

بررسی پدیده نشست زمین و شکستگی‌های موجود در منطقه رستاق جنوب میبد

احمدعلی زارع مهرجردی: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، میبد، ایران*

چکیده

بر اساس نظریه زمین‌شناسان و دانشمندان سازه و متخصصین آب‌های زیرزمینی، برای نشست زمین و به دنبال آن گسیختگی و شکست، دو عامل ژئوتکتونیک و تکتونیک بیان شده است. در مطالعه منطقه رستاق که در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال غربی یزد با بیش از ۱۳ روستا قرار دارد این دو موضوع بررسی گردید. دشت یزد - اردکان با طول ۶۰ کیلومتر و عرض متوسط ۱۵ کیلومتر بین شهرهای یزد و اردکان واقع است. سفره آب زیرزمینی رستاق بخشی از سفره بزرگ دشت یزد- اردکان است. میزان افت سفره رستاق طی بیست سال گذشته ۱۵/۴ متر بوده است و سطح زمین در این محدوده بین ۱۲۰-۵۰ سانتیمتر نشست کرده است. بنابراین، پدیده نشست زمین در منطقه رستاق جنوب میبد به منظور تعیین علل نشست و روش‌های کنترل و اندازه‌گیری آن مورد بررسی قرار گرفت. پس از مرحله جمع‌آوری اطلاعات، طی بازدیدهای صحرایی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محدوده گسترش نشست زمین و جنس آبرفت‌ها در منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. مناطق دارای بیشترین شکستگی نیز مشخص و با استفاده از کمپاس برانتون امتداد شکستگی‌هایی که دارای حداکثر طول و بیشترین امتداد بودند، برداشت گردید و مختصات آنها به کمک GPS تعیین گردید. با بکار گیری دیاگرام انشیمیت قطب آن‌ها ترسیم و برای تعیین وضعیت و تحلیل شکستگی‌ها با استفاده از نرم افزار Wintek نمودار نقطه‌ای قطب‌ها به نمودار منحنی تراز تبدیل گردید. توزیع و امتداد درزه‌ها روی دیاگرام گل سرخی، با استفاده از نرم افزار flac ترسیم شد. با استفاده از ستون چینه‌شناسی چاه‌های آب حفر شده، جنس رسوبات موجود از قسمت‌های سطحی تا لایه آبدار، شناسایی و اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی در چاه‌های پیرومتر منطقه جمع‌آوری و دسته‌بندی و چندین نمونه برای آنالیز عناصر اصلی و تعیین جنس خاک ارسال گردید. نتایج نشان می‌دهد که برداشت از سفره عمیق رستاق و اردکان موجب کاهش فشار پیرومتریک حدود ۳ متر در سال شده است. این کاهش فشار موجب برهم خوردن تعادل و افزایش فشار حاصل از بار رسوبات بالایی سفره شده است به طوری که تخلخل رسوبات با جور شدگی مجدد کاهش یافته و در اثر افزایش تراکم، فرونشست حاصل شده است که در رستاق و رکن آباد به ویژه در اطراف چاه‌های بهره‌بردار با رشد ظاهری لوله جدار مشخص می‌شود. ترک‌های به وجود آمده دارای امتداد NW-SE است که با امتداد اصلی دشت یزد- اردکان مطابقت دارد. نظر به این که در منطقه مورد مطالعه بیشتر شکستگی‌ها دارای ساز و کار و روند مشخصی هستند، نمی‌توان نشست زمین را عامل اصلی به وجود آورنده آنها دانست. به طور کلی، شکستگی‌های موجود در منطقه رستاق تحت تاثیر دو عامل نشست و عوامل تکتونیک ناشی از فعالیت گسل‌های فعال منطقه ایجاد شده‌اند. گسل‌های نائین بافت و خراش به صورت دو گسل موازی امتداد که نقش یک زون برشی را ایفا می‌کنند و باعث ایجاد شکستگی در رس‌ها می‌شوند و افت آب زیرزمینی باعث نشست زمین و توسعه شکستگی‌ها در منطقه می‌شوند. اصلاح روش‌های مدیریت منابع آب، تغییر روش‌های آبیاری و تغذیه مصنوعی به عنوان روش‌های کنترل نشست در منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نشست زمین، رستاق، جنوب میبد، سفره آب زیرزمینی

مقدمه

گسیختگی‌های متعدد در سطح زمین در حد فاصل شهر یزد و اردکان است که آثار آن بر جاده‌ها و ساختمان‌ها مشهود است.

یکی از مشکلات موجود در امر ساخت و ساز و گسترش ناحیه شهری در استان یزد بروز

آسیب رسیدن به سازه‌ها و راه‌های ارتباطی. در منطقه مورد مطالعه تعداد زیادی کارخانه و واحد تولیدی در قالب شهرک‌های صنعتی بزرگ ساخته شده و یا در دست احداث است و در آینده نزدیک نیز به تعداد آنها افزوده خواهد شد و همچنین دو شهر میبد و اشکذر در این محدوده قرار دارند و شبکه‌های آبرسانی، گاز، برق و تلفن به طور گسترده‌ای منطقه را تحت پوشش قرار داده است. بنابراین در صورت ادامه نشست زمین با روند فعلی، بروز خسارات سنگین در آینده می‌تواند منطقه را با بحران مواجه سازد. در این تحقیق پدیده نشست زمین در منطقه رستاق مورد بررسی قرار گرفته و ضمن شناخت علل به وجود آمدن نشست، راهکارهایی برای کنترل و مهار آن ارائه گردیده است تا به وسیله آن بتوان از ادامه نشست زمین جلوگیری کرد. همچنین ویژگی‌های زمین ریخت‌شناسی گسل‌های موجود با استفاده از روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و تأثیر آنها بر ایجاد شکستگی‌های منطقه بررسی شده است.

