نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۷ شماره ۱، صفحه ۱۵۸-۱۴۴، (۱۳۹۹)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2019.122160
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0875.1399.27.144.78.1.1575.1606

اثر پویایی ساختاری گنبد نمکی بر شوری اراضی پیرامون آن

سمیرا زندی‌فر[1*]، مریم نعیمی[2] و زهره ابراهیمی خوسفی[3]

۱*-نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
پست الکترونیک: zandifar@rifr-ac.ir

۲- استادیار، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۹

چکیده

مهمترین عامل زمین ساختاری که در بیابان‌زایی موثر است رخنمون گنبدهای نمکی است. به علت خاصیت انحلال پذیری آن و همچنین تاثیری که می‌تواند بر کیفیت منابع آب و خاک مناطق اطراف بگذارد، مطالعه و بررسی آن از اهمیت ویژه‌ای در طرح‌های کشاورزی و منابع طبیعی برخوردار است زیرا منجر به کاهش حاصلخیزی خاک و گسترش بیابان‌ها خواهد شد. در این پژوهش سعی شده است با بررسی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و هم چنین بررسی عوامل زمین‌شناسی، ریخت‌شناسی، پویایی نمک و درزه‌های تکتونیکی اطراف گنبد نمکی دشتی ارتباط آن در بیابان زایی، مشخص گردد. ضخامت ستون نمک در گنبد نمکی دشتی حدوداً ۲۸۰۰ متر برآورد شده است و نمکسارهای نمکی تحت تاثیر توپوگرافی گنبد (شمال شرقی- جنوب غربی) از دو طرف، سرازیر شده و روی سنگ‌های درون گیر اطراف قرار گرفته‌اند. بنابراین رسوبات پایین دست مدام مورد تهدید آلودگی ها می‌باشند. با بررسی پویایی گنبد مشخص شد که تعادل میان میزان عرضه و فقدان نمک در گنبد نمکی مورد نظر همیشه برقرار هست و در گسترش بیابان در اطراف خود نقش فعال و دائمی دارد. جریان آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های منطقه به طور عمده توسط تراوایی درزه های تکتونیکی و گسل‌های اطراف گنبد کنترل می‌شود و تاثیر گنبد در شوری آب های زیرزمینی را تایید می‌نماید. فعالیت نزدیک به سطح گنبد نمکی دشتی قبل از کوهزایی زاگرس عاملی مهم و اساسی در تخریب خاک های محدوده تاقدیس کنگان و گسترش بیابانزایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درزه، پویایی نمک، کیفیت آب، دیاپیر نمکی، نمکسار.

مقدمه

در استان بوشهر حضور گنبد نمکی دشتی منبع اصلی آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌باشد. همچنین باعث شوری خاک و گسترش بیابان در منطقه شده است. این کوه با توجه به اهمیت بالای زیبایی‌شناختی و همچنین پدیده ژئوتوریسم در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته ولی از لحاظ جنبه‌های مختلف زمین‌شناسی و زیست‌محیطی مطالعات خیلی کمی در این منطقه انجام شده است. ظهور این گنبد نمکی در منطقه، بیانگر عوامل متعدد و مسائل مهم زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی است که از لحاظ پرداختن به جنبه‌های مختلف آن به‌ویژه حجم و میزان گسترش نمک، نحوه تأثیر آن بر مناطق اطراف، وضعیت زمین‌شناسی ساختمانی به‌ویژه شبکه آبرهه‌ای منطبق بر راستای درزه‌ها و گسل‌های منطقه و بررسی شوری آب و خاک منطقه

ضروریست. از آنجایی که گنبد نمکی دشتی دارای گسترش زیادی در استان بوشهر بوده و رودخانه مند این گنبد را دور می‌زند، در نتیجه نقش مهمی در شوری خاک و آب منطقه ایفا می‌کند. بنابراین اهمیت مطالعات محیطی و تعیین میزان تأثیر آن بسیار زیاد است.

مطالعه در مورد تأثیر گنبدهای نمکی در زمین‌های اطراف توسط پژوهشگران داخلی و خارجی انجام شده است. Kent (۱۹۷۰)، نتیجه مطالعات خود را در محدوده گنبدهای نمکی جنوب ایران ارائه داد. این اطلاعات در رابطه با سن نمک و ساختار گنبدها و ارتباط این گنبدها با زمین‌ساخت خلیج فارس بود که منجر به تقسیمات جدید در حوضه نمکی هرمز گردید. او همچنین بیان می‌کند که دیاپیرها در جنوب ایران از هیچ نظمی تبعیت نکرده و گسل‌ها و خطواره‌ها حتما عامل بالا آمدن آنها نیستند.

به دلیل توسعه سریع صنعتی و شهری، افزایش تقاضای آب بار سنگینی بر منابع آب شیرین تحمیل کرده است (Vernant *et al*, 2004; Barkhori *et al*, 2018; Ahmadian, *et al*, 2015). Ehsani و Manbari (۲۰۱۲)، نشان دادند که انحلال هالیت دیاپیر دشتی مهمترین منبع آلودگی رودخانه مند است. از آنجا که دیاپیرهای نمکی در کمربند زاگرس چین‌خورده نقش مهمی در تکامل ساختاری و آلودگی آب‌های زیرزمینی دارند، مطالعه ابعاد آنها حائز اهمیت بسیار زیادی است (Ghanbarian, 2008). بررسی الگوی شکستگی در اطراف گنبدهای نمکی می‌تواند برای مطالعه تأثیرات خصوصیات آب زیرزمینی مناطق مختلف بسیار مفید باشد. Tahmasbi (۱۹۹۸) در حوزه رودخانه اشتهارد با نمونه‌برداری از آب سطحی در قبل و بعد از سازندهای مختلف زمین‌شناسی، گنبدهای نمکی، سازندهای مارنی نمکی و معادن گچ و نمک را به‌عنوان عوامل اصلی تخریب‌کننده کیفیت آب سطحی معرفی کرده و طولانی بودن رودخانه و شیب کم آن را نیز در شوری آب سطحی مؤثر می‌داند. Bostani *et al* (۲۰۰۷)، در بررسی اثر گنبدهای نمکی منطقه دهرم فارس با استفاده از داده‌های شیمیایی منابع آب و روند تغییرات آنها مقدار تأثیر گنبدهای نمکی بر منابع آب رودخانه فیروزآباد را مورد بررسی قرار دادند. Shayan و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، روش پیمایشی و تحلیل، به بررسی اشکال ژئومورفیک گنبد نمکی کرسیا - دشت داراب پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با وجود اشکال مختلف نمکی ازجمله مخروط‌افکنه نمکی، خزش نمکی، چشمه نمکی، رودخانه و غیره، مخروط‌های نمکی دارای وسعت بیشتری هستند. Abbasi و همکاران (۲۰۱۵) نقش سازندهای زمین‌شناسی در بیابان‌زایی حوزه آبریز مند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی آنان نشان داد که سه گنبد نمکی واقع در جنوب‌غرب شهرستان فیروزآباد از اصلی‌ترین علل شوری آب رودخانه فیروزآباد می‌باشند که بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب رودخانه مند دارند. همچنین رودخانه شور خوراب که از چشمه‌های شور خارج شده از گنبد نمکی خوراب سرچشمه و وارد رودخانه فیروزآباد می‌شود و تأثیر بسزایی بر کاهش کیفیت آب دارد. آنان بیان کردند که در ادامه مسیر، ورود آب شور رودخانه فیروزآباد به رود مند عامل اصلی شور شدن آن می‌باشد که با گذر آن از مجاورت گنبد نمکی خورموج در استان بوشهر، میزان شوری بسیار افزایش می‌یابد و درنهایت به خلیج فارس می‌ریزد. Frumkin (1994)، به روش هیدرولوژیکی و اندازه‌گیری غلظت آب در بخش‌های مختلف گنبد نمکی سدام، میزان انحلال سالانه آن را برابر ۰/۵ تا ۰/۷۵ میلی‌متر برای ضریب نفوذ ۰/۲ تا ۰/۳ تخمین زد. وی همچنین با اندازه‌گیری مستقیم انحلال نمک در کف غارهای این گنبد نمکی با استفاده از میخ‌های پلاستیکی میزان انحلال در کف غارها را ۴ تا ۲۵ میلیمتر در سال اندازه‌گیری کرد و نتیجه گرفت که میزان انحلال در همه جا به صورت یکنواخت نیست. تاریخچه مطالعاتی در منطقه مورد نظر عبارت است از: بررسی‌های زمین‌شناسی و اکتشافات مقدماتی در گنبد نمکی منطقه (مطیعی، ۱۳۷۲)، مطالعه جنبه‌های گردشگری و محیط‌زیست (Jafari 2004, 2006) بررسی سن گنبد نمکی منطقه مورد مطالعه (Talbot & Jarvis, 1983)، تهیه نقشه چهارگوش خورموج در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (Fakhari,

(1994 و بررسی عوامل زمین‌شناختی مؤثر در تشکیل بیابان‌های استان بوشهر و تعیین قلمرو آن (Fakhri *et al.*, 2007).

