

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت جهاد کشاورزی



مجموعه اسناد مرتبط با سند ملی و راهبردی تحول امنیت غذایی

تبیین وضعیت آب کشور

شماره ۸

نویسندگان:

عباس کشاورز، راحله ملکیان، عاطفه نژندعلی، اعظم بیگی

عنوان و نام پدیدآور	مجموعه اسناد پشتیبان مرتبط با سند ملی و راهبردی تحول امنیت غذایی؛ تبیین وضعیت آب کشور (شماره ۸)/نویسندگان عباس کشاورز ... [و دیگران]؛ تهیه شده در معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی؛ [به سفارش شورای عالی انقلاب فرهنگی و وزارت جهاد کشاورزی].
مشخصات نشر	تهران : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۲۶ص: (مصور: رنگی)، جدول، نمودار (رنگی)؛ ۲۱ × ۲۱ س.م.
شابک	رایگان ۵-۹۰۸-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸.
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	نویسندگان عباس کشاورز، راحله ملکیان، عاطفه نژندعلی، اعظم بیگی.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	امنیت غذایی -- ایران -- سیاست دولت
موضوع	Food security -- Iran -- Government policy
موضوع	مواد غذایی -- ایران -- تامین -- سیاست دولت
موضوع	Food supply -- Iran -- Government policy
موضوع	آب، منابع -- ایران -- آینده‌نگری
موضوع	Water-supply -- Forecasting -- Iran
شناسه افزوده	کشاورز، عباس، ۱۳۲۵-
شناسه افزوده	ایران. وزارت جهاد کشاورزی
شناسه افزوده	شورای عالی انقلاب فرهنگی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	۹۰۰/۶ HD
رده بندی دیویی	۳۳۸/۱۹۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۸۴۳۸۶۷۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیا

ISBN: 978-964-520-908-5

شابک: ۵-۹۰۸-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸



عنوان: مجموعه اسناد مرتبط با سند ملی و راهبردی تحول امنیت غذایی؛ تبیین وضعیت آب کشور (شماره ۸)

نویسندگان: عباس کشاورز، راحله ملکیان، عاطفه نژندعلی، اعظم بیگی

مدیر داخلی: فتح‌اله بهرامی

تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پوربقایی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۰

شمارگان: محدود

قیمت: رایگان

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۴۰۰-۲۷ک به تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

فهرست

۵	مقدمه
۹	پیشگفتار
۱۱	بیان آب کشور
۱۵	وضعیت بارش و منابع آب سطحی کشور
۲۳	وضعیت منابع آب زیرزمینی
۳۵	سراغه منابع آب تجدیدپذیر و شاخص برداشت آن
۴۲	آب قابل برنامه ریزی در مقایسه با منابع و مصارف آب (وزارت نیرو)
۴۳	سناریوهای بارش و منابع آب تجدیدپذیر
۴۵	عوامل مؤثر در بحران آب (چالش ها و تهدیدها)
۴۹	پتانسیل ها و فرصت ها
۴۹	تجربیات موفق جهانی
۵۲	راهکارهای رسیدن به وضعیت مطلوب
۵۹	جمع بندی
۶۰	منابع

مقدمه

امنیت غذایی زیر بنای امنیت اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی کشور است و از ارکان حکمرانی خوب و عادلانه به شمار می‌رود، به‌طوریکه از منظر ارزش‌های بنیادین به عنوان یکی از مهم‌ترین حقوق فرد و جامعه محسوب می‌شود. با این نگاه، حقوق نسل‌های آینده از طریق حفاظت از منابع پایه تولید و بهره‌برداری پایدار از این منابع مدنظر قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که در طول تاریخ، ظهور و افول بسیاری از تمدن‌ها و سیطره آنها متکی بر تأمین غذا بوده است؛ امروزه نیز غذا همین کارکرد سیاسی امنیتی را در قالبی نوین برعهده دارد و نظم نوین جهانی و استیلای حاکمیتی از نقش غذا به‌عنوان بازیگری مهم در عرصه جهانی بهره می‌گیرد.

امنیت غذایی زمانی به دست می‌آید که همه مردم همواره به غذای کافی، سالم، مغذی و حلال دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند و این غذا نیازهای فرد برای یک زندگی سالم و فعال را فراهم سازد. ارکان اصلی امنیت غذایی شامل زنجیره به هم پیوسته‌ای از «فراهمی غذا»، «دسترسی به غذا»، «سلامت و مصرف غذا» و «پایداری» است.

فراهمی غذا متأثر از سه عامل تولید، تجارت و ذخیره‌سازی است. تولید داخلی محصولات کشاورزی از کلیدی‌ترین اجزای امنیت غذایی است که براینده مؤلفه‌هایی چون منابع پایه تولید (آب و خاک)، سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، پشتیبانی و حمایت مؤثر از تولید، سرمایه انسانی ماهر، کمیت و کیفیت نهاده‌های تولید، نظام دانش، فناوری و اطلاعات، نظام مدیریت تولید و فراوری محصولات کشاورزی و نگرش سیستمی به زنجیره ارزش است. از آنجا که کشاورزی در بستر کنونی جهان علاوه بر وظیفه مهم تأمین امنیت غذایی، مسئولیت حفاظت از منابع طبیعی و پایه را نیز برعهده دارد، تنها راه پاسخگویی به نیازهای غذایی جمعیت کشور

«دانش بنیان شدن کشاورزی» و استفاده از ظرفیت‌های عظیم و مغفول علم و فناوری در سطوح ملی و جهانی است. در رویکرد کشاورزی دانش بنیان، افزون بر استفاده صحیح از ظرفیت‌های کشاورزی، موضوع مهم حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی و پایه و تامین سلامت تولید در اولویت قرار دارد.

در موضوع دسترسی به غذا، دسترسی فیزیکی و دسترسی اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بهبود دسترسی به غذا تحت تأثیر عواملی چون ایجاد و توسعه انواع بازار، دسترسی تولیدکننده و مصرف‌کننده به بازار، قدرت خرید خانوار، میزان درآمد و اشتغال، تکمیل زنجیره‌های ارزش محصولات کشاورزی و پشتیبانی از اقشار آسیب‌پذیر است. در این مقوله نیز «دانش بنیان شدن فرایندها» بسیار حائز اهمیت می‌باشد و منجر به تسهیل دسترسی فیزیکی، کاهش تبعیض قیمتی، کاهش شکاف قیمتی بین تولیدکننده و مصرف‌کننده، افزایش درآمد تولیدکننده و قدرت خرید مصرف‌کننده، ارتقاء ارزش افزوده، کاهش ضایعات و حفظ کیفیت و سلامت محصولات می‌شود.

رکن سوم امنیت غذایی، مصرف غذاست که به الگوی مصرف و ویژگی‌های این الگو وابسته است. الگوی مصرف تأثیر به‌سزایی بر استفاده از منابع آب و خاک، بهای تمام‌شده سبد غذایی و ارتقای سلامت جامعه دارد. سایر عوامل اثرگذار بر این رکن شامل سلامت غذا، دانش غذا و تغذیه، سوء تغذیه، تنوع غذایی و کیفیت آب آشامیدنی است. قابل ذکر است که سلامت غذا در دو رکن فراهمی و دسترسی نیز بسیار حایز اهمیت است و موضوع غذای سالم باید «از مزرعه تا سفره» مدنظر باشد. «ارتقاء آگاهی و دانش مصرف‌کنندگان و دانش بنیان کردن الگوی مصرف» از محورهای اساسی این رکن امنیت غذایی است.

رکن چهارم امنیت غذایی «ثبات و پایداری» در سه رکن فراهمی، دسترسی و مصرف است که وجه مشترک آن دو تاب‌آوری می‌باشد. عوامل بی‌ثباتی و ناپایداری در رکن فراهمی غذا در کشور عمدتاً شامل سرمایه‌گذاری و حمایت ناکافی و غیره‌دفعند از تولید، بهره‌برداری غیراصولی و خارج از توان اکولوژیک منابع طبیعی (به ویژه آب و خاک)، تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن، بلایای طبیعی، مخاطرات بیولوژیک و تکانه‌های سیاسی است. عوامل بی‌ثباتی و ناپایداری در رکن دسترسی به غذا عمدتاً شامل نوسانات قیمتی، تغییرات مکرر سیاست‌های اقتصادی، تکانه‌های سیاسی و اجتماعی، کاهش قدرت خرید و ناپایداری منابع درآمدی و اشتغال است. عمده‌ترین عوامل بی‌ثباتی و ناپایداری در رکن مصرف غذا نیز نگرانی از کیفیت، سلامت و تقلبات محصولات غذایی و تبلیغات غیرواقعی در حوزه محصولات غذایی است. وظیفه حاکمیت غذایی ایجاب می‌کند کلیه شاخص‌های موثر در ثبات و پایداری ارکان امنیت غذایی به صورت دانش‌بنیان سنجش، پایش و ارزیابی نموده و نسبت به مهار عوامل ناپایداری اقدام نماید. اهمیت و جایگاه امنیت غذایی ایجاب می‌کند که سند ملی و راهبردی امنیت غذایی کشور منطبق با ارزش‌های بنیادین، رویکرد جامع‌نگر و دانش‌بنیان تدوین شود. از آنجا که شرایط محیطی نقش کلیدی در تأمین امنیت غذایی دارد، الگوبرداری از کشورهای دیگر بدون توجه به تفاوت‌ها و ویژگی‌های محیطی کشور منطقی نیست. بر این اساس و با بهره‌گیری از نگرش «جهانی اندیشیدن و منطقه‌ای عملکرد» باید در تدوین سند ملی امنیت غذایی ایران ضمن بهره‌گیری از تجارب جهانی و پیکره دانشی موجود، توجه ویژه‌ای به «نگاه و دانش بومی و بومی‌سازی» داشت. از این رو، تدوین سند ملی امنیت غذایی کشور با رویکرد فوق و به‌ویژه در شرایط پرتنش دهه‌های اخیر، که مصادیق بارز آن همه‌گیری بیماری کووید ۱۹، بحران کمبود آب، گرمایش جهانی و

تغییرات اقلیمی و تضادهای سیاسی بین کشورهاست، امری ضروری و گریزناپذیر است. در این راستا، اتکا به توانمندی‌های داخلی و توجه ویژه به شرایط محیط طبیعی و سپهر فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی کشور حائز اهمیت است.

با توجه به نقش امنیت غذایی در تحکیم امنیت ملی و فقدان سندی جامع و کارآمد برای امنیت غذایی تدوین سند ملی و راهبردی امنیت غذایی مورد تاکید شورای عالی انقلاب فرهنگی و وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفت. در این راستا و پس از بررسی‌های دقیق، جامع و آینده‌نگر و استفاده از تجربیات ملی و بین‌المللی و با مشارکت همه دستگاه‌های مرتبط و تشکل‌های غیر دولتی، اقدام به تهیه سند ملی امنیت غذایی شد. برای تهیه این سند اسناد پشتیبان متعددی تهیه شد که این مجموعه یکی از آن اسناد است.

محمد رضا مخبر دزفولی

اسکندر زند

رئیس کمیسیون تهیه سند ملی امنیت غذایی

دبیر کمیسیون تهیه سند ملی امنیت غذایی

وجود آب لزوم حیات و پیش نیاز توسعه جوامع انسانی است. افزایش جمعیت، نیاز به آب شرب، مدیریت نامناسب آب و تغییرات اقلیمی و گرم شدن کره زمین، منابع آب را با چالش‌های عمده‌ای مواجه ساخته است. وجود این چالش‌ها، مشکلات زیست محیطی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی به همراه داشته و جوامع بشری را با تهدیدهای جدی روبرو ساخته است.

بخش کشاورزی بعنوان بزرگترین مصرف کننده آب در جهان، تأمین کننده امنیت غذایی است و هرگونه تغییر در شرایط اقلیمی و دسترسی به آب مورد نیاز و تهدید امنیت آبی کشورها، امنیت غذایی نیز تهدید خواهد شد. رقابت برای تقاضای آب با توجه به رشد جمعیت در بخش‌های مختلف و محیط زیست نه تنها در ایران بلکه در سراسر جهان بعنوان تهدیدی در حال افزایش است، بر اساس مطالعات سازمان همکاری اقتصادی و توسعه^۱ (OECD) با تکنولوژی موجود، تقاضای آب تا سال ۲۰۵۰، از افزایش ۵۵ درصدی برخوردار است.

مدیریت نادرست آب در بخش کشاورزی و افزایش فشار بر منابع آب، امنیت آبی را تهدید خواهد کرد و استفاده کارا از منابع آب در بخش کشاورزی می تواند موجب تقویت امنیت غذایی کشور باشد. با در نظر گرفتن ارتباط بین این دو، باید به این سؤال پاسخ داد که چه اقداماتی برای بهبود امنیت آبی کشور و کاهش تأثیرپذیری امنیت غذایی از اثرات کاهش منابع آب لازم است؟

1- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

به منظور ارزیابی میزان تقویت امنیت غذایی کشور، لازم است تا وضعیت منابع آب کشور آسیب شناسی شده و چالش های بخش آب تشریح و تصویر اطمینان بخشی از میزان آب تجدیدپذیر قابل تخصیص بخش کشاورزی در یک مدل پایدار ارائه شود. گزارش حاضر، با ارائه آمار و ارقام مرتبط با منابع آب و ارائه روندهای موجود آنها و همچنین چالش های آن، تلاش دارد، به درک بهتر مقوله بحران آب و در نتیجه برنامه ریزی صحیح جهت مواجهه با آن در دستیابی به امنیت غذایی کشور کمک کند.

لازم به ذکر است، در این گزارش کلیه آمار و ارقام دستگاه های رسمی مسئول آب کشور (آخرین وضعیت موجود) استفاده شده و تمامی تحلیل ها و نمودارها در مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران تهیه شده است،

بیلان آب کشور

مطابق نتایج بیلان، حجم کل بارندگی در کشور (متوسط سالانه دوره ۴۵ ساله منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹)، ۳۹۶/۳۶ میلیارد مترمکعب می باشد. سهم تبخیر و تعرق واقعی از بارندگی ۲۸۶/۴۸ میلیارد مترمکعب و سهم رواناب و نفوذ نیز به ترتیب ۶۵/۶۵ و ۴۴/۴ میلیارد مترمکعب است. به این ترتیب مشاهده می گردد که از کل بارندگی ۷۲/۳ درصد صرف تبخیر و تعرق واقعی شده و مابقی که حجم تجدیدپذیر منابع آب کشور (تولیدشده در داخل کشور) را تشکیل می دهد، برابر ۱۰۹/۸۸ میلیارد مترمکعب و معادل ۲۷/۷ درصد از بارندگی می باشد (شرکت مدیریت منابع آب کشور).