روش تحقیق

در ابتدا اطلاعات موجود از کارهای قبلی و حفاری‌های انجام شده در منطقه جمع‌آوری و پس از آن، طی بازدیدهای صحرایی، محدوده گسترش نشست زمین مورد مطالعه، همچنین جنس و محدوده گسترش آبرفت‌ها تا حد زیادی تعیین شده است. جهت شناخت دقیق عوارض ساختاری نظیر گسل‌ها، درزه‌ها و شکاف‌های موجود در زمین، تعیین نوع گسل‌ها، مکانیسم حرکت و مقدار جابجایی آنها در ابتدا مناطق دارای بیشترین شکستگی مشخص و سپس برای هر منطقه به طور جداگانه سیستم درزه‌ها بررسی

پدیده نشست و گسیختگی زمین در مناطق مختلف جهان مشاهده گردیده است. در کشور آمریکا و در دره پیکاجو در ایالت کالیفرنیا که یک منطقه گسله است نشست معادل ۹ متر بین سال‌های ۱۹۲۵ تا ۱۹۷۵ رخ داده و باعث گسیختگی‌های سطحی و خسارتی معادل یکصد میلیون دلار در منطقه گردیده است (هاوز ۱۹۸۸) در شهر توکیو طی ۳۵ سال اخیر نشست‌هایی معادل ۳ تا ۴ متر گزارش شده که همگی با ایجاد گسیختگی و ترک در سازه‌ها همراه بوده است (داوود رحمانیان، ۲، ۱۳۶۴)

نشست شهر مکزیکو طی ۲۰ الی ۲۵ سال اخیر باعث کج شدن ساختمان و ترک برداشتن دیوارها شده است و این نشست در بعضی مناطق تا ۶ متر گزارش شده است (داوود رحمانیان، ۲، ۱۳۶۴) رستاق در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال غربی یزد در جنوب میبد و بین طول‌های جغرافیایی $10^{\circ} 54'$ تا $30^{\circ} 12' 30''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $31^{\circ} 06'$ تا $15^{\circ} 10' 32''$ شمالی با ارتفاع ۱۲۱۸ متر از آبهای آزاد واقع شده است. این منطقه با بیش از ۱۳ روستا در دشت یزد - اردکان در امتداد جاده اصلی قرار دارد.

در زمین‌های آبرفتی جنوب میبد و به خصوص منطقه رستاق، سطح زمین طی بیست سال گذشته بین ۱۲۰-۵۰ سانتیمتر نشست داشته است. نشست زمین در این منطقه عواقب مخربی در پی داشته است که مهمترین آنها عبارتند از: تخریب لوله جدار چاه‌های آب و در نتیجه خشک شدن چاه‌ها، تغییر شیب آبراه‌ها و زهکش‌های سطحی، بایر شدن زمین‌های کشاورزی، ریزش در کناره‌های آبخوان، ایجاد ترک‌ها و شکاف‌های عمیق در سطح زمین و در مواردی

پیروی می‌کند. گسل فعال یزد با امتداد NW-SE از مرکز دشت عبور کرده و آبرفتهای جوان را جابجا کرده است.

بزرگترین و بهترین سفره ی زیرزمینی استان یزد که آب مورد مصرف کشاورزی، نوشیدن و صنعت شهرستان‌های بزرگ یزد، میبد، اردکان و توابع را تأمین می‌کند سفره آب زیرزمینی واقع در دشت یزد - اردکان است. بهره برداری از این سفره به صورت همزمان از طریق قنات‌ها و چاههای عمیق صورت می‌گیرد. عمق این سفره بر اساس حفاری‌های صورت گرفته در منطقه تا ۴۰۰ متر ثابت شده است ولی عمق نهایی یعنی محل تماس با پی سنگ حداقل ۵۰۰ متر در محور اصلی دشت برآورد می‌گردد. سفره آب زیرزمینی رستاق بخشی از سفره بزرگ دشت یزد- اردکان است که ورودی آن مهریز و خروجی آن چاه افضل در شمال اردکان است. آب‌های زیرزمینی در سفره یاد شده از جنوب به شمال در حرکت می‌باشد. دلیل این حرکت وجود اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای سفره است به این صورت که مهریز در ارتفاع ۱۴۰۰ متر و چاه افضل در ارتفاع ۹۹۰ متر از سطح دریا واقع است. این بدان معنا است که حدود ۴۱۰ متر اختلاف سطح بین دو انتهای سفره یزد- اردکان وجود دارد. به دلیل وجود این اختلاف ارتفاع، آب وارده به سفره به صورت سرریزی عمل کرده و جریان آب زیرزمینی با سرعت نسبتاً زیاد به سفره اصلی و عمیق دشت ملحق می‌شود. البته این شیب یکنواخت نیست و مقدار آن در نقاط مختلف متفاوت است. از مهریز تا یزد و میبد شیب ۳/۵ در هزار وجود دارد و چاه افضل که خروجی سفره محسوب می‌گردد، شیب ۱ در هزار است.

گردیده است. برای این کار در هر نقطه با استفاده از کمپاس برانتون امتداد شکستگی‌هایی که حداکثر طول و بیشترین امتداد را دارا بودند برداشت شده و مختصات آنها به کمک GPS تعیین گردید.

سپس با بکارگیری دیاگرام اشمیت قطب آنها ترسیم و جهت تعیین وضعیت و تحلیل شکستگی‌ها با استفاده از نرم افزار Wintek نمودار نقطه‌ای قطب‌ها به نمودار منحنی تراز تبدیل شد. برای بهتر نشان دادن توزیع و امتداد درزه‌ها در منطقه، با استفاده از نرم افزار Dips 3.3 دیاگرام گل سرخی این شکستگی‌ها تهیه شده است.

