



www.ngdir.ir

info@ngdir.ir

پایگاه ملی اطلاعات
مختصات و نقشه‌برداری

فطر خرو نشست زمین در ایران

**شناخت
تبیین وضعیت
ارزیابی فطرپذیری**



بِه نام خدا

وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور

خطر فرونشست زمین در ایران

شناخت

تبیین وضعیت

ارزیابی خطرپذیری

تهیه و تدوین: فاطمه مهشادینیا

آبان‌ماه ۱۳۹۵

سپاسگزاری

ضمن سپاس و ستایش به درگاه ایزد منان، لازم است تا مراتب سپاسگزاری را از بزرگوارانی بجا آوریم که در تهیه و تدوین گزارش حاضر مساعدت نمودند؛ از درگاه خداوند متعال توفیق روزافزون ایشان را خواستاریم.

با سپاسگزاری از ریاست محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، جناب آقای مهندس کره‌ای که هدف ایشان ارتقاء سطح فعالیت‌های علمی در حیطه علوم زمین کشور می‌باشد؛

با سپاس فراوان از ریاست محترم پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، جناب آقای دکتر حیدری که تلاش ایشان در راستای پیشبرد اهداف این پایگاه بوده است؛

با تشکر فراوان از همکار محترم، جناب آقای مهندس بهرام محقق سرپرست گروه مرکز داده پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور؛

با تشکر فراوان از همکار محترم سرکار خانم مهندس طاهره مجیدی جهت مطالعه و بازبینی منابع بخش شناخت؛

با تشکر فراوان از همکار محترم سرکار خانم مهندس میترا آقاجانی جهت تهیه نقشه‌های استانی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی؛

و ضمن قدردانی از جناب آقای مهندس مهرداد بطحائی جهت طراحی جلد گزارش

فهرست

صفحه	عنوان
۶	کلیات
۸	بخش اول: شناخت
۹	۱-۱. تعاریف
۱۰	۲-۱. عمده‌ترین دلایل ایجاد فرونشست زمین
۱۱	۳-۱. پدیده‌های منجر به وقوع فرونشست زمین
۱۷	بخش دوم: تبیین وضعیت در ایران
۱۸	۱-۲. موقعیت فرونشست‌زمین در ایران
۲۱	۲-۲. تعیین و ارزیابی خطرپذیری فرونشست‌زمین در ایران
۲۱	۱-۲-۲. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع و تشدید خطر فرونشست‌زمین در ایران
۲۲	۱-۲-۲-۱. بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی در کشور
۲۲	• محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز کشور
۲۵	• واحدهای زمین‌شناسی شامل رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن ایران
۲۶	• محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های آبرفتی کشور
۲۷	• آماربرداری از منابع آب‌زیرزمینی کشور

- محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های آبرفتی کشور دارای تداوم افت سالیانه ۵۱
- محدوده‌های مطالعاتی آزاد و ممنوعه از نظر وضعیت بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی در کشور ۵۳
- ۲-۲-۱. ارتباط عوامل مؤثر در وقوع و تشدید پدیده فرونشست‌زمین در ایران ۵۷
- توزیع تراکم جمعیت کشور ۵۸
- متوسط بارندگی سالیانه کشور ۶۱
- میزان تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی کشور ۶۶
- میزان مصارف مختلف آب برداشت شده از منابع آب زیرزمینی کشور ۶۷
- مشکلات کیفی و شورشدگی آب آبخوان‌های کشور ۷۲
- ۲-۲-۲. تعیین نواحی خطر و یا دارای احتمال خطر فرونشست‌زمین در آینده ۷۴
- ۲-۳. بررسی وضعیت فرونشست‌زمین در ایران ۷۶
- ۲-۳-۱. فرونشست‌زمین به تفکیک استان‌های کشور ۷۶
- آذربایجان شرقی ۷۷
- آذربایجان غربی ۸۳
- اردبیل ۸۶
- اصفهان ۹۶
- البرز ۱۰۱
- ایلام ۱۱۲
- بوشهر ۱۲۰
- تهران ۱۴۰
- چهارمحال و بختیاری ۱۷۹
- خراسان جنوبی ۱۹۲
- خراسان رضوی ۱۹۸

۲۰۸	➤ خراسان شمالی
۲۱۵	➤ خوزستان
۲۲۵	➤ زنجان
۲۳۱	➤ سمنان
۲۳۶	➤ سیستان و بلوچستان
۲۴۳	➤ فارس
۲۵۶	➤ قزوین
۲۶۱	➤ قم
۲۶۹	➤ کردستان
۲۷۳	➤ کرمان
۲۸۳	➤ کرمانشاه
۲۹۶	➤ کهگیلویه و بویراحمد
۳۰۸	➤ گلستان
۳۱۰	➤ گیلان
۳۱۹	➤ لرستان
۳۳۴	➤ مازندران
۳۴۷	➤ مرکزی
۳۵۷	➤ هرمزگان
۳۶۱	➤ همدان
۳۷۷	➤ یزد

۳۹۱ ۲-۳-۲. اولویت‌های مطالعاتی به‌منظور کاهش افت سطح آب‌های زیرزمینی و فرونشست‌زمین در کشور

کلیات

برنامه‌ریزی امروزین برای توسعه در سطوح گوناگون ملی، منطقه‌ای (استانی) و محلی، موانع توسعه را نیز با دقت و توجه بیشتری مورد بررسی قرار می‌دهند. از جمله این موانع که در برنامه‌ریزی مکانی و آمایش سرزمین در کشورهای مختلف جهان مورد توجه قرار گرفته است، مسائل و ملاحظات مربوط به تأمین امنیت اجتماعی در برابر پدیده‌های طبیعی به‌منظور فراهم کردن بستر امن برای توسعه است. این مفهوم گسترده در بخشی شامل احساس امنیت در برابر انواع تهدیدات و خطرات طبیعی بوده که متوجه انسان و مایملک وی در فضاهای سکونت و فعالیت او می‌شود. در این مفهوم، اگر به تهدیدات توجه نگردد و یا آسیب‌پذیری‌های توسعه مکانی منطقه مورد مطالعه و شناسایی قرار نگیرند، تهدیدات می‌تواند متوجه نقاط آسیب‌پذیر فضاهای توسعه منطقه شود و با ایجاد ناامنی، روند توسعه آن را با خطر و خسارت مواجه سازد.

همانند سایر نقاط جهان در ایران نیز شرایط اقلیمی، ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی در کنار رشد جمعیت، گسترش بی‌رویه شهرها، ساخت‌وسازهای انبوه و افزایش فعالیت‌های صنعتی و معدنی، میزان آسیب‌پذیری جامعه انسانی را در برابر وقوع مخاطرات افزایش داده است. مخاطرات طبیعی با توجه به ناپایدار کردن ارتباط بین مؤلفه‌های انسانی، اقتصادی و محیطی منطقه، به‌عنوان چالشی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای محسوب می‌شود. از مجموعه مخاطرات و تهدیداتی که از منابع مختلف طبیعی یا انسانی به محیط‌زیست وارد می‌شود، خطر ناشی از پدیده فرونشست‌زمین می‌باشد.

پدیده فرونشست زمین که از آن به‌عنوان مرگ پنهان خاک یاد می‌شود، در درازمدت عمل می‌کند و تبعات ناشی از آن می‌تواند به از بین رفتن مزارع و سکونت‌گاه‌های بشری منجر گردد. فرونشست شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است که می‌تواند دارای بردار جابه‌جایی افقی اندک باشد. حرکت از نظر شدت، وسعت و میزان مناطق درگیر محدود نمی‌باشد. عوامل ایجاد فرونشست‌زمین به دو دسته طبیعی (نظیر انحلال، آب‌شدگی یخ‌ها و تراکم نهشته‌ها، حرکت آرام زمین و خروج گدازه) و انسانی (نظیر برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی و نفت و گاز، معدنکاری، برداشت و استخراج مواد معدنی و احداث و بارگذاری سازه‌ها) تقسیم می‌شود.

پدیده فرونشست زمین در ایران عمدتاً در نواحی آهکی و کارستی و یا در نواحی با برداشت بیش از حدمجاز از آب‌های زیرزمینی به‌وقوع می‌پیوندند. چون این پدیده ممکن است با خسارات جانی و مالی همراه باشد، به‌عنوان یکی از مخاطرات و سوانح ملحوظ می‌شود. فرونشست و شکاف‌های زمین که به آهستگی و به‌تدریج گسترش می‌یابند، شاید تأثیر خطرات ناگهانی و فاجعه‌بار مانند سیل و زلزله را نداشته باشد و در منطقه در حال فرونشست شاید خرابی به‌میزان گسترده مشاهده نشده و حتی آثار سطحی حاصل از آن نیز به‌راحتی قابل تشخیص نباشند؛ اما با این وجود، به‌طورمعمول خسارات ناشی از فرونشست‌ها و شکاف‌های زمین ترمیم‌ناپذیر، پرهزینه و مخرب می‌باشند. بروز این پدیده باعث ایجاد مشکلاتی برای کشاورزان، تخریب خطوط ارتباطی و زیرساخت‌ها می‌گردد. مناطق شهری به دلیل تراکم جمعیت، ساختمان‌ها و شریان‌های حیاتی به‌طورویژه آسیب‌پذیرتر می‌باشند.

پدیده فرونشست با ایجاد تغییر در وضعیت توپوگرافی منطقه می‌تواند سبب بروز تغییرات چشمگیری در آب‌شناسی منطقه (همچون تغییر ناهمسان در ارتفاع و شیب رودخانه‌ها و آبراهه‌ها) شود. به‌عنوان مثال، در این مناطق ممکن است سیلاب‌های عظیم و مخربی به‌وقوع بپیوندد، درحالی‌که قبل از ایجاد فرونشست از هیچ سابقه‌ای برخوردار نبوده است. از سوی دیگر این پدیده می‌تواند با ایجاد تغییر در وضعیت زمین آب‌شناختی منطقه (همچون تغییر در جهت و سرعت جریان آب زیرزمینی، بیلان آب زیرزمینی و غیره) نتایج ناهنجار بیشتری در پی داشته باشد.

وقوع فرونشست زمین در اثر برداشت بیش از حدمجاز از آب‌های زیرزمینی با کاهش برگشت‌ناپذیر تمام یا بخشی از مخازن آب زیرزمینی موجب از بین رفتن یا کاهش تخلخل مفید نهشته‌ها می‌گردد. این امر می‌تواند منجر به اختلال در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و ماسه‌دهی چاه‌ها شود. شکست و یا بیرون‌زدگی لوله‌جدار چاه‌ها در نتیجه تنش‌های تراکمی ناشی از تراکم آبخوان‌ها از دیگر آسیب‌های حاصل از این پدیده محسوب می‌گردد. همچنین فرونشست زمین و به‌تبع آن کاهش میزان نفوذپذیری سطح زمین، گسترش پهنه‌های بیابانی را در پی خواهد داشت.

با توجه به افزایش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی کشور در سی سال اخیر و در پی آن افت سطح آبخوان‌ها که به‌عنوان یک عامل برای وقوع فرونشست مطرح است، امکان وقوع فرونشست و پیامدهای حاصل از آن در کشور بسیار زیاد می‌باشد.

بخش اول:

شناخت

۱-۱. تعاریف

فرونشست زمین: پدیده فرونشست زمین شامل فروریزش یا نشست رو به پائین سطح زمین بوده که ممکن است دارای بردار جابجایی افقی اندک باشد. نشست سطح زمین از نظر شدت و وسعت مناطق تحت تأثیر محدود نمی باشد. به طور کلی نشست زمین ناشی از دلایل عمده ای همچون تراکم رسوبات در اثر استخراج سیالات و ذخایر زیرزمینی، انحلال تشکیلات زیرسطحی و ریزش کارست، زهکشی خاکهای رسی، تغییر کاربری زمین، بارگذاری سازه های مهندسی و دگرشکلی زمین ساختی می باشد.

تأثیرات فرونشست همچنین ممکن است به وسیله دیگر فعالیت های طبیعی در ناحیه همچون فعالیت های آتشفشانی، زمینلرزه ها و زمین لغزش ها تسریع گردد.

فرونشست یا نشست سطح زمین به سمت پایین بدون محدودیت در سرعت، بزرگی یا ناحیه وقوع پدیده می باشد. پدیده فرونشست به صورت نشست تدریجی یا ناگهانی سطح زمین و به هر دو علت طبیعی یا در اثر فعالیت بشر ایجاد می شود.

فعالیت های بشری همچون معدنکاری زیرسطحی و یا پمپاژ نفت یا آب های زیرزمینی (برداشت آب های زیرزمینی در نواحی کشاورزی) از جمله دلایل وقوع فرونشست محسوب می شوند. همچنین فرونشست می تواند ناشی از فرآیندهای زمین شناسی طبیعی در ناحیه همچون انحلال و یا تراکم باشد.

فروچاله های کارستی: کاهش شدید سطح آب زیرزمینی در مناطق پست که تمامی حفرات موجود در رسوبات در گذشته از آب پر بوده اند موجب افزایش تغذیه آبخوان از سطح زمین می شود، این عامل سبب افزایش انحلال در حفرات موجود در رسوبات و سنگ بستر می شود با گسترش این حفرات سقف آنها نازک شده و یکباره فرو می ریزد و فروچاله ها را ایجاد می کند.

گسترش و توسعه حفرات زیرزمینی ناشی از انحلال سنگ های کارستی در نواحی کربناته و تبخیری باعث ایجاد فروچاله های کارستی می گردد. سنگ های قابل حل (سنگ آهک، دولومیت، مارن، ژئپس، انیدریت و سنگ نمک) در تشکیلات زیرسطحی به وسیله آب های زیرزمینی و سطحی به سهولت حل و شسته شده و تشکیل ساختارهای زیرزمینی و کارستی عمیق را داده اند.

این حالت می تواند باعث گسیختگی و دیگر تأثیرات فاجعه بار برای خطوط اصلی نفت و گاز، راه آهن و معادن شود.

۲-۱. عمده‌ترین دلایل ایجاد فرونشست زمین

- **خسارت به خاک زیرین به دلیل جریان آب موجود در آن:** این مسئله ممکن است ناشی از آب های زیرزمینی حاصل از باران یا نشت کانال های اصلی آب باشد. به هنگام نفوذ باران در خاک، آب مسیر عبور خود را شسته و باعث تضعیف آن می شود. نتیجه این مسئله به صورت فرونشست خاک و زمین زیر ساختارهای سنگین نزدیک آن و در نهایت نشست سازه های مربوطه مشاهده می گردد.
- **تجزیه خاک های دارای عناصر ارگانیکی (مواد آلی):** خاک های توری^۱ نتیجه عملکرد فشار های بلند مدت بر لایه های متشکل از عناصر گیاهی است. این مواد در زیر سفره های آب زیرزمینی واقع می شوند و برای صدها سال به صورت نسبتاً پایدار باقی می مانند. اگر به هر دلیلی سفره آب زیرزمینی پایین تر از خاک های اشاره شده قرار گیرد، این نوع خاک ها در معرض خشک شدگی یا تجزیه شدن واقع می شوند. هر یک از موارد ذکر شده باعث کاهش حجم خاک های مربوطه خواهد شد. در نتیجه سازه های احداث شده بر روی این خاک ها نشست کرده و متحمل خسارت می شوند.
- **ناپایداری زمین های ناهموار:** هنگامی که خاک ها در سطوح شیبدار قرار می گیرند، گاهی اوقات ناپایدار شده و شروع به لغزش می کنند. این مسئله نوعاً به صورت وقوع رملش های پرخطر در ارتباط با صخره های ساحلی می باشد. همچنین به دلیل شیب های طبیعی موجود و به خاطر حفاری های صورت گرفته به دست بشر، اختلاف سطح زیادی در زمین حاصل می شود. از جمله می توان به حفاری های وسیع جهت احداث سازه های بلند یا خاکریزی های عمده به منظور ایجاد راه های اصلی اشاره نمود. همه این نوع فعالیت ها موجب خسارت می شوند.
- **انقباض خاک های رسی:** رس خاکی طبیعی است که در رودخانه های قدیمی به دلیل ته نشست ذرات ریزدانه سنگ ها ایجاد می شود. در انگلستان و اروپای شمالی رس ها با مقادیر زیادی از آب های موجود درون ماتریکس یا خمیره^۲ خود وجود دارند.

¹ Peat

² Matrix

به علت نفوذ ناپذیری شدید رس ها نسبت به عبور آب، معمولاً حجمی از رطوبت منسجم را برای دهه های زیادی نگهداری خواهند کرد. در صورت خشک شدن، خاک رسی منقبض و با مرطوب شدن (جذب آب) مجدد، منبسط می شود. این مسئله به هنگام منقبض و متورم شدن فصلی موجب شکاف برداشتن خاک مجاور سازه ها می گردد.

- **ذوب یخ لایه های منجمد دائمی اعماق زمین در منطقه منجمده:** ذوب یخ و ناپدید شدن لایه های منجمد دائمی اعماق زمین در منطقه منجمده^۱ طی دهه های اخیر تسریع شده است. این مسئله موجب فرونشست زمین در حد وسیع و در نتیجه وارد آوردن خسارت به سازه ها و ساختارهای زیربنایی می گردد. بسیاری از ساختارهای زیربنایی احداث شده در مناطق شمالی کره زمین، در نواحی دارای بیشترین پتانسیل خطر واقع می شوند و می توانند تحت تأثیر فرونشست ناشی از ذوب یخ در خلال گرم شدن کره زمین قرار بگیرند.

۳-۱. پدیده های منجر به وقوع فرونشست زمین

- **بارش:** خاک های غیرمقاوم همچون خاک های سبخا و رسوبات لسی در دشت های ساحلی، نواحی بیابانی و سرزمین های آتشفشانی حاصل می شوند. زمانی که این نوع خاک ها به دلیل بارش شدید مرطوب می شوند، در نتیجه برداشت نمک ها از خاک سبخا یا بازآرایی^۲ ذرات خاک، فرونشست زمین به وقوع می پیوندد.
- **ارتباط فرونشست زمین با تغییرات آب و هوا:** در نواحی که تغییرات آب و هوایی موجب بارش کمتر و کاهش منابع آب زیرزمینی می گردد، پمپاژ آب زیرزمینی بیشتر خواهد بود. در نواحی مزبور در صورت وجود آبخوان های اصلی دارای رس و سیلت، به هنگام پمپاژ آب زیرزمینی تراکم حاصل می شود.
- **چشمه ها و نفوذ:** پایداری زمین یکی از مشخصات مربوط به اثرات متقابل بین آب، خاک و زمین شناسی زیرسطحی محسوب می شود. خاک های مختلف در حضور یا نبود آب زیرزمینی واکنش های مختلفی نشان می دهند.

¹ thawing Permafrost

² Rearrangement

آبگونگی خاک زمانی پدید می آید که آب زیرزمینی خیلی زیادی وجود داشته باشد (به عنوان مثال در مورد برخی رس ها). این مسئله در مناطقی حاصل می شود که چشمه ها یا نفوذی ها^۱ وجود داشته باشند. آبگونگی خاک همچنین ممکن است در خاک ها و خاکسترهای آتشفشانی که دره ها را در بیش از هزاران سال پر کرده اند، نیز پدید آید. خاک ها و خاکسترهای آتشفشانی به سهولت فرسایش یافته و در سرتاسر ناحیه نمود پیدامی کنند.

اگرچه آب های زیرزمینی پرکننده فضاهای کوچک بین ذرات خاک هستند، می توانند در حفظ شکل زمین نیز مؤثر باشند. در این حالت هر گونه کاهش و پایین آمدن سطح ایستابی سفره های آب زیرزمینی موجب خروج آب از این فضاها و در نهایت نشست زمین می شود.

- **فرسایش ساحلی و فرونشست زمین:** بیش از ۷۰٪ سواحل ماسه ای دنیا عقب نشینی می کنند. در برخی قسمت ها ادامه بالا آمدن سطح دریا و فرونشست زمین باعث چنین جابجایی هایی گردیده است. سرعت فرونشست به صورت مؤثر میزان رسوبات ساحلی را کاهش می دهد و ممکن است باعث تشدید سرعت و گسترش فرسایش ساحلی شود. استخراج نفت، گاز و آب در نواحی ساحلی از جمله فعالیت هایی هستند که موجب فرونشست زمین و کاهش رسوبات ساحلی می شوند. بسیاری از سواحل توسط تمهیدات گوناگون حفاظت و نگهداری می شوند.

- **فرونشست زمین ناشی از زمین لرزه:** فرونشست زمین همچنین می تواند به دلیل فعالیت های طبیعی در ناحیه همچون زمین لرزه نیز حاصل شود. اولین خطر اصلی زمین لرزه مخرب، تأثیر لرزش زمین می باشد. سازه ها می توانند به واسطه لرزش مستقیم یا به دلیل اختلاف سطح زمین (فرونشست زمین) زیر سازه ناشی از لرزش زمین لرزه متحمل خسارت شوند. زمین لرزه می تواند جابجایی های عمودی تا حدود ۱۵ متر (نسبت به سطح دریا) را در ارتباط با فرونشست زمین ایجاد کند. الگوی این فرونشست ها می تواند دارای گسترش تدریجی قبل از بروز زمین لرزه و یا خیلی به صورت ناگهانی باشد. اگرچه این پدیده به ندرت حاصل می شود ولی در صورت بروز می تواند بسیار مخرب باشد.

- **فرونشست زمین ناشی از فعالیت های بشری:** فرونشست زمین از فرآیندهای طبیعی است که می تواند ناشی از فعالیت بشر هم باشد و به دلایل زیر اتفاق بیفتند:

¹ Seepage

- **آبیاری:** فرونشست زمین به دلیل حرکت زیرسطحی مواد زمین بوجود می آید. یکی از موارد استفاده آب زیرزمینی در فعالیت آبیاری است. استفاده بیش از حد از این منبع موجب خطرپذیری^۱ فرونشست می شود. به دلیل اینکه سامانه های آب زیرزمینی واکنش کندی نسبت به فعالیت های بشری دارند، در نتیجه مدیریت صحیح این منبع با ارزش لازم و ضروری است.

- **ذخایر زیرزمینی:** فرونشست زمین ممکن است به علت نشست سطح زمین در بالای یک حفره یا فرورفتگی زیرزمینی بوجود آید. این پدیده می تواند ناشی از رمبش یک معدن یا حفره زیرزمینی و به واسطه تراکم یا تخریب خاک ها در بالای نواحی معدنی ایجاد گردد. معادن قدیمی، اغلب موجب وارد آوردن خسارت به ساختارهای سطحی می شوند. همچنین چاه های حفر شده به عنوان معبر این معادن نیز موجب تشدید خسارات می گردند.

- رمبش حفرات زیرزمینی می تواند تأثیرات عمیقی بر سطح زمین و همچنین به سازه ها- در صورت وجود آنها در آن منطقه- داشته باشد. تأثیر این مسئله در صورت وجود آب های زیرزمینی تشدید می شود. اندازه و عمق حفرات و همچنین رفتار سنگ ها در لایه های مابین سطح زمین و حفرات، تأثیرات مهمی در گسترش فرونشست سطح زمین دارد. اغلب حوادث فرونشستی مخرب در این گونه موارد در محل هایی است که حفرات عمق کمتری داشته باشند.

- **استخراج آب زیرزمینی:** تراکم سامانه های آبخوان تحکیم نیافته توام با پمپاژ بیش از اندازه آب زیرزمینی، دلیل مهمی برای فرونشست زمین محسوب می شود. در سامانه های آبخوان دارای لایه های سیلت و رس نیمه تحکیم یافته (آبخوان های ناتروا^۲) و با ضخامت تراکمی مناسب، کاهش بلند مدت سطح آب زیرزمینی می تواند منجر به رها سازی یکباره آب آبخوان های ناتروای متراکم گردد که به صورت فرونشست زمین ظاهر می شود. به همراه رها سازی آب، کاهش برگشت ناپذیر^۳ وسیعی در حجم منافذ آبخوان های ناتروای متراکم شده بوجود می آید و بنابراین کاهش در ظرفیت ذخیره کلی سامانه آبخوان حاصل می شود.

¹ Risk

² aquitards

³ nonrecoverable

- حفرات رمبنده: فرونشست های ناگهانی و گاهی اوقات فاجعه بار، مربوط به رمبش محلی حفرات فرونشستی و چاله های کارستی می باشد.

مشخصه رمبش وابسته به نوع خاصی از سنگ ها همچون تبخیری ها (نمک، ژئیس و ایندریت) و کربنات ها (سنگ آهک و دولومیت) است. این سنگ ها مستعد انحلال در آب و تشکیل حفرات هستند. نمک و ژئیس قابلیت حل شدن بیشتری نسبت به سنگ آهک دارند.



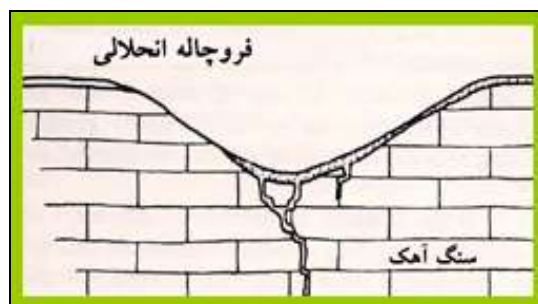
شکل ۱-۱) رمبش چاله کارستی (Winter Park, Florida, 1981)، وقوع ناگهانی آن موجب خسارات فاجعه باری گردید. این نوع فرونشست به دلیل کاهش سطح آب زیرزمینی ناشی از پمپاژ و همچنین ناشی از افزایش نفوذ آب زیرزمینی ایجاد شده است.

گسترش چاله های کارستی

چهار نوع متفاوت از چاله های کارستی وجود دارد:

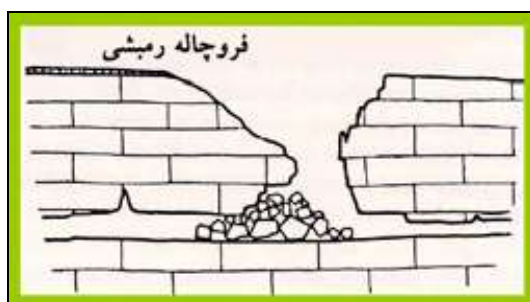
الف- انحلال سنگ آهک: این نوع فرونشست ناشی از انحلال مواد با نرخ یکسان واقع شده بر روی سنگ آهک زیرین آن است که موجب حرکت تدریجی و رو به پایین سطح و گسترش فروافتادگی قیفی شکل^۱ می شود.

¹ funnel-shaped



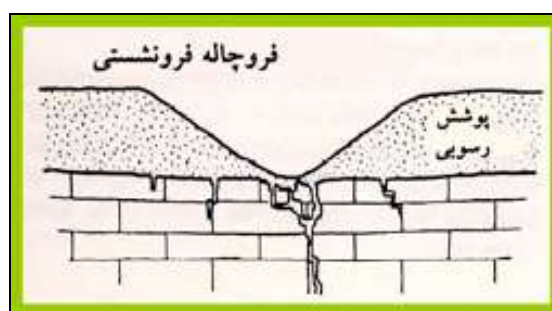
شکل ۱-۲) فروچاله انحلالی

ب- رمبش سنگ آهک: تشکیل حفره ای در سنگ که به علت انحلال گسترش می یابد، تا زمانی که پوشش آن مقاومت خود را از دست بدهد. این مسئله معمولا منجر به رمبش ناگهانی و گاهی اوقات فاجعه بار می گردد.



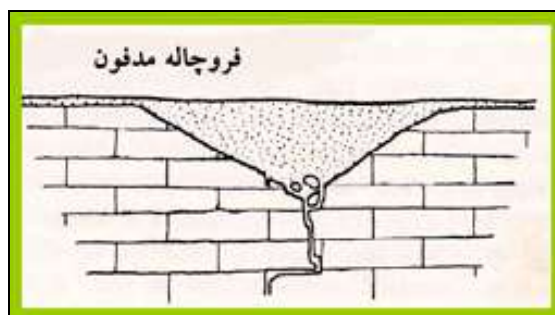
شکل ۱-۳) فروچاله رمبشی

ج- فرونشست پوشش رسوبی: ماسه موجود در مواد پوششی به علت انحلال سنگ آهک حرکت می کند. نتیجه آن چاله های کارستی است که معمولا به طور تدریجی گسترش می یابند و دارای وسعت کمی هستند.



شکل ۱-۴) فروچاله فرونشستی

د- چاله های کارستی مدفون: چاله های کارستی مدفون مستلزم نظارت مهندسی مناسبی می باشند. فعالیت مجدد چاله های کارستی هر زمانی می تواند صورت گیرد. رسوبات واقع در چاله کارستی قدیمی نسبت به رسوبات پیرامون آن متفاوت است و از این رو می تواند دلیل مشکلات اساسی محسوب گردد.



شکل ۱-۵) فروچاله مدفون

- زهکشی خاک های آلی: فرونشست زمین می تواند در حالتی مشابه با استخراج آب زیرزمینی زمانی که خاک های غنی از کربن آلی برای کاربردهای کشاورزی زهکشی می گردند نیز حاصل شود. مهمترین دلیل این نوع فرونشست، تجزیه میکروارگانیسم ها^۱ است که به هنگام آبیاری، کربن آلی به سهولت تبدیل به گاز اکسید کربن و آب می شود. تراکم، خشک شدگی، فرسایش به وسیله باد و آب و آتش سوزی های تعیین شده یا اتفاقی، عوامل مهم دیگری برای ایجاد این پدیده محسوب می گردند.

- ارتباط فرونشست زمین با افزایش جمعیت: افزایش جمعیت منجر به افزایش تقاضای آب از منابع آب زیرزمینی می شود که سبب فرونشست بیشتر زمین در نواحی قبلاً نشست کرده خواهد شد و یا باعث فرونشست جدید در نواحی می شود که تاکنون وقایع فرونشستی در آن مشاهده نگردیده است. در گذشته عمدتاً نواحی فرونشستی فقط شامل زمین های کشاورزی می گردید که آب زیرزمینی به منظور آبیاری مزارع استفاده می شده است. در آینده به دلیل افزایش جمعیت در شهرهای مهم خسارات ناشی از فرونشست زمین بیشتر خواهد بود.

¹ Microbial

بخش دوم:

تبیین وضعیت در ایران

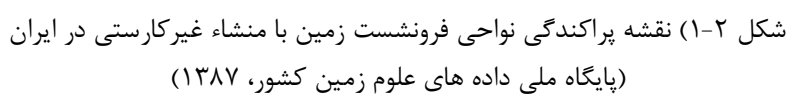
۱-۲. موقعیت فرونشست زمین در ایران

نظر به اهمیت فرونشست زمین و نقش داده‌های مربوط به آن‌ها در فعالیت‌های عمرانی و معدنی کشور، پس از بررسی مطالعات و تحقیقات انجام شده مرتبط با این پدیده به‌وقوع پیوسته در مناطقی از کشور و ایجاد بانک اطلاعات فرونشست زمین در پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، نقشه "پراکندگی نواحی فرونشست زمین با منشأ غیرکارستی در ایران" و نقشه "پراکندگی نواحی دارای فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی در ایران" تهیه گردید.

همان‌گونه که در نقشه "پراکندگی نواحی فرونشست زمین با منشأ غیرکارستی" ملاحظه می‌شود، پدیده فرونشست در برخی از دشت‌های کشور از جمله در استان‌های تهران، فارس، همدان، کرمان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، یزد، اصفهان، قزوین و ... حائز اهمیت می باشد.

در این نقشه نواحی فرونشست زمین با منشأ غیرکارستی بر اساس علت اصلی تشکیل و استان محل وقوع طبقه‌بندی و شماره گذاری گردیده و به‌دلیل حساسیت بیشتر نهشته‌های رسوبی دشت‌ها نسبت به افت سطح آب‌های زیرزمینی، رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن به‌عنوان واحدهای زمین‌شناسی یکپارچه در نقشه لحاظ شده‌است. پراکندگی وقوع این پدیده در کشور به‌صورت نمایش موقعیت تقریبی نشست زمین و یا پهنه خطر فرونشست همراه با شهرستان‌های محل وقوع ارائه گردیده است.

نقشه‌های تهیه شده با توجه به مقیاس کار جنبه مدیریتی داشته و جهت برنامه‌ریزی‌های صحیح منطقه‌ای و شهری و فعالیت‌های عمرانی در آینده تهیه گردیده است. لذا در این خصوص و به‌منظور توقف ادامه روند کنونی فرونشست، پیشگیری، بررسی دقیق و اقدامات ضروری از سوی دستگاه‌های مربوطه پیشنهاد می‌گردد.





شکل ۲-۲) نقشه پراکندگی نواحی دارای فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی در ایران
(پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

در این راستا و با توجه به این که یکی از مراحل مهم پیش از بحران ناشی از خطر فرونشست زمین، مکان یابی "مناطق با خطرپذیری بالا" و یا "مناطق با درجه آسیب پذیری بالا" می باشد؛ از این رو، به منظور ارزیابی، مقایسه و مدیریت مکانی ریسک در سطح کشور، "نقشه خطرپذیری فرونشست زمین در ایران" پیشنهاد می گردد.

۲-۲. تعیین و ارزیابی خطرپذیری فرونشست زمین در ایران

شناسایی خطر ناشی از فرونشست زمین با در نظر گرفتن ویژگی مکانی و معیارهای خطرپذیری امکان پذیر می باشد. همچنین، میزان آسیب پذیری در مواجهه با این خطر، با دو عامل "در معرض خطر بودن" و "ظرفیت مقابله" ارزیابی می گردد. اجزای در معرض خطر به زیرساخت ها، جمعیت و مناطق طبیعی موجود در ناحیه تحت تأثیر خطر مربوط شده و برای ارزیابی ظرفیت های موجود در جامعه در راستای کاهش پیامدهای منفی ناشی از خطر فرونشست زمین، از شاخص "ظرفیت مقابله" بهره گرفته می شود.

۲-۲-۱. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع و تشدید خطر فرونشست زمین در ایران

با بررسی مطالعات صورت گرفته در نواحی مستعد این پدیده در کشور مشخص گردیده است که عمده رخدادهای فرونشست زمین، در اثر افت شدید سطح ایستابی ناشی از برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی می باشد. مقدار نشست زمین ناشی از برداشت آب از چند میلی متر تا حدود ۱۰ متر و وسعت آن در نواحی گوناگون از چند تا ده هزار کیلومتر مربع گزارش شده است. این پدیده بطور مستقیم و غیر مستقیم بر جمعیت های انسانی و طبیعت اثر می گذارد.

"به طور کلی نشست زمین ناشی از برداشت زیاد آب های زیرزمینی به تحکیم رسوبات نسبت داده می شود. تحکیم نتیجه افزایش تنش مؤثر می باشد. فشار کل در نهشته های اشباع یا کمی اشباع توسط ساختمان دانه ها و آب منفذی تحمل می شود. برداشت آب زیرزمینی (به واسطه زهکشی آب از حفرات) منجر به کاهش فشار آب منفذی و انتقال تدریجی تنش از آب منفذی به دانه ها می گردد. کاهش فشار آب منفذی بلافاصله با خروج سیال حاصل نمی شود، بلکه با فاصله ای زمانی نسبت به برداشت روی می دهد. علاوه بر افزایش فشار، ضخامت و تراکم پذیری نهشته و طول زمان بارگذاری و درجه و نوع تنش اعمال شده نیز در نشست زمین مؤثر است."

از جمله عوامل مؤثر دیگر در ایجاد پدیده نشست، تغییر کاربری زمین، احداث، بهره‌برداری و یا بارگذاری سازه‌های مهندسی و زهکشی خاک‌های آلی می‌باشند. همچنین، شرایطی همچون فرایندهای زمین‌ساختی رخ داده در منطقه، بارندگی، وجود عوارض توپوگرافی، نفوذ ریزش‌ها و وجود لایه‌های نامقاوم در تشکیلات رسوبی زیرین، منجر به توسعه پدیده‌های فرونشستی در کشور شده است.

همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، شناسایی خطر ناشی از فرونشست‌زمین با در نظر گرفتن ویژگی مکانی و معیارهای خطرپذیری امکان‌پذیر می‌باشد. از این رو، با توجه به افزایش میزان برداشت از منابع آب‌زیرزمینی و در پی آن افت سطح آبخوان‌ها که به‌عنوان یک عامل مهم برای وقوع فرونشست‌زمین مطرح است، ضروری می‌باشد، وضعیت منابع آب‌زیرزمینی کشور بررسی شود. همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی از دشت‌های کشور موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است.

۲-۱-۲-۱. بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی در کشور

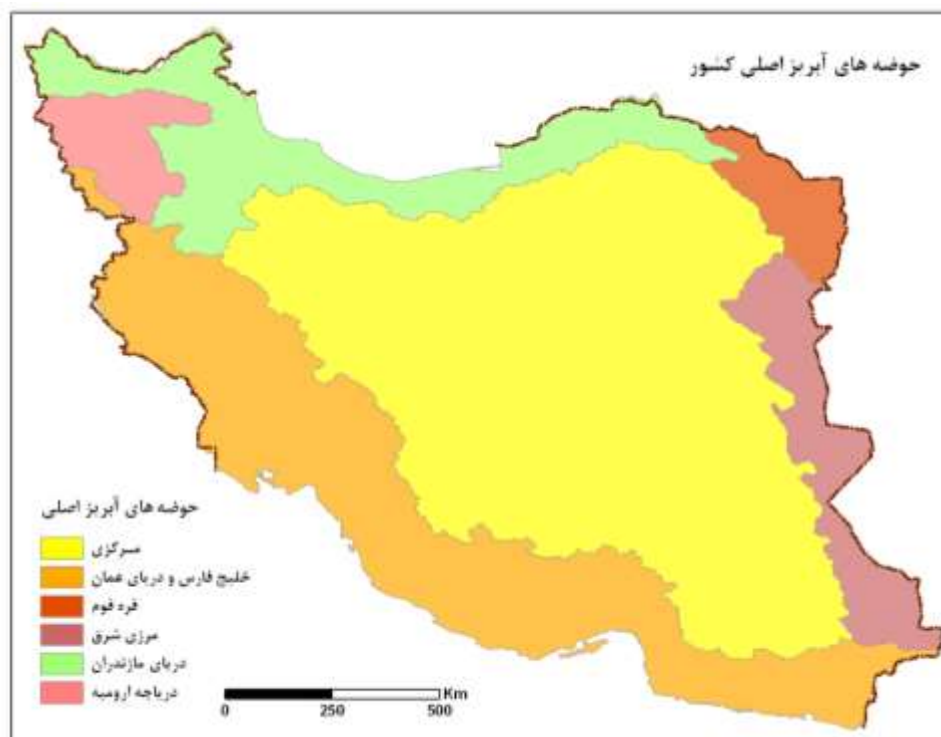
امکان ارزیابی خطرپذیری فرونشست‌زمین به‌دلیل دارا بودن ویژگی مکانی این پدیده میسر می‌گردد. لذا، هدف از بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی، مکان‌یابی آبخوان‌های دارای تداوم افت سالیانه سطح آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق دارای احتمال خطر فرونشست‌زمین در کشور می‌باشد. به‌طور کلی داده‌ها و اطلاعات تولید شده‌ای که به‌منظور بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی با هدف تعیین مناطق با خطرپذیری بالای فرونشست‌زمین - ناشی از بهره‌برداری بیش از حد مجاز منابع آب‌زیرزمینی - در کشور به‌کار گرفته شده است، به‌شرح زیر می‌باشند:

• محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز کشور

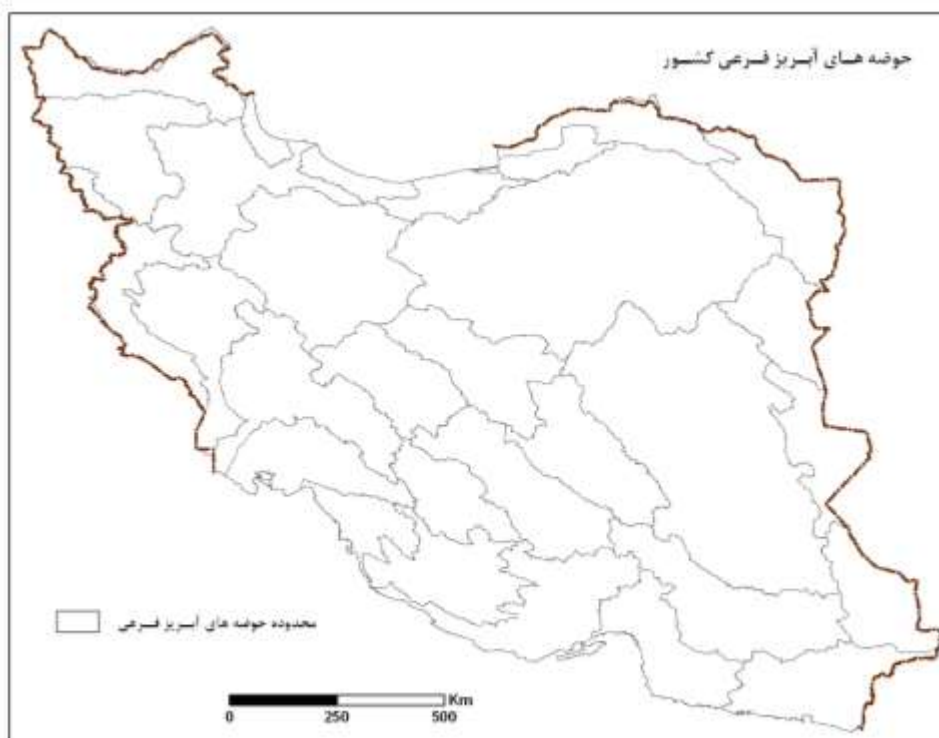
با توجه به رشد روزافزون جمعیت و به‌تبع آن رشد بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی، بسیاری از آبخوان‌های کشور با مشکل افت سطح ایستابی و کاهش ذخیره مواجه می‌باشند. ادامه این روند می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی کشور تحمیل نماید.

به منظور نمایش محدوده آبخوان‌های کشور و بکارگیری داده‌های مورد نیاز در تهیه این نقشه، شرح و نمایش اجمالی از حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز کشور در ادامه ذکر می‌گردد:

حوضه آبریز با توجه به ریخت شناسی و وضعیت توپوگرافی و پستی و بلندی‌های سطح زمین و جهت حرکت نهایی ریزش‌های جوی تعریف می‌شود. سطح کشور به ۶ حوضه آبریز اصلی، ۳۰ حوضه آبریز فرعی (درجه ۲) و حدود ۶۰۹ محدوده مطالعاتی حوضه‌های آبریز تقسیم بندی می‌شود.

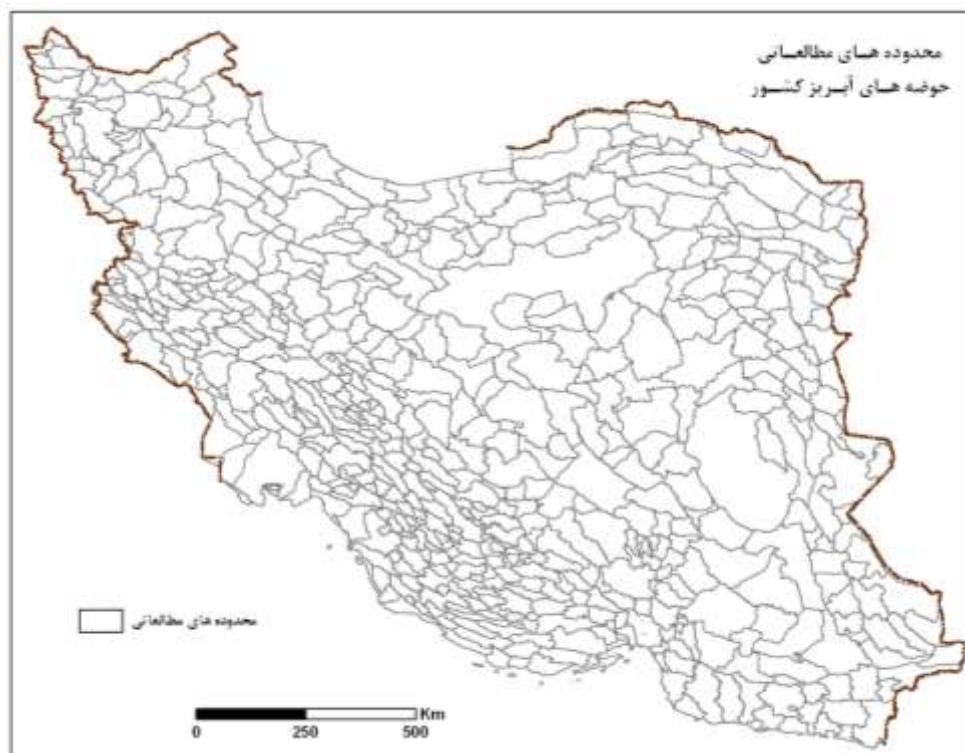


شکل ۲-۳) تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز اصلی ایران



شکل ۲-۴) تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز فرعی ایران

هر محدوده مطالعاتی، کوچکترین واحد هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز می باشد. بیش از ۶۰۰ محدوده مطالعاتی در کشور شناسایی گردیده که هر محدوده شامل ارتفاعات و دشت است. هر محدوده مطالعاتی می تواند دارای یک یا چند آبخوان باشد که بر اساس خصوصیات لایه های زمین شناسی، تغییرات شکل سنگ کف و وجود موانع زیرزمینی ایجاد می گردند.

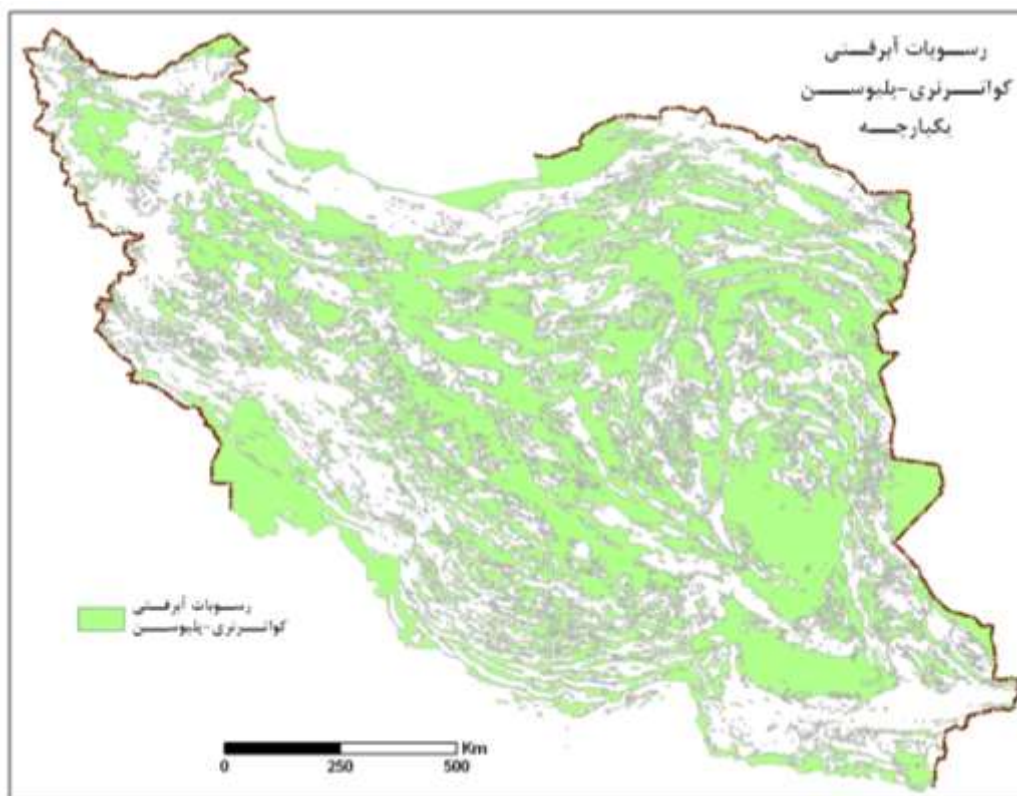


شکل ۲-۵) محدوده های مطالعاتی حوضه های آبریز کشور

• واحدهای زمین شناسی شامل رسوبات آبرفتی کواترنری - پلیوسن ایران

از لایه های اطلاعاتی مورد نیاز و پایه در این بررسی، واحدهای زمین شناسی بوده که به دلیل حساسیت بیشتر نهشته های رسوبی دشت ها نسبت به افت سطح آب های زیرزمینی، رسوبات آبرفتی کواترنری - پلیوسن ایران به صورت واحدهای زمین شناسی یکپارچه لحاظ شده است.

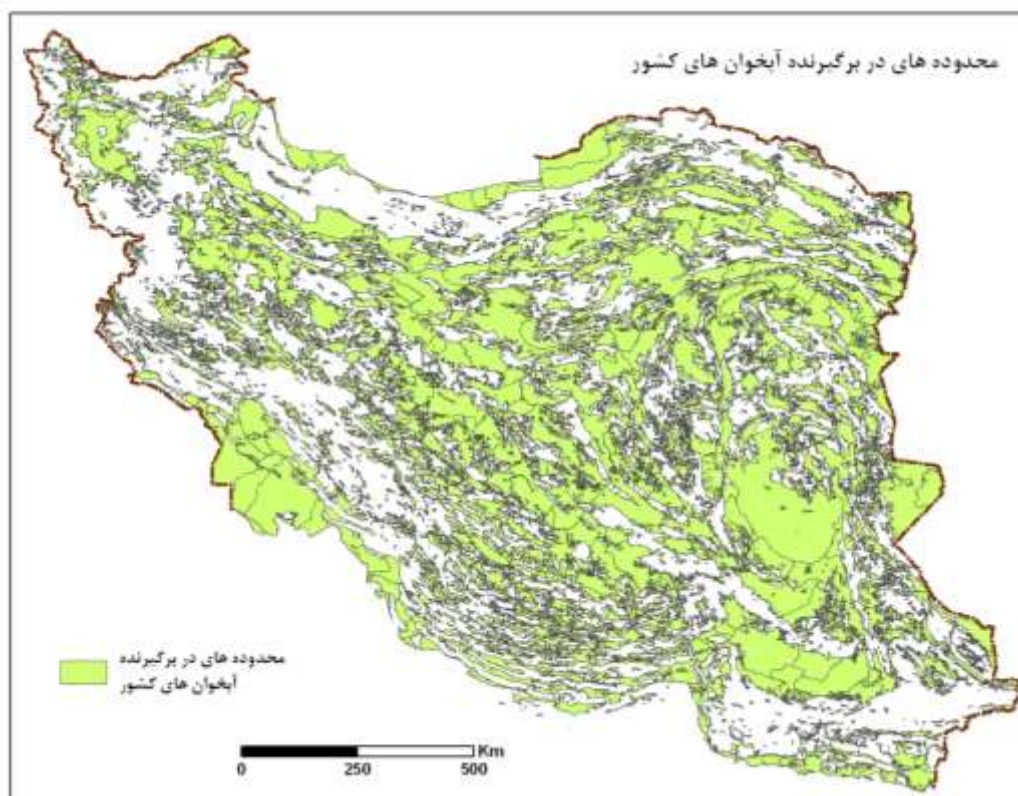
در زمین شناسی ایران، به طور معمول سنگ ها و نهشته های پس از سازندهای کنگلومرایی پلیوسن - پلیستوسن (هزاردره، بختیاری) را به سن کواترنری دانسته اند که به طور دگرشیب (به جزء در سواحل جنوبی دریای خزر) سنگ های کهن تر را می پوشاند و در بین آن ها، نهشته های آبرفتی - کوهپایه ای، بادی و صحرایی - کویری بیشترین سهم را دارند. در بین نهشته های کواترنری، نهشته های آبرفتی بیشترین سهم را دارند. این نهشته ها مواد فرسایشی بوده که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت ها گسترده شده اند و با دور شدن از ارتفاعات، درشتی دانه ها کاهش می یابد.



شکل ۲-۶) رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن ایران (نمایش به صورت یکپارچه)
(برگرفته از نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ زمین شناسی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

• محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های آبرفتی کشور

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و با نظر به اینکه فرونشست زمین در دشت‌های کشور عمدتاً ناشی از برداشت زیاد از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن افت قابل توجه سطح ایستابی در آبخوان‌ها می‌باشد؛ لذا تعیین محدوده در برگیرنده آبخوان‌های آبرفتی کشور، یکی از مراحل اصلی و پایه در این بررسی بوده است. بدین منظور اطلاعات حاصل از محدوده مشترک بین دشت‌های محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز کشور و رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن به عنوان لایه اطلاعاتی محدوده‌های در برگیرنده آبخوان‌های آبرفتی و ناپیوسته کشور ایجاد گردید. اطلاعات لایه اطلاعاتی محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های آبرفتی، به تبع تلفیقی از اطلاعات این دو لایه اطلاعاتی خواهد بود.



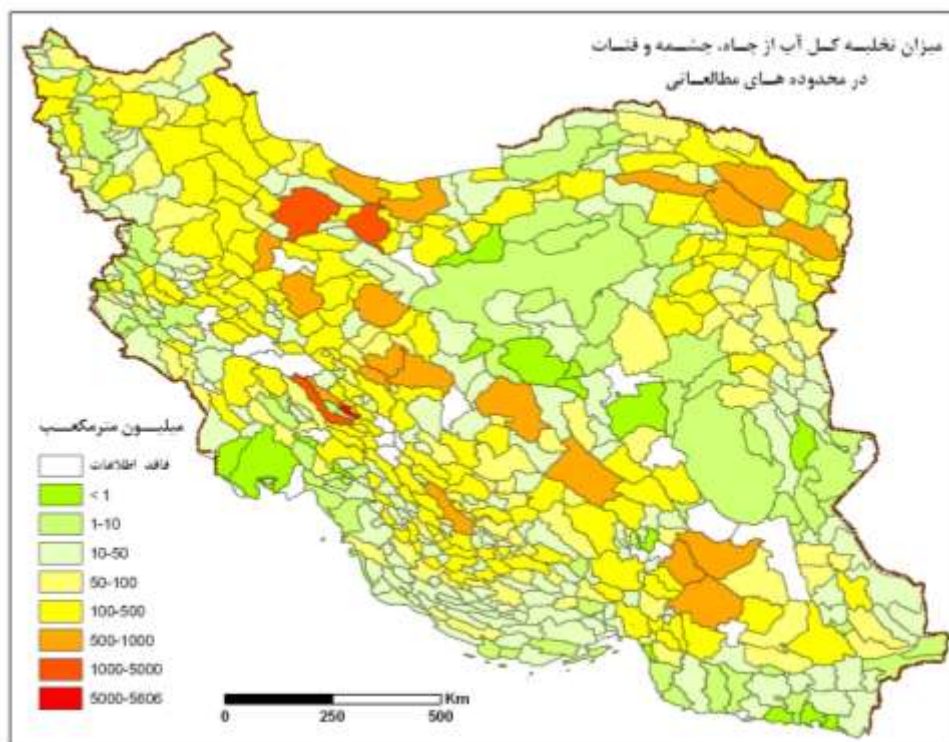
شکل ۲-۷) محدوده های دربرگیرنده آبخوان های آبرفتی و ناپیوسته کشور

• آماربرداری از منابع آب زیرزمینی کشور

در هر محدوده مطالعاتی به تناسب نیازهای مطالعاتی اقدام به آماربرداری از منابع آب زیرزمینی در سال های مختلف شده که این آماربرداری ها گاهی قسمت های محدودی از محدوده مطالعاتی و در پاره ای موارد کل محدوده مطالعاتی را شامل گردیده است.

- تعداد و میزان بهره برداری از منابع آب زیرزمینی کشور:

میزان تخلیه کل، جمع جبری تخلیه تمامی چاه ها، قنات ها و چشمه های موجود در سطح کشور طی سال های آماربرداری است و این مقدار در محدوده هایی که دارای منابع انتخابی (شامل چاه، قنات و چشمه) هستند، مجموع تخلیه های به روز شده منابع انتخابی بر اساس آمار آبدهی آنها می باشد.



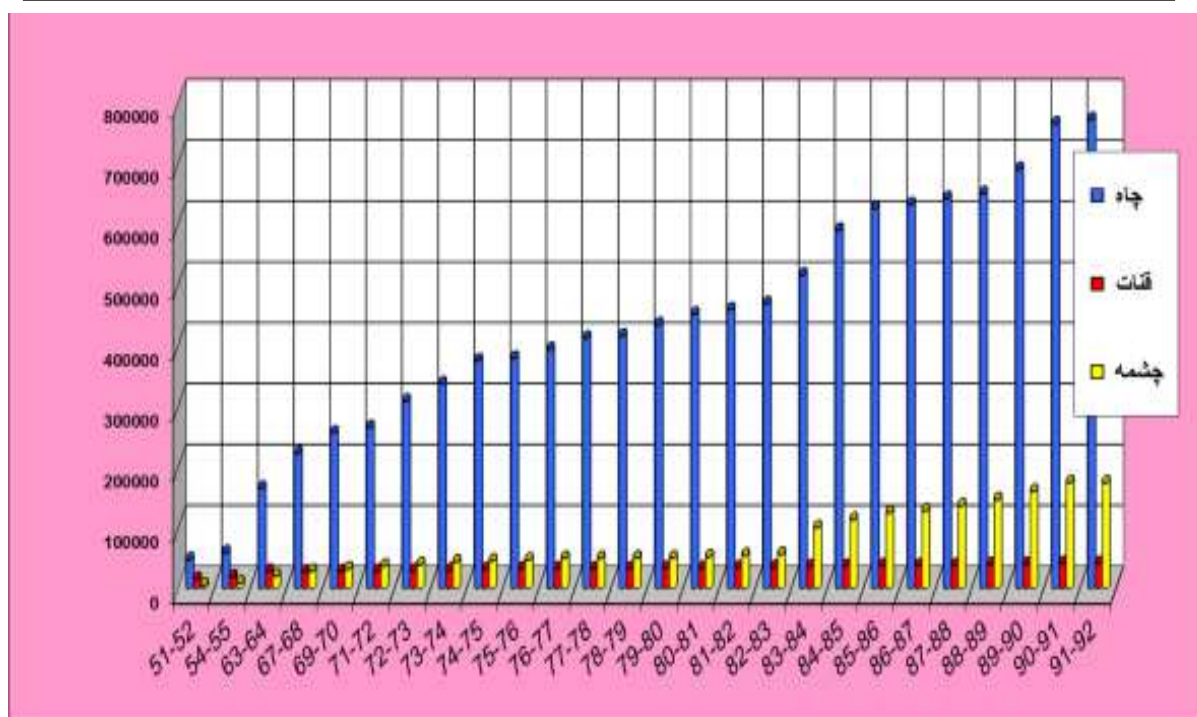
شکل ۲-۹) میزان برداشت کل آب از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) در محدوده‌های مطالعاتی طی سال‌های آماربرداری*

* یادآوری می‌گردد، نقشه شکل فوق، برگرفته از گزارش تهیه شده در پایگاه ملی داده‌های علوم زمین در سال ۱۳۸۸ می‌باشد که بر اساس آماربرداری منابع آب زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی کشور از سال آبی ۱۳۵۲-۵۳ الی ۱۳۸۵-۸۶ بوده است. به‌روزرسانی نقشه مربوطه بر اساس داده‌های آماری جدید در ارائه اطلاعات دقیق‌تر ضروری می‌باشد.

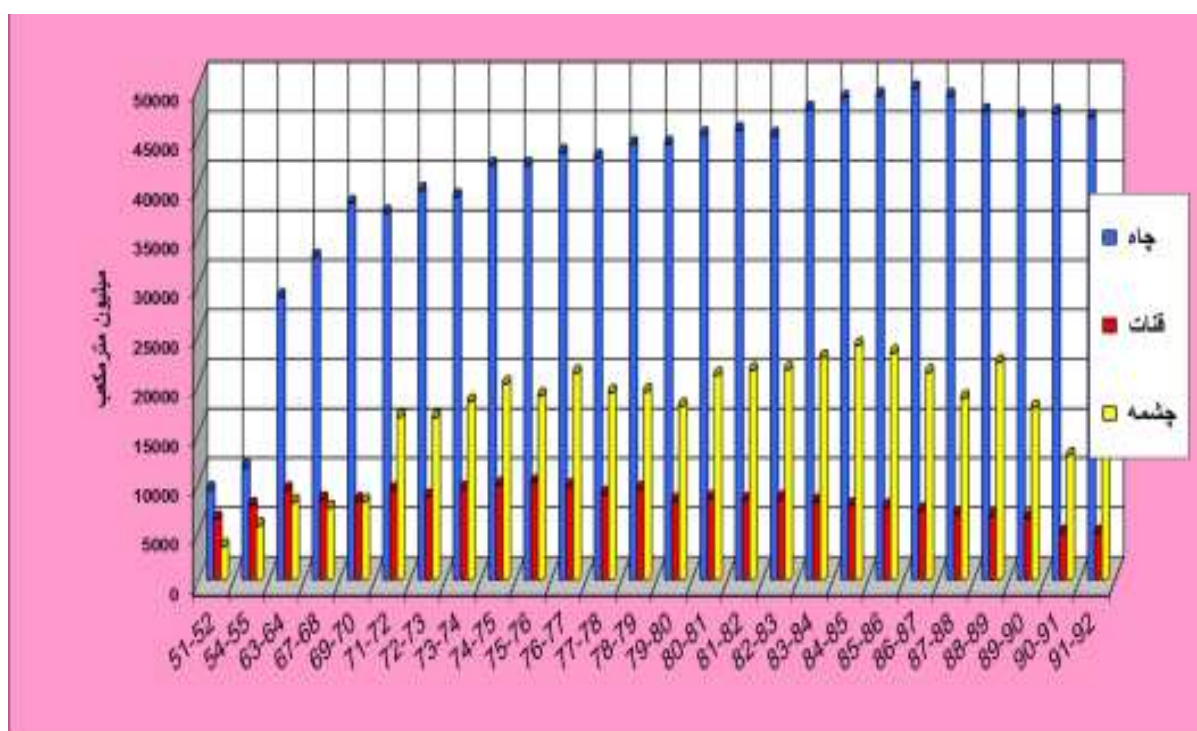
در جدول ۲-۱ و نمودارهای ۲-۲ تا ۲-۳، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) کشور از سال آبی ۱۳۵۲-۵۳ الی ۱۳۹۱-۹۲ ارائه گردیده است.

جدول ۱-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) (میلیون مترمکعب)
از سال آبی ۵۲-۱۳۵۱ الی ۹۲-۱۳۹۱

چشمه		قنات		چاه		تخلیه کل	سال آبی
تخلیه	تعداد (دهنه)	تخلیه	تعداد (رشته)	تخلیه	تعداد (حلقه)		
3382.3	4766	6167.0	14778	9150.1	47137	18699.4	51-52
5479.4	8340	7528.5	18397	11357.1	58898	24365.0	54-55
7826.5	20246	9078.9	28038	28601.0	164423	45506.4	63-64
7246.4	28326	8127.1	26503	32599.2	221691	47972.7	67-68
7900.6	31809	8021.0	27748	38034.9	255522	53956.5	69-70
16464.7	36525	9051.1	28054	37031.2	264444	62547.0	71-72
16396.3	38916	8407.3	28627	39330.5	307558	64134.1	72-73
18002.2	43652	9193.0	29585	38698.9	336266	65894.1	73-74
19792.6	45028	9601.2	30816	41870.8	373952	71264.6	74-75
18607.7	46347	9822.6	32164	41868.1	378262	70298.4	75-76
20900.5	49391	9433.1	32283	43194.0	392693	73527.6	76-77
18936.3	49410	8675.5	31883	42654.3	411186	70266.1	77-78
19023.4	49907	9177.9	32543	43982.7	414734	72183.9	78-79
17566.1	49785	7961.9	33036	44020.5	433391	69548.5	79-80
20686.1	51787	8218.3	32599	44955.4	450653	73859.8	80-81
21158.7	54162	8042.5	33691	45412.4	458069	74613.7	81-82
21240.1	55912	8212.0	34355	44895.0	468049	74347.1	82-83
22454.5	99695	7888.2	35819	47534.5	515092	77877.2	83-84
23689.6	112787	7526.9	36307	48620.8	588743	79837.3	84-85
22914.4	124443	7374.6	37197	48906.8	624838	79195.9	85-86
20947.6	127604	6991.7	36888	49604.5	630829	77543.8	86-87
18367.5	135760	6657.1	37240	48836.6	640899	73861.2	87-88
21956.6	145609	6457.9	39048	47299.4	648914	75713.9	88-89
17378.0	159454	6259.3	39531	46844.1	688840	70481.3	89-90
12587.9	173825	4752.5	41109	47182.6	763664	64523.0	90-91
13488.55	173611	4735.01	41130	46708.76	770567	64932.32	91-92

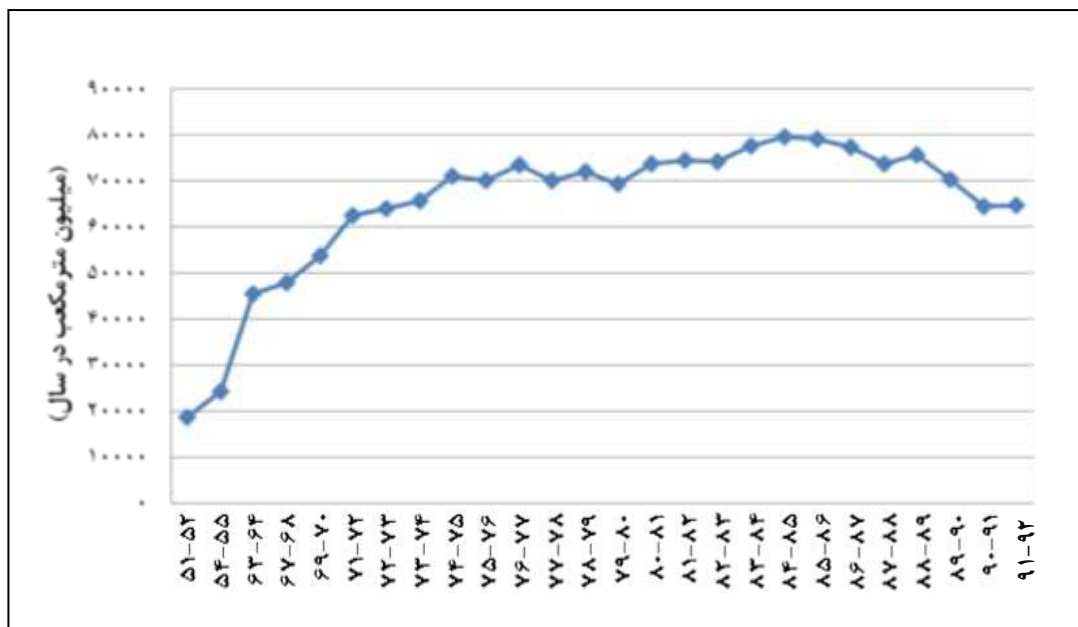


نمودار ۲-۲) روند تغییرات تعداد منابع آب زیرزمینی کشور (شامل چاه، قنات و چشمه) در سی سال اخیر
(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)



نمودار ۳-۲) روند تغییرات میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی کشور (شامل چاه، قنات و چشمه) در سی سال اخیر
(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

نمودار ۲-۴، بیانگر میزان برداشت آب زیرزمینی از سال آبی ۵۲-۱۳۵۱ الی ۹۲-۱۳۹۱ در کشور می‌باشد. به‌طوری‌که در این نمودار مشاهده می‌شود، برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی روند صعودی داشته و بر اساس این نمودار، بیشترین حجم برداشت از آبخوان‌ها در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶ بوده است.

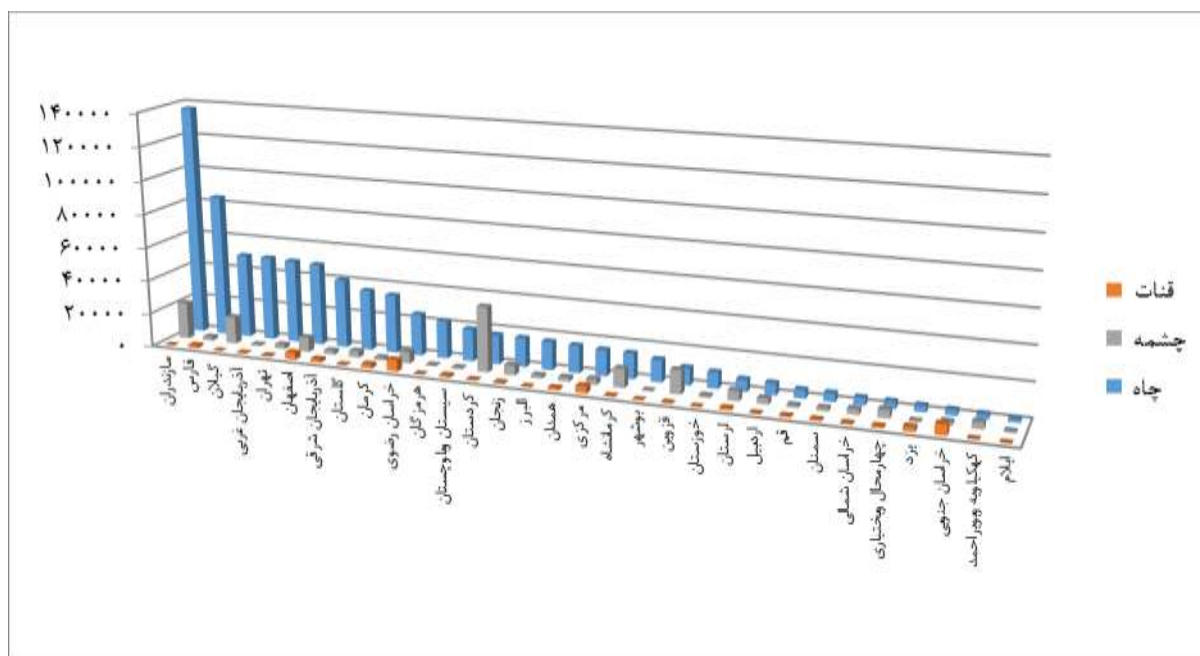


نمودار ۲-۴) روند تغییرات میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی کشور در سی سال اخیر (برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

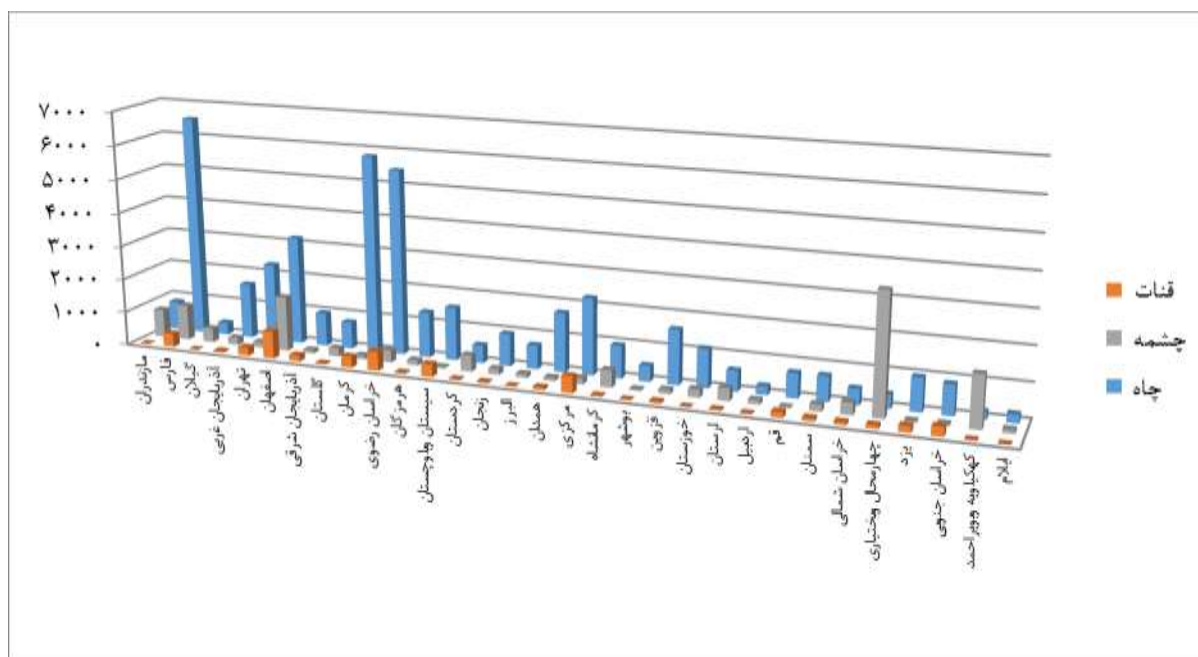
در جدول ۲-۲، نمودارهای ۵-۲ و ۶-۲ و اشکال ۲-۱۰ تا ۲-۱۳، تعداد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) (میلیون مترمکعب) به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱

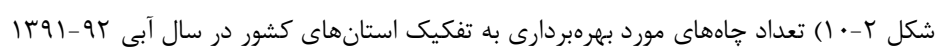
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
کل کشور	64932.3	13488.6	173611	4735.0	41130	46708.8	770567
مازندران	1687.8	827.4	21688	7.5	34	852.9	137178
فارس	7990.3	1038.4	2226	401.1	1730	6550.7	84396
گیلان	769.1	413.6	16153	0.0	0	355.4	49929
آذربایجان غربی	1887.9	206.8	863	46.9	486	1634.3	49882
تهران	2722.4	159.2	2503	248.4	536	2314.8	49346
اصفهان	5625.1	1618.0	8686	811.0	4203	3196.2	48668
آذربایجان شرقی	1270.1	99.3	2295	185.7	1960	985.1	40659
گلستان	1061.1	242.2	3766	29.9	344	789.0	35813
کرمان	6258.4	110.0	1593	328.6	2424	5819.8	34556
خراسان رضوی	6379.3	353.5	6814	556.3	6779	5469.6	24610
هرمزگان	1524.6	147.3	639	32.6	168	1344.7	22116
سیستان و بلوچستان	1982.4	41.4	905	376.7	1282	1564.3	18976
کردستان	1027.5	478.1	38562	23.9	519	525.5	17322
زنجان	1158.0	166.6	5836	41.7	725	949.7	17093
البرز	824.0	110.0	1793	12.6	163	701.4	16663
همدان	1909.4	96.4	2386	73.9	1287	1739.2	16125
مرکزی	2923.5	175.8	3159	496.5	4254	2251.2	15359
کرمانشاه	1493.4	500.7	11187	30.2	401	962.5	15140
بوشهر	516.1	40.4	180	11.1	48	464.6	13213
قزوین	1785.8	126.9	13861	59.5	313	1599.4	10264
خوزستان	1368.6	234.4	1121	1.4	3	1132.8	9463
لرستان	1003.1	369.0	5692	30.9	1167	603.3	7130
اردبیل	393.0	125.1	3354	19.4	221	248.5	6854
قم	903.4	18.5	1397	162.6	753	722.3	4939
سمنان	1019.2	194.3	1873	93.2	738	731.7	4909
خراسان شمالی	910.3	357.7	3145	87.0	635	465.7	4233
چهارمحال و بختیاری	4028.1	3509.8	4760	107.1	1011	411.2	4048
یزد	1193.0	38.9	387	180.6	2630	973.5	3633
خراسان جنوبی	1211.2	66.0	2196	266.4	6251	878.8	3274
کهگیلویه و بویراحمد	1749.0	1513.9	3847	11.8	61	223.3	2811
ایلام	357.2	109.2	744	0.6	4	247.3	1965



نمودار ۵-۲) تعداد منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۹۱-۹۲

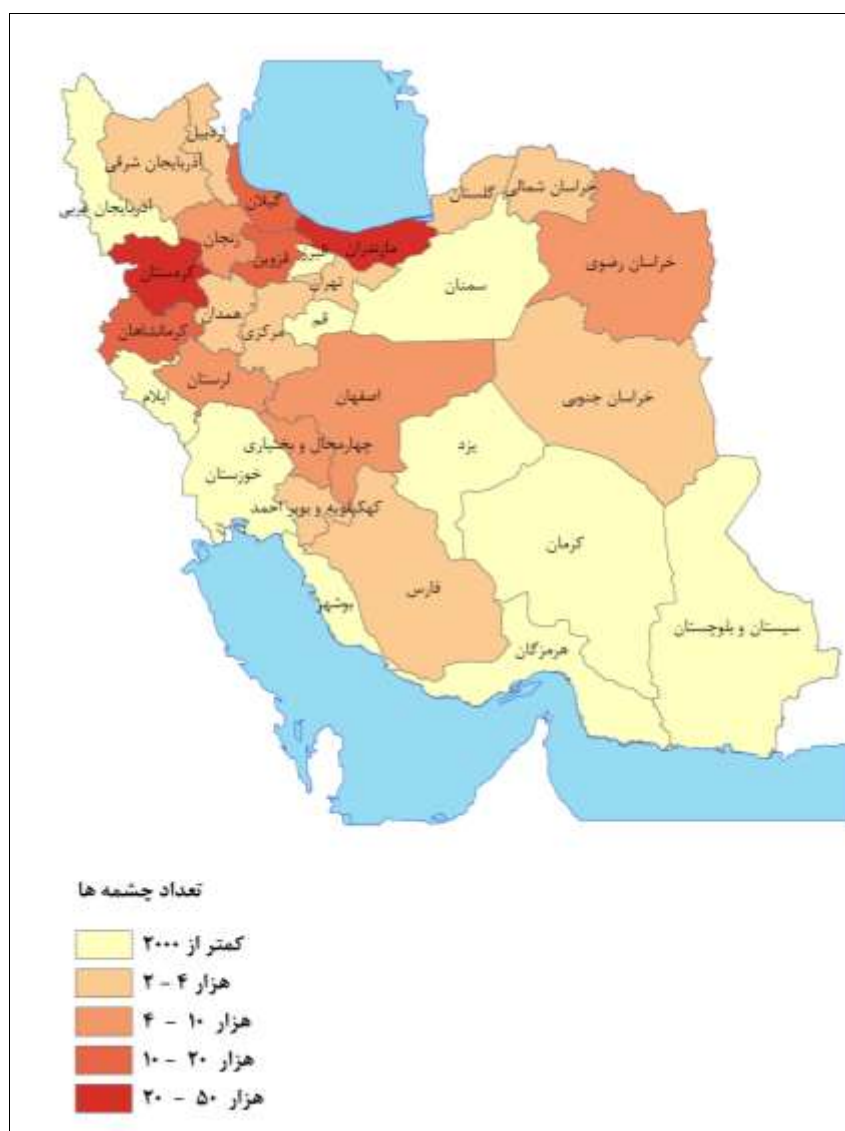


نمودار ۶-۲) مقدار تخلیه از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۹۱-۹۲





شکل ۲-۱۱) تعداد قنوات مورد بهره‌برداری به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲



شکل ۲-۱۲) تعداد چشمه های مورد بهره برداری به تفکیک استان های کشور در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲



شکل ۲-۱۳) میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، چشمه و قنات) (میلیون مترمکعب) به تفکیک استان‌های کشور در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱

- میزان مصارف آب زیرزمینی کشور:

در شرایط حاضر، افزایش قابل توجه مصرف آب ناشی از گسترش زمین‌های زیر کشت و کشت‌های آبی، رشد صنایع و بالا رفتن میزان جمعیت از جمله عوامل مهم کمبود آب در کشور می‌باشند. در حال حاضر، مصارف سالیانه آب در ایران، حدود ۹۴ میلیارد مترمکعب اعلام شده است. بیش از دوسوم این رقم از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود.

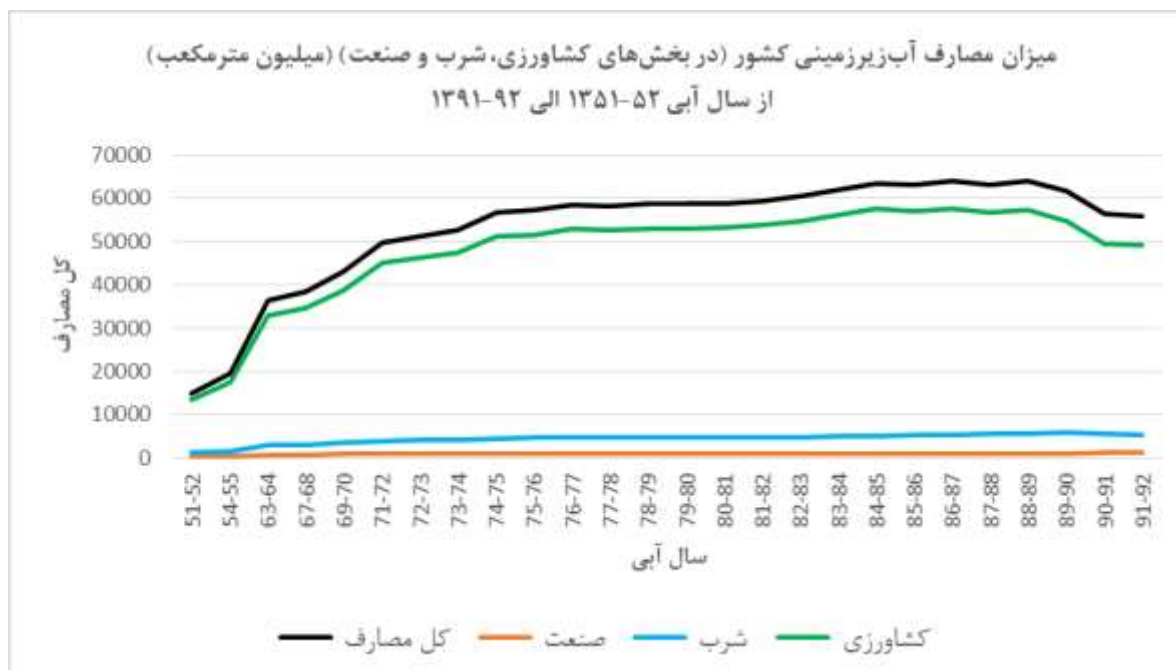
به‌طور کلی، الگوی بهره‌برداری از آب در کشورهای مختلف یکسان نبوده، به‌طوری‌که در کشورهای در حال توسعه، آب بیشتر صرف بخش کشاورزی می‌شود که در این بین، ایران از جمله کشورهایی است که بخش کشاورزی دارای بیشترین سهم در مصرف آب بوده به‌طوری‌که، بیش از ۹۰ درصد آب‌های قابل استفاده در کشور به‌مصرف کشاورزی می‌رسد.

تمامی آب استحصال شده از چاه‌ها معمولاً به مصرف می‌رسد، اما آب قنات و خصوصاً چشمه‌ها ممکن است در بعضی از فصول سال مورد استفاده واقع نشود. لذا میزان مصارف همواره کمتر از میزان تخلیه کلی از چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها است.

در جدول ۲-۳ و نمودار ۲-۷، میزان مصارف آب زیرزمینی کشور در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از سال آبی ۱۳۵۱-۵۲ الی ۱۳۹۱-۹۲ ارائه گردیده است.

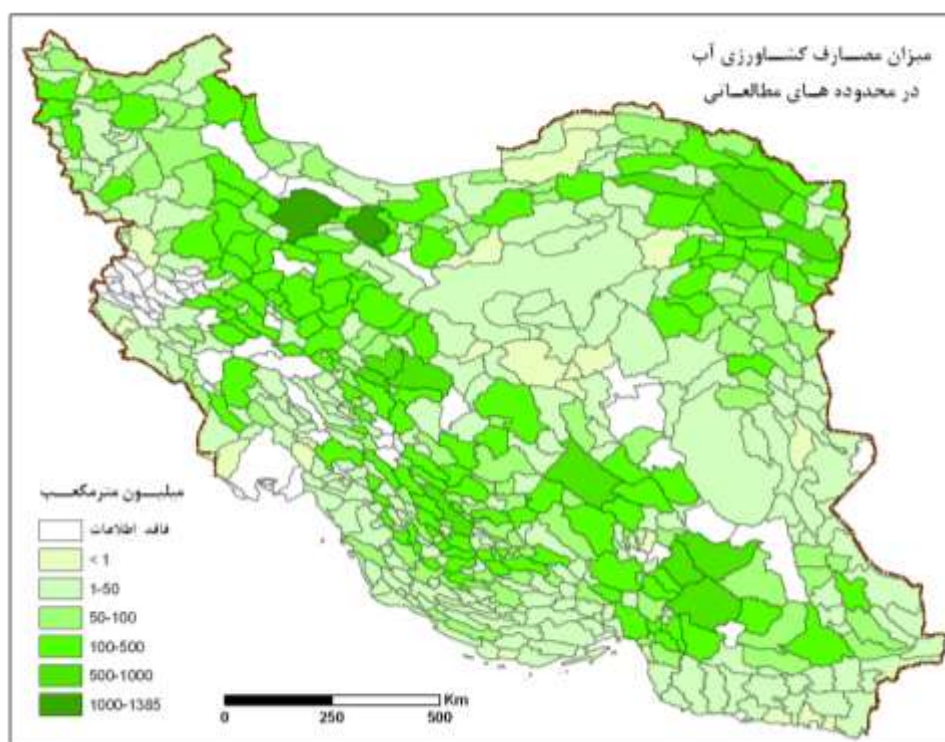
جدول ۳-۲) میزان مصارف آب زیرزمینی کشور (در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت) (میلیون مترمکعب)
از سال آبی ۵۲-۱۳۵۱ الی ۹۲-۱۳۹۱

سال آبی	کل مصارف	کشاورزی	شرب	صنعت
51-52	14960	13464	1197	299
54-55	19492	17543	1559	390
63-64	36405	32765	2912	728
67-68	38378	34540	3070	768
69-70	43165	38849	3453	863
71-72	49902	45034	4003	865
72-73	51151	46177	4105	870
73-74	52533	47444	4217	872
74-75	56751	51311	4561	880
75-76	57204	51615	4699	890
76-77	58546	52940	4706	900
77-78	58221	52592	4727	902
78-79	58633	52972	4750	911
79-80	58741	53075	4751	915
80-81	58853	53179	4757	917
81-82	59414	53722	4775	917
82-83	60540	54830	4790	920
83-84	61981	56072	4984	925
84-85	63520	57483	5110	928
85-86	63219	57021	5269	929
86-87	63979	57742	5307	930
87-88	63024	56630	5481	913
88-89	64118	57425	5668	1025
89-90	61711	54768	5872	1070
90-91	56345	49450	5630	1265
91-92	55875	49265	5397	1214

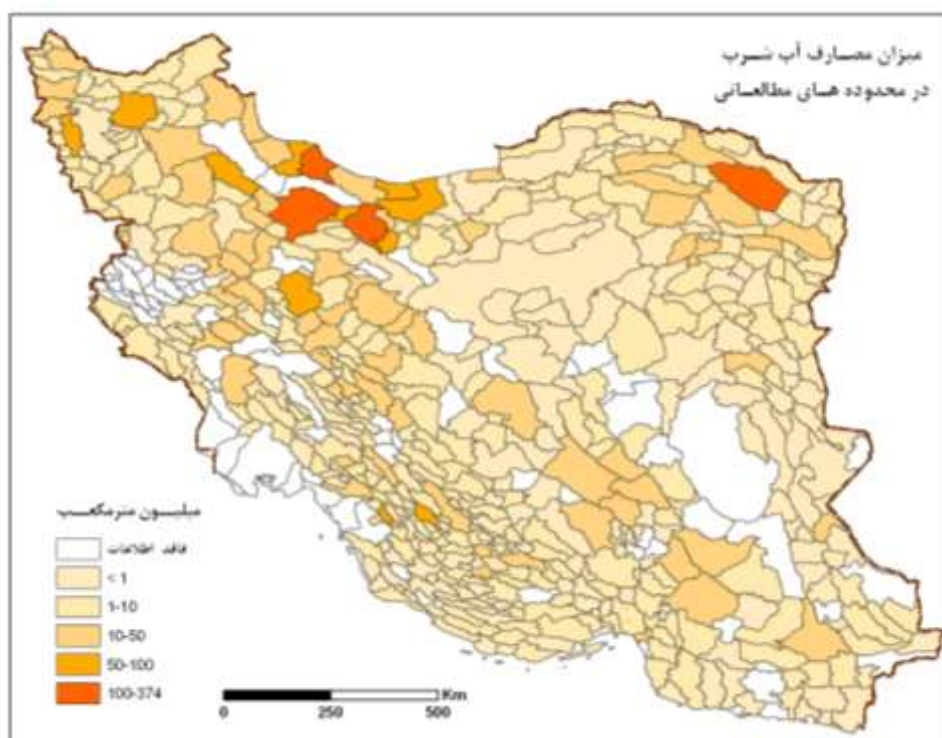


نمودار ۲-۷) میزان مصارف آب زیرزمینی کشور (در بخش های کشاورزی، شرب و صنعت) در سی سال اخیر

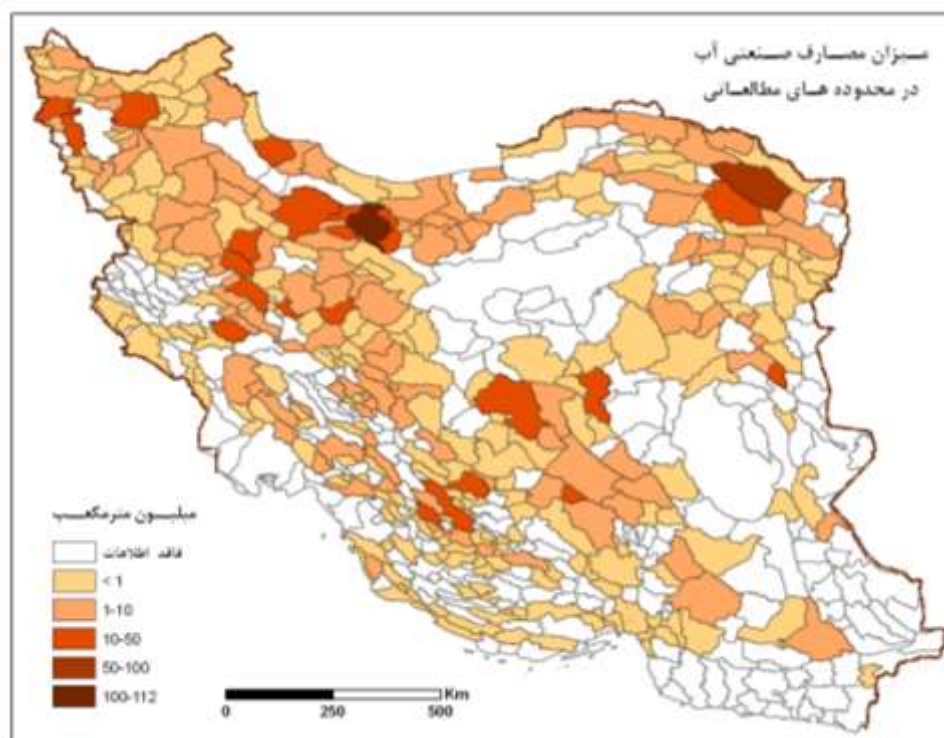
در نقشه های اشکال ۲-۱۴ تا ۲-۱۶، میزان مصارف آب زیرزمینی کشور در بخش های کشاورزی، شرب و صنعت در محدوده های مطالعاتی طی سال های آماربرداری نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱۴) میزان مصارف آب زیرزمینی کشور در بخش کشاورزی در محدوده های مطالعاتی طی سال های آماربرداری

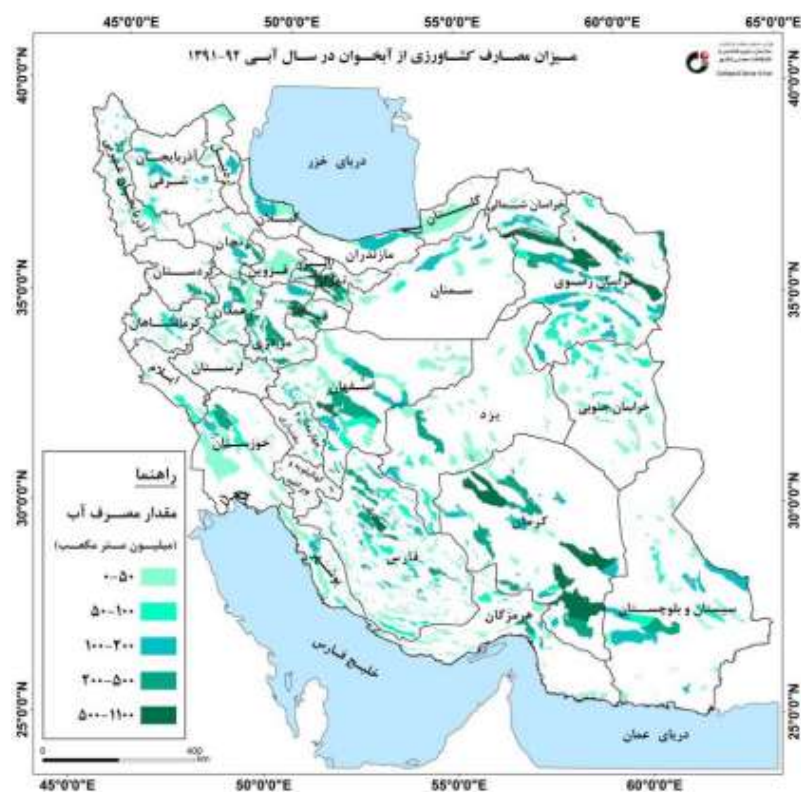


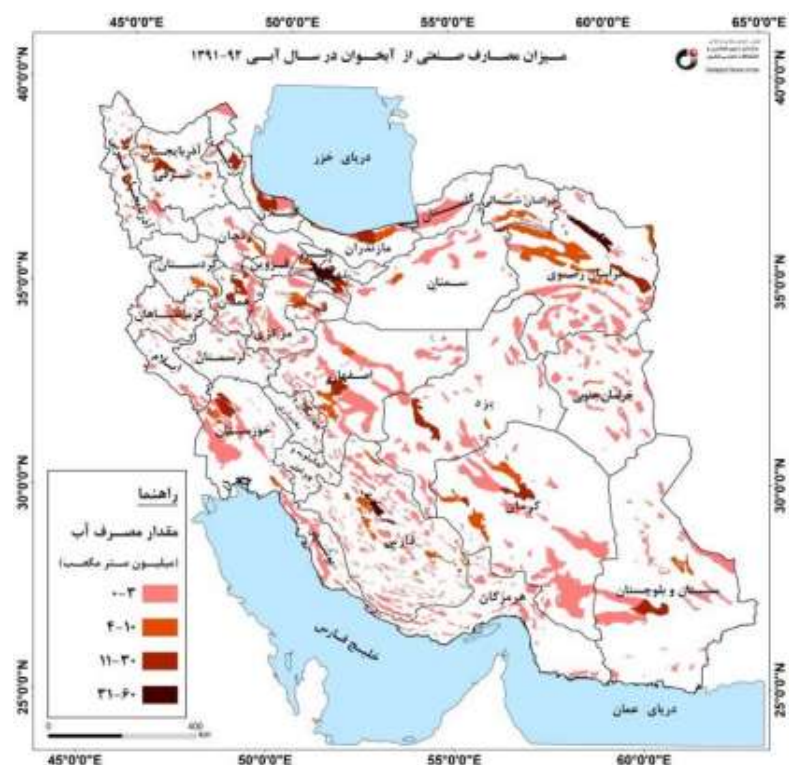
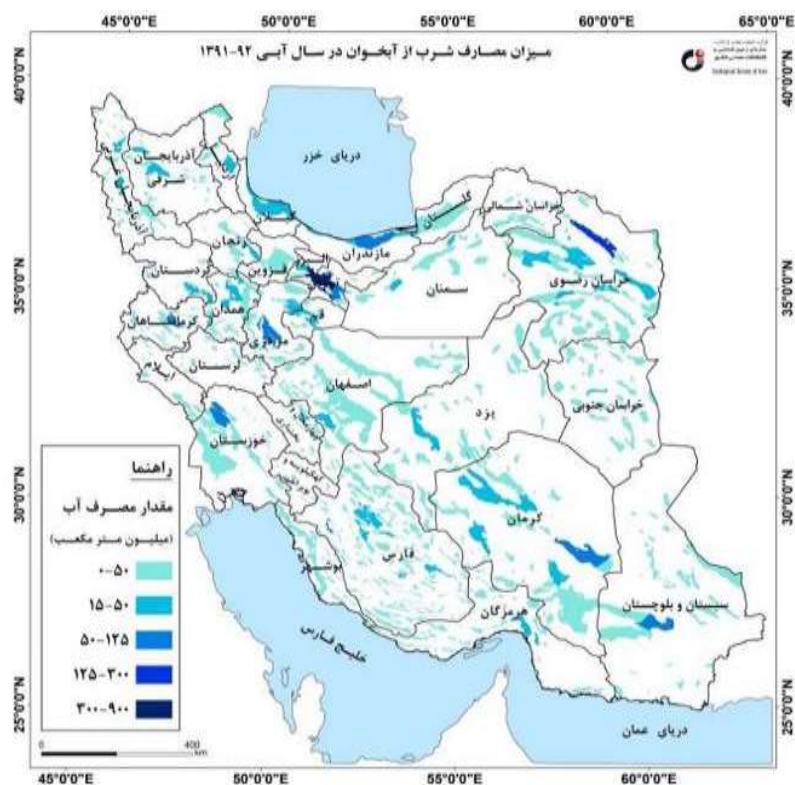
شکل ۲-۱۵) میزان مصارف آب زیرزمینی کشور در بخش شرب در محدوده های مطالعاتی طی سال های آماربرداری



شکل ۲-۱۶) میزان مصارف آب زیرزمینی کشور در بخش صنعت در محدوده های مطالعاتی طی سال های آماربرداری

در نقشه‌های شکل ۲-۱۷، میزان مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از آبخوان‌های کشور در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نمایش داده شده است.





