DOI: 10.22092/irm.2021.124821

گفت‌وگوی چالشی

در میزگرد تخصصی «طبیعت ایران» مطرح شد

بررسی مدیریت آب در حوزه‌های کارون، کرخه، زهره- جراحی و ارتباط آن با گرد و غبار خوزستان

از سال ۱۳۹۵ که موضوع گرد و غبار در خوزستان، به بحرانی برای استان و کشور تبدیل شد، وزارت جهاد کشاورزی، مسئولیت کنترل و تثبیت گرد و غبار خوزستان و مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، مسئولیت مطالعات و ارائه برنامه تثبیت و مهار ریزگردها را بر عهده گرفت. در دو شماره قبلی نشریه طبیعت ایران، با حضور مهمانان و دست‌اندرکاران، درمورد چگونگی ورود مؤسسه به موضوع، مطالعات و کارهای اجرایی بحث و گفت‌وگو شد. کارگروه مطالعاتی مؤسسه حین بررسی موضوع به این نتیجه رسید که علل فعال شدن کانون‌های بحرانی ریزگرد را باید در خارج از استان جستجو کرد و برای پی بردن به این علل، بررسی و مطالعه حوزه‌های آبخیزی که این استان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، ضروری است. در این شماره از نشریه طبیعت ایران، آقای دکتر عادل جلیلی ریاست محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سرکار خانم‌ها دکتر فاطمه درگاهیان، دکتر سکینه لطفی‌نسب‌اصل، دکتر سمانه رضوی‌زاده و دکتر سمیرا زندی‌فر از اعضای محترم هیئت‌علمی و دکتر زهرا سعیدی‌فر کارشناس محترم بخش تحقیقات بیابان مؤسسه که مطالعات مربوط به وضعیت آب در سه حوزه کارون بزرگ، کرخه و زهره– جراحی را انجام داده‌اند، حضور دارند.

آقای دکتر جلیلی، لطفاً به‌عنوان مسئول مطالعات و بررسی این موضوع، بفرمایید چگونه به نقش مدیریت آب حوزه‌ها در فعال شدن کانون‌های بحرانی خوزستان، پی بردید؟ همچنین چگونگی تشکیل کارگروه مطالعات را نیز تشریح کنید.

دکتر عادل جلیلی (رئیس محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور)

وقتی مطالعه کنترل ریزگرد خوزستان به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور واگذار شد، کارگروه‌های مختلفی تشکیل شدند. ابتدا قرار بود، تنها روی کانون‌های ریزگرد متمرکز شویم، ولی بعد از یک مطالعه

دکتر عادل جلیلی

دکتر فاطمه درگاهیان

دکتر سکینه لطفی‌نسب

دکتر سمیرا زندی‌فر

دکتر سمانه رضوی‌زاده

دکتر زهرا سعیدی‌فر

اولیه به این نتیجه رسیدیم که در ایجاد این کانون‌ها، علاوه‌بر تخریب عرصه‌های طبیعی و ... مقوله آب نیز نقش اساسی را بازی می‌کند. منشأ گرد و غبار یا ریزگرد در این استان، تحت تأثیر سه پدیده عقب‌نشینی آب در تالاب‌ها، عدم وجود سیلاب‌ها در دشت‌های سیلابی و تخریب مراتع است. خشک شدن تالاب‌ها و دشت‌های سیلابی، ما را به نقش آب در ایجاد این کانون‌ها در خوزستان هدایت کرد. فرضیه محدودیت آب از دو جنبه بررسی شد، فرض اول این بود که پس از ورود آب به خوزستان و میزان مصرف بیش از حد آن، این کانون‌ها از آب محروم شده‌اند، فرض دوم این بود که خود حوزه‌ها با کاهش آورد آبی روبه‌رو شده‌اند، پیش از اینکه آب وارد دشت خوزستان شود. بنابراین، ناچار شدیم به مطالعه حوزه‌ها (کرخه، کارون بزرگ و زهره- جراحی) توجه کنیم، در این ارتباط کارگروه‌های مختلفی تشکیل شدند. سطح این سه حوزه حدود ۱۶ میلیون هکتار است، که از کردستان شروع و به خوزستان ختم می‌شود، تمرکز ما در این حوزه‌ها، بیشتر از نگاه راهبردی بود. هدف، بررسی جریان کلی آب در این سه حوزه و پیدا کردن علل کاهش آن بود، این موارد از زوایای مختلف ازجمله اثر تغییر اقلیم و مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی در کمیت و کیفیت آن بررسی شد. در ادامه، خانم‌ها دکتر سکینه لطفی‌نسب‌اصل، دکتر فاطمه درگاهیان، دکتر سمیرا زندی‌فر، دکتر سمانه رضوی‌زاده و دکتر زهرا سعیدی‌فر که هر کدام، قسمتی از مطالعات را بر عهده داشته‌اند، نتایج به دست آمده را به اطلاع خواهند رساند.

طبیعت ایران

سرکار خانم دکتر سعیدی‌فر، شما آورد آب به استان خوزستان را در دهه‌های گذشته مطالعه کرده‌اید، باتوجه به اینکه آورد آبی در این سه حوزه می‌تواند بیانگر چگونگی مدیریت آب در منطقه باشد و با کاهش و افزایش آورد آبی، می‌توان نشان داد چه اتفاقی روی داده است، لطفاً مطالعات خود را در این سه حوزه پیرامون آورد آبی، تبیین فرمایید. در سال‌های گذشته تغییرات ورود آب به این سه حوزه چگونه بوده است؟

دکتر زهرا سعیدی‌فر (کارشناس محترم بخش تحقیقات بیابان)

استان خوزستان به سبب بهره‌مندی از بخش عظیمی از منابع آبی، به‌ویژه آب‌های سطحی، که رقمی معادل ۳۳درصد از منابع آب سطحی کشور را در برمی‌گیرد، از پتانسیل بالای آبادانی به همراه مشکلات زیادی در این زمینه برخوردار است. جاری شدن ۵ رودخانه بزرگ (کارون، دز، کرخه، مارون و زهره) که ماحصل منابع آب سرازیر شده از استان‌های هم‌جوار به دشت خوزستان هستند و رواناب‌های میان‌حوزه‌ای و رودخانه‌های کوچک، استان خوزستان را با چالش‌هایی در زمینه بهره‌برداری بهینه از منابع آب روبه‌رو کرده است. منطقه موردمطالعه شامل سه حوزه آبخیز زهره- جراحی، کارون و کرخه است. مساحت این سه حوزه معادل ۱۵۹۳۱۷/۵ کیلومترمربع است و دربرگیرنده تمام یا بخش‌هایی از ۱۱ استان (کهگیلویه و بویراحمد، فارس، خوزستان، لرستان، کرمانشاه، ایلام، چهارمحال و بختیاری، کردستان، مرکزی، همدان و اصفهان) است. درمجموع طی این مطالعه ۲۹ ایستگاه هیدرومتری در حوزه کارون، ۲۴ ایستگاه هیدرومتری در حوزه کرخه و ۲۰ ایستگاه هیدرومتری در حوزه زهره- جراحی بررسی شد. به‌منظور بررسی بهتر میزان کاهش یا افزایش دبی در بازه‌های زمانی مجزا و تحلیل میزان اثرپذیری تغییر دبی رودخانه از عوامل اقلیمی و مدیریتی،اقدام به بررسی دهه‌ای جریان در یک دوره پنجاه ساله از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۴ در قالب ۵ دهه (۱۳۵۵ - ۱۳۴۵ ، ۱۳۶۵-۱۳۹۵ ، ۱۳۷۵-۱۳۶۶ ، ۱۳۸۵- ۱۳۷۶ و ۱۳۹۵ - ۱۳۸۶) شد، همچنین شاخص خشک‌سالی هیدرولوژی طی یک دوره ۵۰ ساله در قالب ۵۰ نقشه خروجی خشک‌سالی، مطالعه و خشک‌سالی‌ها از سرشاخه تا خروجی حوزه‌ها ارزیابی شدند. نتایج به‌دست‌آمده چند موضوع اساسی را به اثبات رساند:

نکته قابل‌توجه اول: جریان طبیعی رودخانه‌ها در هر سه حوزه کارون، کرخه و زهره- جراحی دارای افت خیلی شدید از سال ۱۳۸۶ به بعد بود که بررسی نمودارهای تغییرات سالانه جریانات سطحی در هر سه حوزه در ده سال اخیر این موضوع را به اثبات رساند.

نکته قابل‌توجه دوم: بررسی تغییرات دهه‌ای جریانات سطحی، الگوی هماهنگ و یکنواخت تغییرات بین دهه‌ای را در ایستگاه‌های هیدرومتری هر سه حوزه نشان داد، به‌طوری‌که از دهه اول تا دهه سوم شاهد افزایش جریانات سطحی بوده‌ایم و دهه سوم نسبت به سایر دهه‌ها بالاترین میانگین دبی را داشته است، اما از دهه سوم به بعد (دو دهه ۸۵-۱۳۷۶ و ۹۵-۱۳۸۶) شاهد کاهش جریانات سطحی بوده‌ایم، به‌طوری‌که در دهه اخیر بالاترین درصد کاهش تقریباً در تمام ایستگاه‌های هیدرومتری سه حوزه مشهود بوده است.

نکته قابل‌توجه سوم: روند کاهشی دبی متوسط سالانه در ۱۰ سال اخیر (۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵) نسبت به ۴۰ سال قبل در درون استان و در ایستگاه‌های واقع در قسمت پایین‌دست حوزه‌ها، که شامل ایستگاه‌های درون استان خوزستان است، دارای شیب کاهشی خیلی شدیدتر نسبت به خارج استان بوده و افت شدیدتری را نشان داده است.

میانگین کاهش جریان ۱۰ سال اخیر نسبت به ۴۰ ساله گذشته در هر سه حوزه، در استان خوزستان ۶۰/۶درصد و در خارج استان ۴۵/۷درصد است. متوسط درصد کاهش دبی متوسط ۱۰ سال اخیر (۹۵-۱۳۸۶) نسبت به ۴۰ سال قبل از آن (۸۵- ۱۳۴۵) در رودخانه کارون، در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در داخل استان خوزستان برابر با ۴۶/۲درصد و در ایستگاه هیدرومتری خارج از استان برابر با ۴۰/۸درصد است.

روند نزولی دبی رودخانه کرخه شدیدتر بود و در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در داخل استان خوزستان برابر با ۶۴/۷درصد و در ایستگاه هیدرومتری خارج از استان خوزستان برابر با ۵۵/۵درصد است. باتوجه به اینکه غالب کانون‌های گردوغبار در درون حوزه زهره- جراحی هستند، افت جریانات سطحی نیز در این حوزه شدت خیلی بالایی داشت. متوسط درصد کاهش دبی ۱۰ سال اخیر (۹۵-۱۳۸۶) نسبت به ۴۰ سال قبل از آن (۸۵- ۱۳۴۵) در رودخانه جراحی، در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در داخل استان خوزستان برابر با ۵۹/۹۹درصد و در ایستگاه هیدرومتری خارج از استان خوزستان برابر با ۳۲/۹۷ درصد است. همچنین متوسط درصد کاهش دبی در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه زهره واقع در استان خوزستان برابر با ۷۱/۴۶ و در ایستگاه‌های هیدرومتری خارج از استان خوزستان برابر با ۵۳/۶۹ درصد است.

این مسئله نشان می‌دهد، در ۱۰ سال اخیر مصارف و مدیریت نادرست منابع آب، تأثیر و فشار بیشتری بر بخش‌های پایین‌دست حوزه نسبت به بالادست حوزه اعمال کرده است.

در ادامه این مطالعه ما هر سه حوزه استان خوزستان را به‌عنوان یک محدوده مجزا، که دارای ورودی و خروجی است، در نظر گرفتیم و تغییرات رخداده بین ورودی‌ها و خروجی‌های این محدوده را ارزیابی کردیم. در این بررسی در سال‌هایی که تعادل در حوزه، برقرار و شرایط ایده‌آل حاکم بوده است، به‌طور نرمال میزان جریان‌های خروجی بیشتر از جریان‌های ورودی به استان بوده است، اما در بعضی از دوره‌های بررسی شده، این نظم به‌ویژه در دهه‌های اخیر به‌هم‌ریخته است، به‌طوری‌که در رودخانه‌های کارون و جراحی که بخش عظیمی از آب استان را تأمین می‌کنند، مشاهده کردیم تا دهه سوم (از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵)، جریانات خروجی از ورودی بیشتر و تعادل برقرار بوده است. در دهه بعدی (۸۵-۱۳۷۶) جریانات خروجی و جریانات ورودی خیلی به هم نزدیک شده است، تا اینکه در دهه آخر (۹۵-۱۳۸۶) مقدار جریانات خروجی از جریانات ورودی به استان کمتر شده است. به‌عنوان‌مثال جریانات خروجی در حوزه کارون نسبت به جریانات سطحی ورودی حدود ۱۷درصد کاهش داشته است

که نشان‌دهنده فشار بر منابع آبی و تأثیر عوامل مدیریتی بر کاهش جریانات سطحی در دشت خوزستان است که در ادامه بیشتر در این زمینه بحث خواهد شد.

بررسی دبی ورودی و خروجی به استان خوزستان در حوزه کرخه نشان داد، در دهه اول (دهه ۵۵-۱۳۴۵) و دهه دوم (دهه ۶۵-۱۳۵۶) میزان دبی خروجی از دبی ورودی بالاتر بوده، که نشان‌دهنده تعادل مصارف درون استان است. در دهه سوم (۷۵-۱۳۶۶)، میزان دبی ورودی تا حدود زیادی به دبی خروجی نزدیک شده، ولی همچنان خروجی‌ها نسبت به ورودی‌ها دارای وضعیت مناسب‌تری هستند و میزان خروجی‌ها ۱/۳۶درصد از ورودی‌ها بالاتر است. این تعادل در دو دهه اخیر از بین رفته و شرایط معکوس در سطح استان حاکم شده است، به‌طوری‌که در دهه چهارم (۸۵-۱۳۷۶)، شاهد کاهش شدید خروجی‌ها نسبت به ورودی‌ها بوده‌ایم و میزان خروجی، ۲۰/۹۲درصد نسبت به ورودی کاهش داشته است. در دهه اخیر (۹۵-۱۳۸۶) شدیدترین کاهش در دبی‌های خروجی نسبت به ورودی به استان مشاهده شد و این کاهش به ۴۸درصد رسید.

بررسی سالانه و دهه‌ای خشک‌سالی هیدرولوژیکی حوزه نیز نشان داد، طی دهه اخیر (۹۵-۱۳۸۶) شدیدترین خشک‌سالی‌ها در حوزه رخ داده، که بیشترین شدت این خشک‌سالی‌ها در خروجی حوزه اتفاق افتاده است. این در حالی است که در دهه‌های آغازین مطالعات، وضعیت حوزه بیشتر به سمت ترسالی و نرمال متمایل بوده است.