با استفاده از نمونه برداری الکتریکی (ستون چینه شناسی) چاه‌های آب حفر شده توسط سازمان آب منطقه ای استان یزد، جنس رسوبات موجود را از قسمتهای سطحی تا لایه آبدار، شناسایی شده و اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی در چاه‌های پیزومتر منطقه جمع آوری و دسته بندی گردید. برای شناسایی نوع رس‌های موجود، تعداد چهار نمونه رس از نقاط مختلف محدوده از اعماق ۵-۱ متری زیر سطح زمین برداشت شده و جهت انجام آنالیز XRF و XRD به آزمایشگاه ارسال گردید. همچنین برای تعیین حد انقباض رس از اطلاعات آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره راه و ترابری یزد استفاده گردید. بر اساس داده‌های موجود، حد انقباض رس در عمق ۵-۰ متری متوسط و در عمق ۱۰-۵ متری بالا گزارش شده است (مور، ۱۹۷۹، ۱۰).

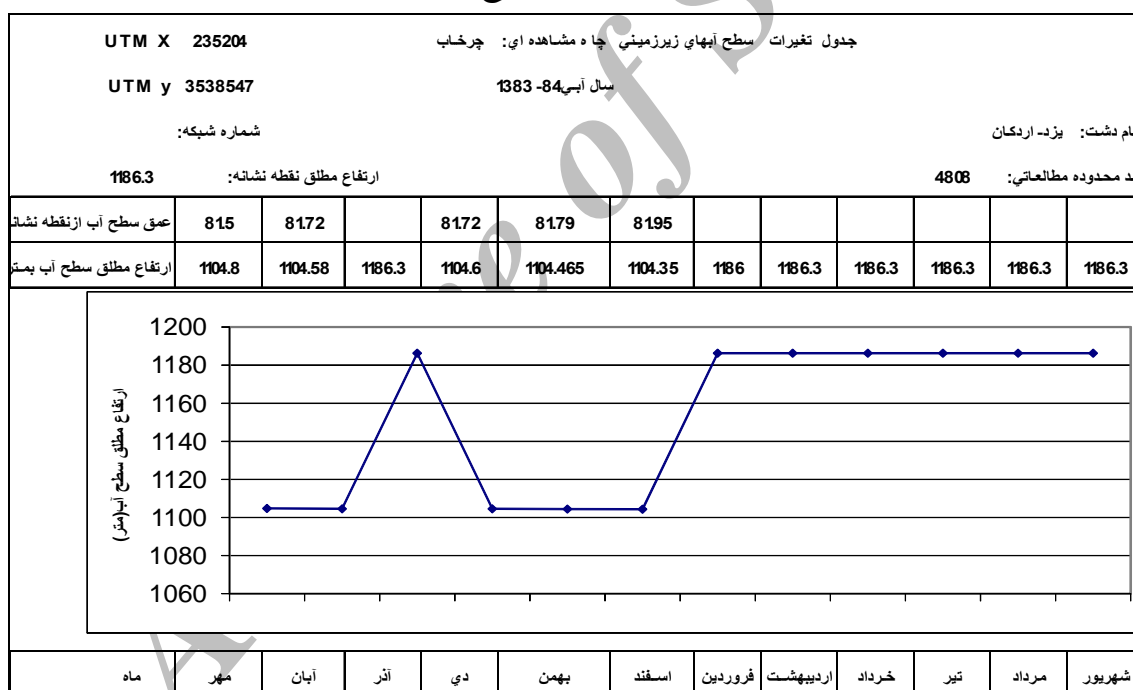
بحث

امتداد اصلی دشت یزد - اردکان، شمال غربی - جنوب شرقی است که از روند گسل‌های اصلی منطقه

جدول ۱، هیدروگراف خطی تغییرات سطح آب زیرزمینی چرخاب در سال آبی را در سال ۸۳-۸۴ نشان می‌دهد. به طوری که دیده می‌شود در این سال آبی در ماههای مهر و آبان و فصل زمستان سطح آب زیر زمینی افت داشته و در بقیه مدت نوسان زیادی نشان نمی‌دهد. همان طور که در بالا اشاره شد، در طی یک دوره ۱۹ ساله سطح آب زیر زمینی در حدود ۲۰ متر افت داشته است.

در استان یزد حدود ۳۰۰۰ حلقه چاه عمیق ونیمه عمیق در حال بهره برداری است که ۱۷۰۰ حلقه آن عمیق و ۱۳۰۰ حلقه نیمه عمیق است. عمیق‌ترین چاه منطقه رستاق چاه چرخاب است که ۴۰۰ متر عمق دارد و در سال ۱۳۶۴ حفر شده است. سطح آب در هنگام حفاری در عمق ۶۰ متری بوده اما در سال ۱۳۸۳ به حدود ۸۰ متری رسیده است. یعنی در مدت ۱۹ سال سطح آب حدود ۲۰ متر افت داشته است. نوع سفره در این چاه، آزاد است (اخوان طباطبایی، ۱۳۶۵، ۱).