شکل ۲-۱۷) میزان مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از آبخوان‌های کشور (برگرفته از سهمی آب منطقه‌ای استان‌های کشور، سال آبی ۱۳۹۱-۹۲)

با توجه به میزان و مقایسه مصارف مختلف از آبخوان‌های کشور و نظر به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و شرب می‌بایست عوامل تأثیرگذار و راهکارهای مناسب همچون تغییر الگوی کشت و آبیاری و همچنین مدیریت انتقال و ذخیره‌سازی در تأمین آب شرب موردتوجه ویژه مسئولان استانی قرارگیرد.

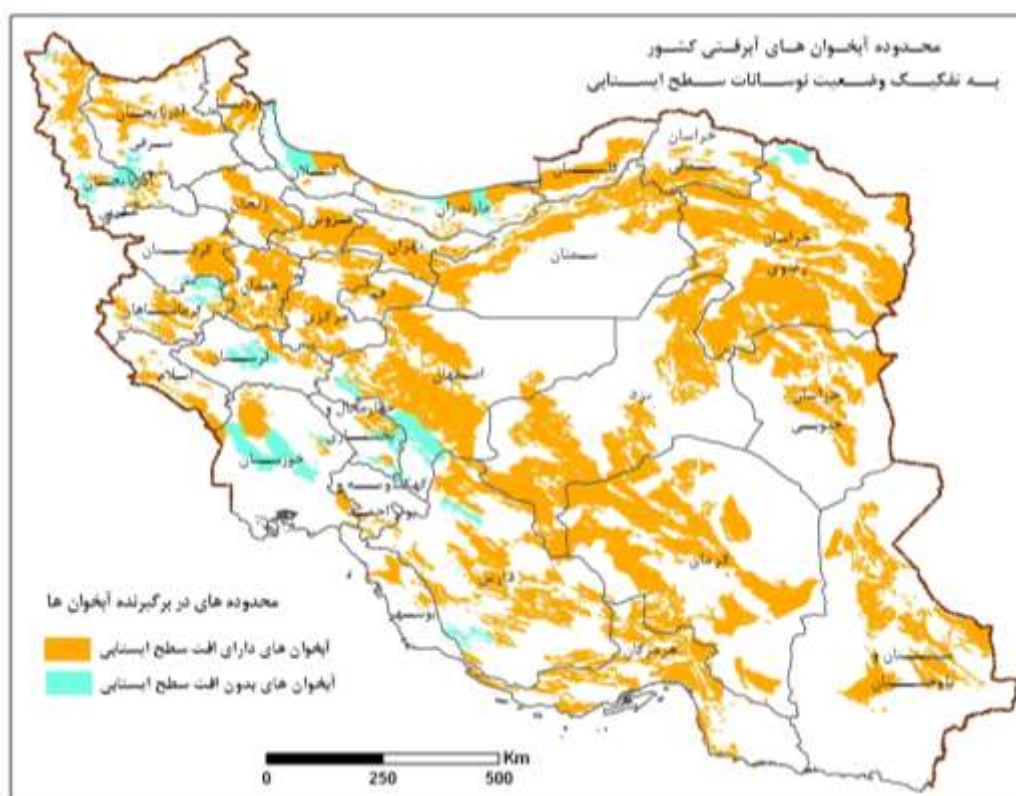
- میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییرات حجم مخزن آبخوان‌های کشور:

انجام مطالعه و ارزیابی منابع آب زیرزمینی و برآورد میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی حوضه های آبریز کشور، نیازمند دسترسی به آمار و اطلاعات دقیق می‌باشد. با آغاز مطالعات پایه منابع آب در کشور، به تدریج شبکه‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری آمار و اطلاعات پایه منابع آب در بخش آب‌های زیرزمینی ایجاد و توسعه پیدا نموده است.

در شبکه سنجش منابع آب‌های زیرزمینی، اندازه‌گیری سطح آب در مجموعه چاه‌های مشاهده‌ای (پیزومتریک) از منابع آب انتخابی صورت می‌گیرد. به منظور بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، منحنی‌های هیدروگراف آبخوان‌های دشت‌های محدوده‌های مطالعاتی رسم می‌شوند. با تهیه هیدروگراف آبخوان دشت‌ها و منحنی‌های مربوطه، میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی در موارد زیر قابل بررسی می‌باشد:

۱. نوسان در سال قبل: اختلاف ارتفاع هیدروگراف معرف آبخوان‌ها در ابتدا و انتهای سال آبی ماقبل سال آبی که جداول خلاصه وضعیت موجود برای آن سال تهیه شده اند.
۲. متوسط سالیانه: متوسط اندازه‌گیری نوسان سطح آب از ابتدای اندازه‌گیری تا سال آبی که جداول خلاصه وضعیت برای آن سال تهیه می‌شوند. قابل ذکر اینکه در طول سال‌های مختلف، شبکه‌های سنجش از نظر تعداد و موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای دچار تغییر و تحولات شده اند. به‌طوری‌که این امر باعث انقطاع در توالی منظم محاسبات هیدروگراف واحد می‌شود. بدین لحاظ در بعضی محدوده‌ها عدد متوسط سالیانه از سال آغاز اندازه‌گیری محاسبه نشده و مربوط به چند سال اخیری است که شبکه دچار تغییر نشده است.
۳. نوسان از ابتدا تاکنون: به‌صورت جمع جبری میزان تغییرات سطح آب از ابتدای اندازه‌گیری شبکه یا آخرین سال‌هایی که توالی اندازه‌گیری وجود دارد تا سال آبی مورد نظر و یا در بازه زمانی مشترک موردنظر - برای تهیه جداول خلاصه وضعیت - محاسبه می‌شود.

نکته قابل ذکر این که برخی شرکت های آب منطقه ای در زمینه هایی از جمله تعداد چاه ها، میزان مصارف (شرب، صنعت و کشاورزی)، وضعیت کیفی و همچنین بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی فاقد اطلاعات یا بعضی دارای اطلاعات بسیار ناقص می باشند.

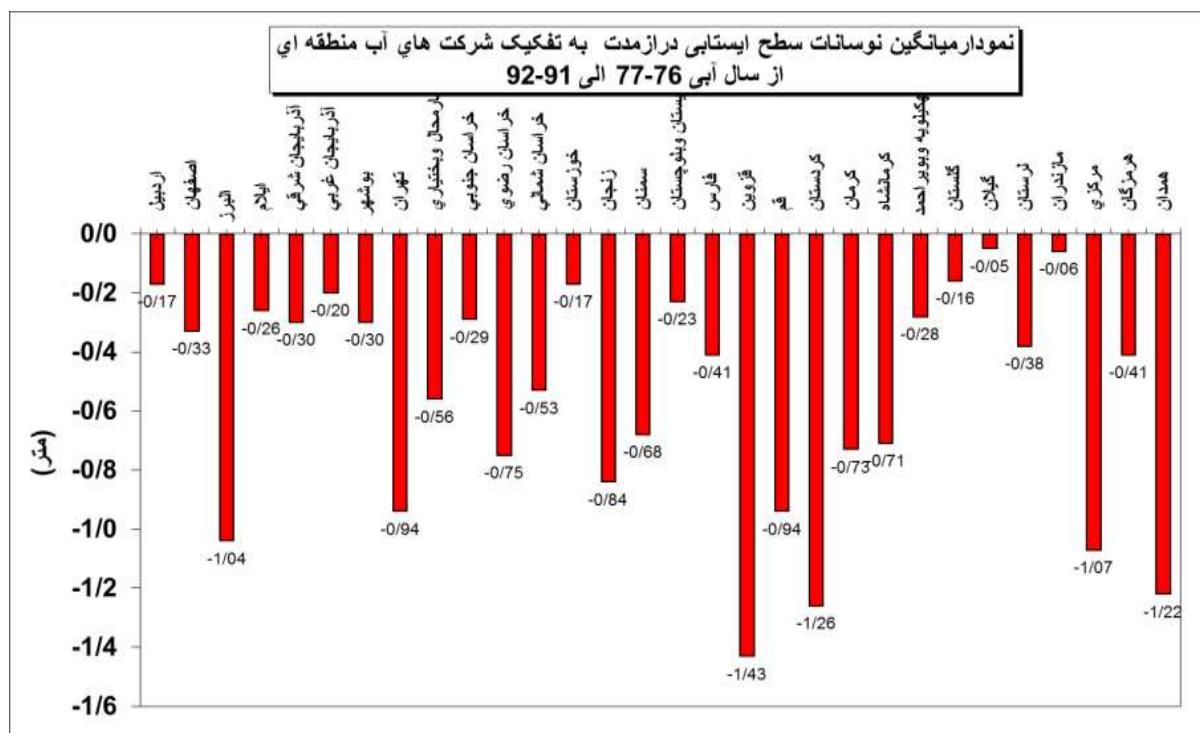


شکل ۲-۱۸) محدوده های در برگیرنده آبخوان های آبرفتی کشور به تفکیک وضعیت نوسانات سطح ایستابی طی سال های آماربرداری

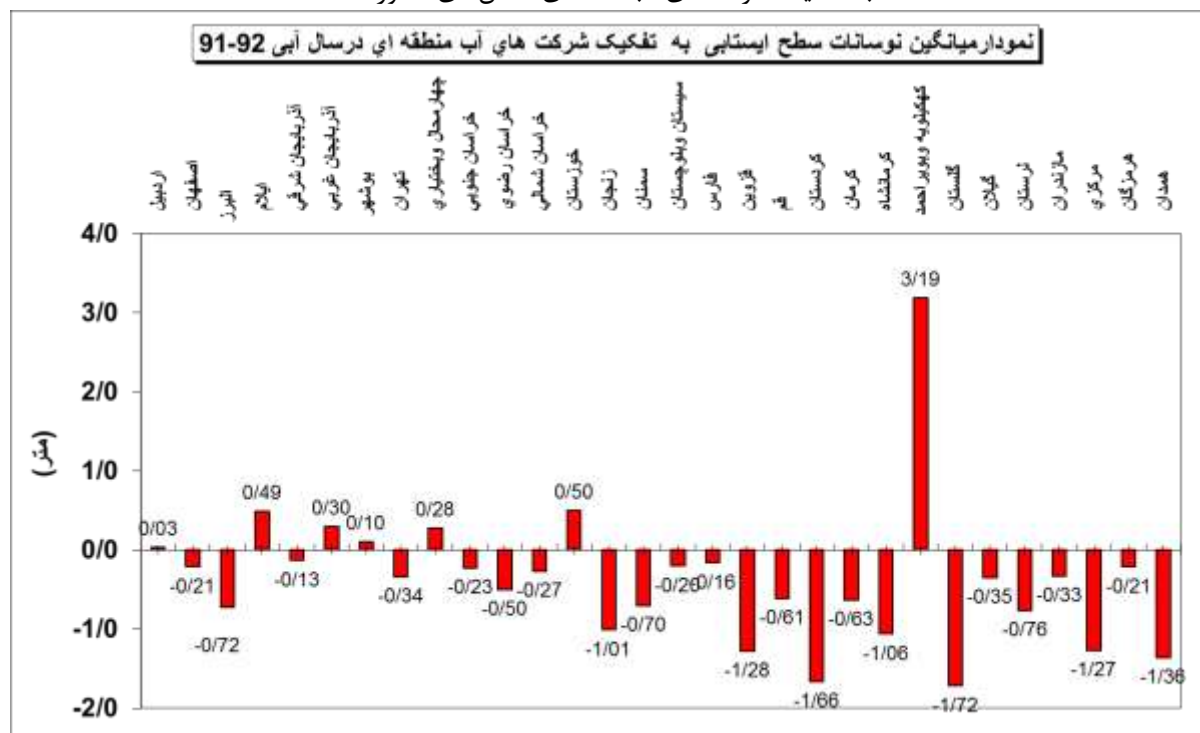
همچنین، میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی آبخوان های کشور طی سال های آماربرداری (از سال آبی ۱۳۷۶-۷۷ الی ۱۳۹۱-۹۲) و سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ به تفکیک استان ها در جدول ۲-۴ و نمودارهای ۲-۸ و ۲-۹ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۴) میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی آبخوان‌های کشور طی سال‌های آماربرداری (از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱) و سال آبی ۹۲-۱۳۹۱
به تفکیک شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های کشور

استان	میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی (متر)	میانگین نوسانات سطح ایستابی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (متر)
اردبیل	-0.17	0.03
اصفهان	-0.33	-0.21
البرز	-1.04	-0.72
ایلام	-0.26	0.49
آذربایجان شرقی	-0.30	-0.13
آذربایجان غربی	-0.20	0.30
بوشهر	-0.30	0.10
تهران	-0.94	-0.34
چهارمحال و بختیاری	-0.56	0.28
خراسان جنوبی	-0.29	-0.23
خراسان رضوی	-0.75	-0.50
خراسان شمالی	-0.53	-0.27
خوزستان	-0.17	0.50
زنجان	-0.84	-1.01
سمنان	-0.68	-0.70
سیستان و بلوچستان	-0.23	-0.20
فارس	-0.41	-0.16
قزوین	-1.43	-1.28
قم	-0.94	-0.61
کردستان	-1.26	-1.66
کرمان	-0.73	-0.63
کرمانشاه	-0.71	-1.06
کهگیلویه و بویراحمد	-0.28	3.19
گلستان	-0.16	-1.72
گیلان	-0.05	-0.35
لرستان	-0.38	-0.76
مازندران	-0.06	-0.33
مرکزی	-1.07	-1.27
هرمزگان	-0.41	-0.21
همدان	-1.22	-1.36
یزد	-0.38	-0.46
کل کشور	-0.55	-0.46

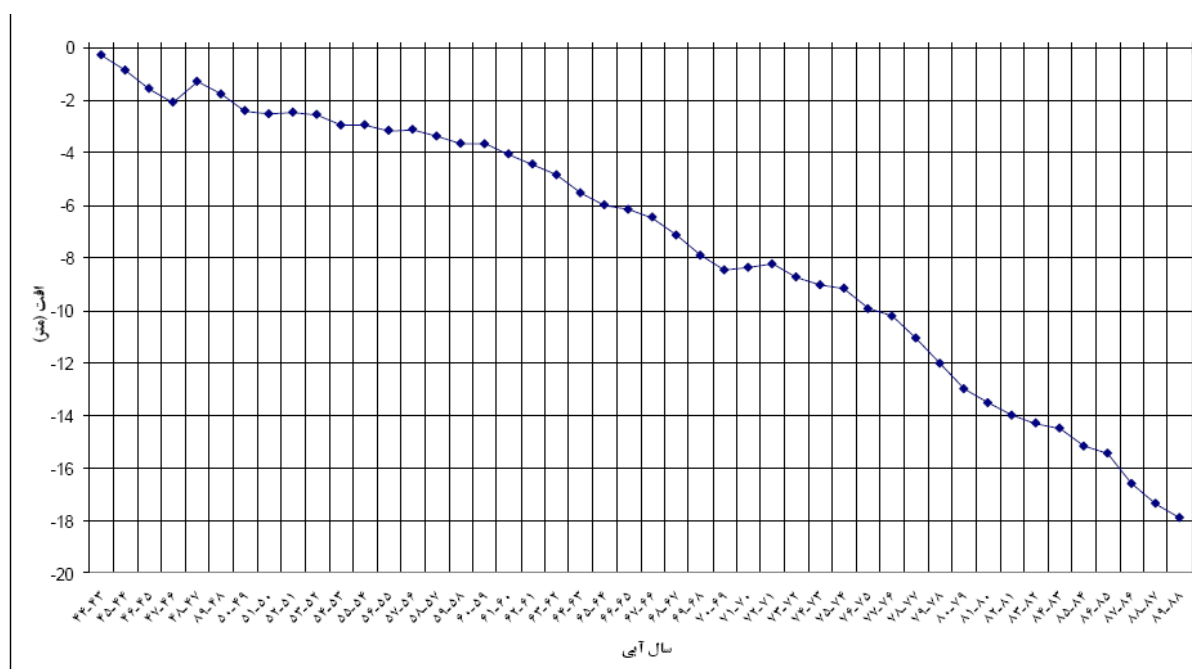


نمودار ۸-۲) میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی طی سال های آماربرداری (از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱) به تفکیک شرکت های آب منطقه ای استان های کشور



نمودار ۹-۲) میانگین نوسانات سطح ایستابی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ به تفکیک شرکت های آب منطقه ای استان های کشور

بر این اساس، روند افت متوسط سطح آب‌زیرزمینی در آبخوان‌های کشور در نمودار ۲-۱۰ نمایش داده شده که حاکی از افت قابل‌ملاحظه سطح آب‌زیرزمینی بوده و بیانگر متوسط نرخ افت حدود ۴۰ سانتی‌متر در سال است. چنان‌که در این نمودار مشاهده می‌شود، مقدار نرخ افت سطح آب‌زیرزمینی از ابتدا تا انتهای دوره افزایش نشان می‌دهد.



نمودار ۲-۱۰) روند افت متوسط سطح آب‌زیرزمینی در آبخوان‌های کشور از سال آبی ۴۴-۱۳۴۳ الی ۸۹-۱۳۸۸

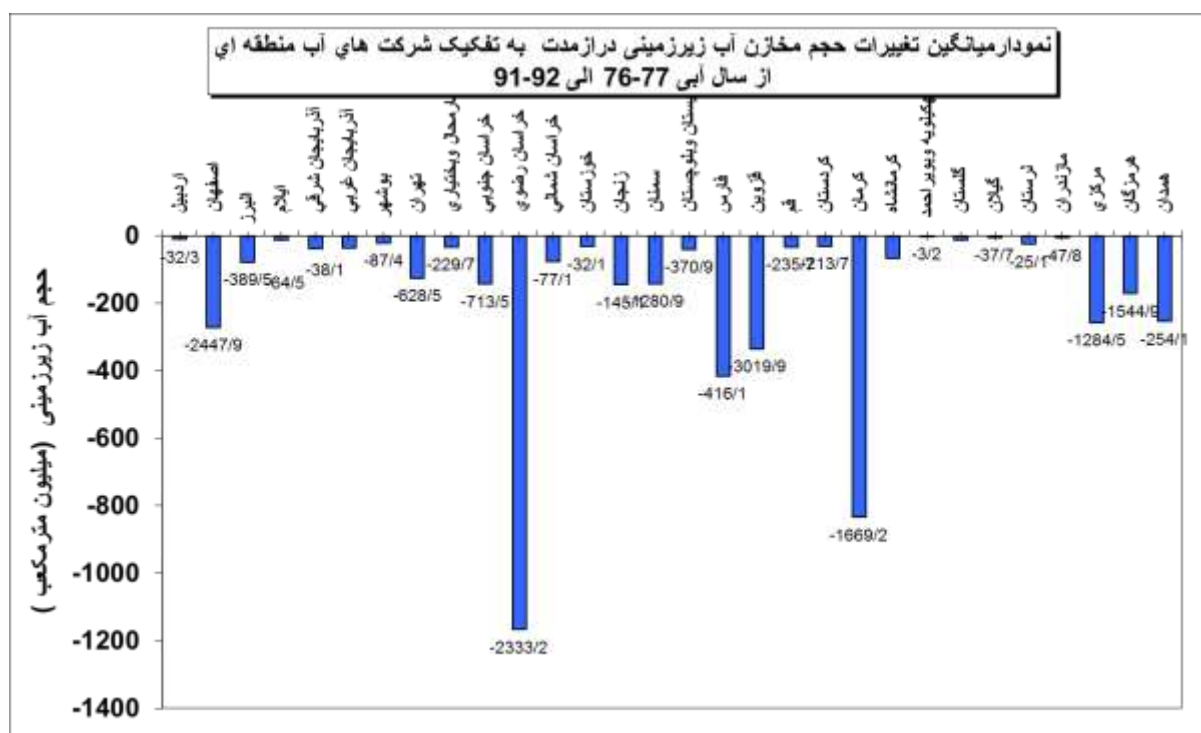
(برگرفته از دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی،

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۳)

همچنین، میانگین سالیانه تغییرات حجم مخزن آبخوان‌های کشور طی سال‌های آماربرداری (از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱) و سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ به تفکیک استان‌ها در جدول ۲-۵ و نمودارهای ۲-۱۱ و ۲-۱۲ ارائه‌گردیده است.

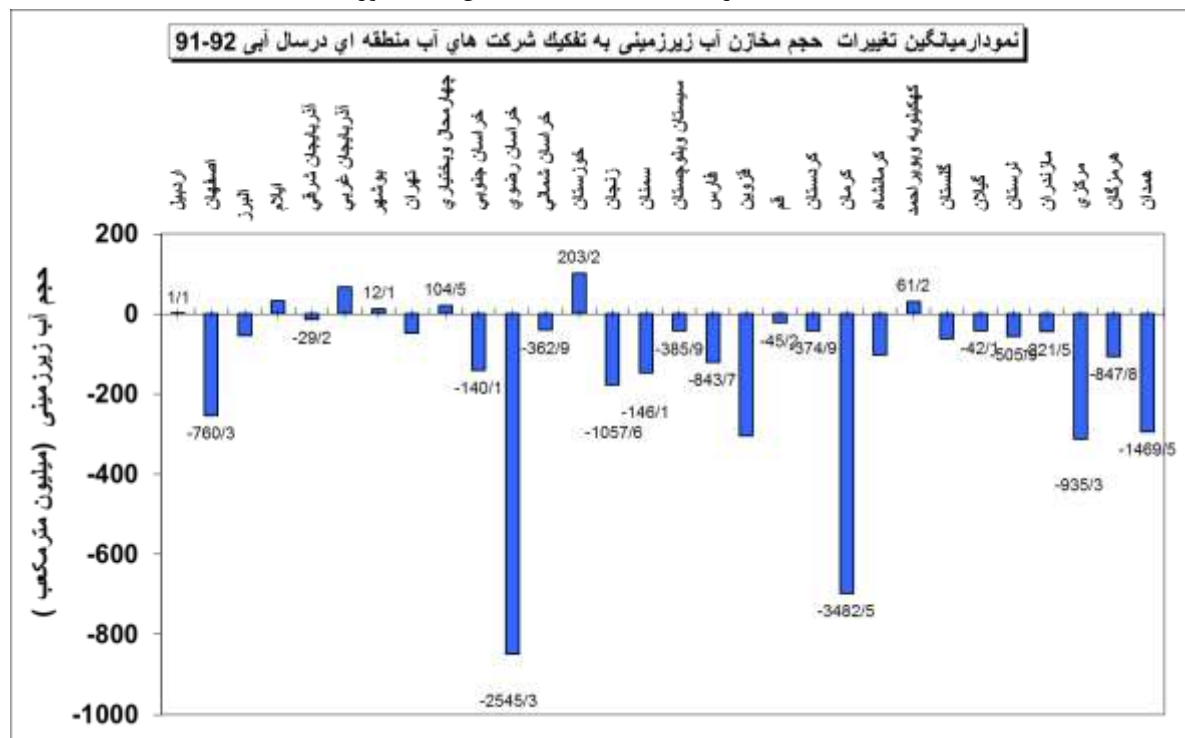
جدول ۲-۵) میانگین سالیانه تغییرات حجم مخزن آبخوان‌های کشور طی سال‌های آماربرداری (از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱) و سال آبی ۹۲-۱۳۹۱
به تفکیک شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های کشور

استان	میانگین سالیانه تغییرات حجم مخزن (میلیون مترمکعب)	میانگین تغییرات حجم مخزن در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)
اردبیل	-10.7	1.0
اصفهان	-271.9	-253.3
البرز	-77.8	-53.6
ایلام	-12.8	32.4
آذربایجان شرقی	-38.0	-14.5
آذربایجان غربی	-36.2	67.7
بوشهر	-21.7	11.9
تهران	-125.6	-46.8
چهارمحال و بختیاری	-32.7	20.8
خراسان جنوبی	-142.6	-140.1
خراسان رضوی	-1166.5	-848.3
خراسان شمالی	-77.0	-40.2
خوزستان	-32.0	101.5
زنجان	-145.0	-176.2
سمنان	-142.2	-145.9
سیستان و بلوچستان	-41.1	-42.8
فارس	-416.0	-120.4
قزوین	-335.5	-304.3
قم	-33.6	-22.5
کردستان	-30.4	-41.6
کرمان	-834.5	-696.4
کرمانشاه	-67.9	-102.4
کهگیلویه و بویراحمد	-1.5	30.5
گلستان	-11.7	-62.4
گیلان	-5.3	-42.0
لرستان	-25.0	-56.1
مازندران	-5.9	-44.2
مرکزی	-256.8	-311.6
هرمزگان	-171.6	-105.9
همدان	-254.0	-293.8
یزد	-297.0	-398.0
کل کشور	-5120.3	-4097.7



نمودار ۲-۱۱) میانگین سالیانه تغییرات حجم مخزن آبخوان های کشور طی سال های آماربرداری (از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱)

به تفکیک شرکت های آب منطقه ای استان های کشور



نمودار ۲-۱۲) میانگین تغییرات حجم مخزن آبخوان های کشور در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱

به تفکیک شرکت های آب منطقه ای استان های کشور

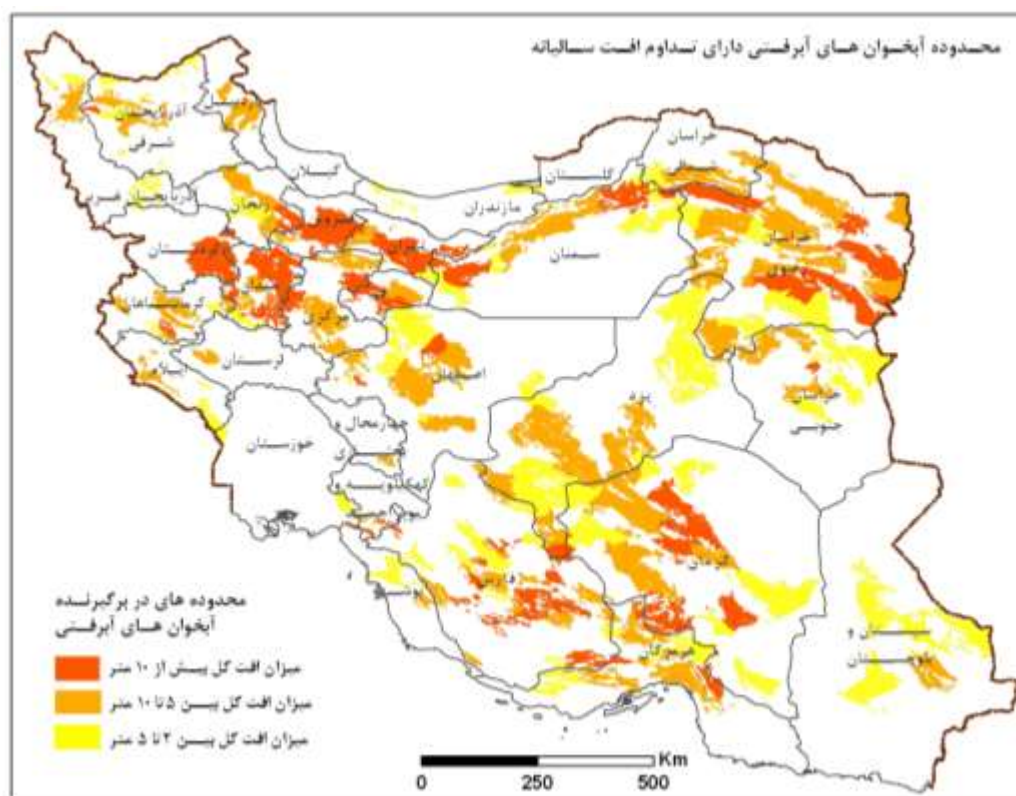
• محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های آبرفتی کشور دارای تداوم افت سالیانه

در گذشته بهره‌برداری از سفره‌های آب‌زیرزمینی به دلیل عدم توسعه تکنولوژی، به صورت محدودی انجام می‌گرفت. به دلیل روند رو به رشد جمعیت در کشور و وقوع خشک‌سالی‌ها بخصوص طی دو دهه اخیر، روش تخلیه سفره‌ها به تدریج تغییر کرده و استفاده از سیستم‌های برداشت جدید مانند چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق^۱ متداول گردیده است. با استفاده از این چاه‌ها، تخلیه آب‌زیرزمینی بدون توجه به میزان تغذیه آن افزایش یافته و در نتیجه سطح آب‌زیرزمینی سیر نزولی داشته است.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان‌های کشور، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی موجب افت شدید سطح آبخوان‌ها در بسیاری از دشت‌های کشور شده که و مشکلاتی را برای ادامه حیات کشاورزی و توسعه اقتصادی این نواحی فراهم آورده است. از جمله مخاطرات ناشی از افت سطح آب‌زیرزمینی، کاهش حجم مخازن آب‌زیرزمینی، تراکم و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی خاک، کاهش آبدهی و خشک شدن چاه‌ها و قنات، نشست سطح زمین و تخریب مخازن آب زیرزمینی، هجوم آب شور، تنزل و تخریب کیفیت آب شیرین منابع آب زیرزمینی و انتشار و پخش آلودگی‌ها می‌باشد.

روند نزولی هیدروگراف واحد آب زیرزمینی بیانگر افت مداوم سطح آب و کاهش ذخیره آبخوان می‌باشد. با توجه به مطالعات و اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در ارتباط با پدیده فرونشست زمین در دشت‌های کشور و همچنین با بررسی وضعیت آبخوان‌های محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تا سال آبی موردنظر آبخوان‌های دارای تداوم افت سالیانه و میزان افت کل سطح ایستابی بیشتر از ۲ متر (به صورت قراردادی) در بازه زمانی مشترک ده ساله انتخاب گردید. در هیدروگراف‌های انتخاب شده، میزان افت کل سطح ایستابی مبنای تقسیم بندی محدوده آبخوان‌های آبرفتی و ناپیوسته دشت‌های کشور از نظر میزان خطرپذیری فرونشست‌زمین در نظر گرفته شد. بر این اساس و به صورت قراردادی آبخوان‌های با میزان افت کل ۱۰ متر و بیشتر، آبخوان‌های با میزان افت کل بین ۵ تا ۱۰ متر و آبخوان‌های با میزان افت کل بین ۲ تا ۵ متر تفکیک گردید (شکل ۲-۲۰).

^۱ تعاریف مختلفی برای چاه‌ها از لحاظ عمق صورت گرفته است. در تعاریف استاندارد صنعت آب کشور چاه عمیق چاهی است که آب آن از بخش‌های نسبتاً عمیق یا عمیق آبخوان تأمین می‌شود. بنابراین چاه عمیق تا ژرفایی بیش از چندین متر در بخش اشباع حفر شده و ممکن است یک یا چند آبخوان آزاد و تحت فشار را قطع نماید. چاه کم عمق یا نیمه عمیق چاهی است که تنها حدود چند متر در آبخوان حفر می‌شود و معمولاً آب آن از بخش‌های فوقانی آبخوان‌های آزاد تأمین می‌شود.



شکل ۲-۲۰) محدوده های دربرگیرنده آبخوان های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه
و میزان افت کل سطح ایستابی بیشتر از ۲ متر در بازه زمانی مشترک ده ساله*

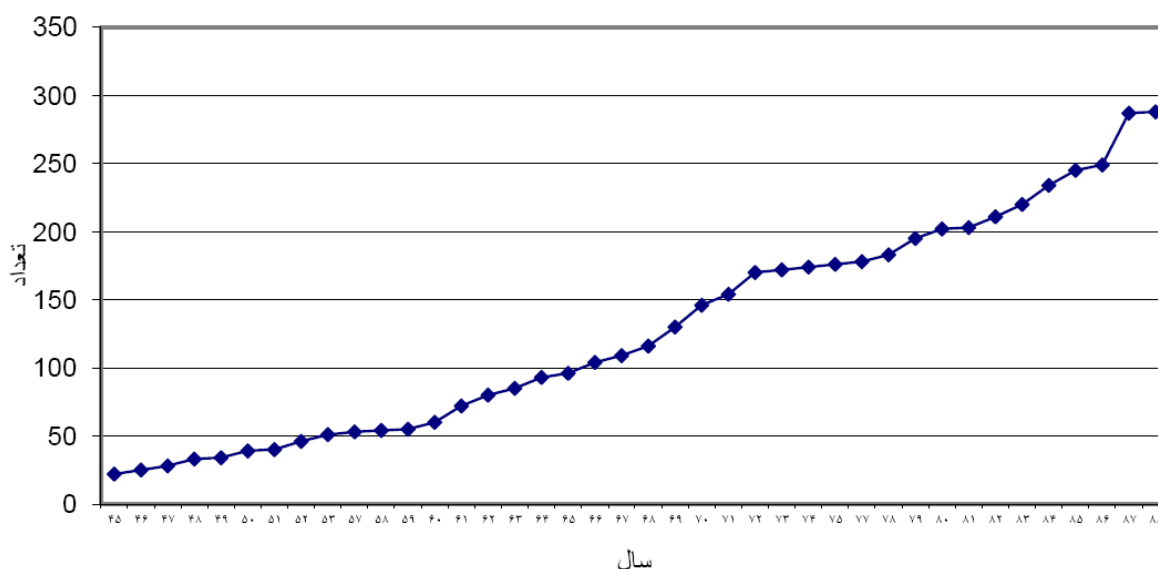
* یادآوری می گردد، نقشه شکل فوق، برگرفته از گزارش تهیه شده در پایگاه ملی داده های علوم زمین در سال ۱۳۸۸ می باشد که بر اساس آماربرداری منابع آب زیرزمینی در محدوده آبخوان های آبرفتی کشور از سال آبی ۷۶-۱۳۷۵ الی ۸۶-۱۳۸۵ بوده است. به روزرسانی نقشه مربوطه بر اساس داده های آماری جدید در ارائه اطلاعات دقیق تر ضروری می باشد.

بدیهی است، در صورت تداوم افت سالیانه سطح ایستابی آبخوان، با افزایش میزان افت کل؛ کاهش ذخیره آبخوان، تراکم و کاهش ظرفیت ذخیره سازی خاک و در نهایت نشست سطح زمین پدید می آید. نشست سطح زمین اکثراً به صورت ناهماهنگ بوده و باعث تخریب ساختمان ها، سازه ها و دیگر تأسیسات سطح زمین (لوله های انتقال آب، نفت و ...) می گردد. دیگر مشکلات آبخوان ناشی از افت مداوم سطح آب زیرزمینی از جمله هجوم آب شور، تنزل و تخریب کیفیت آب شیرین، همراه با نشست زمین، در بحرانی نمودن شرایط ایجاد شده مؤثر خواهند بود. به طوری که دشت هایی که دارای تداوم افت سالیانه آبخوان و مشکلات دیگری نظیر شوری آب و نشست سطح زمین هستند، دشت های ممنوعه بحرانی محسوب می گردند.

• محدوده‌های مطالعاتی آزاد و ممنوعه از نظر وضعیت بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی در کشور

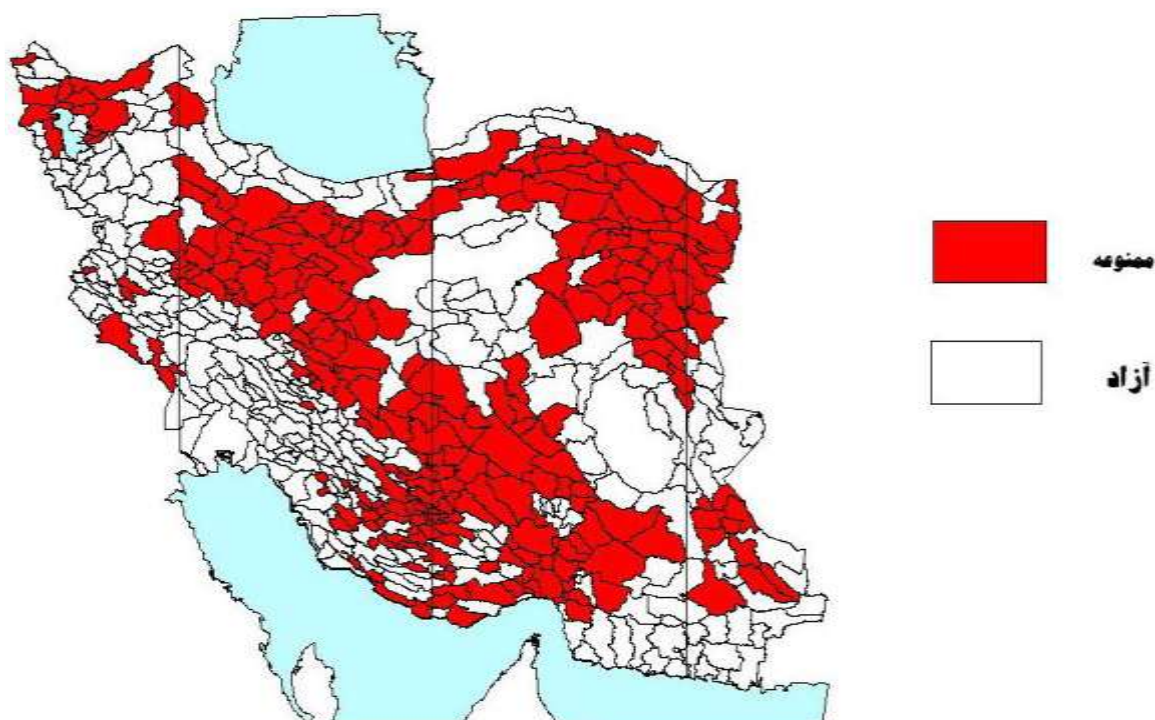
با توجه به شرایط بحرانی تعدادی از دشت‌های کشور به لحاظ افت سطح آب زیرزمینی و کسری آب مخازن، وزارت نیرو تعدادی از آبخوان‌های کشور را ممنوعه اعلام کرده که مجوز حفر چاه و یا افزایش ظرفیت برداشت در آن‌ها داده نمی‌شود. این ممنوعیت‌ها اغلب بخشی از محدوده مطالعاتی یعنی آبخوان و گاهی کل محدوده را شامل می‌گردند.

تعداد این دشت‌ها از سال ۱۳۴۵ تاکنون همواره در حال افزایش بوده و از مجموع ۶۰۹ دشت در سطح کشور تا پایان سال ۱۳۹۲، تعداد ۲۹۷ دشت از لحاظ توسعه بهره‌برداری از مخازن زیرزمینی به استناد مفاد ماده (۴) قانون توزیع عادلانه آب، ممنوعه اعلام شده‌اند.



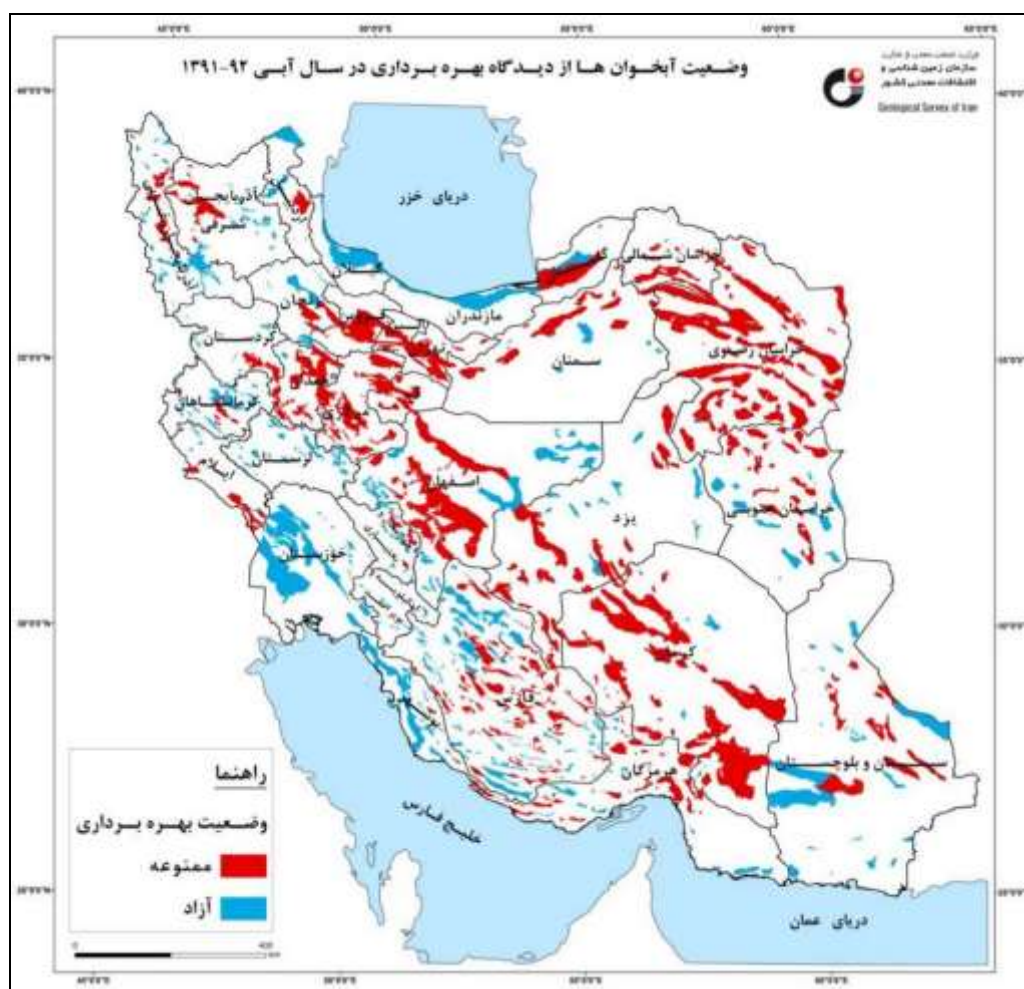
تمودار ۲-۱۳) روند افزایش تعداد محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه کشور از سال ۱۳۴۵ الی ۱۳۸۸
(برگرفته از دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی،
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۳)

در شکل ۲-۲۱، موقعیت محدوده‌های مطالعاتی آزاد و ممنوعه کشور از نظر وضعیت بهره‌برداری منابع آب‌زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نشان داده شده است.



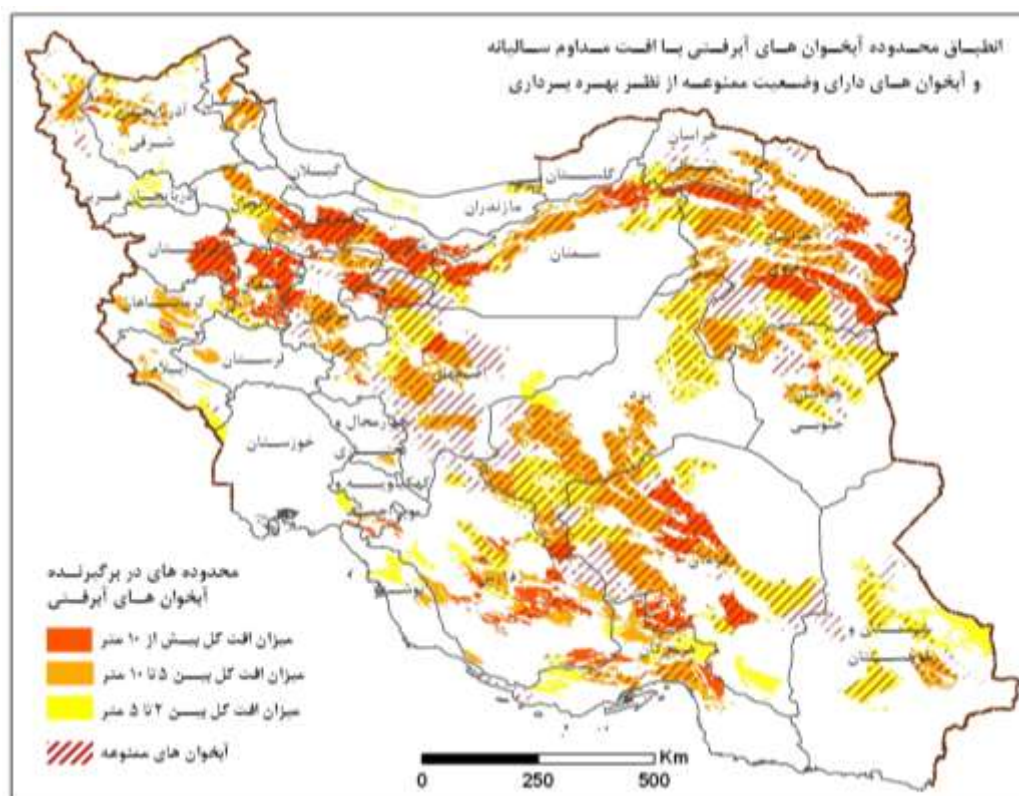
شکل ۲-۲۱) محدوده‌های مطالعاتی آزاد و ممنوعه از نظر وضعیت بهره‌برداری منابع آب‌زیرزمینی در کشور (برگرفته از دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۳)

همچنین، در شکل ۲-۲۲، وضعیت آبخوان‌های کشور از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۲) وضعیت آبخوان‌های کشور از لحاظ امکان برداشت آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

انطباق محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه (در بازه زمانی مشترک ده ساله) و محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های ممنوعه کشور در نقشه شکل ۲-۲۳ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۲۳) انطباق محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه در بازه زمانی مشترک ده ساله و محدوده آبخوان‌های ممنوعه کشور

در شکل ۲-۲۴، وضعیت استان‌های کشور بر اساس پایش منابع آب در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۲۴) طبقه‌بندی استان‌های کشور بر اساس شاخص پایش منابع آب طی مهر لغایت خرداد سال آبی ۱۳۹۳-۹۴ (برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۴)

۲-۱-۲-۲. ارتباط عوامل مؤثر در وقوع و تشدید پدیده فرونشست‌زمین در ایران

افزایش مستمر خطرپذیری در مناطق دارای احتمال خطر فرونشست‌زمین با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی مؤثر در ایجاد فرونشست‌زمین همگام با رشد جمعیت، گسترش بی‌رویه شهرها، ساخت‌وسازهای انبوه و افزایش فعالیت‌های صنعتی و معدنی، افزایش میزان آسیب‌پذیری جامعه انسانی را در برابر وقوع این مخاطره محتمل می‌سازد. از این‌رو، به‌منظور بررسی همه‌جانبه در این خصوص، می‌بایست ارتباط عوامل مؤثر بر بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل از منابع آب‌زیرزمینی نیز مشخص گردد.

به‌منظور بررسی ارتباط عوامل مؤثر بر بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل از منابع آب‌زیرزمینی، مقایسه‌ای بین محدوده‌های در برگیرنده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه سطح ایستابی (مهمترین عامل مؤثر بر میزان خطرپذیری بالای فرونشست‌زمین) و دیگر عوامل مؤثر در این رابطه صورت گرفته‌است. انطباق نسبی بین لایه‌های اطلاعاتی موردنظر، ارتباط عوامل و دلایل موجود و مؤثر در ایجاد و تشدید پدیده فرونشست‌زمین (عمدتاً ناشی از برداشت بیش از حدمجاز از منابع آب‌زیرزمینی) را در کشور مشخص و محرز می‌نماید. بر این اساس، ارتباط لایه‌های اطلاعاتی و عوامل مؤثر زیر در نظر گرفته شده است:

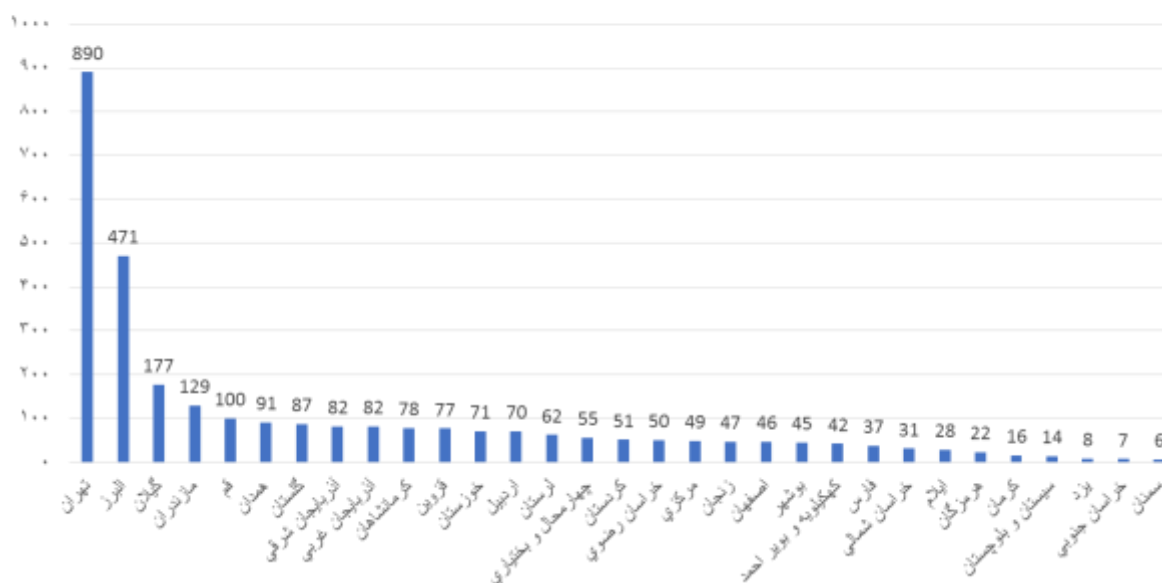
• توزیع تراکم جمعیت کشور

توزیع جمعیت در کشور بر حسب موقعیت جغرافیایی نامتعالی است. عدم تعادل رابطه بین جمعیت انسانی و منابع یکی از عواملی است که زمینه‌ساز بهره‌برداری و میزان مصارف بیشتر از منابع طبیعی به‌خصوص منابع آب‌یرزمینی می‌باشد. در شکل ۲-۲۵ و نمودار ۲-۱۴، تراکم نسبی جمعیت کشور نشان داده شده است. در نواحی با تراکم نسبی بالای جمعیت، در صورت ادامه روند رو به افزایش بهره‌برداری از آبخوان و با تداوم افت سطح آب‌یرزمینی و همچنین تأثیر عوامل مؤثر دیگر، در نهایت نشست سطح زمین به‌عنوان یکی از مخاطرات این پیامد حادث می‌گردد.



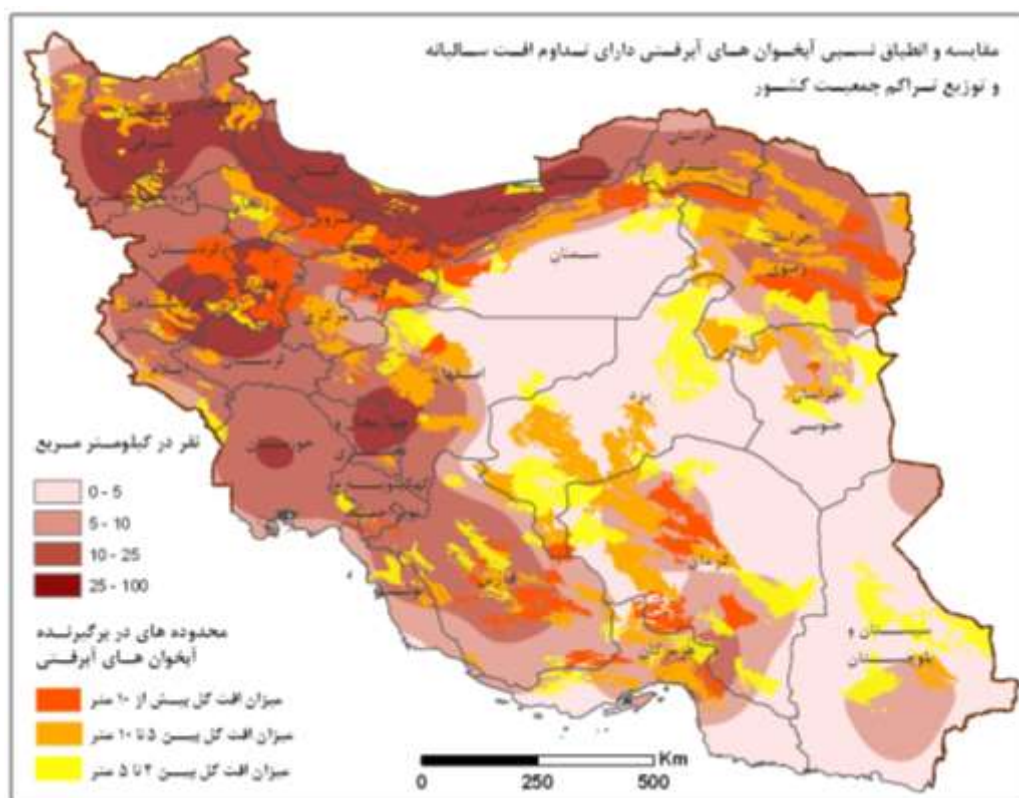
شکل ۲-۲۵) نقشه تراکم نسبی جمعیت به تفکیک استان‌های کشور

تراکم نسبی جمعیت استانها در کشور (نفر در کیلومتر مربع)



نمودار ۲-۱۴) تراکم نسبی جمعیت استانهای کشور

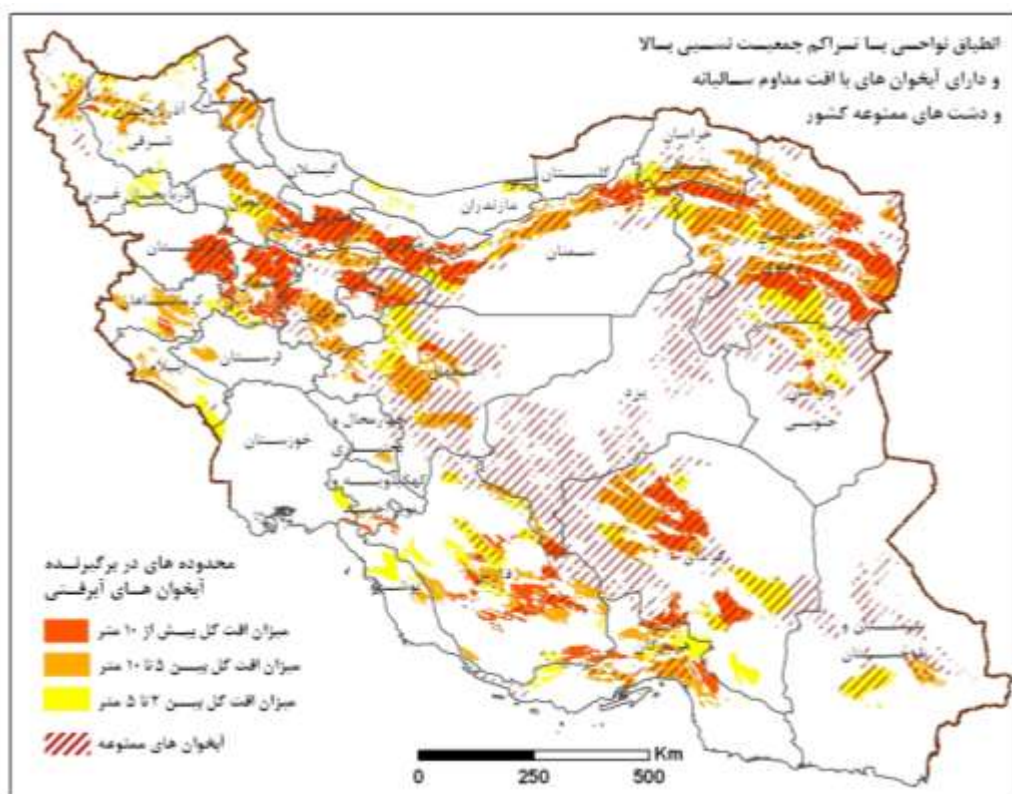
به منظور بررسی تأثیر عامل جمعیت انسانی بر بهره برداری مازاد بر پتانسیل آب های زیرزمینی، مقایسه ای بین آبخوان های دارای تداوم افت سالیانه سطح ایستابی (مهمترین عامل مؤثر بر میزان خطرپذیری بالای فرونشست زمین) و توزیع تراکم جمعیت کشور صورت گرفته است.



شکل ۲-۲۶) مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه در بازه زمانی مشترک ده ساله و توزیع تراکم جمعیت کشور

در بررسی انجام شده، انطباق نسبتاً بالایی بین محدوده آبخوان‌های با میزان افت کل بیش از ۲ متر و نواحی با تراکم جمعیت بیشتر از ۱۰ نفر در هر کیلومتر مربع (به‌عنوان محدوده‌هایی که- به‌طور نسبی و در مقایسه با نواحی کم‌جمعیت کشور- احتمال بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل از منابع آب‌زیرزمینی وجود خواهد داشت) مشاهده می‌شود.

همچنین، انطباق نسبتاً بالای محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه واقع در نواحی با تراکم جمعیت نسبی بالا، با محدوده‌های دربرگیرنده آبخوان‌های ممنوعه کشور در نقشه شکل ۲-۲۷ قابل مشاهده است.

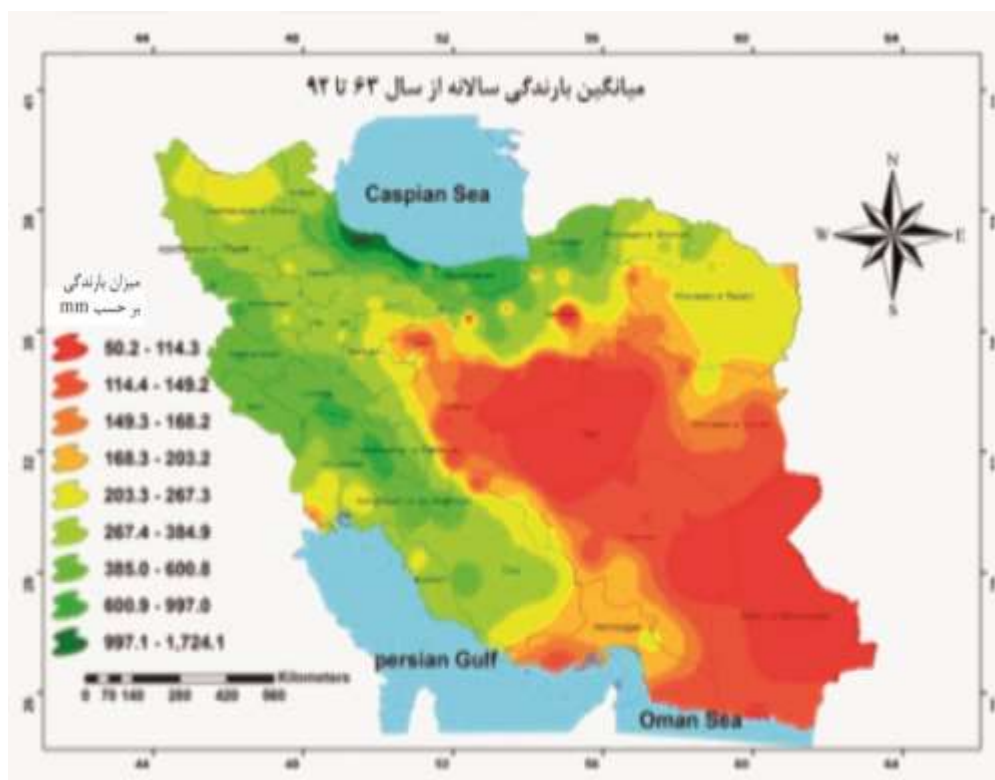


شکل ۲-۲۷) مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه در بازه زمانی مشترک ده ساله در نواحی با تراکم جمعیت نسبی بالا و محدوده آبخوان‌های ممنوعه کشور

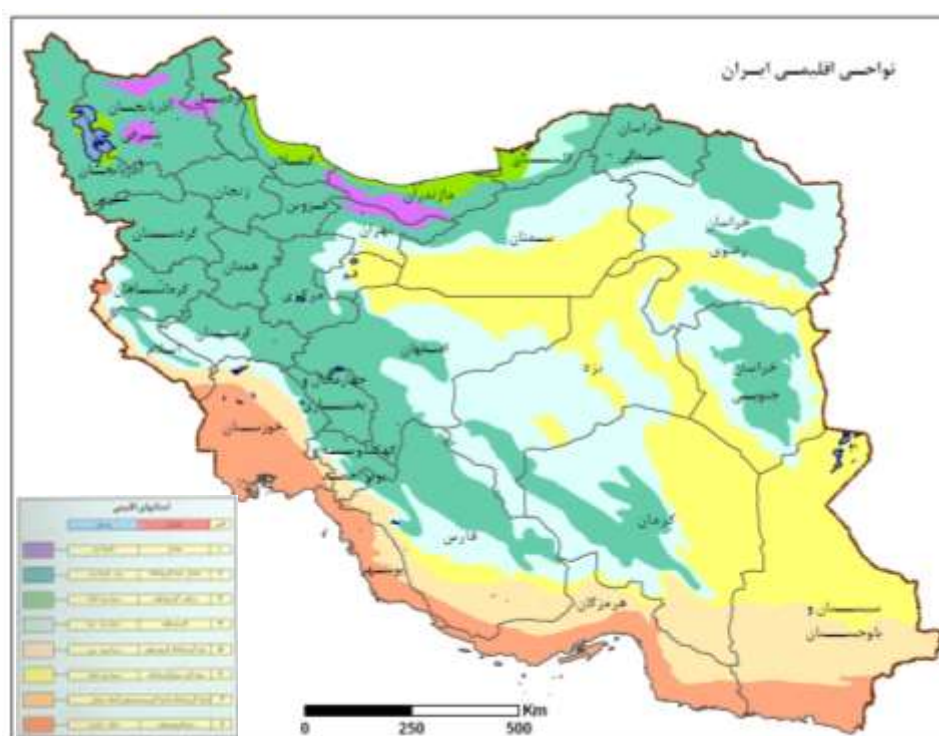
• متوسط بارندگی سالیانه کشور

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی کشور بوده است. از این‌رو، نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران (سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲)، یکی از لایه‌های اطلاعاتی مورد بررسی در این زمینه بوده است (شکل ۲-۲۸) که توسط آن امکان منطقه‌بندی کشور بر مبنای پتانسیل بالقوه منابع آب وجود دارد. با توجه به اینکه بارش از عوامل مهم شکل‌گیری نواحی اقلیمی می‌باشد، این نقشه با نقشه نواحی اقلیمی ایران نیز هماهنگی دارد (شکل ۲-۲۹).

تغییرات اقلیمی در ایران با کاهش بارش‌ها و افزایش دمای هوا همراه با توزیع نامتوازن بارندگی‌ها در فصول مختلف همچنین، افزایش قابل توجه مصرف ناشی از گسترش زمین‌های زیر کشت و کشت‌های آبی، رشد صنایع و بالا رفتن میزان جمعیت از جمله عوامل مهم کمبود آب در کشور می‌باشند.



شکل ۲-۲۸) نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران (سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲)



شکل ۲-۲۹) نقشه نواحی اقلیمی ایران

به علت قرارگیری کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک، بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی پتانسیل بالقوه منابع آب است. هر چند بارش سرشتی تناوبی دارد، اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار ناموزون است و به همین دلیل منابع آب نیز از توزیع یکنواختی برخوردار نیست. نگهداری و مدیریت منابع آب، تابعی از بارش دریافتی بوده و همچنین وابسته به تغییر پذیری بارش است. بطوریکه هر چه تغییرات مکانی بارش کوچکتر باشد، همگنی و یکپارچگی منابع آب بیشتر می شود. همچنین، هر چه تغییر پذیری زمانی بارش کمتر باشد، منابع آب نیز با ثبات تر خواهد بود و عرضه دائمی آب امکان پذیر می شود. به همین دلیل تغییر پذیری زمانی بارش در ارزیابی پتانسیل منابع آب محدوده های مطالعاتی حوضه های آبریز و مطالعه پتانسیل نسبی منابع آب در مقیاس محلی و منطقه ای اهمیت زیادی دارد. البته طبق بررسی های صورت گرفته، تسهیم زمانی بارش تا اندازه زیادی خصوصیتی مستقل از مقدار بارش سالیانه دارد.

پهنه بندی نواحی آبی ایران

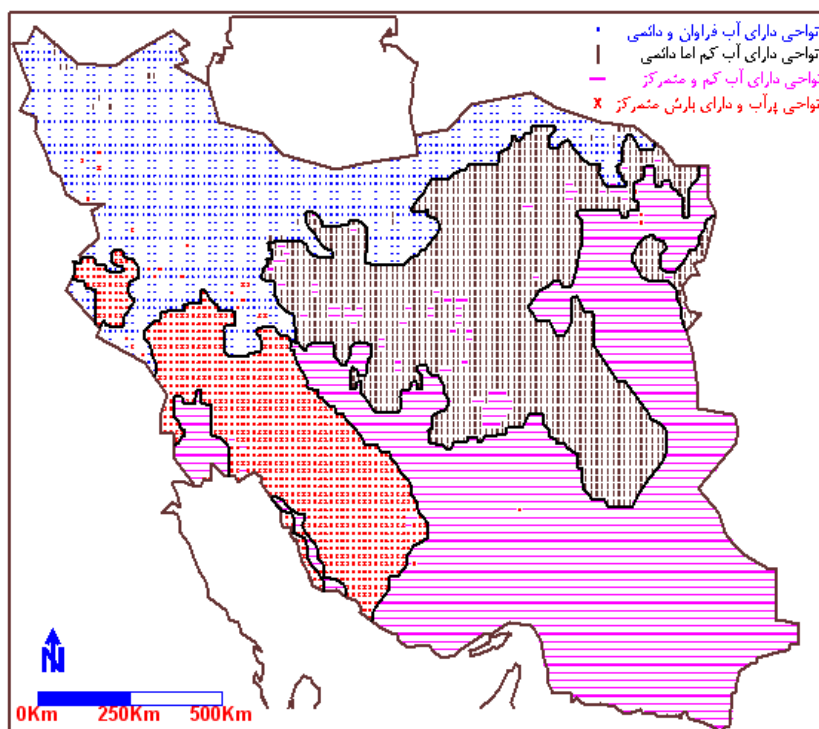
نقشه محدوده نواحی آبی ایران را می توان یک نقشه اقلیمی (نقشه نواحی اقلیم بارشی) در نظر گرفت که بر مبنای مقدار بارش و تسهیم زمانی بارش به دست آمده است.

- نواحی دارای آب فراوان و دائمی: منابع آب در این قلمرو زیاد و مطمئن است و تنها قانون، برداشت آب را محدود می کند. این ناحیه آبی ۲۴ درصد مساحت ایران را می پوشاند و محدوده آن نوار شمالی کشور است.

- نواحی دارای آب کم اما دائمی: در این نواحی تأمین آب در دوره های پر مصرف سال، مدیریت منابع آب را ایجاب می کند. این ناحیه آبی نیز ۲۴ درصد مساحت ایران را می پوشاند و محدوده آن بخش های میانی کشور است.

- نواحی دارای آب کم و متمرکز: برداشت از منابع آب در این نواحی بسیار محدود است. این ناحیه آبی ۳۹ درصد مساحت ایران را می پوشاند و محدوده آن نوار شرقی و جنوب کشور است.

- نواحی پر آب و دارای بارش متمرکز: در این نواحی بارش ها سنگین و در بخش کوچکی از سال متمرکز شده است. در ضمن آب ذخیره شده در فصل بارش، در فصل خشک قابل بهره برداری خواهد بود. این ناحیه آبی ۱۳ درصد مساحت ایران را می پوشاند و محدوده آن زاگرس است.



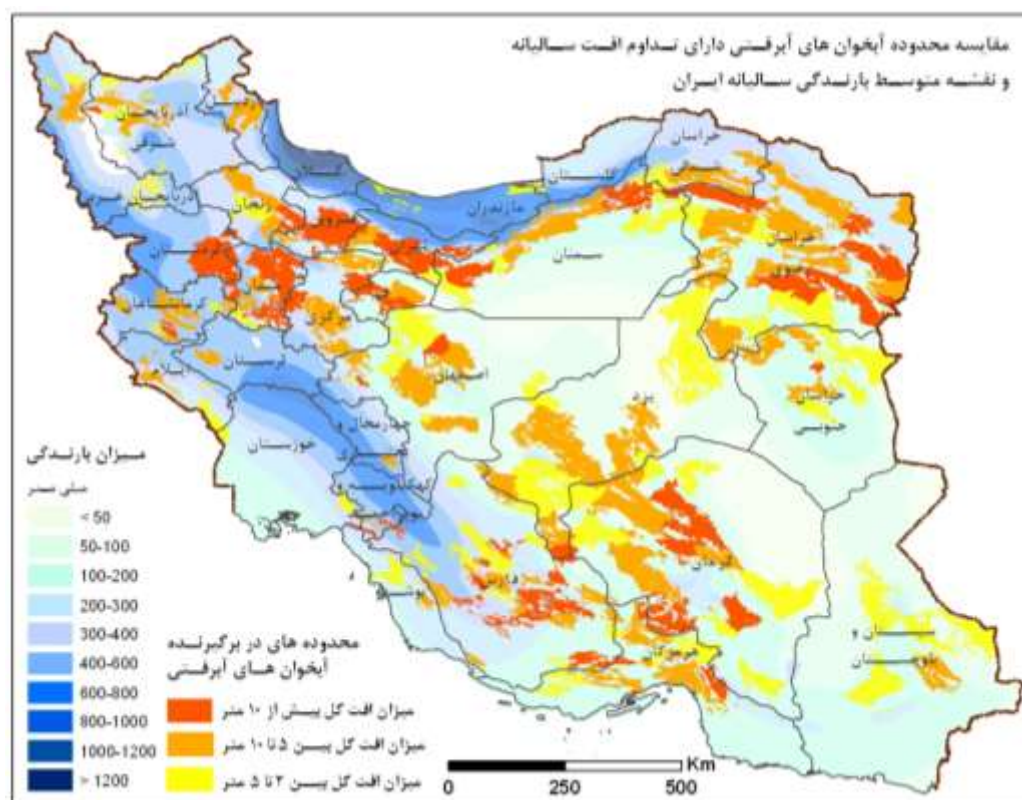
شکل ۲-۳۰) محدوده نواحی آبی ایران

موارد استفاده نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران، با در نظر گرفتن نقشه های نواحی اقلیمی و پهنه بندی نواحی آبی ایران، در تأیید مناطق فرونشست و تعیین نواحی دارای احتمال خطر فرونشست- ناشی از بهره برداری بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی- مطابق زیر است:

- امکان منطقه بندی کشور بر مبنای پتانسیل بالقوه منابع آب توسط نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران
- تعیین و تفکیک محدوده در برگیرنده آبخوان هایی از کشور که از نظر وضعیت بهره برداری، احتمال ممنوعه و بحرانی شدن آنها در آینده وجود دارد. در این خصوص، نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران با در نظر گرفتن دیگر عوامل مؤثر و تعیین کننده مورد استفاده قرار گرفته است.
- تعیین کننده نواحی اقلیمی ایران به دلیل هماهنگی این نقشه با نقشه نواحی اقلیمی ایران (با توجه به اینکه بارش از عوامل مهم شکل گیری نواحی اقلیمی می باشد)

بر همین اساس و همچنین با توجه به وقوع خشک سالی های متناوب و طولانی و نوسانات زیاد آب و هوایی در برخی از دشت های کشور، کمبود آب به ویژه منابع آب سطحی تشدید می شود. بدین ترتیب، منابع آب زیرزمینی منبع مهمی جهت تأمین آب مصرفی در بخش های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی و شرب این مناطق می باشد.

در این خصوص به منظور بررسی ارتباط بین نوسانات عناصر آب و هوایی با منابع آب های زیرزمینی دشت های کشور، مقایسه ای بین آبخوان های دارای تداوم افت سالیانه و نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران صورت گرفته است (شکل ۲-۳۱).



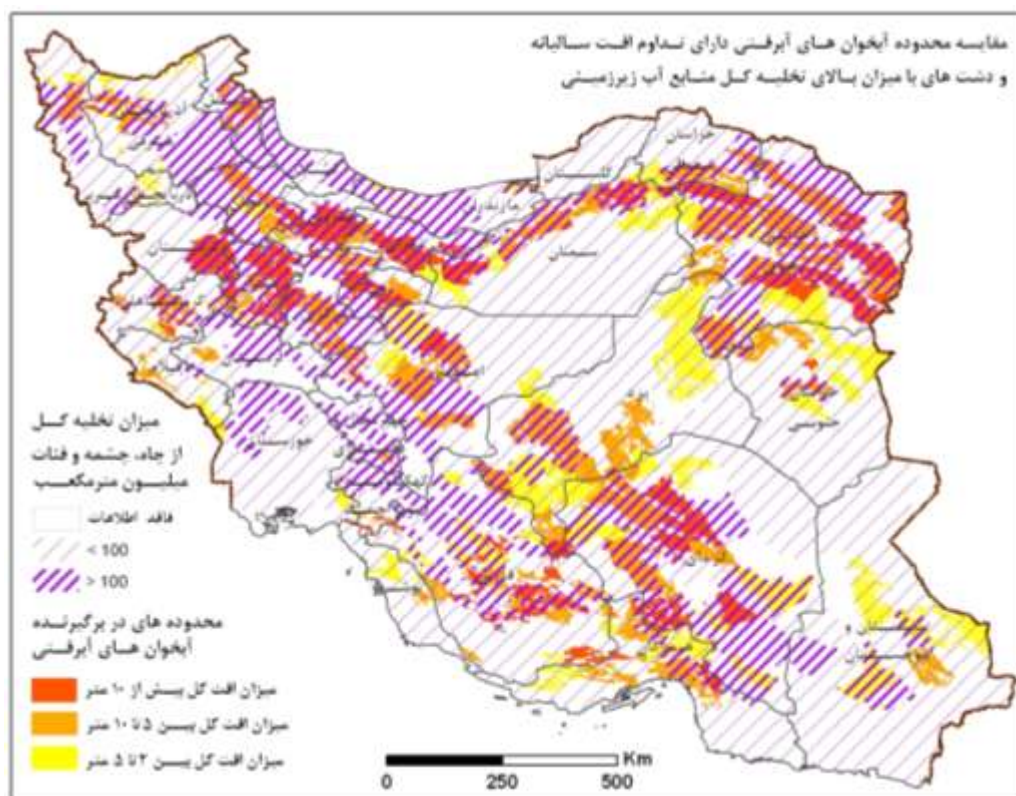
شکل ۲-۳۱) مقایسه محدوده آبخوان های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه و نقشه متوسط بارندگی سالیانه ایران

در بررسی انجام شده، انطباق نسبتاً بالایی بین محدوده آبخوان های با میزان افت کل بیش از ۲ متر و مناطق با میزان بارندگی کمتر از ۴۰۰ میلی متر در سال مشاهده می گردد. وقوع خشک سالی های اخیر توأم با افت شدید سطح ایستابی سفره های آب زیرزمینی در این مناطق، وجود ارتباط بررسی شده بین لایه های اطلاعاتی اشاره شده در فوق را محتمل می سازد. تغییرات آب و هوایی سال های اخیر که موجب بارش کمتر، کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی و در نتیجه پمپاژ بیشتر آب های زیرزمینی و کاهش هر چه بیشتر منابع آب زیرزمینی در این دشت ها بوده است، یکی از دلایل مؤثر در بروز فرونشست زمین (عمدتاً ناشی از برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی) در نظر گرفته می شود.

• میزان تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی کشور

یکی از دلایل بسیار مؤثر در افت سطح ایستابی آبخوان ها، میزان بالای تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) می باشد. به منظور تعیین میزان تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی در هر یک از محدوده های مطالعاتی، تعدادی از منابع که نماینده کل منابع محدوده مطالعاتی هستند، انتخاب شده و ماهیانه یا به طور فصلی آبدهی آن ها اندازه گیری می شود. اعداد حاصل از این اندازه گیری ها به کلیه منابع موجود در محدوده مطالعاتی با روش های خاصی تعمیم داده شده است و نهایتاً میزان تخلیه سالیانه هر یک از محدوده ای مطالعاتی محاسبه می گردد.

به منظور بررسی ارتباط افت مداوم سطح آب های زیرزمینی دشت های کشور و میزان بالای تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی - به عنوان یکی از دلایل بسیار مهم در افت سطح ایستابی آبخوان ها -، مقایسه ای بین آبخوان های دارای تداوم افت سالیانه و دشت های با مقادیر مختلف تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی - اندازه گیری طی سال های آمار برداری در شبکه سنجش منابع آب های زیرزمینی - صورت گرفته است. در بررسی انجام شده، انطباق نسبتاً بالایی بین محدوده آبخوان های با میزان افت کل بیش از ۲ متر (در بازه زمانی مشترک ده ساله) و دشت های با میزان تخلیه کل بیشتر از ۱۰۰ میلیون مترمکعب (به صورت قراردادی) مشاهده می شود (شکل ۲-۳۲).



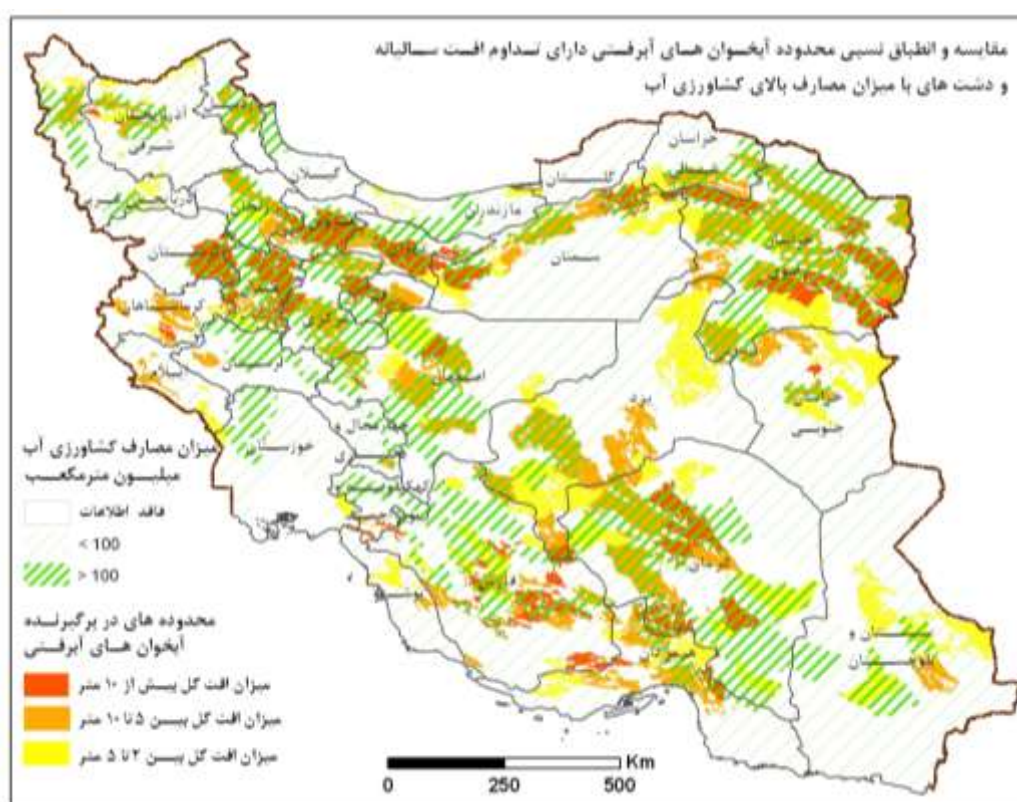
شکل ۲-۳) مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه و دشت‌های با میزان بالای تخلیه کل سالیانه منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) طی سال‌های آماربرداری

• میزان مصارف مختلف آب برداشت شده از منابع آب زیرزمینی کشور

- میزان مصارف کشاورزی آب در دشت‌های کشور

با توجه به این‌که عمده محصولات کشاورزی ایران در اراضی آبی تولید می‌شود، لذا اهمیت آب مصرفی بخش کشاورزی در تأمین امنیت غذایی جمعیت روزافزون کشور محرز می‌باشد. بر همین اساس، بیشتر آب‌های استحصال‌ی کشور به بخش کشاورزی اختصاص یافته است و از این‌رو، بخش کشاورزی بزرگترین و مهمترین مصرف کننده آب در کشور به‌شمار می‌رود. به دلیل عدم استفاده کامل از فناوری‌های پیشرفته آبیاری در این بخش، بخش عمده‌ای از منابع آب اتلاف می‌شود. توسعه کشاورزی و میزان بالای مصارف کشاورزی آب، یکی از دلایل مهم موجود در سطح کشور جهت بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل آب‌های زیرزمینی بوده است. این امر موجب گردیده که میزان تغذیه آبخوان‌های کشور معادل برداشت صورت گرفته نباشد و منجر به افت سطح آب‌های زیرزمینی گردد.

به منظور بررسی ارتباط افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشور و میزان بالای مصارف کشاورزی آب- به عنوان یکی از دلایل مهم آن-، مقایسه ای بین آبخوان‌های دارای تداوم افت سالیانه و دشت‌های با میزان متفاوتی از مصارف کشاورزی آب- اندازه‌گیری شده طی سال‌های آماربرداری در شبکه سنجش منابع آب‌های زیرزمینی- صورت گرفته است. در بررسی انجام شده، انطباق نسبتاً بالایی بین محدوده آبخوان‌های با میزان افت کل بیش از ۲ متر (در بازه زمانی مشترک ده ساله) و محدوده دشت‌های با میانگین مصرف بیشتر از ۱۰۰ میلیون مترمکعب (به صورت قراردادی) مشاهده می‌شود (شکل ۳-۳۳).



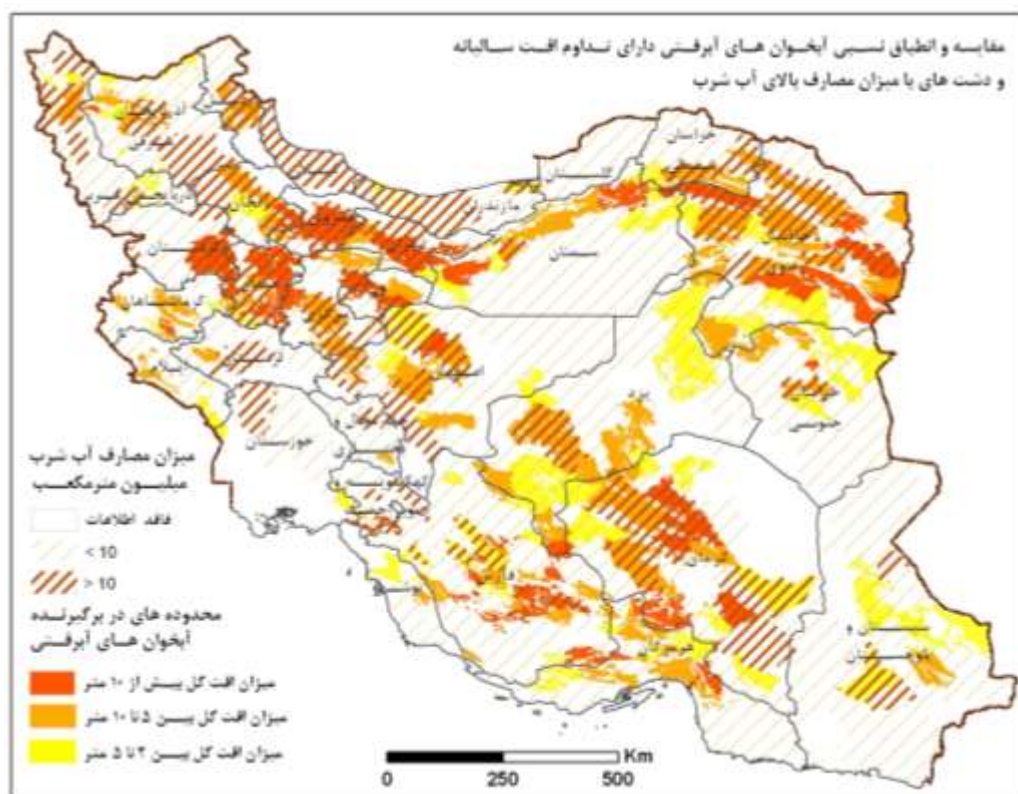
شکل ۳-۲) مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه و دشت‌های با میزان مصارف بالای کشاورزی آب طی سال‌های آماربرداری

انطباق نسبی مشاهده شده در نقشه به نوعی گویای انطباق بین محدوده‌های افت زیاد و مداوم سطح ایستابی با مناطق عمده کشاورزی آبی وابسته به منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

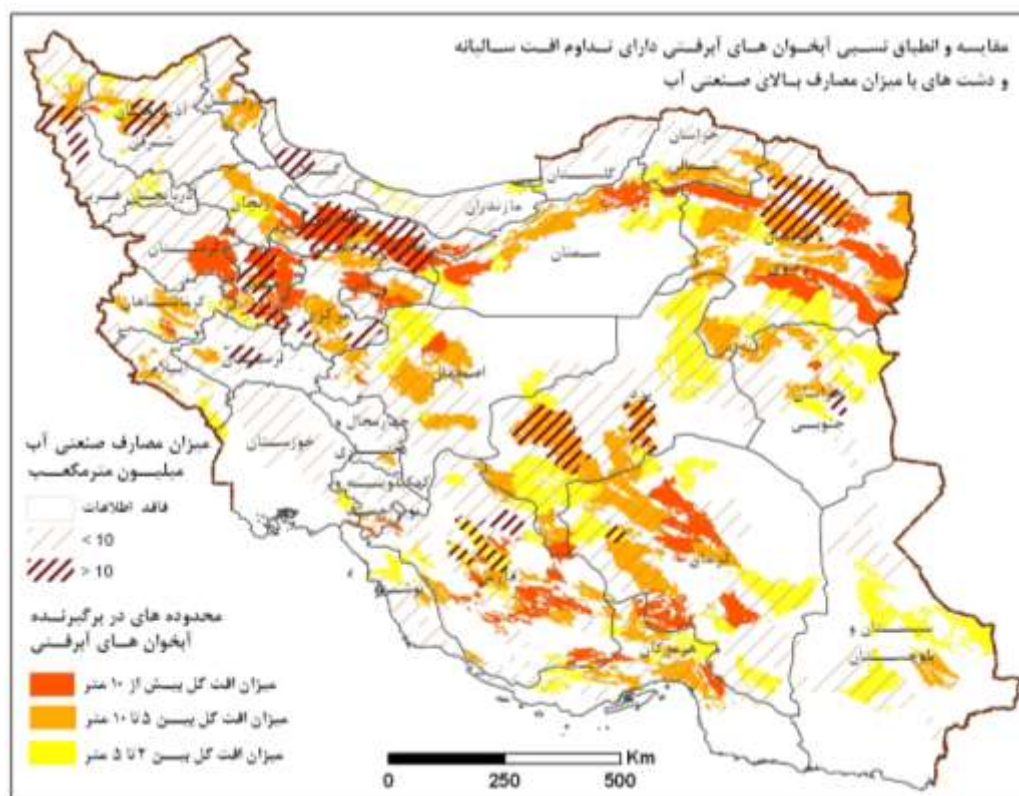
- میزان مصارف شرب و صنعتی آب در دشت‌های کشور

اگرچه مصارف شرب یا صنعت در مقایسه با مصارف کشاورزی آب در کشور اندک می باشد، اما تهیه آب برای این مصارف به گونه ای است که بایستی از نواحی محدود به طور متمرکز برداشت شود و همچنین از نظر کیفیت در حد بالایی باشد. بر همین اساس و به دلیل مصرف متراکم آب در محدوده های تعیین شده، برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی صورت می گیرد و مشکلات ناشی از آن در ارتباط با پدیده فرونشست زمین نمود بیشتری در نواحی مربوطه خواهد داشت. لذا اهمیت آب در بخش مصارف شرب و صنعتی تقریباً به میزان اهمیت مصارف کشاورزی آب در کشور است.

به منظور بررسی ارتباط افت مداوم سطح آب های زیرزمینی دشت های کشور و میزان بالای مصارف شرب و صنعتی آب- به عنوان برخی از دلایل مؤثر آن - ، مقایسه ای بین آبخوان های دارای تداوم افت سالیانه و دشت های با میزان متفاوتی از مصارف شرب و صنعتی آب- اندازه گیری شده طی سال های آمار برداری در شبکه سنجش منابع آب های زیرزمینی- صورت گرفته است. در بررسی انجام شده، انطباق نسبتاً بالایی بین محدوده آبخوان های با میزان افت کل بیش از ۲ متر (در بازه زمانی مشترک ده ساله) و محدوده دشت های با میانگین مصرف بیشتر از ۱۰ میلیون متر مکعب (به صورت قراردادی) در نقشه های جداگانه برای هر یک از مصارف شرب و صنعتی آب مشاهده می شود (اشکال ۲-۳۴ و ۲-۳۵).

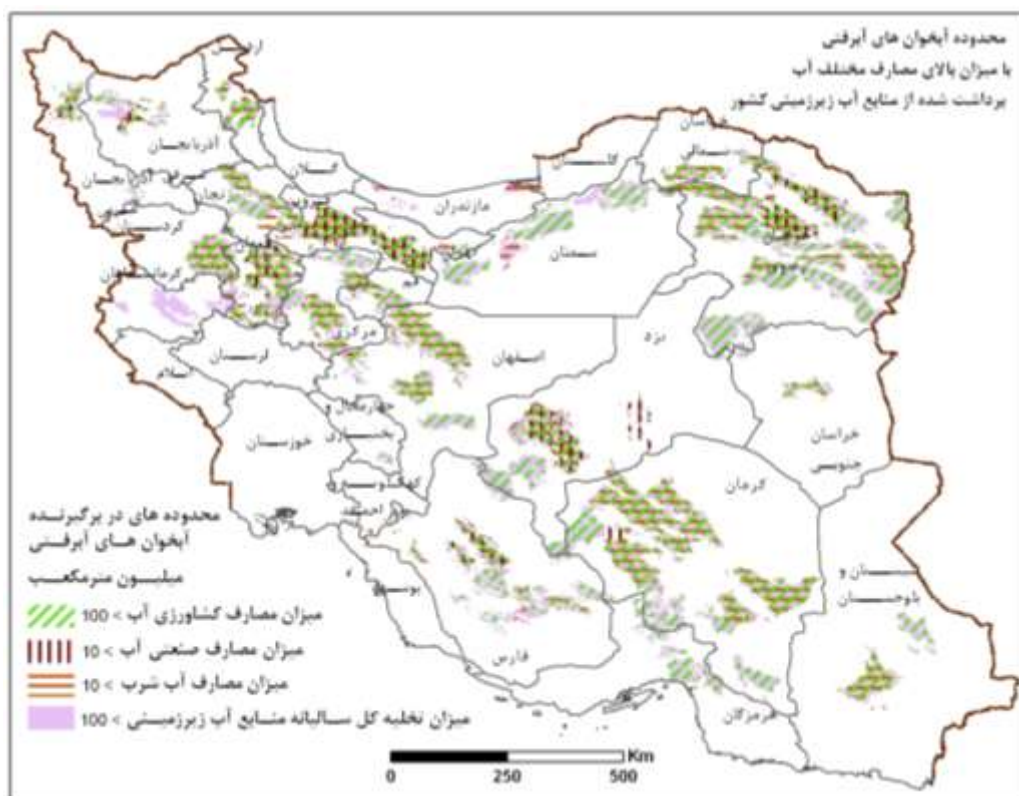


شکل ۲-۳۴) مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان‌های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه
و دشت‌های با میزان مصارف بالای آب شرب طی سال‌های آماربرداری



شکل ۳۵-۲ مقایسه و انطباق نسبی محدوده آبخوان های آبرفتی دارای تداوم افت سالیانه و دشت های با میزان مصارف بالای صنعتی آب طی سال های آماربرداری

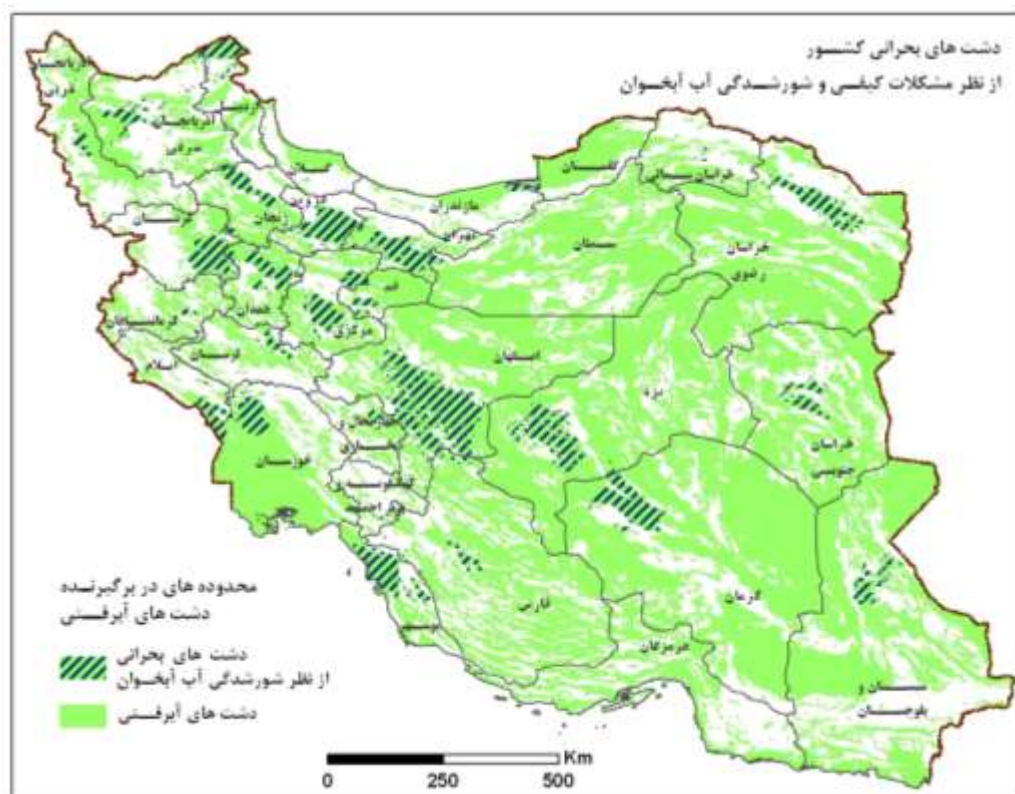
بر این اساس دشت های با میزان بالای مصارف مختلف آب برداشت شده از منابع آب زیرزمینی کشور، در شکل ۳۶-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۳۶) دشت های آبرفتی با میزان بالای مصارف آب در بخش های کشاورزی، شرب و صنعت
برداشت شده از منابع آب زیرزمینی کشور

• مشکلات کیفی و شورشدگی آب آبخوان های کشور

چنانچه اشاره گردید، بهره برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی سبب افت سطح ایستابی می گردد. در صورت تداوم افت سطح آب آبخوان دشت ها و با توجه به میزان تأثیر عوامل مؤثر دیگر، همراه با وقوع نشست سطح زمین- به عنوان یکی از مخاطرات اصلی این پیامد- مشکلات دیگری نیز برای آبخوان پدید می آید. از دیگر مشکلات ناشی از افت مداوم سطح آب زیرزمینی، هجوم آب شور و تنزل و تخریب کیفیت آب شیرین آبخوان ها می باشد. مشکلات کیفی آبخوان ها در بحرانی نمودن شرایط ایجاد شده در دشت های کشور مؤثر خواهند بود. به طوری که دشتهایی که دارای تداوم افت سالیانه آبخوان، نشست سطح زمین و مشکلات دیگری نظیر شوری آب هستند، "دشتهای ممنوعه بحرانی" محسوب می گردند.