طبیعت ایران

منظور از داخل و خارج استان چیست؟ معیارهای انتخاب محدوده داخل و خارج استان در خوزستان کدام‌ها هستند؟ آیا تقسیمات سیاسی مد نظر بوده است؟ یا تقسیم‌بندی با توجه به حوزه‌های آبخیز انجام شده است؟

دکتر زهرا سعیدی‌فر

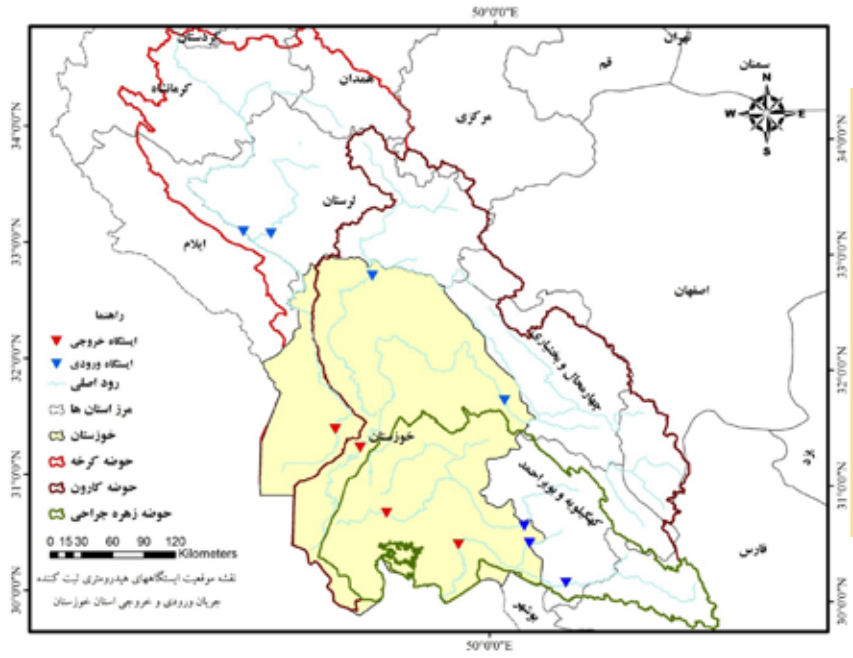
دیدگاه ما در این بخش از مطالعه به‌صورت تلفیقی از تقسیمات سیاسی (استانی) و حوزه‌های آبخیز بوده است. با توجه به تمرکز مطالعات ریزگرد بر استان خوزستان و نگاه ویژه به مسائل این استان بر آن شدیم که در هر یک از ۳ حوزه، علاوه‌بر بررسی‌های حوزه‌ای، استان خوزستان را به‌صورت یک محدوده مطالعاتی مجزا نیز، مطالعه و بررسی کنیم و به مقایسه تغییرات رخ‌داده بین جریان ورودی و خروجی به این محدوده طی دهه‌های مختلف بپردازیم. مطابق شکل ۱، به‌عنوان‌مثال در حوزه کارون، ۲ ایستگاه ثبت‌کننده جریان ورودی به استان و یک ایستگاه خروجی (ایستگاه انتهایی استان) وجود دارد. تغییرات در مسافت بین این دو ایستگاه نشان‌دهنده وضعیت مدیریت آب در استان خوزستان است.

طبیعت ایران

تغییرات آورد آبی، تحت تأثیر تغییر اقلیم بوده است یا سیاست‌های مدیریتی؟

دکتر عادل جلیلی

ما دو هدف را دنبال می‌کردیم و آگاه بودیم آورد آبی هم‌زمان تحت تأثیر مدیریت منابع آب و تغییر اقلیم است که درنهایت به یک عدد می‌رسد. در حالت طبیعی، میزان آورد آبی، ۳۰۰ مترمکعب بوده است و هم‌اکنون این مقدار، به ۶۰ مترمکعب رسیده است، آورد آبی، نخست وارد خوزستان، سپس هورالعظیم و درنهایت خلیج فارس می‌شود. آب در این حوزه تحت مدیریت‌های مختلف قرار می‌گیرد، درواقع نگاه به آب



نقشه موقعیت استان خوزستان و ایستگاه‌های هیدرومتری ثبت‌کننده جریان ورودی و خروجی این استان در سه حوزه کارون، کرخه و زهره- جراحی

در این حوزه، بیشتر نگاه مدیریتی است، همکاران دیگر ما در بخش بیابان از جمله آقایان دکتر سید اخلاقی و شفیعی به در پروژهای نقش مدیریت در این موضوع را بررسی کرده و به دنبال این پاسخ بودند که چند درصد این کاهش مربوط به مدیریت و چقدر مربوط به اقلیم بوده است. افزایش سطح زمین‌های آبی و زمین‌های دیم در استان خوزستان نشان می‌دهد، آب ورودی به حوزه، بیشتر در زمین‌های کشاورزی (آبی) استفاده می‌شود.

طبیعت ایران

سرکار خانم دکتر درگاهیان شما مطالعات اقلیمی سه حوزه را بر عهده داشتید. طبق توضیحات خانم دکتر سعیدی‌فر، تغییرات زیادی در دهه‌های گذشته در میزان آورد آبی به خوزستان مشاهده می‌شود، این تغییرات می‌تواند تحت تأثیر تغییر اقلیم و مدیریت انسان باشد. مطالعات اقلیمی شما در این سه حوزه چه نتایجی را دربر داشته است؟ چه میزان از تغییرات آورد آبی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی بوده است؟

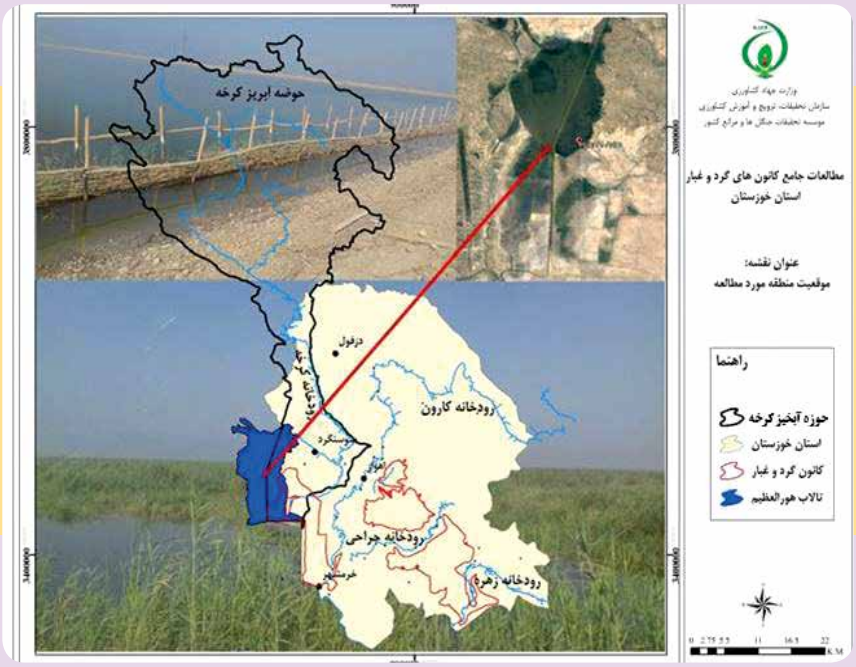
دکتر فاطمه درگاهیان (رئیس گروه تحقیقات اقلیم و بیابان در بخش تحقیقات بیابان)

اگرچه کانون‌های گرد و غبار، ازنظر موقعیت مکانی، در محدوده استان خوزستان واقع شده‌اند، اما به‌دلیل قرارگیری در بخش پایین‌دست حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره- جراحی و نیز به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد کانون‌های گرد و غبار از شرایط بالادست، ویژگی‌های اقلیمی مرتبط با پدیده گرد و غبار در محدوده سه حوزه بررسی شد. با بررسی و تحلیل روند تغییرات دهه‌ای نواحی اقلیمی حوزه‌های آبخیز کرخه، کارون و زهره- جراحی، سه ناحیه اقلیمی ازجمله ناحیه مرطوب و معتدل، ناحیه گرم و خشک و ناحیه بسیار گرم و خشک در منطقه موردمطالعه شناسایی شدند. نتایج نشان داد، به سمت دوره‌های اخیر، علاوه‌بر جابه‌جایی مکانی ناحیه مرطوب، از وسعت آن نیز کاسته شده است و وسعت ناحیه گرم خشک و بسیار گرم و خشک افزایش داشته است. افزایش مکانی و زمانی نواحی اقلیمی گرم و خشک و بسیار گرم و خشک و کاهش منطقه مرطوب، توانسته است منجر به توسعه و تشدید کانون‌های گرد و غبار، به‌ویژه در پایین‌دست حوزه‌های آبخیز موردمطالعه شده است.

تغییرات روند و معنی‌داری بارش سالانه بلندمدت سه حوزه آبخیز کارون بزرگ، کرخه، جراحی- زهره نشان داد، در یک دید کلی چهار سیکل افزایش و سپس کاهشی در داده‌های بارش سالانه بلندمدت سه حوزه مشاهده شد. میانگین بارش سه حوزه ۴۴۵ میلی‌متر است. در این دوره ۵۰ ساله از سال آبی ۴۶-۱۳۴۵ تا ۹۵-۱۳۹۴، اگرچه روند تغییرات بارش کاهشی بوده است، اما این روند کاهشی معنی‌دار نبوده و در دهه اخیر ۷ سال بارش کمتر از میانگین بوده است.

در محدوده حوزه آبخیز کارون بزرگ بارش درمجموع در دو دهه اخیر روند کاهشی داشته که بیشترین کاهش در دهه اخیر بوده است. میانگین بلندمدت بارش حوزه تقریباً ۵۱۱ میلی‌متر است که در دهه اخیر، ۸ سال بارش کمتر از میانگین بوده است. تغییرات روند و معنی‌داری بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز کرخه نشان داد، بی‌نظمی بارش در آن از سایر حوزه‌ها بیشتر است. اگرچه روند تغییرات بارش، کاهشی است، اما فاقد معنی‌داری است. میانگین بارش سالانه بلندمدت در این حوزه تقریباً ۴۱۸ میلی‌متر است. در دهه اخیر بیشتر سال‌ها، بارشی کمتر از میانگین بلندمدت را تجربه کرده‌اند.

تغییرات بارش متوسط سالانه در محدوده



حوزه آبخیز جراحی- زهره نشان داد، اگرچه روند تغییرات کاهش آن معنی‌دار نیست، اما در بین حوزه‌های سه گانه، حوزه آبخیز جراحی- زهره در دهه اخیر، بیشترین میزان کاهش را نسبت به میانگین داشته است، به‌طوری‌که در دهه اخیر، ۸ سال بارش متوسط سالانه کمتر از متوسط بلندمدت و دو سال نیز تقریباً حول میانگین بوده است.

بررسی تغییرات دهه‌ای بارش نشان داد، در محدوده سه حوزه کارون بزرگ، کرخه و جراحی- زهره کاهش بارندگی از دو دهه قبل آغاز شده است، اگرچه این کاهش در دهه ماقبل از دهه اخیر چندان قابل لمس نبوده و آثار کاهش بارندگی خود را به خوبی نمایان نکرده است، اما در دهه اخیر درمجموع در محدوده هر سه حوزه درصد کاهش بارندگی رخ داده است که کاملاً محسوس بوده و آثار زیان‌بار آن با توجه به سایر پارامترها ازجمله دما و تبخیر دوچندان شده است. در آخرین دهه، بیشترین کاهش، با ۳۴درصد، مربوط به حوزه آبخیز جراحی- زهره بوده است، به‌طوری‌که کاهش بارش در این حوزه، بیشتر از دو برابر میانگین کاهش بارش حوزه‌های آبخیز است، حوزه‌ای که بیشتر کانون‌های فعال گرد و غبار در دهه اخیر در آن واقع شده است.

بررسی روند سالانه میانگین دما در سه حوزه نشان می‌دهد، از سال ۱۳۷۷- ۱۳۷۸ جهشی معنی‌دار در سری داده‌ها رخ داده است، به‌طوری‌که میانگین دوره قبل از جهش ۱۵/۹درجه سانتی‌گراد و پس از آن ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد است که تقریباً ۱/۶ درجه سانتی‌گراد متوسط دمای سه حوزه افزایش داشته است.

بررسی روند سالانه دمای حداکثر در سه حوزه نشان می‌دهد، از سال ۱۳۷۷- ۱۳۷۸ جهشی معنی‌دار در سری داده‌ها رخ داده است، به‌طوری‌که میانگین دوره قبل از جهش ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد و پس از آن ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد است که متوسط دمای حداکثر سه حوزه، تقریباً ۱/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. متوسط دمای حداکثر در حوزه

آبخیز کارون بزرگ ۰/۹ درجه سانتی‌گراد، در حوزه آبخیز کرخه ۱/۲ درجه سانتی‌گراد و در حوزه آبخیز جراحی- زهره ۱/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. بررسی روند سالانه متوسط دمای حداقل در سه حوزه نشان می‌دهد، از سال ۱۳۷۷- ۱۳۷۸ جهشی معنی‌دار در سری داده‌ها رخ داده است، به‌طوری‌که میانگین دوره قبل از جهش ۸/۳ درجه سانتی‌گراد و پس از آن ۹/۶ درجه سانتی‌گراد است که متوسط دمای حداقل سه حوزه، تقریباً ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. این افزایش در حوزه آبخیز کارون و کرخه ۱ درجه سانتی‌گراد و در حوزه آبخیز جراحی- زهره ۱/۴ درجه بوده است. بنابراین کمینه‌های دما بیشتر از بیشینه‌های دما افزایش داشته است و افزایش دما در محدوده حوزه آبخیز زهره- جراحی با بیشترین مساحت کانون‌های گرد و غبار، بیشتر از دو حوزه آبخیز دیگر است.

پهنه‌بندی تبخیر دهه‌ای حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره- جراحی نشان داد، در دهه اول، کمترین میزان تبخیر در بالادست حوزه‌ها بین ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر و در پایین‌دست ۲۶۰۰ تا ۲۷۰۰ میلی‌متراست. در دهه دوم، پتانسیل تبخیر افزایش یافته و در بالادست حوزه‌ها به ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ و در پایین‌دست به ۳۲۰۰ تا ۳۴۰۰ میلی‌متر رسیده است. در دهه سوم، حداقل تبخیر تغییری نداشته، اما حداکثر آن به ۳۶۰۰ میلی‌مترافزایش یافته است. در دهه چهارم، بر مقدار تبخیر هم در بالادست حوزه‌ها و هم در پایین‌دست آنها افزوده شده است، در بالادست میزان تبخیر به ۹۵۰ تا ۱۳۵۰ میلی‌متر و در پایین‌دست به ۳۶۰۰ تا ۳۷۰۰ میلی‌متر رسیده است. در دهه پنجم، بر مقدار تبخیر هم در بالادست حوزه‌ها و هم در پایین‌دست آنها افزوده شده است، در بالادست به ۹۸۰ تا ۱۳۶۰ و در پایین‌دست به ۳۵۰۰ تا ۳۸۰۰ میلی‌متر رسیده است.

پهنه‌بندی رطوبت نسبی حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی نشان داد، بیشترین رطوبت نسبی در بالادست حوزه کرخه و ارتفاعات بالای حوزه کارون قرار دارد و نواحی ساحلی و مناطقی با کشت‌های وسیع آبی و شبکه‌های آبیاری بزرگ مانند دزفول و شوشتر، در مرتبه دوم هستند. روند سالانه تغییرات رطوبت در هر سه حوزه، کاهشی است، شیب این تغییرات در حوزه جراحی- زهره با بیشترین مساحت گرد و غبار، بیشتر از سایر حوزه‌هاست.

عوامل متعددی بر توزیع و تعداد ساعات آفتابی تأثیرگذار است، ابر و مه و گرد و غبار، به‌عنوان پدیده‌های هواشناسی، با ایجاد یک لایه مانع از رسیدن اشعه‌های خورشید به سطح زمین می‌شوند، درواقع توزیع آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌دلیل تنوع شرایط اقلیمی در این سه حوزه، تفاوت زیادی در دریافت ساعات آفتابی وجود دارد که از ۲۵۰۰ تا ۳۴۰۰ ساعت در سال متفاوت است. در دهه‌های اول، ساعات آفتابی کم به‌دلیل شرایط ابرناکی، تحت تأثیر فرایندهای بارشی هستند. در دهه اخیر مساحت منطقه ساعات آفتابی کم، به‌دلیل کاهش روزهای همراه با بارش، کم شده است، این کاهش در مناطق محدوده کانون‌های گرد و غبار و مناطقی بوده است که بیشترین گرد و غبارها را داشته‌اند، درواقع بالا بودن غلظت ذرات

از رسیدن نور خورشید به زمین جلوگیری کرده است. اگرچه روند شیب تغییرات تعداد ساعات آفتابی سالانه در هر سه حوزه افزایشی بوده است، اما روند شیب تغییرات تعداد ساعات آفتابی در حوزه جراحی– زهره کاهشی است و این به‌دلیل روند افزایش تعداد رخدادهای گرد و غبار بوده است.

