بررسی وضعیت سدها و عملکرد سدسازی در کشور

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل:۱۵۰۹۲
آبان‌ماه ۱۳۹۵

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
تعریف مسئله و سؤالات تحقیق ۲
ضرورت تحقیق ۳
اهداف تحقیق ۳
روش تحقیق ۳
۱. تقسیم‌بندی سدها ۴
۱-۱. انواع سدها و تقسیم‌بندی آنها ٤
۲. تاریخچه سدسازی ۶
۳. مشخصات برخی از سدهای بزرگ جهان و ایران ۷
۴. مزایای سدها ۹
۴-۱. تأمین آب (کشاورزی، شرب و صنعت) ۱۰
۴-۲. تولید انرژی ۱۱
۴-۳. کنترل سیلاب ۱۱
۴-۴. آمایش سرزمین ۱۲
۴-۵. پرورش ماهی در مخزن ۱۲
۴-۶. توسعه مناطق تفریحی و توریستی ۱۲
۴-۷. حمل‌ونقل آبی ۱۳
۴-۸. تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی ۱۳
۵. معایب سدها ۱۳
۵-۱. اختلال در رژیم طبیعی جریان رودخانه ۱۳
۵-۲. اختلال در رژیم طبیعی انتقال رسوبات در رودخانه ۱٤
۵-۳. نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری بالادست و پایین‌دست ۱۵
۵-۴. تولید زمین‌لرزه و زمین لغزش ۱٦
۵-۵. افزایش تبخیر سطحی ۱۷
۵-۶. آثار غیربهداشتی مخزن سد ۱۷
۵-۷. آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی ۱۸
۵-۸. تغییر در مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب در بالادست و پایین‌دست ۱۹

۶. تجدیدنظر درباره برخی از مزایای سدها ۲۰
۶-۱. انرژی برقابی و گازهای گلخانه‌ای ۲۰
۶-۲. اثر سدها بر کنترل سیلاب ۲۲
۶-۳. بررسی پرورش ماهی در مخزن سد ۲۳
۷. بررسی عملکرد سدهای کشور ۲۴
۷-۱. بررسی آمار مربوط به بارندگی و حجم جریان سطحی ۲۵
۷-۲. سدهای فعال در حوضه‌های آبریز ۶گانه کشور ۲۹
۷-۳. بررسی عملکرد مخازن سدها در حوضه‌های آبریز ۶گانه کشور ۳۱
۷-۴. بررسی عملکرد انرژی برقابی در کشور ۳۵
۷-۵. بررسی کارشناسی مقوله سدسازی در کشور ۳۶
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۳۸
منابع و مآخذ ۴۰

بررسی وضعیت سدها و عملکرد سدسازی در کشور

چکیده

سدها به‌عنوان سازه‌های ساخته دست بشر هستند که از زمان‌های بسیار قدیم مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. سدها انواع مختلف داشته و برحسب کاربرد می‌توان تقسیم‌بندی‌های متفاوتی را برای آنها متصور شد. سدها مزایا و معایب مختلفی دارند. عمده مزایای سدها عبارتند از: تأمین آب، تولید انرژی، کنترل سیلاب، آمایش سرزمین، پرورش ماهی در مخزن، توسعه مناطق تفریحی و توریستی، حمل‌ونقل آبی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی. در مقابل عمده معایب سدها عبارتند از: اختلال در رژیم طبیعی جریان رودخانه، اختلال در رژیم طبیعی انتقال رسوبات در رودخانه، نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری بالادست و پایین‌دست، تولید زمین‌لرزه و زمین‌لغزش، افزایش تبخیر سطحی، آثار غیربهداشتی مخزن، آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی و تغییر در مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب در بالادست و پایین‌دست. با پیشرفت علم و انجام تحقیقات جدید، جنبه‌های نوین آثار زیست‌محیطی سدها آشکار شده است و مشخص شده است که در برخی از موارد که قبلاً فایده محسوب می‌شد، در بلندمدت باید تجدیدنظرهایی شود. در ایران با توجه به خشکسالی‌ها، تغییرات اقلیم و بحران آب، سدسازی در مرکز توجه منتقدان و هواداران قرار گرفته است و در بسیاری موارد، از هر دو قشر، قضاوت‌های نادرست و غیرکارشناسی در این مورد ارائه می‌شود. قابل ذکر است که به‌دلیل برنامه‌ریزی‌های نادرست، سدهای تأسیس شده در کشور، در مواردی عملکرد مناسبی نداشته و باعث ایجاد مشکلات در پایین‌دست و بالادست شده است که ازجمله می‌توان به از بین رفتن برخی زیست‌بوم‌ها و همچنین خالی ماندن درصد قابل توجهی از حجم مخازن تأسیس شده در دوره چشمگیری از زمان بهره‌برداری آنها اشاره کرد. البته سهم عوامل انسانی و تغییرات اقلیم را در این مورد نباید نادیده گرفت و قابل ذکر است که تاکنون سدها فواید متعددی را نیز داشته‌اند، که ازجمله مهمترین آنها تأمین آب با خطرپذیری پایین برای مصارف مختلف و کنترل سیلاب است. درحال حاضر سدها به‌عنوان یکی از مهمترین ابزارهای مدیریت منابع آب در جهان و ایران به‌شمار می‌روند. ذکر این موضوع نیز بسیار مهم است که لازمه ایجاد هرگونه توسعه و آمایش سرزمین، ایجاد تغییرات در محیط زیست و پذیرش بعضاً آثار نامطلوب آن است. حال نکته مهم اینجاست که تغییرات مذکور باید به‌نحوی باشد که آثار نامطلوب آن حداقل باشد. در مورد سدهای جدیدالاحداث در کشور باید سایر گزینه‌های غیر از سد و تلفیقی نیز مورد بررسی قرار گیرند و همچنین آنالیز هزینه-فایده با لحاظ تمامی موارد با ارائه طرح ارزیابی آثار زیست‌محیطی معیار اصلی تصمیم‌گیری قرار گیرد. در مورد سدهای موجود کشور نیز باید طرح بهینه‌سازی و بهبود عملکرد، تهیه و اجرا شود تا علاوه‌بر حداکثرسازی بهره‌وری، آثار نامطلوب زیست‌محیطی نیز حداقل شود.

مقدمه

امروزه در کشور بیشتر از هر زمانی سخن از بحران آب به میان می‌آید. خشکسالی‌ها، کم‌آبی‌ها، از بین رفتن پهنه‌های آبی و مسائل وابسته به آن، همگی ازجمله مقوله‌هایی هستند که در سال‌های قبل کمتر مورد توجه قرار می‌گرفتند. در میان عوامل مسبب این بحران دو عامل اصلی مطرح می‌باشد: اول خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیم و دوم مدیریت بخش آب. بسیاری عامل اصلی بحران‌های بخش آب را احداث بی‌رویه سدها عنوان می‌کنند و پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی بسیاری را بر آن مترتب می‌دانند. در مقابل، اندک نیستند افرادی که سد و سدسازی را یکی از راهکارهای اصلی راهبری بخش آب با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور می‌دانند. در این گزارش سعی بر این است تا به زبان ساده موضوع سدسازی، مزایا و معایب آن و همچنین وضعیت و عملکرد سدهای کشور در سال‌های اخیر مورد تفحص و بررسی قرار گیرد. البته لازم به ذکر است که تدقیق موارد مطروحه در حیطه علوم تخصصی وابسته قرار می‌گیرد و ورود بیش از حد به جزئیات ممکن است که مخاطبان گزارش را کاهش دهد. لذا موارد اصلی و کلی با زبانی کارشناسی بیان می‌گردد تا برای عموم قابل استفاده باشد. در این گزارش ابتدا پس از بیان ضرورت و اهداف گزارش، مزایا و معایب سدسازی و مسائل مرتبط با آنها بیان می‌گردد و سپس با تکیه به آمار و ارقام معتبر موجود در کشور، آخرین وضعیت و عملکرد سدها در کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تعریف مسئله و سؤالات تحقیق

سدها به‌عنوان سازه‌هایی غول‌پیکر هستند که توسط بشر ساخته می‌شوند و دارای مزایا و معایب مختلفی هستند. اخیراً با توجه به کارکردها و عملکردهای مختلف سد و سدسازی در کشور، نظرات و ایده‌ها در مورد این سازه‌ها بسیار متفاوت شده است. اطلاع دقیق از مزایا و معایب سدها و نحوه عملکرد آنها و تأثیرات آنها بر محیط زیست می‌تواند بر تصمیم‌گیری درست و کارشناسی در مورد آنها کمک کند. همچنین با توجه به ورود کشور به مرحله بحران آب، اطلاع از نحوه عملکرد سدها در سال‌های اخیر در کشور با توجه به میزان بارندگی‌ها، می‌تواند در شفاف‌سازی نقش آنها در مدیریت منابع آب کشور کمک کند. لذا دسترسی به آماری کلی از سدها، حجم مخزن آنها و مسائل وابسته در سطح حوضه‌های آبریز کشور، می‌تواند به مدیران و دست‌اندرکاران بخش آب، دید بهتری را ارائه کند. در این راستا سؤالات تحقیق حاضر به‌شرح زیر هستند:

۱. فواید و معایب احداث سدها در کشور چه بوده است؟

۲. سدسازی چه تأثیری در شرایط زیست‌محیطی حوضه‌های آبریز کشور (بالادست و پایین‌دست) داشته است؟

۳. تأثیر تغییرات اقلیمی بر کارآیی و عملکرد سدهای تأسیس شده در کشور چگونه بوده است؟
۴. آیا برنامه‌ریزی تعداد و توسعه سدسازی در کشور مناسب بوده است؟
۵. راهکارهای کاهش آثار منفی زیست‌محیطی سدسازی و طرح‌های مهار آب در کشور کدامند؟

ضرورت تحقیق

اتفاقات اخیر برای بسیاری از پهنه‌ها و زیست‌بوم‌های آبی کشور و همچنین وقوع خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌های پی‌درپی، بخش آب کشور را با بحران مواجه نموده است. این امر سبب شده است که با توجه به حساسیت موضوع، گروه‌های مختلف با دنبال نمودن منافع اجتماعی، سیاسی و اقتصادی خاص، بدون توجه به مبانی کارشناسی، اظهارنظرهای مختلفی را ارائه نمایند. یکی از این موضوعات، مقوله سد و سدسازی در کشور می‌باشد که درحال حاضر در کشور با توجه به منافع سازمانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ارزیابی کارشناسی موضوع و همچنین ارائه نتایج با توجه به آمار و ارقام معتبر در مورد سدسازی و سدهای کشور به دور از هرگونه منفعت سازمانی ضرورت اصلی تحقیق حاضر است.

اهداف تحقیق

اهداف اصلی زیر از این تحقیق مدنظر می‌باشد:

- بررسی کارشناسی مزایا و معایب سدها،
- بررسی ایده‌ها و نظرات جدید و برخی تجربیات جهانی در مورد سدها و سدسازی،
- ارائه آخرین آمار و ارقام کلی از وضعیت سدها در حوضه‌های آبریز شش‌گانه کشور،
- عملکرد سدها در کشور با توجه به آخرین وضعیت بارندگی و حجم جریان سطحی.

روش تحقیق

عمده مراحل و روش انجام تحقیق حاضر به‌شرح ذیل می‌باشد:

۱. استخراج مزایا و معایب سدها و سدسازی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای،
۲. استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و کاوش‌های اینترنتی جهت بررسی تجربیات جدید کشورها در مورد سدها و سدسازی،
۳. جمع‌آوری آمار و ارقام معتبر در مورد میزان بارندگی، حجم جریان سطحی و عملکرد سدها در کشور در دوره ۱۵ ساله اخیر و بررسی و تحلیل آمارهای مذکور،
۴. استفاده از نظرات نخبگان و کارشناسان اجرایی و دانشگاهی،
۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری با توجه به تحلیل مراحل قبل،
۶. تدوین گزارش.

۱. تقسیم‌بندی سدها

سدها دو کارکرد اصلی دارند، یکی اینکه برای جبران نوسانات جریان رودخانه یا تقاضای آب و انرژی، آب را ذخیره می‌کنند و دیگر اینکه سطح آب را در بالادست افزایش می‌دهند تا به این شیوه بتوان آب را در یک کانال منحرف کرد و یا بار هیدرولیکی اختلاف سطح میان مخزن و پایین‌دست رودخانه را افزایش داد. ایجاد این ذخیره و اختلاف سطح آب به سدها امکان تولید برق، تأمین آب کشاورزی، صنعتی و آب آشامیدنی و نیز کنترل سیلاب را می‌دهد و نیز کشتیرانی در رودخانه را به‌وسیله تنظیم جریان و پرآب کردن سریع آن میسر می‌سازد. سایر دلایل ساخت سدها، پرورش ماهی و تفریحاتی مانند قایقرانی است.

همان‌گونه که هر رودخانه و هر حوضه آبریز، یکتا و منحصربه‌فرد است، هر ساختگاه و هر سد نیز یکتا و منحصربه‌فرد است. نوع اصلی طراحی سد بر پایه ویژگی‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی ساختگاه آن انجام می‌شود. سدهای خاکی و سنگریزه‌ای، که معمولاً ارزان‌ترین ساخت را دارند، ۸۰ درصد از سدهای بزرگ دنیا را تشکیل می‌دهند.

۱-۱. انواع سدها و تقسیم‌بندی آنها

سدها براساس اصول مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. تقسیم‌بندی‌های مذکور به‌شرح زیر می‌باشد:

۱. براساس هدف از ساخت سد،
۲. براساس طراحی هیدرولیکی سد،
۳. براساس جنس مواد تشکیل‌دهنده سد،
۴. براساس رفتار سازه‌ای سد،
۵. براساس ابعاد و اندازه سد.

جدول ۱ انواع سدها را تحت هر یک از تقسیم‌بندی فوق نشان می‌دهد.

جدول ۱. انواع سدها براساس تقسیم‌بندی‌های مختلف

۱. براساس هدف از ساخت سد	۲. براساس طراحی هیدرولیکی سد
الف) سدهای مخزنی ب) سدهای تأخیری ج) سدهای انحرافی د) سدهای فرازبند هـ سدهای آب‌بند	الف) سدهای روگذر ب) سدهای غیرروگذر
۳. براساس جنس مواد تشکیل‌دهنده سد	**۴. براساس رفتار سازه‌ای سد**
الف) سدهای صلب ب) سدهای غیرصلب	الف) سدهای وزنی ب) سدهای قوسی ج)سدهای پایه‌ای د) سدهای خاکی
۵. براساس ابعاد و اندازه سد	
الف) سدهای کوچک ب) سدهای متوسط ج) سدهای بزرگ	

Source: Urquhart,1962.

در ذیل تعریف مختصری درباره هر یک از انواع سد ارائه می‌شود:

ـ **سدهای مخزنی:** این نوع سدها برای ذخیره آب در فصل پرآبی رودخانه و برای استفاده در فصل کم‌آبی به‌کار می‌روند.

ـ **سدهای تأخیری:** این نوع سدها برای مهار سیلاب و آزادسازی تدریجی آن در جهت کاهش خسارت پایین‌دست تأسیس می‌شوند.

ـ **سدهای انحرافی:** سدهای کوتاهی هستند که برای بالا آوردن موضعی سطح آب و انحراف آن به سمت کانال آبیاری به‌کار می‌روند.

ـ **سدهای فرازبند:** سدهای موقتی هستند که در بالادست سد اصلی درحال تأسیس احداث می‌شوند تا ساختگاه سد اصلی درحال احداث خشک شود.

ـ **سدهای آب‌بند:** سدهای کوتاه از جنس مصالح موقتی (مانند الوار) می‌باشند که برای اهداف کوتاه‌مدت احداث می‌شوند.

ـ **سدهای روگذر:** سدهایی هستند که از روی تمام یا قسمتی از تاج آنها آب سرریز می‌شود.

ـ **سدهای غیرروگذر:** برخلاف سدهای روگذر آب از روی تاج این نوع سدها عبور نمی‌کند.

ـ **سدهای صلب:** جنس این نوع سدها از مصالح صلب غیرقابل تغییر شکل مانند بتن یا فولاد می‌باشد.

ـ **سدهای غیرصلب:** جنس این نوع سدها از مصالح غیرصلب قابل تغییر شکل مانند خاک یا سنگریزه می‌باشد.

ـ **سدهای وزنی:** این نوع سدها به واسطه وزن زیاد خود در مقابل نیروهای وارده از سمت آب پایداری خود را حفظ می‌کنند.

ـ **سدهای قوسی:** این سدها توسط انحنای بدنه سد نیروهای وارده از طرف آب را به تکیه‌گاه‌های سد منتقل می‌کنند.

ـ **سدهای پایه‌ای:** این سدها با استفاده از پایه‌های ستون مانند و یک غشای بتنی نیروهای وارده از طرف آب را مهار می‌کنند.