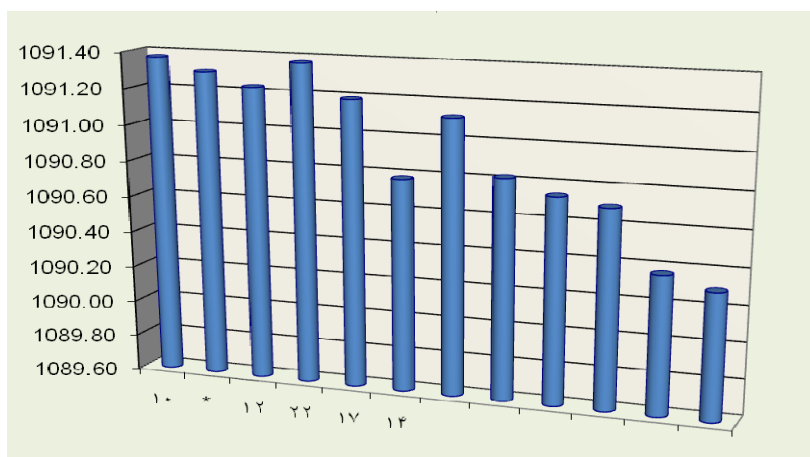
جدول ۱- هیدروگراف خطی تغییرات سطح آب زیرزمینی چرخاب



- هیدروگراف خطی تغییرات سطح آب زیرزمینی چرخاب در سال آبی در سال ۸۳-۸۴ در این سال آبی در ماههای مهر و آبان و فصل زمستان سطح آب زیر زمینی افت داشته و در بقیه مدت نوسان زیادی نشان نمی‌دهد. ولی در طی یک دوره ۱۹ ساله سطح آب زیر زمینی در حدود ۲۰ متر افت داشته است. (گزارشات سازمان آب منطقه ای یزد)

رستاق در یک دوره ۲۰ ساله از سال ۶۴ تا ۸۴ مقدار ۱۵/۴ متر بوده است. یعنی میزان افت سالیانه در حدود ۷۷ سانتیمتر است.

در شکل (۱)، تغییرات ارتفاع سطح آب در یک دوره بیست ساله در چاه طرح آبرسانی رستاق آمده است. میزان افت سطح آب در چاه طرح آبرسانی



شکل ۱- هیدروگراف ستونی تغییرات سطح آب زیرزمینی رستاق در یک دوره ۲۰ ساله از سال ۶۴ تا ۸۴ میزان افت سطح آب زیرزمینی رستاق به میزان سالانه ۷۷ سانتیمتر در این هیدروگراف دیده می‌شود

کیفی رس‌ها به روش XRD نیز این موضوع را تأیید می‌کند (جدول ۲).

نتایج آنالیز XRF نشان دهنده آن است که رس‌های موجود در منطقه بیشتر از نوع مونت موریونیت کلسیم- منیزیم دار هستند. نتایج آنالیز

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی چهار نمونه رس به روش XRF مربوط به دشت یزد- اردکان

| Sample no | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | CaO % | MgO % | K ₂ O % | Na ₂ O % |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|-------|--------------------|---------------------|
| معدن رس میبد | ۵/۵۶ | ۱۰/۸۳ | ۴۲/۴۰ | ۱۲/۹۵ | ۰/۰۰۱ | ۱/۷۵ | ۱/۰۶ |
| معدن و کوره آجرپزی رستاق | ۵/۵۸ | ۱۰/۲۰ | ۴۲/۳۵ | ۱۳/۱۸ | ۴/۲۵ | ۱/۷۵ | ۰/۹۶ |
| رس شمس آباد رستاق | ۴/۵۰ | ۱۱/۸۲ | ۴۲/۷ | ۱۰/۰۵ | ۶/۹۰ | ۱/۶۰ | ۱/۲۱ |
| رس مجموعرد رستاق | ۵/۰۲ | ۱۱/۳۳ | ۴۱ | ۱۱/۷۵ | ۵/۸۰ | ۲/۷۰ | ۱/۳۱ |

جدول ۳- الف

| Depth (m) | Type Borhole M |
|-----------|--------------------------------|
| 0-2 | High Silt + Clay with low sand |
| 2-3 | Silt + Clay |
| 3-5 | Sand |
| 5-6 | Silt + Clay with low sand |
| 6-8 | Silt + Clay |
| 6-8 | Silt |
| 8-9 | Silt + Clay with low sand |
| 9-10 | Silt + Clay |
| 10-11 | High Clay + Silt |
| 11-15 | Silt + Clay |

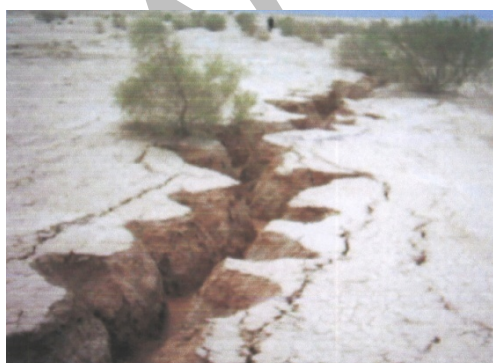
نتایج حاصل از حفاری تعداد چهار حلقه گمانه ۱۵ متری و یک گمانه ۹۰ متری مربوط به منطقه رستاق در جداول شماره ۳ الف تا ۳ د آمده است. همان طور که در این جدول‌ها دیده می‌شود جنس سفره آب زیرزمینی رستاق ریزدانه و بیشتر از جنس سیلت و رس است.

بنابراین، کاهش میزان قابلیت انتقال آب در نواحی شرقی به دلیل کاهش ضخامت لایه اشباع و در سمت شمال غرب سفره به دلیل کم بودن میزان هدایت هیدرولیکی رسوبات است.

با توجه به بالا بودن درجه حرارت منطقه و تبخیر شدید، سنگین بودن بافت خاک و پایین بودن سطح آب زیرزمینی به نظر می‌رسد که نباید بیش از ۱۰ درصد آب مورد مصرف در کشاورزی از طریق نفوذ به سفره آب زیر زمینی باز گردد. منطقه چرخاب و یزدگرد دارای ترک‌های فراوان و عمیقی هستند که در اصطلاح محلی شق نامیده می‌شوند و سیلاب‌های جاری شده در منطقه، به طور آبی در آنها فرو می‌رود (شکل ۲).