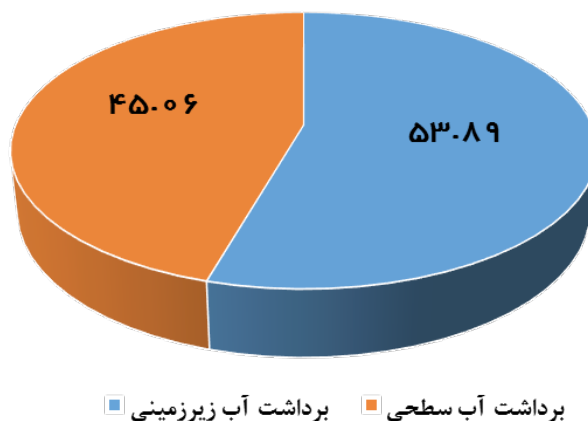
حجم کل برداشت آب برای مصارف مختلف از منابع آب های سطحی و زیرزمینی کشور برابر ۹۸/۹ میلیارد مترمکعب است. بیش ترین میزان برداشت مربوط به حوضه آبریز فلات مرکزی با ۳۸/۱ میلیارد مترمکعب در سال و کم ترین میزان با ۲/۳ میلیارد مترمکعب مربوط به حوضه مرزی شرق می باشد. میزان مصرف در سطح دشت ها ۸۲/۲ و در سطح ارتفاعات ۱۵/۹ میلیارد مترمکعب می باشد.

سهم بخش کشاورزی، شرب و صنعت از کل برداشت آب به ترتیب ۸۷/۸، ۸/۴ و ۲/۷ میلیارد مترمکعب است. میزان برداشت از منابع آب سطحی ۴۵/۰۶ و از آب های زیرزمینی ۵۳/۹ میلیارد مترمکعب است. به این ترتیب ملاحظه می شود که سهم آب های زیرزمینی (چاه ها و قنوت) در تأمین نیازهای مختلف کشور ۵۴ درصد می باشد (شکل ۱).

بیش ترین میزان برداشت از آب سطحی مربوط به حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان با ۲۲/۳ میلیارد مترمکعب و بیش ترین میزان برداشت از آب زیرزمینی مربوط به حوضه آبریز فلات مرکزی با ۳۰/۵ میلیارد مترمکعب است.

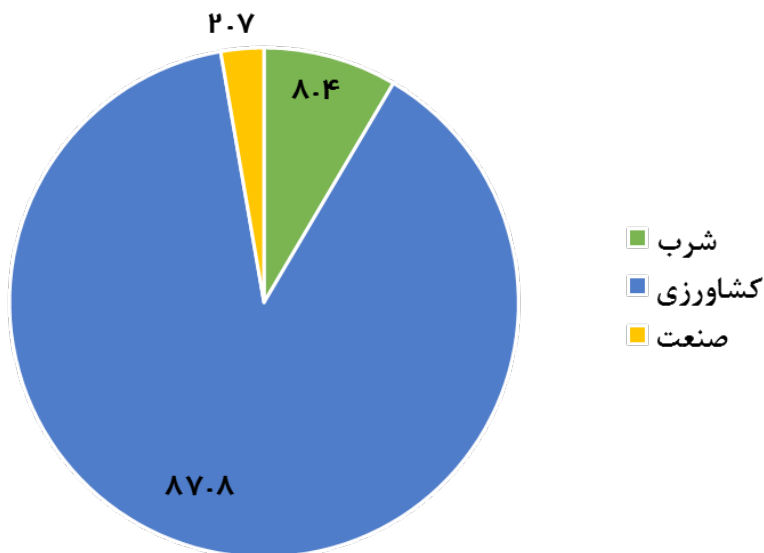
بر اساس نتایج بیلان منابع آب متوسط درازمدت منتهی به سال آبی ۱۳۸۴-۸۵، حجم کل بارندگی در کشور ۴۱۷/۰۶ میلیارد مترمکعب و حجم تبخیر و تعرق واقعی از بارندگی ۲۸۳ میلیارد مترمکعب بوده است. به این ترتیب مجموع حجم رواناب و نفوذ ناشی از بارندگی در کشور که همان حجم آب تجدیدپذیر است برابر ۱۳۴/۰۶ میلیارد مترمکعب تعیین شد. مطابق نتایج بیلان متوسط سالانه درازمدت منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰، حجم کل بارندگی در کشور ۳۹۶/۳۶ میلیارد مترمکعب و حجم تبخیر و تعرق واقعی از بارندگی ۲۸۶/۴۸ میلیارد مترمکعب می باشد. باتوجه به ارقام فوق حجم آب تجدیدپذیر کشور براساس متوسط داده های درازمدت ۴۵ ساله، برابر ۱۰۹/۸۸ میلیارد مترمکعب است.

برداشت آب از منابع مختلف



شکل ۱- میزان منابع و مصارف آب کشور (بر حسب میلیارد متر مکعب) (بیلان منابع آب کشور منتهی به ۹۰-۸۹، شرکت مدیریت منابع آب ایران) (**مصرف آب کشاورزی با استفاده از سند بهره وری: ۷۶ میلیارد متر مکعب)

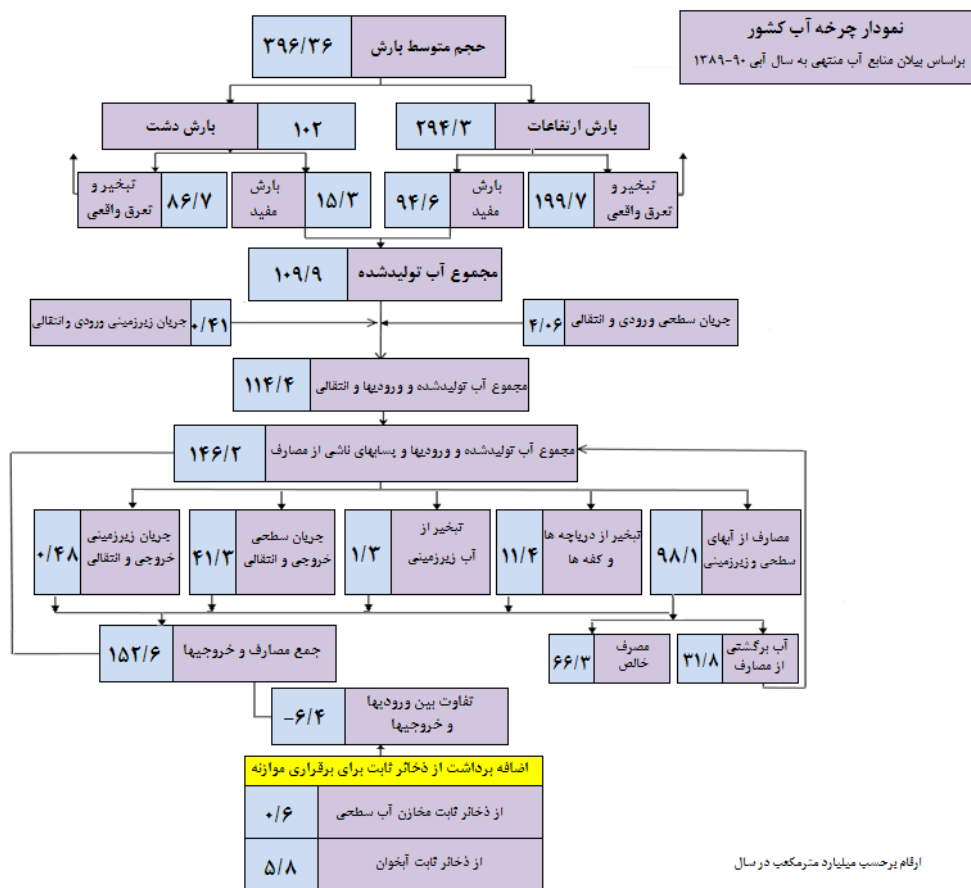
برداشت آب برای مصارف در بخش های مختلف



ادامه شکل ۱- میزان منابع و مصارف آب کشور (بر حسب میلیارد متر مکعب) (بیان منابع آب کشور منتهی به ۸۹-۹۰، شرکت مدیریت منابع آب ایران) (*مصرف آب کشاورزی با استفاده از سند بهره وری: ۷۶ میلیارد متر مکعب)

احجام فوق نشان می دهد که در یک دوره ۴۵ ساله منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰ نسبت به دوره ۴۰ ساله منتهی به سال آبی ۱۳۸۴-۸۵، حجم بارندگی ۴/۹۶ درصد کاهش، حجم تبخیر و تعرق واقعی ۱/۲ درصد افزایش و حجم آب تجدیدپذیر تولیدشده در کشور ۱۸/۰۳ درصد کاهش یافته است. این میزان کاهش ناشی از کاهش باران، افزایش دما و تغییر رویکرد در فرایند تهیه بیان در دوره اخیر نسبت به دوره قبل می باشد (شرکت مدیریت منابع آب ایران). نمودار

چرخه آب کشور بر اساس بیلان منابع آب منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار چرخه آب کشور بر اساس بیلان منابع آب منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹

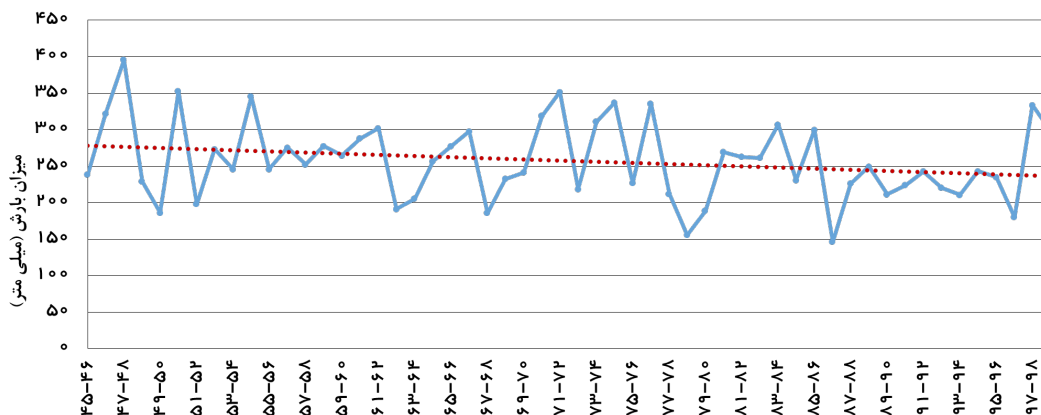
در رابطه با محاسبه آب تجدیدپذیر در کشور که مبنای بسیاری از برنامه ریزی ها و تصمیمات می باشد، ابهامات زیادی وجود دارد. بطور مثال، همان گونه که ذکر گردید، در بیلان آب منتهی به ۸۹-۹۰ میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی ۸۷/۸ میلیارد متر مکعب تخمین زده شد در حالی که در محاسبات مربوط به سند بهره وری آب (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران)، این عدد ۷۶ میلیارد متر مکعب تخمین زده شده است.

عدم وجود زیرساخت های مناسب جهت اندازه گیری پارامترهای مؤثر در تخمین آب تجدیدپذیر، عدم قطعیت بالا در برداشت داده و همچنین روش های تقریبی و قدیمی در تخمین محاسبات برخی از مشکلات موجود در این محاسبات می باشد.

وضعیت بارش و منابع آب سطحی کشور

بر اساس آمار بارندگی سازمان هوشناسی کشور، متوسط سی ساله بارش منتهی به ۹۸-۹۹ حدود ۲۵۲ میلی متر است و کاهش بارش با شیب ملایمی در طی سال های ۴۶-۴۵ تا ۹۹-۹۸ مشاهده می شود. از دلایل روند مشاهده شده می تواند اثرات ناشی از تغییر اقلیم باشد. تغییرات اقلیمی از طریق تأثیرگذاری بر متغیرهای آب و هوایی از قبیل بارش و دما، چرخه های جرم و انرژی کره ی زمین را تحت تأثیر خود قرار می دهد (شکل ۳).

بر اساس مطالعات انجام شده، روند کاهش بارش و افزایش دما در ایران در آینده با شیب متفاوت وجود خواهد داشت. روند نزولی بارش و صعودی دما توسط عباسپور و همکاران، برای دهه های آتی قرن ۲۱ پیش بینی شده است (Abbaspour et al. 2009).



شکل ۳- روند تغییرات متوسط بارش در کشور (سازمان هواشناسی کشور)

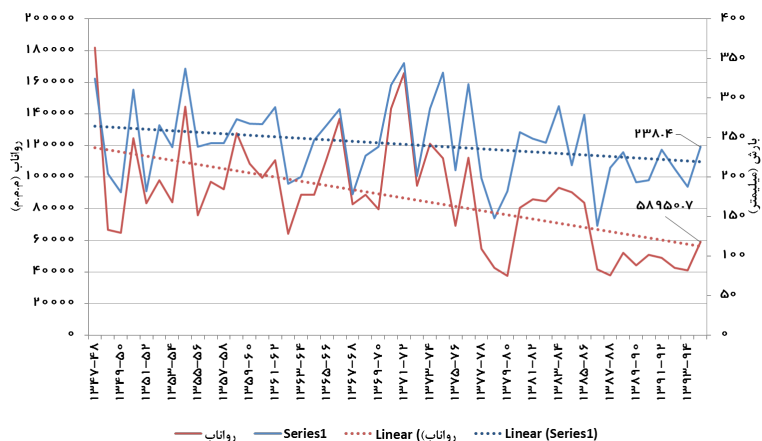
به منظور بررسی روند تغییرات رواناب و همچنین تأثیر تغییرات بارش بر آن، میزان بارش و رواناب متناظر با آن طی سال های ۴۸-۴۷ تا ۹۶-۹۵ در شکل ترسیم شد. روند کاهش بارش و رواناب در این دوره قابل مشاهده است (شکل ۴). طی نیم دهه های مختلف، میزان رواناب مقادیر متفاوتی داشته است (جدول ۱). متوسط میزان رواناب در نیمه اول دهه ۵۰ نسبت به نیمه اول دهه ۹۰، کاهش ۵۰ درصدی داشته است، در حالی که بارش متناظر با این دوره ۱۷ درصد کاهش داشته است. کاهش رواناب در اثر تغییرات بارش و کاهش میزان آن با شدت بیش تری رخ داده است. بارندگی و رواناب دارای رابطه غیر خطی بوده و بستگی به خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه، شیب، نوع خاک، شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی حوضه دارد و عموماً یک درصد کاهش در بارش، منجر به درصد بیش تری کاهش در رواناب خواهد شد. مداخلات انسانی در چرخه هیدرولوژیکی می تواند سبب شدیدتر شدن درصد کاهش رواناب باشد.

به منظور بررسی دقیق تر تغییرات میزان رواناب در کشور، میزان بارش و رواناب متناظر با آن در تعدادی از حوضه های آبریز درجه دو نیز مورد بررسی قرار گرفت. روند کاهش رواناب با شیب شدیدی نسبت به کاهش بارش در حوضه های آبریز کرخه، کارون، طشک بختگان، هراز و بین هراز و گاوخونی مشاهده شد. در حوضه سفیدرود، کاهش رواناب با شیب شدیدتری نسبت به کاهش بارش رخ داده است و در حوضه قره سو و گرگانرود، با وجود افزایش میزان بارش، کاهش رواناب اتفاق افتاده است (شکل های ۵ تا ۱۱).