یکی از عوامل تشدید و توسعه کانون‌های گرد و غبار، به‌ویژه در دهه اخیر در استان خوزستان به‌عنوان منطقه خروجی سه حوزه آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره– جراحی، رخداد خشک‌سالی‌های متوالی در بالادست و پایین‌دست این حوزه بوده است. به‌منظور بررسی وضعیت خشک‌سالی سه حوزه از دو شاخص خشک‌سالی SPI و SPEI برای ۵ دهه استفاده شده است. با توجه به اهمیت کاربرد شاخص خشک‌سالی SPEI ، به‌ویژه برای عرض‌های جغرافیایی پایین، مساحت تحت تأثیر خشک‌سالی به تفکیک حوزه آبخیز بررسی شده است.

مقایسه دو شاخص خشک‌سالی SPI و SPEI برای سه حوزه نشان داد، در دهه های اول که بارش نقش تعیین‌کنندتری در تعیین مساحت خشک‌سالی در حوزه‌ها داشت، شدت خشک‌سالی‌ها براساس شاخص SPI بیشتر از شاخص SPEI بود، اما در دو دهه اخیر با توجه به روند افزایش دما، به‌ویژه در دهه اخیر، شدت خشک‌سالی‌ها براساس SPEI بیشتر است.

بررسی شاخص خشک‌سالی SPEI در حوزه کارون بزرگ نشان داد، در دهه اخیر ۵۳درصد حوزه با شرایط خشک‌سالی شدید، ۱۳درصد آن با شرایط خشک‌سالی بسیار شدید و ۲۹درصد آن با خشک‌سالی متوسط و ضعیف همراه بوده است و در محدوده بسیار کوچکی، حدود ۱درصد، شرایط ترسالی و ۴درصد شرایط نرمال بوده است. به‌عبارت‌دیگر، ۹۵درصد حوزه آبخیز با انواع خشک‌سالی‌ها مواجه بوده است. کاهش بارش و افزایش دما شرایط این دهه را در حوزه کرخه، به شرایط فوق بحرانی تبدیل کرده است. کل مساحت حوزه با انواع خشک‌سالی همراه است، به‌طوری‌که ۵۳درصد آن با خشک‌سالی متوسط، حدود ۴۲درصد با خشک‌سالی شدید، ۳درصد با خشک‌سالی خفیف و حدود ۲درصد با خشک‌سالی بسیار شدید روبه‌رو بوده است، به بیان دیگر ۱۰۰درصد حوزه در شرایط خشک‌سالی به سر می‌برد.

در حوزه جراحی– زهره، که بیشتر کانون‌های گرد و غبار داخلی در آن مستقر هستند، رخداد خشک‌سالی‌ها از دو حوزه دیگر شدیدتر است، به‌طوری‌که کل مساحت حوزه با انواع خشک‌سالی مواجه شده و دارای شرایط بحرانی است، درواقع خشک‌سالی شدید و بسیار شدید در محدوده کانون‌های گرد و غبار رخ داده است. خشک‌سالی شدید با ۶۷درصد (بیشترین مساحت)، خشک‌سالی بسیار شدید با ۲۷درصد و خشک‌سالی متوسط با حدود ۶درصد در این حوزه حاکم است.

بررسی مؤلفه‌های اقلیمی مؤثر بر طوفان‌های گرد و غبار جنوب غرب کشور در شرایط تغییر اقلیم، نشان داد، هیچ یک از عوامل اقلیمی نسبت به یک دیگر برتری نداشته است و افزایش این رخداد متأثر از یک عامل نیست، بلکه درهم‌آمیختگی مجموعه رخدادهای دمایی، بارشی و خشک‌سالی در کنار سوء مدیریت به شکل دو سویه، آسیب‌پذیری منطقه موردمطالعه را افزایش داده است. نتایج دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه بیان می‌کند، در صورت عدم توجه به مدیریت یکپارچه چند رخدادی برای افزایش ظرفیت سازگاری و تاب‌آوری، روند وضعیت موجود تا اواخر قرن بیست و یکم ادامه خواهد داشت و چالش‌های اساسی در کنترل طوفان گرد و غبار و پیامدهای محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی آن به وجود خواهد آمد.

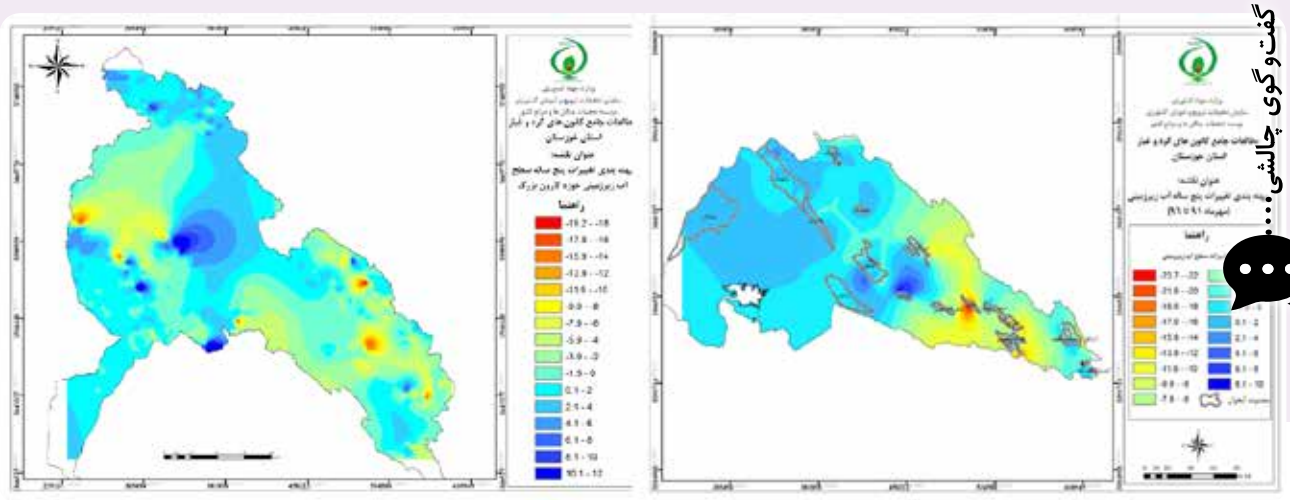
طبیعت ایران

سرکار خانم دکتر زندی‌فر، مطالعات شما پیرامون وضعیت آب‌های زیرمینی سه حوزه مرتبط با استان خوزستان بوده است. با توجه به اینکه سطح آب زیرزمینی معیار بسیار خوبی در تبیین چگونگی مدیریت آب است، لطفاً نتایج مطالعات خود را در اختیار این نشریه قرار دهید. وضعیت سطح آب‌های زیرزمینی در دهه‌های گذشته چگونه بوده

است؟ این وضعیت چه تأثیری بر چشمه‌ها، قنات‌ها و آب‌های سطحی در این سه حوزه داشته است؟

دکتر سمیرا زندی‌فر (عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات بیابان)

همان طور که می‌دانید با توجه به آب‌وهوای خشک و بیابانی، فقر بارندگی، نبود منابع آب سطحی مناسب و دائمی در بیشتر مناطق ایران، به‌خصوص نواحی خشک جنوبی، افزایش روزافزون جمعیت و نیاز آبی در زمینه‌های مختلف به‌ویژه شرب و کشاورزی، لزوم استفاده از منابع آب زیرزمینی آشکارتر می‌شود. عدم توزیع زمانی و مکانی مناسب ریزش‌های جوی در کل کشور و وجود شرایط اقلیمی نامناسب باعث می‌شود، استفاده از ذخایر آب زیرزمینی، که گاهی اوقات تنها تأمین‌کننده نیازهای آبی یک منطقه محسوب می‌شوند، مطرح شود. درواقع آثار تهی‌شدگی سفره‌های آب زیرزمینی بحث پیچیده‌ای است و مهم‌ترین اثری که بر جای می‌گذارد، کاهش سطح ایستابی است که خود باعث افزایش هزینه پمپاژ و خشک‌شدن چاه‌های آب و درنتیجه فرونشست زمین

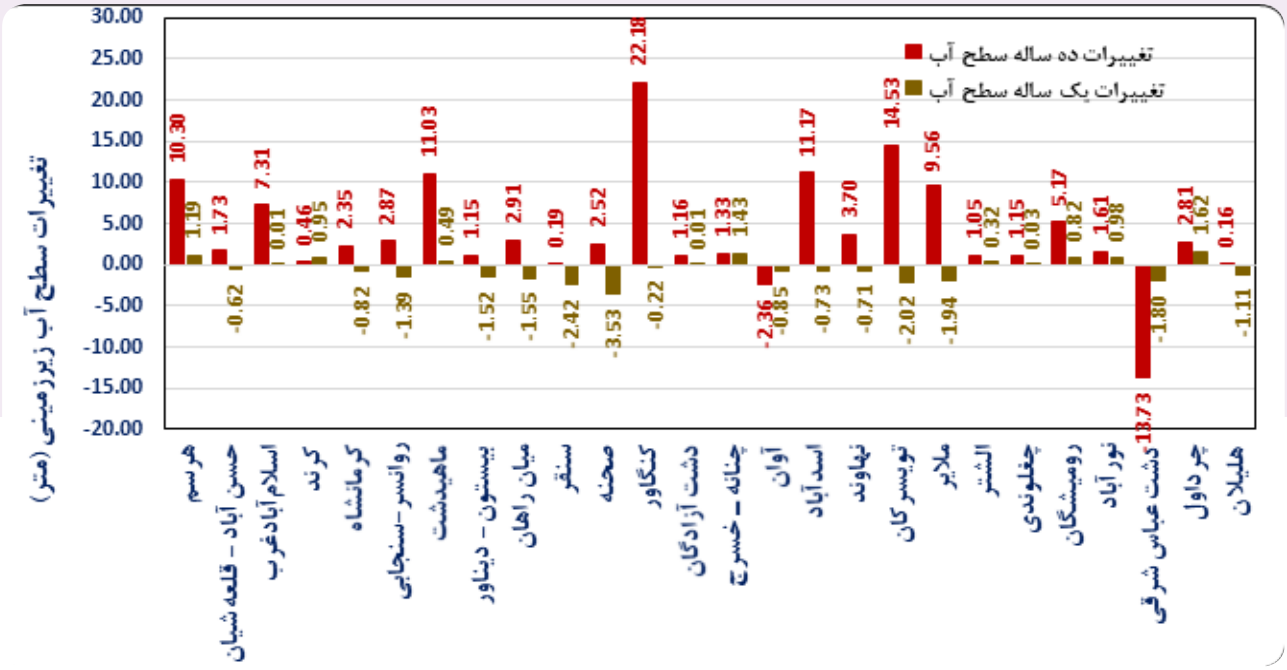


پهنه‌بندی تغییرات پنج‌ساله تراز آب زیرزمینی در حوزه‌های آبریز کارون بزرگ زهره جراحی از مهر ۱۳۹۱ تا مهر ۱۳۹۶

می‌شود. از دیگر آثار آن می‌توان به کاهش تخلیه آب زیرزمینی به چشمه‌ها، کاهش دبی رودخانه‌ها، تنزل کیفیت آب در آبخوان‌ها، افزایش شوری از طریق نفوذ آب شور به آبخوان‌های اطراف و درنهایت تخریب خاک و ایجاد مناطق بیابانی در کشور اشاره کرد. به‌طورکلی یکی از عوامل اصلی در به چالش کشیدن وضعیت منابع طبیعی کشور، بحرانی‌شدن همین آب‌های زیرزمینی است که درنهایت روی وضعیت پوشش گیاهی، تالاب‌ها و اکوسیستم‌های مختلف تأثیرگذار هستند، به‌ویژه استان خوزستان که درگیر بحران‌های شدیدی پیرامون این مسائل است. با این مقدمه لزوم مطالعه آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان عامل اصلی، در بحث کنترل ریزگردها خودنمایی می‌کند. گروه مطالعات آب زیرزمینی، در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در طرح جامع ریزگردهای خوزستان تلاش کرد تا وضعیت آب‌های زیرزمینی موجود در استان خوزستان و خارج از آن را در هر سه حوزه کارون، کرخه و زهره- جراحی به‌طور کامل بررسی کند. درمجموع در سه حوزه مورد اشاره، ۱۰۱ محدوده مطالعاتی و ۱۱۰ آبخوان مطالعه و بررسی شد و دستاوردهای بسیار مهمی از این مطالعات به دست آمد.

وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی در هر سه حوزه منتهی به کانون‌های گرد و غبار خوزستان از یک الگوی تقریباً یکسان پیروی می‌کنند. درواقع می‌توان گفت روند افزایشی در حفر چاه‌ها و افزایش برداشت در هر سه حوزه باعث کاهش سطح آب زیرزمینی و ایجاد کسری مخزن در اکثر آبخوان‌های این حوزه‌ها شده است. به‌طورکلی، در سال ۱۳۸۱ در حوزه زهره- جراحی، ۲۹۷۱ حلقه چاه نیمه‌عمیق با برداشت و تخلیه ۲۳۶ میلیون مترمکعب در سال ثبت شده است. این در حالی است که این تعداد در سال ۱۳۹۶ به ۵۶۶۹ حلقه و تخلیه ۳۵۸ میلیون مترمکعب رسیده است. تعداد چاه‌های عمیق حفر شده نیز با روند افزایشی همراه بوده است، ولی میزان تخلیه روند کاهشی را نشان می‌دهد. درمجموع، در حوزه زهره- جراحی، از ۸۵۵۹ حلقه چاه حفر شده، تعداد ۷۶۷۵ حلقه چاه فعال و ۵۱۵۲ حلقه چاه مجاز است. تصور کنید وضعیت چاه‌های حفر شده و غیرمجاز در این حوزه چگونه است؟ در حوزه کارون، چشمه‌ها ازنظر تعداد ۳۹/۸درصد و ازنظر تخلیه ۶۲/۴درصد از کل تخلیه منابع آب زیرزمینی را به خود اختصاص می‌دهند. روند افزایشی قابل‌توجهی در حفر و تخلیه چاه‌های نیمه‌عمیق در این حوزه دیده می‌شود. در سال ۱۳۸۱، تعداد ۳۹۲۲ چاه نیمه‌عمیق، حفر و ۳۲۷ میلیون مترمکعب از آنها برداشت شده است. در سال ۱۳۹۶، این تعداد به۹۵۲۶ حلقه با تخلیه ۴۷۰ میلیون مترمکعب رسیده است. تعداد چاه‌های عمیق در این منطقه نیز، افزایش یافته، اما میزان تخلیه مشابه حوزه قبلی، روند کاهشی داشته است. دراین حوزه از مجموع ۱۹۲۷۹ حلقه چاه حفر شده، ۱۵۷۲۳ حلقه چاه فعال و ۱۲۷۱۱ حلقه چاه مجاز و مابقی غیرمجاز هستند.