شکل ۲- الف ترک‌ها و شکستگی‌های زمین در رستاق



شکل ۲- ب شکل خاص شکستگی‌ها که نشان دهنده عملکرد ناحیه برشی است

جدول ۳- ب

| Depth (m) | Type Borhole AC |
|-----------|------------------|
| 0-3 | High Silt + Clay |
| 3-7 | High Clay + Silt |
| 7-9 | Sandy silt |
| 9-10 | High Silt + Clay |
| 10-12 | High Clay + Silt |
| 12-15 | High Silt + Clay |

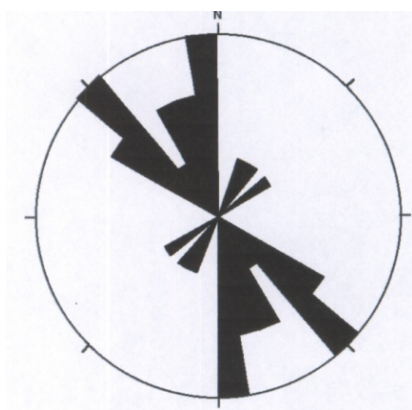
جدول ۳- ج

| Depth (m) | Type Borhole AS |
|-----------|--------------------------------|
| 0-3 | High Silt + Clay |
| 3-5 | High Clay + Silt |
| 5-6 | High Silt + Clay with low sand |
| 6-7 | Sandy silt |
| 7-8 | High Clay + Silt |
| 6-8 | Silt |
| 8-9 | Sandy silt |
| 9-10 | Silt + Clay |
| 10-14 | High Silt + Clay with low sand |
| 14-15 | High Silt + Clay |

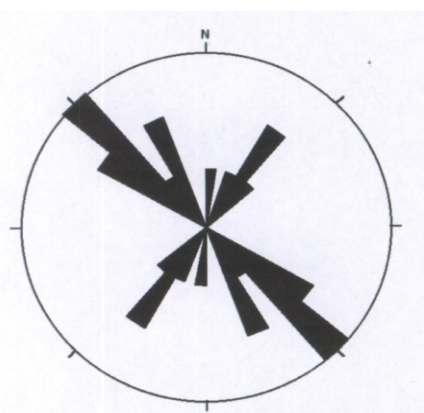
جدول ۳- د

| Depth (m) | Type Borhole AS |
|-----------|--------------------------------|
| 0-3 | High Silt + Clay |
| 3-5 | High Clay + Silt |
| 5-6 | High Silt + Clay with low sand |
| 6-7 | Sandy silt |
| 7-8 | High Clay + Silt |
| 6-8 | Silt |
| 8-9 | Sandy silt |
| 9-10 | Silt + Clay |
| 10-14 | High Silt + Clay with low sand |
| 14-15 | High Silt + Clay |

در نزدیکی نوار کنگلومرایی واقع در شرق سفره، به دلیل کاهش ضخامت آبرفت و نزدیک شدن به ارتفاعات، ضریب قابلیت انتقال (T) کم می‌شود. از سمت جنوب شرق سفره به سمت شمال غرب (جنوب اردکان) به دلیل افزایش رس و مارن قابلیت انتقال آب (T) به میزان زیادی کاهش می‌یابد.



شکل ۳- دیاگرام گل سرخی شکستگی های غرب بندر آباد



شکل ۴- شکستگی‌های شرق روستای همت آباد



شکل ۵- گسیختگی جاده یزد - اردکان (ستو)

همان طور که دیاگرام گل سرخی (اشکال ۶ و ۷) حاصل از برداشت شکستگیها در دو محدوده جنوب کارخانه کاشی مجتمع و غرب روستای جلال آباد در منطقه شمالی رستاق نشان می‌دهد، این شکستگی‌ها تقریباً دارای روند مشابهی هستند. ولی روندشان

در بخش شرقی رستاق آبرفت‌ها دانه ریز و آبدهی چاه‌ها کم‌تر است. در نیمه شمالی دشت یزد- اردکان علاوه بر سفره سطحی، یک سفره عمیق تحت فشار هم وجود دارد که فشار پیزومتریک آن کمتر از سفره سطحی است. نشست زمین باعث شکستن لوله‌ها و خشک شدن چاه‌ها شده است به طوری که عمر مفید چاه‌ها در منطقه کم تا خیلی کم است به طوری که هر ۱ یا ۲ سال باید جای چاه‌ها عوض شود.

برداشت بی‌رویه آب موجب پایین رفتن سطح ایستایی شده و به دنبال آن، هر ساله با کف شکنی، عمق چاه‌ها را بیشتر می‌کنند به طوری که عمق چاه‌ها در برخی نقاط به ۲۵۰ متر می‌رسد. سطح زمین در این محدوده ۱۲۰-۵۰ سانتیمتر نشست کرده است.

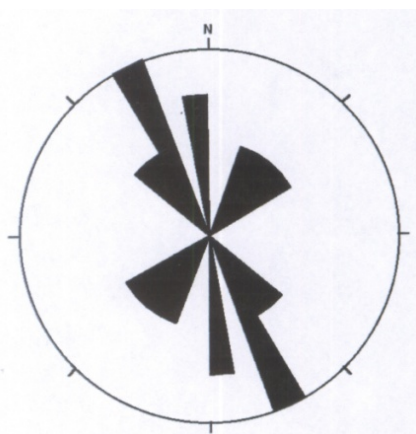
بررسی شکستگی‌ها در شرق روستای همت‌آباد در مجاورت جاده سنتو و دیگری در غرب روستای بندرآباد نشان می‌دهد که این شکستگی‌ها در هر دو محدوده تقریباً دارای روند یکسانی هستند (شکل ۳- دیاگرام گل سرخی شکستگی های غرب روستای بندرآباد و شکل ۴- دیاگرام گل سرخی شکستگی های شرق روستای همت آباد) این شکستگی‌ها باعث گسیختگی جنگل‌های طاق و جاده شده‌اند. مهم‌ترین اثری که آن‌ها بر محدوده شرقی روستای همت‌آباد تحمیل کرده‌اند، شکستگی جاده سنتو است (شکل ۵). به طوری که با تعمیر مجدد این بخش دوباره شاهد گسیختگی هستیم.

