ترتیب طی این مدت حجم ۱۹۶۹ میلیون مترمکعب نیز در مخزن ذخیره شده که با توجه به ذخیره موجود قبل از این دوره، در نهایت در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۳۱، حجم ذخیره به ۵۸۲۲ میلیون مترمکعب رسیده است. قابل توجه است که از میزان ۷۹۱۹ میلیون مترمکعب آب وارد شده به مخزن در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین، حدود ۶۰ درصد آن طی سیلاب‌های فروردین‌ماه وارد مخزن شده است.

شکل ۱۲. منحنی حجم ـ ارتفاع مخزن سد کرخه



شکل ۱۳. حجم ورودی و خروجی تجمعی سد کرخه



جدول ۹، سیر زمانی تحولات سد کرخه از ابتدای سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ تا انتهای فروردین را به همراه ملاحظات و اظهارنظر کارشناسی نشان می‌دهد.

جدول ۹. سیر زمانی تحولات سد کرخه از ابتدای سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ تا انتهای فروردین

زمان/بازه زمانی	وضعیت/واقعه	ملاحظات/اظهارنظر کارشناسی
شروع سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ (۱۳۹۷/۰۷/۰۱)	ـ حجم مخزن ۲۵۹۹ میلیون مترمکعب (۴۹ درصد) ـ سیاست ذخیره آب ـ پیش‌بینی خشک بودن سال پیش رو	با توجه به خشکسالی بی‌سابقه سال آبی قبل، سیاست ذخیره آب، صحیح به نظر می‌رسد. اما *قاعدتاً پیش‌بینی‌های فصلی قبل از شروع سال آبی، که یکی از کاربردهای آن در مدیریت مخازن است، باید چشم‌اندازی از بارش‌های ماه‌های پیش رو ارائه می‌داد.* معمولاً پیش‌بینی‌های سه‌ماهه فصلی باید تا حدود ۷۰ درصد دقت داشته باشند و چشم‌انداز نسبتاً صحیحی را طی یک تا دو ماه آینده ارائه دهند.
مهرماه سال ۱۳۹۷	ـ پیش‌بینی‌ها مبنی بر نرمال بودن بارش‌ها از مهرماه تا	ـ به‌رغم بسیار خشک بودن سال آبی گذشته، پیش‌بینی‌ها حاکی از نرمال بودن بارش‌ها از مهرماه تا آبان‌ماه است. تقویت تصور ذخیره‌سازی آب نیز

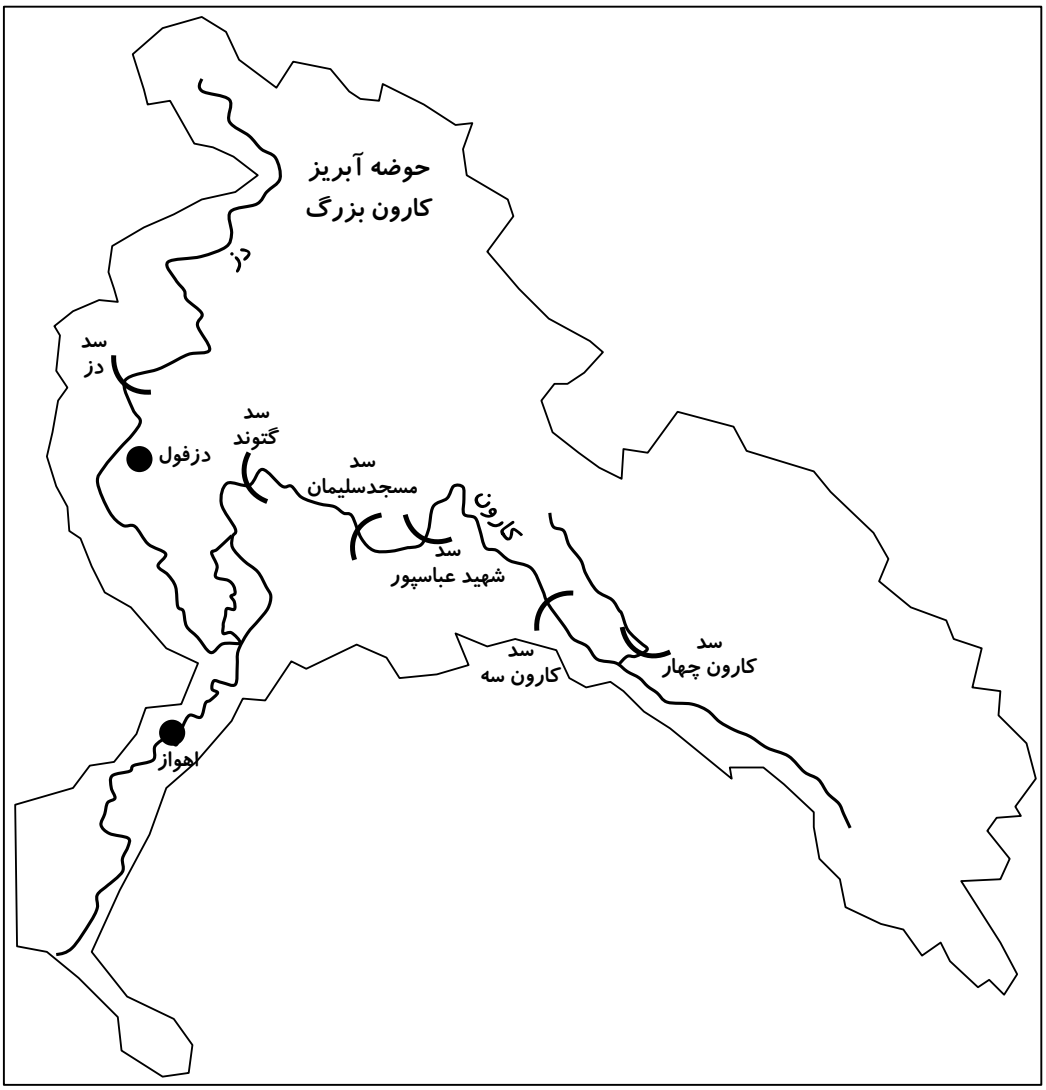
زمان/بازه زمانی	وضعیت/واقعه	ملاحظات/اظهارنظر کارشناسی
	آبان‌ماه ـ تقویت تصور ذخیره‌سازی آب و رهاسازی هوشمند	با توجه به حجم خالی ایجاد شده ناشی از خشکسالی سال قبل، دور از ذهن نیست.
۱۳۹۷/۰۷/۰۱ تا ۱۳۹۷/۱۰/۰۱	ـ بارش‌ها در حوضه آبریز کرخه به شدت نسبت به متوسط بلندمدت فزونی داشته است (۱۲۴ درصد) ـ حجم مخزن ۳۲۸۵ میلیون مترمکعب (۶۲ درصد) ـ ایجاد تفکر بحرانی شدن وضعیت سد کرخه در بارش‌های بهاری ـ صدور اخطار ۱۳۹۷/۰۹/۲۴ به استانداری و ستاد مدیریت بحران استان خوزستان	افزایش بسیار چشمگیر بارش‌ها در سه ماه اول سال آبی حاکی از آن است که سال آبی جاری، بسیار پُرآب است و از آنجایی‌که سهم عمده بارش‌ها در ماه‌های آتی اتفاق می‌افتد، *این موضوع تفکر ایجاد مشکل در ماه‌های آتی برای مناطق پایین‌دست سد کرخه را ایجاد می‌کند. اما هنوز خروجی از سد در حد آستانه تحمل پایین‌دست افزایش نیافته است.*
۱۳۹۷/۱۰/۲۷	ـ افزایش معنادار خروجی از سد ـ حجم مخزن ۳۷۹۶ میلیون مترمکعب (۷۲ درصد)	در ابتدای اسفندماه ۱۳۹۷ با توجه به تداوم بارش‌ها و وضعیت مخزن سد و همچنین احتمال بسیار زیاد بارش‌های اواخر زمستان و اوایل بهار، ایجاد مشکل برای پایین‌دست سد تقریباً حتمی است. از طرفی دیگر با توجه به دبی آستانه تحمل پایین‌دست، نمی‌توان بدون ایجاد سیل در پایین‌دست، ظرفیت خالی در مخزن ایجاد کرد. *تحت این شرایط نقش اقدام سریع و اضطراری برای بازسازی، تقویت و احیاناً احداث سیل‌بند و سایر اقدامات سازه‌ای در نقاط حساس پایین‌دست بسیار مهم و پُررنگ می‌شود و تقریباً تنها راه جلوگیری از خسارات پایین‌دست است.*
۱۳۹۷/۱۱/۰۷ تا ۱۳۹۷/۱۱/۱۱	ـ وقوع سیل نیمه اول بهمن‌ماه ـ ورود ۹۱۸ میلیون مترمکعب به مخزن ـ حجم مخزن ۴۴۵۰ میلیون مترمکعب (۸۴ درصد) ـ عملکرد ۱۰۰ درصدی سد	علی‌رغم کنترل ۱۰۰ درصدی سیل نیمه اول بهمن‌ماه ۱۳۹۷، وقوع این سیل شرایط مخزن سد را به جایی می‌رساند که قطعاً وقوع سیل در اسفندماه یا فروردین‌ماه و وارد شدن خسارت به پایین‌دست را آشکار می‌سازد. نقش اقدامات سازه‌ای پایین‌دست پُررنگ‌تر می‌شود.
۱۳۹۷/۱۱/۱۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۱۱	ـ وقوع سیل‌های فروردین‌ماه ـ پُر شدن کامل مخزن سد ـ افزایش خروجی از سد	حجم بسیار زیاد آب ناشی از سیل‌های فروردین‌ماه حجم مخزن سد را به ظرفیت نرمال رسانده و وقوع سیل‌های پایین‌دست اجتناب‌ناپذیر می‌شود.
۱۳۹۸/۰۱/۱۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۳۱	ـ بیشتر شدن تراز مخزن از تراز نرمال ـ افزایش بیشتر خروجی از سد ـ وقوع سیل‌های پایین‌دست	تداوم ورودی به مخزن سد، تراز را از تراز نرمال بهره‌برداری (۲۲۰ متر) افزایش می‌دهد و سد حداکثر تا تراز ۲۲۴/۷ متر آبگیری می‌شود.