شکل ۲-۳۷) موقعیت دشت های بحرانی کشور از نظر مشکلات کیفی و شورشدگی آب آبخوان

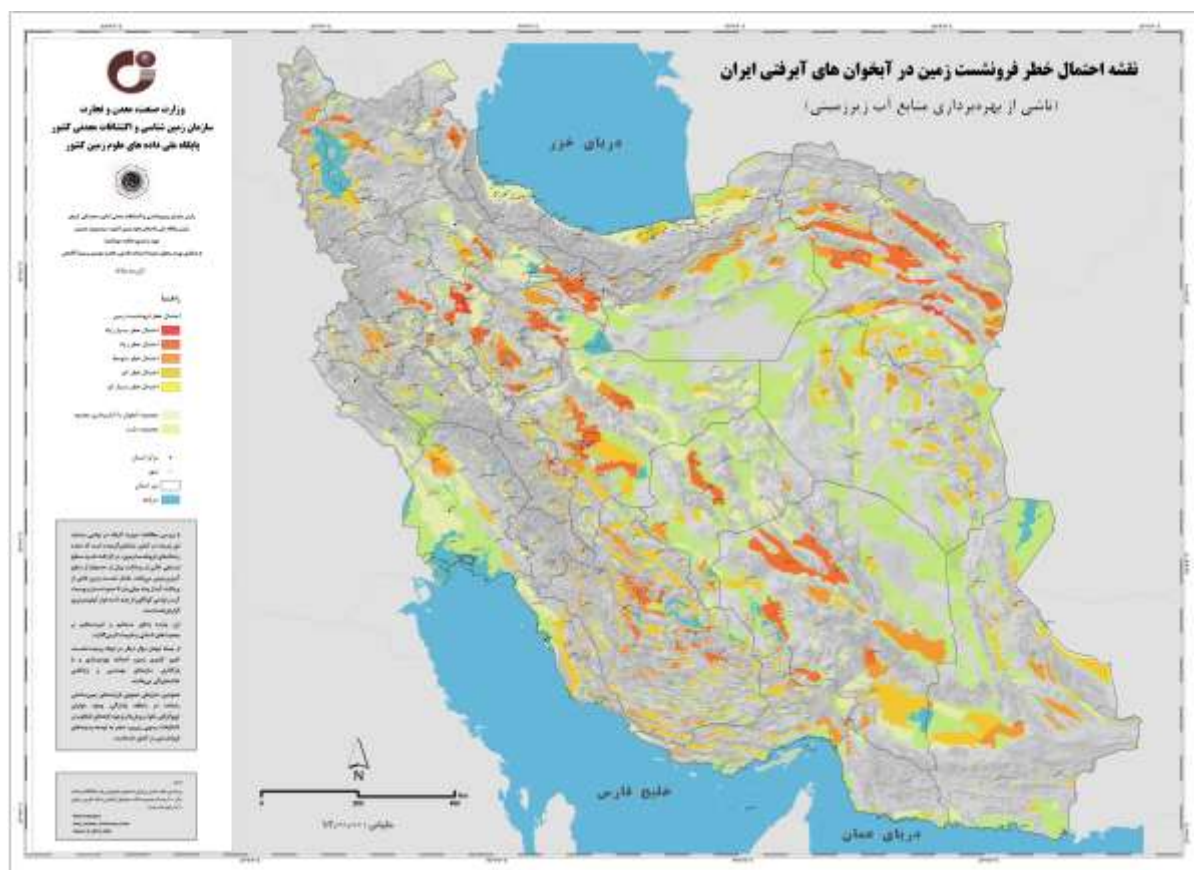
با توجه به کاهش بارش در سال های اخیر و افزایش برداشت از آب های زیرزمینی، کیفیت آب آبخوان ها در بیشتر مناطق دشت های کشور به ویژه دشت های غربی کاهش یافته است. در اثر کاهش کیفیت آب و تخریب سریع ساختمان چاه ها، خسارات سنگین و جبران ناپذیری بر اراضی کشاورزی وارد شده است. آب زیرزمینی یکی از منابع اصلی در تأمین آب کشاورزی و شرب دشت های کشور می باشد؛ از این رو، شناخت و آگاهی از کیفیت آب های زیرزمینی و طبقه بندی و مصور کردن این آب ها بر اساس کمیت عناصر مختلف در آن ها، در اتخاذ تصمیمات مدیریتی و کاهش آلودگی آب های زیرزمینی ضروری است.

۲-۲-۲. تعیین نواحی دارای احتمال خطر فرونشست زمین

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و انطباق نسبی لایه های اطلاعاتی و عوامل مؤثر بر بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی، احتمال زیاد مبنی بر ارتباط بین برخی از مهمترین عوامل و دلایل مؤثر در ایجاد و تشدید پدیده فرونشست زمین در کشور (عمدتاً ناشی از برداشت غیر مجاز منابع آب زیرزمینی) مشهود است.

چنان‌که اشاره گردید، بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی و میزان بالای مصارف کشاورزی، شرب و صنعتی آب در بسیاری از دشت های آبرفتی کشور، سبب افت مداوم سطح ایستایی آبخوان این دشت ها می‌گردد. در صورت تداوم افت سطح آب آبخوان ها و با توجه به میزان تأثیر عوامل مؤثر دیگر، نشست سطح زمین به‌عنوان یکی از مخاطرات اصلی این پیامد حادث می‌گردد. بر این اساس بسیاری از آبخوان‌ها از لحاظ وضعیت توسعه بهره‌برداری و حفر چاه‌های جدید، وضعیت ممنوعه دارند. تأثیر توزیع تراکم نسبی بالای جمعیت در بسیاری از این محدوده ها به عنوان یکی از عوامل مؤثر در افزایش بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی حائز اهمیت می باشد. تفاوت در پتانسیل بالقوه منابع آب در مناطق مختلف کشور بر مبنای متوسط بارندگی سالیانه نیز از دیگر عوامل مرتبط با بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی می باشد. همچنین با توجه به کاهش بارش طی سال های اخیر و افزایش برداشت آب های زیرزمینی، کیفیت آب آبخوان ها در مناطق عمده ای از دشت های کشور کاهش یافته است. بطوریکه مشکلات کیفی و شورشدگی آب برخی آبخوان‌ها نیز در بحرانی نمودن شرایط ایجاد شده در دشت های کشور مؤثر بوده است. بر این اساس، دشت‌هایی که دارای تداوم افت سالیانه سطح آب آبخوان هستند، در صورت وقوع نشست سطح زمین و مشکلات دیگری نظیر شوری آب، "دشت های ممنوعه بحرانی" محسوب می‌گردند.

بر این اساس و در راستای اهداف تهیه نقشه "مناطق خطر و یا دارای احتمال خطر فرونشست زمین"، محدوده‌هایی از کشور که سطح زمین به‌دلیل برداشت بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی و با توجه به میزان عوامل تأثیرگذار دیگر، درحال حاضر دارای نشست بوده و یا در آینده در معرض خطر این پدیده قرار خواهد گرفت، تعیین و مشخص گردیده است (شکل ۲-۳۸). موقعیت تقریبی و محدوده‌های خطر فرونشست زمین در ایران ناشی از بهره‌برداری بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی (شکل ۲-۱) در این نقشه مشخص می‌باشد.



شکل ۲-۳۸) نقشه احتمال خطر فرونشست زمین در دشت های آبرفتی ایران (ناشی از بهره برداری منابع آب زیرزمینی) (پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۵)

محدوده های دارای احتمال خطر پیشنهادی، در مقیاس کشوری بوده و در راستای حصول دیدگاهی کلی از موقعیت مناطق با خطرپذیری نسبی فرونشست زمین تعیین شده است. چنانچه اشاره گردید، برآورد میزان احتمال خطر فرونشست زمین در مناطق مختلف کشور، از مهمترین عوامل تعیین کننده کاربری زمین یا ارزیابی برنامه ریزی زمین می باشد.

همچنین، به منظور تعیین خطرپذیری فرونشست زمین، ضروری است، میزان آسیب پذیری در مواجهه با این خطر، با دو عامل "در معرض خطر بودن" و "ظرفیت مقابله" ارزیابی گردد. اجزای در معرض خطر به زیرساخت ها، جمعیت و مناطق طبیعی موجود در ناحیه تحت تأثیر خطر مربوط شده و برای ارزیابی ظرفیت های موجود در جامعه در راستای کاهش پیامدهای منفی ناشی از خطر فرونشست زمین، از شاخص "ظرفیت مقابله" بهره گرفته می شود.

چنان‌که پیشتر ذکر گردید، با توجه به این‌که یکی از مراحل مهم پیش از بحران ناشی از خطر فرونشست‌زمین، مکان‌یابی "مناطق با خطرپذیری بالا" و یا "مناطق با درجه آسیب‌پذیری بالا" می‌باشد؛ از این‌رو، به‌منظور ارزیابی، مقایسه و مدیریت مکانی ریسک در سطح کشور، "نقشه خطرپذیری فرونشست‌زمین در ایران" پیشنهاد می‌گردد.

۲-۳. بررسی وضعیت فرونشست‌زمین در ایران

چنان‌که در نقشه "پراکندگی نواحی فرونشست‌زمین در ایران" (شکل ۱-۲) و شکل ۲-۳۸ ملاحظه می‌شود، پدیده فرونشست‌زمین در برخی از دشت‌های کشور از جمله در استان‌های تهران، فارس، همدان، کرمان، خراسان‌رضوی، خراسان‌شمال، یزد، اصفهان و قزوین حائز اهمیت می‌باشد.

نتایج بررسی‌ها حاکی از رخداد این پدیده در دشت‌های استان تهران (دشت ورامین با نرخ بیشینه ۱۲ سانتی‌متر در سال، دشت تهران-شهریار با ۱۷ سانتی‌متر در سال و دشت ساوجبلاغ با بیش از ۱۸ سانتی‌متر در سال افت سطح زمین)، استان خراسان‌رضوی (دشت مشهد با نرخ بیشینه ۲۴ سانتی‌متر در سال، دشت نیشابور با نرخ بیش از ۱۲ سانتی‌متر در سال، دشت سبزوار و بسیاری از دشت‌های دیگر استان)، استان قزوین (دشت قزوین با نرخ بیشینه ۲۵ سانتی‌متر در سال)، استان کرمان (دشت رفسنجان با نرخ بیش از ۳۰ سانتی‌متر در سال، دشت سیرجان، دشت کرمان و دشت زرنند با نرخ بیش از ۱۲ سانتی‌متر در سال) و استان اصفهان (دشت گلپایگان، کاشان و دشت مهبیار) و بسیاری از دشت‌های دیگر کشور می‌باشد.

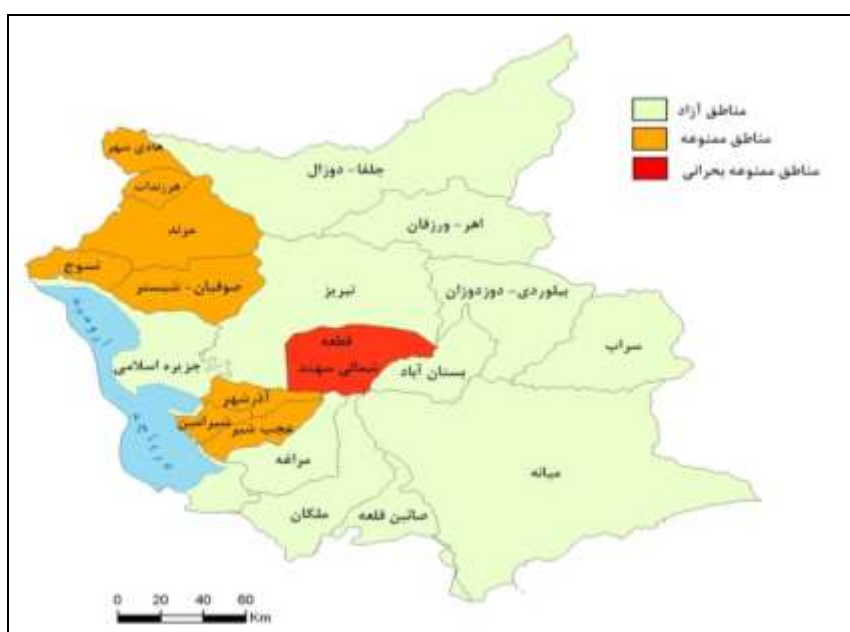
۲-۳-۱. فرونشست‌زمین به تفکیک استان‌های کشور

در ادامه، وضعیت خطر فرونشست‌زمین به تفکیک استان‌های کشور (بر اساس فهرست الفبایی استان‌های ایران) بررسی و ارائه گردیده است:

➤ آذربایجان شرقی

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان آذربایجان شرقی

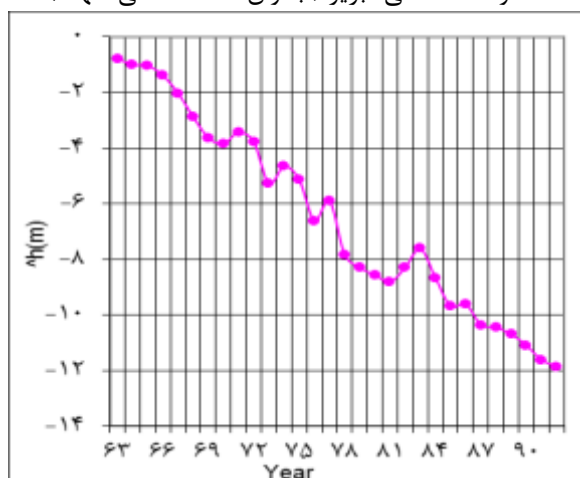
نقشه میزان آب مصرفی آبخوان‌های کشور برای کشاورزی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، نشان‌دهنده بالا بودن نسبی این میزان در بخش‌هایی از استان آذربایجان شرقی تا حدود ۵۰۰ میلیون مترمکعب بوده است. در شکل ۲-۳۹، وضعیت آبخوان‌های استان آذربایجان شرقی از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی نشان‌داده شده است.



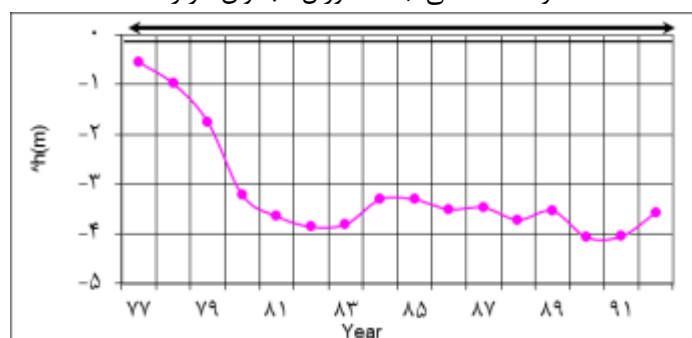
شکل ۲-۳۹) وضعیت دشت‌های استان آذربایجان شرقی از لحاظ امکان برداشت آب زیرزمینی (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

چنان‌که مشاهده می‌شود، بخش جنوبی دشت تبریز (دامنه شمالی سهند) منطقه برداشت ممنوعه بحرانی می‌باشد. همچنین دشت‌های شبه‌ستر- صوفیان، تسوج، مرند، دشت‌های هادی شهر و مرزندات از محدوده مطالعاتی جلفا-دوزال و محدوده‌های شیرامین، آذرشهر و عجب شیر به عنوان مناطق ممنوعه شناخته شده‌اند. وضعیت تغییرات سطح آب زیرزمینی به همراه نمودارهای آبنمود معرف آبخوان در این مناطق در محدوده‌های مطالعاتی نمودار ۲-۱۵ نمایش داده شده است.

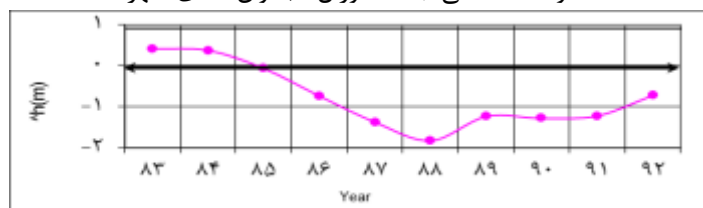
محدوده مطالعاتی تبریز (آبخوان دامنه شمالی سهند)



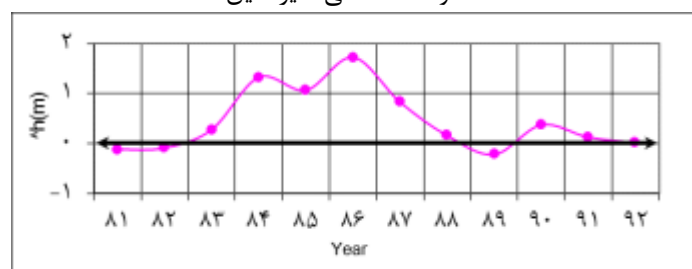
محدوده مطالعاتی جلفا- دوزال (آبخوان هرزندات)



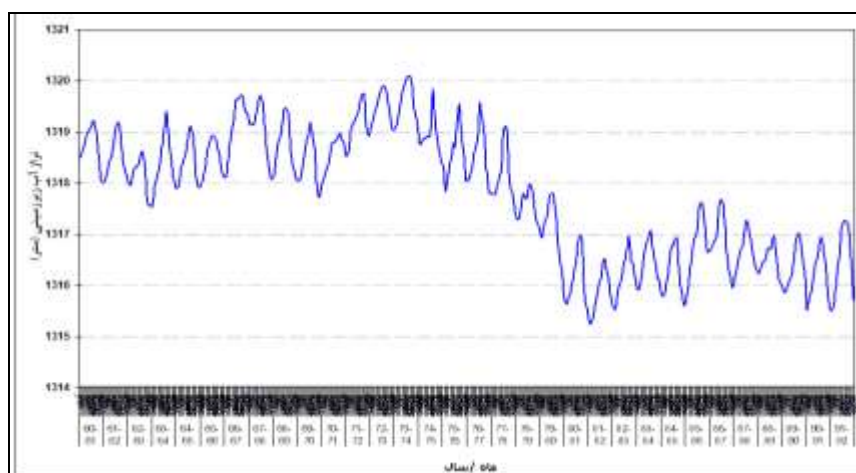
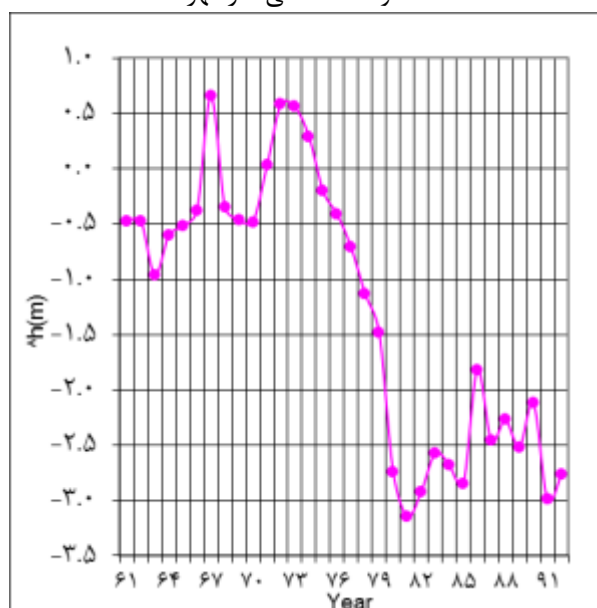
محدوده مطالعاتی جلفا- دوزال (آبخوان هادی شهر)



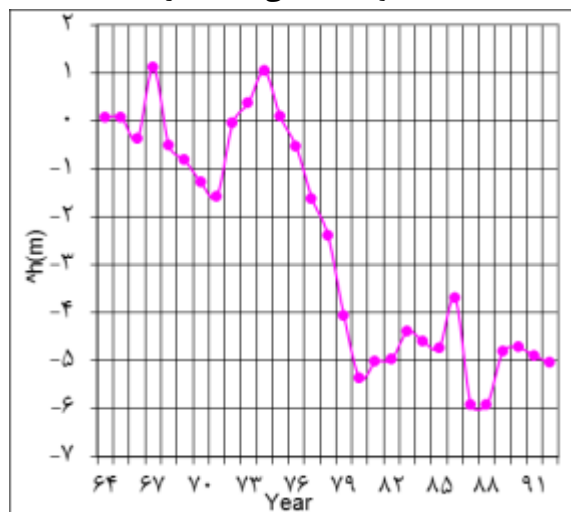
محدوده مطالعاتی شیرامین



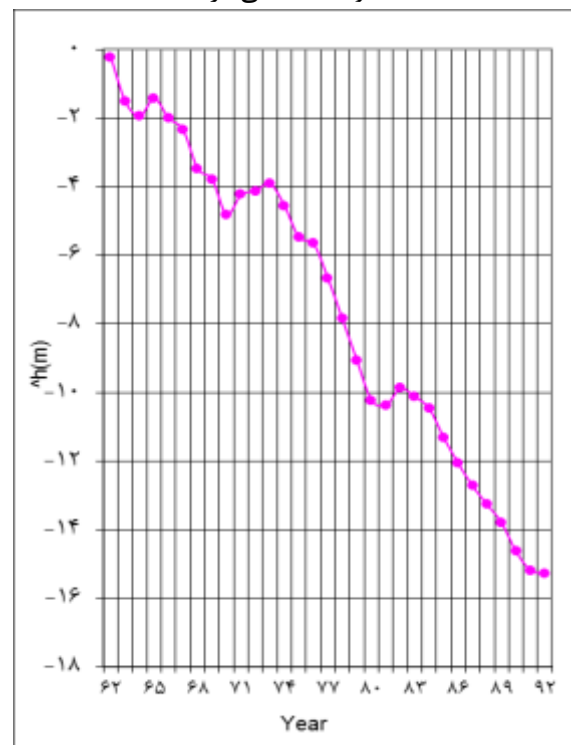
محدوده مطالعاتی آذرشهر



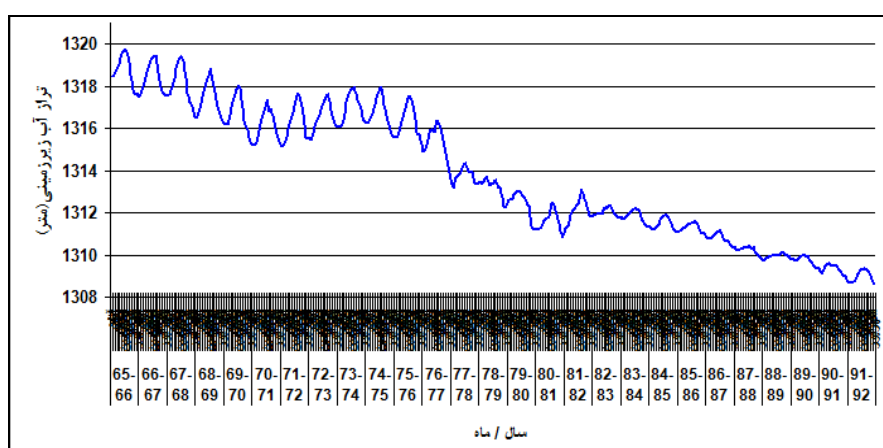
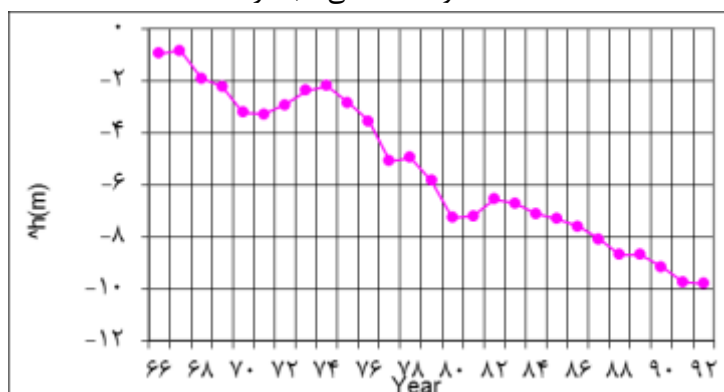
محدوده مطالعاتی عجب شیر



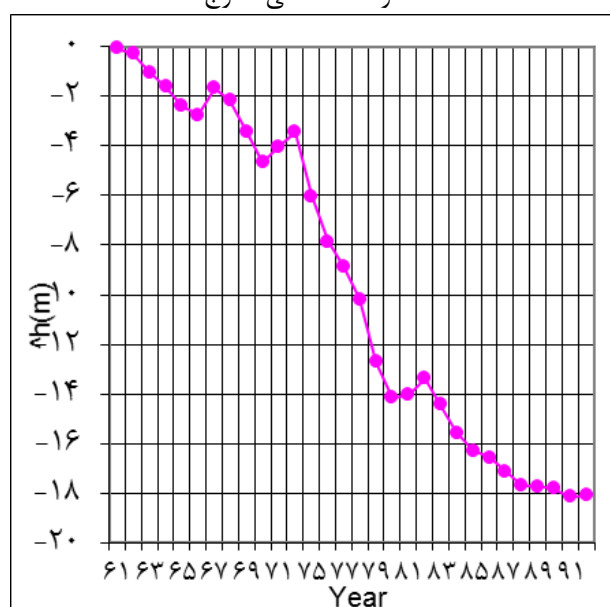
محدوده مطالعاتی مرند



محدوده مطالعاتی شبستر



محدوده مطالعاتی تسوج



نمودار ۲-۱۵) میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه استان آذربایجان شرقی (از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تانکون) و نمودارهای آبنمود معرف آبخوان (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

- خطر فرونشست زمین در استان آذربایجان شرقی

- فرونشست زمین در دشت شبستر - صوفیان

دشت شبستر- صوفیان از جمله دشت های مهم استان آذربایجان شرقی است که به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی جهت تأمین نیازهای آبی منطقه خصوصاً کشاورزی و همچنین کاهش نزولات جوی و خشکسالی‌ها در سال های گذشته، متوسط سطح تراز آب‌زیرزمینی آن در طول دوره آماری ۲۳ ساله (۱۳۶۵-۶۶ تا ۱۳۸۷-۸۸)، با افت معادل ۸/۵۷ متر مواجه بوده است. یکی از تبعات نامطلوب این افت، وقوع پدیده فرونشست در برخی از نقاط دشت مذکور می‌باشد، به طوری که فرونشست زمین تا حدود ۵۰ سانتی‌متر نیز مشاهده شده است. بدیهی است که تداوم افت و در پی آن فرونشست زمین، می‌تواند خسارات اقتصادی و زیست محیطی را به‌دنبال داشته باشد.

➤ آذربایجان غربی

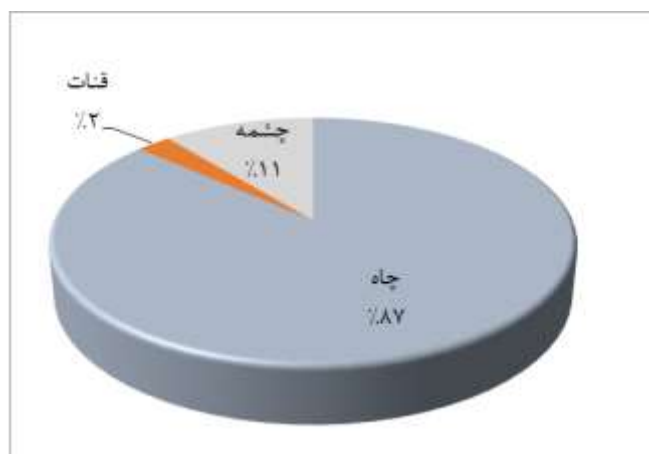
• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان آذربایجان غربی

جدول ۶-۲، بیانگر تعداد انواع منابع آبهای زیرزمینی در استان آذربایجان غربی در سال های آبی ۹۲-۱۳۹۱ می باشد.

جدول ۶-۲) تعداد انواع منابع آبهای زیرزمینی استان آذربایجان غربی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱
(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

سال آبی	چاه عمیق	چاه نیمه عمیق	قنات	چشمه
۱۳۹۱-۹۲	۱۶۳۴	۲۰۷	۴۷	

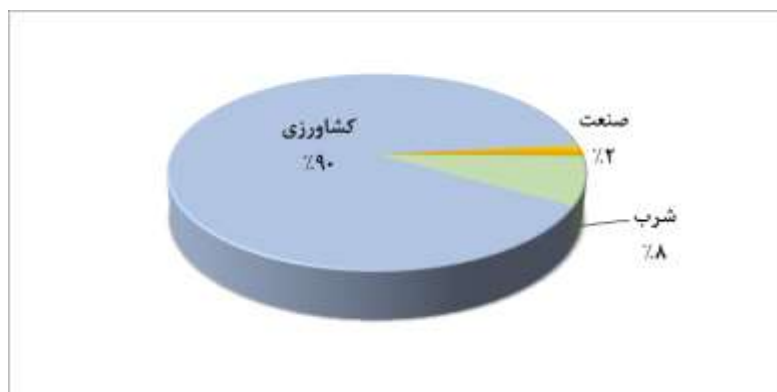
در نمودار ۱۶-۲، حجم تخلیه سالیانه از انواع منابع آب زیرزمینی استان آذربایجان غربی نشان داده شده است. چنان که مشاهده می شود، عمده مصرف از منابع آب زیرزمینی، از چاه ها با میزان ۸۷ درصد، سپس از چشمه ها با میزان ۱۱ درصد و در نهایت از قنات ها با میزان ۲ درصد می باشد.



نمودار ۱۶-۲) حجم تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی استان برحسب میلیون مترمکعب
(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

نمودار ۱۷-۲، میزان مصارف سالیانه آبهای زیرزمینی برحسب بخش مصرفی را در استان آذربایجان غربی در سال های آبی ۹۲-۱۳۹۱ ارائه می دهد. با توجه به این نمودار، در بخش کشاورزی، ۹۰ درصد آب

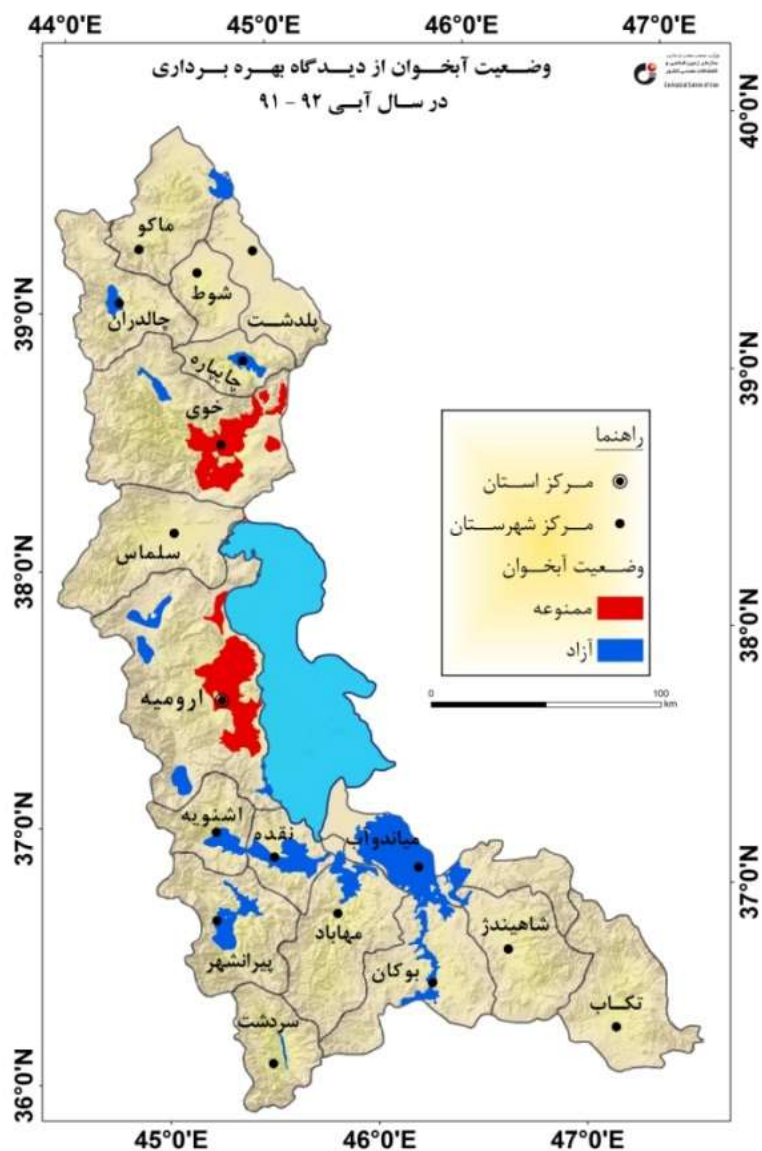
بهره‌برداری شده از آبخوان‌های استان مصرف‌می‌شود و این در شرایطی است که تنها ۲ درصد از این آب در بخش صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



نمودار ۲-۱۷) میزان مصارف سالیانه آب‌های زیرزمینی برحسب بخش مصرفی (میلیون مترمکعب) در استان آذربایجان غربی (برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

نقشه میزان آب مصرفی آبخوان‌های کشور برای کشاورزی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، نشان‌دهنده بالا بودن این میزان در بخش‌هایی از استان آذربایجان غربی تا حدود ۹۰۰ میلیون مترمکعب بوده است.

وضعیت آبخوان‌های استان آذربایجان غربی از دیدگاه بهره‌برداری در سال ۱۳۹۲ (شکل ۲-۴۰)، بیانگر آن است که تعدادی از آبخوان‌های محدوده خاوری استان در وضعیت ممنوعه قرار دارند و با توجه به میزان بارش زیاد در این استان می‌توان نتیجه گرفت که آبخوان‌های این بخش به‌خوبی تغذیه نمی‌شوند و در سال‌های اخیر عوامل خشک‌سالی بر آبخوان‌ها نیز تأثیر گذاشته است.



شکل ۲-۴) موقعیت آبخوان‌های استان آذربایجان غربی از نظر بهره‌برداری در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲

➤ اردبیل

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان اردبیل

در استان اردبیل با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۷۸۱۳ کیلومتر مربع و ۱,۲۴۸,۴۸۸ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان اردبیل، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۳۴۵۶۴۹ هزار مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان اردبیل، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

بر اساس گزارش وزارت نیرو، مطالعات پایه منابع آب زیرزمینی در استان اردبیل به چهار محدوده مطالعاتی تقسیم‌بندی می‌شود:

- محدوده مطالعاتی اردبیل: بزرگترین دشت حاصلخیز حوضه آبریز دره رود (قره‌سو) است و به لحاظ دارا بودن سفره آب زیرزمینی همواره مطرح و در طول نیم‌قرن اخیر مهمترین منبع تأمین آب کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی شهری و روستایی بوده است. در این دشت قبل از دو دهه اخیر، تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق محدود بود و به تبع آن، برداشت از سفره آب زیرزمینی نیز در حد بسیار کم انجام می‌گرفت. از سال ۱۳۶۲، با توجه به توسعه کشاورزی، توسعه شهرهای نمین و اردبیل و رشد جمعیت در مناطق یاد شده، میزان استحصال آب از سفره مزبور برای مصارف مختلف افزایش یافته و این امر موجب کاهش سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن در سفره شده است.
- محدوده مطالعاتی مشگین‌شهر: منابع آب زیرزمینی علاوه بر دشت مشگین‌شهر، در داخل رسوبات رودخانه‌ای و در حاشیه مسیل‌ها و رودخانه‌ها، دره‌ها و دشتک‌ها وجود دارد که از لحاظ آب‌دهی ضعیف می‌باشند و دسترسی به آب زیرزمینی از طریق حفر چاه‌های نیمه‌عمیق و گاهی عمیق انجام می‌شود.
- محدوده مطالعاتی پارس‌آباد- مغان: منابع آب زیرزمینی به صورت محدود در حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها قابل شناسایی و دسترسی به آب زیرزمینی به طور عمده با حفر چاه‌های دستی میسر است.
- محدوده مطالعاتی خلخال- طارم: به طور غالب دارای وضعیت کوهستانی بوده و دشت‌های وسیع در آن وجود ندارد. منابع آب زیرزمینی آن‌ها اغلب در لابه‌لای رسوبات رودخانه‌ای کم‌ضخامت تشکیل شده است و به دست آوردن آب‌های زیرزمینی در این منطقه توسط حفر چاه‌های نیمه‌عمیق و گاهی عمیق انجام می‌شود.

در جدول ۶-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان اردبیل ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۶۷۲۸ دهنه (حدود ۶۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۹۸۸۰۲ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۵۸ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان اردبیل را به خود اختصاص داده است.

اشاره می‌گردد، چاه‌های با عمق بیشتر از ۵۰ متر، چاه عمیق و چاه‌های با عمق ۵۰ متر و کمتر به عنوان چاه نیمه عمیق در نظر گرفته شده است. همچنین، چاه‌های قید شده در جدول ۶-۲، شامل کل چاه‌های استان اعم از چاه‌های دارای پروانه بهره‌برداری، در دست اقدام و غیرمجاز می‌باشد. تخلیه چاه‌های استان بر اساس تخلیه کنونی چاه‌ها ذکر گردیده است و بر مبنای تخلیه مجاز قید شده در پروانه بهره‌برداری نمی‌باشد.

جدول ۶-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان اردبیل در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان اردبیل، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
اردبیل	۳۴۵۶۴۹	۱۳۲۴ (٪۱۲)	۸۵۵۲۵ (٪۲۵)	۵۴۰۴ (٪۴۸)	۱۱۳۲۷۷ (٪۳۳)	۲۷۸ (٪۲)	۱۷۸۴۰ (٪۵)	۴۲۴۲ (٪۳۸)	۱۲۹۰۰۷ (٪۳۷)

بر اساس گزارش سهمی آب منطقه‌ای استان اردبیل، در حال حاضر، حدود ۹۲ درصد منابع آب استان (آب سطحی، حدود ۹۱ درصد و آب زیرزمینی، حدود ۹ درصد) در بخش کشاورزی، ۶ درصد در بخش شرب و حدود ۲ درصد در بخش صنعت و خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب تولیدی استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده‌است. به‌عنوان نمونه، وجود تعداد چاه‌های زیاد در دشت اردبیل و برداشت‌های بی‌رویه و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره به‌همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت را تشدید کرده است. در حال حاضر، میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی حدود ۱۱ متر و کسری مخزن نیز حدود ۶۰۰ میلیون مترمکعب گزارش شده‌است.

کاهش شدید آب‌دهی منابع زیرزمینی استان اردبیل ناشی از برداشت‌های بی‌رویه طی سال‌های اخیر، وجود تعداد قابل‌توجهی چاه غیرمجاز به‌ویژه در دشت اردبیل، متکی بودن اکثر فعالیت‌های کشاورزی و آب آشامیدنی و صنعت به منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در شهرهای اردبیل و نمین، توسعه پایدار این استان را به‌چالش کشیده‌است.

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد سفره آب زیرزمینی منطقه، در سال ۱۳۶۸، ابتدا دو سوم دشت اردبیل و در سال ۱۳۸۷ نیز یک‌سوم مابقی آن را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این حوضه به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی، نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان اردبیل

موقعیت خاص جغرافیایی استان اردبیل و گستره وسیع شمالی- جنوبی آن با ایجاد اختلاف عرض جغرافیایی سه درجه که مؤثر بر شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی استان بوده، رژیم دمایی و اقلیمی متفاوتی را در این استان به‌وجود آورده است. اما ویژگی سردی که ناشی از هجوم توده‌های هوای سرد شمالی، ارتفاع و عرض جغرافیایی بوده، خصوصیت مشترک اقلیم‌های گوناگون استان می‌باشد. استان اردبیل با ۱۷۸۱۳ کیلومتر مربع مساحت، به‌علت برخورداری از اقلیم فراخشک و نیمه‌خشک (۵۴ درصد مساحت استان)، پراکنده بودن و کاهش بارش‌ها با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، کمبود منابع آب و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این

منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشتهای استان (به‌ویژه دشت اردبیل) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب‌زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)

- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان اردبیل با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان اردبیل

استان اردبیل در شمال باختر ایران، به عنوان بخشی از فلات آذربایجان و ادامه زون البرز باختری - آذربایجان است. رخنمون واحدهای سنگی - چینه‌ای تمام دوران‌های زمین‌شناسی در گستره استان اردبیل قابل مشاهده است.

این استان به سبب گستره وسیع شمالی - جنوبی آن، از نظر شرایط طبیعی، بسیار متنوع بوده و از مجموعه‌ای از جلگه‌های ساحلی، مناطق کوهستانی، تپه‌ماهورها، فلات‌های بریده شده و بدلندها، تپه‌های لسی و آتشفشان تشکیل شده است. همچنین، ناهمواری‌های استان اردبیل به دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم شده است. مناطق کوهستانی این استان اغلب در نواحی شمال باختر و باختر شهر اردبیل، بخش‌های مرکزی، نیر، مشگین شهر، خلخال، گیوی (کوثر)، هیر و لاهرود قرار گرفته‌اند. سایر نقاط استان را جلگه‌ها یا دشت‌ها در برمی گیرند.

محدوده خلخال - طارم، چنان که پیش تر ذکر گردید، عمدتاً کوهستانی بوده و گستره قابل ملاحظه‌ای به مفهوم دشت در آن وجود ندارد. دشت مغان، جلگه ساحلی واقع در شمال استان اردبیل بوده که از آبرفت‌های رودخانه ارس و شعبات آن به وجود آمده است. منابع آب زیرزمینی این دشت به صورت محدود می باشد. منابع آب زیرزمینی دشت مشگین شهر نیز از لحاظ آب‌دهی ضعیف گزارش شده است. دشت اردبیل از دیگر دشت‌های استان با وسعتی در حدود ۹۰۰ کیلومترمربع می باشد. این دشت، به لحاظ دارابودن سفره آب زیرزمینی همواره مطرح و در طول نیم قرن اخیر، مهمترین منبع تأمین آب کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی شهری و روستایی بوده است. بر اساس مطالعات ژئوفیزیک، ضخامت آبرفت‌های آن بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ متر برآورد می گردد.

با توجه به شرایط اقلیمی فراخشک و نیمه خشک در حدود نیمی از مساحت استان، کاهش بیش از ۵۰ درصدی آب‌های سطحی به دلیل کاهش بارش‌ها ناشی از خشک سالی‌های اخیر و همچنین کمبود منابع آب زیرزمینی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان اردبیل با دو چالش اساسی مواجه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره برداری چاه‌ها را آبیاری می کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های

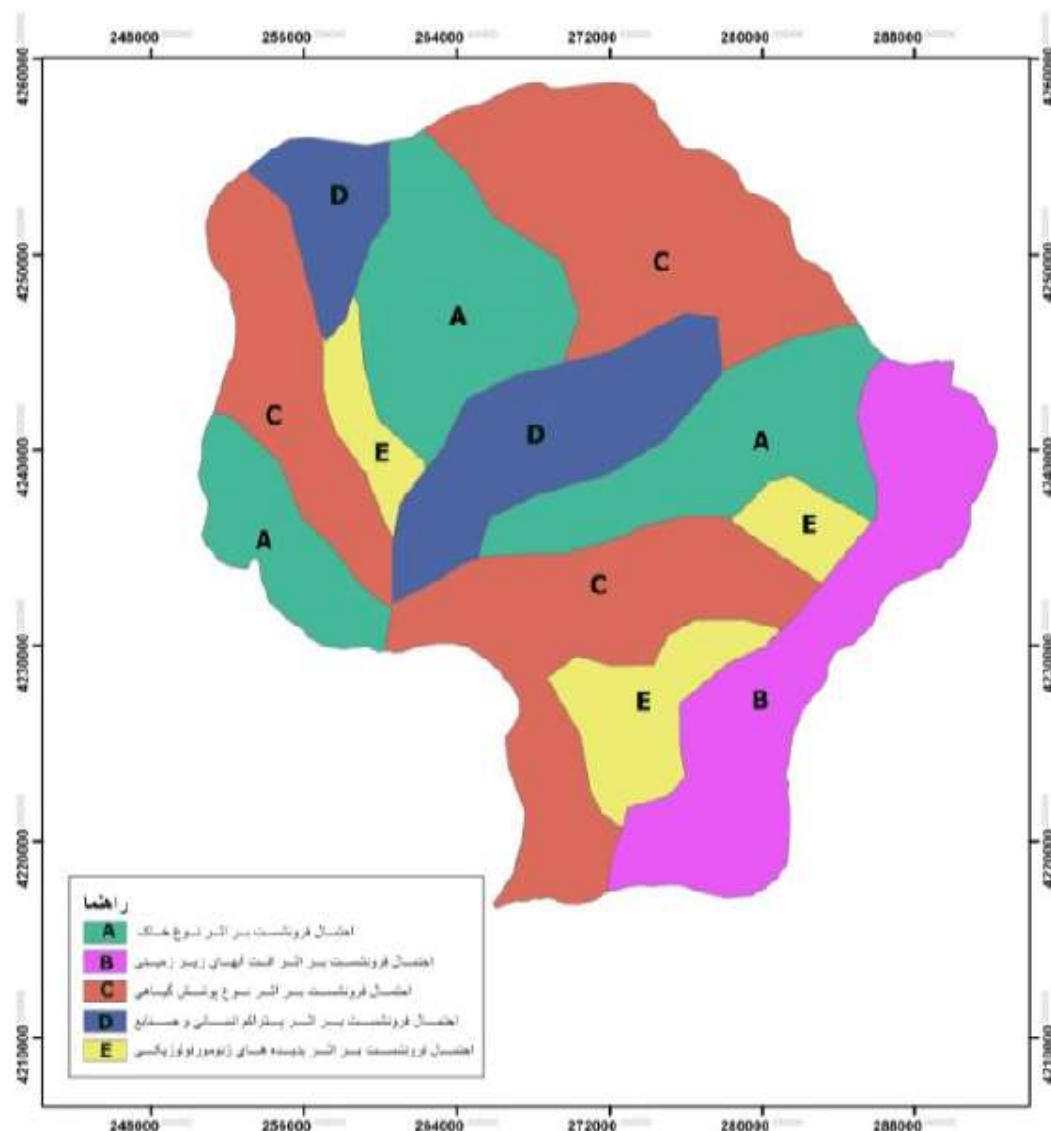
برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در اغلب دشتهای استان (به‌ویژه دشت اردبیل) خواهد‌گردید.

- احتمال خطر فرونشست‌زمین در دشت اردبیل

دشت اردبیل در بخش میانی استان اردبیل قرار دارد و توسط ارتفاعات بلند محصور گردیده و تنها راه خروجی آن از سمت شمال‌باختری دشت و از طریق رودخانه قره‌سو است. ارتفاع دشت بین ۱۵۰۰-۱۳۰۰ متر و میزان شیب آن بین ۰ تا ۶۰ درصد متغیر است. عمده واحدهای رخنمون شده در دشت اردبیل از رسوبات دوره کواترنری به‌صورت پادگانه‌های قدیمی، آبرفت‌های پادگانه‌ای، کوهپایه‌های هموار، رسوبات آبرفتی جوان و مخروط‌افکنه‌هایی با ضخامت ۱۲۰ متر تشکیل شده است.

نتایج یک مطالعه تحقیقی (امیراحمدی، ا. و همکاران، ۱۳۹۲) نشان داده که کاهش تراز سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل به‌طور متوسط ۰/۲۹ متر در سال بوده است. نقشه پهنه‌بندی افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت بیانگر آن می‌باشد که پهنه‌های دارای افت متوسط تا خیلی‌زیاد، بیش از ۷۰ درصد مساحت دشت را به‌خود اختصاص می‌دهد. این وضعیت بیانگر شرایط بحرانی از نظر افت آب‌های زیرزمینی است که احتمال فرونشست زمین را تشدید می‌کند.

برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در بخش جنوب‌خاوری، تراکم و بارگذاری فزاینده به‌خصوص در سال‌های اخیر به‌دلیل ساخت‌وساز در شمال‌باختر و در محل قرارگیری شهر اردبیل و شهرک‌های صنعتی و وجود سازندهای آبرفتی کواترنری در بخش‌های وسیعی (حدود ۸۰ درصد) از دشت اردبیل که با افت آب‌های زیرزمینی همراه می‌باشد، احتمال فرونشست زمین در این دشت را در آینده بیشتر خواهد کرد (شکل ۲-۴۱).



شکل ۲-۴) تعیین مناطق فرونشست احتمالی در دشت اردبیل
(برگرفته از مطالعه تحقیقی-امیراحمدی، ا. و همکاران، ۱۳۹۲)

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از وقوع نشست زمین در دشت اردبیل (که میزان آن حدود ۱/۵ متر تخمین زده شده است)، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به نقشه پهنه‌بندی افت و نقشه مناطق احتمالی فرونشست جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

- راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان اردبیل
- مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل

متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان اردبیل، شرایط مساعد زمین‌شناسی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان اردبیل با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان اردبیل، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کاهش جمعیتی است.

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انبار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب بر و کم بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب
- اجرای زهکش زیرزمینی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- حفظ، نگهداری و مرمت قنات‌ها
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- حفظ و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی و مرزی به واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی
 - تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
- بررسی و اجرای طرح‌های انتقال آب از رودخانه‌ها و چشمه‌های استان به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی

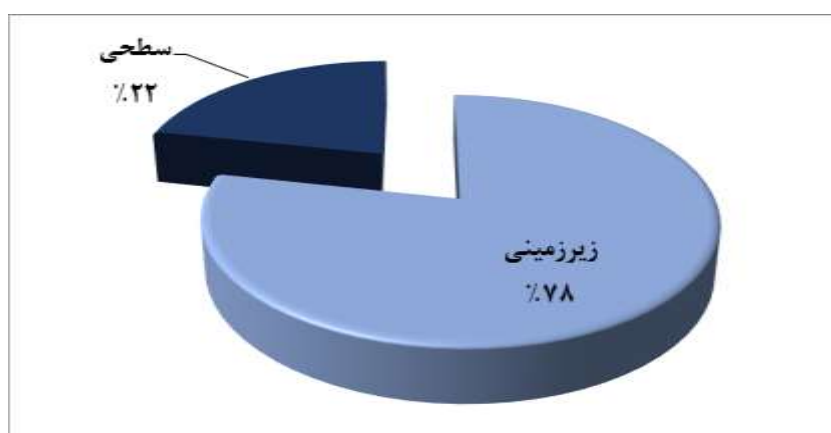
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- ساماندهی آبهای معدنی استان به منظور تأمین منابع آبی جدید
- احیای حقابه‌های استان از رودخانه‌های موردنظر به منظور تأمین آب شرب و صنعت در بلندمدت
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان اردبیل به حداقل رساند.

➤ اصفهان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان اصفهان

در استان اصفهان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۰۷۰۰۰ کیلومترمربع و ۴۸۰۰۰۰۰ نفر، سالیانه حدود ۷,۵ میلیارد مترمکعب آب برداشت می‌شود که از این میزان، حدود ۵ میلیارد مترمکعب از منابع زیرزمینی و ۱,۵ میلیارد مترمکعب از آب‌های سطحی تأمین می‌شود (نمودار ۲-۱۸).



نمودار ۲-۱۸) وضعیت تخلیه سالیانه آب‌های سطحی و زیرزمینی استان اصفهان

در جدول ۲-۷، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، چشمه و قنات) استان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق با تعداد ۴۸۶۶۸ حلقه (حدود ۷۹٪) و میزان ۳۱۹۶ میلیون مترمکعب (۶۴٪) از کل تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان اصفهان را به خود اختصاص داده‌است. میانگین کاهش سالانه نوسانات سطح ایستابی آبخوان‌های استان، حدود ۲۱ سانتی‌متر گزارش شده است. همچنین بررسی تغییرات سالانه حجم مخزن آبخوان‌های زیرزمینی در استان، نشان از کاهش ۲۳۷,۵ میلیون مترمکعب در سال دارد.

جدول ۷-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های استان اصفهان در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالانه
اصفهان	۵۶۲۵	۴۸۶۶۸ (٪۷۹)	۳۱۹۶ (٪۶۴)	۴۲۰۳ (٪۷)	۸۱۱ (٪۱۳)	۸۶۸۶ (٪۱۴)	۱۶۱۸ (٪۲۳)

- مهمترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان اصفهان
- پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی استان اصفهان، پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
 - ✓ کاهش حجم ذخائر آبی
 - ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آنها
 - ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
 - ✓ افزایش اجباری عمق چاه‌ها
 - ✓ خشک شدن و کاهش آبدی منابع برداشت آب (چاه، چشمه و قنات)
 - ✓ کاهش رطوبت خاک
 - ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی
 - ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
 - ✓ خشک شدن، فصلی شدن و کم آبی رودخانه‌ها
 - ✓ نشست زمین
 - ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
 - ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
 - ✓ خسارت به ساختمان‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آب‌رسانی
 - ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
 - ✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان اصفهان، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های عمیق جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان اصفهان

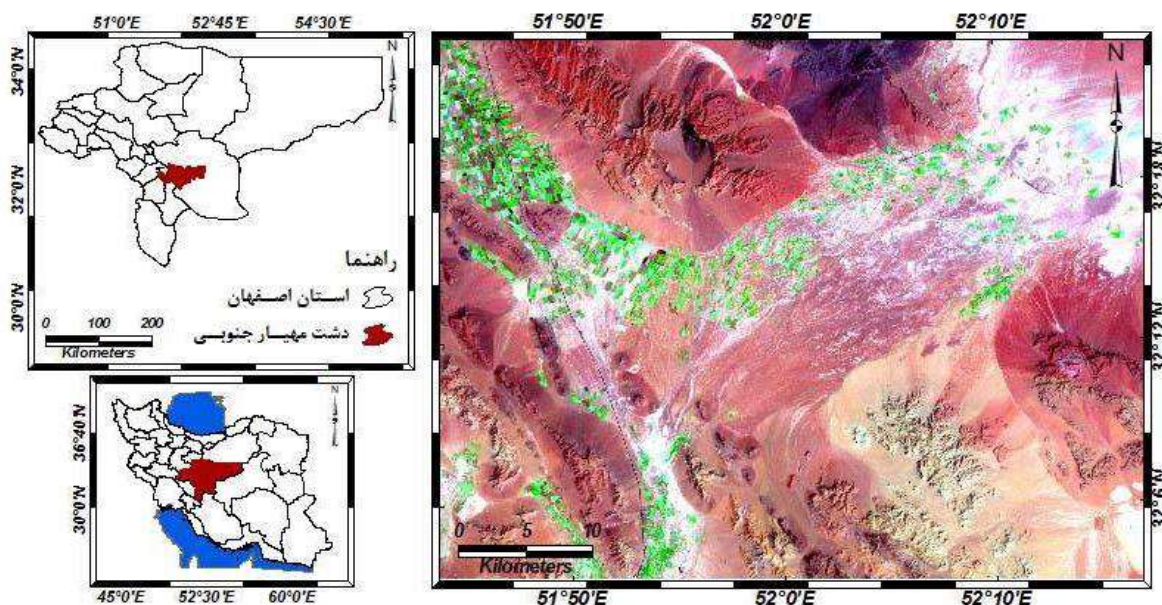
استان اصفهان در فلات مرکزی ایران قرار گرفته و یکی از خشک‌ترین حوضه‌های آبریز کشور محسوب می‌شود. به علت خشک‌سالی‌های اخیر و کاهش آورد رودخانه زاینده‌رود، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افت سطح آب زیرزمینی و نشست سطح زمین در اغلب دشت‌های این حوضه شده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، خطوط خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان اصفهان به وجود آورده است. در ادامه، به برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان اصفهان اشاره می‌گردد:

- فرونشست دشت مهیار جنوبی

دشت مهیار در جنوب شرق اصفهان، حدفاصل ضلع غربی رشته کوه‌های کلاه قاضی، جنوب ایرانکوه و شرق تاق‌دیس ده سرخ واقع شده و از گردنه لاشتر شروع و تا شمال شهرضا ادامه دارد (شکل ۲-۴۲). مساحت آن ۲۶۷۷ کیلومترمربع بوده که از این مقدار ۲۲۰۹ کیلومترمربع دشت و بقیه ارتفاعات است و از زیر حوضه‌های رودخانه زاینده‌رود محسوب می‌گردد. عرصه‌های کشاورزی مهیار بیش از ۸۲۰۰ هکتار بوده که عمدتاً به زراعت اختصاص دارد. میانگین بارش سالیانه دشت حدود ۱۲۶ میلی‌متر است و از نظر آب‌های زیرزمینی وضعیت بحرانی و ممنوعه دارد.

این دشت در چند سال اخیر به دلیل برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی (افت حدود ۴۰ سانتی‌متری سطح آب زیرزمینی در سال) با پدیده نشست زمین و ترک‌خوردگی مواجه بوده است. شکاف‌های ایجاد شده در بعضی از قسمت‌های دشت به صورت گودال‌های به هم پیوسته می‌باشند. شکاف و ترک‌خوردگی باعث غیر قابل استفاده شدن و تغییر شیب قسمت عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی و تخریب کانال‌های آبرسانی و ترک‌خوردگی آسفالت جاده اصفهان - شهرضا گردیده است.

نگرش جامع و سیستمی آید که تمامی فرایندهای طبیعی تأثیر گذار بر این پدیده بررسی و تحلیل گردد. با شناسایی علل مؤثر در شکل‌گیری این پدیده می‌توان راهکارهای مناسبی را جهت مقابله با آن اتخاذ نمود.



شکل ۲-۴۲) موقعیت جغرافیایی دشت مهبیار جنوبی بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat 7 ETM+

- فرونشست زمین در دشت کاشان

این پدیده در دشت کاشان که از مهمترین دشتهای استان اصفهان به‌شمار می‌آید، مشاهده گردیده و پیامدهایی همچون ایجاد شکاف در زمین‌های کشاورزی و جاده‌ها و تخریب ساختمان‌ها را به دنبال داشته است. واقع شدن دشت در منطقه‌ای خشک و کم باران و همچنین افزایش جمعیت، توسعه کشاورزی و استقرار واحدهای صنعتی در منطقه و نیاز روزافزون به آب باعث افت سطح آب زیرزمینی در این دشت گردیده است که از مهمترین دلایل فرونشست زمین و ایجاد شکاف در منطقه می‌باشد. افت سطح آب زیرزمینی در دشت کاشان، سالانه حدود ۶۰ سانتی‌متر بوده که پیامدهایی همچون شور شدن آب و به‌تبع آن شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی در منطقه می‌باشد.

از دیگر موارد مشاهده شده از این پدیده در استان اصفهان، می‌توان به نشست سطح زمین در دشت گلپایگان و دشت دامنه در منطقه داران اشاره نمود.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان اصفهان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان اصفهان، پمپاژ بیش از حد مجاز آب و حفر چاه‌های غیرمجاز است. این نوع بهره‌برداری به علت عدم آگاهی بهره‌برداران از عواقب تهي شدن سفره‌های آب زیرزمینی و عدم آشنایی آن‌ها با روش‌های نوین حفظ منابع با کمترین هزینه است. بنابراین افزایش سطح آگاهی‌های عمومی و حمایت و تشویق فارغ التحصیلان دانشگاهی جهت فعالیت در بخش کشاورزی، یکی از مهمترین روش‌های فرهنگی مدیریت منابع آبی است.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود. بنابراین با حفاظت آب در بخش کشاورزی از طریق بهبود روش‌های آبیاری همراه با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران، تهیه الگوی کشت بهینه، خرید چاه‌های کم‌بازده از کشاورزان، جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند، حفاظت از آبخوان‌ها و تغذیه مصنوعی آنها، می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را به حداقل رساند.

➤ البرز

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان البرز

در استان البرز با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۵۱۷۴ کیلومتر مربع و ۲,۴۱۲,۵۱۰ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان البرز، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۸۲۴ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان البرز، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۸-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان البرز ارائه شده که از این میان، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۱۶۶۶۳ دهنه (حدود ۸۹ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۷۰۱ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان البرز را به خود اختصاص داده است.

جدول ۸-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان البرز در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای البرز، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه‌های عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
البرز	۸۲۴	۱۶۶۶۳ (٪۸۹)	۷۰۱/۴ (٪۸۵)	۱۶۳ (٪۱)	۱۲/۶ (٪۲)	۱۷۹۳ (٪۱۰)	۱۱۰ (٪۱۳)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان البرز (در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)، حدود ۷۶ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۲۱ درصد در بخش شرب و حدود ۳ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

کاهش میزان بارندگی ها طی سال های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک سالی و کمبود منابع آبی در استان البرز (به ویژه در بخش های جنوبی استان) بوده است. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه ای البرز در سال ۱۳۹۲، توزیع غیریکنواخت بارش در استان، کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت های بی رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره برداری صادره به همراه خشک سالی های اخیر، موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان ها در بسیاری از دشت های این استان (به ویژه دشت های جنوبی استان) شده است. میانگین سالیانه تغییرات حجم آب زیرزمینی استان البرز از سال آبی ۱۳۷۶-۷۷ تا سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۷۷/۸- متر و در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۵۳/۶- گزارش گردیده است. همچنین، میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی استان از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱، ۱/۰۴- متر و در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۰/۷۲- بوده است.

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره های آب زیرزمینی استان البرز، از مجموع ۶ محدوده مطالعاتی استان، ۵ دشت را به عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب های آشامیدنی و خشک شدن چاه ها، چشمه ها و قنات، بروز پدیده مهاجرت و بحران های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهمترین پیامدهای استفاده بی رویه و افت سطح آب های زیرزمینی در استان البرز

بخش های وسیعی از مرکز و جنوب خاوری استان البرز از اقلیم نیمه خشک و نواحی جنوب و جنوب باختری استان از اقلیم خشک برخوردار است. بر اساس آمارهای موجود، میانگین ارتفاع بارش در استان البرز در ۳۰ سال اخیر، ۳۳۰ میلی متر می باشد.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک سالی های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی ها در مناطق مختلف استان و وجود شرایط بیابانی و کویری در نواحی جنوب باختری استان (همچون جنوب نظرآباد و اشتهارد)، همچنین، محدودیت منابع آب همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی و شرب) شده است. تداوم روند برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح

آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده که احتمال پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر در نظر گرفته شده است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب‌زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنوت‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

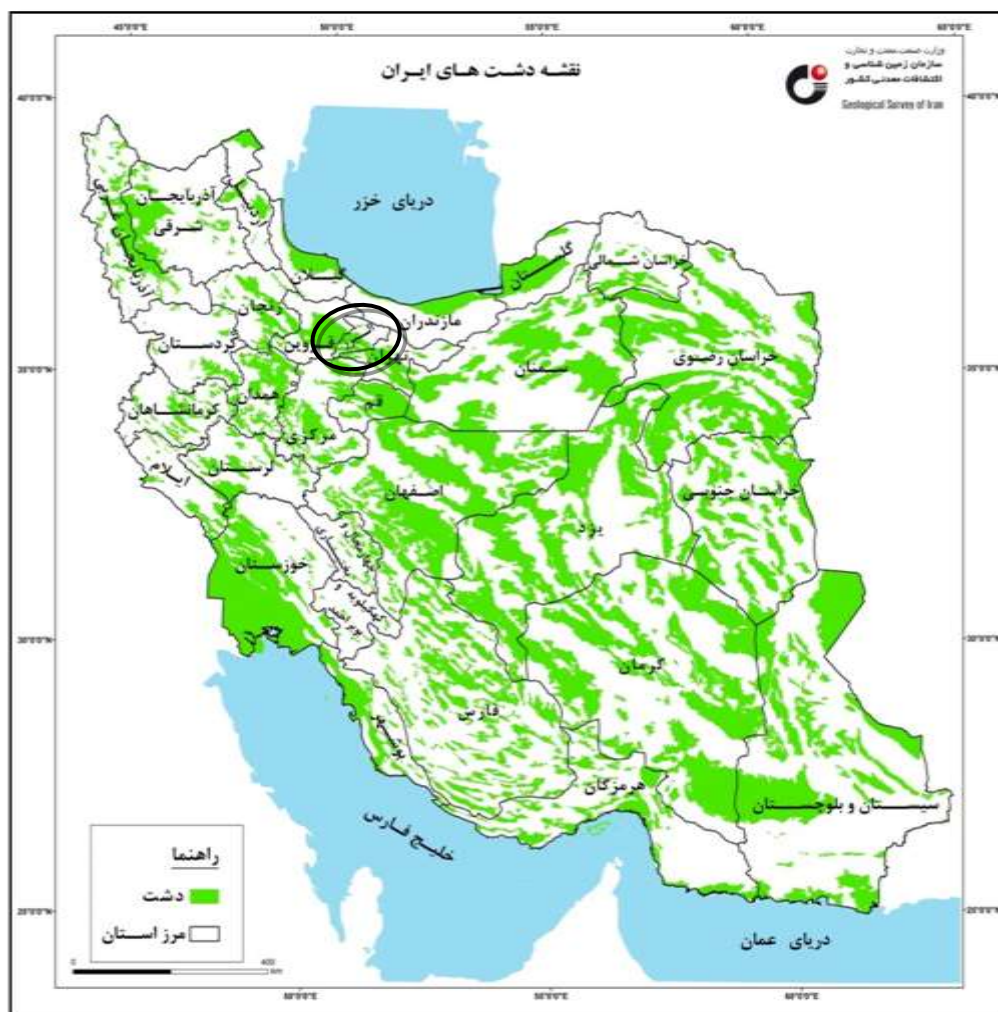
افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان البرز با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان البرز

استان البرز از نظر زمین‌شناسی، دربرگیرنده دو واحد زمین‌ساختی - رسوبی متفاوت بوده؛ به‌طوری‌که بخش شمال‌خاوری استان در زون البرز مرکزی و بخش‌های جنوبی و مرکزی در زون ایران مرکزی واقع شده‌است.

استان البرز از لحاظ ناهمواری‌ها به دو بخش کوهستانی (بیش از دوسوم مساحت استان) و دشت‌ها و اراضی هموار (کمتر از یک‌سوم مساحت استان) تقسیم شده‌است.

دشت‌ها و مناطق مسطح استان البرز از جنوب‌خاور استان آغاز شده و در حدفاصل جاده شهریار، اشتهارد و بزرگراه تهران - قزوین تا باختر نظرآباد امتداد می‌یابد (شکل ۲-۴۳). دشت‌های استان البرز با برخورداری از شیب ملایم، خاک حاصلخیز و دسترسی به سفره‌های آب‌یرزمینی، زمینه مساعدی برای تجمع و فعالیت‌های انسانی به‌وجودآورده‌است. بخش عمده‌ای از این مناطق متشکل از رسوبات آبرفتی و بخش کمی از آن از رسوبات آهکی و نیکل و زمین‌های شورزار (همچون دشت‌های جنوبی استان) تشکیل شده است.



شکل ۲-۴۳) نقشه پراکندگی دشت‌های ایران و موقعیت استان البرز
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

قرارگیری عمده دشت‌های استان البرز (واقع در جنوب‌خاور، مرکز و جنوب‌باختر استان) در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، همچنین، استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، دشت‌های استان البرز را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی می‌تواند منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی دشت‌های استان (همچون دشت‌های نظرآباد و اشتهارد) گردد.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وارد شده است.

در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده‌ها در استان البرز ذکر می‌گردد:

- نشست زمین در دشت نظرآباد

موقعیت و محدوده نشست:

شهرستان نظرآباد در شمال‌باختر شهرستان کرج واقع شده است. محدوده نشست زمین و ترک‌های ایجادشده، اطراف چاه‌های قدیمی کوثر و صالح‌آباد و چاه‌های سیدجمال‌الدین ۳ و بخش تنکمان گزارش گردیده است.

موقعیت زمین‌شناسی:

این محدوده در حدفاصل بین کوه‌های البرز مرکزی در شمال و بخشی از کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر در قسمت جنوب واقع شده است.

گسله‌های اصلی موجود در این محدوده: راندگی شمال تهران و گسله‌های مشاء، طالقان و پشند قسمت شمال شهرستان نظرآباد کوهستانی و پرشیب بوده، اما جنوب آن دارای شیب ملایم و نسبتاً هموار می‌باشد و به شوره‌زارهای اشتهارد منتهی می‌شود. شیب کلی منطقه شمال‌خاوری به جنوب‌باختری است.

سنگ‌شناسی محدوده فرونشست:

شهر نظرآباد بر روی رسوبات جوان آبرفتی دشت هشتگرد که عمدتاً حاصل عملکرد رودخانه کردان می‌باشد، واقع شده است. این رسوبات بیشتر از نوع رسوبات دانه‌ریز بوده، وجود میان‌لایه‌های درشت‌دانه نیز در اعماق مختلف گزارش شده است.

در شمال و جنوب منطقه برونزدهایی از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن مشاهده می‌شود. در شمال محدوده موردبررسی، برونزد آهک‌های دوران اول و دوم دیده می‌شود که امکان توسعه مخازن کارست در آن‌ها محتمل است.

علت تشکیل:

کاهش سطح آب در رسوبات دانه ریز به علت برداشت بیش از حد مجاز از چاه های بهره برداری

موقعیت آب شناسی و زمین شناسی آب:

اقلیم منطقه نظرآباد از نوع نیمه خشک است.

بهره برداری از چاه های موجود در رسوبات آبخوان دشت نظرآباد در مقایسه با رسوبات دانه درشت تر با افت بیشتر آب همراه بوده و به عبارت دیگر، شعاع تأثیر کمتر و شیب مخروط افت بیشتر است. در این شرایط، سرعت جریان آب در اطراف چاه ها بیشتر از سرعت بحرانی می باشد.

سطح خسارت:

- نشست زمین؛
- ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین؛
- شکسته شدن لوله های جدار چاه های آب منطقه نظرآباد؛
- ماسه دهی تقریباً تمامی چاه های آب شهر نظرآباد (انتقال حجم زیاد رسوبات دانه ریز به داخل چاه) و کاهش قابل ملاحظه کیفیت آب شرب شهر و به وجود آوردن مشکلات زیاد در سامانه انتقال آب و پمپ ها
- به دلیل قرارگیری بیشتر چاه ها در محدوده شهر، در صورت وقوع حوادثی چون فروریزش زمین، تخریب و ریزش دیواره چاه ها و یا گسترش ترک ها در اطراف چاه ها، خسارات جانی و مالی بیشتر خواهد بود.

- نشست زمین در شهرک طالقانی اشتهارد

موقعیت و محدوده نشست:

شهرک طالقانی در بخش باختری شهر اشتهارد قرار گرفته است. شهر اشتهارد در ۷۰ کیلومتری باختر شهرستان کرج واقع شده است.

موقعیت زمین شناسی:

عوامل کنترل کننده زمین ریخت شناسی منطقه: عوامل ساختاری، سنگ شناسی، دگرسانی و آب وهوایی محدوده اشتهارد به صورت دشت باریک و کشیده اشتهارد (شیب کلی: جنوب به شمال) است. در ضلع شمالی، نهشته های نئوژن بر روی رسوبات عهد حاضر رانده شده (رانده گی مردآباد) و تاقدیس هایی نیز

قابل مشاهده است و در بخش جنوبی، گسل‌های معکوس و راستالغز فراوانند. در دشت اشتهارد گسل خاوری- باختری اشتهارد قرار دارد که کاملاً جوان بوده و سازوکار آن روونده تا معکوس با مؤلفه امتدادلغز چپگرد است.

شهرک طالقانی بر روی نهشته‌های کواترنری احداث شده است. سنگ کف با دگرشیبی بر روی نهشته‌های رسوبی نئوژن قرار دارد. سنگ‌های نئوژن در مناطق پست و کم ارتفاع مشاهده می‌شوند (ضخامت رسوبات آبرفتی در محدوده نشست‌زمین: ۱۱۰ متر - عمق سنگ کف در محدوده باختری اشتهارد: ۱۲۵ متر).

سنگ‌شناسی محدوده فرونشست:

نهشته‌های کواترنری از واحدهای Q^{t1} (نهشته‌های آبرفتی قدیمی در زمینه‌ای از ماسه و سیلت)، واحد Q^{t2} (نهشته‌های آبرفتی عهدحاضر)، واحد Q^{fp} (معادل واحد Q^{t2} ولی با تراکم بیشتر آبراهه‌ها و حجم بیشتر)، واحد Q^{cu} (زمین‌های کشاورزی و معادل واحد Q^{t2} ولی از عناصر دانه ریز) و واحد Q^{s1} (پهنه نمکی شمال) تشکیل شده است. میزان رس در خاک محدوده موردنظر قابل توجه می‌باشد. جنس سنگ کف نهشته‌های رسوبی پلیوکواترنر: PLQC (کنگلومرای سست با میان لایه‌های ماسه، سیلت و رس) جنس نهشته‌های رسوبی نئوژن: Mmsl (مارن قرمز با میان لایه‌های ژئوپس و نمک، ماسه‌سنگ و سیلتستون سبز و آهک نازک‌لایه)

علت تشکیل:

بهره‌برداری‌های غیرمجاز و به‌تبع آن، نوسانات و کاهش سطح آب‌زیرزمینی

سطح خسارت:

- نشست زمین؛
 - آسیب جدی به ساختمان‌های مسکونی
- ادامه بهره‌برداری‌های غیرمجاز و کاهش سطح آب‌زیرزمینی و تأثیر نهشته‌های پلیوکواترنر زیرین موجب برخورد آب شور و شیرین، فراوانی املاح و کیفیت نامناسب آب‌زیرزمینی در محدوده شهر شده است.

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست‌زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی نشست تدریجی و یا فرونشست ناگهانی زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان البرز

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان البرز، شرایط مساعد زمین‌شناسی، توپوگرافی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی و شرب)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد. از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان البرز با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان البرز، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

● مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به‌خصوص فعالیت‌های دامپروری
- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
- اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - ارزیابی علمی و دقیق محل حفر چاه‌های مجاز به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب توسط گسل‌ها و افزایش بازدهی چاه‌های بهره‌برداری
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت

- تعادل سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
 - احداث سدها و مخازن به منظور تأمین و ذخیره آب های شیرین برای شرب
 - جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع بخشی در سامانه های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
 - بررسی و اجرای طرح های تغذیه ای آبخوان ها در دشت های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب های سطحی به واسطه احداث و بهره برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان ها به وسیله سیلاب های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و اجرای طرح های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده های مطالعاتی دارای برداشت بی رویه آب زیرزمینی
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوت
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - استقرار گروه های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه های اندازه گیری جی پی اس (GPS) در دشت های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ سازی، آموزش همگانی، اطلاع رسانی و افزایش سطح دانش بهره برداران (به منظور چشم پوشی از برخی منافع کوتاه مدت) می توان میزان افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان البرز به حداقل رساند.

➤ ایلام

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان ایلام

در استان ایلام با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۰۱۳۸ کیلومترمربع و ۵۵۷،۵۹۹ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان ایلام، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۳۲۰ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان ایلام، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۹-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان ایلام ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۱۷۹۲ دهنه (حدود ۸۷ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۳۰۲ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۹۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان ایلام را به خود اختصاص داده است.

جدول ۹-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان ایلام در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان ایلام، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
ایلام	۳۱۹/۵	۱۱۴۹ (/۵۶)	۲۷۰/۵۱ (/۸۴/۵)	۶۴۳ (/۳۱)	۳۱/۳ (/۱۰)	۷ (/۰/۵)	۰/۶۴ (/۰/۵)	۲۵۷ (/۱۲/۵)	۱۷/۰۵ (/۰/۵)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان ایلام (در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)، حدود ۷۰ درصد مصارف مختلف آب در شهرهای استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۸۵ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۱۳ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۲ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون

بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب موردتوجه ویژه مسؤولان استانی قرارگیرد.

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان ایلام بوده است. از این‌رو، کاهش آورد آب‌های سطحی در این استان سبب شده تا دشت‌ها در وضعیت نامناسبی قرار بگیرند. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان ایلام، کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان ایلام به‌همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت‌ها را تشدید کرده است. میزان کسری آب مخازن و متوسط سالیانه افت سطح آب‌های زیرزمینی در برخی دشت‌های استان به‌شرح ذیل گزارش گردیده‌است:

- میزان کسری آب مخزن و متوسط سالیانه افت سطح آب زیرزمینی در دشت مهران: حدود ۵ میلیون مترمکعب و ۰/۹ متر
- میزان کسری آب مخزن در دشت دهلران: حدود ۵ میلیون مترمکعب
- میزان کسری آب مخزن و متوسط سالیانه افت سطح آب زیرزمینی در دشت موسیان- آبدانان: حدود ۴ میلیون مترمکعب و ۰/۵۴ متر
- میزان متوسط سالیانه افت سطح آب زیرزمینی در دشت عباس شرقی: حدود ۰/۲۷ متر

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره‌های آب زیرزمینی استان ایلام، از مجموع ۱۳ محدوده مطالعاتی استان، ۴ دشت (بیش از ۳۰ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه (دشت‌های مهران، دهلران و موسیان- آبدانان و نیمه‌شمالی دشت عباس شرقی) در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده‌است.

ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان ایلام

در حدود ۸۵ درصد از مساحت استان ایلام از اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک برخوردار است. بخش وسیعی از دشت‌های مهران، دهلران، موسیان- آبدانان و عباس‌شرقی در نواحی فراخشک و خشک واقع شده‌است. طبق آخرین بررسی‌های به‌عمل آمده، استان ایلام جزء هفت استان اول کشور به‌لحاظ شرایط بحران خشک‌سالی است. براساس آمارهای موجود، میزان بارندگی‌های استان ایلام در سال آبی جاری، ۴۰ درصد کاهش یافته‌است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های شمالی، جنوبی و غربی استان، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۵ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده‌است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۳۰ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین

- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان ایلام با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان ایلام

از نظر جغرافیایی و به‌ویژه زمین‌شناسی ساختمانی، استان ایلام بخشی از ارتفاعات غرب ایران بوده و در بخش زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است. محور چین‌ها در این بخش دارای راستای شمال‌باختر-جنوب‌خاور و به موازات کمربند زاگرس است. ارتفاعات مشرف به دشت مهران، آخرین تاق‌دیس‌های زاگرس چین‌خورده هستند که در حاشیه شرقی فرونشست تکتونیکی بین‌النهرین قرار دارند.

در محدوده استان ایلام، قدیمی‌ترین رخنمون‌های سنگی مربوط به سازند سروک به سن کرتاسه بوده که عمدتاً از سنگ‌های آهکی تشکیل شده است. سنگ‌آهک‌های سازند آسماری، به‌عنوان سنگ مخزن میدان-های نفتی ایلام و مهران، کربنات ستبرلایه‌ای بوده که گاهی تفکیک آن‌ها از کربنات‌های ائوسن سازند شهبازان دشوار است. از زمان میوسن میانی با برقراری رژیم‌های تبخیری-آواری همزمان با کوهزایی، انباشت واحدهای سنگ‌چینه‌ای گروه فارس آغاز گردید. گروه فارس، به‌عنوان گسترده‌ترین واحد سنگ‌چینه‌ای استان ایلام شامل دو سازند گچساران و آغاچاری است، گچساران که سنگ‌پوش میدان‌های نفتی استان را تشکیل می‌دهد، بدون حضور مارن‌های میشان، مستقیماً با انباشته‌های آواری سرخ‌رنگ سازند آغاچاری پوشیده شده است. سازند کنگلومرایی بختیاری یکی از چهره‌سازترین واحدهای سنگ-

چینه‌ای استان ایلام است که گستره‌های وسیعی به‌ویژه بخش محوری ناودیس‌ها را پوشش می‌دهد. سازندهای کواترنر نیز از نوع نهشته‌های آبرفتی جوان بوده که با گستردگی زیاد پوشش رویی دشت‌های استان (مهران، دهلران، دشت عباس) را تشکیل می‌دهند.

نواحی شمال و شمال‌شرق استان ایلام کوهستانی است و نواحی غرب و جنوب‌غربی آن را اراضی پست و کم‌ارتفاع تشکیل داده‌اند. به‌طورکلی، در این استان، دشت‌های کم‌وسعتی وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها، دشت‌های حوزه شهرستان ایلام (شامل دشت‌های ایلام و ایوان) و حوزه شهرستان شیروان - چرداول (شامل دشت‌های شیروان، چرداول و هلیلان) است. دشت‌های دیگر ایتان همچون صالح‌آباد، مهران، محسن‌آباد نصریان، دهلران، موسیان و دشت عباس از نوع دشت‌های آبرفتی و رسوبی کنار رودخانه‌ها محسوب می‌شوند. اغلب این دشت‌ها، خاک رسی با ضخامت زیاد دارند.

در کوهپایه‌ها و نقاط کوهستانی استان ایلام، به‌دلیل محدودیت دشت‌ها، سفره‌های بزرگ و غنی امکان‌شکل‌گیری نداشته است. همچنین، قرارگیری مناطق پست استان ایلام (از جمله دشت‌های دربرگیرنده آبخوان‌ها) در اقلیم خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب‌زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب‌شوند. نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان ایلام با دو چالش اساسی مواجه‌شده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی اراضی استان به‌ویژه دشت‌های ممنوعه استان (همچون دشت مهران) گردیده‌است. همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی از دشت‌های استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است. در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وارد شده است.

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان ایلام

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان ایلام، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان ایلام با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان ایلام، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

● مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به‌خصوص فعالیت‌های دامپروری
- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
- اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب

- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع بخشی در سامانه های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
 - بررسی و اجرای طرح های تغذیه ای آبخوان ها در دشت های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب های سطحی به واسطه احداث و بهره برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان ها به وسیله سیلاب های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
 - بررسی و اجرای طرح های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده های مطالعاتی دارای برداشت بی رویه آب زیرزمینی
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوت
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - استقرار گروه های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه های اندازه گیری جی پی اس (GPS) در دشت های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ سازی، آموزش همگانی، اطلاع رسانی و افزایش سطح دانش بهره برداران (به منظور چشم پوشی از برخی منافع کوتاه مدت) می توان میزان افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان ایلام به حداقل رساند.

➤ بوشهر

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان بوشهر

در استان بوشهر با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۳۱۹۷ کیلومترمربع و ۱,۰۳۲,۹۴۹ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان بوشهر، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۵۱۲ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر، سال آبی ۹۱-۱۳۹۰).

در جدول ۲-۱۰، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان بوشهر ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در مجموع با تعداد ۱۳۱۵۲ دهنه (حدود ۹۸ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۴۶۰ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۹۰ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان بوشهر را به خود اختصاص داده است.

بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر در سال ۱۳۹۱، در محدوده مطالعاتی دالکی-شبانکاره-دشتستان، تعداد ۲۵۸۵ دهنه چاه عمیق و نیمه‌عمیق (حدود ۲۰ درصد از تعداد کل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق استان) و میزان ۱۳۲ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۳۰ درصد از کل تخلیه سالیانه به واسطه برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق استان) به ثبت رسیده است.

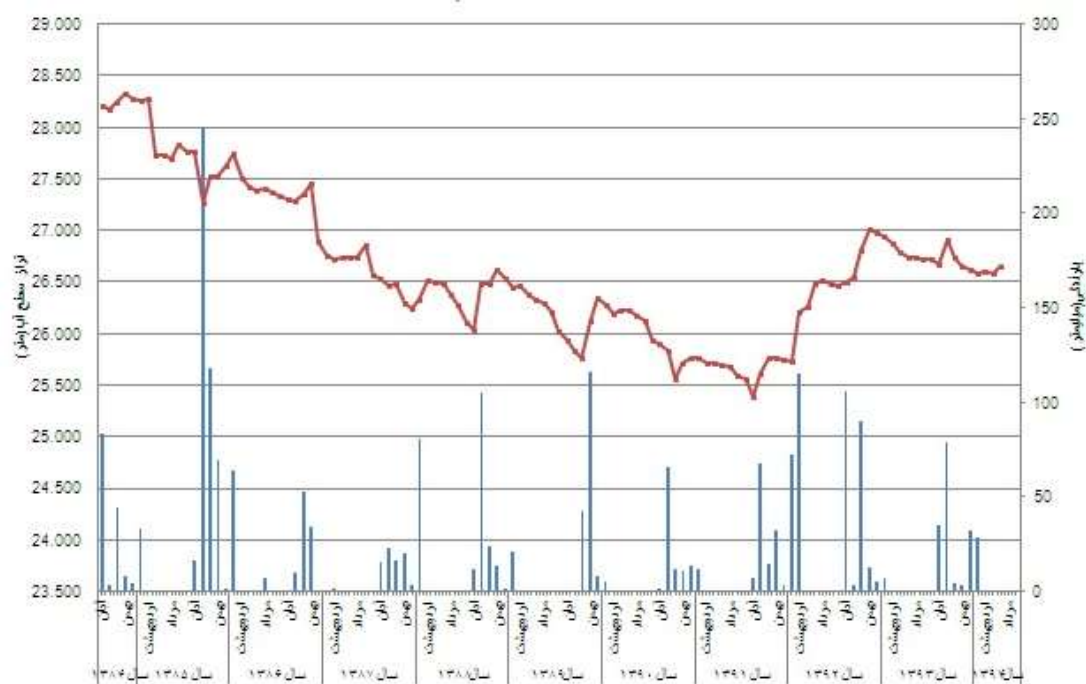
جدول ۲-۱۰) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان بوشهر در سال آبی ۹۱-۱۳۹۰
(میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان بوشهر، ۱۳۹۱)

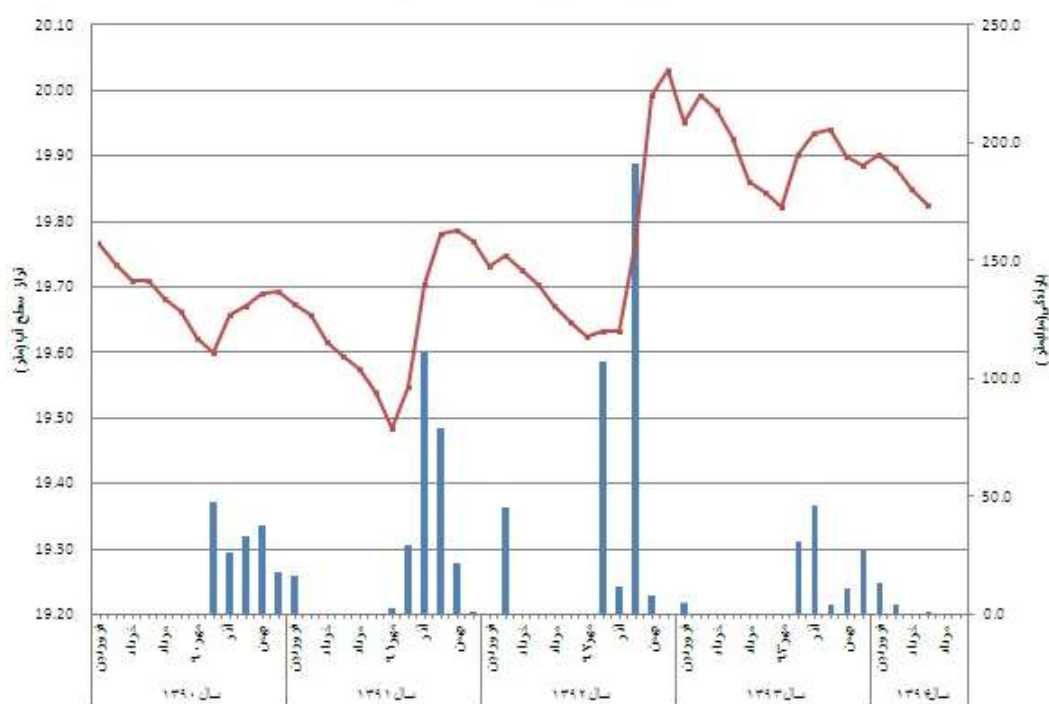
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه‌عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
بوشهر	۵۱۱/۷۱	۱۳۵۲ (/۱۰)	۱۱۰/۴۱ (/۲۲)	۱۱۸۰۰ (/۸۸)	۳۴۹/۸۶ (/۶۸)	۴۹ (/۰/۵)	۱۱/۰۵ (/۲)	۱۸۰ (/۱/۵)	۴۰/۳۹ (/۸)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر، در حال حاضر، حدود ۵۷ درصد مصارف آب استان از سفره‌های آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۹۳ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۴ درصد در بخش شرب و حدود ۳ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

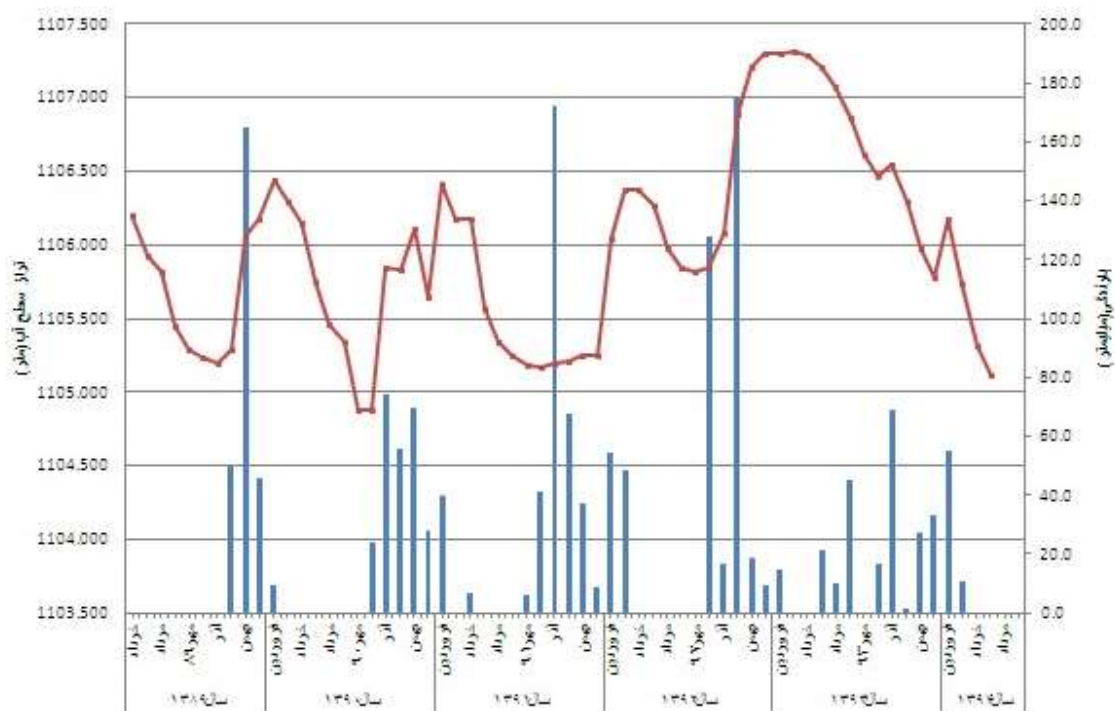
کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان بوشهر بوده است. از این‌رو، کاهش آورد آب‌های سطحی در این استان سبب شده تا دشت‌ها در وضعیت نامناسبی قرار بگیرند. بر اساس گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان بوشهر، متوسط کسری مخازن دشت‌ها بیش از ۱۵۰ میلیون مترمکعب (بیلان منفی آب‌های زیرزمینی استان به‌طور سالیانه حدود ۳۰ میلیون مترمکعب تخمین زده شده است) می‌باشد. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان بوشهر، بیش از یک متر در سال بوده که نرخ آن هر ساله در حال افزایش می‌باشد (نمودار ۲-۱۹).



