



تأثیر عوامل زمین‌شناختی بر غلظت گاز رادون حل‌شده در آب‌های زیرزمینی انار - شمال استان کرمان

سیدضیاء حسینی*

۱- استادیار پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور مرکز رفسنجان، کرمان، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: z_hosseini@pmu.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۳/۲، پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۹/۲۸

چکیده

غلظت رادون موجود در آب‌های زیرزمینی انار به‌وسیله دستگاه RAD7 در ۳۳ حلقه چاه اندازه‌گیری شد و بین ۱/۳۳ تا ۲۹/۹۰ Bq/lit تغییر می‌کند. ۴۰ درصد از چاه‌ها دارای غلظت رادون بالاتر از ۱۱ Bq/lit هستند. اغلب چاه‌ها با غلظت‌های بالای رادون در بخش جنوب‌غربی و در رسوبات آواری از جنس قطعات آذرین مانند داسیت و آندزیت قرار دارند در حالی که چاه‌های با مقادیر پایین رادون در بخش شرقی و شمال‌شرقی در رسوبات حاصل از تخریب سنگ‌های فیلیش و آهک واقع هستند. رسوبات آذرین آواری بخش جنوب‌غربی به‌طور ذاتی توانایی تولید رادون بیشتری در مقایسه با رسوبات بخش‌های شمال‌شرقی و شرقی منطقه دارند. از سوی دیگر، غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده در آب‌های زیرزمینی انار با فاصله از گسل کاهش می‌یابد. این موضوع‌ها می‌تواند نشان‌دهنده نقش گسل انار و شکستگی‌های مرتبط و همچنین تأثیر جنس ذرات در تولید و رهاسازی گاز رادون در آب‌های زیرزمینی انار باشد.

واژه‌های کلیدی: رادون، آب‌های زیرزمینی، انار، رسوبات آواری، گسل

۱- مقدمه

جنس رسوبات، نقشه گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه و گسترش مخروط‌افکنه‌ها، ۳۳ چاه کشاورزی انتخاب و غلظت گاز رادون موجود در آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت گاز رادون از دستگاه RAD7 استفاده شد. این دستگاه از نوع آشکارسازهای فعال است و بر اساس میزان ذرات آلفای گسیل شده از رادون و تورون عمل می‌کند. در این روش از بطری ۲۵۰ میلی‌لیتری استفاده شد که با توجه به کالیبراسیون دستگاه، سامانه به‌صورت اتوماتیک به مدت پنج دقیقه حبس‌سازی شده و پس از آن در چهار مرحله پنج دقیقه‌ای غلظت گاز رادون اندازه‌گیری می‌شود.