مأخذ: سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۸ و تحلیل‌های کارشناسی.

۳-۳. وضعیت سیلابی حوضه آبریز کارون بزرگ

از نظر تقسیم‌بندی هیدرولوژیکی، حوضه آبریز کارون بزرگ بخشی از حوضه آبریز درجه یک خلیج فارس و دریای عمان بوده و این حوضه آبریز با مساحت ۶۷۱۱۲ کیلومترمربع از سمت شمال به حوضه آبریز رودخانه‌های قره‌چای، ساوه، گلپایگان و زاینده‌رود، از غرب به حوضه آبریز رودخانه کرخه و از شرق نیز به حوضه رودخانه‌های زهره، مارون و جراحی محدود می‌شود. شهرهای یاسوج، سمیرم، بروجن، شهرکُرد، هفشجان، فارسان، جونقان، لردگان، ایذه، مسجدسلیمان، در قسمت علیای حوضه آبریز رودخانه کارون و شهرهای بروجرد، درود، ازنا، الیگودرز، در بخش کوهستانی حوضه رودخانه دز قرار گرفته‌اند. از شهرهای مهم قسمت سفلای این دو حوضه می‌توان اندیمشک، دزفول و شوش را در حوضه دز و شوشتر، گتوند، اهواز، آبادان و خرمشهر را در حوضه کارون نام برد. حوضه آبریز کارون بزرگ متشکل از رودخانه‌های دز و کارون بوده که در داخل ارتفاعات زاگرس میانی قرار دارند و ۶۹ درصد آن را کوهستان و ۳۱ درصد آن را دشت و کوهپایه تشکیل می‌دهد. وسعت دشت‌های علیای حوضه آبریز، محدود بوده و قسمت اعظم آنها جزء جلگه خوزستان است. حوضه آبریز کارون بزرگ در محدوده پنج شرکت آب منطقه‌ای فارس، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی، اصفهان و سازمان آب و برق خوزستان واقع شده است. شکل ۱۴ حوضه آبریز درجه ۲ کارون بزرگ را به همراه رودخانه‌های اصلی این حوضه آبریز نشان می‌دهد.

شکل ۱۴. حوضه آبریز درجه ۲ کارون بزرگ به همراه رودخانه‌های اصلی

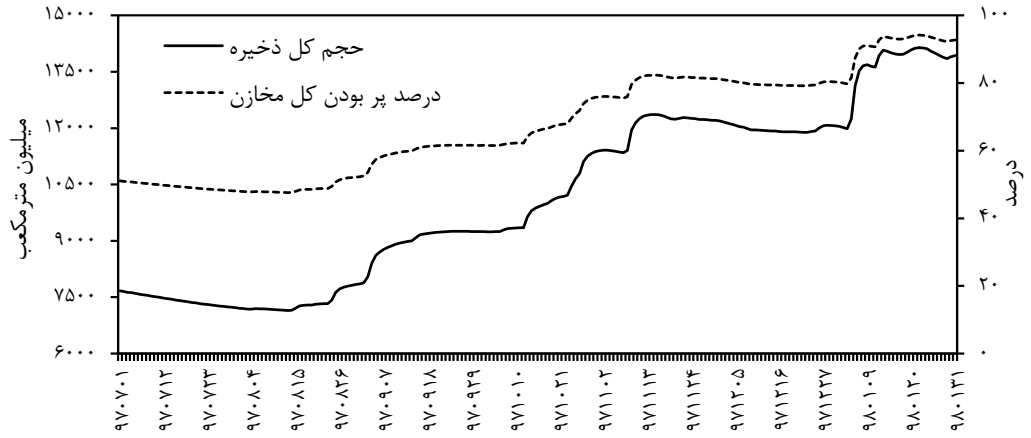


سدهای متعددی روی رودخانه کارون احداث شده است که به ترتیب از بالادست به پایین‌دست عبارتند از: کارون چهار، کارون سه، شهید عباس‌پور، مسجدسلیمان و گتوند. روی رودخانه دز نیز سد دز در حال بهره‌برداری است. وجود سدهای متعدد در حوضه آبریز کارون بزرگ، رودخانه کارون را به رودخانه‌ای به شدت کنترل شده بدل کرده است. در مجموع سدهای مذکور پتانسیل مخزن حدود ۱۵۰۰۰ میلیون مترمکعبی را روی رودخانه کارون فراهم آورده‌اند.

همان طور که شکل ۱۵ نشان می‌دهد، از اواسط آبان‌ماه ۱۳۹۷، میزان آورد رودخانه کارون روندی افزایشی داشته است. به طوری که *در تاریخ ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ درصد پُر بودن جمع مخازن کارون بزرگ ۴۸ درصد بوده است و به دنبال آن، به دلیل بارش‌های قابل ملاحظه سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، این رقم در تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۱۵ به ۸۲ درصد می‌رسد که حاکی از ذخیره‌سازی قابل توجه آب در این حوضه آبریز است. از این*

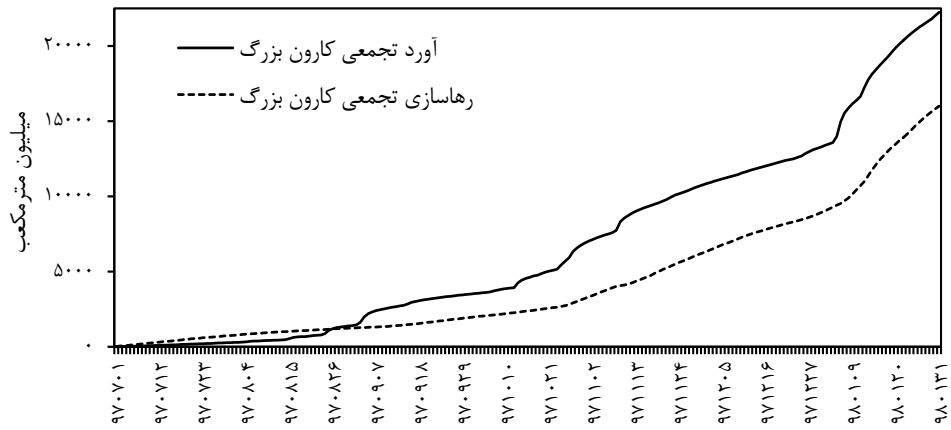
زمان، متولیان امر به دلیل احتمال قوی وقوع بارش‌ها در اسفندماه و فروردین‌ماه پیش رو، اهتمام در کاهش حجم ذخیره و ایجاد فضای خالی برای ذخیره سیلاب‌های آتی کرده‌اند که به دلیل بارش‌های متوالی و محدودیت ظرفیت آبگذری پایین‌دست توفیق چندانی نداشته‌اند (شکل ۱۵).

شکل ۱۵. میزان حجم ذخیره و درصد پُر بودن کل مخازن حوضه آبریز کارون بزرگ



بر اساس شکل ۱۶، از ابتدای مهرماه تا انتهای فروردین‌ماه سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، کل حجم آورد کارون بزرگ حدود ۲۲۲۴۲ میلیون مترمکعب بوده که از این میزان، حجم ۱۶۰۰۵ میلیون مترمکعب آن رهاسازی شده و ۶۲۳۷ میلیون مترمکعب نیز در سدها ذخیره شده است. شایان ذکر است که حدود ۴۰ درصد آورد مذکور در فروردین‌ماه ۱۳۹۸ صورت گرفته است.

شکل ۱۶. میزان آورد تجمعی و رهاسازی تجمعی کل مخازن حوضه آبریز کارون بزرگ



۳-۴. تحلیل کارشناسی سیل حوضه آبریز کارون بزرگ

۳-۴-۱. نقش مهم مدیریت مخازن در کنترل سیلاب کارون بزرگ

همان طور که اشاره شد وجود سدهای متعدد در حوضه آبریز کارون بزرگ، این حوضه را به حوضه‌ای به شدت کنترل شده تبدیل کرده است. این موضوع بدان معناست که *اگرچه سدهای مذکور ابزار و موقعیت مناسبی را جهت کنترل سیلاب فراهم می‌آورند، ولی به همین میزان نقش خطاهای انسانی و تصمیمات نادرست در مدیریت مخازن نیز چالش‌برانگیزتر خواهد شد.* از اواسط بهمن‌ماه ۱۳۹۷ به دنبال بارش‌های متعدد سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، مسئولان امر در حوضه آبریز کارون بزرگ در جهت رهاسازی ذخایر سدها اقدام کرده‌اند، اما سه دلیل عمده زیر موجب عدم توفیق مؤثر آنها در جهت نیل به این هدف شده است:

الف) بارش‌ها در حوضه آبریز کارون بزرگ متعدد و ادامه‌دار بوده است،

ب) آرایش زنجیره‌ای سدها مدت زمان رهاسازی تا خلیج فارس را طولانی می‌کند،

ج) ظرفیت محدود آبگذری پایین‌دست در نقاط مختلف اجازه رهاسازی هر میزان آب را نمی‌دهد.