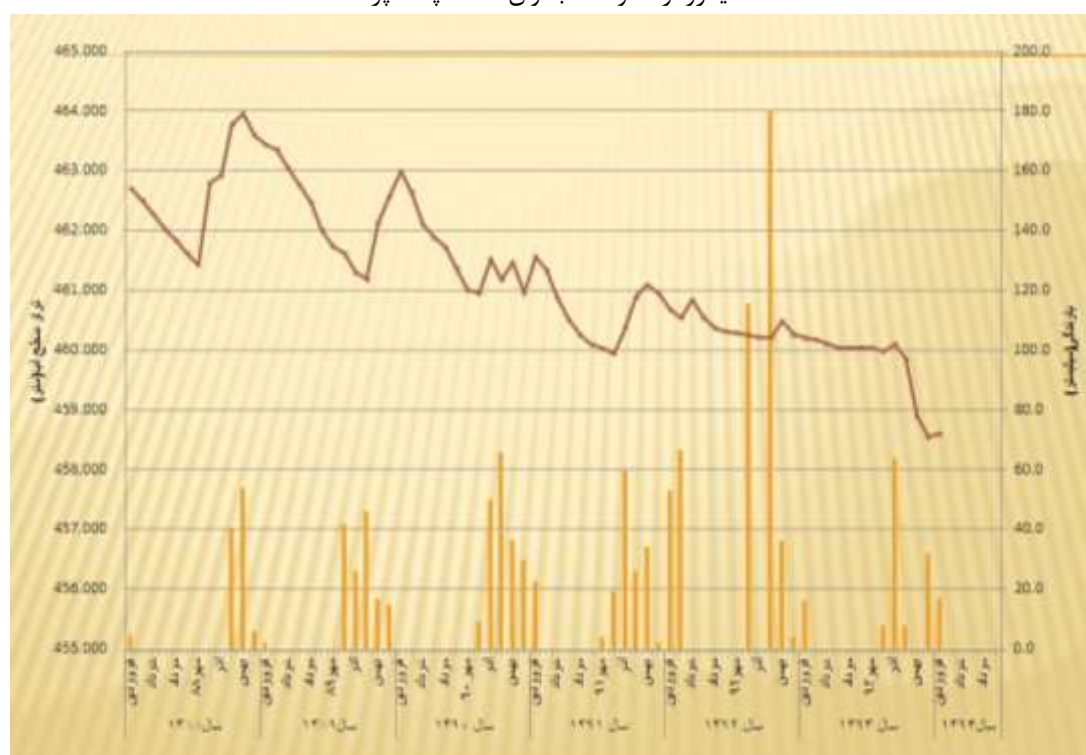
هیدروگراف واحد آبخوان دشت چاهگاه



هیدروگراف واحد آبخوان دشت گناوه



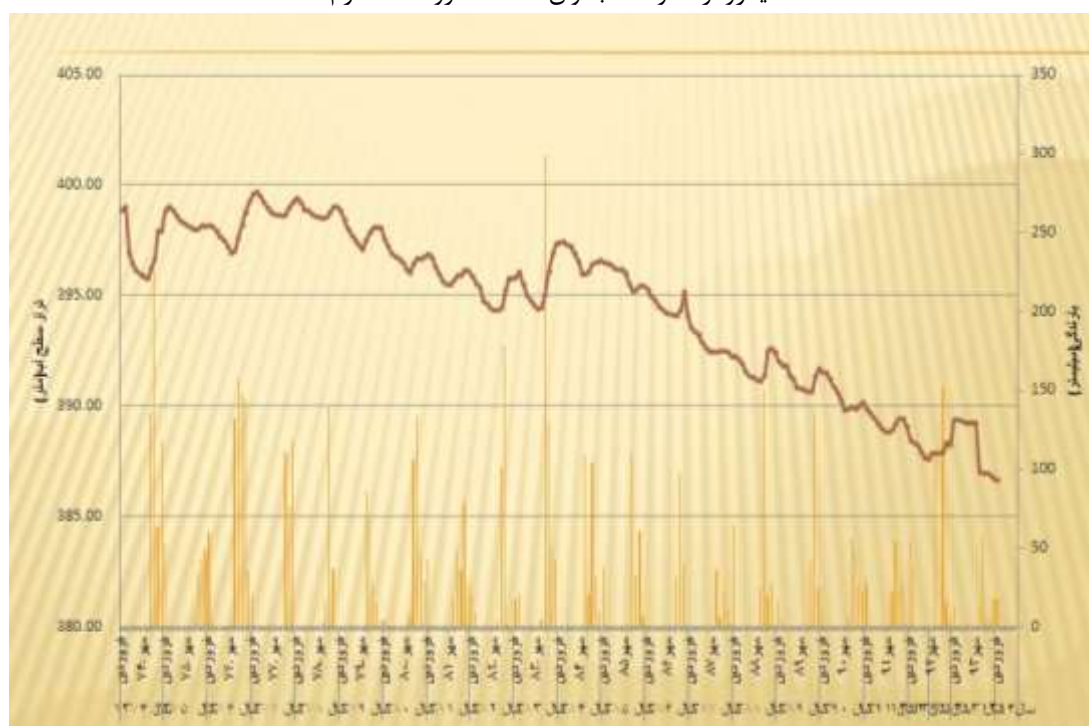
هیدروگراف واحد آبخوان دشت پست‌پر



هیدروگراف واحد آبخوان دشت خون



هیدروگراف واحد آبخوان دشت دهرود- تنگارم



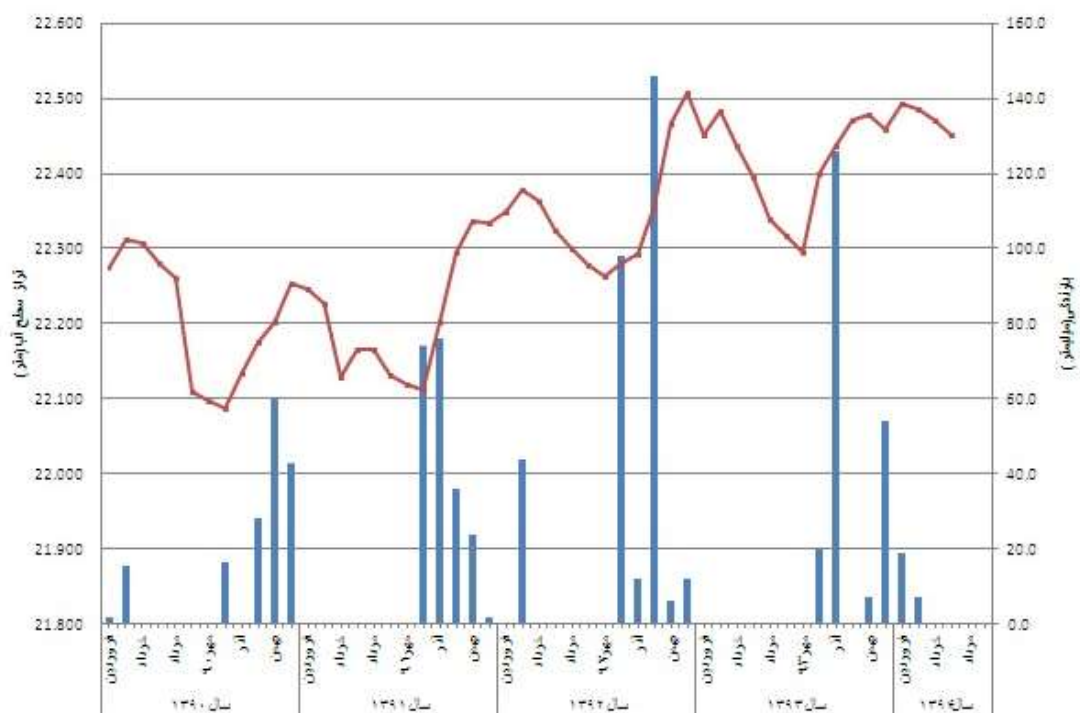
هیدروگراف واحد آبخوان دشت طلحه- فاریاب- کلمه



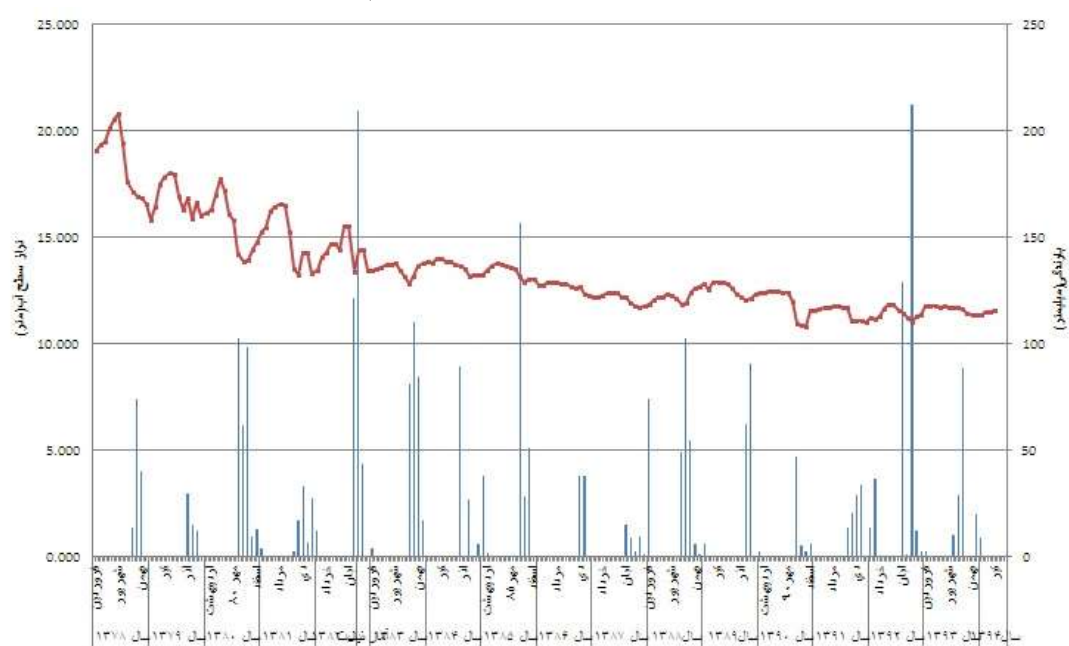
هیدروگراف واحد آبخوان دشت بوشکان



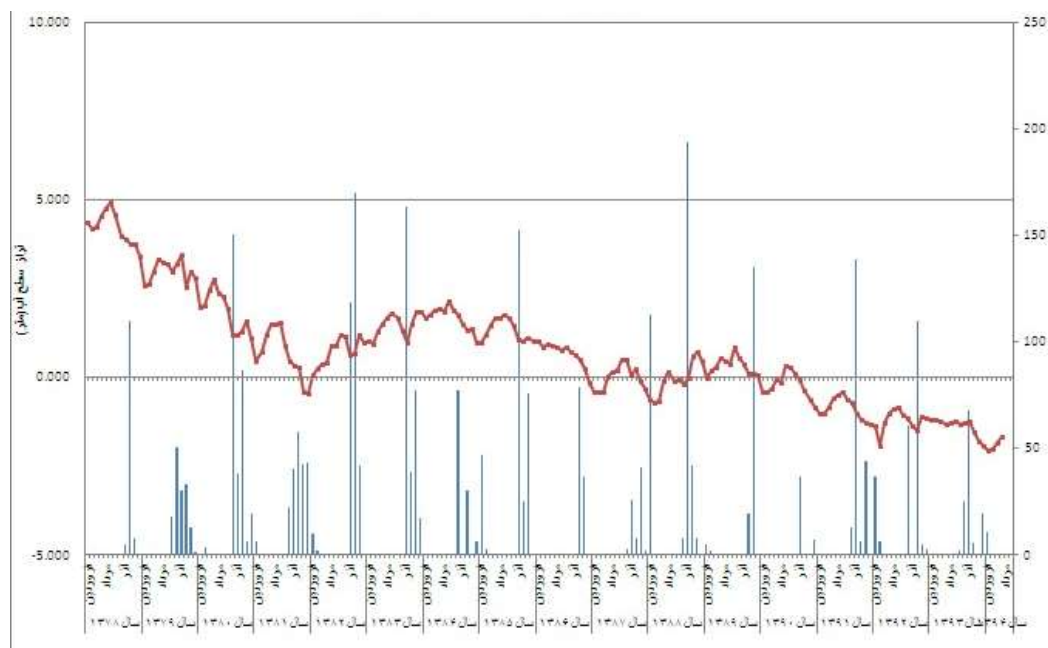
هیدروگراف واحد آبخوان دشت مند



هیدروگراف واحد آبخوان دشت دیلم



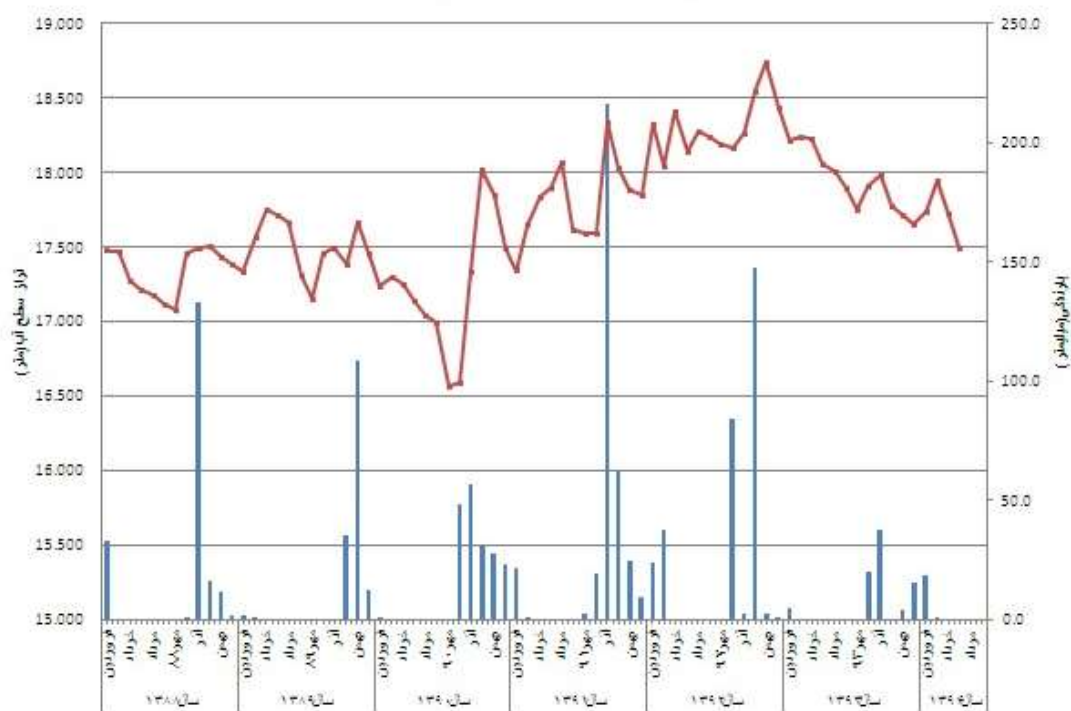
هیدروگراف واحد آبخوان دشت آبدان



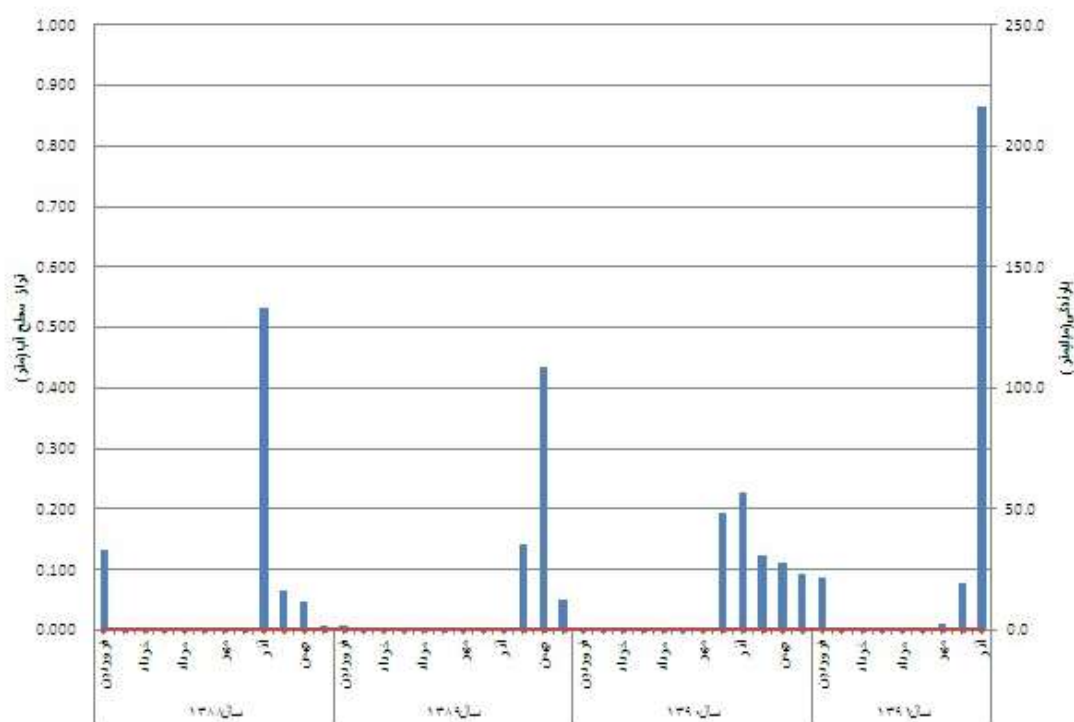
هیدروگراف واحد آبخوان دشت دیر- کنگان



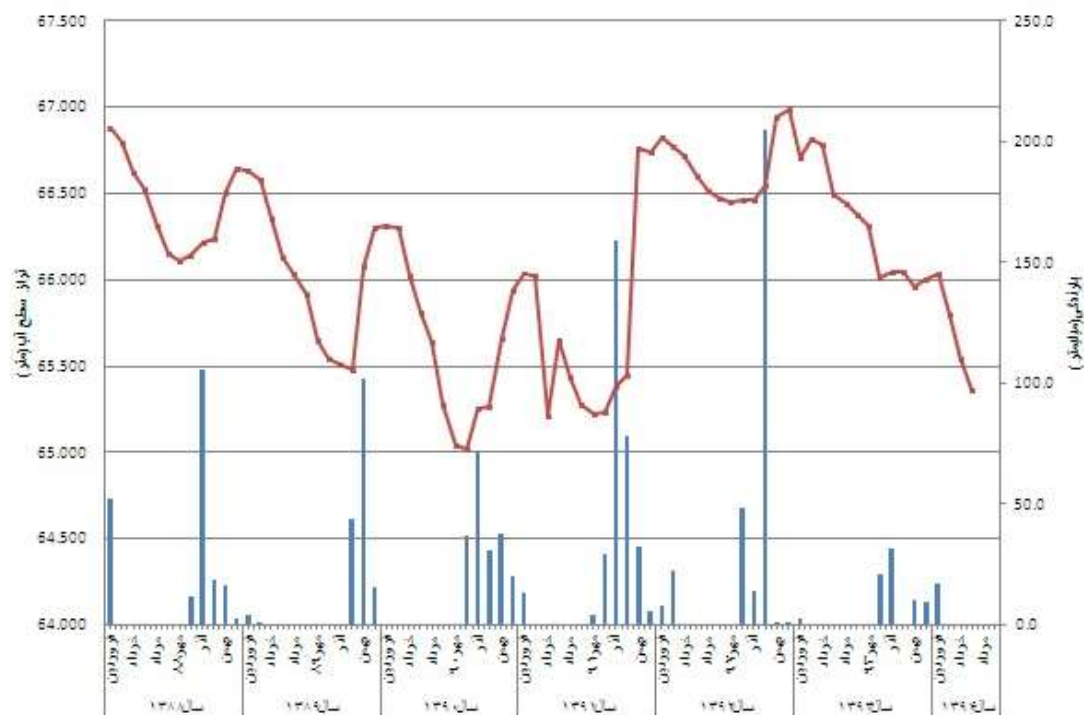
هیدروگراف واحد آبخوان دشت پلنگ



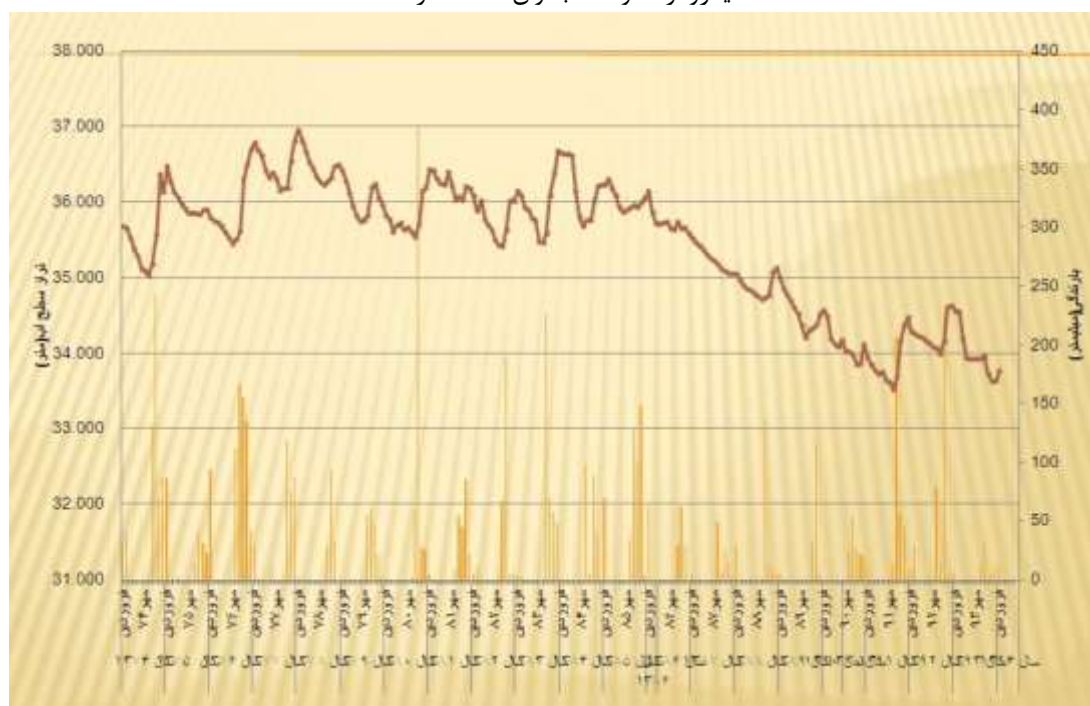
هیدروگراف واحد آبخوان دشت آبپخش



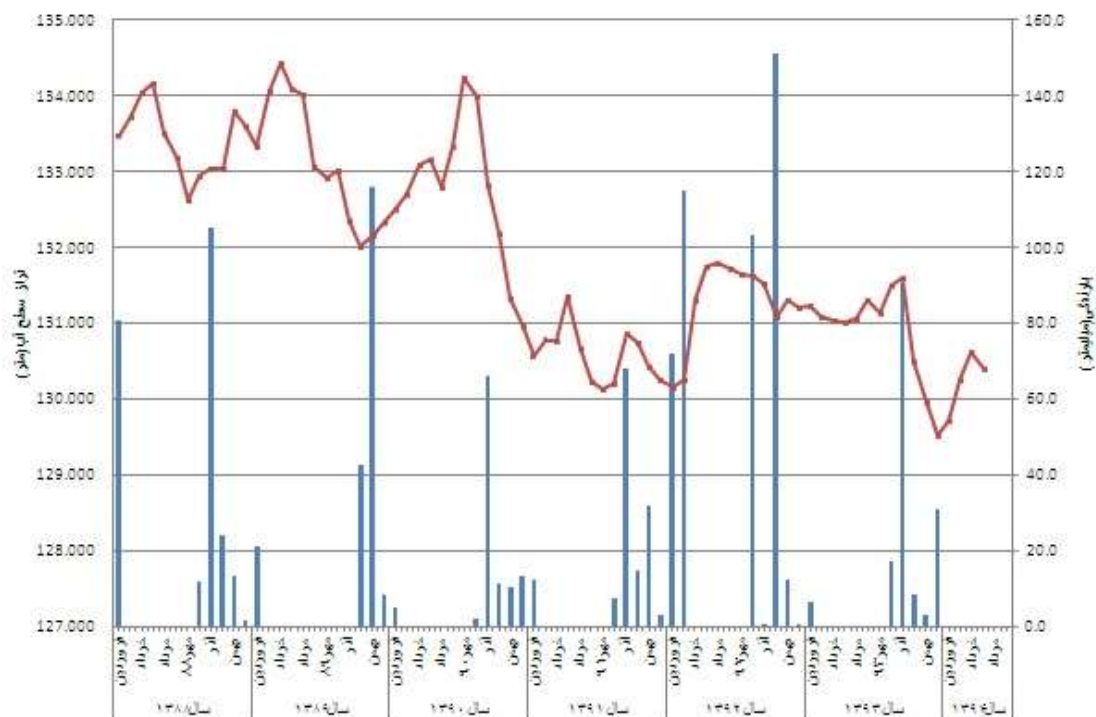
هیدروگراف واحد آبخوان دشت دالکی و شبانکاره



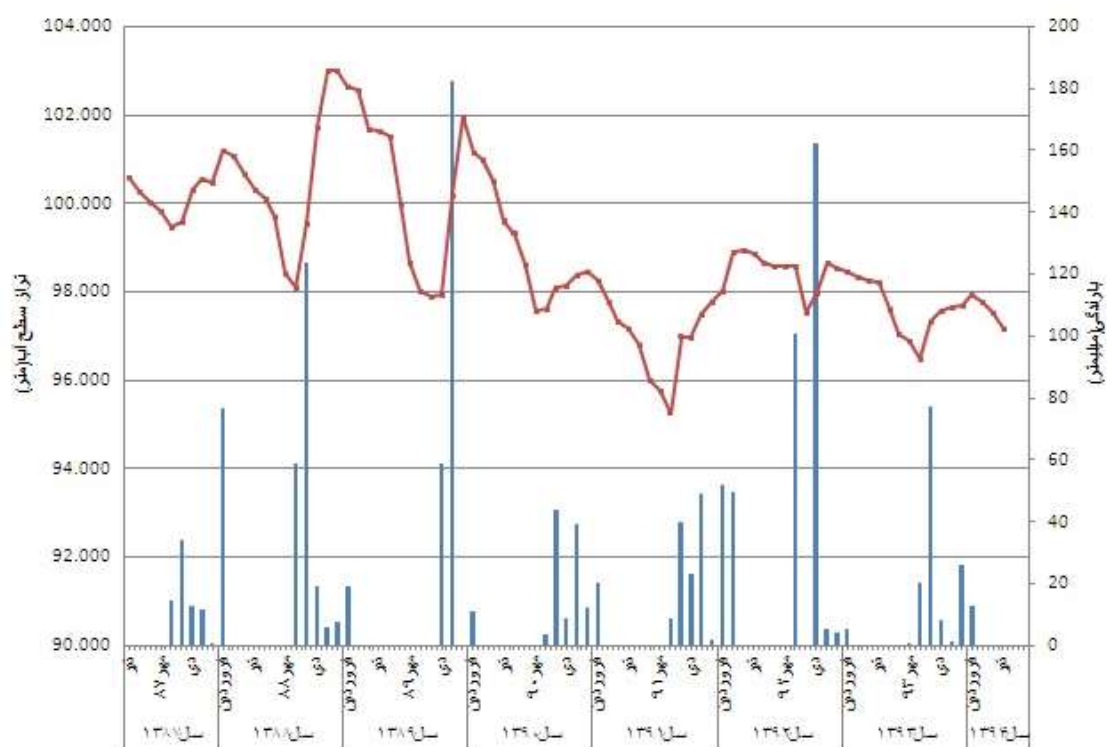
هیدروگراف واحد آبخوان دشت سرقنات



هیدروگراف واحد آبخوان دشت برازجان



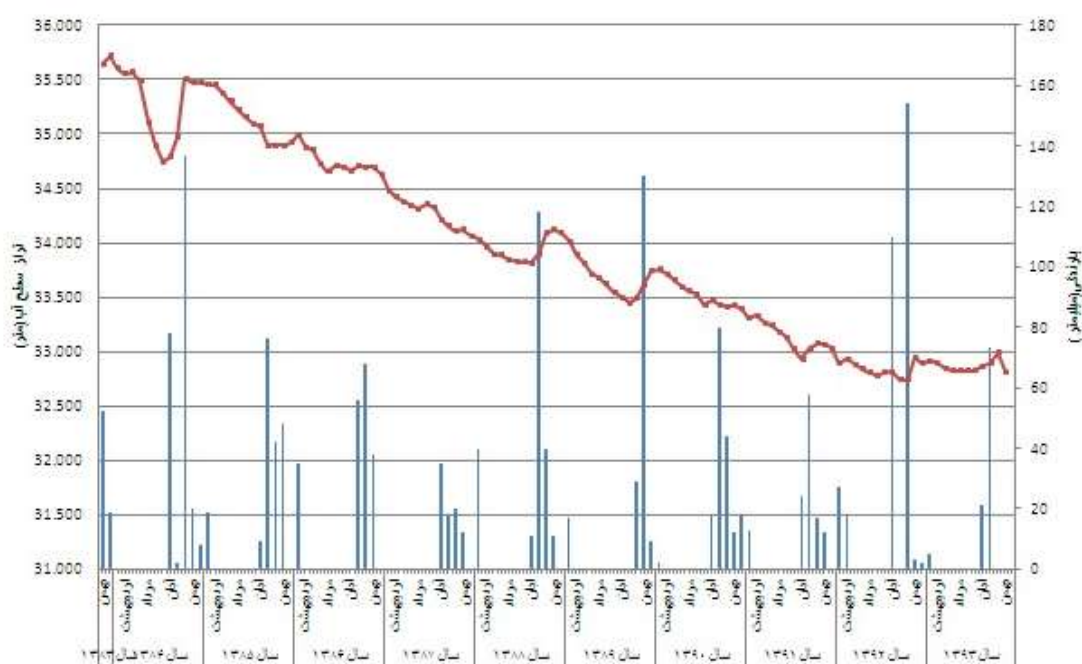
هیدروگراف واحد آبخوان دشت لاور



هیدروگراف واحد آبخوان دشت باغان



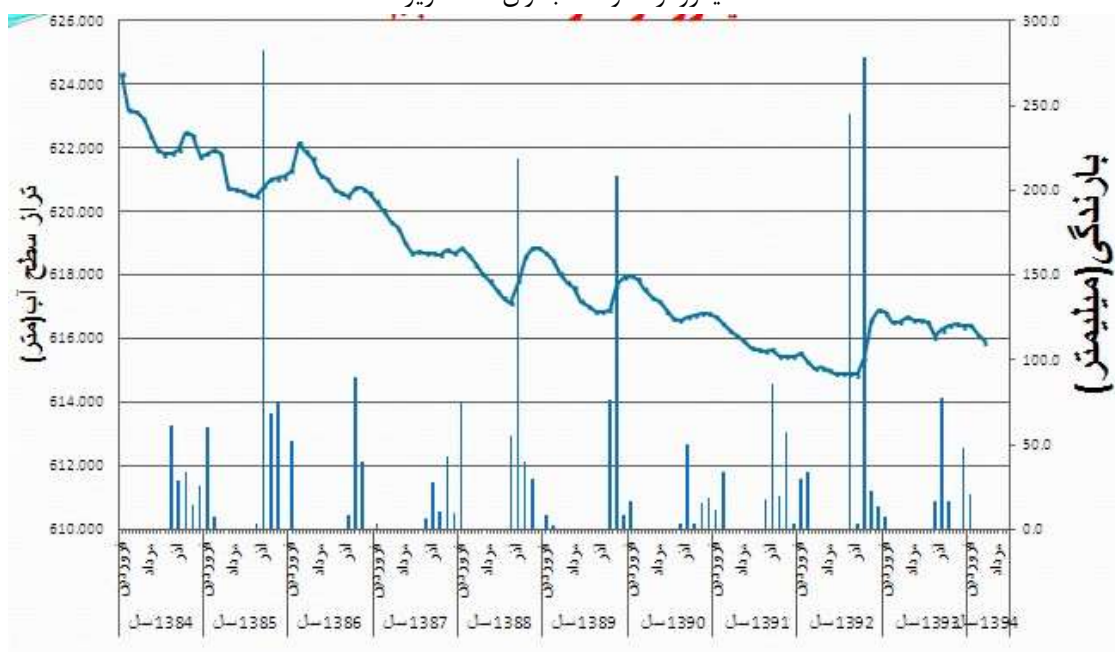
هیدروگراف واحد آبخوان دشت گور



هیدروگراف واحد آبخوان دشت اهرم



هیدروگراف واحد آبخوان دشت ریز



هیدروگراف واحد آبخوان دشت جم

نمودار ۲-۱۹) هیدروگراف واحد آبخوان دشت‌های استان بوشهر (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۴)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر، ۱۳۹۴)

کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان به‌همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت‌ها را تشدید کرده است. چنان‌که از هیدروگراف‌های نمودار ۲-۱۹ مشخص می‌باشد، میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت جم (واقع در شهرستان جم) در یک دوره ۱۰ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۸۴)، حدود ۱۰ متر، دشت ریز (واقع در شهرستان جم) در یک دوره ۱۰ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۸۴)، حدود ۱۲ متر، دشت پلنگ (واقع در شهرستان دشتی) در یک دوره ۱۰ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۸۴)، حدود ۱۰ متر، دشت آبدان (واقع در شهرستان دیر) در یک دوره ۱۶ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۷۸)، حدود ۷ متر، دشت بوشکان (واقع در شهرستان دشتستان) در یک دوره ۱۶ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۷۸)، حدود ۲۰ متر، دشت طلحه- فاریاب- کلمه (واقع در شهرستان دشتستان) در یک دوره ۲۰ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۷۴)، حدود ۱۲ متر و دشت دهرود- تنگ‌ارم (واقع در شهرستان دشتستان) در یک دوره ۷ ساله (سال‌های آبی ۹۴-۱۳۸۷)، حدود ۱۰ متر گزارش گردیده است.

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد سفره‌های آب زیرزمینی استان بوشهر، در سال ۱۳۹۴، از مجموع ۳۰ دشت استان، ۲۴ دشت (حدود ۸۰ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه (همچون دشت‌های ممنوعه شهرستان دشتستان) و از این تعداد، ۱۴ دشت را دارای شرایط ممنوعه بحرانی (همچون دشت‌های فوق بحرانی شهرستان جم) در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده است. همچنین، ۶ دشت دیگر استان نیز در آستانه ممنوعه شدن قرار گرفته است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربناهای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک شدن چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان بوشهر

استان بوشهر با ۲۳۱۹۷ کیلومتر مربع مساحت، از اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک در سرتاسر استان برخوردار است. شهرستان‌های دیلم، گناوه، بوشهر، دشتی، دیر، تنگستان و جم در ناحیه خشک قرار می‌گیرند. بخشی از نواحی شهرستان‌های دشتی و دیلم در ناحیه نیمه‌خشک واقع شده است. شهرستان کنگان نیز دارای اقلیم فراخشک می‌باشد. بر اساس آمارهای موجود، میزان بارندگی‌های استان بوشهر طی سال آبی ۱۳۹۳، ۴۷ تا ۵۰ درصد کاهش یافته است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف استان، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۳ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۸۰ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان بوشهر با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان بوشهر

استان بوشهر از نظر سیمای ظاهری ناهمواری‌ها، به دو بخش جلگه‌ای و کوهستانی تقسیم می‌شود. بخش وسیعی از استان بوشهر در ناحیه کوهستانی زاگرس (واحد زمین‌شناسی - ساختاری زاگرس چین‌خورده) قرار دارد. این ناهمواری‌ها به تبعیت از روند اصلی زاگرس، دارای جهت شمال‌باختری - جنوب‌خاوری می‌باشد و از ویژگی‌های زمین‌شناسی و ساختاری این زون تبعیت می‌کند. ناهمواری‌های استان بوشهر در دوره ترشیاری به وجود آمده و عوامل مختلفی در پیدایش و تغییر شکل آن‌ها نقش داشته‌اند. از علل اصلی تشکیل چین‌خوردگی‌ها، برخورد صفحات زمین‌ساختی عربستان و ایران بوده و در ادامه، عوامل فرسایشی در تعیین ریخت نهایی زاگرس بوشهر مؤثر بوده‌اند. جنس واحدهای سنگی رشته‌کوه‌های استان، اغلب کربناته و تبخیری می‌باشد.

بخش جلگه‌ای استان بوشهر که حاصل رسوب‌گذاری رودهای استان می‌باشد، به صورت نواری کم‌عرض در امتداد خلیج فارس از شمال و شمال‌باختری در ناحیه دیلم به سوی جنوب و جنوب‌خاوری تا دره مند کشیده شده است.

اراضی شمالی استان بوشهر به سوی فلات داخلی در برخی نقاط تقریباً سنگلاخی می‌باشد. اراضی جنوبی استان دارای خاک‌های عمیق‌تر و رسوبات قدیمی‌تر بوده که جنس آن‌ها شن و رس تشخیص داده شده است. اغلب خاک‌های این منطقه از نوع خاک‌های ناپایدار، خاک‌های رسوبی، خاک‌های شور و یا خاک‌های قلیایی می‌باشند که در بعضی نقاط با مارن‌های گچ و نمک همراه است.

قرارگیری مناطق پست استان بوشهر (از جمله دشت‌های دربرگیرنده آبخوان‌ها) در اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب‌زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان بوشهر با دو چالش اساسی

مواجهه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین می‌گردد. چنان‌که بسیاری از دشت‌های استان (به‌ویژه دشت‌های جم، ریز، دهرود، تنگ‌ارم و پلنگ) مستعد نشست زمین می‌باشند. در اثر بروز این پدیده، احتمال آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات عظیم، زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وجود خواهد داشت.

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان بوشهر

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان بوشهر، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به‌معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان بوشهر با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

• سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان بوشهر، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

• مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذرهای اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده

- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری

- اجرای زهکش زیرزمینی

• کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به عنوان مناطق ممنوعه و ممنوعه بحرانی

- عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری

- پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند

- جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز

- خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی

- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمتمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- اجرای طرح‌های نمک‌زدایی آب دریا برای مصارف شهری
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- بررسی و اجرای طرح‌های تأمین و انتقال آب از خلیج فارس و منابع آبی داخل یا خارج استان (استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد) به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- بررسی و اجرای طرح‌های ایجاد برودت، تولید ابر و باران‌زایی از طریق فناوری‌های نوین به‌عنوان راهکارهای تولید آب
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی

- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بهرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان بوشهر به‌حداقل رساند.

➤ تهران

تعیین و ارزیابی خطرپذیری فرونشست زمین در استان تهران

شناسایی خطر ناشی از فرونشست زمین با در نظر گرفتن ویژگی مکانی و معیارهای خطرپذیری امکان پذیر می باشد. همچنین، میزان آسیب پذیری در مواجهه با این خطر، با دو عامل "در معرض خطر بودن" و "ظرفیت مقابله" ارزیابی می گردد. اجزای در معرض خطر به زیرساخت ها، جمعیت و مناطق طبیعی موجود در ناحیه تحت تأثیر خطر مربوط شده و برای ارزیابی ظرفیت های موجود در جامعه در راستای کاهش پیامدهای منفی ناشی از خطر فرونشست زمین، از شاخص "ظرفیت مقابله" بهره گرفته می شود.

عوامل مؤثر در وقوع و تشدید خطر فرونشست زمین در استان تهران

با بررسی مطالعات صورت گرفته در نواحی مستعد این پدیده در استان تهران مشخص گردیده است که عمده رخدادهای فرونشست زمین، در اثر افت شدید سطح ایستابی ناشی از برداشت بیش از حدمجاز از منابع آب زیرزمینی می باشد. این پدیده به طور مستقیم و غیرمستقیم بر جمعیت های انسانی و طبیعت اثر می گذارد.

"به طور کلی نشست زمین ناشی از برداشت زیاد آب های زیرزمینی به تحکیم رسوبات نسبت داده می شود. تحکیم نتیجه افزایش تنش مؤثر می باشد. فشار کل در نهشته های اشباع یا کمی اشباع توسط ساختمان دانه ها و آب منفذی تحمل می شود. برداشت آب زیرزمینی (به واسطه زهکشی آب از حفرات) منجر به کاهش فشار آب منفذی و انتقال تدریجی تنش از آب منفذی به دانه ها می گردد. کاهش فشار آب منفذی بلافاصله با خروج سیال حاصل نمی شود، بلکه با فاصله ای زمانی نسبت به برداشت روی می دهد. علاوه بر افزایش فشار، ضخامت و تراکم پذیری نهشته و طول زمان بارگذاری و درجه و نوع تنش اعمال شده نیز در نشست زمین مؤثر است."

از جمله عوامل مؤثر دیگر در ایجاد پدیده نشست، تغییر کاربری زمین، احداث، بهره برداری و یا بارگذاری سازه های مهندسی و زهکشی خاک های آلی می باشند. همچنین، شرایطی همچون فرایندهای زمین ساختی

رخداده در منطقه، بارندگی، وجود عوارض توپوگرافی، نفوذ ریزش‌ها و وجود لایه‌های نامقاوم در تشکیلات رسوبی زیرین، منجر به توسعه پدیده‌های فرونشستی در استان شده است.

همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، شناسایی خطر ناشی از فرونشست‌زمین با در نظر گرفتن ویژگی مکانی و معیارهای خطرپذیری امکان‌پذیر می‌باشد. از این رو، با توجه به افزایش میزان برداشت از منابع آب‌زیرزمینی و در پی آن افت سطح آبخوان‌ها که به‌عنوان یک عامل مهم برای وقوع فرونشست‌زمین مطرح است، ضروری می‌باشد، وضعیت منابع آب‌زیرزمینی استان بررسی شود.

وضعیت منابع آب‌زیرزمینی در استان تهران

هدف از بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی استان تهران، مکان‌یابی آبخوان‌های دارای تداوم افت سالیانه سطح آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق دارای احتمال خطر فرونشست‌زمین در استان می‌باشد. به‌طور کلی داده‌ها و اطلاعات تولید شده‌ای که به‌منظور بررسی وضعیت منابع آب‌زیرزمینی با هدف تعیین مناطق با خطرپذیری بالای فرونشست‌زمین - ناشی از بهره‌برداری بیش از حدمجاز منابع آب‌زیرزمینی - در استان تهران به‌کار گرفته شده است، به‌شرح زیر می‌باشند:

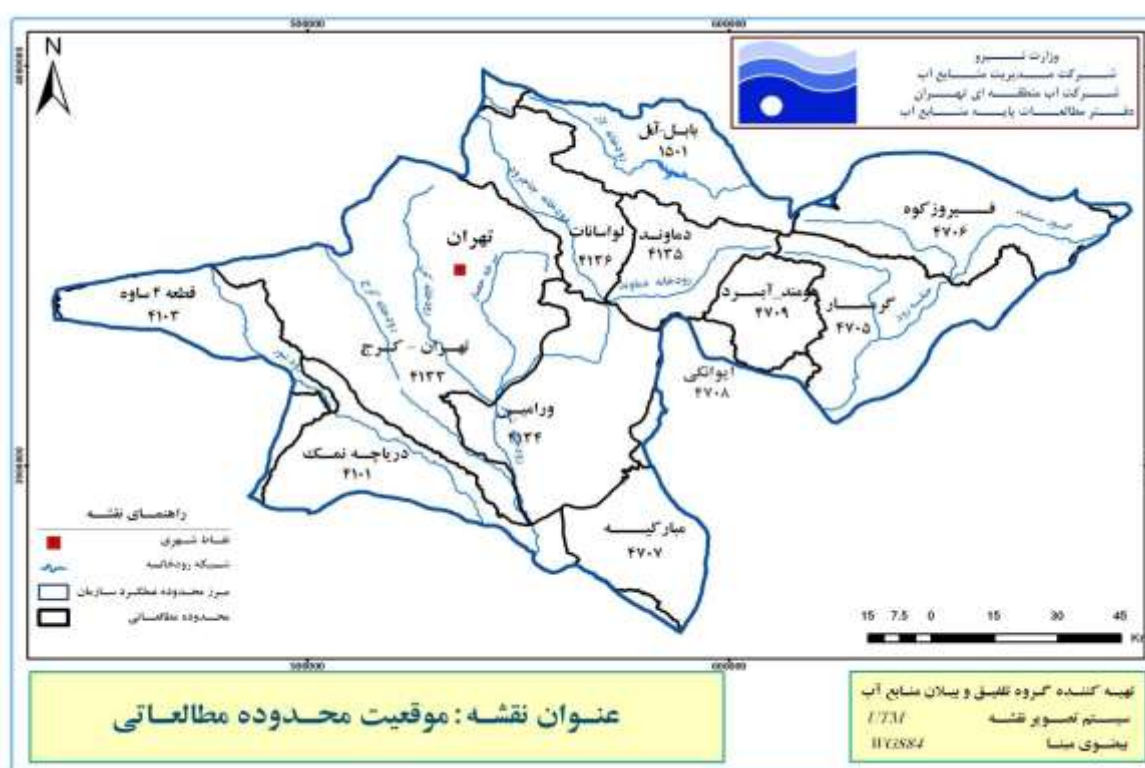
• محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و به‌تبع آن، رشد بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی، بسیاری از آبخوان‌های کشور با مشکل افت سطح ایستابی و کاهش ذخیره مواجه می‌باشند. به‌منظور بررسی آبخوان‌ها، شرح اجمالی از حوزه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌های آبریز ذکر می‌گردد:

"حوضه آبریز با توجه به ریخت‌شناسی و وضعیت توپوگرافی و پستی و بلندی‌های سطح زمین و جهت حرکت نهایی ریزش‌های جوی تعریف می‌شود. سطح کشور به ۶ حوضه آبریز اصلی، ۳۰ حوضه آبریز فرعی (درجه ۲) و حدود ۶۰۹ محدوده مطالعاتی حوزه‌های آبریز تقسیم‌بندی می‌شود. محدوده مطالعاتی، کوچکترین واحد هیدرولوژیکی حوزه‌های آبریز بوده که هر محدوده شامل ارتفاعات و دشت است. هر محدوده مطالعاتی می‌تواند دارای یک یا چند آبخوان باشد که

براساس خصوصیات لایه‌های زمین‌شناسی، تغییرات شکل سنگ کف و وجود موانع زیرزمینی ایجاد می‌گردند."

حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای استان تهران شامل محدوده‌های مطالعاتی تهران-کرج، ورامین، لواسانات، دماوند، هومند-آبسر، فیروزکوه و قطعه‌چهار ساوه و بخش‌هایی از محدوده‌های مطالعاتی خشک‌رود، دریاچه‌نمک، گرمسار، سرخه، مبارکیه، ایوانکی، بابل-آمل و قائم‌شهر-جویبار می‌گردد (شکل ۲-۴۴ و جدول ۲-۱۱).



شکل ۲-۴۴) موقعیت محدوده‌های مطالعاتی واقع در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۳)

جدول ۲-۱۱) مشخصات محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۳)

ردیف	محدوده مطالعاتی		وسعت (کیلومتر مربع)				
			ارتفاعات	جمع کل	دشت		
	نام	کد			آبخوان آبرفتی	مابقی	جمع کل
۱	قطعه چهار ساوه	۴۱۰۳	۲۲۲	۱۶۸	۳۹۰	۹۰۸,۳	۱۲۹۸,۳
۲	تهران-کرج	۴۱۳۳	۲۴۰۸	۱۶۴	۲۵۷۲	۲۵۱۵,۹	۵۰۸۷,۹
۳	ورامین	۴۱۳۴	۱۰۴۲	۴۸	۱۰۹۰	۵۵۲,۲	۱۶۴۲,۲
۴	دماوند	۴۱۳۵	۳۱	۱۹	۵۰	۷۰۷,۸	۷۵۷,۸
۵	لواسانات	۴۱۳۶	-	-	-	۹۸۷	۹۸۷
۶	فیروزکوه	۴۷۰۶	۱۰۲	۴۵	۱۴۷	۱۵۰۴,۴	۱۶۵۱,۴
۷	مبارکیه	۴۷۰۷	۲۹۴	۱۱۴۰	۱۴۳۴	۱۵۹۵,۷	۳۰۲۹,۷
۸	هومند-آب سرد	۴۷۰۹	۸۲	۲۲	۱۰۴	۴۶۲,۷	۵۶۶,۷

• واحدهای زمین‌شناسی شامل رسوبات آبرفتی کواترنری - پلیوسن استان تهران

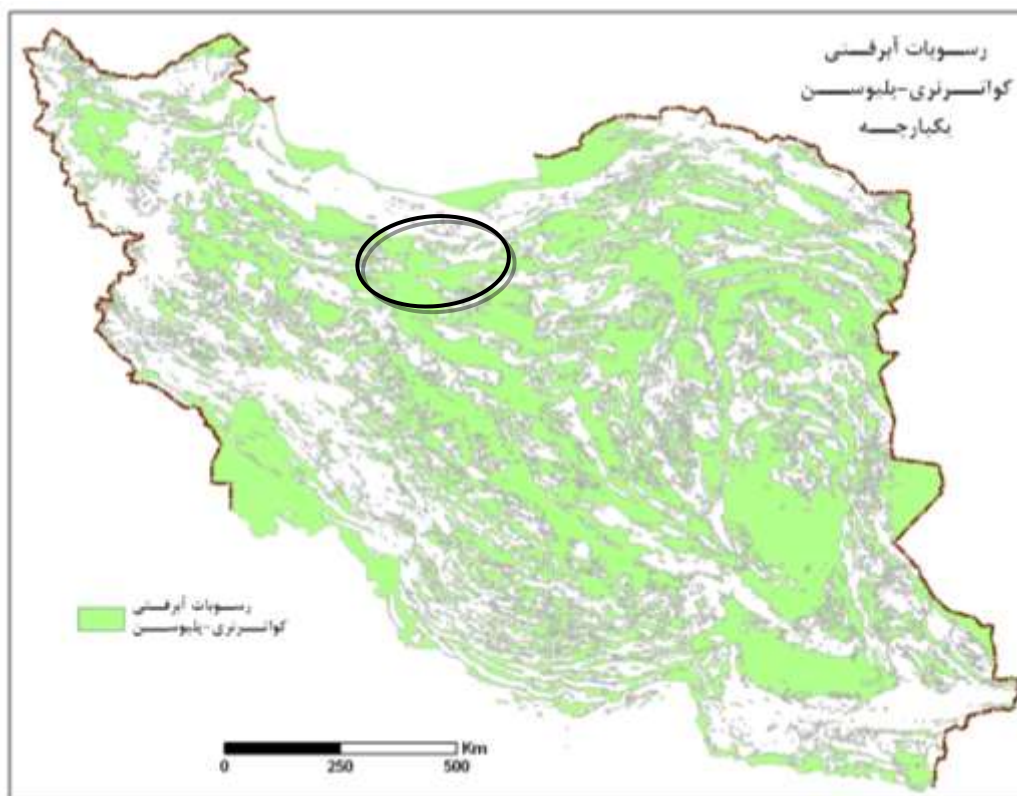
استان تهران در شمال زون زمین‌شناختی ایران مرکزی و مجاور ارتفاعات چین‌خورده البرز قرار گرفته است. این منطقه بخشی از سیستم فعال و متحرک آلپ- هیمالیا می‌باشد. فشارهای زمین‌ساختی، دگرشکلی‌ها و جابه‌جایی‌های مختلف، در حال حاضر، تعیین‌کننده فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی منطقه می‌باشد. به‌طور کلی، چهار واحد زمین‌شناسی، شامل البرز مرتفع، چین‌های کناری البرز، گستره کوهپایه و فرونشست شمال ایران مرکزی در استان تهران قابل تفکیک است:

- البرز مرتفع، مرتفع‌ترین نواحی استان و رشته‌کوه البرز را شامل شده و دربرگیرنده واحدهای سنگی پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است. این واحد به‌علت دارا بودن گسل‌های فعال و لرزه‌زای زیاد و انشعاب گسل رورانده شمال تهران، اهمیت زیادی دارد. البرز مرتفع، به‌واسطه گسل فعال و لرزه‌ای مشا- فشم- آبیگ، بر روی چین‌های کناری البرز به‌سمت جنوب رانده شده است.
- چین‌های کناری البرز، عمدتاً از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن (سازند توفی کرج) تشکیل شده است. این پهنه توسط راندگی مشا- فشم- آبیگ از البرز مرتفع جدا شده و به‌واسطه راندگی شمال تهران در شمال گستره کوهپایه تهران قرار دارد. رودخانه‌های متعددی که از این بخش سرچشمه می‌گیرند، نقش مهمی در حاصلخیزی نواحی پایین‌دست ایفا می‌کنند.

- کوهپایه، در فرونشست‌های پای رشته‌کوه البرز و برروی نهشته‌های آبرفتی حاصل از فرسایش البرز واقع شده است.
- فرونشست شمال ایران مرکزی، از آبرفت‌های جوان و سخت‌نشده دوران چهارم تشکیل شده‌اند. دشت‌های تهران-کرج و فرونشست‌های ری و کهریزک از مهمترین پهنه‌های این گستره محسوب می‌شوند.

به‌منظور بررسی خطر فرونشست‌زمین در استان تهران، با توجه به حساسیت بیشتر نهشته‌های رسوبی دشت‌ها نسبت به افت سطح آب‌های زیرزمینی، رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن (به‌صورت واحدهای زمین‌شناسی یکپارچه) برای استان تهران لحاظ شده‌است (شکل ۲-۴۵).

در زمین‌شناسی ایران، به‌طورمعمول سنگ‌ها و نهشته‌های پس از سازندهای کنگلومرایی پلیوسن- پلیستوسن (هزاردره، بختیاری) را به‌سن کواترنری دانسته‌اند که به‌طور دگرشیب (به‌جزء در سواحل جنوبی دریای خزر) سنگ‌های کهن‌تر را می‌پوشاند و در بین آن‌ها، نهشته‌های آبرفتی- کوهپایه‌ای، بادی و صحرایی- کویری بیشترین سهم را دارند. در بین نهشته‌های کواترنری، نهشته‌های آبرفتی بیشترین سهم را دارند. این نهشته‌ها مواد فرسایشی بوده که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت‌ها گسترده شده‌اند و با دور شدن از ارتفاعات، درستی دانه‌ها کاهش می‌یابد.



شکل ۲-۴۵) نمایش یکپارچه رسوبات آبرفتی کواترنری- پلیوسن ایران و موقعیت استان تهران (برگرفته از نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ زمین شناسی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

• محدوده دشت‌ها و آبخوان‌های آبرفتی استان تهران

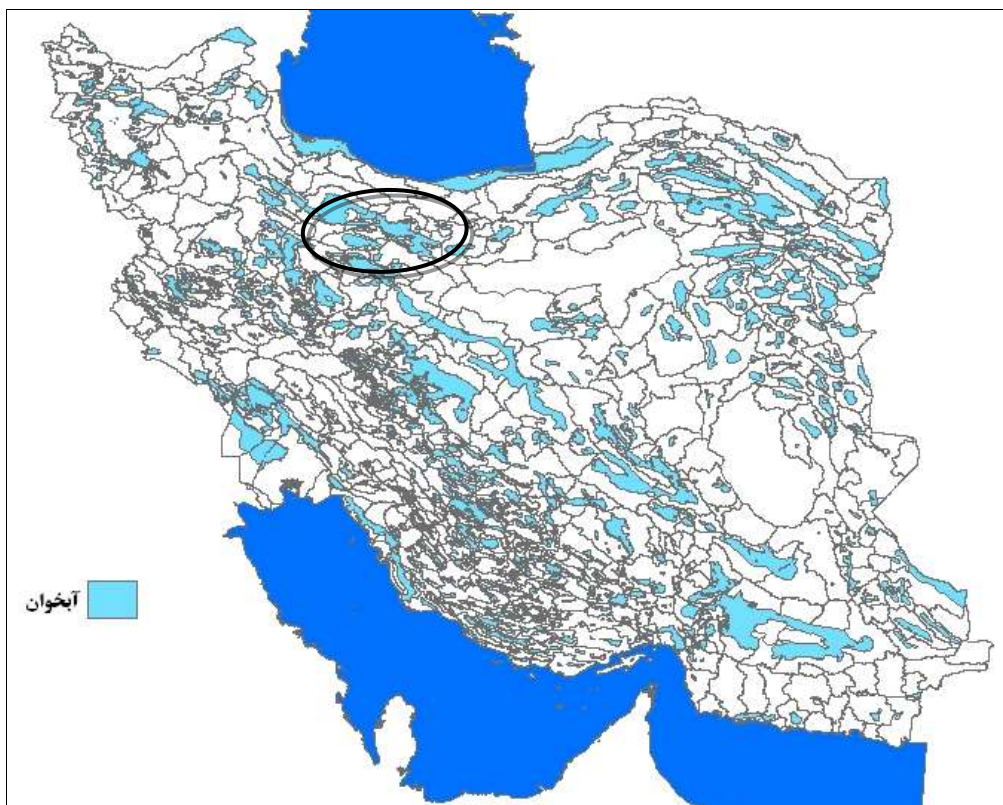
با توجه به وضعیت زمین‌ریخت‌شناسی استان تهران، ناهم‌واری‌های این استان، عمدتاً از دو بخش ارتفاعات و دشت‌ها تشکیل شده است:

- ارتفاعات استان در دو بخش شمالی (درب‌گیرنده دامنه‌های جنوبی بخش مرکزی رشته‌کوه‌های البرز) و جنوب و خاور استان قابل مشاهده است.
- دشت‌های هموار استان با شیب ملایم از شمال‌باختری به جنوب‌خاوری گسترش دارند (شکل ۲-۴۶).



شکل ۲-۴۶) نقشه پراکندگی دشت‌های ایران و موقعیت استان تهران
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و با نظر به این‌که فرونشست‌زمین در دشت‌های استان تهران عمدتاً ناشی از برداشت زیاد از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افت قابل توجه سطح ایستابی در آبخوان‌ها می‌باشد؛ لذا تعیین موقعیت و محدوده آبخوان‌های آبرفتی استان تهران (شکل ۲-۴۷)، یکی از مراحل اصلی و پایه در این بررسی بوده‌است.



شکل ۲-۴۷) نقشه پراکندگی آبخوان‌های آبرفتی ایران و موقعیت استان تهران
(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران، ۱۳۹۴)

با توجه به موقعیت زمین‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناسی استان تهران، دشت‌های این استان در فرونشست جنوب البرز (دربرگیرنده دو گستره کوهپایه البرز و فرونشست شمال ایران مرکزی) و بر روی نهشته‌های آبرفتی دوران چهارم حاصل از فرسایش شدید البرز در راستای گسله‌های گوناگون واقع شده‌اند. این دشت‌ها کانون بسیاری از شهرها و مراکز جمعیتی استان همچون کلانشهر تهران، زمین‌های کشاورزی و مراکز فعالیت صنعتی می‌باشند.

• پارامترهای آب‌وهواشناسی استان تهران

تنوع شرایط اقلیمی در استان تهران با کاهش بارش‌ها و افزایش دمای هوا همراه با توزیع نامتوازن بارندگی‌ها در فصول مختلف؛ همچنین، افزایش قابل توجه مصرف منابع آب ناشی از گسترش زمین‌های زیر کشت و کشت‌های آبی، رشد صنایع و افزایش میزان جمعیت از جمله عوامل مهم کمبود آب در استان می‌باشند.

وضعیت درجه حرارت استان تهران

این پارامتر تأثیر قابل توجهی در میزان تبخیر و تعرق، نزولات جوی و میزان جریانات حاصل از ذوب برف دارا بوده و از عوامل تأثیرگذار در محاسبه پارامترهای بیلان آب و هواشناسی می باشد. در استان تهران نیز همچون اکثر حوضه های آبریز کشور، با افزایش ارتفاع، دما کاهش می یابد و رابطه بین این دو پارامتر، رابطه ای معکوس است. جهت تحلیل میزان دما در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران، از آمار ایستگاه های تبخیرسنجی استفاده شده است. متوسط دمای سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ در سطح حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران در شکل ۲-۴۸ ارائه شده است.



شکل ۲-۴۸) متوسط دمای سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

بر اساس محاسبات صورت گرفته، میزان دما در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، نسبت به متوسط بلندمدت، دارای افزایشی معادل ۵ درصد بوده است.

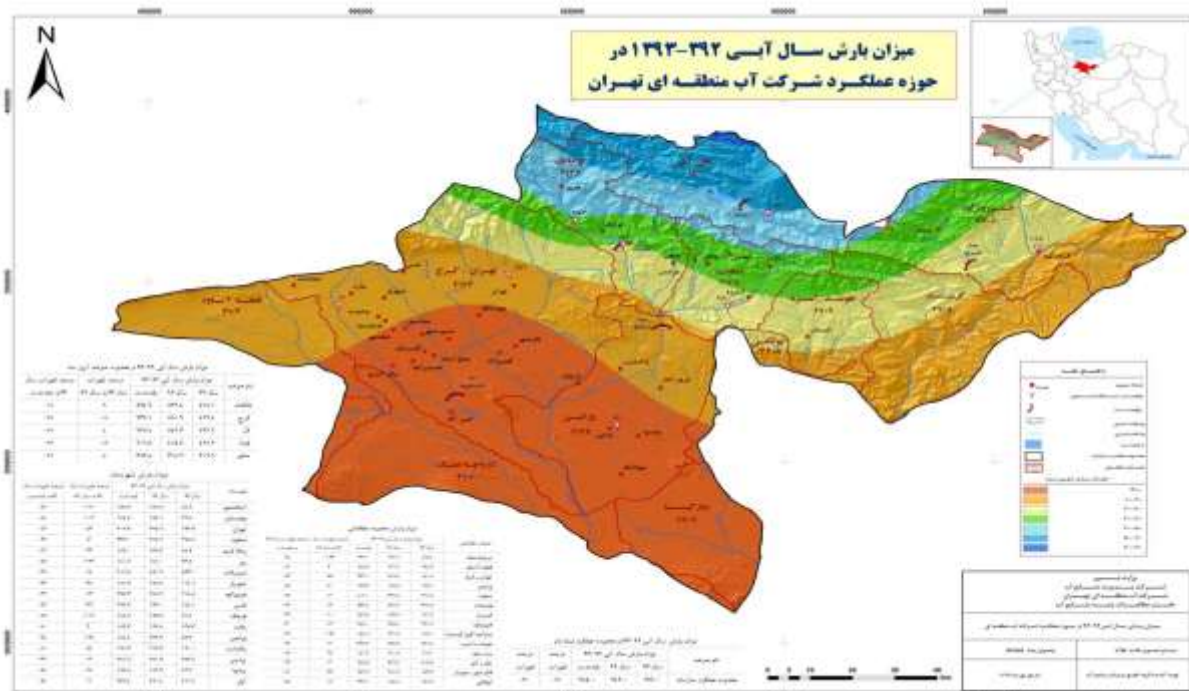
بررسی تغییرات دما در محدوده کوه و دشت نشان می‌دهد، افزایش درجه حرارت در ارتفاعات در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳، نسبت به متوسط بلندمدت، حدود ۲ برابر بیش از پهنه دشت‌ها بوده که این امر، کاهش چشمگیر رواناب‌ها را به همراه داشته است.

تحلیل وضعیت درجه حرارت در محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران نشان می‌دهد، محدوده‌های مطالعاتی ورامین و قطعه چهار ساوه، با دمای متوسط سالیانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد و ۱۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر دما را در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، محدوده‌های مطالعاتی ورامین با ۵ درصد افزایش دما نسبت به مدت مشابه سال آبی گذشته و فیروزکوه با ۱۶ درصد افزایش دما نسبت به متوسط بلندمدت، بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهند.

بررسی تغییرات درجه حرارت در محدوده شهرستان‌های استان تهران نشان می‌دهد، شهرستان‌های شمیرانات با ۱۱ درصد و ملارد با ۱- درصد، به ترتیب بیشترین افزایش و کاهش دما را نسبت به متوسط بلندمدت داشته‌اند.

- وضعیت بارندگی استان تهران

در استان تهران نیز همچون اکثر حوضه‌های آبریز کشور، با افزایش ارتفاع، بارندگی افزایش پیدا می‌کند. جهت تحلیل میزان بارندگی در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران، از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی مبنا استفاده شده است. نتیجه تحلیل مکانی بارندگی سالیانه در سطح حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران به شکل منحنی‌های هم‌باران ارائه می‌شود (شکل ۲-۴۹).



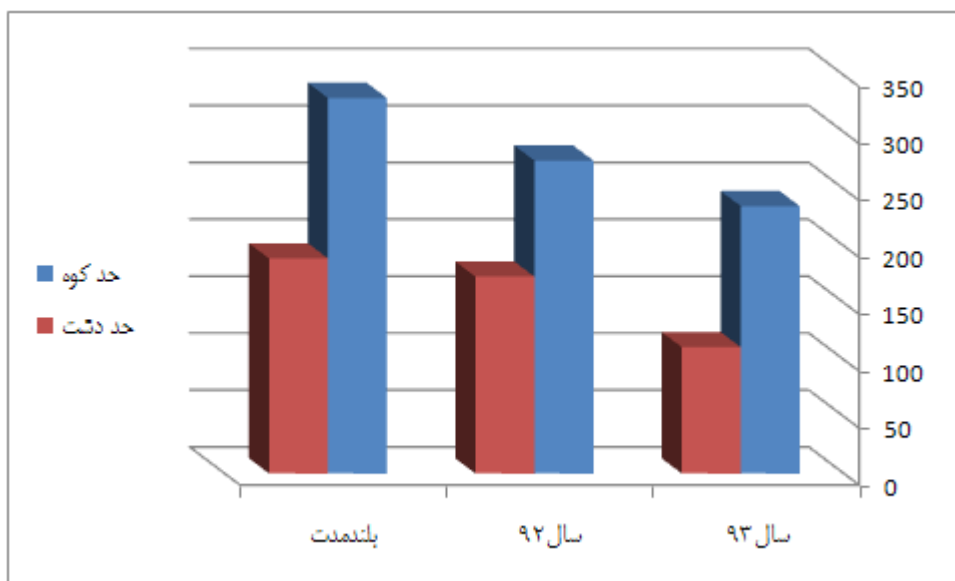
شکل ۲-۴۹) نقشه همباران سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه ای تهران، سال آبی ۱۳۹۲-۹۳)

بر اساس محاسبات صورت گرفته، میزان بارندگی در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه ای تهران در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳، نسبت به دوره مشابه سال آبی گذشته و متوسط بلندمدت، به ترتیب با کاهشی معادل ۱۹ و ۳۱ درصد مواجه بوده است.

بررسی تغییرات بارش در محدوده کوه و دشت (جدول ۲-۱۲ و نمودار ۲-۲۰)، یکی از شواهدی است که نشان می دهد، تنش های آبی در تولید آب شرب، کشاورزی و یا تغذیه آبخوان چه تأثیری داشته است. کمبود ریزش های جوی در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳، تأثیرات قابل توجهی را بر تأمین آب کشاورزی و تغذیه آبخوان داشته است. کاهش ۴۱ درصدی مقادیر بارندگی در دشت، علاوه بر تأثیر قابل توجه بر مقادیر تغذیه آبخوان، به علت افزایش شدت بهره برداری توسط کشاورزان، فشار مضاعفی را بر آبخوان های آبرفتی وارد نموده است. از طرف دیگر، با توجه به وقوع سال های پیاپی خشک سالی در استان تهران، کاهش ۲۹ درصدی بارندگی در ارتفاعات، علاوه بر کاهش توان تولید آب در منابع سازندی، روند نگران کننده از دست رفتن آب قابل تنظیم مخازن سدها را به همراه داشته است.

جدول ۲-۱۲) میزان ریزش‌های جوی محدوده کوه و دشت استان تهران
در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، سال گذشته و میانگین بلندمدت (میلی‌متر)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

نام حوضه	میزان بارش سال آبی			درصد تغییرات سال ۹۳ به سال ۹۲	درصد تغییرات سال ۹۳ به بلندمدت
	۹۲-۹۳	۹۱-۹۲	بلندمدت		
حد کوه	۲۳۵	۲۷۵	۳۳۰	-۱۵	-۲۹
حد دشت	۱۱۱	۱۷۳	۱۸۹	-۳۶	-۴۱

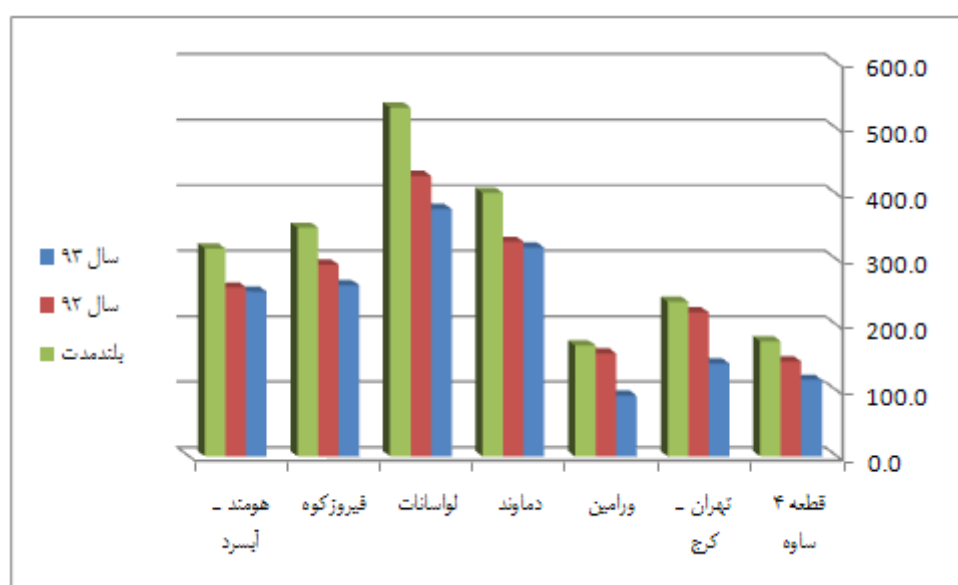


نمودار ۲-۲۰) تغییرات بارندگی در محدوده کوه و دشت استان تهران
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

بررسی تغییرات بارش در محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران نشان می‌دهد، محدوده‌های مطالعاتی لواسانات و ورامین، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بارندگی را در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲-۱۳ و نمودار ۲-۲۱). همچنین، تمام محدوده‌های مطالعاتی نسبت به مدت مشابه سال گذشته و متوسط بلندمدت با کاهش بارندگی مواجه بوده‌اند. این کاهش در محدوده مطالعاتی ورامین با ۷۰ درصد نسبت به مدت مشابه سال آبی گذشته و ۴۹ درصد نسبت به متوسط بلندمدت، بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۳) میزان ریزش‌های جوی در محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، سال گذشته و میانگین بلندمدت (میلی‌متر) (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

محدوده مطالعاتی	میزان بارش سال آبی			درصد تغییرات سال ۹۳ به بلندمدت	درصد تغییرات سال ۹۳ به سال ۹۲
	۹۲-۹۳	۹۱-۹۲	بلندمدت		
قطعه چهار ساوه	۱۱۷,۰	۱۴۵,۰	۱۷۵,۶	-۴۰	-۲۴
تهران-کرج	۱۴۱,۸	۲۱۹,۷	۲۳۶,۰	-۴۳	-۵۵
ورامین	۹۲,۵	۱۵۶,۹	۱۶۹,۳	-۴۹	-۷۰
دماوند	۳۱۸,۵	۳۲۷,۵	۴۰۲,۰	-۲۵	-۳
لواسانات	۳۷۷,۵	۴۲۸,۲	۵۳۲,۴	-۳۶	-۱۳
فیروزکوه	۲۶۱,۲	۲۹۲,۴	۳۴۹,۰	-۳۰	-۱۲
هومند-آبسر	۲۵۱,۵	۲۵۷,۹	۳۱۷,۲	-۲۶	-۳

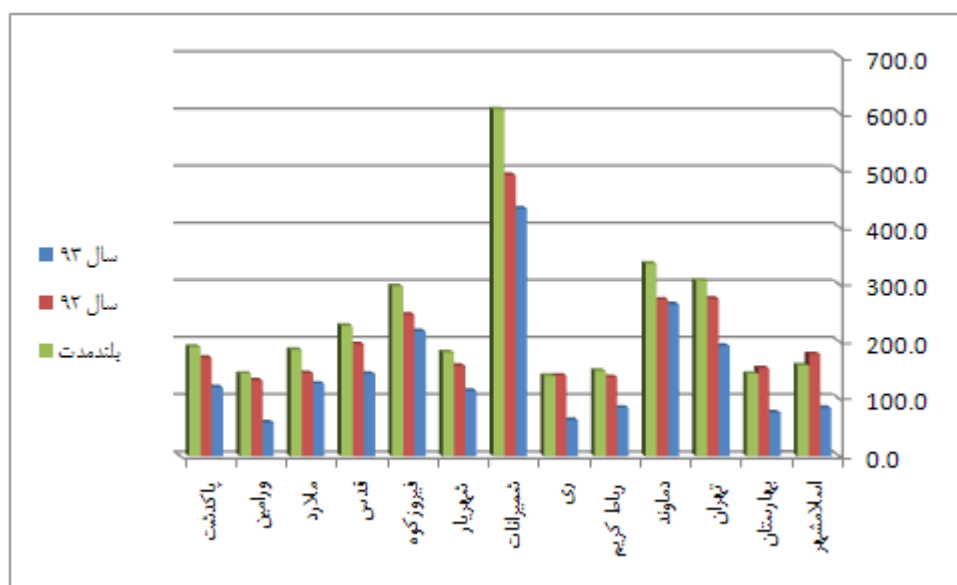


نمودار ۲-۲۱) تغییرات بارندگی در محدوده‌های مطالعاتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

بررسی تغییرات بارش در محدوده شهرستان‌های استان تهران نشان می‌دهد، شهرستان‌های شمیرانات و ورامین، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بارندگی سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲-۱۴ و نمودار ۲-۲۲). همچنین، تمام شهرستان‌های استان نسبت به مدت مشابه سال گذشته و متوسط بلندمدت با کاهش بارندگی مواجه بوده‌اند. این کاهش در شهرستان ورامین با ۱۲۴ درصد نسبت به مدت مشابه سال آبی گذشته و ۶۴ درصد نسبت به متوسط بلندمدت، بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۴) میزان ریزش‌های جوی در شهرستان‌های استان تهران
در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، سال گذشته و میانگین بلندمدت (میلی‌متر)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

شهرستان	میزان بارش سال آبی			درصد تغییرات سال ۹۳ به بلندمدت	درصد تغییرات سال ۹۳ به سال ۹۲
	۹۲-۹۳	۹۱-۹۲	بلندمدت		
اسلامشهر	۸۴,۶	۱۷۸,۶	۱۵۸,۹	-۴۲	-۱۱۱
بهارستان	۷۶,۵	۱۵۴,۱	۱۴۴,۵	-۴۴	-۱۰۲
تهران	۱۹۲,۹	۲۷۵,۶	۳۰۷,۳	-۴۲	-۴۳
دماوند	۲۶۵,۸	۲۷۴,۲	۳۳۷,۰	-۲۶	-۳
رباط کریم	۸۴,۹	۱۳۸,۳	۱۴۹,۰	-۴۶	-۶۳
ری	۶۳,۵	۱۴۱,۰	۱۴۰,۷	-۵۵	-۱۲۲
شمیرانات	۴۳۳,۰	۴۹۱,۶	۶۰۶,۵	-۳۵	-۱۴
شهریار	۱۱۴,۱	۱۵۷,۸	۱۸۱,۹	-۴۳	-۳۸
فیروزکوه	۲۱۸,۵	۲۴۷,۲	۲۹۷,۳	-۳۲	-۱۳
قدس	۱۴۴,۱	۱۹۶,۰	۲۲۸,۲	-۴۳	-۳۶
ملارد	۱۲۷,۰	۱۴۵,۰	۱۸۶,۳	-۴۱	-۱۴
ورامین	۵۹,۳	۱۳۲,۹	۱۴۴,۴	-۶۴	-۱۲۴
پاکدشت	۱۲۰,۰	۱۷۲,۳	۱۹۱,۳	-۴۱	-۴۴



نمودار ۲-۲۲) تغییرات بارندگی در محدوده شهرستان‌های استان تهران
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲)

• آماربرداری از منابع آب زیرزمینی استان تهران

در هر محدوده مطالعاتی به تناسب نیازهای مطالعاتی اقدام به آماربرداری از منابع آب زیرزمینی در سال‌های مختلف شده که این آماربرداری‌ها گاهی قسمت‌های محدودی از محدوده مطالعاتی و در پاره‌ای موارد کل محدوده مطالعاتی را شامل گردیده است.

- تعداد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استان تهران

در استان تهران با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۳۶۴۰/۳۹ کیلومترمربع (تقسیمات کشوری سال ۱۳۹۳) و ۱۲,۱۸۳,۳۹۱ نفر (سرشماری عمومی سال ۱۳۹۰) (برگرفته از سالنامه آماری استان تهران، ۱۳۹۴)، سالیانه حدود ۲۷۲۳ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان تهران، سال آبی ۹۴-۱۳۹۳).

در جدول ۲-۱۵، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان تهران ارائه شده که از این میان، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق^۱ در مجموع با تعداد ۴۳۳۵۷ حلقه (حدود ۹۴ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۲۳۱۵ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، میزان قابل توجهی از بهره‌برداری آبخوان‌های استان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۱۵) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان تهران در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ (میلیون مترمکعب)

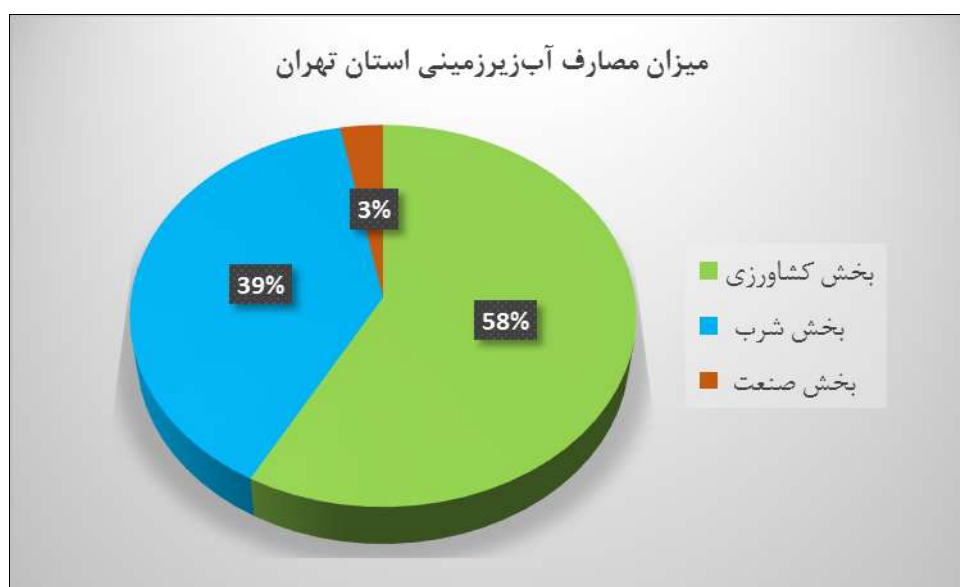
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۴-۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
تهران	۲۷۲۲/۴	۱۵۹۸۲ (/۳۵)	۲۱۸۶ (/۸۰)	۲۷۳۷۵ (/۵۹)	۱۲۸/۸ (/۵)	۵۳۶ (/۱)	۲۴۸/۴ (/۰/۵)	۲۵۰۳ (/۵)	۱۵۹/۲ (/۶)

^۱ تعاریف مختلفی برای چاه‌ها از لحاظ عمق صورت گرفته است. در تعاریف استاندارد صنعت آب کشور چاه عمیق چاهی است که آب آن از بخش‌های نسبتاً عمیق یا عمیق آبخوان تأمین می‌شود. بنابراین چاه عمیق تا ژرفایی بیش از چندین متر در بخش اشباع حفر شده و ممکن است یک یا چند آبخوان آزاد و تحت فشار را قطع نماید. چاه کم عمق یا نیمه عمیق چاهی است که تنها حدود چند متر در آبخوان حفر می‌شود و معمولاً آب آن از بخش‌های فوقانی آبخوان‌های آزاد تأمین می‌شود.

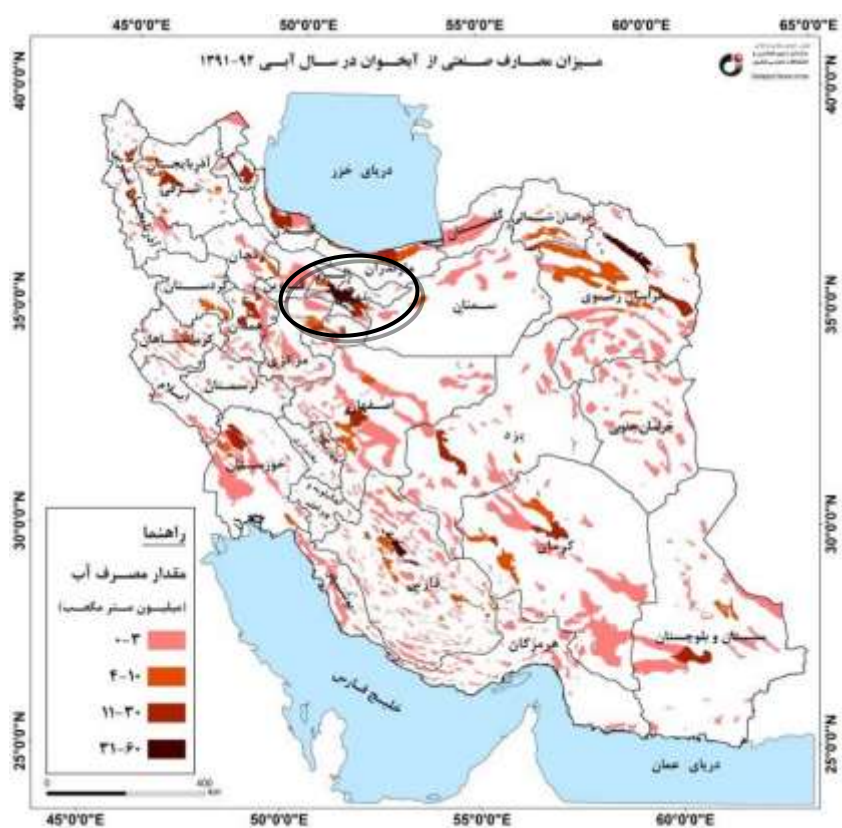
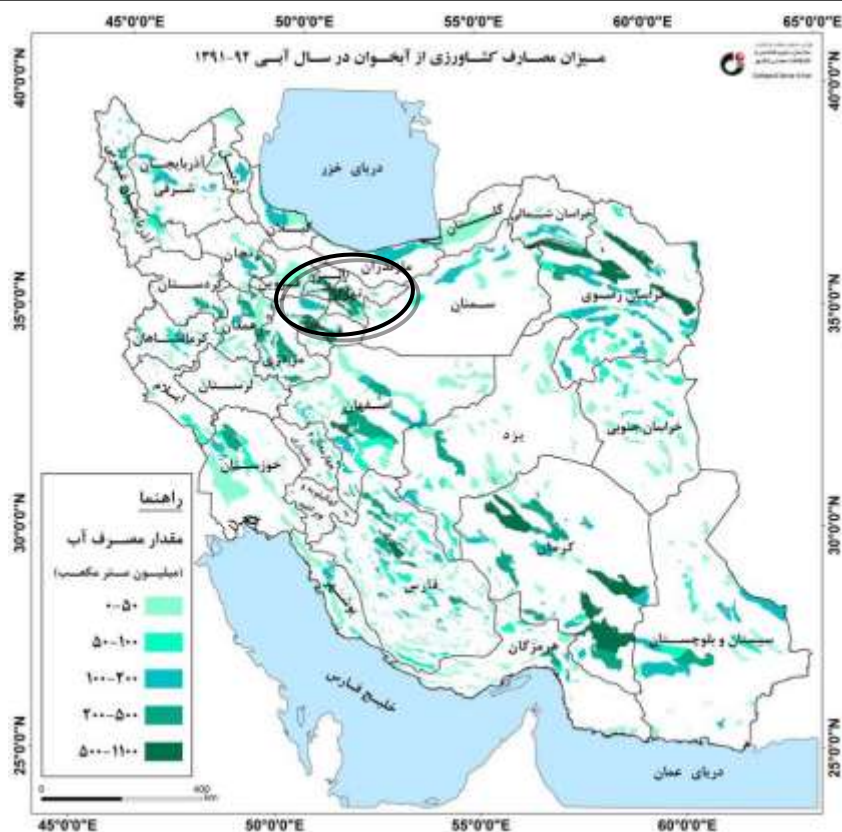
- میزان مصارف آب زیرزمینی استان تهران

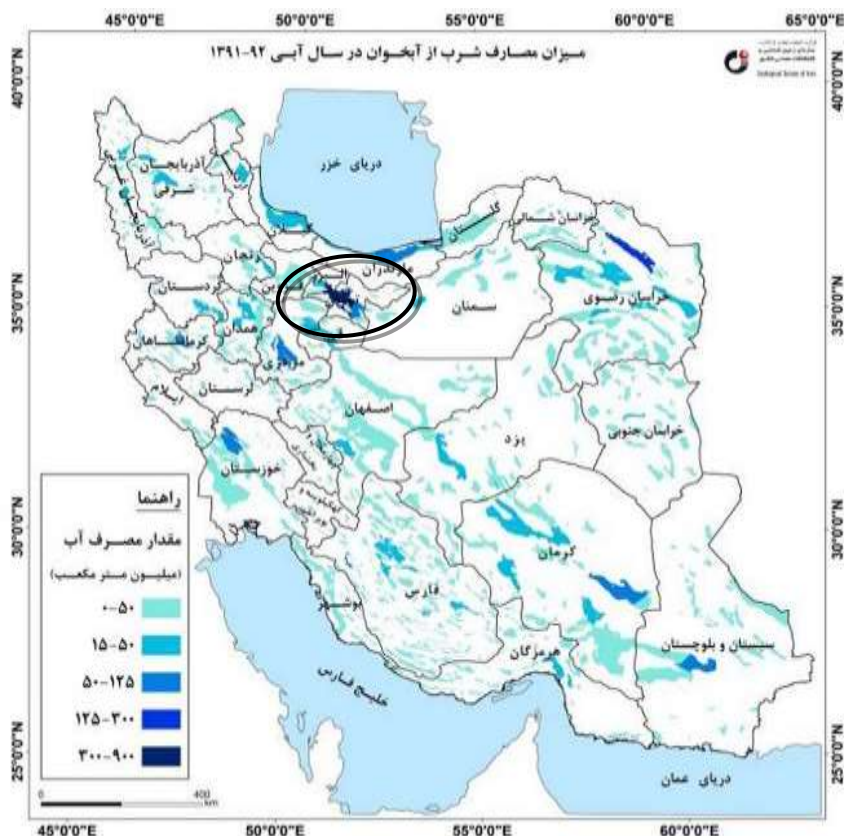
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان تهران (در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳)، حدود ۵۸ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۳۹ درصد در بخش شرب و حدود ۳ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد (نمودار ۲-۲۳). باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش‌های کشاورزی و شرب می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب موردتوجه ویژه مسئولان استانی قرارگیرد.



نمودار ۲-۲۳) میزان مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از آبخوان‌های استان تهران (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۴-۱۳۹۳)

در نقشه‌های شکل ۲-۵۰، میزان مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از آبخوان‌های استان تهران در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نمایش داده شده است.





شکل ۲-۵۰) میزان مصارف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از آبخوان‌های کشور و موقعیت استان تهران (برگرفته از سهمی آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)

میزان نوسانات سطح آب‌زیرزمینی استان تهران -

انجام مطالعه و ارزیابی منابع آب‌زیرزمینی و برآورد میزان نوسانات سطح آب‌زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز، نیازمند دسترسی به آمار و اطلاعات دقیق می‌باشد.

با آغاز مطالعات پایه منابع آب در کشور، به تدریج شبکه‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری آمار و اطلاعات پایه منابع آب در بخش آب‌های زیرزمینی ایجاد و توسعه پیدا نموده است. در شبکه سنجش منابع آب‌های زیرزمینی، اندازه‌گیری سطح آب در مجموعه چاه‌های مشاهده‌ای (پیزومتریک) از منابع آب انتخابی صورت می‌گیرد. به منظور بررسی نوسانات سطح آب‌زیرزمینی با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، منحنی‌های هیدروگراف آبخوان‌های دشت‌های محدوده‌های مطالعاتی رسم می‌شوند. با تهیه هیدروگراف آبخوان دشت‌ها و منحنی‌های مربوطه، میزان نوسانات سطح آب‌زیرزمینی در موارد زیر قابل بررسی می‌باشد:

✓ نوسان در سال قبل: اختلاف ارتفاع هیدروگراف معرف آبخوان‌ها در ابتدا و انتهای سال آبی مقابل سال آبی که جداول خلاصه وضعیت موجود برای آن سال تهیه شده‌اند.

✓ متوسط سالیانه: متوسط اندازه‌گیری نوسان سطح آب از ابتدای اندازه‌گیری تا سال آبی که جداول خلاصه وضعیت برای آن سال تهیه می‌شوند. قابل ذکر این‌که در طول سال‌های مختلف، شبکه‌های سنجش از نظر تعداد و موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای دچار تغییر و تحولات شده‌اند. به‌طوری‌که این امر باعث انقطاع در توالی منظم محاسبات هیدروگراف واحد می‌شود. بدین لحاظ در بعضی محدوده‌ها عدد متوسط سالیانه از سال آغاز اندازه‌گیری محاسبه نشده و مربوط به چند سال اخیری بوده که شبکه دچار تغییر نشده است.

✓ نوسان از ابتدا تاکنون: به‌صورت جمع جبری میزان تغییرات سطح آب از ابتدای اندازه‌گیری شبکه یا آخرین سال‌هایی که توالی اندازه‌گیری وجود دارد تا سال آبی موردنظر و یا در بازه زمانی مشترک موردنظر - برای تهیه جداول خلاصه وضعیت - محاسبه می‌شود.

به‌منظور بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران از آبنمود (هیدروگراف واحد) آبخوان‌های آبرفتی تهیه شده در دشت‌های تهران، ورامین، مبارکیه، هومند-آبسرد و قطعه‌چهار ساوه استفاده شده است (نمودار ۲-۲۴). روند نزولی هیدروگراف واحد آب زیرزمینی بیانگر افت مداوم سطح آب و کاهش ذخیره آبخوان می‌باشد. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران در سال ۱۳۹۴، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز موجب کسری آب مخازن زیرزمینی و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان (به‌ویژه بخش‌های مرکزی و جنوبی استان) شده‌است.



آبنمود آبخوان آبرفتی دشت قطعه چهار ساوه



آبنمود آبخوان آبرفتی دشت تهران



آب نمود آبخوان آبرفتی دشت ورامین



آب نمود آبخوان آبرفتی دشت هومند-آب سرد

هیدروگراف واحد دشت مبارکيه مهر ۷۵ لغایت تير ۹۳



آبنمود آبخوان آبرفتی دشت مبارکيه

نمودار ۲-۲۴) آبنمود (هیدروگراف واحد) آبخوان‌های آبرفتی حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران
(از ابتدای تشکیل تا تیرماه سال ۱۳۹۳)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۴)

آبنمودهای تهیه شده برای دشت‌های تهران-کرج، ورامین، هومند-آبسر و مبارکيه در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، نسبت به مدت مشابه در سال گذشته؛ دارای تغییرات بارزی نمی‌باشد. بررسی آمار تعداد و تخلیه چاه‌ها برحسب سال حفر نشان می‌دهد، با وجود افزایش تعداد چاه‌ها طی دهه اخیر، میزان بهره‌برداری نسبتاً ثابت بوده که نمایانگر کاهش توان آبدهی آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد.

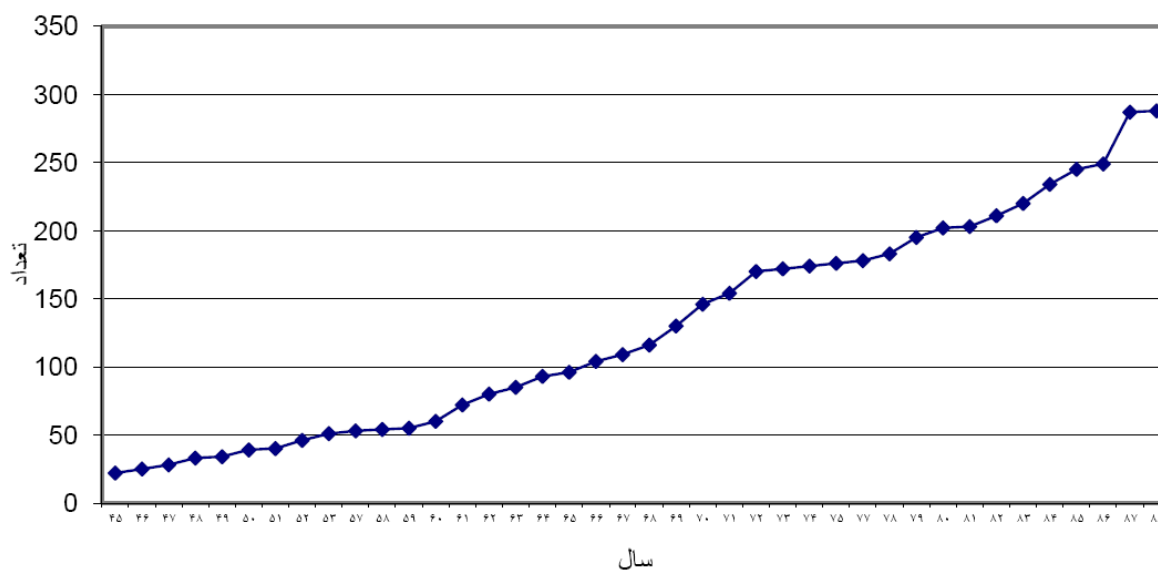
با توجه به هیدروگراف‌های نمودار ۲-۲۴، میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی، متوسط سالیانه افت سطح ایستابی و کسری مخازن زیرزمینی برخی دشت‌های آبرفتی استان به شرح جدول ۲-۱۶ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۱۶) میزان افت سطح ایستابی، متوسط سالیانه افت و کسری مخازن زیرزمینی برخی دشت‌های آبرفتی استان تهران (از ابتدای تشکیل تا تیرماه سال ۱۳۹۳)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۴)

ردیف	محدوده مطالعاتی		مساحت آبخوان آبرفتی (کیلومتر مربع)	دوره آماربرداری (سال)			میزان افت سطح ایستابی (متر)	متوسط سالیانه افت سطح ایستابی (متر)	کسری حجم مخزن (میلیون مترمکعب در سال)
	نام	کد		مدت دوره	ابتدای دوره	انتهای دوره			
۱	قطعه چهار	۴۱۰۳	۲۲۱,۸۲	۶	۱۳۷۸	۱۳۹۳	۲,۶۴	۰,۴۴	۱,۹۵
۲	تهران	۴۱۳۳	۱۰۶۹,۲	۲۱	۱۳۷۲	۱۳۹۳	۷,۳۵	۰,۳۵	۲۲,۴۵
۳	ورامین	۴۱۳۴	۹۸۰	۲۶	۱۳۶۷	۱۳۹۳	۳۴,۰۶	۱,۳۱	۷۷,۰۲
۴	هومند-آبسرد	۴۷۰۹	۸۰	۱۸	۱۳۷۵	۱۳۹۳	۲۷	۱,۵	۶
۵	مبارکيه	۴۷۰۷	۲۲۰,۸	۱۸	۱۳۷۵	۱۳۹۳	۳,۶	۰,۲	۱,۳۲

- وضعیت بهره‌برداری از آبخوان‌های آبرفتی استان تهران

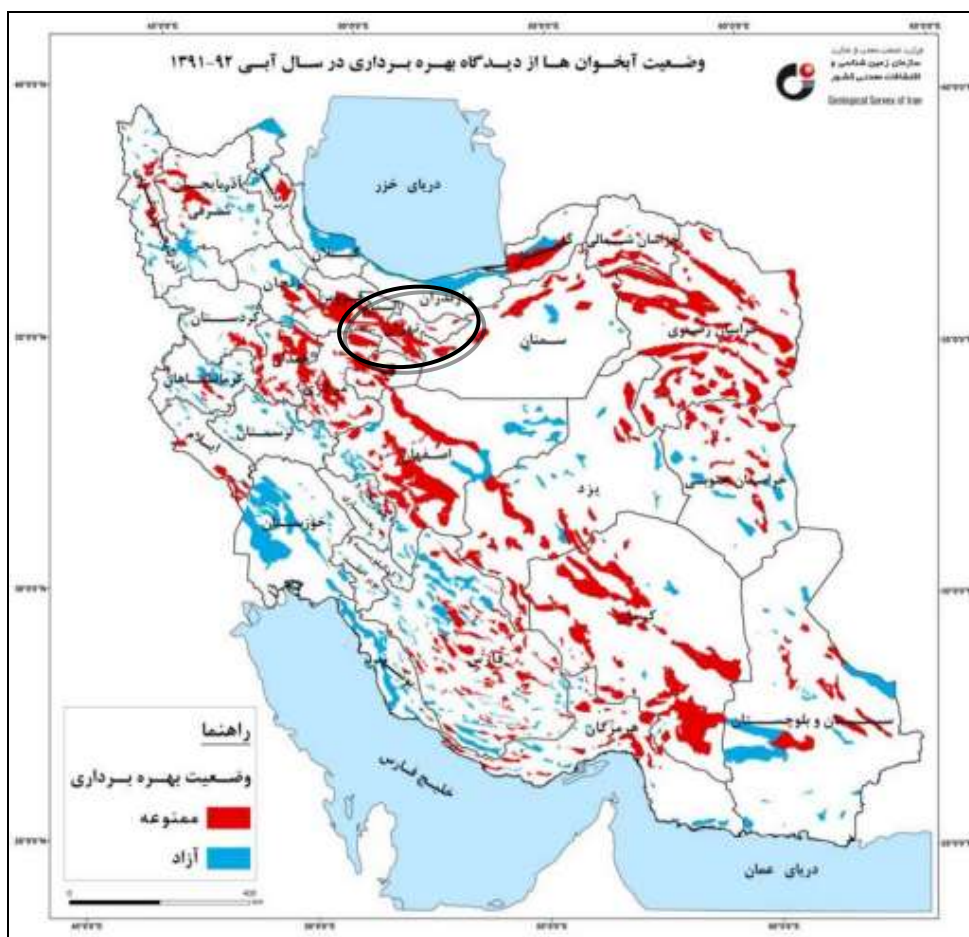
با توجه به شرایط بحرانی تعدادی از دشت‌های کشور به لحاظ افت سطح آب‌زیرزمینی و کسری مخزن، وزارت نیرو تعدادی از آبخوان‌های کشور را ممنوعه اعلام کرده که مجوز حفر چاه و یا افزایش ظرفیت برداشت در آن‌ها داده نمی‌شود. تعداد این دشت‌ها از سال ۱۳۴۵ تاکنون همواره در حال افزایش بوده (نمودار ۲-۲۵) و از مجموع ۶۰۹ دشت در سطح کشور تا پایان سال ۱۳۹۲، تعداد ۲۹۷ دشت از لحاظ توسعه بهره‌برداری از مخازن زیرزمینی به استناد مفاد ماده (۴) قانون توزیع عادلانه آب، ممنوعه اعلام شده‌اند.



نمودار ۲-۲۵) روند افزایش تعداد محدوده‌های مطالعاتی ممنوعه کشور از سال ۱۳۴۵ الی ۱۳۸۸
(برگرفته از دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی،
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۳)

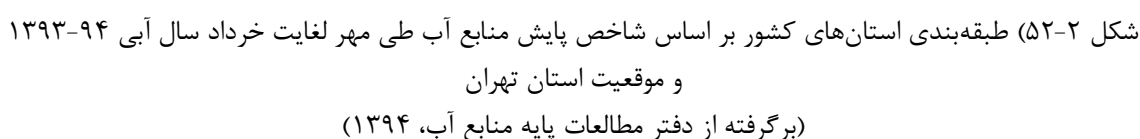
بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده توسط وزارت نیرو، در حال حاضر، از تعداد ۱۵ محدوده مطالعاتی واقع در حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران، حدود ۱۳ محدوده مطالعاتی (شامل محدوده‌های مطالعاتی تهران- کرج، ورامین، لواسانات، دماوند، هومند-آب‌سرد، فیروزکوه و قطعه‌چهار ساوه و بخش‌هایی از محدوده‌های مطالعاتی خشک‌رود، دریاچه‌نمک، گرمسار، سرخه، مبارکیه و ایوانکی)، به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام شده‌است.

