

در میزگرد تخصصی «طبیعت ایران» مطرح شد فرونشست زمین (بخش اول: علل و عوامل)

فرونشست زمین از جمله چالش‌هایی است که بسیاری از زیست‌بوم‌های کشور را تهدید می‌کند و کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این شماره از نشریه طبیعت ایران ابعاد مختلف فرونشست زمین شامل علل و عوامل شکل‌گیری، اهمیت فرونشست زمین، مناطق بحرانی، تأثیر فرونشست زمین بر محیط‌زیست و منابع طبیعی، آمار و اطلاعات و پایش آن مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و در شماره آینده نشریه راهکارهای پیشنهادی برای برون‌رفت از این چالش بزرگ ملی ارائه خواهد شد.

در این گفت‌وگو آقایان دکتر محمدجواد بلورچی، کارشناس محترم بازنشسته سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، دکتر رضا شهبازی، مدیرکل محترم دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، دکتر حمید رحمانی، رئیس محترم گروه آب‌های زیرزمینی وزارت نیرو و دکتر محمد خسروشاهی، رئیس محترم بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور حضور دارند.

گفت‌وگوی این شماره را با طرح این سؤال آغاز می‌کنیم، خطر فرونشست زمین را چگونه ارزیابی می‌کنید، آیا خطر فرونشست زمین در ایران از خطر سیلاب و زمین‌لرزه کمتر است؟ چرا این موضوع کمتر مورد توجه قرار گرفته است؟

دکتر بلورچی: ابتدا تاریخچه مختصری از این پدیده ارائه می‌کنم. کشور ما حدود ۳۰ تا ۴۰ سال است که با پدیده بیرون زدن لوله جدار چاه‌ها روبه‌رو شده است، در رفسنجان سالانه ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر بیرون‌زدگی لوله از چاه مشاهده می‌شود، تا آنجایی که اهالی رفسنجان مدت‌ها فکر می‌کردند،



دکتر محمد جواد بلورچی



دکتر رضا شهبازی



دکتر حمید رحمانی



دکتر محمد خسروشاهی



چاه‌ها در حال لوله‌زایی‌اند. در اوایل قرن بیستم با بهره‌برداری بیش‌ازحد از آبخوان‌های زیرزمینی، پدیده‌هایی مثل فرونشست زمین (Land Subsidence) در کشورهای توسعه‌یافته‌ای همچون آمریکا روی داد. به‌گونه‌ای که در دهه ۶۰ میلادی سازمان ملل با هدف بررسی علل و راهکارهای

کاهش یا مواجهه با فرونشست زمین به تشکیل کارگروهی اقدام کرد. این کارگروه جهانی پس از نشست‌های متعدد و با استفاده

کالیفرنیا از خط قرمز خشک‌سالی عبور کرده و فرونشست زمین در آنجا به اوج خود رسیده است. خوشبختانه در کشور نیازی به بازشناسی پدیده فرونشست نداشتیم، تنها باید براساس شناخت رویدادها و عوارض مشابه آنچه به‌عنوان مثال در آمریکای غربی روی داده بود، همچنین با دستیابی به دانش کافی، رفتاری مشابه آنها انجام دهیم، نتیجه‌اش همان است که در دنیا اتفاق می‌افتد. اما چه کردیم؟ متأسفانه دقیقاً تجربه‌های گذشته

را تکرار کردیم. شکل‌گیری فرونشست زمین در کشور ما در نتیجه تغییر رویکرد از عملکرد علمی-تاریخی و پایدار بهره‌گیری از کاریز، سدهای زیرزمینی، بندها و آب‌بندها به سدسازی بی‌رویه و گاهی غیرعلمی بدون تجهیز پایین‌دست به ابزار بهره‌گیری مناسب از آب‌های سطحی بود. نتیجه آن عدم حرکت آب در رودخانه و عدم تغذیه آبخوان‌ها بود. برای آبیاری محصولاتی که یک

سال در جامعه نایاب می‌شد و سال بعد آنقدر کاشته می‌شد که از آن برای تغذیه دام استفاده کردند، چاه‌های عمیق حفر کردیم و نابخردانه آب‌های زیرزمینی ارزشمند را برداشت کردیم، در نتیجه چنین تفکری، در اغلب دشت‌های آبرفتی کشور پدیده فرونشست روی داد، در برخی موارد این پدیده با نرخ بسیار بالایی اتفاق افتاد. به‌جای برنامه‌ریزی در مدیریت بهره‌وری آب، به انتقال آب بین‌حوزه‌ای روی آوردیم. برای نمونه به دشت تهران اشاره می‌کنم، یکی از مهم‌ترین دشت‌های کشور و اولین دشتی که در سطح جهان دارای بانک داده و اطلاعات کاملی است. در واقع دقت مطالعات هیچ دشتی به‌اندازه دشت تهران نبوده است که متأسفانه بدون مدیریت رها شد. در سال ۱۳۸۴ این دشت با استفاده از

روش‌های راداری اندازه‌گیری شد، داده‌های به‌دست آمده نشان دادند، سالانه فرونشستی بیش از ۱۷ سانتی‌متر در این دشت اتفاق افتاده است، این میزان فرونشست امروزه حدود ۱ میلی‌متر در روز و ۳۶ سانتی‌متر در سال است، تا پیش از این بیشترین فرونشست زمین در مکزیکوسیتی با ۳۲ سانتی‌متر در سال بود، به‌عبارت‌دیگر هم‌اکنون بالاترین نرخ فرونشست زمین در تهران ثبت شده است.

اما تهران بالاترین نرخ فرونشست زمین در سطح کشور نیست. تا زمانی که من در سازمان زمین‌شناسی از این اطلاعات آگاه بودم، تعداد دشت‌های بحرانی و ممنوعه حدود ۳۵۰ دشت بود، امروزه تعداد این دشت‌ها در کشور به بیش از ۴۲۰ دشت رسیده است و این یعنی تعداد دشت‌های ممنوعه کشور که با کاهش سطح آب زیرزمینی مواجه هستند، روزبه‌روز در حال افزایش است.

اگر پایین رفتن آبخوان و تهی شدن آن در آبخوان‌هایی از جنس رسوبات ریزدانه سیلتی و رسی باشد، به‌طورقطع تهی شدن و رها شدن درازمدت سبب تخریب همیشگی، نابودی نفوذپذیری و درنهایت مرگ آنها می‌شود. این پدیده در دشت‌های ریزدانه برگشت‌ناپذیر است. آبخوان با رسوبات درشت‌دانه قابلیت تجدیدپذیری دارد و احتمال وقوع فرونشست زمین در آن کمتر است. نکته مهم این است، فرونشست زمین مثل زمین‌لرزه یا سیلاب آثار سطحی بارز و لحظه‌ای ندارد که مدیران برای پرهیز یا کنترل آن تلاش کنند، به همین دلیل است که هیچ‌یک از مدیران به‌رغم داشتن آگاهی از این پدیده مخرب، اقدامی برای کنترل و توقف آن نکردند، شایان ذکر است اطلاع‌رسانی درباره فرونشست زمین از سال ۱۳۸۴ توسط سازمان زمین‌شناسی کشور انجام شده است. از سال ۱۳۸۴ در زمینه فرونشست زمین در کشور فریاد زدیم ولی گوش شنوایی وجود نداشت. پیش‌بینی هر یک از مدیران بر این بود که عوارض این پدیده دامن‌گیر مدیر دیگری خواهد شد، پس دلیلی برای مواجهه خود با تبعات اجتماعی-اقتصادی مدیریت بهره‌برداری آبخوان نمی‌دید و این



از دانشمندان کشورهای مختلف جهان، فرونشست زمین را معرفی کردند. بعد از آن، این پدیده در جهان شناخته شد. در دهه ۸۰ میلادی، بیشترین نرخ فرونشست زمین در کشورهای آمریکای غربی مثل کالیفرنیا اتفاق افتاد. دانشمندان بعد از آگاهی از چگونگی شکل‌گیری فرونشست زمین، آثار و پیامدهای نگران‌کننده آن در آینده، برای شناسایی، کنترل و مدیریت آن تلاش بیشتری کردند. اولین اقدام آنها جابه‌جایی آب بین‌حوزه‌ای بود. به‌عنوان مثال با تغییر مسیر رودخانه کلرادو به کالیفرنیا، تا حدی توانستند به پدیده فرونشست زمین در آن زمان در آمریکای غربی فائق آیند، اما متأسفانه با گذشت زمان و با وقوع خشک‌سالی، دیگر آبی از کلرادو وارد کالیفرنیا نمی‌شود. هم‌اکنون

در حالی است که امروز می‌تواند از بانک جیب مبارکش - که آبخوان ارزشمند چند هزار ساله زیر پایش است - بخورد (مشخص هم نیست که تا کجا ادامه دارد، هر وقت که تمام شد، مسئول وقت برای پاسخگویی می‌آید). امروز همه مردم گرفتار عوارض کوتاه‌نگری آن روز مدیران شده‌اند. بسیاری از دشت‌های کشور دیگر قابل بازیابی نیستند. آب این دشت‌ها یا آلوده است یا شور یا میزان فرونشست زمین آن قدر شدید است که ارتباط بین آب سطحی و زیرزمینی قطع شده است. دوستان در مورد نوسان‌های سینوسی هیدروگراف آبخوان‌ها در دشت‌ها توضیح خواهند داد که هر سال بالا و پایین می‌رفت. مرگ طبیعت در دشت‌ها زمانی رخ می‌دهد که هیدروگراف آبخوان‌ها با خشک‌سالی و بارش بازی و نوسان نداشته باشد و منحنی آن صاف شود. وقتی آبخوان در دشت می‌میرد و ارتباطش را با سطح از دست می‌دهد و نسبت به بارش سالیانه تغذیه نمی‌شود، دیگر هیچ امیدی به تجدید آن وجود نخواهد داشت. به‌طور قطع دکتر رحمانی درباره تعداد دشت‌ها با هیدروگراف صاف و بدون منحنی صحبت خواهند کرد. امروزه بیشتر آبخوان‌ها نظیر آبخوان تهران تجدیدپذیری خود را از دست داده‌اند. متأسفانه دهان آبخوان با سد کرج مسدود شده است، امکان نفوذ بارش محلی نیز از مسیر مخروط‌افکنه که محل نفوذ آب زیرزمینی است، با تخلیه شن و ماسه برای شهرسازی از بین رفته است. چگونه انتظار داریم که آبخوان به زندگی‌اش ادامه دهد. هیچ راهی برای ورود آب به آبخوان وجود ندارد. هرچه باران روی آبخوان بیارد، به دلیل ریزدانه بودن سطح، جاری و منجر به وقوع سیلاب می‌شود. در مجموع مسیر ما اشتباه بود. در هر شرایطی باید نیاز آبی مردم عزیز کشور به‌ویژه در مورد آب شرب و بهداشت تأمین شود. علت اصلی بازنشستگی بنده، آگاهی به عدم امکان حل این مشکل بزرگ ملی در شرایط فعلی و البته در بدنه دولت بود. از دولت بیرون آمدم و با هدف یافتن راهکاری برای مقابله با آینده شومی که خودمان آن را رقم زدیم، تلاش می‌کنم. به‌نظر بنده همین لحظه نیز برای خاموش کردن چاه‌های آبرفتی و توقف برداشت از