ـ **سدهای خاکی:** این سدها با استفاده از خاک فشرده شده همراه با هسته نفوذناپذیر در بالادست ایجاد مخزن می‌کنند.

ـ **سدهای کوچک، متوسط و بزرگ:** جدول ۲ مبنای طبقه‌بندی این نوع سدها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مبنای طبقه‌بندی سدهای کوچک، متوسط و بزرگ

طبقه‌بندی	حجم مخزن (میلیون مترمکعب)	ارتفاع (متر)
سد کوچک	۰/۵ تا ۱۰	۷/۵ تا ۱۲
سد متوسط	۱۰ تا ۶۰	۱۲ تا ۳۰
سد بزرگ	بزرگ‌تر از ۶۰	بزرگ‌تر از ۳۰

۲. تاریخچه سدسازی

کشاورزان پای تپه‌های کوه‌های زاگرس و شرق بین‌النهرین، شاید نخستین سدسازان دنیا بودند. کانال‌های آبیاری ۸۰۰۰ سال پیش در این منطقه ساخته شدند و بعید نیست که بندهای کوچکی از چوب و خاشاک و خاک نیز برای انحراف آب از رودها به نهرها، ساخته می‌شد. ۶۵۰۰ سال پیش سومریان، دشت‌های دو سوی دجله و فرات را زیر پوشش شبکه‌های آبیاری بردند.

کهن‌ترین سدی که بقایای آن پیدا شده است، ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح ساخته شد و بخشی از سامانه آبرسانی شهر جاوا در اردن امروزی بود. این سامانه دربرگیرنده بندی به طول ۲۰۰ متر برای انحراف آب در ۱۰ مخزن سد کوچک از سنگ و خاک و یک آبراهه برای انتقال آب بود. تا آخرین هزاره پیش از میلاد مسیح، سدهای خاک و سنگی در پیرامون دریای مدیترانه، در خاورمیانه، چین و آمریکای مرکزی ساخته شدند.

در دوران صنعتی شدن قرن نوزدهم، در بریتانیا نزدیک به ۲۰۰ سد بلندتر از ۱۵ متر برای مصارف توسعه شهری ساخته شد. در سال ۱۹۰۰، بریتانیا به تنهایی به اندازه همه کشورهای جهان، سد بزرگ داشت. سدهای قرن نوزدهم بیشتر خاکی و خاکریزه‌ای بودند و غالباً به روش آزمون و خطا طراحی و ساخته می‌شدند. چون تا

دهه ۱۹۳۰ شناخت علمی کمی درباره چگونگی رفتار و واکنش خاک و سنگ در زیر فشار وجود داشت.

نخستین نیروگاه آبی جهان که یک سد جریانی در اپلتون ویسکانسین بود، در ۱۸۸۲ آغاز به تولید نیرو کرد. سال بعد سدهای نیروگاهی در ایتالیا و نروژ نیز ساخته شد. در چند دهه بعد سدهای برقابی روی رودخانه‌های با جریان پرشتاب اروپا، به‌ویژه در اسکاندیناوی و آلپ ساخته شد. با آغاز قرن بیستم، اندازه سدها و نیروگاه‌های آنها با آهنگ تندی افزایش یافت. پیشرفت در طراحی توربین‌ها، بهره‌برداری از بار هیدرولیکی را از ۳۰ متر در ۱۹۳۰ تا ۲۰۰ متر در ۱۹۹۰ افزایش داد و پیشرفت در مهندسی سدسازی، ساخت سدهای بلند برای ایجاد بار مذکور را میسر ساخت (Davis, 1971).

۳. مشخصات برخی از سدهای بزرگ جهان و ایران

جدول ۳، بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران را از لحاظ ارتفاع نشان می‌دهد. بر این اساس سد Jinping I در کشور چین با ارتفاع ۳۰۵ متر بلندترین سد جهان می‌باشد. درحال حاضر در کشور ایران سد کارون ۴ با ارتفاع ۲۳۰ متر بلندترین سد ایران و بیست‌ودومین سد بلند جهان می‌باشد. شایان ذکر است که سد درحال تأسیس بختیاری روی رودخانه بختیاری از سرشاخه‌های رودخانه دز با ارتفاع ۳۲۵ متر، تاکنون بلندترین سد جهان می‌باشد.

جدول ۳. بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران از لحاظ ارتفاع

نام سد	ارتفاع (متر)	رتبه در جهان	کشور	نوع سد	سال شروع بهره‌برداری (میلادی)
Jinping I	۳۰۵	۱	چین	بتنی قوسی	۲۰۱۳
Nurek	۳۰۰	۲	تاجیکستان	خاکی	۱۹۸۰
Xiaowan	۲۹۲	۳	چین	بتنی قوسی	۲۰۱۰
Xiluodu	۲۸۵/۵	۴	چین	بتنی قوسی	۲۰۱۳
Grande Dixence	۲۸۵	۵	سوئیس	بتنی وزنی	۱۹۶۴
Enguri	۲۷۱/۵	۶	گرجستان	بتنی قوسی	۱۹۸۷
Vajont	۲۶۱/۶	۷	ایتالیا	بتنی قوسی	۱۹۵۹
Nuozhadu	۲۶۱/۵	۸	چین	خاکی	۲۰۱۲
Manuel Moreno Torres	۲۶۱	۹	مکزیک	خاکی	۱۹۰۸
Tehri	۲۶۰/۵	۱۰	هند	خاکی	۲۰۰۶
کارون ۴	۲۳۰	۲۲	**ایران**	بتنی قوسی-وزنی	۲۰۱۰
کارون ۳	۲۰۵	۳۵	**ایران**	بتنی قوسی-وزنی	۲۰۰۵
دز	۲۰۳	۳۶	**ایران**	بتنی قوسی-وزنی	۱۹۶۳
شهید عباس‌پور (کارون ۱)	۲۰۰	۴۰	**ایران**	بتنی دوقوسی	۱۹۷۶
امیرکبیر	۱۸۰	۵۷	**ایران**	بتنی قوسی	۱۹۶۱
گتوند علیا	۱۸۰	۵۷	**ایران**	خاکی	۲۰۱۲

مأخذ: کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (ICOLD).

جدول ۴، بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران را از لحاظ حجم مخزن نشان می‌دهد. براساس این جدول، سد Kariba در مرز کشورهای زامبیا و زیمبابوه با حجم مخزن ۱۸۰/۶ میلیارد مترمکعب بزرگ‌ترین دریاچه سد جهان از لحاظ حجم است. در ایران نیز سد کرخه با حجم مخزن ۵/۹ میلیارد مترمکعب و بعد از آن نیز سد گتوند علیا با حجم مخزن ۴/۵ میلیارد مترمکعب بزرگ‌ترین دریاچه سدهای کشور از لحاظ حجم هستند.

جدول ۴. بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران از لحاظ حجم مخزن

نام سد	حجم مخزن (میلیارد مترمکعب)	رتبه در جهان	کشور	سال شروع بهره‌برداری (میلادی)
Kariba	۱۸۰/۶	۱	زامبیا و زیمبابوه	۱۹۵۹
Bratsk	۱۶۹	۲	روسیه	۱۹۶۴
Akosombo	۱۵۰	۳	غنا	۱۹۶۵
Daniel-Johnson	۱۴۱/۸	۴	کانادا	۱۹۶۸
Guri	۱۳۵	۵	ونزوئلا	۱۹۸۶
Aswan High	۱۳۲	۶	مصر	۱۹۷۱
W.A.C Bennett	۷۴/۳	۷	کانادا	۱۹۶۷
Krasnoyarsk	۷۳/۳	۸	روسیه	۱۹۶۷
Zeya	۶۸/۴	۹	روسیه	۱۹۷۸
Robert Bourassa	۶۱/۷	۱۰	کانادا	۱۹۸۱
کرخه	۵/۹	-	**ایران**	۲۰۰۱
گتوند علیا	۴/۵	-	**ایران**	۲۰۱۲
دز	۳/۳	-	**ایران**	۱۹۶۳
سیمره	۳/۲	-	**ایران**	۲۰۱۳
شهید عباس‌پور (کارون ۱)	۳/۱	-	**ایران**	۱۹۷۶
کارون ۳	۳	-	**ایران**	۲۰۰۵
کارون ۴	۲/۲	-	**ایران**	۲۰۱۰

مأخذ: همان.

جدول ۵، بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران را از لحاظ ظرفیت تولید انرژی برقابی نشان می‌دهد. عظیم‌ترین نیروگاه برقابی جهان، نیروگاه سد Three Gorges در کشور چین است. این نیروگاه به تنهایی با ظرفیت ۲۲۵۰۰ مگاوات، تقریباً معادل دو برابر کل انرژی برقابی ایران، ظرفیت دارد.

جدول ۵. بزرگ‌ترین سدهای جهان و ایران از لحاظ ظرفیت تولید انرژی برقابی

نام سد	ظرفیت برقابی (مگاوات)	رتبه در جهان	کشور	سال شروع بهره‌برداری (میلادی)
Three Gorges	۲۲۵۰۰	۱	چین	۲۰۰۸
Itaipu	۱۴۰۰۰	۲	برزیل و پاراگوئه	۱۹۸۴
Xiluodu	۱۳۸۶۰	۳	چین	۲۰۱۴
Guri	۱۰۲۳۵	۴	ونزوئلا	۱۹۷۸
Tucurui	۸۳۷۰	۵	برزیل	۱۹۸۴
Grand Coulee	۶۸۰۹	۶	آمریکا	۱۹۴۲
Xiangjiaba	۶۴۴۸	۷	چین	۲۰۱۴
Longtan	۶۴۲۶	۸	چین	۲۰۰۷
Sayano	۶۴۰۰	۹	روسیه	۱۹۸۵
Krasnoyarsk	۶۰۰۰	۱۰	روسیه	۱۹۷۲
کارون ۳	۲۲۸۰	۴۴	**ایران**	۲۰۰۵
گتوند علیا	۲۰۰۰	۵۴	**ایران**	۲۰۱۲
شهید عباس‌پور (کارون ۱)	۲۰۰۰	۵۴	**ایران**	۱۹۷۶
مسجدسلیمان	۲۰۰۰	۵۴	**ایران**	۲۰۱۰

مأخذ: همان.

۴. مزایای سدها

براساس منابع و مراجع موجود مزایای متنوعی را می‌توان برای سدها برشمرد. عمده این مزایا به‌شرح ذیل می‌باشند:

- تأمین آب (کشاورزی، شرب و صنعت)،
- تولید انرژی،
- کنترل سیلاب،
- آمایش سرزمین،
- پرورش ماهی در مخزن،
- توسعه مناطق تفریحی و توریستی،
- حمل‌ونقل آبی،
- تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی.

در ادامه توضیح مختصری درباره هر یک از موارد فوق ارائه می‌شود.

۱-۴. تأمین آب (کشاورزی، شرب و صنعت)

شاید بتوان عمده‌ترین هدف از تأسیس یک سد را، تأمین آب برای مصارف بخش‌های مختلف عنوان کرد. با توجه به اینکه میزان آب عبوری از یک رودخانه در مواقع مختلف سال متفاوت است، یک سد می‌تواند با ذخیره آب در مواقع پرآبی، آن را برای مواقع کم‌آبی و برای مصارف مختلف تحویل دهد. سدهای بزرگ بیشتر برای تأمین آب آبیاری ساخته می‌شوند تا سایر هدف‌ها و بخش کشاورزی بیش از سایر بخش‌ها از آب شیرین استفاده می‌کند. براساس آمار جهانی نزدیک به دوسوم مصرف آب در مناطق خشک، ۸۰ درصد از آب مصرفی در کالیفرنیا و بیش از ۹۰ درصد از آب در ایران، مربوط به بخش کشاورزی است. بر پایه گسترده‌ترین برآوردهای انجام شده، نزدیک به یک‌سوم از کل برداشت محصول جهان از یک‌ششم زمین‌هایی که آبیاری می‌شوند، به‌دست می‌آید. البته لازم به ذکر است که آمار و ارقام مربوط به این امر در سراسر دنیا غالباً توأم با ضد و نقیض بیان می‌شود. شاید اصلی‌ترین دلیل تناقض‌های یاد شده عدم وجود یک تعریف روشن از آبیاری می‌باشد.

در مورد آب شرب می‌توان عنوان کرد که تنها بخش کوچکی از آب ذخیره شده در سدهای بزرگ به مصرف آب شرب می‌رسد. براساس آمارهای بین‌المللی از میان سدهای کشورهای چین، آمریکا، هند و ژاپن (به‌عنوان چهار کشور بزرگ سدساز دنیا) تنها یک‌پنجم از آب آنها به مصرف شرب می‌رسد. چنانچه یک سد بزرگ، تأمین آب شرب را نیز جزء اهداف خود داشته باشد معمولاً بخش بسیار کوچکی از اهداف طرح خواهد بود. لازم به‌ذکر است که آب قابل توجهی از شهرهای جهان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. در آمریکا نزدیک به ۵۰ درصد و در اروپا نزدیک به ۶۵ درصد از آب شهری از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. جدول ۶ آمار مربوط به مصارف مختلف را در کشور ایران نشان می‌دهد. براساس این جدول از کل مصارف کشور ایران ۴۵ درصد از آب‌های سطحی و ۵۵ درصد نیز از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود.

جدول ۶. میزان معطوف کشور به تفکیک نوع مصرف و منبع (میلیارد مترمکعب)

نوع منبع	شرب	صنعت	کشاورزی
چاه	۴/۴۶	۰/۹۲	۴۰/۷۳
چشمه	۰/۶۰	۰/۰۴	۳/۲۸
قنات	۰/۰۸	۰/۰۱	۳/۰۷
آب‌های سطحی	۲/۹	۱/۷۷	۳۸/۵۱
جمع کل	۹۶/۳۶		
درصد توزیع مصرف	۸/۳	۲/۸	۸۸/۹

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۴.

۴-۲. تولید انرژی

تولید انرژی الکتریسیته یکی دیگر از کارکردهای مهم سدها می‌باشد. با توجه به اینکه با احداث سد ارتفاعی از آب پشت بدنه سد جمع می‌شود، با وجود انرژی پتانسیل در این ستون آب می‌توان از آن برای به حرکت درآوردن توربین‌ها و در نهایت تولید انرژی برق استفاده کرد. میزان تولید انرژی برقابی از سد به عوامل مهم ارتفاع آب، دبی جریان و راندمان توربین‌ها بستگی دارد. اگر یک نیروگاه آبی بتواند سالیانه به‌طور شبانه‌روزی و بدون توقف با ظرفیت کامل توربین‌ها و برق تولید کند، ضریب بازدهی نیروگاه ۱۰۰ درصد است. البته هیچ نیروگاهی نمی‌تواند در این سطح کار کند و سدها تنها برای تأمین نیرو در ساعت‌های پیک تقاضا ساخته می‌شوند و برای بهره‌برداری در تمام مدت طراحی نمی‌شوند. عواملی که بر دسترس‌پذیری برق سدها اثر می‌گذارند عبارتند از: ایست نیروگاه برای تعمیرات و نگهداری و نیز تغییرات فصلی و سالیانه جریان آب. میانگین سالیانه ضریب بازدهی نیروگاه‌های برقابی در آمریکا حدود ۴۶ درصد و برای کشورهای درحال توسعه حدود ۴۹ درصد می‌باشد. برای مقایسه، ضریب بازدهی نیروگاه‌های فسیلی در آمریکا نزدیک به ۶۵ درصد است.

در بیشتر منابع از مزایای انرژی برقابی نسبت به انرژی حاصل از نیروگاه‌های فسیلی، پاک بودن آن، یعنی عدم تولید هرگونه گاز گلخانه‌ای و تجدیدپذیر بودن آن را ذکر می‌کنند. البته این موارد نیاز به توضیحات تکمیلی دارد که در بخش‌های بعدی گزارش به آنها پرداخته خواهد شد.

۴-۳. کنترل سیلاب

در یک دید کلی روش‌های کنترل سیلاب به دو نوع سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شوند. در روش‌های غیرسازه‌ای برای کنترل سیلاب هیچ‌گونه سازه‌ای برای مهار جریان سیل ساخته نمی‌شود ولی در روش‌های سازه‌ای با ساخت سازه‌های مختلف، جریان سیلاب مهار می‌شود. یکی از سازه‌های کنترل سیلاب، سد است. در حقیقت جریان سیلاب قبل از ورود به دریاچه سد دارای شدت بسیار زیاد طی یک مدت زمان کوتاه می‌باشد. پس از عبور از دریاچه سد نقطه اوج شدت سیلاب فروکش کرده و مدت زمان آن افزایش می‌یابد و به اصطلاح سیلاب تسکین پیدا می‌کند. افزایش خسارت سیل دلایل گوناگونی دارد: جنگل‌زدایی، تخریب و شهرسازی در آبخیزها که سرعت فرار آب از اراضی به رودخانه را افزایش می‌دهد و نیز تغییرات آب و هوایی که ممکن است تغییرپذیری، شدت و دفعات رخداد توفان و سیل را افزایش دهد. مصادیق زیادی را می‌توان پیدا کرد که سدها از سیلاب‌ها جلوگیری کرده و از خسارت پایین‌دست جلوگیری کرده‌اند. البته این موضوع نیاز به توضیحات تکمیلی دارد که در بخش‌های بعدی گزارش به آن پرداخته خواهد شد.