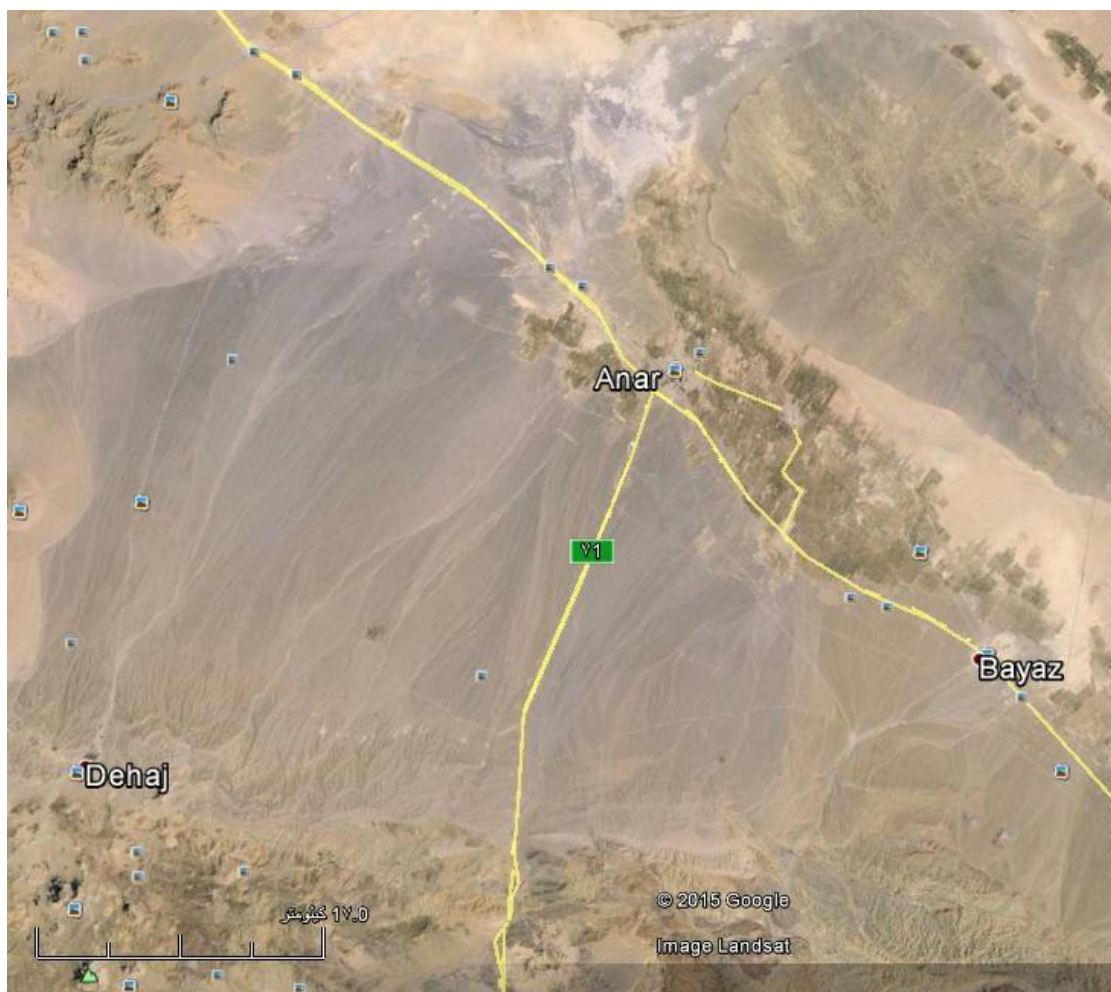
۳- زمین‌شناسی منطقه انار

منطقه انار بخشی از ناحیه ایران مرکزی است، که از نظر ساختاری جزو بخش جنوبی فرفاقتادگی رفسنجان - ساوه به‌شمار می‌رود (Alavi, 2004; Shahabpour, 2005). این منطقه با روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق بین دو رشته‌کوه ماگمایی سنوزویک ایران مرکزی در غرب و رشته‌کوه رسوبی مزوزویک در شرق قرار دارد. مرز کوه و دشت در این منطقه مانند اغلب دشت‌های ایران مرکزی گسلی است. تصاویر ماهواره‌ای وجود یک مخروط‌افکنه وسیع را در غرب و مخروط‌افکنه‌های کوچک‌تر را در شرق و شمال دشت نشان می‌دهند. بخشی از شهر انار نیز بر روی این مخروط‌افکنه وسیع غربی واقع است (شکل ۱). این مخروط‌افکنه از رسوبات رودخانه‌ای حاصل از رودخانه فصلی دهج و جوزم شکل گرفته است و رسوبات آن از قطعات سنگ‌های آتشفشانی و پلوتونیک با اندازه‌های تخته سنگ تا سیلت تشکیل شده‌اند.

رادون یک گاز پرتوزای بی‌اثر است. این گاز با نیمه‌عمر ۳/۸۳ روز در زنجیره واپاشی اورانیوم ۲۳۸ و از واپاشی رادیم ۲۲۶ تولید می‌شود. رادون و رادیم در آب انحلال پذیرند. زمانی که آب‌های زیرزمینی از بین ذرات خاک حاوی رادون و رادیم عبور می‌کنند، این دو گاز در آب حل شده و به سمت بالا انتقال می‌یابند. مقدار رادون موجود در آب متناسب با مقادیر رادیم و اورانیوم موجود در خاک است. مقدار اورانیوم در سنگ‌های آذرین اسیدی و رسوبات ناشی از آنها مانند گرانیت بیش از انواع دیگر سنگ‌هاست (Brutsaert et al., 1981, Loomis, 1987). مقدار اورانیوم در سنگ‌های رسوبی و رسوبات آنها به‌ویژه انواع کربناتی معمولاً اندک است (Gorgoni et al., 1982, King et al., 1982). عوامل دیگری نیز از جمله خصوصیات فیزیکی سنگ بستر و خاک، اندازه دانه‌های خاک و همچنین ساختارهای زمین‌شناسی مانند گسل‌ها، شکستگی‌ها، درزه‌ها و زون‌های برشی نیز بر غلظت گاز رادون موجود در آب‌های زیرزمینی نقش دارند (Choubey and Ramola, 1997, Ramola et al., 2008, Tansi, 1987). این مقاله به بررسی نقش عوامل زمین‌شناختی بر غلظت گاز رادون در آب‌های زیرزمینی دشت انار می‌پردازد.