از آنجایی که حدود ۸۹۵۱ میلیون مترمکعب آورد کارون بزرگ فقط در فروردین‌ماه ۱۳۹۸ اتفاق افتاده است، با توجه به وضعیت مخازن سدها در ابتدای فروردین‌ماه و سایر محدودیت‌های موجود، ذخیره‌سازی این حجم از آب غیرممکن بوده و وقوع سیل در پایین‌دست سدهای این حوضه آبریز اجتناب‌ناپذیر بوده است. *گفتنی است که با پیش‌بینی‌های فصلی و اخطارهای به موقع جهت مدیریت مخازن می‌توان خسارات را به حداقل رساند و حداکثر ذخیره‌سازی را بدون آسیب به پایین‌دست انجام داد.*

۳-۴-۲. اقدامات ضعیف سازه‌ای پایین‌دست

در رخدادهای سیل فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در حوضه کارون بزرگ، از دلایل اصلی تشدید خسارات، اقدامات ضعیف سازه‌ای پایین‌دست بوده است. عدم وجود دیواره‌های سیل‌بند یا ضعیف بودن آنها در نقاط بسیاری باعث آبگرفتگی مناطق شده است. باید توجه کرد که در کنار مدیریت مخازن در شرایط سیلابی نقش سازه‌های کنترل سیلاب پایین‌دست و اقدامات افزایش آبگذری رودخانه نظیر لایروبی، بسیار مهم و قابل توجه است. به نظر می‌رسد که موضوع تعیین حد بستر و حریم رودخانه کارون در بعضی نقاط، باعث تشدید خسارات ناشی از سیل‌های اخیر شده است. موضوع از این قرار است که حد بستر و حریم رودخانه کارون بر اساس سیل با دوره بازگشت‌های کمتر از ۲۵ سال (موضوع آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، انهار، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی و شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی) و با تأیید مقامات ذی‌ربط ستادی و استانی، تعیین شده است. علی‌رغم این امر، *دیواره‌های حفاظتی و سیل‌بندها در بعضی نقاط نیز از کمیت و کیفیت کافی برخوردار نبوده* و در نهایت این موضوع منجر به زیر آب رفتن مناطق مختلفی از ساحل رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز (پارک‌های ساحلی) شده است.

۳-۴-۳. نقش مهم مسیل‌های متروکه

مسیل‌های متروکه (کانال‌های سیلاب‌بر) که در شرایط سیلابی رودخانه کارون بخشی از آب آن را منحرف می‌کنند، در کاهش دبی کارون نقش مهمی را بر عهده دارند. نهرهای بحره و مالح که در شرایط دبی سیلابی کارون وارد عمل می‌شوند و بخشی از دبی سیلابی این رودخانه را به تالاب شادگان منتقل می‌کنند، می‌توانند به عنوان نجات‌دهنده شهر اهواز از سیلاب باشند یا حداقل خسارات احتمالی را به طور چشمگیری کاهش دهند. *متأسفانه ساخت‌وسازها و تصرفات نه تنها ظرفیت آبگذری این مسیل‌ها را محدود کرده، بلکه این عامل خود می‌تواند به تشدید خسارات بینجامد.*

۴-۴-۳. اهمیت اطلاعات صحیح و قابل اعتماد از توپوگرافی و هیدرودینامیک رودخانه‌ها

عدم وجود اطلاعات کافی صحیح و قابل اعتماد از توپوگرافی یا قدیمی بودن نقشه‌های مربوطه و همچنین هیدرودینامیک رودخانه‌ها و سایر اجزای فنی مرتبط با سیل از رودخانه‌های دز و کارون در مقاطع مختلف، تصمیم‌گیری‌ها را با تردیدهایی مواجه ساخته بود. از مهم‌ترین موارد، می‌توان به توپوگرافی رودخانه‌ها و عدم وجود مدل هیدرودینامیکی دوبُعدی پخش سیلاب اشاره کرد. خلأهای اطلاعاتی مذکور به طور مستقیم بر مدیریت مخازن در بالادست اثرگذار خواهد بود. در سیل‌های فروردین‌ماه حداکثر ظرفیت آبگذری مجاز در مقاطع مختلف و از جمله در اهواز، با اطمینان مشخص نبود و متولیان رابطه بین دبی‌های رهاسازی شده از سدها در بالادست و دبی‌های مناطق مختلف پایین‌دست و پهنه سیل‌گیر را به دقت نمی‌دانستند. مصداق بارز آن *اتصال رودخانه‌های کرخه و دز است که منجر به افزایش دبی کارون بزرگ و در نهایت برای شهر اهواز نیز خطرساز شد.* لزوم وجود مدل هیدرودینامیکی دوبُعدی پخش سیلاب به صورت آماده و واسنجی شده و با توپوگرافی‌های با دقت کافی و به‌روز از اجزای مدیریتی بسیار مهم است که می‌تواند نقشی اساسی و مهم را در مدیریت سیل بازی کند.

۴. بررسی سیل استان لرستان

زیرحوضه آبریز کشکان که شهر پلدختر در خروجی آن واقع شده است، یکی از واحدهای هیدرولوژیکی حوضه آبریز کرخه بوده و در شرق آن واقع شده است. مساحت آن ۹۵۶۰ کیلومتر مربع است و حدود ۲۲ درصد مساحت حوضه کرخه و ۳۳ درصد مساحت استان لرستان را تشکیل می‌دهد. رودخانه کشکان از کوه‌های گرین واقع در شمال شهرستان الشتر سرچشمه می‌گیرد و در طول مسیر جریان، رودخانه‌های کاکارضا، خرم‌آباد، چولهول و مادیان‌رود به آن افزوده می‌شود. این رودخانه در ۲۵ کیلومتری جنوب شهر پلدختر در پایین روستای چم‌مهر با رودخانه سیمره تلاقی پیدا می‌کند و بعد از پیوستن رودخانه زال به آن، رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد. دبی متوسط سالیانه رودخانه کشکان معادل ۵۲ مترمکعب بر ثانیه

(معادل ۱۶۴۰ میلیون مترمکعب در سال) است. حداکثر دبی سیلابی ثبت شده رودخانه کشکان معادل ۳۳۰۰ مترمکعب بر ثانیه و مربوط به سیل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸ است. در شکل ۸ موقعیت رودخانه کشکان در حوضه آبریز کرخه نشان داده شده است.

در فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸ به دنبال ۴۸ ساعت بارندگی مداوم در روزهای ۱۳۹۸/۰۱/۰۵ و ۱۳۹۸/۰۱/۰۶ در استان لرستان و به ویژه در حوضه آبریز رودخانه کشکان، سیلاب بزرگی ایجاد شد که به علت قرارگیری شهر معمولان در مسیر رودخانه کشکان و شهرستان پلدختر در خروجی حوضه آبریز کشکان، خسارات زیادی به بخش‌های مختلف و تأسیسات زیربنایی این شهر وارد شد. جریان سیلابی اخیر موجب طغیان آب رودخانه کشکان و سرشاخه‌های آن به اراضی کشاورزی حاشیه‌ای، آبگیری و تخریب تعدادی از پل‌های ارتباطی و قطع ارتباط تعدادی از روستاها، قطع شبکه‌های توزیع آب و برق و قطع راه‌های ارتباطی شد. سیل مذکور باعث محاصره تعدادی از روستاهای مسیر و تخریب برخی منازل مسکونی، تخریب دیواره‌های حائل و حفاظتی داخل شهر پلدختر شد.

۱-۴. تحلیل کارشناسی سیل استان لرستان

در سیلاب فروردین‌ماه ۱۳۹۸ رودخانه کشکان از ۲۴۶ کیلومتر طول این رودخانه، ۲۳۲ کیلومتر آن (معادل ۹۴ درصد) تحت تأثیر سیلاب قرار داشته است. همچنین از طول ۳۵ کیلومتری رودخانه خرم‌آباد نیز تمام آن تحت تأثیر سیلاب قرار گرفته است. سایر رودخانه‌های استان نیز کمابیش تحت تأثیر سیلاب مذکور واقع شده‌اند. جدول ۱۰ دبی سیلاب اخیر و ظرفیت آبگذری رودخانه‌های خرم‌آباد و کشکان را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. دبی سیلاب اخیر و ظرفیت آبگذری رودخانه‌های خرم‌آباد و کشکان

رودخانه	خرم‌آباد	کشکان
طول بازه تحت تأثیر سیل (درصد)	۱۰۰	۹۴
حداکثر ظرفیت آبگذری (مترمکعب بر ثانیه)	۵۰۰	۳۱۰۰
حداکثر دبی سیلاب اخیر (مترمکعب بر ثانیه)	۱۴۰۰	۶۰۰۰

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

همان‌طور که جدول ۱۰ نشان می‌دهد، حداکثر دبی سیلاب حادث شده از حداکثر ظرفیت آبگذری مقطع رودخانه بسیار بیشتر بوده است. علل اصلی تشدید خسارات سیل فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در حوضه آبریز کشکان به طور خلاصه عبارتند از:

ـ تعرضات و تصرفات بستر و حریم رودخانه‌ها،

ـ عدم وجود سازه‌های کنترل سیل در مناطق شهری و روستایی حساس (دیواره‌های سیل‌بند)،

ـ عدم وجود سدهای مخزنی در این بخش از حوضه آبریز کرخه،

ـ کاهش ظرفیت آبگذری رودخانه در نقاط مختلف به دلایل انسانی،

ـ منحصربه‌فرد بودن سامانه بارشی مولد سیل.