در شکل ۲-۵۱، وضعیت آبخوان‌های استان تهران از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵) وضعیت آبخوان های کشور از لحاظ امکان برداشت آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ و موقعیت استان تهران

وضعیت استان های کشور براساس شاخص پایش منابع آب در سال آبی ۱۳۹۳-۹۴، در شکل ۲-۵۲ نمایش داده شده است. چنان که مشاهده می شود و پیشتر نیز اشاره گردید، استان تهران در وضعیت تنش آبی قرار گرفته است.



در حدود ۷۰ درصد از وسعت استان تهران (ارتفاعات کمتر از ۱۰۰۰ متر) از اقلیم‌های نیمه‌خشک، خشک و فراخشک برخوردار می‌باشد. وجود ویژگی‌های اقلیمی و عوامل جغرافیایی مؤثر در آب‌وهوای استان تهران (همچون، رشته‌کوه‌های البرز در شمال، وزش بادهای باران‌زای باختری و دشت کویر در جنوب استان) سبب شده‌است، با کاهش ارتفاع از شمال به جنوب استان و به تبع آن، افزایش دما، میزان بارندگی کاهش یابد.

با توجه به وقوع سال‌های پیاپی خشک‌سالی در استان تهران، درجه حرارت نسبت به متوسط بلندمدت، دارای افزایشی معادل ۵ درصد بوده که این امر، کاهش چشمگیر رواناب‌ها در ارتفاعات استان و به تبع، از دست رفتن آب قابل تنظیم مخازن سدها را به دنبال داشته است.

همچنین، میزان بارندگی نسبت به متوسط بلندمدت، با کاهش در حدود ۳۰ درصد مواجه بوده است. تنش‌های آبی ناشی از کمبود ریزش‌های جوی در سال‌های اخیر، تأثیرات قابل توجهی را بر تأمین آب شرب، کشاورزی و تغذیه آبخوان‌های استان داشته، به‌طوری‌که، علاوه بر تأثیر قابل توجه بر مقادیر تغذیه آبخوان، به‌علت افزایش شدت بهره‌برداری توسط کشاورزان، فشار مضاعفی را بر آبخوان‌های آبرفتی وارد نموده است. در این میان، شهرستان ورامین با کاهش میزان بارندگی در حدود ۱۲۵ درصد طی سال‌های اخیر، بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهد.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش‌های کشاورزی در حدود ۵۸ درصد و شرب در حدود ۳۹ درصد) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۸۵ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- تغییر و کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات و چشمه‌ها)
- افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- کاهش رطوبت خاک
- شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی

- نشست سطح زمین
- تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان تهران با توجه به تراکم و رشد سریع جمعیت و نیاز روزافزون به تأمین آب شرب و توسعه کشاورزی، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی می‌گردد. این امر افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

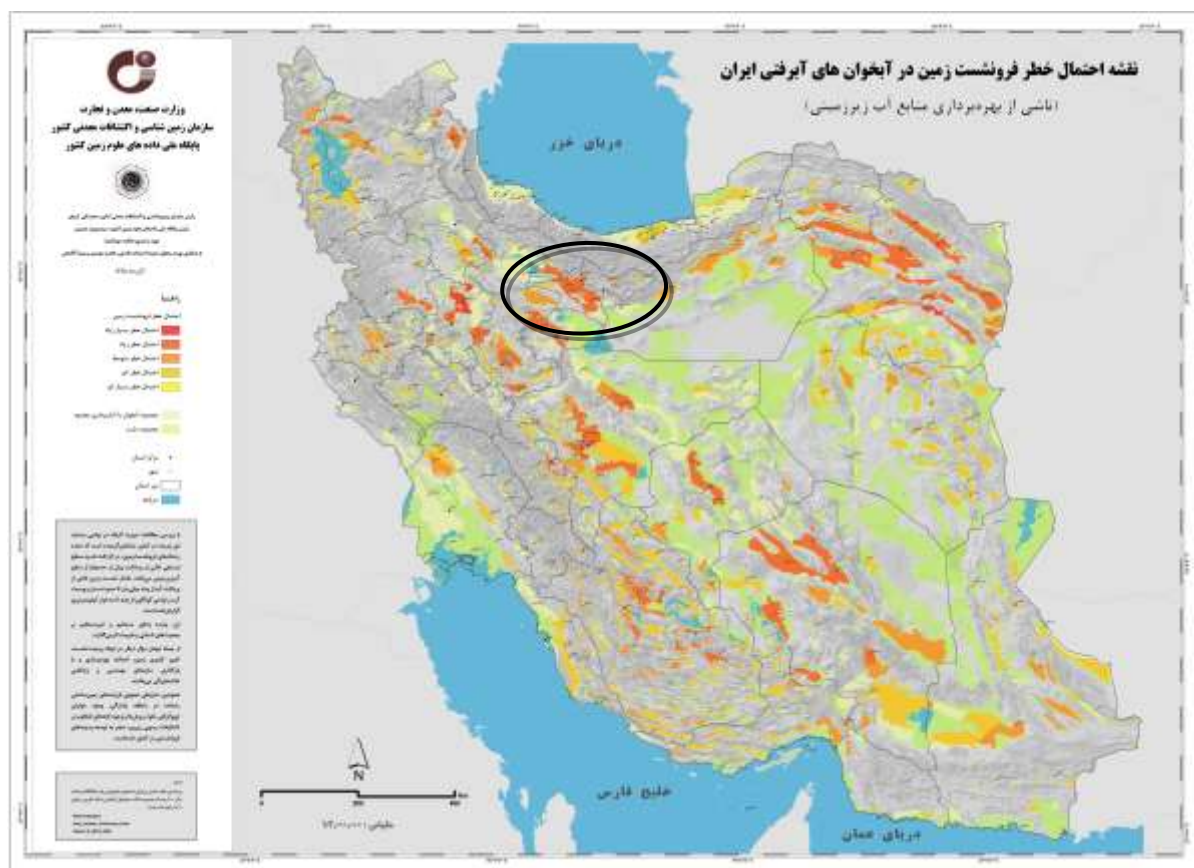
تعیین نواحی خطر و یا دارای احتمال خطر فرونشست زمین در استان تهران

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و انطباق نسبی لایه‌های اطلاعاتی و عوامل مؤثر بر بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب‌زیرزمینی، احتمال زیاد مبنی بر ارتباط بین برخی از مهمترین عوامل و دلایل مؤثر در ایجاد و تشدید پدیده فرونشست زمین در استان تهران (عمدتاً ناشی از برداشت غیرمجاز منابع آب‌زیرزمینی) مشهود است.

چنانچه اشاره گردید، بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب‌زیرزمینی و میزان بالای مصارف کشاورزی، شرب و صنعتی آب در بسیاری از دشت‌های آبرفتی استان، سبب افت مداوم سطح ایستابی آبخوان این دشت‌ها شده است. بر این اساس بسیاری از آبخوان‌ها از لحاظ وضعیت توسعه بهره‌برداری و حفر چاه‌های جدید، وضعیت ممنوعه دارند. تأثیر توزیع تراکم نسبی بالای جمعیت در بسیاری از این محدوده‌ها به عنوان یکی از عوامل مؤثر در افزایش بهره‌برداری منابع آب‌زیرزمینی حائز اهمیت می‌باشد. تفاوت در پتانسیل بالقوه منابع آب در مناطق مختلف استان بر مبنای متوسط بارندگی سالیانه نیز از دیگر عوامل مرتبط با بهره‌برداری مازاد بر پتانسیل منابع آب‌زیرزمینی می‌باشد. همچنین با توجه به کاهش بارش طی سال‌های اخیر و افزایش برداشت آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب آبخوان‌ها در مناطق عمده‌ای از دشت‌های استان

کاهش یافته است. به طوری که مشکلات کیفی و شورشدگی آب برخی آبخوان‌ها نیز در بحرانی نمودن شرایط ایجاد شده در دشت های استان مؤثر بوده است. بر این اساس، دشت‌های دارای تداوم افت سالیانه سطح آب آبخوان، وقوع نشست سطح زمین و مشکلات دیگری نظیر شوری آب، "دشت های ممنوعه بحرانی" محسوب می گردند.

بر این اساس و در راستای اهداف تهیه نقشه "مناطق خطر و یا دارای احتمال خطر فرونشست زمین"، محدوده‌هایی از استان تهران که به دلیل برداشت بیش از حدمجاز منابع آب زیرزمینی و با توجه به میزان عوامل تأثیرگذار دیگر، درحال حاضر دارای نشست بوده و یا در آینده در معرض خطر این پدیده قرارخواهدگرفت، تعیین و مشخص گردیده است (شکل ۲-۵۳). نقشه احتمال خطر فرونشست زمین در آبخوان‌های آبرفتی ایران (ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی)، توسط پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور در آبان‌ماه سال ۱۳۹۵ تهیه گردیده است.



شکل ۲-۵۳) نقشه احتمال خطر فرونشست زمین در دشت‌های آبرفتی ایران (ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی) و موقعیت استان تهران
(پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۵)

بررسی وضعیت فرونشست زمین در استان تهران

[illegible]

شکل ۲-۵۴) موقعیت تقریبی و نواحی فرونشست‌زمین در استان‌های تهران و البرز (برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

با توجه به شرایط جغرافیایی، اقلیمی، آب‌وهواشناسی، زمین‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناسی استان تهران بحران کم‌آبی ناشی از افزایش تقاضا (عمدتاً در بخش‌های کشاورزی و شرب)، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، دشت‌های این استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی، موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بسیاری از دشت‌های استان گردیده و پیامدهای نامطلوبی همچون فرونشست‌زمین (دشت ورامین با نرخ بیشینه ۱۲ سانتی‌متر در سال، دشت تهران- شهریار با ۱۷ سانتی‌متر در سال و دشت ساوجبلاغ با بیش از ۱۸ سانتی‌متر در سال افت سطح زمین) را در پی داشته‌است.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال‌نیرو و ... در این دشت‌ها وارد شده است.

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از وقوع پدیده نشست تدریجی زمین در دشت‌های با بیلان منفی آب‌زیرزمینی و افت سطح آبخوان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست‌زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان تهران ذکر می‌گردد:

➤ فرونشست اراضی جنوب- جنوب‌باختری استان تهران

موقعیت و محدوده:

جنوب‌باختری استان تهران (دشت تهران- شهریار)، مهمترین محدوده‌ها عبارتند از:

- محدوده جنوب‌باختری شهرستان تهران (اراضی وسیعی از جنوب‌باختری شهر تهران: نواحی عمده‌ای از مناطق ۱۷، ۱۸ و ۱۹ شهرداری و همچنین دشت جنوب‌باختری بزرگراه آزادگان):
- منطقه اول نشست (در امتداد کمربندی تهران، بزرگراه آزادگان): * منطقه اصلی نشست (در امتداد کمربندی تهران از فاصله ۶/۱۵ کیلومتری تقاطع جاده قدیم کرج تا فاصله ۱/۳۴

- کیلومتری تقاطع خیابان شهید رجایی): طول خط نشست: ۱۶/۳۶ کیلومتر، * در امتداد کمربندی تهران و از تقاطع جاده مخصوص تا تقاطع جاده قدیم کرج؛
- منطقه دوم نشست: حدفاصل سه‌راه آذری تا تقاطع بزرگراه آزادگان با آیت الله سعیدی- جاده قدیم ساوه- (به صورت افزایشی)؛
 - -محدوده جنوب‌خاوری شهرستان شهریار

علت تشکیل:

- افت شدید سطح ایستابی ناشی از برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب‌یرزمینی و عدم وجود مدیریت درست منابع آب در بخش برداشت؛
- افزایش تعداد چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق و قنات‌های منطقه طی سالیان اخیر و عدم رعایت حریم چاه‌ها و قنات؛
- افزایش عمق چاه‌های منطقه از طریق کفشکنی هرساله آن‌ها؛
- مصرف بالا و متناسب آب از سوی واحدهای صنعتی و کشاورزی منطقه؛
- پایین بودن ظرفیت باربری و عوامل مقاومتی آبرفت‌های محدوده مورد بررسی؛
- احتمال ارتباط بسیاری از نشست‌های محلی و محدود زمین با خاک‌های ناپایدار؛
- نقش تعیین‌کننده سیمای تکتونیکی- رسوبی در روند شکل‌گیری فرونشست‌ها در منطقه مورد بررسی؛
- کاهش حجم فضا‌های خالی خاک‌های رسی بر اثر وزن رسوبات بالایی؛
- گسترش و ضخامت زیاد نهشته‌های رسوبی ریز دانه به‌ویژه رس (حساسیت بیشتر منطقه نسبت به افت سطح آب‌یرزمینی)

حالت فرونشست:

- فرونشست منطقه‌ای- به صورت تراکم و فشردگی رسوبات آبرفتی دشت، کاهش تراز و نشست تدریجی سطح زمین- دارای الگوی ۷ شکل (کاسه‌ای شکل)؛
- پهنه فرونشست نمایی خفیف‌گون دارد. میزان جابه‌جایی پیرامون محدوده مطالعاتی در بازه‌های زمانی مختلف متفاوت است.

میزان فرونشست:

وسعت و محیط گستره فرونشست در دوره زمانی ۶ ماهه: به ترتیب حدود ۴۱۵/۶۴ کیلومتر مربع و حدود ۹۷/۱۷ کیلومتر

میانگین فرونشست: نرخ جابه‌جایی منفی ارتفاع در محدوده مطالعاتی: ۱۷-۱۳ سانتی‌متر در سال (طی سال‌های ۸۴-۱۳۸۲)؛ نرخ نشست زمین در نواحی عمده‌ای از مناطق ۱۷، ۱۸، و ۱۹ شهرداری تهران: معادل ۲۵ سانتی‌متر در سال (طی ۹ سال)؛ نرخ فرونشست دشت جنوب‌باختری بزرگراه آزادگان: حدود ۲۱ سانتی‌متر در سال؛ میزان فرونشست اطراف محدوده بزرگراه آزادگان طی چند سال اخیر: ۱۸۷-۶۰ سانتی‌متر (در یکی از ایستگاه‌های منطقه اصلی نشست: ۱/۷۱ متر در ۸ سال (سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۴))

سطح خسارت:

- احتمال مخاطرات جدی به ابنیه فنی در صورت تداوم روند فرونشست؛
- آسیب به تأسیسات انتقال آب شهر (ناشی از تغییرات قائم ایجاد شده)؛
- وجود پتانسیل خسارت قابل‌توجه به خطوط لوله نفت، گاز و بنزین عبور کرده از این مناطق؛
- احتمال خسارات قابل‌توجه به خطوط حمل‌ونقل در صورت ادامه برداشت بی‌رویه آب‌های

زیرزمینی؛

- احتمال مخاطرات جدی به خطوط راه آهن در صورت ادامه پدیده فرونشست؛

خسارات دیگر:

- احتمال مخاطرات جدی به خطوط انتقال نیرو در صورت تداوم روند فرونشست؛
- افزایش آسیب‌پذیری اراضی دشت تهران در برابر سیل به دلیل شیب‌دار شدن زمین در اثر فرونشست؛

- از بین رفتن زمین‌های زراعی منطقه در آینده به دلیل کاهش قدرت کشش زمین جهت جذب آب‌های سطحی و تبخیر آب و باقی ماندن نمک آن در زمین‌های کشاورزی؛
- تبدیل بخشی از این مناطق به بیابان در آینده‌ای نزدیک به علت گسترش بی‌رویه فرونشست و از دست دادن دائمی بخش عظیمی از منابع آب زیرزمینی مسکونی یا صنعتی می‌شود.

➤ نشست و شکاف‌های زمین در منطقه معین‌آباد ورامین

موقعیت و محدوده:

محدوده نشست زمین و شکاف‌های ایجاد شده ناشی از آن در جنوب روستای معین‌آباد واقع می‌باشد (شکل ۵۵-۲). روستای معین‌آباد حدود ۵ کیلومتری جنوب‌خاوری شهرستان ورامین و حدود ۶ کیلومتری جنوب‌باختری شهرستان پیشوا قرار گرفته است.



شکل ۵۵-۲) شکاف ایجاد شده ناشی از نشست زمین در جنوب روستای معین‌آباد، ورامین، ۱۳۸۳

علت تشکیل:

- افت سطح آب سفره‌های عمقی منطقه، گاهی همراه با آبیگری سفره‌های سطحی (عامل مؤثر در ایجاد نشست و شکل‌گیری شکاف در حاشیه نشست)؛
- قرارگیری تقریبی شکاف معین‌آباد روی لولای تاقدیس پیشوا (تأثیر عامل تپه سنگ بستری در ایجاد شکاف)، تأثیر گسل پیشوا در افزایش ناگهانی گرادیان هیدرولیکی در محل تغییر رخساره رسوبی منطقه (عامل احتمالی فرسایش زیرزمینی خاک و عامل تشدیدکننده نشست‌های غیرهمگن در منطقه)؛
- تغییر رخساره رسوبی مهمترین عامل زمینه ساز ایجاد شکاف در منطقه؛

- عوامل مؤثر در تبدیل شکاف‌ها به فروچاله: فرسایش آبی، سست بودن دیواره‌های سیلتی-رسی شکاف‌ها به‌همراه دست‌کاری آن‌ها توسط کشاورزان (پرکردن به‌وسیله خاک و به آب بستن آن‌ها)

حالت نشست:

- نشست زمین (به‌صورت کاسه فرونشست)؛
- شکاف‌های ایجاد شده احتمالاً مرتبط با نشست ناهمگن (شکاف معین‌آباد شکافی منحنی شکل با راستای شمال‌خاور): نشانه نشست ناحیه‌ای؛
- فروچاله‌های کم عمق: ریزش دیواره شکاف اصلی و تبدیل آن به اشکال مورفولوژیک مانند خندق (ریزش‌های فروچاله‌ای در امتداد شکاف)

میزان نشست:

طول کلی شکاف معین‌آباد: ۳-۳/۵ کیلومتری، حداکثر عرض: ۵ متر، حداکثر عمق: ۲-۱/۷ متر (شکاف‌های فرعی موازی شکاف معین‌آباد معمولاً تا فاصله ۳ متری از شکاف اصلی)؛ عمق فروچاله‌ها: حدود ۱ متر؛ نرخ: سالیانه ۱۶ سانتی‌متر (در منطقه ورامین)

سطح خسارت:

کج شدگی تیر انتقال برق (ناشی از امتداد گسترش شکاف به‌موازات خطوط نیرو)

➤ جابه‌جایی و نشست سطحی زمین در اثر احداث تونل انتقال آب لواسان

موقعیت و محدوده:

تونل انتقال آب لواسان در ۳۰ کیلومتری شمال‌خاوری تهران و در زیر ارتفاعاتی به‌همین نام قرار گرفته‌است.

علت تشکیل:

- تغییر کاربری (دلیل عمده پدیده نشست در منطقه)؛
- دگرشکلی زمین‌ساختی (درز و شکاف‌های فراوان در سازند هزاردره-مسیر تونل لواسان-به‌دلیل وجود گسله‌های اصلی و فعال در منطقه)؛

موارد دیگر: افت شدید سطح آب‌زیرزمینی در منطقه بعد از احداث تونل به دلیل بحرانی شدن شرایط آب‌زیرزمینی در تونل و عملکرد تونل به صورت زهکش (به‌خصوص در نواحی که تونل از پایین‌دست مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی عبور می‌کند)؛ سست شدن بیش از حد توده‌های سنگ اطراف تونل و ریزش سقف و دیواره تونل

حالت نشست:

- نشست‌های سطحی زمین در مسیر تونل؛
- ایجاد درزه و جابه‌جایی در سطح زمین در مسیر تونل

سطح خسارت:

- تخریب و ناپایداری برخی ساختمان‌ها در مسیر تونل و بروز مشکلات برای ساختمان‌های مسکونی؛
- تخریب و ناپایداری برخی سازه‌ها و تأسیسات سطحی در مسیر تونل؛
- امکان نشست و ریزش تونل؛
- تخریب و ناپایداری ترانشه‌های دهانه ورودی تونل؛
- بروز مشکلات برای زمین‌های کشاورزی در مسیر تونل؛
- بروز مشکلات زیست‌محیطی

راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان تهران

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها در استان تهران، وجود شرایط جغرافیایی، اقلیمی، آب‌وهواشناسی، زمین‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناسی مؤثر در کاهش منابع آبی، گسترش روزافزون سکونتگاه‌ها، جمعیت (ساکن و غیرساکن) و فعالیت‌ها و به تبع آن، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی مرتبط با بخش (عمدتاً در مصارف کشاورزی و شرب) بدون توجه به فقر منابع آبی و توان اکولوژیکی منطقه و ایجاد فاصله معنادار مابین نیازها و سطح خدمات و همچنین تغییر کاربری زمین می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان تهران با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در استان تهران، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل و مهار رشد ناموزون و عنان‌گسیخته جمعیت در استان با توجه به پتانسیل‌های ذاتی، طبیعی و اکولوژیکی منطقه (از طریق بازنگری در طرح‌های جامع و تفصیلی شهری، ممانعت از تمرکز فعالیت‌های مختلف از قبیل تولیدی و صنعتی، آموزشی، درمانی و خدمات و تسریع در فرایند امکان‌سنجی انتقال پایتخت و ...) می‌باشد.

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- تولید نشاء در خزانه (به منظور جلوگیری از کشت مستقیم بذر در مزارع و به تبع آن کاهش دوره‌های آبیاری)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
- اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی استان
 - ارزیابی علمی و دقیق محل حفر چاه‌های مجاز به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب توسط گسل‌ها و افزایش بازدهی چاه‌های بهره‌برداری
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمتعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
 - بررسی و اجرای طرح‌های تأمین و انتقال آب از منابع آبی کشور به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوات
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه و ممنوعه‌بهرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان به‌حداقل رساند.

➤ چهارمحال وبختیاری

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال وبختیاری

در استان چهارمحال وبختیاری با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۶۴۱۱ کیلومتر مربع و ۸۹۵،۲۶۳ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان چهارمحال وبختیاری، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۹۰۸ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می شود (شرکت سهامی آب منطقه ای استان چهارمحال وبختیاری، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۱۷، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان چهارمحال وبختیاری ارائه شده که از این میان، چشمه ها با تعداد ۲۷۳۰ دهنه (حدود ۴۷ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۵۳۷ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۵۹ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره برداری در استان چهارمحال وبختیاری را به خود اختصاص داده است. همچنین، چاه های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۲۲۷۵ دهنه (حدود ۴۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۳۱۳ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۳۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، میزان قابل توجهی از بهره برداری آبخوان های استان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۱۷) تعداد و میزان بهره برداری از چاه ها، چشمه ها و قنات های استان چهارمحال وبختیاری
در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان چهارمحال وبختیاری، ۱۳۹۳)

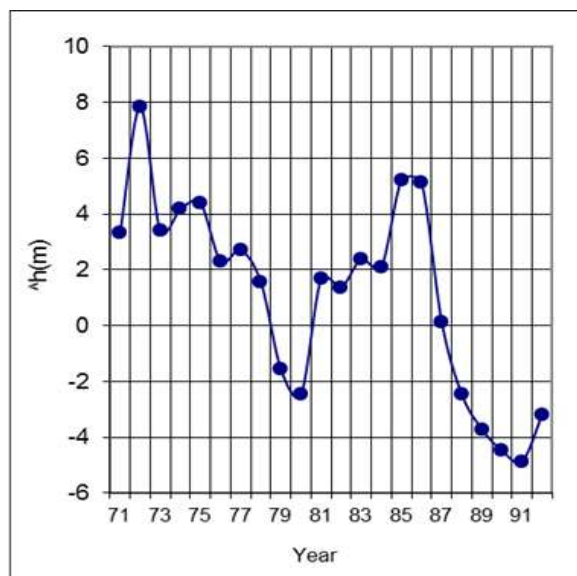
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
چهارمحال وبختیاری	۹۰۷/۹۸۷	۱۲۰۴ (/۲۱)	۲۱۲/۹۹۲ (/۲۳)	۱۰۷۱ (/۱۸)	۹۹/۸۳ (/۱۱)	۸۳۹ (/۱۴)	۵۸/۵۱ (/۶)	۲۷۳۰ (/۴۷)	۵۳۶/۶۵۵ (/۵۹)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۴، بیش از ۷۰ درصد آب کشاورزی و حدود ۹۷ درصد آب شرب و صنعت در استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۸۵ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۱۱ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۴ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به سهم غالب منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی استان، می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسؤولان استانی قرار گیرد.

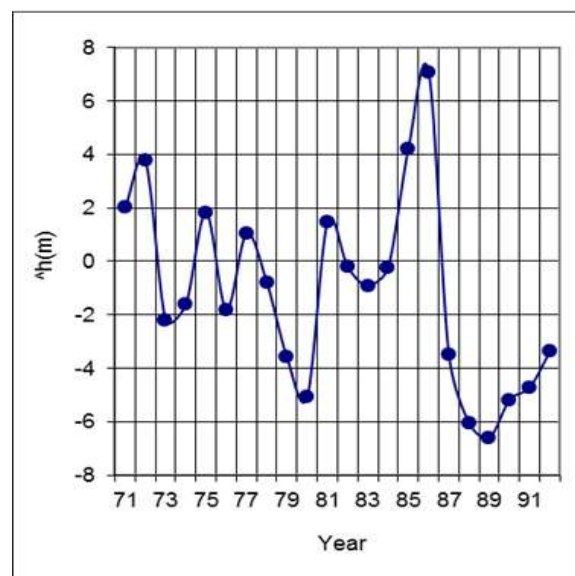
استان چهارمحال و بختیاری، سرچشمه ۱۰ درصد از آب‌های روان کشور و مولد ۳ رود مهم مرکز و جنوب غرب ایران، یعنی زاینده‌رود، کارون و دز است؛ با این وجود، دلایلی همچون عدم سرمایه‌گذاری در کنترل و بهره‌برداری از منابع آب استان و حفر بیش از حد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در سال‌های گذشته موجب افت بیش از حد سطح ایستابی در عمده دشت‌های استان شده است.

همچنین، کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان محسوب می‌شود.

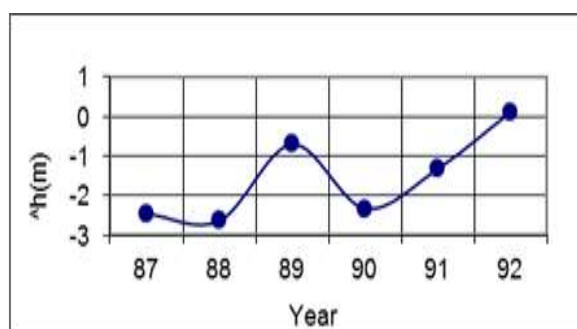
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۵، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری، متوسط کسری مخازن محدوده‌های مطالعاتی استان سالیانه، حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است (نمودار ۲-۲۶). بر اساس نتایج مطالعات و بررسی‌های به عمل آمده (۱۳۹۰)، سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان نسبت به آمار بلندمدت، ۵۰ درصد کاهش یافته است. کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان چهارمحال و بختیاری به همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت‌ها را تشدید کرده است.



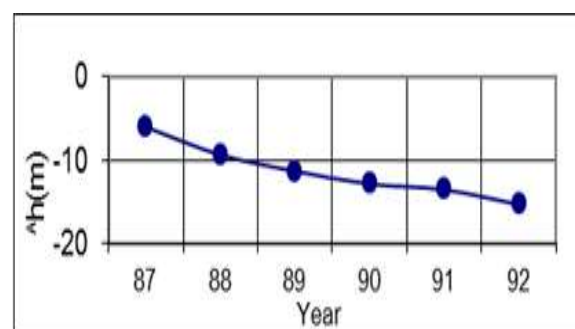
مال الخليفة



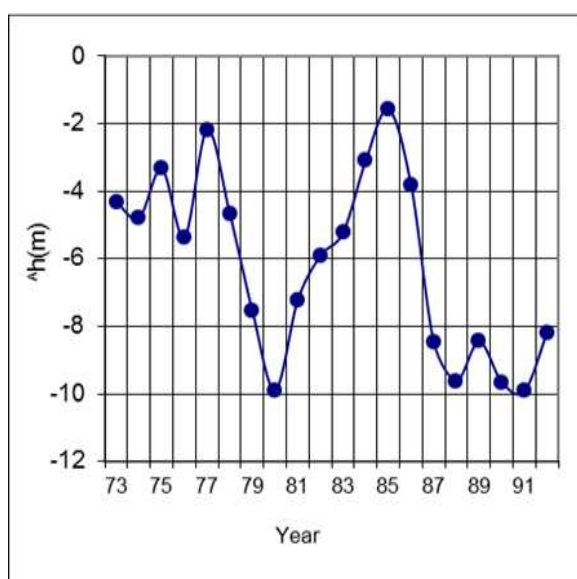
لردگان



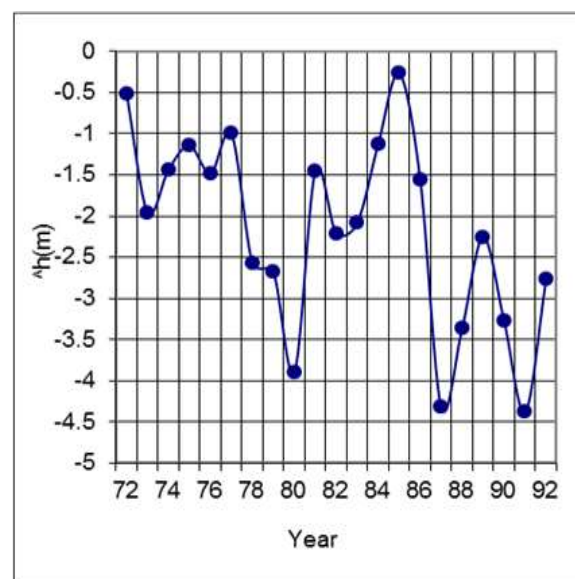
جمال



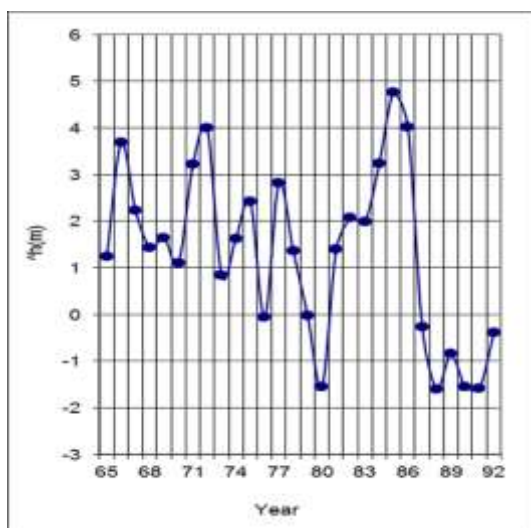
چشمه سلیمان



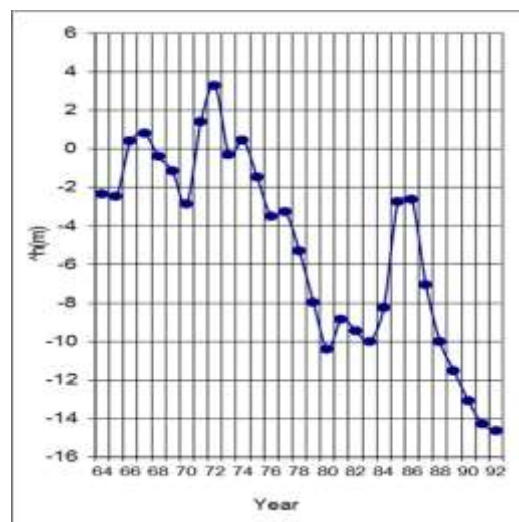
فارسان - جونقان



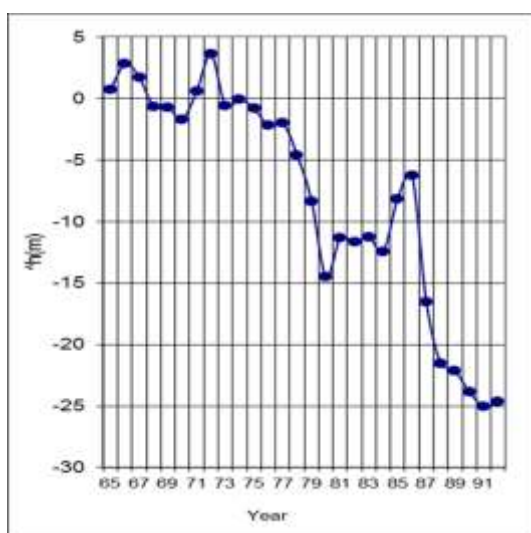
شلمزا



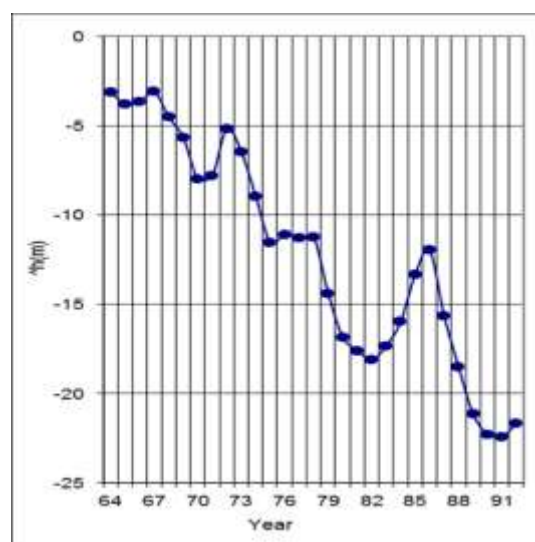
شهرکرد



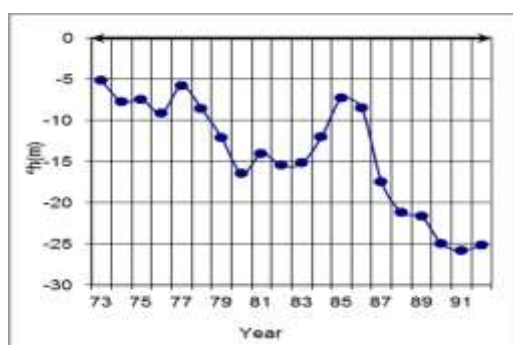
گندمان بلداجی



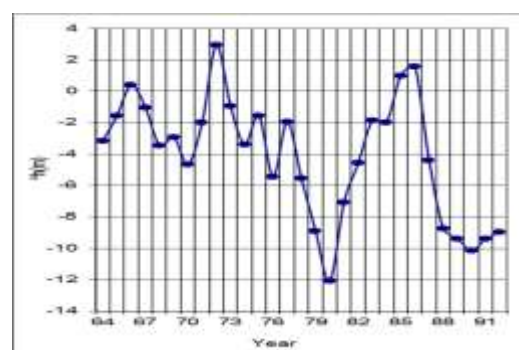
سفیددشت



جمال



بروجن

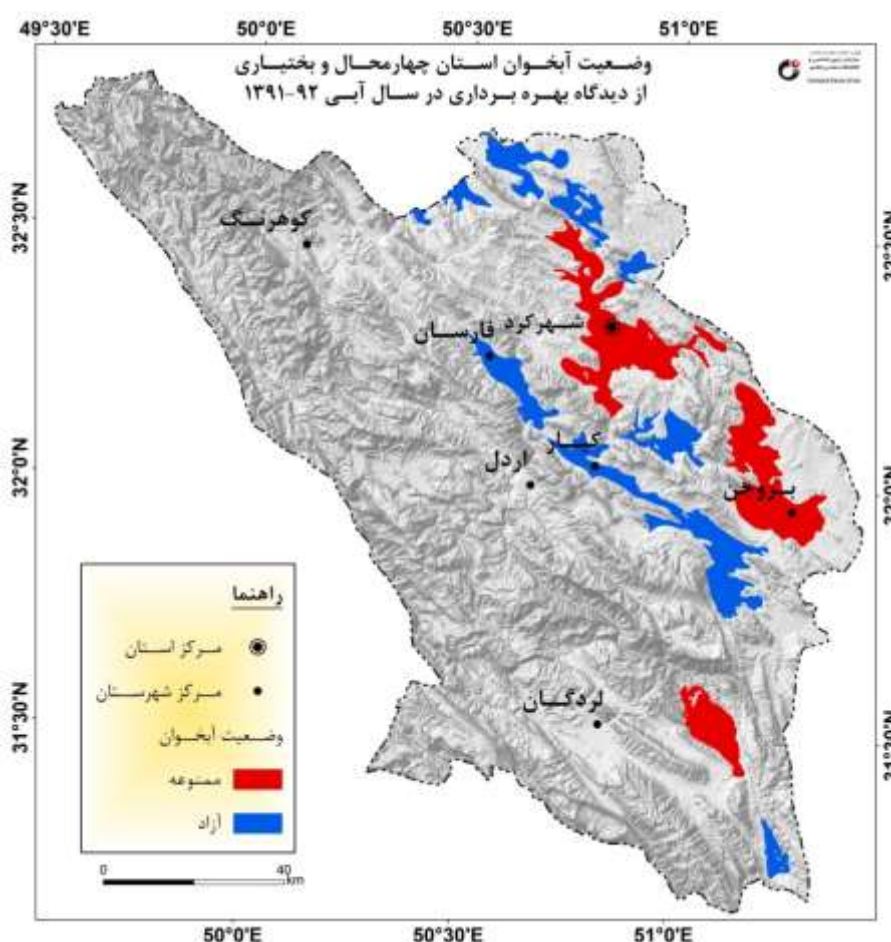


کیار خاوری

نمودار ۲-۲۶) هیدروگراف واحد آبخوان‌های استان چهارمحال و بختیاری (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۰)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۰)

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره‌های آب‌زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری، از مجموع ۱۱ محدوده مطالعاتی استان، ۹ منطقه (در برگیرنده بیش از ۸۰ درصد دشت‌های استان) همچون محدوده‌های مطالعاتی لردگان (شامل دشت‌های لردگان و جمال)، مالخلیفه، گندمان - بلداجی و جوانمردی را به‌عنوان مناطق ممنوعه در برداشت آب‌زیرزمینی اعلام نموده است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در دشت‌های ممنوعه استان به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای‌های عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوت، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

در شکل ۲-۵۶، وضعیت آبخوان‌های استان چهارمحال و بختیاری از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵۶) وضعیت آبخوان‌های استان چهارمحال و بختیاری از دیدگاه بهره‌برداری در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان چهارمحال و بختیاری استان چهارمحال و بختیاری با وسعت کم (حدود ۱۶۴۱۱ کیلومتر مربع) به علت شرایط توپوگرافی و جغرافیایی، از تنوع اقلیمی متفاوتی برخوردار است. مناطق باختری استان به دلیل قرارگیری در زاگرس مرکزی دارای اقلیم مرطوب با بارندگی قابل توجه می‌باشد و چنان‌که پیش‌تر نیز ذکر گردید، میانگین ارتفاع بارش سالیانه در استان چهارمحال و بختیاری همواره بالاتر از میانگین بارش کشور بوده است. اقلیم استان در مناطق پرجمعیت خاوری (شهرستان‌های شهرکرد و بروجن) و جنوبی (شهرستان لردگان) نیمه‌خشک بوده و با کمبود آب مواجه است.

با توجه به پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف استان به همراه کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر و کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) ناشی از آن و همچنین، محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان و به‌ویژه بروز تنش‌هایی بین حوضه‌ها، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۵ درصد از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۸۰ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب

- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان چهارمحال و بختیاری با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد. این امر به همراه چالش‌های ناشی از اجرای طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

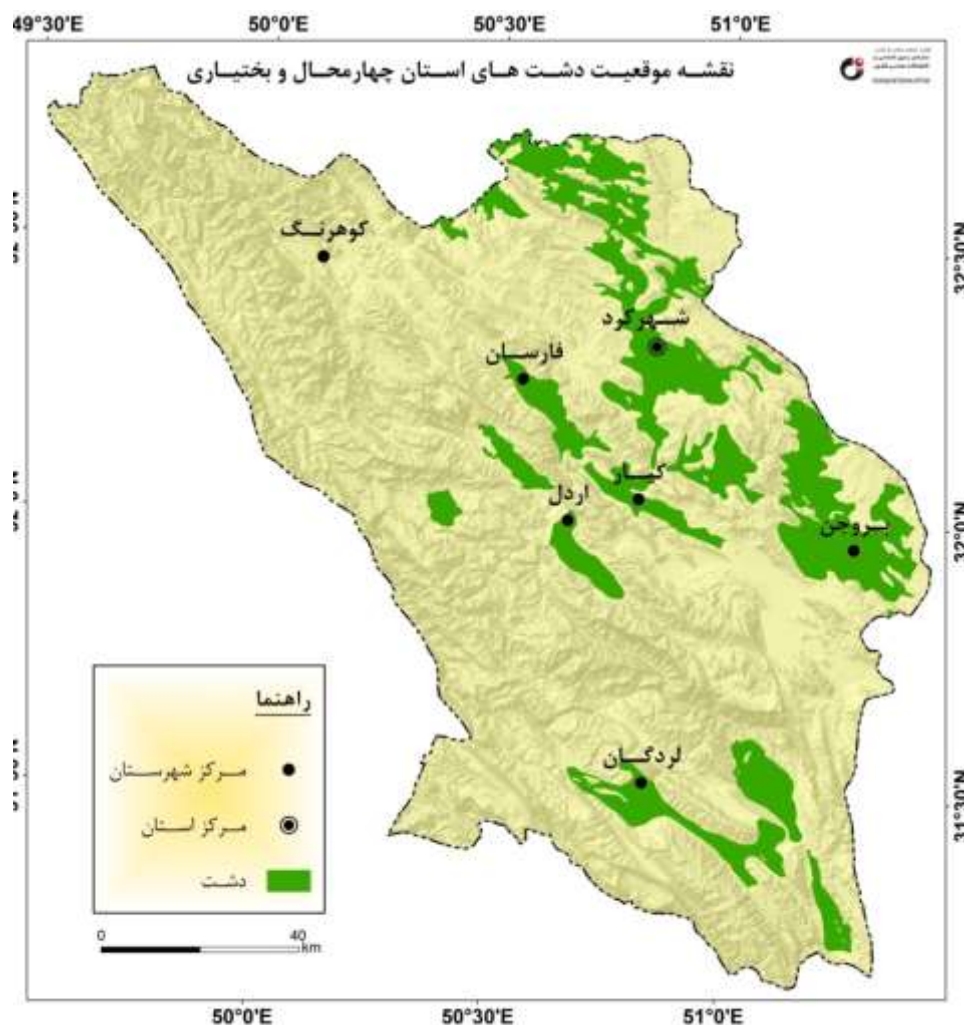
• خطر فرونشست زمین در استان چهارمحال و بختیاری

استان چهارمحال و بختیاری به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. این استان از نظر زمین‌شناسی، در فصل مشترک چند واحد زمین‌ساختی - رسوبی متفاوت قرار گرفته؛ به‌طوری‌که در یک روند شمال‌خاور به جنوب‌باختر در پهنه‌های سنندج - سیرجان، زاگرس شمال‌خاوری و زاگرس چین‌خورده واقع شده‌است.

نواحی خاور و شمال‌خاوری استان چهارمحال و بختیاری، به دلیل ویژگی‌های ساختاری، شباهت نزدیک به پهنه سنندج - سیرجان دارد. در این بخش، واحدهای سنگ‌چینه‌ای عمدتاً محدود به سنگ‌های رسوبی شیلی و سنگ‌ماسه‌ای فیلیتی شده ژوراسیک زیرین بوده که به‌طور دگرشیب با فلس‌های آهکی کرتاسه پوشیده شده‌اند. در این بخش، ردیف‌های کنگلومرا و آهک ائوسن و کنگلومرای نئوژن به‌طور دگرشیب روی رسوبات کرتاسه قرار دارند. پدیده‌های فشارشی در این بخش سبب گردیده تا رخنمون سنگی فراوان باشد؛

به گونه‌ای که سنگ‌ها عموماً سیمای رشته‌کوه‌های خرد شده و رانده شده را دارند. شواهد ساختاری نشان می‌دهد که جابه‌جایی سنگ‌ها از شمال‌خاوری به سمت جنوب‌باختری بوده است. نواحی واقع بین شهرکرد، فارسان و رود بازوفت، به دلیل ویژگی‌های ساختاری، شباهت کامل با بخش شمال‌خاوری پهنه زاگرس دارد که به عنوان زاگرس مرتفع و یا پهنه خرد شده شناخته می‌شود. بخش جنوب‌باختری استان چهارمحال و بختیاری، بخشی از پهنه ساختاری زاگرس چین‌خورده بوده که شامل تاقدیس‌ها و ناودیس‌های ممتد و منظم با روند شمال باختر - جنوب خاور است. در این بخش، توالی پلاتفرمی کامبرین - تریاس میانی برونزد محدودی دارد. توالی فلات‌قاره‌ای تریاس - کرتاسه تنها ردیف‌های کرتاسه بالایی هستند که در این میان، سازندهای سروک، ایلام و گورپی سیمای کوه‌ساز منطقه می‌باشند. واحدهای ترشیری این بخش را می‌توان به دو گروه پالئوژن و نئوژن تقسیم کرد. رخنمون‌های سنگی پالئوژن مربوط به نهشته‌های کربناتی سازند تله‌زنگ، انباشته‌های آواری سازند کشکان و در برخی نواحی، مارن‌های ژرف سازند پابده است. رخنمون‌های سنگی نئوژن نیز مربوط به ردیف‌های کربناتی سازند آسماری، سازند تبخیری گچساران، سازند مارنی میشان و سازند آواری آغاچاری می‌باشد. واحدهای این بخش نسبت به زاگرس شمال‌خاوری از آرامش زمین‌ساختی برخوردار بوده به طوری که گنبد‌های نمکی هرمز در سطح برونزد ندارند.

استان چهارمحال و بختیاری به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، دارای پدیده‌های ژئومورفولوژی متنوعی بوده و از مناطق کوهستانی (حدود ۷۹ درصد) و دشت‌ها (حدود ۲۱ درصد) تشکیل شده است. در این استان، تراکم کوه‌ها و ارتفاع آن‌ها از خاور به باختر افزایش می‌یابد. بیشتر ارتفاعات در نواحی مرکزی و باختری استان قرار دارد و جنس اکثر آن‌ها از نوع سنگ‌های آهکی است. کوه‌های استان چهارمحال و بختیاری، جزء کانون‌های آبگیر دائمی ایران هستند. به سمت خاور تا جنوب استان، از میزان ارتفاعات کاسته شده و دشت‌های نسبتاً وسیع همچون دشت لار، فرادنبه، کیار و گندمان قابل مشاهده است (شکل ۲-۵۷). شیب کم و انباشته شدن رسوبات آبرفتی و واریزه‌های قدیمی در آن‌ها زمینه مساعدی برای کشاورزی به وجود آورده است. ویژگی غالب این دشت‌ها، ارتفاع زیاد آن‌ها می‌باشد.



شکل ۲-۵۷) موقعیت دشت‌های استان چهارمحال و بختیاری
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

قرارگیری مناطق پست استان چهارمحال و بختیاری (از جمله دشت‌های دربرگیرنده آبخوان‌ها) در اقلیم نیمه‌خشک، همچنین، محدود بودن و ضخامت کم آبرفت دشت‌ها و عدم ذخیره آب‌های روان، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی - به همراه چالش‌های ناشی از اجرای طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای (همچون احداث تونل‌های کوهرنگ، بهشت‌آباد و گلاب)، دشت‌های استان چهارمحال و بختیاری را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های

برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی از دشت‌های ممنوعه استان (همچون دشت‌های شهرکرد و خانمیرزا) گردیده‌است. نشست‌زمین در دشت‌های دیگر استان (همچون دشت‌های سفیددشت، فرادنبه، کیار و اردل) به‌دلیل تخلیه برخی از سفره‌های آب‌زیرزمینی ناشی از حفر تونل‌های انتقال آب در اعماق و در تقاطع با تعدادی از گسل‌های مهم منطقه بسیارمحمتمل می‌باشد. هجوم سریع و حجمی آب از حفرات بزرگ کارستی منطقه دق‌لاغرک (به‌وسعت حدود ۱۰ کیلومترمربع) در مسیر تونل کوه‌رنگ و در محدوده دشت نصیرآباد از دیگر موارد قابل اشاره در این زمینه است.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آب‌رسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال‌نیرو و ... این دشت‌ها وارد شده است.

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست‌زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان چهارمحال و بختیاری

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان چهارمحال و بختیاری، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، مشکلات ناشی از اجرای طرح‌های انتقال آب، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان چهارمحال و بختیاری با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی
 - یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان چهارمحال و بختیاری، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.
- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب

- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- شناسایی و مطالعات زمین‌شناختی و ساختاری در محدوده اجرای طرح‌های انتقال آب استان
- حفظ، نگهداری و احیای قنوت
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان

- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان چهارمحال و بختیاری به حداقل رساند.

➤ خراسان جنوبی

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان خراسان جنوبی

در استان خراسان جنوبی با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۵۰۸۰۰ کیلومتر مربع و ۷۳۲۱۹۲ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۱۱۲۸/۱۲ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۱۸-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان خراسان جنوبی ارائه شده که از این میان چشمه‌ها با تعداد ۲۲۲۳ دهنه (حدود ۱۹٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۷۸۴/۶۶ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۶۵٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان خراسان جنوبی را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱۸-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان خراسان جنوبی در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
خراسان جنوبی	۱۱۲۸/۱۲	۲۲۲۳ (۱۹٪)	۷۸۴/۶۶ (۶۵٪)	۱۰۷۶ (۹٪)	۹۱/۴۳ (۸٪)	۶۲۵۲ (۵۳٪)	۲۶۶/۵۹ (۲۲٪)	۲۱۸۹ (۱۹٪)	۶۴/۱۵ (۵٪)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان خراسان جنوبی

با توجه به واقع شدن استان خراسان جنوبی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران و با توجه به استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن بحران‌های آبی متعدد همگام با رشد جمعیت و توسعه استان و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی با بیش از ۹۰٪ از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) و افت سطح

آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده (بیش از ۵۰٪ دشت‌های استان به‌عنوان دشت ممنوعه و ممنوعه بحرانی اعلام شده) که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور (به‌ویژه در دشتهایی از استان که دارای گنبد نمکی است)

✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها

✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها

✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها

✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)

✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی

✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها

✓ نشست سطح زمین

✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها

✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب

✓ کاهش رطوبت خاک

✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات

✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی

✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی

✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها

✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی

✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی

✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان جنوبی، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان خراسان جنوبی

استان خراسان جنوبی واقع در شرق ایران، از نظر ناهمواری‌ها تقریباً به دو قسمت "کوهستانی و مرتفع" و "پست و هموار" تقسیم می‌شود. مناطق "پست و هموار" استان، شامل زمین‌ها و دشت‌های همواری بوده که در قسمت‌های شمال غرب، مرکز، غرب و جنوب غرب استان قرار گرفته‌اند. دشت‌های جنوب و جنوب غربی استان حاوی نمکزارها و نقاط پست و کم ارتفاعی بوده که در برخی قسمت‌ها از هر نوع پوشش گیاهی عاری هستند و به دلیل مجاورت با حاشیه شمال کویر لوت، آب‌وهوایی خشک و خشن دارند.

قرارگیری مناطق پست از جمله دشت‌های استان در ناحیه بیابانی (آب‌وهوای گرم و خشک) شرق ایران، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شود. متوسط بارندگی سالیانه استان در دوره آماری ۲۰ ساله به ۱۱۱ میلی‌متر می‌رسد که اغلب به صورت بارش‌های رگباری و غیرمتناوب است. بارش در نواحی مجاور کویر به حدود ۵۰ میلی‌متر تقلیل یافته است.

وجود این شرایط، دشت‌های استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۳، متوسط کسری سالیانه آبخوان دشت‌های استان از ابتدای اندازه‌گیری ۱۰۴ میلیون مترمکعب اعلام گردیده که حداکثر کسری آبخوان‌ها مربوط به دشت سرایان و حداقل کسری نیز مربوط به دشت بندان بوده است. همچنین متوسط افت آب دشت‌های استان در یک بازه زمانی ۱۰ ساله، حدود ۳۴ سانتی‌متر بوده که حداکثر این افت برابر با ۹۶ سانتی‌متر مربوط به دشت سده و حداقل آن با ۲ سانتی‌متر مربوط به دشت علی‌آباد هامون است.

عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون فرونشست تدریجی زمین می‌گردد. چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به پدیده نشست سطح زمین در اغلب دشت‌های استان (همچون دشت‌های سرایان، سده و درمیان) گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان به وجود آورده است.

- **دشت سرایان**، یکی از دشت‌های ممنوعه استان خراسان جنوبی و به‌عنوان چهارمین دشت بحرانی کشور معرفی گردیده است. فرونشست زمین در دشت سرایان از مرحله بحران هم عبور کرده است به‌طوری‌که شرایط برای تغذیه مجدد منابع آبی در این دشت وجود ندارد. ترک‌های عمیق ایجاد شده مؤید وقوع این پدیده در دشت سرایان می‌باشد. همچنین امکان پیشروی فرونشست در ادامه دشت وجود دارد. جایگزینی چاه با قنات و اضافه برداشت از چاه‌های مجاز، از دلایل عمده برای بروز این مسئله بوده چنان‌که در حاشیه دشت سرایان متوسط افت آب بیش از ۱,۵ متر در سال برآورد گردیده است.

- **منطقه درمیان - اسدآباد**، ارتفاعات گسترده‌ای را در حاشیه شرقی زیرحوضه کویر لوت به‌خود اختصاص می‌دهد. دشت درمیان یکی از دشت‌های مهم استان خراسان جنوبی محسوب می‌شود. اهمیت این دشت بیشتر به‌دلیل تأمین آب موردنیاز شرب و کشاورزی است. خشک‌سالی‌های چندساله اخیر سبب بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی این دشت و در نتیجه باعث افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان و کاهش کیفیت آن گردیده است. در این راستا، این دشت از سال ۱۳۷۹ از طرف وزارت نیرو جزء دشت‌های ممنوعه اعلام شد. بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ متوسط افت سطح آب زیرزمینی حدود ۲۰۰ میلی‌متر بوده است. با افزایش اجباری عمق چاه‌ها، برداشت از آبخوان دشت شدت پیدا کرده که این امر موجب افزایش افت سطح آب در حاشیه دشت و وقوع نشست، ایجاد شکاف‌ها و ترک‌های طولی، خشک شدن چشمه‌ها و کج شدن دیوار ساختمان‌ها در قسمت جنوب شرقی دشت درمیان گردیده است.

○ **راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان جنوبی**
مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان خراسان جنوبی، استمرار پدیده خشک‌سالی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی، جایگزینی قنات با چاه، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع

آب زیرزمینی (عمدتاً در مصارف کشاورزی) و به تبع آن افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه به برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان خراسان جنوبی اشاره می‌گردد:

- حفاظت از آبخوان‌ها (به‌ویژه در بخش کشاورزی) با هدف تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی، از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - بهبود روش‌های آبیاری
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی
 - جلوگیری از توسعه شدید سطح زیر کشت
 - توسعه کشت محصولات استراتژیک زرشک، زعفران و عنب
 - کاهش کشت محصولات پرآب طلب (همچون هندوانه و پنبه)؛ با ورود آب مجازی به استان می‌بایست نیاز به محصولات جالیزی و سایر محصولات پرآب مرتفع شود.
 - سوق دادن کشاورزی و زراعت به سمت گلخانه‌ها
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه (از طریق مهار آب‌های سطحی، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی و همچنین تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی)
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه و بحرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در این استان به‌حداقل رساند.

همچنین، اجرای طرح انتقال آب از دریای عمان به استان خراسان جنوبی به‌عنوان اصلی‌ترین گزینه‌های انتقال آب به استان در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفته است. علاوه بر آن، مطالعات امکان‌سنجی جهت اجرای طرح باروری ابرها نیز در استان نیز در حال انجام می‌باشد.

➤ خراسان رضوی

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان خراسان رضوی

در استان خراسان رضوی با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۱۶۴۸۵ کیلومتر مربع و ۵,۹۹۴,۴۰۲ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۶۳۷۱/۹۷ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۱۹-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان خراسان رضوی ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۲۴۶۰۹ دهنه (حدود ۶۵ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۵۴۶۹/۵۹ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۶ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان خراسان رضوی را به خود اختصاص داده است. اشاره می‌گردد، میزان تخلیه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به صورت مجموع داده شده است.

جدول ۱۹-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان خراسان رضوی در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۱۳۹۳)

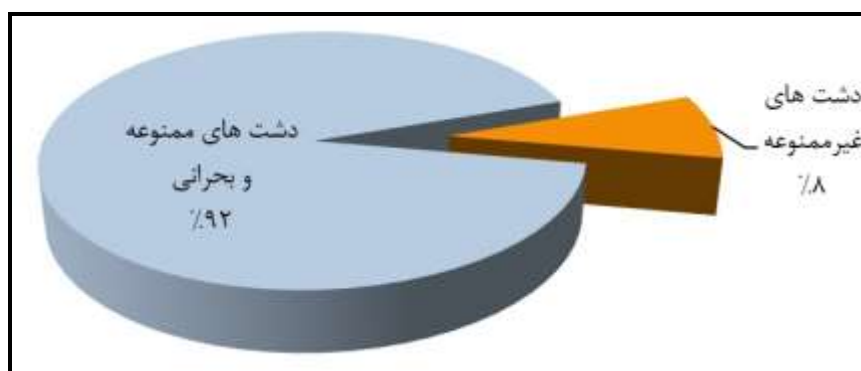
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
خراسان رضوی	۶۳۷۱/۹۷	۲۴۶۰۹ (/۶۵)	۵۴۶۹/۵۹ (/۸۶)	۶۷۸۰ (/۱۸)	۵۳۲/۶۸ (/۸)	۶۳۴۸ (/۱۷)	۳۶۹/۷ (/۶)

بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، در حال حاضر، حدود ۸۰ درصد مصارف آب خراسان رضوی از سفره‌های آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۹۰ درصد آب تولیدی در استان خراسان رضوی در بخش کشاورزی، ۷ درصد در بخش شرب و حدود ۳ درصد در بخش صنعت و خدمات

مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب و بهره‌برداری هدفمند از منابع آب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی در سال ۱۳۹۴، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان خراسان رضوی، متوسط کسری مخازن دشت‌ها حدود ۱۲۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد و از این حیث، رتبه نخست کشور را به خود اختصاص داده است. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان (حدود ۶۵ درصد) که حدود ۶۵ درصد برآورد گردیده، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان خراسان رضوی، حدود ۱ متر در سال بوده که نرخ آن هرساله در حال افزایش می‌باشد.

در حال حاضر، به دلیل اضافه برداشت و افت سطح آب‌های زیرزمینی، از مجموع ۳۷ دشت استان خراسان رضوی، ۳۴ دشت (بیش از ۹۰ درصد دشت‌های استان) به عنوان دشت ممنوعه اعلام گردیده که از این تعداد، ۱۵ دشت با شرایط بحرانی مواجه است. تنها ۳ دشت آزاد در استان خراسان رضوی - واقع در حاشیه مرکزی خاور کشور - دارای بیلان مثبت بوده که از پتانسیل منابع آب زیرزمینی قابل توجهی نیز برخوردار نیستند (نمودار ۲-۲۷).



نمودار ۲-۲۷) وضعیت دشت‌های استان خراسان رضوی از لحاظ امکان برداشت آب زیرزمینی در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (برگرفته از سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۳۹۴)

- مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان خراسان رضوی
- استان خراسان رضوی با ۱۱۶۴۸۵ کیلومتر مربع مساحت، به‌علت برخورداری از اقلیم خشک (۷۴ درصد) و نیمه‌خشک (۲۶ درصد) و به‌تبع آن، کاهش نزولات جوی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان (به‌ویژه دشت‌های مشهد، تربت‌جام، تایباد، نیشابور، کاشمر، سبزوار و تربت‌حیدریه) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:
- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان رضوی با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان خراسان رضوی

استان خراسان رضوی در شمال‌خاور ایران و در زون‌های ساختاری کپه‌داغ، ایران مرکزی، بلوک یزد و زون البرز خاوری واقع گردیده است. این استان به سبب وسعت زیاد، از نظر شرایط طبیعی، بسیار متنوع می‌باشد و هر یک از نواحی مختلف آن دارای ویژگی‌های خاصی است. به طور کلی، ناهمواری‌های استان به دو بخش کوهستانی و دشت تقسیم می‌شود.

در بخش شمالی استان خراسان رضوی قسمت قابل توجهی از دو رشته کوه کپه‌داغ- هزارمسجد، آلاداغ- بینالود قرار گرفته است. در میان این رشته کوه‌های موازی، دره‌ها و دشت‌های وسیعی وجود دارد که گاه پهنای آن‌ها به حدود ۲۰۰ کیلومتر می‌رسد. آنچه در این مناطق حائز اهمیت بوده، وجود دشت‌های حاصلخیز همچون بجنورد، شیروان، قوچان، چناران و مشهد است که در گستره بین دو رشته ارتفاعات موازی کپه‌داغ- هزارمسجد در شمال و آلاداغ- بینالود در جنوب به وجود آمده‌اند. دشت مشهد با طول تقریبی ۱۴۰ کیلومتر و عرض ۲۰ کیلومتر یکی از وسیع‌ترین دشت‌های استان خراسان رضوی محسوب می‌گردد.

قرارگیری مناطق پست از جمله دشت‌های استان در اقلیم خشک و نیمه خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، ناحیه‌ای فقیر محسوب شود. متوسط بارندگی سالیانه استان در دوره آماری ۳۸ ساله از ۲۲۴ میلی‌متر به ۲۱۰ میلی‌متر کاهش یافته که این کاهش در ۱۰ سال اخیر چشمگیر بوده است.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و آب‌وهوایی استان خراسان رضوی، سفره‌های آب زیرزمینی، مهم‌ترین منابع آبی استان محسوب می‌شود. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان- عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی-

دشت‌های استان خراسان رضوی با دو چالش اساسی مواجه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین می‌گردد. چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به پدیده نشست سطح زمین در اغلب دشت‌های استان (همچون دشت‌های مشهد، نیشابور و کاشمر) گردیده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، میزان فرونشست در دشت مشهد ۲۵ سانتی‌متر، در دشت نیشابور ۱۲ سانتی‌متر و در دشت کاشمر ۳۰ سانتی‌متر ثبت گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آب‌رسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان به‌وجود آورده است.

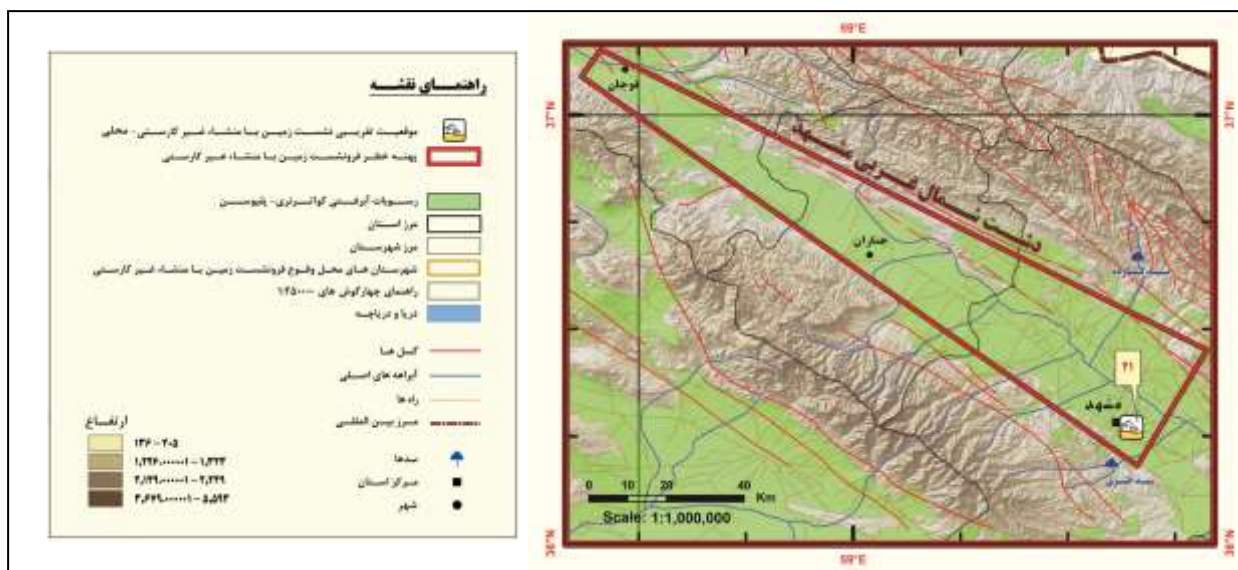
بر اساس گزارش اداره زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق کشور، به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی طی سال‌های گذشته، وقوع مکرر فرونشست زمین، ترک‌خوردگی و فروچاله در محدوده تعدادی از دشت‌های استان گزارش شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان خراسان رضوی ذکر گردیده است:

- فرونشست زمین در دشت مشهد

موقعیت و محدوده:

دشت مشهد به‌صورت دره‌ای وسیع با وسعت حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع حفاصل شهرهای مشهد و قوچان واقع شده است (شکل ۲-۵۸).

- محدوده شهر توس در شمال غرب مشهد (کانون فرونشست)؛
- شهرستان چناران در مسیر جاده مشهد- قوچان؛
- روستای حسن خوردو در شمال‌باختر دشت مشهد (نزدیک جاده مشهد- قوچان)؛
- جنوب شهر مشهد و بخش رضویه



شکل ۲-۵۸) پهنه فرونشست زمین در دشت مشهد
(برگرفته از پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

در حال حاضر، به دلیل انتقال آب از سد دوستی به دشت مشهد، فرونشست زمین در قسمت مرکزی این دشت متوقف شده اما قسمت های باختر و شمال باختر این دشت همچنان در معرض خطر است.

علت تشکیل:

- برداشت آب زیرزمینی (علت اصلی): افت سطح آب ناشی از برداشت های بی رویه و غیر اصولی از آب های زیرزمینی دشت مشهد، علت نشست بیشتر در شهر توس: تراکم چاه های عمیق و بهره برداری مضاعف آب در این ناحیه؛
- دگرشکلی زمین ساختی (علت احتمالی): با توجه به محدود شدن دشت مشهد توسط خطواره های ساختاری؛
- موارد دیگر: تغییرات ارتفاعی فصلی زمین ناشی از تغییر تراز سطح آب های زیرزمینی در فصول مختلف در سینوزیته نمودار تغییرات ارتفاعی (با روند منفی) مؤثر است.

حالت فرونشست:

نشست زمین و ایجاد شکاف در سطح زمین و دیوار ساختمان ها

میزان فرونشست:

حدود ۶۰ سانتی متر طی سال‌های ۸۴-۱۳۷۶ (مربوط به ایستگاه M-51: نزدیکی محل تقاطع جاده مشهد- قوچان و ایستگاه دائمی توس)؛
میزان نشست زمین در دشت مشهد از دی‌ماه ۸۳ تاکنون: ۲۵-۲۱ سانتی متر؛ حداکثر فرونشست دشت مشهد معرف یک سرعت خطی ۷/۵ سانتی متر در سال است.
نرخ بالای روند فرونشست در منطقه توس: سالیانه حدود ۲۰ سانتی متر و بیشتر

سطح خسارت:

- ایجاد شکاف در دیوار ساختمان‌ها؛
- احتمال وارد آمدن خسارات سنگین به ابنیه فنی و تأسیسات صنعتی منطقه در صورت تداوم فرونشست؛
- احتمال وارد آمدن خسارت به خط لوله گاز منطقه در صورت تداوم فرونشست؛
- تخریب و لوله‌زایی (رشد لوله‌های آب) در چاه‌های کشاورزی در منطقه حسن خوردو؛
- خسارت به خطوط ریلی آهن؛
- تغییر شکل آبراهه‌ها
- خسارات دیگر:
- نشست زمین در دشت مشهد (به دلیل کاهش تخلخل و ضریب ذخیره آبخوان) باعث کاهش شدید آبدهی چاه‌ها، شور شدن تدریجی و تخریب کیفیت آب دشت می‌گردد؛
- خسارت به پل‌ها و مجاری فاضلاب

- فرونشست زمین در دشت کاشمر

دشت کاشمر در بخش شمال خاوری حوضه آبریز کویر مرکزی ایران واقع شده و یکی از دشت‌های مهم و حاصلخیز استان خراسان رضوی است. از نظر اقلیمی این دشت دارای اقلیم نیمه‌خشک تا خشک می‌باشد. در دهه‌های اخیر، توسعه سریع کشاورزی همراه با رشد سریع جمعیت و افزایش نیاز آبی باعث استحصال بی‌رویه و افت سطح آب زیرزمینی در این دشت شده است. برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی این دشت سبب افت سالیانه حدود ۰/۸ متر سطح آب‌های زیرزمینی همراه با کسری مخزن

به میزان ۱۲۱/۴ میلیون مترمکعب گردیده است. افت ممتد سطح آب‌های زیرزمینی موجب شده تا این دشت در زمره دشت‌های بحرانی استان قرار گیرد. در این راستا، پدیده فرونشست سطح زمین ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی در بخش‌های باختری دشت به‌طور محسوس مشاهده می‌گردد. افت شدید سطح آب زیرزمینی و وجود خاک‌های ریزدانه در روستاهای عظیم‌آباد، ظاهرآباد، ظفررود، فیروزآباد، کلاته‌شادی و کندر سبب ایجاد پدیده فرونشست زمین و ایجاد شکاف و ترک‌های طولی در سطح زمین گردیده است.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان رضوی

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان خراسان رضوی، شرایط مساعد زمین‌شناسی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان خراسان رضوی با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان خراسان رضوی، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کاهش جمعیتی است.

● مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار)
- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به‌خصوص فعالیت‌های دامپروری
- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آبر و کم‌بازده
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- حفظ، نگهداری و مرمت قنات‌ها
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- حفظ و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از بهداشت
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی

- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی
- تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان خراسان رضوی به حداقل رساند.

➤ خراسان شمالی

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان خراسان شمالی

در استان خراسان شمالی با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۸۴۳۴ کیلومتر مربع و ۸۶۷،۷۲۷ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان شمالی، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۸۸۸/۴ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان شمالی، سال آبی ۹۴-۱۳۹۳).

در جدول ۲-۲۰، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان خراسان شمالی ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۴۰۲۷ دهنه (حدود ۵۲٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۴۴۷/۴ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۵۱٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان خراسان شمالی را به خود اختصاص داده است.

در حال حاضر، در استان خراسان شمالی، تعداد ۳۱۲۴ دهنه چشمه (حدود ۴۰٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) وجود دارد و میزان تخلیه آن‌ها در حدود ۳۵۶ میلیون مترمکعب (حدود ۴۰٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان) در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ بوده است.

جدول ۲-۲۰) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان خراسان شمالی در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان خراسان شمالی، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
خراسان شمالی	۸۸۸/۴	۱۵۸۴ (٪۲۰)	۴۰۵/۸ (٪۴۶)	۲۴۴۳ (٪۳۲)	۴۱/۶ (٪۵)	۶۲۱ (٪۸)	۸۵ (٪۱۰)	۳۱۲۴ (٪۴۰)	۳۵۶ (٪۴۰)

بر اساس بررسی‌های جدید شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان شمالی، حجم کل منابع آب تجدیدپذیر استان سالیانه یک میلیارد و ۴۰۰ میلیون مترمکعب بوده که ۶۱ درصد از این حجم (معادل

۸۷۰ میلیون مترمکعب)، آب‌های سطحی تجدیدشونده و ۳۹ درصد (معادل ۵۳۰ میلیون مترمکعب) نیز مربوط به آب‌های زیرزمینی است.

در حال حاضر، حدود ۹۴ درصد کل منابع آب استان، در بخش کشاورزی و با بهره‌وری پایین، ۴ درصد در بخش شرب و بهداشت و ۲ درصد در بخش صنعت مصرف می‌شود. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب و بهره‌برداری هدفمند از منابع آب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان شمالی، با در نظر گرفتن توان تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی استان، سالیانه حدود ۱۰۰ میلیون مترمکعب آب به‌صورت غیرمجاز از این منابع برداشت می‌شود. نکته قابل تأمل، برداشت غیرمجاز از چاه‌های مجاز بوده به‌طوری‌که میزان اضافه برداشت از این چاه‌ها، حدود دو برابر برداشت از چاه‌های غیرمجاز است.

بیشترین چاه‌های غیرمجاز استان خراسان شمالی، در حوزه شیروان و فاروج با تعداد ۷۰۹ حلقه چاه و کمترین تعداد چاه غیرمجاز نیز در دشت قوری‌میدان با تعداد ۶۳ حلقه چاه شناسایی شده است. بیشترین اضافه برداشت از چاه‌های مجاز استان، در دشت اسفراین صورت گرفته به‌طوری‌که اضافه برداشت از چاه‌های کشاورزی موجود در این دشت، حدود ۱۷ میلیون مترمکعب آب بوده است. همچنین، در دشت سملقان نیز حدود ۱۶ میلیون مترمکعب آب اضافه برداشت شده است. کمترین میزان اضافه برداشت از چاه‌های کشاورزی استان نیز مربوط به دشت قوری‌میدان، به میزان ۳۰۰ هزار مترمکعب آب می‌باشد.

برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری مخازن آب و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان خراسان شمالی، حدود ۴۰ سانتی‌متر در سال بوده است که بیشترین نرخ افت به میزان ۴۷ سانتی‌متر در نیمه نخست سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ مربوط به دشت جاجرم می‌باشد. کمترین میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی استان نیز در دشت شوقان به‌میزان ۸ سانتی‌متر گزارش شده است.

با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب استان خراسان شمالی، وزارت نیرو، توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی ۸ دشت از ۱۱ دشت استان (بیش از ۷۰ درصد دشت‌های استان) را ممنوع اعلام نموده است. براساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان شمالی، وضعیت منابع آب زیرزمینی در ۳ دشت اسفراین، شیروان- فاروج و جاجرم به حد بحرانی رسیده چنان‌که طی ۲ دهه گذشته، سطح آب زیرزمینی در دشت اسفراین، ۱۵ متر، دشت شیروان- فاروج، ۱۱ متر و دشت صفی‌آباد، ۸ متر کاهش یافته است.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان خراسان شمالی

استان خراسان شمالی به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص جغرافیایی و توپوگرافی، از لحاظ آب‌وهوایی متنوع بوده و اقلیم‌های متفاوتی در آن وجود دارد. این استان به علت برخورداری از اقلیم‌های خشک سرد و نیمه‌خشک فراسرد (در بیش‌تر از ۸۰ درصد سطح استان) و آب‌وهوای نیمه‌بیابانی (در بخشی از شهرستان مانه و سملقان و جنوب شهرستان‌های گرمه، جاجرم و اسفراین) و به تبع آن، کاهش نزولات جوی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک

- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان‌شمالی با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان خراسان‌شمالی

استان خراسان‌شمالی از دو منطقه کوهستانی (رشته‌کوه کپه‌داغ در نواحی شمالی و رشته‌کوه آلا‌داغ در نواحی جنوبی) و نیز نواحی پست و هموار (همچون دشت‌های فاروج، شیروان، بجنورد، مانه، سملقان، اسفراین، گرمه، جاجرم، سنخواست، صفی‌آباد، قوری‌میدان و شوقان) تشکیل شده است. دشت‌هایی آبرفتی استان و همچنین دشت‌هایی که بر روی مخروط‌افکنه‌ها شکل گرفته‌اند، به‌دلیل برخورداری از منابع آب و خاک حاصلخیز، شرایط بسیار مساعدی برای کشاورزی دارند. علاوه‌بر این، ارتفاعات کپه‌داغ، از نظر ساختار زمین‌شناسی شباهت زیادی با منطقه زاگرس دارد و به‌دلیل وجود گسل‌های متعدد، ساختار رسوبی، چین‌های نامتقارن، نبود فعالیت‌های آتشفشانی و وجود سنگ‌های دارای درز و شکاف فراوان، شرایط مساعدی برای تشکیل ذخایر آب زیرزمینی ایجاد می‌کند.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و آب‌وهوایی استان خراسان‌شمالی، سفره‌های آب زیرزمینی، مهم‌ترین منابع آبی استان محسوب می‌شود. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن،

بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، به‌منظور تأمین آب کشاورزی و سایر مصارف آب، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. این امر باعث شده که اکثر دشت‌های استان با بیلان منفی و افت شدید سطح ایستابی مواجه شوند به‌طوری‌که ۸ دشت استان شامل جاجرم، مانه و سملقان، شیروان، بجنورد، شوقان، اسفراین و صفی‌آباد ممنوعه اعلام گردیده است.

وجود این شرایط، دشت‌های استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب به‌ویژه در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست زمین می‌گردد؛ چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها طی دو دهه اخیر، منجر به بروز این پدیده در برخی دشت‌های ممنوعه استان همچون دشت‌های مانه و سملقان گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش‌ازحد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ... در این دشت‌ها به‌وجودآورده‌است. احتمال بروز این پدیده، در نواحی آهکی و کارستی استان همچون دشت بجنورد (به‌علت وجود تخلخل و درز و شکاف بر سطح آهک‌های منطقه و نفوذ آب به زمین) همراه با فروچاله‌های کارستی وجود دارد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خراسان شمالی

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان خراسان شمالی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان خراسان شمالی با هدف تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی
 - تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی

- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان خراسان‌شمالی به‌حداقل رساند.

➤ خوزستان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان خوزستان

در استان خوزستان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۶۴۰۱۹ کیلومترمربع و ۴,۵۳۱,۷۲۰ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان خوزستان، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۱۳۵۶ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان خوزستان، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۲۱، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان خوزستان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۳۹۰۲ دهنه (حدود ۸۹ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۰۹۴ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۱ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان خوزستان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۲۱) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان خوزستان در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲
(هزار مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان خوزستان، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
خوزستان	۱۳۵۵۸۲۴	۲۸۰۴ (۰.۶۴٪)	۹۲۶۳۸۷ (۰.۶۸٪)	۱۰۹۸ (۰.۲۵٪)	۱۶۷۰۶۲ (۰.۱۲٪)	۴ (۰.۰۱٪)	۱۷۳۰ (۰.۰۱٪)	۴۸۱ (۰.۱۱٪)	۲۶۰۶۴۵ (۰.۱۹٪)

علی‌رغم این که حدود ۳۳ درصد از منابع آب‌های سطحی کشور، در استان خوزستان وجود دارد؛ با این حال، منابع آب زیرزمینی نیز در تأمین آب استان نقش بسزایی دارد. بر اساس گزارش شرکت آب و برق استان خوزستان، ۱۳۹۰، حدود ۸۷ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۸/۵ درصد در بخش شرب و حدود ۴/۵ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استان خوزستان با داشتن خاک حاصلخیز و وجود رودخانه‌های دائمی و فصلی فراوان و به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی در کشور داراست. همجواری این استان با کشور عراق و نزدیکی به کشورهای حاشیه خلیج فارس، همچنین، وجود راه‌های آبی و خشکی برای صادرات، زمینه مستعدی برای صادرات میوه و تره بار و گل‌و گیاه به‌وجود آورده است. از این رو و باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

چنان‌که پیشتر ذکر گردید، منابع آب زیرزمینی در تأمین آب استان خوزستان نقش بسزایی دارد. از سوی دیگر، کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان محسوب می‌شود. در نتیجه، برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی استان، بیشتر از ظرفیت این سفره‌ها صورت می‌گیرد. به‌طور کلی، از مجموع ۲۸ محدوده مطالعاتی استان خوزستان، محدوده مطالعاتی دزفول - اندیمشک، بیشترین میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی را داشته است. همچنین، دشت عباس به‌علت بهره‌برداری زیاد از آن، به‌عنوان منطقه ممنوعه اعلام شده است. ادامه این روند، منجر به از بین رفتن امکان ذخیره آب در این سفره‌های زیرزمینی خواهد شد؛ به‌طوری‌که، احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان خوزستان

حدود ۷۵ درصد از وسعت استان خوزستان، از اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک برخوردار بوده که شامل جلگه‌ها و دشت‌های جنوب و جنوب‌باختری استان است. میانگین بارندگی بلندمدت استان خوزستان، ۳۰۹ میلی‌متر می‌باشد که بالاتر از میانگین بارندگی بلندمدت کشور (۲۳۵ میلی‌متر) است. همچنین، توزیع بارش در سطح استان خوزستان یکنواخت نبوده و ارتفاعات شمال و شمال‌خاور استان، دریافت بیشتری از بارندگی را دارند.

با توجه به شرایط جغرافیایی و توپوگرافی استان خوزستان و پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف آن به همراه کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر و کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) ناشی از آن و همچنین، محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته است. این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۷ درصد از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) و بیشتر از ظرفیت این سفره‌ها شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی از دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور (دریا)
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی

✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خوزستان با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان خوزستان

استان خوزستان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد.

استان خوزستان از نظر زمین‌شناسی، در پهنه زمین‌ساختی - رسوبی زاگرس واقع شده و بخش‌هایی از کمربند چین و راندگی زاگرس و حوضه پیش‌بوم خلیج فارس - بین‌النهرین را در بر می‌گیرد.

به‌طور کلی، سنگ‌های کمربند چین و راندگی زاگرس، به دو دسته پی‌سنگ و پوشش رسوبی تقسیم می‌شود. پی‌سنگ دگرگونه در هیچ منطقه‌ای از کمربند چین و راندگی برونزد ندارد. پوشش رسوبی زاگرس، شامل توالی از سنگ‌های رسوبی به ستبرای حدود ۱۰ کیلومتر است که ناپیوستگی‌های چندی در آن دیده می‌شود. از پوشش رسوبی زاگرس، بخش‌هایی از پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک در استان رخنمون دارد. وجود واحدهای سنگ‌چینه‌ای کم‌قوام در پوشش رسوبی، سبب ناهم‌آهنگی در الگوی دگرریختی شده است. از جمله این واحدها می‌توان به نهشته‌های تبخیری سری هرمز در قاعده پوشش رسوبی و نهشته‌های تبخیری سازند گچساران اشاره نمود. قدیمی‌ترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای در شمال‌خاور استان مشاهده شده و شامل سازندهای زاگون و لالون به‌سن کامبرین‌زیرین است. بر روی واحدهای سنگ‌چینه‌ای فوق، سازندهای میلا، فراقون و دالان به‌سن پالئوزوئیک قرار دارد. سازند خانه‌کت به‌سن تریاس، در هسته تاقدیس منگشت برونزد دارد و بر روی آن واحدهای سنگ‌چینه‌ای ژوراسیک شامل سازندهای سورمه و نیریز جای دارد. واحدهای سنگ‌چینه‌ای کرتاسه شامل سازندهای فهلپان، گدوان، داریان، کژدمی، ایلام، سروک و گورپی است. در بخش‌های شمالی، نهشته‌های کرتاسه‌زیرین به سازند گرو تغییر رخساره داده است. نهشته‌های سنوزوئیک شامل سازند پابده، آسماری و سازندهای گروه فارس است. در نواحی شمالی، سازند پابده به سازندهای امیران، تله زنگ، کشکان و شهبازان تغییر رخساره داده است. در پیش‌گودال

زاگرس و فروبار دزفول تنها رخنمون‌های گروه فارس شامل سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری و بختیاری مشاهده می‌گردد. نهشته‌های کواترنری بخش‌های وسیعی از استان را به‌ویژه در فروبار دزفول و دشت ساحلی پوشانده است.

این استان از نظر سیمای ظاهری ناهمواری‌ها، به دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم می‌شود:

- منطقه کوهستانی عمدتاً در شمال و خاور استان قرار گرفته و حدود دو پنجم مساحت کل استان را شامل می‌شود. این منطقه، شامل دو بخش "کوهستانی و مرتفع" در شمال و خاور استان و "کم‌ارتفاع و تپه‌ماهوری" در حاشیه جلگه خوزستان می‌باشد. تپه‌ماهورهای استان به‌صورت پستی و بلندی‌هایی با ارتفاع کم و اغلب در محیط‌های رسی مشاهده می‌گردد. شهرستان‌های اندیمشک، اهواز، ایزه، بندر ماهشهر، دزفول، رامهرمز، شوشتر و مسجدسلیمان در منطقه کوهستانی استان خوزستان واقع هستند.
 - منطقه جلگه‌ای در قسمت جنوب و باختر استان واقع شده مساحتی و معادل سه پنجم مساحت کل استان را شامل می‌گردد و از جنوب دزفول، مسجدسلیمان، رامهرمز و بهبهان آغاز می‌شود و تا کرانه خلیج فارس و اروندرود ادامه دارد. بخش جلگه‌ای خوزستان، در نتیجه فرسایش رسوبات جوان در دوره ترشیاری به‌وجودآمده‌اند. این جلگه، با شیب ملایمی به‌سوی جنوب امتداد دارد و در برخی مناطق آن نواحی تپه‌ماهوری گسترش محدودی دارند. مناطق جنوبی این جلگه که در نتیجه جزرومد دریا به‌وجود آمده‌اند، اراضی بسیار پست و سطحی می‌باشند که خاک فوق‌العاده شوری دارند.
- علاوه‌بر جلگه خوزستان، در نقاط مختلف بخش کوهستانی استان نیز دشت‌های بسته‌ای وجود دارد که با کوه‌ها و تپه‌ماهورها محصور شده‌اند. از جمله این دشت‌ها می‌توان به دشت ایزه، دشت قلعه‌تل، دشت باغملک، دشت لالی، دشت بهبهان، دشت لالی اشاره نمود.

قرارگیری مناطق جلگه‌ای و دشت‌های آبرفتی استان خوزستان در اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک، همچنین، توزیع غیریکنواخت بارش در استان و نیز استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان (به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور و فعال در بخش صادرات محصولات کشاورزی)، سبب گردیده، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته و بیشتر از ظرفیت آبخوان‌های استان استحصال صورت گیرد. از این‌رو، دشت‌های استان خوزستان با دو چالش اساسی مواجه‌شده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است.

عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی، در آینده نزدیک می‌تواند منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در بسیاری از دشت‌های استان گردد. در اثر بروز این پدیده، احتمال آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات عظیم، زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در این دشت‌ها وجود خواهد داشت.

همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی نواحی استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان خوزستان ذکر می‌گردد:

- حفرات کارستی تونل دلا

موقعیت و محدوده کارست:

زمین‌های کارستی تونل دلا در شمال‌خاوری استان خوزستان و ۶۵ کیلومتری مسجدسلیمان قرار گرفته است. منطقه کارستی تونل دلا در یال شمالی کوه دلا واقع گردیده که از اطراف به نواحی زیر محدود شده است:

- از شمال به دشت شیمبار
- از جنوب به دشت‌های شلال
- از باختر به کوه منار

علت کارستی شدن:

- انحلال سنگ بستر آهکی؛
- دگرشکلی زمین‌ساختی: وجود گسله‌های فراوان و بالا بودن چگالی درزها باعث ایجاد حفرات کارستی بزرگ در سازند شهبازان گردیده است.

اشکال زمین‌ریخت‌شناسی کارست:

- حفرات کارستی بزرگ؛
- غار زیرزمینی: حفره کارستی بسیار بزرگ در فاصله ۳۲۳ متری از ورودی تونل دلا

وسعت و عمق کارستی شدن:

زمین‌های کارستی تونل دلا دارای حفرات کارستی عظیمی است که گاهی ابعاد آن از ابعاد یک مغار نیروگاه زیرزمینی نیز بزرگتر می‌باشد.

سطح خسارت:

- ریزش مکرر سقف تونل دلا در محدوده غار (ریزش‌ها به صورت بلوک‌های منفرد یا ریزش‌های موضعی سقف تونل)؛
- امکان نشست‌های نامتقارن (به‌علت برخورد کف تونل با محدوده غار)

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از وقوع پدیده نشست تدریجی زمین در دشت‌های با بیلان منفی آب‌زیرزمینی و افت سطح آبخوان و همچنین، فرونشست‌های ناگهانی زمین در محدوده‌های کارستی استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست‌زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان خوزستان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان خوزستان، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، میزان بالای هدرروی در خطوط انتقال آب، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به‌معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان خوزستان با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی
 - یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان خوزستان، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.
- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی با بیلان منفی و افت سطح آب زیرزمینی

- عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
- پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
- خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمتعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- اجرای طرح‌های نمک‌زدایی آب دریا برای مصارف شهری
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های با بیلان منفی و افت سطح آب‌زیرزمینی در استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- حفظ، نگهداری و احیای قنوت
- بررسی و اجرای طرح‌های تأمین و انتقال آب از خلیج‌فارس و منابع آبی داخل یا خارج استان (استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد و ...) به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی

- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- بررسی و اجرای طرحهای ایجاد برودت، تولید ابر و بارانزایی از طریق فناوریهای نوین بهعنوان راهکارهای تولید آب
- استقرار گروههای گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاههای اندازهگیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه و ممنوعه‌بهرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان خوزستان به‌حداقل رساند.

➤ زنجان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان زنجان

در استان زنجان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۱۷۷۳/۲۸۶ کیلومترمربع و ۱,۰۱۵,۷۳۴ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان زنجان، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۱۳۹۵ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۲-۲۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان زنجان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در مجموع با تعداد ۱۷۷۰۳ دهنه (حدود ۷۳٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۱۸۷ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۵٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان زنجان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۲۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان زنجان در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان زنجان، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
زنجان	۱۳۹۵	۲۹۹۸ (٪۱۲)	۶۰۹ (٪۴۴)	۱۴۷۰۵ (٪۶۱)	۵۷۸ (٪۴۱)	۷۲۹ (٪۳)	۴۲ (٪۳)	۵۸۸۵ (٪۲۴)	۱۶۶ (٪۱۲)

بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای استان زنجان، در حال حاضر، سالیانه حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب آب از منابع سطحی و زیرزمینی استان مورد استفاده قرار می‌گیرد که از این میزان حدود ۱۱ میلیارد مترمکعب (حدود ۴۵ درصد) آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود و از این حجم بیش از ۸۵ درصد در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد. به عبارت دیگر، با توجه به نوع مصرف از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، ۷۰ درصد مصرف در بخش کشاورزی به آب‌های زیرزمینی اختصاص دارد. با در نظر گرفتن حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌بایست مدیریت لازم در مصرف بهینه آب و همچنین عوامل

تأثیرگذار و راهکارهای مناسب همچون تغییر الگوی کشت و آبیاری مورد توجه ویژه مسؤولان استانی قرارگیرد.

همچنین درمقطع کنونی، سهم غالب آب مصرفی استان در مصارف شهری، روستایی، صنعتی و خدماتی از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود؛ به‌طوری‌که، بیش از ۷۰ درصد آب شرب و بهداشت شهرها و روستاها و تقریباً کل آب موردنیاز صنایع و واحدهای تولیدی از آبخوان دشت‌های استان تأمین می‌گردد.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان، درحال حاضر، متوسط حجم اضافه برداشت سالیانه از منابع آب زیرزمینی بیش از ۱/۵ میلیارد مترمکعب اعلام گردیده است. همچنین، متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان زنجان، ۳/۷۷ متر در سال بوده است که بیشترین نرخ افت - به میزان ۱/۶۸ متر در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ - مربوط به دشت ابهر می‌باشد. به‌طورکلی، از مجموع ۷ دشت استان زنجان، ۵ منطقه (بیش از ۷۰ درصد دشت‌های استان) به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شده است.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان زنجان

استان زنجان به‌علت برخورداری از اقلیم نیمه‌خشک فراسرد (در بیش‌تر از ۷۰ درصد سطح استان) و تنوع اقلیمی و آب‌وهوایی (حدود ۳۰ درصد از مناطق استان) و کاهش نزولات جوی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان و نیاز به تولید موادغذایی بیشتر، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی با بیش از ۸۵ درصد آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده‌است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان (همچون ابهر، زنجان، سجاس، خرارود و بزینه‌رود) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)

- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان زنجان با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان زنجان

استان زنجان از دو منطقه کوهستانی در نواحی شمالی، مرکزی و باختری- جنوب‌باختری (درب‌گیرنده شهرستان‌هایی همچون زنجان، طارم، ماه‌نشان و خدابنده) و نیز نواحی جلگه‌ای و دشتی تشکیل شده است. باوجود این‌که، استان زنجان یکی از استان‌های سردسیر و کوهستانی شمال‌باختری کشور به‌شمار می‌آید؛ از اکوسیستم‌های فراوان دشتی، بیابانی، تالابی و رودخانه‌ای، جنگلی، درختچه‌ای و تپه‌ماهوری نیز برخوردار است.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و آب‌وهوایی استان، سفره‌های آب‌زیرزمینی، مهم‌ترین منابع آبی استان زنجان محسوب می‌شود. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، به‌منظور تأمین آب کشاورزی و سایر مصارف آب، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. این امر باعث شده که اکثر دشت‌های استان با بیلان منفی و افت شدید سطح ایستابی مواجه شوند به‌طوری‌که ۵ دشت استان شامل زنجان‌رود، سجاس‌رود، ابهر، گل‌تپه و زرین‌آباد ممنوعه اعلام گردیده است.

وجود این شرایط، دشت‌های استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب به‌ویژه در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست زمین می‌گردد؛ چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها در سال‌های اخیر، به‌تازگی منجر به بروز این پدیده در برخی دشت‌های ممنوعه استان گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش‌ازحد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ... در این دشت‌ها به‌وجود آورده است. بروز این پدیده، در نواحی آهکی و کارستی همراه با فروچاله‌های کارستی مشاهده می‌گردد. در ادامه، یکی از موارد مشاهده شده در شهرستان خدابنده استان زنجان ذکر شده است:

- نشست زمین و ایجاد فروچاله در روستای محمدشاه‌لو، شهرستان خدابنده

شهرستان خدابنده در ۸۶ کیلومتری جنوب‌خاوری مرکز استان زنجان واقع شده و از نظر جمعیت و وسعت دومین شهرستان استان می‌باشد. این شهرستان دارای آب‌وهوای سرد و کوهستانی و پر برف و دشت‌های با آب‌وهوای معتدل و خشک می‌باشد. این شهرستان دارای ۲۷۰۰ حلقه چاه نیمه‌عمیق، ۴۲۰ حلقه چاه عمیق، ۱۵۳ رشته قنات و ۱۵۹ دهنه چشمه است. تعداد بهره‌برداران بخش کشاورزی این شهرستان ۲۵۷۵۷ نفر و میزان آب مصرفی در این بخش ۵۰۱۳۸۶۰ مترمکعب است.

با توجه به اقلیم خشک تا نیمه‌خشک شهرستان خدابنده، کمبود آب یکی از معضلات همیشگی آن بوده و یکی از فاکتورهای مهم در توسعه پایدار منطقه است. از جمله پتانسیل و قابلیت موردتوجه از نظر وجود منابع آب احتمالی در این منطقه، وجود تشکیلات زمین‌شناسی آهکی است که امکان و پتانسیل تشکیل منابع آب کارستیک را دارند. بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده، ضخامت

تشکیلات آهکی در منطقه کارستیک کوه خدابنده (تحت عنوان آهک‌های سازند قم)، حدود ۲۰۰ متر می‌باشد. این ضخامت از آهک پتانسیل بسیار مناسبی را برای تشکیل ذخایر آبی کارستیک در منطقه فراهم نموده است.

