سال ششم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحات ۷۷ تا ۸۴
نشریه آب و توسعه پایدار

2019, Vol.6, No.1, Pages 77 to 84
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: مفهومی

ذخیره خشکسالی، ضرورت پایایی

هاشم درخشان[۱*]، حمید عمرانیان خراسانی[۲]

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد. ۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مدیریت منابع آب، شرکت مهندسی مشاور هیدروتک توس، مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: h1370d@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۱

چکیده

در بسیاری از اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک آب زیرزمینی یگانه منبع تأمین آب است بنابراین این مناطق به منابع آب زیرزمینی وابسته هستند. ایران جز اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. در بسیاری از مناطق کشور تغییر الگوی بارش ناشی از تغییر اقلیم و افزایش نرخ برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌باشد و باعث خسارات جبران‌ناپذیر بر این منبع حیاتی شده است. در این مناطق آب زیرزمینی مهمترین پشتوانه توسعه است و مدیریت ریسک خشکسالی و خشکسالی‌های خطرناکی که به دلیل افزایش دما ناشی از تغییر اقلیم به وقوع خواهد پیوست در گروی حفاظت از این منبع یگانه می‌باشد. در این مقاله تجربه کالیفرنیا در احیا تعادل منابع آب زیرزمینی تجزیه و تحلیل شده است و براساس این تجربه طرحی متناسب با وضعیت وخیم سفره‌های آب زیرزمینی کشور تبیین شده است. ذخیره خشکسالی به‌عنوان کلیدی‌ترین مفهوم در رویکرد مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی بیان شده و چالش‌های اساسی در پیاده‌سازی و حفاظت از ذخیره خشکسالی آب زیرزمینی تبیین شده است. بنابراین پیشنهادهایی جهت احیا این ذخیره به‌منظور دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: پایایی، خشکسالی، ذخیره خشکسالی، مدیریت پایای، منابع آب زیرزمینی.

Article Type: Conceptual

Drought Reserve, Necessity for Sustainability

H. Derakhshan[1*], H. Omranian Khorasani[2]

1- PhD Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 2- MSc in Water Resources Management, Hydrotech Toos Consulting Engineers co. Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: h1370d@gmail.com)

Received: 08-01-2018
Accepted: 02-03-2019

Abstract

The level of dependence on groundwater resources is higher in arid and semi-arid climates, as far as in many of these areas, groundwater has become the only source of water supply. Iran is considered as an arid and semi-arid climate. The changing patterns of rainfall by climate change and increasing overdraft in many of district groundwater resources has an irreversible impact on this vital source. Groundwater is the main backstop for development in such areas. Therefore, management of drought risk and the dangers under climate change will depend on protecting these vital resources.This paper analyses the California experience in conserving groundwater. Based on this experience, a plan has been developed for critical groundwater resources in Iran. Drought reserve is the key concept in groundwater sustainable management, but it has always been neglected. Finally, major challenges in implementation and conserving the drought reserve have been explained, and suggestions have been made to restore this reserve to achieve management sustainable development.

Keywords: Sustainability, Drought, Drought reserve, Sustainable management, Groundwater.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i1.70031

مقدمه

افزایش جمعیت به همراه تغییر سطح استاندارد زندگی بشر چالش‌های زیادی را برای دستیابی به آب با کیفیت در سرتاسر جهان به‌وجود آورده است (Gleick و Cohen، ۲۰۰۸). ایران از جمله کشورهایی است که در چند دهه اخیر رشد جمعیت و توسعه بی‌رویه را تجربه نموده است. مدت‌ها است که این توسعه افسار گسیخته زنگ خطر نابودی ذخایر آبی را در اکثر حوضه‌های آبریز کشور به‌ویژه فلات مرکزی ایران به صدا درآورده است. افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن بسیاری از قنات‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌های کم‌رمق نشان از فاجعه‌ای قریب‌الوقوع دارند که در صورت عدم مدیریت ریسک و تغییر جهت حرکت به سمت پایایی[1] تبعات زیست‌بومی ناگواری را برجای خواهد گذاشت (حسنی و گلکار، ۱۳۹۵).

خشکسالی از بلایای طبیعی است که شدت و میزان گستردگی آن (تأثیر بر مردم و محیط‌زیست) درجه فاجعه‌آمیز بودن این بلای طبیعی را تعیین می‌کند (Wilhite، ۲۰۱۴). این بلای طبیعی می‌تواند اثرات مخربی بر منطقه تحت تأثیرش بگذارد و سبب ایجاد تنش‌های جدی بر زندگی انسان شود. خسارات ناشی از خشکسالی شامل اثرات مستقیم اقتصادی (کاهش تولید محصولات کشاورزی و دامی)، زیست‌محیطی (کاهش کمیت و کیفیت منابع آبی)، اجتماعی (کاهش سطح رفاه زندگی، مهاجرت و مرگ و میر) و دیگر تأثیرات جانبی آن گوشه‌ای از نتایج مخرب خشکسالی بر یک جامعه است (Mishra و Desai، ۲۰۰۶). در حال حاضر گرمایش جهانی و به دنبال آن تغییر اقلیم از مهمترین نگرانی‌های جوامع بشری می‌باشد و تحت این شرایط (تغییر اقلیم) وقوع خشکسالی‌های شدید و با خسارات بالا پیش‌بینی می‌شود (Faunt و همکاران، ۲۰۰۹؛ IPCC، ۲۰۱۳). در سال‌های اخیر احتمال افزایش فراوانی و شدت خشکسالی در اثر تغییر اقلیم به نگرانی جدیدی در سراسر دنیا تبدیل شده است (FAO، ۲۰۱۳). ویژگی‌های خشکسالی (شدت، مدت و بزرگی) از محلی به محل دیگر متفاوت است اما سازگاری با این پدیده طبیعی جز جدایی‌ناپذیری از شرایط زیست در هر اقلیم یا منطقه می‌باشد (Iglesias و همکاران، ۲۰۰۳).