لازم است در حوضه های آبریز کشور، سهم تغییرات آب و هوایی (اثرات بارش و تبخیر و تعرق) و اثرات مستقیم انسانی تعیین شود. به این منظور توسعه شبکه های پایش هیدولوژیک ضروری است. در این صورت، می توان در حوضه هایی که سهم اثرات تغییر اقلیم زیاد است، تمرکز بر سناریوهای سازگاری با تغییر اقلیم بمنظور کاهش خسارت مورد توجه قرار گیرد. در حوضه هایی (مانند سفیدرود و یا قره سو و گرگانرود) که سهم مداخلات انسانی زیاد است، پیاده سازی ضوابط سخت گیرانه برای تغییر کاربری و بکارگیری راهبردهایی برای احیای شرایط بوجود آمده ضروریست. قطعاً این راهبردها در هر حوضه متفاوت خواهد بود.

لازم به ذکر است، هر گونه کاهش در رواناب های سطحی یا تغییر غیرطبیعی در رژیم طبیعی حوضه ها قطعاً منجر به ناپایداری در اکوسیستم ها خواهد شد که در نهایت در فعالیت های اجتماعی و اقتصادی جوامع نمود پیدا خواهد کرد. متأسفانه، تاکنون بررسی چندانی در رابطه با اثرات کاهش رواناب ها بر ناپایداری اکوسیستم ها و گونه های جانوری و گیاهی صورت نگرفته است که انجام آن توصیه می شود.

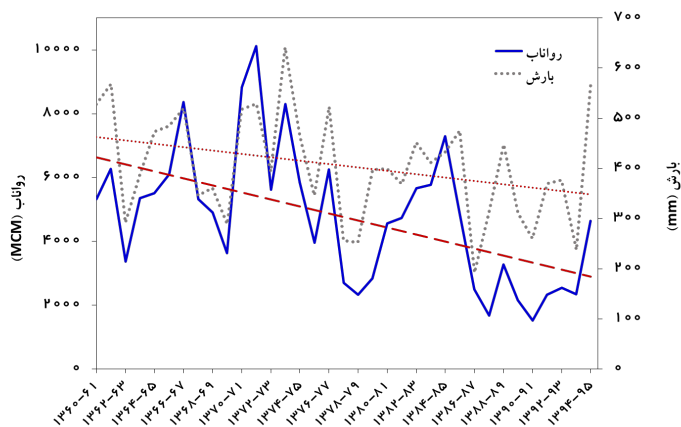
تغییرات تعداد چشمه ها و تخلیه آنها در شکل ۱۲ نشان داده شده است. تغییر در روش آماربرداری یکی از دلایل روند مشاهده شده در تعداد چشمه ها است.



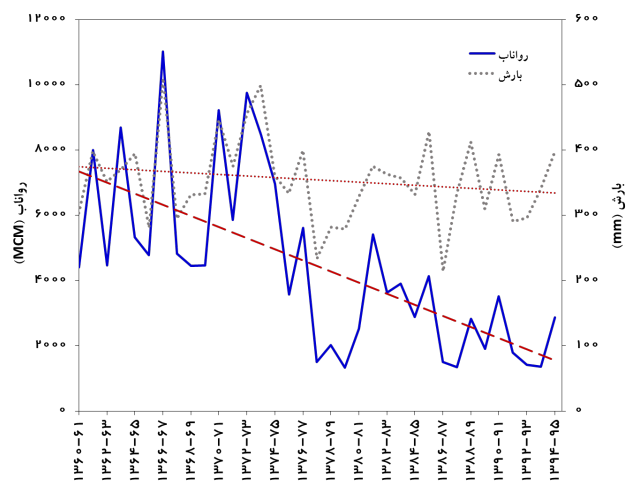
شکل ۴- تغییرات میزان رواناب متناظر با بارش (شرکت مدیریت منابع آب کشور)

جدول ۱- تغییرات متوسط رواناب در دوره های مختلف

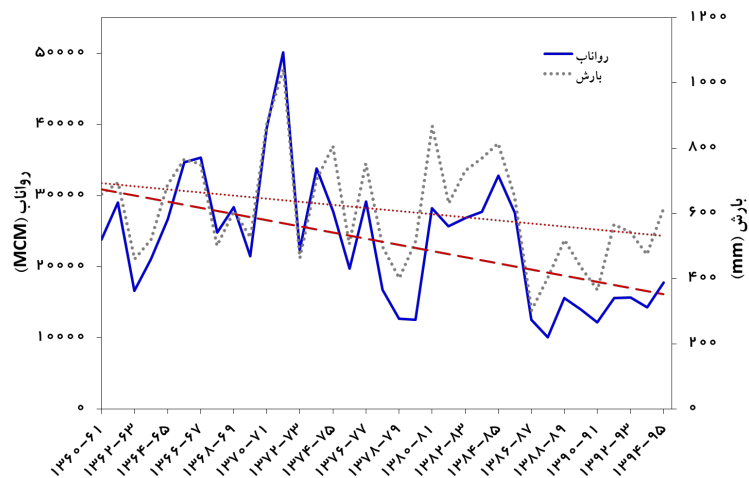
میلیون مترمکعب	آیتم
۱۰۶۹۳۷,۷	متوسط رواناب از ۵۱-۵۰ تا ۵۴-۵۵
۱۰۰۳۲۰,۲	متوسط رواناب از ۵۶-۵۵ تا ۶۰-۵۹
۹۰۴۱۳,۹	متوسط رواناب از ۶۱-۶۰ تا ۶۵-۶۴
۹۹۹۲۷,۳	متوسط رواناب از ۶۶-۶۵ تا ۷۰-۶۹
۱۲۷۳۱۶,۶	متوسط رواناب از ۷۱-۷۰ تا ۷۵-۷۴
۶۳۲۷۷,۴	متوسط رواناب از ۷۶-۷۵ تا ۸۰-۷۹
۸۶۹۷۲,۶	متوسط رواناب از ۸۱-۸۰ تا ۸۵-۸۴
۵۱۸۷۵,۵	متوسط رواناب از ۸۶-۸۵ تا ۹۰-۸۹
۴۸۴۵,۶	متوسط رواناب از ۹۱-۹۰ تا ۹۵-۹۴



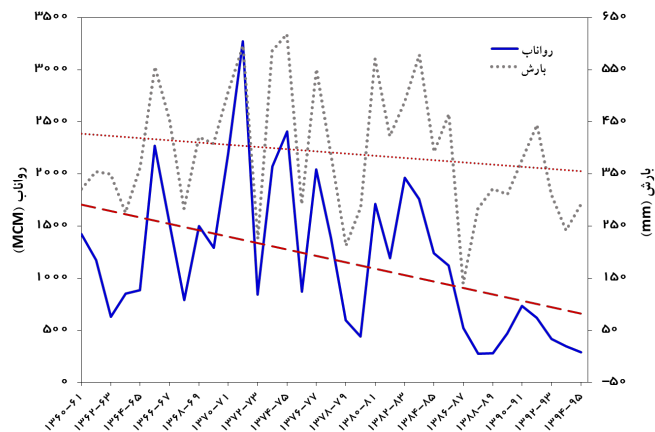
شکل ۵- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز کرخه



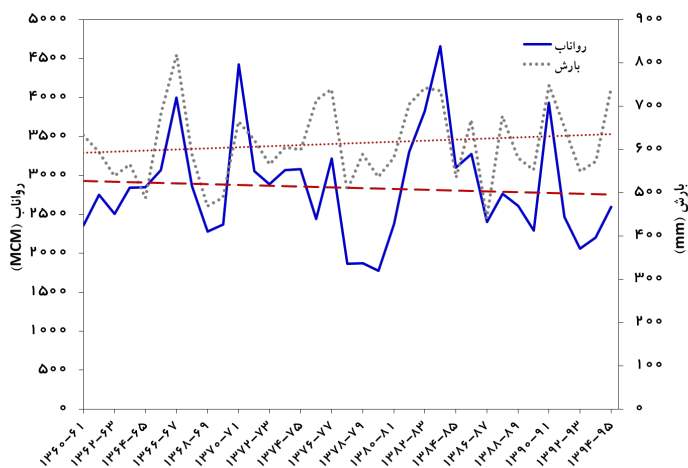
شکل ۶- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز سفیدرود بزرگ



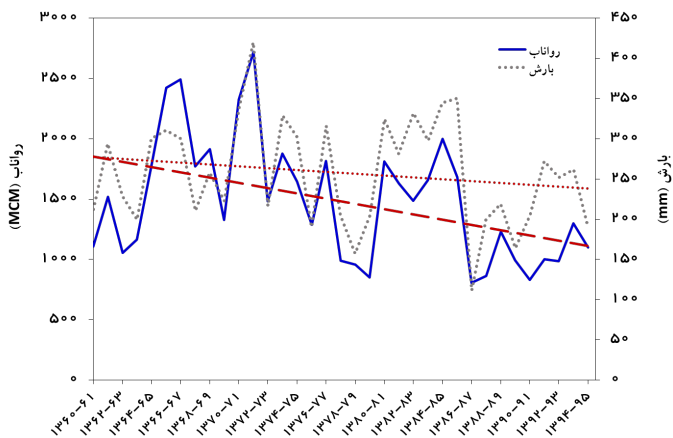
شکل ۷- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز کارون



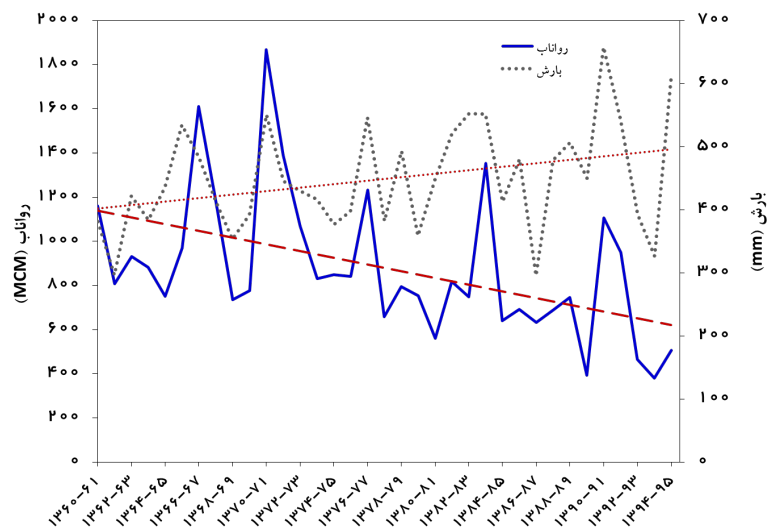
شکل ۸- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز طشتک بختگان



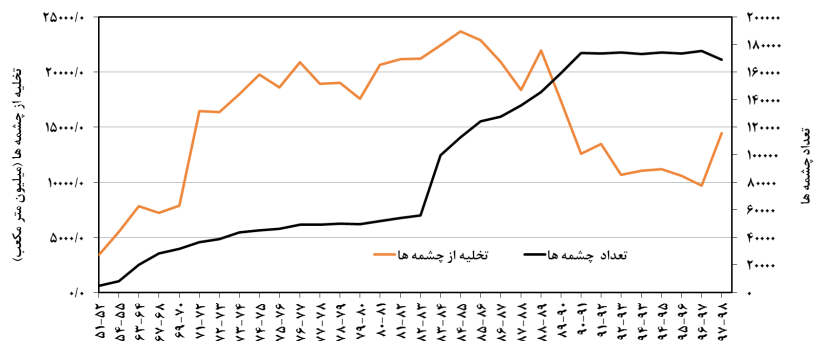
شکل ۹- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز هراز و بین هراز



شکل ۱۰- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز گاوخونی



شکل ۱۱- تغییرات بارش-رواناب حوضه آبریز قره سو- گرگانرود



شکل ۱۲- تغییرات تعداد چشمه ها و تخلیه از آنها از سال ۵۲-۵۱ تا ۹۴-۹۵

وضعیت منابع آب زیرزمینی

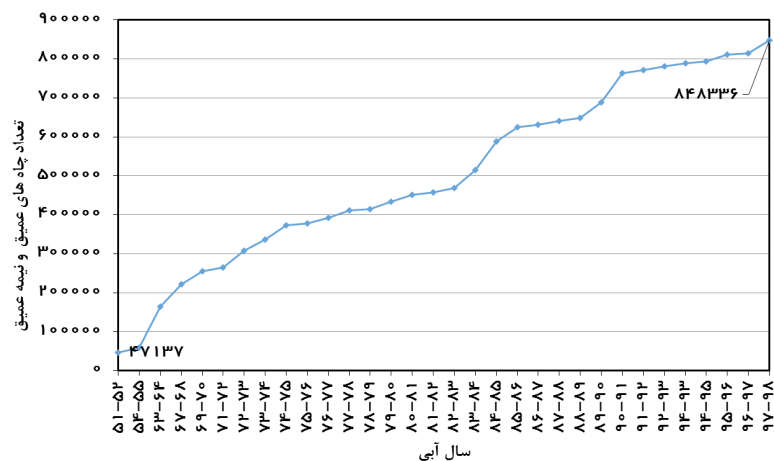
آب‌های زیرزمینی بزرگ‌ترین منابع آب شیرین جهان بوده و برای حیات انسانی و همچنین توسعه اقتصادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند ایران ضروری می‌باشند. در پی اضافه برداشت‌های انجام‌شده از آب‌های زیرزمینی، این منابع حیاتی در بسیاری از مناطق جهان، از جمله استرالیا، خاورمیانه، چین، ایالات متحده آمریکا، هند، آفریقای شمالی و جنوب اروپا با افت تراز مواجه گردیده‌اند. کاهش تراز آب‌های زیرزمینی منجر به کاهش آبدهی چاه‌ها و افزایش هزینه‌های پمپاژ، کاهش کیفیت آب، خشک شدن تالاب‌ها، فرونشست زمین، و دیگر اثرات منفی بر روی محیط‌زیست و اثرات اجتماعی گردیده است (White et. al, 2016).

در کشور ایران از دوران باستان استفاده از منابع آب برای مصارف شرب و کشاورزی عمدتاً متکی بر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به شکل پایدار بوده است. ورود تکنولوژی‌های حفاری و رشد تقاضا، وابستگی شدید اغلب مناطق ایران به منابع آب زیرزمینی، رشد جمعیت و نیاز روزافزون به منابع آب از یک طرف و وضعیت اقلیمی و جغرافیایی کشور و همچنین وقوع پدیده خشکسالی در سال‌های اخیر از طرف دیگر باعث شده است طی دهه‌های گذشته فشار زیادی بر آبخوان‌های آب زیرزمینی وارد شود و در نتیجه منجر به افت سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش تعداد دشت‌های ممنوعه و بحرانی کشور شود.