نشست زمین در ۵ کیلومتری روستای محمدشاه‌لو از توابع بخش افشار شهرستان خدابنده در خردادماه سال ۱۳۹۴، ناشی از انحلال لایه آهکی و نمکی واقع بر روی سفره آب زیرزمینی این منطقه بوده که منجر به ایجاد گودالی به عمق ۲۰ متر و وسعت ۳۰۰ مترمربع به شکل دایره شده که ابعاد آن در حال افزایش است. با توجه به شرایط زمین‌شناختی و آب‌زمین‌شناسی منطقه و احتمال ایجاد گودال‌های مشابه دیگر، می‌بایست مطالعات زمین‌شناسی در این زمینه صورت گیرد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان زنجان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان زنجان، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، خرد و کوچک شدن اراضی کشاورزی، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه به برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان زنجان با هدف تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی اشاره می‌گردد:

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آبرو و کم‌بازده

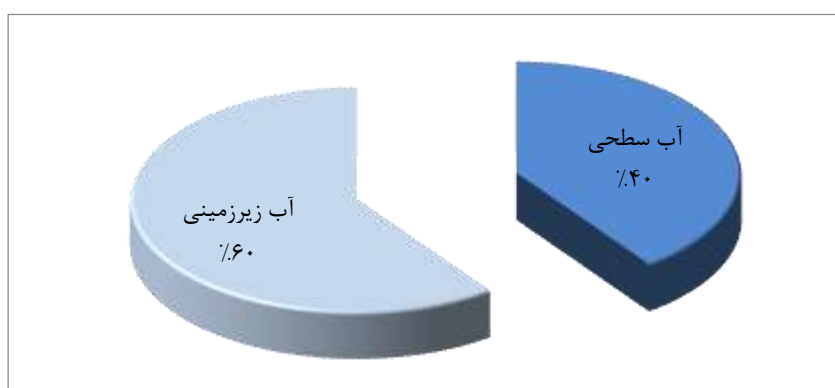
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی به‌منظور ممانعت از خرد و کوچک شدن اراضی کشاورزی و به‌تبع آن افزایش بهره‌وری آب و انرژی و کسب سود اقتصادی بیشتر
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید، خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
 - تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان زنجان به‌حداقل رساند.

➤ سمنان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان سمنان

در استان سمنان، سالیانه بیش از ۱ میلیارد و ۶۶۰ میلیون مترمکعب آب به صورت سطحی و زیرزمینی بهره‌برداری می‌شود که از این میزان، یک میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی (حدود ۶۰ درصد) از چاه، چشمه و قنات تأمین می‌شود (نمودار ۲-۲۸).



نمودار ۲-۲۸) وضعیت تخلیه منابع آب استان سمنان (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سمنان)

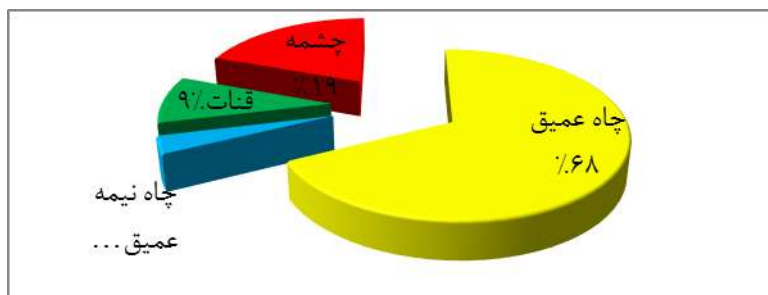
در جدول ۲-۲۳، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف آورده شده که از این میان چاه‌های عمیق با ۲۸۵۴ حلقه و ۶۹۵ میلیون مترمکعب بیشترین حجم بهره‌برداری را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۲۳) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های استان سمنان در سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۱)

استان	کل تخلیه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه
سمنان	۱۰۲۵	۲۸۵۴	۶۹۵	۱۹۵۹	۳۵	۷۳۸	۹۶	۱۸۷۳	۱۹۹

نمودار ۲-۲۹، تعداد و میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را در استان سمنان نشان می‌دهد که چاه‌های عمیق، حدود ۶۸ درصد از میزان برداشت آب‌های زیرزمینی استان را به خود اختصاص داده است.



نمودار ۲-۲۹) میزان بهره‌برداری از انواع منابع آب زیرزمینی در استان سمنان (برگرفته از سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۱)

جدول ۲-۲۴، بیانگر تعداد مجوز بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) بر حسب بخش مصرفی در استان سمنان طی سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۹ می‌باشد.

جدول ۲-۲۴) تعداد مجوز بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) بر حسب بخش مصرفی در استان سمنان طی سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۹ (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۳)

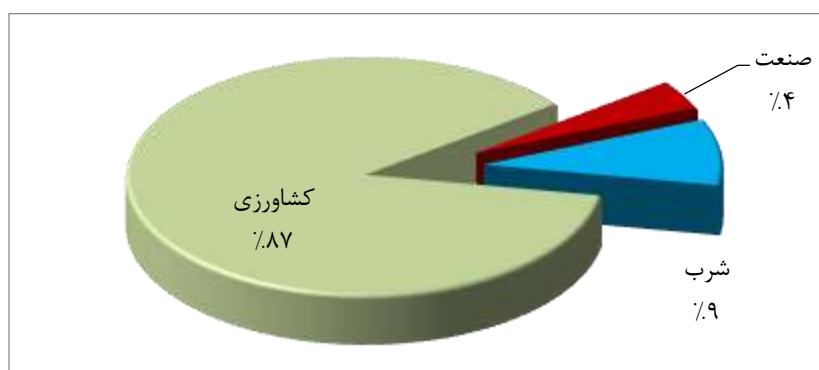
سال آبی	کشاورزی	صنعتی	شرب شهری و روستایی	سایر مصارف	جمع
۱۳۸۸-۸۹	۲۵۵۲	۳۴۶	۳۸۷	۵۶۹	۳۷۵۴
۱۳۸۹-۹۰	۲۵۷۷	۳۵۰	۲۹۲	۵۸۲	۳۸۰۱
۱۳۹۰-۹۱	۲۵۷۹	۳۵۸	۲۹۸	۵۸۵	۳۸۲۰
۱۳۹۱-۹۲	۲۵۹۸	۳۶۷	۲۹۹	۵۸۵	۳۸۴۹
۱۳۹۲-۹۳	۲۶۰۱	۳۷۹	۳۰۰	۵۸۷	۳۸۶۷

جدول ۲-۲۵، وضعیت برداشت مجاز سالیانه از آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) را بر حسب بخش مصرفی در استان سمنان طی سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۹ ارائه می‌دهد.

جدول ۲-۲۵) میزان برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) بر حسب بخش مصرفی در استان سمنان طی سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۹ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۳)

سال آبی	کشاورزی	صنعتی	شرب شهری و روستایی	سایر مصارف	جمع
۱۳۸۸-۸۹	۷۱۸,۲۴۳	۲۲,۷۹۶۶	۶۴,۸۲۲	۳۴,۸۰۶۴۷۵	۸۴۰,۶۶۸۰۸
۱۳۸۹-۹۰	۷۲۰,۰۰۸۸	۲۲,۸۱۷۱	۶۵,۶۱۶۱	۳۵,۵۰۹۳۷۵	۸۴۳,۹۵۱۳۷۵
۱۳۹۰-۹۱	۷۱۸,۲۹۴۹۴	۲۲,۸۵۷۶	۶۷,۴۱۷۹	۳۵,۵۰۹۳۷۵	۸۴۴,۰۵
۱۳۹۱-۹۲	۷۱۷,۷۹۰۷	۲۲,۹۵۲۵۳۷	۶۷,۴۲۲۴	۳۵,۵۰۹۳۷۵	۸۴۳,۶۷۵۰۱۲
۱۳۹۲-۹۳	۷۱۴,۷۷۴۷	۲۳,۱۷۸۹۱۷	۶۷,۵۶۱	۳۵,۵۳۰۳۷۵	۸۴۱,۰۴۴۹۹

بر مبنای مطالعاتی که توسط آب منطقه‌ای استان سمنان انجام شده است، آب مصرفی در بخش کشاورزی بیش از ۸۷ درصد منابع آب زیرزمینی (بیش از یک میلیارد مترمکعب) استان سمنان را به‌خود اختصاص داده است و تنها ۹ درصد از منابع آب زیرزمینی استان در بخش شرب و ۴ درصد در بخش صنعت مصرف می‌شود (نمودار ۲-۳۰).



نمودار ۲-۳۰) سهم استفاده از منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف

نقشه میزان آب مصرفی آبخوان‌های کشور برای کشاورزی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، نشان‌دهنده میزان مصرف آب بین ۰ تا ۲۰۰ میلیون مترمکعب در استان سمنان بوده است.

در جدول ۲-۲۶، آخرین وضعیت آبخوان‌های ممنوعه استان سمنان از نظر برداشت آب‌های زیرزمینی ارائه شده است.

جدول ۲-۲۶) آخرین وضعیت ممنوعیت دشت‌های استان سمنان

ردیف	نام دشت ممنوع شده	مدت ممنوعیت
۱	دشت های میامی- مزج و جیلان	۵ سال
۲	دشت گرمسار	۵ سال
۳	داورزن - فرومد	۵ سال
۴	درونه	۵ سال
۵	دشت ایوانکی	۵ سال
۶	دشت دامغان	۵ سال
۷	شاهرود- بسطام- مجن	۵ سال
۸	دشت بیارجمند	۵ سال
۹	سمنان- سرخه و لاسجرد	۵ سال

○ مهمترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان سمنان

- ✓ کاهش میزان آبدهی چاه‌ها
- ✓ ترک‌خوردگی خاک
- ✓ نشست زمین
- ✓ ایجاد گسل

کاهش میزان آبدهی چاه‌های استان، پیامدهایی همچون افزایش عمق چاه‌ها، نیاز به کف‌شکنی چاه‌ها، افزایش هزینه استحصال آب، تغییر و جابه‌جایی محل چاه‌ها و افزایش مصرف سوخت را در پی خواهد داشت.

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان سمنان، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های عمیق جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان سمنان

- عدم صدور پروانه حفر چاه‌های جدید
- استفاده بهینه از آب‌های موجود
- جلوگیری و برخورد قانونی با متخلفان حفر چاه‌های غیرمجاز
- تغییر الگوی کشت در اراضی کشاورزی

➤ سیستان و بلوچستان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان سیستان و بلوچستان

در استان سیستان و بلوچستان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۸۱۷۸۵ کیلومتر مربع و ۲۵۳۴۳۲۷ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۱۹۹۲۷۳۵ هزار مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

بر اساس مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، منابع آبی استان به سه بخش تقسیم‌بندی می‌شود:

- بخش شمالی (منطقه سیستان): منابع آبی این منطقه به صورت سطحی بوده و این دشت فاقد آبخوان و آب زیرزمینی است. ۱۷ درصد وسعت این حوضه آبخیز در خاک ایران بوده که بخشی از آن در استان خراسان جنوبی، بخشی در استان کرمان و مابقی در بخش شمالی استان (منطقه سیستان) واقع شده است. آورد رودخانه هیرمند از سمت کشور افغانستان تنها تأمین کننده آب این منطقه می‌باشد. با توجه به این که جنس خاک دشت سیستان رسی و نفوذناپذیر می‌باشد بنابراین تنها، امکان زهکشی آب‌های سطحی در این سطح دشت وجود خواهد داشت. با توجه به عدم وجود منابع آب زیرزمینی در این منطقه، امکان توسعه کشاورزی وجود نخواهد داشت.
- بخش مرکزی: تمام منابع آبی بخش مرکزی استان وابسته به آب‌های زیرزمینی است و هیچ منبع آب سطحی یا سد مخزنی در این منطقه وجود ندارد. به علت خشکسالی‌های چند سال اخیر، وضعیت دشت‌های این منطقه، بسیار نامطلوب بوده و دارای افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی است. از این رو، می‌بایست توسعه فعالیت‌های کشاورزی و کشت محصولات آبرو و به تبع آن، استحصال و مصارف کشاورزی منابع آب زیرزمینی در این بخش محدود گردد. چنان که اولویت وزارت نیرو و نظام جمهوری اسلامی ایران به ترتیب بر تأمین آب آشامیدنی، زیست محیطی، صنعت، خدمات و در نهایت کشاورزی استوار است.

- بخش جنوبی: این بخش به دلیل دارا بودن منابع آبی تلفیقی از آب‌های زیرزمینی و سطحی، بهترین شرایط را برای توسعه فعالیت‌های کشاورزی در تمام مدت سال دارد. با توجه به وجود خاک خوب و مناطق مساعد کشاورزی، نهایت بهره‌وری در امر کشاورزی در دشت‌های جنوبی استان صورت می‌گیرد.

در جدول ۲-۲۷، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان سیستان و بلوچستان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۱۹۴۰۵ دهنه (حدود ۹۰٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۵۷۲۴۲۳ هزار مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۷۹٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان سیستان و بلوچستان را به خود اختصاص داده است. اشاره می‌گردد، از سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ به بعد، آمار تعداد و میزان تخلیه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به صورت مجموع داده شده است.

جدول ۲-۲۷) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان سیستان و بلوچستان در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (هزار مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
سیستان و بلوچستان	۱۹۹۲۷۳۵	۱۹۴۰۵ (٪۹۰)	۱۵۷۲۴۲۳ (٪۷۹)	۱۲۸۰ (٪۶)	۳۸۱۶۳۹ (٪۱۹)	۸۲۸ (٪۴)	۳۸۶۷۳ (٪۲)

بر مبنای سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۱)، میزان تخلیه سالیانه منابع آب زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نسبت به سال آبی ۹۱-۱۳۹۰، ۳/۵ درصد کاهش داشته است.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان، در حال حاضر، حدود ۹۴ درصد منابع آبی استان در بخش کشاورزی، ۵ درصد در بخش شرب (شهری و روستایی) و ۱ درصد در بخش صنعت مصرف می‌گردد. با توجه به نوع مصرف از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، ۵۲ درصد مصرف در بخش کشاورزی و ۶۲ درصد مصرف در بخش شرب به آب‌های زیرزمینی اختصاص دارد. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی و شرب می‌بایست عوامل تأثیرگذار و راهکارهای

مناسب همچون تغییر الگوی کشت و آبیاری و همچنین مدیریت انتقال و ذخیره‌سازی در تأمین آب شرب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

به دلیل تداوم خشکسالی‌ها و استحصال بیش از حد آب، میزان افت سفره‌های آب زیرزمینی استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۹۳، ۵ تا ۸ متر گزارش گردیده است. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، از تعداد ۴۳ محدوده مطالعاتی واقع در این استان، بیش از ۴۰ درصد از دشت‌های استان به عنوان دشت ممنوعه و ممنوعه بحرانی اعلام گردیده است.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان سیستان و بلوچستان با توجه به واقع شدن استان سیستان و بلوچستان در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران و با توجه به استمرار پدیده خشکسالی و به تبع آن بحران‌های آبی متعدد همگام با رشد جمعیت و توسعه استان و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۴٪ از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) و افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها، قنات و چشمه‌ها
- ✓ ایجاد محدودیت در مصارف کشاورزی، صنعت و شرب منابع آب زیرزمینی
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک

- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان سیستان و بلوچستان با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان سیستان و بلوچستان

با توجه به شرایط اقلیمی استان سیستان و بلوچستان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، به‌منظور تأمین آب شرب و کشاورزی، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و جنوبی استان صورت گرفته است. چنان‌که پیشتر اشاره گردید، ۵۲ درصد مصرف در بخش کشاورزی و ۶۲ درصد مصرف در بخش شرب به آب‌های زیرزمینی اختصاص دارد. این امر باعث شده که برخی دشت‌های استان (به‌ویژه در بخش مرکزی) با بیلان منفی و افت شدید سطح ایستابی مواجه شوند به‌طوری‌که دو دشت زاهدان و خاش، مناطق ممنوعه بحرانی و دشت‌های دومک، کورین، شورو، قلعه‌بید، گوهرکوه، لادیز، پشت‌کوه، سراوان، سوران و قسمتی از دشت ایرانشهر ممنوعه اعلام گردیده است.

عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون فرونشست تدریجی زمین می‌گردد؛ چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به بروز این پدیده در برخی دشت‌های استان گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد

از سفره‌های آب‌زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ... در این دشت‌ها به‌وجود آورده‌است.

- فرونشست زمین در ایرانشهر

در اثر خشک‌سالی‌های متوالی در استان سیستان و بلوچستان، دو منطقه مسکونی واقع در ایرانشهر در اواسط دهه ۷۰ (سال ۱۳۶۴)، به‌علت افت سطح ایستابی ناشی از برداشت از آبخوان‌های منطقه، تحت‌تأثیر شدید پدیده فرونشست زمین قرار گرفتند. به‌دلیل وقوع نشست، ترک و شکاف‌هایی در جهات گوناگون و به اندازه‌های مختلف در ساختمان‌هایی با مصالح ساختمانی آجری و بلوک سیمانی در شمال شهر گزارش گردید. در بعضی دیگر از سازه‌ها نیز در راستای اتصالات، ترک‌هایی مشاهده شد. بررسی عوامل مختلف زمین‌شناسی مانند زمین‌لرزه و گسل‌خوردگی، همچنین اثر زمین‌ساختی فرورانش عمان، منتج به عدم تأثیر این دلایل در وقوع پدیده نشست گردید. حساسیت خاک‌های رسی نسبت به عبور آب که انقباض و تورم خاک را حاصل می‌کند، از دیگر عوامل مؤثر در رخداد فرونشست زمین در منطقه ایرانشهر بوده است.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان سیستان و بلوچستان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌های جنوبی و به‌ویژه مرکزی استان سیستان و بلوچستان، استمرار پدیده خشک‌سالی، بادخیز بودن منطقه، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی (عمدتاً در مصارف کشاورزی و شرب) و به‌تبع آن افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت بهره‌وری آب استان است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه به برخی طرح‌ها و اقدامات صورت گرفته و در دست انجام در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان سیستان و بلوچستان با هدف تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی اشاره می‌گردد:

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - تولید نشاء در خزانه (به منظور جلوگیری از کشت مستقیم بذر در مزارع و به تبع آن کاهش دوره‌های آبیاری)
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر (همچون پسته، زعفران و گیاهان دارویی) به جای محصولات آب‌بر (همچون برنج، هندوانه، موز و یونجه) به ویژه در بخش مرکزی استان
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید، خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی (همچون احداث سدهای تغذیه‌ای در شهرهایی همچون زاهدان و خاش (واقع در بخش مرکزی استان)
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی
 - تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان سیستان و بلوچستان به‌حداقل رساند.

➤ فارس

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان فارس

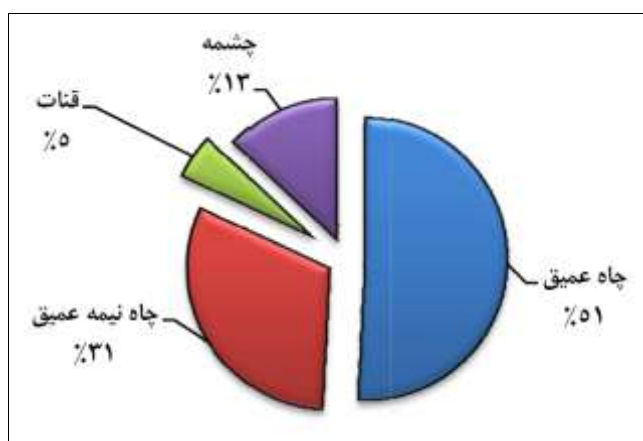
در استان فارس با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۲۲۶۰۸ کیلومترمربع و ۴۵۹۶۶۵۸ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان فارس، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۷۹۸۳ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۲-۲۸ و نمودار ۲-۳۱، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان فارس ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۸۴۲۲۵ دهنه (حدود ۹۵٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۶۵۴۰ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۲٪ از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان فارس را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۲۸) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان فارس در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱
(میلیون مترمکعب)

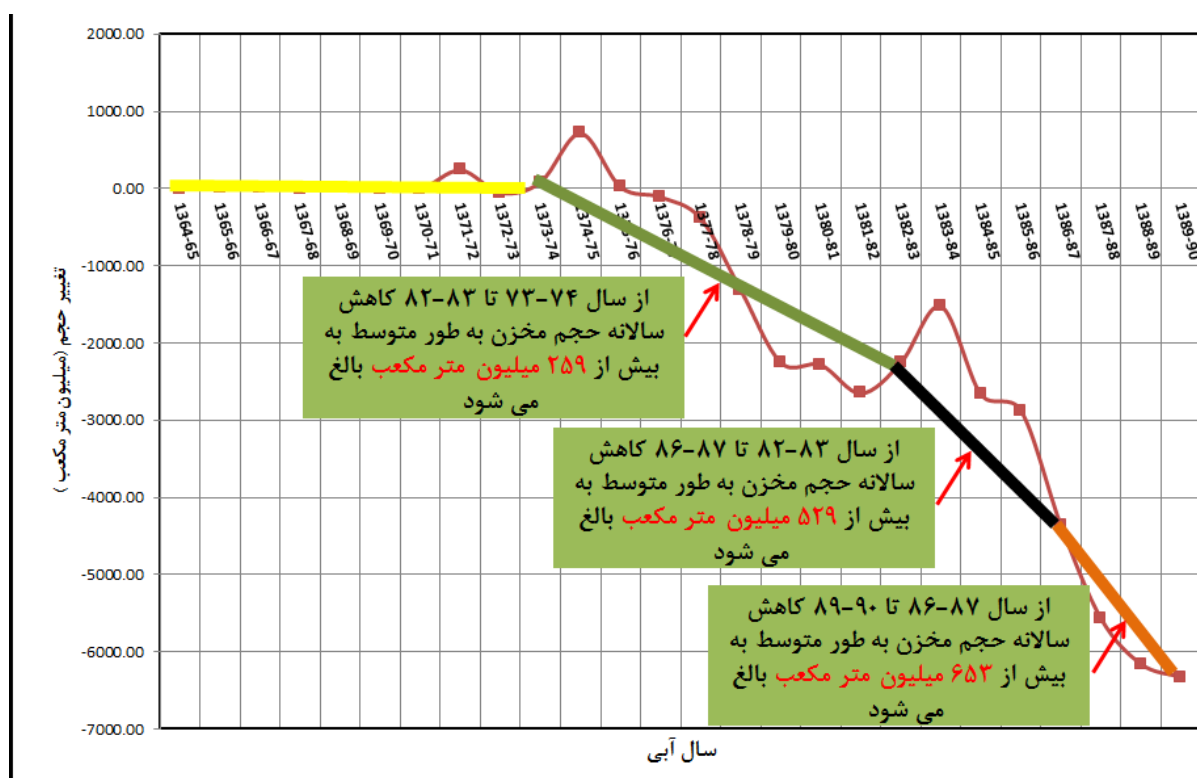
(برگرفته از سالنامه آماری استان فارس، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
فارس	۷۹۸۳	۳۱۰۲۰ (٪۳۵)	۴۰۵۸ (٪۵۱)	۵۳۲۰۵ (٪۶۰)	۲۴۸۲ (٪۳۱)	۱۷۵۴ (٪۲)	۴۰۳ (٪۵)	۲۲۳۳ (٪۳)	۱۰۴۰ (٪۱۳)



نمودار ۳۱-۲ درصد تخلیه سالیانه آب از منابع آب زیرزمینی استان فارس در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از سالنامه آماری استان فارس، ۱۳۹۲)

بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای استان فارس، متوسط کاهش سالیانه آبخوان‌های استان (از سال آبی ۱۳۶۴-۶۵ تا سال آبی ۱۳۸۹-۹۰) حدود ۱۴۴۰ میلیون مترمکعب اعلام گردیده است (نمودار ۳۲-۲).



نمودار ۳۲-۲ متوسط کاهش سالیانه آبخوان‌های استان فارس (از سال آبی ۱۳۶۴-۶۵ تا سال آبی ۱۳۸۹-۹۰) (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان فارس، ۱۳۹۱)

بر اساس مطالعات سازمان حفاظت محیط‌زیست استان فارس، در حال حاضر سالیانه حدود ۱۰ میلیارد مترمکعب آب در استان فارس مورد استفاده قرار می‌گیرد که از این میزان ۷/۹ میلیارد مترمکعب (حدود ۸۰٪) آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود و از این حجم حدود ۹۵ درصد در بخش کشاورزی، ۴ درصد در بخش شرب (شهری و روستایی) و ۱ درصد در صنعت مصرف می‌گردد. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌بایست عوامل تأثیرگذار و راهکارهای مناسب همچون تغییر الگوی کشت و آبیاری مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان فارس

با توجه به واقع شدن بخش‌های جنوب و جنوب خاوری استان فارس و همچنین به طور نسبی بخش مرکزی آن در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران و با توجه به استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن بحران‌های آبی متعدد همگام با رشد جمعیت و توسعه استان و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۵٪ از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) و افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده (بیش از ۴۰٪ دشت‌های استان به عنوان دشت ممنوعه و ممنوعه بحرانی اعلام شده) که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور (به‌ویژه در دشت‌هایی از استان که دارای گنبد نمکی است)
- ✓ خشک شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب

- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان فارس با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان فارس

بخش وسیعی از استان فارس در ناحیه کوهستانی زاگرس قرار دارد و بیشترین پهنای زاگرس در این استان مشاهده می‌گردد. این ناهمواری‌ها به تبعیت از روند اصلی زاگرس، دارای جهت شمال‌باختری - جنوب‌خاوری می‌باشند. بخشی از استان فارس در زاگرس چین‌خورده و بخش دیگر در زاگرس مرتفع قرار دارد. ناهمواری‌های استان فارس در دوره ترشیاری به وجود آمده و عوامل مختلفی در پیدایش و تغییر شکل آن‌ها نقش داشته‌اند. از علل اصلی تشکیل چین‌خوردگی‌ها، برخورد صفحات زمین‌ساختی عربستان و ایران بوده و در ادامه، عوامل فرسایشی در تعیین ریخت‌نمایی زاگرس فارس مؤثر بوده‌اند. جنس واحدهای سنگی رشته‌کوه‌های استان، اغلب کربناته می‌باشد. این سنگ‌ها دارای درز و شکاف فراوان بوده که در تشکیل ذخایر غنی آب‌های زیرزمینی مؤثر بوده است. همچنین عوارض و اشکال فرسایشی آهکی (کارستی) در بخش‌های وسیعی از واحدهای آهکی زاگرس فارس مشاهده می‌گردد. چین‌خوردگی‌ها در محدوده استان فارس ملایم‌تر و بازتر است و بیشتر به صورت گودال‌های ناودیس و برجستگی‌های تاقدیسی ساده

مشخص می‌شود. این گودال‌های ناودیسی به مرور زمان تبدیل به دشت‌های وسیع و حاصلخیز همچون شیراز، کازرون، نیریز و مرودشت شده است که توسط رودخانه‌ها آبیاری می‌شوند. دشت‌های وسیع استان فارس از رسوبات آبرفتی رودها تشکیل شده که بر حسب موقعیت جغرافیایی دارای وضعیت متفاوتی می‌باشند. در نواحی باختر و مرکزی استان (از جمله شهرهای شیراز، کازرون، فسا و فیروزآباد)، دشت‌های حاصلخیزی وجود دارد که در آن کشت انواع محصولات کشاورزی صورت گرفته درحالی‌که در برخی نواحی دیگر به‌خصوص جنوب و خاور استان (از جمله شهرهای لار، اوز و خنج) اغلب بیابان و کویر مشاهده می‌گردد.

قرارگیری مناطق پست استان (از جمله دشت‌های جنوب و خاوری) در ناحیه بیابانی (دارای آب‌وهوای گرم و خشک) سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. بر اساس آمار شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان فارس، متوسط بارندگی سالیانه استان در دوره آماری ۲۵ ساله (از سال آبی ۶۹-۱۳۶۸ تا سال آبی ۹۳-۱۳۹۲) حدود ۳۰۰ میلی‌متر بوده که در نواحی جنوب و جنوب‌خاوری استان به حدود ۱۰۰ میلی‌متر تقلیل یافته است.

از سوی دیگر، آمار ارائه شده بیانگر این واقعیت است که بخش کشاورزی استان فارس عمدتاً به منابع آب زیرزمینی متکی می‌باشد. با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی و سطح زیر کشت و به‌منظور افزایش عملکرد در واحد سطح، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استان صورت گرفته است. از این‌رو، برداشت بی‌رویه از این منابع در حال حاضر باعث شده که اکثر دشت‌های استان با بیلان منفی و افت شدید سطح ایستابی مواجه شوند. همان‌طور که پیشتر نیز اشاره گردید، بیش از ۴۰٪ دشت‌های استان به‌عنوان دشت ممنوعه و ممنوعه بحرانی اعلام شده است.

وجود این شرایط، دشت‌های استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون فرونشست تدریجی زمین می‌گردد.

با توجه به این‌که بیشترین افت سطح ایستابی آب در کشور مربوط به دشت‌های استان فارس بوده، از این‌رو، فرونشست زمین به‌عنوان یکی از مخاطرات مهم استان فارس به‌شمار رفته و در این زمینه دارای رتبه اول در کشور است؛ چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به

بروز این پدیده در اغلب دشت‌های استان گردیده است. در حال حاضر، حدود ۲۰ منطقه در استان فارس واقع در شهرستان‌های فسا، استهبان، مرودشت، داراب، ارسنجان، نی‌ریز و آباده در معرض پدیده فرونشست زمین قرار دارند. بیشترین فرونشست زمین در مناطق درجه یک کشاورزی استان فارس رخ داده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آب‌رسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان به وجود آورده است.

چنان‌که پیشتر نیز اشاره گردید، پدیده فرونشست زمین در ایران در نواحی با برداشت بیش از حد مجاز از آب‌های زیرزمینی به وقوع می‌پیوندد. بروز این پدیده، در نواحی آهکی و کارستی همراه با فروچاله‌های کارستی مشاهده می‌گردد. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان فارس ذکر گردیده است:

- فرونشست زمین در دشت قره‌بلاغ، شهرستان فسا

دشت قره‌بلاغ واقع در شهرستان فسا از جمله مناطقی در استان فارس بوده که دچار فرونشست زمین شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که تراز سطح آب زیرزمینی طی دوره مورد مطالعه به میزان ۲۸,۶۰ متر و سالیانه معادل ۲,۳۸ متر افت داشته است که این رقم تا حد قابل اطمینانی با میزان فرونشست مشاهده شده همبستگی دارد. به عبارت دیگر، سالیانه در ازای هر ۲۶۰ سانتی‌متر افت سطح آب‌های زیرزمینی، به طور متوسط ۱۱,۸ سانتی‌متر، سطح اراضی دشت قره‌بلاغ دچار فرونشینی تدریجی می‌شود. وقوع این پدیده طی سال‌های اخیر، منجر به ایجاد خساراتی به تأسیسات موجود در سطح این دشت به ویژه ایستگاه‌های پمپاژ گردیده است. بالاماندن جداره فلزی میله‌چاه‌های عمیق، ارتفاع یافتن میله‌چاه‌های اکتشافی گاهی بیش از ۱,۵ متر طی ۱۱ سال اخیر و نیز شکاف‌های عمودی و افقی در دیوار ساختمان‌ها به طور مستقیم نشان‌دهنده میزان فرونشینی سطح این دشت می‌باشد. در این منطقه علاوه بر وقوع پدیده فرونشست، گسیختگی زمین نیز مشاهده می‌گردد.

- فرونشست زمین پیرامون روستای دیندارلو، شهرستان فسا

در آبان‌ماه سال ۱۳۹۴، رخداد فروچاله‌ای به عمق ۱۰۰ متر در یکی از باغات روستای دیندارلو شهرستان فسا گزارش گردید. فروچاله مزبور، هفتمین پدیده فرونشست زمین طی ۱۰ سال گذشته در

این روستا بوده‌است. بر اساس داده‌های اولیه، نرخ فرونشست در دشت فسا، ۲۵ سانتی‌متر در سال می‌باشد. در این منطقه علاوه بر وقوع پدیده فرونشست، گسیختگی زمین نیز مشاهده می‌گردد. پهنای این شکاف‌ها در روستای دیندارلو به ۱۰ متر می‌رسد (شکل ۲-۵۹).



شکل ۲-۵۹) گسیختگی ایجاد شده در اثر وقوع پدیده فرونشست زمین، روستای دیندارلو، شهرستان فسا، سال ۱۳۹۳ (برگرفته از یوسفی و همکاران)

جنس خاک در روستای دیندارلو ماسه‌ای تا سیلتی-رسی و در برخی قسمت‌ها تپه‌های منفرد گراولی-پبلی (خرده‌سنگی و قلوه‌سنگی) است. بنابراین رسوبات محل روستای دیندارلو فسا نسبت به بخش‌های جنوبی خود درشت‌دانه‌تر بوده و به‌نظر می‌رسد، رسوبات گراولی-پبلی، زیر پوشش آبرفتی ریزدانه و ماسه‌ای این روستا در اعماق بیش از ۱۰ متر یا بیشتر تشکیل شده باشند. برداشت‌های بی‌رویه آب و فعال بودن گسل در این منطقه منجر به ایجاد فرونشست شده است.

- فرونشست زمین پیرامون روستای چاه دراز، بخش ایچ شهرستان استهبان

دشت ایچ واقع در شهرستان استهبان، بر اساس تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی در پهنه زاگرس واقع شده‌است. ساختار کلی منطقه شامل ساختمان‌های طاق‌دیسی بزرگ می‌باشد که با توجه به زمین‌ساخت فعال، بلوک‌های بزرگ با مرزهای گسلی و با وجود شکستگی‌های محلی، لایه‌های

سنگ آهکی بسیار خردشده در منطقه ایجاد شده است. خردشدگی و گسلش منجر به تشدید پدیده انحلال و ایجاد غارها و تونل‌های زیرزمینی در منطقه گردیده است.

منطقه ایچ به عنوان یک دشت پایین افتاده، توسط پرتگاه‌های گسلی احاطه شده است. در این منطقه همراه با پدیده فرونشست زمین، فروچاله‌های انحلالی - ریزشی ایجاد شده است. محل فروچاله ایچ در دامنه کوهستان و بر روی رسوبات کوهپایه‌ای واقع شده است. وجود فروچاله‌های کوچک و گسیختگی‌های طویل در حاشیه این پرتگاه‌ها گویای فرونشست شدید در دشت ایچ بوده که در هشت سال اخیر رخ داده است.

در اوائل آبان ماه سال ۱۳۹۴، در روستای چاه‌دراز واقع در بخش ایچ شهرستان استهبان، سطح زمین با قطر تقریبی ۲۰ متر و عمق ۸۰ متر به طور ناگهانی فرونشست. لازم به ذکر است، قطر فروچاله مزبور طی روزهای بعد به میزان ۴۵ متر افزایش یافت. فروچاله ایچ، به عنوان بزرگترین فروچاله انحلالی کشور گزارش گردیده است. همچنین مدت زمان کوتاهی پس از رخداد فروچاله روستای دیندارلو شهرستان فسا- در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۴- وقوع فرونشست زمین در بیش از ۲۰۰ متر از زمین‌های اطراف روستای چاه‌دراز استهبان، حفراتی به عمق ۵ تا ۱۰ متر ایجاد کرد. با توجه به بررسی تصاویر رادار منطقه، نرخ فرونشست در برخی قسمت‌های دشت بیش از ۲۴ سانتی متر در سال است که می‌تواند پیامد مخاطره‌آمیز شدیدتری را نیز ایجاد کند.

برداشت‌های بی‌رویه آب در این منطقه طی سال‌های اخیر، موجب تشدید پدیده انحلال در تشکیلات زیرسطحی و در نهایت ایجاد فروچاله‌ها در این منطقه شده است. تغییر کاربری زمین، قنات‌های قدیمی و زهکشی خاک‌های آلی از جمله عوامل دیگری هستند که می‌تواند در ایجاد پدیده فروچاله ایچ مؤثر باشند. همچنین شرایطی مانند فرایندهای زمین‌ساختی و پویایی گسل‌ها در منطقه، بارندگی، وجود عوارض توپوگرافی، نفوذ ریزش‌ها و یا رواناب‌های اسیدی، انحلال تشکیلات سطحی و وجود لایه‌های نامقاوم در تشکیلات رسوبی زیرین، منجر به توسعه پدیده فرونشست و ایجاد شکاف و فروچاله شده است.

در حال حاضر نیز ریزش زیرسطحی فروچاله همراه با صدای مهیب ادامه دارد. بر اساس آثار و شواهد سطحی در پیرامون این گودال، در اثر زلزله و یا پایان مقاومت رسوبات سطحی، احتمال ریزش بخش‌های دیگر به‌ویژه بخش شمالی آن وجود دارد.

حریم خطر فروچاله ایچ، حداقل ۳۰۰ متر به سمت شمال، ۲۰۰ متر به سمت جنوب و ۱۰۰ متر به سمت باختر و ۱۵۰ متر به سمت خاور گودال علامت‌گذاری شده است. در این راستا، لازم است از تردد وسایل

سنگین در حریم خطر فروچاله جلوگیری و همچنین از عبور افراد تا فاصله ۱۰ متری گودال ممانعت شود.

- فرونشست زمین در دشت مرودشت شهرستان مرودشت

تداوم خشکسالی و برداشت‌های بی‌رویه آب در دشت مرودشت با ایجاد پدیده فرونشست زمین سبب بروز مشکلات و معضلات فراوان به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها و آثار باستانی گردیده است. همچنین تهی‌شدن آبخوان‌ها ضمن تغییر کیفیت آب‌زیرزمینی موجب پیشروی جبهه آب‌شور در این دشت شده است. در این منطقه، علاوه بر وقوع پدیده فرونشست، گسیختگی زمین نیز مشاهده می‌گردد. در صورت بحرانی‌شدن این وضعیت، امکان آسیب‌رسانی به زیرساخت‌ها و تأسیسات زیربنایی منطقه وجود دارد. شهرستان مرودشت در فاصله ۶۰ کیلومتری شمال شیراز واقع شده است.

ترک‌های مشاهده شده در محدوده اطراف تخت‌جمشید در واقع ادامه شکاف‌های ایجاد شده در جنوب خاوری کوه‌رحمت طی ۱۰ سال گذشته بوده که در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی و وقوع فرونشست زمین در دشت مرودشت به وجود آمده است. در صورت ادامه روند بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و تشدید پدیده فرونشست زمین و فروچاله‌ها در دشت مرودشت، به اراضی حریم سه‌گانه تخت‌جمشید، نقش‌رستم و شهرآستخر، آسیب‌های زیست‌محیطی و طبیعی فراوانی وارد می‌گردد. به‌منظور مقابله با بحرانی‌شدن این پدیده در محدوده این حریم سه‌گانه می‌بایست با هرگونه دخل و تصرف غیرمجاز، خرید و فروش و تغییر کاربری بدون مجوز میراث‌فرهنگی برخورد قانونی صورت گیرد. همچنین تغییر الگوی کشت، الگوی استفاده از سیستم آبیاری نوین قطره‌ای، ممنوعیت صدور مجوز کف‌شکنی چاه‌ها، ممنوعیت ادامه فعالیت معدن شن و ماسه پیرامون کوه‌رحمت و پیگیری و نصب کنتور هوشمند بر روی چاه‌های دارای پروانه از راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن همچون فرونشست زمین در محدوده این دشت محسوب می‌گردند.

- فروچاله دریاچه ارژن

منطقه حفاظت شده ارژن در بخش جنوبی رشته کوه‌های زاگرس و در ۶۰ کیلومتری باختر شیراز قرار دارد و شامل دشت وسیع ارژن و تالاب بین‌المللی پریشان می‌باشد.

به دلیل برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی طی چند سال اخیر، یک فروچاله در دریاچه ایجاد شده که با بررسی‌های اخیر، دو فروچاله دیگر نیز مشاهده شده است. افزایش فروچاله‌ها و حفرات مزبور باعث فرار آب شده که ادامه این روند در بلندمدت در عدم احیای دریاچه ارژن تأثیر بسزایی داشته است. دریاچه ارژن بر روی یک گسل فعال راست‌گرد قرار داشته که این عامل نیز در تشدید وقوع فروچاله‌ها تأثیرگذار بوده است.

موضوع دیگری که در ارتباط با دریاچه ارژن مطرح می‌شود، خشک شدن این دریاچه است؛ به گونه‌ای که دریاچه ارژن به همراه ۱۰ تالاب طبیعی مهم استان فارس در معرض خشک شدن کامل قرار گرفته (از جمله دریاچه‌های طشک، پریشان، کافت، مهارلو، هیرم، برم‌شو و هفت‌برم) و حتی برخی از آن‌ها هم به طور کامل خشک شده‌اند (دریاچه بختگان). این موضوع خطر جدی فرونشست دشت‌ها را به دنبال دارد. در صورت ادامه روند خشک شدن دریاچه‌ها (به خصوص دریاچه بختگان)، به طور قطع در آینده‌ای نزدیک به کانون تولید ریزگرد تبدیل خواهند شد. از دلایل اصلی خشک شدن دریاچه ارژن، حفر چاه‌های بهره‌برداری و کشاورزی اطراف دریاچه بوده که این امر از ورود آب به داخل آن جلوگیری کرده و در نهایت منجر به خشک شدن آن گردیده است.

به منظور کنترل و کاهش میزان فرار آب و مقابله با خشک شدن دریاچه ارژن می‌بایست از ادامه فعالیت چاه‌های غیرمجاز- که در بسیاری موارد تعداد آن‌ها از چاه‌های مجاز نیز بیشتر است- ممانعت به عمل آورد. همچنین می‌توان با احداث حوضچه‌ها و انجام مطالعات گسترده نسبت به مهار سیلاب به داخل این حوضچه‌ها، اقدام به مهار آب به سمت دریاچه ارژن نمود.

- فروچاله‌های کارستی ناحیه شمال اردکان فارس

منطقه کارستی شمال اردکان فارس در سلسله جبال زاگرس و در ۸۰ کیلومتری شمال‌باختر شهر شیراز واقع شده است. این منطقه به دلیل داشتن پدیده‌های کارستی فراوان یکی از مهمترین مناطق کارستی به شمار می‌آید.

فروچاله‌های کارستی: اکثراً از نوع انحلالی، در امتداد شکستگی‌ها، مرتبط با مجاری کارستی، ۱۰۰ فروچاله در کوه‌برم‌فیروز و ۱۶۰ فروچاله در یال شمالی کوه‌گر، شکل ظاهری فروچاله‌های منطقه:

کاسه‌ای، طشتی و قیفی شکل، عمق فروچاله‌های منطقه: بین ۲ تا ۱۰ متر (بزرگترین فروچاله: فروچاله برم فیروز)

علت کارستی شدن: انحلال تشکیلات زیرسطحی و سطحی، دگرشکلی زمین‌ساختی (چین خوردگی در این منطقه عامل مهمی در ایجاد و توسعه کارست بوده است) و تأثیر عوامل ساختاری (همچون گسل رورانه اردکان و درزه‌های کششی)

ضخامت و شیب لایه‌ها و همچنین سطوح لایه‌بندی ارتباط نزدیکی با پدیده‌های کارستی منطقه داشته است. همچنین وجود سازندهای متعدد آهکی و شرایط مناسب زمین‌شناسی باعث ایجاد و توسعه پهنه‌های وسیع کارستی گردیده است.

- فروچاله‌های کارستی ساختگاه سد میرزای شیرازی (کوار)

سد میرزای شیرازی در زون چین خورده زاگرس - ۷۰ کیلومتری جنوب‌باختر شیراز و حدود ۱۰ کیلومتری باختر شهر کوار - واقع گردیده و ساختگاه سد، دره کوار بین دو تاقدیس کارستی سبزپوشان و دالو - سفیدار است.

فروچاله‌های کارستی: نزدیک محور سد در ساحل راست رودخانه قره‌آغاج، دلیل نشت آب و عبور جریان به میزان ۱ متر مکعب در ثانیه از محور سد

علت کارستی شدن: انحلال تشکیلات زیرسطحی و سطحی، فشار آب حاصل از آبگیری مخزن در محدوده داخلی آن، دگرشکلی زمین‌ساختی و تأثیر عوامل ساختاری (همچون گسل، درز و شکاف و خردشدگی شدید آهک‌ها در دره کوار ناشی از عملکرد نیروهای زمین‌ساختی) زمین‌لغزش و جابه‌جایی توده‌های سنگی با ایجاد تفاوت در ساختار لایه‌های همجوار در منطقه سد و دریاچه آن، باعث تشکیل حفرات انحلالی در لایه‌های سنگی شده است.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان فارس

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان فارس، استمرار پدیده خشک‌سالی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی (عمدتاً در مصارف کشاورزی) و به تبع آن افزایش افت سطح آب زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه به برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان فارس اشاره می‌گردد:

- حفاظت از آبخوان‌ها (به‌ویژه در بخش کشاورزی) با هدف تعادل‌بخشی سفره‌های آب زیرزمینی، از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- استفاده از روش‌های نوین آبیاری
- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی
- جلوگیری از توسعه شدید سطح زیر کشت
- توسعه کشت نشایی محصولات سبزی و صیفی (به‌دلیل کاهش مصرف آب در هر هکتار دارای اولویت کشاورزی در استان محسوب می‌شود)
- جلوگیری از کشت محصولات آب‌بر (همچون برنج) و استفاده از کشت‌های جایگزین (همچون کلزا)

- سوق دادن کشاورزی و زراعت به سمت گلخانه‌ها
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه (از طریق مهار آب‌های سطحی، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی و همچنین تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی)
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه و بحرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان فارس به‌حداقل رساند.

➤ قزوین

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان قزوین

در استان قزوین با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۵۶۲۶ کیلومتر مربع و ۱۲۰۱۵۶۵ نفر، سالیانه حدود ۲۰۰۸/۲ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می شود (شرکت سهامی آب منطقه ای قزوین، ۱۳۹۲).

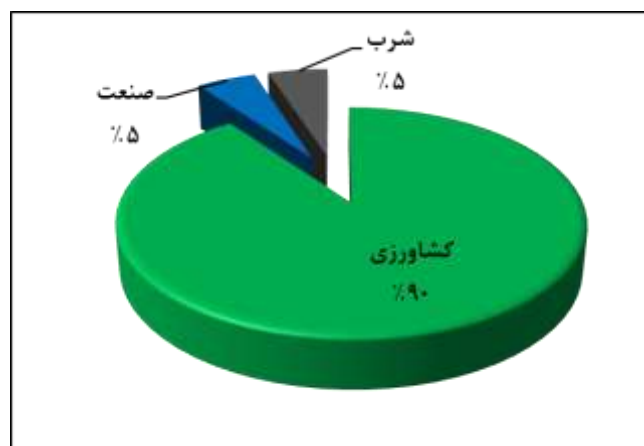
عمده منابع آب زیرزمینی استان قزوین در دشت آبرفتی و عظیم قزوین قرار دارد. این دشت با دارا بودن آب زیرزمینی و خاک مناسب یکی از قطب های کشاورزی کشور محسوب می گردد. بخش هایی از دشت قیدار در منطقه آوج نیز در این استان واقع شده است. در حوزه عملکرد شرکت سهامی آب منطقه ای قزوین، پنج محدوده مطالعاتی شامل قزوین، طالقان- الموت، طارم، آوج و قیدار وجود دارد.

در جدول ۲-۲۹، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان ارائه شده که از این میان چاه های عمیق و نیمه عمیق با تعداد ۸۳۵۸ حلقه (حدود ۳۷٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۸۲۲/۹ میلیون مترمکعب تخلیه سالانه (۹۱٪ از کل تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره برداری در استان قزوین را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۲۹) تعداد و میزان بهره برداری از چاه ها، چشمه ها و قنات های استان قزوین در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان قزوین، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		چشمه		قنات	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالانه
قزوین	۲۰۰۸/۲	۸۳۵۸ (۳۷٪)	۱۸۲۲/۹ (۹۱٪)	۱۳۸۵۲ (۶۲٪)	۱۲۶/۱ (۶٪)	۳۱۳ (۱٪)	۵۹/۲ (۳٪)

نمودار ۲-۳۳، میزان مصارف سالیانه آب‌های زیرزمینی برحسب بخش مصرفی را در استان قزوین در سال‌های آبی ۹۲-۱۳۹۱ ارائه می‌دهد. با توجه به نمودار، حدود ۹۰ درصد آب بهره‌برداری شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی مصرف می‌شود.



نمودار ۲-۳۳) میزان مصارف سالانه آب‌های زیرزمینی برحسب بخش مصرفی (میلیون مترمکعب) در استان قزوین (برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان قزوین

پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی استان قزوین، پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ کاهش حجم ذخائر آبی
- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک

- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین های کشاورزی
- ✓ تغییر شیب زمین های کشاورزی
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان زایی
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان ها، زیرساخت ها، تأسیسات و شبکه های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل خیزی
- ✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان قزوین، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب های زیرزمینی می گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان قزوین

با توجه به واقع شدن استان قزوین در اقلیم های خشک و نیمه خشک ایران و با توجه به خشک سالی های چند سال اخیر و در پی آن بحران های آبی متعدد همگام با رشد و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب های زیرزمینی و افت سطح آبخوان ها، کاهش شدید دبی چاه های آب آشامیدنی، شور شدن برخی از این منابع آبی و همچنین نشست سطح زمین در اغلب دشت های استان گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه ها، شبکه های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت های استان به وجود آورده است. بر اساس مطالعات سازمان زمین شناسی با استفاده از داده های ماهواره ای رادار و داده های ایستگاه های ثابت GPS، میزان فرونشست دشت قزوین ۲۴ سانتی متر گزارش گردیده است.

آبخوان دشت قزوین بزرگترین منبع برای تأمین آب مورد مصرف کشاورزی، شرب و صنعت استان می باشد. عدم رعایت الگوی کشت و برداشت بی رویه آب موجب افت بیش از یک متری سطح آب زیرزمینی در دشت قزوین شده است. این کاهش منابع آبی و بحران ناشی از آن در منطقه بوئین زهرا و توابع آن با شدت

بیشتری مشاهده می‌گردد. چنان‌که دشت حاصلخیز قزوین با وجود ۴۴۰ هزار هکتار زمین کشاورزی در آستانه کویری شدن قرار گرفته و همچنین ۳۵۰۰ هکتار باغات سنتی انگور، بادام و پسته آن نیز به حدود ۲ هزار هکتار تقلیل یافته است که این مقدار نیز در حال نابودی می‌باشد.

بیشترین میزان فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی در نواحی شمال، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی دشت قزوین، مربوط به مناطق شاهین تپه، تُفک، شاد مِهان، و لَازِجرد، شارین و سِگزآباد است.

نگرش جامع و سیستمی ایجاب می‌نماید که تمامی فرایندهای طبیعی تأثیرگذار بر این پدیده بررسی و تحلیل گردد. با شناسایی علل مؤثر در شکل‌گیری این پدیده می‌توان راهکارهای مناسبی را جهت مقابله با آن اتخاذ نمود.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان قزوین

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان قزوین، پمپاژ بیش از حد مجاز آب و حفر چاه‌های غیرمجاز است. از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود. بنابراین با حفاظت آب در بخش کشاورزی از طریق بهبود روش‌های آبیاری همراه با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران، تهیه الگوی کشت بهینه، جلوگیری از توسعه شدید سطح زیرکشت و سوق دادن کشاورزی و زراعت به سمت گلخانه‌ها با هدف تعادل‌بخشی به سفره‌های آب زیرزمینی و جبران کمبود آب مخزن‌ها، جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند، حفاظت از آبخوان‌ها و تغذیه مصنوعی آنها، می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در این استان به حداقل رساند.

تدابیر مختلفی به منظور پیشگیری از فرونشست خاک انجام شده و در اولویت اجرایی استان به ویژه استانداری قرار گرفته است که از جمله این موارد می توان به پلمپ بسیاری از چاه های غیرمجاز، برنامه ریزی برای کاهش چاه های مجاز به عنوان راه حل کوتاه مدت و برنامه ریزی برای مکانیزه کردن سیستم کشاورزی و استفاده از پساب ها به عنوان برنامه بلندمدت اشاره نمود.

اجرای برخی طرح های مهم برای تأمین نیازهای آبی استان در آینده همچون احداث سدهای نهب و بالاخانلو، انتقال آب الموت رود، تغذیه مصنوعی و اجرای طرح تأمین آب شرب شماری از شهرها و روستاهای استان از مهم ترین طرح های در دست اجرا می باشد.

➤ قم

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان قم

در استان قم با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۱۵۲۶ کیلومتر مربع و ۱,۱۵۱,۶۷۲ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان قم، ۱۳۹۰)، سالیانه حدود ۸۸۵/۳ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قم، سال آبی ۹۰-۱۳۸۹).

در جدول ۲-۳، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان قم ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۴۹۶۳ دهنه (حدود ۷۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۷۲۲/۶ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۲ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان قم را به خود اختصاص داده است. اشاره می‌گردد، میزان تخلیه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به صورت مجموع داده شده است. همچنین، آمار مربوط به تعداد چاه‌ها شامل چاه‌های بهره‌برداری و چاه‌های مطالعاتی می‌باشد.

جدول ۲-۳) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان قم در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹
(میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان قم، ۱۳۹۰)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
قم	۸۸۵/۳	۴۹۶۳ (٪۷۰)	۷۲۲/۶ (٪۸۲)	۷۵۲ (٪۱۰)	۱۴۶ (٪۱۶)	۱۳۹۷ (٪۲۰)	۱۶/۷ (٪۲)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قم، حدود ۹۲ درصد آب بهره‌برداری شده از آبخوان‌های استان، در بخش کشاورزی، ۷ درصد در بخش شرب و بهداشت و ۱ درصد در بخش صنعت مصرف می‌شود. با توجه به حجم بسیار بالای مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن

شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب و بهره‌برداری هدفمند از منابع آب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم در سال ۱۳۹۴، چاه‌های غیرمجاز با تعداد ۳۹۰۰ حلقه چاه، حدود ۶۷ درصد چاه‌های استان را شامل می‌شوند. اشاره می‌گردد، سهم تخلیه چاه‌های غیرمجاز تنها ۵ درصد و سهم تخلیه چاه‌های مجاز ۹۵ درصد است.

برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان، کسری مخازن حدود ۱۷۴ میلیون مترمکعب است که نمود عینی آن در پایین رفتن سالیانه سطح سفره‌های آب‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان قم، حدود ۱-۲ متر در سال بوده است.

بر اساس گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست استان قم در سال ۱۳۹۴، حوضه آبخیز دریاچه نمک یکی از بحرانی‌ترین حوضه‌های آبخیز کشور است و استان قم در بین ۳۱ استان، مقام دوم را در بحران دشت‌های ممنوعه دارد.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان قم

استان قم با ۱۱۵۲۶ کیلومترمربع مساحت، جزء حوضه آبریز کویر مرکزی ایران می‌باشد. این استان دارای دو منطقه اقلیمی کوهستانی و دشتی می‌باشد که اقلیم دشتی آن حدود ۷۴ درصد و اقلیم کوهستانی آن ۲۶ درصد سطح استان را شامل می‌گردد. در استان قم به‌علت برخورداری از اقلیم گرم‌وخشک و آب‌وهوای نیمه‌بیابانی و به‌تبع آن، کاهش نزولات جوی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان (همچون دشت قم به‌عنوان بزرگ‌ترین آبخوان و مهم‌ترین دشت استان قم و دربرگیرنده یک‌چهارم مساحت آن) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب‌زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شورشدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان قم با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان قم

استان قم بخشی از زون ساختاری ایران مرکزی بوده که ریخت‌شناسی حاکم بر آن شامل مجموعه‌ای از رشته‌کوه‌ها و دشت‌های نیمه‌موازی با روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری است.

بررسی واحدهای تکتونواستراتیوگرافی نشان می‌دهد که در اواخر ائوسن و اوایل الیگوسن، جنبش‌های زمین‌ساختی سبب پیدایش رژیم کولابی تا قاره‌ای گردیده که ته‌نشست‌های قرمز رنگ تبخیری آن معرف سازند سرخ‌پایینی است. در زمان الیگوسن - میوسن، رخنمون‌های کربناته آهکی سازند قم به‌جای گذاشته شده است. همچنین، در اواخر میوسن زیرین، رسوبات ستبر قاره‌ای - کولابی سازند قرمز بالایی جانشین رخساره‌های دریایی قم گردیده است.

دشت‌های هموار وسیعی در مرکز، شمال، شمال‌باختر، خاور و جنوب‌خاور استان قم مشاهده می‌شوند که با شیب ملایم از اطراف به سمت دریاچه‌های حوض سلطان و دریاچه نمک قم امتداد دارند. این دشت‌ها عمدتاً شامل رسوبات آبرفتی با دانه‌بندی مختلف بوده و به دلیل نفوذپذیری زیاد دارای سفره‌های آب زیرزمینی غنی است. دشت‌هایی آبرفتی استان و همچنین دشت‌هایی که بر روی مخروط‌افکنه‌ها شکل گرفته‌اند، به دلیل برخورداری از منابع آب و خاک حاصلخیز، شرایط بسیار مساعدی برای کشاورزی دارند. دشت‌های قم، مسیله، علی‌آباد، جعفرآباد، گازران، سلفچگان، کهک و خلجستان از جمله دشت‌های استان قم می‌باشند.

- دشت علی‌آباد قم

این دشت با وسعتی حدود ۱۸۸۳ کیلومتر مربع به صورت مشترک در استان قم و ساوه قرار گرفته است و در گذشته از رودخانه قره‌چای با آورد سالانه ۲۶۵ میلیون مترمکعب به‌طور طبیعی تغذیه می‌گردید. احداث سد الغدير ساوه و افزایش ذخیره سد اکباتان و همچنین خشکسالی‌های مداوم و طولانی مدت (و تغییر اقلیم محتمل) سبب افزایش تعداد چاه‌های مجاز و غیرمجاز جهت بهره‌برداری کشاورزی و به تبع آن، افت سطح ایستابی (حدود ۱/۵ الی ۲ متر در سال) و تخلیه آبخوان این دشت شده است. دشت علی‌آباد قم به عنوان یکی از دشت‌های ممنوعه بحرانی استان از سوی شرکت مدیریت منابع آب کشور معرفی گردیده است.

با بررسی لوگ چاه‌های حفاری، دو سازوکار زیر برای وقوع فرونشست در استان مطرح است:

۱. قرارگیری یک لایه رسی بر روی آبرفت درشت دانه

طبق این فرضیه، با توجه به عمق کم لایه رسی (عدم تحکیم این لایه)، با تخلیه سفره زیرین و تغییر در میزان تراکم لایه زیرین، لایه رسی دچار ریزش بر روی سفره زیرین می‌شود. این امر، نهایتاً منجر به ارتباط هیدرولیکی دو سفره بالایی و پایینی می‌گردد. فرار آب به درون منطقه ریزش کرده ملموس می‌باشد.

۲. وجود یک لایه ماسه ریزدانه در اعماق متفاوت

حین پمپاژ آب (که معمولاً با دبی بالا صورت می‌گیرد)، ماسه همراه آب از لایه مذکور خارج می‌گردد. این پدیده اگر توأم با نصب غیراستاندارد لوله‌های اسکرین چاه باشد، تشدید گردیده و وقوع نشست زمین تسریع می‌شود. خارج شدن آب همراه با بخش جامد (معمولاً ماسه بادی) موجب ناپایداری لایه‌های بالایی و ریزش آن‌ها می‌گردد.

بر مبنای گزارشات ژئوفیزیکی، تاکنون، وجود آثار پدیده کارستیک که با انحلال لایه تبخیری (با توجه به کیفیت آب منطقه ترجیحاً لایه آهکی) موجب ریزش و ناپایداری لایه‌های بالایی شود، وجود ندارد.

در منطقه مورد مطالعه پدیده لوله‌زایی قابل مشاهده است. پدیده مذکور همراه با خراب شدن پمپ‌ها و منصوبات موجود بر روی چاه‌ها می‌باشد. همچنین ترک‌هایی نیز در ساختمان‌های منطقه دیده می‌شود که احتمالاً با پدیده مذکور مرتبط بوده است.

- دشت جعفرآباد قم

با توجه به افت شدید سطح آب زیرزمینی در دشت جعفرآباد قم طی سال‌های اخیر، این دشت به‌عنوان یکی از دشت‌های ممنوعه بحرانی استان اعلام شده است که در صورت عدم اقدامات لازم در راستای کاهش برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی (کشاورزی، شرب و صنعت)، چالش‌های جدی برای این منطقه به‌وجود خواهد آمد.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و آب‌وهوایی استان قم، سفره‌های آب‌زیرزمینی، مهم‌ترین منابع آبی استان محسوب می‌شود. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن،

بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی صورت گرفته است. این امر باعث شده که اکثر دشت‌های استان با بیلان منفی و افت شدید سطح ایستابی مواجه شوند به‌طوری‌که برخی دشت‌های استان ممنوعه اعلام گردیده است.

وجود این شرایط، دشت‌های استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب به‌ویژه در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست زمین می‌گردد؛ چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها طی دو دهه اخیر، منجر به بروز این پدیده در برخی دشت‌های ممنوعه استان (همچون دشت‌های قم، علی‌آباد و جعفرآباد) گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش‌ازحد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ... در این دشت‌ها به‌وجود آورده است. احتمال بروز این پدیده، در نواحی آهکی و کارستی استان (به‌علت وجود تخلخل و درز و شکاف در آهک‌های منطقه) همراه با فروچاله‌های کارستی وجود دارد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان قم

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان قم، شرایط مساعد زمین‌شناسی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان قم با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

• سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان قم، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کاهش جمعیتی است.

• مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و نشائی و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر (همچون گیاهان دارویی و زیتون) به جای محصولات آبرو و کم‌بازده (همچون یونجه)

• انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب

• کاهش میزان آبدی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری

- پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند

- جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز

- خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی

- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
 - حفظ، نگهداری و مرمت قنات‌ها
 - تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب و آب بخش کشاورزی
 - حفظ و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
 - اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به واسطه احداث و بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به وسیله سیلاب‌های فصلی
 - تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سپس تزریق آن به سیستم آب‌های زیرزمینی
 - استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان قم به حداقل رساند.

➤ کردستان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان کردستان

در استان کردستان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۹۱۳۷ کیلومترمربع و ۱۴۹۳۶۴۵ نفر، سالیانه حدود ۲۰۰۸/۲ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می شود (شرکت سهامی آب منطقه ای کردستان، ۱۳۹۲).

استان کردستان با میزان بارندگی حدود ۵۰۰ میلی متر (بیش از دو برابر بارندگی متوسط ایران) یکی از پرآب ترین استان های ایران است به طوری که با ۱/۷ درصد مساحت، ۳/۵ درصد حجم بارندگی های کشور را دریافت می کند.

در جدول ۲-۳۱، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان کردستان ارائه شده که از این میان چشمه ها با تعداد ۳۸۴۳۰ دهنه (حدود ۷۷٪ از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۴۹۴۴۸۸ هزار مترمکعب تخلیه سالانه (حدود ۵۹٪ از کل تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره برداری در استان کردستان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۳۱) تعداد و میزان بهره برداری از چاه ها، چشمه ها و قنات های استان کردستان در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (هزار مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان کردستان، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق و نیمه عمیق		چشمه		قنات	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالانه
کردستان	۸۳۶۰۸۴	۱۰۹۹۹ (۲۲٪)	۳۱۹۳۸۰ (۳۸٪)	۳۸۴۳۰ (۷۷٪)	۴۹۴۴۸۸ (۵۹٪)	۴۹۶ (۱٪)	۲۲۲۱۶ (۳٪)

○ مهم ترین پیامدهای استفاده بی رویه و افت سطح آب های زیرزمینی در استان کردستان

با توجه به واقع شدن استان کردستان در اقلیم های خشک و نیمه خشک ایران و با توجه به استمرار پدیده خشک سالی و به تبع آن بحران های آبی متعدد همگام با رشد و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افزایش استحصال از آب های زیرزمینی و افت سطح آبخوان ها در برخی دشت های

استان همچون دشت قروه- دهگلان (متشکل از آبخوان‌های دهگلان، قروه و چهاردولی) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ کاهش حجم ذخائر آبی
- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کردستان، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان کردستان

استان کردستان منطقه‌ای عمدتاً کوهستانی با ساختار زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی خاص است که در مجموع از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب می‌شود. در بخش شرقی استان که دارای زمین مسطح و خاک عمیق برای کشاورزی است، بارندگی متوسط سالیانه کمتر از بخش غربی بوده و با دو چالش اساسی مواجه است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون فرونشست تدریجی زمین و چاله‌های عمیق می‌گردد. چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به پدیده نشست سطح زمین در اغلب دشت‌های استان گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان به‌وجود آورده است.

- دشت قروه - دهگلان

دشت قروه - دهگلان، به‌عنوان بزرگترین دشت استان کردستان و یکی از بزرگترین دشت‌های کشاورزی استان به‌لحاظ برخورداری بودن از استعدادهای بالقوه از نظر خاک و کشاورزی همواره از اهمیت به‌سزایی برخوردار بوده است. مقدار بارندگی در این دشت ۳۵۰ میلی‌متر در سال بوده و از نظر اقلیمی جزء نواحی نیمه خشک و سرد استان به‌شمار می‌آید. پتانسیل آب‌های سطحی محدوده دشت قروه - دهگلان ضعیف بوده و لذا آب زیرزمینی تنها منبع عمده تأمین‌کننده آب مصرفی در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت در این دشت می‌باشد. روند رو به رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، توسعه اجتماعی و اقتصادی، رونق کشاورزی در منطقه و همچنین توسعه صنایع متوسط و کوچک در دشت قروه - دهگلان موجب افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در این منطقه شده است. برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی موجب افت سطح ایستابی در این دشت و ایجاد مشکلاتی نظیر کاهش کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و نشست زمین گردیده است. علاوه بر چاه‌های مجاز، چاه‌های غیرمجازی که به‌دلایل مختلف از جمله مصارف کشاورزی حفر شده نیز باعث تشدید خطر این پدیده شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که افت

شدید سطح آب در ۲۰ سال گذشته از بخش‌های جنوب‌شرقی دشت شروع شده است و این روند به سمت مرکز دشت و بخش‌های شمالی آن ادامه دارد. مناطقی که دارای افت بیشتر سطح آب زیرزمینی بوده، روندی شمال غربی- جنوب شرقی داشته و بیانگر افزایش و ادامه این روند در سال‌های آینده است.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کردستان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان کردستان، افزایش حفاری چاه‌های عمیق، تبدیل چاه‌های نیمه‌عمیق به عمیق به دلیل پائین رفتن سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی، استحصال بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی از طریق چاه‌های غیرمجاز و هجوم کشاورزان غیربومی از استان‌های همجوار به منظور استفاده از منابع آب و خاک منطقه می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود. بنابراین با حفاظت آب در بخش کشاورزی از طریق بهبود روش‌های آبیاری، استفاده از پساب‌ها در تأمین آب کشاورزی، تهیه الگوی کشت بهینه، جلوگیری از توسعه شدید سطح زیر کشت و سوق دادن کشاورزی و زراعت به سمت گلخانه‌ها با هدف تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید و پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند و به‌طور کلی حفاظت از آبخوان‌ها و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها همراه با استقرار گروه‌های گشت و بازرسی و انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در این استان به حداقل رساند.

➤ کرمان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان کرمان

استان کرمان با وسعتی بالغ بر ۱۸۰۰۰۰ کیلومتر مربع به عنوان پهناورترین استان در جنوب کشور و با متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۹ میلی‌متر، در زمره مناطق خشک در سطح کشور محسوب می‌شود. کاهش نزولات جوی، تداوم خشک‌سالی، رشد جمعیت و افزایش سطح زیر کشت باغات، باعث اضافه برداشت و کاهش حجم ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی می‌گردد.

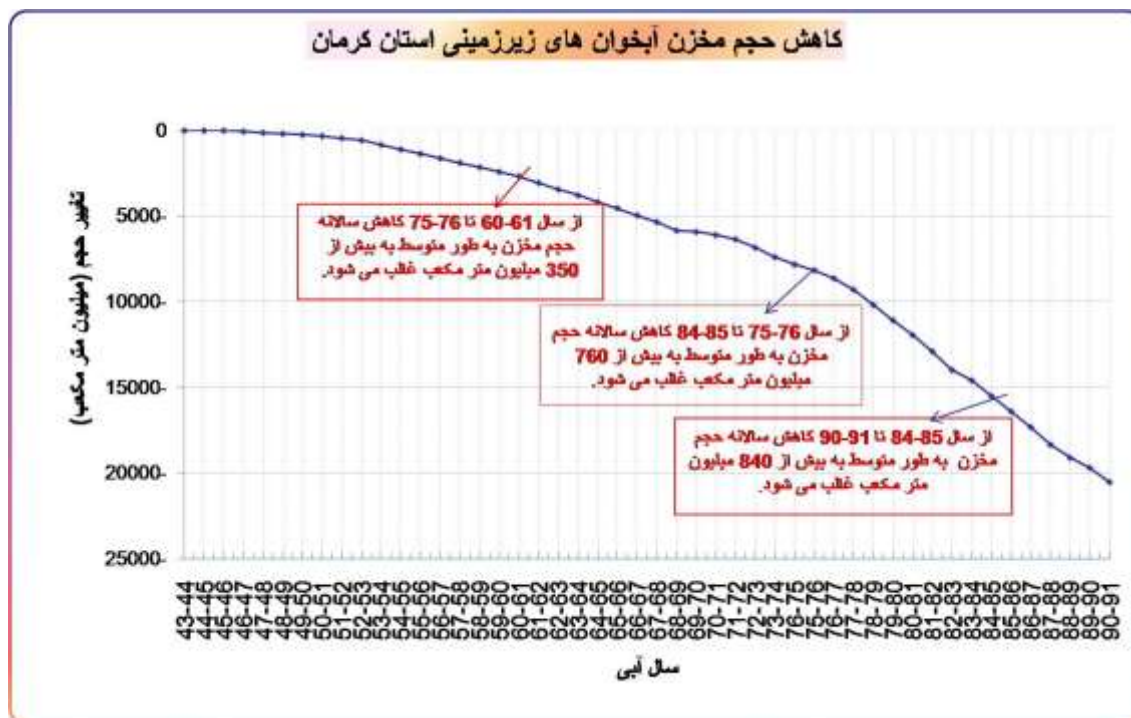
در جدول ۲-۳۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل: چاه، چشمه و قنات) ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق با تعداد ۳۴۵۵۶ حلقه (حدود ۹۰٪) و میزان ۹۷٪ از کل تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان کرمان را به خود اختصاص داده‌است.

جدول ۲-۳۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های استان کرمان در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۲)

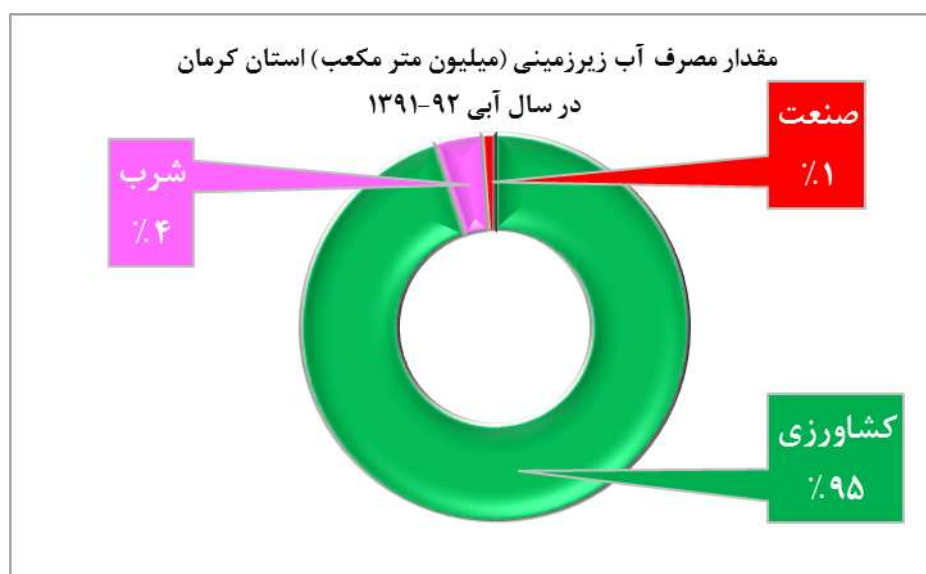
استان	کل تخلیه سالانه (میلیون مترمکعب)	چاه عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالانه
کرمان	۶۳۹۷	۳۴۵۵۶ (۹۰٪)	۵۸۳۱/۴ (۹۷٪)	۲۳۹۱ (۶٪)	۴۵۵/۶ (۱٪)	۱۵۹۳ (۴٪)	۱۱۰ (۲٪)

در نمودار ۲-۳۴، کاهش حجم مخزن آبخوان‌های زیرزمینی استان کرمان در سال‌های آبی ۱۳۴۳-۹۱ ارائه شده است.



نمودار ۲-۳۴) کاهش حجم مخزن آبخوان های زیرزمینی استان کرمان در سال های آبی ۹۱-۱۳۴۳ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۳)

بر مبنای مطالعات صورت گرفته توسط شرکت سهامی آب منطقه ای استان کرمان، آب مصرفی در بخش کشاورزی بیش از ۹۵ درصد منابع آب زیرزمینی استان کرمان را به خود اختصاص داده است و تنها ۴ درصد از منابع آب زیرزمینی استان در بخش شرب و ۱ درصد در بخش صنعت مصرف می شود (نمودار ۲-۳۵).



نمودار ۲-۳۵) سهم استفاده از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) بر حسب بخش مصرفی در استان کرمان طی سال های آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون متر مکعب) (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، ۱۳۹۳)

○ مهمترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان کرمان

پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی استان کرمان، پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ کاهش حجم ذخائر آبی
- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آنها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ افزایش اجباری عمق چاه‌ها
- ✓ خشک شدن و کاهش آبدی منابع برداشت آب (چاه، چشمه و قنات)
- ✓ افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیرزمینی
- ✓ افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ افزایش آسیب‌پذیری دشت‌ها نسبت به خشک‌سالی
- ✓ خشک شدن، فصلی شدن و کم آبی رودخانه‌ها
- ✓ نشست زمین
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین و بناها
- ✓ خسارت به تأسیسات
- ✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ خشک شدن برخی از مزارع و باغات
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کرمان، با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های عمیق جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان کرمان

چنانکه پیشتر نیز اشاره گردید، پدیده فرونشست زمین در ایران عمدتاً در نواحی آهکی و کارستی و یا در نواحی با برداشت بیش از حدمجاز از آبهای زیرزمینی به وقوع می‌پیوندند. در ادامه، برخی موارد مشاهده‌شده از این پدیده در استان کرمان (بانک اطلاعات فرونشست زمین، ۱۳۸۷، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور) ذکر گردیده است:

○ نواحی فرونشست زمین (ناشی از برداشت بیش از حد مجاز از آبهای زیرزمینی) در استان کرمان:

- نشست منطقه‌ای زمین در مناطق کرمان، زرنند، رفسنجان و سیرجان

موقعیت:

بخش نسبتاً وسیعی از استان کرمان: شمال غربی شهر کرمان- زرنند- نواحی مرکزی و شمالی رفسنجان- سیرجان (شکل ۲-۶۰)

علت تشکیل:

- افت سطح آب و تراکم لایه‌های زیرین زمین ناشی از بهره‌برداری بیش از حد و غیرمجاز آبهای زیرزمینی؛
- بکارگیری روش های آبیاری پر مصرف و کاشت محصولات نیازمند آب زیاد؛
- فعالیت تکتونیکی جوان در امتداد گسل‌های پنهان در زیر آبرفت

سطح خسارت:

- نشست زمین؛
- ایجاد ترک و شکاف در ساختمان‌ها، سازه‌ها و تأسیسات شهری و زمین‌های کشاورزی منطقه رفسنجان؛
- خروج لوله‌های جدار چاه‌های کشاورزی از سطح زمین

- نشست زمین و فروچاله‌های ایجاد شده در بم و نواحی مجاور آن

موقعیت:

- محدوده فروچاله‌ها: پیرامون شهر بم و شهر بروات (غرب بروات)، تمرکز فروچاله‌ها در مجاورت گسل بم و در امتداد قنات‌ها؛
- محدوده گسیختگی‌های سطحی: پیرامون شهر بم و بین شهرهای بم و بروات

علت تشکیل:

- کاهش پایداری و ریزش قنات‌های خیلی قدیمی بم در اثر زمین‌لرزه (دلیل اصلی)؛
- افت سطح آب زیرزمینی به دلیل برداشت زیاد از چاه‌های عمیق و قنات‌ها (در سال‌های اخیر)

سطح خسارت:

- نشست سطح زمین به صورت فروچاله‌ها؛
- ترک‌های کششی و گسیختگی‌های سطحی طویل؛
- وارد آمدن خسارات اقتصادی قابل توجه به دلیل ریزش قنات‌ها (به‌خصوص قنات‌های کم عمق و قدیمی) در برخی مناطق (به‌ویژه در بروات و جنوب بم) (شکل ۲-۶۰)



شکل ۲-۶۰) نقشه پراکندگی نواحی فرونشست زمین با منشأ غیر آتشفشانی در استان کرمان (برگرفته از پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

همچنین در بیشتر دشت های جنوب استان کرمان، در مناطقی همچون قلعه گنج، منوجان، جیرفت و عنبرآباد و دشت ارزوئیه در غرب و دشت های فهرج و ریگان در شرق، پدیده فرونشست زمین گزارش گردیده است.

○ نواحی دارای فروچاله‌های کارستی در استان کرمان

- حفرات و ساختارهای کارستی در اطراف شهر کرمان

موقعیت و محدوده کارست:

بسیاری از ساختارهای کارستی، نشست زمین و شکاف‌ها در اطراف شهر کرمان مشاهده می‌گردد (شکل

۲-۶۱)، به‌ویژه در:

- کوه صاحب الزمان؛
- دشت های اختیار آباد، زنگی آباد و شاهرخ آباد؛
- دق کاظم آباد (کهنوج قدیم کرمان)؛
- روستاهای علی آباد و نصرت آباد در شمال کرمان

علت کارستی شدن:

- انحلال تشکیلات زیرسطحی دشت کرمان توسط آب های فرورو؛
- انحلال تشکیلات سطحی در بستر مسیل‌ها؛
- دگرشکلی زمین‌ساختی (وجود گسل‌ها و شکستگی‌های متعدد در سنگ های آهکی)؛
- رواناب های اسیدی؛
- تغییر کاربری زمین (کاربری کشاورزی زمین)
- بهره برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی جهت آبیاری باغات

اشکال زمین ریخت شناسی کارست:

- دولین‌ها (از نوع دولین‌های انحلالی فرونشستی و فروریخته)؛
- حفرات کارستی انحلالی؛
- غارها و دالان‌های باز زیرزمینی؛
- کانال‌های رودخانه‌های زیرزمینی؛
- ساختارهای کارستی دیگر از نوع ساختارهای اسفنجی، شیاری و نی لیکی؛

سطح خسارت:

- ریزش کارست؛

- فرونشست های ناگهانی؛
- نشست های تدریجی؛
- شکستگی و شکاف در دیوار بعضی از ساختمان ها گاهی همراه با تغییر ارتفاع قسمتی از آن، فروافتادگی و کج شدگی دیوار؛
- ایجاد شکاف و شکستگی های متعدد در بسیاری از خیابان ها

- دولین فروریخته آبرفتی اختیار آباد کرمان

موقعیت و محدوده کارست:

۱۴ کیلومتری شمال غربی شهر کرمان و ۱ کیلومتری جنوب شرق روستای اختیارآباد (اشکال ۲-۶۱ و ۲-۶۲)



شکل ۲-۶۱) فروچاله ریزشی اختیارآباد کرمان، در نزدیکی فرودگاه کرمان

علت کارستی شدن:

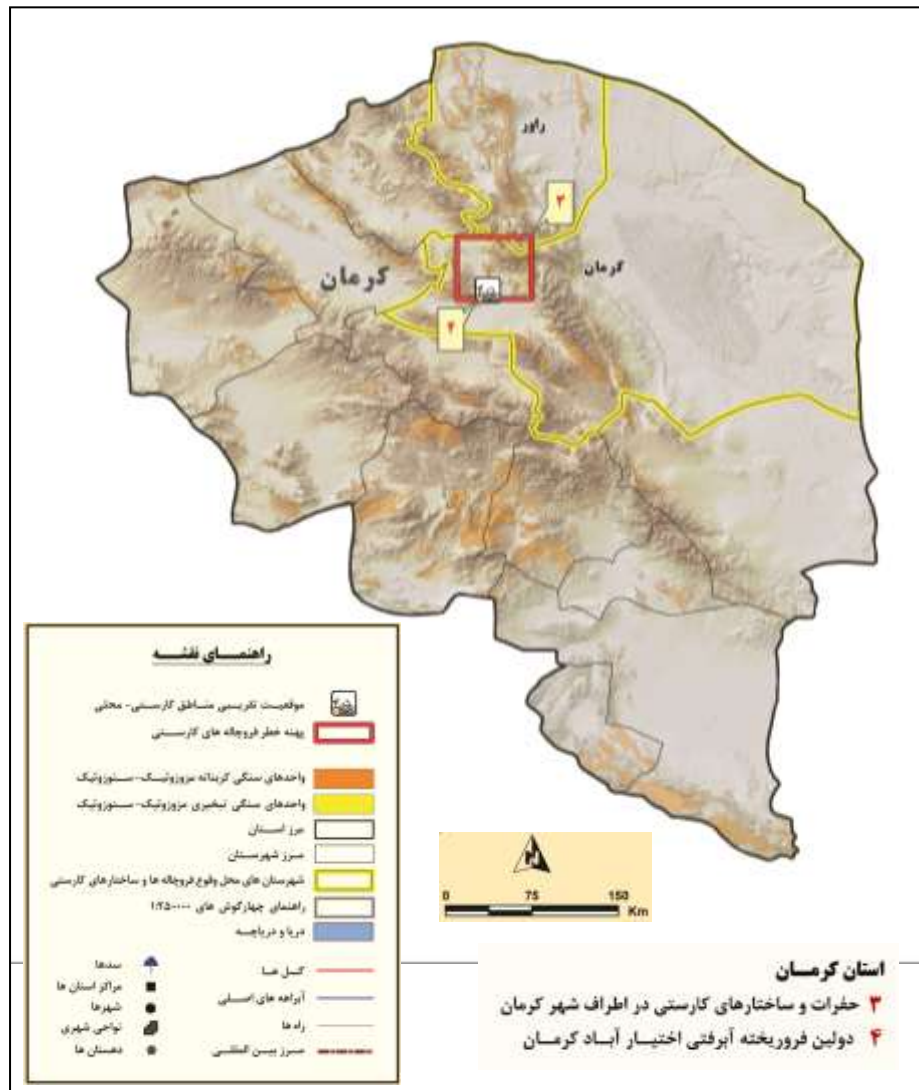
- انحلال تشکیلات زیرسطحی دشت کرمان توسط آب های فرورو؛
- دگرشکلی زمین ساختی (وجود گسل ها و شکستگی های متعدد در سنگ های آهکی)؛
- رواناب های اسیدی؛
- تغییر کاربری زمین (کاربری کشاورزی زمین)؛
- بهره برداری بیش از حد آب های زیرزمینی جهت آبیاری باغات

اشکال زمین ریخت شناسی کارست:

بخش فرو ریخته حفره ریزشی، کاسه‌ای شکل با شیب تقریباً قائم می‌باشد. قطر حفره ریزشی اختیار آباد در بالا حدود ۳۵ متر و در پایین مختصری کمتر بوده و ارتفاع بخش فرو ریخته در رسوبات آبرفتی نزدیک به ۴۰ متر است.

سطح خسارت:

- ریزش سقف غار کارستی پوشیده شده توسط رسوبات آبرفتی دشت اختیار آباد؛
- فرو ریزش پوشش آبرفتی در اثر ریزش سقف ساختار کارستی فعال زیر آن



شکل ۲-۶۲) پراکندگی نواحی دارای فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی در استان کرمان (برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کرمان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت های بی رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان کرمان، پمپاژ بیش از حد مجاز آب و حفر چاه‌های غیرقانونی است. این نوع بهره برداری به علت عدم آگاهی بهره برداران از عواقب تهری شدن سفره‌های آب زیرزمینی و عدم آشنایی آنها با روش‌های نوین حفظ منابع با کمترین هزینه است. این موارد، در قالب کشاورزی سنتی و استفاده از روش‌های پرمصرف آبیاری و همچنین توسعه روزافزون سطح زیر کشت باغات پسته نمود یافته‌است. بنابراین افزایش سطح آگاهی‌های عمومی و حمایت و تشویق فارغ التحصیلان دانشگاهی جهت فعالیت در بخش کشاورزی، یکی از مهمترین روش‌های فرهنگی مدیریت منابع آبی است.

برای انجام راهکارهای عملیاتی نیز باید در نظر داشت که استان کرمان از دریاچه‌های آب شیرین و رودخانه‌های بزرگ دور بوده و عملاً استفاده از منابع آب جایگزین در این استان امکان پذیر نمی‌باشد. بنابراین تنها راه ممکن جهت کاهش مشکلات، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود. بنابراین با حفاظت آب در بخش کشاورزی از طریق بهبود روش‌های آبیاری همراه با انجام اقداماتی نظیر افزایش سطح دانش بهره برداران، تهیه الگوی کشت بهینه، جلوگیری از برداشت های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید، حفاظت از سفره‌ها و تغذیه مصنوعی آنها، می‌توان میزان افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را به حد قابل رساند.

➤ کرمانشاه

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان کرمانشاه

در استان کرمانشاه با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۵۰۴۵ کیلومترمربع و ۱,۹۴۵,۲۲۷ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۱۳۳۹ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۳۳، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان کرمانشاه ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در مجموع با تعداد ۱۱۳۷۹ دهنه (حدود ۷۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۹۲۲ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۷۰ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان کرمانشاه را به خود اختصاص داده است.

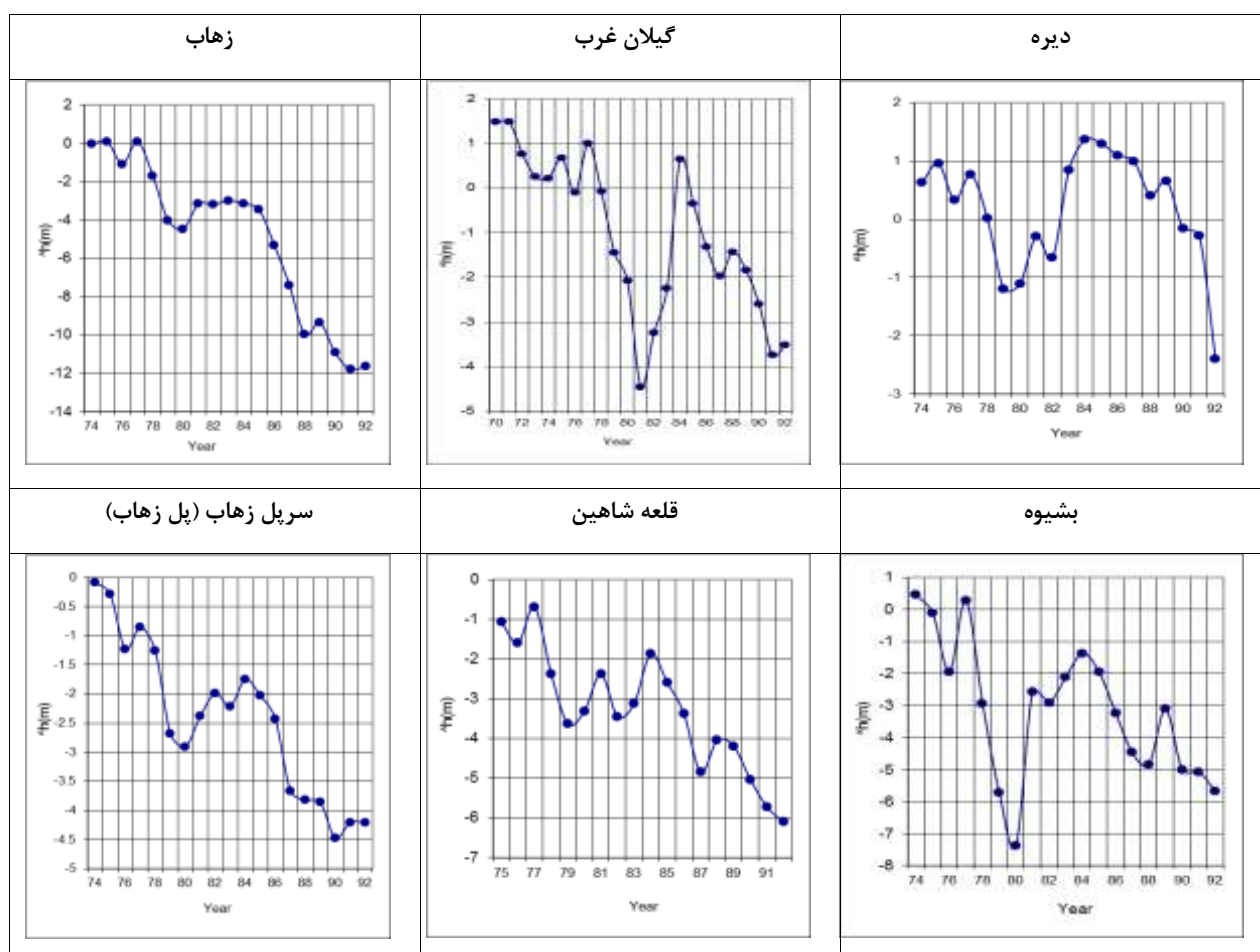
جدول ۲-۳۳) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان کرمانشاه در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)

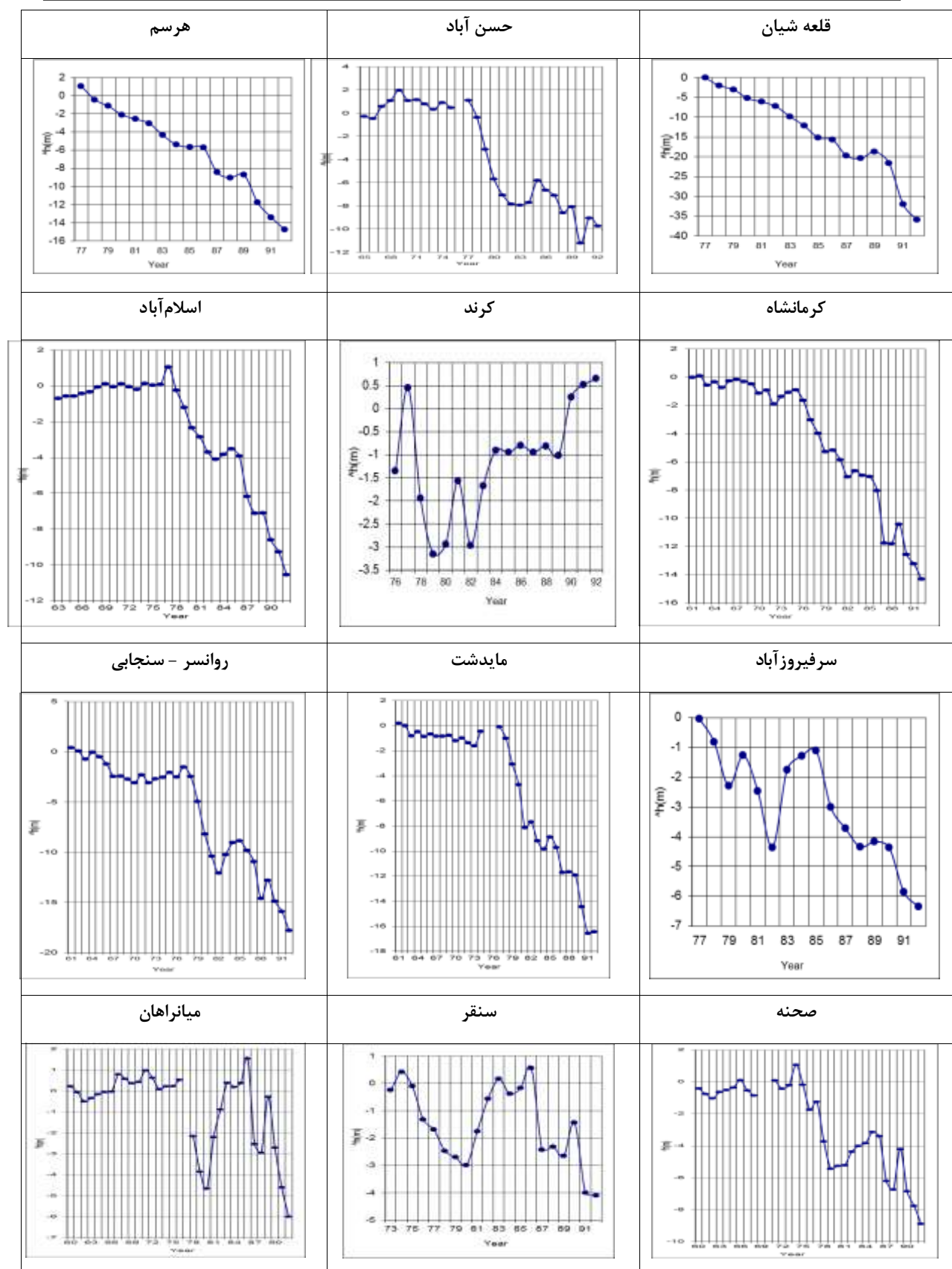
(برگرفته از سالنامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
کرمانشاه	۱۳۳۸/۹۰۶	۴۸۳۰ (٪۲۹)	۵۴۳/۷ (٪۴۱)	۶۵۴۹ (٪۴۰)	۳۷۷/۸ (٪۲۸)	۱۴۴ (٪۱)	۱۰/۳۱۶ (٪۱)	۴۸۶۷ (٪۳۰)	۴۰۷/۰۹ (٪۳۰)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه (در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳)، حدود ۹۰ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۶ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۴ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسؤولان استانی قرار گیرد.

استان کرمانشاه به دلیل شرایط زمین‌شناسی خاص خود از منابع آب زیرزمینی غنی برخوردار می‌باشد اما از این آب با کیفیت بالا برای مصارف کشاورزی، صنعتی و خدماتی نیز بهره‌گیری می‌شود که به کاهش میزان آب سفره‌های زیرزمینی منجر شده است. از سوی دیگر، کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان کرمانشاه بوده است. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه در سال ۱۳۹۲، کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان کرمانشاه به همراه خشک‌سالی‌های متمادی، موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است (نمودار ۲-۳۶). اشاره می‌گردد، میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های مرکزی استان کمتر بوده و با فاصله از مرکز و به سمت حاشیه، میزان افت بیشتر می‌شود.