آبخوان‌های آبرفتی دیر است. انتقال بین حوزه‌های بزرگ‌ترین اشتباهی بود که ما نیز به همراه همه دنیا مرتکب آن شدیم. هر حوزه‌ای را باید با آب همان حوزه مدیریت کرد. اگر کم است باید با همان میزان ساخت و اگر زیاد است بایستی با آن تولید بیشتری انجام داد. در واقع میزان کم یا زیاد آب سهم طبیعی هر

اهمیت و تأثیر زیاد بر زندگی مردم مورد غفلت قرار گرفته است. در ادامه اطلاعات آماری را در راستای پاسخ به سؤال شما مطرح می‌کنم، در مجموع ۶۰۹ محدوده مطالعاتی داریم که حدود ۴۲۰ محدوده ممنوعه شده‌اند. از ۱۹۱ محدوده باقی‌مانده، تقریباً ۱۴۰ محدوده فاقد آبخوان هستند؛ این محدوده‌ها یا مناطق



حوزه است. حق نداریم در اکوسیستم دخل و تصرف ناپایدار کنیم. امروز جهان به این باور رسیده که همه پروژه‌ها باید اکوسیستم‌محور باشند و علی‌رغم توان بالای مهندسی خود، نمی‌توانیم به توان طبیعت غلبه کنیم، پس راهکاری جز سازگاری با اکوسیستم نداریم.

طبیعت ایران: آقای دکتر رحمانی لطفاً جناب عالی آماری از دشت‌های کشور و دشت‌هایی که در آن فرونشست زمین وجود دارد ارائه بفرمایید تا ابعاد موضوع روشن‌تر شود. چند درصد از دشت‌های کشور بحرانی هستند؟

دکتر رحمانی: نخست باید عرض کنم مسئله فرونشست زمین موضوعی است که علی‌رغم

کوهستانی هستند یا محدوده‌های مطالعاتی فاقد آبخوان هستند. به‌عبارت‌دیگر بیش از ۹۰ درصد محدوده‌های مطالعاتی دارای آبخوان‌های قابل توجه، ممنوعه شده‌اند، یعنی توسعه و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در این محدوده‌ها ممنوع است. منابع آب زیرزمینی ما حاصل میلیون‌ها سال تجمع آب در زیر زمین است. از گذشته‌های دور مردم به شیوه مدیریتی خود از این منابع بهره‌برداری می‌کردند، در واقع میرآب‌ها مسئولیت مدیریت آب را در محدوده‌های مختلف بر عهده داشتند. بهره‌برداری با استفاده از قنات انجام می‌شد، قناتی که شیر زمین را می‌مکید و به محض رسیدن ارتفاع آب به سطح مشخص، در مسیر قنات جاری



می شد و به مقدار مشخص قابل برداشت بود، ولی پس از حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در دشت‌ها، علاوه بر شیر زمین، خون دشت‌ها را هم مکیدیم و سبب برهم خوردن تعادل سفره‌ها شدیم. طبق شاخص‌های موجود مثل شاخص فالکن مارک، مصرف بیش از ۴۰ درصد آب تجدیدپذیر هر حوزه، سبب مواجهه با تنش آبی می‌شود. نکته جالب این است که در بعضی از محدوده‌های مطالعاتی کشور بیش از ۱۰۰ درصد و در برخی دیگر بیش از ۱۲۰ درصد از آب تجدیدپذیر در حال برداشت و استفاده است. ذخایر استاتیکی که میلیون‌ها سال تجمع پیدا کرده در حال استفاده یا بهتر بگوییم تاراج است و متأسفانه در اکثر محدوده‌ها با کسری مخازن مواجه هستیم.

بهر برداری بی‌رویه طی سال‌های اخیر (۴۰ - ۳۵ سال اخیر) باعث بروز کسری مداوم مخزن سفره‌های آب زیرزمینی شده است. در حال حاضر حدود ۱۳۷ میلیارد مترمکعب کسری مخزن

تجمعی در آبخوان‌های کشور داریم. یعنی برداشت ما بیش‌تر از میزان تغذیه آبخوان بوده است. با توجه به برآوردهای انجام شده در سال ۱۳۹۴، کسری مخازن حدود ۱۱۰ میلیارد مترمکعب بود و هم‌اکنون به بیش از ۱۳۵ میلیارد مترمکعب افزایش پیدا کرده است. این‌ها ریشه‌های بحران منابع آب هستند. با توجه به اینکه مهم‌ترین و

تأثیرگذارترین عامل در ایجاد فرونشست افت سطح آب زیرزمینی است، اگر رویه بهره‌برداری به همین شکل ادامه یابد، نه تنها این پدیده مدیریت نخواهد شد، بلکه هر چه به سطوح پایین‌تر آبخوان برویم، از حجم آبخوان کاسته و میزان فرونشست تشدید خواهد شد. با این روندی که پیش می‌رویم، آینده خوبی را نمی‌توانیم ترسیم کنیم.

طبیعت ایران: این ۱۳۷ میلیارد مترمکعب مربوط به چه زمانی و دوره‌ای است؟

دکتر رحمانی: کسری مخزن تجمعی آبخوان‌ها



بعضی محدوده‌های مطالعاتی بیش از ۱۳۰ درصد آب تجدیدپذیر از آبخوان‌ها برداشت می‌شود. این یعنی اینکه علاوه بر استفاده از ۱۰۰ درصد آب جدید، برداشت ۳۰ درصد از حجم استاتیکی آبخوان‌ها نیز سبب کاهش هر روزه حجم آبخوان‌ها می‌شود.

طبیعت ایران: آمار دقیقی از تعداد چاه‌های مجاز و تعداد چاه‌های غیرمجاز و میزان برداشت آب از آنها وجود دارد؟

دکتر رحمانی: تعداد چاه‌های مجاز شرب، صنعت، خدمات و کشاورزی کشور حدود ۴۸۷ هزار حلقه است. حدود ۳۲۰ هزار حلقه چاه غیرمجاز نیز وجود دارد. کل برداشت سالانه توسط چاه‌های مجاز کشاورزی حدود ۴۰/۷ میلیارد مترمکعب است، چاه‌های صنعتی مجاز حدود ۲ میلیارد مترمکعب، چاه‌های شرب حدود ۶ میلیارد مترمکعب است. حدود ۷/۳ میلیارد مترمکعب تخلیه چاه‌های غیرمجاز است.

طبیعت ایران: جناب دکتر شهبازی لطفاً توضیح دهید که عوارض فرونشست زمین چیست و با گسترش این پدیده چه خطراتی کشور را تهدید می‌کند؟ ابعاد این موضوع چه بخش‌هایی را دربرمی‌گیرد؟

دکتر شهبازی: همان‌طور که دکتر رحمانی فرمودند فرونشست

مسئله مهجوری است، جناب دکتر بلورچی که پیشکسوت ما هستند، نیز مطالب مهمی را فرمودند. فرونشست نیز همانند سایر مخاطرات، آثار مخرب دیگری دارد.

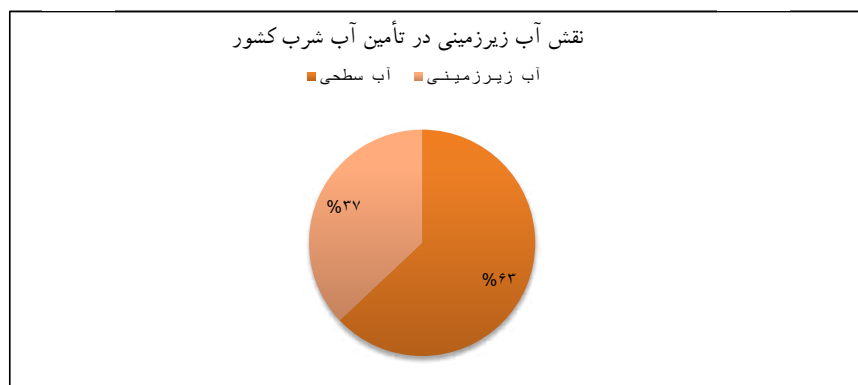
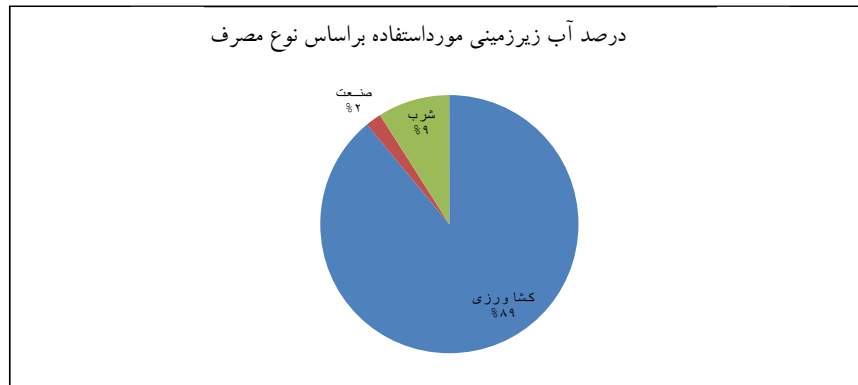
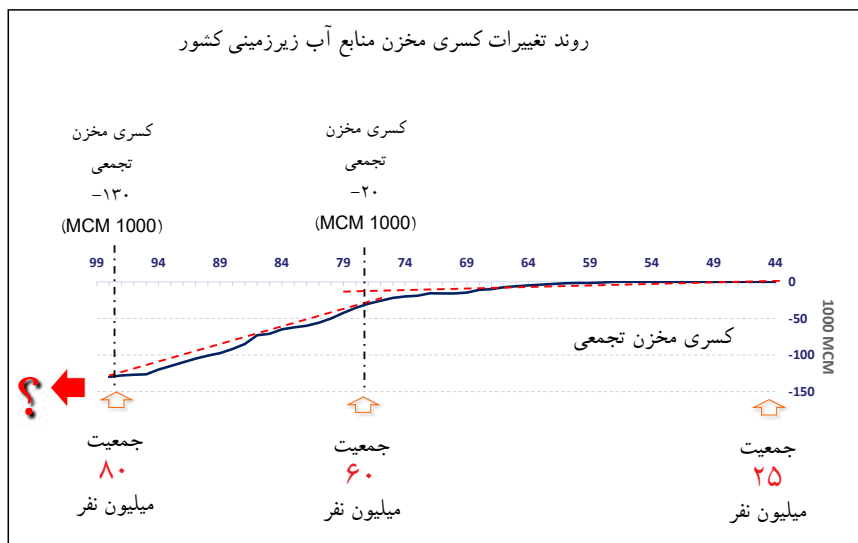
فرونشست براساس تعریف ساده یونسکو جابه‌جایی بخشی از پوسته زمین در سطح خود، در محور قائم و به سمت پایین است.