از سال ۱۹۹۰ تاکنون بیش از ۲ میلیارد نفر تحت تأثیر پدیده خشکسالی قرار گرفتند که بیش از ۱۱ میلیون نفر در اثر این بلای طبیعی جان باختند. به‌عنوان نمونه تنها یک مورد خشکسالی در جنوب غربی چین بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ حدود ۶/۳ میلیون نفر تحت تأثیر قرار داد که ۲/۴ میلیون نفر از این افراد در دسترسی به آب شرب با مشکلات جدی مواجه شدند (FAO، ۲۰۱۳).

اگرچه اهمیت آب در شکل دادن به آینده جهان به‌خوبی شناخته شده است اما منابع آب زیرزمینی در دهه‌های اخیر همواره با استفاده بیش از حد و مدیریت ضعیف باقی‌مانده است. تاکنون اضافه برداشت و کاهش سطح منابع آب زیرزمینی در برخی از مناطق خسارات جبران ناپذیری[2] از جمله فرونشست زمین[3]، نفوذ آب شور[4]، شوری خود القایی[5]، کاهش منابع سطحی و کاهش ظرفیت ذخیره آب[6] در این منابع را به همراه داشته است (DWR، ۲۰۱۵). به‌منظور جلوگیری از اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی رویکردی جدید در مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی[7] پیشنهاد شد که شامل بسط مفهوم ذخیره خشکسالی[8] می‌شود (Langridge و همکاران ۲۰۱۲؛ Langridge، ۲۰۱۲؛ Langridge و Daniels، ۲۰۱۷).

کشور ما طی دهه‌های اخیر با تغییر رویکرد برداشت منابع آب زیرزمینی از طریق قنوات به رویکرد پمپاژ (چاه)، برداشت‌های بی‌رویه‌ای را بر این منابع بی‌همتا تحمیل نموده است. هم‌اکنون بسیاری از دشت‌ها با خسارات جبران‌ناپذیری روبه‌رو است. بنابراین مدیریت برداشت از منابع آب زیرزمینی بر اساس حفاظت از ذخیره خشکسالی می‌تواند رویکردی جدید برای مدیریت ریسک خشکسالی باشد و مبنایی معقول برای جلوگیری از اضافه برداشت و تعادل منابع آب زیرزمینی را ایجاد نماید (درخشان، ۱۳۹۶).

ذخیره خشکسالی (Drought Reserve) حجم آب آب‌خانه که برای مدیریت خشکسالی قابل استفاده می‌باشد تعریف می‌شود. بسط این مفهوم و تبیین خسارات جبران‌ناپذیر آب‌خانه (فرونشست، شوری) و خسارات اقتصادی توسعه به منابع آب زیرزمینی از ضروریات تعادل منابع آب زیرزمینی می‌باشد. در این مقاله به لزوم تبیین خسارات منابع آب زیرزمینی، پیاده‌سازی و حفاظت از ذخیره خشکسالی برای دستیابی به پایایی منابع آب زیرزمینی تاکید شده است. ذخیره خشکسالی مهمترین عامل کاهش آسیب‌پذیری خشکسالی است که باتوجه‌به اثرات تغییر اقلیم در افزایش پتانسیل وقوع خشکسالی اهمیت بسیاری دارد. به این دلیل که در چگونگی پیاده‌سازی و حفاظت از ذخیره خشکسالی محدودیت‌های زیادی وجود دارد درحال حاضر نمونه‌های بسیار محدودی از پیاده‌سازی و نگهداری ذخیره خشکسالی موجود است.. در این مقاله به توسعه مفهوم ذخیره خشکسالی پرداخته شده و چالش‌های چگونگی پیاده‌سازی و حفاظت از ذخیره خشکسالی در ایران نقد و بررسی شده است.

ذخیره خشکسالی آب زیرزمینی

آب زیرزمینی تنها منبعی است که در هر شرایط آب‌وهوایی می‌تواند برای تأمین آب استفاده شود (DWR، ۲۰۱۵). شاخص وابستگی به منابع آب زیرزمینی استان خراسان رضوی با احتساب آب‌های انتقال یافته به بیرون از استان در ۱۵ سال اخیر تقریباً ۸۵ درصد بوده است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۹۵) و در دیگر مناطق کشور که فاقد منابع آب سطحی می‌باشند به ۱۰۰ درصد خواهد رسید. درحالی‌که نواحی پیشرو در حوزه مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی (همچون امریکا، ایالت کالیفرنیا) این شاخص را برای شرایط نرمال آب‌وهوایی ۴۰ درصد (و کمتر از آن)

برآورد نموده‌اند (DWR، ۲۰۱۵). در شرایط خشکسالی که رطوبت خاک و منابع آب سطحی کاهش پیدا می‌کند آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع با اطمینان‌پذیری بالا محسوب شده و می‌تواند نقش حیاتی را در تأمین آب در چنین شرایطی ایفا نماید (DWR، ۲۰۱۵). اهمیت ایجاد و پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی به نوع اقلیم وابسته است. به بیان دیگر انتظار می‌رود هرچه میزان وابستگی به منابع آب زیرزمینی بیشتر باشد؛ اهمیت پیاده‌سازی، حفاظت و حراست از ذخیره خشکسالی زیرزمینی بیشتر شود.

براساس نتایج پژوهش‌هایی که به نقش آب زیرزمینی در ایجاد سازگاری و برآورد مصارف طول دوره خشکسالی پرداخته است؛ ذخیره آب زیرزمینی باعث افزایش تاب‌آوری در برابر پدیده خشکسالی می‌شود (Wilhite، ۲۰۱۴؛ Saenz و همکاران، ۲۰۰۹؛ Feitelson و Haddad، ۲۰۰۱). بنابراین به‌منظور خاتمه دادن به اضافه برداشت در دوره‌های طولانی مدت مفهوم مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی شامل توسعه مفهوم ذخیره/بافر خشکسالی پیشنهاد شد (Langridge، ۲۰۱۲؛ Langridge و همکاران، ۲۰۱۲؛ Langridge و Daniels، ۲۰۱۷).