۲- روش اندازه‌گیری

به‌منظور بررسی عوامل زمین‌شناختی بر غلظت گاز رادون در آب‌های زیرزمینی دشت انار با در نظر گرفتن عوامل زمین‌شناختی منطقه از جمله



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای دشت انار و موقعیت شهر انار در این دشت

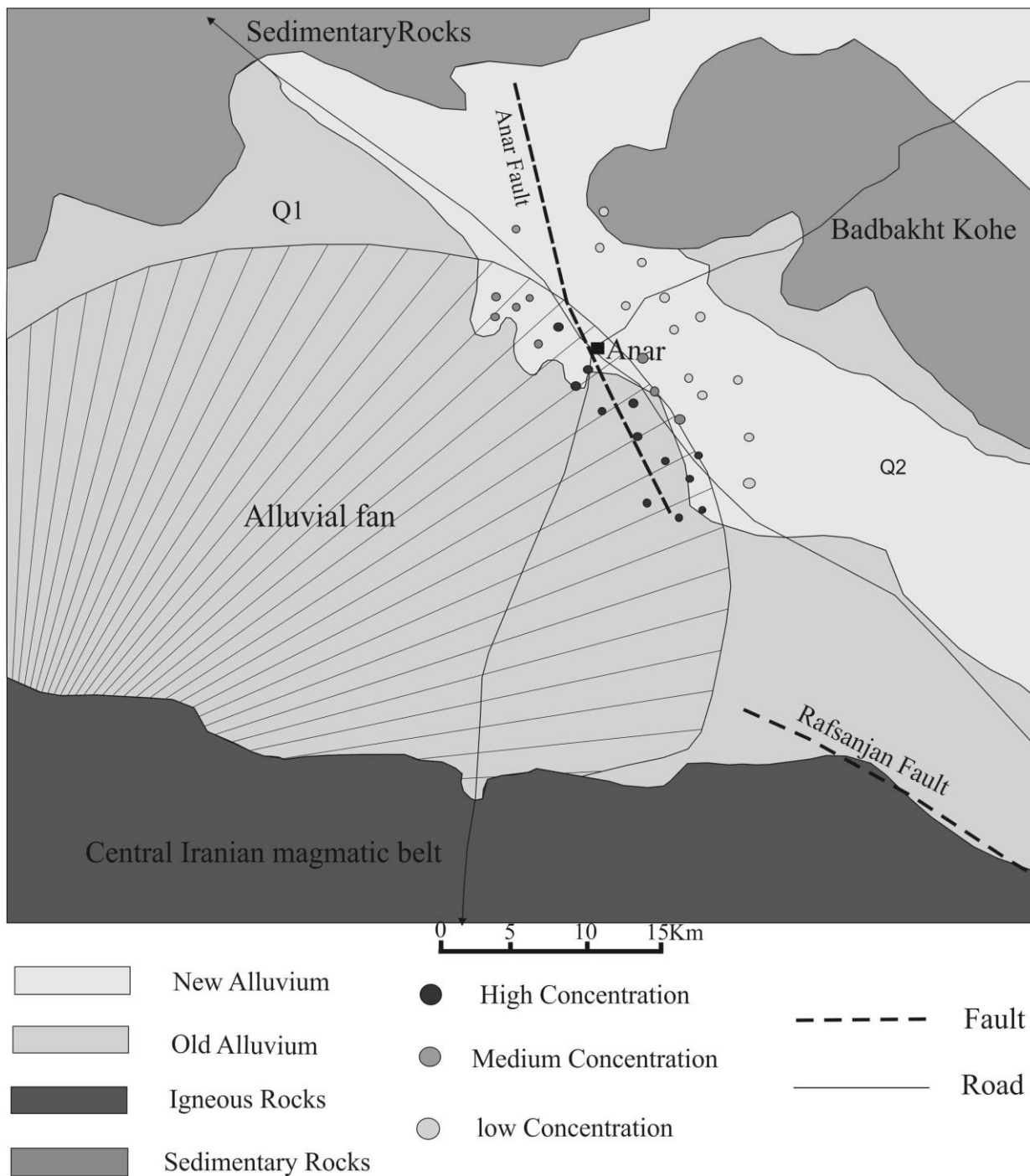
آندزیت، فنولیت، داسیت و سنگ‌های آذرآوری متعلق به دوران سنوزویک است را زهکش می‌کند. همچنین سنگ‌های آهکی، شیل‌ها و ماسه‌سنگ متعلق به دوران مزوزویک از سنگ‌های اصلی تشکیل‌دهنده رشته‌کوه‌های شرقی (بدبخت‌کوه) شمالی و شمال‌شرقی منطقه هستند. رواناب‌های این منطقه نیز به‌وسیله مسیل‌های موجود در این بخش از منطقه به دشت انار زهکش می‌شوند و مخروط‌افکنه‌های کوچکی نیز در مرز کوه و دشت پدید می‌آورند.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