۴-۴. آمایش سرزمین

آمایش سرزمین علم و دانش، سازماندهی منطقی و عقلانی جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی حفاظت و توسعه محیط زیست را شامل می‌شود. آمایش سرزمین طبق ضوابطی با نگرش بازده پایدار و درخور، برحسب توان و استعداد کمّی‌وکیفی سرزمین، برای استفاده‌های مختلف انسان در سرزمین، به تعیین نوع کاربری سرزمین می‌پردازد. امروزه آمایش منابع آب در مناطقی که با محدودیت‌های منابع آب مواجه هستند، غیرقابل انکار است. زمزمه‌های مفهوم آمایش سرزمین و ارتباط آن با منابع آب اولین بار در دهه ۱۹۸۰ میلادی مطرح شد. با توجه به اینکه عنصر آب به‌عنوان پیش‌نیاز هرگونه توسعه و پیشرفت است، لازم است که نقش این عنصر در مبانی آمایش سرزمین قبل از هر مقوله دیگری مدنظر قرار داده شود. با احداث سد در مناطق کم آب یا با پراکنش مکانی و زمانی نامنظم ریزش‌های جوی، اطمینان از تأمین آب برای مصارف مختلف افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند در برنامه‌ریزی آمایش سرزمین مدنظر قرار گیرد.

۴-۵. پرورش ماهی در مخزن

ماهیگیری در مخزن سد معمولاً به‌عنوان یکی از فایده‌های سدسازی محسوب می‌گردد. پوشش گیاهی و خاکی که در اثر احداث سد به زیر آب می‌رود، مقادیر زیادی مواد خوراکی تولید می‌کند که خوراک ماهی‌ها را فراهم می‌کند و محیط مناسبی را برای رشد و پرورش ماهی‌ها فراهم می‌آورد. پرورش ماهی و ماهیگیری در مخزن سد می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای اشتغال افرادی در نظر گرفته شود که در اثر احداث سد شغل خود را از دست می‌دهند. البته شایان ذکر است که این امر نیازمند ملاحظات زیست‌محیطی و اکولوژیکی خاص خود می‌باشد.

۴-۶. توسعه مناطق تفریحی و توریستی

ماهیگیری تفریحی، شنا، قایق‌سواری و سایر تفریحات ساحلی نیز ازجمله تفریحاتی است که با ایجاد مخازن سدها، ایجاد می‌شوند. سد هوور، در فاصله کوتاهی از شهر فانتزی لاسوگاس یکی از معروف‌ترین مناطق گردشگری آمریکاست. مخزن این سد در دل سرزمین‌های خشک بی‌حاصل جایگاه مناسبی را برای حضور میلیون‌ها گردشگر فراهم آورده است. در کشور ایران نیز مخازن سدهای بسیاری وجود دارد که به‌عنوان مناطق تفریحی و توریستی هر ساله توجه هزاران گردشگر و توریست را به خود جلب می‌کند. ازجمله این سدها در کشور می‌توان به کرخه، دز، کرج و سفیدرود اشاره نمود.

۴-۷. حمل‌ونقل آبی

با احداث سد روی جریان آب رودخانه، سطح آب رودخانه پشت سد افزایش می‌یابد. افزایش سطح آب مذکور می‌تواند در مواردی پتانسیل کشتیرانی را در رودخانه فراهم کند. روی برخی رودخانه‌های آمریکا به‌ویژه در آمریکای شمالی و همچنین در اروپا، سدهای زیادی کمابیش فقط برای بهبود شرایط کشتیرانی ساخته شده است. البته شایان ذکر است که در ایران سدها کمتر با اهدف ایجاد و رونق حمل‌ونقل آبی تأسیس می‌شوند. تنها رودخانه قابل کشتیرانی ایران، رودخانه کارون است. درحال حاضر به‌دلیل کم‌آبی‌ها و استفاده بیش از حد از آب، این رودخانه نیز قابل کشتیرانی نمی‌باشد.

۴-۸. تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی

با تشکیل مخزن سد روی یک سطح گسترده (دریاچه سد) امکان نفوذ آب به سفره‌های آب زیرزمینی و تغذیه آنها فراهم می‌گردد. البته گفتنی است که با بستن آب به سمت پایین‌دست ممکن است اختلالاتی در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی پایین‌دست سد نیز به‌وجود بیاید.

۵. معایب سدها

برخی از معایب و مضرات سدها و سدسازی به‌شرح زیر قابل بیان است:

- اختلال در رژیم طبیعی جریان رودخانه،
- اختلال در رژیم طبیعی انتقال رسوبات در رودخانه،
- نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری بالادست و پایین‌دست،
- تولید زمین‌لرزه و زمین‌لغزش،
- افزایش تبخیر سطحی،
- آثار غیربهداشتی مخزن،
- آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی،
- تغییر در مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب در بالادست و پایین‌دست.

در ادامه توضیح مختصری درباره هر یک از موارد فوق ارائه می‌شود.

۵-۱. اختلال در رژیم طبیعی جریان رودخانه

زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای و جوامع انسانی با هم کامل شده‌اند و غالباً در تغییرات فصلی جریان رودخانه به هم وابسته می‌شوند. همه سدهای مخزنی کمابیش، این الگوهای فصلی را تغییر می‌دهند و افت و خیزهای شدید هیدرولوژیکی را با ذخیره سیلاب و افزایش جریان دوره‌های خشکی، خط‌کشی می‌کنند. ماهیت

پیامدهای یک سد به طراحی، هدف و شیوه بهره‌برداری و اندازه مخزن آن بستگی دارد.

سدها و بندهایی که برای انحراف آب به‌ویژه برای آبیاری بهره‌برداری می‌شوند، برخی اوقات به‌گونه مصیبت‌باری جریان آب در پایین‌دست را کاهش می‌دهند. بی‌گمان بدترین فاجعه اکولوژیکی که در پی انحراف آب رودخانه دیده شده است، کوچک شدن دریاچه آرال در آسیای مرکزی است. تبخیر از دریاچه آرال در گذشته با ورود جریان آب از آمودریا و سیردریا (سیحون و جیحون) هماهنگ بوده است. از دهه ۱۹۶۰ ساخت شبکه گسترده‌ای از سدها و کانال‌های آبیاری مزارع پنبه، جریان آب به‌سوی دریا را قطع کرد. در ۱۹۹۵ سطح دریای آرال به تنها ۳۰۰۰۰ کیلومترمربع در قیاس با ۶۴۵۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۹۶۰ رسید و حجم آن به یک‌چهارم کاهش یافت (Kotlyakov, 1991).

یکی دیگر از مصادیق مشکلات ایجاد شده توسط سدها و آثار آن بر پایین‌دست، انجام طرح گاپ کشور ترکیه بر سرشاخه‌های رودخانه‌های دجله و فرات می‌باشد. براساس این طرح و تأسیس سد آتاتورک با حجم مخزن نزدیک به ۵۰ میلیارد مترمکعب، جریان آب سرچشمه‌های رودخانه‌های دجله و فرات به سمت کشورهای پایین‌دست (عراق و سوریه) به‌شدت کاهش یافته و عواقب بسیار ناگواری بر جا خواهد گذاشت. ازجمله این عواقب خشک شدن بیش از حد بیابان‌های عراق و هجوم ریزگردها به سمت ایران است.

بزرگ‌ترین تحمیل به الگوی فصلی جریان پایین‌دست (پس از سد)، نوسانات کوتاه‌مدت روزانه یا حتی ساعتی در سطح رودخانه است که گاه بسته به میزان آب رها شده برای پاسخ به پیک تقاضای برق، تا چندین متر هم می‌رسد. همبستگی میان آب رها شده از سد و تقاضای برق به این معناست که سطح آب رودخانه در پایین‌دست سد گلن‌کنیون هم اینک نه بر پایه باران در حوزه کلرادو بلکه بر پایه پدیده‌هایی مانند افت استفاده از برق در یکشنبه‌ها و تعطیلات عمومی تغییر می‌کند.

تغییر جریان در این مقیاس پیامدهای اکولوژیکی بی‌شمار دارد. نوسانات پرشتاب سطح آب، فرسایش پایین‌دست را سریع‌تر می‌کند و می‌تواند درختان، درختچه‌ها و علف‌های کناره رودخانه را بشوید و با خود ببرد. بدون پوشش گیاهی کرانه‌ای برای درجا نگهداری ساحل، کرانه رود زودتر فرسایش می‌یابد.

۲-۵. اختلال در رژیم طبیعی انتقال رسوبات در رودخانه

همه رودخانه‌ها رسوب دارند. یک رود به همان اندازه که پیکره‌ای از آب روان است، می‌توان آن را پیکره‌ای از رسوب روان نیز به‌شمار آورد. هنگامی که یک رود در پشت یک سد از حرکت می‌ایستد، رسوب آن به ته مخزن سرازیر می‌شود. آن بخش از رسوب رودخانه که در ته مخزن می‌ماند، در بسیاری طرح‌ها به‌ویژه در مخزن‌های بزرگ به ۱۰۰ درصد هم می‌رسد. به‌تدریج که رسوب در مخزن

متراکم می‌شود، سد نیز کم‌کم توان ذخیره آب برای مصارف گوناگونی که برای آنها ساخته شده است را از دست می‌دهد. هر مخزنی به آرامی جای ذخیره آب خود را به رسوب واگذار می‌کند، گرچه که آهنگ این واگذاری بسیار متفاوت است. با وجود بیش از شش دهه تحقیق، رسوب‌گذاری احتمالاً هنوز هم جدی‌ترین مشکل فنی رودررو با صنعت سدسازی است. بانک جهانی برآورد کرده است که هر سال نزدیک به ۵۰ کیلومترمکعب رسوب، تقریباً ۱ درصد کل ظرفیت ذخیره مخازن جهان، در پشت سدهای دنیا جمع می‌شود. بر این اساس تا ۱۹۸۶ نزدیک به ۱۱۰۰ کیلومترمکعب رسوب در مخزن‌های جهان انباشته شده که یک‌پنجم از ظرفیت ذخیره سدهای دنیاست. آهنگ رسوب‌گیری عمدتاً به اندازه مخزن و نیز به میزان رسوب ورودی به آن بستگی دارد.

۳-۵. نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری بالادست و پایین‌دست

غرق شدن همیشگی جنگل‌ها، مرداب‌ها و حیات‌وحش در مخزن سد، شاید عینی‌ترین پیامد اکولوژیکی یک سد باشد. مخزن‌ها مناطق وسیعی را به زیر آب برده‌اند و دست‌کم ۴۰۰ هزار کیلومترمربع در سراسر جهان (تقریباً معادل یک‌چهارم کشور ایران) در دریاچه سدها مدفون شده است. اما آنچه مهم است تنها وسعت این اراضی از دیدگاه کمی نیست، که از بابت کیفیت نیز اهمیت زیادی دارد. زیراکه زیستگاه‌های رودخانه‌ای و سیلاب‌دشتی از مهمترین و متنوع‌ترین زیست‌بوم‌های جهان هستند. گیاهان و جانورانی که به زیستگاه‌های ته دره‌ای خو گرفته‌اند کمتر می‌توانند در کناره مخزن به حیات خویش ادامه دهند. هنوز به‌روشنی معلوم نیست که چند گونه گیاهی و جانوری تاکنون منقرض شده‌اند تا آخرین زیستگاه آنها در مخزن یک سد دفن شود، اما این رقم هر چه باشد از آن نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. گذشته از ویرانی زیستگاه‌ها، مخزن سدها راه‌های مهاجرت در عرض دره و در طول رودخانه را قطع می‌کنند. از آنجا که جمعیت‌ها منزوی و منفرد می‌شوند، این پراکندگی و تکه‌تکه شدن زیست‌بوم، خطر ازدیاد نسل درون جمعیتی در یک حوزه ژنتیکی کوچک‌تر را افزایش می‌دهد.

در بسیاری موارد این تنها جنگل‌های داخل مخزن، اطراف مخزن و مسیر انتقال و یا اراضی جنگلی تبدیل شده به اراضی کشاورزی نیستند که از دست می‌روند. در بسیاری نمونه‌ها کشاورزان جابجا شده به‌وسیله یک سد مخزنی ناچارند تا جنگل‌های بیشتری را در دو سوی دره پاکسازی کنند تا برای کشت محصولات آماده سازند یا در آنها خانه بسازند. دسترسی به مناطق دوردست که به‌وسیله جاده‌های دسترسی به مخزن‌ها میسر شده است روند جنگل‌زدایی را پرشتاب‌تر کرده است. هر سد بزرگ که در یک منطقه جنگلی در تایلند ساخته شده است هجوم سوداگران چوب و الوار و توسعه‌دهندگان زمین گلف و پناهگاه‌های ییلاقی در اطراف دریاچه سد را به‌دنبال داشته است (Thiraprasart, 1996).

شمار گونه‌های ماهی که در زیستگاه نسبتاً یک‌دست دریاچه سد بتوانند کمابیش دوام یابند و زندگی

کنند درصد بسیار کوچکی از کل شمار گونه‌هایی است که در زیستگاه‌های رودخانه‌ای رشد و نمو می‌کنند. از آنجا که مناطق انگشت‌شماری وجود دارد که از دیدگاه اقتصادی برای پرورش ماهی‌های متناسب با آب‌های راکد دریاچه‌های مصنوعی، از دیدگاه اقتصادی با ارزش به‌شمار می‌رود. بخش شیلات در سراسر دنیا، مشتی گونه‌های ماهی مانند تیلاپیا و کپور برای مناطق استوایی و قزل‌آلا و ماهی خاردار و گربه‌ماهی برای مناطق معتدل، در دریاچه‌های مصنوعی پشت سدها ریخته است که بتواند آنها را در تخم‌ریزگاه‌ها پرورش دهد و ماهیگیری در مخزن سدها را با آن توجیه کند (River Handbook,1992).

۴-۵. تولید زمین‌لرزه و زمین لغزش

ثابت شده است که سدهای بزرگ می‌توانند زمین‌لرزه ایجاد کنند (اگرچه که افکار عمومی کمتر از این موضوع آگاهی دارند). نخستین بررسی دامنه‌دار درباره همبستگی میان افزایش فعالیت‌های زمین‌لرزه و تغییرات ژرفا و عمق مخزن نیز در دهه ۱۹۴۰ برای سد هوور انجام گرفت. امروزه پیوند میان لرزش‌های زمین و بهره‌برداری از سد در بیش از ۷۰ سد به ثبت رسیده است. این باور وجود دارد که مخزن سدها پنج زمین‌لرزه از ۹ زمین‌لرزه شبه‌جزیره هند در ۱۹۸۰ را سبب شده‌اند. زمین‌لرزه‌هایی که به اندازه کافی شدید بوده‌اند و خسارت‌هایی نیز به بار آورده‌اند. هم‌اکنون، جزئیات شیوه کارکرد لرزه‌خیزی پدید آمده از مخزن‌ها، همانند بسیاری دیگر از جنبه‌های لرزه‌شناسی، هنوز چندان شناخته شده نیست و پیشگویی دقیق اینکه کدام سدها زمین‌لرزه به‌وجود می‌آورند یا لرزش‌ها احتمالاً چه شدتی دارند ناممکن است. بسیاری از شدیدترین لرزه‌های پدید آمده از مخزن‌ها در سدهای بلندتر از ۱۰۰ متر مشاهده شده‌اند. مخزن‌ها می‌توانند در منطقه‌هایی که فعالیت لرزه‌ای زیادی دارند، دفعات وقوع زمین‌لرزه را افزایش دهند و هم می‌توانند در جاهایی که پیشینه لرزه‌خیزی غیرفعال دارند مسبب وقوع زمین‌لرزه شوند.

پذیرفته‌ترین توضیح برای اینکه چرا سدها سبب زمین‌لرزه می‌شوند این است که فشار آب بالایی در ترک‌های ریز و شکافه‌های زمین، در زیر و کنار مخزن به‌وجود می‌آید. هنگامی که فشار آب روی سنگ‌ها افزایش می‌یابد، گسل‌ها لغزنده می‌شوند. گسل‌هایی که خود از کرنش زمین‌ساختی متأثر بوده‌اند اما اصطکاک سطح سنگ‌ها تا آن زمان از لغزش آنها جلوگیری می‌کرده است.