رویکرد سنتی در مدیریت خشکسالی به‌صورت واکنشی است. در این رویکرد معمولاً تا زمانی که خشکسالی و کمبود آب براساس شرایط آب‌وهوایی پدید نمی‌آمد اقدام جدی نیز صورت نمی‌گرفت و بعد از وقوع خشکسالی، به طرح‌های مدیریت بحران[۹] که کارآمد نبود توجه می‌شد (Wilhite، ۲۰۰۵). رزرو بخشی از ذخیره آب زیرزمینی برای شرایط خشکسالی می‌تواند باعث افزایش تاب‌آوری[۱۰] در برابر خشکسالی شود. در پژوهش‌هایی که به بحث نقش آب زیرزمینی در طول دوره خشکسالی پرداختند نیاز به ایجاد این رویکرد پیشگیرانه در سازگاری با پدیده خشکسالی تأکید شده است. (Dinar، ۲۰۰۱؛ Saenz و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wilhite، ۲۰۱۴). در این مقاله رویکرد پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری در دوره‌های خشکسالی و خشکسالی‌های خطرناکی که ممکن است به دلیل تغییرات آب‌وهوایی به‌وجود آید توجه شده است اما با وجود اهمیت بسیار زیاد این رویکرد هنوز نمونه‌های بسیار محدودی از چگونگی پیاده‌سازی و حفاظت از ذخیره خشکسالی وجود دارد. موارد ذیل مهمترین موضوعات در پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی می‌باشد:

۱. تعریف دقیق از عواقب نامطلوب (قابل قبول[۱۱]، غیر قابل قبول[۱۲]، جبران‌ناپذیر و نامعقول[۱۳]) و حداقل تراز[۱۴] برای برداشت از منابع آب زیرزمینی در دوره خشکسالی

۲. تهیه و اجرا بیلان آبی متناسب با شرایط هر منطقه، جهت جلوگیری از اضافه برداشت و ورود به سطوح خسارات جبران‌ناپذیر در شرایط نرمال

۳. محاسبه ذخیره خشکسالی برای شرایط تنش آبی (خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت)، برآورد بزرگترین افت سطح آب زیرزمینی در این شریط و تخمین زمان مورد نیاز برای برگشت به حالت اولیه،

۴. توسعه رویکردی مدیریتی جهت: الف) جهت جلوگیری/کاهش اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی، ب) تدوین دستورالعمل کاربردی در هر آب‌خانه برای بازگشت به سطح اولیه ذخیره خشکسالی در هر دوره مدیریتی، ج) برآورد و حفاظت ذخیره خشکسالی مورد نیاز و تنظیم کلیه برداشت‌ها براساس این حجم.

ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی ذخیره‌ای حیاتی است که سرنوشت (پایایی و بقا) یک جامعه درصورت وقوع «خشکسالی شدید و طولانی مدت» در گرو آن است. ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی به حجمی از آب شیرین برای فعالیت‌های مختلف گفته می‌شود که باید محاسبه و در آب‌خانه ذخیره شود تا بتواند برای تأمین مصارف ضروری در دوره خشکسالی شدید و طولانی مدت از آن بهره‌برداری نمود؛ ذخایر تجدیدناپذیر منابع آب زیرزمینی جز این ذخیره محسوب می‌شود که ضرورت برداشت از آن نیازمند تعریف ترازی جدید از خسارات می‌باشد (درخشان، ۱۳۹۶). در این تحقیق ذخیره خشکسالی تحت عنوان ذخیره استراتژیک منابع آب زیرزمینی تجزیه، تحلیل و محاسبه شده است؛ اما ذخیره خشکسالی مفهومی فراتر از این دارد. ذخیره خشکسالی، ذخیره‌ای است که می‌تواند آب کافی برای استفاده در شرایط خشکسالی را بدون وارد نمودن خسارات جبران‌ناپذیر به منابع آب زیرزمینی فراهم نماید بنابراین هر برنامه‌ای از جمله انتقال آب، ساخت سد در مناطق مرطوب، ساخت آب شرین کن برای مناطق ساحلی نیز که به‌منظور افزایش تاب‌آوری و جلوگیری از اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی در شرایط خشکسالی طرح‌ریزی می‌شوند جز ذخیره خشکسالی محسوب می‌شوند. ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی نوعی ذخیره خشکسالی محسوب می‌شود که برداشت از آن در صورت ورود به سطوح بالا از خشکسالی‌های شدید و طولانی‌مدت امکان پذیر است و نیازمند تعریف ترازی جدید از خسارات می‌باشد.

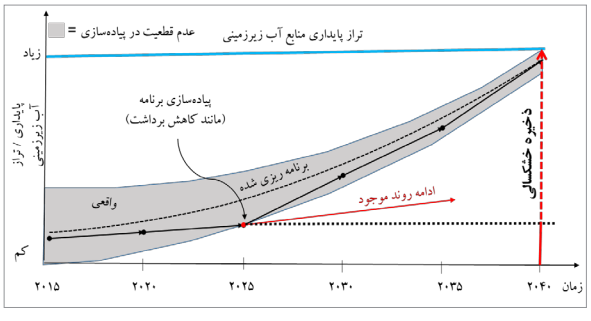
پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی در ایالت کالیفرنیا

در این ایالت مطابق لایحه قانون AB ۳۰۳۰ در سال ۲۰۰۲ برای اولین‌بار ارائه طرح مدیریت منابع آب زیرزمینی برای هر محدوده مطالعاتی به‌عنوان مبنایی برای برداشت از منابع آب زیرزمینی مورد توجه قرار گرفت (California Water Code، ۲۰۱۷). اولین تغییرات اساسی در مدیریت آب زیرزمینی این ایالت مربوط به تصویب قانون مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی[۱۵] (SGMA، ۲۰۱۴) است. این قانون در سال ۲۰۱۵ اجرایی شد و توانست سازوکاری منطقی برای تغییر رویکرد از مدیریت آب زیرزمینی به مدیریت پایای آب زیرزمینی تبیین نماید (California Water Code، ۲۰۱۷). در این قانون فعالیت‌های مورد نیاز مصوب برای مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی در هر محدوده مطالعاتی توسط سیستم پایش و ارزیابی منابع آب زیرزمینی ایالت کالیفرنیا (SGEMS)[۱۶] ارزیابی می‌شود. این برنامه به دلیل اولویت به شکل سیستم پایش سراسری آب زیرزمینی در کالیفرنیا ارتقا یافته است (CASGEM، ۲۰۱۷).