کشور به حدود ۱۳۷ میلیارد مترمکعب رسیده است. سالانه حدود ۵/۶ میلیارد مترمکعب اضافه برداشت داریم. یعنی بیش از میزان تغذیه آبخوان‌ها از آنها برداشت می‌کنیم. طبق شاخص‌های بین‌المللی از جمله فالکن مارک در صورتی که بیش از ۴۰ درصد آب تجدیدپذیر را برداشت کنیم وارد تنش آبی شده‌ایم. درحالی‌که در

چاه غیرمجاز - میلیون مترمکعب				چاه‌های مجاز - میلیون مترمکعب							
مجموع		غیرمجاز (بعد از ۸۵)		فاقد پروانه (قبل از ۸۵)		مجموع		چاه دیزلی		چاه برقی	
تخلیه	تعداد (حلقه)	تخلیه	تعداد (حلقه)	تخلیه	تعداد (حلقه)	تخلیه	تعداد (حلقه)	تخلیه	تعداد (حلقه)	تخلیه	تعداد (حلقه)
۷,۳۰۸	۳۲۰,۷۴۶	۲۶,۴۸۳	۲۱۷,۱۲۵	۴۶,۵۹۶	۱۰۳,۶۲۱	۴۸,۷۸۲	۴۸۷,۱۵۴	۱۴,۰۴۱	۲۴۷,۰۸۳	۳۴,۷۴۱	۲۴۰,۰۷۱

خطرناک است. در ادامه به خطرات آن اشاره خواهیم کرد. بروز یا رخ‌نمون فرونشست ناشی از فشردگی لایه‌های زمین علاوه بر تأثیر روی حجم مخزن آبخوان، اثرات مخرب متعدد دیگری نیز از خود به جای می‌گذارد. دکتر بلورچی تعدادی واژه را بنیان نهادند و ترویج دادند که هرکدام حائز اهمیت بسیار است. در میان این واژه‌ها، اصطلاح مرگ آبخوان، قابل توجه است، آبخوان چطور زنده می‌شود و چطور می‌میرد؟ یک آبخوان در طول زمان و در اثر تجمع رسوباتی از بالادست می‌آید، شکل می‌گیرد، به عبارت دیگر آبخوان ستونی از رسوب است که روی هم تلنبار می‌شود، یکی از المان‌های زیستی یک آبخوان در زمان زنده بودن، رسوب دانه‌بندی و جورشدگی است، المان مهم دیگر فابریک رسوب است. فابریک رسوب عبارت است از آخرین حالتی که ذرات در کنار هم چیدمان شده‌اند.

بحث مربوط به فروچاله‌ها نیز مورد قابل توجهی است. فرونشست یک نوع حرکت توده‌ای محسوب می‌شود. زمین‌لغزش‌ها از قبل شناخته شده بودند. افزون بر آن در حرکت زمین در زمین‌واریزه‌ها و ریزش‌ها معمولاً یک محور افقی نیز وجود دارد، یعنی لزوماً و صرفاً قائم نیستند. چون معمولاً در دامنه یک شیب اتفاق می‌افتند. در حفره‌های ایجاد شده در فروچاله‌ها، معمولاً با خالی شدن فضا در زیر زمین مواجه هستیم. البته در مجموعه فرونشست ممکن است یک فروچاله هم به دلیل ماسه‌دهی بالایی داشته باشیم. چاه در حال تخلیه، ماسه زیادی دارد و ممکن است که یک فروچاله هم ایجاد کند ولی به طور خاص و ویژه معمولاً با پدیده انحلال زیرسطحی همراه هستند. انحلال‌های زیرسطحی می‌تواند فرسایش تونلی، انحلالی یا ریزش سقف این تونل‌ها باشد که در ترکیب رس اتفاق می‌افتد. همچنین انحلال که خاص سازندهای کربناته یا آهکی هستند یا ترکیبات آهک بالایی دارند که در واقع پدیده کاست‌شدگی را ایجاد می‌کنند. مصداق این مورد اخیر را شاید بتوان در دشت کبودرآهنگ، فامنین و همه‌کسی همدان بی‌جویی کرد.



طبیعت ایران: آیا نشست زمین در کبودرآهنگ، فرونشست است؟ آیا می‌توان به گالی‌های ایجاد شده در دشت ورامین نیز فرونشست گفت؟ یا همان‌طور که دکتر بلورچی فرمودند جاهایی که چاه‌هایشان در حال لوله‌زایی‌اند نیز با پدیده فرونشست روبه‌رو هستند؟

دکتر شهبازی: در سطح زمین این جابه‌جایی قائم را به شکل‌های مختلف مثل برون‌زدگی چاه‌ها، به اصطلاح کشاورزان سبزشدگی چاه‌ها، می‌بینیم. اگر به فرونشست همانند یک کاسه بزرگ نگاه کنیم، برون‌زدگی‌ها و سبزشدگی‌ها را در مرکز مشاهده خواهیم کرد، فرونشست در قسمت لبه این کاسه و معمولاً جایی است که بیشترین ترک‌ها و شکاف‌ها را می‌بینیم. در هر دو حالت آثار آن در سطح،



وقتی فرونشست در یک دشت رخ می‌دهد، دانه‌بندی و ترکیب لایه‌های آن آبخوان را به هم نمی‌زند. در واقع آب لایه‌ها را تخلیه و آنها را فشرده می‌کند، اتفاقی که در فرونشست رخ می‌دهد، به هم خوردن فابریک آبخوان، یعنی چیدمان ذرات نسبت به هم، است؛ ذراتی که قرار بود روی هم و با یک چیدمان خاص باشند تا بتوانیم از فضای ماکروپروزش استفاده کنیم.

(میکروپروز یا تخلخل ریز قابلیت پمپاژ ندارد. گیاه با ریشه می‌تواند از تخلخل ریز و میکروپروزها آب را بکشد. ما از ماکروپروزها آب خارج می‌کنیم. آنجایی که فشار یک اتمسفری داریم که پمپ‌های ما می‌توانند فشار هیدرولیک منفی ایجاد کنند و آب را بالا بکشند)، چه اتفاقی در حال رخ دادن است. چیدمان ذرات نسبت به هم جابه‌جا می‌شوند. گوی‌هایی که روی هم بودند در فضاهای خالی یکدیگر می‌افتند. در واقع فابریک این رسوب به هم خورده است. فابریک رسوب یکی از مؤلفه‌های شکل‌گیری آبخوان است. وقتی می‌گوییم آبخوان می‌میرد یعنی یکی از مؤلفه‌های حیاتی خود را از دست می‌دهد، در واقع آن آبخوان، دیگر آن آبخوان قبلی نیست.

طبیعت ایران: در این حالت آیا با تغذیه مجدد، آن آبخوان به حالت اول بر نمی‌گردد و همچنان مرده محسوب می‌شود؟

دکتر شهبازی: بله، متأسفانه به مرحله‌ای می‌رسد که دیگر به حالت اول باز نمی‌گردد. به دلیل اینکه فضا را از دست داده و بازگشت آن به حالت اول با تغذیه مجدد ممکن نیست. هر آبخوان یک سری مؤلفه‌های هیدرولوژیک دارد. مؤلفه‌ها از دانه‌بندی، لایه‌بندی، آزمایش پمپاژ، ضریب آب‌گذری، ضریب انتقال و غیره، براساس آن پایه محاسبه می‌شوند. سرعت انتقال اصل قضیه است که آن را به عنوان پایه محاسبات هیدرولوژیک در نظر می‌گیریم و براساس ضخامت، دانه‌بندی و فابریک تعریف می‌شود. وقتی آن را بر هم می‌زنیم، مؤلفه‌های هیدرولوژیک مان، آن

مؤلفه‌های قبلی نیستند. با تغذیه مجدد آبخوان، در واقع آبخوان جدیدی متولد می‌شود که لزوماً شباهتی به آبخوان قبلی ندارد.

در سطح چه اتفاقی می‌افتد؟ یکی از مؤلفه‌های اصلی در طراحی سازه «پی» است. در واقع پی روی یک خاستگاه با یک سری ویژگی‌های ثابت یا استاتیک طراحی و اجرا می‌شود. حالا شما در نظر بگیرید در پدیده فرونشستی که در آن مفهوم حرکت و جابه‌جایی هست، پی سازه‌ای که روی آن نشستیم، تکان خورده است، هم‌اکنون در اصفهان خط‌های فرونشست تا نزدیکی باند فرودگاه آمده است. البته با توجه به استحکام باند، تأثیر خود را در آن محدوده نشان نمی‌دهد ولی آثار مخربش در خانه‌های سازمانی اطراف فرودگاه، مشاهده می‌شود. به‌رحال آثار فرونشست جایی خود را نشان می‌دهد، آنجایی که اختلاف شکست داریم، اتفاقاً اگر سبزشدگی لوله جدار را در مرکز کاسه فرونشست ببینیم، ترک‌ها در حاشیه‌ها خود را نشان خواهند داد. لزوماً اینکه بگوییم میزان فرونشست ۲۰ یا ۳۰ سانتی‌متر است، مهم نیست، در برخی از محل‌ها ممکن است نسبت به خط صفر فرونشست، حتی با یک سانتی‌متر فرونشست، شکست‌ها و ترک‌ها قابل مشاهده باشند. بنابراین خطر فرونشست لزوماً در زمین‌های با نرخ فرونشست بالا نیست بلکه در مرز بین محدوده فرونشست و غیرفرونشست یا مرز بین نرخ‌های مختلف فرونشست، خطر تخریب سازه بیشتر است. در مرکز دشت یا در بخش‌هایی که ترک یا درز و شکاف‌ها رخ‌نمون ندارند چه اتفاقی می‌افتد؟ تأثیر آنی فرونشست روی سازه قابل مشاهده و تشخیص نیست ولی واقعیت چیز دیگری است، در واقع «پی» زمین تکان خورده است. چه اتفاقی اینجا روی می‌دهد؟ سازه مقاومت خود را در مواجهه با رخدادهای احتمالی نظیر زمین‌لرزه، سیل یا آب‌گرفتگی از دست خواهد داد.