در قسمت شکسته شده تغییر مکان قابل توجهی پیدا کند. شکستگی‌های برشی ناشی از تنش‌هایی است که سعی در لغزش لایه دارند و هنگامی که لایه در نتیجه این دسته تنش‌ها گسسته می‌شوند، دو قسمت جدا شده ممکن است در امتداد سطح شکستگی لغزش قابل توجهی پیدا کنند. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه دو عامل اصلی نشست زمین و عوامل تکتونیک باعث ایجاد این شکستگی‌ها شده است (زارع مهرجردی و دیگران ۱۳۸۶).

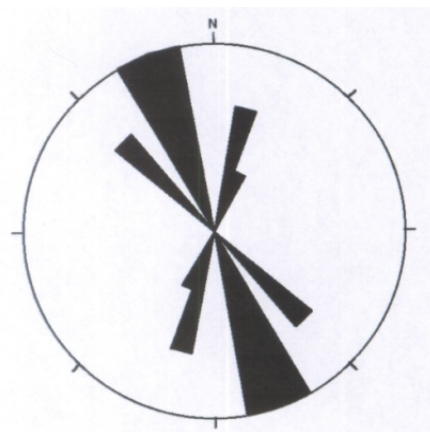
عامل اصلی نشست در منطقه مورد مطالعه، استخراج آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در مناطقی که با بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و بیلان منفی حوزه آبریز مواجه هستند، افزایش تنش مؤثر خاک اصلی فشردگی لایه‌های زمین به شمار می‌رود. تنش مؤثر در هر عمقی از خاک از رابطه: $p_i = p_t - p_h$ محاسبه می‌شود. که در آن p_i تنش مؤثر، p_t تنش کل و p_h فشار هیدرولیکی در هر منطقه است. حال اگر به گونه‌ای p_h کاهش و یا p_t افزایش یابد مقدار تنش مؤثر نیز افزایش خواهد یافت. در اکثر آبخوان‌ها به علت افزایش بهره‌برداری از منابع آب یا کاهش سطح ایستایی در سیستم‌های آبدی آزاد یا کاهش فشار پیرومتری در سیستم آبدی محصور مواجهیم که هر دو این‌ها باعث کاهش p_h و در نتیجه افزایش p_t و نشست لایه‌ها می‌گردد. در این حالت بر اثر نشست، شکاف‌هایی بر سطح زمین به وجود می‌آیند که اکثراً از نوع کششی و به شکل شعاعی بوده و فاقد روند خاصی هستند.

نظر به این که در منطقه مورد مطالعه شکستگی‌ها دارای ساز و کار و روند مشخصی هستند، نمی‌توان نشست زمین را عامل اصلی بوجود آورنده آن‌ها

نسبت به شکستگی‌های منطقه جنوبی کاملاً متفاوت است، به طوری که در روند شکستگی‌ها، یک تغییر زاویه حدود ۲۰ درجه را شاهد هستیم. برای نمونه شکستگی‌هایی که در بخش جنوبی دارای روند $N135^\circ$ بودند، در این بخش دارای روند $N155^\circ$ هستند (زارع مهرجردی، ۱۳۸۲).



شکل ۶- شکستگی‌های شمال کارخانه کاشی مجتمع

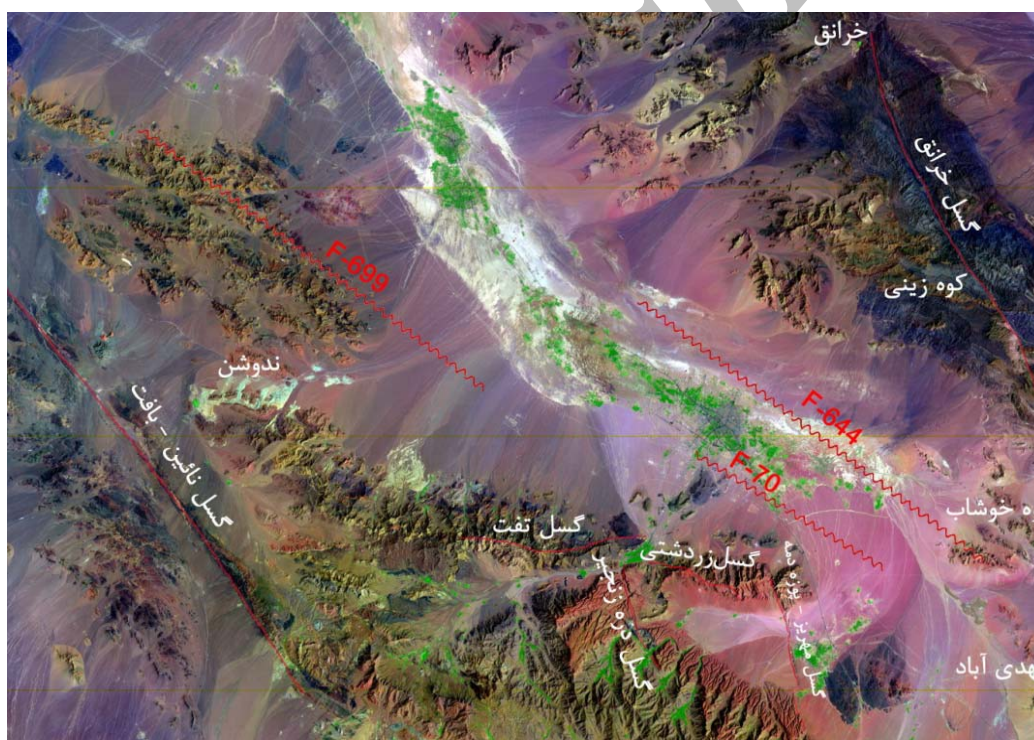


شکل ۷- شکستگی‌های غرب روستای جلال آباد

شکستگی‌های حاصل در یک لایه را می‌توان به دو گروه گسستگی‌های کششی و برشی تقسیم کرد (مورل، ۱۱، ۱۹۷۷). شکستگی‌های کششی نتیجه اعمال تنش‌هایی است که سعی در جدا کردن لایه دارد و هنگامی که لایه بالاخره شکسته می‌شود، ممکن است