براساس این قانون مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی عبارت است از: استفاده از منابع آب زیرزمینی به‌گونه‌ای که از آب زیرزمینی در طول یک دوره برنامه‌ریزی بدون پذیرش اثرات نامطلوب بهره‌برداری شود. این اثرات نامطلوب شامل برداشت نامعقول از منابع آب زیرمینی، توجه به پیشروی جبهه آب‌های شور، شوری خود القایی، توجه به کاهش نامعقول کیفیت منابع آب زیرزمینی، توجه به فراهم شدن شرایط فرونشست آب‌خانه، توجه به ارتباط منابع آب سطحی و زیرزمینی و جلوگیری از وارد شدن خسارات به استفاده‌کنندگان از منابع آب سطحی می‌باشد (California Water Code، ۲۰۱۷).

فعالیت زمینه‌سازی جدی برای کاهش مصرف آب و ایجاد ذخیره خشکسالی از مدت‌ها قبل در ایالت کالیفرنیا شروع شده است. بااین‌حال باتوجه‌به شکل (۱) بهبود تراز آب زیرزمینی و پیاده‌سازی ذخیره به کندی صورت می‌گیرد که این طرح به دنبال بهبود سریع‌تر ذخیره خشکسالی می‌باشد. در ماه می ۲۰۱۵ شورای حوزه آب ایالت (SWRCB)[۱۷] برای ۴۱۱ فرمانداری کالیفرنیا کاهش ۲۵ درصدی مصارف خانگی بر اساس یک برنامه از پیش تعیین شده را تصویب نمود و در می ۲۰۱۶ اجباری بودن این قانون را برای ۳۷۹ فرمانداری حذف نمود. به این فرمانداری‌ها اجازه داده شد تا می ۲۰۱۷ برنامه‌ای برای کاهش مصرف تنظیم نمایند. این برنامه مستلزم داشتن این دو ویژگی می‌باشد الف) در یک خشکسالی سه ساله منجر به اضافه برداشت نشود. ب) همزمان برنامه‌ای که با طرح بلندمدت پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی مطابقت داشته باشد ارائه شود. هنوز جزئیات این قانون به‌طور صریح و شفاف مشخص نشده است. این قانون به استفاده کننده‌گان از آب کشاورزی نپرداخته است (Langridge و Daniels، ۲۰۱۷).

در شکل (۱) طرح پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی در کالیفرنیا که توسط برنامه مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی (SGMP)[۱۸] در سپتامبر ۲۰۱۵ بازبینی شده است مشاهده می‌شود. طرح مزبور تجزیه و تحلیل شده و طرحی مشابه برای برخی از محدوده‌های مطالعاتی که با افت آب زیرزمینی مواجه هستند پیشنهاد شده است. این طرح‌ها برای یک دوره مدیریتی بلند مدت ۲۵ ساله تنظیم شده است که مهمترین اهداف این طرح در سه گام اساسی الف) جلوگیری از اضافه برداشت‌ها، ب) بازنشای تعادل منابع و مصارف و ج) ایجاد و پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی مناسب می‌باشد. در برنامه مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی ترازی از سطح آب برای دستیابی به مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی و پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی مناسب در نظر گرفته شده است. برای اجرایی شدن این برنامه بلندمدت راهبردهای مدیریتی پنج ساله برای آن تعیین شده است تا در هر دوره مدیریتی بخشی از ذخیره خشکسالی بازنشانی شود. این طرح توسط آژانس مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی طراحی شده و به تصویب قوانین مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی (SGMA) رسیده است (CASGEM، ۲۰۱۷). در این طرح مسیری که باید آژانس مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی کالیفرنیا تا سال ۲۰۴۰ طی نماید مشخص شده است. مطابق این قانون پیش‌بینی شده تا ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰ و یا حداکثر ۲۰۲۲ اضافه برداشت متوقف شود و تا سال ۲۰۴۰ و یا حداکثر ۲۰۴۴ اهداف مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی محقق شود. مطابق شکل پیش‌بینی شده که تا سال ۲۰۲۵ طرح‌های کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی و ایجاد ذخیره خشکسالی مناسب شدت یابد تا اهداف مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی تا سال ۲۰۴۰ تحقق یابد.



شکل ۱- طرح مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی ایالت کالیفرنیا (CASGEM، ۲۰۱۷)

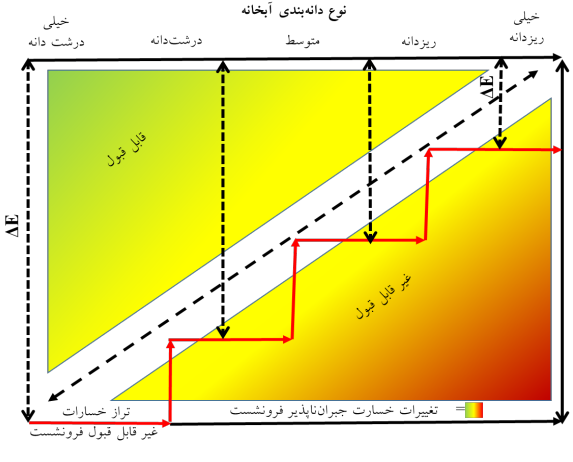
در شکل (۱) محور عمودی شاخص عمکلرد پایای و یا عمق آب زیرزمینی می‌باشد که در آن میزان پایایی منابع آب زیرزمینی کم بوده و عدم قطعیت برای مدیریت یک دوره خشکسالی شدید و طولانی بسیار زیاد می‌باشد. مبنا بر این است این طرح در یک دوره بلند مدت ۲۵ ساله که به پنج دوره مدیریتی ۵ ساله تقسیم شده است ذخیره خشکسالی مناسب را ایجاد نماید. بعد از این دوره طرح انتظار می‌رود تا فراهم شدن ذخیره خشکسالی تاب‌آوری لازم در برابر خشکسالی فراهم شود و عدم قطعیت‌ها در مدیریت ریسک خشکسالی به شدت کاهش یابد.

پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی در ایران

برای کلیه محدوده‌های مطالعاتی کشور که آب‌خانه آن با مشکل اضافه برداشت مواجه نبوده و شیب کموگراف تراز آب‌خانه منفی نیست می‌توان برای اجرای رویکرد جدید مدیریتی طرحی مشابه شکل (۱) پیشنهاد نمود. جزئیات این طرح در دو سطح بلندمدت (راهبرد اصلی طرح) و کوتاه‌مدت (دوره‌های مدیریتی ۵ ساله) متناسب با شرایط هر محدوده مطالعاتی پیشنهاد می‌شود. برای محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه و ممنوعه بحرانی که مشکل اضافه برداشت در آن‌ها قابل توجه است و شیب کموگراف آب‌خانه منفی می‌باشد، پیش‌بینی مرحله‌ای برای کاهش اضافه برداشت تا اینکه اضافه برداشت کاملاً متوقف شود ضروری است؛ زیرا پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی برای افزایش تاب‌آوری بعد از

این کاهش برداشت از آب زیرزمینی قابل طرح‌ریزی است. در ادامه به ضرورت تخمین عواقب نامطلوب و یا خسارات نامعقول برای جلوگیری از اضافه برداشت از آب زیرزمینی و احیا ذخیره خشکسالی آب زیرزمینی پراخته می‌شود.

در این مقاله تعیین حداقل تراز و عواقب نامعقول براساس پارامتر فرونشست آب‌خانه بحث شده است. محور افقی شکل (۲) به نوع دانه‌بندی آب‌خانه و محور عمودی به حداکثر نوسانات سطح آب اشاره دارد. دامنه تغییرات تراز آب زیرزمینی بدون در برداشتن خسارت جبران‌ناپذیر فرونشست در هر آب‌خانه با نماد (ΔE) در شکل مشخص شده است. هر آب‌خانه‌ای ΔE خاص خود را دارد که متأثر از جنس آب‌خانه می‌باشد. هرچه جنس آب‌خانه درشت دانه‌تر باشد احتمال فرونشست کمتر خواهد شد و می‌تواند حجم بیشتری از آب آب‌خانه را بدون در برداشتن خسارت جبران ناپذیر فرونشست (عواقب نامعقول) بهره‌برداری کند. هرچه جنس آب‌خانه دانه‌ریزتر باشد به‌دلیل افزایش احتمال فرونشست در اثر تخلیه آب آب‌خانه حجم کمتری را می‌توان به ΔE اختصاص داد. این تفکیک بر اساس میزان خسارات جبران ناپذیر فرونشست آب‌خانه از رنگ سبز کمترین احتمال فرونشست تا رنگ قرمز بیشترین احتمال فرو نشست در شکل مشخص شده است. مرز تمایز میان قابل قبول/غیر قابل قبول خسارات جبران‌ناپذیر فرونشست براساس نظر خبرگان این امر قابل تخمین است. در شکل (۲) نمایی کلی از تراز خسارات جبران‌ناپذیر فرونشست به‌صورت پلکانی متناسب با تغییر نوع دانه‌بندی آب‌خانه ارائه شده است.

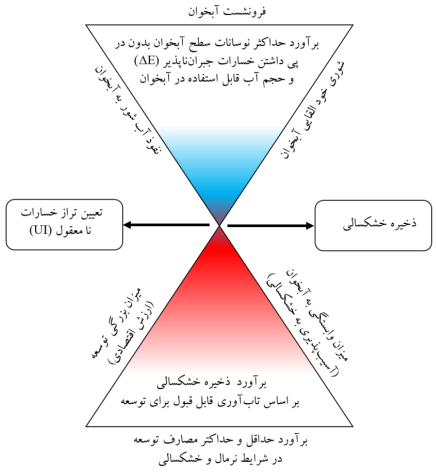


شکل ۲- رابطه بین نوع آب‌خانه با حداکثر نوسانات آب در آب‌خانه

تعیین تراز خسارات نامعقول (حداقل تراز) مبتنی بر سال پایه (سال شروع برنامه‌ریزی برای برداشت پایای از آب‌زیرزمینی) صورت می‌پذیرد؛ این تراز متأثر از شرایط آب‌وهوایی است. اما نکته مهم این است که باید در برنامه برداشت پایای تدابیر اندیشیده شود در صورت وقوع خشکسالی حدالامکان گذر از این تراز صورت نپذیرد. به‌عبارت‌دیگر تراز خسارات نامعقول آب زیرزمینی ترازی نسبی است که برداشت آب بالاتر از این تراز هیچ‌گونه خسارات جبران‌ناپذیری برای آب‌خانه و یا توسعه وابسته به آب‌خانه در پی نداشته باشد. در این مقاله سه خسارت شامل: الف) احتمال فرونشست آب‌خانه، ب) افزایش شوری آب آب‌خانه (شوری خود القایی) و پ) نفوذ آب شور کاهش تاب‌آوری توسعه در اثر برداشت از ذخیره خشکسالی می‌باشد. برنامه‌ریزی کنترل این سه گروه از خسارات بر اساس مدل مفهومی شکل (۳) قابل انجام می‌باشد.

شکل (۳) از دو مثلث تشکیل شده است مثلث بالا نشان‌دهنده ظرفیت آب‌خانه می‌باشد؛ قسمت آبی رنگ داخل این مثلث حجم آب با کیفیت مناسب بوده که توسط سه خسارت نامعقول مزبور محدود شده است. خسارات اول فرونشست است که تابع نوع دانه‌بندی آب‌خانه می‌باشد و براساس نظر متخصصین آشنا به خصوصیات فیزیکی آب‌خانه مطابق شکل (۲) برآورد می‌شود. خسارت دوم شوری خود القایی به ضخامت لایه آب شور وابسته بوده که با برداشت آب از لایه آب با کیفیت مناسب و نزدیک شدن به این لایه احتمال خطر شوری خود القایی به شدت افزایش می‌یابد. خسارت سوم خطر نفوذ آب شور به موقعیت و نحوه ارتباط آب‌خانه با آب‌های شور پایین‌دست مربوط است که بیشتر برای آب‌خانه‌های متصل به مخزن آب شور (مثل دریا) مطرح می‌باشد. برآیند این سه خسارات حجم آب با کیفیت مناسب موجود در آب‌خانه جهت بهره‌برداری را مشخص می‌نماید.

