



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

هیدرولوژی مهندسی (Engineering Hydrology)

دوره کارشناسی مهندسی عمران (۲ واحد)

مدرس: دکتر نجمه مهجوری



سرفصل مطالب

ردیف	عنوان
۱	مفاهیم پایه (تعریف هیدرولوژی به عنوان علم و حرفه، ضرورت و کاربردهای هیدرولوژی مهندسی در مهندسی عمران، چرخه آب، مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیکی، بیلان عمومی آب ایران)
۲	متغیرهای هواشناسی (دما، باد، فشار و رطوبت هوای)
۳	بارش (فرآیند بارندگی، باران سنجی، سنجش منطقه‌ای بارش)
۴	نفوذ (تعاریف، عوامل مؤثر، اندازه‌گیری، معادلات و روش‌های محاسبه میزان نفوذ)
۵	تبخیر و تعرق (تعاریف، پارامترهای مؤثر بر میزان تبخیر، اندازه‌گیری مستقیم، روش‌های محاسبه و برآورد)
۶	حوضه‌های آبریز (ویژگی‌های حوضه آبریز، زمان تمرکز و عوامل مؤثر بر آن)
۷	رواناب سطحی (متغیرها و پارامترهای مؤثر بر میزان رواناب، روابط تجربی تخمین حجم رواناب و دبی پیک آن)
۸	تحلیل هیدروگراف (هیدروگراف واحد، استخراج هیدروگراف واحد کوتاه‌مدت و بلندمدت)
۹	کاربرد آمار و احتمالات در هیدرولوژی
۱۰	رونديابي هيدرولوژيكي سيلاب (رونديابي سيلاب در مخزن و رودخانه)
۱۱	اندازه‌گیری جريان
۱۲	معرفی هیدرولوژی آب‌های زيرزميني



منابع اصلی درس

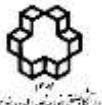
علیزاده، امین، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام رضا، ویرایش هفتم، چاپ چهل و یکم، ۱۳۹۸.

صفوی، حمیدرضا، "هیدرولوژی مهندسی"، انتشارات ارکان دانش، ویرایش دوم، چاپ چهارم، ۱۳۹۸.

Jain S.K. and Singh V.P. (2019), Engineering Hydrology: An Introduction to Processes, Analysis, and Modeling, McGraw-Hill Inc., New York.

Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W. (1988), “Applied Hydrology”, McGraw-Hill Inc., New York.

Maidment D.R. (1993), “Handbook of Hydrology”, McGraw-Hill Inc., New York.



شیوه ارزیابی دانشجویان

آزمون‌های بین ترم: ۸ تا ۹ نمره

آزمون پایان ترم: ۱۰ نمره

حضور فعال و مشارکت در مباحث کلاس و ارائه تمرینات: ۱ تا ۲ نمره

پاسخ به پرسش‌های امتیازی: هر یک از ۰/۲۵ تا ۱ نمره (افزون بر ۲۰ نمره کل)

زمان‌های رفع اشکال

پرسش‌ها و پیشنهادهای خود را می‌توانید با ایمیل mahjouri@kntu.ac.ir مطرح فرمایید. همچنین، می‌توانید به منظور هماهنگی و تعیین زمان جداگانه‌ای برای رفع اشکال به صورت آنلاین (از طریق اسکایپ)، ایمیل بزنید.

Home page: <http://wp.kntu.ac.ir/mahjouri>



مقدمه



تعريف مهندسي عمران

تعريف مهندسي عمران در منشور اوليه سال ۱۸۲۸ (*Institution of Civil Engineers (ICE))

”علم و هنر جهت دادن به منابع عظيم موجود در طبيعت به منظور بهره برداری و آسایش پايدار بشر“



توسعه به شكل پايدار



توسعه به شكل بهينه



- هنر بهينه بودن (طراحي، ساخت و بهره برداري)
- هنر توسعه پايدار (Sustainable Development)

* ICE در سال ۱۸۱۸ به عنوان يك جامعه حرفه اي مهندسي در لندن شكل گرفت و هنوز نيز وجود دارد. از انجمن هاي قديمى و مهم ديگر مى توان به انجمن مهندسان عمران آمريكا (ASCE) اشاره کرد که در سال ۱۸۵۲ تأسيس شده است و قديمى ترین جامعه حرفه اي مهندسي در آمريکاست.



* http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Tredgold

به عبارتی، در بهره‌برداری از منابع موجود باید توجه داشت که:

- آیا سازه را بهینه طراحی کرده‌ایم؟
- آیا ابعاد سد نمی‌تواند کوچک‌تر باشد؟
- بهترین گزینه‌های دستیابی به اهداف یک طرح عمرانی چیست؟

۱- منابع موجود در طبیعت محدودند و مهندسان باید از آن به صورت بهینه استفاده کنند و بهترین تصمیم‌ها را اتخاذ کنند.

۲- آسایش بشر در حال حاضر، به بهای سلب آسایش دیگران، چه در حال و چه در آینده نباشد. به عبارت دیگر، توسعه ایجاد شده پایدار باشد.



تعريف و ضرورت هیدرولوژی در مهندسی عمران

هیدرولوژی در معنای لغوی، علم مطالعه پیدایش، حرکت آب، ویژگی‌ها و نحوه توزیع آن در طبیعت است.

هیدرولوژی مهندسی شاخه‌ای از علم هیدرولوژی است که به کاربردهای آن در زمینه‌های مختلف مهندسی مانند هیدرولیک، مهندسی منابع آب، عمران و سدسازی و ... می‌پردازد.

یکی از وظایف یک مهندس عمران، توسعه و بهره‌برداری منابع آب به صورت پایدار است و هیدرولوژی مهندسی پایه مهندسی و مدیریت منابع آب است.



دلایل پیچیدگی شناخت و برنامه‌ریزی در بهره‌برداری از منابع آب:

محدودیت زیاد

پراکندگی زمانی و مکانی بسیار زیاد

عدم قطعیت زیاد در تخمین و پیش‌بینی متغیرهای هیدرولوژیکی

وظایف کلی یک هیدرولوژیست:

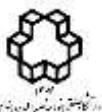
- تعیین مشخصات منابع آب در دسترس
- بهره‌برداری از منابع آب
- مدیریت شرایط حدی خشکسالی و سیلاب
- کنترل کیفیت آب



بخشی از مهم‌ترین کاربردهای هیدرولوژی مهندسی در مهندسی عمران

تخمین حجم و ظرفیت مخازن و سرریز سدها

- تعیین حجم زنده سدها با توجه به نیازهای آبی و با استفاده از ابزارهایی مانند مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی
- تعیین حجم مرده سدها با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی بار رسوب و ته‌نشینی
مثال: مسئله حجم سد و سرریز پانزده خرداد و سد سفیدرود



جانمایی سدها

محل مناسب برای ساخت سد لازم است با توجه به مطالعات کمیت و کیفیت آب تعیین شود.

مثال: مسئله جانمایی سد پانزده خرداد، سد لار، سد گتوند و ...



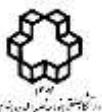
ارائه سیاست‌های بهره‌برداری از مخازن

ارائه سیاست‌های تخصیص آب، ذخیره‌سازی آب، تولید برق، کنترل سیلالب و کنترل رسوب در سدها با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی
مثال: سیستم چندمخزنی کارون، سد لتیان، سد پانزده خرداد، سد لار و ...

برآورد، پیش‌بینی و کنترل بار رسوب

حفظ حجم زنده سدها از طریق پیش‌بینی بار رسوب و کنترل آن از طریق
آبخیزداری، عملیات شستشو

مثال: مسئله رسوب سد دز و سد سفیدرود



شناصایی و تخمین مصارف یا نیازهای آبی

تخمین میزان مصارف کشاورزی به منظور برنامه‌ریزی‌های توسعه مانند ایجاد سدها، طرح‌های انتقال آب، بهینه‌سازی الگوی کشت و ...

مثال: طرح انتقال آب از کارون به رفسنجان یا کوهرنگ به اصفهان

مدیریت مصارف

- ارائه و اجرای راهکارهای کاهش تلفات در سامانه‌های انتقال آب
- افزایش راندمان آبیاری و آبرسانی
- بهینه‌سازی مصرف



پیش‌بینی و برآورد تخمین سیلاب

تخمین مشخصات سیلاب‌های آینده شامل: تعیین حجم سیلاب، زمان وقوع سیلاب،
دبی پیک و زمان پیک

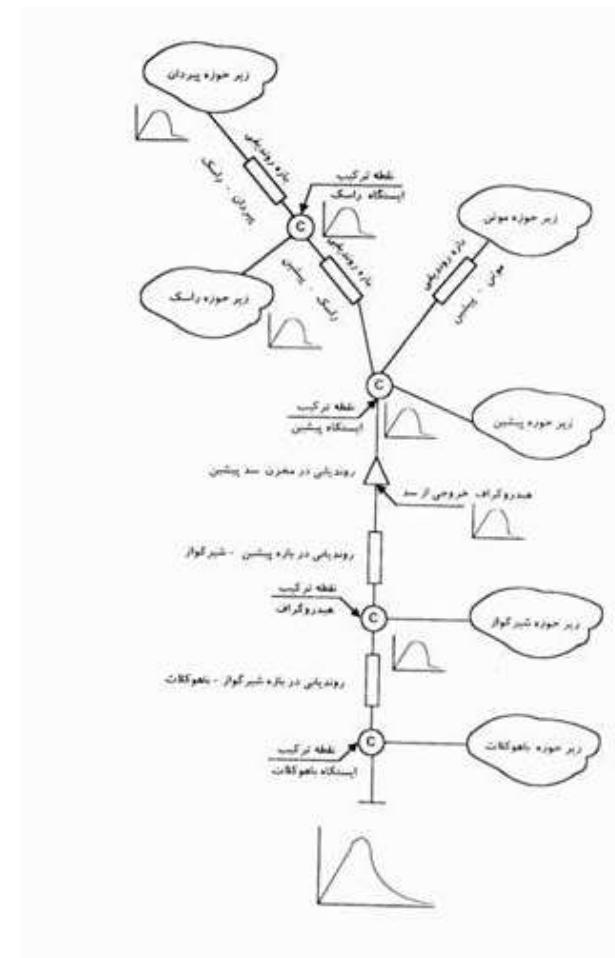
مثال: رخداد سیل دربند (سیل تجربیش یا گلاب دره) و سیل‌های گلستان

مدیریت سیلاب (مدیریت شرایط حدی‌تر)

- تعیین حجم کنترل سیلاب سدها
- طراحی سامانه‌های هشدار سیلاب
- روندیابی سیلاب، مدیریت ساعتی و بهنگام سیلاب
- ارائه راهکارهایی برای کنترل سیلاب پیش از وقوع سیل



نمونه‌ای از شماتیک یک حوضه آبریز در مدل‌سازی بارش-رواناب



مدیریت خشکسالی‌ها (مدیریت شرایط حدی خشک)

- نحوه ذخیره سیلاب‌ها در زمان ترسالی
- کاهش مصارف از طریق مدیریت مصرف

مثال: رخداد خشکسالی‌های مکرر، بستن سد زاینده‌رود و ...

پیش‌بینی بلندمدت (Long-Lead Forecasting) بارش و رواناب

پیش‌بینی بلندمدت بارش و رواناب در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور به خصوص در تخصیص آب به بخش کشاورزی، تعیین الگوی کشت و امکان کشت دیم، مهم است.

مثال: قراردادهای تخصیص آب شرکت‌های آب منطقه‌ای با کشاورزان در زمستان



حفظ کمیت و کیفیت منابع آب

- کنترل تعادل کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی

مثال: آبخوان تهران، دشت‌های ممنوعه مانند دشت کاشان و رفسنجان و ...

- حفظ کیفیت آب‌های سطحی

مثال: رودخانه زرگوب، زاينده‌رود و ...



چالش‌های هیدرولوژیکی برخی سامانه‌های منابع آب ایران

سد لتیان



نوع سد: بتنی وزنی

محل سد: رودخانه جاجرود، شمال شرق تهران

ظرفیت سرریزها: ۱۷۵۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ آغاز ساخت: ۱۳۴۲

تاریخ اتمام ساخت: ۱۳۴۶

حجم مخزن: ۹۵ میلیون متر مکعب

ظرفیت نیروگاه: ۴۵ مگاوات

هدف ساخت: تأمین نیاز شرب تهران و تولید برق (تولید برق ثانویه یا تأمین برق در زمان‌های پیک و نوسانات مصرف)



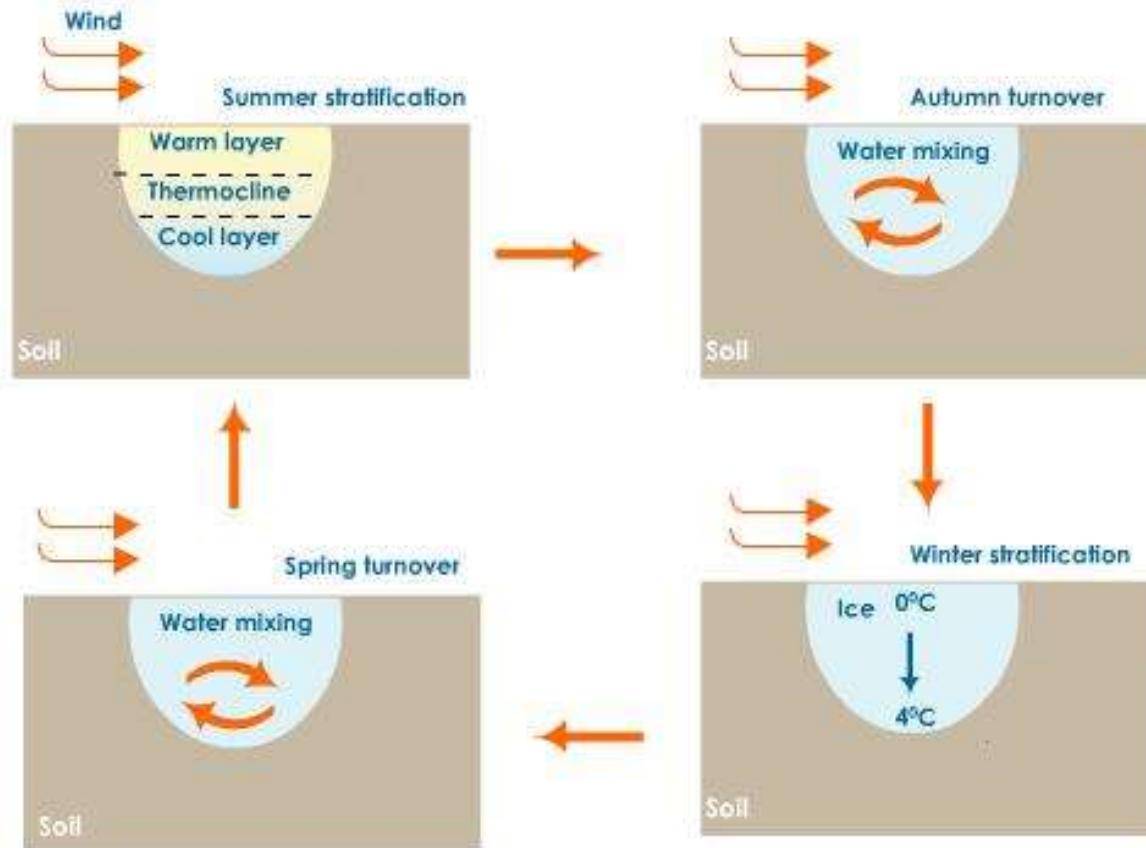
IRNA

مهمترین مشکلات مربوط به سد لتیان

- **مغذي شدن مخزن (Eutrophication)** در اثر ورود مواد مغذي و لايهبندی حرارتی:
 - که تبعات آن به صورت زیر است:
 - ✓ بیهوایی شدن لايهها و کاهش غلظت اکسیژن محلول (DO)
 - ✓ بد بو شدن آب مخزن و افت کیفیت آب (به خصوص برای مصارف شرب)
- **لغش شیروانی (Land Sliding)** در مجاورت مخزن و عدم امکان آبگیری کامل مخزن



لایه‌بندی حرارتی (Thermal Stratification)



مخازن عمیق بیشتر مستعد رخداد پدیده لایه‌بندی حرارتی هستند.