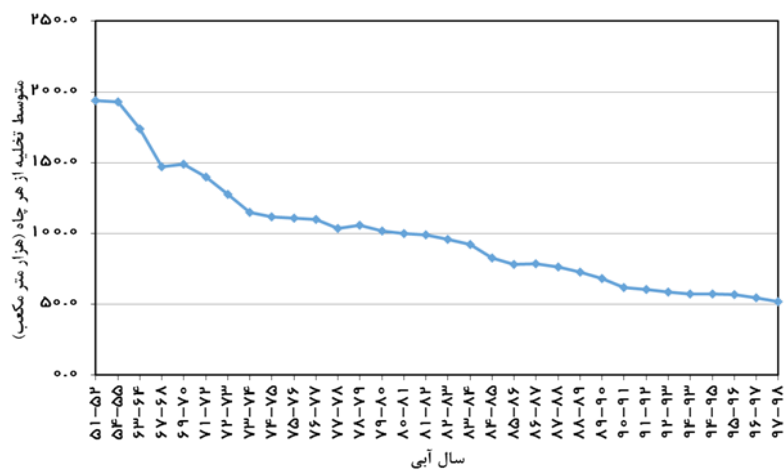
بر اساس اطلاعات موجود تعداد چاه‌های بهره‌برداری (عمیق و نیمه عمیق) از ۴۷,۱۴ هزار حلقه در سال ۵۱-۵۲ به ۸۴۸ هزار حلقه در سال ۹۶-۹۷ (شکل ۱۳) متوسط تخلیه از هر چاه از ۱۹۴ هزار متر مکعب در سال ۵۱-۵۲ به حدود ۵۵ هزار مترمکعب در سال ۹۶-۹۷ رسیده است (شکل ۱۴).

تعداد قنوات از ۱۴,۷۸ هزار رشته در سال ۵۲-۵۱ به ۴۱,۴۶ هزار رشته در سال ۹۷-۹۶، بالغ گردیده است (شکل ۱۵) این روند افزایشی می تواند بدلیل تغییر در روش آماربرداری نیز باشد. بخش اعظمی از مصارف آب زیرزمینی (بیش از ۹۰ درصد آن)، مربوط به برداشت از چاه‌ها بوده و تنها بخش اندکی از مصارف از قنات‌ها می باشد. سهم قنات‌ها در تخلیه کل از آب زیرزمینی از حدود ۳۳ درصد در سال ۱۳۵۱ به حدود ۷ درصد در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته است که این میزان کاهش از طرفی بدلیل افزایش نقش چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در برداشت آب زیرزمینی از طرف دیگر اثرات منفی برداشت بی رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است که می تواند منجر به نابودی این سازه‌های پایدار شود.

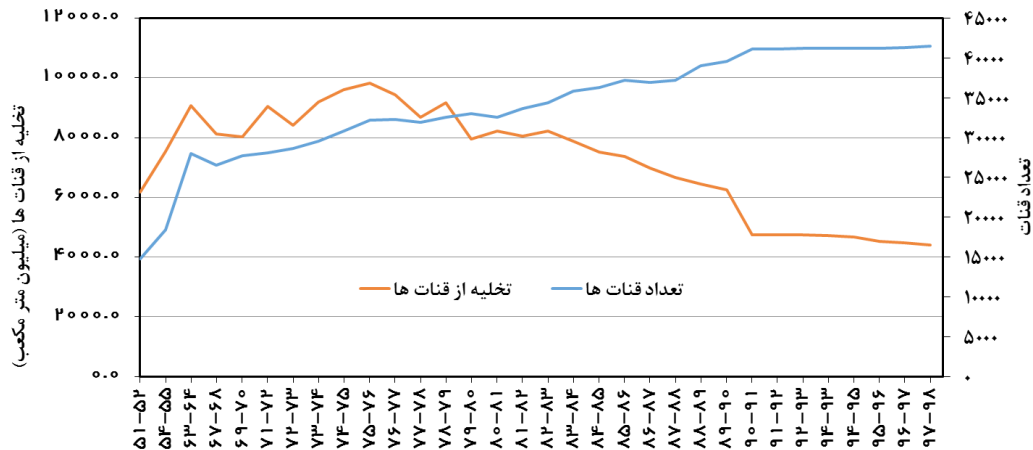
همان‌طور که در شکل ۱۶ ملاحظه می شود، افت سطح آب‌های زیرزمینی کشور تا اواخر سال ۶۶ دارای شیب ملایم تری بوده است و پس از آن با شیب بیش تری سطح آب آبخوان‌ها افت کرده است. همچنین با توجه به شکل ۱۷، تا اواسط سال ۱۳۵۷ میزان کسری تجمعی مخازن آب زیرزمینی کم تر از یک میلیارد مترمکعب بوده است و با افزایشی با شیب ملایم، کاهش حجم مخازن کشور در سال ۱۳۶۶ به حدود ۶,۳ میلیارد مترمکعب افزایش یافته است. روند افزایش کسری مخازن آبخوان‌ها بعد از این سال، روند چشمگیری داشته و در سال ۱۳۹۶ به ۱۳۴ میلیارد مترمکعب رسیده است. به طور متوسط سالانه حدود ۶ میلیارد مترمکعب از منابع آب تجدید ناپذیر و در واقع بیش از ظرفیت این منابع از آنها برداشت می شود.



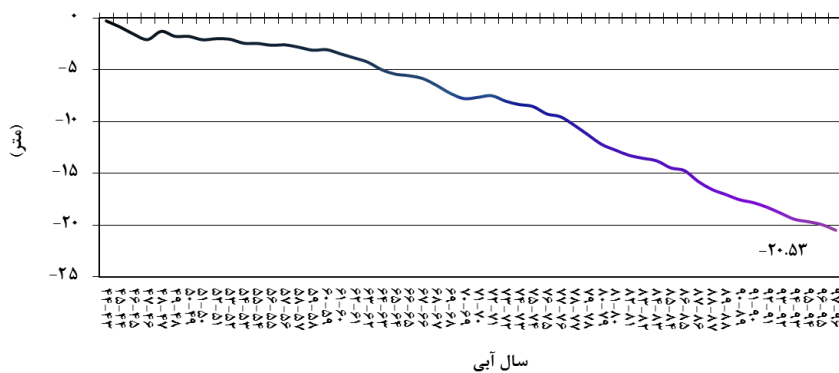
شکل ۱۳- تغییرات تعداد چاه های عمیق و نیمه عمیق (شرکت مدیریت منابع آب کشور)



شکل ۱۴- تغییرات متوسط تخلیه از هر چاه (شرکت مدیریت منابع آب کشور)



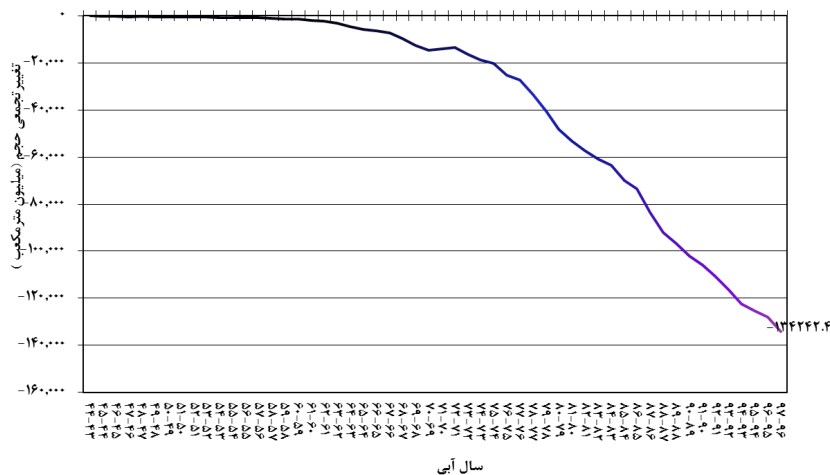
شکل ۱۵- تغییرات تعداد قنات ها و تخلیه از آنها (شرکت مدیریت منابع آب کشور)



شکل ۱۶- تغییرات سالانه سطح آب زیرزمینی (شرکت مدیریت منابع آب کشور)

تغییرات متوسط افت سطح آب زیرزمینی در دوره های مختلف

سائتی متر	آیتم
۱۲	متوسط افت سالانه سطح ایستابی از ۴۳-۴۴ تا ۶۶-۶۷
۴۱	متوسط افت سالانه سطح ایستابی از ۶۶-۶۷ تا ۷۹-۸۰
۵۷	متوسط افت سالانه سطح ایستابی از ۷۹-۸۰ تا ۸۹-۹۰
۵۲	متوسط افت سالانه ایستابی از ۸۹-۹۰ تا ۹۶-۹۵



متوسط کاهش سالانه حجم مخازن در بازه های زمانی مختلف

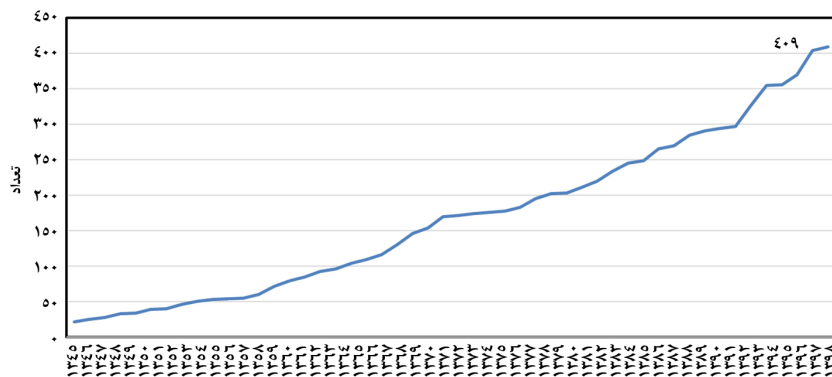
میلیارد متر مکعب	آبیم
۰/۴	متوسط کاهش سالانه حجم مخازن از ۴۴-۴۳ تا ۶۷-۶۶
۳/۲	متوسط کاهش سالانه حجم مخازن از ۶۸-۶۷ تا ۸۰-۷۹
۵/۵	متوسط کاهش سالانه حجم مخازن از ۸۰-۷۹ تا ۸۹-۹۰
۴/۹	متوسط کاهش سالانه حجم مخازن از ۹۰-۸۹ تا ۹۶-۹۵
۲/۶	متوسط کاهش سالانه حجم مخازن از ۴۴-۴۳ تا ۹۶-۹۵

روند افزایش تعداد دشت های ممنوعه کشور با توجه به اطلاعات موجود در کشور در شکل ۱۸ مشاهده می شود. تعداد دشت های ممنوعه کشور در طی سال های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۱ با حدود ۸۰ درصد افزایش، از ۲۲ دشت ممنوعه به ۴۰ دشت ممنوعه رسیده است. افزایش تعداد دشت های ممنوعه در طول دهه ۵۰، در حدود ۵۰ درصد بوده است و بیش ترین درصد افزایش دشت های ممنوعه در دهه ۶۰ رخ داده و با ۱۴۳ درصد افزایش در تعداد آنها، دشت های ممنوعه از ۶۰ دشت در سال ۶۰ به ۱۴۶ دشت در سال ۱۳۷۰ افزایش یافته است. روند افزایش تعداد دشت های ممنوعه کشور در دهه ۷۰ کاهش چشمگیری نسبت به دوره قبل داشته و تنها حدود ۳۸ درصد افزایش در تعداد دشت های ممنوعه کشور رخ داده است. نرخ افزایش تعداد دشت های ممنوعه کشور در طی سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ نیز تا حدودی مشابه دهه قبل بوده و بدین ترتیب، تعداد آنها در سال ۱۳۹۰ به ۲۹۱ دشت ممنوعه رسیده است. پس از این دوره در

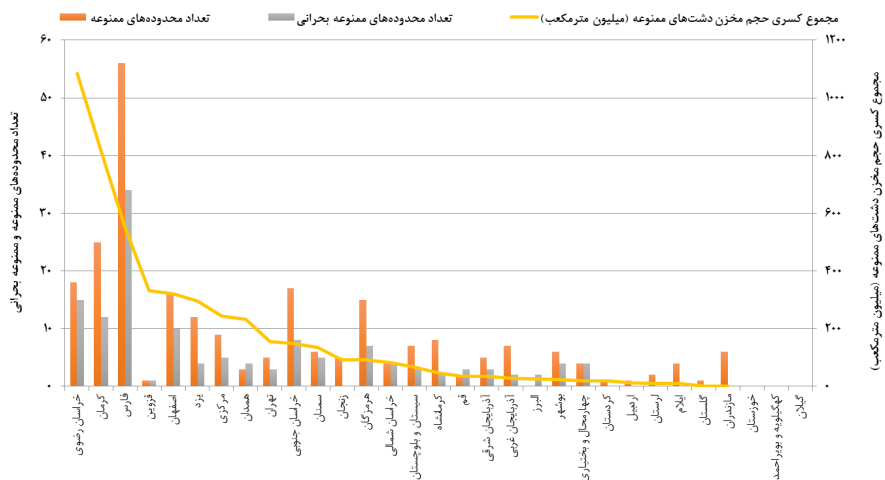
سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۸ نیز رشد قابل توجهی در تعداد دشت‌های ممنوعه کشور مشاهده می‌شود؛ به‌طوری‌که تا سال ۹۸، تعداد آن‌ها ۴۰۹ دشت گزارش گردیده است.

در شکل ۱۹، تعداد محدوده‌های ممنوعه و ممنوعه-بحرانی و مجموع کسری مخزن دشت‌های ممنوعه و ممنوعه-بحرانی به تفکیک استان نمایش داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بیش‌ترین کسری حجم مخزن دشت‌های ممنوعه (میلیون مترمکعب) مربوط به‌ترتیب مربوط به استان‌های خراسان رضوی (۱۰۸۵/۴ میلیون مترمکعب)، کرمان (۸۱۳/۴ میلیون مترمکعب) و فارس (۵۵۱/۳ میلیون مترمکعب)، قزوین (۳۳۳/۲ میلیون مترمکعب)، اصفهان (۳۲۰/۳ میلیون مترمکعب) و یزد (۲۹۶/۳ میلیون مترمکعب) می‌باشد. این ۶ استان در مجموع در حدود ۷۰ درصد کسری حجم مخزن دشت‌های ممنوعه کشور (۴۹۱۵/۷ میلیون مترمکعب) را به خود اختصاص داده‌اند. از سوی دیگر بیش‌ترین تعداد محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه مربوط به استان فارس (۹۰ محدوده مطالعاتی) بوده و کرمان (۳۷ محدوده مطالعاتی) و خراسان رضوی (۳۳ محدوده مطالعاتی) در جایگاه بعدی قرار دارند.

استان‌های اردبیل، گلستان و کردستان دارای کمترین تعداد دشت‌های ممنوعه بوده و استان گلستان نیز با کم‌ترین کسری حجم مخزن به میزان متوسط ۱/۲ میلیون مترمکعب در سال روبرو می‌باشد.