بسیاری بر این باورند که زمین‌لرزه پدید آمده از مخزن سد وایونت در منطقه آلپ ایتالیا در ۱۹۶۳ یکی از مرگبارترین فاجعه‌ها را به بار آورده است. ساخت سد ۲۶۱ متری وایونت، چهارمین سد بلند جهان، در یک تنگه سنگ آهکی در کوهپایه‌های مونت‌تاک، در ۱۹۶۰ به پایان رسید. از همان زمان که آبگیری مخزن آغاز شد، شوک‌های لرزه‌ای به ثبت رسید و یک توده ناپایدار خرده‌سنگ از روی دامنه کوه به درون مخزن لغزید. کارشناسان طراح سد وایونت به گونه‌ای فجیع اشتباه کرده بودند. باران‌های

سنگین پایان تابستان در ۱۹۶۳ ارتفاع آب مخزن را تا ۱۸۰ متر رساند. در نیمه نخست سپتامبر، ۶۰ شوک به ثبت رسید و جنبش زمین در مونت‌تاک رو به افزایش گذاشت. در شب نهم اکتبر ۱۹۶۳، ۳۵۰ میلیون مترمکعب سنگ از مونت‌تاک کنده شد و به درون مخزن لغزید. موج‌های غول‌پیکر ناشی از این لغزش، ۱۱۰ متر ارتفاع، به بلندی یک ساختمان ۳۸ طبقه، داشت. نزدیک به دو دقیقه پس از آن شهر لونگارون، تنها در یک کیلومتری پایین‌دست جریان با خاک یکسان شد و همه ساکنان آن کشته شدند. همه ۲۶۰۰ نفر مردم لونگارون و سه روستای دیگر کشته شدند.

۵-۵. افزایش تبخیر سطحی

با احداث سد و تشکیل دریاچه با سطح زیاد پشت آن، قطعاً تلفات آب به‌دلیل تبخیر از سطح مخزن بالا خواهد رفت. قبل از احداث سد به‌دلیل عدم وجود سطح مذکور این تلفات وجود نداشت. لازم به ذکر است که میزان تلفات تبخیر از آب تجدیدپذیر صورت می‌گیرد. براساس یک برآورد جهانی، ۴ درصد آب ذخیره شده توسط سدهای جهان به‌صورت تبخیر از دست می‌رود. در کشور ایران سالیانه حدود ۲ تا ۳ میلیارد مترمکعب، به‌دلیل تبخیر از دریاچه سدهای کشور، تلف می‌شود.

۶-۵. آثار غیربهداشتی مخزن سد

تنها سدزدگان نیستند که از بابت ساخت سد بیمار می‌شوند و می‌میرند. از آنجا که سدها شرایط اکولوژیکی را دگرگون می‌کنند و جابجایی جمعیت زیادی را سبب می‌شوند، عامل نیرومندی در پراکنش بیماری‌ها به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌شمار می‌روند به‌خصوص اگر با شبکه‌های آبیاری همراه باشند. اگرچه که پی‌ریزی و اجرای راهکارهای بهداشت عمومی می‌تواند بیماری‌های ناشی از سد را کاهش دهد ولی این راهکارها نمی‌تواند آنها را ریشه‌کن کند.

نخستین خطر یک طرح ساخت سد، هنگامی آغاز می‌شود که شمار زیادی از کارکنان و کارگران ساختمانی به منطقه‌ای دوردست گسیل می‌شوند، که بسیاری از آنان نیروی کار ناماهر و فقیری هستند که به‌ویژه در کشورهای گرمسیری، عموماً ناقل طیف گسترده‌ای از بیماری‌های عفونی، مانند سل، سرخک، آنفولانزا، لشمانیا، سفلیس و ایدز هستند. برخی از بیماری‌ها یا رشته بیماری‌هایی که ازسوی کارگران ساختمانی سرایت داده می‌شوند در منطقه سد تازه‌وارد به‌شمار می‌روند و مردم بومی منطقه ایمنی کمی در برابر آنها دارند. دلیل اصلی اینکه سدها و شبکه‌های آبیاری بیماری‌ها را شیوع می‌دهند آن است که زیستگاه‌هایی به‌وجود می‌آورند که محیطی مناسب برای حشرات، نرم‌تنان و سایر جانوران حامل انگل‌های بیماری‌های ناشی از آب به‌شمار می‌رود. گسترش و شیوع جهانی بیماری ناتوان‌کننده شیستوزومیاسیس، مستقیماً به ساخت سدها و شبکه‌های آبیاری مربوط می‌شود. طرح‌های

بزرگ آب مردم را به کار و زندگی در کنار مناطق تخم‌ریزی آنوفل می‌کشانند، کاربری اراضی را از دامداری و گله‌داری به کشت محصولات زراعی یا از جنگل به روستا تغییر می‌دهند و بدین شیوه پشه‌ها از نیش زدن جانوران به نیش زدن انسان‌ها رو می‌آورند (White,1977).

۷-۵. آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی

در شش دهه گذشته، سدسازان ده‌ها میلیون‌نفر از مردم فقیر و فاقد قدرت سیاسی، که بخش بزرگی از آنها مردم بومی و اقلیت‌های قومی بودند، را از خانه و کاشانه و زمین‌هایشان بیرون کرده‌اند. گروه‌های مردم سدزده ادعا می‌کنند که در بسیاری از نمونه‌ها از دیدگاه اقتصادی، فرهنگی و حسی عاطفی کاملاً ویران و تخریب شده‌اند. در بسیاری از نمونه‌ها مردم با پرداخت کمترین هزینه خسارت و غالباً بدون هیچ پرداختی رها شده‌اند و بسیاری از آنها از خانوارهای کشاورز خودکفا به خانوارهای کارگر مهاجر در حاشیه محلات فقیرنشین تبدیل شدند. ساکنان مخازن سدها که ناگزیر از جابجایی شدند مشهودترین قربانیان طراحان، سرمایه‌گذاران و سازندگان سدهای بزرگ هستند. اما بیش از میلیون‌ها نفر زمین‌ها و خانه‌های خود را در راه ساخت کانال‌ها، طرح‌های آبیاری، جاده‌های دسترس، خطوط انتقال و توسعه صنعتی که سدها برای دره‌ها به همراه می‌آورند، از دست داده‌اند. بسیاری دیگر گرچه خانه‌هایشان جابجا نشده است، اما دسترسی به آب پاکیزه، ماهی، ورزش، چراگاه‌ها، الوار، سوخت چوبی، میوه‌های جنگلی و گیاهان و سبزیجات منطقه به زیر آب رفته را از دست داده‌اند. همچنین ساکنان پایین‌دست رودخانه نیز از سیلاب‌های سالانه‌ای که زمین‌هایشان را آبیاری و بارور و حاصلخیز، و چاه‌هایشان را پرآب می‌کرد، محروم شده‌اند. میلیون‌ها نفر نیز به بیماری‌هایی دچار شده‌اند که سدها و طرح‌های بزرگ آبیاری به گونه‌ای گریزناپذیر با خود به مناطق گرمسیری و حاره به ارمغان می‌آورند. شمار مردمی که به‌خاطر سدها به زور از خانه و کاشانه‌شان بیرون شده‌اند، تکان‌دهنده است. شگفت‌آور نیست که بر پایه اندازه‌های معلوم تراکم جمعیت و شمار سدها، هند و چین بیشترین آمار مردم جابجا شده یا درحال جابجایی را نسبت به سایر ملت‌های دنیا دارند. پژوهشگران مؤسسه اجتماعی هند در دهلی نو در یک برآورد محافظه‌کارانه، شمار مردمی که به‌خاطر سدها و پروژه‌های آبیاری مربوط به آنها در دوران پس از استقلال هند جابجا شده‌اند را بیش از ۱۴ میلیون‌نفر اعلام کرده‌اند (Panjiar,1993). بانک جهانی بر پایه آمار دولتی چین، شمار مردمی که به‌خاطر مخزن سدها از ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۹ جابجا شده‌اند را ۱۰/۲ میلیون نفر اعلام کرده است. این رقم دربرگیرنده ساکنان فقط چهار سد از بزرگ‌ترین سدهای این کشور است (World Bank, 1993).

۸-۵. تغییر در مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب در بالادست و پایین‌دست

تغییرات شیمیایی، دمایی و فیزیکی که در اثر یکجا ماندن جریان آب پدیدار می‌شود می‌تواند مخزن سد و رودخانه پایین‌دست را آلوده کند. گسترش زوال و افت کیفیت آب عموماً به زمان نگهداری آب در مخزن بستگی دارد. آب یک مخزن کوچک پشت یک سد جریانی، بسیار کم تغییر منفی پیدا می‌کند یا تغییری نمی‌کند، اما اگر همین آب ماه‌ها یا سال‌ها پشت یک سد بزرگ بماند می‌تواند برای موجودات زنده چه در مخزن و چه در رودخانه تا ده‌ها کیلومتر یا بیشتر در پایین‌دست سد، مرگ‌آور و کشنده باشد.

آب رها شده در پای یک سد بزرگ معمولاً در تابستان سردتر و در زمستان گرم‌تر از آب رودخانه است، گرم شدن یا سرد شدن رودخانه طبیعی، بر میزان اکسیژن محلول در آب و مواد معلق در آن و نیز بر واکنش‌های شیمیایی که در آن رخ می‌دهد اثر می‌گذارد. تغییر دادن روند طبیعی تغییرات فصلی دمای رودخانه می‌تواند چرخه زندگی موجودات آبی را قطع کند. زایش و تولیدمثل، تخم‌گذاری و دگردیسی لاروها برای نمونه، بسیار به رویه دمایی آب وابسته است. همان‌گونه که مخزن‌ها رسوب رودخانه را در خود نگه می‌دارند، بسیاری از مواد غذایی حمل شده به‌وسیله رودخانه را نیز در خود نگه می‌دارند. در دوره گرمای هوا، جلبک‌ها نزدیک سطح یک مخزن سرشار از مواد غذایی رشد و نمو پیدا می‌کنند. جلبک‌ها به کمک فتوسنتز مواد خوراکی مخزن را مصرف می‌کنند و مقدار زیادی اکسیژن تولید می‌کنند. سرریز تابستانی از آب لایه‌های بالایی مخزن سد، کمابیش گرم، فاقد مواد غذایی، سرشار از اکسیژن محلول و پر از جلبک است. این میزان زیاد جلبک می‌تواند خوراک برای ماهی‌ها فراهم کند. اما در عین حال بو و مزه ناخوشایندی به آب می‌دهد، آبگیرها و خروجی‌های آب را مسدود می‌کند، بستر شنی را می‌پوشاند و تفریحات را نیز محدود می‌سازد. توده‌های جلبکی در آب‌های کم ژرفا و راکد مخزن‌های شوروی سابق، آب این سدها را برای شرب و صنعت نامناسب ساختند (Lemesher ،1990). هنگامی که جلبک‌های درون یک مخزن می‌میرند به آب لایه‌های زیرین می‌رسند و می‌پوسند و به این شیوه اکسیژن محدود آب لایه زیرین را مصرف می‌کنند (در ته مخزن نور کافی برای فتوسنتز و اکسیژن‌زایی وجود ندارد). میزان اسیدیته این آب تهی از اکسیژن، آن را برای حل کانی‌هایی مانند آهن و منگنز در بستر دریاچه توانمند می‌کند. بنابراین آبی که از خروجی‌های پایینی رها می‌شود سرد، کم‌اکسیژن، غنی از مواد غذایی و اسیدی است و شاید دارای میزان زیادی کانی‌های متمرکز آسیب‌زننده باشد.

۶. تجدیدنظر درباره برخی از مزایای سدها

نه تنها مشکلات طرح‌های سدسازی پیوسته ازسوی سدسازان کمرنگ جلوه داده می‌شود، که درباره فایده‌های آن نیز دائماً غلو می‌شود. یک اشتباه همیشگی و روشن، کوچک شمردن تضاد ذاتی میان مصارف گوناگون یک سد است. برای نمونه حداکثر کردن تولید نیرو به این معناست که سطح آب در مخزن را باید همواره بالا نگهداشت. اما کنترل سیلاب نیازمند آن است که سطح آب در مخزن پایین باشد تا برای جذب آب‌های سیلابی جای کافی وجود داشته باشد. حداقل کردن میزان انباشت رسوب در مخزن روی یک رودخانه، نیازمند خالی کردن آب‌های پررسوب تا جای ممکن در فصل سیل است، درحالی که ذخیره آب برای فصل خشک نیازمند نگهداری جریان‌های سیلابی فصلی است. علیرغم این دادوستدها و سبک سنگین کردن‌ها، فواید منظور شده برای هر هدف سد گاهی چنان جلوه داده می‌شود که انگار سد تنها برای همان یک منظور ساخته شده است.

طرفداران سدها همچنین مسئله هدف اصلی ساخت یک سد را بر پایه منافع سیاسی تغییر می‌دهند. برای نمونه هنگامی که رودخانه یانگ‌تسه سیلابی می‌شود، سد Three Gorges یک طرح کنترل سیلاب معرفی می‌شود و هنگامی که درباره نیاز چین به الکتریسیته بحث و گفتگو می‌شود این سد عمدتاً یک سد برقابی معرفی می‌شود (Williams, 1993). بدون توجه به وعده‌هایی که پیش از کامل شدن سدها داده می‌شود، اولویتی که به کاربردهای گوناگون سد داده می‌شود همیشه به توان نیروهای سیاسی اقتصادی بستگی دارد. اگر جناح طرفدار کشاورزی دارای قدرت سیاسی باشد، انحراف آب برای آبیاری نسبت به نیروگاه برقابی ممکن است اولویت بیشتری یابد. غالباً، گردآوری آسان درآمدهای تولید نیروی الکتریسیته و قدرت سیاسی مصرف‌کنندگان برق، اجراکنندگان سدها را به‌سوی حداکثر کردن مقدار آبی که در توربین‌ها جریان می‌یابد، سوق می‌دهد. همان‌گونه که یک گزارش داخلی بانک جهانی اعلام کرده است، اجرای یک طرح سد و مخزن نه بر پایه قوانین و مقررات بهینه‌یابی، که بر پایه مبارزه گروه‌های ذینفع، تصمیم‌گیری می‌شود (World Bank, 1995).

۶-۱. انرژی برقابی و گازهای گلخانه‌ای

طرفداران سدها بارها و در طول سال‌ها پافشاری کرده‌اند که نیروگاه‌های برقابی پاک، تجدیدپذیر و ارزان هستند. با این همه هر سه این ادعاها مخالف حقیقت هستند. نیروگاه‌های برقابی به‌راستی نمی‌توانند یک منبع انرژی پاک به‌شمار روند. آلودگی ناشی از سدها ممکن است که کمتر از ستون‌های دود کثیف بیرون فرستاده شده از نیروگاه‌های سوخت زغال‌سنگی به چشم بیاید، اما با این همه آلوده هستند. نیروگاه برقابی می‌توانند به‌گونه‌ای جدی آب رودخانه را آلوده کند و به سبب فساد خاک و گیاهان به زیر آب رفته در مخزن، گازهای گلخانه‌ای متصاعد کند. پراکنده‌سازی و تخریب

زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای نیز گونه‌ای آلودگی است. نیروگاه‌های برقابی چون سوخت فسیلی به‌کار نمی‌برند تخفیف‌دهنده بالقوه روند گرمایش عمومی زمین فرض شده‌اند و صنعت برقابی به این موضوع به عنوان یکی از بزرگ‌ترین نقاط قوت خود می‌نگرد. روشن است که گرم شدن عمومی زمین تهدیدی واقعی و بزرگ برای جامعه بشری و دنیای طبیعی است و تکنولوژی‌ها و روش‌های سازماندهی سیاسی و اجتماعی که بتواند نشر گازهای گلخانه‌ای را به کمترین میزان برساند، بدون اینکه سایر مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی را تشدید کند، می‌بایست فوراً به اجرا درآید. نیروگاه‌های برقابی نه تنها از دیدگاه اجتماعی و زیست‌محیطی ویرانگر به‌شمار می‌رود. که از «دوست آب و هوا» بودن آن‌گونه که هوادارانش ادعا می‌کنند هم بسیار دور است. علیرغم تحقیقات کمی که درباره نشر گازهای گلخانه‌ای از مخزن‌ها انجام شده است، اما همین تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که مخزن‌های برقابی به‌ویژه در مناطق گرم و جنگل‌های گرمسیری، می‌توانند در برخی نمونه‌ها به همان اندازه و گاه بیش از نیروگاه‌های سوخت فسیلی برای تولید میزان مساوی برق، در گرم شدن عمومی زمین سهم داشته باشند. در فرآیند رشد و زوال و پوسیدگی، خاک‌ها، جنگل‌ها و تالاب‌ها، پیوسته در مقیاسی بزرگ دی‌اکسیدکربن و متان، دو گاز از مهمترین تشکیل‌دهندگان طبیعی گازهای گلخانه‌ای را مصرف می‌کنند و انتشار می‌دهند. در جنگل‌های بالغ و علفزارها، مصرف و نشر دی‌اکسیدکربن معمولاً متوازن و متعادل است و اکوسیستم به‌مثابه مخزن ذخیره کربن، تا زمانی که توزیع نشده بماند و بدون هیچ‌گونه اثر بر تمرکز گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر عمل می‌کند. بسیاری از خاک‌ها، متانی که مصرف می‌کنند بیشتر از متانی است که منتشر می‌کنند و بنابراین مصرف‌کننده خالص متان به‌شمار می‌روند. میزان کربن ذخیره شده در زیست‌توده و خاک‌ها نیز متفاوت است. برای نمونه جنگل‌های طبیعی می‌توانند در هر واحد سطح ۲۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر کربن ذخیره کنند. زیست‌توده جنگل‌های گرمسیری تمایل به نگهداری کربن بسیار بیشتری دارند تا جنگل‌های معتدل، ازسوی دیگر خاک علفزارهای معتدل می‌تواند کربن بیشتری نگهداری کند تا مجموع پوشش گیاهی و خاک و جنگل‌های گرمسیری (Houghton et al., 1990). هنگامی که این زیست‌بوم‌ها به زیر آب می‌روند، شار دی‌اکسیدکربن و متان در اتمسفر کاملاً متفاوت خواهد بود. تورب که به‌عنوان یک زیست‌بوم زنده، مصرف‌کننده گازهاست، هنگامی که به زیر آب می‌رود، پوسیده و تباه می‌شود و به یک منبع خالص تولیدکننده آنها تبدیل می‌شود. گیاهان و خاک‌ها هنگامی که به زیر آب می‌روند تجزیه می‌شوند و سرانجام کمابیش همه ذخیره کربن خود را از دست می‌دهند. به زیر آب بردن همیشگی تالاب‌های گرمسیری به افزایش نشر متان می‌انجامد و آنها را به منبع تولیدکننده دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌کند. هنگامی که در هوای سرد در اثر جریان‌های ناگهانی ناشی از کار نیروگاه، آب ژرفای مخزن به‌سوی سطح آب بالا می‌آید و یا زمانی که آب‌های ژرفای مخزن در توربین‌ها تخلیه می‌شود، گازهای تولید

شده در مخزن‌ها می‌توانند متصاعد و پیوسته از سطح آب در اتمسفر پراکنده شوند.