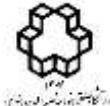
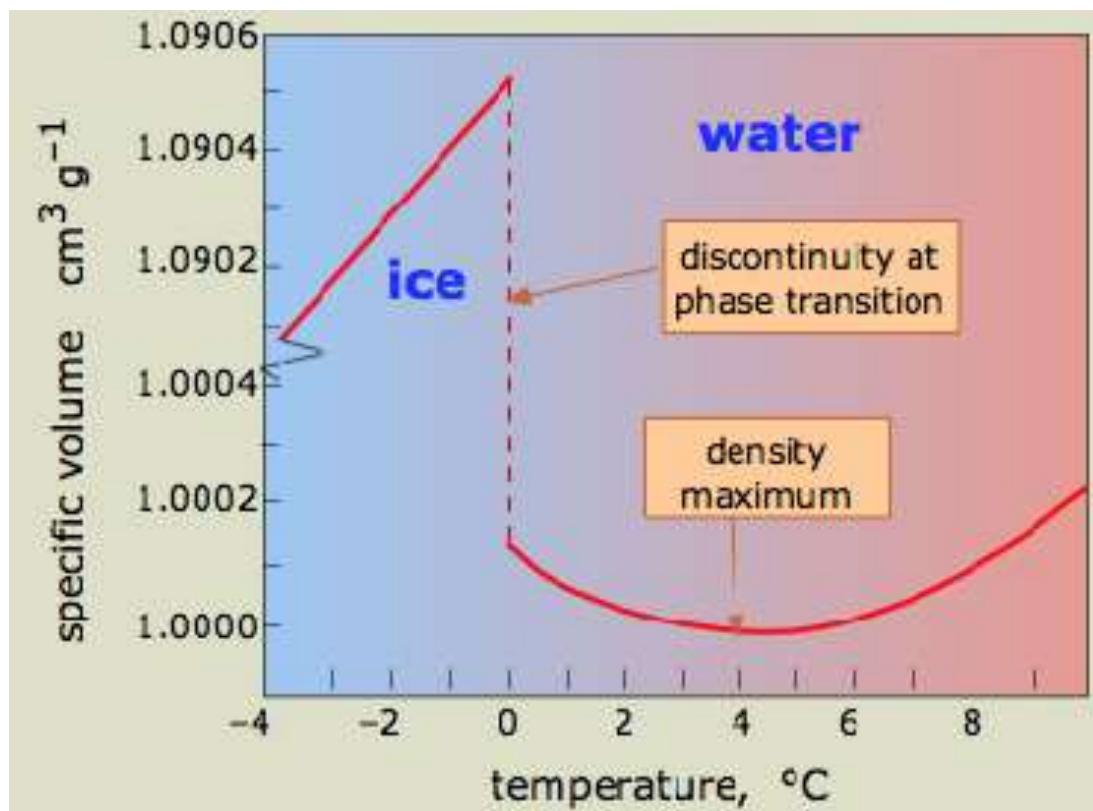
لایه‌بندی تابستانی: در فصل تابستان، دمای لایه‌های سطحی، بیشتر از لایه‌های عمقی است و به دلیل بیشتر بودن چگالی لایه‌های عمقی (با دمای کمتر)، تمایلی به اختلاط لایه‌ها وجود ندارد. به این پدیده لایه‌بندی تابستانی گفته می‌شود.

لایه‌بندی زمستانی: در سرماهی شدید زمستان که دمای لایه‌های سطحی کمتر از لایه‌های عمقی است، به دلیل ویژگی غیرعادی چگالی آب در دمای صفر تا 4 درجه سانتیگراد، لایه‌های سطحی علی‌رغم دمای کمتر، سبکتر هستند. در نتیجه در این زمان نیز تمایلی برای اختلاط لایه‌ها وجود ندارد و لایه‌بندی زمستانی در مخزن اتفاق می‌افتد.



نمودار تغییرات چگالی آب با دما

(تغییرات غیرعادی چگالی آب در دمای صفر تا چهار درجه‌سانتی گراد)



برخی راهکارهای کنترل تغذیه‌گرایی

- شبیه‌سازی لایه‌بندی حرارتی و غلظت متغیرهای کیفی شاخص و تدوین سیاست‌های بهره‌برداری از مخازن سدها (در چه زمان‌هایی، از چه ترازهایی و به چه میزان برداشت آب صورت گیرد)
- کنترل فرسایش، کنترل منابع آلودگی مانند زهاب‌ها و پساب‌ها
- نصب سیستم‌های هوادهی در مخزن یا پمپاژ آب از سطح به عمق و بر عکس
- افزودن مواد شیمیایی ته‌نشین‌کننده فسفر



سد لار



نوع سد: خاکی

محل سد: بر روی رودخانه هراز در ۷۵ کیلومتری
تهران و ۱۰۰ کیلومتری آمل (نزدیک پلور)

ظرفیت تخلیه سریع‌ها: ۹۶۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ آغاز ساخت: ۱۳۵۳

تاریخ بهره‌برداری: ۱۳۶۱

حجم مخزن: ۹۶۰ میلیون متر مکعب

اهداف سد لار

- ۱- هدف اصلی، تبدیل این سد به یکی از گزینه‌های پایدار تأمین نیاز آبی شهر تهران بوده است.
- ۲- افزایش هد آب و انتقال آن توسط تونل به صورت ثقلی به پشت سد لتيان (كه در حال حاضر با پمپاژ صورت می‌گيرد) به طوری که آب توسط تونلی به طول حدود ۲۰ km و قطر ۳ متر به ۳ کيلومتری درياچه سد لتيان (براي توليد برق بيشتر و بهبود كيفيت آب مخزن لتيان) منتقل شود.



مهم‌ترین معضل سد لار

- فرار آب یا Seepage: به دلیل ساختار زمین‌شناختی منطقه از نظر وجود لایه‌های آهکی یا کارستی که دچار آب‌شستگی و در نتیجه منجر به فرار آب می‌شوند. به طوری که دبی فرار آب در زمان پرآبی به ۱۲ مترمکعب بر ثانیه نیز می‌رسد.
- این سد هیچ‌گاه به حداقل‌تر ظرفیت بهره‌برداری خود نرسیده است و تاکنون تنها در صد بسیار کمی از ظرفیت اسمی مخزن پر شده است.
- به عبارتی، مشکل اصلی جانمایی نادرست سد است، که عملاً سد را از هدف اصلی خود دور کرده است.



برخی راهکارهای پیشنهادشده به منظور کنترل فرار آب از سد لار

- تزریق بتن در ترک‌ها و حفرات (انجام این کار با وجود هزینه بسیار زیاد، چندان مفید نبوده است).
- پمپاژ آب موجود در مخزن و انتقال آن به تونل انتقال آب موجود به منظور انتقال به تهران
- انتقال آب فرار کرده با تونل به پشت سد لتیان (البته، این سد به دلیل پتانسیل زیاد لغش شیروانی به طور کامل آبگیری نمی‌شود).



سد دز



نوع سد: بتنی دو قوسی

محل سد: بر روی رودخانه دز بالاتر از دزفول

ظرفیت تخلیه تونل سرریزها: ۶۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ آغاز ساخت: ۱۳۳۸

تاریخ شروع بهره‌برداری: ۱۳۴۱

حجم مخزن: ۲۶۹۸ میلیون متر مکعب

ظرفیت نیروگاه: ۵۲۰ مگاوات

هدف: تأمین آب کشاورزی، کنترل سیلاب و تأمین برق ثانویه (تأمین برق در زمان پیک و نوسانات مصرف)

سرریزهای تونلی (روی بدنه سد) سد دز و دکل‌های برق تولیدی نیروگاه

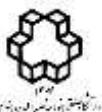


مهم‌ترین معضل بهره‌برداری سد دز

- کاهش حجم زنده سد در اثر تجمع رسوب
- از کار افتادن نیروگاه در صورت رسیدن رسوب به تراز نیروگاه

راهکار:

- آبخیزداری (عملیات کنترل بار رسوب در بالادست)
- عملیات شاس (Flushing) یا شستشوی هیدرولیکی رسوب (این راهکار خود نیز مشکلات محیط‌زیستی به دنبال دارد)



سد سفیدرود

نوع سد: بتنی وزنی



محل سد: در محل پیوستن دو رود قزل اوزن و شاهرود در نزدیکی منجیل

ظرفیت سریزها: ۵۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ شروع بهره‌برداری: ۱۳۴۱

حجم کل مخزن: ۱۷۵۶ میلیون متر مکعب

ظرفیت نیروگاه: ۸۷ مگاوات (سالانه)

هدف: تنظیم آب دو رود قزل اوزن و شاهرود، تأمین آب کشاورزی دشت گیلان و تولید برق (تأمین برق ثانویه یعنی در زمان پیک و نوسانات مصرف)



مهم‌ترین معضل بهره‌برداری سد سفیدرود

سد سفیدرود یکی از رسوب‌گیرترین سدهای جهان است. تجمع رسوب در مخزن سد منجر به کاهش حجم زندگ سد می‌شود. اکنون بیش از نیمی از ظرفیت سد سفیدرود را رسوب پر کرده است.

بخی راهکارها برای حل این معضل

از سال ۱۳۵۹ تاکنون عملیات شاس و تغییر زمان‌بندی پر و خالی کردن سد برای رفع این مشکل به کار گرفته شده است. این عملیات خود مشکلاتی را به دنبال دارد. دیگر راهکار، ساخت چند سد انحرافی برای رسوب‌گیری آب رودهای شاهرود و قزل‌اوzen بوده است.



کنترل رسوب، کاهش فرسایش و حفاظت خاک با درختکاری و ساخت دیوارهای سنگی – ملاتی



حوضه مشref به مخزن سد دامغان

کاهش فرسایش و حفاظت از خاک از طریق حفاظت از مراتع



بردسیر کرمان

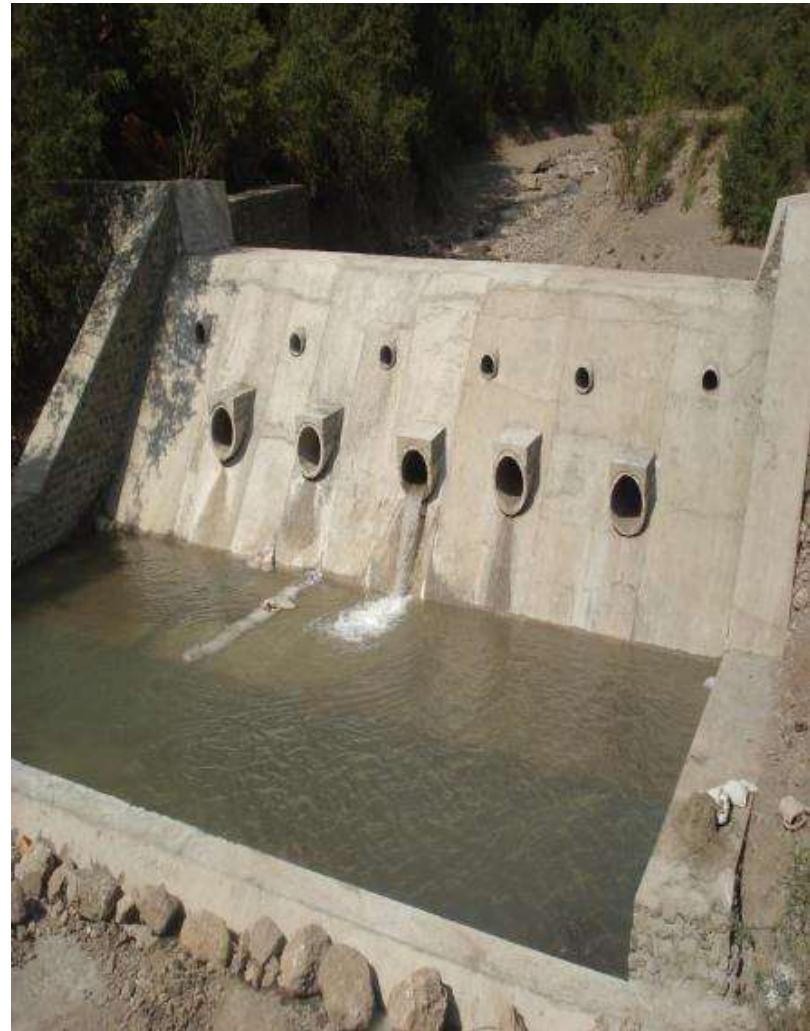


کاهش فرسایش، کاهش بار رسوب و حفاظت خاک با تراسبندی



مراوه تپه - گلستان

کنترل رسوب با ایجاد سد و بند رسوب‌گیر



کنترل فرسایش و رسوب‌گذاری با اصلاح شیب آبراهه به وسیله سازه‌های سنگی – ملاتی



سکوبندی در اراضی شیبدار با هدف حفاظت خاک و ذخیره نزولات



تراس‌بندی اراضی تخریب شده جنگلی با هدف حفاظت خاک



مینودشت گلستان



شستشوی هیدرولیکی رسب سد سفیدرود (عملیات شاس یا فلاشینگ)



سد پانزده خرداد



نوع سد: خاکی با هسته رسی

محل سد: بر روی رودخانه قمرود از خروجی سد گلپایگان در چند کیلومتری دلیجان به سمت قم

ظرفیت تخلیه سرریزها: ۶۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ بهره‌برداری: ۱۳۷۳

حجم مخزن: ۲۰۰ میلیون متر مکعب

این سد نخستین سدی است که توسط مهندسان ایرانی طراحی و اجرا شد.