این پژوهش بر آن است که اثر گنبد نمکی دشتی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی و رودخانه مند را بررسی نماید و چگونگی تأثیر آن توسط درزه‌های تکتونیکی منطقه را مشخص کند. همچنین قدرت تأثیر در بازه زمانی و بررسی حجم نمکی که از پایین گنبد و نمکسارها را تغذیه می‌کند از اهداف دیگر این مطالعه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌غرب ایران بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه تا ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی در فاصله ۱۴۴ کیلومتری جنوب‌شرق بندر بوشهر و در فاصله ۵۵ کیلومتری شهر خورموج و ۱۵ کیلومتری کاکی قرار دارد. این کوه ۱۲ کیلومتر درازا و ۴/۵ کیلومتر پهنا دارد. وسعت گنبد در حدود ۳ هزار و ۶۶۶ هکتار بوده و ارتفاع قله آن ۱۴۹۰ متر از سطح دریاست.

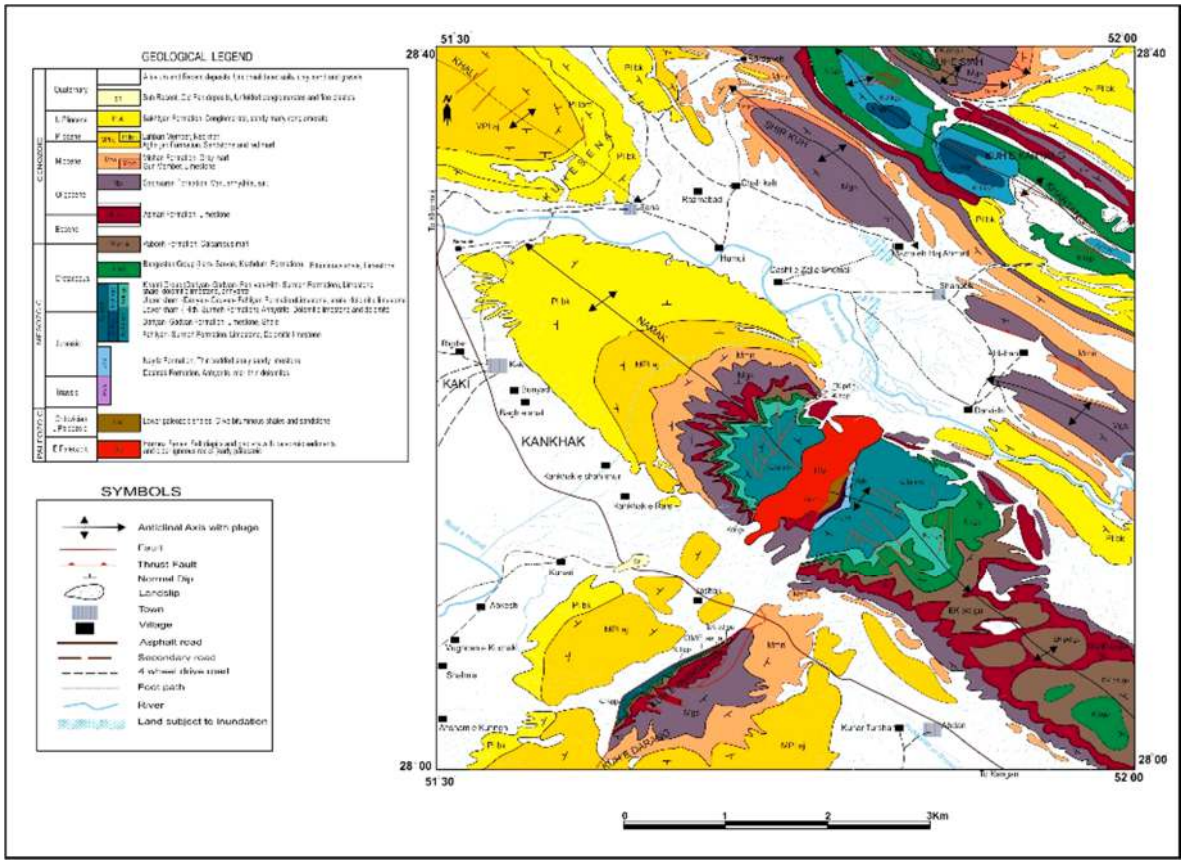
حوزه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به‌عنوان وسیع‌ترین حوزه آبریز کشور دارای مساحتی در حدود ۳۷۷۶۶۸ کیلومتر مربع است. مهمترین رودخانه‌های این حوضه عبارتند از: سیروان، کرخه، کارون، دز، جراحی، زهره، مند، کل، میناب و سرباز. مسیر عبور رود مند، شهرستان‌های شیراز، جهرم، فیروزآباد و خورموج است. این رود ۶۸۵ کیلومتر طول دارد و مسیر کلی آن نخست جنوب خاوری و بعد جنوب باختری و در انتها باختری می‌باشد. این رودخانه از کوه‌های انار و خانی یک واقع در دهستان کوهمره در ۷۵ کیلومتری باختر شمالی شیراز و ۲۸ کیلومتری شمال خاوری کازرون سرچشمه می‌گیرد و به‌نام رودخانه قره‌آغاج به سوی جنوب خاوری سرازیر می‌شود و پس از مخلوط شدن با رودخانه زاخرد به دهستان سیاخ وارد می‌شود و مسیر خود را به سوی جنوب خاوری طی می‌کند. این رودخانه پس از طی مسیری طولانی و عبور از دهستان‌ها و شهرستان‌های بسیار و مخلوط شدن ریزابه‌ها و رودخانه‌های فراوان با این رودخانه، سرانجام در ۵۶ کیلومتری جنوب باختری خورموج به خلیج فارس می‌ریزد. زیرحوضه مند از لحاظ وسعت، چهارمین زیرحوضه از حوزه‌های آبریز خلیج فارس و دریای عمان است. حدود جغرافیایی آن از شمال به حوضه آبریز ایران مرکزی، از شمال‌غرب به زیرحوضه جراحی- زهره، از غرب به زیرحوضه حله، از جنوب‌غرب به خلیج فارس و از جنوب و شرق به زیرحوضه کل- مهران محدود است. مساحت این زیرحوضه برابر با ۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد.

- زمین‌شناسی و مورفولوژی گنبد نمکی

این منطقه شامل بخش زاگرس چین‌خورده، به سمت خلیج فارس و حاشیه‌های ساحلی و رسوبات کناره خلیج فارس است. ساختمان زمین‌شناسی آن ساده، ملایم و شامل مجموعه‌ای از رشته طاقدیس‌های بزرگ، نزدیک، به‌هم‌فشرده و با سطح محوری قائم و روند شمال باختری- جنوب خاوری است (Alavi, 2004). از اواخر پرمین و تریاس آغازین سازندهای زاگرس با پرمین دیگر نقاط ایران تفاوت می‌کند و حوضه‌ای با فرونشینی مداوم توأم با رسوب‌گذاری ممتد را تشکیل داده است. در این حوزه ضخامت رسوبات دریایی در حدود چند هزار متر است که به‌طور هم‌شیب رسوبات سکوی پالئوزوئیک را در ناحیه زاگرس می‌پوشانند. ضخامت زیاد رسوبات نمکدار کامبرین پیشین زاگرس کاملا مشابه رسوبات خاور عربستان و خاور ایران مرکزی است (Husseini, 1988). به‌طورکلی رسوبات ضخیم زاگرس منحصرا در آخرین مرحله کوه‌زایی آلپی یعنی زمان پلیو- پلئیستوسن چین خورده‌اند (Allen *et al.*, 2004). منطقه چین‌خورده زاگرس از یک‌مجموعه چین‌های نامتقارن با محور شمال باختری- جنوب خاوری تشکیل شده است (Allavi, 2004). قدیمی‌ترین سنگ‌هایی که در منطقه رخنمون دارند، مربوط به پرکامبرین بوده و جوان‌ترین سنگ‌ها را آبرفت‌های عهد حاضر تشکیل می‌دهند (شکل

۱). به‌طورکلی در منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید سازندهای زیر دیده می‌شوند.