تأثیر شایع دیگری که بسیار هم دیده شده است، تأثیر روی سازه‌های خطی است. خطوط آهن از محل‌های مختلفی عبور می‌کنند، محل‌هایی که ترک‌های فرونشستی و اختلاف ترازهای سطحی در حال وقوع است، برای مثال از کوهستان خارج و به دشت وارد می‌شوند، در همین منطقه تحت تأثیر دو

الی سه خط ترک فرونشست و جابه‌جایی قرار می‌گیرند. موارد مشابه دیگری نیز مانند خطوط آب، گاز، جاده‌ها و خطوط فشارقوی انتقال نیرو وجود دارند. متأسفانه حالت بحرانی این موارد را می‌توان در استان‌هایی مانند اصفهان، فارس یا همدان یافت. در برخی مناطق این استان‌ها، موضوع از خطر فرونشست گذشته و به بحران تبدیل شده است.

طبیعت ایران: آیا دشت‌های ایران از نظر وضعیت فرونشست رتبه‌بندی شده‌اند. کدام مناطق وضعیت بحرانی دارند؟

دکتر شهبازی: تازمانی که پدیده فرونشست، زیرساخت‌ها و به‌طور عمومی خانه و زندگی مردم را به چالش نکشیده است، از آن به‌عنوان یک خطر یاد می‌کنیم. اما هنگامی که این پدیده وارد زیرساخت‌ها و خانه و زندگی مردم شد، اسم آن دیگر خطر نیست و به بحران تبدیل می‌شود. این موضوع را باید در فرونشست یا فروچاله‌های دشت‌های اصفهان، فارس، همدان، کرمان، خراسان رضوی و البته تهران و کرج و براساس شواهد به‌عنوان اولویت اول در نظر گرفت. موضوع خاص و پیچیده در خود خوزستان است، بیشترین پهنه فرونشست از لحاظ مساحت و آثار زیان‌بار در دشت خوزستان است. جایی که اصلاً فکرش را نمی‌کنید.

طبیعت ایران: در دشت خوزستان آب زیرزمینی زیادی وجود ندارد؟

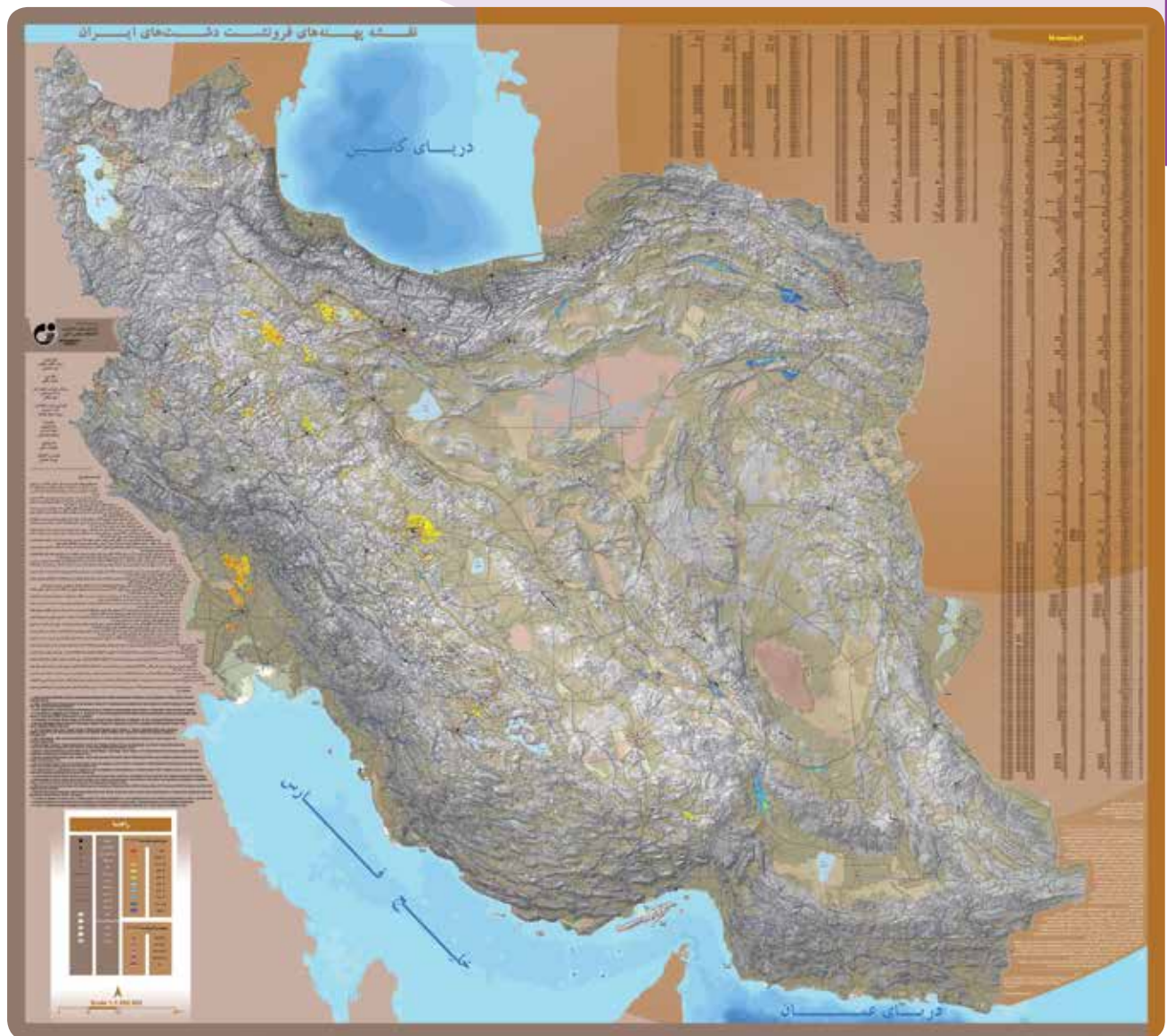
دکتر شهبازی: وقتی به پدیده فرونشست در اهواز اشاره می‌کنیم، در واقع در مورد شمال خوزستان صحبت می‌کنیم. با توجه به شوری آب در جنوب اهواز، برداشت آب زیرزمینی نداریم. دشت رامین، ملاتانی و شوشتر در شمال اهواز دارای آب زیرزمینی‌اند. در بحث فرونشست در واقع این چرخه آب است که دچار تغییر شده است. این چرخه تحت تأثیر عوامل مختلف به هم می‌خورد. یکی از عوامل برهم‌زننده این چرخه، خشک‌سالی شدیدی است که از سال ۱۳۷۷ شاهد آن بودیم. عامل بعد را با یک مثال توضیح می‌دهم. در آمریکا هم در دهه ۲۰ میلادی فرونشست اتفاق افتاد که می‌توان شاخص آن را در کالیفرنیا دید.

۱۳۸۱-۱۳۸۰ اولین مستندسازی‌ها روی می‌دهد. وزیر نیرو نامه می‌زند، سازمان نقشه‌برداری به سازمان زمین‌شناسی اعلام می‌کند که این چه پدیده‌ای است که باعث شده ترازهای ما به هم برخورد. سازمان برنامه اعلام می‌کند که بررسی صورت بگیرد. دوره خشک‌سالی شروع شده است و آثار برداشت‌ها خودش را نشان می‌دهد و بروز پیدا می‌کند و معمولاً همه دنیا این تجربه را دارند. مسئله بعد، تغییر اقلیم است. تغییر الگوهای بارش، چه به لحاظ فصل، چه به لحاظ نوع بارش (برف یا باران)، ماندگاری برف و همه این‌ها را به هم زد. در عمل، تغذیه سفره‌ها هم در مراکز پر جمعیت محدود شد. از تهران تا قزوین مناطق تغذیه سفره، زیر ساخت و ساز

دکتر شهبازی: فرونشست برهم خوردن چرخه طبیعی آب است. در دوره خشک‌سالی طبیعی معمولاً میزان برداشت با دوره خشک‌سالی تنظیم نمی‌شود. بعد از اینکه قنات‌ها را نابود کردیم، خشک‌سالی اتفاق افتاد و مجبور به برداشت بیشتر آب شدیم. آمریکایی‌ها و آفریقایی‌ها هم همین کار را کردند. اینجا اقتصاد در حال هدایت کردن امور است و نه چرخه‌های طبیعی. برهم خوردن چرخه طبیعی آب هم به دلیل خشک‌سالی بود و هم شدت فشار. سال ۱۳۷۷ خشک‌سالی‌ها شروع شد و از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۱ اولین آثار خود را نشان داد. اولین نشانه‌ها حدود ۵۰ سال پیش در رفسنجان و شهرستان مهبیار در استان اصفهان مشاهده شد. در سال‌های

کارشناسان این امر می‌گویند از زمانی که موتور به دست مردم دادیم، فرونشست رخ داده است. در دهه ۲۰ آمریکاییان با توسعه موتور به توسعه کشاورزی پرداختند. سفره‌های کوچک و بزرگ از جمله اوگالالا را تخلیه کردند. این سفره ۴۵۰ هزار کیلومتر مربع وسعت دارد و یکی از پهناورترین‌ها در دنیاست. پس از آن در دهه ۳۰ میلادی، توفان‌های سیاه به وقوع پیوست.