جامع‌ترین مطالعه انتشار گازهای گلخانه‌ای از مخزن ازسوی فیلیپ فیرناید از انستیتوی ملی پژوهش‌های آمازن برزیل، انجام شده است. فیرناید پیامد سدهای بالبینا و تورکورویی بر گرمایش عمومی زمین را در ۵۰ سال نخست عمر آنها با ارزیابی میزان جنگل‌هایی که به زیر آب برده بودند و نرخی که گیاهان در ژرفاهای گوناگون مخزن‌های آنها تجزیه می‌شدند، محاسبه کرد. فیرناید محاسبه کرد که در ۱۹۹۰ (۶ سال پس از آنکه سد توکورویی آغاز به پر شدن کرد و سه سال پس از آن که دریچه‌های سد بالبینا بسته شد)، مخزن سد توکورویی ۹۴۵۰۰۰۰ تن دی‌اکسیدکربن و ۹۰۰۰۰ تن متان و مخزن سد بالبینا نیز ۲۳۷۵۰۰۰۰ تن دی‌اکسیدکربن و ۱۴۰۰۰۰ تن متان نشر داد. فیرناید با در هم آمیختن آثار دو گاز برآورد کرد که مخزن سد توکورویی ۶۰ درصد بیش از یک نیروگاه زغال‌سنگی که همان مقدار الکتریسیته را تولید کند و نیز ۵۰ درصد بیش از یک نیروگاه گازسوز بر گرم شدن عمومی زمین تأثیر داشته است، اما مخزن سد بالبینا، ۲۶ برابر آثار یک نیروگاه زغال‌سنگی با تولید معادل بر گرمایش عمومی زمین اثر گذاشته است. با آنکه نشر گازهای گلخانه‌ای از مخزن سدها، در طی سال‌ها که زیست‌توده زیر آب رفته تجزیه و تباه می‌شود، به آهستگی کاهش می‌یابد، اثر سد بالبینا بر گرم شدن عمومی زمین بسیار بیشتر از یک نیروگاه سوخت فسیلی با تولید مشابه است (Fearnside, 1995). البته شایان ذکر است که این یافته‌ها را به‌سادگی نمی‌توان به سایر مخزن‌ها تعمیم داد، چون نشر گازهای گلخانه‌ای به‌ازای هر کیلووات ساعت الکتریسیته برقابی نه تنها به نسبت سطح زیر آب رفته به انرژی تولید شده (که می‌تواند با ضریب دست‌کم ۸۰۰۰۰ تغییر کند)، که به اقلیم بومی و پوشش گیاهی منطقه نیز بستگی دارد. یک بررسی جامع و فراگیر برای بررسی سهم سدها در گرم شدن عمومی زمین می‌بایست دربرگیرنده موارد دیگری نیز باشد مانند: نشر گاز ناشی از سوخت‌های فسیلی به‌کار رفته در زمان ساختمان سد، در تولید سیمان، فولاد و سایر مصالح مورد نیاز در سد و شاید قابل توجه‌تر از همه تغییرات شار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تغییر کاربری اراضی و سایر تغییراتی که سد با خود به همراه می‌آورد مانند جنگل‌زدایی، تبدیل دشت‌های سیلابی مرطوب به کشاورزی فشرده، تحمیل آبیاری به دیم‌زارها و افزایش کاربرد کودهای شیمیایی تولید شده با سوخت فسیلی.

۲-۶. اثر سدها بر کنترل سیلاب

افزایش خسارت سیل دلایل گوناگونی دارد: جنگل‌زدایی، تخریب و شهرسازی در آبخیزها که سرعت فرار آب از اراضی به رودخانه را افزایش می‌دهد و نیز تغییر آب و هوا که ممکن است تغییرپذیری، شدت و دفعات رخداد توفان باران را افزایش دهد. شاید مهمترین عامل در پشت هزینه‌های حلزونی شکل افزایش یابنده سیلاب‌ها در سراسر دنیا، این باشد که سدها و خاکریزها یک توهم ایمنی ایجاد

می‌کنند. از روی عمد تا غیرعمد، مردم به استقرار در سیلابدشت‌ها تشویق می‌شوند و این سبب می‌شود که خسارت سیل‌های آینده بسیار جدی‌تر از زمانی باشد که دشت توسعه نیافته بماند و هیچ سازه‌ای برای کنترل سیلاب ساخته نشود، گذشته از اینها پر شدن بیش از پیش ظرفیت ذخیره سد از رسوب، توانایی سدها برای نگهداشتن سیلاب‌ها را کاهش می‌دهد و نتیجه اینکه سال به سال خطر بزرگ‌تری ساکنان تازه سیلابدشت‌ها را تهدید می‌کند. یک مخزن دارای ظرفیت کافی با ذخیره کردن بخشی یا همه جریان اضافی ناشی از یک بارندگی سنگین، می‌تواند کمک کند که سیل در پایین‌دست آرام‌تر شود. سدهای بسیار بزرگ که ظرفیت اثرگذاری بر یک سیل در یک رودخانه مهم را دارا باشند معمولاً طرح‌های چندمنظوره هستند و فشارهای مالی و سیاسی به‌گونه‌ای است که مخزن را به‌سوی بیشینه کردن تولید الکتریسیته و با تأمین آب که در بیشتر جاها بر هدف پایین نگهداشتن سطح مخزن برای کنترل سیلاب غلبه می‌کنند، سوق می‌دهد. برای مردمی که در پایین‌دست سدها زندگی می‌کنند خطر سیل با احتمال همیشه موجود شکستن سد ترکیب می‌شود. سیل ناشی از شکستن یک سد تقریباً ویرانگرترین رویدادی است که در دره یک رودخانه رخ می‌دهد. سیل‌های زیادی به ثبت رسیده‌اند که از سیل‌های پیشین خود بدتر بوده‌اند چون بهره‌برداری‌کنندگان در هنگامی که سد درحال پر شدن بوده است آب را نگهداشته و جلوی خروج آن را گرفته‌اند و سپس هنگامی که باران ادامه یافته است برای پیشگیری از آن که آب از روح تاج سد بگذرد، دریچه‌های سد را با شتاب باز کرده‌اند (Costa, 1998).

۳-۶. بررسی پرورش ماهی در مخزن سد

ماهیگیری در مخزن که معمولاً به‌عنوان یکی از فواید سدها در بسیاری از طرح‌ها دیده می‌شود بیشتر جنبه جلب افکار عمومی را دارد. سدسازان معمولاً درباره ماهیگیری در رودخانه و دهانه موجود و نیز پیامدهایی که یک سد می‌تواند بر آنها داشته باشد، داده‌های قابل اعتمادی در دست ندارند، همچنین درباره گونه ماهی که در مخزن جدید بتواند پرورش یابد نیز آگاهی‌های کمی دارند. پیش‌بینی بلندمدت پرورش ماهی در مخزن‌ها بسیار دشوار است. داده‌های گردآوری شده زیست‌شناسان متخصص ماهی رابین‌ولکام از برخی مخزن‌های آسیابی و آفریقایی نشان می‌دهد که برداشت از هر واحد سطح آب با یک ضریب ۲۰۰ میان مخزن‌های مختلف متفاوت است. برخی مخزن‌ها ممکن است کل صید ماهی از یک رودخانه را افزایش دهند، بسیاری از مخزن‌ها به‌ویژه آنهایی که سیلاب‌های فصلی در پایین‌دست را از بین می‌برند و زیست‌بوم دهانه‌ای را ویران می‌کنند، برداشت ماهی را کاهش می‌دهند.

پوشش گیاهی و خاکی که در مخزن به زیر آب می‌رود، مقدار زیادی مواد خوراکی تولید می‌کند که خوراک ماهی‌هایی می‌شود که به یک‌باره در زیستگاه وسیعی پخش شده‌اند. ماهیگیران در

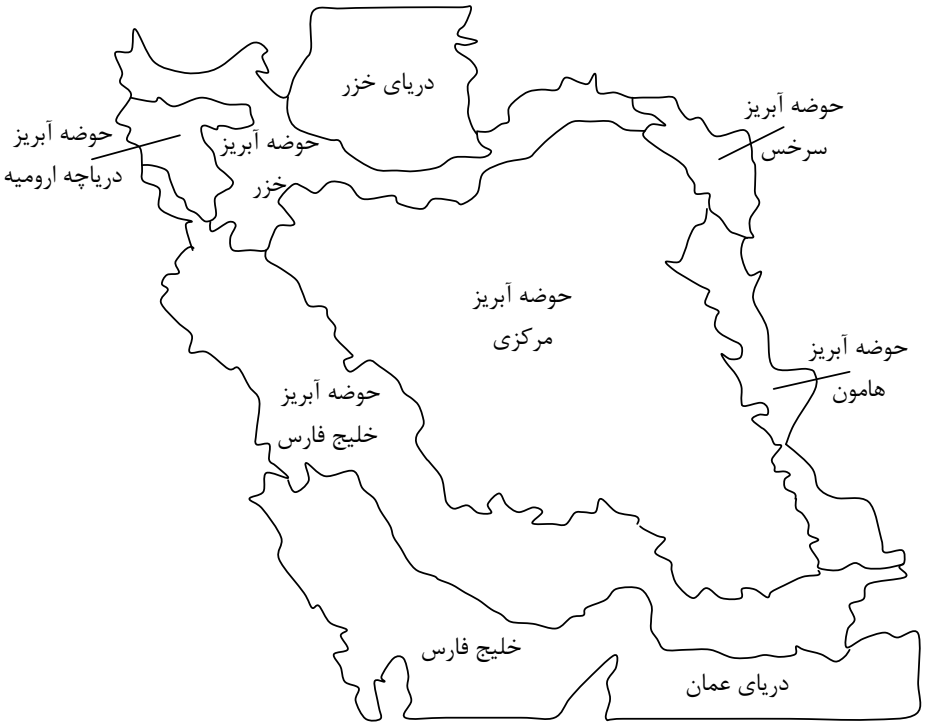
مخزن‌های جدید منابع سرشاری از ماهی به‌دست می‌آورند. پس از چند سال هنگامی که مواد خوراکی ناشی از پوسیدگی زیست‌توده کاهش می‌یابد، گونه‌هایی از ماهی‌ها که به ویژگی‌های زیستگاه‌های رودخانه‌ای وابسته‌اند می‌میرند و برداشت ماهی با شتاب کاهش می‌یابد. در بدترین نمونه‌ها، آب مخزن از اکسیژن تهی و پر از گیاهان دریایی می‌شود و این هر دو سبب خفه شدن ماهی‌ها و کاهش باروری آنها می‌شود.

پیش‌بینی شده بود که سد کاینجی، ماهیگیری ۱۰۰۰۰ تنی را پایدار نگه خواهد داشت. نخستین طغیان تولید در ۱۹۷۰، ۲۸۶۰۰ تن برداشت را ممکن ساخت، دو سال پس از آبگیری مخزن، در نیمه‌های دهه ۱۹۷۰ میزان برداشت تا ۴۵۰۰ تن افت کرد و به‌نظر می‌رسد در همین سطح باقی بماند. این میزان برداشت تنها کمی بالاتر از میزان برآورد شده برای رودخانه زیر مخزن برده شده بود. در مخزن سد ولتا، بزرگ‌ترین مخزن جهان از بابت سطح آن، همان‌گونه که پیش از آبگیری پیش‌بینی شده بود صید ماهی بسیار افزایش یافت. در پایان دهه ۱۹۶۰ هنگامی که مخزن برای نخستین بار پر شد، بیش از ۶۰۰۰۰ تن ماهی برداشت شد و در چند سال پس از آن درآمد فروش ماهی از درآمد فروش الکتریسیته تولید شده به‌وسیله سد اکوزومیو، بیشتر شد. در ۱۹۷۹، ۲۰۰۰۰ ماهیگیر بیش از ۴۰۰۰۰ تن ماهی صید کردند. ۸۰۰۰۰ کشاورزی که به‌خاطر سد جابجا شده و ناگزیر از تحمل مشکلات مصیبت‌بار طرح اسکان شده بودند، از ماهیگیری سهم بسیار کمی نصیبشان شد (Wellcome, 1979).

۷. بررسی عملکرد سدهای کشور

در این بخش از گزارش کلیاتی از وضعیت و عملکرد سدهای کشور در دوره چهارده‌ساله اخیر (سال آبی ۱۳۸۰-۱۳۸۱ تا سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۴) ارائه می‌شود. دوره یاد شده شامل بیشترین و شدیدترین خشکسالی‌های سال‌های اخیر کشور بوده است. شایان ذکر است که بررسی مذکور در قالب ۶ حوضه آبریز درجه یک کشور انجام می‌شود. شکل ۱ محدوده حوضه‌های آبریز درجه یک کشور را نشان می‌دهد.