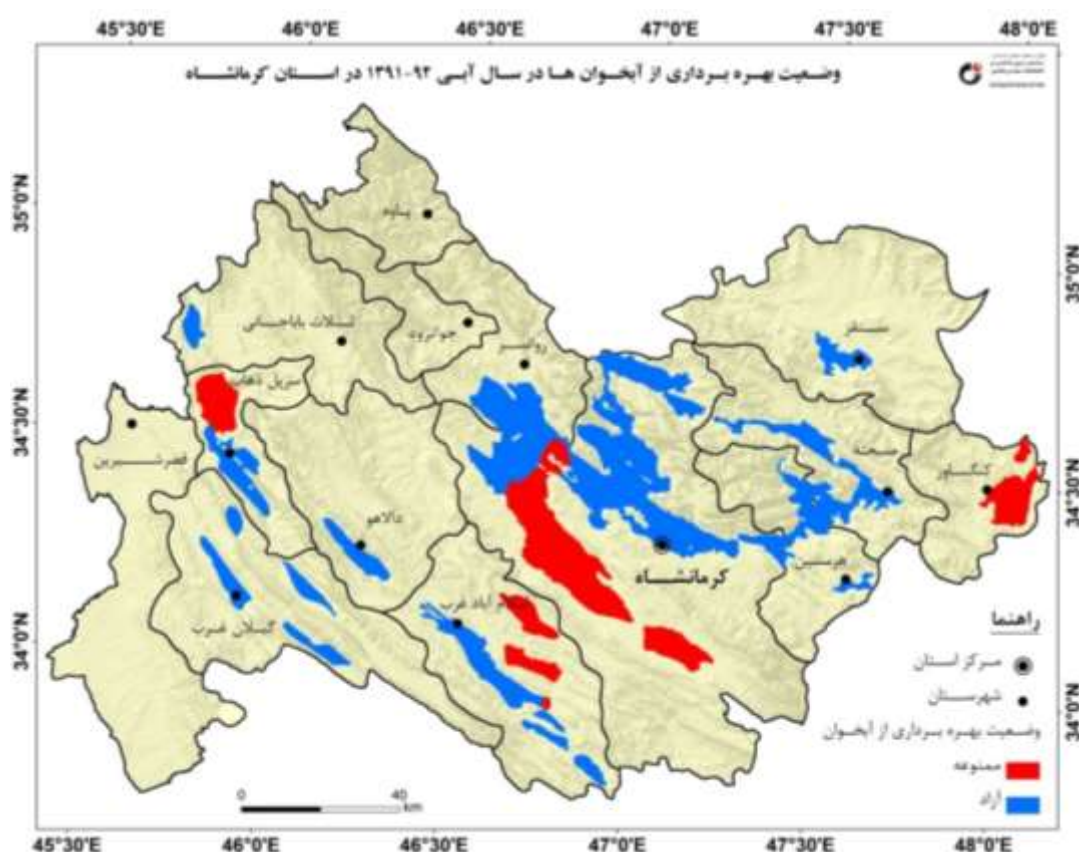


نمودار ۲-۳۶) هیدروگراف واحد آبخوان دشت‌های ممنوعه استان کرمانشاه (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۳۹۲)

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره‌های آب‌یرزمینی استان کرمانشاه، از مجموع ۲۲ محدوده مطالعاتی استان، ۹ دشت (حدود ۴۰ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب‌یرزمینی با مصارف کشاورزی اعلام‌نموده که بخشی از این محدوده‌ها با استان‌های دیگر مشترک بوده است.

ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

در شکل ۲-۶۳، وضعیت آبخوان‌های استان کرمانشاه از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۶۳) وضعیت آبخوان‌های استان کرمانشاه از لحاظ امکان برداشت آب‌یرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان کرمانشاه

بخش‌های وسیعی از نیمه جنوبی استان کرمانشاه از اقلیم نیمه‌خشک و بخش جنوب‌غربی استان از اقلیم خشک برخوردار است. دشت سومار قصرشیرین، از گرم‌ترین نقاط استان به‌شمار می‌آید.

براساس آمارهای موجود، میانگین ارتفاع بارش سالیانه در استان کرمانشاه، همواره بالاتر از میانگین بارش کشور می‌باشد اما در سال‌های اخیر، به‌دلیل بروز خشک‌سالی‌های مکرر و کاهش نزولات آسمانی، بارش‌ها با افت چشمگیری مواجه‌بوده‌است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های شمالی، جنوبی و غربی استان، محدودیت منابع آب همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۰ درصد از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) شده‌است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۴۰ درصد دشت‌های استان گردیده که احتمال پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر در نظر گرفته شده است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب‌زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی

- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کرمانشاه با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان کرمانشاه

از نظر جغرافیایی، استان کرمانشاه بخشی از ارتفاعات غرب ایران بوده که بخش وسیعی از جنوب غربی استان در در حوضه رسوبی - ساختاری زاگرس (شامل دو زیرپهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده) قرار گرفته است. همچنین، بخش‌های شمال‌خاوری استان نیز در زون سنندج - سیرجان واقع شده که به وسیله یکی از گسل‌های جوان و فعال زاگرس (گسل مروارید - صحنه) از سایر قسمت‌های استان جدا شده است.

در محدوده استان کرمانشاه، زیرپهنه زاگرس مرتفع واقع در شمال استان، متشکل از رخنمون‌های سنگی مربوط به رسوبات نواحی ژرف به سن تریاس بالا - کرتاسه بوده که عمدتاً از نوع رادیولاریت، کربنات‌های آشفته و نیز سنگ‌های افیولیتی (رادیولاریت‌های کرمانشاه، سنگ‌آهک‌های بیستون، افیولیت‌های صحنه - هرسین) می‌باشد. الگوی ساختاری این بخش از استان حاصل عملکرد گسل‌های راندگی است که جابجایی حاصل از این کنش فشارشی به صورت خردشدگی در سنگ‌ها نمود دارد. ارتفاعات واقع در بخش جنوب‌باختری استان، مربوط به زیرپهنه زاگرس چین‌خورده بوده که بخشی از واحدهای سنگ چینه‌ای رخنمون یافته در آن، همچون سنگ‌های کربناته به سن کرتاسه (واقع در هسته تاقدیس‌ها) و سازند شهبازان معرف حوضه‌های رسوبی با ژرفای متوسط است.

استان کرمانشاه از لحاظ ناهمواری‌ها به دو بخش کوهستانی و اراضی نسبتاً مسطح مابین ارتفاعات تقسیم شده است. بخش کوهستانی و مرتفع استان، از ارتفاعات تاقدیسی (همچون کوه‌های پراو، بیستون، دالاخانی، شیرز، شاهو، دالاهو و بمو) و دشت‌های ناودیسی تشکیل شده است. بخش دیگر ناهمواری‌ها، مرکب از کوه‌های فرسایش یافته و اراضی نسبتاً مسطح واقع بین این کوه‌ها می‌باشد. از مهم‌ترین دشت‌های استان، دشت ماهی‌دشت، سنجابی و روانسر (بزرگ‌ترین دشت و از مناطق عمده زراعی استان)، کرمانشاه (دومین دشت وسیع استان)، اسلام‌آباد، صحنه و بیستون، کنگاور، سنقر، حسن‌آباد، دینور، ذهاب و کرد قابل اشاره است. سایر دشت‌های استان، دشت‌های کم‌وسعتی همچون تالاندشت، بیونج، دیره، گیلانغرب، سرقلعه، هرسین، سومار و حر می‌باشد. دشت‌های کنگاور، صحنه و بیستون، کرمانشاه، ماهی‌دشت - سنجابی و اسلام‌آباد غرب، از اراضی آبرفتی در مرکز و اراضی دامنه‌ای در اطراف تشکیل شده‌اند. سایر دشت‌های استان در زمره دشت‌های دامنه‌ای محسوب می‌شوند.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ساختاری اشاره شده، استان کرمانشاه از منابع آب‌زیرزمینی غنی برخوردار می‌باشد. دشت‌های وسیع استان با بسترهای آبرفتی عمیق، به‌همراه بارندگی‌ها و نزولات جوی فراوان و وجود کوه‌های آهکی و طبقات غیرقابل نفوذ، شرایط مساعدی را برای برخورداری از منابع آب‌زیرزمینی فراهم ساخته است. با وجود برخورداری از منابع غنی آب‌زیرزمینی در استان، چنان‌که پیش‌تر نیز ذکر گردید، از این منابع، برای مصارف کشاورزی، صنعتی و خدماتی نیز استفاده می‌شود که به کاهش میزان آب سفره‌های زیرزمینی منجر شده است.

نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان کرمانشاه با دو چالش اساسی مواجه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی اراضی استان به‌ویژه دشت‌های ممنوعه استان گردیده است. همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی از دشت‌های استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وارد شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده‌ها در استان کرمانشاه ذکر می‌گردد:

- نشست و گسیختگی زمین در دشت روانسر - سنجابی

اخیراً نشست‌ها و فروچاله‌های کم‌عمقی در دشت روانسر - سنجابی ایجاد شده است که به‌وضوح آثار برداشت بی‌رویه از منابع آب‌یرزمینی را نشان می‌دهد. منابع آب‌یرزمینی این دشت، عامل اصلی توسعه کشاورزی و بنیان اقتصادی منطقه را تشکیل می‌دهد. طی دهه اخیر، به‌واسطه افزایش سطح زیر کشت و به‌تبع آن، استفاده از کشت محصولات آبی، تقاضا برای مصرف آب‌یرزمینی افزایش یافته است. پیامد افزایش استحصال از منابع آب‌یرزمینی، نشست زمین در چند منطقه از این دشت بوده که علاوه بر شکل ظاهری همچون ایجاد چاله و رشد ظاهری لوله پی‌زومترها، می‌توان از شواهد هیدروژئولوژی مانند افت سطح آب‌های یرزمینی برای اثبات آن استفاده نمود.

- فروچاله‌ها و پدیده‌های کارستی بیستون - پرآو

موقعیت و محدوده کارست:

ناهمواری‌های بیستون - پرآو، در شمال‌شرقی شهر کرمانشاه واقع شده است. توده آهکی بیستون از شمال به دشت میانراهان، از جنوب به دشت کرمانشاه، از غرب به دشت کامیاران و رازآور و از شرق به دشت بیستون (دینور) محدود می‌شود.

ناهمواری‌های بیستون - پرآو در زون رورانده زاگرس مرتفع واقع گردیده است. این توده کوهستانی به‌وسیله دشت‌های آبرفتی احاطه شده است.

به‌دلیل عملکرد شدید نیروهای زمین‌ساختی، منطقه - به‌ویژه مرتفع‌ترین قسمت ناهمواری‌های بیستون - به‌شدت شکسته و گسل‌خورده بوده و شیب لایه‌ها در جهات مختلف است.

علت کارستی شدن:

- انحلال تشکیلات سطحی و زیرسطحی (سنگ بستر آهکی)؛

- قرارگیری در بخش رورانده زاگرس، وجود پدیده‌های ساختاری و عملکرد زمین‌ساخت شدید و پیچیده در کل محدوده (از عوامل مهم تشکیل، توسعه و تکامل عوارض کارستی در منطقه)
- امتداد غالب گسل‌ها، درزه‌های کششی و بین لایه‌ای و فروچاله‌های منطقه تقریباً بر هم منطبق است. الگوی کلی فروچاله‌ها و همچنین روند محور طولی آن‌ها تحت کنترل ساختار منطقه به‌ویژه درزه‌های کششی تقریباً قائم می‌باشد.
- شرایط اقلیمی مساعد در گذشته نسبت به زمان کنونی و استمرار تحول کارست در بخش محدودی از ارتفاعات توده آهکی بیستون در شرایط اقلیمی حاضر- بارش زیاد نزولات جوی، درجه‌حرارت پایین و مقدار کم تبخیر (از عوامل مهم تشکیل، توسعه و تکامل عوارض کارستی در منطقه)
- افزایش ارتفاع در منطقه (عامل غیرمستقیم تحول کارست در شرایط اقلیم کنونی)
- ضخامت بسیار زیاد لایه‌های آهکی به‌صورت توده‌ای و یا دارای لایه‌بندی (علت درجه بالای کارستی شدن در بخش‌هایی از منطقه همچون تنگه کنشت)
- فرسایش و تخریب مکانیکی در مقیاس وسیع: کریوکلاستی (تخریب در اثر یخبندان و ذوب یخ)
- هوازدگی بیولوژیکی: افزایش پوشش گیاهی در گذشته و هم‌جواری آن با سنگ‌های آهکی (افزایش تأثیر پوشش گیاهی در انحلال)
- اشکال زمین‌ریخت‌شناسی کارست:
- اشکال پالئوکارست منطقه از نوع تحول‌یافته و نشانگر بلوغ کارست بوده و به‌صورت عوارض نقطه‌ای، خطی و سطحی مشاهده می‌گردد:
- عوارض نقطه‌ای:
- فروچاله‌های متعدد (جاماها): مجاری کارستی قائم یا نزدیک به قائم (از فراوان‌ترین و اصلی‌ترین عوارض کارستی منطقه: بیش از ۲۴۰ فروچاله قدیمی، جدید و یا در حال شکل‌گیری، دارای الگوی پراکندگی منظم و با ابعاد مختلف- مساحت تعدادی از فروچاله‌های خیلی قدیمی: بالغ بر چند هزار مترمربع- در کوه‌های پرآو)
- چشمه‌های کارستیک متعدد بزرگ و کوچک (در اطراف توده کوهستانی بیستون) و همچنین چشمه‌های معلق به‌صورت آبشار (چشمه‌های خارج شده از دامنه تنگه‌ها)

- غارها و نهشته‌های آهکی ثانوی داخل غارها (استلاگتیت ها و استلاگمیت ها): غار پرآو (مهمترین غار در بخش جنوبی منطقه، ورودی آن تقریباً در ارتفاع ۳۰۰۰ متری (طول: ۱۳۶۱ متر، عمق: ۷۵۱ متر)؛ غار ورواسی و غارهای متعدد دیگر

عوارض خطی:

- لاپیه‌ها یا کارن‌های متعدد: در وسعت‌های محدودی از ارتفاعات فوقانی منطقه و عمدتاً از نوع لاپیه‌های شیاری و کارن‌های درزه‌ای (مسیر حرکت آب و نتیجه عمل شیمیایی آن در سنگ‌های آهکی)؛ عمق کارن‌های درزه‌ای: از چند سانتی‌متر تا چندمتر
- کانال‌های کارستی زیرزمینی
- دره‌های عمیق (با دامنه‌های پرشیب): ناشی از عملکرد تخریبی شبکه آب‌های جاری در شرایط اقلیمی حاضر (از مشخصه‌های اصلی ارتفاعات کمتر از ۲۰۰۰ متر در توده کوهستانی بیستون)

عوارض سطحی:

- عوارض دارای اشکال مشخص: دولین‌ها؛ اووالاها؛ کارست‌های زیربنایی و پوشیده
- دولین‌ها: دولین‌ها بعد از لاپیه‌ها شاخص‌ترین اشکال ریخت‌شناسی کارست منطقه (نتیجه تأثیر شیمیایی آب بر سنگ‌های آهکی)؛ ابعاد دولین‌های منطقه: از چند هکتار تا چند صد هزار مترمربع
- دارای عمق کم، دیواره‌های نسبتاً کم‌شیب، کف نسبتاً هموار و پوشیده از رسوب؛
- دارای عمق زیاد، دیواره‌های پرشیب و کف ناهموار؛
- تشکیل به علت درون‌ریزی سقف غارها و مجاری کارست واقع در اعماق کم (در مجاورت غار پرآو)؛
- دارای حفرات فروکش در کف و پوشیده از قطعات بزرگ سنگ
- اووالاها: از به هم پیوستن چند دولین، دارای دیواره‌های پرشیب و به شدت تخریب شده و کف بسیار ناهموار (در دامنه‌های شمالی ارتفاعات پرآو)
- کارست‌های پوشیده: بدون شکل خاص (نتیجه فرآیند انحلال)، پوشیده از مواد آهک‌زدائی شده یا واریزه‌ها، نفوذ نزولات جوی به عمق در این سطوح

وسعت و عمق کارستی شدن:

- مساحت توده کوهستانی بیستون - پرآو تا خط‌القعرهای مجاور: ۱۰۳۳/۴ کیلومتر مربع (متوسط طول توده: ۶۰ کیلومتر و متوسط عرض توده: ۱۵ کیلومتر)

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی نشست تدریجی و یا فرونشست ناگهانی زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کرمانشاه

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان کرمانشاه، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان کرمانشاه با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان کرمانشاه، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت

- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و اجرای طرح‌های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی
- حفظ، نگهداری و احیای قنوت
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان کرمانشاه به‌حداقل رساند.

➤ کهگیلویه و بویراحمد

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان کهگیلویه و بویراحمد

در استان کهگیلویه و بویراحمد با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۵۵۲۰ کیلومتر مربع و ۶۵۸,۶۲۹ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۹۹۵ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۲-۳۴، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان کهگیلویه و بویراحمد ارائه شده که از این میان، چشمه‌ها با تعداد ۴۴۰۰ دهنه (حدود ۶۴ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۶۲۵ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۶۳ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان کهگیلویه و بویراحمد را به خود اختصاص داده‌است. اشاره می‌گردد، تعداد و میزان تخلیه چاه‌های مجاز بهره‌برداری عمیق و نیمه عمیق به صورت مجموع داده شده‌است.

جدول ۲-۳۴) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان کهگیلویه و بویراحمد در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۲)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه‌های عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
کهگیلویه و بویراحمد	۹۹۵	۲۳۸۷ (/۳۵)	۲۸۰ (/۲۸)	۶۰ (/۱)	۹۰ (/۹)	۴۴۰۰ (/۶۴)	۶۲۵ (/۶۳)

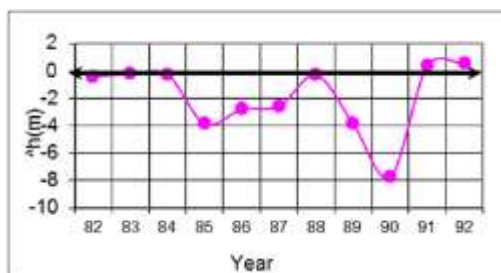
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۹۳، بیش از ۷۰ درصد آب کشاورزی و حدود ۹۶ درصد آب شرب و صنعت در استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۸۸ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۱۰ درصد در بخش شرب

و بهداشت و حدود ۲ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به سهم غالب منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی استان، می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

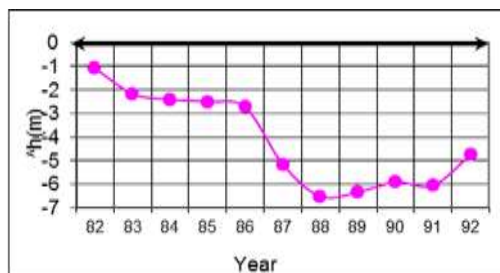
استان کهگیلویه و بویراحمد، دومین استان پر بارش کشور پس از گیلان، پرآب‌ترین منطقه جنوب غربی ایران و از نظر میزان منابع آب جاری، دارای مقام دوم کشور پس از خوزستان قلمداد می‌شود. این استان با وسعتی حدود ۱ درصد از مساحت کل کشور، به واسطه قرارگیری در میان کوهستان‌های زاگرس جنوبی، حدود ۸ درصد آب کشور را در اختیار دارد. با این وجود، دلایلی همچون عدم سرمایه‌گذاری در کنترل و بهره‌برداری از منابع آب استان، حفر بیش از حد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در دشت‌های محدود استان و سهم غالب منابع آب زیرزمینی (همچون چشمه‌ها) در تأمین نیازهای آبی استان، موجب افت بیش از حد سطح ایستابی در عمده دشت‌های استان کهگیلویه و بویراحمد طی سال‌های گذشته شده است.

همچنین، کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان محسوب می‌شود.

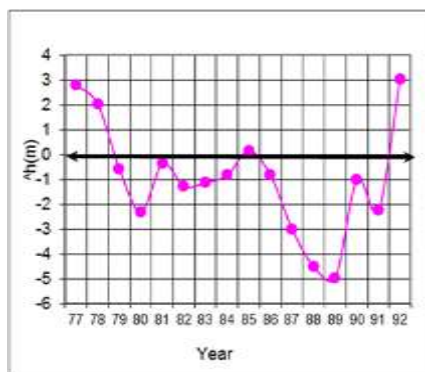
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۵، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان کهگیلویه و بویراحمد، متوسط کسری مخازن محدوده‌های مطالعاتی استان سالیانه، بیش از ۱۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است (نمودار ۲-۳۷). با توجه به کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان کهگیلویه و بویراحمد به همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت این دشت‌ها در آینده بحرانی خواهد شد.



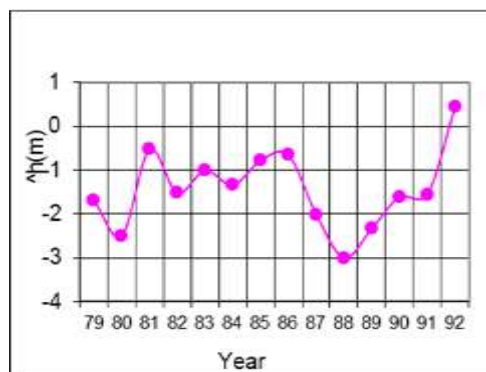
آبخوان دشتروم



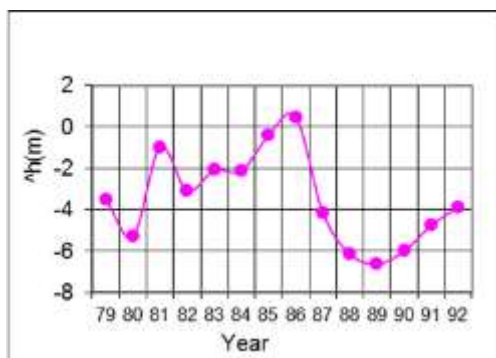
آبخوان ممبی



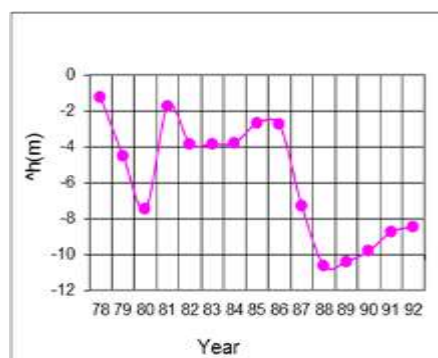
آبخوان لیشر



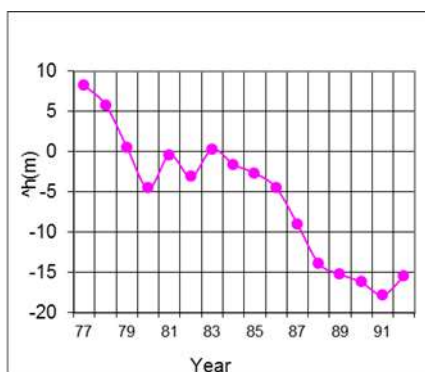
آبخوان دهدشت



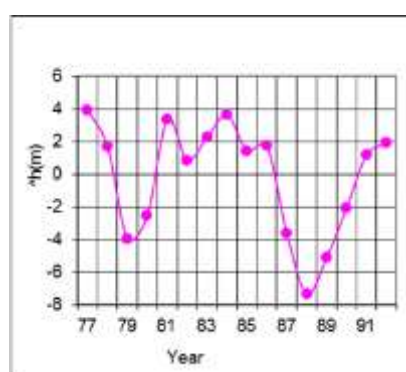
آبخوان باشت



آبخوان امامزاده جعفر



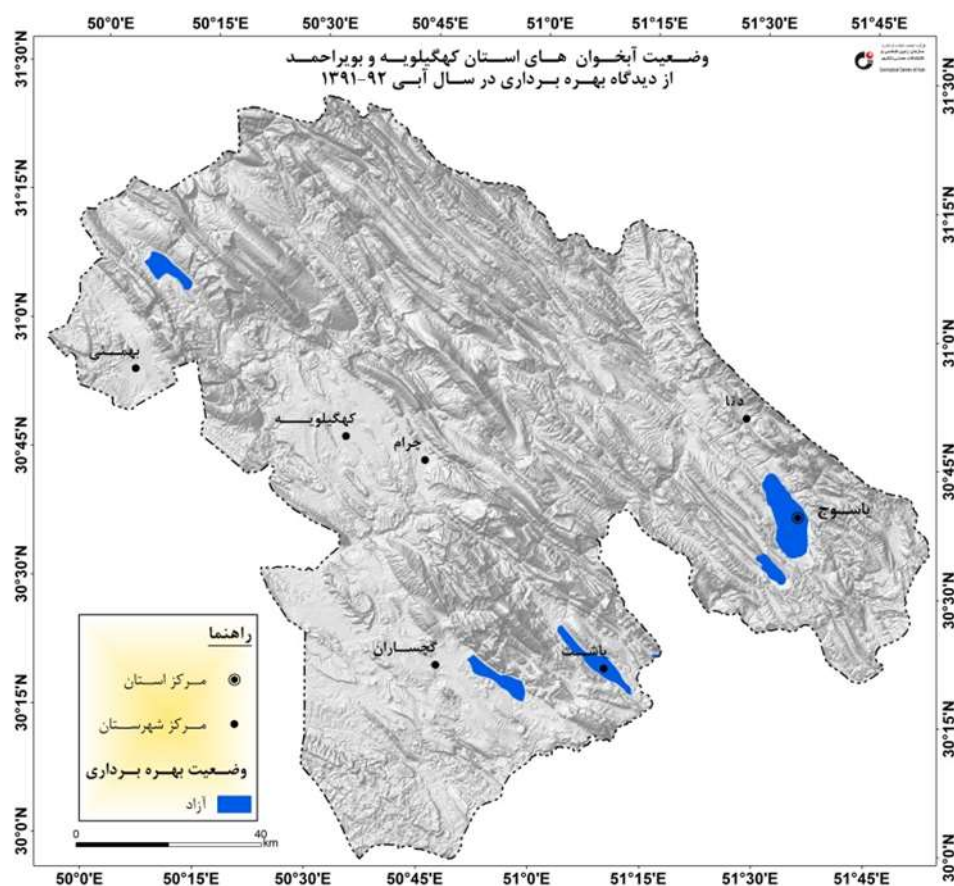
آبخوان بردیان



آبخوان چرام

نمودار ۲-۳۷) هیدروگراف واحد آبخوان‌های استان کهگیلویه و بویراحمد (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۲)

در شکل ۲-۶۴، وضعیت آبخوان‌های استان کهگیلویه و بویراحمد از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نشان داده شده و بیانگر آن است که آبخوان‌های استان در وضعیت آزاد قرار دارند. چنان‌که پیش‌تر نیز اشاره گردید، با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و برداشت‌های غیراصولی و بی‌رویه از آبخوان‌ها، میزان افت سطح آب در تمام دشت‌های استان به‌شدت افزایش یافته است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این دشت‌ها به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای‌های عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.



شکل ۲-۶۴) وضعیت آبخوان‌های استان کهگیلویه و بویراحمد از دیدگاه بهره‌برداری در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان

کهگیلویه و بویراحمد

استان کهگیلویه و بویراحمد با وسعت کم (حدود ۱۵۵۲۰ کیلومترمربع) با در نظر گرفتن شرایط توپوگرافی و جغرافیایی، از تنوع اقلیمی متفاوتی برخوردار است. چنان‌که در یک روند شمال‌خاور به جنوب‌باختر، از ارتفاع کوه‌ها، میزان بارندگی و رطوبت هوا به‌طور محسوسی کاسته شده به‌طوری‌که مناطق جنوب و جنوب‌باختری استان (بخش‌هایی از شهرستان‌های گچساران، چرام، کهگیلویه، لنده و بهمنی) دارای اقلیم نیمه‌خشک است.

با توجه به شرایط جغرافیایی و توپوگرافی استان و پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف آن به‌همراه کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر و کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) ناشی از آن و همچنین، محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۸ درصد از آب استحصالی از منابع آب‌زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (به‌ویژه چاه و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بسیاری از دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک

- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان کهگیلویه و بویراحمد با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد. این امر، در صورت عدم سرمایه‌گذاری در کنترل و بهره‌برداری از منابع آب، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان کهگیلویه و بویراحمد

استان کهگیلویه و بویراحمد به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. این استان از نظر زمین‌شناسی، در فصل مشترک دو واحد زمین‌ساختی- رسوبی متفاوت قرار گرفته؛ به طوری که در یک روند شمال خاور به جنوب باختر در پهنه‌های زاگرس شمال خاوری و زاگرس چین‌خورده واقع شده است.

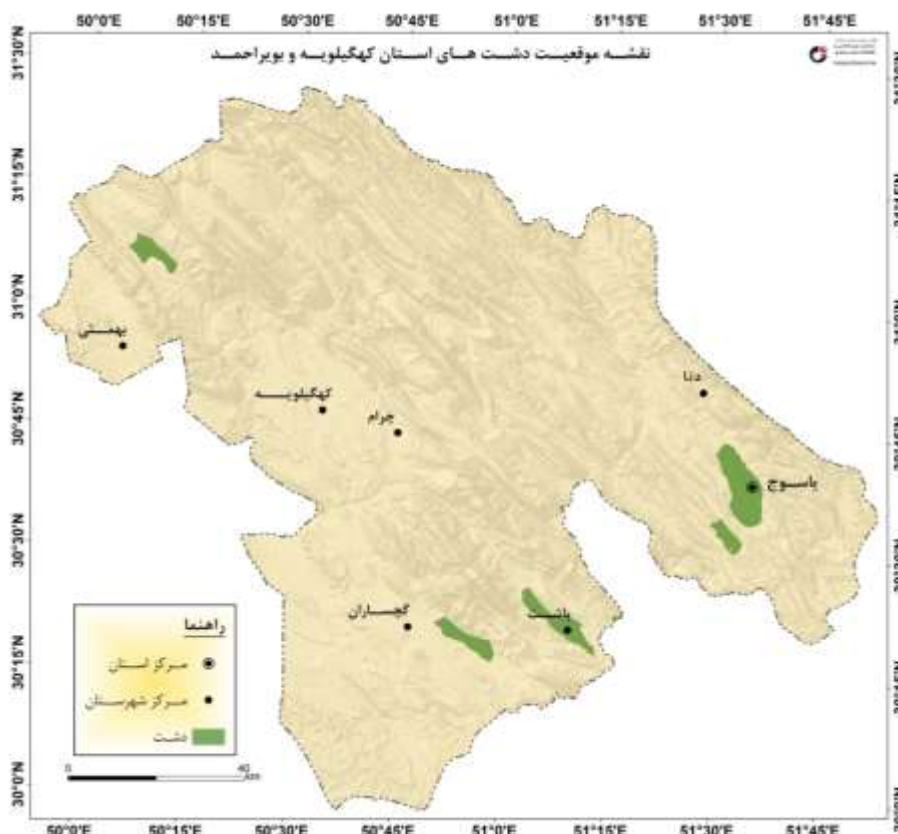
تنها بخش بسیار کوچکی از شمال خاوری استان به دلیل ویژگی‌های ساختاری، شباهت کامل با بخش شمال خاوری پهنه زاگرس دارد که به عنوان زاگرس مرتفع و یا پهنه خرد شده شناخته می‌شود. این بخش، در نتیجه عملکرد گسل شمالی- جنوبی دنا از سایر قسمت‌های استان مجزا شده است. در امتداد گسل دنا، پی‌سنگ پلاتفرمی پالئوزوئیک- تریاس میانی و گاهی نیز ردیف‌های تبخیری (سری نمکی هرمز با رخنمون گنبد‌های نمکی) این سکانس قابل مشاهده است. توالی‌های کربناته ژوراسیک- کرتاسه، فراوان‌ترین سازندهای زمین‌شناسی بخش زاگرس شمال خاوری (زاگرس مرتفع) استان بوده که به طور عمومی با

واحدهای سنگ‌چینه‌ای گروه خامی و گروه بنگستان قابل مقایسه می‌باشند. در بخش زاگرس مرتفع استان کهگیلویه و بویراحمد، نهشته‌های کنگلومرای سازند بختیاری، جوان‌ترین سازندهای زمین‌شناسی بوده که به‌طور معمول در هسته ناودیس‌ها انباشته شده است.

گستره وسیعی از استان کهگیلویه و بویراحمد، در پهنه زاگرس چین‌خورده واقع می‌باشد. بررسی‌های ساختاری دقیق نشان می‌دهد که چین‌ها در این بخش از زاگرس عموماً نامتقارن‌اند و به‌طور معمول، پهلوی جنوب‌باختری آن‌ها، - خصوصاً در مجاورت با دشت‌ها - و در نتیجه عملکرد گسل‌های رانندگی بریده و جابه‌جا شده است. در این بخش، چندین واحد زمین‌ساختی - رسوبی رخنمون دارد. توالی‌های پلاتفرمی پالئوزوئیک - تریاس میانی رخنمون‌های محدودی دارند. هسته بیشتر تاقدیس‌های بلند ناحیه، متشکل از سکانس‌های کربناتی - مارنی ژوراسیک - کرتاسه است. در توالی ترشیاری ناحیه، می‌توان به سنگ‌های چرخه رسوبی گروه فارس به سن میوسن - پلیوسن اشاره نمود. جوان‌ترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای استان شامل ردیف‌های کنگلومرای سازند بختیاری بوده که در هسته ناودیس‌ها انباشته شده است.

استان کهگیلویه و بویراحمد به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، دارای پدیده‌های ژئومورفولوژی متنوعی بوده و از مناطق کوهستانی (حدود ۷۵ درصد) و دشت‌ها (حدود ۲۵ درصد) تشکیل شده است. ارتفاعات استان کهگیلویه و بویراحمد، جزء کانون‌های آبگیر دائمی ایران هستند.

مناطق پست استان در جنوب و جنوب‌خاوری آن قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۶۵). خاک این مناطق عمدتاً رسوبی بوده و در دامنه کوه‌ها از نوع خاک‌های واریزه‌ای است. مناطق پست به‌صورت دشت‌ها و دشتک‌ها در مناطق سردسیر و گرمسیر استان قابل مشاهده می‌باشد. دشت‌های سروک و روم در بویراحمد، دشت‌های امام‌زاده جعفر، لیستر و گز در شهرستان‌های باشت و گچساران، دشت‌های چرام و دهدشت در شهرستان‌های کهگیلویه و چرام از آن جمله‌اند. دشتک‌های استان عبارت‌اند از: مهریان در بویراحمد، دشتک در سی سخت، ممبی لیکک و کت در بهمنی، فیلگاه، سوق، آزادی، آبکش و بن در کهگیلویه. با وجود این دشت‌ها و دشتک‌ها، استان کهگیلویه و بویراحمد عمدتاً سرزمینی کوهستانی محسوب می‌گردد.



شکل ۲-۶۵) نقشه پراکندگی دشت‌های استان کهگیلویه و بویراحمد
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

محدود بودن و ضخامت کم آبرفت دشت‌های استان کهگیلویه و بویراحمد و عدم ذخیره آب‌های روان توسط آن‌ها و همچنین، قرارگیری بیشتر این مناطق (از جمله دشت‌های جنوبی استان) در اقلیم نیمه‌خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان (عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی)، دشت‌های استان کهگیلویه و بویراحمد را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است.

عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی از دشت‌های ممنوعه استان (همچون دشت‌های شهرکرد و خانمیرزا) گردیده‌است.

نشست‌زمین در دشت‌های دیگر استان (همچون دشت‌های سفیددشت، فردنبه، کیار و اردل) به دلیل تخلیه برخی از سفره‌های آب‌زیرزمینی ناشی از حفر تونل‌های انتقال آب در اعماق و در تقاطع با تعدادی از گسل‌های مهم منطقه بسیار محتمل می‌باشد. هجوم سریع و حجمی آب از حفرات بزرگ کارستی منطقه دق‌لاغرک (به‌وسعت حدود ۱۰ کیلومترمربع) در مسیر تونل کوه‌رنگ و در محدوده دشت نصیرآباد از دیگر موارد قابل اشاره در این زمینه است.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... این دشت‌ها وارد شده است.

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست‌زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان

چهارمحال و بختیاری

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان چهارمحال و بختیاری، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، مشکلات ناشی از اجرای طرح‌های انتقال آب، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان چهارمحال و بختیاری با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان چهارمحال و بختیاری، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آبر و کم‌بازده

- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری

- اجرای زهکش زیرزمینی

- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی

- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب

- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- شناسایی و مطالعات زمین‌شناختی و ساختاری در محدوده اجرای طرح‌های انتقال آب استان
- حفظ، نگهداری و احیای قنوت
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان

- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان چهارمحال و بختیاری به حداقل رساند.

➤ گلستان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان گلستان

جدول ۳۵-۲ و ۳۶-۲، بیانگر تعداد انواع منابع آب‌های زیرزمینی و میزان برداشت سالیانه از منابع مذکور در استان گلستان در سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۷ می‌باشد.

جدول ۳۵-۲ (تعداد انواع منابع آب‌های زیرزمینی استان گلستان در سال آبی (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان)

سال آبی	چاه عمیق	چاه نیمه عمیق	قنات	چشمه
1387-88	۶۰۳۵	۱۱۹۵۴	۱۵۴	۸۶۸۹
1388-89	۶۵۰۰	۱۱۷۵۳	۱۵۴	۸۶۸۹
1389-90	۷۱۰۸	۱۱۰۶۶	۱۵۴	۸۶۸۹
1390-91	۷۱۳۸	۱۱۰۶۵	۱۵۳	۸۶۸۹
1391-92	۷۲۱۸	۱۱۱۴۲	۱۴۲	۸۶۸۹
۱۳۹۲-۹۳	7604	12765	152	8689

جدول ۳۶-۲ (میزان برداشت (تخلیه سالیانه) از منابع آب‌های زیرزمینی (میلیون مترمکعب) استان گلستان در سال آبی (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان)

سال آبی	چاه عمیق	چاه نیمه عمیق	قنات	چشمه
1387-88	۶۱۸,۴۵	۳۶۳,۴۵	۴۳,۲۳	۲۵۲
1388-89	۵۸۰,۶۶	۴۰۱,۰۵	۴۳,۲۳	۲۵۲
1389-90	۶۳۰,۵۵	۳۴۰,۷	۴۳,۲۳	۲۵۲
1390-91	۶۳۲,۲۹	۳۳۸,۵۸	۴۳,۲۳	۲۵۲
1391-92	۶۳۲,۰۲	۳۳۸,۵۸	۴۳,۲۳	۲۵۲
۱۳۹۲-۹۳	۶۱۷,۸۵۲	۳۷۲,۵۱۵	۲۶,۱	۲۵۲

جدول ۳۷-۲، میزان مصارف سالیانه آب‌های زیرزمینی برحسب بخش مصرفی را در استان گلستان در سال‌های آبی ۹۳-۱۳۸۷ ارائه می‌دهد.

جدول ۲-۳۷) میزان مصارف سالانه آب‌های زیرزمینی برحسب بخش مصرفی (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان)

سال آبی	کشاورزی	صنعت	شرب	سایر (کشاورزی و شیلات)	سایر (محیط زیست و تبخیر)
1387-88	۹۹۴,۹۳	۳۱,۴	۱۴۴,۶	.	.
1388-89	۹۹۵,۷۲	۳۲,۳۷	۱۵۱,۸۵	.	.
1389-90	۹۹۳,۲۱	۳۳,۲۶	۱۵۵,۶۴	.	.
1390-91	۹۸۶,۰۴۵	۳۴,۴۲۸	۱۵۸,۶۳۶	.	.
1391-92	۹۸۰,۶۲	۳۵,۶۳	۱۶۱,۱۷	.	.
۱۳۹۲-۹۳	961.17	35.832	182.868	.	.

نقشه میزان آب مصرفی آبخوان‌های کشور برای کشاورزی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ نشان‌دهنده پایین بودن این میزان در استان گلستان بین ۰ تا ۲۰ میلیون مترمکعب بوده است.

➤ گیلان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان گیلان

در استان گیلان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۴۰۴۲ کیلومترمربع و ۲,۴۸۰,۸۷۴ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان گیلان، ۱۳۹۴)، سالیانه حدود ۷۷۰ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۲-۳۸، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان گیلان ارائه شده که از این میان، چشمه‌ها با تعداد ۱۶۱۵۳ دهنه (حدود ۲۴ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۴۱۴ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۵۴ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان گیلان را به خود اختصاص داده است. همچنین، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۴۹۹۲۹ حلقه (حدود ۷۶ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۳۵۵ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۴۶ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، میزان قابل توجهی از بهره‌برداری آبخوان‌های استان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۳۸) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان گیلان در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه‌های عمیق و نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
گیلان	۷۶۹/۱	۴۹۹۲۹ (٪۷۶)	۳۵۵/۴ (٪۴۶)	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۱۶۱۵۳ (٪۲۴)	۴۱۳/۶ (٪۵۴)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان (در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)، حدود ۶۶ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۳۰ درصد در بخش شرب و حدود ۴ درصد در بخش

صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش‌های کشاورزی و شرب می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب موردتوجه ویژه مسؤولان استانی قرارگیرد.

وضعیت استان گیلان به‌لحاظ فراوانی میزان بارندگی و برخورداری از آب‌های جاری در سطح کشور قابل‌توجه می‌باشد. چنان‌که، استان گیلان مرطوب‌ترین و پر باران‌ترین ناحیه کشور است. همچنین، منابع آب‌زیرزمینی در استان گیلان وضعیت بسیار مطلوبی دارد، به‌گونه‌ای‌که تعدد رودها و تغذیه مناسب آبخوان‌ها از بستر رودخانه‌های اصلی و فرعی، بالا بودن میزان بارش به‌همراه ضخامت زیاد رسوبات در این محدوده، منجر به شکل‌گیری سفره‌های آب‌شیرین غنی شده است. بارندگی در تغذیه سفره‌های آب‌زیرزمینی استان نقش اصلی را برعهده دارد. از سوی دیگر، چون شیب سفره‌ها کم بوده، سطح آب در آن‌ها بالا است.

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در کشور بوده که استان گیلان (به‌ویژه بخش‌های جنوبی استان) نیز از تأثیر این تغییرات مستثنی نبوده است. به‌طوری‌که، بر اساس اعلام سازمان جهادکشاورزی گیلان، این استان در فصول گرم سال، با مشکل کم‌آبی مواجه می‌شود. همچنین، بر اساس گزارش شرکت سهامی آب‌منطقه‌ای گیلان، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی، موجب کسری آب مخازن و افت سطح آبخوان‌ها به‌ویژه در دشت‌های جنوبی استان شده است. چنان‌که، میانگین سالیانه تغییرات حجم آب‌زیرزمینی استان گیلان از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ تا سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۵/۳- متر و در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۴۲- گزارش گردیده است. همچنین، میانگین سالیانه نوسانات سطح ایستابی استان از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ الی ۹۲-۱۳۹۱، ۰/۵- متر و در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱، ۰/۳۵- بوده است.

با این وجود و بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده توسط وزارت نیرو، در حال حاضر، تمام ۶ محدوده مطالعاتی استان، به‌عنوان منطقه آزاد در برداشت آب‌زیرزمینی اعلام شده است.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان گیلان

وجود ویژگی‌های اقلیمی و امتداد رشته کوه‌های البرز در باختر و جنوب استان گیلان سبب شده است، آب‌وهوای این استان، معتدل و در اکثر نقاط دارای رطوبت بالایی باشد. بالاترین مقدار بارش در طول دوره آماری، مربوط به ایستگاه انزلی است و به سمت باختر و خاور استان و همچنین از شمال به جنوب از میزان بارش کاسته می‌شود. بخش کوچکی واقع در جنوب استان، در محدوده شهرستان رودبار، در حوزه شهرهای منجیل و لوشان، دارای اقلیم نیمه‌خشک تا خشک است.

چنان‌چه پیشتر به آن اشاره گردید، کم‌آبی ناشی از افزایش تقاضا (عمدتاً در بخش‌های کشاورزی و شرب) و تأثیرات خشک‌سالی به‌ویژه در فصول گرم سال، در بخش‌های جنوبی، باختری و خاوری استان از شدت بیشتری برخوردار است و گاهی علی‌رغم بارندگی نرمال، این روند همچنان ادامه دارد.

این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (به‌ویژه چاه و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان گردیده که می‌تواند پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌باشد:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور (دریا)
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات)

- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین

- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان گیلان با توجه به تراکم و رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد. این امر افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان گیلان

استان گیلان در شمال ایران، در بخش باختری البرز شمالی واقع شده و از نظر زمین‌شناسی دربرگیرنده دو واحد زمین‌ساختی - رسوبی "خزر تالش" و "البرز مرکزی" است.

این استان، به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی موجود، دارای پدیده‌های ژئومورفولوژی متنوعی بوده و از مناطق کوهستانی، جلگه‌های ساحلی، سواحل ماسه‌ای و دشت‌ها تشکیل شده است. رشته‌کوه‌های استان گیلان در دو بخش باختری (دربرگیرنده ارتفاعات تالش، ماسوله و پشت‌کوه) و بخش خاوری - جنوبی (دربرگیرنده ارتفاعات دیلمان، لاهیجان، عمارلو و خزران) استان قابل مشاهده است. جلگه‌های ساحلی استان گیلان، دشت‌های همواری بوده که در فاصله میان دریا و کوهستان واقع شده و در دوره کواترنری و در عصر یخچالی و بین‌یخچالی به وجود آمده‌اند. پهنای این جلگه‌ها کم بوده و در سه بخش خاوری، باختری و مرکزی استان قابل مشاهده است. وجود مواد آبرفتی در این جلگه‌ها، زمینه مساعدی برای کشاورزی به وجود آورده است.

دشت‌های استان گیلان به دو بخش جلگه خاوری و جلگه مرکزی تقسیم می‌شوند (شکل ۲-۶۶). جلگه خاوری به صورت نواری بین سواحل دریای خزر و دامنه‌های شمالی البرز باختری با وسعت کم واقع شده که

به صورت مستقیم تحت تأثیر آبرفت رودخانه‌های ساحلی است. جلگه مرکزی به شکل مثلث و با وسعت زیاد در حدفاصل امامزاده هاشم، انزلی و چمخاله تشکیل شده است.



شکل ۲-۶۶) پراکندگی دشت‌های ایران و موقعیت استان گیلان
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

با توجه به شرایط جغرافیایی و زمین‌شناختی استان گیلان و علی‌رغم خصوصیات دما و بارش و همچنین، وجود منابع غنی آب سطحی و زیرزمینی در این استان، کم‌آبی ناشی از افزایش تقاضا (عمدتاً در بخش‌های کشاورزی و شرب) و تأثیرات خشک‌سالی به‌ویژه در فصول گرم سال، در بخش‌های جنوبی، باختری و خاوری استان از شدت بیشتری برخوردار است. بحران کم‌آبی همگام با رشد جمعیت و توسعه استان به‌همراه چالش‌های ناشی از وجود جمعیت شناور در این مناطق از کشور، دشت‌های این استان را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر

برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی، در آینده نزدیک می‌تواند موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در برخی دشت‌های استان (همچون دشت‌های جنوبی استان) گردد و پیامدهای نامطلوبی همچون نشست تدریجی زمین را در پی داشته‌باشد.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده، احتمال آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در این دشت‌ها وجود خواهد داشت.

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از وقوع پدیده نشست تدریجی زمین در دشت‌های با بیلان منفی آب‌زیرزمینی و افت سطح آبخوان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان گیلان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان گیلان، شرایط مساعد زمین‌شناسی، نمود پدیده خشک‌سالی به‌ویژه در فصول گرم سال در بخش‌های جنوبی استان، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش‌های کشاورزی و شرب)، تشدید مشکلات ناشی از بحران آب به‌واسطه وجود جمعیت شناور در این مناطق از کشور، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به‌معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان گیلان با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی
 - یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان گیلان، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت ساکن و شناور استان می‌باشد.
- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون کشت نباتات علوفه‌ای و یا پرورش ساقه شالی (رتون) پس از برداشت نخست برنج، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و مтраکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی با بیلان منفی و افت سطح آب‌زیرزمینی
- عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
- پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
- خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرممتعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های با بیلان منفی و افت سطح آب‌زیرزمینی در استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی

- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای با بیلان منفی و افت سطح آب‌زیرزمینی از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست‌زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان گیلان به‌حداقل رساند.

➤ لرستان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان لرستان

در استان لرستان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۸۲۹۴ کیلومترمربع و ۱,۷۵۴,۲۴۳ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان لرستان، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۱۷۱۶ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۳۹، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان لرستان ارائه شده که از این میان، چشمه‌ها با تعداد ۶۴۴۴ دهنه (حدود ۴۵ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۹۳۶ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۵۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان لرستان را به خود اختصاص داده است. همچنین، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۶۶۷۴ دهنه (حدود ۴۶ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۷۱۷ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۴۲ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، میزان قابل توجهی از بهره‌برداری آبخوان‌های استان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۳۹) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان لرستان در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان لرستان، ۱۳۹۳)

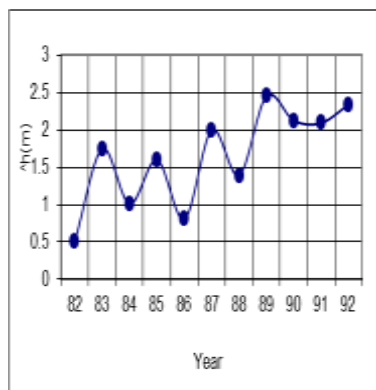
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
لرستان	۱۷۱۵/۹۱	۳۷۲۱ (/۲۶٪)	۵۶۰/۹۸ (/۳۳٪)	۲۹۵۳ (/۲۰٪)	۱۵۵/۹۳ (/۹٪)	۱۳۲۲ (/۹٪)	۶۳ (/۴٪)	۶۴۴۴ (/۴۵٪)	۹۳۶ (/۵۵٪)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان (در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱)، حدود ۸۵ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۱۰ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۵ درصد

در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرارگیرد.

با توجه به حجم بارش‌ها، شرایط اقلیمی و آب‌شناسی، استان لرستان از پتانسیل ۱۰ میلیارد مترمکعب آب سطحی و زیرسطحی برخوردار است. با این وجود، به دلیل شرایط خاص ناهمواری‌ها و شیب زیاد اراضی استان، نقش عمده‌ای در تغذیه آبخوان‌های استان نداشته و حدود ۸۰ درصد از منابع آبی آن از استان خارج شده و وارد منطقه کم‌ارتفاع دشت خوزستان می‌شود. از سوی دیگر، کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان لرستان بوده است. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای لرستان در سال ۱۳۹۲، عدم تغذیه کافی و کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره به همراه خشک‌سالی‌های اخیر، موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در بسیاری از دشت‌های این استان شده است (نمودار ۲-۳۸). بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای لرستان (۱۳۹۵)، متوسط افت آب‌های زیرزمینی در استان ۷ متر می‌باشد.

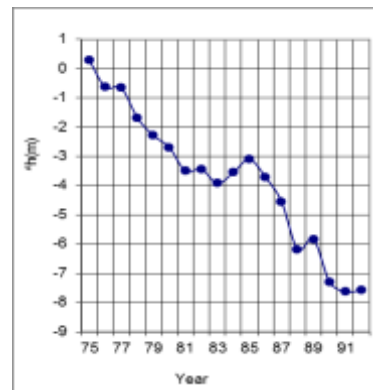
پلدختر



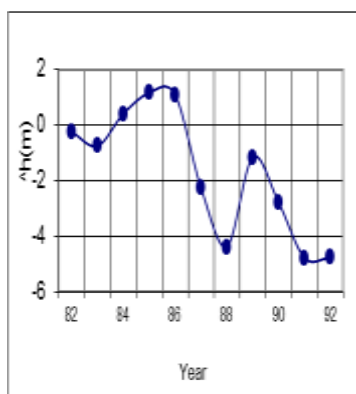
کوهدشت



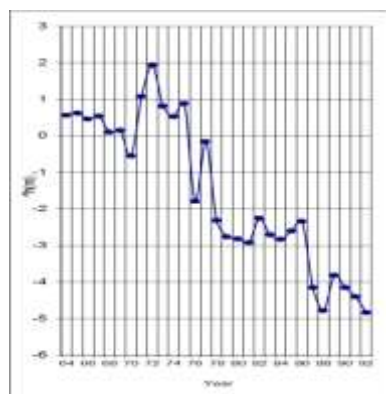
خرمآباد



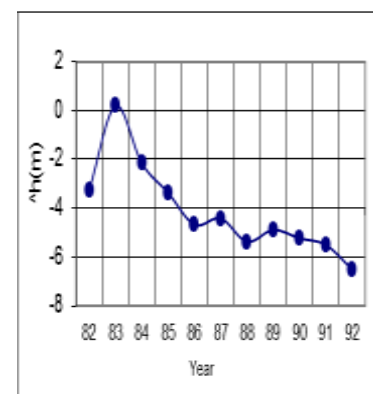
الشتر



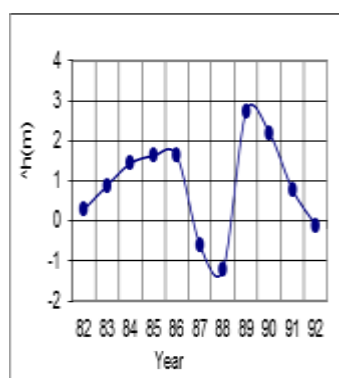
چغلودی



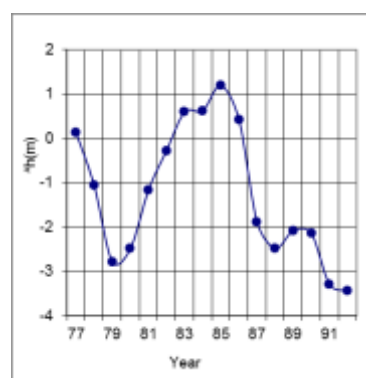
رومشگان



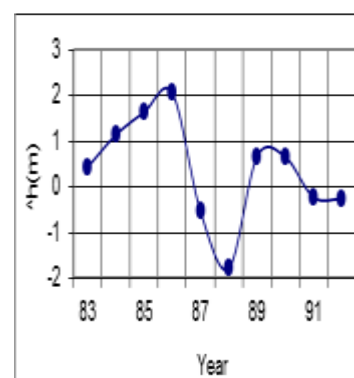
نورآباد



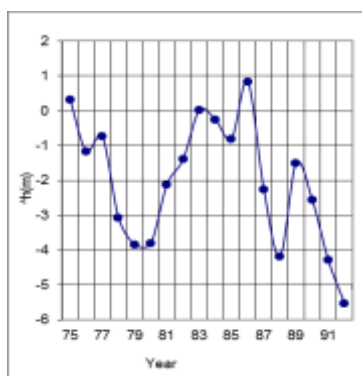
بروجرد



اشترینان



ازنا- الیگودرز

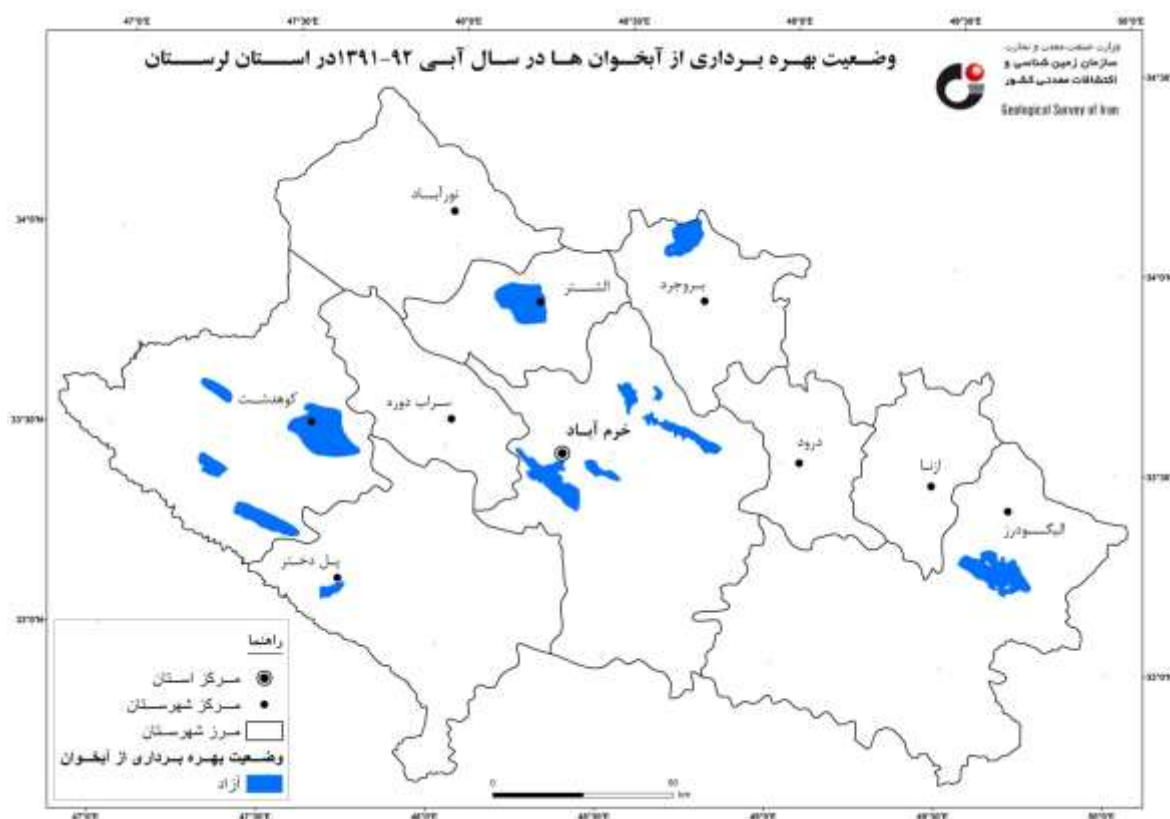


نمودار ۲-۳۸) نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی استان لرستان (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲) (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای لرستان، ۱۳۹۳)

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره‌های آب زیرزمینی استان لرستان، از مجموع ۱۳ محدوده مطالعاتی استان، ۲ دشت کوه‌دشت و رومیشگان را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی با مصارف کشاورزی و صنعت اعلام‌نموده است. بر اساس گزارش سهامی آب منطقه‌ای لرستان (۱۳۹۵) در معرض فرونشست قرارگرفتن این دشت‌ها بسیار محتمل می‌باشد.

ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

در شکل ۲-۶۷، وضعیت آبخوان‌های استان لرستان از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۶۷ وضعیت بهره برداری از آبخوان های استان لرستان در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱

○ مهمترین پیامدهای استفاده بی رویه و افت سطح آب های زیرزمینی در استان لرستان

بخش های وسیعی از باختر و جنوب باختر و قسمت های محدودی از شمال خاور استان لرستان از اقلیم نیمه خشک برخوردار است. براساس آمارهای موجود، میانگین ارتفاع بارش سالیانه در استان لرستان، همواره بالاتر از میانگین بارش کشور می باشد اما در سال های اخیر، به دلیل بروز خشک سالی های مکرر و کاهش نزولات آسمانی، بارش ها با افت چشمگیری مواجه بوده است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک سالی های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی ها در مناطق مختلف استان و خروج قسمت اعظم منابع آبی موجود به خارج از استان و عدم تغذیه آبخوان های استان، همگام با محدودیت منابع آب همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۵ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) موجب برهم خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان ها در برخی دشت های استان گردیده که احتمال پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر در نظر گرفته شده است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب‌زیرزمینی به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنوت)

- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان لرستان با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان لرستان

استان لرستان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. این استان از نظر زمین‌شناسی، دربرگیرنده چند واحد زمین‌ساختی - رسوبی متفاوت بوده؛ به‌طوری‌که در یک روند شمال‌خاور به جنوب‌باختر در پهنه‌های سنندج - سیرجان، زاگرس شمال‌خاوری (زاگرس مرتفع) و زاگرس چین‌خورده واقع شده‌است:

نواحی خاوری استان لرستان، به دلیل ویژگی‌های ساختاری، شباهت نزدیک به پهنه سنندج - سیرجان دارد. در نواحی موردنظر که از شمال بروجرد تا جنوب دورود را دربرمی‌گیرد، فیزیوگرافی تپه‌ماهوری و روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری حاکم است. در این منطقه، پدیده‌های دگرگونی، ماگماتیسم و زمین‌ساخت مکرر و منطبق بر فازهای زمین‌ساخت جهانی قابل مشاهده است. چنان‌که، بیشتر سنگ‌ها در این بخش، دگرگون شده‌اند. بخش‌های آواری و ریزدانه آن‌ها، سیمای تپه‌ماهوری و براق و سنگ‌های کربناته (دگرگون شده و یا غیردگرگون) آن اغلب ستیغ‌ساز و پرتگاهی هستند.

توالی‌های پلاتفرمی پالتوزوئیک - تریاس میانی، شامل سنگ‌آهک و سنگ‌آهک‌های مرمری شده بوده که عمدتاً در شمال بروجرد برونزد دارند. رسوبات نهشته شده در پیش‌بوم‌های تریاس بالایی - ژوراسیک میانی (سازند شمشک) بخش وسیعی از شمال‌خاوری استان را می‌پوشاند که عمدتاً از نوع شیل‌های دگرگونه حاوی لایه‌هایی از سنگ‌آهک است. توده‌های نفوذی جای‌گرفته به‌درون شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک بیشتر از نوع گرانیت، گرانودیوریت و دیوریت هستند که ممکن است با گرانیت الوند منطبق باشند و از این‌رو، سن کرتاسه بالایی دارند. سنگ‌های جوان‌تر از تریاس بالایی - ژوراسیک میانی این بخش، محدود به ردیف‌های کنگلومرایی پلیوسن - کواترنر است.

نواحی واقع در باختر محور دورود - بروجرد تا خاور شهرستان خرم‌آباد، زاگرس مرتفع و یا زاگرس رورانده نام‌دار که به‌وسیله زون راندگی اصلی به‌ویژه گسل‌های وابسته (گسل دورود) از نواحی خاوری استان (سنندج - سیرجان) جدا شده ولی گذر آن به زاگرس چین‌خورده تقریباً تدریجی است. در زاگرس شمال‌خاوری، روند عمومی واحدهای سنگ‌چینه‌ای، شمال‌باختری - جنوب‌خاوری دارند ولی عموماً به‌لحاظ عملکرد تنش‌های ساختاری، دگرشکلی آن‌ها پیچیده است و با روند عمومی زاگرس همسو نیست.

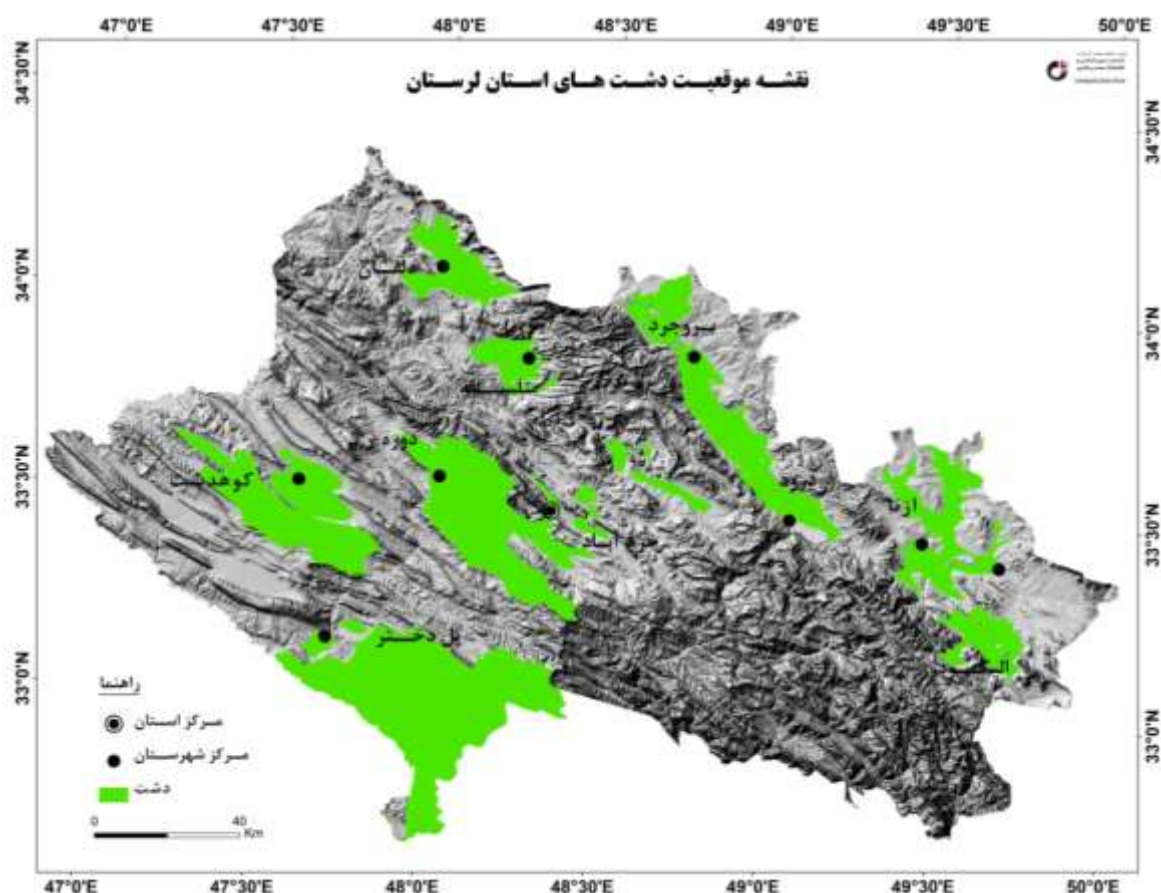
ردیف‌های پلاتفرمی - تبخیری پرکامبرین بالایی - تریاس میانی فقط در گوشه جنوب‌خاوری استان (شمال زردکوه) رخنمون دارند. توالی‌های کربناته ژوراسیک - کرتاسه، واحدهای سنگ‌چینه‌ای فراوان‌تری هستند که به‌ویژه در کوه میش‌پرور و کوه‌گرین رخنمون دارند. در این نواحی افزون بر ردیف‌های دولومیتی سازند

نی‌ریز (ژوراسیک پایینی)، کربنات‌های سازند سورمه (ژوراسیک میانی- بالایی) و سنگ‌آهک‌های ضخیم‌لایه تا توده‌ای خردشده کرتاسه، تشکیل‌دهنده ارتفاعات هستند. سنگ‌های کرتاسه پایینی (به‌سن نئوکومین- سنومانین) قابل‌قیاس با سازندهای فهلپان، داریان و سروک هستند. سنگ‌های کرتاسه بالایی (کامپانین- ماستریشین) شباهت رخساره‌ای نزدیک با سازند مارنی گورپی و سازند فلیشی امیران دارند.

تمام گستره‌های واقع در باختر دشت باختر خرم‌آباد تا مرز باختری استان لرستان، بخشی از پهنه ساختاری زاگرس چین‌خورده بوده که شامل تاقدیس‌ها و ناودیس‌های ممتد و منظم با روند شمال‌باختر- جنوب‌خاور است. واحدهای تپه‌ماهوری یکی دیگر از ریخت‌های حاکم بر ناحیه بوده که عموماً حاصل سازند شیلی- مارنی گورپی، فلیش‌های سازند امیران، ترادف‌های گچی سازند گچساران و نهشته‌های کنگلومرایی سازند بختیاری است.

در بخش زاگرس چین‌خورده استان لرستان توالی پلاتفرمی کامبرین- تریاس میانی برونزد ندارد. از توالی فلات‌قاره‌ای تریاس- کرتاسه، تنها ترادف‌های بعضی سازندهای سروک، ایلام، گورپی چهره‌های کوه‌ساز منطقه هستند. نهشته‌های ترشیاری (پالئوسن- پلیوسن) در جنوب‌باختری خرم‌آباد قابل مشاهده می‌باشد. سنگ‌های ترشیاری پایینی، نهشته‌های کربناته سازند آهکی تله‌زنگ و یا انباشته‌های آواری سازند کشکان بوده ولی در پاره‌ای از نواحی، مارن‌های سازند پابده فراوان است. سنگ‌های ترشیاری بالایی، شامل ردیف‌های کربناته سازند آسماری (به‌سن اولیگوسن- میوسن) و گروه فارس (سازند تبخیری گچساران، سازند مارنی میشان و ترادف‌های آواری سازند آغاجاری) می‌باشد.

استان لرستان از لحاظ ناهمواری‌ها به دو بخش کوهستانی و اراضی نسبتاً مسطح مابین ارتفاعات تقسیم‌شده است. بخش کوهستانی و مرتفع استان از ارتفاعات تاقدیسی زاگرس (همچون تاقدیس خرم‌آباد) با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری تشکیل شده است. از خصوصیات بارز این مناطق کوهستانی، وجود دامنه‌های با شیب بسیار زیاد می‌باشد. اغلب دشت‌های استان به‌صورت دشت‌های کوچک، بین ارتفاعات تاقدیسی واقع شده‌اند (شکل ۲-۶۸). از نمونه‌های آن، سیلاخور، وسیع‌ترین دشت در شمال‌خاوری استان، دشت الیگودرز در خاور استان، دشت الشتر در شمال استان و دشت کوه‌دشت در باختر استان قابل اشاره است. علاوه‌براین، در سطح استان لرستان دشت‌های پراکنده و کم‌عرضی نیز وجود داشته که عموماً در طرفین رودخانه‌های مهم قرار گرفته‌اند. از آن جمله می‌توان به دشت کرگاه در جنوب خرم‌آباد، دشت ازنا در خاور خرم‌آباد، چغلوندی، نورآباد، طرهان و خاوه در شمال استان، رومیشگان در جنوب و جایدرد در جنوب‌باختر استان اشاره نمود.



شکل ۲-۶۸ نقشه پراکندگی دشت‌های استان لرستان
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

قرارگیری اغلب دشت‌های استان لرستان (واقع در باختر، جنوب‌باختر و شمال‌خاور استان) در اقلیم نیمه‌خشک، همچنین، خروج حجم زیادی از منابع آبی موجود به خارج از استان و عدم تغذیه آبخوان دشت‌ها به دلیل شیب زیاد اراضی کوهستانی؛ باعث گردیده تا دشت‌های آبرفتی این استان با وجود قرارگیری در حوضه‌های پر باران کشور، از منابع آب‌زیرزمینی غنی برخوردار نباشد.

نظر به شرایط اقلیمی، توپوگرافی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان (عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی و شرب)، دشت‌های استان لرستان را با دو چالش اساسی مواجه کرده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی می‌تواند

منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی دشت‌های استان (همچون دشت‌های ممنوعه کوهدشت و رومیشگان) گردد.

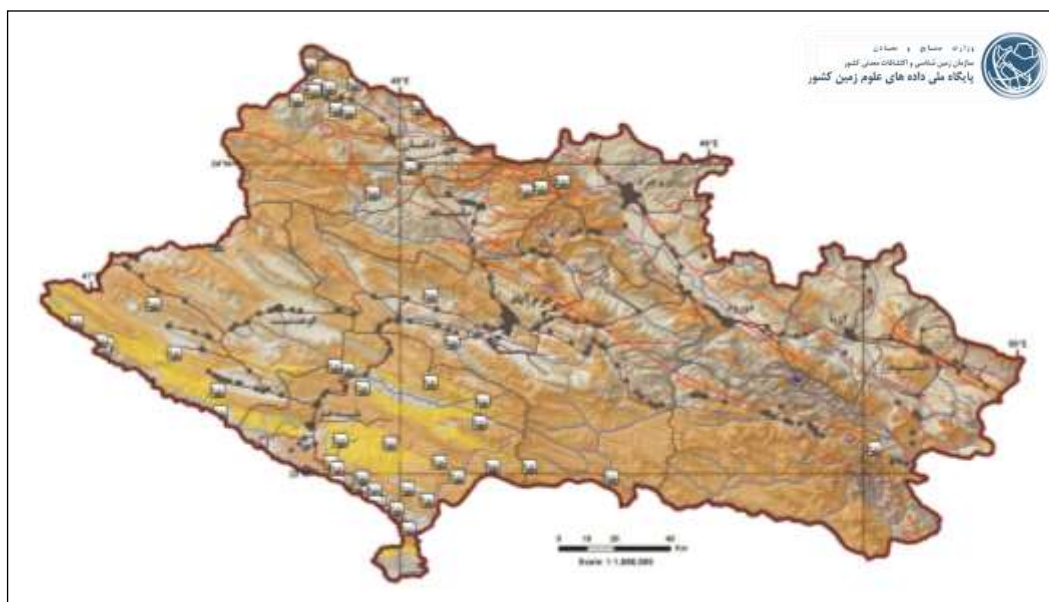
در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وارد شده است.

همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی از دشت‌های استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده‌ها در استان لرستان ذکر می‌گردد:

- فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی استان لرستان

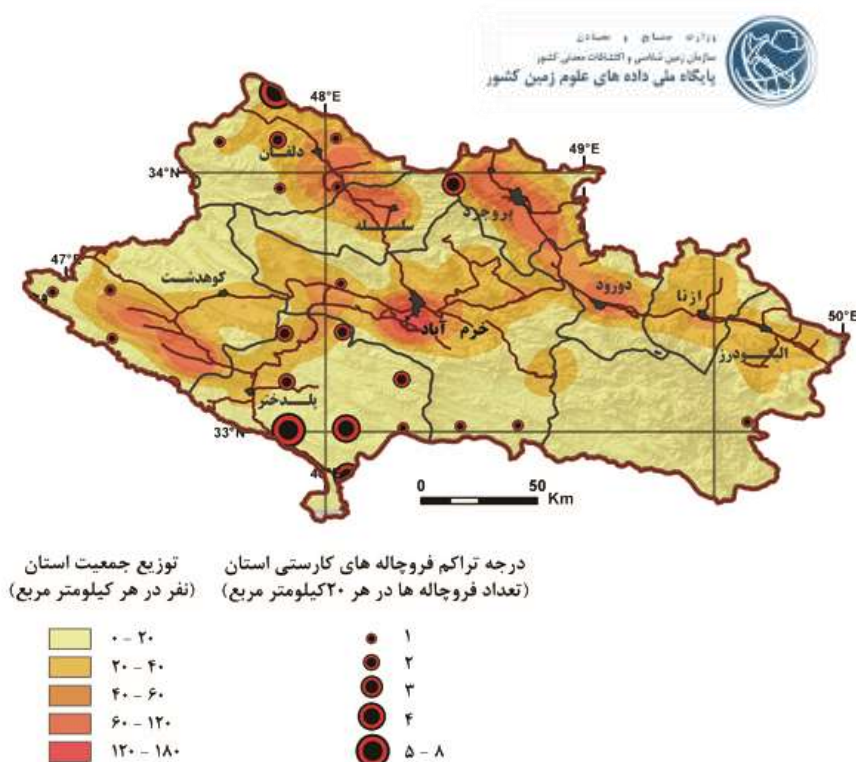
موقعیت و محدوده کارست:

سازندهای آهکی و تبخیری، بیش از ۴۰ درصد سطح استان لرستان را می‌پوشاند و تقریباً در تمام استان به جزء محدوده شمال‌خاوری و قسمتی از خاور استان که در زون سهندج- سیرجان واقع شده، پراکنده است (شکل ۲-۶۹).



شکل ۲-۶۹) فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی استان لرستان
(برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

مهمترین نواحی کارستی استان لرستان، عبارتند از: نواحی مرکزی، شمال‌باختر، باختر و جنوب‌باختر؛ ناحیه جنوب‌باختر استان دارای بیشترین ساختارهای کارستی می‌باشد. درجه تراکم فروچاله‌های کارستی استان لرستان به‌همراه نمایش توزیع جمعیت این استان در شکل ۲-۷۰ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۷۰) درجه تراکم فروچاله‌های کارستی استان لرستان
(برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

علت کارستی شدن:

- انحلال تشکیلات سطحی و زیرسطحی (سنگ‌های آهکی و تبخیری)؛
- قرارگیری در بخش رورانده زاگرس، وجود پدیده‌های ساختاری و عملکرد زمین‌ساخت شدید و پیچیده در کل محدوده (از عوامل مهم تشکیل، توسعه و تکامل عوارض کارستی در منطقه)

اشکال زمین‌ریخت‌شناسی کارست:

- فروچاله‌های متعدد: عمدتاً در نواحی جنوب‌باختر و مرکز استان
- فروچاله قدیمی کوماس (شکل ۲-۷۱) در سازند آسماری (یکی از بزرگترین فروچاله‌ها واقع در ناحیه مرکزی استان با قطری حدود ۳۰۰ متر و عمقی بیش از ۶۰ متر)



شکل ۲-۷۱) نمایی کلی از فروچاله کوماس در نزدیکی روستای کوماس در جنوب خرم‌آباد، استان لرستان

- غار
- دره‌های کارستی
- شیارهای انحلالی

وسعت کارستی شدن:

توزیع پهنه‌های مختلف خطر کارستی شدن در سطح استان لرستان در جدول ۲-۴۰ مشخص شده‌است.

جدول ۲-۴۰) توزیع پهنه‌های مختلف خطر کارستی شدن در سطح استان لرستان
(برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

درجه خطر فرونشست	وسعت (km ²)	درصد سطحی در استان
خیلی زیاد	۴۱۲	۱/۴۵
زیاد	۱۲۰۳	۴/۲۵
متوسط	۱۷۳۱	۶/۱
پایین	۹۵۳۹	۳۳/۷۵
خیلی پایین	۱۵۳۷۳	۵۴/۴۴

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست‌زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌ریززمینی و مناطق احتمالی نشست تدریجی و یا فرونشست ناگهانی زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان لرستان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان لرستان، شرایط مساعد زمین‌شناسی، توپوگرافی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی و شرب)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان لرستان با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان لرستان، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

● مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آبر و کم‌بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
- اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - ارزیابی علمی و دقیق محل حفر چاه‌های مجاز به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب توسط گسل‌ها و افزایش بازدهی چاه‌های بهره‌برداری
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب

- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع بخشی در سامانه های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
 - بررسی و اجرای طرح های تغذیه ای آبخوان ها در دشت های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب های سطحی به واسطه احداث و بهره برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان ها به وسیله سیلاب های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و اجرای طرح های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده های مطالعاتی دارای برداشت بی رویه آب زیرزمینی
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوت
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - استقرار گروه های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه های اندازه گیری جی پی اس (GPS) در دشت های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ سازی، آموزش همگانی، اطلاع رسانی و افزایش سطح دانش بهره برداران (به منظور چشم پوشی از برخی منافع کوتاه مدت) می توان میزان افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان لرستان به حداقل رساند.

➤ مازندران

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان مازندران

در استان مازندران با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۳۸۴۲ کیلومترمربع و ۳,۰۷۳,۹۴۳ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۲۱۷۴ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۴۱، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان مازندران ارائه شده که از این میان، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۸۵۸۸۸ حلقه (حدود ۸۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۳۹۸ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۶۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان مازندران را به خود اختصاص داده است. همچنین، چشمه‌ها با تعداد ۲۰۵۳۱ دهنه (حدود ۲۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۷۷۰ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۳۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، میزان قابل توجهی از بهره‌برداری آبخوان‌های استان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۴۱) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان مازندران در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
مازندران	۲۱۷۴/۱۹	۵۶۶۴ (/۵)	۶۲۶/۶۳ (/۲۹)	۸۰۲۲۴ (/۷۵)	۷۷۰/۶۵ (/۳۵)	۲۸ (/۱)	۷ (/۱)	۲۰۵۳۱ (/۱۹)	۷۶۹/۹۱ (/۳۵)

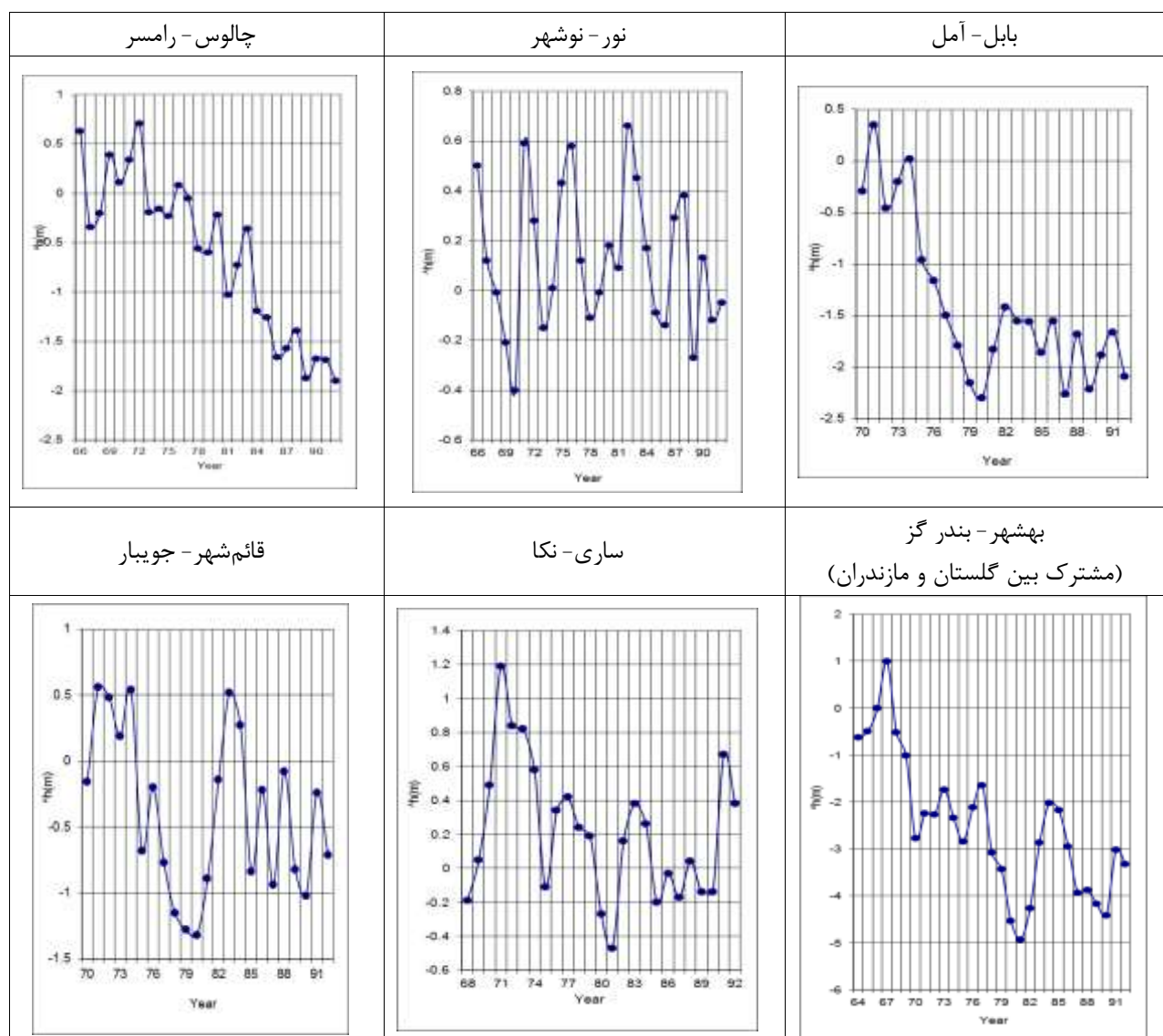
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران، ۱۳۹۴، حدود ۶۶ درصد مصارف مختلف آب در استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. چنان‌که، بیش از ۹۵ درصد آب شرب استان از منابع

آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. همچنین، حدود ۸۲ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۱۱ درصد در بخش شرب، حدود ۵ درصد در بخش صنعت و ۲ درصد در بخش‌های خدمات و بهداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به سهم غالب منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی استان و همچنین، نظر به حجم بسیار بالای آب برداشت شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی، می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای نمود اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان‌های شمالی از جمله مازندران می‌باشد. علاوه بر این، نسبت منابع آبی با تقاضای آب کشاورزی و شرب در استان مازندران به شرح زیر گزارش شده است:

- نسبت منابع آبی به تقاضا در باختر استان (شامل: شهرستان‌های نور، نوشهر، چالوس، تنکابن و رامسر) بیشتر است.
- نسبت منابع آبی به تقاضا در مرکز استان (شامل: شهرستان‌های محمودآباد، بابلسر، فریدونکنار، آمل، بابل و قائمشهر) برابری می‌کند.
- نسبت منابع آبی به تقاضا در خاور استان (شامل: شهرستان‌های ساری، نکا، بهشهر و گلوگاه) کمتر است و در مرحله بحران قرار دارد.

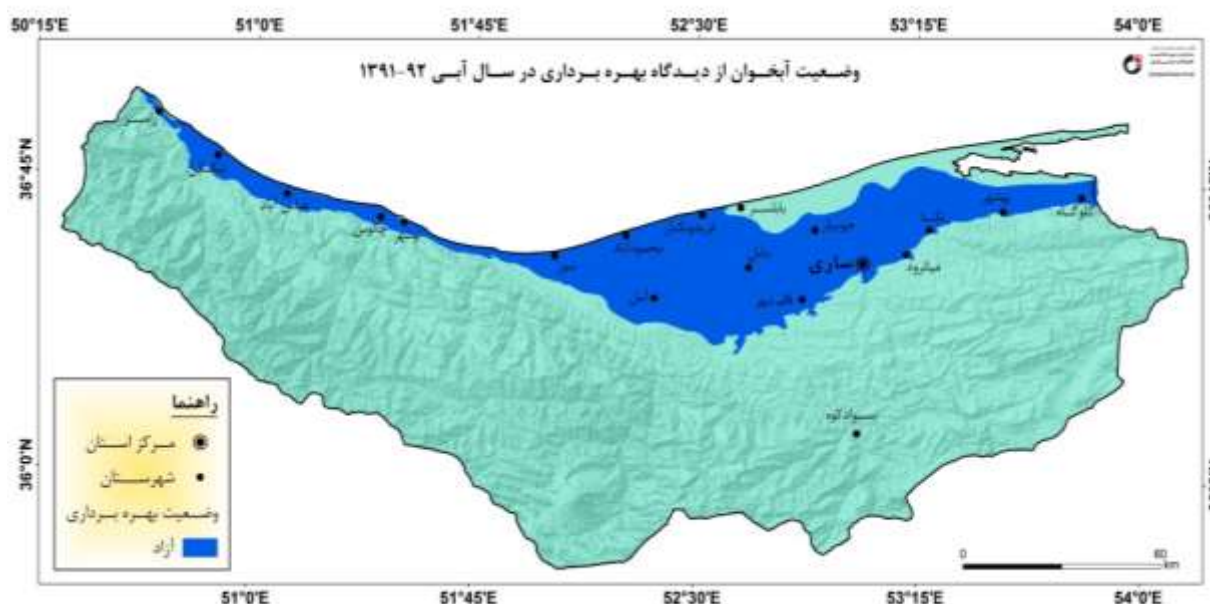
بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی، موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها به ویژه در خاور استان شده است (نمودار ۲-۳۹).



نمودار ۲-۳۹) هیدروگراف واحد آبخوان‌های استان مازندران (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲)
(برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۳۹۲)

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد برخی سفره‌های آب‌پرزیمینی استان مازندران، از مجموع ۶ محدوده مطالعاتی استان، ۱ محدوده (در برگرفته دشت بهشهر - نکا) را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب‌پرزیمینی اعلام‌نموده است. ادامه این روند، وضعیت نامطلوبی را در این منطقه و سایر دشتهای دارای افت سطح آبخوان به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

در شکل ۲-۷۲، وضعیت آبخوان‌های استان مازندران از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۷۲) وضعیت آبخوان‌های استان مازندران از دیدگاه بهره‌برداری در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان مازندران به‌علت شرایط توپوگرافی و جغرافیایی استان مازندران و در نتیجه خصوصیات دما و بارش آن، این استان تنها در ۱ درصد از مساحت خود دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. با این وجود، خشک‌سالی در بخش‌های مرکزی و خاور استان از شدت بیشتری برخوردار است و گاهی علی‌رغم بارندگی نرمال، این روند همچنان ادامه دارد. علاوه‌براین، در اراضی وسیع واقع در بخش‌های مرکزی و خاور استان، منابع آب محدود بوده و متناسب با تقاضا نمی‌باشد.

این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۸۲ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (به‌ویژه چاه و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بسیاری از دشت‌های استان (در حدفاصل کوه و دشت) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
 - ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
 - ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
 - ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور (دریا)
 - ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنوت)
 - ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
 - ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
 - ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
 - ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
 - ✓ کاهش رطوبت خاک
 - ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
 - ✓ نشست سطح زمین
 - ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
 - ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
 - ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
 - ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
 - ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
 - ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
 - ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ
- افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان مازندران با توجه به تراکم و رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد. این امر افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان مازندران

استان مازندران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. در این استان، در یک روند شمال به جنوب، چند واحد زمین‌ساختی - رسوبی به شرح ذیل قابل‌شناسایی است:

زون فروافتاده خزر جنوبی، یک فروافتادگی درون‌قاره‌ای با پی‌سنگ بازالتی بوده که با ردیف ضخیم و چین‌خورده‌ای از سنگ‌های رسوبی به‌سن پالئوژن تا کواترنری پوشیده شده است. زون گرگان - رشت شامل توالی ستبری از نهشته‌های میوسن تا کواترنری است که به‌طور دگرشیب، سنگ‌های مزوزوئیک البرز را می‌پوشانند.

نواحی عمده‌ای از استان مازندران، ویژگی‌های زمین‌شناسی و ساختاری البرز مرکزی را دارد. در این زون، سنگ‌های نئوپروتوزوئیک پسین رخنمون محدود دارند. سنگ‌های پالئوزوئیک ردیف‌های پلاتفرمی است که نبودهای چین‌شناسی فراوان دارد. بخش بیشتر این زون با نهشته‌های زغال‌دار تریاس بالا - ژوراسیک میانی پوشیده شده که در پیش‌بوم بلندی‌ها انباشته شده‌اند. ارتفاعات بلند متشکل از توالی‌های فلات‌قاره ژوراسیک میانی - کرتاسه بالایی است. بررسی‌های پالئوژئوگرافیک نشان می‌دهد که در اواخر مزوزوئیک، بخش جنوبی استان مازندران به یک فرازمین تبدیل شده؛ به‌همین لحاظ خاکسترهای آتشفشانی اوایل ترشیر و نیز نهشته‌های آواری همزمان با کوهزایی‌های سنوزوئیک در جنوب مازندران رخنمون بسیار ناچیز دارند.

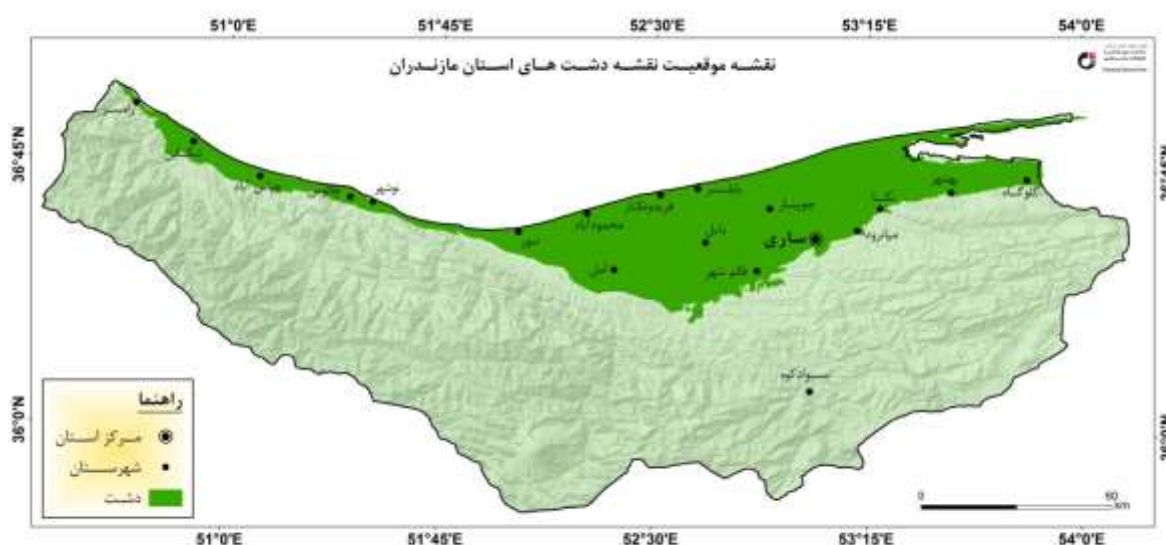
در محدوده کنونی استان مازندران، عملکرد فازهای کوهزایی آلپ‌پایانی در بیشترین مقدار بوده که در حال حاضر نیز خاتمه نیافته و حاصل آن چین‌خوردگی و گسلش‌های فشارشی از نوع راندگی است؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت، بخشی از چین‌خوردگی‌ها حاصل عملکرد گسل‌های تراستی است.

استان مازندران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی موجود، دارای پدیده‌های ژئومورفولوژی متنوعی بوده و از مناطق کوهستانی، جلگه‌های ساحلی، سواحل ماسه‌ای و دشت‌ها تشکیل شده است. با توجه به این‌که استان در یک منطقه جلگه‌ای و کوهستانی واقع است، به‌طور طبیعی اختلاف ارتفاع یکی از ویژگی‌های بارز این منطقه محسوب می‌شود.

کوه‌های متعدد رشته‌کوه البرز در جنوب استان مازندران واقع گردیده و تشکیل قوس عظیمی را می‌دهد که از باختر به خاور کشیده شده است.

جلگه‌های ساحلی استان مازندران، دشت‌های همواری بوده که در فاصله میان دریا و کوهستان واقع شده و در دوره کواترنری و در عصر یخچالی و بین‌یخچالی به‌وجود آمده‌اند. وجود مواد آبرفتی در این جلگه‌ها، زمینه مساعدی برای کشاورزی به‌وجود آورده است.

دشت‌های استان مازندران در بین رشته‌کوه‌های البرز قرار گرفته است. از جمله دشت‌های این استان می‌توان به دشت لار، دشت دریاسر تنکابن و کلاردشت اشاره نمود. به‌جز دشتهایی که در محل پسروی آب دریای خزر به‌وجود آمده‌اند، دشت‌های موجود در این استان از وسعت قابل توجهی برخوردار نمی‌باشند و عموماً به‌صورت آبرفت‌های کوهپایه‌ای قابل مشاهده‌اند (شکل ۲-۷۳).



شکل ۲-۷۳) موقعیت دشت‌های استان مازندران
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

چنان‌که پیشتر نیز اشاره گردید، علی‌رغم خصوصیات دما و بارش استان مازندران، خشک‌سالی در بخش‌های مرکزی و خاور استان از شدت بیشتری برخوردار است. همچنین، در اراضی وسیع واقع در بخش‌های مرکزی و خاور استان، منابع آب محدود بوده و متناسب با تقاضا نمی‌باشد. علاوه‌براین، دشت‌های کوهپایه‌ای استان نیز از وسعت قابل توجهی برخوردار نمی‌باشند.

با توجه به شرایط جغرافیایی و زمین‌شناختی استان مازندران و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان- عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی- به‌همراه چالش‌های ناشی از وجود جمعیت شناور در این مناطق از کشور، دشت‌های این استان را با دو

چالش اساسی مواجه کرده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی، در آینده نزدیک می‌تواند منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در بسیاری از دشت‌های استان (در حدفاصل کوه و دشت) گردد.

در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده، احتمال آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در این دشت‌ها وجود خواهد داشت.

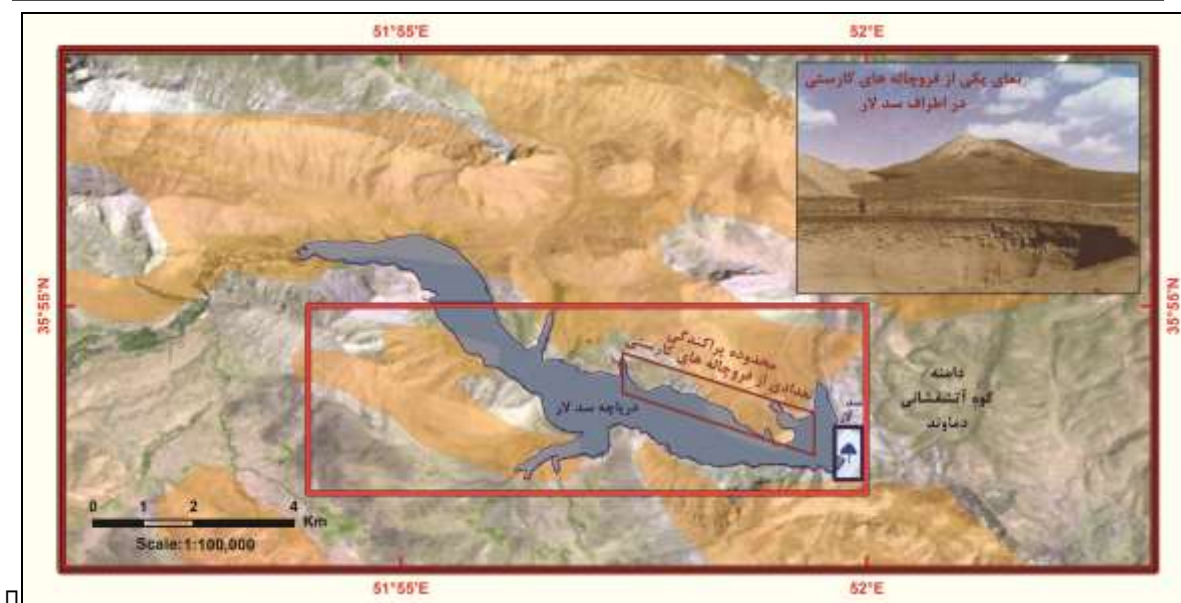
همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی نواحی استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان مازندران ذکر می‌گردد:

- فروچاله‌ها و حفرات کارستی سد لار

موقعیت و محدوده کارست:

سد لار حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری شمال‌خاوری تهران و در ۷ کیلومتری شمال‌باختری پلور (۸/۵ کیلومتری جاده تهران- آمل) بر روی رودخانه لار در پای مخروط آتشفشانی کوه دماوند احداث شده است.