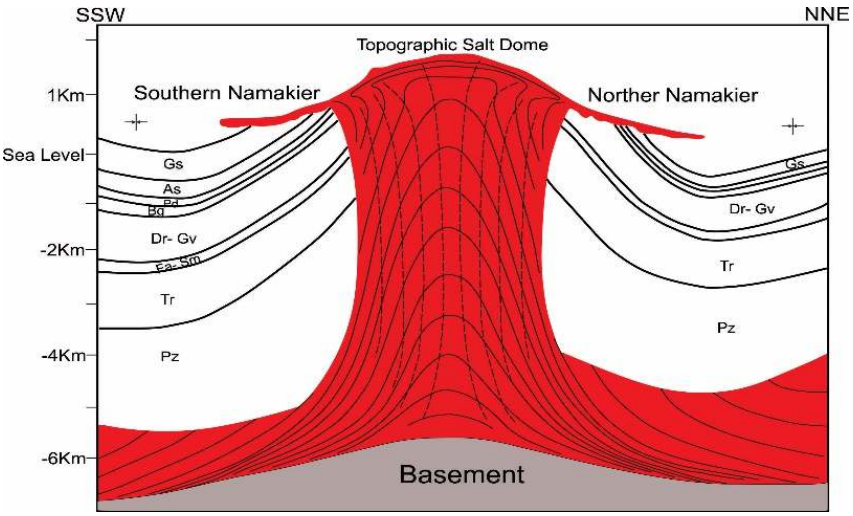
مجموعه هرمز با سن اینفرا کامبرین- کامبرین سازندهای گروه خامی با سن ژوراسیک فوقانی- کرتاسه تحتانی، سازندهای پابده-گورپی با سن کرتاسه فوقانی- الیگوسن، سازندهای آسماری- جهرم با سن الیگوسن-میوسن، سازندهای گچساران، رازک و میشان از گروه فارس با سن میوسن، سازندهای آغاجاری با سن میوسن و پلیوسن و سازندهای بختیاری با سن پلیوسن- پلئیستوسن. در منطقه مورد مطالعه دو برونزد گنبد نمکی (گنبد نمکی دشتی و گنبد نمکی خورموج) دیده می‌شود.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (گنبد نمکی به‌عنوان سازند هرمز با رنگ قرمز در تصویر مشخص گردیده است. موقعیت گسل کازرون – برازجان به‌عنوان گسل پی سنگی در شکل ۴ آورده شده است)

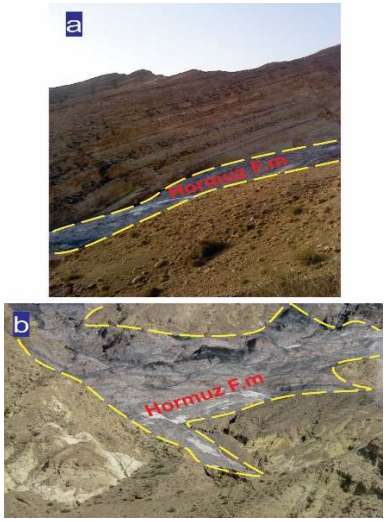
گنبد نمکی دشتی در دو طرف خود یعنی در امتداد پلانژ محور خود (شمال‌شرقی- جنوب‌غربی) دارای دو نمکشار نمکی است (شکل ۲) که Talbot (۱۹۷۹) آنها را نمکشار شمالی و نمکشار جنوب‌غربی نامید (جریان‌های نمک که به‌صورت مواد مذاب به سمت سطوح پایین جریان می‌یابند به‌عنوان نمکشارهای نمک شناخته شده-اند). Talbotو Jarvis (۱۹۸۳)، پیشنهاد کرده‌اند که این جریان‌های جامد نمک را که در آن نمک به صورت ماگما در امتداد شیب جریان پیدا می‌کند نمکیر (Namakier) بنامیم (به آنها نام‌های متعددی مانند نمکشار، یخرفت، نمکشار و نمکیر نسبت داده شده است). اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که نمکشار شمال‌شرقی اگر در مدت چند

هفته فصل بارانی به قدر کفایت مرطوب شود هنوز جریانی با سرعت نیم متر را در روز دارد (Talbot, 1983). در طول فصل خشک سال این نمکشار چروکیده شده و روی سطح سنگ درونگیر در مقیاس کوچکتری پهن می‌شود. در واکنش به دماهای سطحی شکاف‌های به وجود آمده کم و کوچک هستند و به‌ندرت شکاف‌های بزرگ و عمیق در نمکشار تشکیل می‌شود. کانال‌هایی که نمکشارهای نمکی در آنها جریان پیدا کرده‌اند به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- گودال‌های طویلی که مستقیم بوده و نمکشار نمکی در آن جریان دارد (شکل a۳) و ۲- پرتگاه و پشته‌های شیب‌دار سنگ درونگیر که امتداد آنها برای جریان را در عرض قطع می‌کند (شکل b۳).



شکل ۲- مقطع طولی از گنبد نمکی دشتی در امتداد محور طویل گنبد یعنی شمال- شمال‌شرق، جنوب- جنوب‌غرب

یخرفت‌ها یا نمکشارهای شمالی و جنوبی نیز به وضوح دیده می‌شود (Pz: نهشته پرکامبرین، Tr: نهشته‌های تریاس، Fa-Sm: سازند فهلیان- سورمه (کرتاسه)، Dr-Gv: سازند داریان- گدوان، As: سازند آسماری، Bg: سازند بنگستان، Pd: سازند پابده، Gs: سازند گچساران (میوسن)(گرفته شده از Talbot & Jarvis, 1983).



شکل ۳-a: نمکشار طویل جریان یافته در گودال‌های گسلی (دید به سمت شمال‌غرب)، b: نمکشار جاری شده بر روی سنگ‌های درونگیر و سراشیبی‌ها (دید به سمت شمال)