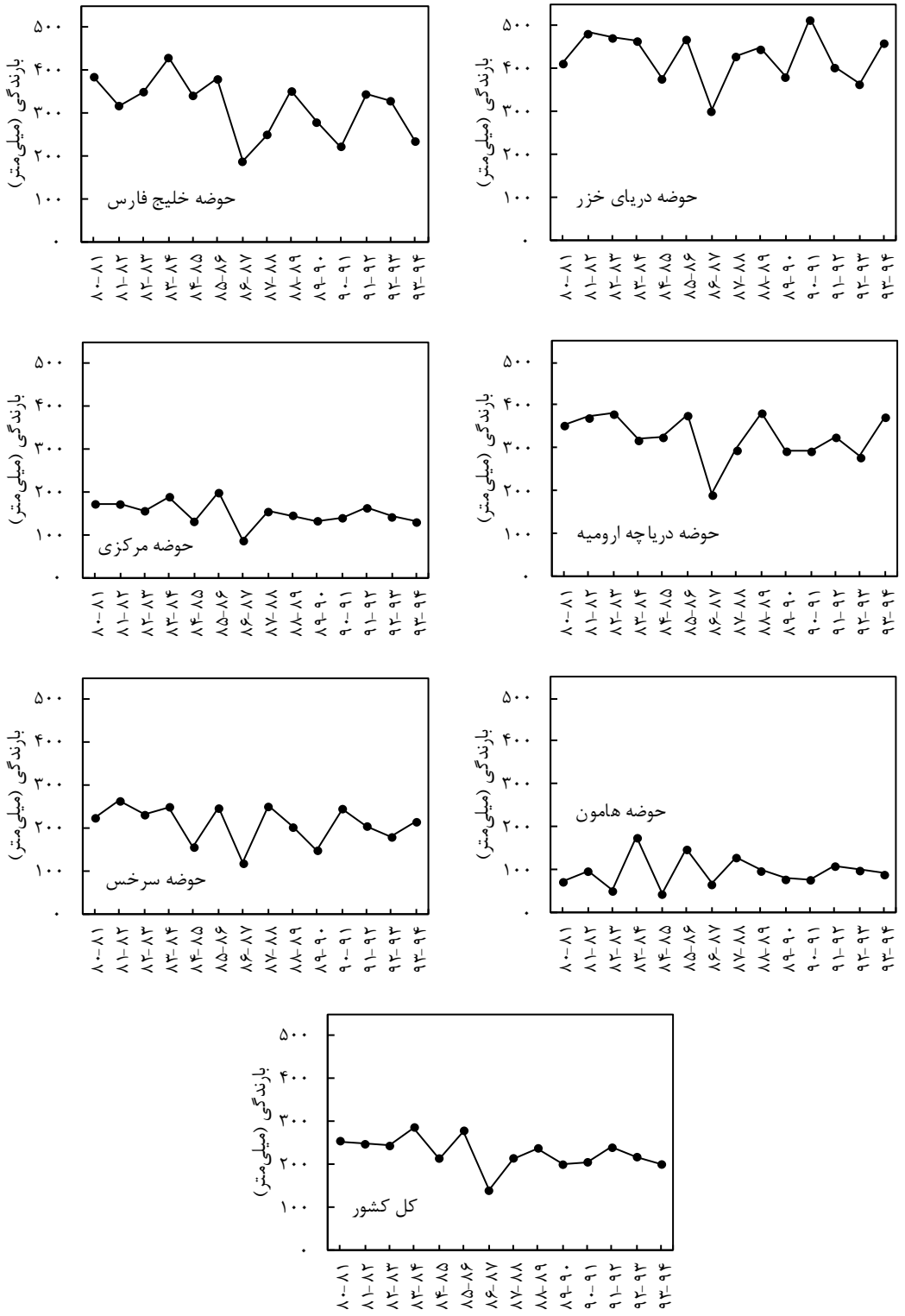
شکل ۱. حوضه‌های آبریز درجه یک کشور



۱-۷. بررسی آمار مربوط به بارندگی و حجم جریان سطحی

شکل ۲ مقادیر بارندگی متوسط سالیانه را در حوضه‌های آبریز درجه یک کشور و کل کشور نشان می‌دهد. همان‌گونه که این شکل نشان می‌دهد، بیشترین مقدار بارندگی در کشور در حوضه آبریز دریای خزر و کمترین آن در حوضه آبریز هامون می‌باشد. براساس این شکل در پانزده سال اخیر متوسط بارندگی در کل کشور برابر با مقدار ۲۲۶/۳ میلیمتر می‌باشد که این رقم در مقایسه با متوسط بلندمدت، تقریباً ۱۰ درصد کاهش داشته است. همچنین از این شکل مشخص می‌شود که در پانزده سال اخیر سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ یکی از خشک‌ترین سال‌های کشور بوده است و میزان کاهش بارندگی از سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ به بعد نسبت به متوسط بلندمدت حدود ۱۹ درصد می‌باشد. حداقل میزان تغییرات بارندگی در حوضه دریای خزر و حداکثر آن در حوضه مرکزی بوده است.

شکل ۲. مقادیر بارندگی در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور



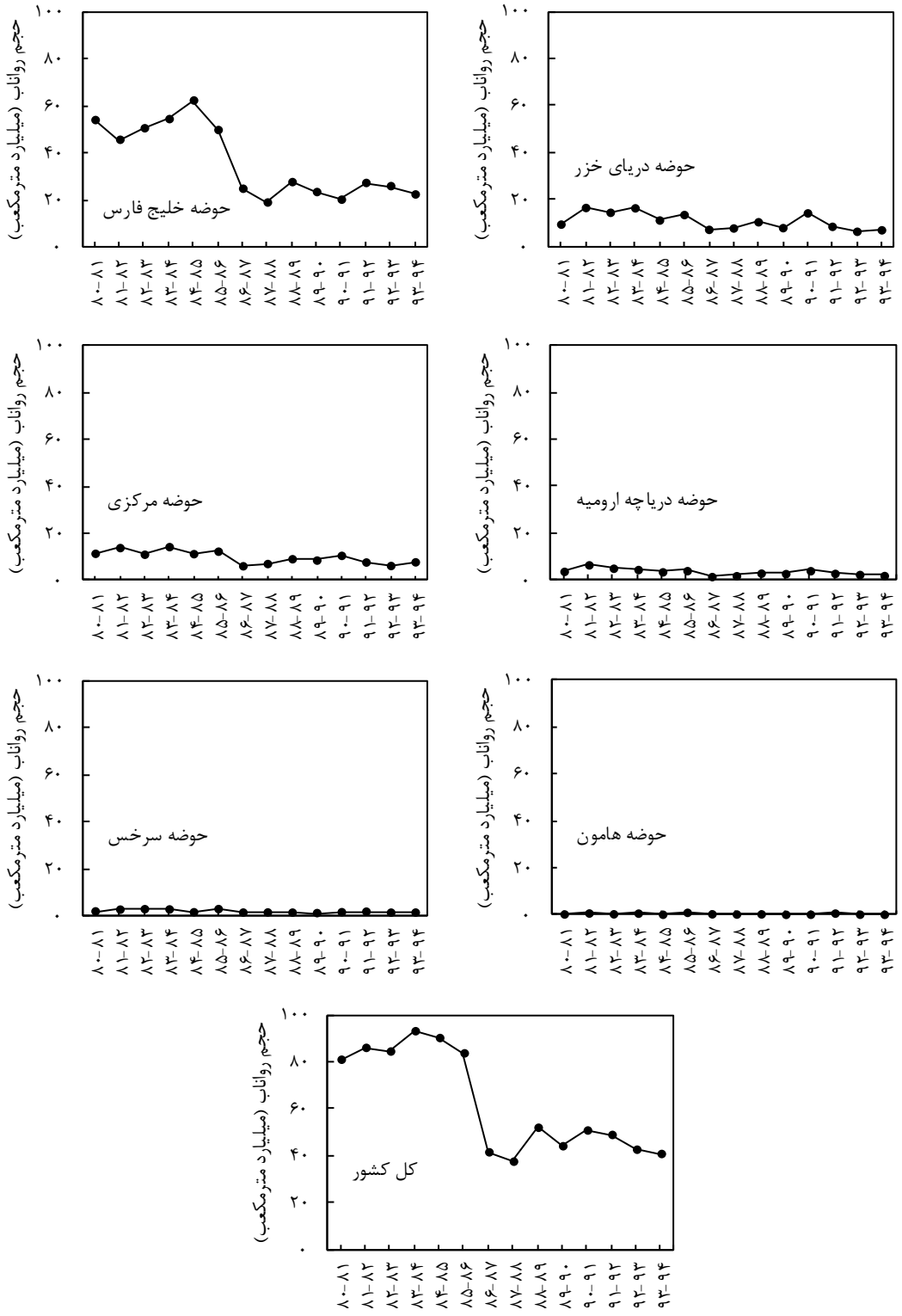
شکل ۳ میزان حجم جریان سطحی را در حوضه‌های ۶گانه و کل کشور نشان می‌دهد. براساس این شکل بیشترین پتانسیل تولید آب در کشور در حوضه آبریز خلیج فارس وجود دارد و قاعدتاً انتظار می‌رود که تغییرات در این حوضه آبریز، بیشترین اثر را بر متوسط کشور داشته باشد. نکته قابل تأمل از این شکل این است که همان‌گونه که از شکل مربوط به متوسط حجم رواناب مربوط به کل کشور مشخص است (شکل ۳)، **از سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ به بعد کاهش حدود ۵۰ درصدی در حجم آب سطحی سالیانه کشور اتفاق افتاده است و در این دوره مقدار حجم رواناب از متوسط ۸۶ میلیارد مترمکعب در قبل از سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ به ۴۵ میلیارد مترمکعب در بعد از آن تقلیل یافته است. حال بسیار جالب توجه است که از بعد از سال آبی مذکور تاکنون، اوضاع به وضعیت عادی بازنگشته است** و به‌درستی این نکته، یکی از مهمترین نکات این گزارش است. با نگاهی به وضعیت مذکور در سایر زیرحوضه‌های ۶گانه مشخص است که این وضعیت در حوضه آبریز خلیج فارس نسبت به سایر حوضه‌های آبریز کشور شدیدتر است. درباره کاهش چشمگیر حجم جریان سطحی، می‌توان نکات زیر را مطرح کرد:

– با توجه به شکل ۲، که متوسط میزان بارندگی در کل کشور را به تصویر می‌کشد، می‌توان مشاهده کرد که بعد از سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ نوساناتی در میزان بارندگی مشاهده شده و افزایش‌هایی نیز داشته است ولی متناظر این نوسانات با شدت قابل انتظار در میزان حجم رواناب دیده نمی‌شود و کاهش ۵۰ درصدی در حجم رواناب پایدار بوده است.

– با توجه به رابطه غیرخطی بین میزان بارندگی و میزان رواناب و براساس محاسبات، می‌توان عنوان کرد که در این دوره، هر ۱ میلیمتر کاهش در بارندگی باعث کاهش ۰/۹ میلیارد مترمکعب کاهش در رواناب شده است یا به‌عبارتی دیگر هر ۱ درصد کاهش در بارندگی باعث ۲/۶ درصد کاهش در حجم رواناب شده است.

– اگر چه محاسبات فوق براساس آمار و ارقام اندازه‌گیری شده انجام شده است، اما باید عنوان کرد که قطعاً دلایل دیگری نیز بر این پدیده اثرگذار است که مهمترین آن نحوه اندازه‌گیری حجم رواناب با توجه به شبکه اندازه‌گیری هیدرومتری در رودخانه‌ها و مکان آنها می‌باشد. با توجه به عدم گستردگی شبکه اندازه‌گیری هیدرومتری رودخانه‌ها، به‌نظر می‌رسد که رواناب اندازه‌گیری شده توسط این شبکه، رواناب دست‌خورده بوده و برداشت‌هایی از آن قبلاً صورت گرفته است؛ به همین دلیل تناسب قابل انتظاری بین میزان بارندگی و میزان حجم رواناب قابل استنباط نمی‌باشد.

شکل ۳. مقادیر حجم رواناب در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور



۲-۷. سدهای فعال در حوضه‌های آبریز ۶گانه کشور

جدول ۷، نام سدهای فعال، تعداد سدها و کل حجم مخزن را در حوضه‌های آبریز ۶گانه کشور نشان می‌دهد. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد درحال حاضر (نیمه اول سال ۱۳۹۵) در حوضه‌های آبریز خزر، خلیج فارس، دریاچه ارومیه، مرکزی، هامون و سرخس به‌ترتیب به تعداد ۴۸، ۵۰، ۱۲، ۳۵، ۶ و ۱۲ سد فعال وجود دارد که این سدها در مجموع حجم مخزنی به‌ترتیب برابر ۸/۱، ۳۰/۴، ۱/۶، ۵، ۱/۶ و ۱/۳ میلیارد مترمکعب را در این حوضه‌ها ایجاد می‌کند. شایان ذکر است که میزان حجم مخزن موجود در حوضه آبریز خلیج فارس به تنهایی تقریباً دو برابر مجموع حجم مخزن سایر حوضه‌های آبریز کشور می‌باشد و همچنین بیشتر سدهای بزرگ و عظیم‌الجثه کشور (نظیر کرخه، دز، کارون ۳، گتوند علیا) در این حوضه می‌باشند.

جدول ۷. نام سدهای فعال در هر یک از حوضه‌های آبریز

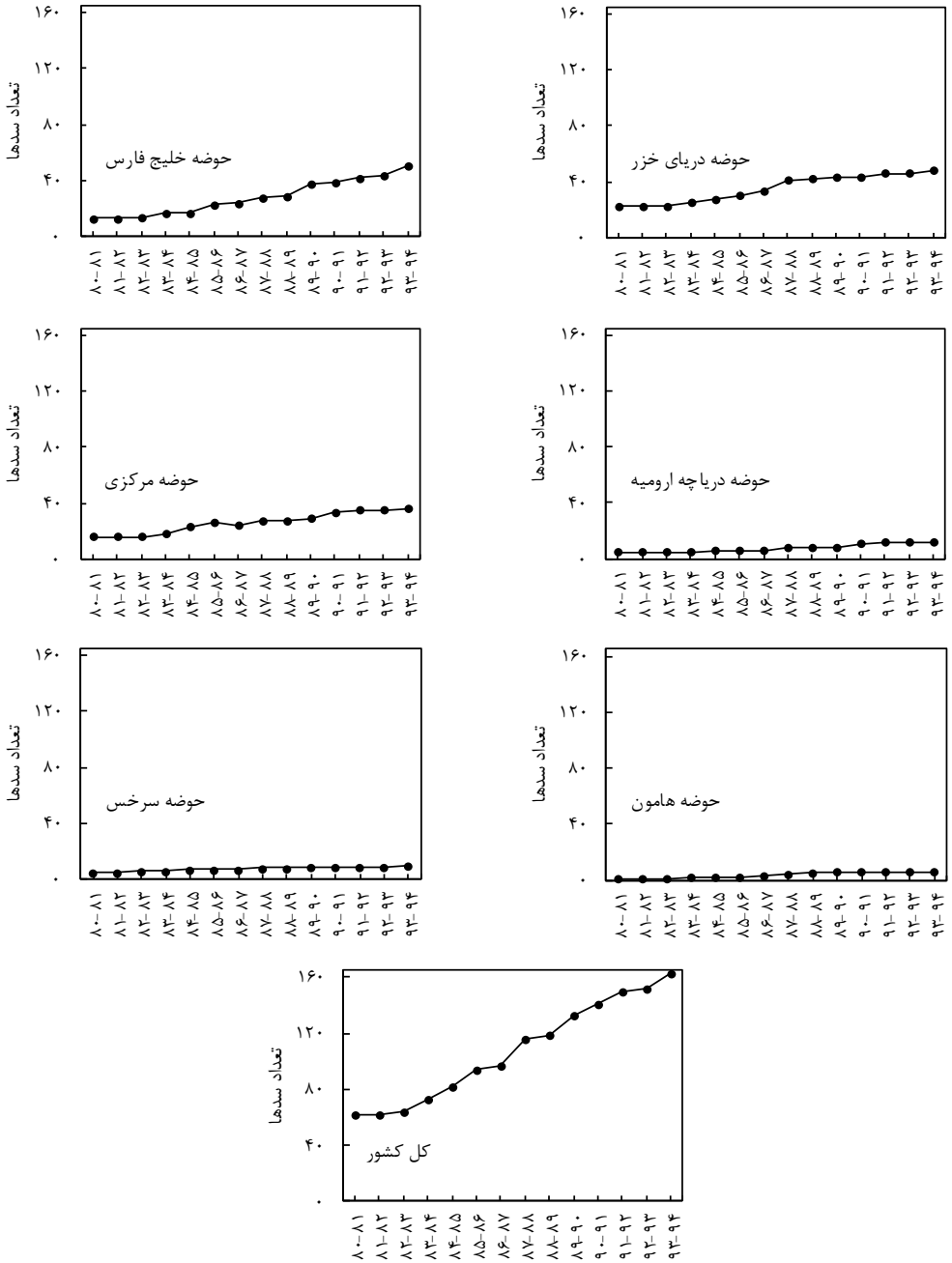
حوضه آبریز	نام سدهای فعال	تعداد سدها	کل حجم مخزن (میلیارد مترمکعب)
حوضه آبریز خزر	سفیدرود، ارس، لار، شهید رجایی، بارون، ستارخان، وشمگیر، بارز، شیرین‌دره، تهم گلستان، آلاگل، تبارک‌آباد، گلستان۲، قوری‌چای، گیلارلو، نومل، شیاده، چری، برنجستانک، میجران، صلاح‌الدین کلا، فریم‌صحرا، سنبل‌رود، الیمالات، سهند، سقزچی، طالقان، آیدوغموش، زنوز، مقدس‌اردبیلی، شهید قنبری، ارسباران، یامچی، البرز، ارس ۲، آغ‌چای، گلابر، سبلان، خداآفرین، سنگ‌سیاه، قیقاج، دانشمند، کالپوش، تالوار، سورال، شهر بیجار، کبودوال، سیازاخ	۴۸	۸/۱
حوضه آبریز خلیج فارس	کرخه، دز، عباس‌پور، کارون ۳، مارون، کوثر، گاوشان، استقلال، مسجدسلیمان، قشلاق، پیشین، زریوار، ایلام، حنا، چغاخور، شاه‌قاسم، ناغان، بانه، شیان، تنگ‌هاله، خان‌آباد، جگین، کزنار، گیلان‌غرب، سلیمان‌شاه، آزادی، کارون ۴، زاگرس، سلمان‌فارسی، شمیل‌ونیان، خیرآباد، رئیس‌علی‌دلواری، جره، کمال‌صالح، زیردان، سیمره، قره‌آغاج، گتوندعلیا، شی‌کلک، آزاد، تنگاب، گاران، دویرج، سرابی، کنگیر، تنگ‌حمام، زیویه، سورک، حوضیان، داریان	۵۰	۳۰/۴
حوضه آبریز دریاچه ارومیه	علویان، نهند، بوکان، مهاباد، حسنلو، شهرچای، تاجیارسراب، قلعه‌چای، زولا، کردکندی، دریک‌سلماس، ساروق	۱۲	۱/۶
حوضه آبریز مرکزی	زاینده‌رود، درودزن، جیرفت، ساوه، کرج، پانزده‌خرداد، لتیان، شهید یعقوبی، گلپایگان، تنگوئیه، سنگرد، ایزدخواست، خمیران، اکباتان، کریت، دره بیدطبس، آبشینه، شهید پارسا، کمایستان، یام، نهرین، دامغان، شیرین‌سو، ملاصدرا، کلان‌ملایر، سیوند، ماملو، نساء، باغکل خوانسار، بیدواز، بافت، کینه‌ورس، فرخی، ایوشان، کوچری	۳۵	۵

حوضه آبریز	نام سدهای فعال	تعداد سدها	کل حجم مخزن (میلیارد مترمکعب)
حوضه آبریز هامون	چاه‌نیمه، سده‌خواف، حاجی‌آباد، چاه‌نیمه ۴، ماشکیدعلیا، اسدیه	۶	۱/۶
حوضه آبریز سرخس	طرق، فریمان، دهقان، کارده، چالی‌دره طرقبه، دوستی، زاوین‌کلات، درون‌گر درگز، دولت‌آباد، ارداک چناران، چهچهه، قره‌تیکان	۱۲	۱/۳

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۵.