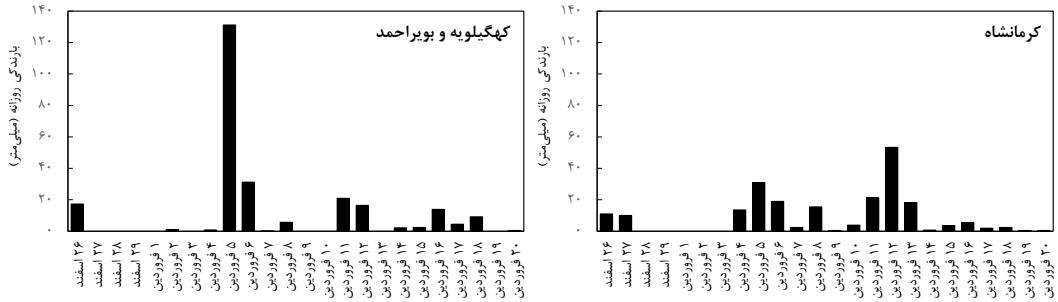
۵. بررسی علل وقوع سیل‌های نیمه اول فروردین‌ماه و علل تشدید تبعات آن

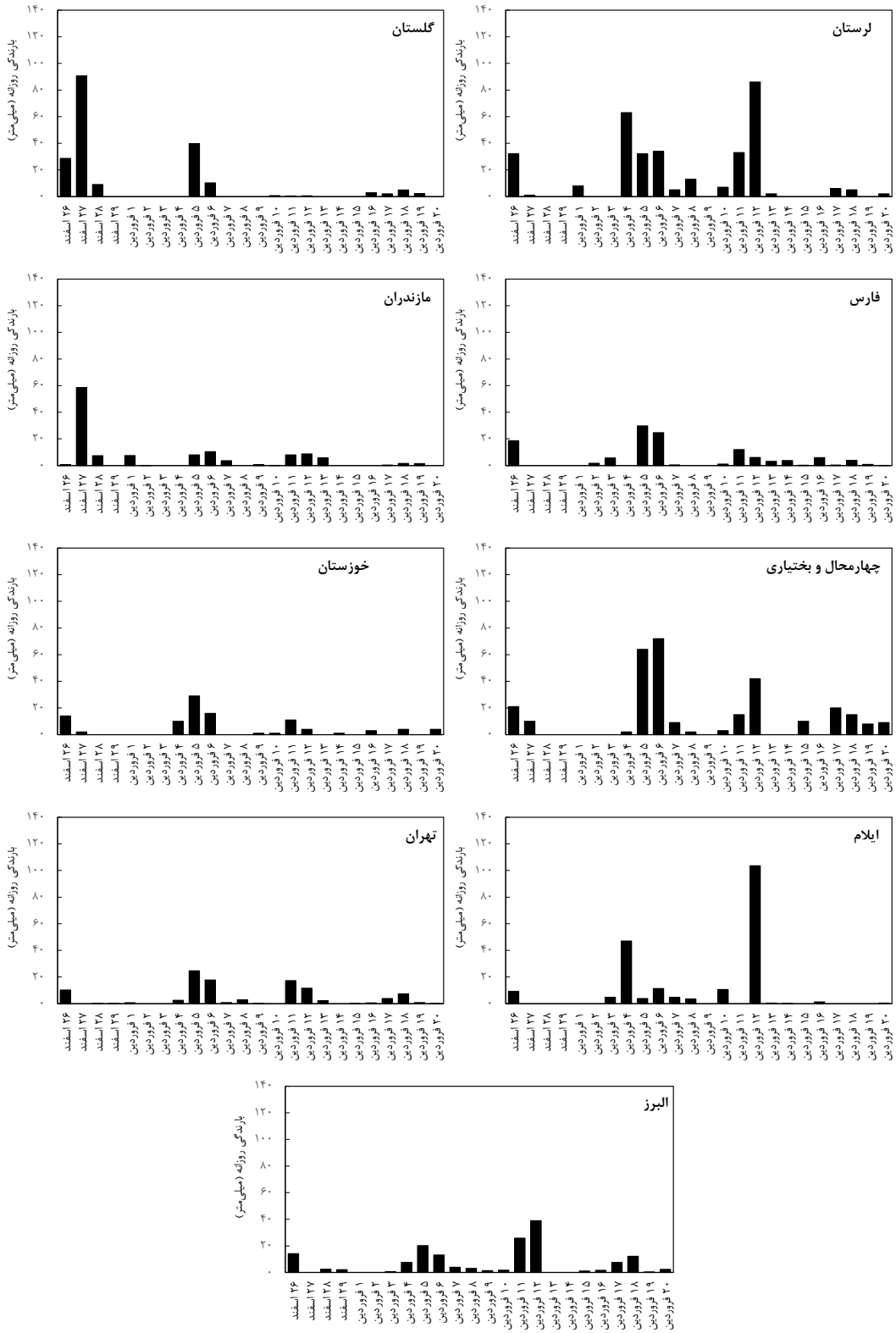
در این بخش از گزارش علل اصلی وقوع سیل‌های نیمه اول فروردین‌ماه، بررسی می‌شود. سیل‌های مذکور به زیرساخت‌های موجود در برخی از شهرها و روستاهای استان‌های لرستان، گلستان، خوزستان، کرمانشاه، مازندران و ایلام و برخی استان‌های دیگر خسارات قابل توجهی را وارد کرد.

۵-۱. بارندگی‌های منتهی به سیل‌های نیمه اول فروردین

مهم‌ترین علت وقوع هر سیل بارندگی‌های مولد آن سیل است. در کنار خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه آبریز (مانند توپوگرافی، شکل، خصوصیات نفوذ و...)، الگوی بارش شامل شدت و مدت آن نیز در شکل‌دهی شدت یک رخداد سیل یا به عبارت دیگر دبی اوج آن مؤثر است. در وقایع سیل اخیر، علاوه بر تداوم بارش، شدت آن نیز در تقویت هر چه بیشتر قدرت سیل مؤثر بوده است. شکل ۱۷ میزان بارش روزانه استان‌های کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، گلستان، فارس، مازندران، چهارمحال و بختیاری، خوزستان، ایلام، تهران و البرز را در بازه ۲۶ اسفند تا ۲۰ فروردین سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ نشان می‌دهد.

شکل ۱۷. میزان بارش روزانه برخی استان‌ها در بازه ۲۶ اسفند تا ۲۰ فروردین سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷





همان طور که شکل ۱۷ نشان می‌دهد، مقادیر زیاد یا بسیار زیاد بارش در بازه ۲۶ اسفند تا ۲۰ فروردین سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، استان‌های کشور، از جمله استان‌های نشان داده شده در شکل ۱۷ را

فرا گرفته است. مقادیر بارش در برخی از استان‌ها بسیار کم‌سابقه بوده و منجر به سیل‌های شدید در این استان‌ها شده است، البته فقط میزان بارش ملاک شدت سیل در یک منطقه نیست. به عنوان مثال، استان خوزستان به عنوان پایین‌دست‌ترین منطقه حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه، منطقه تجمع آب ناشی از بارندگی در استان‌های بالادستی بوده و قطعاً محل رخداد سیل‌های بزرگ خواهد بود.

۲-۵. رعایت نکردن ملاحظات فنی در طراحی زیرساخت‌های شهری و بین‌شهری

متأسفانه در مواردی رعایت نکردن ملاحظات فنی در طراحی زیرساخت‌های شهری و بین شهری به خسارات مالی و حتی جانی منجر شده است. در این راستا یکی از علل اصلی رخداد سیل اخیر شهر شیراز در مسیر ورودی به این شهر، تغییر کاربری مسیل مجاور این مسیر و همچنین عدم وجود سازه آبگذر مؤثر جایگزین در شرایط وجود دبی سیلابی بوده است. در ادبیات علوم سیلاب، این نوع سیل‌ها به سیل‌های ناگهانی[1] معروف است و می‌تواند در اثر عوامل طبیعی، انسانی یا ترکیبی از هر دو به وجود آید. *همچنین لایروبی نکردن رودخانه‌ها نیز یکی از علل تشدید خسارات سیل شهر آق‌قلا در استان گلستان بوده است* که در اثر آن ظرفیت دبی عبوری از رودخانه‌ها کاهش پیدا کرده و در نهایت به افزایش رقوم سطح آب و به تبع آن افزایش پهنه سیلابی منجر شده است. لایروبی منظم و اصولی رودخانه‌ها در این شهر می‌توانست به کاهش چشمگیر خسارات ناشی از سیل کمک کند. عدم وجود شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی یا وجود ناقص آن نیز در بسیاری از شهرها باعث آبگرفتگی معابر یا ورود آب به منازل و تأسیسات شده است.

شایان ذکر است که دوره بازگشت بارندگی‌ها و سیل‌های به وقوع پیوسته اخیر در موارد متعددی بیشتر از دوره بازگشت سیل طراحی سازه‌های شهری، بین شهری یا سازه‌های کنترل سیلاب پایین‌دست بوده است. این موضوع بدان معناست که حذف کامل آسیب‌دیدگی و خسارات سیل‌های اخیر غیرقابل اجتناب بوده است، اما طراحی‌های استاندارد و اصولی قطعاً به کاهش خسارات ناشی از سیل منجر می‌شد.