اهداف سد پانزده خرداد

- تأمین آب شرب دلیجان و بخشی از نیاز آبی قم
- تأمین نیاز آبی کشاورزی برخی اراضی پایین دست
- مهار سیلاب های فصلی

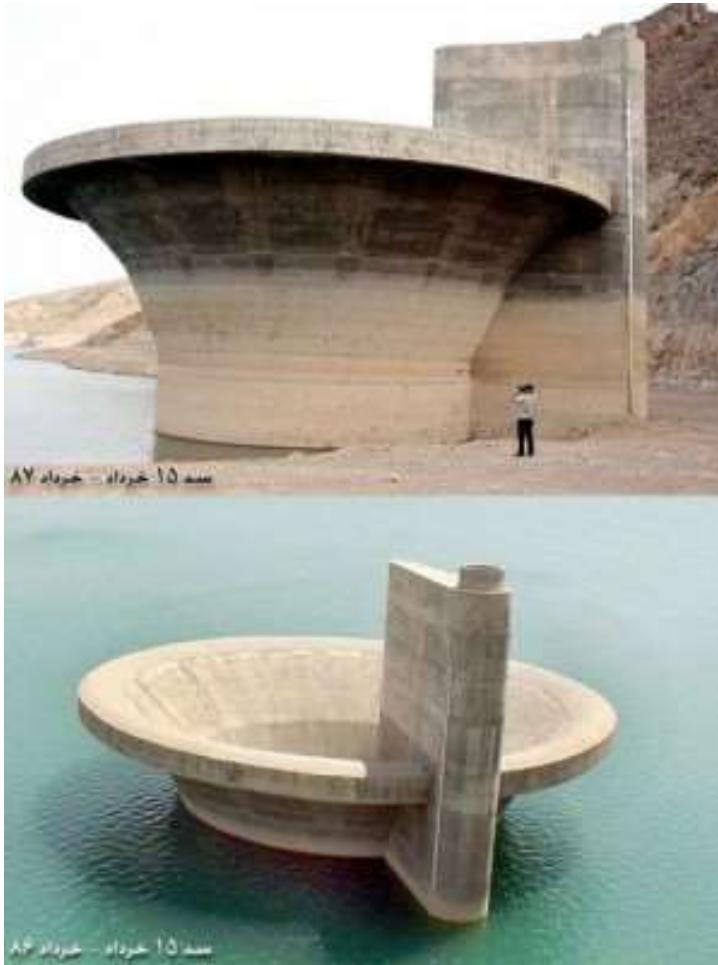


مشکلات سد پانزده خرداد

- مشکل کمیت آب: حجم ناچیز آب در مخزن (نیاز به پمپاژ آب تا دریچه‌های تحتانی) به علت:
 - ✓ عدم پیش‌بینی صحیح خشکسالی‌ها و عدم پیش‌بینی مناسب آورد بالادست
 - ✓ انحراف بیش از حد آب در بالادست و کاهش شدید ورودی مخزن
- مشکل کیفیت آب: شوری مخزن ($\text{TDS} \geq 2000 \text{ mg/L}$) به علت:
 - ✓ تبخیر زیاد
 - ✓ ورود سرشاخه‌های شور در بالادست مانند «رود شور»
 - ✓ وجود سازندهای شور و گنبدهای نمکی در منطقه
 - ✓ لايه‌بندی حرارتی (Thermal Stratification) و واژگونی حرارتی



وضعیت آب در مخزن سد پانزده خرداد در فاصله یک سال

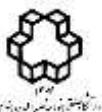


مشکلات سد پانزده خرداد

بنابر مطالب یاده شده، مشکلات این سد مربوط به عدم جانمایی صحیح سد و عدم پیش‌بینی صحیح کمیت و کیفیت آورد و بهره‌برداری نامناسب، در مراحل طراحی و بهره‌برداری است. عملاً سد به هیچ‌کدام از اهدافش مانند تأمین آب شرب شهر قم و آبیاری هشت هزار هکتار اراضی کشاورزی نرسیده است.

راهکار پیشنهادی

ارائه سیاست‌های بهره‌برداری از ترازهای مختلف مخزن (تعیین صحیح زمان، میزان و ترازهای برداشت آب از سد با توجه به لایه‌بندی حرارتی و شوری) بسته به شرایط آب و هوایی و کیفیت آب هر لایه



سد گتوند



این سد پر حجم‌ترین سد ایران پس از «سد کرخه» و بلندترین سد خاکی کشور است.

محل سد: رودخانه کارون بالادست مسجدسلیمان، پایین‌تر از سد شهید عباسپور (کارون ۱)

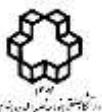
ظرفیت سرریزها: ۱۶۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه

تاریخ شروع بهره‌برداری: تابستان ۹۰
حجم کل مخزن: ۵ میلیارد متر مکعب
ظرفیت نیروگاه: ۲۰۰۰ مگاوات (سالانه)

هدف: تأمین آب کشاورزی اراضی پایین دست، کنترل سیلاب‌های فصلی کارون، تأمین برق (تأمین برق ثانویه یعنی در زمان پیک و نوسانات مصرف)

مهم‌ترین معضل مربوط به سد گتوند

- شور شدن آب مخزن به دلیل نزدیکی سد به سازند گچساران و معادن نمک و وجود گنبدهای نمکی در مخزن
- ✓ در هنگام طراحی سد به گنبدهای نمکی توجه نشده بود و نگرانی از وجود گنبدهای نمکی در مخزن در قبل از آبگیری وجود داشت. وزارت نیرو با اعلام اینکه این گنبدها را پوشانده است، اعلام نمود که سد پس از آبگیری مشکل خاصی نخواهد داشت.
- ✓ پس از آبگیری سد، عملاً آب لایه‌های زیرین در مخزن سد بسیار شور شدند به طوری که شوری آب لایه زیرین در حد شوری آب دریا است و این نگرانی وجود دارد که با تجمع نمک در مخزن، آب شور به آبگیر تحتانی برسد و از سد خارج شود.



سد گتوند و گنبدهای نمکی موجود در مخزن



سد گتوند و گنبدهای نمکی موجود در مخزن



راهکارهای پیشنهاد شده برای حل مشکل شور شدن آب مخزن

- بهره‌برداری مناسب از آبگیرهای مخزن به طوری که بتوان نمک‌های تجمع یافته در کف مخزن را به تدریج از مخزن خارج نمود (این طرح در دست اجرا است).
- تخلیه آب نمک موجود در کف مخزن و انتقال آن به برکه‌های تبخیر با خط لوله (این طرح فعلاً در دست مطالعه است).



سد سیوند در پاسارگاد فارس

سد سیوند در حدود ۱۰ کیلومتری پاسارگاد بر روی رودخانه سیوند ساخته شده است.

پیش‌بینی شده بود پس از آبگیری کامل سد، خسارت جدی به آثار باستانی دشت پاسارگاد (از جمله کاخ بار عام، کاخ دروازه، کاخ اختصاصی، گور کمبوجیه، تل تخت و به ویژه آرامگاه کورش که نزدیک‌ترین اثر به سد است) وارد می‌شود. این امر به علت رشد گلسنگ‌ها با افزایش رطوبت منطقه، و همچنین، بالا آمدن آب زیرزمینی بس از آبگیری سد است.

همچنین، پس از آبگیری کامل، بسیاری از آثار باستانی منطقه تنگه بلاغی (تنها بخش سالم از راه شاهی، روستاهای باستانی، کاخ داریوش هخامنشی، کارگاه‌های ذوب فلزات و تولید نوشیدنی، گورستان اشکانی و ...) به زیر آب می‌رond.



مشکل سد سیوند در فارس

پس از آبگیری سد، بسیاری از پوشش‌های بکر از بین رفتند و دریاچه بختگان در فارس تقریباً خشک شد.

تبديل شدن این دریاچه به نمکزار به زمین‌های کشاورزی اطراف آسیب می‌رساند.

آبگیری این سد در سال ۱۳۸۶ اعتراض‌های مردمی را در پی داشت.



مشکل سد سیوند در فارس



افزایش رطوبت در سد سیوند و تأثیر آن بر رشد گلسنگ‌ها در منطقه باستانی پاسارگاد (متوجه رطوبت نسبی از حدوددوازده درصد به سی درصد رسیده است).



یکی از دلایل نبود آثار باستانی در شمال کشور، رطوبت منطقه و رشد گلسنگ‌ها است که گفته می‌شود با گذشت زمان زیاد، منجر به از بین رفتن این آثار شده است.

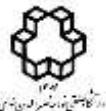
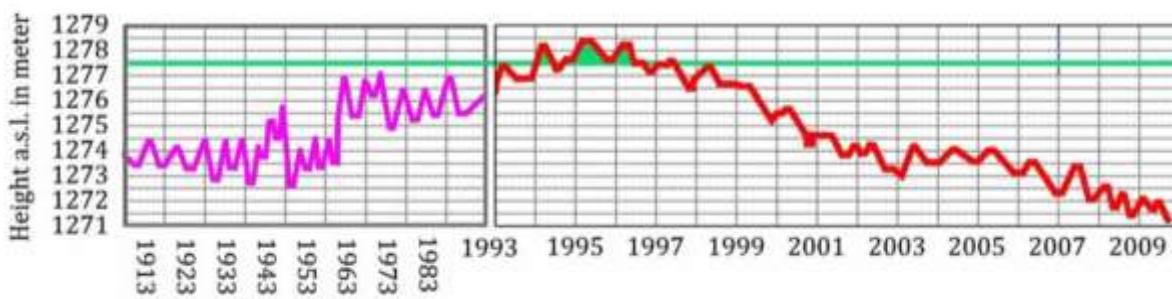
فاجعه دریاچه ارومیه

افت شدید سطح آب دریاچه (حدود ۶ متر در ۱۳ سال) و کاهش عمق متوسط آن از حدود ۷ متر به حدود ۱ متر

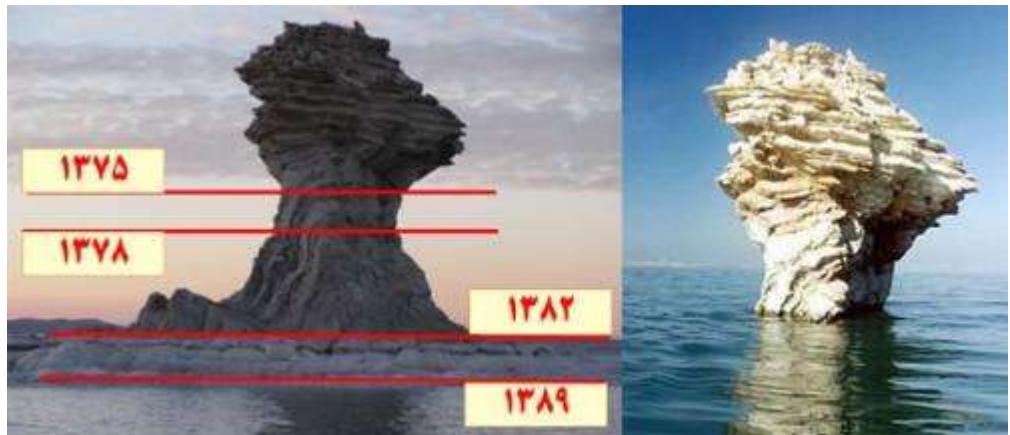
خشک شدن دریاچه ارومیه و تبدیل ۳۹۰ هزار هکتار از اراضی آن به کویر، بزرگ‌ترین رخداد بیابان‌زایی قرن ۲۱ قلمداد شده است.



تغییرات تراز سطح آب دریاچه ارومیه با گذشت زمان



دریاچه ارومیه با گذشت زمان

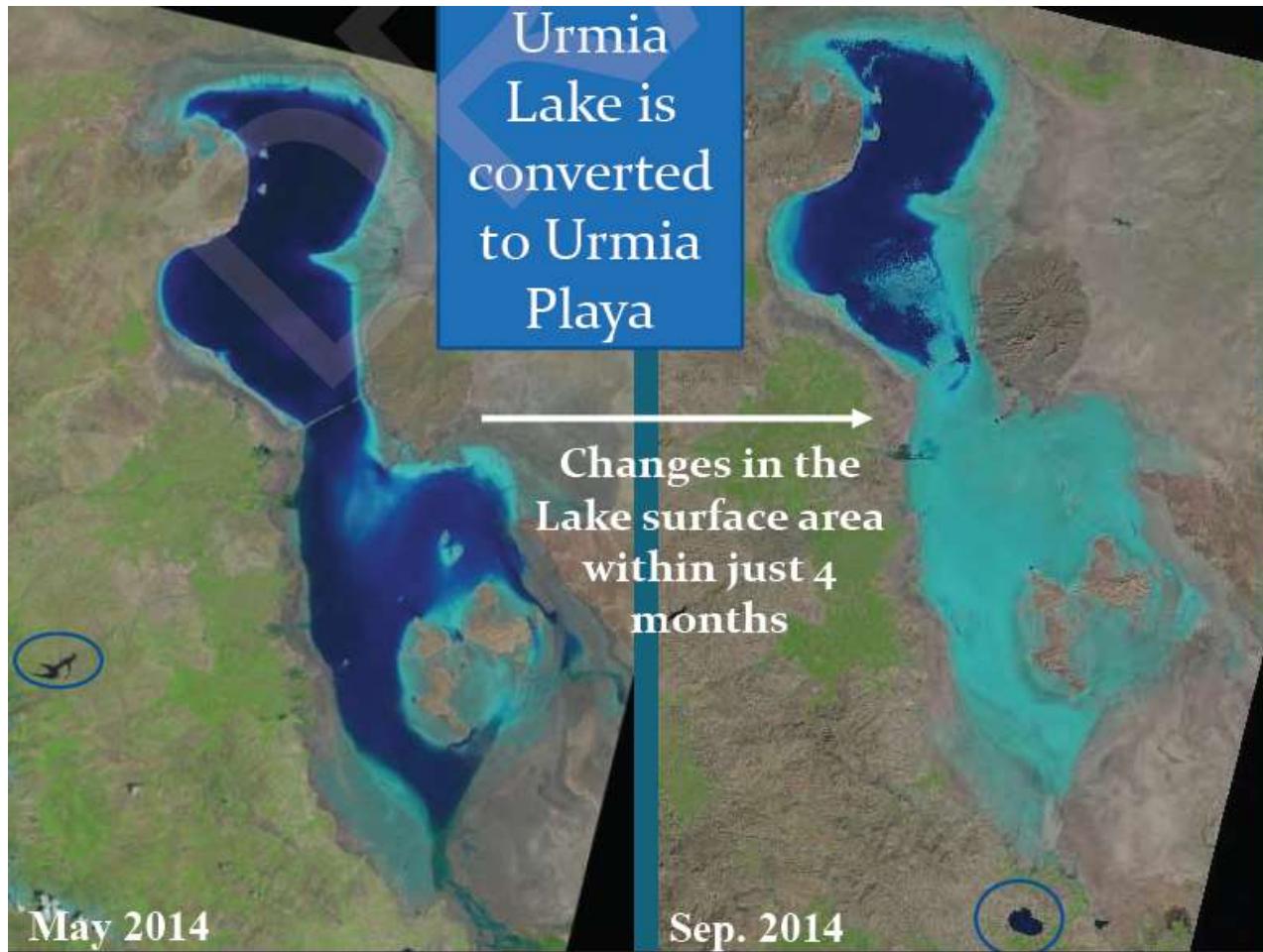


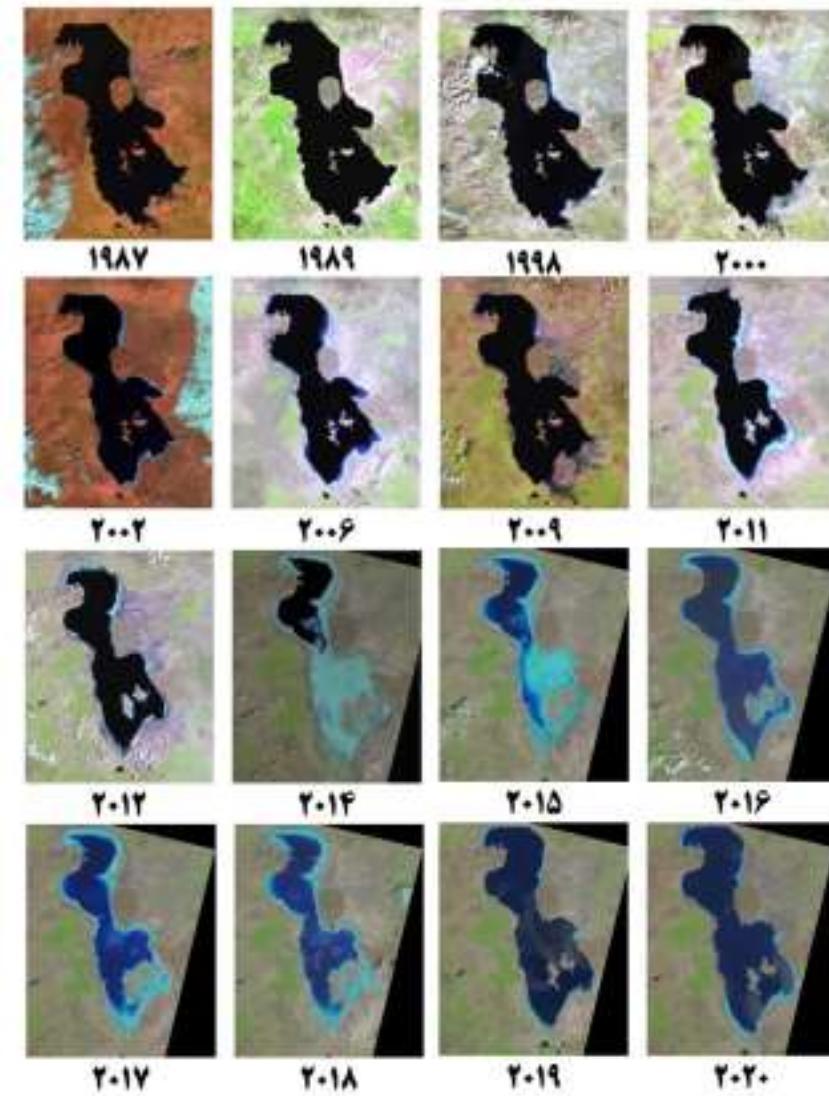
دکتر اسماعیل کهرم: برای نجات دریاچه ارومیه
باید ۱۴ سد در آن حوضه آبریز تخریب شود.