شکل ۴ تعداد سدهای فعال در حوضه‌های آبریز ۶گانه و کل کشور را نشان می‌دهد. همان‌گونه که این شکل نشان می‌دهد، تعداد سدهای تأسیس شده در کشور در دوره پانزده ساله اخیر افزایش داشته است و در بعضی از حوضه‌های آبریز افزایش مذکور چشمگیر بوده است. تعداد سدهای افزایش یافته در این دوره در حوضه‌های آبریز دریای خزر، خلیج فارس، دریاچه ارومیه، مرکزی، هامون، سرخس و کل کشور به‌ترتیب برابر ۲۶، ۳۸، ۷، ۲۰، ۵، ۵ و ۱۰۱ سد است. بیشترین افزایش در حوضه آبریز خلیج فارس بوده است که دلیل این امر وجود بیشترین پتانسیل تولید آب در این حوضه آبریز می‌باشد. البته شایان ذکر است که برای بررسی دقیق حجم آب تنظیمی تعداد سدها معیار دقیقی نبوده و حجم مخزن باید مورد بررسی قرار گیرد.

شکل ۴. تعداد سدهای فعال در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور

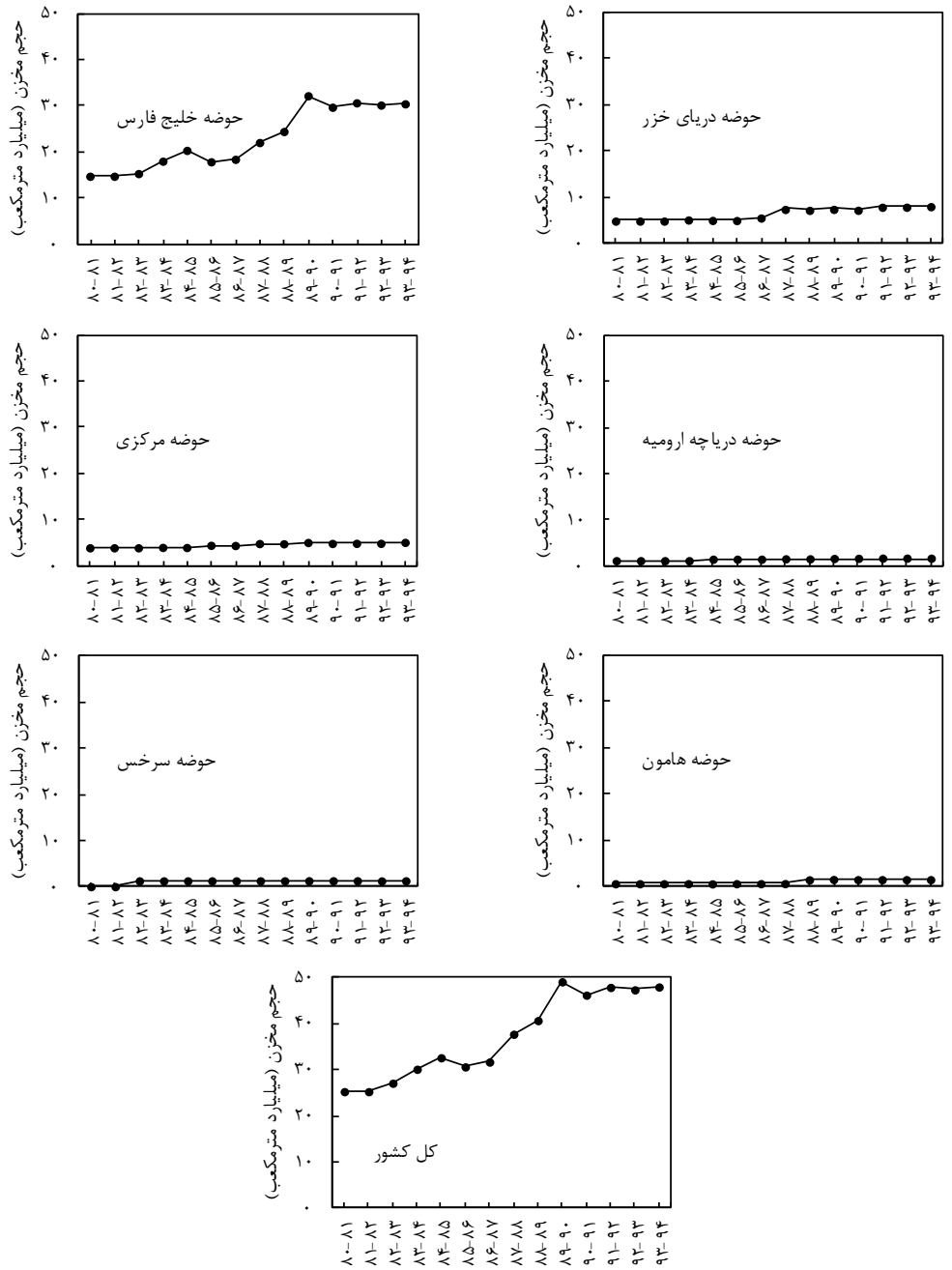


۳-۷. بررسی عملکرد مخازن سدها در حوضه‌های آبریز ۶گانه کشور

شکل ۵ حجم مخازن سدها را در حوضه‌های آبریز شش‌گانه و کل کشور نشان می‌دهد. براساس این شکل، افزایش حجم ذخیره مخزن توسط کل سدهای تأسیس شده در حوضه‌های آبریز دریای خزر، خلیج فارس، دریاچه ارومیه، مرکزی، هامون، سرخس و کل کشور در دوره پانزده ساله اخیر به‌ترتیب برابر ۳/۱، ۱۵/۷، ۰/۵، ۱/۲، ۰/۹، ۱/۳ و ۲۲/۷ میلیارد مترمکعب بوده است. کاملاً واضح است که افزایش حجم مخزن در حوضه آبریز خلیج فارس نسبت به سایر حوضه‌های آبریز کاملاً چشمگیر بوده است. از شکل مربوط به متوسط کشوری

قابل استنباط است که تنها در دوره پانزده ساله اخیر حجم آب مهار شده توسط سدها در کشور حدود ۵۰ درصد نسبت به ابتدای دوره افزایش داشته است. نکته مهم دیگر این است که با توجه به شکل ۵ مشخص می‌شود که در بعضی از سال‌ها حجم مخزن نسبت به سال قبل کاهش یافته است. این امر ناشی از کاهش حجم مخزن به‌دلیل تجمع رسوبات در حجم مخزن است.

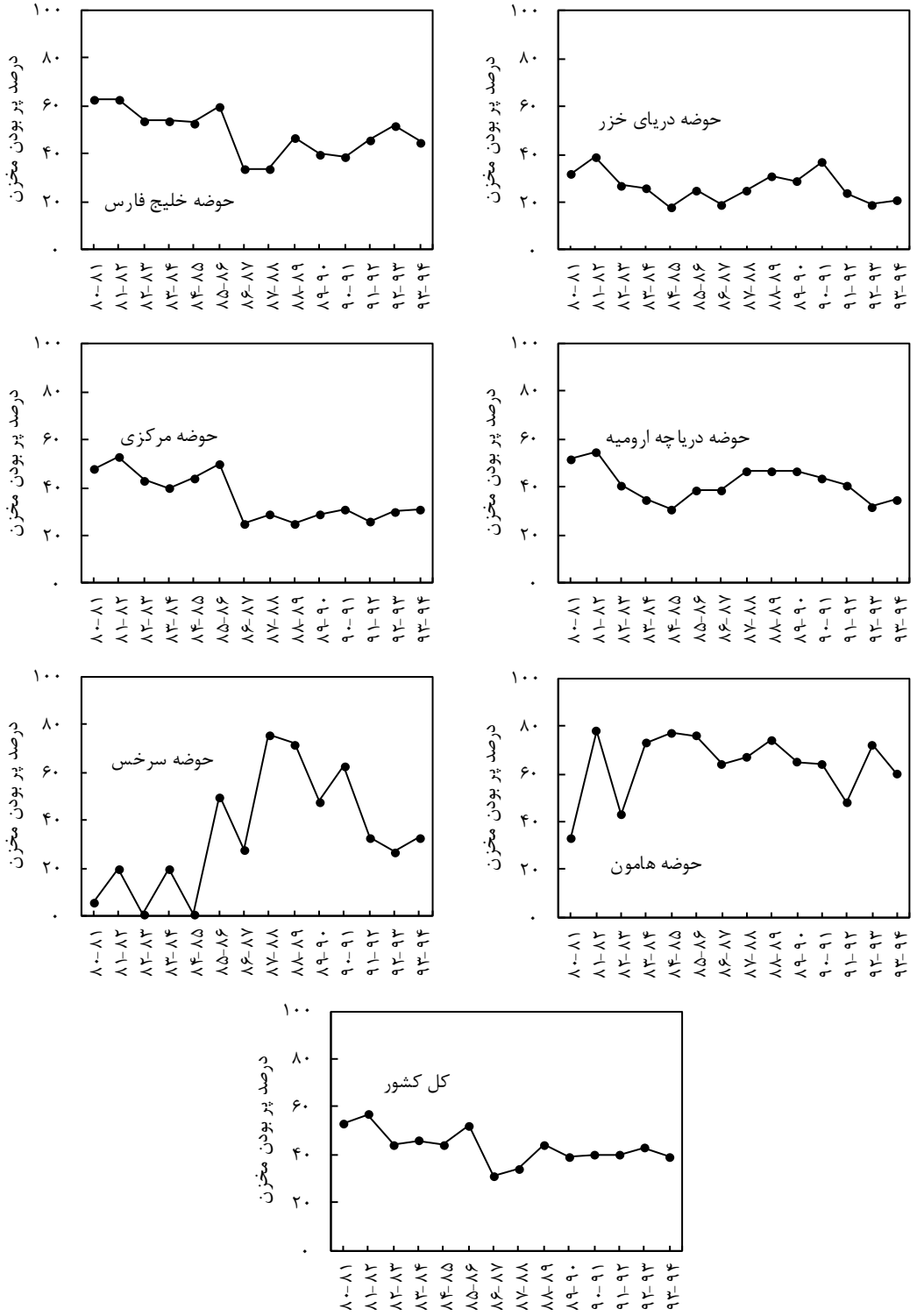
شکل ۵. مقادیر حجم مخازن سدهای فعال در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور



شکل ۶ درصد پر بودن مخازن سدهای فعال در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور را نشان می‌دهد. از این شکل نکات مهم زیر را می‌توان احصا کرد:

- **در کل کشور به‌طور متوسط در دوره پانزده‌ساله اخیر هیچ‌گاه حجم کامل مخازن سدهای کشور پر نبوده است،**
- **در کل کشور به طور متوسط در دوره پانزده ساله اخیر حداکثر درصد پر بودن مخازن سدهای کشور ۶۰ درصد بوده است، که در سال‌های اخیر این رقم به حدود ۴۰ درصد رسیده است،**
- این امر نشان‌دهنده این است که مقادیر آب ورودی به سدها کاهش یافته است که دلایل این موضوع یکی وقوع خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌ها و دیگری برداشت آب قبل از ورود آن به سدهاست،
- خالی بودن این حجم از مخازن سدهای کشور طی یک دوره پانزده ساله، که در مقایسه با عمر مفید سدها، چشمگیر می‌باشد، بیانگر وجود ضعف در مبانی طراحی و تعیین حجم مخزن سدهاست که قطعاً منجر به هزینه‌های اضافی و آثار نامطلوب می‌گردد.

شکل ۶. درصد پر بودن مخازن سدهای فعال در حوضه‌های آبریز کشور و کل کشور



۴-۷. بررسی عملکرد انرژی برقابی در کشور

در نیروگاه‌های برقابی از آب جمع شده در پشت سدها برای تولید برق استفاده می‌شود. آب جمع شده در پشت سدها با برخورد به پره‌های توربین سبب چرخش روتور توربین می‌شود و چرخش روتور توربین نیز سبب چرخش ژنراتور و در نتیجه تولید برق می‌شود. نیروی برقابی یا هیدروالکتریسیته اصطلاحی است که به انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب اطلاق می‌شود. درحال حاضر هیدروالکتریسیته حدود ۱۹ درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می‌دهد. انرژی برقابی ۹۸/۸ درصد از تولید ملی برق تجدیدپذیر و ۱۳/۸ درصد از مجموع الکتریسیته تولیدی در ایران را تشکیل می‌دهد. جدول ۸، نام برخی از نیروگاه‌های برقابی مهم کشور و ظرفیت آنها را نشان می‌دهد. براساس این جدول نیروگاه برقابی کارون ۳ با توان تولید برق ۲۲۸۰ مگاوات و تولید انرژی سالیانه ۴۱۷۰ گیگاوات ساعت بزرگ‌ترین نیروگاه برقابی کشور است. جدول ۹، کل ظرفیت نیروگاه‌های برقابی کشور در دوره‌های مختلف از قبل از انقلاب اسلامی تاکنون را نشان می‌دهد. بر این اساس درحال حاضر در کل کشور حدود ۱۱/۳ گیگاوات ظرفیت تولید انرژی برقابی وجود دارد. جدول ۱۰ نیز مقدار انرژی تولید شده برقابی در کشور در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. براساس این جدول از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۴ مقادیر از ۵ تا ۱۳/۵ گیگاوات ساعت انرژی برقابی در کشور تولید شده است. متغیر بودن تولید انرژی برقابی در سال‌های مختلف به مقدار حجم آب موجود پشت سدها و به‌طور غیرمستقیم به وضعیت بارندگی و خشکسالی کشور باز می‌گردد.

جدول ۸. نام برخی از نیروگاه‌های برقابی مهم کشور و ظرفیت آنها

نام سد و نیروگاه	ظرفیت تولید برق (مگاوات)	تولید انرژی سالیانه (گیگاوات ساعت)
کارون ۳	۲۲۸۰	۴۱۷۰
گتوند علیا	۲۰۰۰	۴۲۵۰
مسجد سلیمان	۲۰۰۰	۳۷۰۰
کارون ۴	۱۰۰۰	۲۱۰۷
سیمره	۴۸۰	۸۵۰
رودبار لرستان	۴۵۰	۹۸۶
کرخه	۴۰۰	۹۳۴

مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۴.

جدول ۹. کل ظرفیت نیروگاه‌های برقابی کشور در دوره‌های مختلف

دوره	ظرفیت نیروگاه (مگاوات)
قبل از انقلاب اسلامی (تا سال ۱۳۵۷)	۱۸۰۴
از ابتدای انقلاب اسلامی تا پایان سال ۱۳۶۷	۱۳۸
برنامه اول توسعه: از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۳	۱۳
برنامه دوم توسعه: از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸	۵۴
برنامه سوم توسعه: از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳	۳۰۳۵
برنامه چهارم توسعه: از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹	۳۴۴۴
برنامه پنجم توسعه: از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴	۲۸۵۹
مجموع	**۱۱۳۴۷**

مأخذ: همان.