طبیعت ایران: صحبت‌های شما نشان می‌دهد که کشورهای پیشرفته هم در دهه‌های ۲۰ و ۳۰ با بحران مواجه بودند. آیا عوامل ایجاد فرونشست در کشورهای مختلف یکسان است؟ آیا عامل اصلی فرونشست به هم خوردن چرخه طبیعی آب است؟





رفتند. همان‌گونه که گفته شد فرونشست، فابریک یا به عبارت دیگر مؤلفه‌های هیدرولوژیک را بهم می‌زند، وقتی مؤلفه‌های هیدرولوژیک بهم خورد، پس مسیر هم مختل شده است. برداشت از سفرها هم که سر جای خود هست و نتوانستیم آن را کم بکنیم. پس به‌طور خلاصه برهم زدن چرخه طبیعی آب باعث پدیده فرونشست شده است.

و نیمه‌خشک بر اثر عوامل طبیعی یا انسانی تعریف شده است. بنابراین تخریب سرزمین یعنی تخریب هر چیزی که در زمین، روی آن و زیر آن قرار دارد اعم از خاک، جنگل، مرتع، آب، آبخوان و امثال آن. همه این‌ها در فرایند بیابان‌زایی خود را نشان می‌دهند. منتها در طول این پنجاه سالی که در حوزه بیابان و بیابان‌زایی کار کردیم آنقدر در روی زمین مسائل و مشکلات داشته‌ایم که خیلی به زیر زمین نپرداخته‌ایم، توفان‌های شن



و مناطق مسکونی و سازه‌ای به‌صورتی و در عرصه‌های طبیعی به‌صورت دیگر می‌بینیم. سال‌ها پیش که دانشجو بودم گاهی بحث‌هایی در کلاس صورت می‌گرفت و بعضی از افراد خشک شدن بعضی قنات‌ها را در مناطق بیابانی ناشی از مصرف آب توسط تاغ‌کاری‌های انجام شده می‌دانستند، در سال‌های بعدتر تقریباً در دهه ۱۳۸۰ همکاران ما در بخش اجرا صحبت از ترک‌هایی در تاغ‌زارهای استان کرمان و یزد می‌کردند و از ما که در بخش تحقیقات بودیم درخواست تحقیقاتی در این زمینه داشتند. اکنون نیز این مسائل به‌صورتی واضح و آشکار در بسیاری از مناطق ایران به‌ویژه در سرزمین‌های خشک، خود را نشان می‌دهند. اتفاقاً تحقیقاتی در مورد فرونشست و ایجاد شکاف در عرصه‌های طبیعی و بیابانی داشته‌ایم که در همدان و یزد انجام شده است. بررسی علل ایجاد و توسعه شکاف و فرونشست زمین (گسیختگی) در دشت یزد-اردکان را مهندس دشتکیان از همکاران مرکز تحقیقات یزد و دشت فامنین و کبودرآهنگ همدان را مهندس احمدیان از مرکز تحقیقات همدان انجام داده است. به استناد تحقیقات انجام شده در بخش بیابان مؤسسه، در دشت یزد-اردکان از این منظر سه نوع عارضه دیده شده است. ۱- نشست زمین که بر اثر برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و در نتیجه کاهش فشار آب در آبخوان و در نهایت افت سطح آب زیرزمینی است. ۲- درزها یا شکاف‌های زمین، این عارضه نیز به دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی به وجود می‌آید. ۳-

نشست زمین که در نتیجه خشک شدن و انقباض رسوبات ریزدانه تا نزدیکی سطح زمین است. تشکیل و توسعه شق‌ها در رسوبات بالایی است و ارتباط با خشکی یا تغییر اقلیم دارد و ارتباط مستقیم با برداشت آب‌های زیرزمینی ندارد. محدوده مورد مطالعه بخشی از دشت یزد-اردکان بوده است که یکی از مهم‌ترین مناطق استان از نظر اقتصادی، صنعتی و اجتماعی است، مساحت کل محدوده مورد مطالعه ۱۴۴ هزار

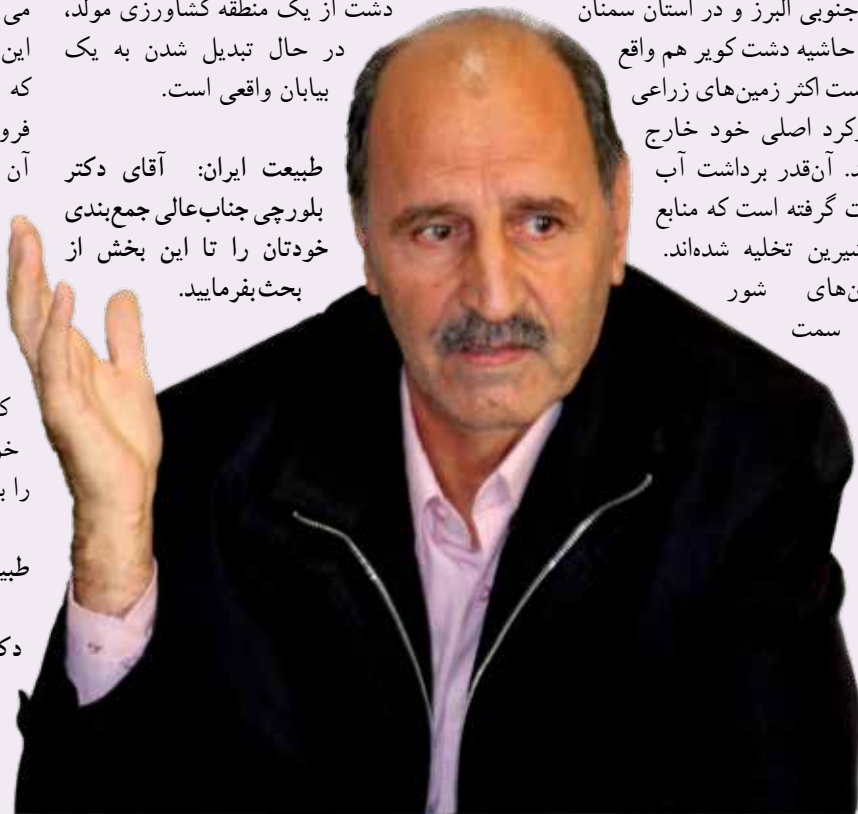
مسائل تخریب پوشش گیاهی و احیای عرصه‌های تخریب‌شده بیشترین مشغله ۵۰ سال گذشته سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور به‌عنوان بخش اجرا و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌عنوان بخش تحقیقات در حوزه بیابان و بیابان‌زایی بوده است. جایی که فرونشست زمین صورت می‌گیرد یعنی اتفاقاتی در زیر زمین روی داده است. آثار آن را در شهرها

طبیعت ایران: دکتر خسروشاهی جناب‌عالی موضوع فرونشست زمین را چگونه ارزیابی می‌کنید و تحقیقات بخش بیابان در این مورد به چه نتایجی رسیده است؟ دکتر خسروشاهی: ما فرونشست زمین را یکی از نشانه‌های بیابان‌زایی می‌دانیم. بیابان‌زایی به معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک

هکتار است، که در ۱۲۹۰۰ هکتار آن آسیب بسیار شدید بوده و برای آنها نقشه تهیه شده است. تمامی مناطق آسیب دیده در محدوده تاغ کاری های دست کاشت قرار گرفته است. گزارش های نهایی این دو تحقیق در مرکز اسناد مؤسسه موجود است و من بیشتر از این به آنها نمی پردازم. به هر حال از جنبه بیابان زایی در این گونه مناطق، فرونشست یعنی خالی شدن آبخانه زیر زمین و پیش روی آب شور به سمت آنها و پمپاژ آب شور از زیر زمین یعنی شور شدن خاک در روی زمین. جای دوری نرویم؛ از تهران به سمت مشهد که می روید در دامنه جنوبی البرز و در استان سمنان که در حاشیه دشت کویر هم واقع شده است اکثر زمین های زراعی از کارکرد اصلی خود خارج شده اند. آن قدر برداشت آب صورت گرفته است که منابع آب شیرین تخلیه شده اند. آبخوان های شور به سمت

به صورت دیگری هم ببینیم. برای مثال در حاشیه کویر حاج علی قلی دامغان و در دشت مسیله قم در تیپ های گیاهی که گیاهان آن نم شورسند بوده و ریشه کم عمق داشتند، نیز به دلیل کم شدن حجم آب سفره های زیرزمینی و افت سطح آب که از قضا با خشک سالی هم مواجه شده است، دسترسی ریشه به آب محدود شده است و این منطقه با کاهش تاج پوشش گونه های گیاهی مواجه شده است. در دشت مسیله قم از نظر کشاورزی نیز تغییرات چشمگیری در ترکیب و نوع کشت محصولات پدید آمده است به طوری که این دشت از یک منطقه کشاورزی مولد، در حال تبدیل شدن به یک بیابان واقعی است.

طبیعت ایران: آقای دکتر بلورچی جناب عالی جمع بندی خودتان را تا این بخش از بحث بفرمایید.



بدون ترکی دیده نمی شود، بیابان ها هم مصون نمانده اند؛ بیابان زمین کشاورزی مردم نیست، زمینی است که زندگی طبیعی داشته است ولی با برداشت زیاد آب، ترک ها به عرصه بیابان ها هم وارد شده اند. برخی از مناطق را از جمله کاشان خودم پیمایش کردم، تقریباً ترک های عجیب و غریبی است که دیر یا زود به سمت ایجاد فروچاله پیش می رود. در زیر سطح زمین توسعه گالی ها تشدید شده است، این گالی ها به مرور به سمت سطح می آیند و تبدیل به فروچاله می شوند. نظیر این موضوع را در فروچاله کرمان می بینیم که با ۳۵۰ متر ضخامت آبرفت سبب وقوع فروچاله اختیار آباد کرمان شده است. در زیر آن نه کارست، نه آهک و نه گچ است. فقط فرسایش زیرزمینی روی داده است. چرا؟ چون چاه های عمیق در زرنند ۲۰ سال است که در زیر دشت کرمان در حال ماسه دهی است. آن ماسه ای که در حال انتقال به آنجاست، حفره ها را ایجاد کرده و این حفره ها آرام آرام توسعه یافته و خودشان را به سطح می رسانند و فروچاله ها را به وجود می آورند.