مثلث پایین نشان‌دهنده میزان تقاضای توسعه برای استفاده از آب آب‌خانه در شرایط نرمال و خشکسالی می‌باشد این تقاضا برای برداشت آب از آبخانه با رنگ قرمز در داخل این مثلث نشان داده شده است. سه بعد این مثلث الف) بزرگی توسعه (شامل جمعیت و سایر اهمیت‌های اقتصادی، اجتماعی، تاریخی و مذهبی) می‌باشد که نشان از ارزش اقتصادی توسعه دارد، ب) میزان وابستگی توسعه به آب‌خانه بین صفر تا ۱۰۰ درصد متغیر است میزان افزایش آسیب‌پذیری به واقعه خشکسالی با افزایش نرخ وابستگی امری اجتناب‌ناپذیر است که باید مورد توجه قرار گیرد و ج) میزان برداشت آب از آبخانه در شرایط نرمال آب‌وهوایی با شرایط خشکسالی بسیار متفاوت است که لزوم توجه مصارف توسعه در شرایط عادی و شرایط خشکسالی را تاکید دارد. مجموع این سه بعد توسط کارشناسان خبره و آشنا به پیشران‌های توسعه (کشاورزی، صنعت و آب شهری) بررسی شده و حجم ذخیره خشکسالی مورد نیاز برآورد می‌شود. تطابق این دو مثلث تقابل بین تقاضای آب برای توسعه با ظرفیت آب‌خانه برای تأمین آب با کیفیت مناسب را در هر شرایط آب‌وهوایی مشخص خواهد نمود. به‌عبارت‌دیگر متخصصین آگاه به پیشران‌های توسعه با متخصصین آشنا به خصوصیات فیزیکی (کارشناسان فنی) برای تعیین تراز خسارات نامعقول (UI) و حجم ذخیره خشکسالی آب‌خانه به تفاهم خواهند رسید.



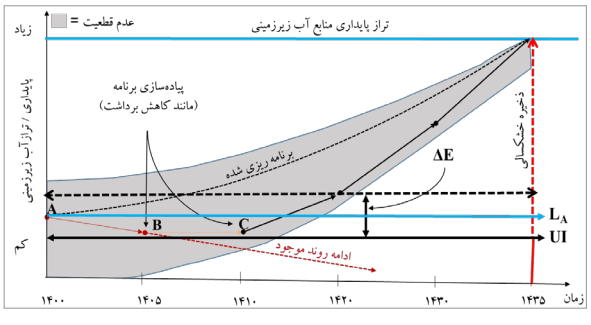
شکل ۳- مدل مفهومی برای برآورد ذخیره خشکسالی و تراز خسارات نامعقول

اگرچه که ذخیره خشکسالی محدود به آب زیرزمینی نمی‌شود اما ذخیره خشکسالی آب زیرزمینی مطمئن‌ترین و ارزان‌ترین منبع تأمین آب در شرایط خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت است که اهمیت پیاده‌سازی آن با افزایش احتمال وقوع خشکسالی‌های خطرناک‌تر بر اثر تغییر اقلیم بیشتر آشکارمی‌شود. این امر از دلایل تمایل به بهبود سرعت ذخیره خشکسالی آب‌خانه می‌باشد. شکل (۴) طرح پیشنهادی برای پیاده‌سازی و بهبود ذخیره خشکسالی می‌باشد. جزئیات این طرح در دو سطح بلندمدت (راهبرد اصلی طرح) و کوتاه‌مدت (دوره‌های مدیریتی ۵ ساله)

نتایج و بحث

الزامات رویکرد جدید در تنظیم طرح های پایایی منابع آب زیرزمینی می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:
الف) سهم برداشت بخش‌های مختلف (آب شهری، صنعت، کشاورزی) متناسب با متوسط تجدیدپذیری در هر محدوده مطالعاتی که بتوان توسط آن در هر دوره مدیریتی متناسب با پویایی سیستم منابع آب (ترسالی، شرایط نرمال و خشکسالی) میزان برداشت از آب زیرزمینی را برای هر یک از مصرف کنندگان تعیین تکلیف نمود، ب) برای کلیه کنشگران مجوزهای برداشت از منابع آب زیرزمینی در یک دوره مدیریتی خاص (مشابه ایالت کالیفرنیا که پنج ساله است) اعلام شود، ج) به کلیه برداشت‌ها در هر دوره مدیریتی با برنامه مدیریت ریسک خشکسالی توجه شود و د) تحقق موفقیت و یا شکست اهداف در ابتدای هر دوره مدیریتی و بازبینی مجوزهای برداشت در دوره مدیریتی آینده ارزیابی شود. از دیگر نکات قابل توجه در پیاده‌سازی طرح مدیریت پایای آب زیرزمینی کالیفرنیا توجه به کاهش برداشت از مصارف خانگی می‌باشد درحالی‌که برداشت مصارف خانگی نسبت به مصارف بخش صنعت و کشاورزی بسیار ناچیز است. بااین‌وجود بازهم قانون این ایالت برای کاهش برداشت در دوره‌های خشکسالی ابتدا به کاهش برداشت مصارف خانگی توجه نموده است. این موضوع از جنبه روانی اهمیت دارد و می‌تواند کلیه مصارف دیگر را تحت تأثیر قرار دهد که زمینه‌ساز کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی در سال ۲۰۲۵ می‌باشد (Langridge و Daniels، ۲۰۱۷).