در حوزه کرخه وضعیت تخلیه از منابع آب زیرزمینی برخلاف کارون، بیشتر توسط چاه‌ها انجام می‌شود، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۶ ازنظر تخلیه ۸۵/۷درصد از کل تخلیه منابع آب زیرزمینی مربوط به چاه‌های این حوزه است. درحالی‌که در سال ۱۳۸۲- ۱۳۸۱ تخلیه از چشمه‌ها ۵۳درصد کل بوده است، این مطلب نشان‌دهنده خشکیدگی بسیار واضح و وضعیت بحرانی چشمه‌ها در این منطقه است. روند افزایشی قابل‌توجهی نیز در حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق این حوزه مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که تعداد چاه‌های نیمه‌عمیق از ۹۶۰۴ حلقه در سال ۱۳۸۱ به ۱۶۸۱۲ حلقه در سال ۱۳۹۶می‌رسد. ازنظر تعداد ۲۶۵۴۷ حلقه چاه در این منطقه حفر شده است که ۲۶۰۰۰ چاه فعال است و ۱۴۰۰۰ چاه مجاز و بقیه غیرمجاز هستند. با توجه به افزایش تعداد چاه‌ها و کاهش میزان تخلیه از آنها، موضوع مهاجرت چاه‌ها در این حوزه، بسیار بحث‌برانگیز است، به‌عبارت‌دیگر، پس از حفر یک چاه در منطقه و خشک شدن آن بعد از مدتی، با هدف دسترسی به آب، چاه دیگری در چند متری یا چند کیلومتری آن حفر می‌شود، این چاه‌های خشکیده، در آمار وزارت نیرو دوباره، ثبت می‌شوند. متأسفانه سطح آب در



تغییرات یکساله (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و ده ساله سطح آب زیرزمینی به تفکیک آبخوان در حوزه آبریز کرخه.

این سه حوزه به‌حدی کاهش یافته که مردم را وادار به حفر چاه‌های دیگر کرده است، بنابراین در شمارش چاه‌های عمیق حفرشده در این مناطق، نیاز به بازنگری است. اینکه تعداد حلقه‌های چاه از ۵۰۰۰ به ۹۰۰۰ یا ۱۵۰۰۰ حلقه رسیده و تعداد آنها سه برابر شده است، دلیل وجود فراوانی آب برای برداشت نیست، درواقع نباید تصور شود آب زیرزمینی به فراوانی وجود دارد و ما همچنان می‌توانیم از آن برداشت کنیم.

وضعیت چشمه‌ها و قنات‌ها هم در این سه حوزه، شیب کاهشی بسیار شدیدی را نشان می‌دهند. خشک‌شدگی چشمه‌ها با افزایش تخلیه از چاه‌ها، خشک‌سالی‌های اقلیمی و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی در هر سه حوزه منطبق است. در سال ۱۳۸۱، در حوزه زهره- جراحی تعداد چشمه‌های آب‌دار ۳۳۹۴ دهنه بوده که در سال ۱۳۹۶ به ۲۷۷۱دهنه رسیده است، به‌عبارت‌دیگر، سالانه حدود ۵۷ میلیون مترمکعب از تخلیه آب‌های چشمه‌های این حوزه‌ها کم شده است. در حوزه کارون تعداد چشمه‌ها از ۱۵۱۰۲ دهنه در سال ۱۳۸۱ به ۱۲۱۷۸ دهنه در سال ۱۳۹۶ رسیده است، تعداد چشمه‌ها، در سال ۱۳۸۱ در حوزه کرخه ۱۰۵۲۱ دهنه و در سال ۱۳۹۶، ۸۶۶۶ دهنه بوده است. درمجموع در هر سه حوزه، عمده مصرف آب‌های زیرزمینی با یک شیب افزایشی متعلق به بخش کشاورزی بوده است، ۸۳درصد مصارف در حوزه زهره- جراحی، ۸۸درصد در حوزه کارون و ۸۹درصد در حوزه کرخه به بخش کشاورزی اختصاص داشته است. وضعیت برداشت‌ها از آب‌های زیرزمینی حوزه‌های آبخیز در محدوده مطالعاتی داخل استان خوزستان به‌مراتب خیلی بیشتر از بقیه قسمت‌های حوزه‌های موردنظر است. به‌خصوص شیب افزایشی شدیدی در حفر چاه‌های بهره‌برداری در مناطق جنوبی حوزه‌های کارون و کرخه و غرب حوزه زهره- جراحی منتهی به استان خوزستان مشاهده می‌شود. با توجه به این روند باید جدیت بیشتری در ارائه راهکارهای مدیریتی با هدف کنترل برداشت در قسمت‌های منتهی به کانون‌های گرد و غبار نشان داد.

نتیجه این اضافه برداشت‌ها از هر سه منبع چاه، چشمه و قنات، که درواقع خروجی‌های آب‌های زیرزمینی هستند، کاهش سطح آب در آبخوان‌ها است، این مورد در کل حوزه‌ها مشاهده می‌شود. بیشتر آبخوان‌ها، در هر سه حوزه کم‌وبیش با افت مداوم سطح آب زیرزمینی روبه‌رو هستند، مقدار و شدت این افت در دوره‌های اندازه‌گیری و در دهه‌های اخیر متفاوت بوده است. نشان دادن وضعیت سطح آب زیرزمینی درمجموع کل حوزه براساس اصول علمی صحیح نیست، زیرا بیشتر آبخوان‌ها به همدیگر مرتبط نیستند و مجزا از یکدیگرند و این جزیره‌ای بودن آبخوان‌ها و ارتباط نداشتن آنها با هم، مانع از این می‌شود که بتوانیم سطح کل آبخوان‌ها را با هم در نظر بگیریم و پهنه‌بندی کلی از آن ارائه دهیم. اما جهت ایجاد یک دید کلی و مدیریتی از منطقه، آمار متوسطی از کل آبخوان‌های حوزه‌ها اعلام می‌کنم. در سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۶، در سطح حوزه زهره- جراحی، به‌طور متوسط ۶/۵ متر افت همراه با کاهش حجم تجمعی معادل ۵۲۹/۳ میلیون مترمکعب مشاهده شد. درواقع سالیانه ۳۵ میلیون مترمکعب از حجم ذخیره آبخوان‌های این حوزه کم شده است، بیشترین کاهش تراز آب زیرزمینی مربوط به بخش‌های شمال شرقی و در نزدیکی رودخانه‌های منتهی به کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان است. در همین سال آبی، در حوزه کارون بزرگ به‌طور متوسط ۱۰/۵ متر افت همراه با کاهش حجم تجمعی ذخیره آبخوان، معادل ۲۱۸۲/۳ میلیون مترمکعب، مشاهده شده است، سالیانه بیش

از ۳۵ میلیون مترمکعب از حجم ذخیره آبخوان‌ها در این حوزه کاسته شده و بیشترین کاهش تراز آب زیرزمینی در جنوب این حوزه رخ داده است. همان طور که گفته شد، بیشترین برداشت‌ها و حداکثر کاهش تراز آب نیز در جنوب حوزه کارون اتفاق افتاده است. در حوزه کرخه و در سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۶، افت ۷ متر همراه با کاهش تجمعی بیش از ۳۱۲۹ میلیون مترمکعب و متوسط سالیانه ۱۳۱ میلیون

مترمکعب بر ثانیه، به ثبت رسیده است.

موضوع بعدی که در بحث مطالعات آب زیرزمینی طرح جامع ریزگردهای خوزستان به آن پرداخته شد، بررسی و مطالعه روند خشک‌سالی‌های آب زیرزمینی این سه حوزه است که توسط شاخص‌های خشک‌سالی مربوط به آب‌های زیرزمینی مطالعه و با شاخص‌های خشک‌سالی اقلیمی و هیدرولوژی مقایسه شد. روند این خشک‌سالی‌ها در هر سه حوزه الگوی یکسانی دارند. در هر سه حوزه، در ابتدای دوره آماری شرایط خشک‌سالی ملایمی وجود داشت، نه تنها در بسیاری از بخش‌ها خشک‌سالی مشاهده نشد، بلکه ترسالی هم دیده شده است. با افزایش دوره زمانی و رسیدن به سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶، شرایط این خشک‌سالی‌ها از محدوده متوسط و شدید گذشته و درنهایت خشک‌سالی‌های بسیار شدید روی داده است، این وضعیت در اکثر محدوده‌ها مشاهده می‌شود. در حوزه کرخه و زهره- جراحی، وضعیت مشابه است و بیشترین شدت خشک‌سالی در خروجی‌های حوزه و منتهی به کانون‌های گرد و غبار است. مثلاً در حوزه کرخه، محدوده‌های دشت عباس شرقی و دشت آزادگان و در حوزه زهره- جراحی بخش‌های منتهی به شادگان، رامهرمز و جایزان، شدیدترین خشک‌سالی‌ها مشاهده می‌شوند. در بیشتر مناطق این دو حوزه، انطباق و همبستگی خوبی بین شاخص خشک‌سالی آب‌های

زیرزمینی و شاخص خشک‌سالی اقلیمی و هیدرولوژیکی دیده می‌شد. این در حالی است که در سایر محدوده‌ها بین خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی با برداشت‌های غیرمجاز نیز همبستگی وجود دارد، در حوزه کارون، شرایط با دو حوزه دیگر کاملاً متفاوت و بیشترین خشک‌سالی‌ها به بخش‌های غربی و جنوب شرقی حوزه مربوط است. نتایج همبستگی پایین خشک‌سالی آب زیرزمینی با خشک‌سالی‌های اقلیمی و هیدرولوژی از یک سو و همبستگی بالای خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی با میزان برداشت‌ها از سوی دیگر نشان داد، خشک‌سالی‌های اقلیمی یا کاهش بارندگی و نزولات جوی، به تنهایی سبب افت سطح آب زیرزمینی نیستند، بلکه در برخی موارد، به‌ویژه در این حوزه، برداشت‌های بی‌رویه بر خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار بوده است. اگرچه با توجه به وضعیت بحرانی آب‌های زیرزمینی این منطقه به‌واسطه اضافه برداشت و کسری مخزن، ضروری است ممنوعیت بهره‌برداری در نقاط بحرانی اجرا شود، ولی بی‌توجهی و عدم مدیریت صحیح، کاهش شدید تخلیه از چشمه‌ها و درنتیجه کاهش دبی پایه رودخانه‌ها را در پی داشته است. بنابراین، ایجاد مدیریت یکپارچه برای پایداری منابع آب زیرزمینی، به‌ویژه در بخش کشاورزی، همچنین اصلاح مدیریت سیستم‌های سنتی برداشت آب زیرزمینی الزامی است، تا پیش از اینکه خشک‌سالی‌های هواشناسی و در ادامه آن خشک‌سالی منابع آب سطحی بر افت سطح آب زیرزمینی تأثیر بگذارد، اقدامات لازم برای جلوگیری از اثرات سو روی منابع آبی انجام شود.

طبیعت ایران

مطالعات شما چند دوره بوده است و شامل کدام محدوده‌های زمانی می‌شود؟

دکتر سمیرا زندی‌فر

از دوره آماری ۱۵ ساله مشترک از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ برای مطالعات منابع آب زیرزمینی و تهیه نقشه‌های کل حوزه استفاده شد. به‌منظور تهیه نقشه خطوط هم‌تراز و هم‌عمق آب زیرزمینی، از داده‌های ماه حداقل سال آخر دوره آماری (سال آبی ۹۶-۱۳۹۵) برای آبخوان‌های حوزه استفاده شد. همچنین برای بررسی دقیق‌تر، نقشه‌های هم‌تراز آب زیرزمینی در بازه پنج‌ساله براساس اطلاعات در دسترس ترسیم شده است. اگرچه چاه‌های

مشاهده‌ای در بیشتر دشت‌های دارای شبکه، چندان مناسب نبودند، ولی پاسخگوی نیازهای تهیه نقشه‌های تراز آب زیرزمینی هستند. نقشه‌های تراز آب زیرزمینی در دوره‌های آماری متفاوت و با استفاده از ارقام متوسط سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای در زمان کمینه (مهر ماه) تهیه شده است. مناسب‌ترین دوره آماری برای بررسی داده‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های ماهانه تغییرات سطح آب زیرزمینی به گونه‌ای انتخاب شد که دربرگیرنده بیشترین تعداد چاه اندازه‌گیری شده در ماه کم‌آب باشد. شایان ذکر است در انجام محاسبات و ترسیم نقشه‌های آب زیرزمینی از آمار چاه‌های منتخب در هر دشت استفاده شده که دارای کامل‌ترین آمار در طول دوره منتخب بوده است، بنابراین، تعداد چاه‌های یادشده در هر دشت لزوماً با تعداد چاه‌های شبکه پیزومتریک یکسان نیست و طول دوره آماری استفاده شده نیز لزوماً کل دوره آماری نخواهد بود.

طبیعت ایران

این کاهش مربوط به چه مدت و کدام دوره زمانی بوده است؟

دکتر سمیرا زندی‌فر

در بیشتر آبخوان‌های حوزه‌های موردمطالعه، بیشترین کاهش تراز و افزایش خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی از سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ شروع و تا پایان دوره آماری ادامه داشته است.

طبیعت ایران

اصطلاح خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی یعنی چه؟ آیا نوع این خشک‌سالی با خشک‌سالی مطرح در بحث اقلیم، متفاوت است؟

دکتر سمیرا زندی‌فر

خشک‌سالی یکی از زیان‌بارترین مخاطرات طبیعی به شمار می‌رود. در میان بلاهای طبیعی تهدیدکننده انسان و محیط‌زیست، خشک‌سالی هم ازنظر فراوانی رخداد و هم از جنبه اندازه زیان‌های وارده در صدر قرار دارد. این پدیده در درازمدت سبب کاهش منابع آب، از طریق خشکیدگی جریان‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. بدین منظور از شاخص خشک‌سالی برای بیان کمی این پدیده استفاده شده است. معمولاً این شاخص‌ها به‌صورت نقطه‌ی محاسبه می‌شوند و لازم است تا به‌صورت مکانی پردازش شده و نقشه‌های مربوط ارائه شوند. بخشی از چرخه آب در زیر سطح زمین اتفاق می‌افتد که منابع آب‌های زیرزمینی یکی از اجزای آن محسوب می‌شوند و برای آگاهی از وضعیت نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی لازم است مطالعات دقیقی انجام شود. به بیان بهتر، در چرخه خشک‌سالی آب در طبیعت، ابتدا باید خشک‌سالی‌های اقلیم، سپس آب‌های سطحی و درنهایت آب‌های زیرزمینی مطالعه و بررسی شوند. در شرایط یکسان و جدای از بحث اضافه برداشت‌ها، خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی با یک تأخیر زمانی ۱۸ تا ۲۴ ماه از خشک‌سالی اقلیمی و ۶ ماه از خشک‌سالی هیدرولوژی اتفاق می‌افتد. همان طور که پیش‌ازاین گفته شد، هر سه نوع این خشک‌سالی‌ها توسط کارگروه‌های مختلف طرح جامع ریزگردهای خوزستان محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

طبیعت ایران

مطالب و آمار ارائه شده توسط شما، مربوط به سه حوزه کارون، کرخه و زهره- جراحی است، آیا مطالعه خاصی هم در خود استان خوزستان انجام شده است؟ وضعیت آب‌های زیرزمینی در استان خوزستان چگونه است؟

دکتر سمیرا زندی‌فر

همان طور که خانم‌ها دکتر درگاهیان و دکتر سعیدی‌فر اشاره کردند و با توجه به اینکه، هدف ما بررسی تأثیر عوامل مختلف بر کانون‌های ریزگرد در استان خوزستان بود، بنابراین، علاوه‌بر اینکه در مطالعات دید حوزه‌ای داشتیم، بررسی‌ها با دید استانی هم انجام شد، یعنی آبخوان‌های استان خوزستان، به‌عنوان بخشی از این حوزه‌ها، مطالعه و بررسی شدند و مقایسه‌ای بین وضعیت این حوزه‌ها و استان خوزستان انجام شد. همان طور که در بحث منابع آب، افت تراز و خشک‌سالی مطرح شد، در مناطق منتهی به کانون‌های ریزگرد، یعنی جنوب کرخه، جنوب و جنوب غرب کارون و غرب زهره- جراحی واقع در محدوده خوزستان، وضعیت بحرانی‌تر است. در خوزستان وضعیت بهره‌برداری از منابع آب در محدوده‌های مطالعاتی دزفول- اندیمشک از حوزه کارون، دشت عباس شرقی در کرخه، و در محدوده مطالعاتی شادگان، جایزان، رامهرمز و بهبهان از حوزه زهره- جراحی بیشترین برداشت‌ها، تغییرات تراز آب زیرزمینی و خشک‌سالی را نشان می‌دهند. درواقع دشت خوزستان وضعیت بحرانی‌تری را هم ازنظر وضعیت کمی و هم ازنظر وضعیت کیفی آب زیرزمینی به ما نشان داد. بنابراین، همان طور که بارها گفته شده است، بررسی تأثیر افت سطح آب‌های زیرزمینی در ایجاد کانون‌های گرد و غبار، رعایت محدودیت قانونی برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی و جامع‌نگری در اجرای طرح‌های توسعه منابع آب برای مدیریت منسجم و یکپارچه منابع آب زیرزمینی ضروری است.