این دو گسل با فعالیت خود باعث دگر شکلی و تغییر ساختارهای زمین شناسی منطقه شده‌اند که می‌توان ایجاد شکستگی‌های دشت یزد- اردکان را ناشی از تکتونیک فعال در آن دانست (زارع مهرجردی، ۱۳۷۳). این دو گسل که به موازات هم قرار گرفته‌اند با حرکت راستگردشان یک ناحیه برشی را به وجود می‌آورند (شکل ۸).

دانست. البته شکستگی‌هایی که در محدوده چاه‌های منطقه واقع شده‌اند را می‌توان به نشست زمین در اثر ایجاد مخروط افت نسبت داد. از مهم‌ترین عناصر تکنوتیکی منطقه گسل‌ها هستند که در مرز غربی (گسل عقدا- رحمت آباد)، غرب (گسل ناین- بافت)، مرز شرقی (گسل شمال یزد) و در شرق (گسل خرائق) منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. گسل عقدا- رحمت آباد و شمال یزد به صورت گسل‌های فعال معرفی شدند.



شکل ۸ - قرار گیری دشت یزد- اردکان بین دو گسل موازی ناین - بافت و گسل خرائق که با حرکت راستگردشان یک ناحیه برشی را به وجود می‌آورند

محدوده خصوصیت شکننده تا شکل پذیر متغیرند. در حقیقت بسیاری از مناطق گسلی را می‌توان به عنوان مناطق برشی در نظر گرفت (اسکمپتون، ۱۹۶۶، ۱۵).

مناطق برشی، مناطق باریک با حاشیه‌های تقریباً موازی، مربوط به دگر شکلی شدید ناهم محور (Non-coaxial) هستند. آن‌ها در تمام مقیاس‌ها در حد پوسته‌ای تا میکروسکوپی به وجود می‌آیند و در

خاک این منطقه از نوع سیلت و رس است. شکاف‌های موجود دارای عمق زیادی هستند و وجود این شکاف‌ها باعث تبخیر رطوبت خاک در بخش‌های عمیق تر شده و در نتیجه با خشک شدن حجم بیشتری از خاک، شکافها وسیع تر و عمیق تر شده‌اند. بخش‌های سیلتی و رسی تشکیل دهنده سفره آب زیر زمینی رستاق نسبت به بخش‌های دانه درشت ماسه‌ای بیشتر تحت تاثیر نیروهای مؤثر در ایجاد تراکم قرار گرفته‌اند. به علاوه پایین رفتن سطح آبهای زیر زمینی نیز سبب افزایش ضخامت رسوبات بالای سفره شده و هردو عامل، میزان نشست در منطقه رستاق را شدت بخشیده است. (poland ۱۹۶۳، ۱۳)

برداشت از سفره عمیق رستاق موجب کاهش فشار پیرومتریک حدود ۳ متر در سال شده است. این کاهش فشار موجب برهم خوردن تعادل و افزایش فشار حاصل از بار رسوبات بالایی سفره گردیده است به طوری که تخلخل رسوبات با جور شدگی مجدد کاهش یافته و در اثر افزایش تراکم، فرونشست حاصل شده است که در رستاق و رکن آباد به ویژه در اطراف چاههای بهره برداری با رشد ظاهری لوله جدار مشخص می‌شود. ترک‌های به وجود آمده دارای امتداد NW-SE است که با امتداد اصلی دشت یزد-اردکان مطابقت دارد. میزان نشست در مرکز دشت که تراکم چاه وجود دارد بیشتر است. به سمت مرکز دشت آبرفتها دانه ریزتر می‌شوند. در محدوده مطالعاتی سابقه و یا شاهدهی مبنی بر عملیات معدنکاری و یا احداث سازه‌های زیرزمینی در مقیاس منطبق با پهنه فرونشست وجود ندارد. همچنین فروریزش دیواره و سقف قنات‌ها نیز در چنین ابعادی نمی‌تواند ایجاد فرونشست نماید. از سوی دیگر امکان ایجاد حفرات

با بررسی شکستگی‌ها که در اکثر مناطق دشت یزد- اردکان وجود دارند، روند خاصی را در آن‌ها شاهد هستیم. این جهت‌گیری نشان دهنده تأثیر عوامل تکتونیکی در منطقه است. البته، شکل خاص شکستگی‌های جوان و عملکرد آن‌ها قبل از دو دهه اخیر نظریه فوق را قوت می‌بخشد. در نتیجه چنانچه با دید تکتونیکی منطقه بررسی شود دو عنصر ساختاری اصلی، یکی گسل نایین- بافت در غرب و دیگری گسل خرائق در شرق آن مشاهده می‌شود که با فعالیت خود سبب دگر شکلی و دگر ریختی‌های ساختاری مهمی شده‌اند.

در غرب منطقه، ایجاد پهنه‌های تراورتن، چین خوردگی تشکیلات تئوژن، دگر سانی‌های هیدروترمال، نفوذ توده‌های آذرین، چرخش محور چین‌ها و تمرکز گسل‌های فرعی و ریدل نشانه‌هایی از فعالیت گسل نایین بافت است. در شرق منطقه نیز، ایجاد خطواره‌های مشخص در کوهستان، جابه جایی مسیر رودخانه و تشکیلات رسوبی، تمرکز گسل‌های فرعی و بروز زلزله‌هایی در مجاور آن از نشانه‌های مهم فعالیت گسل خرائق به حساب می‌آید (فیض نیا، ۶، ۱۳۷۱).