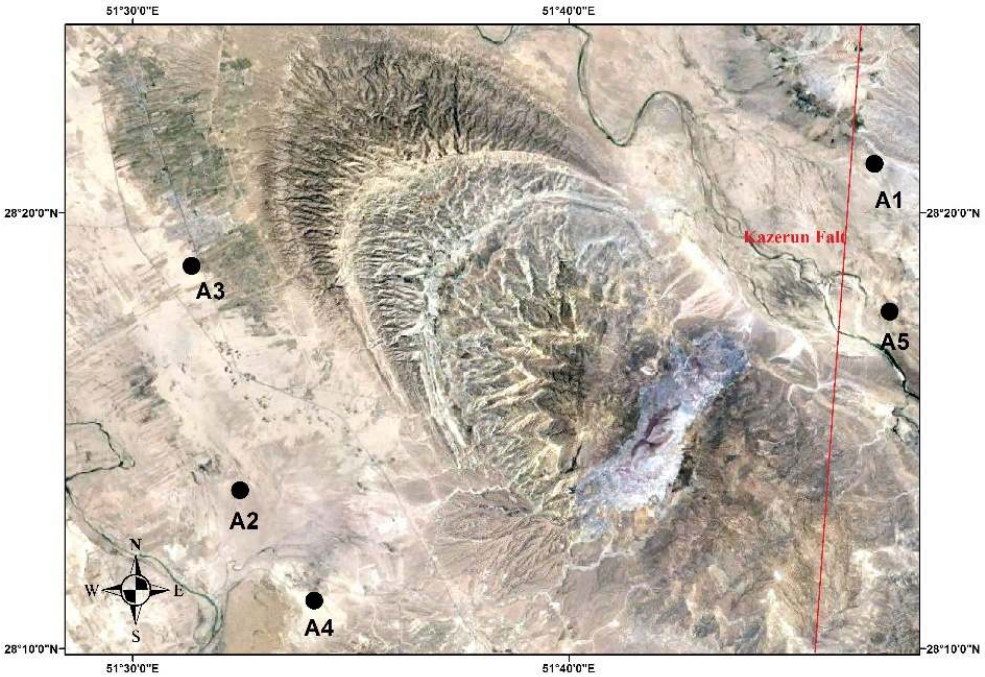
روش تحقیق

به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، ابتدا مطالعات صحرایی طی سه مرحله انجام شد. برای رسیدن به کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه از ۵ چاه روستایی در مکان‌های مختلف نمونه‌برداری گردید (داده‌ها مربوط به سازمان محیط‌زیست استان بوشهر می‌باشد). از آنجایی که گنبد نمکی دشتی دارای گسترش زیادی در استان بوشهر بوده و رودخانه مند این گنبد را دور می‌زند، در نتیجه نقش مهمی در شوری خاک و آب منطقه ایفا می‌کند. به علت نبود ایستگاه هیدرومتری در این منطقه آمار دقیقی از کمیت و کیفیت آب آن موجود نمی‌باشد. به همین منظور دو نمونه آب از رودخانه مند در قبل و بعد از گنبد نمکی برداشت شده‌است و در آزمایشگاه تحقیقات رازی پارامترهای ($SAR, Cl^{-}, Na, Ca^{+2}, Mg^{+2,+}$, EC, pH, HCO_3^{-2}) مورد تجزیه قرار گرفته است. برای رسیدن به این هدف که گنبد نمکی چگونه کیفیت آب زیرزمینی را در منطقه مورد نظر تغییر می‌دهد، اندازه‌گیری‌های صحرایی و بازدیدهای میدانی لازم از ساختارهای منطقه مانند گسل‌ها، درزها و لایه‌بندی‌ها انجام شده است.

برای بررسی وضعیت شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه، درزه‌های نظام‌مند با استفاده از روش انتخابی (Nickelson and Hough, 1967) از ۱۳ ایستگاه در اطراف کوه نمک ثبت و تحلیل گردیده‌اند. در روش انتخابی، نخست همه دسته درزه‌ها در یک ایستگاه شناسایی شده و بعد درزه‌های انتخاب شده‌ای به‌عنوان نماینده از هریک از دسته‌ها اندازه‌گیری می‌شوند.

قدرت تأثیر در بازه زمانی و پویایی گنبد نمکی به‌عنوان شاهدی بر تأثیرات دائمی آن توسط مطالعه وسعت گنبد و مقطع طولی گنبد بررسی گردید.

پس از اتمام مطالعات صحرایی برای تلفیق اطلاعات و رسم نقشه ساختاری و زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خورموج و ۱:۱۰۰۰۰۰ برازجان که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده، نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ بوشهر و عکس‌های هوایی منطقه به مقیاس تقریبی ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی کشور، مشاهدات و اطلاعات صحرایی ذکر شده در بالا و نرم‌افزارهای Corel DRAW13, JMicrovision, Surfer7 برای تهیه نقشه‌های مربوطه استفاده شده‌است.



شکل ۴- موقعیت چاه‌های مورد مطالعه و گسل پی سنگی کازرون- برازجان

نتایج

- **تأثیر گنبد نمکی دشتی بر کیفیت آب زیر زمینی**

موقعیت چاه‌های اطراف گنبد نمکی دشتی و آنالیز آب آنها به‌ترتیب در شکل ۴ و جدول ۱ مشاهده می‌گردد. چاه‌هایی که در قسمت غربی منطقه مورد مطالعه قرار دارند میزان (EC هدایت الکتریکی) آنها نسبت به چاه‌هایی که در قسمت شمال‌شرقی و شرق واقع شده‌اند، بیشتر و در نتیجه یون‌های Na^+ و Cl^- نیز افزایش یافته‌است. این منطقه با محل گذر گسل پی‌سنگی کازرون (شکل ۴) همخوانی دارد و این تغییرات تحت تأثیر این گسل بوجود آمده‌است. با بررسی نسبت Cl/HCO_3 در نمونه‌های آنالیز شده، دیده می‌شود که به‌سمت غرب منطقه این نسبت زیاد می‌شود و در چاه A_4 به مقدار ۶۷/۵ می‌رسد که حدود ۴۲ برابر میزان این نسبت در چاه A_1 می‌باشد. میزان Na/Cl نیز بیانگر نفوذ جبهه آب شور در غرب منطقه و عدم این پیشروی در نیمه شرقی و جنوبی منطقه است. ولی چاه‌هایی که در شرق و شمال‌شرق قرار دارند، میزان هدایت الکتریکی و یون‌های Na^+ و Cl^- آنها کاهش یافته‌است.

جدول ۱– آنالیز آب چاه‌های اطراف گنبد نمکی دشتی (سازمان محیط‌زیست استان بوشهر)

ردیف	محل نمونه‌برداری چاه	pH	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	آنیون‌ها و کاتیون‌ها (میلی اکی والان گرم)					S.A.R	طبقه‌بندی ویلکوکس
				$Ca^{+2}+Mg^{+2}$	Na^+	SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-		
1	A_1	۷/۲	۴۹۲۰	۴۹	۱۰	۴۵	۸	۵	۲/۰۴	C_4S_1
2	A_2	۷/۱	۲۲۰۳۸	۱۰۱	۱۲۰	۱۱۳	۱۲	۲	۳۰/۲	C_4S_4
3	A_3	۷/۷	۱۶۷۲۳	۳۷	۱۱۰	۱۱۸	۶۰	۳	۲۵/۶	C_4S_4
4	A_4	۷/۲	۲۲۲۳۶	۸۹	۱۴۰	۹۰	۱۳۵	۲	۲۰/۹	C_4S_3
5	A_5	۷/۱	۵۳۹۷	۳۸	۲۰	۳۶	۱۶	۴	۴/۵	C_4S_1

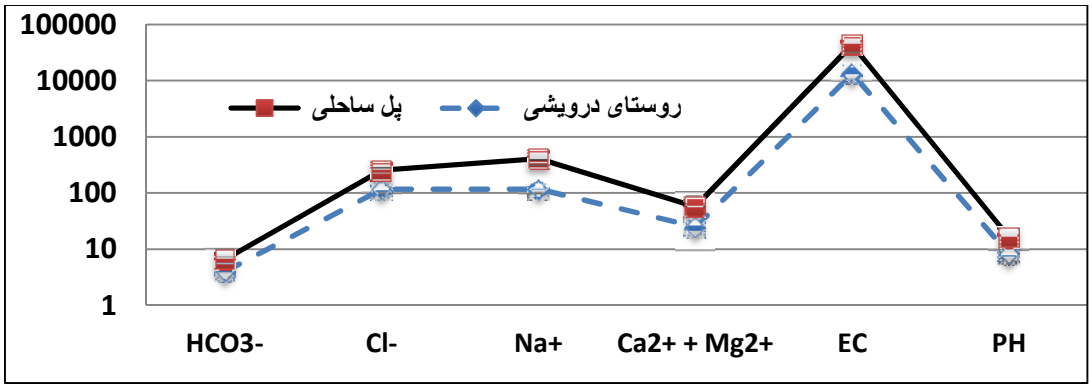
– تأثیر گنبد نمکی دشتی بر کیفیت آب رودخانه مند

از نظر کیفیت آب، رودخانه‌های زیر حوضه مند در ارتفاعات مناطق بی کربناته، بی کربناته سولفاته به صورت پراکنده و ناپیوسته، کلروره تبخیری و شور و در مناطق دشتی از نواحی بی کربناته، سولفاته بی کربناته، سولفاته کلروره، سولفاته و شور عبور می‌نماید.