طبیعت ایران: ماسه دهی چاه چیست؟

دکتر بلورچی: وقتی شما با پمپاژ آب در چاه عمیق شیب هیدرولیکی را پیرامون چاه ایجاد می کنید، در صورتی که چاه به درستی تکمیل، شن ریزی و با دانه بندی درست بهره برداری نشده باشد، با سرعت زیادی شروع به کشیدن آب از آبخوان می کند. قنات شیر طبیعت را در اختیار قرار می داد. برای همین اگر تعداد قنات ها بیشتر می شد شاید حتی شیر بهتر و بیشتری می گرفتیم. اما چاه به ویژه چاه عمیق با پمپ های بی نهایت قوی خون آبخوان را می کشد و همراه آن نخست ذرات رس، بعد ماسه ریز و در نهایت ماسه درشت را هم از درون ساختار آبخوان کنده و به داخل چاه می کشد. این ذرات جابه جا شده در محل

دکتر بلورچی: وقتی روی اکوسیستم بحث می شود باید به چرخه آب در اکوسیستم توجه کنیم. آب با خودش آبادانی می آورد ولی با عدم مدیریت و سیاسی کردن آن سبب ویرانی می شود. مجاز کردن چاه های غیر مجاز در سال ۱۳۸۹ تیر خلاص به آبخوان های کشور بود. بعد از آن فرونشست زیادی در دشت ها اتفاق می افتد و آرام آرام ترک ها توسعه پیدا می کند، هم اکنون در نواحی کنار کویرها، در کاشان، سمنان، سبزوار و نیشابور بیابانی

آبخوان های شیرین پیش روی کرده اند، آب شور خاک را شور کرده است. زمین های زراعی آن قدر شور شده است که نمی توان زراعت کرد و در بسیاری از مناطق رها شده اند. از این نظر افزایش تدریجی درجه شوری آب زیرزمینی آغازی جدی برای نمک زایی و در نهایت تخریب خاک و بروز یا تشدید پدیده بیابان زایی محسوب می شود. اگر از جنبه دیگری به موضوع نگاه کنیم می توانیم این مشکل را در عرصه های طبیعی



تخلیه شده با تغییر ساختار پیرامون روبه‌رو شده و حفره اولیه را شکل می‌دهند. به مرور زمان این حفره بزرگ شده و به سمت سطح حرکت می‌کند و در نهایت در سطح پروتزد یافته و فروچاله را ایجاد می‌کند این فروچاله ریزشی با فروچاله انحلالی که در سازندهای کارستیک رخ می‌دهد به‌طور کامل متفاوت است ولی نماد سطحی

نه زمینی ترک خورده است. طبیعت ایران: چون تغذیه مساوی است با برداشت.

دکتر بلورچی: بله، کاریز یا قنات، به‌طور کاملاً طبیعی با اکوسیستم در تعادل است و این یک روش اکوسیستم محور است. در بحث سدسازی، من را به‌عنوان یکی از مخالفین می‌شناسند. اعتقاد بنده بر این است که سدسازی و بهره‌گیری از مهندسی صرف همیشه پاسخگوی نیازها نیست و سال‌هاست که این موضوع را مطرح می‌کنم، البته سد گُریت، بند امیر و سازه‌های شوشتر موجبات افتخار من هستند. روش آبخوان‌داری و آبخیزداری ایرانی از سه الی چهار هزار سال پیش بی‌نظیر بوده است و باعث شده است که در یک اقلیم



گنوند بسازیم، ۲۰۰۰ سال پیش هم می‌توانستیم بسازیم. چرا نساختم؟ یا چرا پیشینیان ما نساختمند؟ چون می‌دانستیم سد گنوند به این اقلیم تعلق ندارد. میزان تبخیر در این اقلیم سه برابر دنیا است. برای چه آب را روی زمین بیاوریم، وقتی نمی‌توانیم آن را حفظ کنیم. آب را زیر زمین به‌طور سالم، بدون آلودگی، فساد و خرابی نگه می‌داشتند و در مواقع نیاز، در اختیار بود. حتی توانستیم به توان ساخت سدهایی برسیم نظیر سد وزوان اصفهان که سد زیرزمینی است. در ماه‌های مختلف سال، دهانه‌های آن باز می‌شد تا از سطوح مختلف سد زیرزمینی آب‌گیری کند. یعنی توان مدیریت و مهندسی سدسازی را می‌توان در سد زیرزمینی وزوان اصفهان در اوج دید. متأسفانه همه این دانش و فنون را کنار گذاشتیم و سدسازی اروپایی-آمریکایی را الگو قرار دادیم، درحالی‌که پیشینیان ما با افتخار صنعت سدسازی را به اوج رسانده بودند. اکنون ژاپن، برزیل و دیگر کشورها از دانش بومی سد زیرزمینی و کاریز ما استفاده می‌کنند ولی ما به گمان دستیابی به چند سکه قدیمی سد وزوان را تخریب می‌کنیم. من در سال ۱۳۸۵ گزارشی را به دولت ارائه دادم. بیش از ۴۰۰ سد در آمریکا به دلیل مسائل محیط‌زیستی و پایداری اکوسیستم تخریب شده است. یکی از پروژه‌های بسیار بزرگ آبی آمریکا که آن را ویران کردند یک کانال آبی قابل کشتی‌رانی از فلوریدا تا واشنگتن دی‌سی است. یک کانال بزرگ که ناو بتواند در واشنگتن دی‌سی حضور یابد و در حفاظت پایتخت مؤثر باشد. وزارت دفاع آمریکا با شکایت مردم مجبور به تخریب ۳۰۰۰ کیلومتر کانال می‌شود و آن را به طبیعت برمی‌گرداند. به چه دلیلی این کار را می‌کند؟ برای اینکه اگر شما طبیعت یا اکوسیستم نداشته باشید، درواقع هیچ چیز ندارید. چرا در زابل بسیاری از روستاها تخلیه شده‌اند؟ این بخش از کشور در ۴۰۰۰ سال پیش تمدن‌ساز بوده است، مرکز غلات ایران بوده است ولی الان یک عدد گندم هم به‌عمل نمی‌آید. چرا؟ به دلیل بی‌خردی و کوتاه‌فکری. اگر دیپلماسی خوبی داشتیم به این وضع گرفتار نمی‌شدیم.

خشک و حتی فراخشک تمدن‌ساز شویم. سد گُریت برای ۵۰۰ سال بزرگ‌ترین سد دو قوسی جهان بوده است و تا همین چند سال پیش که سدی در بالادست آن احداث نشده بود، همچنان توان کنترل سیلاب را داشت. هنگامی‌که حجم آب از میزان مشخصی بیشتر، در پشت سد ذخیره می‌شد، آرام آرام و به میزان مشخص از آن عبور می‌کرد. می‌توانستیم سد بسازیم. اگر می‌خواستیم

یکسان دارند، درهرصورت این پدیده‌ها آخرش به مرگ آبخوان می‌انجامد. تا زمانی که با قنات نیاز آبی را تأمین می‌کردیم، بحثی از مالکیت شخصی نبود. قنات قصبه گناباد ۳۵۰ متر مادر چاه آن است، عظیم‌ترین قنات کشور است، این قنات تا همین الان هم در حال آب دادن است. شاید ۲۰۰۰ سال از سن احداث آن می‌گذرد ولی هیچگاه آسیبی به پیرامونش نزده است. نه تاکی خشک شده و

امروزه در رود هیرمند هم سیلاب را مشاهده می‌کنیم، هم خشک‌سالی را، چرا؟ برای رفع آن می‌خواهیم چه کار کنیم؟ آب را از دریا انتقال دهیم؟ ۷۰۰ کیلومتر مسیر، آب شیرین‌کن، خط انتقال و ایستگاه‌های پمپاژ و نگهداری؟ با عدم مدیریت اکوسیستمی نه تنها کمکی به حل مشکل نمی‌کنیم، بلکه مشکل بزرگ‌تر می‌شود. من بر این باورم شاید کسی متوجه فرونشست زمین در وسعت یک دشت نباشد، اما وقوع آن آرام و قطعی است، وقتی همه موارد (سیلاب- زمین‌لرزه- زمین‌لغزش و فرونشست زمین) را با هم بررسی می‌کردم، متوجه می‌شدم که خطر فرونشست زمین از همه بیشتر است. شهرها و روستاها بعد از زمین‌لرزه و سیلاب بازسازی می‌شوند. با گذشت ۷ سال از وقوع زلزله در بم، دوباره شهر بم سرپای خودش ایستاده است. بیش از ۵۵ درصد نیاز آبی کشور به آبخوان‌ها متصل است، من، ایرانی را تصور می‌کنم که آبخوانی ندارد. فقط کافی است دو سال بارندگی نباشد، آن وقت این نیاز آبی به ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد. با نابودی آبخوان‌هایمان در مقابل دو سال عدم بارندگی در اقلیمی که پیش‌روی کشور ماست، جهانی که در حال گرم شدن است، مناطق گرمی که گرم‌تر و مناطق سردی که سردتر می‌شوند، آسیب‌پذیر شده‌ایم و در لبه نابودی قرار گرفته‌ایم.

آبخوان‌هایی که از هزاران سال پیش تغذیه و پر شده‌اند، نباید مالکیت فردی داشته باشند، از آن بدتر کشاورزان نباید محصولی بکارند که بعد از مدت‌ها سختی و آبیاری، حتی نتوانند آن را به دلیل قیمت کارگر از روی زمین جمع کنند. در چنین زمین‌هایی اصلاً نباید چیزی کاشته شود. دوستان و کشاورزان گرامی خیلی نگران و ناراحت می‌شوند وقتی این حرف‌ها را می‌شنوند، اما می‌دانند که من بیش از همه نگران آنها هستم. چون باید سالی یکبار چاه بزنند تا به آب برسند. آنها باید درآمد سالانه خود را صرف حفر چاه کنند. در این شرایط زندگی کشاورزان چه وضعیتی خواهد داشت؟ با توجه به بالا بودن هزینه‌های حفر چاه (تقریباً ۵۰۰ میلیون تومان)، صرف این هزینه خسارت بزرگی به کشاورزان

وارد خواهد کرد. برای یک کشاورز هزینه بسیار هنگفتی است اگر بخواند در یک سال یا دو سال، ۷ حلقه چاه آب حفر کند. این اتفاقی است که من در گرمسار شاهد آن بودم، کشاورز زحمت‌کش برای آخرین چاه، حتی آنقدر پول نداشت که لوله پلیکا در چاه بگذارد. به‌رحال با یک پدیده ویرانگر مواجه هستیم. به دلیل سیاسی‌شدن قضیه، به‌نادرستی تصور می‌شود که عمده اشتغال به کشاورزی نسبت داده می‌شود. درحالی‌که بیش از ۱۳ الی ۱۴ درصد کشور اشتغال به کشاورزی ندارند. در کشاورزی با ۲۰ لیتر آب یک شغل ایجاد می‌شود ولی در صنعت و خدمات با یک لیتر آب ۲۰ تا

۴۰ شغل ایجاد می‌شود. در این شرایط ۹۰ درصد آب را در کشاورزی مصرف می‌کنید و ۲ درصد را به صنعت اختصاص می‌دهید. این روند باید در وزارت نیرو و دولت عوض شود.