نتیجه‌گیری

افزایش بهره برداری از منابع آب (۱۹۷۸، ۱۲) penman با کاهش سطح ایستایی در منطقه رستاق باعث کاهش فشار هیدرولیکی و در نتیجه افزایش تنش کل و ایجاد نشست زمین شده است. میزان افت سفره رستاق طی بیست سال گذشته ۱۵/۴ متر بوده است.

جلوگیری از ادامه فعالیت استفاده کنندگان غیر مجاز و چاه‌های حفر شده مبادرت ورزید. در غیر این صورت و با روند موجود ضمن از دست دادن بخش عظیمی از منابع آب برای همیشه، پدیده‌هایی نظیر فرونشست‌های نقطه‌ای یا ناحیه‌ای با ابعاد نامعلوم و با آسیب‌های جبران ناپذیر، باز هم به وقوع خواهد پیوست.

منابع

اخوان طباطبایی، سید مهدی، (۱۳۶۵)، بررسی نشست زمین در دشت یزد- اردکان.
 رحمانیان، داوود، (۱۳۶۴)، نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آب‌های زیر زمینی کرمان، مجله آب، شماره ۵، آذر ۱۳۶۴.
 زارع مهرجردی، احمد علی، اسلامی زاده، عزت، سامانی راد، شهرام، (۱۳۸۶)، طرح بررسی پدیده نشست زمین در منطقه رستاق جنوب میبد به منظور تعیین علل نشست و روش‌های کنترل و اندازه‌گیری آن (۱۳۸۶).
 زارع مهرجردی، احمد علی، (۱۳۷۳)، تحلیل دگرشکلی گسل دهشیر - بافت در عرض جغرافیائی ۳۲ - ۳۲/۳۰، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۳).
 زارع مهرجردی، احمد علی، (۱۳۸۲)، تکتونیک جنوب و الگوی دگرریختی گستره البرز باختری (بین طولهای جغرافیائی ۴۹ تا ۵۰/۳۰ خاوری، پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. (۱۳۸۲).
 عالمی، افشین، (۱۳۷۶)، بررسی پدیده نشست و گسیختگی سطح زمین بر اثر استخراج آبهای زیر

انحلالی و کارست در سازندهای زمین شناسی منطقه و به طور ویژه در سنگ کف وجود ندارد. در بررسی میزان تأثیرگذاری عوامل تکتونیکی و نقش احتمالی گسل‌ها در شکل‌گیری فرونشست، مجموع مطالعات نشان می‌دهد که جهت‌گیری برخی از شکستگی‌ها در دشت یزد- اردکان تحت تأثیر عوامل تکتونیکی در منطقه است. شکستگی‌هایی که در اثر برداشت بیش از حد آبهای زیر زمینی و افت سطح ایستابی ایجاد می‌شوند اکثراً از نوع کششی و به شکل شعاعی بوده و فاقد روند خاصی هستند.

نظر به این که در منطقه مورد مطالعه بیشتر شکستگی‌ها دارای ساز و کار و روند مشخصی هستند، نمی‌توان نشست زمین را عامل اصلی به وجود آورنده آن‌ها دانست. البته، شکستگی‌هایی که در محدوده چاه‌های منطقه واقع شده‌اند را می‌توان به نشست زمین در اثر ایجاد مخروط افت نسبت داد.

به طور کلی، شکستگی‌های موجود در منطقه رستاق تحت تأثیر دو عامل نشست و عوامل تکتونیکی ناشی از فعالیت گسل‌های فعال منطقه ایجاد شده‌اند. برداشت بیش از حد مجاز آب را می‌توان نتیجه عدم وجود مدیریت صحیح منابع آب در بخش برداشت و از سوی دیگر به هدر رفتن حجم عظیمی از آب در نتیجه نادرست بودن شیوه‌های کشاورزی و مصارف صنعتی یا بطور خلاصه مصرف نامتناسب دانست. به عنوان راهکار دراز مدت بر مبنای تجربه سایر کشورها چاره‌ای جز اصلاح روشهای مدیریت منابع آب وجود ندارد و تا زمان باقی است باید به سوی آن حرکت کرد. اما تا آن هنگام و به عنوان راهکار فوری و اضطراری دست کم می‌توان به

- Moore, J.F.A. and Long Worth, T. (1979), Hydraulic Uplift at the base of a deep excavation
- MurreLL, S.A.F. (1977), Natural Faulting and the Mechanics of brittle shear failure J.Geol.Soc.133, 175-90.
- Penman, A.D.M. (1978), Ground water and foundations, (in foundation Engineering in Difficult Ground), Bell, F.G(Ed), Butterworths, London, 204-25.
- PoLAND, J.F. and Davis, G.H. (1963) Land subsidence due to the removal of fluids, Reviews in engg geol., Geol. soc. am, 190-269
- Sherade.j, dunniga, L, Decker, R ASTMSTP P.P 3-12 some engineering problems With Dispersive Clay. (1977)
- Skempton, A.w. (1966). Some observation on tectonic shear zone, proc. Istint. Conf. rock mech., Lisbon, 1,329-55.
- زمینی، سمینار کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک خاک و پی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۶).
- فیض‌نیا، سادات، (۱۳۷۱)، جزوه درسی سازنده‌های دوران چهارم، کارشناسی ارشد گروه احیای مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۰۸ صفحه.
- گزارشات مختلف شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد.
- Houzer, T.L. (1988), Man-induced Land subsidence, Review in engineering geology volume VI the Geological society of In oxford clay, Geotechnique, 29, America 35-46.

Archive of SID