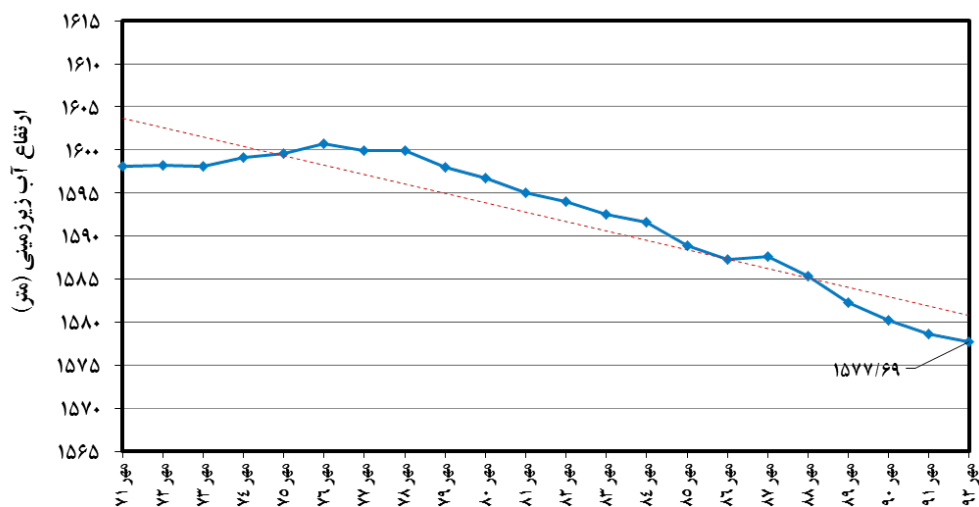


شکل ۱۸- نمودار روند افزایش تعداد محدوده‌های مطالعاتی (دشت بحرانی از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۷)

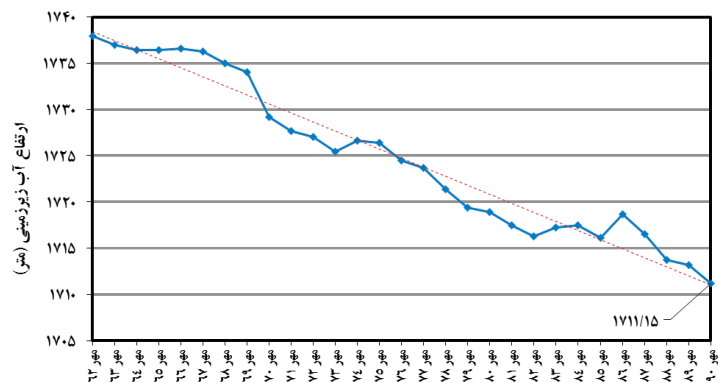


شکل ۱۹- تعداد محدودهای منوعه و منوعه بحرانی و مجموع کسری مخزن دشت‌های منوعه و منوعه بحرانی به تفکیک استان (نشریه دشت‌های منوعه کشور، ۱۳۹۷)

روند تغییرات سطح ایستابی در دو دشت بحرانی ابهر و همدان بهار به عنوان نمونه ارائه شده است (شکل های ۲۰ و ۲۱). افت سطح ایستابی از دهه هفتاد شدت گرفته است. همان گونه که قبلاً اشاره شد، شوری آبهای زیرزمینی یکی دیگر از عوارض افزایش بی رویه برداشت منابع آب های زیرزمینی و کاهش سطح ایستابی است که می تواند منجر به خسارت های زیست محیطی، کاهش محصولات و اثرات اقتصادی و اجتماعی در صورت کاربرد در آبیاری شود (جدول ۲).



شکل ۲۰- تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت ابهر (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران)



شکل ۲۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت همدان بهار (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران)

جدول ۲- افزایش شوری آب زیرزمینی در برخی دشت‌های بحرانی در اثر افزایش برداشت از چاه‌ها

دشت	سال	شوری (میکروموس بر سانتی‌متر)
ابهر (زنجان)	۱۳۵۲	۹۰۰-۱۰۰۰
	۱۳۹۲	۱۲۰۰-۱۵۹۷
داراب (فارس)	۱۳۷۲	۲۰۰۰
	۱۳۹۲	۲۵۰۰
کبودرآهنگ	۱۳۷۹	۱۰۲۸
	۱۳۹۲	۱۴۲۸
سروستان (فارس)	۱۳۷۷	۴۷۷۷
	۱۳۹۱	۷۰۷۷

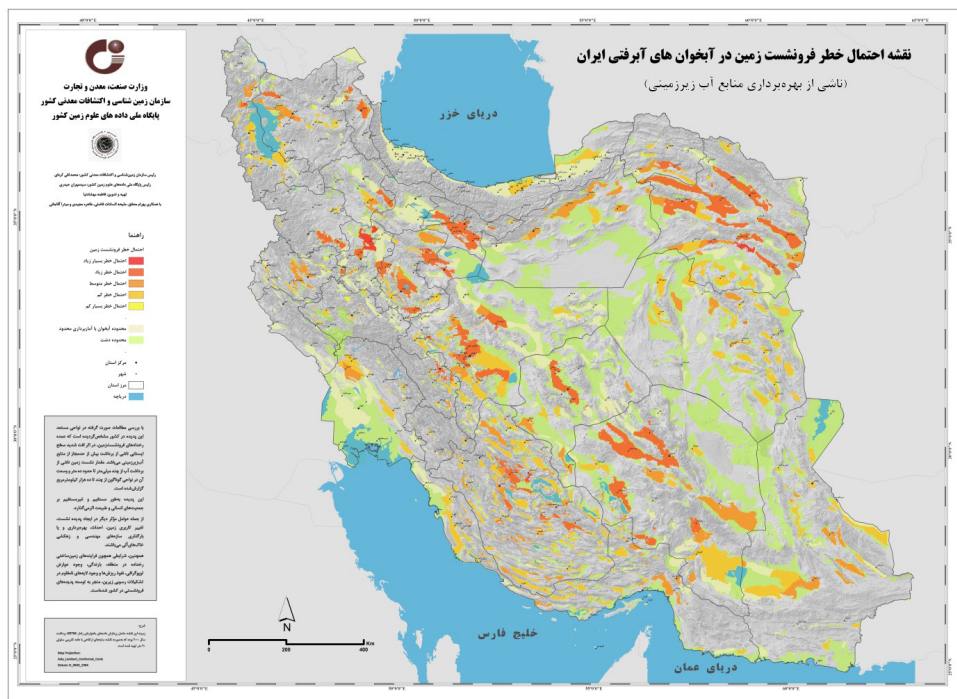
یکی دیگر از مشکلات مربوط به برداشت بی رویه آب های زیرزمینی، مربوط به بروز پدیده فرونشست آبخوان می باشد. پدیده فرونشست زمین در ایران عمدتاً در نواحی آهکی و کارستی و یا در نواحی با برداشت بیش از حد مجاز از آب های زیرزمینی به وقوع می پیوندد (مehشادنیآ، ۱۳۹۵)؛ به عبارت دیگر، یکی از مسائلی که در اثر برداشت بی رویه آب زیرزمینی اتفاق می افتد فرونشست زمین است.

در صورت افت سطح آب زیرزمینی به دلیل زه کش آب لایه رس توسط لایه های با نفوذ، کاهش فشار آب منفذی در لایه رس صورت گرفته که این پدیده باعث عمل تحکیم و فشردگی این لایه ها و نشست زمین می شود. نشست زمین باعث ایجاد شکاف های عمیق در سطح زمین، کج شدن لوله های چاه، خرابی زیربناها و ابنیه ها (جاده ها، ریل، راه آهن، ساختمان، باند فرودگاه و ...) و لوله زایی چاه ها می گردد. لوله زایی به پدیده ای گفته می شود که در آن به دلیل نشست زمین قسمتی از لوله چاه به خارج از سطح زمین رانده می شود.

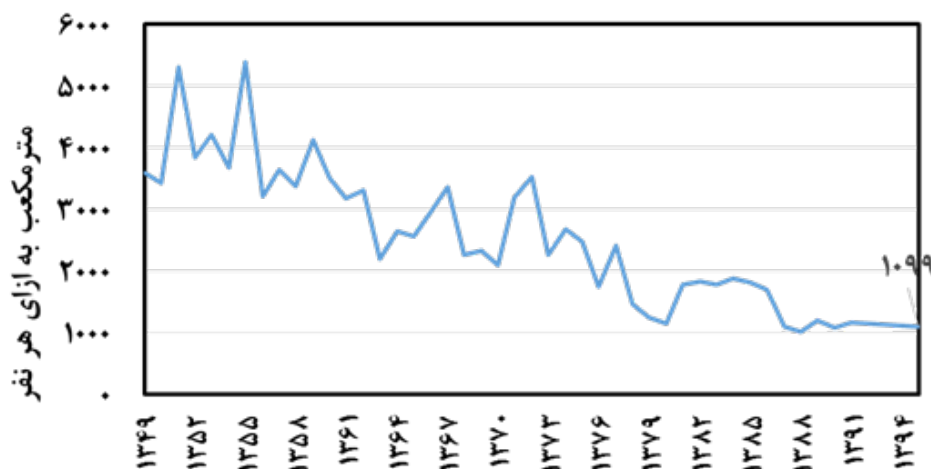
در صورت تداوم افت سطح آب آبخوان ها و با توجه به میزان تأثیر عوامل مؤثر دیگر، نشست سطح زمین به عنوان یکی از مخاطرات اصلی این پیامد حادث می گردد. میزان فرونشست در دشت رفسنجان، زرنده، مشهد و قزوین به میزان ۳۰، ۲۵، ۲۴ و ۲۴ سانتی متر در سال گزارش شده است. نرخ فرونشست زمین در محدوده دشت تهران - شهریار حدود ۱۷ سانتیمتر بر سال بوده که برداشت های جدید این میزان را در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب حدود ۲۴ و ۳۶ سانتیمتر بر سال نشان می دهد. منطقه جنوب و جنوب غربی تهران یکی از مناطق بسیار مهم است که فرونشست در آن گزارش شده است (بیت الهی).

محدوده هایی از کشور که سطح زمین به دلیل برداشت بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی و با توجه به میزان عوامل تأثیرگذار دیگر، در حال حاضر دارای نشست بوده و یا در

آینده در معرض خطر این پدیده قرار خواهد گرفت، جهت تهیه نقشه "مناطق خطر و یا دارای احتمال خطر فرونشست زمین" مدنظر قرار گرفته‌اند. نقشه احتمال خطر فرونشست زمین در آبخوان‌های آبرفتی در شکل ۲۲ نشان داده شده است؛ همان‌طور که در این نقشه مشاهده می‌گردد، احتمال فرونشست در آبخوان‌های استان‌های همدان، خراسان رضوی، کرمان، تهران، اصفهان و اراک بیش‌تر از سایر استان‌ها می‌باشد.



شکل ۲۲- نقشه احتمال خطر فرونشست زمین در دشت‌های آبرفتی ایران (ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی) (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۵)



شکل ۲۳- نمونه‌هایی از فرونشست زمین در کشور

سرانه منابع آب تجدیدپذیر و شاخص برداشت آن

محققین و نهادهای مختلف بین‌المللی، شاخص‌های متفاوتی را برای سنجش وضعیت منابع آبی و ارزیابی کمی آسیب‌پذیری منابع آب در مناطق مختلف دنیا پیشنهاد نموده‌اند. شاخص فاکن مارک در سال ۱۹۸۹ میلادی توسط فالکن مارک (Falkenmark, 1989)، معرفی گردید که بر اساس مقدار سرانه منابع آب تجدیدپذیر سالانه هر کشور تعریف شده است. این شاخص، کمبود آب را به صورت مقدار آب شیرین تجدیدپذیر که برای هر فرد در هر سال موجود است، اندازه‌گیری می‌کند. در گزارش ۲۰۱۲ فائو (Steduto et al., 2012)، مقادیر این شاخص

اصلاح شد که با توجه به آن، مقدار سرانه آب تجدیدپذیر در ایران در شرایط کمبود آب قرار دارد (حدود ۱۰۰۰ مترمکعب برای هر نفر در هر سال) (جدول ۳).

به منظور مقایسه مقدار شاخص برداشت آب نسبت به میزان آب تجدیدپذیر، مقدار این شاخص برای چند کشور دنیا در جدول ۴ ارائه شده است.

روند تغییرات سرانه آب حاکی از کاهش سریع این شاخص در ایران می باشد که به دلیل افزایش سریع جمعیت و کاهش میزان منابع آب تجدیدپذیر است. از اواخر دهه ۷۰، وضعیت ایران در سطح ملی بر اساس این شاخص در شرایط تنش آبی وارد شده است (شکل ۲۳).

از آنجایی که استقرار جمعیت به تناسب ظرفیت منابع آب در کشور استقرار نیافته است و در مکان هایی تراکم جمعیت نسبت به منابع آب تجدیدپذیر منطقه بسیار زیاد است، سرانه آب تجدیدپذیر برای دوره دوم (بین سال های ۷۷-۱۳۷۶ تا ۹۲-۱۳۹۱) برای هر یک از حوضه های درجه دو کشور محاسبه شده است. حوضه های آبریز درجه دو دق پترگان- نمکزار خواف واقع در حوضه آبریز اصلی مرزی شرق کم جمعیت ترین و حوضه آبریز درجه دو دریاچه نمک واقع در فلات مرکزی پرجمعیت ترین حوضه های آبریز درجه دو در کشور می باشند (شکل ۲۴).

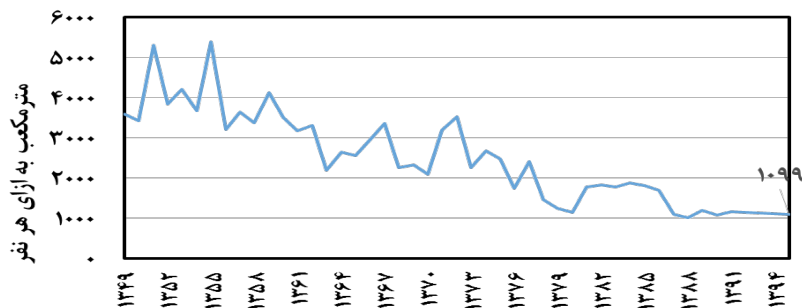
بیش ترین سرانه آب تجدیدپذیر با ۴۲۴۵,۲ مترمکعب در سال برای هر نفر (بدون تنش با توجه به شاخص اصلاح شده فالکن مارک) به زیرحوضه رودخانه جراحی و زهره واقع در حوضه آبریز اصلی خلیج فارس و دریای عمان تعلق دارد و کم ترین سرانه آب تجدیدپذیر نیز مربوط به زیرحوضه قره قوم در حوضه آبریز اصلی قره قوم یا سرانه ۲۵۷ مترمکعب در سال برای هر نفر (کمبود آب مطلق) قرار دارد.