ساختمان سد لار در بخش جنوبی رشته کوه‌های البرز واقع شده که از نظر زمین‌ساختی فعال است. واحدهای زیرسطحی ناحیه غالباً از طبقات سنگ آهک، آتشفشانی و تهنشست‌های دریاچه‌ای تشکیل شده است.



شکل ۲-۷۴) محدوده پراکندگی تعدادی از فروچاله ها و حفرات کارستی سد لار، استان مازندران (برگرفته از پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

علت کارستی شدن:

- انحلال سنگ بستر آهکی: دیواره سمت راست و قسمت عمده ای از پی سد بر روی سنگ آهک لار قرار می گیرد؛
- احداث و بهره برداری از سازه سد لار: بعد از آبیگری مخزن در سال ۱۳۶۷، افزایش فشار آب باعث ریزش تهنشست های دریاچه ای به داخل حفرات زیرزمینی کارستی موجود شده و چاله های کارستی جدید تشکیل گردیده است.
- دگرشکلی زمین ساختی: گسل های ناحیه و سامانه شکستگی های مرتبط با آن ها در سنگ آهک ساختگاه سد لار، کانال ها و مجاری را برای جریان آب های زیرزمینی ایجاد کرده است. فروچاله ها اکثراً در نتیجه شسته شدن رسوبات به داخل سامانه های درز و شکاف و گسل ها به وجود آمده اند.
- رواناب های اسیدی: خروج گاز CO_2 و H_2S از چشمه های آب گرم اطراف آتشفشان دماوند، باعث افزایش اسیدیته رودخانه های محلی زهکشی شده به مخزن سد و در نتیجه موجب افزایش انحلال واحدهای کربناته زیرسطحی در امتداد شکستگی ها گردیده است.
- تشکیل دریاچه های گدازه ای در دوره های فعالیت آتشفشانی دماوند، موجب افزایش جریان آب از درون واحدهای کربناته زیرسطحی شده و باعث تشکیل پدیده های کارستی (قبل از احداث سد) گردیده است.

- درجه حرارت پایین (زیر صفر) آب مخازن در خلال ماه‌های سرد سال، موجب افزایش انحلال واحدهای کریناته شده است.

اشکال زمین‌ریخت‌شناسی کارست:

- فروچاله‌ها: دارای سطحی مدور و شکلی استوانه‌ای و قرارگیری در امتداد گسلی با امتداد N300 (وجود ۸ چاله کارستی در چند کیلومتری محل سد در سمت بالای رودخانه)؛ قطر و عمق بزرگترین چاله کارستی جدید (بعد از سال ۱۳۶۷) به ترتیب ۳۰ و ۲۵ متر؛
- حفرات کارستی و غارها: حفره‌ای بزرگ (غار شماره ۲) به ارتفاع ۲۵ متر و عرض ۶۸ متر در حدود ۱۲۰ متری زیر دیواره سمت راست سد وجود دارد.
- سایر اشکال زمین‌ریخت‌شناسی به صورت کانال‌های زیرزمینی و چشمه‌های کارستی در ساختگاه سد لار قابل مشاهده است.

وسعت و عمق کارستی شدن:

- وجود غارهای متعدد در ساحل سمت راست تا رقوم ۱۸۳۰ متر (عمق دره قدیمی لار)؛ از جمله: غاری به ابعاد ۱ در ۱۵ در عمق ۲۳۸ متر یک گمانه اکتشافی

سطح خسارت:

- ریزش کارست: کاهش سطح آب مخزن به علت نشت آب و زهکشی حفرات زیرزمینی و مخازن فرعی آب در امتداد شکستگی‌ها موجب کاهش فشار هیدروستاتیک حفرات می‌گردد. این مسئله ضمن توسعه و گسترش مخازن فرعی منجر به گسیختگی ریزشی حفرات کارستی شده است.
- فرونشست‌های ناگهانی
- ناپایداری سازه سد لار در آینده (به علت وجود چاله‌های کارستی، توسعه کارست، ریزش کارست و شکست سنگ)
- پتانسیل نشت آب: ناشی از فراوانی حفرات و کانال‌های (مجاری) آب در طبقات سنگ آهک ساختگاه سد می‌باشد. همچنین شستشو و عریض شدن تدریجی مجاری در اثر عبور آب می‌تواند منجر به افزایش فرار آب گردد.
- محل نشت آب: نشت آب مخزن از سرتاسر پی و دیواره‌های حائل سد لار (به ویژه تکیه‌گاه راست سد)

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از وقوع پدیده نشست تدریجی زمین در دشت‌های با بیلان منفی آب‌زیرزمینی و افت سطح آبخوان و همچنین، فرونشست‌های ناگهانی زمین در محدوده‌های کارستی استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست‌زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان مازندران

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان مازندران، شرایط مساعد زمین‌شناسی، پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی) و عدم تناسب با منابع محدود آب در بخش‌های مرکزی و خاور استان، تشدید مشکلات ناشی از بحران آب به واسطه وجود جمعیت شناور در این مناطق از کشور، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان مازندران با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان مازندران، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت ساکن و شناور استان می‌باشد.

- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون کشت نباتات علوفه‌ای و یا پرورش ساقه شالی (رتون) پس از برداشت نخست برنج، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌ای اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به‌خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به‌منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی با بیلان منفی و افت سطح آب‌زیرزمینی
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی

- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمتمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های با بیلان منفی و افت سطح آب‌ریزمینی در استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوتات
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشت‌های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان مازندران به‌حداقل رساند.

➤ مرکزی

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان مرکزی

در استان مرکزی با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۲۹۱۲۸ کیلومتر مربع و ۱,۴۱۳,۹۵۹ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان مرکزی، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۲۴۳۵ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود. این استان، از نظر تخلیه منابع آب زیرزمینی در سطح کشور در جایگاه هفتم قرار دارد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مرکزی، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

در جدول ۲-۴۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان مرکزی ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در مجموع با تعداد ۱۳۳۲۱ دهنه (حدود ۷۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۹۱۹ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۰ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان مرکزی را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۴۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان مرکزی در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲
(میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان مرکزی، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
مرکزی	۲۴۳۵/۳۷۶	۶۷۲۵ (/۳۵)	۱۶۰۰/۵۶۲ (/۶۶)	۶۵۹۶ (/۳۴)	۳۱۸/۰۳۹ (/۱۳)	۳۶۲۶ (/۱۹)	۳۵۴/۶۲۹ (/۱۴)	۲۳۸۸ (/۱۲)	۱۶۲/۱۴۶ (/۷)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مرکزی (۱۳۹۴)، حدود ۸۵ درصد مصارف مختلف آب در استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۹۱ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۴ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۵ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی

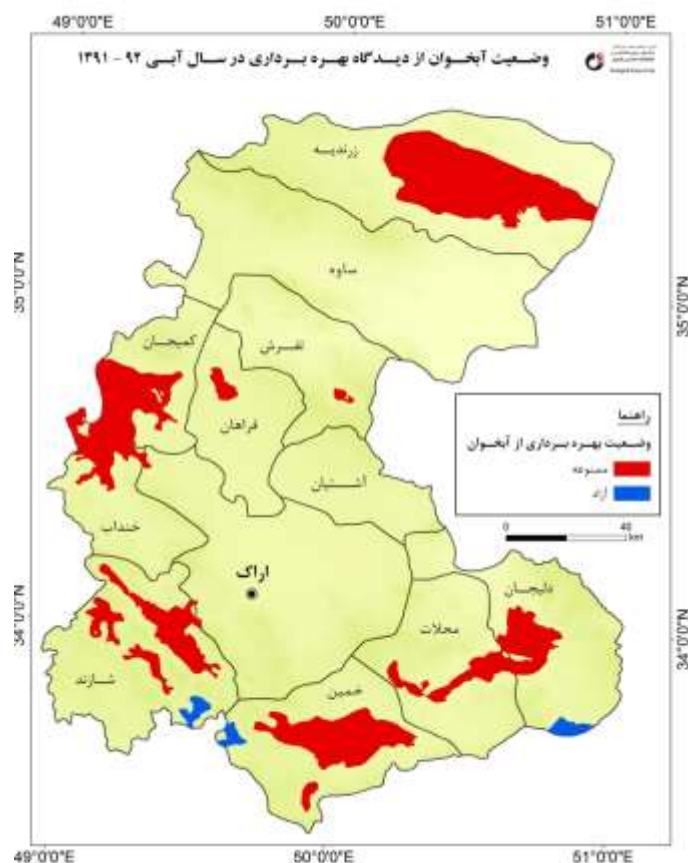
می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب موردتوجه ویژه مسئولان استانی قرارگیرد.

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان مرکزی بوده است. از این‌رو، کاهش آورد آب‌های سطحی در این استان سبب شده تا دشت‌ها در وضعیت نامناسبی قرار بگیرند. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مرکزی (۱۳۹۴)، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان مرکزی، متوسط کسری مخازن محدوده‌های مطالعاتی استان سالیانه، حدود ۲۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. این استان، از نظر متوسط کسری مخزن سالیانه آبخوان‌ها در جایگاه هشتم کشور قرار گرفته است. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان مرکزی، حدود ۶۰ سانتی‌متر در سال بوده که نرخ آن هرساله در حال افزایش می‌باشد. اشاره می‌گردد، بیشترین افت منابع آب زیرزمینی در کشور متعلق به استان مرکزی بوده به‌طوری‌که در دشت ساوه به‌منظور دسترسی به سطح آب می‌بایست ۱۶۰ متر حفاری انجام شود.

کاهش ذخایر آب زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان مرکزی به‌همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت‌ها را تشدید کرده است.

استان مرکزی، در مطالعات پایه آب به ۱۷ محدوده تقسیم شده که ۱۵ محدوده آن به‌صورت مستقیم در حریم جغرافیایی استان قرار دارد. وزارت نیرو (۱۳۹۵) با توجه به شرایط حاد سفره‌های آب زیرزمینی استان مرکزی، از این تعداد، ۱۴ محدوده مطالعاتی (حدود ۸۲ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده است. دشت شازند، به‌دلیل ممنوع نبودن جزء دشت‌های آزاد محسوب می‌شود.

ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در دشت‌های ممنوعه استان به وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک شدن چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت. در شکل ۲-۷۵، وضعیت آبخوان‌های استان مرکزی از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۷۵) وضعیت آبخوان‌های استان مرکزی از دیدگاه بهره‌برداری در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان مرکزی

با توجه به این‌که استان مرکزی از سمت خاور به کویر مرکزی و از سمت دیگر در میان دو رشته‌کوه البرز و زاگرس واقع شده، دارای آب‌وهوای متنوعی است. در حدود ۵۸ درصد از مساحت استان مرکزی از اقلیم‌های خشک (عمدتاً بخش‌های خاوری استان) و نیمه‌خشک برخوردار است. شهرستان‌های دلیجان، محلات و

خنداب و بخشی از شهرستان‌های زرنديه و ساوه در ناحیه خشک و شهرستان‌های اراک، خمین و کميجان در ناحیه نیمه‌خشک واقع شده است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف استان، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۱ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۸۲ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کفشکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی

✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان مرکزی با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان مرکزی

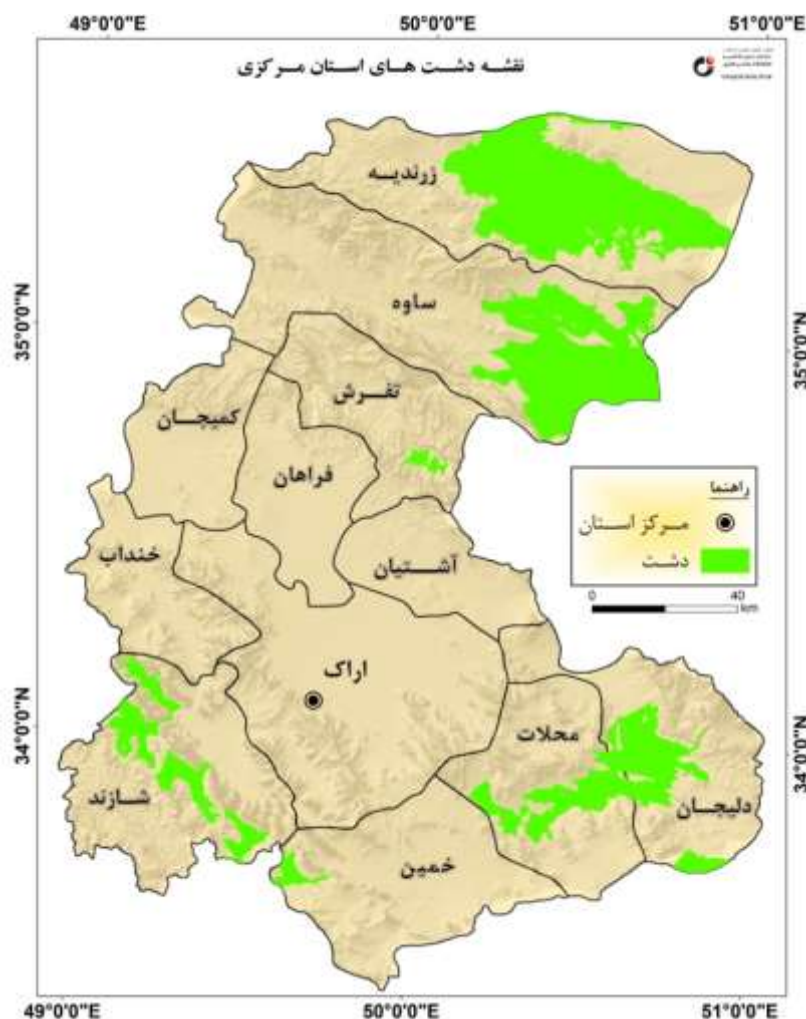
استان مرکزی واقع در شمال‌باختری پهنه ایران مرکزی، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. این استان از نظر زمین‌شناسی، در فصل مشترک چند واحد زمین‌ساختی- رسوبی متفاوت قرار گرفته؛ به‌طوری‌که در یک روند شمال‌خاور به جنوب‌باختر در پهنه‌های ارومیه- دختر و سهندج- سیرجان واقع شده‌است.

نواحی مرکزی و شمال‌خاوری استان مرکزی، بخشی از کمان ماگمایی ارومیه- دختر بوده که از نظر فعالیت‌های آتشفشانی شدید و پلوتوتیسم در ترشیر متمایز و دارای اهمیت است. در این بخش، از مجموعه پلاتفرمی پالئوزوئیک- تریاس میانی، ردیف‌های سنگی پرمین شامل سنگ‌های آواری در زیر و سپس سنگ‌های کربناتی در بالا قابل مشاهده است. به‌جزء نواحی هفتادقله، در بیشتر نواحی استان اثری از سنگ‌های ژوراسیک میانی-بالایی وجود ندارد. همچنین، در شمال‌باختری تفرش ردیف‌هایی از سنگ‌های مارنی و آهکی الیگوسن-میوسن وجود دارد که در یک راستای شمال‌باختری تا استان همدان ادامه می‌یابد و سازند قم نامیده می‌شوند. در سازند قم تغییر ضخامت و رخساره بسیار قابل توجه می‌باشد.

ناحیه جنوب‌باختری استان مرکزی، بخش کوچکی از پهنه زمین‌ساختی سهندج- سیرجان است. در این زون سنگ‌های شیستی- ماسه‌ای ژوراسیک زیرین با گسترش زیاد به‌همراه ردیفی از سنگ‌های آهکی- پلیتی کرتاسه‌زیرین مشاهده می‌شود که همه متحمل دگرگونی با درجه ضعیف شده‌اند.

استان مرکزی به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، دارای پدیده‌های ژئومورفولوژی متنوعی بوده و از مناطق کوهستانی و سرزمین‌های هموار (دشت) تشکیل شده است. از عوامل مهم در تشکیل دشت‌های حاصلخیز استان، انتقال رسوبات نواحی مرتفع به سرزمین‌های هموار بر اثر بارش در دوره کواترنری

قابل اشاره است. این دشت‌ها که نواحی عمده کشاورزی استان مرکزی (با وسعت تقریبی ۳۰ درصد از مساحت استان) در آن واقع گردیده، عبارتند از: دشت‌های ساوه و نوبران (واقع در شهرستان ساوه)، خشک‌رود (واقع در شهرستان زرنده)، اراک (واقع در شهرستان اراک)، خمین (واقع در شهرستان خمین) و انجمن (واقع در شهرستان کمیجان) (شکل ۲-۷۶).



شکل ۲-۷۶) پراکندگی دشت‌های استان مرکزی
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

قرارگیری مناطق پست استان مرکزی (از جمله دشت‌های دربرگیرنده آبخوان‌ها) در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان مرکزی با دو

چالش اساسی مواجه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین در برخی از دشت‌های ممنوعه استان (همچون دشت ساوه) گردیده است. در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... این دشت‌ها وارد شده است.

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان مرکزی

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان مرکزی، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب‌زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان مرکزی با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب‌زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

- سیاست‌های جمعیتی
 - یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان مرکزی، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.
- مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)
 - تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
 - تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
 - جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری
 - جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
 - احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
 - اجرای زهکش زیرزمینی
- یکپارچه‌سازی و ایجاد مالکیت واحد اراضی زراعی به منظور اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و کاهش حجم مصرف آب کشاورزی
- انجام عملیات تسطیح اراضی به منظور کاهش حجم مصرف آب
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند

- جلوگیری از برداشتهای غیرمجاز به واسطه عدم شارژ کارتهای چاه، کاهش منصوبات چاهها و یا مسدود نمودن چاههای غیرمجاز
- خرید چاههای کمبازده کشاورزی
- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلابهای شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آبهای غیرمتعارف لبشور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آبهای مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به منظور تأمین و ذخیره آبهای شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع بخشی در سامانه های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرحهای تغذیه ای آبخوانها در دشتهای ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
- مهار آبهای سطحی به واسطه احداث و بهره برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوانها به وسیله سیلابهای فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلابهای شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوانها
- بررسی و استفاده از شکستگیهای زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- بررسی و اجرای طرحهای تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده های مطالعاتی دارای برداشت بی رویه آب زیرزمینی
- حفظ، نگهداری و احیای قنوات
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
- استقرار گروه های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاههای اندازه گیری جی پی اس (GPS) در دشتهای ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان مرکزی به‌حداقل رساند.

➤ هرمزگان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان هرمزگان

در استان هرمزگان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۷۲۶۳۰ کیلومترمربع و ۱۵۷۸۱۸۰ نفر، سالانه حدود ۱۵۲۵ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۹۱).

در جدول ۲-۴۳، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل: چاه، قنات و چشمه) استان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق با تعداد ۲۲۱۳۳ حلقه (حدود ۹۶٪) و میزان ۱۳۴۵/۱۳۶ میلیون مترمکعب (۸۸٪) از کل تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان هرمزگان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲-۴۳) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های استان هرمزگان در سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۱)

استان	کل تخلیه سالانه	چاه عمیق و نیمه‌عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالانه
هرمزگان	۱۵۲۵/۰۴	۲۲۱۳۳ (۹۶٪)	۱۳۴۵/۱۳۶ (۸۸٪)	۱۶۹ (۱٪)	۳۲/۵۶۷ (۲٪)	۶۳۹ (۳٪)	۱۴۷/۳۳۷ (۱۰٪)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان هرمزگان

پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی استان هرمزگان، پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ کاهش حجم ذخائر آبی
- ✓ کم آبی مخازن سدهای بزرگ و کوچک
- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها

- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ خشک شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش اجباری عمق چاه‌ها
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ ایجاد شکاف و درزه‌های عمیق در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ شکل‌گیری فروچاله‌ها در کنار جاده‌ها و توسعه و پیشروی آن به اعماق زمین
- ✓ بیرون زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ خشک شدن، فصلی شدن و کم آبی رودخانه‌ها
- ✓ خشک شدن و غیر قابل استفاده شدن زمین‌های کشاورزی
- ✓ از بین رفتن باغات انبه، لیمو و نخیلات دشت میناب
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی

• خطر فرونشست زمین در استان هرمزگان

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان هرمزگان، با توجه به رشد سریع جمعیت و افزایش سطح زیر کشت و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های عمیق جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی گردیده که به تبع آن افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی و نشست سطح زمین در برخی دشت‌های استان را به دنبال داشته است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، باغات و نخیلات، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و ... در برخی دشت‌های استان هرمزگان به وجود آورده است. در ادامه، به برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان اشاره می‌گردد:

- فرونشست زمین در دشت میناب

با برداشت بی‌رویه از منابع آبی به وسیله حفر چاه‌های عمیق در دشت میناب و راه‌اندازی شبکه اضطراری انتقال آب از سد استقلال و دشت میناب به بندرعباس و دیگر شهرها، آسیب شدیدی به منابع آبی شهرستان میناب وارد شده به گونه‌ای که آبادانی و سرسبزی این شهرستان دچار دستخوش و چالش اساسی گردیده است.

رشد روزافزون جمعیت، استفاده از آب شرب در فضای سبز و ساخت‌وسازها در شهرهای مصرف‌کننده آب میناب در کنار توسعه و گسترش صنایع غرب هرمزگان موجب گردیده تا هر ساله بر میزان انتقال آب از سد و دشت میناب افزایش یابد که این خود باعث استفاده بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی شده است. با افت شدید منابع آبی، بخش‌های مختلف شهرستان میناب با مشکلات فراوان مواجه گردیده که از آن جمله می‌توان به کم رونق شدن بخش کشاورزی و خشک شدن بسیاری از باغات در این شهرستان اشاره نمود. ایجاد شکاف و درزه‌های عمیق در اراضی دشت میناب، شکل‌گیری فروچاله‌ها در کنار جاده‌ها و توسعه و پیشروی آن به اعماق زمین (عمق ۲-۳ متر) و فرونشست زمین در روستاهای بخش مرکزی و حاشیه شهر میناب از دیگر پیامدهای برداشت بی‌رویه از منابع آبی این شهرستان بوده که در حال حاضر به اوج خود رسیده است و خطری جدی برای منطقه محسوب می‌شود.

پدیده فرونشست زمین به دلیل برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی طی چند سال اخیر در دشت میناب و حاشیه روستاهای گورزانگ، کاشرانی، تم‌بلوچان، باغگلان، تمبک، تم‌بساط، گشنو، چلوگومیشی، تالار، تمبانو، کلنتان، زهرایی، کناران، محمودی، نصیری، کلو، کلیبی، درخانه، سرکنتان، ماکیان، ماه خاتونی، سرریگان و سرباران به وفور مشاهده گردیده است.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان هرمزگان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا می‌بایست به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان هرمزگان به ویژه شهرستان میناب، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و همچنین انتقال آب از سد و دشت میناب به بندرعباس و دیگر شهرها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود. بنابراین با ذخیره آب در سفره‌های زیرزمینی منطقه و جلوگیری از هدررفت حجم عظیم آب در بخش‌های صنعتی، ساخت‌وساز و فضای سبز شهری، همچنین افزایش بازده آبیاری در زمین‌های کشاورزی و ممانعت از کاشت محصول بدون ارزش افزوده مناسب همراه با بهره‌گیری از تأسیسات آب‌شیرین‌کن - به‌عنوان بهترین شیوه برون‌رفت از بحران بی‌آبی در استان‌های ساحلی کشور - می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان هرمزگان و مناطقی همچون دشت میناب به‌حداقل رساند.

➤ همدان

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان همدان

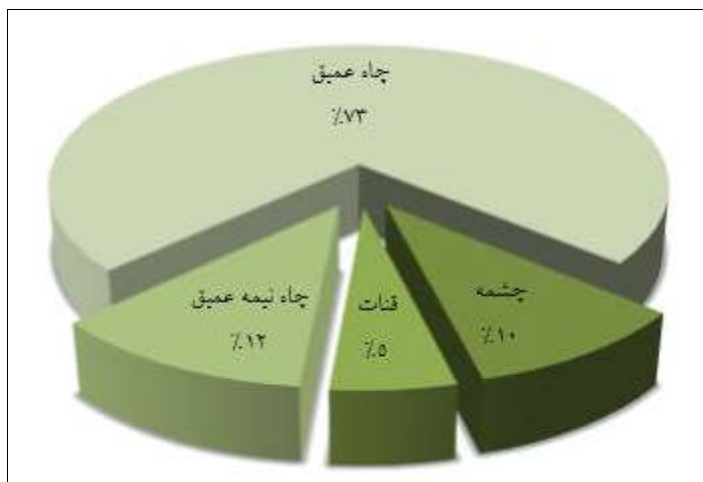
در استان همدان با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۱۹۴۹۱ کیلومترمربع و ۱,۷۵۸,۲۶۸ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان همدان، ۱۳۹۲)، سالیانه حدود ۲۲۰۶ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان، سال آبی ۹۲-۱۳۹۱).

در جدول ۴۴-۲ و نمودار ۴۰-۲، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان همدان ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در مجموع با تعداد ۱۷۴۸۹ دهنه (حدود ۸۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۸۶۸ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان همدان را به خود اختصاص داده است.

جدول ۴۴-۲) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان همدان در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ (میلیون مترمکعب)

(برگرفته از سالنامه آماری استان همدان، ۱۳۹۲)

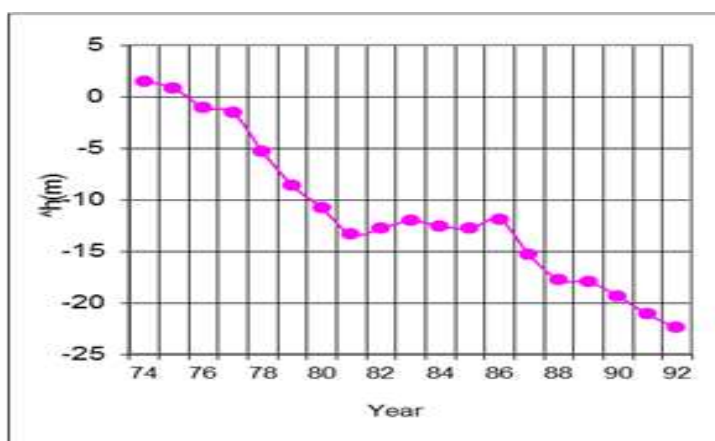
استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه‌عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (حلقه)	تخلیه سالیانه	تعداد (رشته)	تخلیه سالیانه	تعداد (دهنه)	تخلیه سالیانه
همدان	۲۲۰۶	۸۱۳۶ (/۳۷)	۱۶۱۴ (/۷۳)	۹۳۵۳ (/۴۳)	۲۵۴ (/۱۲)	۱۵۷۲ (/۷)	۱۱۹ (/۵)	۲۹۵۶ (/۱۳)	۲۱۹ (/۱۰)



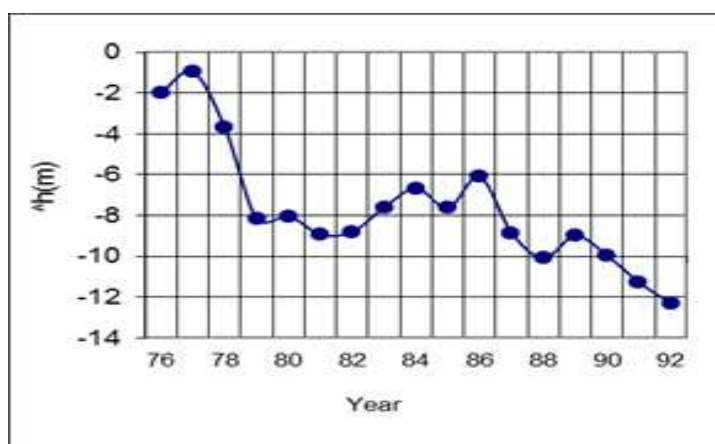
نمودار ۲-۴) درصد تخلیه سالیانه آب از منابع آب زیرزمینی استان همدان در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از سالنامه آماری استان همدان، ۱۳۹۲)

بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان (در سال آبی ۱۳۹۲-۹۳)، حدود ۸۸ درصد مصارف مختلف آب در استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، حدود ۸۹/۵ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۷/۶ درصد در بخش شرب و بهداشت و حدود ۲/۹ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.

کاهش میزان بارندگی‌ها طی سال‌های اخیر، عاملی برای تشدید اثرات خشک‌سالی و کمبود منابع آبی در استان همدان بوده است. از این‌رو، کاهش آورد آب‌های سطحی در این استان سبب شده تا دشت‌ها در وضعیت نامناسبی قرار بگیرند. بر اساس گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان (۱۳۹۴)، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان همدان، کسری مخزن محدوده‌های مطالعاتی (براساس آمار درازمدت)، حدود ۲۵۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان همدان، حدود یک متر در سال بوده که نرخ آن هرساله در حال افزایش می‌باشد (نمودار ۲-۴).



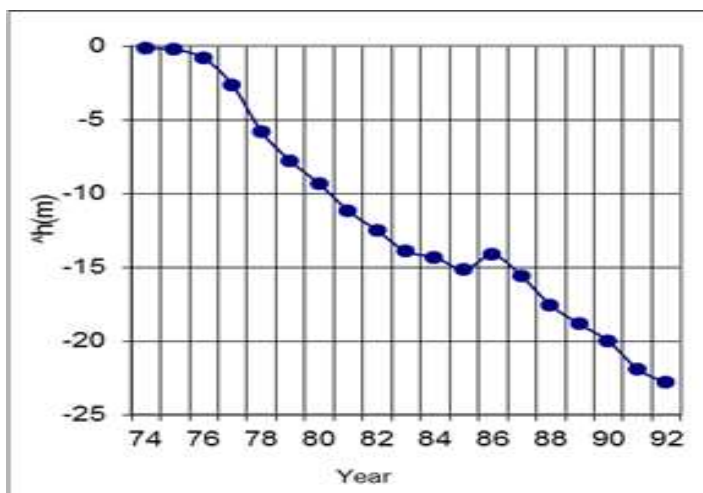
هیدروگراف واحد آبخوان دشت اسدآباد



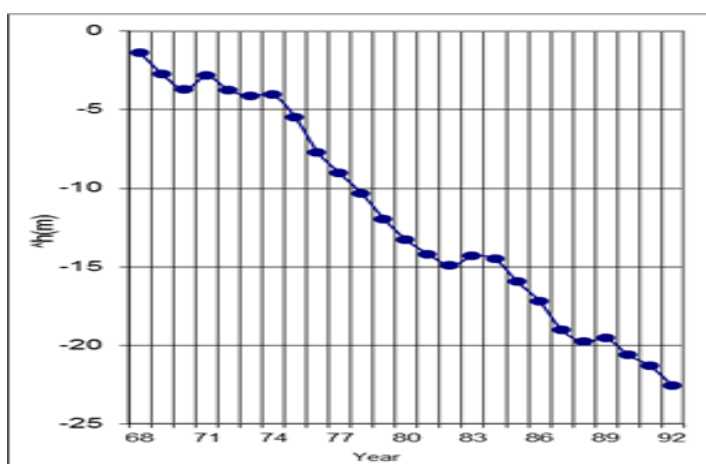
هیدروگراف واحد آبخوان دشت نهاوند



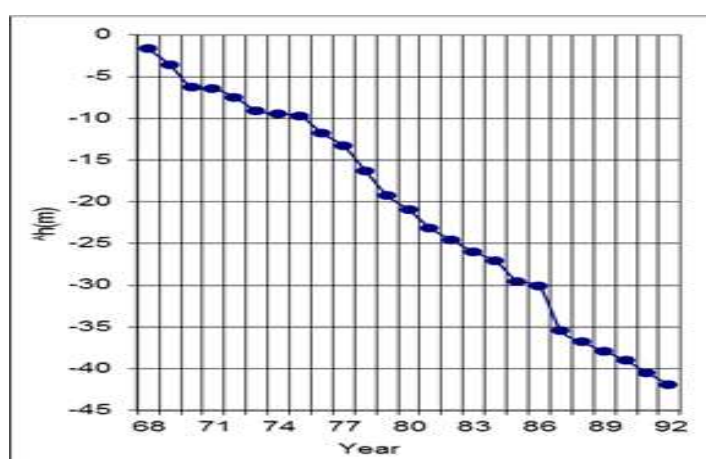
هیدروگراف واحد آبخوان دشت تويسرکان



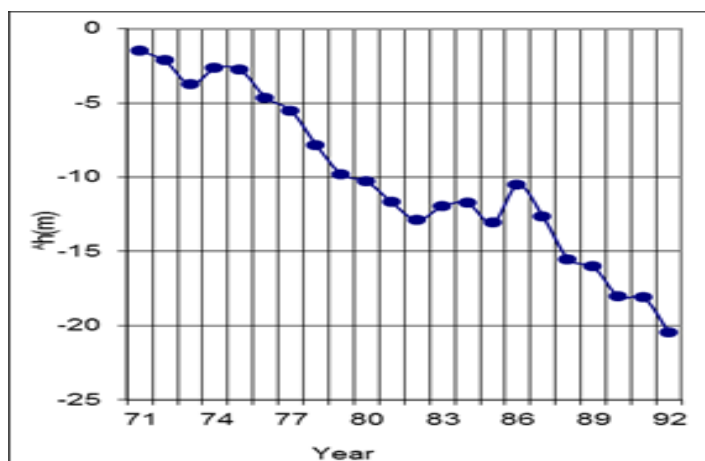
هیدروگراف واحد آبخوان دشت ملایر



هیدروگراف واحد آبخوان دشت رزن - قهاوند



هیدروگراف واحد آبخوان دشت کبودرآهنگ



هیدروگراف واحد آبخوان دشت همدان - بهار

نمودار ۲-۴۱) هیدروگراف واحد آبخوان دشت‌های استان همدان (از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲) (برگرفته از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۲)

کاهش ذخایر آب‌زیرزمینی، برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مزاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در برخی دشت‌های استان همدان به‌همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت‌ها را تشدید کرده است. چنان‌که از هیدروگراف‌های نمودار ۲-۳۵ مشخص می‌باشد، میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی در برخی دشت‌های استان به‌شرح ذیل گزارش گردیده است:

- دشت کبودآهنگ، در یک دوره ۲۴ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۶۸)، حدود ۴۰ متر
- دشت اسدآباد، در یک دوره ۱۸ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۷۴)، حدود ۲۵ متر
- دشت ملایر، در یک دوره ۱۸ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۷۴)، حدود ۲۳ متر
- دشت رزن - قهاوند، در یک دوره ۲۴ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۶۸)، حدود ۲۲ متر
- دشت همدان - بهار، در یک دوره ۲۱ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۷۱)، حدود ۱۹ متر
- دشت تویسرکان، در یک دوره ۱۸ ساله (سال‌های آبی ۹۱-۱۳۷۳)، حدود ۱۵ متر
- دشت نهاوند، در یک دوره ۱۶ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۷۶)، حدود ۱۰ متر

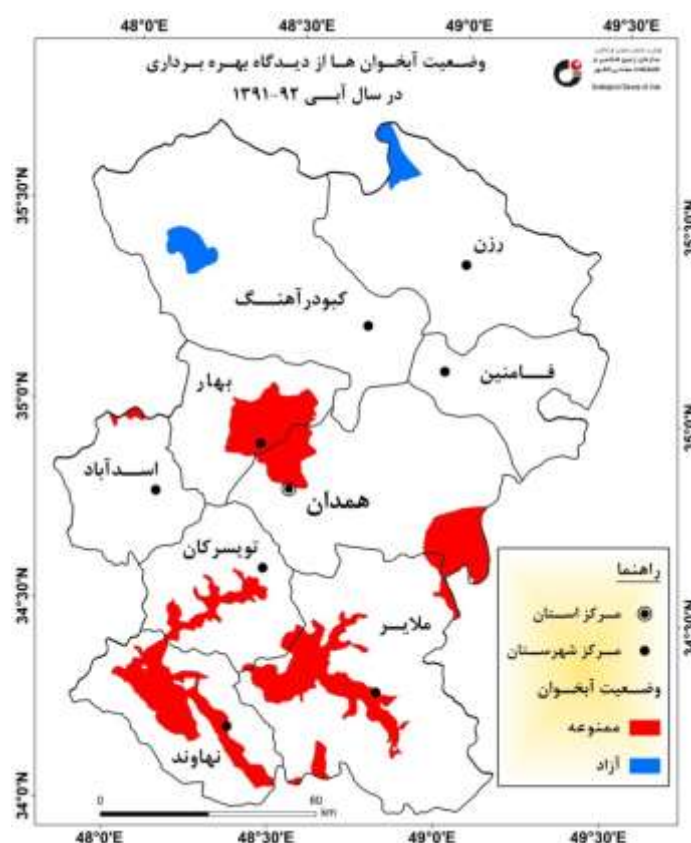
وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد سفره‌های آب‌زیرزمینی استان همدان، در سال ۱۳۹۴، از مجموع ۱۳ محدوده مطالعاتی استان، ۱۲ محدوده مطالعاتی (حدود ۸۵ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه (دشت‌های ممنوعه همدان - بهار، رزن - قهاوند، ملایر، اسدآباد، تویسرکان و نهاوند) و از این تعداد،

یک محدوده مطالعاتی را دارای شرایط ممنوعه بحرانی (دشت ممنوعه بحرانی کبودرآهنگ) در برداشت آب زیرزمینی اعلام نموده است.

اشاره می‌گردد، از تعداد کل محدوده‌های مطالعاتی استان، ۶ محدوده مطالعاتی آن (دشت‌های گل‌تپه- زرین‌آباد، کنگاور، قروه- دهگلان، کمیجان، خماجین و تپه‌اسماعیل- امیرآباد) مشترک با استان‌های دیگر و متولی آن‌ها، استان‌های مجاور می‌باشند. دشت تپه‌اسماعیل- امیرآباد، به دلیل ممنوع نبودن جزء دشت‌های آزاد محسوب می‌شود.

ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربنای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک شدن چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

در شکل ۷۷-۲، وضعیت آبخوان‌های استان همدان از لحاظ وضعیت برداشت آب‌های زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۷۷-۲) وضعیت آبخوان‌های استان همدان از دیدگاه بهره‌برداری در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ (برگرفته از شرکت مطالعات منابع آب ایران)

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان همدان

در حدود ۷۵ درصد از مساحت استان همدان از اقلیم نیمه‌خشک فراسرد برخوردار است. شهرستان‌های کبودرآهنگ و فامنین و بخشی از شهرستان‌های همدان، بهار، رزن، ملایر، تویسرکان، اسدآباد و نهاوند در ناحیه نیمه‌خشک واقع شده است.

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف استان، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب‌زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۰ درصد از آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی) شده است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب‌زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در بیش از ۸۵ درصد دشت‌های استان گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات

- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان همدان با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی می‌گردد که به‌تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به‌دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست‌زمین در استان همدان

استان همدان واقع در باختر ایران، اشکال ریخت‌شناسی و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. این استان از نظر زمین‌شناسی، در فصل مشترک چند واحد زمین‌ساختی- رسوبی متفاوت قرار گرفته؛ به‌طوری‌که در یک روند جنوب‌باختر به شمال‌خاور در پهنه‌های زاگرس مرتفع، سهندج- سیرجان و ایران مرکزی واقع شده است.

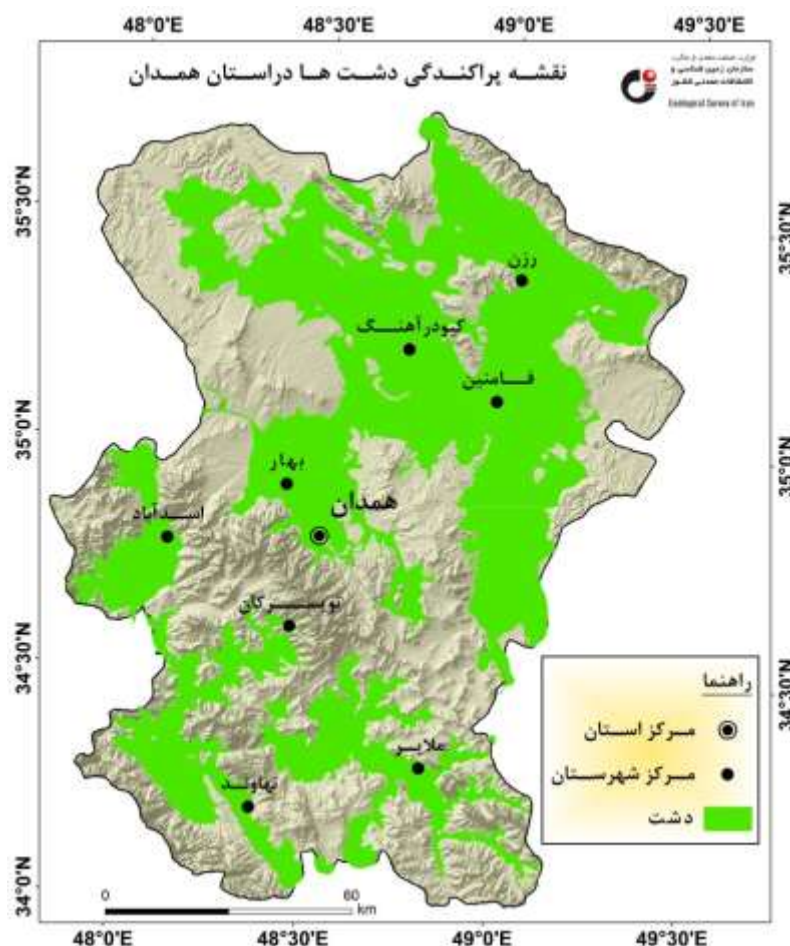
حاشیه جنوب‌باختری استان همدان بخشی از ارتفاعات زاگرس مرتفع است. سنگ‌شناسی عمده این بخش در استان همدان از نوع کربنات‌های کوه‌ساز ژوراسیک- کرتاسه است.

بخش شمالی استان همدان به‌عنوان بخشی از پهنه ایران مرکزی، نواحی دشت‌گونه بوده که به‌طور عمده با نهشته‌های آبرفتی جوان پوشیده شده است. رخنمون‌های سنگی این بخش از نوع سنگ‌های کربناتی- ولکانیکی کرتاسه پایینی به‌ویژه سنگ آهک‌های الیگوسن- میوسن (سازند قم) می‌باشد که در یک روند شمال‌باختر- جنوب در جنوب شهرستان رزن برونزد دارند.

ارتفاعات استان همدان، بیشتر دارای روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و در شمال، مرکز و جنوب استان قرار گرفته‌اند. در بخش جنوبی استان به‌دلیل وجود ارتفاعات بیشتر نسبت به بخش شمالی، پراکندگی دشت‌ها کمتر می‌باشد.

به‌طورکلی، دشت‌های استان همدان در تمام واحدهای کوهستانی این استان مشاهده می‌گردد (شکل ۲- ۷۸)؛ اما باتوجه‌به ویژگی ارتفاعات، دشت‌ها از نظر وسعت و چگونگی شکل‌گیری، با هم متفاوت‌اند و به دو

دسته تراکمی و فرسایشی تقسیم می‌شوند. دشت‌های تراکمی در اثر انباشت آبرفت‌ها در مناطق پست به‌وجود آمده و دشت‌های فرسایشی در اثر تخریب و جابه‌جایی مواد سازنده ارتفاعات ایجاد شده‌اند. دشت‌های ملایر و توپسرکان از نوع فرسایشی و بقیه دشت‌های استان از نوع تراکمی است.



شکل ۲-۷۸) موقعیت دشت‌های استان همدان
(برگرفته از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

قرارگیری مناطق پست استان همدان (از جمله دشت‌های دربرگیرنده آبخوان‌ها) در اقلیم نیمه‌خشک، سبب شده که از نظر برخورداری از منابع آب‌زیرزمینی، منطقه‌ای فقیر محسوب شوند. نظر به شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی استان و استمرار پدیده خشک‌سالی و به‌تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به‌منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان همدان با دو چالش اساسی مواجه شده‌است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است.

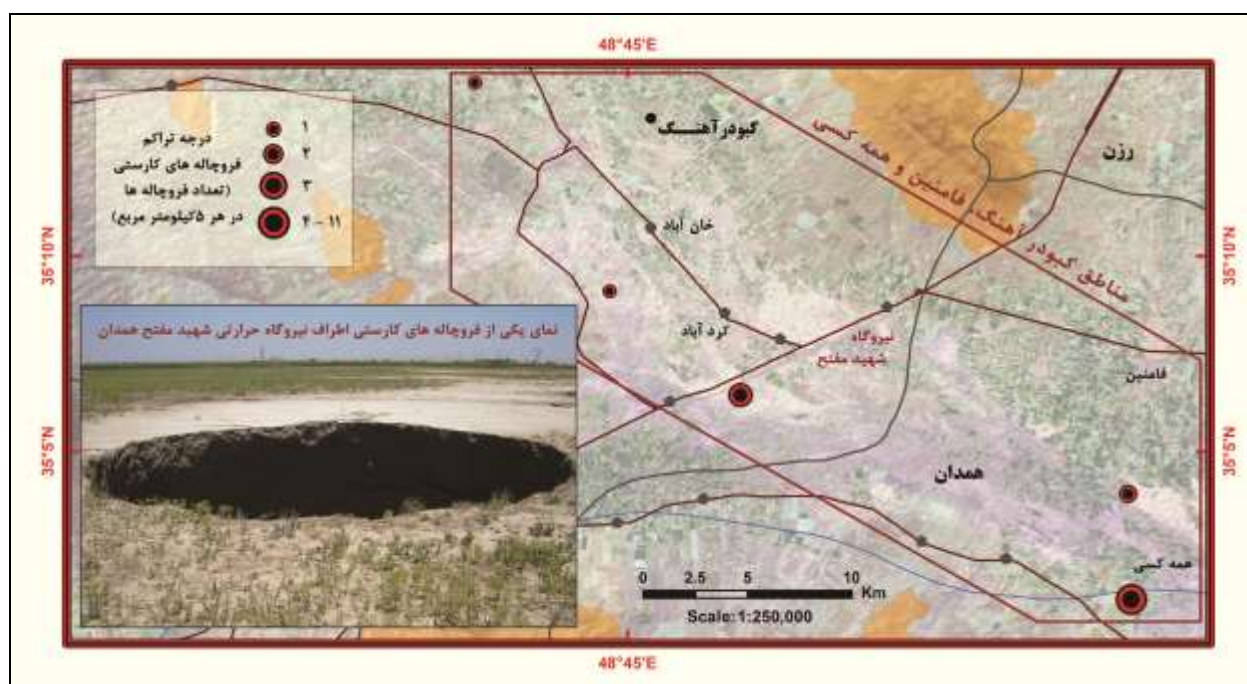
عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشت‌ناپذیری همچون نشست تدریجی زمین گردیده‌است. همچنین، انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی) در برخی از دشت‌های استان موجب ریزش کارست، ایجاد فروچاله‌ها و وقوع فرونشست‌های ناگهانی شده است. در اثر وقوع پدیده‌های اشاره گردیده طی سال‌های اخیر، آسیب‌های اساسی به زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به صنایع بزرگ، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان وارد شده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان همدان ذکر می‌گردد:

- فروچاله‌های دشت کبودرآهنگ، فامنین و همه‌کسی

موقعیت و محدوده کارست:

دشت‌های کبودرآهنگ و فامنین در شمال‌خاور شهرستان همدان و در سرشاخه‌های رودخانه قره‌چای واقع شده‌اند. تراکم فروچاله‌ها به‌طور عمده در چهار منطقه مشاهده می‌گردد (شکل ۲-۷۹):

- منطقه کبودرآهنگ (کردآباد، خان‌آباد و نوآباد): تعداد ۴ فروچاله (شکل ۲-۸۰)؛
- منطقه سردارآباد (شمال‌خاور کبودرآهنگ): یک شکاف خطی؛
- منطقه فامنین: تعداد ۲ فروچاله (شکل ۲-۸۱)؛
- منطقه همه‌کسی: تعداد ۱۱ فروچاله



شکل ۲-۷۹) نقشه درجه تراکم فروچاله‌های کارستی در دشت‌های کبودرآهنگ، فامنین و همه‌کسی، استان همدان (برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)



شکل ۲-۸۰) فروچاله کردآباد همدان به عمق ۱۵ و قطر ۹ متر (نگاه شمال باختر)



شکل ۲-۸۱) فروچاله بزرگ فامنین ۱ همدان به عمق و قطر حدود ۲۰ متر (نگاه باختر)

علت کارستی شدن:

- انحلال تشکیلات زیرسطحی (سنگ بستر آهکی)؛
- ایجاد حفرات و فروچاله‌های منطقه همه‌کسی احتمالاً توسط وجود گسل‌های قدیمی در واحد آهکی سازند قم کنترل می‌گردند؛
- دلیل نشست تدریجی سطح زمین: برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی

اشکال زمین‌ریخت‌شناسی کارست:

- فروچاله‌های منطقه کبودرآهنگ و فامنین: از نوع فروچاله‌های فرونشستی (وجود حفرات کارستی در آهک به‌طور مستقیم مشاهده نشده است)؛
- فروچاله‌های منطقه همه‌کسی: فروچاله‌های (فرسایش یافته، در حال تشکیل و یا توسعه) منطقه: از نوع فروچاله‌های انحلالی-ریزشی و عمدتاً به‌صورت حفرات قیفی شکل؛
- غارهای کارستی؛
- چشمه‌های آهکی

وسعت و عمق کارستی شدن:

- قطر فروچاله‌های منطقه کبودرآهنگ: ۳، ۱۲، ۲۱ و ۲۶ متر؛

- طول شکاف خطی منطقه سردارآباد: بیش از ۱۰۰۰ متر؛
- قطر یکی از فروچاله‌های منطقه فامنین: ۲۰ متر؛
- قطر فروچاله‌های منطقه همه‌کسی: ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۵، ۵۰ و حدود ۲۰۰ متر؛
- عمق فروچاله‌های منطقه کبودرآهنگ: ۴، ۸، ۱۵ و ۲۰ متر؛
- عمق یکی از فروچاله‌های منطقه فامنین: ۲۰ متر؛
- عمق فروچاله‌های منطقه همه‌کسی: ۱، ۲، ۳، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۵ متر

سطح خسارت:

- ریزش کارست: ریزش برخی از حفرات کارستی منطقه همه‌کسی؛
- فرونشست‌های ناگهانی: مرتبط با فروچاله‌های ریزشی منطقه همه‌کسی

به‌نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به‌منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست زمین جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان همدان

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب‌زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب‌زیرزمینی در استان همدان، شرایط مساعد زمین‌شناسی و اقلیمی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به‌تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان همدان با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

• سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان همدان، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

• مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)

- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و متراکم، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)

- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به خصوص فعالیت‌های دامپروری

- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده

- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری

- اجرای زهکش زیرزمینی

• کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به عنوان مناطق ممنوعه و ممنوعه بحرانی

- عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
- پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
- جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
- خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
- اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
- اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرممتعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- تعادل‌سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
- احداث سدها و مخازن به‌منظور تأمین و ذخیره آب‌های شیرین برای شرب
- جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع‌بخشی در سامانه‌های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
- بررسی و اجرای طرح‌های تغذیه‌ای آبخوان‌ها در دشت‌های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
- مهار آب‌های سطحی به‌واسطه احداث و بهره‌برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه‌ای و انحرافی
- تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌وسیله سیلاب‌های فصلی
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها
- بررسی و استفاده از شکستگی‌های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
- بررسی و اجرای طرح‌های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب‌زیرزمینی
- حفظ، نگهداری و احیای قنوت
- شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان

- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- استقرار و توسعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری جی‌پی‌اس (GPS) در دشتهای ممنوعه و ممنوعه‌بهرانی استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می‌باشد.

همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش همگانی، اطلاع‌رسانی و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (به‌منظور چشم‌پوشی از برخی منافع کوتاه‌مدت) می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان همدان به‌حداقل رساند.

➤ یزد

• وضعیت منابع آب زیرزمینی استان یزد

در استان یزد با مساحت و جمعیتی به ترتیب بالغ بر ۷۴۵۱۳ کیلومترمربع و ۱,۰۷۴,۴۲۸ نفر (برگرفته از سالنامه آماری استان یزد، ۱۳۹۳)، سالیانه حدود ۱۱۴۷ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲).

منابع آب زیرزمینی استان یزد از آب‌های کم‌عمق، نیمه‌عمیق، عمیق و بسیار ژرف تشکیل می‌شود: بیشتر دره‌های ارتفاعات شیرکوه مانند طزرجان، ده‌بالا، منشاد، بنادک‌سادات، سانج، علی‌آباد، قطرآباد و کذاب به‌صورت سفره‌های آب زیرزمینی محلی کم‌عمق تشکیل شده که برداشت از این سفره‌ها هم‌چنان از طریق چشمه‌ها و قنات صورت می‌گیرد.

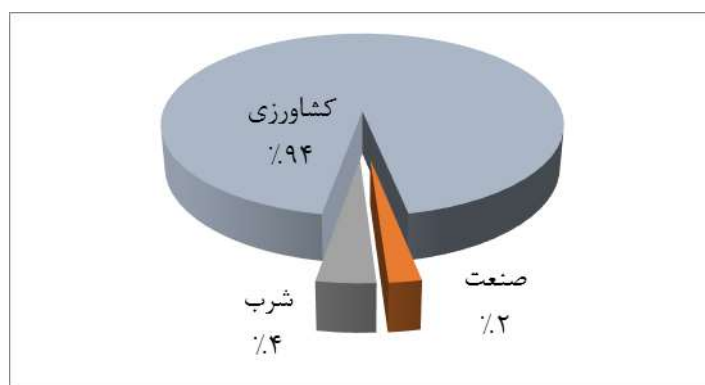
دشت‌های مهریز، ابراهیم‌آباد و تفت عموماً دارای سفره‌های آب زیرزمینی نیمه‌عمیق است و بهره‌برداری از آن‌ها از طریق قنات و چاه‌های نیمه‌عمیق مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. سفره اصلی آب زیرزمینی استان که بخش عمده دشت یزد- اردکان (از جنوب فهرج تا شمال اردکان) را شامل می‌شود، بزرگ‌ترین و مطلوب‌ترین آبخوان استان است که آب مورد مصرف کشاورزی، شرب و صنعت شهرستان‌های بزرگ یزد، میبد، اردکان و تواب را تأمین می‌کند.

در جدول ۲-۴۵، تعداد و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی (شامل چاه، قنات و چشمه) استان یزد ارائه شده که از این میان چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در مجموع با تعداد ۳۷۱۶ دهنه (حدود ۵۵ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۹۴۷ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۸۲ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، بیشترین حجم بهره‌برداری در استان یزد را به‌خود اختصاص داده‌است. همچنین، قنات‌های استان با تعداد ۲۷۰۵ رشته (حدود ۴۰ درصد از تعداد کل منابع آب زیرزمینی استان) و میزان ۱۷۴ میلیون مترمکعب تخلیه سالیانه (حدود ۱۵ درصد از کل تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی استان)، دارای رتبه بعدی اهمیت در میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استان یزد می‌باشند.

جدول ۲-۴۵) تعداد و میزان بهره‌برداری از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان یزد در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ (میلیون مترمکعب)
(برگرفته از سالنامه آماری استان یزد، ۱۳۹۳)

استان	کل تخلیه سالیانه	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه	
		تعداد	تخلیه سالیانه	تعداد	تخلیه سالیانه	تعداد	تخلیه سالیانه	تعداد	تخلیه سالیانه
یزد	۱۱۴۶/۸	۲۴۹۲	۶۷۹/۷	۱۲۲۴	۲۶۶/۶	۲۷۰۵	۱۷۳/۶	۳۸۸	۲۶/۹
		(/۳۶)	(/۵۹)	(/۱۸)	(/۲۳)	(/۴۰)	(/۱۵)	(/۶)	(/۳)

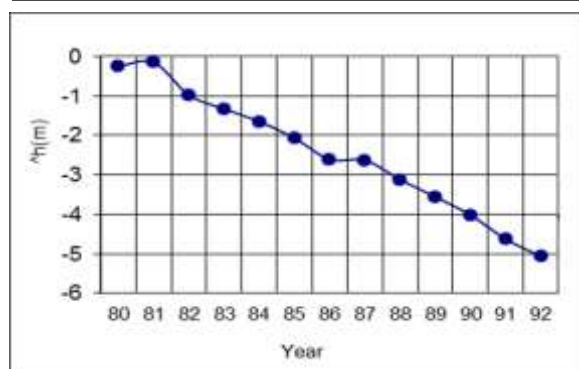
بر اساس گزارش سهمی آب منطقه‌ای استان یزد، در حال حاضر، حدود ۹۴ درصد منابع آب زیرزمینی استان در بخش کشاورزی، حدود ۴ درصد در بخش شرب و حدود ۲ درصد در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد (نمودار ۲-۴۲). باتوجه به حجم بسیار بالای آب برداشت‌شده از آبخوان‌های استان در بخش کشاورزی می‌بایست ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار، راهکارهای مناسب همچون بهره‌برداری هدفمند از منابع آب استان، بهبود شرایط مصرف آب‌های زیرزمینی، تغییر روش‌های آبیاری، تعیین و استقرار الگوی کشت مناسب مورد توجه ویژه مسئولان استانی قرار گیرد.



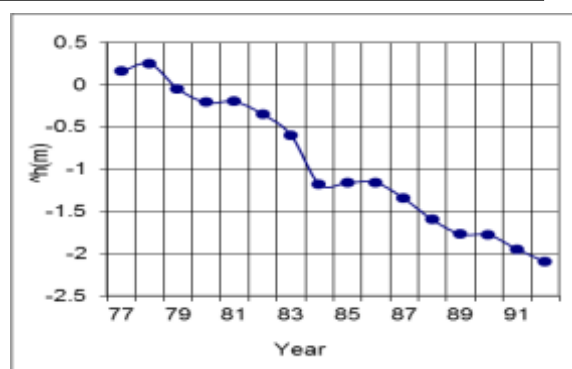
نمودار ۲-۴۲) وضعیت بهره‌برداری آبخوان‌ها برحسب بخش مصرفی در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ در استان یزد (برگرفته از دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۳)

بر اساس گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران، برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های مجاز و تخلیه چاه‌های غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی موجب کسری آب مخازن و افت شدید سطح آبخوان‌ها در این استان

شده است. با در نظر گرفتن توان تغذیه و میزان تخلیه سالیانه آبخوان‌های زیرزمینی استان یزد، متوسط کسری مخازن دشت‌ها بیش از ۳۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. نمود عینی اضافه برداشت از آبخوان‌های این استان، افت سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی است. متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان یزد، بیش از ۶۵ سانتی‌متر در سال بوده که نرخ آن هرساله در حال افزایش می‌باشد (نمودار ۲-۴۳). برداشت‌های بی‌رویه، غیراصولی و مازاد بر مفاد پروانه بهره‌برداری صادره در دشت یزد- اردکان به همراه خشک‌سالی‌های متمادی، وضعیت بحرانی این دشت را تشدید کرده است. به‌طوری‌که میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت یزد- اردکان در یک دوره ۴۰ ساله (سال‌های آبی ۹۲-۱۳۵۳)، حدود ۱۸ متر و کسری مخزن نیز حدود ۱۲۵ میلیون مترمکعب (بیش از ۴۰ درصد کل محدوده‌های مطالعاتی استان) گزارش شده است.



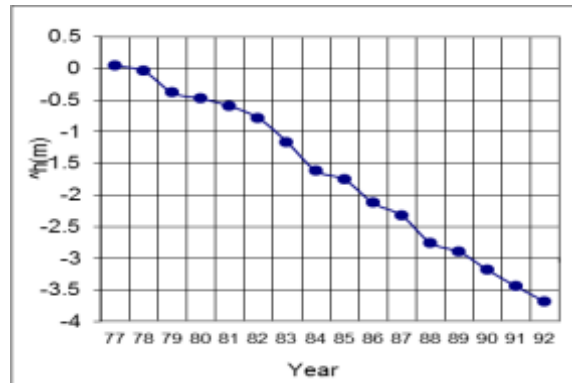
کویر ابرقو



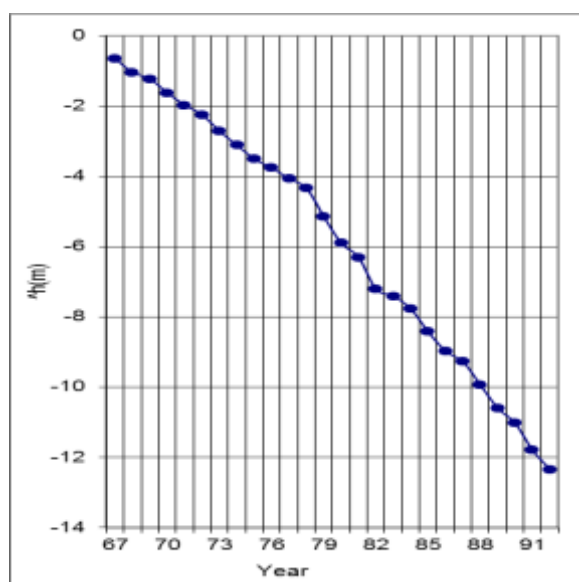
کفه طاغستان



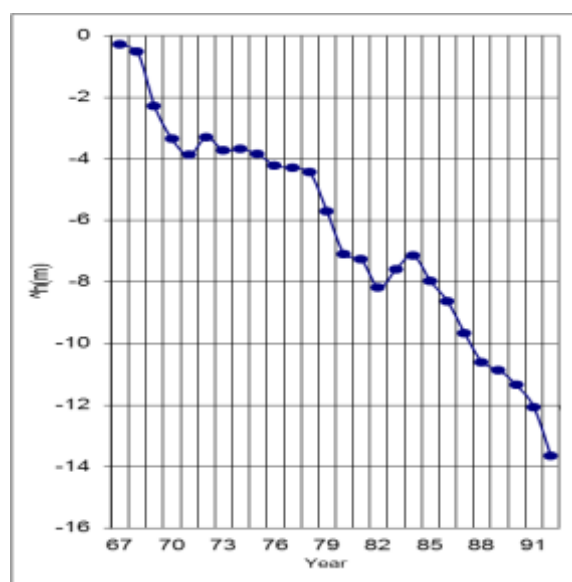
کویر سیاه کوه



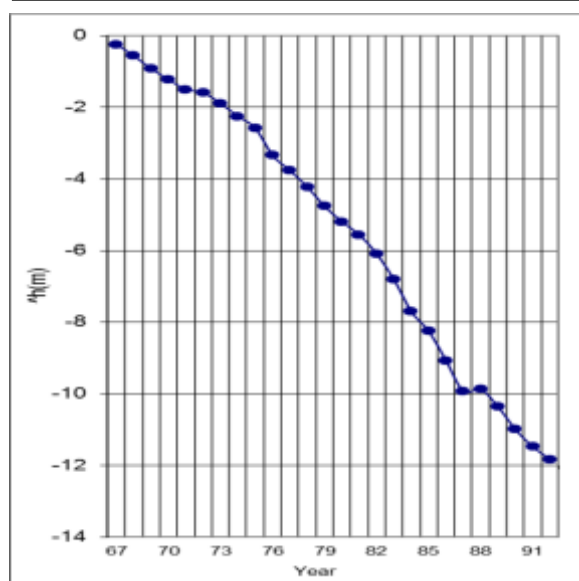
دهشیر



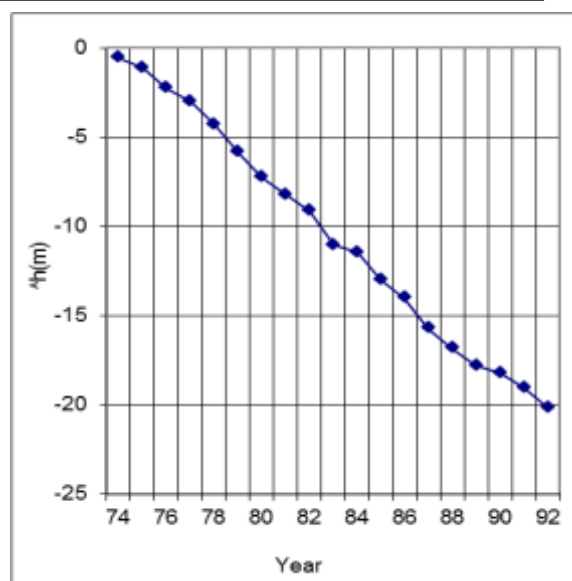
هرات



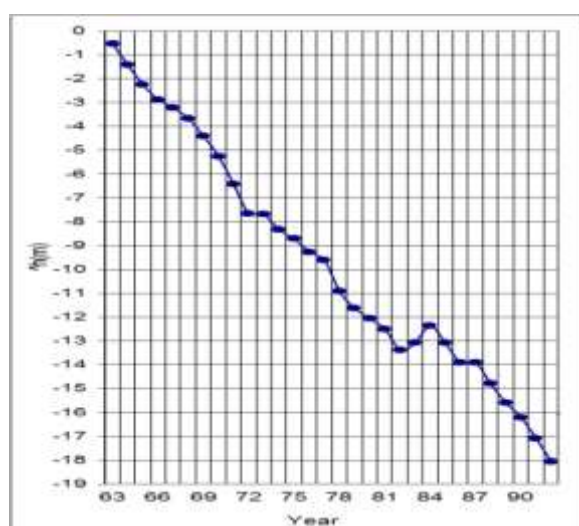
مروست



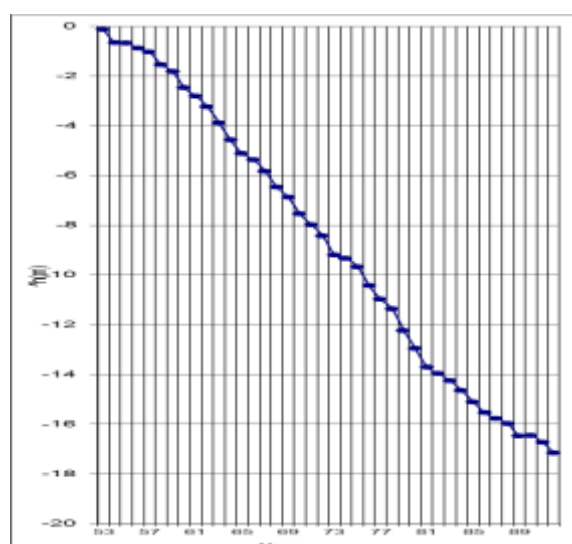
بهاباد



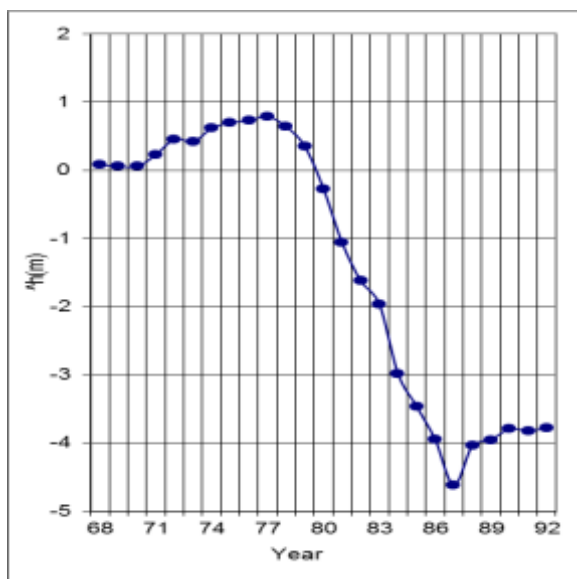
چاهک شهریاری



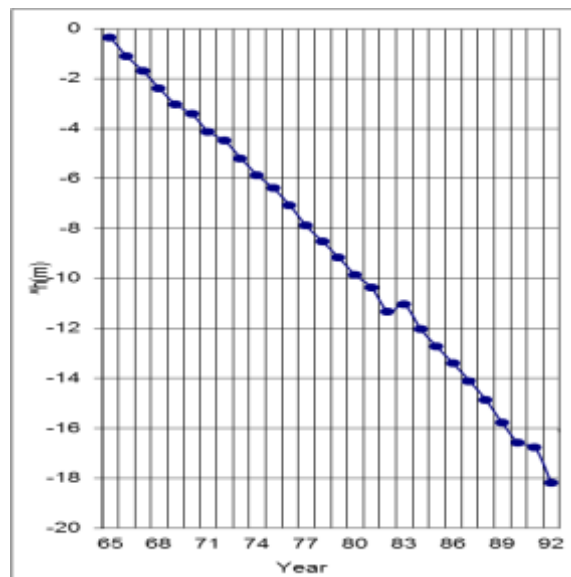
ابرکوه



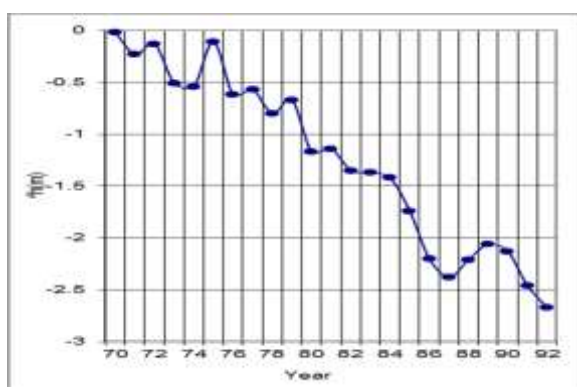
یزد- اردکان



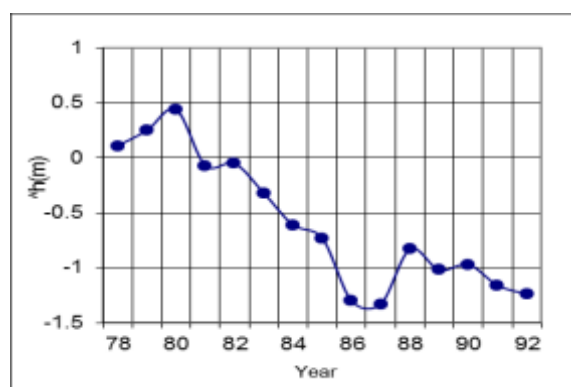
قطروم



بهادران



ارناج- دهج



بافق

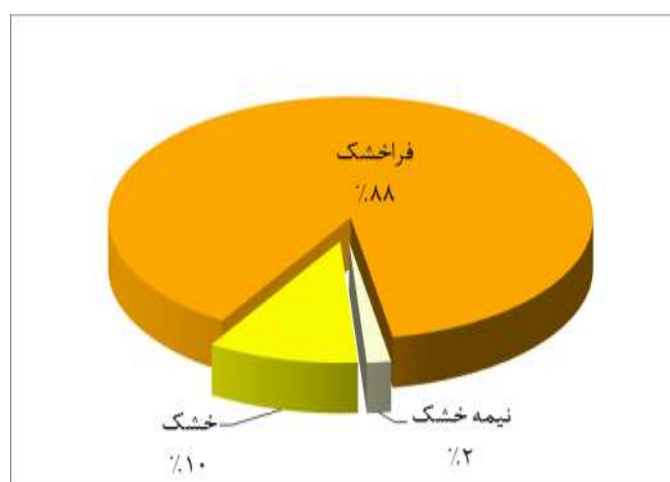
نمودار ۲-۴۳) میانگین تجمعی تغییرات سطح آب‌زیرزمینی در آبخوان‌های استان یزد
(از ابتدای تشکیل تا سال آبی ۱۳۹۲)
(برگرفته از شرکت مدیریت منابع آب ایران)

کاهش شدید آب‌دهی منابع زیرزمینی استان یزد ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، وجود تعداد قابل‌توجهی چاه غیرمجاز و همچنین خشک‌سالی هیدرولوژیکی طی سال‌های اخیر، متکی بودن اکثر فعالیت‌های کشاورزی (سطح زیر کشت باغی فراتر از سطح کشت زراعی است)، آب آشامیدنی و صنعت به منابع آب‌زیرزمینی (به‌ویژه در شهرستان‌های دشت یزد- اردکان) توسعه پایدار این استان را به‌چالش کشیده‌است.

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد سفره‌های آب زیرزمینی استان یزد، در سال ۱۳۹۲، از مجموع ۱۹ دشت استان، ۱۴ دشت (حدود ۷۴ درصد دشت‌های استان) را به‌عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام‌نموده‌است. ادامه این روند وضعیت نامطلوبی را در این مناطق به‌وجود خواهد آورد و احتمال تهدید زیربناهای عمرانی ناشی از نشست زمین، کاهش کیفیت منابع تأمین آب‌های آشامیدنی و خشک‌شدن چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی وجود خواهد داشت.

○ مهم‌ترین پیامدهای استفاده بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی در استان یزد

استان یزد با ۷۴۵۱۳ کیلومترمربع مساحت و برخورداری از اقلیم‌های فراخشک، خشک و نیمه‌خشک در سرتاسر استان به‌عنوان کم‌باران‌ترین استان در کشور گزارش گردیده است (نمودار ۲-۴۴). بر اساس آمارهای موجود، میزان بارندگی‌های استان یزد در سال آبی جاری، ۴۲ درصد کاهش یافته است.



نمودار ۲-۴۴) نمودار اقلیم استان یزد
(برگرفته از مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱)

با توجه به کاهش نزولات جوی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین پراکنده و متغیر بودن بارندگی‌ها در قسمت‌های مختلف استان، کمبود منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و محدودیت این منابع همگام با رشد جمعیت و توسعه استان، تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته که این امر باعث افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی در حدود ۹۴ درصد از آب استحصال از منابع آب زیرزمینی) شده‌است. تداوم روند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) موجب برهم‌خوردن تعادل بین تغذیه و برداشت از این منابع، بیلان منفی آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آبخوان‌ها در

بیش از ۷۰ درصد دشت‌های استان (به‌ویژه دشت یزد- اردکان) گردیده که پیامدهای نامطلوبی همچون موارد زیر را در پی داشته‌است:

- ✓ کاهش قابلیت انتقال سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها
- ✓ تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها
- ✓ کاهش حجم و توان آبدهی آبخوان‌ها
- ✓ تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور
- ✓ خشک‌شدن و کاهش آبدهی منابع برداشت آب (شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)
- ✓ افزایش هزینه پمپاژ از منابع آب زیرزمینی
- ✓ افزایش اجباری عمق و کف‌شکنی چاه‌ها
- ✓ خراب شدن ساختمان چاه‌ها
- ✓ بیرون‌زدگی یا به اصطلاح رشد ظاهری لوله جدار چاه‌های آب
- ✓ کاهش رطوبت خاک
- ✓ شور شدن خاک و افزایش بیابان‌زایی
- ✓ نشست سطح زمین
- ✓ تغییر شیب زمین‌های کشاورزی
- ✓ خشک‌شدن و غیر قابل استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی و باغات
- ✓ ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، جاده‌ها و بناها
- ✓ خسارت به ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی
- ✓ در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی
- ✓ به‌خطر افتادن اکوسیستم طبیعی
- ✓ تخلیه مناطق مسکونی روستایی و شهری و مهاجرت کشاورزان به شهرهای بزرگ

افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان یزد با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به توسعه کشاورزی، افزایش سطح زیر کشت باغات و نیاز روزافزون به آب شیرین، منجر به حفر چاه‌های جدید و استخراج بیشتر از منابع آب زیرزمینی می‌گردد که به تبع آن، افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی را در گستره استان به دنبال خواهد داشت.

• خطر فرونشست زمین در استان یزد

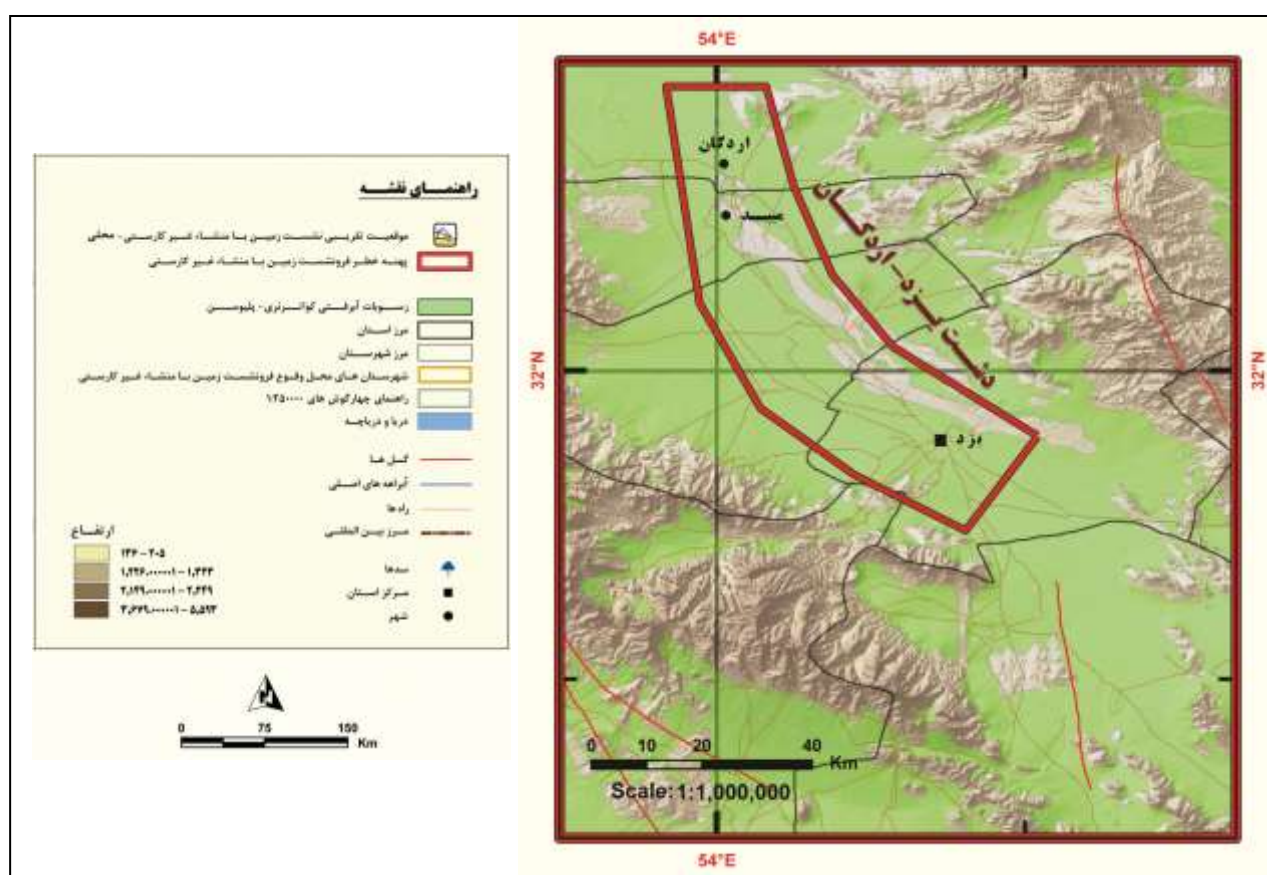
استان یزد به علت قرارگیری در زون ایران مرکزی به عنوان بزرگترین و پیچیدهترین واحد زمینشناسی - ساختاری ایران، از چندین بلوک مجزا با ویژگیهای زمینشناسی و ساختاری متفاوت تشکیل شده است. این استان دربرگیرنده شرایط اقلیمی و آبوهوایی نامناسب غالب بر این منطقه بوده و از واحدهای زمینریختشناسی متعددی همچون دشتها، ارتفاعات، مخروطافکنهها، تپه‌های ماسه‌ای، پوسته نمکی کویر و تپه‌ماهورها تشکیل شده است. دشت‌های استان یزد در بین ارتفاعات شیرکوه، خرائق و کوه‌های خاوری قرار دارند. برخی از این دشت‌ها را خاک‌های نرم و فرسایش یافته بادی پوشانده و به آن‌ها چهره بیابانی داده است. برخی از دشت‌های استان عبارتند از: یزد- اردکان، بافق، ابرکوه، هرات، مروست، بهادران و بهاباد.

با توجه به شرایط زمینشناسی و آبوهوایی استان یزد، سفره‌های آب‌زیرزمینی، مهم‌ترین منابع آبی استان محسوب می‌شود. نظر به شرایط اقلیمی استان و استمرار پدیده خشکسالی و به تبع آن، بحران‌های آبی متعدد، همگام با رشد جمعیت و توسعه استان - عمدتاً به منظور تأمین آب کشاورزی - دشت‌های استان یزد با دو چالش اساسی مواجه شده است؛ نخست اضافه برداشت از آب چاه‌های کشاورزی و اضافه کشت مازاد بر برداشت چاه‌هایی که اراضی خارج از پروانه بهره‌برداری چاه‌ها را آبیاری می‌کنند و دوم حفر چاه‌های غیرمجاز آب است. عدم توجه به بحران آب در بخش کشاورزی منجر به وقوع پدیده‌های برگشتناپذیری همچون نشست تدریجی زمین می‌گردد. چنان‌که افزایش استحصال از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آبخوان‌ها منجر به پدیده نشست سطح زمین در اغلب دشت‌های استان (به‌ویژه دشت یزد- اردکان) گردیده است. پدیده فرونشست زمین ناشی از پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب‌زیرزمینی، معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی (به‌ویژه سطح زیر کشت باغات)، مناطق مسکونی، صنایع، سازه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، خطوط مواصلاتی و انتقال نیرو و ... در برخی از دشت‌های استان به وجود آورده است. در ادامه، برخی موارد مشاهده شده از این پدیده در استان یزد ذکر گردیده است:

- نشست منطقه‌ای زمین در دشت یزد- اردکان:

موقعیت و محدوده:

دشت یزد- اردکان در بخش مرکزی استان یزد واقع شده است. نشست منطقه‌ای زمین در دشت یزد- اردکان (حدفاصل شهرهای یزد و اردکان) در مناطقی همچون اردکان، میبد، رستاق، حدفاصل میبد- اشکذر، اشکذر و زارچ، و یزد مشاهده می‌شود که بیشترین جمعیت استان یزد را به خود اختصاص داده است. وسعت دشت یزد- اردکان حدود ۱۱۳۹۳ کیلومترمربع برآورد گردیده است (شکل ۲-۸۲).



شکل ۲-۸۲) نشست منطقه‌ای زمین در دشت یزد- اردکان
(برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷)

علت تشکیل:

- استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی (علت اصلی نشست و گسیختگی)
- رمبندگی خاک در اعماق مختلف به دلیل واگرایی رس‌های موجود در اثر آبشستگی نمک‌های قابل حل؛

- نشست آب لوله‌های انتقال آب؛
- آبیاری زمین‌های کشاورزی به‌شیوه غرقابی؛
- نشست تحکیمی ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی (دارای تأثیر ناچیز)

حالت نشست:

- گسیختگی در سطح زمین با اشکال نامنظم و به دو صورت خطی (در امتداد شیب طبیعی زمین) و شعاعی (در اطراف حفرات به‌وجودآمده ناشی از نفوذ آب)
- در محل بعضی از این گسیختگی‌ها، نشست‌های نامتقارن و حفراتی با بازشدگی زیاد گاهی همراه با ریزش خاک

میزان نشست:

- در محل چاه صدرآباد رستاق: نشست معادل ۴۰ سانتی‌متر؛
- در جاده‌های ارتباطی حدفاصل میبد- اشکذر: گسیختگی‌های خطی به‌طول تا چند صدمتر و عرض تا ۰/۵ متر

سطح خسارت:

- بروز نشست و گسیختگی سطح زمین در دشت یزد- اردکان باعث مشکلات در امر ساخت‌وساز و گسترش ناحیه شهری (در مناطق حدفاصل شهرهای یزد و اردکان) شده است.
- نشست‌های نامتقارن در ساختمان‌ها و در نتیجه ایجاد شکست و گسیختگی در منازل مسکونی؛
 - کج‌شدگی دکل‌های انتقال برق؛
 - شکستگی لوله‌های آب‌رسانی؛
 - گسیختگی سطح جاده‌ها؛
 - گسیختگی‌های متعدد در سطح زمین؛
 - به هدر رفتن آب در هنگام آبیاری زمین‌های زراعی و بیابانی (در اثر نفوذ آب در محل گسیختگی‌های خطی)؛
 - ریزش و ایجاد حفره در زمین‌های کشاورزی؛
 - کاهش شدید آبدهی چاه‌ها در اثر ریزش خاک (پس از حفاری و نشست زمین‌های اطراف چاه)

به نظر می‌رسد، تنها راه تثبیت شرایط موجود و جلوگیری از تشدید پدیده نشست زمین در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بهرانی استان، توجه مدیران و برنامه‌ریزان به مدل‌سازی این پدیده به منظور پیش‌بینی رفتار زمانی آن در آینده و نقشه‌های پهنه‌بندی افت سطح آب‌زیرزمینی و مناطق احتمالی فرونشست جهت هرگونه برنامه‌ریزی کشاورزی، مسکونی، صنعتی و ... در آینده باشد.

○ راهکارهای مقابله با افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن در استان یزد

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود.

عوامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان یزد، شرایط مساعد زمین‌شناسی، استمرار پدیده خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و توسعه استان، افزایش تقاضای آب زیرزمینی (عمدتاً در بخش کشاورزی و باغداری)، تغییر کاربری زمین، بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب‌زیرزمینی و به تبع آن، افزایش افت سطح آب‌زیرزمینی همراه با کسری آبخوان‌ها می‌باشد.

از راهکارهای عملیاتی در این زمینه، مدیریت صحیح، تأمین منابع آبی، شناسایی منابع جدید و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود.

در ادامه، برخی طرح‌ها و اقدامات ضروری در راستای حفاظت از آبخوان‌های استان یزد با هدف احیاء و تعادل بخشی سفره‌های آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد:

● سیاست‌های جمعیتی

یکی از دلایل اصلی بحران آب در کشور و نیز استان یزد، افزایش بی‌رویه جمعیت بدون لحاظ نمودن کمبود و محدودیت منابع آبی بوده است. از این‌رو، یکی از راهکارهای اساسی برای فائق آمدن بر بحران آب این استان، اتخاذ و اجرای سیاست‌های جدی کنترل جمعیت است.

● مدیریت بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:

- اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در اراضی زراعی و باغی به منظور کاهش حجم مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی (همچون توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، قطره‌ای و بارانی)

- تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (همچون انتقال آب از طریق لوله به مزارع کشاورزی به‌منظور کاهش تبخیر و نفوذ آب داخل انهار به خاک)
- تهیه الگوی کشت زراعی و باغی بهینه با توجه به ظرفیت هر محدوده مطالعاتی (همچون توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، بهره‌گیری از بذره‌های اصلاح شده و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کشت محصولات زراعی)
- جلوگیری از توسعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با رویکرد افزایش تولید محصولات پروتئینی به‌خصوص فعالیت‌های دامپروری
- استفاده از آب‌های کشاورزی برای پرورش آبزیان گرمابی قبل از استفاده در کشاورزی به‌منظور بهره‌وری بیشتر از آب کشاورزی، افزایش درآمد کشاورزی و ایجاد اشتغال بیشتر
- جایگزینی و توسعه کشت محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و درآمدزایی بیشتر به‌جای محصولات آب‌بر و کم‌بازده
- احداث استخرهای ذخیره آب آبیاری
- اجرای زهکش زیرزمینی
- کاهش میزان آبدهی چاه‌ها مطابق با تغذیه آن از طریق اقداماتی به‌شرح ذیل:
 - تعیین محدوده‌های مطالعاتی دارای برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه
 - عدم صدور مجوزهای جدید بهره‌برداری
 - پایش برداشت از چاه‌های مجاز از طریق نصب کنتورهای هوشمند
 - جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز به‌واسطه عدم شارژ کارت‌های چاه، کاهش منصوبات چاه‌ها و یا مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز
 - خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی
 - اصلاح قوانین در رابطه با قیمت‌گذاری واقعی آب
 - اصلاح تأسیسات و تجهیزات و ترویج استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف
- انجام عملیات تسطیح اراضی به‌منظور کاهش حجم مصرف آب
- بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی مناسب جهت آبیاری تولیدات کشاورزی و اختصاص آب مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت
- استفاده از آب‌های غیرمعارف لب‌شور و شور مناسب برای کشاورزی و اختصاص آب‌های مناسب کشاورزی معادل آن برای مصارف شرب و صنعت

- تعادل سازی بین مصرف آب شرب، صنعت و آب بخش کشاورزی
 - احداث سدها و مخازن به منظور تأمین و ذخیره آب های شیرین برای شرب
 - جداسازی آب فضای سبز از آب شرب و تنوع بخشی در سامانه های تأمین و توزیع آب از جمله جداسازی آب شرب از کشاورزی و بهداشت
 - بررسی و اجرای طرح های تغذیه ای آبخوان ها در دشت های ممنوعه استان؛ از طریق اقداماتی به شرح ذیل:
 - مهار آب های سطحی به واسطه احداث و بهره برداری از بندها و سدهای مخزنی، تغذیه ای و انحرافی
 - تغذیه مصنوعی آبخوان ها به وسیله سیلاب های فصلی
 - بازچرخانی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب های شهری، روستایی و صنعتی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان ها
 - بررسی و استفاده از شکستگی های زمین با هدف تغذیه مصنوعی آبخوان
 - بررسی و اجرای طرح های تأمین و انتقال آب از منابع آبی داخل یا خارج استان به شهرها و محدوده های مطالعاتی دارای برداشت بی رویه آب زیرزمینی
 - حفظ، نگهداری و احیای قنوت
 - شناسایی، مطالعه و اجرای طرح شناسایی منابع آب سازندهای تحت پوشش استان
 - بررسی و اجرای طرح های ایجاد برودت، تولید ابر و باران زایی از طریق فناوری های نوین به عنوان راهکارهای تولید آب
 - استقرار گروه های گشت و بازرسی
 - استقرار و توسعه ایستگاه های اندازه گیری جی پی اس (GPS) در دشت های ممنوعه استان از اقدامات ضروری در راستای کنترل مداوم نشست زمین می باشد.
- همچنین با انجام اقداماتی نظیر فرهنگ سازی، آموزش همگانی، اطلاع رسانی و افزایش سطح دانش بهره برداران (به منظور چشم پوشی از برخی منافع کوتاه مدت) می توان میزان افت سطح آب های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را در استان یزد به حداقل رساند.

۲-۳-۲. اولویتهای مطالعاتی به منظور کاهش افت سطح آبهای زیرزمینی و فرونشست زمین

در کشور

پژوهش در زمینه پیش‌بینی و شناخت مناطق دارای رخداد فرونشست زمین از طریق بررسی‌های جامع زمین‌آشناسی در محدوده دشت‌های موردنظر به همراه مطالعات سیستماتیک فرونشست و پایش آن می‌تواند ضمن مشخص نمودن وسعت و نرخ این پدیده، اطلاعات پایه مناسبی را برای مدیران و برنامه‌ریزان کشور جهت مقابله با این پدیده و حفظ سازه‌ها و تأسیسات در معرض خطر فراهم آورد.

در ادامه، به عنوان اولویتهای پژوهشی در راستای مرتفع نمودن مشکلات و مسائل آب در سطح کشور، محورهای مطالعاتی ذیل پیشنهاد می‌گردد:

- زمین‌آشناسی و منابع آب زیرزمینی
 - مطالعات شناسایی آبخوان‌های کارستی در سطح کشور
 - مطالعات شناسایی سفره‌های تحت فشار در سطح کشور
 - بررسی عوامل تأثیرگذار در عمر مفید چاه‌ها در سطح کشور و راهکارهای افزایش عمر چاه‌ها
- مدیریت منابع آب
 - مدل‌سازی کمی و کیفی آب دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی کشور و پیش‌بینی روند آن
 - بررسی چالش‌ها و اثرات افت سطح آب زیرزمینی بر جامعه کشاورزی کشور در حال و آینده و ارائه راهکارهای مقابله با آن
 - بررسی پتانسیل پدیده نشست منطقه‌ای زمین در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه‌بحرانی کشور
 - بررسی چگونگی تأثیر تغییر سیستم‌های آبیاری از سطحی به تحت فشار در صرفه‌جویی منابع آب استان و نقش احتمالی آن در تعادل بخشی آب زیرزمینی
- تغییر اقلیم، خشک‌سالی و سیل
 - بررسی اثرات تغییر اقلیم و خشک‌سالی‌ها بر منابع آبی کشور
 - بررسی برنامه جامع مدیریت منابع آب در بحران خشک‌سالی
- منابع آب غیرمتعارف
 - امکان‌سنجی بهره‌برداری از آب‌های غیرمتعارف و منابع آب شور (همچون دریا در نواحی ساحلی)
 - مطالعه پتانسیل گردآوری آب باران و فرصت‌های استفاده از آن در محیط‌های شهری و روستایی
 - محاسبه بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی، خدمات و صنعت

منابع

- بلورچی، م.ج، قاسمی، ا.ح، شمشکی، ا. و محمدی، ی، ۱۳۹۳، وضعیت منابع آب موجود و نیاز به توسعه اکتشاف منابع آب زیرزمینی کشور (با دیدگاه بررسی پتانسیل انجام اکتشاف و مطالعات آب زمین‌شناسی در سازمان زمین‌شناسی کشور)، دفتر بررسی مخاطرات زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و مهندسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۵، مجموعه گزارشات نقشه راه علوم زمین و معدن استان‌های کشور
- شرکت مدیریت منابع آب ایران (<http://wrm.ir>)
- صیادی، ا. و کتیبه، ه، ۱۳۸۴، تحقیقات، پژوهش و طراحی سامانه اطلاعات آبخوان‌های ایران، گزارش نهایی (جلد اول و دوم)، دانشگاه تربیت‌مدرس و پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور
- مرکز آمار ایران (<http://www.amar.org.ir>)
- مسعودیان، س.ا، ۱۳۸۵، مرزبندی مناطق آبی ایران به کمک شاخص آشفتگی بارش، مقاله مجله پژوهشی- علوم انسانی، دانشگاه اصفهان
- مهشادینیا، ف، ۱۳۸۶، بانک اطلاعات فرونشست زمین در ایران، الگوی اطلاعاتی و تدوین پایگاه داده، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- مهشادینیا، ف، ۱۳۸۷، بانک اطلاعات فرونشست زمین و فروچاله‌های کارستی ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- مهشادینیا، ف، ۱۳۸۷، نقشه پراکندگی نواحی فرونشست زمین با منشأ غیر کارستی در ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- مهشادینیا، ف، ۱۳۸۷، نقشه پراکندگی نواحی دارای فروچاله‌ها و ساختارهای کارستی در ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- مهشادینیا، ف، ۱۳۸۸، تعیین نواحی خطر و دارای احتمال خطر فرونشست‌زمین در ایران ناشی از بهره‌برداری غیرمجاز منابع آب زیرزمینی، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- مهشادینیا، ف، محقق، ب، بابازاده، ن، رضایی، ع، عارفی‌پور، س، شفیع‌ی، ا. و پورحسین، م، ۱۳۹۳، ارزیابی خطرپذیری یکپارچه مخاطرات طبیعی در رویکردهای نوین آمایش سرزمین، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، سی‌وسومین گردهمایی ملی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- نقشه زمین‌شناسی، مقیاس ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور



www.ngdir.ir
info@ngdir.ir

Ministry of Industry, Mine & Trade
Geological Survey of Iran

National Geoscience Database of Iran

No.6, Shohada Blvd., 2nd Sadeghieh Sq., Tehran, Iran

Postal code : 1461655694

Tel : 44241376-9 Fax : 44223195