رویکرد مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی برای پاسخگویی به نیازهای توسعه آینده تأمین آب از منابع جدید مانند: انتقال آب مجازی، شیرین کردن آب، بازچرخانی آب و انتقال آب برای کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی تاکید دارد. سرعت چرخه تأمین آب برای استفاده‌های شرب، صنعت و کشاورزی بسیار بیشتر از تغذیه آب‌خانه است که با کاهش بارش و افزایش تقاضای آب در دوره‌های طولانی‌مدت خشکسالی بیلان تغذیه و برداشت از آب زیرزمینی به‌هم خورده و جلوگیری از کاهش سطح آب زیرزمینی با شکست مواجه خواهد شد. علاوه‌براین برای پاسخ به شرایط خشکسالی افزایش برداشت قطعی بوده و باعث افت شدید منابع آب زیرزمینی می‌شود. بنابراین نیاز متناسب با شرایط هر محدوده مطالعاتی توسط شورای حوضه آبریز (متشکل از تمامی کنشگران) که در شکل (۳) توسط دو مثلث مقابل یکدیگر تشریح شد تهیه و تنظیم می‌شود. پیشنهاد می‌شود تراز آب در اولین سال طرح (L_A)[19] به‌عنوان مبنا برای برآورد حداکثر نوسانات آب‌خانه در تعیین تراز خسارات نامعقول (UI)[20] توجه شود. مهمترین هدف در دوره مدیریتی اول (گذار از A به B) کاهش شیب برداشت از منابع آب زیرزمینی و زمینه سازی برای کاهش پروانه‌های برداشت در دور مدیریتی دوم می‌باشد. در دور مدیریتی دوم (گذار از B به A) ایجاد تعادل میان منابع و مصارف حوضه آبریز است که تا قبل از نزدیک شدن به خسارات نامعقول باید انجام پذیرد. از ابتدای دور سوم مدیریتی کاهش برداشت از آب‌خانه به‌منظور بازنشانی اضافه برداشت‌ها و دستیابی به پایایی منابع آب زیرزمینی انجام می‌پذیرد که نتیجه آن تغییر شیب کموگراف تراز آب زیرزمینی می‌باشد. دوره‌های مدیریتی بعد مشابه شکل (۱) پیاده‌سازی خواهد شد.



شکل (۴)- طرح پیشنهادی برای مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی

به تأمین آب از منابع جدید در طول دوره‌های خشکسالی‌های آینده امری اجتناب‌ناپذیر است (Alley و Leake، ۲۰۰۴).

مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی و ضرورت توجه به پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی منجر به تأمین مطمئن آب در شرایط خشکسالی می‌شود. ذخیره خشکسالی بدون ایجاد منابع آب جدید می‌تواند با کاهش برداشت از آب‌خانه ایجاد شود اگرچه این فرآیند امری زمان‌بر است ولی با اجماع همه کنشگران و ایجاد آگاهی نسبت به مخاطرات پیشرو امکان‌پذیر می‌باشد. لازم به ذکر است که مطالعات زیادی در حوزه بازچرخانی، انتقال و مدیریت تقاضای آب در پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی وجود دارد که در مرحله اولیه باعث بهبود شرایط حوضه آبریز شده و در فراهم نمودن ذخیره خشکسالی برای تأمین مطمئن آب نقش مهمی را می‌توانند داشته باشند.

طرح‌ریزی بلندمدت مدیریتی به‌منظور پیشگیری از خسارت جبران‌ناپذیر امکان‌پذیر بوده که این طرح نیازمند پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی می‌باشد. این ذخیره آبی به‌عنوان پشتوانه‌ای برای توسعه در صورت وقوع خشکسالی قابل بهره‌برداری می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که ایجاد ذخیره خشکسالی می‌تواند چالش‌هایی از جمله: الف) عدم قطعیت‌ها میزان ورودی و خروجی به آب‌خانه، ب) تغییرات جمعیت و درنتیجه تغییر مصارف، ج) خسارات ناشی از تغییر اقلیم و د) کاهش تغذیه آبخانه در اثر تغییر الگوی بارش را مرتفع نماید. اما این مهم که منابع آب زیرزمینی می‌تواند به‌عنوان ذخیره‌ای مهم و حیاتی در برآورده نمودن نیازها در طول دوره خشکسالی محسوب شوند اجتناب ناپذیر است.

هم اکنون آژانس مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی کالیفرنیا طرح ۲۵ ساله برای دستیابی به مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی با اهداف مشخص توسعه داده است. سازمان آب در این ایالت تمامی محدوده‌های مطالعاتی را موظف نموده به‌صورت سالیانه گزارشی کامل از اهداف سال آینده و نتایج سال گذشته چاپ نمایند که تمامی جزئیات برای دستیابی به سطح بالاتر مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی در آن بیان شده باشد. بااین‌وجود هنوز وجود مقررات کافی برای ایجاد انگیزه در کنشگران جهت حفاظت از ذخایر آب زیرزمینی و پیاده‌سازی استراتژی‌های سازگاری با خشکسالی به چشم نمی‌خورد. این ایالت بودجه‌های قابل توجهی برای پروژه‌های مدیریت آب در نظر گرفته است. در این میان پروژه‌های انتقال آب به‌منظور جبران اضافه برداشت انجام شده از ذخایر آب زیرزمینی و ایجاد ذخیره خشکسالی اولویت بالاتری دارد (Langridge و Daniels، ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در اکثر محدوده‌های مطالعاتی ایران به‌خصوص محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه میزان مصرف از توان تجدیدپذیری آب زیرزمینی بسیار فراتر رفته است. به‌عبارت‌دیگر هم اکنون بهره‌کشی بیش‌ازحد مجاز از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از محدوده‌های مطالعاتی وقوع یافته است که خسارات جبران‌ناپذیر این اضافه برداشت همچون فرونشست، شور شدن آب‌خانه بر اثر شوری خود القایی، کاهش منابع آب سطحی و نابودی چمشه و قنوات نمونه‌هایی از آن می‌باشد. درصورت وقوع دوره خشکسالی شدید و طولانی‌مدت وضعیت منابع آب زیرزمینی شکننده‌تر شده که فاجعه‌ای قریب‌الوقوع را ترسیم خواهد نمود. در چنین شرایطی خسارات جبران‌ناپذیری چون نابودی بیشتر آب‌خانه‌ها و فروپاشی جوامع روستایی و دیگر خسارات اقتصادی-اجتماعی وارد بر اکوسیستم شدت خواهد یافت. لذا تغییر رویکرد در نحوه برداشت از منابع آب زیرزمینی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