دریاچه ارومیه با گذشت زمان



دریاچه ارومیه با گذشت زمان





تغییرات سطح آب در دریاچه ارومیه
 (به علت تهشینی نمک و کم عمق
 شدن دریاچه، سطح دریاچه شاخص
 خوبی از حجم آب دریاچه نیست)

لایه‌های ضخیم نمک به جا مانده از پسروی آب در یاچه



تشکل شن‌های روان در اطراف جزایر



کانون‌های ریزگرد شناسایی شده

مرکز سنجش از راه دور دانشگاه صنعتی شریف

2013-193



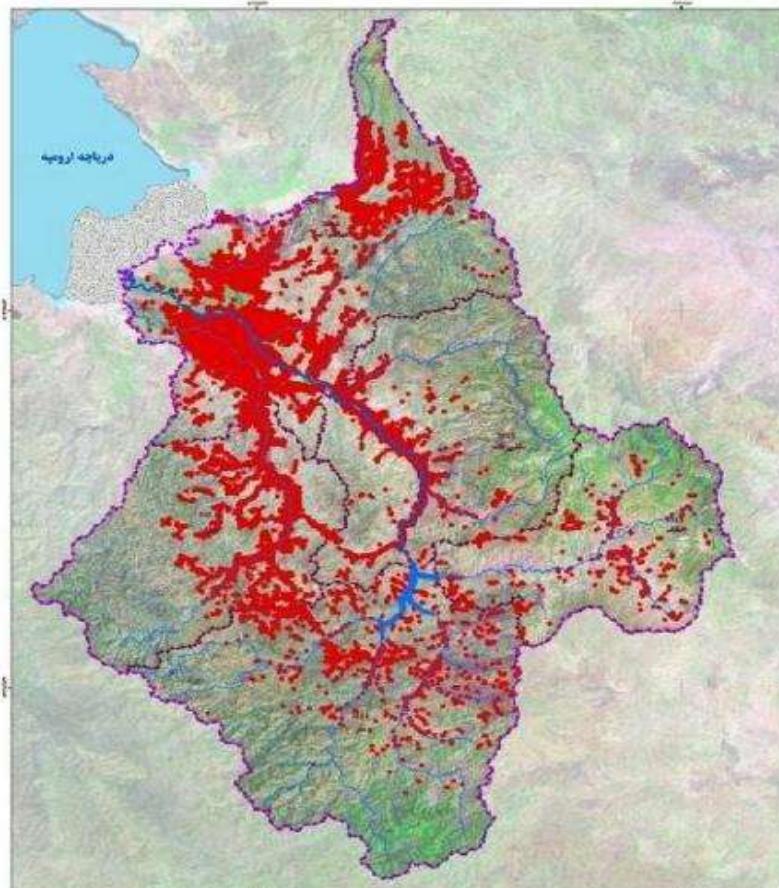
دلایل افت شدید سطح آب دریاچه ارومیه

- تعدد سدهای ساخته شده بر رودخانه‌های ورودی به دریاچه‌ها و سرشاخه‌های آن‌ها
- ✓ هنگام طراحی و ساخت سدها بر رودخانه‌های ورودی دریاچه ارومیه، اثرات تجمعی سدها دیده نشده‌اند. گویی، در هر طرح با این تصور که این یک سد اثر زیادی بر کمیت و کیفیت آب دریاچه نخواهد داشت، عمل شده است.
- تغییرات اقلیمی (خشکسالی‌های شدید)
- حفر چاه‌های غیر مجاز و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی

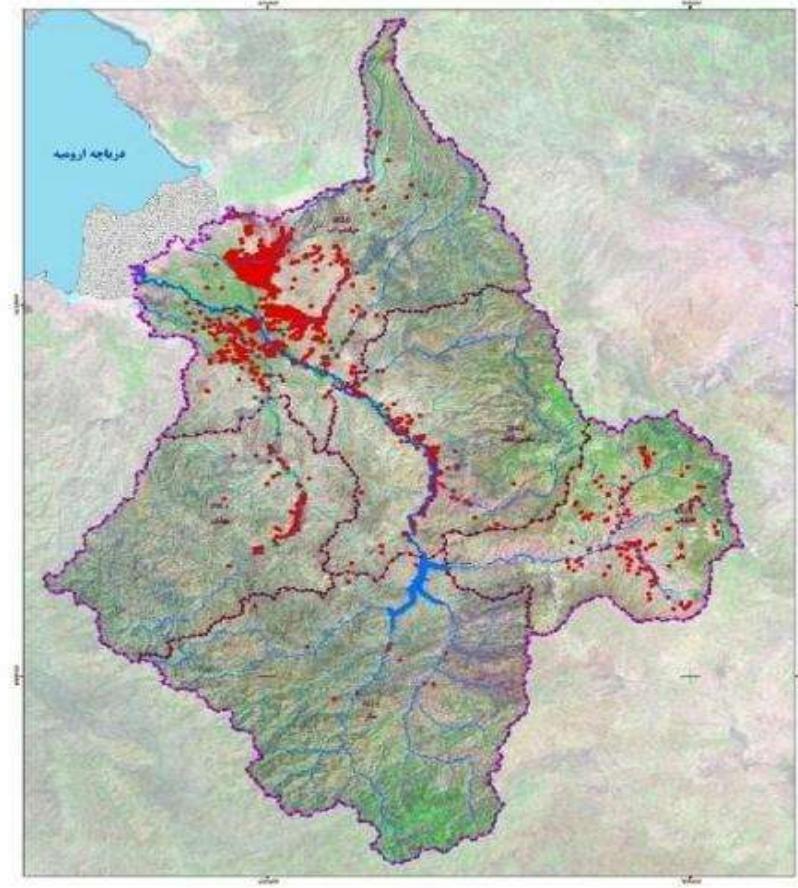
یکی از عواقب خشک شدن دریاچه ارومیه، ایجاد طوفان‌های نمکی و ریزگردها است که می‌تواند تأثیرات محربی بر سلامت انسان‌ها بگذارد و نواحی وسیعی از زمین‌های کشاورزی را از بین ببرد.



افزایش تعداد چاههای آب در زیرحوضه اصلی دریاچه ارومیه (زرینه‌رود و سیمینه‌رود)



شرایط فعلی



۱۳۵۷

راهکارهای اصلی احیای دریاچه ارومیه

- رهاسازی آب از سدها به منظور تأمین حفابه دریاچه
- آگاهسازی و توانمندسازی کشاورزان در استفاده بهینه از آب
- انتقال آب از رودخانه زاب از طریق تونل کانی سیب (در مراحل انتهایی اجرا)
- استفاده مجدد از پساب‌های تصفیه شده
- اصلاح الگوی کشت و محدود کردن کاشت چغندر قند



سد، رودخانه زاینده‌رود و تالاب گاوخونی

با بهره‌برداری نامناسب از سد، در بیشتر فصول، رودخانه زاینده‌رود و تالاب گاوخونی کاملاً خشک هستند.



تالاب گاوخونی



۹۰ درصد تالاب بین‌المللی گاوخونی با مساحت ۴۶ هزار هکتار خشک شده است و هم اکنون تنها لکه‌هایی از آب در این تالاب دیده می‌شود.

اوضاع نامساعد اقلیمی و خشکسالی، بهره‌برداری‌های بی‌رویه از آب زاینده‌رود، کاهش آب ورودی به تالاب و افزایش آلودگی آب تالاب ناشی از پسماند صنایع و کشاورزی، تالاب بین‌المللی گاوخونی را با خطر نابودی رو به رو کرده است.

عمق تالاب در گذشته در شرایط پرآبی به بیش از ۵ متر می‌رسید.

مشکل مدیریت کمیت و کیفیت رواناب‌های سطحی شهری

و نیاز به سامانه‌های مناسب جمع‌آوری سیلاب و رواناب سطحی شهری



مشکل مدیریت کمیت و کیفیت رواناب‌های سطحی شهری

و نیاز به سامانه‌های مناسب جمع‌آوری سیلاب و رواناب سطحی شهری



مشکل مدیریت کمیت و کیفیت رواناب‌های سطحی شهری

و نیاز به سامانه‌های مناسب جمع‌آوری سیلاب و رواناب سطحی شهری



پل کanal باخته، تقاطع خیابان ایزدی



کanal باخته، تقاطع خیابان گلبرگ غربی (جانبازان غربی)

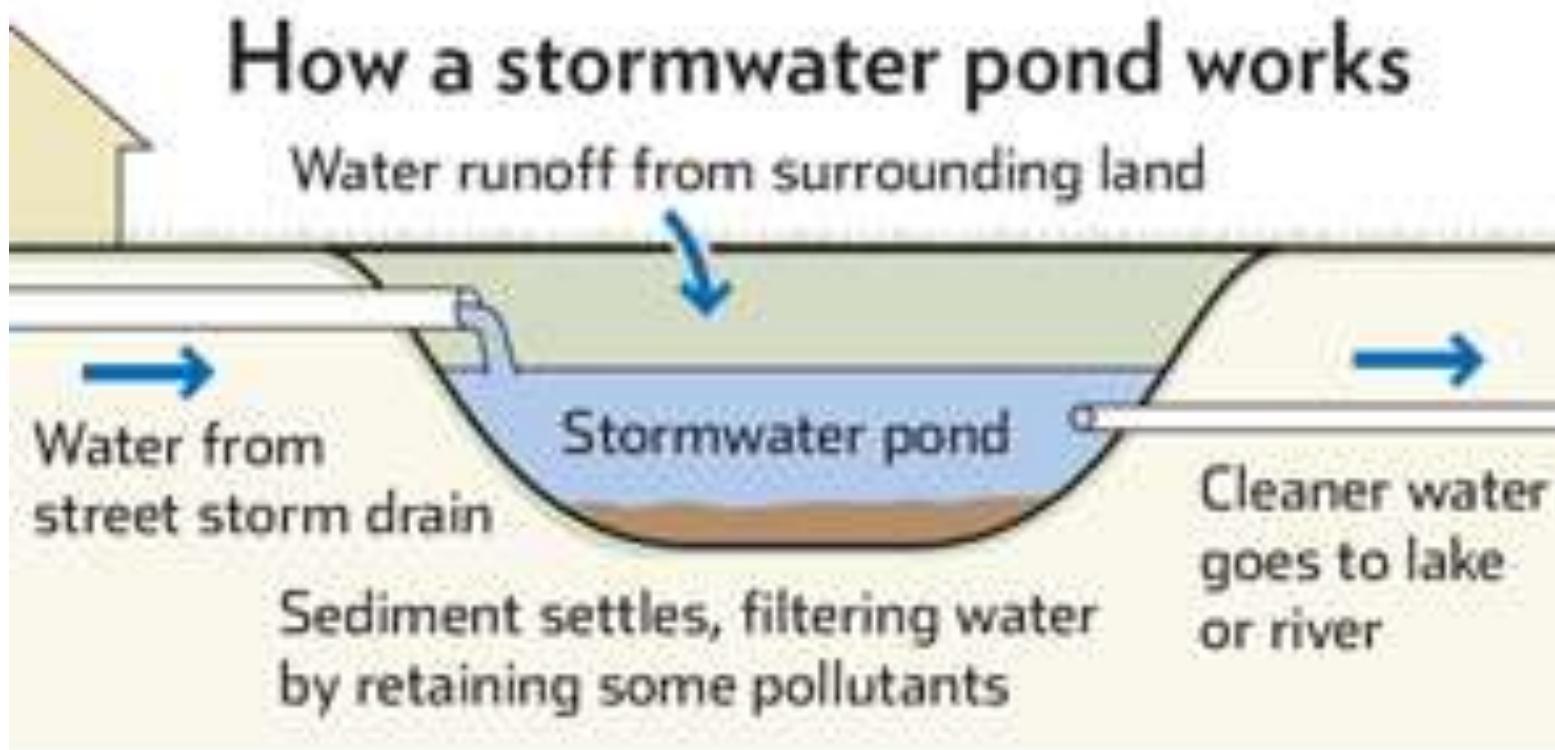


کanal بودر، تقاطع خیابان حبیتی، دید به سمت شمال غرب.