۳-۵. تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها

بر اساس آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، انهار، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی و شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی، بستر عبارت است از: آن قسمت از رودخانه، نهر یا مسیل که در هر محل با توجه به آمار هیدرولوژیک و داغاب و حداکثر طغیان با دوره برگشت ۲۵ ساله به‌وسیله وزارت نیرو یا شرکت‌های آب منطقه‌ای تعیین می‌شود. در مناطقی که ضرورت ایجاب می‌کند تا سیلاب با دوره برگشت کمتر یا بیشتر از ۲۵ ساله ملاک محاسبه قرار گیرد، شرکت‌های آب منطقه‌ای حسب مورد با

1. Flash Floods

ارائه نقشه‌های مربوط و توجیهات فنی از حوزه ستادی وزارت نیرو مجوز لازم را اخذ خواهند کرد. شایان ذکر است که تغییرات طبیعی بستر رودخانه‌ها، مسیل‌ها یا انهار طبیعی در بستر سابق تأثیری نداشته و بستر سابق کماکان در اختیار حکومت اسلامی است، لکن حریم برای آن منظور نخواهد شد.

بر اساس آیین‌نامه مذکور، حریم عبارت است از: آن قسمت از اراضی اطراف رودخانه، مسیل، نهر طبیعی یا سنتی، مرداب و برکه‌های طبیعی که بلافاصله پس از بستر قرار دارد و به عنوان حق ارتفاق برای کمال انتفاع و حفاظت کمّی‌وکیفی آنها لازم است و طبق مقررات این آیین‌نامه توسط وزارت نیرو یا شرکت‌های آب منطقه‌ای تعیین می‌شود. حریم انهار طبیعی، رودخانه‌ها و مسیل‌ها (اعم از اینکه آب دائم یا فصلی داشته باشند) و مرداب‌ها و برکه‌های طبیعی برای عملیات لایروبی و بهره‌برداری از ۱ تا ۲۰ متر و برای حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها، انهار طبیعی و برکه‌ها تا ۱۵۰ تراز افقی از منتهی‌الیه بستر خواهد بود که بنا به مورد و نوع مصرف و وضع رودخانه، نهر طبیعی و برکه به وسیله وزارت نیرو یا شرکت‌های آب منطقه‌ای تعیین می‌شود. در مورد بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها و موارد نقض این آیین‌نامه می‌توان سه نکته زیر را بیان کرد:

۱. *در بسیاری موارد ساخت‌وسازها در بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها باعث سیل‌گرفتگی آنها شده و در نهایت به خسارات منجر شده است.* شایان ذکر است که وقوع خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌های پی‌درپی در نهایت باعث کم‌اهمیت شدن بستر و حریم رودخانه‌ها شده است و این امر به افزایش ساخت و سازها در این مکان‌ها منجر شده است که قطعاً باعث تشدید خسارات ناشی از سیل خواهد شد.

۲. در سیل‌های اخیر دوره بازگشت سیل‌ها به طور چشمگیری بیشتر از ۲۵ سال بوده است. این موضوع سبب شده است که در نهایت سیل‌های به وقوع پیوسته پهنه‌ای بسیار بیشتر از حد تعیین شده توسط آیین‌نامه را تحت تأثیر قرار دهند. اگرچه رعایت حد بستر و حریم و عدم ساخت‌وساز در آنها در سیل‌های اخیر باعث از بین رفتن کامل خسارات مترتبه نمی‌شده است، اما این امر می‌توانست به کاهش خسارات بینجامد.

۳. بر اساس آیین‌نامه تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، وزارت نیرو مکلف است که از طریق شرکت‌های آب منطقه‌ای، حد بستر و حریم تمام رودخانه‌ها و مسیل‌ها را تعیین و موضوع را تا حصول نتیجه پیگیری کند. *اجرا نکردن کامل مفاد این آیین‌نامه و اختلاف‌ها و ناهماهنگی‌های بین سایر دستگاه‌ها (به خصوص شهرداری‌ها، وزارت کشور و وزارت راه و شهرسازی) و وزارت نیرو در این مورد، در نهایت به موارد بیشتر تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها و به خصوص مسیل‌ها منجر شده است.* به عنوان مثال جدول ۱۱ تصرفات بستر و حریم مرتبط با سیل‌های اخیر را در استان‌های گلستان، لرستان و خوزستان، نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. تصرفات بستر و حریم مرتبط با سیل‌های اخیر

استان	تعداد کل تصرفات بستر و حریم	مساحت تصرفات (هکتار)	
		بستر	حریم
گلستان	۳۷۶۹	۱۳۵۷	۴۹
لرستان	۳۱۳	۸۸	۷
خوزستان	۷۷۴	۶۹۴	۲۱۰
جمع	**۴۸۵۶**	**۲۱۳۹**	**۲۶۶**

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

جدول ۱۲ وضعیت اعتبارات مدیریت رودخانه‌ها با رویکرد احیاء در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. همان گونه که این جدول نشان می‌دهد، در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، عملکرد تخصیص اعتبارات مذکور به‌ترتیب ۱۷ و ۶۱ درصد بوده است.

جدول ۱۲. وضعیت اعتبارات مدیریت رودخانه‌ها با رویکرد احیاء در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

(میلیارد ریال)

سال	تخصیص	عملکرد	درصد عملکرد
۱۳۹۶	۳۶۹۱	۶۴۳	۱۷
۱۳۹۷	۱۷۷۰	۱۰۷۳	۶۱
جمع	**۵۴۶۱**	**۱۷۱۶**	**۳۱**

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

همچنین جدول ۱۳ آخرین وضعیت عملکرد مهندسی رودخانه در استان‌های گلستان، لرستان و خوزستان را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول می‌توان نتیجه‌گیری نمود که عملکرد در موارد مطالعات حد بستر و حریم، رپرگذاری و ساماندهی رودخانه در مقایسه با طول کل رودخانه‌های استان به‌صورت چشم‌گیری کمتر بوده است. همچنین طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ سالانه به‌طور متوسط حدود ۳۵۰ کیلومتر عملیات لایروبی رودخانه‌ها در کل کشور انجام شده است که در مقایسه با طول کل رودخانه‌ها بسیار ناچیز است. شایان ذکر است که در این مورد باید به عدم تناسب اعتبارات و حجم طرح‌های موجود نیز توجه داشت.

جدول ۱۳. آخرین عملکرد مهندسی رودخانه در استان‌های گستان، لرستان و خوزستان

(کیلومتر)

استان	طول کل رودخانه‌ها	مطالعات حد بستر و حریم	رپرگذاری	ساماندهی
گلستان	۲۷۰۰	۱۳۹۹	۶۵۶	۳۰
لرستان	۴۸۹۹	۱۴۷۹	۱۷۲	۵۴
خوزستان	۶۷۳۰	۲۶۷۴	۳۴۷	۷۴

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

نکته قابل عنوان و مهم این است که در وقایع سیل اخیر باید خسارات مالی و جانی ناشی از تخلفات مرتبط با بستر و حریم رودخانه‌ها به‌طور دقیق مورد شناسایی و بررسی قرار گیرد و چالش‌ها و معضلات مربوطه و همچنین قصورهای احتمالی مدیریتی و اجرایی ناشی از عملکرد دستگاه‌های ذیربط مورد تحقیق و تفحص قرار گیرد و مستندسازی‌های مربوطه توسط دستگاه‌های بازرسی و نظارتی کشور انجام شود.

۴-۵. اقدامات نامطلوب سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل

تمام اقدامات کنترل سیل در دو دسته سازه‌ای و غیرسازه‌ای جای می‌گیرند. متأسفانه دستگاه‌های متولی امر در هر دو نوع اقدامات در موارد متعددی ناموفق بوده‌اند. در اقدامات سازه‌ای کنترل سیل که عمدتاً شامل ساماندهی و مهندسی رودخانه، تعیین حد بستر و حریم، لایروبی، افزایش ظرفیت آبگذری، سیل‌بندها، شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و زهاب‌ها، حوضچه‌های کنترل سیل و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها می‌شود، *خلل‌های متعددی وجود دارد که مصادیق آن در سیل‌های اخیر مشخص شده است.* باید عنوان کرد که حتی عملکرد اقدامات غیرسازه‌ای ضعیف‌تر بوده است. در این دسته از اقدامات، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تهیه نقشه‌های خطر سیلاب‌های شهری، سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار، مدل‌های مدیریت مخازن تحت شرایط سیلابی و بیمه سیل جای دارند، که به غیر از موارد بسیار معدودی، *تقریباً در سیل‌های اخیر، هیچ عملکردی نداشته است.* توفیق نداشتن اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل، به شدت خسارات ناشی از آن را افزایش می‌دهد.