جدول ۳- وضعیت ایران از نظر شاخص فالکن مارک اصلاح شده و شاخص سازمان ملل

تعریف	شاخص فالکن مارک اصلاح شده	شاخص برداشت کمیسیون توسعه ملل متحد
	میزان سرانه منابع آب (مترمکعب در سال برای هر نفر)	میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر (درصد)
بدون تنش	بیشتر از ۱۷۰۰	۲۰-۰
تنش آبی	بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰	۶۰-۲۰
کمبود آب	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۷۵-۶۰
کمبود آب مطلق	کمتر از ۵۰۰	۷۵>
وضعیت ایران	حدود ۱۰۰۰	بر طبق آخرین بیلان منابع آب ۸۶ درصد

جدول ۴- وضعیت شاخص برداشت کمیسیون توسعه ملل متحد برای چند کشور منتخب (AQUASTAT)

کشور	میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر (درصد)
چین	۲۱
هند	۳۳,۸
آفریقای جنوبی	۲۷
ترکیه	۲۳,۹
پاکستان	۷۶
عراق	۴۸
استرالیا	۳



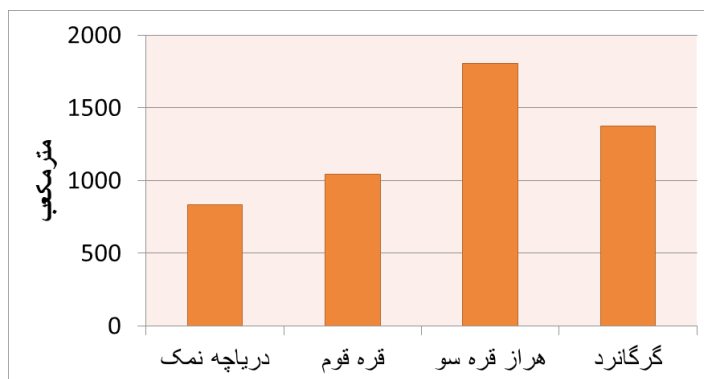
شکل ۲۳- تغییرات میزان سرانه آب تجدیدپذیر از سال ۱۳۴۹ تا ۱۳۹۵ (شرکت مدیریت منابع آب کشور)



شکل ۲۴-۲- سرانه منابع آب تجدیدپذیر در زیرحوضه‌های درجه دو ایران در دوره دوم (مترمکعب برای هر نفر در سال)

شکل ۲۴- سرانه منابع آب تجدیدپذیر در زیرحوضه‌های درجه دو ایران در دوره دوم (مترمکعب برای هر نفر در سال)،

دوره دوم: بین سال های ۷۷-۱۳۷۶ تا ۹۲-۱۳۹۱ (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران) بر اساس داده های بهنگام سازی طرح جامع آب کشور (که سال پایه آن ۸۶-۸۵ می باشد) مقادیر سرانه آب تجدیدپذیر برای چندین حوضه کشور و استان های در برگیرنده آنها ارائه شده است. در این شکل، نامتناسب بودن جمعیت نسبت به مقادیر آب تجدیدپذیر در برخی حوضه های درجه دو کشور مشهود است، قطعاً در شرایط فعلی سرانه آب از این مقادیر کم تر است (شکل ۲۵).



حوضه	استان های مهم	مقدار سرانه (مترمکعب به ازای هر نفر)	شاخص
دریاچه نمک	تهران البرز - قزوین - مرکزی - قم	۸۳۶	کمبود آب
قره قوم	خراسان رضوی - شهر مشهد	۱۰۴۶	تنش آبی و ورود به کمبود
گرگانرود	استان گلستان	۱۳۷۲	تنش آبی
هزار قره سو	مازندران	۱۸۰۵	کافی

شکل ۲۵- وضعیت سرانه آب در چند حوضه آبریز کشور (سرانه ها براساس داده های بهنگام سازی طرح جامع آب کشور که سال پایه آن ۸۶-۸۵ می باشد و قطعاً در شرایط فعلی از این مقادیر کم تر است)

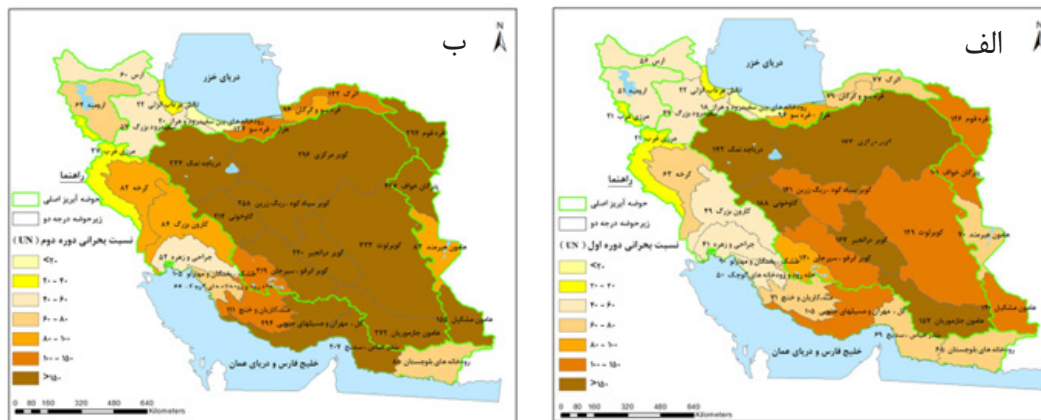
با توجه به مفهوم کمیابی آب، نسبت برداشت آب به آب در دسترس، معیار دیگری برای سنجش تنش آبی است. با تجاوز برداشت‌ها از یک آستانه مشخص که از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است، سطح دریاچه‌ها و رودخانه‌ها تا حدی پایین می‌آید که اکوسیستم منطقه دچار آسیب جدی می‌شود. این شاخص در بسیاری موارد با شاخص نسبت بحرانی مشابه در نظر گرفته می‌شوند.

بر مبنای اهداف توسعه هزاره سازمان ملل متحد^۱، مقادیر کم‌تر از ۲۵٪، بین ۲۵ و ۶۰٪، بین ۶۰ تا ۷۵٪ و فراتر از ۷۵٪ به ترتیب نشان‌گر وضعیت وجود منابع آب فراوان و کافی، تنش آبی، کمبود آب و کمبود شدید آب می‌باشد (UN 2015).

بر مبنای پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر برای دوره‌ی اول (۴۶-۴۵ تا ۷۷-۷۶)، ۱۲ حوضه آبریز کشور (که غالباً دارای اقلیم خشک و فراخشک می‌باشند) مصرفی بیش از کل منابع آب تجدیدپذیر حوضه دارند، همچنین صرفاً در سه حوضه‌ی رودخانه‌های مرزی غرب، رودخانه‌های تالش-مرداب انزلی و رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز، نسبت مصرف-به-منبع از مقدار ۲۵٪ کم‌تر است که نشان‌گر فراهمی کافی آب در این حوضه‌ها است (شکل ۲۶-الف). با تغییر وضعیت منابع آبی از دوره‌ی اول به دوم (۷۷-۷۶ تا ۹۲-۹۱)، شاخص مصرف-به-منبع حوضه‌های رودخانه‌های بلوچستان جنوبی بین سدیج و مرز پاکستان، هامون هیرمند، رودخانه‌های بین بندرعباس و سدیج، رودخانه مند و حوضه‌های بسته هرم، کاریان و خنج، و رودخانه کرخه از وضعیت کمبود آب به کمبود شدید آب تغییر کرد. حوضه‌های رودخانه حله و مسیل‌های کوچک دوطرف آن، دریاچه ارومیه، و کارون بزرگ از وضعیت تنش آبی به کمبود آب یا کمبود

شدید آب تغییر وضعیت داده اند. همچنین نسبت مصرف به منبع حوضه رودخانه های مرزی غرب از مرز ۲۵٪ عبور کرده و حوضه تحت تنش آبی قرار گرفته است. بنابراین بطور کلی می توان نتیجه گرفت که منابع آب کشور در بسیاری از حوضه های آبریز کشور تحت تأثیر عوامل منفی از قبیل تغییرات اقلیمی و افزایش برداشت ها قرار گرفته است (شکل ۲۶-ب).

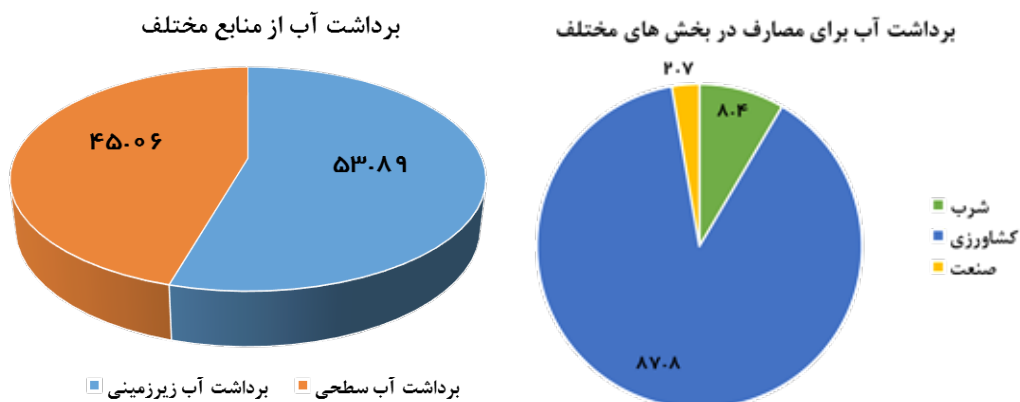
همان گونه که ملاحظه می شود، نسبت بحرانی در دوره دوم تنها در سه زیر حوضه درجه دو از آستانه ۰/۴ کم تر است و بیش از ۵۰ درصد حوضه های آبریز در تنش آبی شدید با مقدار شاخص بالای ۱۰۰ درصد می باشند. در این حوضه ها از کل مقدار پتانسیل تجدید پذیر نیز تجاوز نموده و در واقع از حجم استاتیک آبخوان ها استفاده شده است که این امر تبعات زیادی از جمله نشست زمین و از بین رفتن آبخوان ها را دارد.



شکل ۲۶- شاخص درصد برداشت از منابع تجدیدپذیر در حوضه های آبریز درجه ۲ در دو دوره: ۴۶-۴۵ تا ۷۷-۷۶ (دوره اول) و ۷۷-۷۶ تا ۹۲-۹۱ (دوره دوم)

آب قابل برنامه ریزی در مقایسه با منابع و مصارف آب (وزارت نیرو)

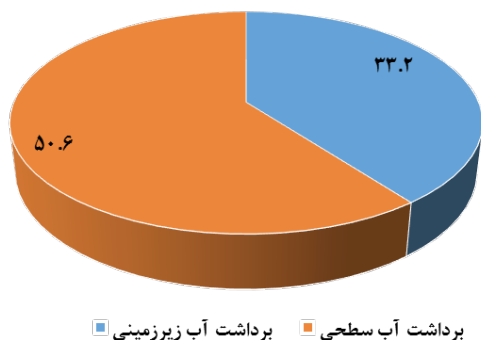
در سال ۱۳۹۴، شورای عالی آب مقادیر آب قابل برنامه ریزی منابع آب سطحی و زیرزمینی حوضه‌های آبریز کشور را ارائه داده است و لازم است فعالیت‌های کلیه بخش‌ها به گونه‌ای مدیریت شود که مقادیر مصرف موجود تا حجم آب قابل برنامه‌ریزی کاهش یابد. لازم به ذکر است که آب قابل برنامه ریزی برابر با مجموع حجم برداشت‌های مستقیم، و آب‌های تنظیمی فعلی و آتی است.



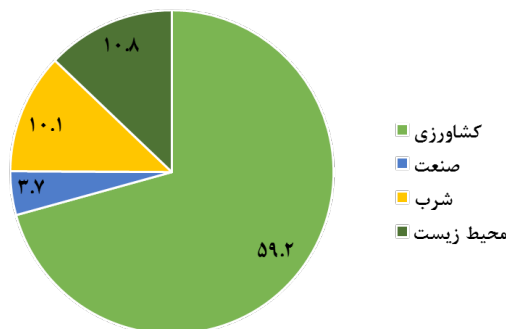
منابع و مصارف ۸۹-۹۰

شکل ۲۷- مقایسه منابع و مصارف فعلی (بیلان ۱۳۹۰) با آب قابل برنامه ریزی بر حسب میلیون متر مکعب (وزارت نیرو)

برداشت آب از منابع مختلف



برداشت آب در بخش های مختلف



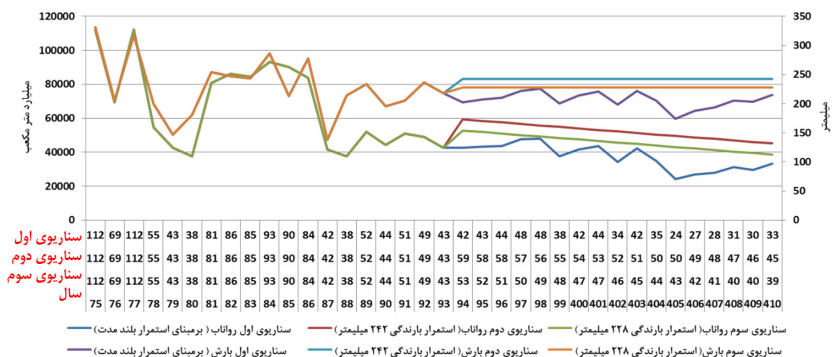
ادامه شکل ۲۷- مقایسه منابع و مصارف فعلی (بیلان ۱۳۹۰) با آب قابل برنامه ریزی بر حسب میلیون متر مکعب (وزارت نیرو)

سناریوهای بارش و منابع آب تجدیدپذیر

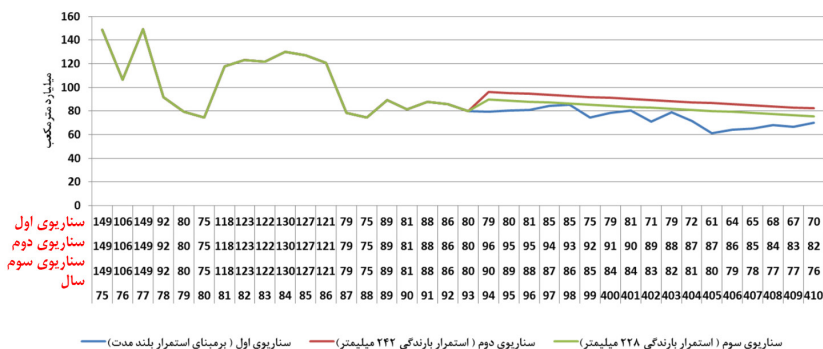
مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران در سال ۱۳۹۳ اقدام به سناریوسازی میزان بارش، رواناب، میران آب تجدیدپذیر و در نهایت سرانه آب تا افق ۱۴۱۰ کرده است تا بدینوسیله تصویری از شرایط آینده را ارائه دهد.

میزان رواناب بر اساس استمرار بارش ۲۲۸ میلی متر (میزان بارش در سال سناریوسازی)، استمرار بارش بلندمدت (۲۴۲ میلی متر) شبیه سازی شد و سپس میزان منابع آب تجدیدپذیر با توجه به این سناریوها تعیین شد (شکل ۲۸). بر این اساس و با توجه به سناریوهای جمعیت بهنگام سازی طرح جامع آب کشور، سرانه آب تجدیدپذیر در بهترین حالت به ۹۰۰ مترمکعب و در بدترین حالت به ۷۰۰ مترمکعب در سال می رسد که در شرایط کمبود آبی است. با توجه

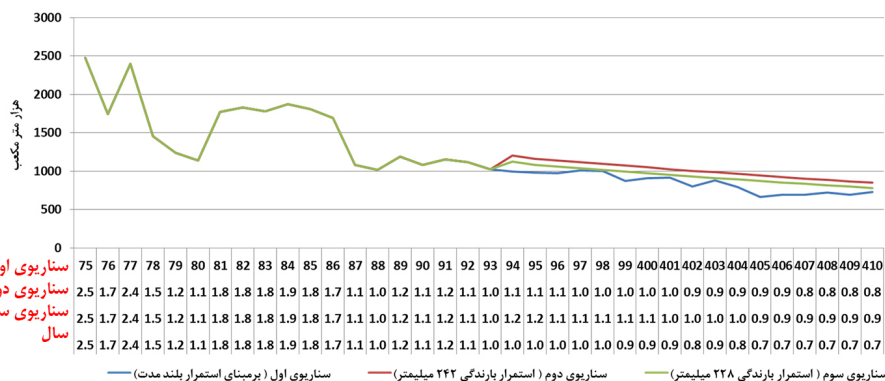
به این سناریوها، بکارگیری راهکارهای متناسب با شرایط کمبود آب در کشور باید مورد توجه قرار گیرد (شکل ۲۹ و ۳۰).