اگرچه آب زیرزمینی یگانه منبع قابل اطمینان برای تأمین آب برای شرایط خشکسالی است اما تبیین این ضرورت و چگونگی پیاده‌سازی ذخیره خشکسالی مناسب در آب زیرزمینی همواره در کشور مغفول واقع شده است. تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی و احیا ذخیره خشکسالی آب زیرزمینی موضوعی پیچیده و چندوجهی است که بدون ایجاد سازوکار مناسب برای ایجاد هماهنگی در میان کنشگران مختلف امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود وزارت نیرو و دیگر قانون‌گزاران حوزه آب سازکاری کارآمد برای پیاده‌سازی این رویکرد تعریف نموده و در دستور کار قرار دهند.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای دکتر کامران داوری استاد و محقق برجسته در حوزه مدیریت پایای منابع آب زیرزمینی، بخاطر همکاری در مراحل تحقیق صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

پی‌نوشت

۱- در حال حاضر برای برگردان Sustainability و stability هر دو عبارت «پایداری» در فارسی به‌کار می‌رود. این دوگانگی منجر به ابهام و سردرگمی می‌شود. کاربرد عبارت‌های «پایداری سازه‌ای» و « ثبات» به‌عنوان برگردان stability، مقدم بوده است. بنابراین عبارت «پایای» به‌عنوان برگردان Sustainability پیشنهاد می‌شود.

2- Irreversible Impact

3- Land Subsidence

4- Seawater Intrusion

5- Induced self-salinity

6- Permanent Loss of Capacity to Store Water

7- Sustainable Groundwater Management

8- Drought Reserve

9- Crisis management plans

10- Resilience

11- Acceptable Impact

12- Unacceptable Impact

13- Unreasonable Impact

14- Minimum Threshold

15- Sustainable Groundwater Management Act (SGMA)

16- Statewide Groundwater Elevation Monitoring System (SGEMS)

17- State Water Resources Control Board (SWRCB)

18- Sustainable Groundwater Management Program (SGMP)

19- Actual Level in the first year of the plan (LA)

20- Unreasonable Impact (UI)

منابع

حسنی‌سعدی، م. و گلکار، ا. ۱۳۹۵. شناسایی و بهره‌وری الگوی کشت از منظر بهره‌وری. جلد ۱. پژوهشکده تدبیرآب ایران. تهران.

درخشان، ه. ۱۳۹۶. بسط مفهوم «ذخیره استراتژیک» در مدیریت منابع آب و تدوین یک چارچوب برای کاهش مخاطرات خشکسالی‌های شدید و طولانی براساس این مفهوم. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی آب. دانشگاه فردوسی مشهد.

شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی. ۱۳۹۵. گزارش تبیین بحران آب دشت مشهد: مطالعات مهندسی ارزش سد شوریجه و بهینه‌سازی و بهینه‌سازی طرح‌های بالادستی.

Alley W.M and Leake S.A. 2004. The journey from safe yield to sustainability. Groundwater , National Ground Water Association, 42(1): 12–16.

California Statewide Groundwater Monitoring System. 2017. (CASGEM: SB x 7-6, AB 1152) http://www.water.ca.gov/groundwater/casgem/overview.cfm. Accessed February 12, 2017.

California Water Code See. 2017. Also http://www.water.ca.gov/groundwater/docs/1992_AB3030_Summary_02202014.pdf. Accessed March 24, 2017.

DWR. 2015. California's Most Significant Droughts: Comparing Historical and Recent Conditions. California Department of Water Resources (DWR), February 2.

Feitelson E. and Haddad M. 2001. Management of Shared Groundwater Resources: The Israeli-Palestinian CaseWith an International Perspective, Springer Netherlands. DOI: 10.1007/978-94-010-0680-4.

Faunt, C.C., ed., 2009. Groundwater Availability of the Central Valley Aquifer, California: U.S. Geological Survey Professional Paper 1766, 225 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Drought facts. rome, Italy. Available at http://www.fao.org/3/aq191e/aq191e.pdf

Gleick P.H. and Cohen M.J. 2008. The World's Water 2008-2009: The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press; 2008-2009 ed.

Iglesias E., Garrido A. and Gómez-Ramos A. 2003. Evaluation of Drought Management in Irrigated Areas. Agricultural Economics, 29: 211-229.

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Langridge R. 2012. Drought and Groundwater: Legal Hurdles to Establishing Groundwater Drought Reserves. Environs: Environmental Law and Policy Journal, 91. Retrieved from https://escholarship.org/uc/item/0b69p4hq.

Langridge R., Fisher A., Racz A., Daniels B., Rudestam K. and Hihara B. 2012. Climate Change and Water Supply Security: Reconfiguring Groundwater Management to Reduce Drought Vulnerability. California Energy Commission. University of California, Santa Cruz. Publication Number: CEC-500-2012-017.

Langridge R. and Daniels B. 2017. Accounting for Climate Change and Drought in Implementing Sustainable Groundwater Management. Water Resources Management, 31(11): 3287–3298

Mishra A.K. and Desai V.R 2006. Drought forecasting using feed_forward recursive neural network, ecological modeling, 198: 127–138.

Sáenz M.C., Montoya F.F. and de Mingo R.G. 2009. The Role of Groundwater During Drought. In: Iglesias A. et all. (eds.) Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems. Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol 26. Springer, Dordrecht, Chapter 15: 221-241

Wilhite D. 2005. Drought and water crises, science, technology, and management issues, CRC Press Taylor & Francis Group, USA.

Wilhite D. 2014. "Drought: Past and Future." Presented at Drought in the Life, Cultures, and Landscapes of the Great Plains, University of Nebraska-Lincolnon April 2, 2014.