نکته بسیار مهم در مورد اقدامات سازه‌ای در سیل‌های استان خوزستان این است که با توجه به حجم مخازن، درصد پُر بودن آنها، آستانه تحمل پایین‌دست (حداکثر ظرفیت آبگذری ایمن) و احتمال قوی بارش‌ها در اسفندماه ۱۳۹۷ و فروردین‌ماه ۱۳۹۸، از نیمه بهمن‌ماه ۱۳۹۷، سیل‌های مناطق پایین‌دست (به خصوص در حوضه آبریز کرخه) قابل پیش‌بینی بود و *انتظار می‌رفت که در فاصله زمانی تا شروع سیل‌های فروردین‌ماه ۱۳۹۸، اقدامات سازه‌ای پایین‌دست در نقاط حساس به صورت ضرب‌الاجلی و با حداکثر سرعت انجام شود.*

در وقایع سیل اخیر خلأ استفاده از سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل در چهارچوب مدیریت جامع سیل به‌شدت حس می‌شود. هدف اصلی مدیریت جامع سیل تأمین حداکثری منافع از پهنه‌های سیلابی رودخانه‌ها در کنار حداقل کردن خسارات مترتبه است. در مدیریت جامع سیل این امر توسط اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای به انجام می‌رسد. در این راستا مدیریت مخزن در تسکین و کاهش اثرات سیل نقش بسیار مهمی را در محافظت جوامع پایین‌دست از جنبه‌های مختلف انجام می‌دهد. در حوضه‌های آبریز کنترل شده توسط سدهای متعدد، اگرچه این سدها می‌توانند در کنترل سیل نقش مهم و مثبتی را ایفا کنند، ولی در عین حال باید توجه داشت که تحت شرایط سیل‌های شدید، مدیریت مخازن باید با نظام‌ها و دستورالعمل‌های از پیش تعیین شده صورت گیرد. در این حالت نقش سامانه‌های

هشدار و پیش‌بینی سیل، بسیار پررنگ و مهم خواهد بود.

سامانه‌های آنلاین پیش‌بینی سیل معمولاً دارای چهار مؤلفه پیش‌بینی بارش، شبکه هیدرومتری رودخانه‌ها، مدل شبیه‌سازی سیل و کنترل مرکزی هستند. سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل برای عملکرد و پاسخ‌دهی صحیح نیاز به تلفیق داده‌های زیر در یک چهارچوب مناسب دارند:

- داده‌های هیدرولوژیکی: شامل سطح آب و میزان جریان آب در رودخانه‌ها،
- داده‌های هواشناسی: شامل میزان بارش،
- داده‌های توپوگرافی: شامل مدل رقومی حوضه آبریز و عوارض موجود،
- داده‌های پایین‌دست: شامل زیرساخت‌ها و جوامع و مکان‌های آن‌ها.

بر این اساس و با استفاده از خروجی‌های مدل و اطلاعات پایین‌دست، مسئولین می‌توانند نحوه صحیح مدیریت مخازن را در شرایط سیل اعمال کنند که این امر به حداقل خسارات در پایین‌دست منجر خواهد شد. برخی از نمونه‌های سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل در کشورهای انگلیس، آمریکا، استرالیا و بنگلادش قابل عنوان است.

۶. سایر تحلیل‌های کارشناسی از مناظر مختلف

در این بخش از گزارش تحلیل‌های کارشناسی درباره مسائل کارشناسی، فنی و علمی مرتبط با وقایع سیل اخیر از مناظر مختلف ارائه می‌شود.

۶-۱. تغییر اقلیم

نتایج تحقیقات محققان تغییر اقلیم حاکی از آن است که پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی باعث تشدید وقایع حدی اقلیمی (به عنوان مثال خشکسالی و سیل) می‌شود. بارش‌های گسترده اخیر در سطح کشور، پس از دوره چندین ساله خشکسالی، میانگین بارش را به مقدار چشمگیری افزایش داده است. البته به دلایل قابل پیش‌بینی نبودن اقلیم، عدم قطعیت‌های زیاد، درک ناقص بشر از فیزیک پدیده‌های ذی‌ربط و کمبود قدرت محاسباتی مورد نیاز، نمی‌توان دوره‌های منظم خشکسالی و ترسالی را از قبل پیش‌بینی کرد.

نکته دیگر ارتباط بارش‌ها و سیل‌های اخیر با پدیده تغییر اقلیم است. در این مورد نیز نمی‌توان با صراحت اظهارنظر کرد که آیا دلیل اصلی بارش‌های اخیر پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بوده یا اینکه این بارش‌ها جزء نوسانات طبیعی اقلیم بوده است. بر اساس نتایج مطالعات معتبر (نیچر، ۲۰۱۸)، برای تشخیص نقش تغییر اقلیم در پدیده‌های حدی اقلیمی، تحقیقاتی اضافه مورد نیاز است. بر اساس نتایج تحقیقاتی که روی ۱۹۰ پدیده حدی اقلیمی شامل موج گرما، خشکسالی، سیل، تغییر دمای اقیانوس‌ها، ذوب شدن یخ‌ها و برف‌ها و توفان در

نقاط مختلف جهان انجام شده، دوسوم این پدیده‌ها از اثر بشر بر اقلیم نشئت گرفته یا حداقل به وسیله آن تشدید شده است. جدول ۱۴ جزئیات این پدیده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴. ارتباط برخی از پدیده‌های حدی اقلیمی با نقش بشر در تغییر اقلیم

پدیده حدی اقلیمی	تعداد		
	کل	انسان‌ساخت یا متأثر شده از فعالیت‌های انسانی	طبیعی
موج گرما	۶۱	۵۴	۷
خشکسالی	۴۱	۲۳	۱۸
سیل	۳۹	۲۲	۱۷
تغییر دمای اقیانوس‌ها	۲۰	۱۸	۲
ذوب شدن یخ‌ها و برف‌ها	۲۰	۱۳	۷
توفان	۹	۳	۶
جمع	**۱۹۰**	**۱۳۳**	**۵۷**

Source: Nature, 2018.

همان طور که این جدول نشان می‌دهد، از ۴۱ واقعه خشکسالی اتفاق افتاده در سطح جهان، ۲۳ واقعه آن (۵۶ درصد) انسان‌ساخت بوده یا حداقل به وسیله فعالیت‌های انسانی تشدید شده است. در مورد بارش‌های سیل‌آسا و سیل نیز از ۳۹ واقعه بررسی شده ۲۲ واقعه آن (۵۶ درصد)، انسان‌ساخت بوده و یا به وسیله انسان تشدید شده است.

۲-۶. نقص در قوانین و آیین‌نامه‌ها

در حال حاضر اصلی‌ترین قانون مرتبط با کنترل و مدیریت سیل و بستر و حریم رودخانه‌ها، قانون توزیع عادلانه آب و آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، انهار، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی و شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی است. با مرور مواد قانون توزیع عادلانه آب مشخص می‌شود که عموماً این قانون راهکارهای مؤثری را برای کنترل و مدیریت سیل پیشنهاد نمی‌کند. این امر در حالی است که قانون پیشگیری و مبارزه با خطرات سیل (مصوب ۱۳۴۸ مجلس شورا) نیز وجود دارد که ناظر بر کنترل و مدیریت سیل و نحوه برخورد با مستحدثات در بستر و حریم رودخانه‌هاست. اگرچه این قانون نیز جامعیت لازم را در راهکارهای کنترل و مدیریت سیل ندارد، اما مختص بودن یک قانون جداگانه برای کنترل و مدیریت سیل، نشان از اهمیت این پدیده طبیعی دارد.

از آنجایی که پیشگیری از آسیب‌های سیل با استفاده از راهکارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نقش اساسی در کاهش خسارات آن دارد، وجود نقص‌های قانونی در این حیطه و اثرات آن در سیل‌های اخیر کشور مشخص

می‌شود. از طرف دیگر وجود قانون جداگانه یا حداقل مواد قانونی صریح و محکم با هدف پیشگیری از تشدید تبعات سیل، می‌تواند از بخشی از ناهماهنگی‌ها و موازی‌کاری‌های موجود جلوگیری کند.

۳-۶. اتمام دوره خشکسالی

همان گونه که اشاره شد، به دلایل مختلف، پیش‌بینی و در نظر گرفتن دوره‌های متوالی خشکسالی و ترسالی برای اقلیم کشور ممکن نیست. با توجه به دوره چندین ساله خشکسالی در کشور و وجود بحران آب در بخش‌های مختلف، بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها و جهت‌گیری‌های بخش‌ها و زیربخش‌های مختلف بر این مبنا شکل گرفته یا حداقل در حال شکل‌گیری است. وقوع یک سال آبی با بارش‌های بالاتر از متوسطدرازمدت نباید سیاست‌گذاران و متولیان کشور را از خشکسالی غافل ساخته و برنامه‌ریزی‌های بر این مبنا را بی‌اثر سازد. به عنوان مثال می‌توان سیل عظیم سال ۲۰۱۰ میلادی پاکستان را مطرح کرد که به‌رغم آن، طی سال‌های بعد خشکسالی‌ها تداوم یافته و حتی در مواردی تشدید نیز شده‌اند.

خسارات زیاد، آشکار و ناگهانی سیل نباید متولیان امر در مدیریت آب کشور را از خسارات زیادتر، پنهان و تدریجی خشکسالی غافل سازد. جهت‌گیری برنامه‌ریزی‌ها و پارادایم خشکسالی و بحران آب در سیاستگذاری‌های کشور با تلاش و تأخیر چندین ساله در حال شکل‌گیری بوده است که به طور حتم نباید به سادگی به فراموشی سپرده شود. از طرف دیگر این موضوع ناقض برنامه‌ریزی در جهت کنترل و مدیریت سیل و جبران خسارات ناشی از آن نیز نیست.

۴-۶. اثر سدسازی بر کنترل سیل

در نقش مهم سدها در کنترل و مدیریت سیل به خصوص در مناطق پایین‌دست حوضه‌های آبریز تردیدی وجود ندارد. به عنوان مثال واقع شدن خوزستان در ناحیه پایین‌دست و تلاقی دو حوضه آبریز کارون بزرگ و کرخه باعث سرازیر شدن احجام بسیار زیاد آب چندین استان به این قسمت می‌شود. بدون وجود سدهای این حوضه‌های آبریز قطعاً نجات قسمت‌های بسیار وسیعی از این حوضه‌های آبریز از سیل غیرممکن می‌شد.