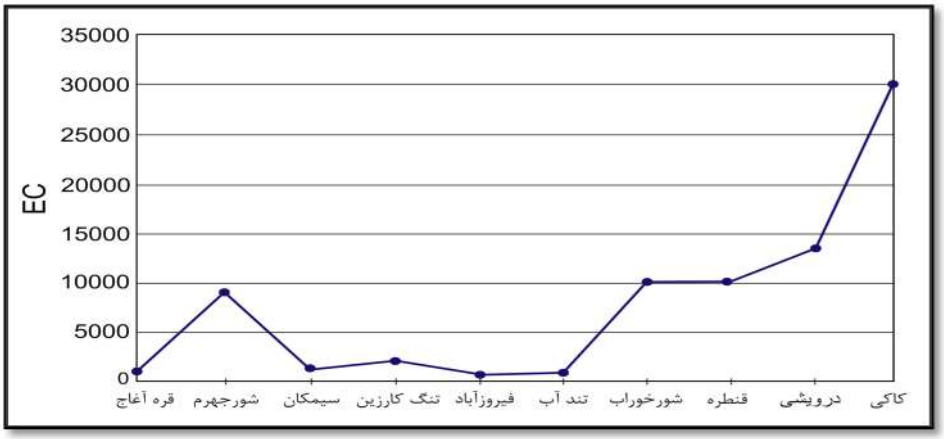
بعد از گنبد نمکی از آب رودخانه مند هیچ استفاده‌ای نمی‌شود. بررسی کیفیت آب در بالادست و پایین‌دست گنبد نمکی نشان می‌دهد که عبور آب از زمین‌های مختلف سبب تغییرات فیزیکی و شیمیایی آن شده‌است. جدول ۲ و شکل ۵ کیفیت آب رودخانه مند را در دو ایستگاه قبل و بعد از گنبد نمکی دشتی نشان می‌دهند. رودخانه مند در طول مسیر از سرچشمه خود که رودخانه قره‌آغاج می‌باشد به طرف خلیج فارس تحت تأثیر رودهای شوری مثل شورخوراب و شورجهرم قرار می‌گیرد ولی با رسیدن به گنبد نمکی و روستای کاکی شوری آن به شدت افزایش می‌یابد (شکل ۶).

جدول ۲- آنالیز نمونه‌های آب رودخانه مند در دو ایستگاه قبل و بعد از گنبد نمکی دشتی

نمونه‌برداری	pH	EC	$Ca^{+2} + Mg^{+2}$	Na^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-2}	SAR
روستای درویشی ۹۳/۵/۱۲	۸/۱	۱۳۳۵۴	۲۵	۱۱۸	۱۱۶	۴	۳۳/۴
پل ساحلی ۹۳/۵/۱۲	۸/۲	۳۰۱۶۴	۳۲	۲۹۰	۱۳۸	۲/۵	۷۲/۵



شکل ۵- تغییرات شوری رودخانه مند در دو ایستگاه قبل و بعد گنبد نمکی دشتی



شکل ۶- تغییرات EC رودخانه مند در ایستگاه‌های مختلف (Taatizade, 2012)

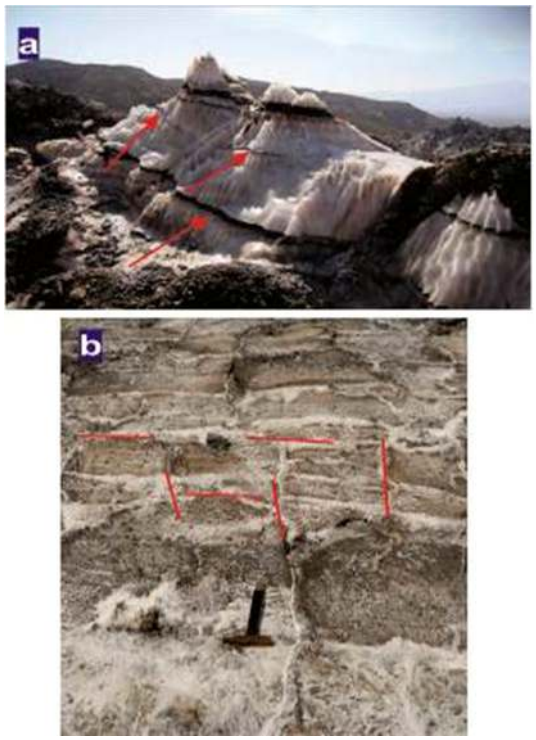
- نقش شکستگی‌های تکتونیکی گنبد نمکی در وضعیت و حرکت آب زیرزمینی

نقش گسل‌ها در کنترل جهت جریان آب‌های زیرزمینی بسیار پیچیده است. گسل‌ها ممکن است با افزایش شدت شکستگی در اطراف خود باعث افزایش نفوذپذیری سنگ بستر یا سنگ مخزن شوند و به این ترتیب نقش مثبتی بر روی جریان آب زیرزمینی بگذارند. این شکستگی‌ها گاهی تا شعاع یک کیلومتری گسل گسترش دارند. در مواردی نیز تشکیل مواد غیر قابل نفوذ در سطح گسل‌ها مانع عبور جریان آب شده و باعث انحراف آن به جهات دیگر می‌شوند. گاهی نیز گسل‌ها با جابه‌جایی لایه‌های مختلف، سنگ‌هایی با درجه نفوذپذیری متفاوت را در کنار یکدیگر قرار داده و باعث تغییر و یا تعدیل مسیر جریان آب می‌شوند. در این حالت‌ها، گسل نقش منفی بر روی جریان

آب زیرزمینی دارد. در برخی موارد نیز گسل هیچ‌گونه نقشی در جهت‌گیری و هدایت جریان آب‌های زیرزمینی ندارد (Fetter, 1999).

نمک از قسمت رأس کوه به طرف شرق و جنوب‌غربی و بین یال‌های آهکی طاقدیس جریان پیدا کرده و به‌طرف نقاط پست سرازیر شده است و در دامنه پرشیب نمکشار تشکیل داده است. آبراهه‌های منشأ گرفته از این گنبد از نوع شیبی (consequent) و تقریباً موازی به طرف جنوب‌غربی و شمال‌شرقی جریان پیدا کرده و سبب پخش نمک در دشت می‌شود، این آبراهه‌ها به رودخانه مند می‌ریزد و باعث افزایش شوری رودخانه شده و در نهایت این رودخانه در قسمت جنوب‌غربی منطقه به خلیج فارس می‌ریزد.

یکی از منابع اصلی افت کیفیت آب زیر زمینی، آلودگی توسط دیاپیرهای نمکی است، به این صورت که انحلال نمک‌های مختلف در آب باعث افزایش شوری آن می‌شود. در منطقه مورد مطالعه نقش گسل کازرون در پیشروی شوری در مسیر حرکت آب‌های زیر زمینی چشمگیر می‌باشد.

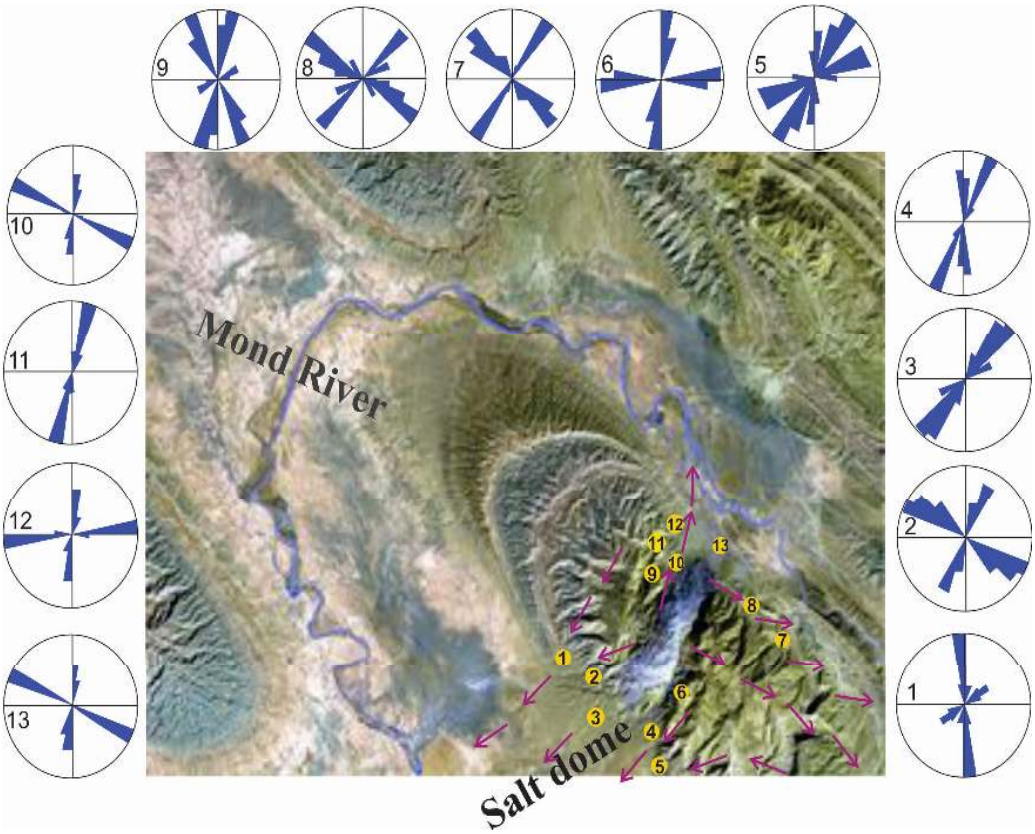


شکل ۷– a: درزه‌های غیرتکتونیکی، b: درزه‌های تکتونیکی در گنبد نمکی دشتی

چند مورد از درزه‌ها با پیکان‌ها و خطوط رنگی نشان داده شده‌است.