شوند. شرکت‌های علمی تحت حمایت مالی دولت باید در لوای آبیاری تحت فشار برود. دو سال پیش اجرای یک طرح خیلی خوب را در یکی از روستاهای ارومیه دیدم. آن طرح از این قرار بود: اگر یک روستا ۱۵ درصد آورده داشته باشد، ۸۵ درصد را دولت برای آبیاری تحت فشار کمک می‌کرد. این اتفاق باید بزرگ شود و روستاییان را علاقه‌مند کند تا در اتحادیه‌های کشاورزی سرمایه‌گذاری درست، آبیاری منطقی و کشاورزی صنعتی انجام دهند، عمده اشتغال باید در بخش صنعت و خدمات باشد. اگر بخواهیم اشتغالمان در بخش صنایع کشاورزی یا صنایع غذایی باشد هم موفق خواهیم بود. هیچ راهی برای ادامه دادن روش موجود در کشور وجود ندارد. راه موجود نتیجه‌ای جز ویرانی، مرگ ایران و ایرانی ندارد.



طبیعت ایران: موضوعی که دوستان هم اشاره کردند تغییر اقلیم است. یک سری از اتفاقات در حال وقوع، ناشی از تغییر اقلیم است. یکی از آثار تغییر اقلیم بارندگی‌های شدید مانند بارندگی‌های

بیشترین سهم توسعه را باید به بخش صنعت دهیم. کشور ما پتانسیل کشاورزی لحام گسیخته امروز را ندارد. زمین‌های کوچک دیگر اقتصادی نیست. تعاونی‌های روستایی واقعی باید شکل بگیرد و زمین‌ها یکپارچه



بهار گذشته است، آیا بارندگی‌های اوایل سال و جاری شدن سیلاب‌ها، روی آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی تأثیرگذار بود؟ دکتر رحمانی: اگر بارندگی با پراکندگی زمانی و مکانی مناسب اتفاق بیافتد، تأثیرگذار است. جنس بارندگی هم مهم است. اگر برف باشد، اثر تغذیه‌کنندگی‌اش بر آبخوان بیشتر است. به‌عنوان مثال طی سال گذشته در استان ایلام طی دو الی سه روز، ۳۰۰ میلی‌متر باران می‌بارد. بخش بسیار کمی از این حجم بارندگی فرصت نفوذ پیدا می‌کند. این در حالی است که رواناب ایجاد شده منجر به خاک‌شویی و تخریب ابنیه‌ها و مزارع شد. وقتی حجم زیادی بارندگی در مدت زمان کوتاهی رخ دهد، میزان درصد نفوذ آب بسیار کم خواهد بود و منجر به تغذیه مناسب آبخوان نخواهد شد. اگر بارندگی در یک دوره طولانی و در پراکندگی مکانی مناسب اتفاق بیافتد، به‌طورقطع اثرگذاری مثبتی خواهد داشت.

طبیعت ایران: آیا فرونشست زمین در ایران مورد پایش قرار دارد؟ آیا اطلاعات مربوطه در اختیار مسئولین و مدیران کشور قرار می‌گیرد؟

دکتر شهبازی: پدیده‌های مخاطراتی دارای الگوی تقریباً ثابتی هستند. در مورد مخاطرات طبیعی، ابتدا باید آنها را شناسایی کرد. فرونشست چیست؟ اجزای آن کدامند؟ به چه دلیلی ایجاد می‌شوند؟ موقعیت آن خطرناک‌ها کجاست؟ سازوکار آنها به چه صورت است؟ به چه صورت عمل می‌کنند؟ چه تأثیری می‌گذارند؟ اسم این کار پدیده‌شناسی است. بعد از شناسایی پدیده و درک کامل جوانب مختلف آن، مرحله بعد آغاز می‌شود. مرحله بعد از پدیده‌شناسی، مسئله پایش و هشدار است، یعنی باید آن را اندازه‌گیری کنیم و ببینیم به آن حد بحران‌زا رسیده است؟ یا نرسیده است؟ یا اگر رسیده است باید چه کار کنیم؟ این کار پایش خطر است. خروجی پایش چیست؟

هشدار، پس از انجام پایش و آگاهی از عبور از خطوط قرمز، به مردم اعلام می‌کنیم.

در اصفهان پدیده فرونشست روی داده است، مردم اصفهان، شما تحت تأثیر هستید، این یک هشدار است. سیل در راه است، این یک هشدار است. اگر بتوانیم زمین‌لرزه را بگوئیم، خود یک هشدار است. یافته‌های پایش در مرحله پدیده‌شناسی هم کمک می‌کند، مرحله سوم ارائه راه‌های مواجهه و مقابله است. ابتدا در حد توانمان، کنترل می‌کنیم، اگر قدرتمان می‌رسد، اقدامات لازم را شروع و مقابله کنیم. در صورت عدم توانایی نیز باید آن محدوده تخلیه شود یا جامعه خودش را سازگار کند. عربستان خود را با توفان‌های شن و ماسه و گردوغبار سازگار کرد. ماسه‌زار و توفان بخشی از ماهیت آن جامعه است. در ارتباط با آلودگی هوا و گردوغبار به مردم گفته می‌شود که پنجره‌هایتان را دوجداره کنید یا در ساعاتی خاص بیرون نیایید.

موضوعی که خانم کلانتریان گفتند، همچنین دکتر بلورچی به آن اشاره کردند. مردم رودبار، بم، طبس، کرمانشاه و سرپل ذهاب را پس از زلزله دوباره ساختند، ولی تمدن‌های ما که در خشکی بودند، مردم از آنجا مهاجرت کردند. مهاجرت مردم از زابل به وضوح قابل مشاهده است، فرمانداری باید بایستد و اجازه ندهد که مهاجرت کنند. چرا به سیل و زلزله توجه می‌کنیم؟ چون آنها جزو مخاطرات لحظه‌ای هستند. مخاطراتی که در لحظه رخ می‌دهند، شوک را وارد می‌کنند و سبب مرگ‌ومیر بالایی در زمان کوتاهی می‌شوند. سال گذشته مؤسسه اپیدمیولوژی در دنیا، اعلام کرد که ۸۵ درصد مرگ‌ومیر ناشی از بلاهای طبیعی مربوط به سیل، زلزله و توفان بوده است. در مورد این بلاها وقتی در ایران یا فلوریدا روی می‌دهد، بعد از آن مردم به سر خانه و کاشانه خود برمی‌گردند. اما یک‌سری از مخاطرات، مخاطرات خزنده هستند، شاخصه آنها خشک‌سالی است. خشک‌سالی آرام‌آرام روی می‌دهد، یکباره به خود می‌آیی که همه چیز خشک

شد و از میان رفت. در واقع فرونشست هم یکی از تبعات آن است، البته در ترکیب با سوءمدیریت منابع آب. برگردیم به موضوع پایش، پایش فرونشست با روش‌های مختلفی انجام می‌شود. عام‌ترین روشی که برای خود فرونشست انجام می‌شود روش تداخل‌سنجی رادار و نوعی سنجش از دور است. خیلی خوب هم در اختیار عموم هست. خیلی از دانشجویها یا دانشگاه‌ها می‌توانند انجام دهند و همکاران ما و بخشی هم در سازمان نقشه‌برداری در حال انجام هستند. الان در حوزه پایش خیلی مسئله‌ای نداریم. سال ۱۳۸۴ اولین گزارش‌های مستند فرونشست به همراه اطلاعات پایش از سوی سازمان زمین‌شناسی کشور، منتشر شد.

طبیعت ایران: روش‌ها و تکنیک‌های جدید وجود دارد؟

دکتر شهبازی: بله

دکتر رحمانی: هزینه‌بر است و هزینه را دولت می‌دهد.

دکتر شهبازی: مرحله بعدی زمانی است که روی زمین به دنبال راهکار هستیم. طبیعتاً فرونشست یک ساله ایجاد نشده است. از زمانی که موتور و پمپ وارد کشور شد، فرونشست هم شروع شد. در واقع اثرات آن با تأخیر مشاهده شده است. پس یک روزه ایجاد نشده و یک روزه هم درست نمی‌شود و اگر بخواهیم فرونشست را مهار یا کنترل کنیم یا دست‌کم در سطح فعلی نگه داریم و از تشدید آن جلوگیری کنیم، یک سلسله راهکار نیاز داریم که همگی‌شان نیاز به پایش دارند، اول پایش خود فرونشست. همه می‌دانیم و اجماع جهانی است که عامل اصلی فرونشست برداشت آب زیرزمینی است. باید یک شبکه خوب پایش آب زیرزمینی داشته باشیم. یک رابطه خطی مستقیم است.

$$Fx = Ax + C$$

مثل این رابطه:

طبیعت ایران: آیا مسئولیت پایش با وزارت نیرو است؟

دکتر شهبازی: حتماً وزارت نیرو مسئولیت دارد. بخش دیگر فرونشست، آثار، تخریب و خسارت آن است. جابه‌جایی پوسته براساس سیستم ژئودزی کشور (یعنی مختصات X و Y و Z) چگونه در حال روی دادن است، پایش این مورد براساس GPS های ثابت توسط سازمان نقشه‌برداری انجام می‌شود. پاسخ به این سؤال برای ارائه راهکار ضروری است، برای چه هدفی بهره‌برداری می‌کنیم؟ برای توسعه اراضی کشاورزی و الگوهای کشت. سازمان دیگری که باید پایش کند، وزارت جهاد کشاورزی است، آیا اراضی و الگوهای کشت آن در حال افزایش است؟ یک سامانه پایش هم برای این موضوع نیاز است. این

مسئله بسیار مهم دیگری که مطرح است، مربوط به سنت‌های مردم ایران است، آنها به شکلی سنتی عادت کردند، درون فلات ایران به دنبال منابع‌شان بگردند. یعنی برای تأمین منابع موردنیازشان از اصفهان به شهرکرد، از شهرکرد به اصفهان، از اصفهان به تبریز و از تبریز به تهران می‌روند. آنها برای تأمین منابع‌شان به سمت سواحل به‌ویژه سواحل جنوبی نمی‌روند. به عنوان مثال به کالیفرنیا با بالاترین نرخ فرونشست اشاره می‌کنم، طبق داده‌های موجود در سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا، میزان فرونشست در سال ۲۰۱۷ برابر ۵۰ سانتی‌متر بوده است. این میزان افت هنوز در ایران ثبت نشده است (البته ممکن است رخ داده باشد، ولی هنوز

دستگاه‌های مختلف تهیه می‌شود و ان‌شاء‌الله تا یک سال آینده نقشه به‌روز شده فرونشست را ارائه خواهیم کرد. مشکل اصلی فرونشست برخلاف سیل و زلزله عدم مشاهده آن است. به قول یکی از دوستان فرونشست زخم باز شده زمین است، به نظر من فرونشست سرطانی است که با ظهور علائم آن در سطح خود را نشان می‌دهد.