با وجود سدهای مخزنی بزرگ در حوضه‌های آبریز، تحت شرایط سیلابی، مدیریت مخازن به عنوان اساسی‌ترین رکن کنترل و مدیریت سیل مطرح می‌شود. در سیل‌های اخیر نیز نقش مدیریت مخازن سدهای حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه (سدهای کارون ۴، کارون ۳، شهید عباس‌پور، مسجدسلیمان، گتوند علیا، کرخه، سیمره و دز) در کنترل و مدیریت سیل پایین‌دست بسیار مهم بوده است. نکته بسیار مهم اینجاست که البته در این شرایط نقش اشتباهات انسانی و مدیریتی، بسیار مهم و چالش‌برانگیز می‌شود و می‌تواند جبران‌ناپذیر باشد.

شایان ذکر است که در حال حاضر سیل‌های اخیر و وقوع فقط یک سال ترسالی، نباید در حال حاضر بهانه‌ای برای تأسیس و ساخت سدهای بزرگ بیشتر شود، چراکه تحت شرایط خشکسالی‌های اخیر، هیچ‌گاه مخازن سدهای موجود کشور در سال‌های اخیر، حتی تا نصف هم از آب پُر نبوده است. از طرف دیگر نقش سدهای موجود را در کنترل سیلاب‌های اخیر نیز نباید نادیده گرفت، چراکه همیشه در طول تاریخ و در نقاط مختلف جهان، حاشیه رودخانه‌ها به عنوان مناسب‌ترین مکان‌های اسکان بشریت بوده‌اند و به‌تبع آن باید تمهیدات کنترل سیل را نیز در نظر گرفت. تحت شرایط و سطح فعلی پیشرفت علم و فناوری بشر، هنوز سدها به عنوان یکی از سازه‌های اصلی کنترل و مدیریت سیل مطرح هستند. لذا اظهارنظرها در این مورد باید به صورت فنی، اصولی و با لحاظ جمیع شرایط و جدای از تعصبات و جهت‌گیری‌های دستگاهی انجام شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پس از یک دوره چندین ساله خشکسالی، سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ سالی با بارش‌های فراوان و سیل‌های متعدد بوده است. تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ بارش‌ها در کل کشور نسبت به موقعیت مشابه در سال آبی گذشته و متوسط درازمدت به‌ترتیب حدود ۱۸۱ و ۴۶ درصد افزایش داشته است. جالب توجه است که سال‌های آبی متوالی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به ترتیب از نظر خشکسالی و ترسالی در طول دوره آماری ثبت شده در کشور بسیار کم‌سابقه و منحصربه‌فرد است. همچنین تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ کل حجم ورودی و خروجی مخازن سدهای کشور به ترتیب حدود ۵۱/۰۶ و ۳۲/۸۴ میلیارد مترمکعب بوده است. در نتیجه حجم ۱۸/۲۲ میلیارد مترمکعب در مخازن سدها ذخیره شده که با احتساب حجم ذخیره شده اولیه، درصد پُری کل مخازن سدهای کشور به ۷۶ درصد در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ رسیده است. در موقعیت زمانی مشابه در سال آبی گذشته، درصد پُر بودن کل مخازن سدهای کشور ۴۸ درصد بوده است.

بارش‌های متعدد با تداوم و شدت بالا در سال آبی جاری منجر به وقوع سیل در نقاط مختلفی از کشور شد، که سیل‌های مذکور در انتهای اسفندماه ۱۳۹۷ و ابتدای فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در استان‌های گلستان، خوزستان و لرستان خسارات زیادی را پدید آورد. به عنوان نکات مهم و نتیجه‌گیری‌های کلی می‌توان موارد زیر را مطرح کرد:

۱. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شدت و حجم سیل‌های موضوعه در حدی بوده که وارد آمدن خسارات و چالش‌های مرتبط، تقریباً اجتناب‌ناپذیر بوده است. تحت این شرایط موضوع مهم این است که تا چه حد قابلیت کاهش این خسارات وجود داشته و آیا خسارات ایجاد شده متناسب با ظرفیت‌ها و امکانات دستگاه‌های ذی‌ربط کشور بوده است یا خیر.

۲. *دوره‌های متوالی و چندین ساله خشکسالی پیشین و به خصوص خشکسالی استثنایی سال آبی*

گذشته، امکان عکس‌العمل شایسته و به موقع را از متولیان مربوطه، تا حدی سلب کرده بود. غافلگیر شدن، تلاش در جهت ذخیره آب بیشتر و آماده نبودن اقدامات و زیرساخت‌های مهار و کنترل سیل، همگی از مصادیق این امر است. البته همان گونه که اشاره شد، حذف کامل خسارات اجتناب‌ناپذیر بوده است.

۳. *واضح است که در صورت وجود اخطارهای فصلی قابل اطمینان و همچنین وجود نظام تنظیم عملکرد و مدیریت مخازن بر اساس این اخطارها، خسارات کاهش می‌یافت.* هرچند با صراحت نمی‌توان در مورد درصد کاهش خسارات از این جنبه اظهارنظر کرد و اظهارنظر قطعی در این مورد نیاز به مطالعات تکمیلی دارد. از طرف دیگر باید به عدم قطعیت ناشی از پیش‌بینی‌های فصلی نیز توجه داشت. معمولاً این نوع پیش‌بینی‌ها طی یک تا دو ماه آینده باید حدود ۷۰ درصد دقت داشته باشند و چشم‌انداز نسبتاً صحیحی را طی این مدت ارائه دهند.

۴. از زمان دریافت پیش‌بینی‌ها مبنی بر بارش‌های شدید در استان گلستان و همچنین پیش‌بینی‌های مبنی بر تغییر رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کرخه و کارون بزرگ به سمت بارش‌های زیاد، احتمال رخداد سیل در پایین‌دست حتمی می‌نمود. منتهی تحت این شرایط با توجه به وضعیت پُر بودن مخازن و آستانه تحمل پایین‌دست (حداکثر ظرفیت آبگذری ایمن)، دیگر امکان تخلیه مخازن جهت ذخیره سیلاب‌ها، بدون ایجاد سیل مصنوعی در پایین‌دست، وجود نداشت. *در این حالت راهکار مهم تأسیس و تقویت اقدامات حفاظتی پایین‌دست، مانند دیواره‌های سیل‌بند، است، که متأسفانه خلأهایی در این زمینه وجود داشت.* ذکر این نکته ضروری است که به دلیل حجم بالای سیلاب‌ها و محدودیت‌های در عمل، امکان ذخیره آنها به طور کامل وجود نداشته است.

۵. *یکی از عوامل مهم افزایش خسارات، تجاوزات به بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها و تصرفات آنها بوده است. عملکرد نامطلوب دستگاه‌های متولی و ناهماهنگی‌های بین آنها علت اصلی این موضوع است.* تصرفات بستر و حریم رودخانه‌ها علاوه بر افزایش خسارات مالی و جانی به طور مستقیم، از طرف دیگر باعث کاهش ظرفیت آبگذری رودخانه شده و در نهایت به گسترده‌تر شدن پهنه سیلاب می‌انجامد. مصداق بارز این موضوع ساخت‌وسازهای درون بستر و حریم نهرهای سیلاب بر اطراف شهر اهواز است که باعث آبگیری نشدن کامل آنها و افزایش دبی سیلابی کارون می‌شود. نکته مهم این است که در وقایع سیل اخیر باید خسارات مالی و جانی ناشی از تخلفات مرتبط با بستر و حریم رودخانه‌ها به‌طور دقیق مورد شناسایی و بررسی قرار گیرد و چالش‌ها و معضلات مربوطه و *همچنین قصورهای احتمالی مدیریتی و اجرایی ناشی از عملکرد دستگاه‌های ذیربط مورد تحقیق و تفحص قرار گیرد و مستندسازی‌های مربوطه توسط دستگاه‌های بازرسی و نظارتی کشور نیز انجام شود.*

۶. در مواردی، *عدم شناخت دقیق از شرایط رودخانه و حوضه‌های آبریز مانند توپوگرافی آنها و همچنین وجود نداشتن مدل‌های دوبُعدی هیدرودینامیک قابل اطمینان، تصمیم‌گیری‌های مرتبط با*

مدیریت مخازن را با چالش همراه ساخته بود. شناخت دقیق رابطه دبی‌های رها شده از مخزن و دبی‌ها در مقاطع مختلف رودخانه در پایین‌دست و همچنین پهنه سیلابی از اجزای بسیار مهم در مدیریت مخازن تحت شرایط سیلابی است.

۷. در سیل‌های اخیر، *رعایت نشدن ملاحظات فنی مطلوب در طراحی زیرساخت‌های شهری و بین‌شهری از جمله دوره بازگشت مناسب سازه‌ها، یکی از دلایل مهم وارد شدن خسارت‌هاست.* تخریب پل‌های تازه‌ساز، جاده‌ها، عملکرد شانه ریل راه‌آهن به عنوان یک مانع سرتاسری در برابر جریان سیلاب و تخریب دیواره‌های حفاظتی سیل‌بند در درون شهرها به عنوان مصادیق این موضوع قابل عنوان است.