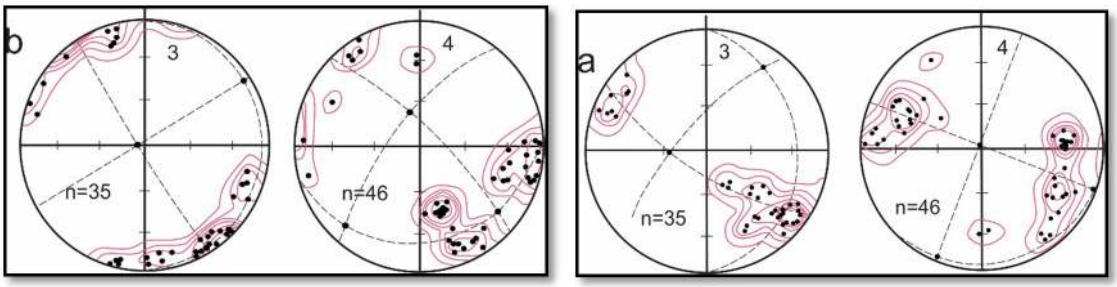
درزه‌های زیادی در گنبد نمکی دشتی وجود دارد که بعضی منشأ تکتونیکی دارند و بعضی دیگر بر اثر انحلال و سرانجام کاهش حجم و انبساط به وجود آمده است (شکل ۷). بدیهی است سیستم درزه‌ها نقش مهمی در حمل و نقل آب زیرزمینی بازی می‌کنند (Pollard and Aydin, 1988; Gross and Eyal, 2007)، به‌ویژه در اطراف گنبدهای نمکی بسیار حائز اهمیت است. بنابراین درزه‌های نظام‌مند با استفاده از روش انتخابی (Nickelson and Hough, 1967) از ۱۳ ایستگاه در اطراف کوه نمک ثبت شده (شکل ۸) و توسط نرم‌افزارهای JMicrovision و Surfer7 تصحیح و تحلیل گردیده‌اند. در روش انتخابی، نخست همه دسته درزه-ها در یک ایستگاه شناسایی شده و بعد درزه‌های انتخاب

شده‌ای به‌عنوان نماینده از هریک از دسته‌ها اندازه‌گیری می‌شوند. در این منطقه که الگوی درزه‌ها پیچیده نیست، این روش یکی از مؤثرترین روش‌های عملی است (Marshak and Mitra, 1988). از آنجا که لایه‌های حاوی درزه‌ها دارای چین‌خوردگی می‌باشند (Ramsay and Huber, 1987)، به‌منظور درک سن درزه‌ها نسبت به سن چین‌خوردگی منطقه، باید بر روی داده‌های درزه‌ای تصحیح کج‌شدگی اعمال شود (شکل ۹) که در آن درزه‌ها حول امتداد لایه دربرگیرنده به اندازه شیب آنها (جدول ۳) دوران می‌یابند. اگر درزه‌ها قبل از چین‌خوردگی منطقه ایجاد شده باشند، جهت‌گیری امروزی درزه‌ها با جهت‌گیری اصلی آنها متفاوت خواهد بود (Marshak and Mitra, 1988).



شکل ۸- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه

نمودارهای گل سرخی اطراف تصویر، امتداد درزه‌ها را در ایستگاه‌های مشخص شده نشان می‌دهند. جهت جریان آب‌های زیرزمینی با پیکان‌ها مشخص شده‌است.



شکل ۹- شبکه استریوگرافی هم مساحت قطب درزه‌ها در دو ایستگاه ۳ و ۴. **a**: قبل از تصحیح کج‌شدگی **b**: بعد از تصحیح کج‌شدگی

جدول ۳- امتداد لایه‌های ایستگاه‌های درزه‌نگاری در اطراف گنبد نمکی دشتی

Stations	Layers geometry
1	N 50° W/ 78° SW
2	N 30° W/ 40° NE
3	N 50°W/ 78° SW
4	N 50°W/ 78° SW
5	N 50° W/ 14° NE
6	N 50° W/ 30° NE
7	N 50° W/ 30° NE
8	N 50° W/ 30° NE
9	N 50° W/ 22° NE
10	N 50° W/ 30° SW
11	N 50° W/ 10° SW
12	N 50° W/ 22° NE
13	N 50° W/ 30° SW

- شواهدی بر پویایی گنبد نمکی

با استفاده از برش ساختاری شکل ۲ با راستای تقریبی N21Eسازوکار مؤثر صعود نمک در دیاپیر نمکی دشتی و تأثیر این صعود بر چینه‌ها و ساختارهای همجوار قابل بررسی است. این برش ساختاری محور ناودیس‌ها را در سمت شمال‌شرق و جنوب‌غرب گنبد نمکی دشتی قطع می‌کند. افزایش محلی ضخامت رسوبات در محل محور ناودیس جنوب‌غربی و ناودیس شمال‌شرقی که در برش ساختاری رسم شده قابل مشاهده می‌باشد، با ایجاد تغییرات جانبی در ضخامت روباره، سبب ایجاد بارگذاری تفریقی شده است که نتیجه آن رانش (حرکت) جانبی نمک به سمت دیاپیر نمکی دشتی می‌باشد. نتیجه این جریان جانبی نمک، نازک شدن لایه نمک هرمز زیر ناودیس شمال‌شرقی و صعود دیاپیر نمکی دشتی است. البته تداوم حرکت و رشد دیاپیر نمکی دشتی به علت رسوبگذاری سینکینماتیک در ناودیس دارنگ، با توسعه چین‌های ولو شده (drap fold) یا زبانه‌ای (flap fold) در اطراف این دیاپیر می‌باشد. توسعه این چین‌ها حاصل تعادل بین نرخ رسوبگذاری و نرخ صعود نمک می‌باشد. بحثی که در اینجا در مورد گنبد نمکی دشتی وجود دارد، قدرت تأثیر در بازه زمانی و حجم نمکی است که از پایین گنبد و نمکشارها را تغذیه می‌کند. زیرا اگر این نمکشارها از پایین تغذیه نشوند در آن صورت طبق تحقیقات انجام شده فرایند فرسایش می‌تواند طی مدت ۲۱۰۰۰ سال نمکشارها و کل گنبد را از روی زمین محو و ناپدید کند (Talbot, 1978). قسمت اعظم گنبد نمکی دشتی از نمک و به‌طور ویژه هالیت تشکیل شده است، ماده‌ای که به‌راحتی در آب حل می‌شود. به‌عبارت دیگر آب حلال اصلی آن است، باوجوداین حجم گنبد هیچگاه کم نشده است. در مورد نمکشارها دیده شده که در یک قسمت حجم نمک کم شده و به قسمت دیگر اضافه شده است، به‌هرحال همیشه بین حجم از دست رفته و حجم اضافه شده تعادل برقرار بوده است.

در ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۰۰ سی‌سی آب خالص می‌تواند ۳۶ گرم NaCl دارای چگالی ۲۱۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب را در خود حل کند. بنابراین یک سانتی‌متر از باران به‌طور بالقوه می‌تواند ۰/۱۶۶۷ سانتی‌متر از نمک و ۲۸ سانتی‌متر (۲۸۰ میلی‌متر) بارش باران سالانه روی کوه نمک می‌تواند ضخامت قائم ۴/۷ سانتی‌متری از آن را حل کند (Talbot, 1978). بنابراین نمکشاری با ضخامت ۱۰۰ متر به‌طور بالقوه می‌تواند در ۲۱۵۰ سال حل شود و گنبد نمکی با بلندی ۱۰۰۰ متر در ۲۱۰۰۰ سال حل شده و به‌طور کامل ناپدید می‌شود.