پایاب کالورت در شکل مشاهده می‌شود

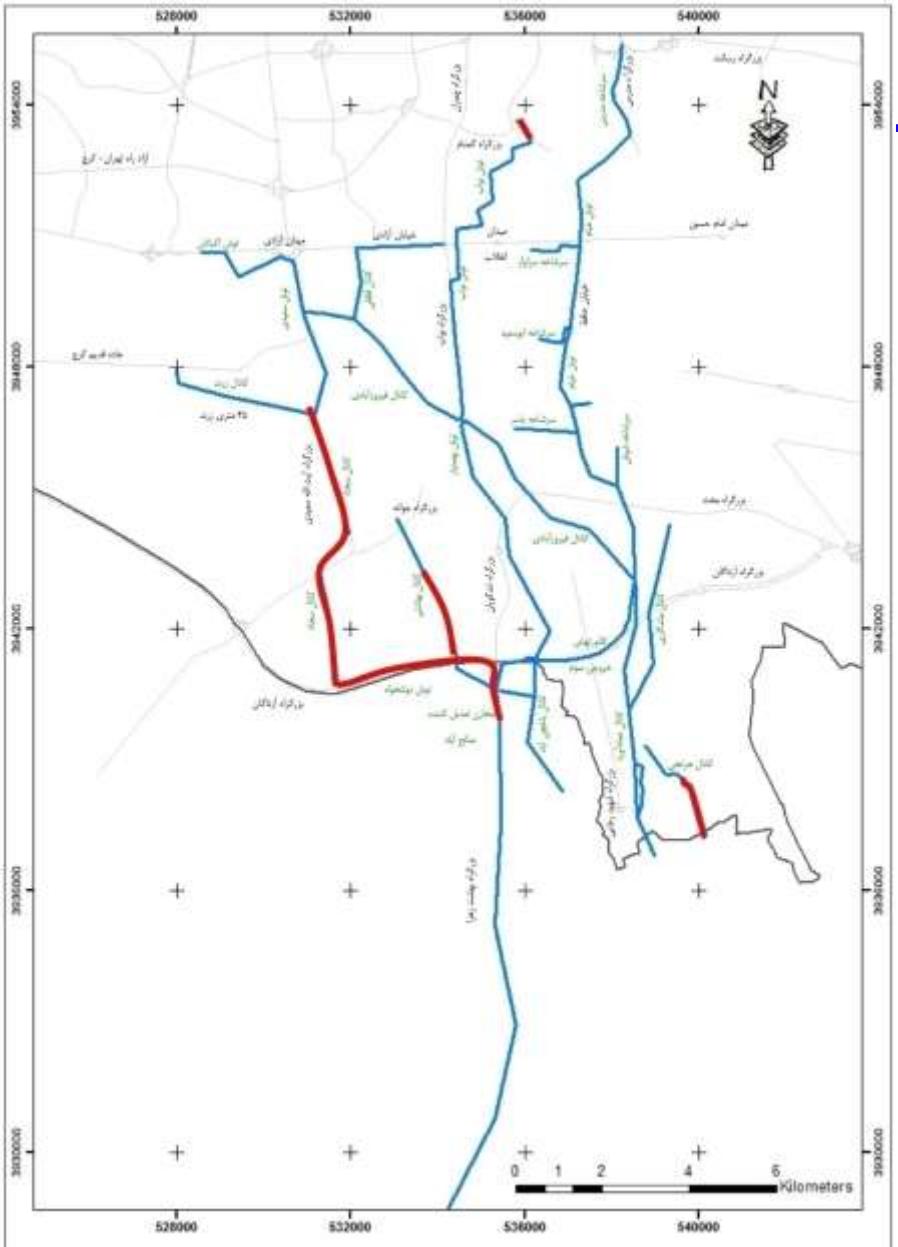
حوضچه رسوب‌گیر سیلاب شهری



حوضچه زباله‌گیر صالح آباد – شهر ری

در این حوضچه، تعدادی سیلاب و زباله‌گیری از رواناب ورودی به رودخانه کن صورت می‌گیرد. جریان خروجی از حوضچه صالح آباد و سیل برگردان غرب به رودخانه کن و سپس، در انتهای مسیر رودخانه به دریاچه نمک می‌ریزند)





حوضچه زباله‌گیر صالح‌آباد – شهر ری

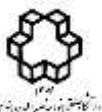


نبوذ سامانه‌های مناسب جمع آوری فاضلاب شهری و ایجاد آلودگی در آب‌های زیرزمینی

منابع زیرزمینی آب تهران به علت نبوذ شبکه فاضلاب شهری در این کلان‌شهر آلوده هستند. به طوری که غلظت نیترات به خصوص در مناطق جنوبی شهر به ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. در حالی که غلظت مجاز در آب شرب ده میلی‌گرم در لیتر است.

در سال‌های کم آبی، شرکت آب و فاضلاب تهران مجبور است تا شصت درصد آب شرب را از چاههای آب زیرزمینی موجود در سطح شهر تأمین کند.

برای کاهش غلظت نیترات، شرکت آب و فاضلاب تا حد امکان، آب‌های زیرزمینی را در مخازن موجود در سطح شهر با آب سطحی مخلوط می‌کنند.



برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین

نمونه‌هایی از رخداد نشست زمین در کرمان



برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین

بیرون افتادن چاه آب کشاورزی به علت نشست زمین در دشت رفسنجان



برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین

نشست نقطه‌ای زمین در اختیارآباد کرمان به علت افت شدید آب زیرزمینی



بیلان آب زیرزمینی در محدوده استان کرمان در حدود ۱/۱ میلیارد متر مکعب در سال منفی است.



برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و فروچاله (Sink Hole)



فروچالهای در همدان (کبودرآهنگ)



گسترش فرونگشت هر گشور



در بیش از ۳۰۰ دشت



استان همدان دشت گبوه راهنمای

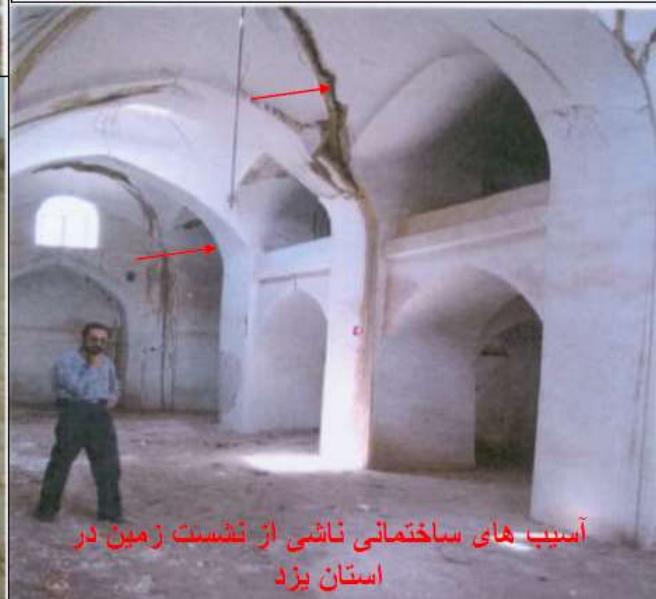
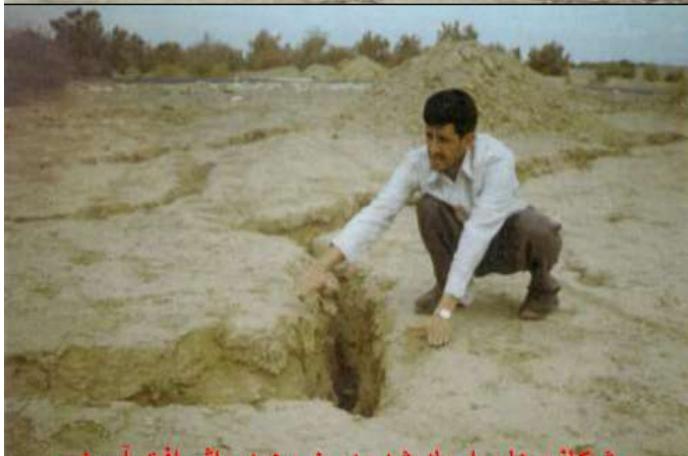
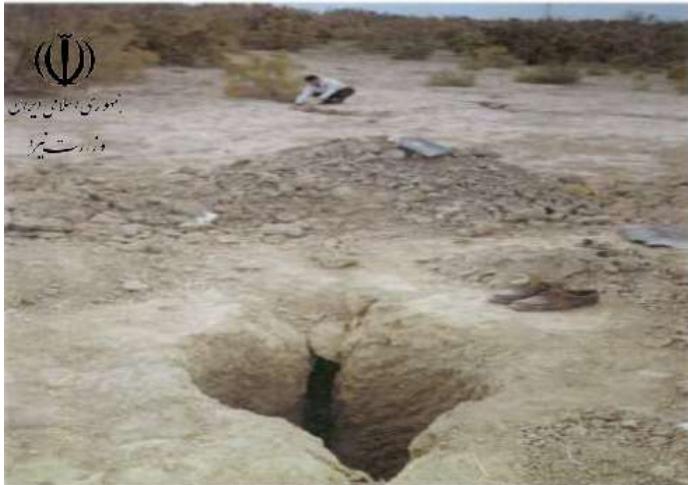


استان تهران - دشت ورامین

بزرگترین فروچاله خاورمیانه - فارس



اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین (Land Subsidence)



اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین در شهر دامنه اصفهان



اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین در خراسان جنوبی



اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت تهران



اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و نشست زمین

میزان متوسط فرونشست سالانه در بخش‌هایی از برخی دشت‌ها مانند جنوب تهران (منطقه شهریار)، اطراف مشهد، رفسنجان، زرند کرمان و نیشابور گاه به بیش از ۳۰ تا ۲۵ سانتی‌متر رسیده است.

در کشورهای توسعه یافته، نشست زمین بیش از ۴ میلی‌متر در سال را شرایط بحرانی اعلام می‌کند.

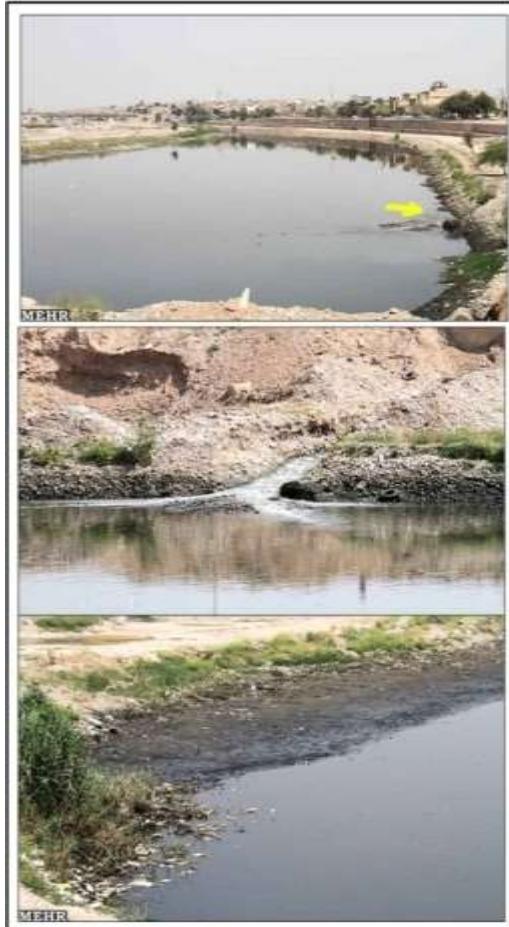
بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۱ در طی ۳۰ سال، سطح آب‌های زیرزمینی در کشور ۱۵ متر کاهش یافت. یعنی به طور متوسط سطح آب زیرزمینی در این مدت سالیانه نیم متر کاهش داشته است. این در حالی است که از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۰۱، این نرخ کاهش به ۷۰ سانتی‌متر در سال رسیده است.

افت آب زیرزمینی و نشست زمین می‌تواند مشکلات زیادی مانند نشست پی زیرساخت‌ها، کاهش تخلخل خاک اراضی کشاورزی و ورود آب شور آبخوان‌های مجاور به آب‌های شیرین ایجاد کند.



نمونه‌هایی از چالش‌های مربوط به کیفیت منابع آب

ورود فاضلاب به رودخانه دز



ورود فاضلاب به رودخانه کارون



تابستان ۱۳۸۴

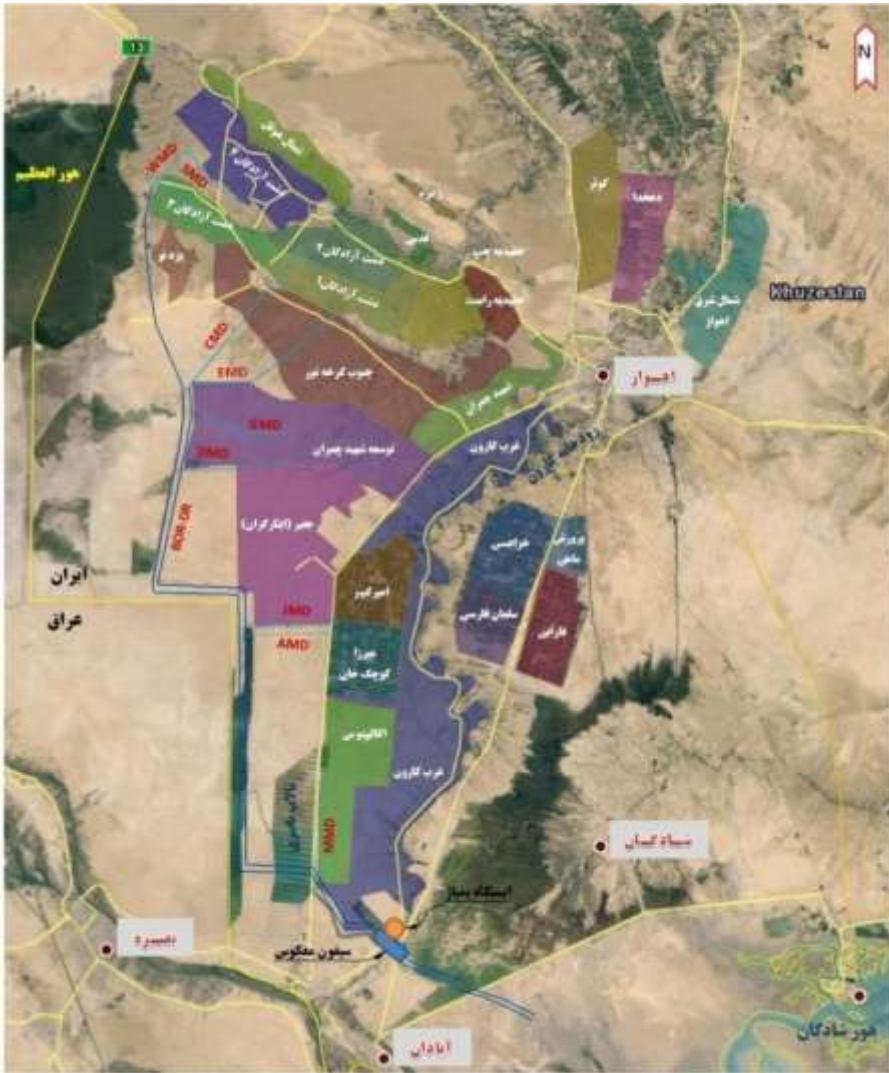


پاییز ۱۳۹۱



مقایسه کیفیت رودخانه دز در فاصله زمانی ۷ سال (پایین‌دست سد تنظیم سبیلی)

نمايي از گستردگي
اراضي کشاورزي و
کشت و صنعت در پايه
سد هاي گتوند و کرخه
كه زهاب هاي خود را
به منابع آب منطقه
تخليه مي کنند.

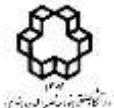




ورود زهآب‌های شور کشاورزی و آلوده به سموم و کودها به رودخانه‌های کارون و دز

نمایی از مغذی شدن آب در
رودخانه قشلاق در اثر تخلیه
فاضلاب شهر سنندج و
زهاب‌های اراضی کشاورزی
اطراف رودخانه (تیرماه
(۱۳۹۴

سد ژاوه روی رودخانه
سیروان و در محل تلاقی دو
شاخه گاوهدرود (ژاوه‌رو) و
خشلاق ساخته شده است.





مرگ نه هزار قطعه ماهی در اثر آلودگی آب در مخزن سد سیمراه
در هنگام آبگیری سد (آبان ۱۳۹۰)





مرگ دو میلیون قطعه ماهی در مخزن سد فشاویه در اثر ورود فاضلاب خام (اردیبهشت ۱۳۹۳)

نمونه‌هایی از چالش‌های مرتبط با سیلاب



سیل تجربیش (دربند و گلابدره) و شکست سد (Dam Break)

در چهارم مرداد ماه سال ۱۳۶۶ در ساعت یک بعد از ظهر سیلی در منطقه دربند و تجربیش رخ داد که در آن ۳۰۰ نفر کشته شدند. این سیل دومین سیل تاریخ ایران از نظر تعداد کشته‌شدگان بود (اولین سیل از این نظر، سیل ۲۰ مرداد ۱۳۸۰ در گرگان بود که ۴۰۰ کشته بر جای گذاشت).

عامل ایجاد سیل، بارش بارانی به ارتفاع ۲۸ میلی‌متر در مدت ۱۰۸ دقیقه و شکست یک بند بود که جهاد سازندگی در بالادست منطقه ساخته بود. اثرات سیل تا میدان سید خندان مشاهده می‌شد و در اثر رخداد سیل، میدان تجربیش تا دو ماه مسدود بود.