شکل ۲۸- سناریوهای بارش-رواناب تا افق ۱۴۱۰



شکل ۲۹- سناریوهای منابع آب تجدیدپذیر تا افق ۱۴۱۰



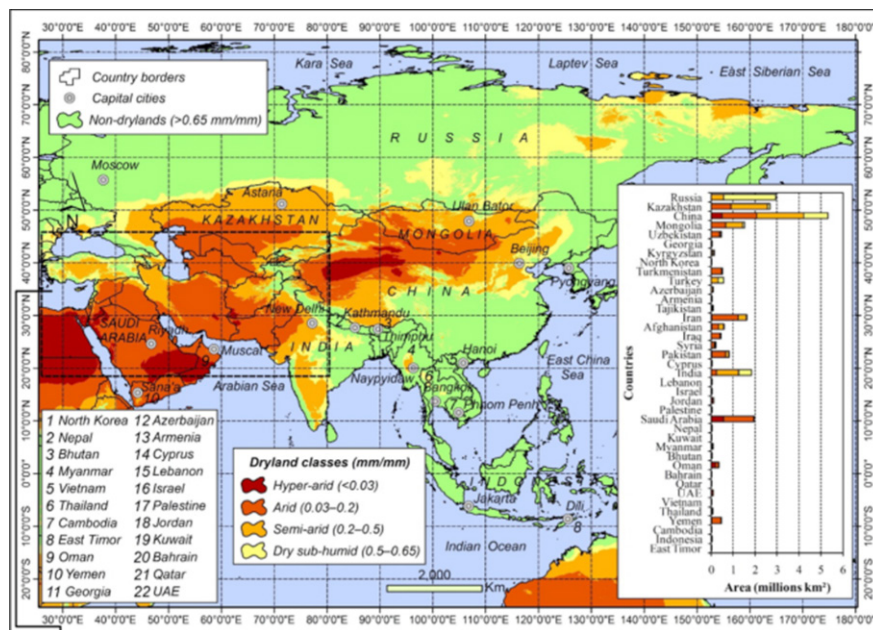
شکل ۳۰- سناریوهای سرانه آب تجدیدپذیر تا افق ۱۴۱۰

عوامل مؤثر در بحران آب (چالش‌ها و تهدیدها)

پایین افتادن سطح آب زیرزمینی، نشست زمین، نزول کیفیت منابع آب، تخصیص نامناسب آب و در نتیجه کاهش حبابه‌های زیست محیطی و خشکی تالاب‌ها، بیابان‌زایی، فرسایش خاک، طوفان‌های شنی و ریزگردها، بروز تعارضات اجتماعی و منازعات آبی شرایطی است که کشور در بخش آب، کشاورزی و محیط زیست با آن روبروست (Madani et al., 2016). شرایط فعلی در ایران ناشی از مجموعه‌ای از عوامل متعددی است که در ادامه ارائه شده است:

◀ عوامل ذاتی: ایران در عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۴۰ درجه در نیمه شرقی کره شمالی زمین و بر روی کمربند خشکی (Aridity Belt) واقع شده است. مناطق خشک سرزمین‌هایی با میزان رطوبت ناچیز در خاک، بارش کم و با توزیع نامناسب (از نظر زمانی و مکانی) و تبخیر و تعرق زیاد هستند. این مناطق ۴۱ درصد سطح زمین را اشغال کرده و بیش از یک سوم جمعیت زمین (حدود ۹۰ درصد کشورهای در

حال توسعه (Safriel et al., 2005) را در خود جای داده است (Mortimore et al., 2009). خشکسالی در کمربند خشکی با شدت بیش تر - مدت طولانی تر و فراوانی بیش تر بوقوع می پیوندد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- وضعیت طبقه بندی خشکی در ایران (Pravalie, 2016) (P/PET)

افزایش جمعیت: بیش از دو برابر شدن جمعیت از حدود ۳۰,۵ میلیون نفر در سال ۱۳۵۰ به حدود ۸۰ میلیون نفر در آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵ رسیده است. بر اساس پیش بینی جمعیت در مرکز آمار ایران، جمعیت سال ۱۳۹۹، حدود ۸۴ میلیون نفر گزارش شده است (درگاه ملی آمار). این افزایش منجر به کاهش آب قابل دسترس به ازای هر نفر شده است.

- ◀ توزیع نامناسب استقرار جمعیت: این مسئله چالش بزرگتری نسبت به افزایش جمعیت است. توزیع و تمرکز نامناسب جمعیت بویژه در شهرها و بخصوص در کلان شهرها با ظرفیت پایین منابع آب تجدیدپذیر توأم با توسعه صنایع در کنار آنها، موجب عدم تناسب بین عرضه و تقاضای آب و ایجاد بحران در مدیریت و تأمین منابع آب شهری شده است.
- ◀ تهیه برنامه های توسعه بدون توجه به ظرفیت اکولوژیکی، پایداری و اثرات آن بر محیط زیست
- ◀ عدم توجه به آمایش سرزمین و توسعه نامناسب صنایع در کشور
- ◀ حکمرانی نامناسب آب کشور با توجه به اصول: اثربخشی (شفاف بودن تصمیمات، نقش ها و وظایف، ظرفیت، انسجام و همسویی سیاست ها، سطوح و مقیاس)، اعتماد و مشارکت (پایش و ارزیابی، تعادل و مساوات، مشارکت و شفافیت)، کارایی (خلاقیت، مقررات، داده و اطلاعات و سرمایه گذاری) و عدم توجه به مدیریت بهم پیوسته منابع آب بر اساس حوضه آبریز
- ◀ عدم توجه به پایش قابل اطمینان منابع آب
- ◀ وجود اختلاف نظر بین بخش های مختلف مرتبط با آب و عدم تلاش برای حل آن از طریق بررسی و انجام مطالعات مانند: اختلاف نظر موجود بین سازمان جنگل ها و مراتع و وزارت نیرو بر سر جنگل کاری و آبخیزداری؛ اختلاف نظر بین وزارت کشاورزی و وزارت نیرو بر سر توسعه باغات در اراضی شیبدار؛ اختلاف نظر بین وزارت کشاورزی و وزارت نیرو بر سر توسعه سیستم های نوین آبیاری و اثربخشی آنها در صرفه جویی آب
- ◀ عدم توجه به آب به عنوان نهاده بین بخشی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی
- ◀ توجه به توسعه آب با نگاه سازه ای و فیزیکی
- ◀ عدم توجه به ارتقای آگاهی عمومی در مصرف بهینه آب

- ◀ عدم اعتقاد به استفاده از تکنولوژی و علوم پیشرفته و مناسب در سطح بین المللی و خودبسندگی
بینی مسئولان
- ◀ قیمت ناچیز آب بخصوص در آب شهری: این مسأله سبب عدم ایجاد انگیزه های کاهش مصرف
آب شده است.
- ◀ فرسودگی سیستم های توزیع آب شرب و بالابودن میزان آب بدون درآمد در کشور
- ◀ عدم نگاه جامع و یکپارچه مدیریتی به سیستم آب، خاک، گیاه و اقلیم
- ◀ عدم توجه به خاک بعنوان منبع طبیعی، سرمایه ملی و بستر حیات و تمرکز بر حداکثر بهره برداری
از اراضی بدون توجه به ظرفیت های خاکی
- ◀ عدم انطباق کشت های موجود با ظرفیت منابع آب در مناطق
- ◀ پایین بودن بهره وری فیزیکی و اقتصادی آب در کلیه بخش های مصرف
- ◀ چالش های موجود در آب های مرزی (ناپایداری آب های مرزی شرق کشور، نگرانی از عدم
استمرار کافی رودخانه مرزی شمال غرب، ناخشنودی و اعتراض های دولت عراق از اقدامات کشور
در مهار آب های مرزی، احداث سد های بی شمار توسط ترکیه و ...)
- ◀ تغییر اقلیم و وقایع حدی و عدم وجود برنامه ملی سازگاری با این وقایع
- ◀ انباشت رویدادهای حل نشده طی ۵ دهه و بروز حوادث ناگوار جدید
- ◀ عدم هوشیاری زیست محیطی
- ◀ استقرار نگرش دولتی به مدیریت آب و تکیه بر منابع دولت
- ◀ عدم استفاده از فرصت های طلایی دوران توانمندی مالی کشور در جهت نگهداری و احیای منابع آب

پتانسیل ها و فرصت ها

در شرایط تشریح شده و به منظور مقابله با چالش های مذکور، باید فرصت ها و پتانسیل های موجود را شناسایی کرده و بمنظور رفع چالش ها و تهدیدهای موجود آنها را بکار گرفت. برخی از این پتانسیل ها شامل موارد زیر می باشد:

- ◀ تنوع اکولوژیکی و اقلیمی در کشور
- ◀ وجود منابع فراوان آب های شور، فراشور و نامتعارف، زهاب های کشاورزی و آب های نواحی ساحلی
- ◀ تنوع و کثرت گونه های گیاهی و زیستی و وجود منابع عظیم ژنتیکی
- ◀ بکارگیری علوم و فن آوری های رو به رشد در سطح جهان و ایران و تجارب موفق بین المللی
- ◀ استفاده از آب سبز
- ◀ ظرفیت افزایش بهره وری

تجربیات موفق جهانی

بررسی تجارب جهانی به منظور شناسایی الگوهای موفق آزموده شده و سپس به کارگیری تجارب موفق و بومی سازی آنها می تواند گام مهمی در مقابله با چالش های موجود و رفع سریع آنها باشد. به همین منظور، بر اساس نتایج مطالعات مرکز ملی مطالعات کشاورزی و آب اتاق ایران درباره سیاست های آب و کشاورزی در بیش از ۱۰ کشور بطور خلاصه به تجارب موفق ۳ کشور اشاره شده است.

۱-۱۰- مصر

- ◀ افزایش بهره‌وری و کارایی تولید در بخش کشاورزی از طریق توسعه عمودی یا افزایش راندمان در واحد سطح از طریق اقداماتی شامل: استفاده از بذور اصلاح شده، بهبود ارقام اصلاح شده و پربازده، نصب و راه‌اندازی زهکش مزرعه، تسطیح اراضی، آبیاری شبانه، مدیریت کود، لایروبی کانال‌ها، کنترل علف‌های هرز، استفاده از تکنیک‌های پس از برداشت، افزایش مشارکت کشاورزان در مدیریت سیستم‌های آبیاری، استفاده از ارقام زودرس و تغییر الگوی کشت و انتخاب محصولات سازگار
- ◀ کاهش سطح زیر کشت برنج، تصویب قانون ممنوعیت کشت برنج در مناطق مشخص شده و وضع قوانین سنگین در صورت تخلف و جایگزینی نیشکر با چغندر قند
- ◀ مدرن‌سازی سیستم‌های آبیاری و در عین حال، عدم تغییر سیستم آبیاری سنتی در اراضی قدیم دره و دلتای نیل به دلیل امکان استفاده از آب برگشتی در سیستم
- ◀ اصلاح سیستم‌های به زراعی و کشت روی پشته‌های ثابت (در راستای کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد)
- ◀ کاهش دادن خلأ عملکرد محصولات
- ◀ استفاده مجدد از پساب در کشاورزی و صنعت
- ◀ توسعه منابع آب مبتنی بر رویکرد مدیریت بهم پیوسته آب
- ◀ تلاش در تمرکززدایی به منظور کاهش فشار مالی بر دولت
- ◀ تهیه نقشه ارزش اقتصادی آب در سطح استان‌های کشور که بیانگر هزینه، درآمد، نیازهای آبی،

بازدهی خالص و ارزش اقتصادی آب برای هر یک از محصولات در استان های مصر است.

۲-۱۰- کشور مکزیک

- ◀ به کارگیری سیاست تأمین نیازهای جمعیتی و توسعه فعالیت های اقتصادی سازگار با محیط زیست در هر منطقه از کشور
- ◀ بهبود مدیریت پایدار آب
- ◀ افزایش ظرفیت های فنی، علمی و تکنولوژیکی آب
- ◀ به روزرسانی مصارف آب سطحی و زیرزمینی
- ◀ بهبود تشکیلات و عملکرد شوراهای حوضه آبریز رودخانه ها و مؤسسات وابسته در جهت انطباق آنها با نیازهای بخش
- ◀ مشارکت سازمان های غیردولتی و دانشگاهی در حفظ آب
- ◀ افزایش نظارت، بازرسی و استعمال دستورات در خصوص بهره برداری و تخلیه ها
- ◀ بهبود و توسعه منابع جایگزین آب مانند آب نمک زدایی شده و آب باران
- ◀ شناسایی پیشرفت های تکنولوژی در عرصه بین الملل و پیاده سازی آن برای مکزیک
- ◀ بهبود و نوآوری در سیستم های اطلاعات ملی و منطقه ای آب
- ◀ بهبود بهره وری آب در کشاورزی از طریق: توسعه فنی آبیاری در بخش ها، ارتقای سیستم های کنترل و توزیع آب، حمایت از کشاورزی دیم، اندازه گیری عرضه و مصرف آب، آموزش کاربران

۳-۱۰- هند

- ◀ افزایش بهره‌وری آب: حمایت از شیوه‌های آبیاری میکرو (قطره‌ای و بارانی)، تأمین یارانه‌های هدفمند برای سیستم‌های آبیاری میکرو، بهبود کیفیت عرضه آب آبیاری، بهبود عرضه برق در کشاورزی برای مناطقی که با آب زیرزمینی آبیاری می‌شوند، بهبود ساختار برق در مناطق روستایی شرق هند
- ◀ مصرف مجدد آب بر اساس استاندارد، نمک زدایی آب، در نظر گرفتن یارانه و مشوق جهت حذف آلاینده‌های صنعتی و مصرف مجدد آب
- ◀ انتقال آب از مناطق با مازاد آب به مناطق کم آب، اطمینان از رضایت عمومی در خصوص طرح‌های اتصال رودخانه‌ها در استان‌های مختلف، حداقل کردن اثرات معکوس طرح‌های انتقال آب بر محیط زیست
- ◀ مدیریت خشکسالی: تأکید بر آمادگی در مقابل وقوع خشکسالی، حمایت از استقرار سیستم هوشمند اطلاعات هواشناسی، حمایت از برنامه‌هایی مانند تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، بیمه خشکسالی

◀ راهکارهای رسیدن به وضعیت مطلوب

با توجه به بین بخشی بودن آب و همچنین متغیر بودن پارامترهای مؤثر در میزان آن، رفع چالش‌های مربوط به بحران آب پیچیده بوده و نمی‌توان پیش‌بینی کرد که برای دستیابی به وضعیت مطلوب چه مدت زمان و وقت لازم است. آنچه مشخص است اینست که ظرفیت آبی کشور کاهش یافته و این کاهش استمرار دارد، تعادل بین تقاضا و عرضه وجود ندارد و آبخوان‌ها

در معرض تهدید جدی قرار دارند. لذا، لازم است مجموعه‌ای از راهکارها در مقیاس‌های کلان و ملی، منطقه‌ای و محلی در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در نظر گرفته شود. به منظور رفع چالش‌های موجود، عزم و اراده ملی، هماهنگی بین ارگان‌ها و دستگاه‌ها و بکارگیری ابزارها و تجهیزات مناسب نیاز است. در ادامه به برخی راهکارهای مورد نظر اشاره شده است.