مطالب گفته شده در بالا در صورتی صحیح است که با بالا آمدن بیشتر، نمک از زیر پر نشود. فرض خواهد شد که تبخیر در طول فصل بارانی کوتاه پایین است و آن همه رواناب مربوط به باران‌های ریزشی کاملا با NaCl اشباع شده است. ریزش باران روی این گنبد تنها می‌تواند در این صورت $۳/۹ \times ۱۰^{۱۰}$ سانتی‌متر مکعب از نمک را هر ساله حل کند. اگر چنین چیزی که در تئوری به‌دست آمده صحیح باشد برای جبران این حجم نمک از دست رفته باید هر ساله به‌طور میانگین ۴/۶ سانتی‌متر به ضخامت تنوره نمکی افزوده شود، یعنی این مقدار نمک یادشده از روزنه‌های پایینی که تأمین‌کننده حجم نمک هستند به داخل تنوره تزریق شود (Talbot & Jarvis, 1983). بارش باران روی همه نمک نمایان شده در سطح که هنوز جریان دارد حدود $20 \times 10^{10} \times 28 = 560 \times 10^{10}\ \mathrm{Cm}^3$ است، این مقدار در ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند در حدود $\frac{560\times10^{10}\times36}{2.161\times100} = 93.3 \times 10^{10}\mathrm{Cm}^3$ سانتی‌متر مکعب نمک را حل کرده و جابجا کند. برای جبران این مقدار تقریباً باید حدود ۸/۴ کیلومتر مربع ($۸/۴\times۱۰^{۱۰}\ \mathrm{Cm}^2$) برابر ۱۱ سانتی‌متر از ضخامت فعلی گنبد نمکی دشتی، نمک به درون تنوره نمکی گنبد جریان یابد. بررسی‌های نقشه‌برداری، گرانی- لرزه‌ای و حفاری در چند دهه اخیر ضخامت چینه‌شناسی حداقل ۹ کیلومتر از رسوبات فانروزوئیک روی سازند نمک هرمز در کمربند چین زاگرس را مشخص و تأیید می‌کند. از سوی دیگر ضخامت رسوبات پوشاننده نمک در پلت‌فرم فارس حدود ۵۰۰۰ متر و در خلیج دزفول حدود ۷۰۰۰ متر است (کشفی، ۱۹۸۱). از نظر تئوری نمکی که توسط ضخامت ۵۵۰۰ متری از رسوبات احاطه و پوشیده شده باشد می‌تواند تا ۲۲۰۰ متر بالاتر از دشت‌های مجاور صعود کرده و نمکی که توسط ۷۰۰۰ متر رسوبات پوششی احاطه شده باشد می‌تواند ستون نمکی را با ارتفاع ۲۸۰۰ متر تولید کند.

بحث

بسیاری از بخش‌های منطقه مورد مطالعه توسط سازندهای هم‌شیب کرتاسه و ترشیاری پوشیده شده و در برخی مناطق، دگرشیبی زاویه‌ای در مرز زیرین سازند بختیاری دیده می‌شود. سازندهای منطقه را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد. گروه نخست که عبارتند از سازندهای بختیاری، آسماری و سروک که الگوی جریان آب‌های زیرزمینی را کنترل می‌کنند، در حالی که گروه دوم یعنی آغاجاری، میشان و گچساران که نقش مهمی در کیفیت آنها ایفا می‌نمایند.

به‌طورکلی در مطالعه آب‌های زیرزمینی منطقه می‌توان چنین نتیجه گرفت که چاه‌های واقع در مرکز و غرب حوزه تحت تأثیر گنبد نمکی و گسل کازرون آلوده شده‌اند و به‌میزان کمتر تحت تأثیر دو عامل زیر می‌باشند: ۱- طغیان رودخانه مند، نفوذ و ته‌نشست املاح همراه آب ۲- شستشو و فرسایش سازندهای تبخیری موجود در طاقدیس مند که توسط جریان‌های سطحی اتفاق می‌افتد. ولی چاه‌های موجود در شرق و شمال‌شرقی بیشتر تحت تأثیر سازندهای تبخیری موجود قرار می‌گیرد و کمتر تحت تأثیر طغیان روخانه و املاح آن قرار گرفته است. لازم به ذکر است علاوه بر موارد ذکرشده در بازدیدهای صحرایی نیز مشاهده گردید که مردم بومی تنها در دو قسمت از منطقه مورد بررسی از چاه برای آبیاری صیفی‌جات خود استفاده می‌کنند: ۱- شرق و شمال‌شرقی منطقه (مناطق شمال‌شرقی کاکی و بنیاد) که چاه‌ها اکثراً در سازند بختیاری می‌باشد. ۲- جنوب منطقه در دامنه تپه‌های ماسه‌ای که آب‌های سطحی خوبی دارد. همچنین در مطالعه آب سطحی اطراف گنبد معلوم شد که بعد از گنبد نمکی از آب رودخانه مند هیچ استفاده‌ای

نمی‌شود. بررسی کیفیت آب در بالادست و پایین‌دست گنبد نمکی بیان می‌کند که عبور آب از زمین‌های مختلف سبب تغییرات فیزیکی و شیمیایی آن شده است. موقعیت خاص گنبد نمکی دشتی که باعث شوری آب رودخانه مند شده است شاید تنها عامل زیان‌رسان به منطقه باشد، زیرا رودخانه تا قبل از روستای درویشی شیرین و قابل شرب و استفاده کشاورزی می‌باشد. اما پس از عبور از کنار گنبد و دور زدن آن آب رودخانه با درصد زیادی شوری همراه می‌شود که نشان از فعالیت زیاد گنبد و روان بودن آب آن تا بستر رودخانه مند می‌باشد و در فصل پر بارش آب رودخانه سطح دشت‌های دشتی را فراگرفته و به‌علت تبخیر زیاد نمک بر روی سطح خاک باقی مانده و باعث شوری زمین‌های منطقه می‌گردد.

مقایسه الگوی درزه‌های برداشت شده از منطقه، قبل و بعد از تصحیح کج‌شدگی نشان می‌دهد که درزه‌ها در طول چین‌خوردگی ایجاد شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد که حضور فراوان دسته‌های شکستگی نظام‌مند همزمان با زمین ساخت در منطقه، مسئول شوری می‌باشد، زیرا جهت جریان آب‌های زیرزمینی (Talbot & Jarvis 1998) با امتداد درزه‌های زمین ساختی یادشده منطبق است (شکل ۱۰). این انطباق غیر تصادفی نشان می‌دهد که جریان آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های منطقه به‌طور عمده توسط تراوایی شکستگی (Fracture permeability) کنترل می‌شود. به‌عبارت دیگر، شکستگی‌ها نقش بسیار قابل توجهی در ایجاد تراوایی آبخوان‌های منطقه دارند. با توجه به اینکه از مهمترین عوامل زمین ساختاری مؤثر در شوری منابع آب سطحی و زیرزمینی وجود گسل‌ها و درزه‌ها هستند، لازم است مطالعات بیشتری در مورد آنها انجام شود تا شاید بتوان با شناسایی مسیر چشمه‌های شور، قبل از ورود آنها به گنبدهای نمکی اقدام به حفر چاه‌های عمیق و استخراج آبهای شیرین کرد.