روزمرگی مسئله‌ای است که با آن مواجه هستیم. سیل و زمین‌لرزه مسئولین و مردم را از روزمرگی خارج می‌کند، چون در لحظه روی می‌دهد. مجموعه پایش‌های ما اگر به‌عنوان زنگ خطر درست ارائه شود، می‌تواند در فرهنگ‌سازی در مدیریت منابع آب کمک کند. به یاد داشته باشیم



موارد سه‌الی چهار مصداق بود. در راهکارها می‌گوییم که آب را باید بازچرخانی کرد، پس آن را هم باید پایش کنیم. در راهکارها می‌گوییم که مردم به دنبال آب می‌روند. پس مهاجرت‌های اقلیمی هم وجود دارد که آن هم باید پایش شود.

در منابع ثبت نشده است). کالیفرنیا همچنین با آتش‌سوزی‌های عظیم مواجه بوده است، از نظر موقعیت جغرافیایی کالیفرنیا در کنار یک مخزن بزرگ آبی به نام اقیانوس آرام قرار دارد. هدف این پایش‌ها تنها نرخ فرونشست نیست. این پایش‌ها با اهداف بیشتر و برای

که بهره‌برداری آب زیرزمینی در اختیار مردم است. با داشتن یک شبکه پایش مناسب و آگاهی‌رسانی مدام تغییرات سطح زیرکشت، تراز آب‌های زیرزمینی و نرخ فرونشست به مردم و بهره‌برداران، شاید بتوان قدری از روزمرگی‌های مربوط به



چرخه فرونشست فاصله گرفت. دکتر بلورچی: در دهه ۸۰ و در طرح مسئله، دیسپاچینگ آب زیرزمینی را به‌عنوان مهم‌ترین راهکار ارائه کردیم. پیشنهاد دادیم که وزارت نیرو مانند برق برای آب زیرزمینی اتاق فرماندهی و مدیریت ملی داشته باشد. در اتاق فرماندهی برق کشور تمام تولید و مصرف برق روی مانیتورها مدیریت می‌شود، در مورد آب‌های زیرزمینی نیز باید تمام چاه‌ها و ورودی‌ها و خروجی‌ها در اتاقی شبیه به اتاق فرمان‌دهی برق بررسی و مدیریت شود. مگر می‌شود برای کشور نسخه بهره‌برداری از منابع آبی نوشت در حالی که آخرین بیلان کشور در سال ۱۳۸۵ تهیه شده است؟ تهیه بیلان باید برخط باشد، در این شرایط باید انتظار مدیریت مناسب منابع و مصارف را داشت. هم‌اکنون در کشور از پیرومتر استفاده می‌کنیم، البته به‌غیر از دو دشت ورامین و قزوین، دوستان ما هر جایی که در کشور پیرومتر زدند، فقط سطح برخورد با اولین آبخوان است، در واقع فقط از اولین آبخوانها اطلاعات داریم. آن هم اغلب در بهترین شرایط ماهی یکبار، یک نفر با دستگاه به سر چاه می‌رود و اندازه‌گیری می‌کند، البته این برنامه قرار بود در ابتدا تمام چاه‌های کشور را پوشش دهد و در مراحل بعدی همه داده‌ها برخط شوند که متأسفانه فکر نمی‌کنم در این خصوص اعتبار خاصی داده شده باشد. در شرایطی که بتوان از نحوه تغذیه و بهره‌برداری آبخوان‌ها آگاه بود، می‌توان از اتاق دیسپاچینگ پدیده را مدیریت کرد و اجازه برداشت بیش از حد توان آبخوان را نداد. اما چرا این کار اتفاق نمی‌افتد؟ چون به‌عنوان مثال نمایندگان محترم مجلس با نگاه محلی به‌جای نگاه کلان و ملی فقط به حل مشکل ناحیه انتخابیه خود علاقه‌مندند. بارها دکتر رحمانی و دوستان‌شان برای بستن چاه‌های غیرمجاز تلاش کردند، اما اصل ۹۰ مجلس جلوی بستن چاه‌های غیرمجاز در استان خراسان رضوی را گرفت. در سال ۱۳۸۹ قانونی تصویب شد و با تلاش دوستان در وزارت نیرو خسارت

قانون به حداقل رسید، اما قانون می‌گوید چاه را بدهید. گفتند در صورتی که دشتی ظرفیت لازم را داشت چاه غیرمجاز تبدیل به چاه مجاز خواهد شد البته که هیچ دشتی با چنین ظرفیتی وجود نداشت. من لحظات بحرانی تاریخ آبخوان‌هایمان را این‌گونه جمع‌بندی می‌کنم، اولین بحران ورود موتور پمپ چاه است. تا قبل از ورود موتور پمپ، هیچ مشکلی با آبخوان‌هایمان نداشتیم. مالکیت، شخصی نبود. وقتی نگاه می‌کنید، اغلب قنات‌های حفر شده در کشور وقف عام می‌شد و در اختیار همه قرار می‌گرفت. سپس با قوانین ناکارآمد مالکیت را شخصی کردیم، در حالی که آب را جزو انفال به شمار آوردیم. اینها با هم مغایر است، من و شمایی که چاه نداریم سهمی از آبخوان‌های کشور نداریم، اما آن کسی که ۳۰ لیتر بر ثانیه آب برداشت می‌کند یک سهم کلان دارد و نیز می‌تواند آن را چند میلیارد تومان بفروشد. چرا؟ چند سال پیش در شورای امنیت ملی جلسات بحث جدی در این زمینه شده بود. در مورد اینکه باید جلوی برداشت آب زیرزمینی غیرمجاز را در کشور بگیریم؟ از یک جایی به بعد باید مالکیت شخصی بر آب ممنوع شود و مالکیت به نیابت از مردم در اختیار دولت قرار گیرد، قنات و آب زیرزمینی متعلق به همه است، حتی اگر چاه آن در خانه تو باشد. لحظه بسیار ناراحت‌کننده دیگر در تاریخ، جایگزینی پمپ‌های برقی با موتورهای دیزلی بود که برای آن تبلیغ کردیم و جایزه دادیم. پمپ‌های دیزلی ۶ ماه در سال کار می‌کرد و ۶ ماه در سال استراحت می‌کرد و تعمیر می‌شد، اما وقتی پمپ‌ها را الکتریکی کردیم. در ماه‌های بدون آب هم روشن بود. چرا؟ چون برق چاه‌های کشاورزی رایگان یا تقریباً رایگان است. چرا؟ چون در مجلس مصوب کردند برق و آب کشاورزی تقریباً صفر باشد. وقتی آب ارزش نداشته باشد چرا مردم در مصرفش صرفه‌جویی کنند. در همان زمان پیشنهاد کردم برای اطلاع مردم همانند تابلوی آلودگی هوا، تابلویی از وضعیت آبخوان‌های کشور نیز بگذارید. هیدروگراف دشت‌ها را در معرض دید همه

مردم دشت بگذارید. اگر مردم هر روز صبح کاهش سطح هیدروگراف دشت‌ها را ببینند، آرام‌آرام درک می‌کنند ادامه این وضعیت قرمز چیزی جز نابودی نیست.

پنج بار قطار از ریل خارج و خسارت‌های جانی وارد شده است. حتی یکبار هم علت خروج قطارها را به روشنی بیان نکردند؟ در صورتی که به نظر بنده هر ۵ مورد در دشت‌هایی بوده است که با پدیده فرونشست مواجه بودند. وقتی به دوستان وزارت راه و شهرسازی هم می‌گوییم آنها فقط به جذابیت موضوع اشاره می‌کنند. نباید بروند مسئله خروج قطارها را از ریل در زاهدان، بم، نیشابور، سمنان، کاشان بررسی کنند؟! هیچ کس اهمیتی به قضیه نمی‌دهد، چرا؟ چون فکر می‌کنند داشتن میز ارزش بیشتری دارد.

دکتر خسروشاهی: شما فرمودید مشکل اصلی موتور پمپ است. بهتر است بگوییم مدیریت موتور پمپ. زمانی که موتور پمپ آمد کشور ایران ۱۵ الی ۲۰ میلیون نفر جمعیت داشت، آیا آن تعداد قنات می‌توانست تکافوی تأمین احتیاجات آبی ۸۰ میلیون جمعیت حال حاضر کشور را داشته باشد. آن هم با این وضعیت آب‌وهوایی؟

دکتر بلورچی: اعتقاد ما بر توسعه تکنولوژی قنات است. قنات مثل سینه مادر است، بچه هر چه بیشتر شیر بخورد، سینه مادر هم بیشتر شیر می‌دهد. در صورتی که چاه مثل کشیدن خون است. این یک واقعیت است، با توسعه قنات و سد زیرزمینی، مشکلات امروز وجود نداشت. اگر به‌جای اینکه شن و ماسه را از دشت‌ها برداشت کنیم، آن را از کوه و به‌وسیله سنگ‌شکن خرد می‌کردیم و بعد شهرهایمان را می‌ساختیم، مشکلات امروز را نداشتیم. مدیریت وقتی کلان نباشد، مدیریت نیست. ما آمایش سرزمین نداریم. ما، به پدیده‌ها توجه ملی نمی‌کنیم.

ادامه این گفتگو و راهکارهای ارائه شده را در شماره آینده مجله طبیعت ایران پیگیری کنید. طبیعت ایران