۸. متأسفانه تجربه سیل استان گلستان، سومین تجربه سیل شدید در این استان طی دو دهه اخیر است و *در سیل‌های اخیر هیچ‌گونه مواردی ناظر بر تجربه‌گیری از سیل‌های قبلی مشاهده نمی‌شود.* سیستم‌های هشدار سیل، اقدامات حفاظتی مناسب و قابل اطمینان پایین‌دست و اقدامات آبخیزداری جهت کنترل سیل و رسوب در سرشاخه‌ها، از حداقل‌های قابل انتظار در مهار و کنترل سیلاب اخیر و کاهش خسارات آن بودند.

۹. باید در نظر داشت که به دلیل محدودیت‌های متعدد، امکان تعریف دوره‌های خشکسالی و ترسالی منظم برای اقلیم کشور امکانپذیر نیست، لذا در حال حاضر اظهارنظر در مورد اتمام دوره خشکسالی و ورود به دوره ترسالی ممکن نیست و نباید از خشکسالی و مضرات آن و برنامه‌ریزی‌های انجام شده طی سال‌های قبل غافل شد. همچنین اظهارنظر در مورد اینکه آیا سیل‌های اخیر ناشی از تغییرات اقلیم بوده یا در محدوده اقلیم طبیعی جای داشته است، به مطالعات گسترده مجزا نیاز دارد.

طرح‌ها و راهکارهایی که به منظور پیشگیری و کاهش خسارات سیل برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود را می‌توان به دو دسته عمده سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم کرد. در روش‌های سازه‌ای عمدتاً با اجرای طرح‌هایی نظیر سدسازی، احداث سیل‌بند و خاکریزها، ساماندهی رودخانه و غیره، سیلاب کنترل و مهار می‌شود. در روش‌های غیرسازه‌ای با عملیاتی نظیر پهنه‌بندی، اعمال مقررات خاص، سیستم‌های هشدار و غیره، ضمن اجازه عبور سیلاب از مناطق، موجبات کاهش خسارت فراهم می‌شود (طرح جامع مدیریت سیل کشور، ۱۳۹۸). جدول ۱۵ محورهای کلی و اهم فعالیت‌های ذیل هر محور را در کنترل و مدیریت سیل نشان می‌دهد. همچنین جدول ۱۶ اهم اقدامات مطلوب دستگاه‌های مختلف مرتبط با بستر و حریم رودخانه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۵. محورهای کلی و فعالیت‌های مختلف کنترل و مدیریت سیل

محور فعالیت	نام فعالیت
طرح جامع سیل	در برگیرنده تمام مؤلفه‌ها و فعالیت‌های از پیش تعیین شده سازه‌ای و غیرسازه‌ای مهار و کنترل سیلاب در مناطق مختلف کشور
نظامنامه مدیریت سیل	شامل تعیین تکلیف، شفاف‌سازی، هماهنگ‌سازی و نظام‌مند کردن مسئولیت‌ها و روابط دستگاه‌های مختلف در مورد سیلاب در مقاطع زمانی قبل از بحران، در حین بحران و بعد از بحران، دارای ضمانت اجرایی برای تمام دستگاه‌های دخیل
مدیریت حوضه و حفاظت آبخیز	استراتژی متناسب مدیریت سیل برای پرداختن به انواع مختلف سیل
	اجرای طرح‌های آبخیزداری
	لحاظ مفاهیم مدیریت سیل در برنامه‌ریزی کاربری اراضی
مطالعه و اجرای طرح‌های سازه‌ای مهار سیل	احداث سد
	ساماندهی رودخانه
	مقاوم‌سازی ساختمان‌ها
مطالعه و اجرای طرح‌های غیرسازه‌ای	تقویت اجرای نقشه‌های سیلاب‌دشت‌ها
	مطالعه و اجرای سیستم‌های هشدار سیل
	مدیریت سدها در سیلاب
	بیمه سیل
سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی	مطالعه و اجرای سیستم‌های جمع‌آوری آب شهری
مدیریت بحران سیل	سازمان‌دهی، تصمیم‌سازی و هماهنگی در سطح ملی
	تهیه طرح‌های محلی اضطراری برای مدیریت سیل
آموزش تخصصی و همگانی	گسترش برنامه‌های ظرفیت‌سازی، اطلاع‌رسانی و مشارکت عمومی

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶.

جدول ۱۶. اهم اقدامات مطلوب دستگاه‌های مختلف مرتبط با بستر و حریم رودخانه‌ها

دستگاه	اقدامات مطلوب
وزارت نیرو	ـ تعیین حد بستر و حریم تمام پهنه‌های آبی موضوع قانون توزیع عادلانه آب و آیین‌نامه مربوطه ـ پیگیری تصرفات بستر و حریم تا رفع تصرف در مراجع مربوطه ـ انجام اقدامات حفاظتی سازه‌ای و غیرسازه‌ای مرتبط با رودخانه‌ها به خصوص در مناطق سیل‌خیز
سازمان ثبت اسناد و املاک کشور	ـ اخذ استعلام از وزارت نیرو در زمان هرگونه اقدام ثبتی برای اراضی مجاور رودخانه‌ها و تالاب‌ها ـ تهیه و ارائه لایه اطلاعات حقوقی کاداستر پلاک‌های واقع در حد بستر رودخانه‌ها و تالاب‌ها به دستگاه‌های مرتبط ذی‌صلاح
شهرداری	ـ هماهنگی لازم با وزارت نیرو در اجرای طرح‌های کنترل سیلاب داخل شهر ـ جانمایی نقشه‌های حد بستر و حریم در طرح‌های هادی و تفصیلی در زمان مطالعه و تثبیت توسط کمیسیون ماده (۵)
وزارت کشور	ـ تأکید بر رعایت ضوابط تعیین حد بستر و حریم در جلوگیری از ساخت‌وساز در اراضی بستر و حریم ـ الزام به رفع انسداد نقاط گلوگاهی فاقد آبگذری ایمن سیلاب در مسیر رودخانه‌های کشور

دستگاه	اقدامات مطلوب
وزارت راه و شهرسازی	ـ جانمایی و تثبیت نقشه‌های حد بستر و حریم در طرح‌های جامع در زمان مطالعه ـ ابلاغ ضوابط تعیین حد بستر و حریم در جلوگیری از ساخت‌وساز و تغییر کاربری در اراضی بستر و حریم به کمیسیون ماده (۵)
مراجع قضایی	ـ تعیین تکلیف نحوه به رسمیت شناختن اسناد صادره برای اراضی بستر و حریم رودخانه‌ها در قالب بخشنامه‌های قضایی ـ اتخاذ رویه‌های واحد مابین قضات در صدور احکام مرتبط با تصرفات بستر و حریم ـ صدور دستور قضایی رفع تصرفات و رعایت محدوده بستر و حریم رودخانه به دستگاه‌های دولتی
بنیاد مسکن	ـ جانمایی و تثبیت نقشه‌های حد بستر و حریم در طرح‌های هادی روستایی

مأخذ: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸.

منابع و مآخذ

۱. شرکت مدیریت منابع آب ایران، آمار و ارقام مربوط به بارندگی در کشور، ۱۳۹۸.
۲. شرکت مدیریت منابع آب ایران، آمار و ارقام مربوط به حجم مخازن سدهای کشور، ۱۳۹۸.
۳. شرکت مدیریت منابع آب ایران، آمار و ارقام مربوط به ورودی و خروجی روزانه سدهای کشور، ۱۳۹۸.
۴. سازمان هواشناسی کل کشور، آمار و ارقام مربوط به بارندگی در کشور، ۱۳۹۸.
۵. شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، گزارش اجمالی سیلاب گرگان‌رود ـ اسفندماه ۱۳۹۷ و فروردین‌ماه ۱۳۹۸، ۱۳۹۸.
۶. شرکت آب منطقه‌ای لرستان، وضعیت رودخانه‌ها و سدهای استان لرستان در سیلاب‌های مورخ ۱۳۹۸/۰۱/۰۵ و ۱۳۹۸/۰۱/۰۶، ۱۳۹۸.
۷. شرکت مدیریت منابع آب ایران، گزارش اهم اقدامات صورت گرفته در استان‌های گلستان و لرستان در بخش مهندسی رودخانه، ۱۳۹۸.
۸. وزارت نیرو، گزارش تصرفات بستر و حریم رودخانه‌های درگیر سیلاب استان‌های گلستان، لرستان و خوزستان، ۱۳۹۸.
۹. سازمان آب و برق خوزستان، مدیریت و کنترل سیلاب فروردین سال ۱۳۹۸ (سدهای دز و کرخه)، ۱۳۹۸.
۱۰. وزارت نیرو، کارگروه تخصصی سیل و طغیان رودخانه، طرح جامع مدیریت سیل کشور، ۱۳۹۶.
۱۱. وزارت نیرو، معاونت آب و آبفا، نظامنامه مدیریت سیلاب در وزارت نیرو، ۱۳۹۵.
۱۲. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، بررسی وضعیت سدها و عملکرد سدسازی در کشور، شماره مسلسل ۱۵۰۹۲، ۱۳۹۵.
13. Nature, August, Climate as Culprit, Vol. 450, 2018.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۶۴۳۸

عنوان گزارش: بررسی و تحلیل وقایع سیل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸ ۱. وضعیت بارندگی و مخازن سدهای کشور

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین: مهدی مظاهری

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: حسین افشین، محمدتقی فیاضی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. سیل

۲. کنترل سیل

۳. گرگان‌رود

۴. کارون بزرگ

۵. کرخه

۶. سد

۷. گلستان

۸. لرستان

۹. خوزستان

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۲/۲۹