یکی از دلایل زیاد بودن تلفات، پخش آژیر قرمز در منطقه بود که موجب شد مردم از ترس حمله هوایی عراق به زیر پل‌ها و نقاط پست پناه ببرند.



سیل تحریش (دربند و گلابدره) و شکست سد (Dam Break)



در اثر این سیل کف میدان تحریش حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر بالا آمد و به دلیل حجم زیاد رسوب، شهرداری روی رسوبات را آسفالت کرد.



تکه سنگ‌های بزرگی که سیل با خود آورده بود تا سال‌ها در میدان و کanal پایین‌دست میدان تحریش وجود داشتند.

سیل تجریش



سیل تجربیش



سیل‌های تابستانی استان گلستان

در ۲۱ مرداد سال ۸۱، در حوضه آبریز رودخانه مادرسو در استان گلستان، در نتیجه بارندگی‌ای با شدت متوسط ۱۰۰ میلی‌متر در ساعت، سیلی رخ داد.

سیل دیگری در ۲۰ مرداد ۸۰ نیز در همین حوضه با شدت بیشتری اتفاق افتاده بود. به طوری که حوضه‌های دیگری از جمله رودخانه گرانرود را نیز تحت الشاعع قرار داد. این سیل با دبی ۳۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه، حدود ۴۰۰ نفر کشته و ۷۶۰ میلیارد ریال خسارت به دنبال داشت.

در سال ۸۲ نیز در همین ایام، سیل دیگری در قسمتی دیگر از این حوضه اتفاق افتاد. به طور کلی، چهار سیل عمدی در سال‌های ۷۱، ۸۰، ۸۱ و ۸۴ را می‌توان از سیلاب‌های مهم منطقه دانست.



سیل‌های تابستانی استان گلستان



گلستان

۱

۲

۳

۴

۵

۶

۷

۸

۹

۱۰

۱۱

۱۲

۱۳

۱۴

۱۵

۱۶

۱۷

۱۸

۱۹

۲۰

۲۱

۲۲

۲۳

۲۴

۲۵

۲۶

۲۷

۲۸

۲۹

۳۰

۳۱

۳۲

۳۳

۳۴

۳۵

۳۶

۳۷

۳۸

۳۹

۴۰

۴۱

۴۲

۴۳

۴۴

۴۵

۴۶

۴۷

۴۸

۴۹

۵۰

۵۱

۵۲

۵۳

۵۴

۵۵

۵۶

۵۷

۵۸

۵۹

۶۰

۶۱

۶۲

۶۳

۶۴

۶۵

۶۶

۶۷

۶۸

۶۹

۷۰

۷۱

۷۲

۷۳

۷۴

۷۵

۷۶

۷۷

۷۸

۷۹

۸۰

۸۱

۸۲

۸۳

۸۴

۸۵

۸۶

۸۷

۸۸

۸۹

۹۰

۹۱

۹۲

۹۳

۹۴

۹۵

۹۶

۹۷

۹۸

۹۹

۱۰۰

۱۰۱

۱۰۲

۱۰۳

۱۰۴

۱۰۵

۱۰۶

۱۰۷

۱۰۸

۱۰۹

۱۱۰

۱۱۱

۱۱۲

۱۱۳

۱۱۴

۱۱۵

۱۱۶

۱۱۷

۱۱۸

۱۱۹

۱۲۰

۱۲۱

۱۲۲

۱۲۳

۱۲۴

۱۲۵

۱۲۶

۱۲۷

۱۲۸

۱۲۹

۱۳۰

۱۳۱

۱۳۲

۱۳۳

۱۳۴

۱۳۵

۱۳۶

۱۳۷

۱۳۸

۱۳۹

۱۴۰

۱۴۱

۱۴۲

۱۴۳

۱۴۴

۱۴۵

۱۴۶

۱۴۷

۱۴۸

۱۴۹

۱۵۰

۱۵۱

۱۵۲

۱۵۳

۱۵۴

۱۵۵

۱۵۶

۱۵۷

۱۵۸

۱۵۹

۱۶۰

۱۶۱

۱۶۲

۱۶۳

۱۶۴

۱۶۵

۱۶۶

۱۶۷

۱۶۸

۱۶۹

۱۷۰

۱۷۱

۱۷۲

۱۷۳

۱۷۴

۱۷۵

۱۷۶

۱۷۷

۱۷۸

۱۷۹

۱۸۰

۱۸۱

۱۸۲

۱۸۳

۱۸۴

۱۸۵

۱۸۶

۱۸۷

۱۸۸

۱۸۹

۱۹۰

۱۹۱

۱۹۲

۱۹۳

۱۹۴

۱۹۵

۱۹۶

۱۹۷

۱۹۸

۱۹۹

۲۰۰

۲۰۱

۲۰۲

۲۰۳

۲۰۴

۲۰۵

۲۰۶

۲۰۷

۲۰۸

۲۰۹

۲۱۰

۲۱۱

۲۱۲

۲۱۳

۲۱۴

۲۱۵

۲۱۶

۲۱۷

۲۱۸

۲۱۹

۲۲۰

۲۲۱

۲۲۲

۲۲۳

۲۲۴

۲۲۵

۲۲۶

۲۲۷

۲۲۸

۲۲۹

۲۳۰

۲۳۱

۲۳۲

۲۳۳

۲۳۴

۲۳۵

۲۳۶

۲۳۷

۲۳۸

۲۳۹

۲۴۰

۲۴۱

۲۴۲

۲۴۳

۲۴۴

۲۴۵

۲۴۶

۲۴۷

۲۴۸

۲۴۹

۲۵۰

۲۵۱

۲۵۲

۲۵۳

۲۵۴

۲۵۵

۲۵۶

۲۵۷

۲۵۸

۲۵۹

۲۶۰

۲۶۱

۲۶۲

۲۶۳

۲۶۴

۲۶۵

۲۶۶

۲۶۷

۲۶۸

۲۶۹

۲۷۰

۲۷۱

۲۷۲

۲۷۳

۲۷۴

۲۷۵

۲۷۶

۲۷۷

۲۷۸

۲۷۹

۲۷۱۰

۲۷۱۱

۲۷۱۲

۲۷۱۳

۲۷۱۴

۲۷۱۵

۲۷۱۶

۲۷۱۷

۲۷۱۸

۲۷۱۹

۲۷۲۰

۲۷۲۱

۲۷۲۲

۲۷۲۳

۲۷۲۴

۲۷۲۵

۲۷۲۶

۲۷۲۷

۲۷۲۸

۲۷۲۹

۲۷۳۰

۲۷۳۱

سیل بهشهر، مهر ۱۳۹۱



رخدادهای سیل سال ۹۸

سیل لرستان - ۱۳۹۸



سیل لرستان - ۱۳۹۸



سیل دروازه قرآن شیراز - ۱۳۹۸



پیش از تسطیح بستر رودخانه و جاده‌سازی



پس از تسطیح بستر رودخانه و جاده‌سازی





خطوط آبی رنگ جهت حرکت آب و پیکان سفید حوضچه آرامش محل خروج آب
توسط لوله زیرزمینی است.

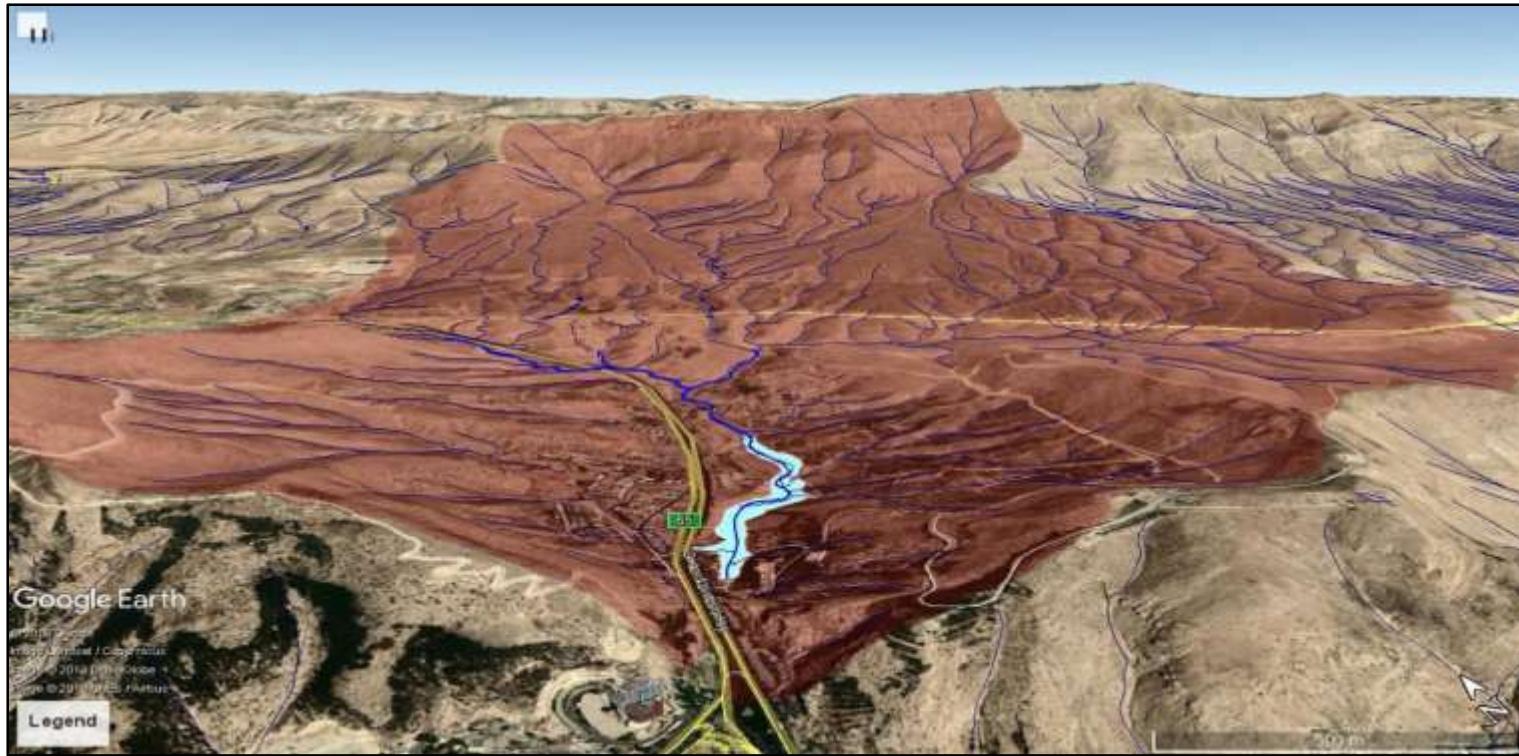
گوشه پایین سمت راست تصویر محل تنگه دروازه قرآن است (دید به شمال).

نمایی از حوضچه آرامش و محل خروج آب به صورت زیرزمینی (دید به جنوب)
نمایی از لوله سیمانی با قطر یک متر جهت خروج سیلاب دروازه قرآن



نمایی از سردیز آب از
حوضچه آرامش محل
خروج لوله زیرزمینی در
مسیل دروازه قرآن و
جاری شدن سیلان





زیر حوضه آبریز دروازه قرآن به رنگ قرمز و خطوط آبی پر رنگ آبراهه‌های حوضه و رنگ آبی کم رنگ محل بالا آمدن آب و سردیز آن و رخداد سیل دروازه قرآن را نشان می‌دهد.



وزارت صنعت، معدن و جاودت
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور



عامل سیلان مخرب دروازه قرآن: دستکاری حساب نشده و خطرناک در طبیعت
که منجر به پرشدن آبراهه موجود در پای دروازه قرآن شیراز شد.

در نتیجه این تغییرات، حجم زیاد رواناب تشکیل شده در بالادست به جای گذر از
مسیر طبیعی خود، از تنها مسیر موجود، که یک لوله جمعآوری رواناب بود، به
بیرون سردیز کرد و منجر به خسارات جانی و مالی قابل توجهی شد.



حجم سیلاب‌های فروردین ۹۸

حجم رواناب در سطح کشور در سیلاب‌های فروردین ۹۸ به حدود ۵ میلیارد متر مکعب رسید که $\frac{۳}{۵}$ برابر سال گذشته بود.