الف- اصلاح حکمرانی آب:

مهم‌ترین علت بحران‌های آبی جهان «بحران حکمرانی آب» شناخته شده است و به همین دلیل است که «حکمرانی خوب آب» پیش‌نیاز بهبود مدیریت آب در جهان شناخته شده است (Water Governance Center, 2013).

حکمرانی مجموعه‌ای از اقدام‌های فردی و نهادی، عمومی و خصوصی برای برنامه‌ریزی و اداره مشترک امور است و فرایند مستمری از ایجاد تفاهم میان منافع متفاوت و متضاد است که در قالب اقدام‌های مشترکی و سازگار حرکت می‌کند و شامل نهادهای رسمی و امور نظام‌مند غیررسمی و سرمایه اجتماعی شهروندان است (UN-HABITAT, 2002). باید در نظر داشت که حکمرانی به معنی حکومت نیست، بلکه بیش‌تر بر فرآیند تأکید دارد و مشخص می‌سازد که تصمیم‌ها با توجه به روابط پیچیده بین تعدادی از بازیگران با اولویت‌ها و سلیقه‌های متفاوت، گرفته می‌شود.

به منظور بررسی اهمیت حکمرانی آب، باید به سه لایه اصلی آن توجه شود (شکل ۳۲):



شکل ۳۲- مدل سه لایه ای حکمرانی آب و سؤالات متناسب با آن (Water Governance Center, 2013)

از آنجایی که تاکنون تعریف واحدی برای حکمرانی آب ارائه نشده، فاکتورهای حکمرانی نیز در منابع یکسان ارائه نشده است (Grover 2006; Lautze et al. 2011; Pahl-Woßtl 2017). سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (Akhmouch and Correia 2016; Akhmouch and Clavreul 2016; OECD 2015) اصول دوازده گانه اجزا و اصول حکمرانی را به صورت زیر ارائه داده است:

۱. اثربخشی: ظرفیت، انسجام سیاست، سطوح و مقیاس، نقش ها و وظایف روشن
 ۲. کارایی: داده ها و اطلاعات، سرمایه گذاری، قانون گذاری و خلاقیت
 ۳. اعتماد و مشارکت: شفافیت، مشارکت ذی نفعان، تعادل و مساوات و پایش و ارزیابی
- راهکارهای کلی اصلاح حکمرانی آب با توجه به اصول حکمرانی خوب عبارتند از:

- ◀ بکارگیری رویکرد مدیریت حوضه‌ای که از اصول اصلی مدیریت بهم پیوسته منابع آب است
- ◀ توجه به آب بعنوان یک عامل فرابخشی با ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و سیاسی
- ◀ شناسایی ذی نفعان و بازیگران آب در حوضه‌های آبریز و مشارکت آنها در تصمیم‌گیری‌ها و مدیریت منابع آب
- ◀ پرهیز از تمرکزگرایی و توازن بین مسئولیت‌ها و نقش دولت، ذی نفعان و بخش خصوصی
- ◀ فعال کردن دیپلماسی آب کشور
- ◀ تدقیق و شفاف‌سازی آمار حجم منابع آب کشور و تعیین میزان مصارف فعلی و پیش‌بینی آن برای افق‌های آینده، حد مجاز برداشت و استحصال آب از منابع یاد شده
- ◀ ایجاد سامانه مدیریت تخصیص بهینه و حسابداری ملی آب
- ◀ تسهیل در واگذاری وظایف دولت به بخش خصوصی (نظیر قانون چگونگی اجرای سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی) و ضرورت همراه‌شدن این قانون با قوانین جدید
- ◀ تحویل حجمی آب به مصرف‌کنندگان
- ◀ دیگر راهکارهای مواجهه با بحران آب در راستای تأمین امنیت آب و امنیت غذایی عبارت است از:
- ◀ تکیه بر ارتقا شاخص بهره‌وری آب در کلیه بخش‌های کشاورزی، صنعت و شهری
- ◀ عدم توسعه اراضی کشاورزی آبی (در سطح ملی و منطقه‌ای)
- ◀ حمایت از تولید محصولات کشاورزی در مناطق مختلف بر اساس مزیت در بهره‌وری آب و محدود کردن کشت محصولات در مناطقی که با تکنولوژی‌های موجود از حداقل بهره‌وری مورد انتظار برخوردار نیستند (برنج) (اصلاح الگوی کشت)
- ◀ کاهش ضایعات کشاورزی از تولید تا مصرف نهایی



- ◀ حمایت از توسعه کشت محصولات براساس حداکثر بهره‌مندی از آب سبز
- ◀ حفاظت از کیفیت آب
- ◀ شیرین کردن آب‌های شور با ملاحظات زیست‌محیطی
- ◀ بهره‌برداری اقتصادی از منابع آب شور و لب شور در کشور با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی: کشت کینوا، آبی‌پروری، پرورش ماهی در قفس، تولید جلبک و ...
- ◀ باز چرخانی آب در صنعت، شرب و خدمات
- ◀ جدا کردن آب بهداشتی و شرب در شهرها
- ◀ آگاهی‌رسانی عمومی و تشکیل کمپین‌های صرفه‌جویی از منابع آب
- ◀ اصلاح الگوی تغذیه در راستای مصرف آب کم‌تر
- ◀ توجه به تغییر اقلیم و بکارگیری راهکارهای کاهش و سازگاری
- ◀ تجارت آب مجازی: حمایت از واردات محصولات کشاورزی با مصرف آب مجازی بالا، حمایت از تولید و صادرات محصولات کشاورزی براساس مزیت نسبی مصرف آب مجازی و توجه به آب مجازی در تفاهم و تعاملات منطقه‌ای و بین‌المللی بمنظور تقویت امنیت غذایی و کمک به بنیه آبی کشور (حمایت از کشت فراسرزمینی)

یکی از ارکان مهم تولید محصولات کشاورزی و تقویت امنیت غذایی، تأمین به‌هنگام نهاده‌های مورد نیاز و استفاده بهینه از آنها می‌باشد. تجارب جهانی و نیز داخلی نشان می‌دهند که افزایش بهره‌وری از امکان‌پذیرترین، سریع‌ترین و اقتصادی‌ترین راه‌حلی است که با استقبال ذینفعان نیز رو به رو می‌شود و می‌تواند ضمن رونق بخشیدن به تولید، ایجاد درآمد، کاهش هزینه ترمیم منابع آب، خسارت وارد شده را زودتر ترمیم و احیا نماید. بر اساس

جدیدترین تحقیقات دانشگاه MIT^۲، اگر جهان بهره‌وری کشاورزی خود را بهبود ندهد، میزان مصرف آب را کاهش ندهد و از پساب‌ها مجدداً استفاده نکند، کمبود آب در آینده تنشی دائمی خواهد بود.

بطور خلاصه بهره‌وری آب نیز مشابه سایر شاخص‌های بهره‌وری از نسبت ستانده به داده به دست می‌آید که رایج‌ترین شاخص مورد تعامل جهانی، میزان تولید قابل تبادل به ازای واحد آب مصرفی است و به عنوان یک شاخص ارزیابی بیانگر میزان تولید (محصول، ارزش و...) به ازای واحد آب استفاده شده است. برخی از راهکارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی عبارتند از:

- ◀ معرفی گیاهان با طول دوره رشد کم‌تر
- ◀ جابجایی فصل کشت از فصول گرم به فصول با درجه حرارت کم‌تر و استفاده از آب باران (چغندر قند پاییزه)
- ◀ توسعه ارقام مقاوم به خشکی
- ◀ استفاده از روش‌هایی که دوره کشت گیاه در فضای باز را کم‌تر می‌کند (کشت نشایی)
- ◀ توسعه کشت گلخانه‌ای
- ◀ اعمال روش‌های به‌زراعی که موجب حفظ بیش‌تر رطوبت در خاک و کاهش تبخیر می‌شود (مانند: استفاده از مالچ، کشاورزی حفاظتی، افزایش مواد آلی خاک‌ها و رعایت تناوب مناسب کشت)
- ◀ اعمال کشاورزی دقیق (Precision Agriculture) و سیستم آبیاری هوشمند
- ◀ تسطیح لیزری اراضی

2- Source: <https://www.sciencealert.com/17-countries-are-facing-extreme-water-stress-and-they-hold-a-quarter-of-the-world-s-population>

◀ یکپارچه سازی اراضی و منابع آب

◀ نظام بهره برداری

◀ برقراری مشوق های بهره وری

بکارگیری مجموعه راهکارهای ارائه شده می تواند سبب بهبود امنیت آبی و به دنبال آن امنیت غذایی در کشور شود. مطابق تعریف سازمان ملل، منظور از امنیت آبی: « ظرفیت جامعه در دسترسی پایدار به مقدار مناسب و با کیفیت آب برای زندگی پایدار، رفاه، توسعه اقتصادی و اجتماعی و برای محافظت از آلودگی ها و خطرات مرتبط با آب و برای حفظ اکوسیستم در شرایط صلح و ثبات سیاسی است» (شکل ۳۳).

اینفوگراف امنیت آبی (UN Water, 2013).



63

شکل ۳۳- اینفوگراف امنیت آبی (UNESCO, 2019)

جمع بندی

رقابت برای کاربرد آب در بخش های مختلف، محیط زیست و تولید مواد غذایی نه تنها در ایران، بلکه در سراسر جهان بعنوان تهدیدی در حال افزایش است. به منظور ارزیابی میزان تقویت امنیت غذایی کشور، لازم است تا وضعیت منابع آب کشور آسیب شناسی شده و چالش های بخش آب تشریح و تصویر اطمینان بخشی از میزان آب تجدیدپذیر قابل تخصیص بخش کشاورزی در یک مدل پایدار ارائه شود. در حال حاضر، کشور با چالش های عمیق و گسترده ای از جمله پایین افتادن سطح آب زیرزمینی، نشست زمین، خشک شدن دریاچه ها و تالاب ها و بروز تعارضات و منازعات آبی روبروست. مهم ترین عوامل مؤثر در این شرایط را می توان در افزایش جمعیت و توزیع نامناسب آب، حکمرانی نامناسب آب، بهره وری پایین آب در کلیه بخش های مصرف و تغییر اقلیم و وقایع حدی دانست. به منظور بهبود شرایط موجود، لازم است با هماهنگی بین ارگان ها و دستگاه ها و بکارگیری ابزارها و تجهیزات مناسب، مجموعه ای از راهکارها در مقیاس های کلان و ملی، منطقه ای و محلی در بازه های زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در نظر گرفته شود. اصلاح حکمرانی آب، ارتقای بهره وری در بخش های مصرف، کاهش ضایعات از جمله این راهکارهاست.

منابع

اخوان، س.، جلالی، ح.، رضایی، ی.، ۱۳۹۳. بررسی آثار اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی پایین رفتن سفره آب زیرزمینی و اثرات آن بر سرمایه گذاری و تولید بخش خصوصی دشت همدان-بهار. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، تهران، ایران.

اخوان، س.، مسنن مظفری، م.، رضایی، ی.، ۱۳۹۴. بررسی آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پایین رفتن سطح آب زیرزمینی و اثرات آن بر سرمایه گذاری و تولید بخش کشاورزی (زراعی) (مطالعه موردی: دشت ابهر (استان زنجان)). مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، تهران، ایران.

دفتر حفاظت و بهره برداری منابع آب و امور مشترکین، ۱۳۹۷. دشت های ممنوعه کشور، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۸۰ ص.

مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، ۱۳۹۶. تعیین شاخص نسبت بحرانی برای حوضه های آبریز اصلی ایران. موسسه پژوهشی مهندسی راهبرد دانش پویا. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران

مهشادینیا، ف. ۱۳۹۵، خطر فرونشست زمین در ایران، شناخت، تبیین وضعیت، ارزیابی خطرپذیری. وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ۳۹۵ ص.

Akhmouch ,A., Clavreul, D. 2016. Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance: “Practicing What We Preach” with the OECD Water Governance Initiative. Water. 8(5):204. doi:10.3390/w8050204.

Akhmouch, A., Correia, F.N. 2016. The 12 OECD principles on water governance – When science meets policy. Utilities Policy. 43:14-20. doi:10.1016/j.jup.2016.06.004.

Falkenmark, M., 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: why isn't it being addressed? Ambio, pp.112-18.

Grover, V.I. 2006. Water Governance and Water Economics. In: Grover VI (ed) Water: Global Commons and Global Problems. Science Publishers, NH, USA, pp 221-234.

Lautze, J., de Silva, S., Giordano, M. et al. 2011. Putting the cart before the horse: Water governance and IWRM. Natural Resources Forum. 35(1):1-8. doi:doi:10.1111/j.1477-8947.2010.01339.x

Madani, K., AghaKouchak, Amir., Mirchi , A. 2016 Iran's Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt Nation, Iranian Studies, 49:6, 997-1016, DOI: 10.1080/00210862.2016.1259286

Mortimore, M., Anderson, S., Cotula, L. et al. 2009. Dryland opportunities: a new paradigm for people, ecosystems and development. IUCN, Gland, Switzerland; IIED, London, UK and UNDP/DDC, Nairobi, Kenya. x + 86p. ISBN: 978-2-8317-1183-6.

OECD. 2011. Water: The Environmental Outlook to 2050.

OECD. 2015. OECD Principles on Water Governance Welcomed by Ministers at the OECD Ministerial Council Meeting on 4 June 2015. Directorate for Public Governance and Territorial Development, Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.



Pahl-Wostl, C. 2017. An Evolutionary Perspective on Water Governance: From Understanding to Transformation. *Water Resour Manage.* 31(10):2917-2932. doi:10.1007/s11269-017-1727-1.

Pravalie, R. 2016. Drylands extent and environmental issues. A global approach, *Earth Science Review*, Volume 161: 259-278.

Safriel, U., Adeel, Z., Niemeijer, D. et al. 2005. Dryland systems. In: Hassan R, Scholes R, and Ash N (eds.) *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. The Millennium Ecosystem Assessment Series, pp. 623–662. Washington, DC: Island Press.

Steduto, P. et al. 2012. Coping with water scarcity: an action framework for agriculture and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

UNESCO and UNESCO i-WSSM. Water Security and the Sustainable Development Goals (Series I); Global Water Security Issues (GWSI) Series; UNESCO Publishing: Paris, France, 2019.

Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F. et al. 2019. The future of extreme climate in Iran. *Sci Rep* 9, 1464. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38071-8>

White, E.K., Peterson, T. J., Costelloe, J. et al. 2016. Can we manage groundwater? A method to determine the quantitative testability of groundwater management plans. *Water Resources Research*, 52(6): 4863-4882.