طبیعت ایران

هر جا که کاهش سطح آب و افت سطح ایستابی آن اتفاق می‌افتد، با مشکل و بحران فرونشست زمین مواجه می‌شویم، سؤال آخر اینکه، آیا شما در این زمینه هم مطالعاتی داشتید؟ آیا در دشت خوزستان نیز همانند سایر دشت‌های کشور، فرونشست زمین وجود دارد؟

دکتر سمیرا زندی‌فر

به‌دلیل استخراج بیش از حد منابع آب زیرزمینی و افت سطح پیزومتری در بسیاری از آبخوان‌های کشور، فرونشست زمین با سرعت‌های مختلف در حال وقوع است. مهم‌ترین علت فرونشست منطقه‌ای سطح زمین در حوزه‌های رسوبی مناطق خشک و نیمه‌خشک، تراکم سفره‌های آب زیرزمینی در اثر پمپاژ بی‌رویه از این منابع است. دهه‌ها برداشت مداوم ازمنابع آب زیرزمینی آبخوان‌ها، منجر به فرونشست قابل‌توجه دشت‌ها شده است، به‌طوری‌که گزارش‌ها حاکی از آن است که در برخی مناطق نرخ

فرونشست از ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر در سال نیز فراتر رفته است. این گسیختگی سطحی می‌تواند باعث بروز خسارت در سازه‌ها و ابنیه ازجمله شبکه‌های عبور و مرور، ساختمان‌ها، پل‌ها، لوله‌های انتقال، سدها و تونل‌ها شود. در طرح جامع ریزگردهای خوزستان به‌دلیل عدم موضوعیت وارد بحث فرونشست نشدیم. در حال حاضر یک طرح جامع با مدیریت آقای دکتر جلیلی با سه زیرپروژه ملی، که به بحث مطالعات کمی، کیفی و تأثیر افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در ایجاد فرونشست و تخریب خاک می‌پردازد، در ۱۱ حوزه بحرانی کشور در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در حال اجرا است. ان‌شاءالله در آینده نزدیک نتایج این پژوهش منتشر و در دسترس محققان و مسئولان این حوزه قرار خواهد گرفت.

طبیعت ایران

کیفیت آب و تغییرات آن هم از عوامل مهمی است که می‌تواند شاخصی برای تشخیص مدیریت آب در گذشته و راهنمایی برای برنامه‌ریزی بهبود آن در آینده باشد. سرکار خانم دکتر لطفی‌نسب لطفاً درمورد نتایج مطالعات کیفی آب در سه حوزه موردمطالعه توضیح فرمایید و چکیده نتایج مطالعات خود را تبیین کنید.

دکتر سکینه لطفی‌نسب‌اصل (عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان)

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیازهـا، نزول کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینـی ناشـی از توسـعه صـنعت و کـشاورزی و افـزایش مـصارف شـرب و بهداشت موجب شده است موضوع کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی مورد توجه قرار گیرد. ازآنجایی‌که در گذر زمان پارامترهای مختلفی بر کیفیت منابع آب تأثیر می‌گذارند و موجب تغییر کیفیت آن می‌شوند، بررسی کیفیت منابع آب اطلاعات اساسی را فراهم و به حفظ سلامت و مدیریت صحیح آن کمک می‌کند. یکی از عوامل مؤثر در پدیده بیابان‌زایی تغییر کیفیت آب و شور شدن آن در اثر مدیریت نامناسب استفاده از منابع آبی است. رطوبت و میزان نگهداشت آب در خاک، بستگی به اندازه منافذ موجود و توزیع و پیوستگی آنها در خاک دارد. کیفیت آب (به‌ویژه آب آبیاری) از طریق تأثیر بر همین پارامترها، رطوبت خاک و ساختمان آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد، موجبات تخریب ساختمان آن را فراهم می‌کند، سبب پراکندگی ذرات خاک و خاک‌دانه‌ها می‌شود و زمینه مساعدی را برای تبدیل آن به کانون‌های ریزگرد و گرد و غبار فراهم می‌کند. تخریب ساختمان و منافذ موجود در خاک‌های سدیمی در اثر دو پدیده تورم کانی‌های رسی و خاک‌دانه‌ها اتفاق می‌افتد که ناشی از درصد بالای یون سدیم است. به همین دلیل کیفیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد، چرا که در این مناطق، منابع آب آبیاری کم و تبخیر بالقوه زیاد است و آبیاری با آب نامناسب درنهایت می تواند موجب تخریب ساختمان خاک شود. در مطالعه‌ای که توسط مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، پیرامون موضوع کیفیت آب انجام شد، دو موضوع کیفیت آب از بعد سلامت و تأثیر آن در تخریب سرزمین و بیابان‌زایی بررسی شد.

در بررسی معیار تخریب منابع آب، دو پارامتر عمده مورد بررسی عبارتند از: افت سطح آب‌های زیرزمینی که درنتیجه برداشت بی‌رویه از این منابع رخ می‌دهد و شاخص هدایت الکتریکی که نمادی برای بررسی شوری و تغییر کیفیت منابع آبی است. در این مطالعه با هدف بررسی و تعیین کیفیت منابع آب، روند تغییرات کمی و کیفی آن، بررسی و علل تغییرات کیفی، شناسایی و عوامل تاثیرگذار، نحوه و میزان تأثیرگذاری بر کیفیت آب رودخانه‌ها در سه حوزه کارون بزرگ، کرخه و هندیجان- جراحی با استفاده از نتایج آنالیز کیفی نمونه‌های آب در محل ایستگاه‌های آب‌سنجی و منابع نمونه‌برداری آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات)با هدف تجزیه‌وتحلیل دقیق، از طریق مطالعه ۱۷ پارامتر کیفی وضعیت کیفی آب سطحی و زیرزمینی در این سه حوزه در مقیاس‌های مختلف زمانی شامل دوره‌های ده ساله، بیست ساله، سی ساله، چهل ساله، پنجاه ساله، فصلی، ماهانه و سالانه (با توجه به آمار موجود) بررسی شد. کیفیت آب‌های سطحی از سال ۱۳۹۵-۱۳۴۶ و کیفیت آب‌های زیرزمینی از سال ۱۳۸۰ مطالعه و بررسی شده است، اگرچه در برخی موارد، اطلاعاتی از سال ۶۵ موجود بود، ولی، بازه مطالعه، بیشتر روی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۸۰ متمرکز بوده است. در مطالعه آب‌های زیرزمینی و با توجه به ماهیت آن و اینکه هر منبع آب زیرزمینی در طول زمان دارای نمونه‌های کیفی از آب بوده است، ابتدا، مقدار میانگین هر یک از پارامترهای کیفی برای هر منبع (چاه، چشمه، قنات) در طول دوره موردمطالعه به دست آمد، سپس در محیط نرم‌افزار GIS، مقدار پارامتر موردنظر به روش درون‌یابی برای محدوده مطالعاتی و آبخوان داخل محدوده، پهنه‌بندی و مقدار پارامتر استخراج شد. همچنین، به‌دلیل مطالعه وضعیت کیفی آب سطحی و زیرزمینی ازنظر نوع کاربرد، نقشه‌های پهنه‌بندی و نمودارهای کیفی برای مصارف کشاورزی با استفاده از دیاگرام ویلکوکس، مصارف شرب با استفاده از دیاگرام شولر و مصارف صنعتی با استفاده از شاخص‌های رایزنر و لانژلیه بررسی و ارائه شدند. در مطالعه آب‌های زیرزمینی نیز، به‌دلیل اینکه بتوان علت افزایش یا کاهش هر پارامتر کیفی را در هر محدوده مطالعاتی در طول زمان بررسی کرد، به مطالعات زمین‌شناسی در حوزه مربوطه اقدام شد و دلایل افزایش و کاهش مقدار پارامترهای کیفی در هر محدوده مطالعاتی با ارائه نمودارهای مربوطه بررسی و تحلیل شد.همانطور که اشاره شد در این مطالعه ۱۷ پارامتر کیفی مورد بررسی قرار گرفتند اما ما در این بحث از پارامتر شوری آب به عنوان ملاک تخریب منابع آبی استفاده می‌کنیم. محدوده مورد مطالعه این طرح سه حوضه آبخیز کارون بزرگ، کرخه و هندیجان - جراحی بوده که در نهایت این کار مطالعاتی با هدف بررسی کیفیت آب در داخل استان خوزستان انجام شده است.

کیفیت آب سطحی در حوزه کرخه، از بالادست

به سمت پایین‌دست و به‌عبارت‌دیگر از سمت استان‌های لرستان و ایلام و با ورود به استان خوزستان کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میانگین میزان شوری در محل ایستگاه‌های ورودی و بالادست حوزه (پل علی‌آباد، بوجین و پیرسلیمان) از میانگین ۴۱۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۱۰۸۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در محل ورود به استان خوزستان (پل زال و پای پل کرخه) و میانگین ۲۰۵۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در داخل استان (پل رفیع، حمیدیه، هوفل سوسنگرد و هویزه) می‌رسد. به‌عبارتی میانگین شوری ورودی به حوزه طی سال‌های موردمطالعه نسبت به میانگین شوری حوزه در پایاب آن (ایستگاه هویزه) ۵ برابر افزایش پیدا کرده است (۴۱۳ به ۲۶۴۹)، که این تغییر کیفیت در مصارف سه گانه آب ازنظر شرب، کشاورزی و صنعت نیز به‌روشنی مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که از کیفیت خوب تا قابل‌قبول در بالادست حوزه تا کیفیت متوسط، همچنین غیرقابل قبول با ورود به استان خوزستان برای کشاورزی و شرب و خورنده تا رسوب‌گذار برای مصارف صنعتی به چشم می‌خورد.

بررسی دهه‌ای تغییرات شوری در آب‌های سطحی حوزه نیز نشان از وجود روند افزایشی طی سال‌های موردمطالعه (۱۳۴۶–۱۳۹۵) در محل ایستگاه‌های ورودی به حوزه (سراب)، ورودی به استان خوزستان، همچنین پایاب حوزه است، شیب افزایش شوری در ایستگاه‌ها، به‌ویژه بالادست و پایین‌دست حوزه با یکدیگر تفاوت‌های زیادی نیز داشتند، به‌طوری‌که تغییرات شیب افزایش شوری در محل ایستگاه‌های ورودی به استان، طی دهه‌های ۴۶–۶۵، ۶۶–۷۵، ۷۶–۸۵ و ۸۶–۹۵ افزایشی بوده است، این در حالی است که این روند در محل ورود به استان و داخل استان از شیب به مراتب بیشتری برخوردار بوده است.

طبیعت ایران

هنگامی که آب از سمت بالا به پایین در حال جریان است، طبیعی است که نمک موجود در مسیر را در خود حل کند و شوری افزایش یابد. علل تفاوت کیفیت در مناطق مختلف چیست؟ چرا کیفیت آب در یک نقطه، نسبت به دهه یا سال پیش کاهش یافته است؟ دلیل تغییر کیفیت آب چیست؟

دکتر سکینه لطفی‌نسب‌اصل

در درجه اول، آورد آبی مطرح است، کاهش کمیت آب، افزایش انحلال هالیت و درنهایت افزایش سدیم در خاک موجب تخریب بافت خاک و ازهم‌پاشیدگی خاک‌دانه‌ها شده و ریزگردها را به وجود آورده است. نتایج مطالعات ژئوشیمیایی ما در بخش کیفیت و مطالعات دوستان در بخش اقلیم و کمیت منابع آب نیز مؤید این موضوع بوده است که کاهش بارندگی‌ها، افزایش تبخیر، کاهش آورد آبی و افزایش انحلال نمک‌ها از علل اصلی تغییر کیفیت بوده‌اند.

طبیعت ایران

حجم آب کم شده است، مقدار نمک حل‌شده که ثابت بوده است.

دکتر عادل جلیلی

مجموعه‌ای از متغیرهاست که باعث افزایش شوری می‌شود، با افزایش تبخیر و کاهش آورد آبی تجمع املاح نمکی اتفاق می‌افتد به عبارتی این‌ها به شکل ماتریسی عمل کرده و روند را به سمت شورشدن پیش می‌برند و شوری یکی از شاخص‌های تخریب سرزمین است.

طبیعت ایران:

لطفا بفرمایید کیفیت آب، به‌طور مشخص شوری، در بالادست این سه حوزه چگونه بوده و در دشت خوزستان چگونه است؟

دکتر سکینه لطفی‌نسب‌اصل

نتیجه مطالعات در حوزه کرخه نشان داد، کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز همانند کیفیت آب‌های سطحی از بالادست حوزه به سمت پایین‌دست آن و به‌عبارتی از سمت استان‌های لرستان و ایلام با ورود به خوزستان کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میانگین میزان شوری در آبخوان‌های استان‌های همدان و کرمانشاه در بالادست حوزه ۵۵۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است، درحالی‌که این مقدار در محدوده دشت عباس شرقی در استان ایلام در مجاورت استان خوزستان و در محدوده چنانه خزرج داخل استان به‌ترتیب برابر با ۱۰۷۵ و ۳۰۶۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. نقشه پهنه‌بندی شوری حوزه نیز نشان می‌دهد، بیشترین مقدار شوری مربوط به محدوده چنانه– خزرج داخل استان و برخی از منابع محدوده‌های دشت عباس شرقی و اوان در استان ایلام و و پلدختر در استان لرستان است.

بررسی دهه‌ای تغییرات شوری آبخوان‌ها در حوزه کرخه نیز حاکی از وجود یک روند افزایشی طی سال‌های موردمطالعه (۱۳۶۵–۱۳۹۶) در آبخوان‌های موجود در محدوده‌های مطالعاتی این حوزه بوده است، به‌ویژه، این افزایش طی دهه‌های موردبررسی

در محدوده‌های انتهایی استان لرستان و استان ایلام به سمت استان خوزستان، شیب تندتری گرفته و در دهه انتهایی مختوم به سال ۱۳۹۶ به بیشترین مقدار خود رسیده است.