در گذشته نمکسارها به‌طور ویژه و فاجعه باری سریع و داغ جریان داشته‌اند، از سوی دیگر حداقل بعضی از این نمکسارها ممکن است هنوز فعال باشند. نمکسارهای نمکی تحت تأثیر توپوگرافی گنبد (شمال‌شرقی- جنوب‌غربی) از دو طرف گنبد سرازیر شده و روی سنگ‌های درون گیر اطراف قرار گرفته‌اند. این حالت شبیه برکه‌ای لبریز از آب است که باز هم به آن آب اضافه شود در این صورت آب از برکه در کانال‌های اطراف سرازیر می‌شود. بدین‌ترتیب به طرف پایین شیب، رنگ تشکیلات پررنگ‌تر می‌شود چون نمک حل شده و سازه‌های انحلال‌ناپذیر حجمشان افزایش می‌یابد. از سوی دیگر شفافیت و اندازه هالیت نیز به دلیل انحلال کم می‌شود. بنابراین رسوبات پایینی مدام مورد تهدید قرار می‌گیرند و بر وسعت تخریب خاک‌های منطقه افزوده می‌شود. گنبد نمکی دشتی از بقیه مناطق اطراف خود در طاقدیس کنگان بلندتر (۱۴۰۰ متر بلندتر از دشت‌های اطراف) است و با توجه به مطالب گفته شده در بالا و روانروی حجم عظیمی از نمک، می‌توان انتظار داشت که رسوبات و آب‌های منطقه در معرض آلودگی شدیدی قرار گرفته‌اند. با توجه به مطالب گفته شده ضخامتی که می‌توان برای ستون نمک در گنبد نمکی دشتی پیشنهاد کرد در حدود ۲۸۰۰ متر است. اعداد یادشده نشان‌دهنده تعادل میان میزان نمک از دست رفته و مقداری که از پایین گنبد را تغذیه می‌کند یا به‌عبارت دیگر میزان عرضه و فقدان نمک می‌باشد. حجم عظیمی از روانروی دائمی نمک در محدوده اطراف گنبد مشاهده می‌شود که رسوبات اطراف طاقدیس کنگان و حوزه آبریز مند را تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین بهتر است به‌منظور جلوگیری از شوری این آبخوان از نفوذ شورابه در بالادست جریان جلوگیری شود. ازاین‌رو برآورد میزان انحلال نمک همراه با بررسی داده‌های طولانی‌مدت اقلیم و مطالعات خاک‌شناسی منطقه در پیش‌بینی وسعت پراکنش این پدیده در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

– Abbassi, H. R., Aleni, M. R., Feiznia, S., Darvish, M., Ahmadian, M. and Shahbazi, A., 2015. Effects of geological formation on desertification in the Mond watershed, Iranian Journal of Range and Desert Research, 22 (3): P 583- 594.

- Ahmadian, M., chavoshian, M. S. and Darvish, D., 2015. Determination of groundwater level fluctuation as measure of semi-arid land resources degradation using geostatistical methods (Case Study: Kaboudrahang-Famenin plain), Iranian Journal of Range and Desert Research, 22 (1): 109- 120.
- Alavi, M., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold- Thrust Belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science, 304: 1- 20.
- Allen, M. B., Jackson, J. and Walker, R., 2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia- Eurasia collision and the comparison of the short- term and long- term deformation rates. Tectonics, 23, TC 2008, doi: 10. 1029/ 2003TC001530.
- Barkhori, S., Mahdavi, R., Zehtabian, G. H. and Gholami, H., 2018. Investigating temporal and spatial changes trend of groundwater quality indices (Case Study: Jiroft plain). Iranian Journal of Range and Desert Research, 25(2):355-365.
- Bostani, S., Zare Compani, M. and Nowshadi, M., 2007. Study of the Effect of Salt Domes on Water Resources in the Dehrom Region of Fars Province. Fourth National Congress of Science and Engineering in Watershed Management of Iran. University of Tehran, March 1, P 17.
- Ehsani, A. and Manbari, S., 2012. Representation of salt dome effects on the salinity of the Mund river using the data of the esters (Case study: Bushehr, Jamsak salt dome), Second Conference on Environmental Management and Planning.
- Fakhari, M., 1994. Map of Khormoj scale 1: 250,000.
- Fakhri, F., Jafari, S. M. and Khosroshahi, M., 2007. Investigation of the geological causes effective in desert formation and its boundaries in Boushehr province, 14(3): 391-402.
- Frumkin, A., 1994. Hydrology and denudation rates of halite karst. Journal of Hydrology, 162: 171-189.
- Ghanbarian, M. A., 2007. Tectonic and geoelectrical study of salt domes of southern Fars with emphasis on ground water quality, University of Shiraz, Faculty of Science.
- Gross, M. R. and Eyal, Y., 2007. Thoroughgoing fractures in layered carbonate rocks. Geological Society of America Bulletin, 119: 1387–1404.
- Husseini, M. I., 1988. The Arabian Infera Cambrian Extensional System. Journal of Tectonophysics, 148: 93- 103.
- Jafari, S. M., 2004. Geological Tourism in Bushehr Province. Bushehr Press, 85p.
- Jafari, S. M., 2006. Port of siraf tourist village of gulf. The second Gulf National Conference, Tehran.
- Kent, P., 1970. The salt plugs of the Persian Gulf region.
- Kent, P. E., 1979. The emergent Hormuz salt plugs of southern Iran. Journal of Petroleum Geology, 2(2): 117-144.
- Marshak, S. and Mitra, G., 1988. Basic methods of structural geology, Hall, 446 pp.
- Motiee, H., 1993. Stratigraphy of Zagros, Design of Geological Book of Iran. Geological Survey of Iran, 230 p.
- Nickelson, R. and Hough, V., 1967. Jointing in the Appalachian plateau of Pennsylvania. Geological Society of America Bulletin, 78: 609-630.
- Pollard, D. D. and Aydin, A., 1988. Progress in understanding jointing over the past century. Geological Society of America Bulletin, 100: 1181–1204.
- Ramsay, J.G. and Huber, M. I., 1987. The techniques of modern structural geology, V. 2: folds and fractures, Academic Press, 700 p.
- Shayan, S., Zare, G. H., Sharifi kia, M. and Amiri, S. H., 2012. Identifying and analyzing o geomorphology forms related to the salt domes evolution (Case study: Korsia salt dome- Darab plain). Journal of Quantative Geomorphological Research, 21: 73-86.
- Taatizade, H., 2012. Water Quality Survey of the Mond River in Bushehr Province. Ninth International Conference on River Engineering, Shahid Chamran University.
- Talbot, C. J., 1977. Inclined and upward moving gravity structures. Journal of Tectonophysics, 42:159-181.
- Talbot, C.J., 1979. Fold trains in a glacier of salt in southern Iran. Journal of structural Geology, 1: 5–18.
- Talbot, C. J. and Jarvis, R. J., 1983. Age, budget and dynamics of an active salt extrusion in Iran. Journal of Structural Geology, 6(5): 521- 533.
- Talbot, C. J., 1998. Extrusion of Hormuz salt in Iran. Journal of Geological Society, London, 143: 315-334.
- Tahmasbi, A., 1998. Investigating the factors affecting water and soil salinization and desertification in the Basin of Shahr Eshtehard. Master's Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 164 p.
- Vernant. P. H., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigni, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, F., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F. and Chery, J., 2004. Present- day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophysical Journal International, 157: 381- 398.

The effect of structural dynamics of the salt dome on the salinity of the surrounding lands

S. Zandifar[1*], M. Naeimi[2] and Z. Ebrahimikhusfi [3]

1*- Corresponding author, Assistant Professor, Desert Research Division , Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension, AREEO, Tehran, Iran, Email: zandifar@rifr-ac.ir
2- Assistant Professor, Desert Research Division , Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension, AREEO, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Natural Science, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Iran

Received:02/13/2019 Accepted:07/10/2019

Abstract

The most important structural factor that contributes to desertification is the appearance of salt domes. Due to its solubility and also the effect it can have on the quality of water and soil resources in the surrounding areas, its study is of special importance in agricultural projects and natural resources because it will reduce soil fertility and expand deserts. In this study, it has been tried to determine the quality of surface and groundwater and also to study the factors of geology, morphology, salt dynamics, and tectonic fractures around the Dashti salt dome and its relationship in desertification. The thickness of the salt column in the Dashti salt dome has been estimated at approximately 2,800 meters, and salt glaciers are affected by the topography of the dome (northeastern-southwest) from both sides and laid on the surrounding rocks. For this reason, low sediment is constantly threatened with contamination. Examining the dynamics of the dome, it was found that the balance between the amount of supply and the lack of salt in the desired salt dome is always established and plays an active and permanent role in the expansion of the desert around it. The flow of groundwater in the aquifers of the region is mainly controlled by the permeability of tectonic joints and faults around the dome and confirms the effect of the dome on the salinity of groundwater. Close activity to the surface of the Dashti salt diapir before the orogeny of Zagros is an important and fundamental factor in the destruction of the Kangan anticline soils and the expansion of desertification.

Keywords: Tectonic joint, salt dynamics, water quality, salt diapir, salt glacier.