خسارت سیلاب‌های فروردین ۹۸

خسارت کلی سیل: $\frac{۵}{۳}$ میلیارد دلار

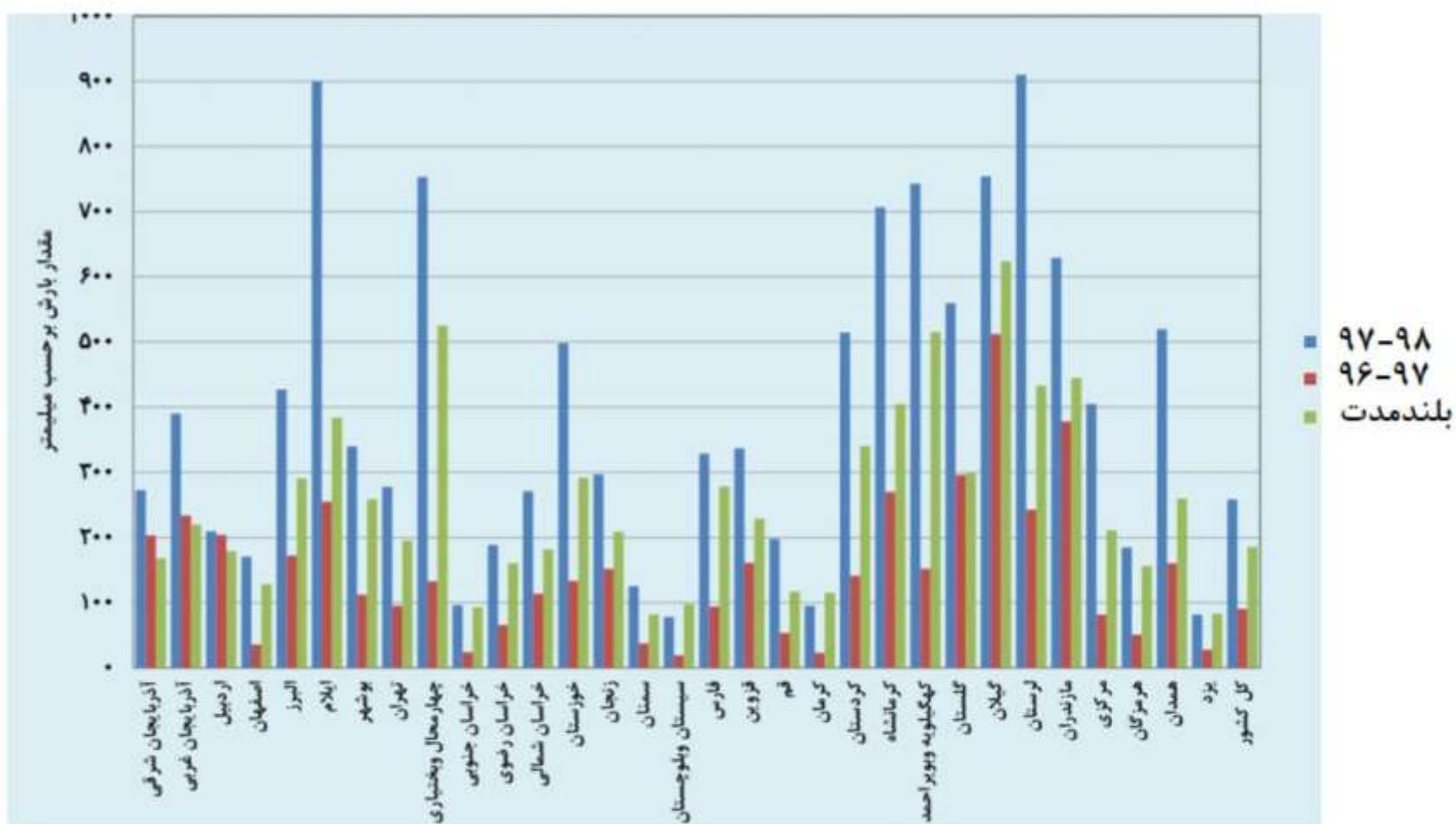
تخرب و آسیب جدی: ۸۹ هزار واحد

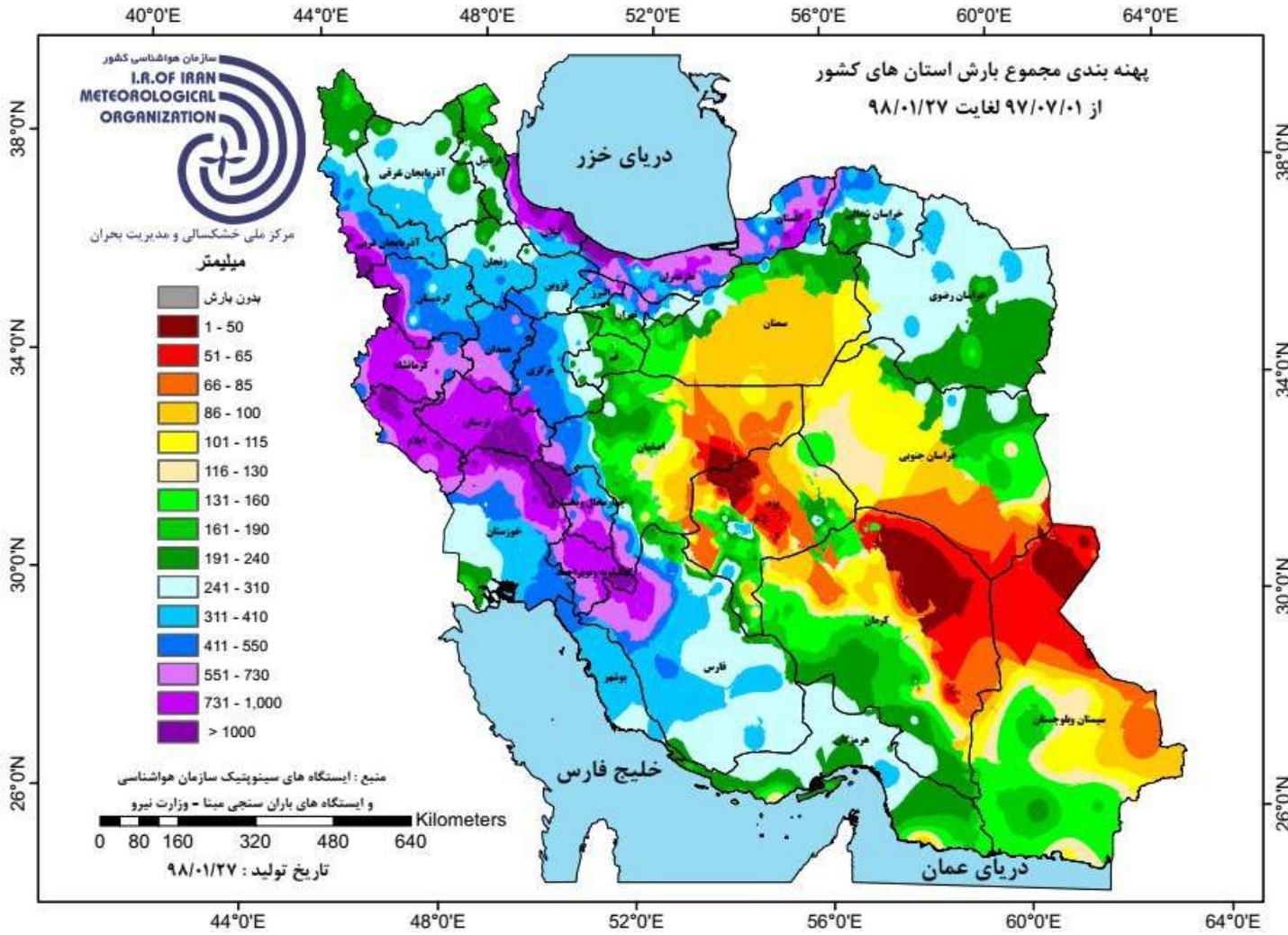
خسارت سیل به بخش کشاورزی: ۶۷۰۰ میلیارد تومان

خسارت به واحدهای صنعتی: ۲۰۰۰ میلیارد تومان



مقایسه بارش سال آبی ۹۷-۹۸ با دوره‌های مشابه سال گذشته و دوره بلندمدت آماری (مرکز ملی خسکسالی و مدیریت بحران)





دلایل اصلی رخداد سیلاب مخرب

- تغییر کاربری اراضی و کاهش تراکم پوشش گیاهی در مناطق جنگلی و مراتع بالادست که منجر به رانش زمین و فرسایش خاک و افزایش احتمال سیل مخرب تر می‌شود.
- کمبود آمار موثق از میزان و شدت رگبارها، به علت عدم تجهیز ایستگاه‌های هواشناسی در محل‌های مورد نیاز که برای پیش‌بینی‌های دقیق‌تر لازم است.
- تغییر اقلیم و مشخصات هواشناسی حوضه
- عدم پیش‌بینی صحیح مشخصات بارندگی و سیلاب (دبی پیک سیلاب، زمان وقوع دبی پیک، ارتفاع بارندگی و حجم سیلاب)
- عدم انتخاب صحیح سیلاب طراحی
- رخداد سیلاب‌های واریزهای و انسداد در سیستم‌های جمع‌آوری و کنترل سیلاب



سیلاب واریزهای (Debris Flood)



(سمت راست: نمونه‌ای از محلی که جریان واریزهای از آن جا شروع شده است، سمت چپ: نحوه شکل‌گیری جریان واریزهای)

سیلاب و اریزهای



geo.libretext.org

نمونه‌ای از وضعیت کانال جریان پس از وقوع جریان واریزهای



سیلاب واریزهای



تخته سنگ با ابعاد بیش از ۶ متر در حوضچه تعدیل سیلاب باقلازار تهران

حجم رسوب بر جای مانده از سیل فروردین ۱۳۹۸ پلدختر



راهکارهای کلی مقابله با سیل

- ایجاد سیل‌بندها، بافل‌ها و واریزه‌گیرها
- طراحی و ساخت سدهای تأخیری برای کنترل سیلاب در آبراهه‌های منتهی به رودخانه اصلی با استفاده از مدل‌های دقیق تخمین رواناب با دوره بازگشت مناسب در هر زیر حوضه
- طراحی و ساخت حوضچه‌های تعدیل سیلاب و سیل‌برگردان‌ها در مسیر سیلاب‌های شهری
- تعریض دهانه پل‌های موجود، افزایش ظرفیت عبور سیلاب در مسیر رودخانه اصلی مطابق با بارش‌های حدی (با دوره‌های بازگشت طولانی و شدت زیاد)



ایجاد تأسیسات کنترل واریزه



تأسیسات کنترل واریزه گلابدره. الف) دید به پایین دست از ورودی جریان، ب) دید به بالادست از سرریز

نصب توری برای جلوگیری از ریزش سنگ یا مهار واریزه‌های درشت در هنگام رخداد سیلاب

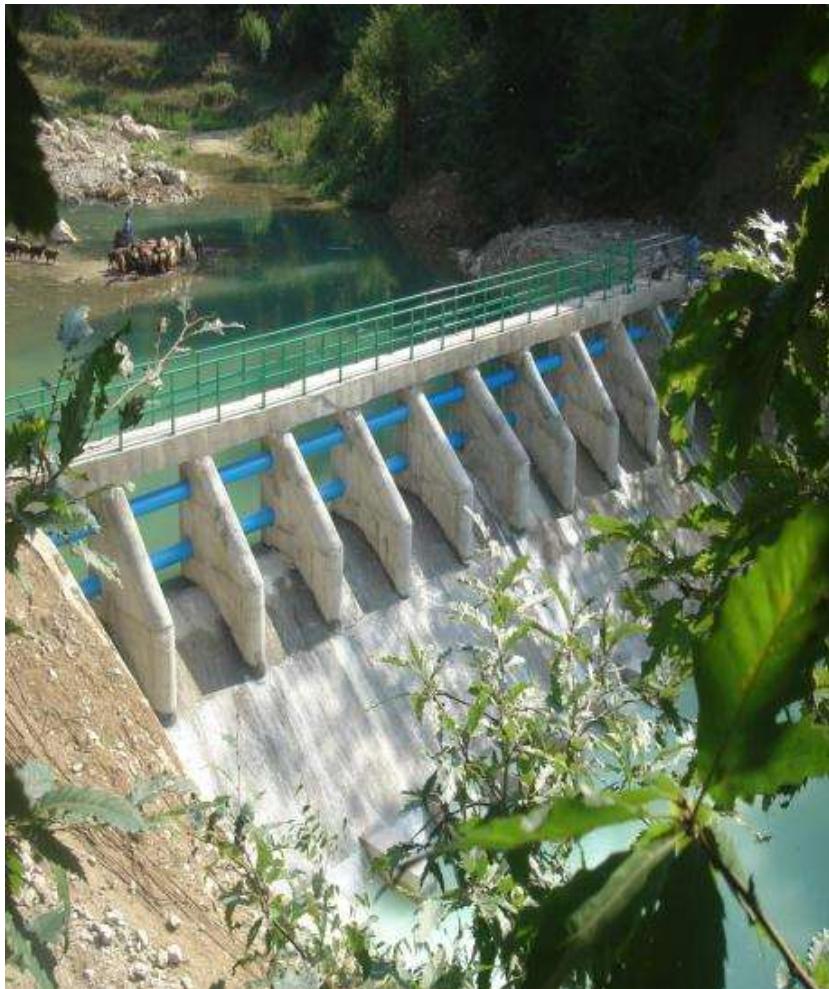


نصب موانع انعطاف‌پذیر، فنس یا توری به منظور مهار واریزهای درشت هنگام سیلاب و اریزهای



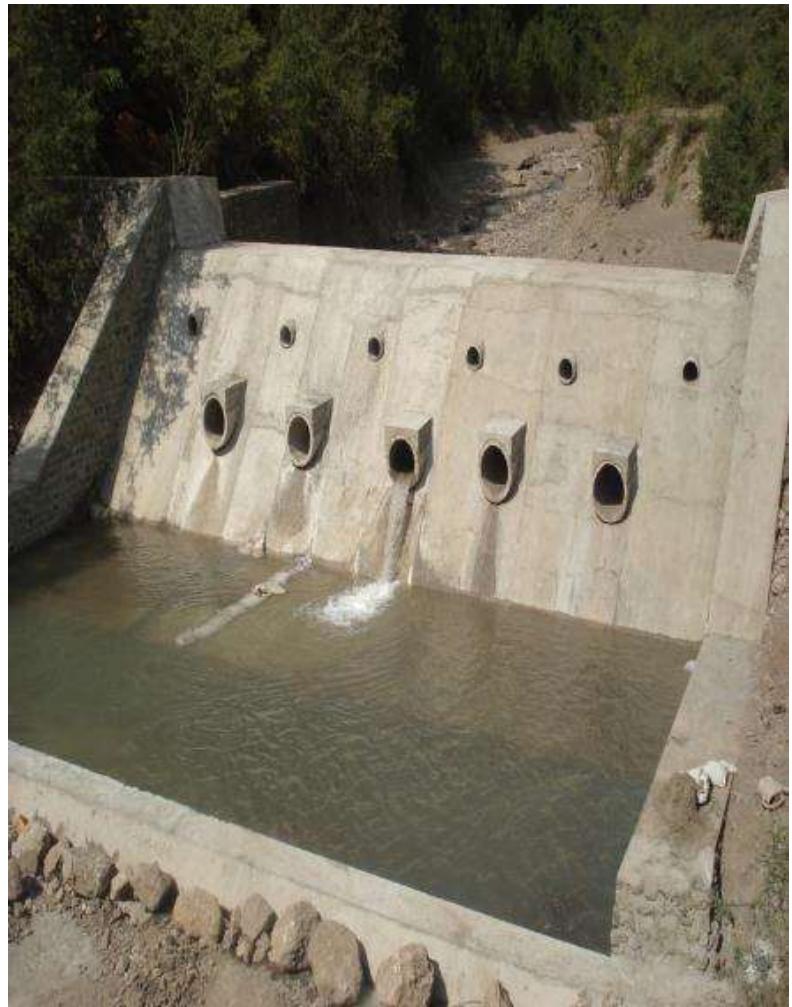
بندهای رسوب‌گیر، آشغال‌گیر و کنترل‌کننده سیلاب در مناطق جنگلی