بررسی آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان داد، در بیشتر نمونه‌ها، مقدار یون سدیم از یون کلر بیشتر است که درواقع، انحلال هالیت است و از مطالعات زمین‌شناسی و شناسایی علل در نمودارهای ترکیبی به دست آمده است، نتایج این مطالعه نشان داد تبادل یونی در آب‌های زیرزمینی این حوزه، فرایندی است که بسیار اتفاق می‌افتد. نقشه‌های هم‌میزان املاح آب زیرزمینی در حوزه کرخه نشان داد، پارامترها در جهت جریان کلی آب‌های جاری از ارتفاعات به سوی مناطق کم‌ارتفاع و هموار

به‌تدریج در حال افزایش است. تغییرات شدید در کیفیت آب‌های زیرزمینی این حوزه منطبق بر رخ‌نمون سازند گچساران است که با توجه به قابلیت بالای انحلال کانی‌های تبخیری، باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی این حوزه شده است. میزان هدایت الکتریکی یا به‌عبارتی شوری در مناطق سرچشمه از ۱۵۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، شروع می‌شود، به‌تدریج در نزدیکی‌های سازند گچساران به ۱۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد و مقدار آن بعد از این سازند ۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر خواهد بود. این موضوع نشان‌دهنده میزان اثرگذاری این سازند در کیفیت آب‌های زیرزمینی حوزه کرخه است، سایر پارامترها نیز از تغییرات هدایت الکتریکی پیروی می‌کنند، به‌صورتی‌که مقدار مجموع املاح TDS در مناطق سرچشمه این حوزه حدود ۸۲ و با افزایش تدریجی تا قبل از سازند گچساران به ۹۰۰ و پس از آن به بیش از ۲۰۰۰ می‌رسد. این تغییرات درمورد کلسیم، سدیم و کلر صادق است، اما مقدار کربناته نسبت عکس را نشان می‌دهد که متأثر از سازندهای کربناته در بالادست حوزه است. مقدار pH در بالای حوزه، اسیدی است که متأثر از انحلال کربناته‌ها است. محیط مناطق میانی حوزه نیز با انحلال کانی سولفاته و کلروره قلیایی شده است. آب مناطق جنوبی نیز احتمالاً بر اثر آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط آب برگشتی کشاورزی و زهاب‌های صنعتی خاصیت اسیدی دارد.

کیفیت آب سطحی در حوزه کارون از بالادست به سمت پایین‌دست و سمت شرق به غرب حوزه با ورود به استان خوزستان کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میانگین شوری در محل ایستگاه ورودی از بالادست (ونایی و بیاتون در استان لرستان) و شرق حوزه (تنگ زردآلو در استان اصفهان) به‌ترتیب از ۴۰۷ و ۴۵۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۵۶۸ و ۶۸۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در محل ایستگاه‌های ورودی به استان از بالادست (تله‌زنگ در استان لرستان) و شرق حوزه (مرغک در استان چهارمحال و بختیاری) و به میزان ۳۹۲۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در استان و ۱۰۵۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در پایاب و خروجی حوزه در محل نهر قصر می‌رسد. به‌عبارتی میانگین شوری ورودی به حوزه طی سال‌های موردمطالعه نسبت به میانگین شوری حوزه در پایاب آن (ایستگاه نهر قصر) ۲۴ برابر افزایش پیدا کرده است (۴۳۰ (میانگین ورودی) به ۱۰۵۵۰).

بررسی دهه‌ای تغییرات شوری نیز حاکی از وجود یک روند افزایشی طی سال‌های موردمطالعه (۱۳۴۶-۱۳۹۵) در محل ایستگاه‌های ورودی به حوزه از بالادست به سمت پایین‌دست و سمت شرق به غرب حوزه با ورود به استان خوزستان، همچنین پایاب حوزه بوده است که شیب افزایش شوری در ایستگاه‌های داخل استان نسبت به ایستگاه‌های ورودی به حوزه و استان شدت بیشتری دارد. نتایج مطالعه در این حوزه نشان داد، منابع آب سطحی در ایستگاه‌های پایاب حوزه، به‌دلیل تبادل یونی، بالا بودن دما، فعالیت‌های انسانی (زهکش‌ها و ...)، همچنین آلوده شدن آب در مناطق بالادست، از کیفیت پایینی برخوردار است و و در بخش خروجی حوزه مشکل اختلاط با آب شور به این موارد اضافه می‌شود.

همچنین نتایج مطالعه منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های موجود در محدوده‌های حوزه کارون نشان داد، کیفیت آب‌های زیرزمینی در این حوزه نیز همچون کیفیت آب‌های سطحی است و از بالادست به سمت پایین‌دست و از سمت شرق به غرب حوزه با ورود به استان خوزستان کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان شوری منابع آب زیرزمینی در محدوده استان‌های لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد به‌ترتیب ۵۱۹، ۵۳۰ و ۵۶۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و با ورود به استان خوزستان به میانگین ۱۴۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار شوری مربوط به محدوده بالادست کانون ریزگرد شماره ۴، میان شوشتر و اهواز شمالی با میانگین ۵۵۳۵/۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است.

بررسی دهه‌ای تغییرات شوری نیز حاکی از وجود روند افزایشی طی سال‌های

موردمطالعه (۱۳۶۵-۱۳۹۶) در آبخوان‌های موجود در محدوده‌های حوزه کارون بزرگ است، به‌ویژه در محدوده‌های استان لرستان و خوزستان افزایش دهه‌ای شوری آب زیرزمینی از شیب بیشتری برخوردار است، به‌طوری‌که در دهه انتهایی مختوم به سال ۱۳۹۶ به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

نتایج مطالعه منابع آب زیرزمینی نشان داد بیشتر آبخوان‌های حوزه دارای خاصیت منیزیمی- کلسیمی هستند و سازند گچساران به‌عنوان یک جداکننده بین تیپ و رخساره‌های موجود در منطقه حضور دارد. محدوده‌های بالادستی این سازند دارای تیپ کلسیمی و رخساره کربناته و محدوده‌های پایین‌دستی دارای تیپ‌های کلسیمی منیزیم و سدیمی پتاسیمی و رخساره‌های سولفاته و کلروره هستند.

به‌طورکلی نتایج نشان داد در حوزه کارون بزرگ کیفیت آب با توجه به مصارف سه گانه در محدوده اهواز شمالی مناسب نیست، در محدوده‌های میان آب شوشتر و گتوند نیز برخی از منابع آب زیرزمینی دارای کیفیت مناسبی نیستند. مابقی منابع آب زیرزمینی در سایر محدوده‌ها با توجه به کیفیت‌های متفاوتی که دارند در مصارف سه گانه شرب، کشاورزی و صنعت قابل‌استفاده هستند.

در حوزه زهره- جراحی نیز همانن حوزه کارون، شوری آب سطحی از شرق حوزه به سمت غرب، به‌عبارتی از سمت استان فارس به طرف استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان شوری در محل ایستگاه‌های ورودی به حوزه یعنی ایستگاه گشنگان روی رودخانه ششپیر در استان فارس از میانگین ۲۷۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۱۳۴۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در محل ورود به استان خوزستان (ایستگاه خیرآباد روی رودخانه شیرین) و ۲۰۲۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در ایستگاه تنگه تکاب روی رودخانه مارون- جراحی می‌رسد (۶ برابر)، این مقدار شور در استان به ۳۲۲۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد (۱۱ برابر)، مقادیر شوری در پایاب رودخانه‌های زهره- هندیجان و مارون- جراحی به‌ترتیب در محل ایستگاه‌های دهملا و گرگر به‌ترتیب به میزان ۳۴۹۲ و ۳۳۱۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد، این در حالی است که در ورودی حوزه از بالادست در محل ایستگاه منجنیق روی رودخانه ابوالعباس، میزان شوری ورودی به حوزه به میزان ۴۹۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است، که این تغییر کیفیت در مصارف سه گانه آب ازنظر شرب، کشاورزی و صنعت نیز به‌وضوح به چشم می‌خورد، به‌طوری‌که از کیفیت خوب تا قابل‌قبول در شرق و شمال حوزه تا کیفیت غیرقابل قبول با ورود به استان خوزستان تا نواحی مرکزی و جنوب غرب برای کشاورزی و شرب و خورنده تا رسوب‌گذار برای مصارف صنعتی مشاهده می‌شود.

بررسی دهه‌ای تغییرات شوری نیز حاکی از وجود روند افزایشی طی سال‌های موردمطالعه (۱۳۴۶-۱۳۹۵) در محل ایستگاه‌های ورودی به حوزه (سراب)، ورودی به استان خوزستان، همچنین داخل و پایاب حوزه است که بیشترین افزایش در دهه انتهایی مختوم به سال ۱۳۹۶ دیده شد. نتایج نشان داد کیفیت آب آبیاری در حوزه زهره- جراحی در نواحی بالادست و شرق حوزه در رده کمی شور است و با حرکت از سمت استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد به سمت استان خوزستان و نیز از بالادست حوزه به سمت نواحی مرکزی و جنوب غرب حوزه بر شوری آب رودخانه‌ها افزوده می‌شود، کیفیت آب در ایستگاه‌های بالادست شامل ایستگاه های کوپال نمره ۳، دهملا، پل زهره، مشراگه و گرگر، در وضعیت مناسبی قرار ندارد و برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی قابل‌استفاده نیست، ولی در بقیه ایستگاه‌ها قابل‌استفاده است، زیرا در بخش‌های بالادستی این حوزه، که در ارتفاعات زاگرس و در سرچشمه رودخانه جراحی واقع شده‌اند، آب‌وهوای معتدل کوهستانی حاکم است و مقدار تبخیر به مراتب کمتر از مناطقی است که در دامنه‌های جنوب غربی کوه‌های زاگرس و دشت خوزستان قرار دارند. درنتیجه در ایستگاه‌های مستقر در مناطق مرتفع کوهستانی با مقدار بارش زیاد و شدت تبخیر کم، تعامل بین آب و سنگ بیشتر از تبخیر بر کیفیت آب‌ها تأثیر می‌گذارد. با گذر از سازند گچساران

متشکل از سنگ‌های تبخیری و مارن، تغییرات قابل‌توجهی در املاح معدنی آب‌های سطحی به وجود می‌آید. در مناطق پایین‌دستی و در دشت خوزستان و با وجود آب‌وهوای گرم و خشک، اشباع بودن آب‌های سطحی و زیرزمینی و بالابودن سطح آب زیرزمینی، پدیده تبخیر و تبلور نمک‌ها غالب است. بنابراین، هر چه از سمت مناطق سرچشمه حوزه جراحی به سمت زیرحوزه‌های پایین‌دست حرکت کنیم، تأثیر تبخیر بیشتر، کیفیت آب برای مصارف مختلف، کمتر و آب شورتر می‌شود.

در خصوص کیفیت آب زیرزمینی نیز به همین ترتیب است. مطالعه منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های موجود در محدوده‌های حوزه زهره- جراحی نتایج نشان داد کیفیت آب زیرزمینی از شرق به غرب حوزه، به‌عبارتی از سمت استان فارس به سمت استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان با ورود به استان خوزستان کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میانگین میزان شوری در آبخوان‌های استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد به‌ترتیب از ۱۰۸۰ و ۱۰۸۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۳۰۱۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در محدوده بهبهان و در محل ورود به استان خوزستان و میانگین ۲۸۶۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در استان می‌رسد. نقشه پهنه‌بندی شوری آب نشان می‌دهد، بیشترین مقدار شوری مربوط به محدوده رامهرمز با میانگین شوری بین ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است که نشان‌دهنده کیفیت نامناسب آب در این محدوده است. به‌طورکلی نتایج نشان داد، کیفیت آب زیرزمینی در محدوده‌های رامهرمز و زیدون بسیار نامناسب و در محدوده‌های جایزان و بهبهان در حالت هشدار جدی قرار دارد. در بقیه محدوده‌ها، علی‌رغم کیفیت پایین آب به‌صورت موقت قابل‌استفاده در بخش شرب، کشاورزی و صنعت است. بررسی دهه‌ای تغییرات شوری نیز حاکی از وجود روند افزایشی در بیشتر آبخوان‌های موجود در محدوده‌های حوزه زهره- جراحی است.

نتایج مطالعه منابع آب زیرزمینی در حوزه هندیجان- جراحی نشان داد بیشتر آب‌های منطقه دارای خاصیت کلسیمی هستند و میزان نسبت کلسیم به منیزیم در بیشتر محدوده‌های این حوزه بالا است. در محدوده‌های اردکان چشمه‌سفید، نورآباد ممسنی و دشت رستم نسبت منیزیم به کلسیم بیشتر بود، که با توجه به نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه در این محدوده‌ها، سازند دولومیتی جهرم دارای رخ‌نمون وسیعی است و انحلال این سنگ‌ها سبب افزایش خصلت منیزیمی آب‌های زیرزمینی شده است. همچنین با توجه به نقشه زمین‌شناسی، سازند تبخیری گچساران به‌صورت یک کمربند از شمال غرب به جنوب شرق محدوده رخ‌نمون دارد. محدوده‌هایی که در پایین‌دست این سازند رخ‌نمون دارند، بیشتر دارای خصلت سولفاته، کلروره و سدیمی هستند و محدوده‌های که در بالادست این سازند رخ‌نمون دارند خصلت کربناته و کلسیمی- منیزیمی دارند.

به‌طورکلی نتایج نشان داد:

منابع آب سطحی و زیرزمینی در بالادست و شرق سه حوزه ازنظر میزان شوری و مصارف شرب، آبیاری و صنعت دارای کیفیت بهتری هستند و با حرکت از نواحی کوهستانی به سمت نواحی پایین‌دست و شرق به سمت غرب از کیفیت آب آنها کاسته می‌شود، همچنین کیفیت آن در محل ورود به استان خوزستان و داخل آن به شدت کاهش و شوری آن افزایش می‌یابد به گونه‌ای که بیشترین افزایش شوری و تغییر کیفیت در دهه انتهایی مختوم به سال ۱۳۹۶ در آنها رخ داده است.

طبیعت ایران

آیا پساب‌ها هم در خوزستان بر گرد و غبار تأثیر داشته‌اند؟

آقای دکتر جلیلی

آب‌هایی که در این استان، به‌عنوان پساب بخش کشاورزی، به‌ویژه پساب‌های مزارع نیشکر، وارد تالاب‌ها می‌شوند، با اینکه جایگزین کمبود یا حذف آورد آبی حاصل از سیلاب‌ها و رودخانه‌ها هستند، اما به‌دلیل کیفیت بسیار پایین، تأثیر جدی در عقب‌نشینی نیزارهای تالاب‌ها دارند، به‌عبارت بهتر، اگرچه این پساب‌ها به تأمین آب کمک کرده‌اند، اما به‌خاطر کیفیت پایین و شوری زیاد، تأثیر بسیار منفی در عقب‌نشینی و روند تغییرات تالاب‌ها دارند.

طبیعت ایران

سرکار خانم دکتر رضوی‌زاده تغییرات سیستم هیدرولوژی این سه حوزه چگونه منطقه خوزستان را تحت تأثیر قرار داده و در وقوع پدیده گرد و غبار مؤثر بوده‌اند؟ لطفاً درمورد آثار مثبت و منفی عملیات سازه‌ای، به‌ویژه سدها در این سه حوزه توضیح دهید.

دکتر سمانه رضوی‌زاده (عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات بیابان)

سدها ابزارهایی هستند که به ذات خود، نه خوب‌اند و نه بد، بسته به اهداف و چگونگی استفاده از آنها است که خوب یا بد مطرح می‌شوند.

به‌طورکلی سدها ازنظر مرحله بهره‌برداری به سه دسته سدهای در دست بهره‌برداری، سدهای در دست ساخت و سدهای در دست مطالعه تقسیم می‌شوند، که با توجه به این که هدف در اینجا، بررسی چگونگی اثرگذاری سدهای موجود روی جریان‌های رودخانه‌ای بوده است، به‌سدهای در دست بهره‌برداری خواهیم پرداخت.

ابتدا لازم است آمار کلی درمورد سدهای در دست بهره‌برداری ارائه شود. در حوزه آبخیز زهره- جراحی، تعداد ۱۵ سد در دست بهره‌برداری وجود دارد، که از این تعداد ۱۲ سد در استان خوزستان و سه سد در خارج از آن و در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. دو سد مهم حوضه، سد مارون و سد کوثر است، سد مارون در استان خوزستان واقع شده است و حجم دریاچه آن ۱۲۷۴ میلیون مترمکعب است. سد کوثر روی سرشاخه‌های رودخانه زهره در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است و حجم دریاچه سد در حالت نرمال معادل ۵۸۰ میلیون مترمکعب است.