جدول ۱۰. مقدار انرژی تولید شده برقابی در کشور در سال‌های مختلف

سال	انرژی تولید شده (گیگاوات ساعت)
۱۳۸۷	۵
۱۳۸۸	۷/۲
۱۳۸۹	۹/۵
۱۳۹۰	۱۲/۱
۱۳۹۱	۱۲/۵
۱۳۹۲	۱۴/۶
۱۳۹۳	۱۳/۹
۱۳۹۴	۱۳/۵

مأخذ: همان.

۵-۷. بررسی کارشناسی مقوله سدسازی در کشور

درحال حاضر بحران آب در کشور ایران و جنبه‌های مختلف آن بر کسی پوشیده نیست. وقوع کم‌آبی‌ها و خشکسالی‌ها، افزایش مصارف، از بین رفتن زیست‌بوم‌های آبی و تبعات زیست‌محیطی، همگی از ابعاد مختلف بحران آب هستند که در دهه‌های قبل کمتر از آنها سخن به میان می‌آمد. موارد مذکور موجب شده است که مقوله سدسازی و سدها در مرکز توجه منتقدان و طرفداران آن قرار گیرد. در بخش‌های قبلی گزارش به تفصیل، مزایا و معایب سد و سدسازی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین خلاصه‌ای از آمار و عملکرد سدها در کشور ارائه شد. شایان ذکر است که با توجه به اهمیت موضوع، اظهارنظرها در این زمینه باید با استفاده از اصول دقیق کارشناسی و به دور از هرگونه وابستگی دستگاهی و سازمانی صورت گیرد.

کشور ایران با متوسط بارندگی برابر با یک‌سوم متوسط جهانی، جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان است و علاوه‌بر این امر، شاید مهمترین علت تأسیس سدها در ایران پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی باشد. این امر در درجه اول بدین معناست که باید تمهیدی در جهت

ذخیره آب برای زمان مورد نیاز آن (عمدتاً کشاورزی و شرب) اندیشید و در درجه دوم نیز بدین معناست که انحراف از معیار مکانی بارندگی در کشور قابل توجه است.

با توجه به اینکه میزان انرژی برقابی کمتر از ۱۵ درصد از کل انرژی برق کشور را تشکیل می‌دهد، شاید نتوان هدف تأمین انرژی را هدف اصلی مناسبی برای تأسیس یک سد در کشور دانست. این امر درحالی است که ذخیره آب توسط سد در یک کشور کم‌آب و خشک و رهاسازی آن جهت تولید برق، علیرغم وفور سوخت‌های فسیلی، صحیح نیست.

شایان ذکر است که مشکلات و مضرات سد و سدسازی و آثار نامطلوب زیست‌محیطی آن به هیچ عنوان قابل انکار نبوده و مصادیق زیادی را می‌توان برای آن در داخل و خارج از کشور ذکر کرد که در متن گزارش به برخی از آنها اشاره شد. ولی این امر باید مدنظر قرار گیرد که هنوز در بسیاری از کشورهای جهان و ازجمله کشورهای توسعه‌یافته، از سدها بهره‌برداری می‌شود و همچنین سدهای جدید نیز احداث می‌شوند. موضوع تخریب سدهای کشورهای توسعه‌یافته توسط آنها در جهت از بین بردن کامل آثار نامطلوب زیست‌محیطی این سدها، امری نوین بوده و درحال حاضر تحلیل هزینه فایده با لحاظ همه موارد، در تصمیم‌گیری برای احداث یک سد در دنیا حرف اول را می‌زند. این امر باید مدنظر قرار گیرد که هرگونه توسعه و آمایش سرزمین مستلزم دست بردن انسان در محیط‌زیست، تغییر آن و به ناچار ایجاد آثار نامطلوب در آن است. حال توسعه مذکور باید به نحوی باشد که با توجه به تحلیل هزینه-فایده و طرح ارزیابی آثار زیست‌محیطی، آثار نامطلوب فوق‌الذکر حداقل باشد. برخی از هزینه‌های مذکور عبارتند از: هزینه تأسیسات مختلف سازه‌ای و تجهیزات، هزینه نیروی انسانی، هزینه خرید زمین، هزینه خسارت‌های انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی، هزینه بازگشت سرمایه، هزینه فرصت، هزینه‌های سیاسی محلی و منطقه‌ای و غیره. در مقابل سودهای حاصله از قبیل: سود آب شرب، صنعت و کشاورزی، سود برق، سود کاربری‌های جانبی گردشگری، ماهیگیری، سود زیست‌محیطی، سود سیاسی و اجتماعی، سود فرصت و غیره.

تاکنون در کشور ایران مدیریت منابع آب با تکیه بر مدیریت عرضه آب انجام شده است و در این جهت سدهای زیادی تأسیس شده است. متأسفانه، همان‌گونه که در متن گزارش نیز اشاره شد، در مواردی، مبانی طراحی سدهای مذکور صحیح نبوده و در مدت زمان چشمگیری، درصد قابل توجهی از حجم مخزن این سدها خالی مانده است. همچنین عدم توجه به پایین‌دست نیز، در مواردی آسیب‌هایی را به زیست‌بوم‌ها و پهنه‌های آبی موجود در این بخش‌ها به بار آورده است. از دیگر مشکلات سدسازی در کشور نیز می‌توان به عدم توجه به ساختارهای مکمل سد در بالادست (آبخیزداری) و پایین‌دست (شبکه‌های آبیاری و زهکشی) اشاره کرد.

البته قابل توجه است که در کنار مشکلات ناشی از سدسازی، به‌وجود آمده برای زیست‌بوم‌های کشور، عوامل انسانی و تغییرات اقلیم را نیز نباید از یاد برد. این امر را نیز نباید دور از نظر داشت که تا به حال سدها فواید زیادی را نیز برای کشور داشته‌اند، که مهمترین آن تأمین مطمئن آب برای مصارف مختلف، با توجه به پراکنش نامطلوب زمانی بارندگی‌ها می‌باشد. موارد متعددی را نیز می‌توان برشمرد که در صورت عدم وجود سدها خسارت جانی و مالی ناشی از سیلاب‌های چندین ساله به شدت تشدید می‌شد.

نکته مهم دیگر که باید به آن پرداخت، توجه به شرایط منطقه‌ای و هیدروپلیتیک آن است. وقوع خشکسالی‌ها در منطقه خاورمیانه از یک طرف و وجود حوضه‌های آبریز، رودخانه‌ها و منابع آب مشترک متعدد بین کشورها از طرف دیگر، به حساسیت مدیریت منابع آب در این کشورها در حوضه‌های آبریز مشترک آنها، بیشتر دامن زده است. تحرکات منطقه‌ای افغانستان در رابطه با رودخانه هیرمند در شرق کشور و همچنین وجود منابع آب مشترک بین کشورهای ترکیه، سوریه، عراق، ایران و فعالیت‌های ترکیه در این زمینه، همگی باعث شده است که علیرغم تغییر در محیط زیست، احداث سدهای مرزی توجیه‌پذیر باشد.

در این راستا می‌توان گفت که برای تأمین آب مصارف مختلف با خطرپذیری پایین نباید به احداث سد به‌عنوان تنها راهکار موجود نگریست. استفاده از مدیریت تقاضا علاوه‌بر مدیریت عرضه، استفاده از راهکارهای تلفیقی، ارائه طرح ارزیابی آثار زیست‌محیطی، تجدیدنظر در مبانی طراحی سد متناسب با شرایط کشور از لحاظ ارتفاع و حجم مخزن سد و در نهایت تحلیل هزینه-فایده با لحاظ ارزش محیط زیست نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

معایب و مزایای سدها از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است. مزایای اصلی سدها عبارتند از: تأمین آب، تولید انرژی، کنترل سیلاب، آمایش سرزمین، پرورش ماهی، توسعه مناطق تفریحی و توریستی، حمل‌ونقل آبی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، در مقابل معایب اصلی سدها نیز عبارتند از: اختلال در رژیم طبیعی انتقال آب و رسوب در رودخانه، نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری، تولید زمین‌لرزه و زمین لغزش، افزایش تبخیر سطحی، ایجاد آثار غیربهداشتی، آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی و تغییر در مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب.

با توجه به پراکنش نامطلوب زمانی و مکانی بارندگی در کشور ایران، هدف اصلی از سدسازی در این کشور تأمین آب برای مصارف مختلف، با خطرپذیری پایین می‌باشد. واقع شدن کشور در بخش خشک و نیمه‌خشک جهان و وفور سوخت‌های فسیلی در کشور و سهم کمتر از ۱۵ درصد انرژی برقابی از کل انرژی برق کشور، باعث می‌شود که هدف اصلی از تأسیس یک سد به قصد استحصال انرژی

برقابی، هدف مستقل مناسبی نباشد. همچنین مطالعات جدید با توجه به آثار زیست‌محیطی سدها و تولید گازهای گلخانه‌ای، تردیدهایی را در پاک بودن انرژی برقابی ایجاد کرده است.

با توجه به پیشرفت علم و تحقیقات جدید انجام شده در سطح بین‌المللی، جنبه‌های نوین آثار زیست‌محیطی سدها آشکار و مشخص شده است که در برخی از موارد که قبلاً فایده محسوب می‌شد، در بلندمدت باید تجدیدنظرهایی شود. از این میان می‌توان به تولید گازهای گلخانه‌ای از مخازن سدها به‌دلیل زوال و فساد مواد آلی موجود در مخزن و همچنین تشدید خسارات ناشی از سیلاب در مواردی اشاره کرد. البته این موارد نیاز به تحقیقات بیشتر داشته و با توجه به جمیع شرایط باید در مورد آنها تصمیم‌گیری گردد و علیرغم این موضوع هنوز بهره‌برداری از سدها تقریباً در تمام نقاط دنیا ادامه دارد و احداث سدهای جدید نیز صورت می‌گیرد و نقش سدها در مدیریت منابع آب غیرقابل انکار است. در کشور ایران تا به حال مدیریت منابع آب با تکیه بر مدیریت عرضه انجام شده است و جنبه‌های مختلف مدیریت تقاضا مغفول مانده است. در این راستا سدهای بسیاری در کشور ساخته شده است. برای مثال تنها در دوره پانزده ساله اخیر حجم مخزن سدهای کشور، حدود ۲۳ میلیارد مترمکعب افزایش داشته است. متأسفانه به‌دلیل عدم ارائه طرح ارزیابی آثار زیست‌محیطی در بسیاری موارد برای سدهای کشور، مشکلاتی برای بالادست و به‌خصوص پایین‌دست به‌وجود آمده است. مصادیقی چند را نیز می‌توان عنوان کرد که به‌دلیل طراحی نامناسب و مکان‌یابی نادرست ساختگاه سد، معضلاتی از قبیل نشت آب از مخزن سد، تنزل در کیفیت آب مخزن و غیره، به‌وجود آمده است. نمونه شناخته شده این امر، چالش سدگتوند می‌باشد که به‌دلیل مکان‌یابی نادرست ساختگاه سد و وجود توده‌های نمکی در مخزن سد، پس از آبگیری و به‌دلیل انحلال توده‌های مذکور، آب مخزن سد شور شده و تبعات ناگواری را برای پایین‌دست ایجاد کرده است. همچنین، عدم لحاظ مبانی صحیح طراحی با توجه به شرایط خشکسالی کشور، تغییر اقلیم، تأثیر سایر سدها و اصول مدیریت جامع منابع آب، باعث شده است که درصد چشمگیری از حجم مخزن (تقریباً ۵۰ درصد) تقریباً تمام سدهای کشور در دوره پانزده ساله اخیر، خالی بماند. شایان ذکر است که با بررسی جامع و همه‌جانبه هزینه ـ فایده، باید در مورد تمام سدهای جدید و درحال ساخت به‌طور جدی تصمیم‌گیری شود. در این راستا در صورت عدم توجیه سد از مناظر زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و غیره، از ادامه کار برای سدهای نیمه‌کاره بدون توجه به مبالغ هزینه شده برای آنها تاکنون، صرفنظر گردد، زیرا که قطعاً ادامه ساخت این چنین سدها مضرات اقتصادی بیشتری را از مبالغ هزینه شده برای آنها به‌دنبال خواهد داشت. البته باید دقت کرد که درحال حاضر سدها جزء مؤلفه‌های اصلی مدیریت منابع آب در جهان و ازجمله کشور ایران هستند و بدون استفاده از این زیرساخت‌ها نمی‌توان بخش آب کشور را راهبری کرد، زیرا که به‌صورت زنجیره‌وار، وابستگی بخش‌های مختلف مصرف‌کننده به نقش تأمین آب سدها و همچنین وابستگی جوامع و توسعه پایین‌دست سدها به نقش

کنترل سیلاب آنها و بسیاری موارد دیگر، حذف سدها را از سیستم مدیریت منابع آب کشور، غیرممکن می‌سازد. در راستای بهبود عملکرد سدهای موجود و جدیدالاحداث و همچنین حداقل‌سازی آثار نامطلوب زیست‌محیطی آنها، پیشنهادهای اصلی زیر ارائه می‌شود:

– برای هرگونه هدفی که از احداث یک سد جدید انتظار می‌رود، انواع راهکارهای غیر از سد و تلفیقی با آثار زیست‌محیطی کمتر نیز مورد بررسی قرار گیرد،

– برای تمام سدهای جدیدالاحداث، طرح ارزیابی آثار زیست‌محیطی با دید بلندمدت ارائه شود،

– برای تمام سدهای جدیدالاحداث، تحلیل هزینه-فایده با لحاظ آثار نامطلوب زیست‌محیطی در بلندمدت (ارزش ریالی محیط زیست) و تبعات آنها، معیار اصلی تصمیم‌گیری در مورد احداث سد قرار گیرد،

– موضوع تأسیس شبکه پایش و سنجش منابع آب و تدقیق بیلان منابع آب در کشور مورد توجه قرار گیرد، تا نقش سدها در تأثیرگذاری در بیلان آب کشور مشخص باشد،

– برای تمام سدهای بزرگ درحال بهره‌برداری کشور، طرح بهبود عملکرد با تمرکز بر حداقل‌سازی آثار نامطلوب زیست‌محیطی تهیه و اجرا شود،

– برای تمام سدهای موجود در کشور و سدهای جدیدالاحداث برنامه‌ریزی براساس خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیم صورت گیرد.

منابع و مآخذ

۱. گزارش آمار و ارقام مربوط به بارندگی و حجم جریان سطحی در حوضه‌های آبریز کشور، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب، ۱۳۹۴.

۲. گزارش‌های آمار و ارقام مربوط به سدها و درصد حجم مخزن سدها، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب، ۱۳۹۵.

۳. گزارش آمار و ارقام مربوط به تولید انرژی برقابی در کشور، وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا، ۱۳۹۴.

۴. رودهای خاموش پیامدهای زیست‌محیطی سدهای بزرگ، نوشته پاتریک مک کالی، ترجمه فاطمه ظفرنژاد، انتشارات علم و ادب، ۱۳۸۶.

۵. سایت اینترنتی کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ.

6. L.C. Urquhart, Civil Engineering Handbook, McGraw-Hill, 4th Edition, 1962.

7. A History of Dams, Peter Davis, London, 1971.

8. V. Thiraprasart, Why the Nam Theun Dam Won't Save Wildlife, Watershed, Bangkok, Vol. 1, No. 3, 1996.

9. The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles, Blackwell, Oxford, 1992.

10 M. Lemeshev, Bureaucrats in Power: Ecological Collapse, Progress Publishers, Moscow, 1990.

11. V.M. Kotlyakov, The Aral Sea Basin: A Critical Environmental Zone, Environment, 1991.

12. P. Panjiar, Refugees of Progress, India Today, 1993.

13. World Bank, China Involuntary Resettlement, 1993.
14. G. White, The Main Effects and Problems of Irrigations, Oxford, 1977.
15. P.B. Williams, Sedimentation Analysis, Damming the Three Gorges: What Builder Don't Want You to Know, London, 1993.
16. World Bank, The World Bank and Irrigation, 1995.
17. J.T. Houghton et al., Climate Change: The IPCC Scientific Assesment, Cambridge University Press, 1990.
18. P.M. Fearnside, Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon Sources of Greenhouse Gases, Environmental Conservation, Vol. 22, No. 1, 1995.
19. J.E. Costa, Floods from Dam Failures, Flood Geomorphology, Wiley, NewYork, 1988.
20. R.L. Wellcome, Fisheries Ecology of Floodplain Rivers, Longman, London, 1979.

شناسنامه گزارش	مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	شماره مسلسل: ۱۵۰۹۲

عنوان گزارش: بررسی وضعیت سدها و عملکرد سدسازی در کشور

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین‌کنندگان: مهدی مظاهری، نرجس‌السادات عبدالمنافی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: محمدحسن معادی‌رودسری، محسن صمدی، مهران برادران‌نصیری

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــ

تاریخ انتشار: ۱۳۹۵/۸/۲