استان‌های مازندران و گلستان



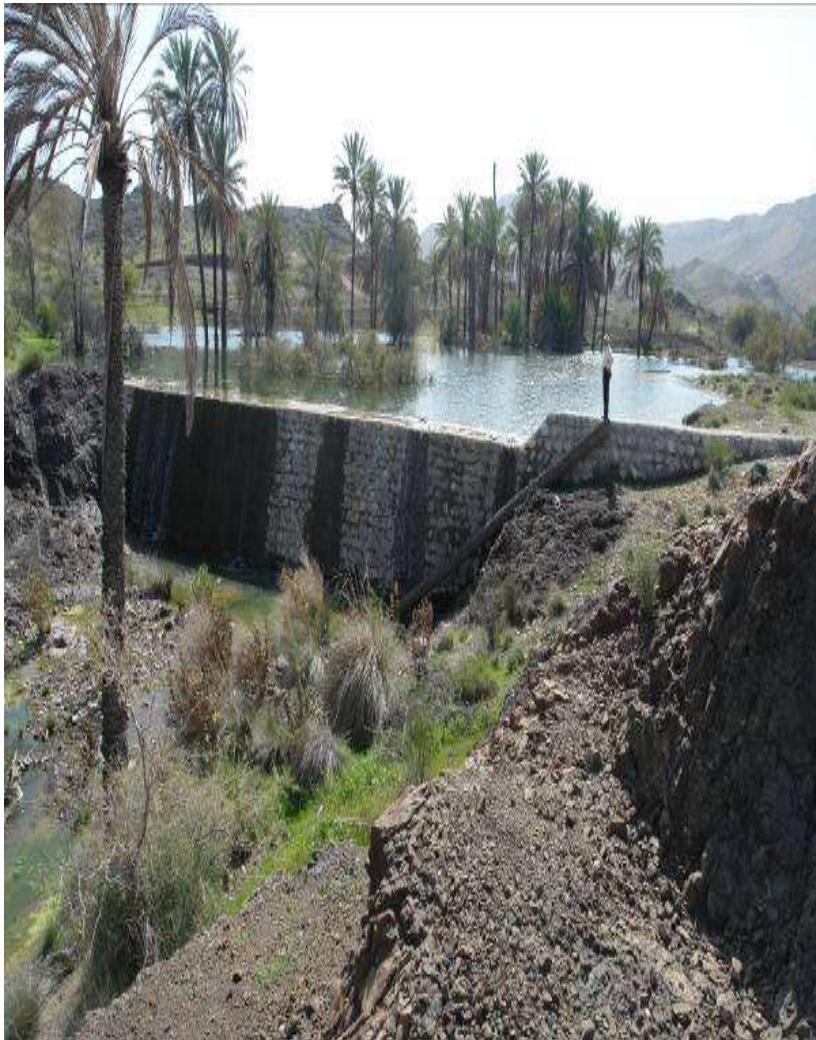
سازه‌های بتُنی کنترل سیل و رسوب

استان‌های گلستان و ایلام



سازه‌های کنترل سیل و ذخیره آب به هدف مقابله با آثار خشکسالی

استان‌های هرمزگان و کرمان

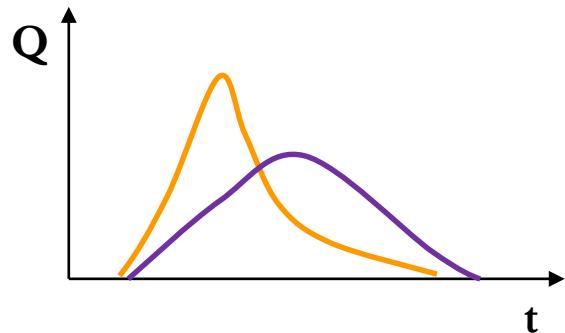


حوضچه تعدیل سیلان



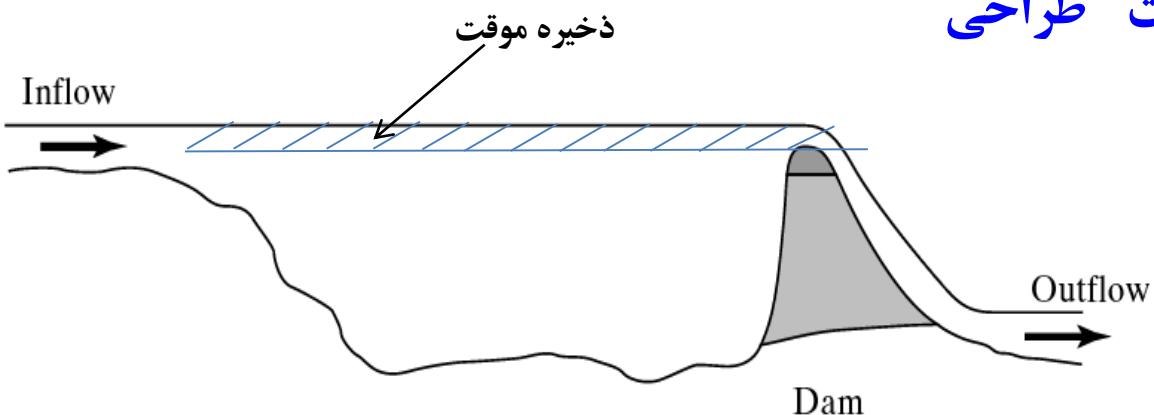
نمونه‌ای از حوضچه دائمی ذخیره جریان واریزه‌ای همراه با بازشوها کوچک در Tirol اتریش

اثر حوضچه تعدیل بر سیلاب



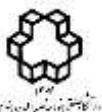
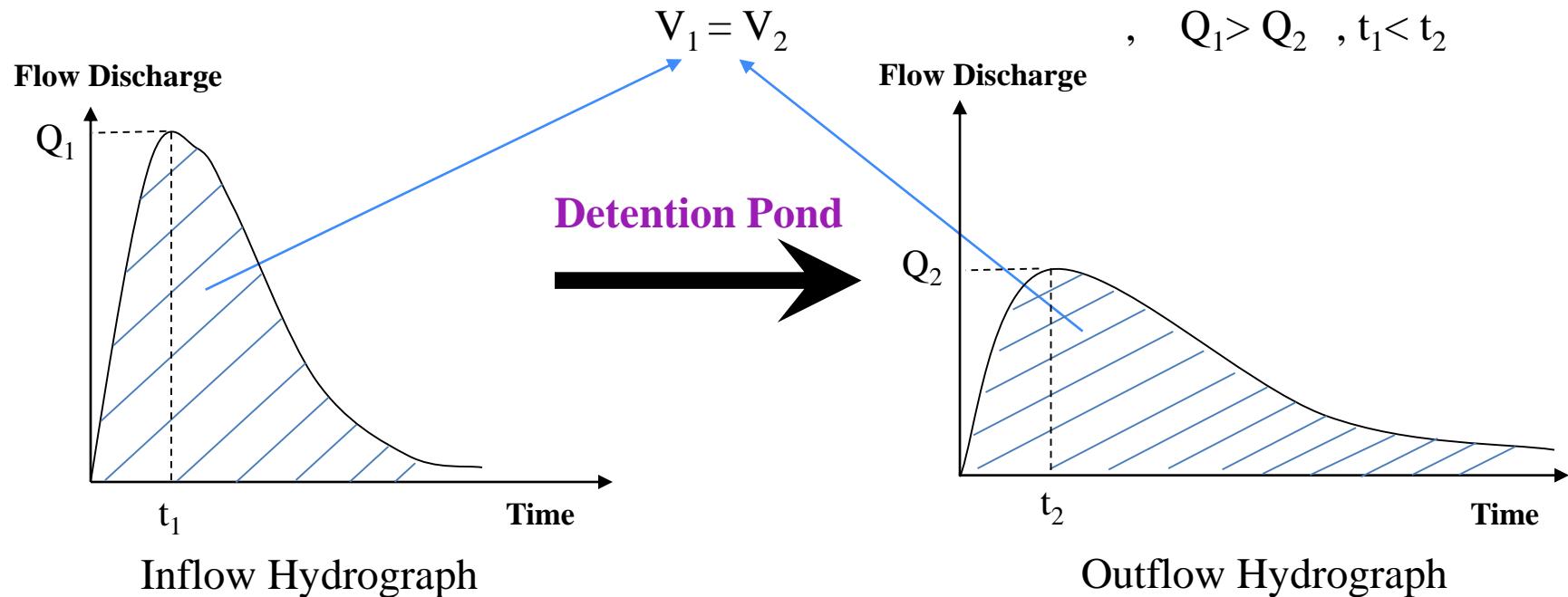
سیلاب ورودی به حوضچه تعدیل سیلاب، در هنگام خروج از آن با دبی پیک به مراتب کمتری خارج می‌شود.

در طراحی، حجم حوضچه تعدیل به گونه‌ای تعیین می‌شود که دبی پیک سیلاب خروجی از ظرفیت طراحی کanal پایین‌دست کمتر باشد.



اثر حوضچه تدبیل بر سیالاب

- هیدروگراف جریان در پایین دست، دچار تأخیر زمانی (Delay or translation effect) و همچنین، افت یا فروکش کردن (Attenuation effect) دبی اوج یا پیک می‌شود.
- این دو اثر به دلیل ذخیره جریان در فاصله ورودی و خروجی پدید می‌آیند.



دیگر راهکارهای مقابله با سیل

- در سطح کلان، آبخیزداری و آبخوانداری

آبخیزداری یا مدیریت پایدار حوضه آبریز: راهکارهایی مانند مدیریت رسوب (ایجاد بندهای رسوب‌گیر/ثبت خاک و ...) و تأمین و حفاظت پوشش گیاهی، مدیریت کاربری اراضی و

آبخوانداری: تغذیه مصنوعی آبخوان (در اینجا، منظور انحراف سیل برای تغذیه آبخوان است).

- افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک (نفوذپذیری خاک) از طریق کاشت گیاهان و درختان، کاهش شیب، جلوگیری از ساخت و ساز بی‌رویه



تراس‌بندی به منظور کنترل سیلاب و بار رسوب و کاهش فرسایش



سازه‌های آشغالگیر (Debris Dam)

استان گلستان



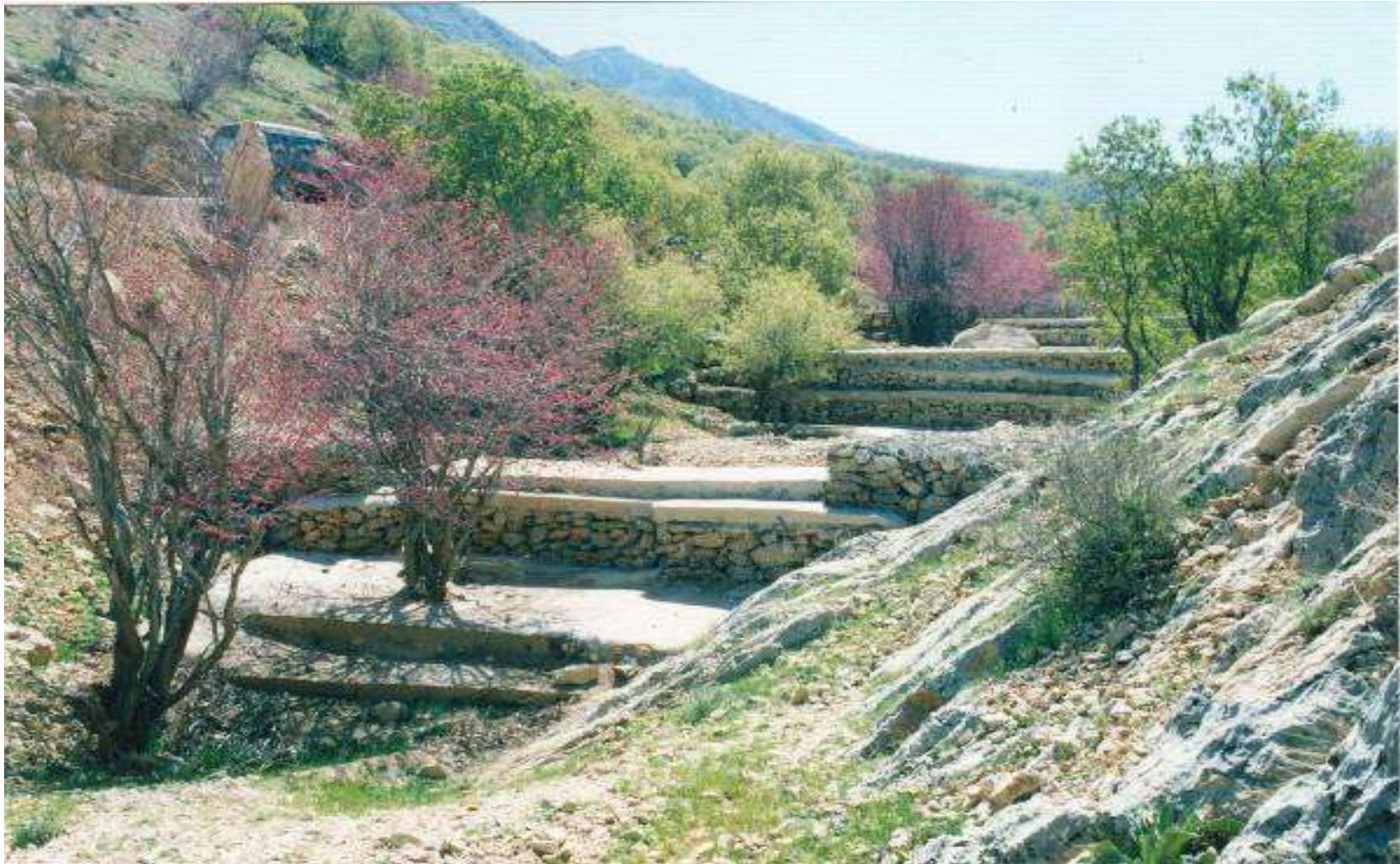
کاهش شدت سیلاب و فرسایش خاک از طریق ایجاد پوشش گیاهی

بادام کاری در اراضی شیبدار با مشارکت مردم در وسعت ۱۴۰۰۰ هکتار در اقلید فارس



ثبت شیب آبراهه و کنترل سیل با استفاده از سازه‌های گابیونی

حوضه آبخیز شهری ایلام



طرح آبخیزداری حوضه رمچاه قشم



پخش سیلان و تغذیه آبخوان دشت گزیر



طرح آبخیزداری حوضه گونمردی شهرستان سیریک



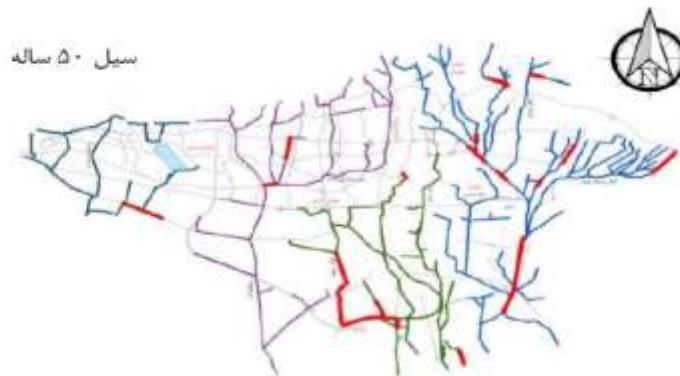
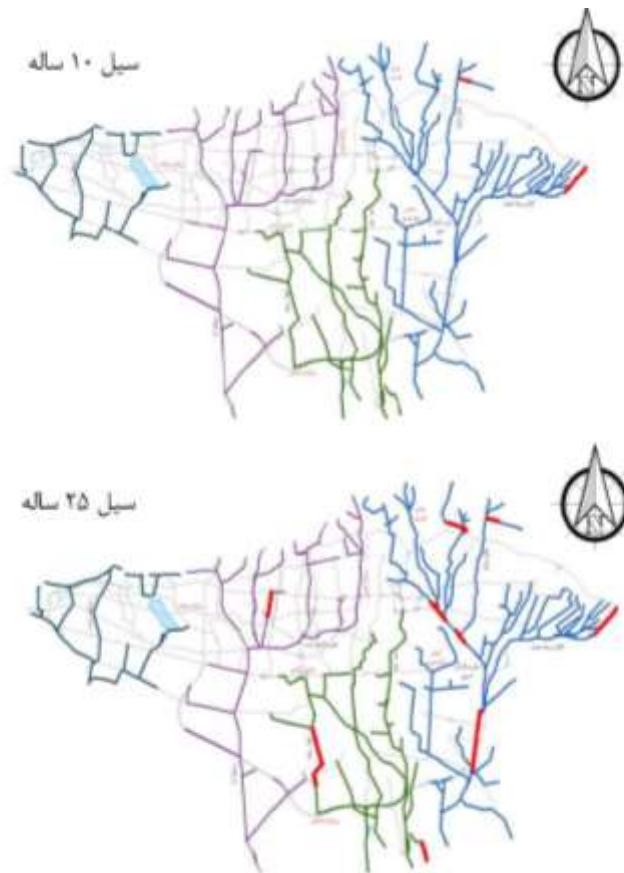
دیگر راهکارهای مقابله با سیل

- ارائه مدل‌های دقیق پیش‌بینی سیلاب و ایجاد سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب و مدیریت ساعتی سیل
- پنهانه‌بندی سیل و تعیین دقیق حریم رودخانه و سیلاب‌دشت توسط مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی
- نظارت دقیق بر اقدامات سازه‌ای در سیلاب‌دشت و محدوده حریم رودخانه‌ها، تغییر مسیر جاده از حاشیه رودخانه و عدم اجازه ساخت و ساز در محدوده‌های تعیین شده
- بازدید و شناسایی نقاط آسیب‌پذیر (به ویژه، پس از بارندگی‌های شدید و بروز سیل)
- جلوگیری از تغییرات شدید کاربری اراضی به کاربری شهری



انتخاب سیلاب طراحی مناسب با استفاده از شبیه‌سازی دبی و عمق آب‌گرفتگی بر اساس

سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت مختلف



کمبود خلوفیت شیکه اصلی آبهای سطحی در مقابل سیل‌های ۱۰، ۲۵، و ۵۰ ساله (بازه‌هایی که کمبود خلوفیت دارند با رنگ قرمز مشخص شده‌اند) [۴۹]

پنهانی خطر سیل (Flood Risk Zoning)