به‌لحاظ توزیع زمانی ساخت و بهره‌برداری سدهای حوضه زهره- جراحی، در سه دهه اول بازه زمانی مطالعاتی، هیچ سدی در حوضه به بهره‌برداری نرسیده است و تمام

۱۵ سد حوضه زهره- جراحی از سال ۱۳۷۸ به بعد، یعنی در دو دهه اخیر به‌بهره‌برداری رسیدند.

در حوزه آبخیز کارون، تعداد ۳۴ سد در دست بهره‌برداری وجود دارد که استان خوزستان با تعداد ۱۰ سد بیشترین تعداد سدها را در خود جای داده است و بعد از آن استان چهارمحال و بختیاری با ۸ سد در دست بهره‌برداری در رتبه دوم قرار دارد. چهار سد مهم این حوضه سد گتوند، سد دز، سد شهید عباسپور و سد کارون ۳ است که سد گتوند، با حجمی معادل ۴۶۷۰ میلیون مترمکعب، به‌عنوان بزرگ‌ترین سد در سال ۱۳۹۱ به بهره‌برداری رسیده است. هر ۴ سد بزرگ حوضه کارون در استان خوزستان واقع شده‌اند. بررسی‌های ما نشان داد، بیشتر سدها در دو دهه اخیر به بهره‌برداری رسیده‌اند، به‌طوری‌که از این ۳۴ سد، ۱۸ سد در دو دهه اخیر و ۱۰ سد، در یک دهه اخیر به بهره‌برداری رسیده است.

در حوضه کرخه، تعداد ۹ سد در دست بهره‌برداری وجود دارد که سد کرخه، به‌عنوان بزرگ‌ترین سد، در استان خوزستان واقع شده است. این سد در سال ۱۳۸۰ با حجم دریاچه ۵۶۰۰ میلیون مترمکعب به بهره‌برداری رسیده است. بیشتر سدهای این حوضه نیز در دو دهه اخیر به بهره‌برداری رسیده‌اند، از این ۹ سد، ۸ سد در دو دهه اخیر و ۶ سد در یک دهه اخیر به‌بهره‌برداری رسیده‌اند.

درمجموع در سه حوزه آبخیز زهره- جراحی، کارون و کرخه، تعداد ۵۸ سد در دست بهره‌برداری وجود دارد که از این تعداد ۴۱ سد در دو دهه اخیر به‌بهره‌برداری رسیده است، به‌عبارت‌دیگر، ۷۰درصد از سدهای واقع در این سه حوضه، در دو دهه اخیر به‌بهره‌برداری رسیدند. این مسئله بسیار مهم و قابل‌تأمل است که آثار آن باید در اجزای مختلف طبیعت بررسی شود.

طبیعت ایران

از تعداد سدهای در دست ساخت نیز، آماری دارید؟

دکتر سمانه رضوی‌زاده

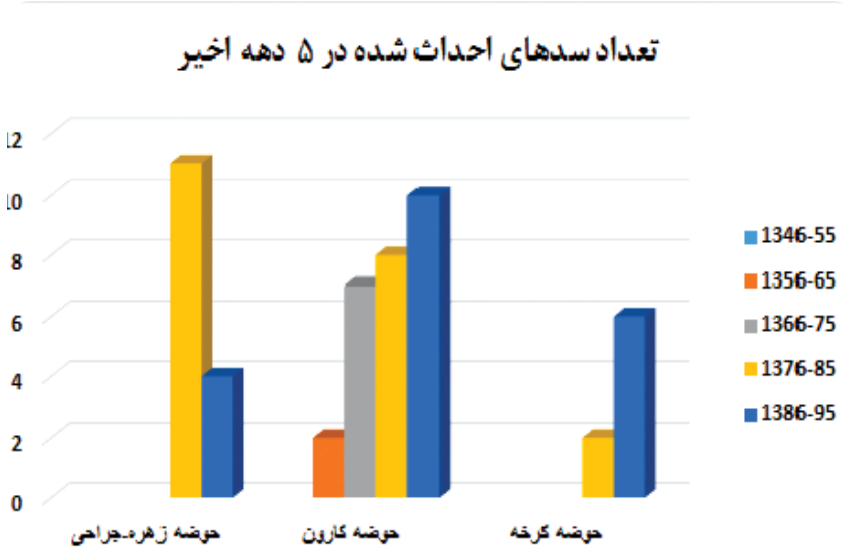
بله، در حوضه زهره- جراحی ۴ سد (۲ سد در استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱ سد در استان فارس و ۱ سد در استان خوزستان) در دست ساخت است. همچنین، در این حوضه ۲۹ سد در دست مطالعه وجود دارد که از این تعداد ۱۸ سد در استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱ سد در استان فارس و ۱۰ سد در استان خوزستان است. در حوضه کارون نیز، ۲۰ سد در دست ساخت است و استان‌های چهارمحال و بختیاری، لرستان و خوزستان به‌ترتیب با ۷، ۶ و ۳ سد دارای بیشترین تعداد سدهای در دست ساخت در این حوضه هستند. همچنین در این حوضه، ۳۹ سد مطالعاتی وجود دارد که استان چهارمحال و بختیاری با ۱۴ سد در رتبه نخست و خوزستان با ۹ سد در رتبه دوم قرار دارد، سایر سدهای در دست مطالعه این حوضه در استان‌های فارس، مرکزی، لرستان و کهگیلویه و بویراحمد قرار دارند. در حوضه کرخه نیز، ۱۳ سد در دست ساخت است که استان‌های لرستان و کرمانشاه با ۴ سد دارای بیشترین تعداد سدهای در دست ساخت در این حوضه هستند. در این حوضه، ۸ سد مطالعاتی نیز وجود دارد که تعداد ۴ سد آنها در استان لرستان، ۲ سد در استان کردستان و یک سد در هر یک از استان‌های ایلام و کرمانشاه در دست مطالعه است. این آمار، با توجه به تعداد ۵۸ سدی که در حال حاضر در این سه حوضه در دست بهره‌برداری است، نگران کننده است.

طبیعت ایران

تأثیر این سدها روی جریان‌های رودخانه‌ای چگونه است؟

دکتر سمانه رضوی‌زاده

به‌طورکلی سدها دو نوع از جریان‌های رودخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند، این جریان‌ها عبارتند از: جریان‌های نرمال یا متوسط سالیانه و جریان‌های سیلابی. موضوع چالش‌برانگیز مطرح‌شده در این بخش از گفت‌وگو این است که جریان‌های رودخانه‌ای به چه شکلی و به چه میزان از این سدها و سازه‌های احداث‌شده، اثرپذیری دارند؟ مطالعات ما نشان داد، اثرگذاری سدهای تأسیس شده روی دبی‌های پیک سیلابی چشمگیر است. به گونه‌ای که پس از تاریخ



آب‌گیری سد، دبی‌های پیک سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری پایین‌دست سدها، به‌صورت قابل‌توجهی کاهش یافته‌اند، درواقع، پیک‌های لحظه‌ای توسط سدها مهار شده‌اند. برای وضوح بیشتر مسئله، از تعداد سدهای زیادی که در سه حوضه زهره- جراحی، کارون و کرخه مطالعه شده‌اند، تعداد سه سد با هدف مستندسازی و بیان نتایج کمی نحوه اثرگذاری آنها بر جریان‌های رودخانه‌ای انتخاب و ارائه می‌شود.

سد کوثر به‌عنوان سدی که در حوضه زهره- جراحی و روی رودخانه زهره واقع شده است، در بازه زمانی بعد از آب‌گیری نسبت به بازه زمانی قبل از آب‌گیری، ۷۹درصد کاهش دبی پیک را در ایستگاه هیدرومتری بعد از سد نشان می‌دهد. همچنین، در بازه زمانی بعد از آب‌گیری سد نسبت به قبل از آب‌گیری سد، ۱۸درصد کاهش دبی پیک در ایستگاه هیدرومتری بالادست مشاهده شده است. درواقع، ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست سد، تحت تأثیر مستقیم سد قرار دارد و جریان رودخانه‌ای متأثر از سد را اندازه‌گیری و ارائه می‌کند. اما ایستگاه هیدرومتری بالادست سد، به‌عنوان ایستگاه شاهد است، که تحت تأثیر سد نیست. بنابراین، ۱۸درصد کاهش دبی پیک در بالادست سد، سهم عوامل اقلیمی و سایر عوامل غیر از سد است و ۷۹درصد کاهش دبی پیک سد، پس از کسر ۱۸درصدی کاهش بالادست، به‌طور قطع متأثر از سد است، این یعنی اینکه ۶۰درصد از کاهش دبی پیک در پایین‌دست سد کوثر، به‌طور مستقیم سهم مدیریت آب در قالب سد است.

در سد مارون نیز، وضعیت مشابهی مشاهده می‌شود. در بازه زمانی بعد از آب‌گیری سد نسبت به قبل از آن، ۸۹درصد کاهش دبی پیک در ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست رخ داده است. این در حالی است‌که در ایستگاه هیدرومتری بالادست سد، در بازه زمانی آب‌گیری سد نسبت به قبل از آب‌گیری، دبی پیک ۱۳درصد کاهش داشته است. به‌عبارت‌دیگر، سد مارون، با اثرگذاری بر دبی پیک ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست، منجر به کاهش ۷۵درصدی دبی پیک شده است.

درمورد سد کرخه، ایستگاه هیدرومتری در بالادست سد در فاصله مکانی مناسب وجود ندارد، به همین دلیل، مقرر شد تنها ایستگاه هیدرومتری واقع در پایین‌دست، برای بررسی میزان اثرگذاری سد در نظر گرفته شود، نتایج نشان داد، دبی پیک در بازه زمانی بعد از آب‌گیری سد نسبت به قبل از آن ۷۸درصد کاهش داشته است.

سدها بر جریان سالیانه رودخانه‌ها، به شکل متفاوتی تأثیر می‌گذارند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، سدهای احداث شده تأثیر چشمگیری در کاهش و تغییر دبی متوسط سالیانه رودخانه‌ها نداشتند، به نظر می‌رسد، روند کلی تغییرات و کاهش دبی متوسط سالیانه، در درجه نخست، متأثر از خشک‌سالی و تغییر اقلیم بوده باشد. تأثیر اصلی سدها بر دبی متوسط سالیانه رودخانه را می‌توان در ۲ الی ۳ سال اول آب‌گیری سد مشاهده کرد، که آن هم به‌منظور به تراز رساندن دریاچه سد است. همچنین، تأثیر سد را بر شدت کاهش دبی سالانه در ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست نسبت به بالادست در قیاس با روند کلی کاهشی می‌توان مشاهده کرد، که این مسئله نیز به‌لحاظ مدیریت آب در شرایط خشک‌سالی و نیاز به تأمین آب اتفاق می‌افتد.

در سد کوثر، در بازه زمانی بعد از آب‌گیری سد نسبت به قبل از آن، کاهش ۳۵درصدی دبی متوسط سالیانه در ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست سد مشاهده شده است، درحالی‌که در ایستگاه هیدرومتری بالادست سد، همین مقدار معادل ۱۷درصد کاهش دبی متوسط سالیانه است. همان طور که مشاهده می‌کنید رقم‌های کاهش دبی متوسط سالانه بالادست و پایین‌دست سد به هم نزدیک شده است. درحالی‌کاهش دبی متوسط سالانه در پایین‌دست معادل ۳۵درصد است که همین رقم برای دبی پیک معادل ۷۹درصد کاهش است.

در ایستگاه پایین‌دست سد مارون و در بازه زمانی بعد از آب‌گیری سد نسبت به قبل از آن، ۵۲درصد کاهش دبی متوسط سالیانه مشاهده

شد و در ایستگاه بالادست سد، همین مقدار معادل ۳۳درصد است که درواقع می‌تواند سهم عوامل اقلیمی باشد، بعد از کسر از ۵۲درصد کاهش در پایین‌دست، مابقی آن یعنی ۱۹درصد کاهش، سهم خود سازه و مدیریت سد مارون است.

درمورد سد کرخه نیز در بازه زمانی بعد از آب‌گیری نسبت به قبل از آب‌گیری سد، ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست، شاهد ۹درصد کاهش دبی متوسط سالیانه بوده است، این درحالی است که در همین ایستگاه هیدرومتری، ۷۸درصد کاهش در دبی پیک متأثر از سد کرخه مشاهده شده است.

نتایج ارائه شده از مطالعات منابع آب در این بخش دو نکته اساسی را از اثرگذاری سدها بر جریان‌های رودخانه‌ای نشان می‌دهند.

نخست، اثرگذاری سدها بر دبی‌های سیلابی و مهار پیک‌های سیلابی به مراتب بیشتر از اثرگذاری آنها بر دبی‌های متوسط سالیانه است. دوم، سدهای احداث شده در استان خوزستان، بیش از ۵۰درصد دبی‌های پیک و بین ۱۰ تا ۲۰ درصد دبی‌های متوسط سالیانه را کاهش داده‌اند. این مقادیر، مجزا از اثر مستقیم تغییرات اقلیمی و تغییرات کاربری اراضی بوده و اثر مستقیم سد بر جریان‌های رودخانه‌ای است که با در نظر گرفتن ایستگاه بالادست سد به‌عنوان ایستگاه شاهد و پس از کسر کاهش در بالادست سد به دست آمده‌اند. چنانچه بخواهیم مجموع اثرگذاری عوامل اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی و سدها را بر جریان‌های رودخانه‌ای در پایین‌دست آنها بیان کنیم، این مقادیر برای دبی‌های پیک به بیش از ۷۰درصد کاهش و برای دبی‌های متوسط سالانه به بیش از ۳۰درصد کاهش افزایش می‌یابد. شایان ذکر است تمامی عوامل طبیعی و انسانی با هم در کنش هستند و بدون تردید در شرایط خشک‌سالی، شاهد ذخیره بیشتر جریان متوسط رودخانه توسط سد و مصارف بیشتر آب در بخش کشاورزی خواهیم بود و عوامل طبیعی منجر به تشدید آثار عوامل انسانی بر طبیعت خواهند بود.

طبیعت ایران

تأثیر سدها و سازه‌های احداث شده روی پهنه‌ها و دشت‌های سیلابی چگونه است؟

دکتر سمانه رضوی‌زاده

وقوع سیلاب همواره در استان خوزستان خسارت‌های سنگینی را به بخش کشاورزی، تأسیسات زیربنایی و مناطق مسکونی وارد کرده است. متأسفانه همواره اولین راهکار برای مقابله با خسارت سیل، مهار سیلاب به‌وسیله سدها و بندهای خاکی است. طبق آمار موجود، در ۲۰ سال اخیر، همان طور که پیش‌ازاین ارائه شد، تعداد ۴۱ سد جدید در سه حوزه آبخیز زهره- جراحی، کارون و کرخه احداث شده است و همین‌طور طبق آماری که رعیت‌پیشه در سال ۱۳۸۸ مطرح کرده است، از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ تعداد ۱۰۹ بند خاکی، فقط در استان خوزستان احداث شده است. احداث این سازه‌ها، آن هم با این تعداد عجیب و زیاد، در ۲۰ سال اخیر منجر به کاهش چشمگیر ظرفیت سیلابی دشت‌های خوزستان شده است، بی‌تردید این مسئله در فعال شدن کانون‌های گرد و غبار داخلی تأثیر بسزایی داشته است.

از ۷ کانون گرد و غبار استان خوزستان، ۵ کانون در حوضه زهره- جراحی و ۲ کانون در حوضه‌های کارون و کرخه واقع شده است، این کانون‌ها دشت‌های سیلابی هستند که در معرض سیلاب‌های فصلی رودخانه‌های زهره- جراحی، رودخانه فصلی کوپال و کرخه قرار دارند.

شدیدترین سیلاب در استان خوزستان در سال ۱۳۷۱ به وقوع پیوسته است، کدر این سیلاب، جریان حاصل توسط رودخانه کوپال به کانون شرق اهواز، کانون جنوب و جنوب شرق اهواز و هور منصوره منتقل شده و جریان سیلابی رودخانه جراحی به کانون ماهشهر- امیدیه وارد شده است. به‌طورکلی دست‌کاری‌های انجام‌شده در نظام طبیعی رودخانه‌ها ازجمله احداث بندها، سدها و کانال‌های انحراف جریان، منجر به تغییر در روند طبیعی آب‌گیری پهنه‌های سیل‌گیر شده است. برای مثال رودخانه فصلی کوپال در گذشته و پیش از احداث بندهای خاکی فراوان و مصارف چشمگیر بالادست، در مواقع پرآبی و سیلاب‌های فصلی، تأمین‌کننده آب هور شریفه و در انتها تأمین‌کننده آب هور منصوره در پایین‌دست خود بوده است. هورهای شریفه و منصوره که از کانون های اصلی ریزگرد هستند، به‌واسطه آب‌گیری از سیلاب‌ها از پوشش گیاهی یک‌ساله پوشیده می‌شوند که منجر به تثبیت آنها می‌شده است. مسیر انتقال آب رودخانه کوپال به هور منصوره از کانون جنوب شرق اهواز بوده و هور شریفه در دل این کانون واقع شده است، اما تمامی تصاویر ماهواره‌ای آنالیز شده مربوط به سال‌های بعد از ۱۳۸۷، نشان می‌دهد، متأسفانه حقابه سیلابی هور شریفه و هور منصوره از رودخانه کوپال حذف شده و بعد از این سال در مواقع سیلابی، هیچ آبی از رودخانه کوپال به این دو هور و در حقیقت به کانون جنوب شهر اهواز وارد نشده است. این مسئله بدون شک در فعال شدن کانون جنوب شرق اهواز نقش بسزایی داشته است.

ازسوی دیگر، در سال ۱۳۸۴ سد انحرافی رامشیر با هدف تأمین آب کشاورزی و مهار سیلاب، روی رودخانه جراحی احداث شده است. آنالیز تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد، در گذشته و در مواقع سیلابی، سیلاب رودخانه جراحی توسط کانال‌های دست‌سازی که روی رودخانه جراحی وجود داشته، به‌کانون ماهشهر –امیدیه وارد می‌شده است، اما پس از حذف ظرفیت سیلابی هور منصوره از رودخانه کوپال، حقابه این هور از سیلاب رودخانه جراحی و توسط کانال دست‌ساز دیگری تأمین می‌شد، این کانال، جریان ناشی از سیل را از محل سد رامشیر به هور منصوره منتقل می‌کند. این کانال، کانال دست‌سازی است که از پشت سد رامشیر به هور منصوره کشیده شده است، که در مسیر، زهاب کشاورزی و در مواقع سیلابی، جریان سیلابی را به هور منتقل می‌کند. این مسئله، نظام طبیعی منطقه را بر هم زده است و ظرفیت سیلابی رودخانه جراحی در محل اصلی خود یعنی کانون ماهشهر- امیدیه کاهش یافته است. بنابراین، پس از احداث بندهای خاکی بالادست رودخانه کوپال و نیز سد انحرافی رامشیر، اولویت انتقال جریان سیلابی رودخانه جراحی، دیگر کانون ماهشهر- امیدیه نیست و ظرفیت سیلابی رودخانه جراحی در درجه اول، توسط همان کانالی که پیش‌تر اعلام

شد، به هور منصوره انتقال می‌یابد و سپس، جریان سیلابی مازاد به کانون ماهشهر– امیدیه منتقل می‌شود. این تغییرات منجر به این شده است که با کاهش سهم کانون ماهشهر– امیدیه از سیلاب رودخانه جراحی، این کانون هم در معرض فعال شدن قرار گیرد.

همچنین بخشی از کانون جنوب غرب هویزه در قسمت شمال غربی با بخش سیل‌گیر تالاب هورالعظیم هم‌پوشانی دارد. این مسئله نشان‌دهنده اهمیت سیل در مهار تولید گرد و غبار این کانون است. کانون شمال و شرق خرمشهر نیز، از شرق در مجاورت رودخانه کارون و تالاب شادگان قرار دارد و از آنجا آب‌گیری می‌شود. از آغاز پایش تصاویر ماهواره‌ای تا قبل از آب‌گیری سد کرخه در سال ۱۳۸۰، پهنه‌های یادشده از کانون‌های جنوب غرب هویزه و شمال و شرق خرمشهر، در شرایط سیلابی و درنتیجه آب‌گیری از رودخانه کرخه و از پایین از رودخانه کارون، پوشیده از آب می‌شدند. پهنه سیل‌گیر تالاب هورالعظیم، که مشرف به کانون جنوب غرب هویزه است، در مواقع سیلابی کاملاً از آب رودخانه کرخه پوشیده می‌شد، ولی از سال ۱۳۸۰، مصادف با افتتاح سد کرخه، با وجود رخداد سیل و گزارش دبی پیک بالا در رودخانه کرخه، در کانون جنوب غرب هویزه، هیچ‌گونه آب‌گیری از رودخانه کرخه مشاهده نشده است. به‌طورمثال تصویر ماهواره‌ای سال نشان می‌دهد ۱۳۸۵، هم‌زمان با رخداد یک واقعه سیلابی، در بخش عراقی هورالعظیم، آب‌گیری وجود داشته است، ولی با وجود شرایط اقلیمی مشابه، در بخش ایران، پهنه‌های سیل‌گیر، آب‌گیری نشده‌اند.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت، به‌هم‌ریختگی سیستم طبیعی هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز، تخریب و تغییر مسیر رودخانه‌ها و مسیل‌ها و دست‌کاری بی‌مهابا در نظام طبیعی آب‌گیری تالاب‌ها و دشت‌های سیلابی نقش بسزایی در فعال شدن کانون‌های گرد و غبار داشته‌اند. سدها به‌عنوان یک ابزار مهم و مؤثر، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کارایی بالایی در تأمین نیاز آبی منطقه و مهار سیلاب داشته و دارند، اما نکته مهم در این میان، ایجاد رویکرد متعادل در ساخت سدها و عدم دست‌کاری شدید در طبیعت با تبعات غیرقابل بازگشت مانند ساخت ۴۱ سد در ۲۰ سال و سپس رعایت همه‌جانبه اصول آبخیزداری در حوزه آبخیزی است که در آن سد احداث شده است؛ ازجمله آن رعایت حریم سیلابی رودخانه‌ها و لای‌روبی مرتب آنها در پایین‌دست سد، رعایت حقابه تالاب‌ها و محیط‌های طبیعی، همچنین توجه ویژه به آمایش سرزمین و تثبیت بیولوژیک در حوضه بالادست سد به‌منظور فراهم آوردن نفوذ حداکثری آب باران است.

طبیعت ایران

از توضیحات خوب و مفصل شما سپاسگزارم. آقای دکتر جلیلی، نتایج ارائه شده همکاران نشان می‌دهد که مطالعات عمیق و وسیعی در منطقه انجام شده است و همه فاکتورهای مرتبط با موضوع مدیریت آب در این سه حوزه آبخیز، با دقت مطالعه و بررسی شده است. یکی از بحث‌های مهم و دشوار، آنالیز و جمع‌بندی نتایج این مطالعات است که کار پیچیده و در عین حال ضروری است. مسئولان کشور باید از نتایج به دست آمده این مطالعات به نحو مطلوبی استفاده کنند تا در تصمیم‌گیری برای آینده مدیریت آب در این سه حوزه و خوزستان دچار اشتباهات گذشته نشوند. لطفاً به‌عنوان هدایت‌کننده این مطالعات، نتایج را جمع‌بندی کنید. این اطلاعات چگونه می‌تواند در مدیریت سرزمین مورداستفاده قرار گیرد؟

دکتر عادل جلیلی

مسئولیتی که در ابتدا بر عهده ما قرار گرفت، ارائه برنامه تثبیت کانون‌های ریزگرد خوزستان بود، اما گروه‌های مختلف مشغول در مجموعه به این نتیجه رسیدند که تمرکز صرف، روی کانون‌ها ما را منحرف خواهد کرد، البته که تثبیت کانون‌ها به‌صورت جدا مطالعه و بررسی شد و برنامه تثبیت آن در اختیار دستگاه اجرایی قرار گرفت و در تثبیت کانون‌ها نیز، بسیار مؤثر واقع شد. با توجه به اینکه آورد آبی، یکی از پیچیده‌ترین مقوله‌ها در ایجاد این کانون‌ها است، ناچار شدیم به مطالعه و بررسی این سه حوزه بپردازیم که نتایج بررسی‌های لایه‌های مختلف این موضوع توسط هر یک از همکاران به‌خوبی ارائه شد. این نتایج ما را به سمت مقوله‌ای به نام ابرچالش‌ها در محیط‌های طبیعی ایران، هدایت کرد، این موضوع مهم باید مورد توجه برنامه‌های توسعه کشور قرار گیرد. الگوی رفتاری تغییرات در این سه حوزه، کاملاً شبیه هم و آورد آبی به شدت، در حال کاهش است، علاوه‌بر تغییرات اقلیمی که در میزان آورد آبی تعیین‌کننده است، نوع مدیریت ما نیز، تأثیرگذار است. این مدیریت در سطح آب‌های زیرزمینی، برداشت از آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی و سدی که احداث شده، مطرح می‌شود. پیامدهای حاصل از احداث سدها و بندها و دخالت در سیستم هیدرولوژی رودخانه‌ها، نشان داد، بحث ریزگردها شاید ابتدایی‌ترین تأثیر این پدیده است و ما به‌شدت با مقوله تخریب سرزمین روبه‌رو هستیم، بحث آب هم برای طبیعت و هم برای مدیریت حیات انسان، موضوع بسیار مهم و جدی است، درواقع هدف ما این است که با استفاده از این داده‌ها، راهبرد مناسبی را برای برنامه توسعه کشور ارائه دهیم.

پدیده تغییر اقلیم، تنها موضوع کشور ما نیست، این موضوع، یک موضوع جهانی است، پس ما به تنهایی نمی‌توانیم این پدیده را مدیریت کنیم، باید در کنار سایر مجامع جهانی و کشورها قرار گیریم. در نشست پاریس پیرامون کنترل تغییرات اقلیمی، مقرر شد کشورها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را کاهش دهند، درواقع لازم است برنامه‌های توسعه طوری تنظیم شوند که بتوان تولید و انتشار این گازها را کنترل کرد. متأسفانه ایران مقام هفتم را در تولید این گازها دارد، کشوری مثل ژاپن نیز در تولید گازهای گلخانه‌ای همانند ایران است، این در حالی است که ۱۰ برابر ایران ثروت تولید می‌کند، نابسامانی‌های موجود در برنامه‌های توسعه، کشور را به یکی از تولیدکننده‌های گازهای گلخانه‌ای تبدیل کرده است. من بر این باورم و همان طور که دنیا هم نشان داده است، حرکت به سمت مدیریت پدیده تغییر اقلیم،

یعنی همان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند به یک فرصت سرمایه‌گذاری تبدیل شود، برنامه‌های جدید توسعه و توجه به تکنولوژی‌های جدید در تأمین انرژی و ... می‌تواند نوعی جهش جدی برای تحول در صنعتی شدن کشور باشد، همچنین می‌تواند در ایجاد و تولید ثروت مؤثر باشد. به‌تازگی مقاله‌ای را از آقای چیت‌چیان، وزیر سابق وزارت نیرو مطالعه کردم، این مقاله در ارتباط با تولید انرژی ارائه شده بود. می‌توان گفت انرژی برق در ایران تولید نمی‌شود، درواقع، تنها تبدیل انرژی فسیلی به انرژی برق است. در این فرایند، هم منابع از بین می‌روند و هم زمینه برای انتشار گازهای گلخانه‌ای فراهم می‌شود. ایران کشوری است که باید روی ظرفیت‌هایی مثل انرژی خورشیدی کار کند، این ظرفیت مهم و جدی است، متأسفانه ما به این موضوع نپرداختیم، حتی نامزدهای محترم ریاست جمهوری هم در برنامه‌های انتخاباتی خود به آن اشاره‌ای نکردند، گویا این موضوع اصلاً دغدغه آنها نیست. بنابراین، در درجه اول، ضروری است همزمان با دنیا، به‌طور جدی در رویکرد توسعه‌ای کشور به این موضوع توجه شود، در درجه دوم، موضوع آورد آبی مطرح می‌شود که تحت تأثیر تغییر اقلیم است، برای این موضوع، تنها کاری که می‌توانیم انجام دهیم، سازگاری است. وقتی آورد آبی ناشی از تغییر اقلیم وگرمایش زمین، از ۱۲۶ میلیارد مترمکعب به ۸۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد، نمی‌توان آن را تغییر داد، پس باید با آن سازگار شد. نتایج مطالعات ما نشان داد، متأسفانه در مدیریت آب خیلی بی‌محابا، بخشی، جزیره‌ای و پراکنده عمل می‌کنیم و درنهایت با پدیده‌هایی مثل ریزگرد روبه‌رو می‌شویم. ازنظر من پدیده ریزگرد همانند بروز تب در بدن انسان است که می‌تواند درنتیجه عوامل مختلفی در بدن، به این شکل خود را نشان دهد، درست مثل پدیده ریزگرد، کشاورزی، تولید یا کیفیت آب‌ها. میزان شوری آب که از سمت بالادست به پایین‌دست به‌دلایل مختلفی ازجمله زمین‌شناسی و ... می‌تواند افزایش یابد، ولی در حقیقت نشان می‌دهد، افزایش شوری و کاهش کیفیت آن، به‌شدت درحال جدی‌تر شدن است، دشت‌هایی همچون دشت خوزستان که قطب کشاورزی و تولید کشور بوده است، اکنون به مفهوم واقعی، نقشی در تولید و کشاورزی ندارد، درحالی‌که می‌تواند با بهره‌وری بالا به مرکز تولید کشاورزی ایران تبدیل شود، تغییرات کمیت آب که منجر به تغییرات کیفیت آن شده است، می‌تواند علاوه‌بر تخریب این سرزمین، ما را در تأمین غذا و امنیت غذایی، دچار چالش کند.

اگرچه انتظار اولیه از ما، تنها ارائه برنامه تثبیت کانون‌های ریزگرد خوزستان بود، اما بنده با خوشحالی عرض می‌کنم که با تلاش اعضای هیئت‌علمی مؤسسه، همکاری محققان خارج از مؤسسه، همکاران مراکز تحقیقاتی استان خوزستان، محققان وزارت نیرو و سازمان هواشناسی و سایر مراکز علمی و دانشگاهی، به نتایجی دست یافتیم که باید در بحث‌های توسعه کشور به آنها توجه ویژه شود، همچنان مؤسسه سعی می‌کند این نتایج را در قالب یک راهبرد در اختیار تصمیم‌گیران کشور قرار دهد.

طبیعت ایران

ممنون از توضیحات خوبی که ارائه دادید. نقش نشریه طبیعت ایران، طرح مسائل و چالش‌های مهم موجود در کشور و هدف آن بیان وضعیت فعلی و طرح وضعیت آینده کشور به‌صورت شفاف و روشن است، امیدواریم روزی فرا رسد که این چالش‌های مهم منابع طبیعی، به دغدغه‌های اصلی مسئولان محترم بدل شود تا آنها حساسیت‌های لازم را نشان دهند، واقعیات جامعه را بپذیرند و تصمیماتی را اتخاذ کنند تا در آینده امکان برخورد درست و مناسب با این چالش‌ها و بحران‌ها فراهم شود. در پایان از حضور همه مهمانان محترم سپاسگزارم و برای همه آرزوی سلامتی می‌کنم.