آبخوان دشت انار از نوع آزاد و از بیش از ۱۰۰۰ متر رسوبات آواری بر روی یک سنگ بستر تشکیل شده است. سطح آب زیرزمینی در دشت انار در عمق حدود ۱۵۰ متری از سطح زمین واقع است و جهت حرکت آب به سمت شمال شرق است. تغذیه این آبخوان بیشتر توسط رواناب‌ها و آب‌های زیرزمینی از ارتفاعات غرب منطقه انجام می‌شود. اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در آب‌های زیرزمینی دشت انار با استفاده از ۳۳ حلقه چاه در این دشت انجام شد (شکل ۲). نتایج این اندازه‌گیری در جدول ۱ قابل مشاهده

تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تهیه‌شده از منطقه انار، شکستگی‌های متعدد با ابعاد مختلف را نشان می‌دهند. مهم‌ترین آنها بخش شمالی گسل رفسنجان است که در این منطقه به گسل انار تغییر نام می‌دهد (شکل ۲). این گسل با روند شمال-جنوب از نوع راستگرد است و دارای مؤلفه شیب‌لغز است. شیب صفحه گسلی ۴۵ درجه بوده و جهت آن رو به غرب است. بررسی‌های زمین‌شناسی منطقه انار نشان می‌دهد که دشت انار از رسوباتی با اندازه‌های متنوع از شن تا لای به ضخامت حدود ۱۰۰۰ متر بر روی سنگ بستر تشکیل شده است. ماهیت سنگ بستر به روشنی مشخص نیست اما با توجه به رخنمون سنگ‌های مزوزویک در منطقه می‌توان سنگ بستر را به مزوزویک نسبت داد. منشأ رسوبات دشت انار بیشتر از رشته‌کوه آتشفشانی-ماگمایی ایران مرکزی در غرب و کمتر رشته‌کوه رسوبی بدبخت‌کوه است. بخش اعظم رسوبات این منطقه توسط رودخانه‌های فصلی دهج و جوزم تأمین می‌شود. بررسی شبکه زهکشی این رودخانه‌ها که بزرگ‌ترین مخروط‌افکنه منطقه را به‌وجود آورده‌اند، نشان می‌دهد که شبکه زهکشی این رودخانه‌ها وسعتی بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر مربع دارند و رواناب‌های موجود در ارتفاعات غرب منطقه را که بخشی از رشته‌کوه ماگمایی ایران مرکزی است و در این منطقه از انواع سنگ‌های گرانیت،

است. بالاترین غلظت گاز رادون ۲۹/۹ و کمترین آن ۱/۳۳ Bq/lit است. از مطالعه ۱۲ حلقه دارای غلظت‌های گاز رادون بالاتر از ۱۱ Bq/lit است و آنجا که حد مجاز غلظت رادون ۱۱ Bq/lit است از ۳۳ حلقه چاه مورد ۲۱ حلقه مقادیر کمتر از حد مجاز دارند.



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه انار و موقعیت نمونه‌ها نسبت به گسل انار و مخروط افکنه وسیع غربی

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری گاز رادون در چاه‌های آبخوان دشت انار

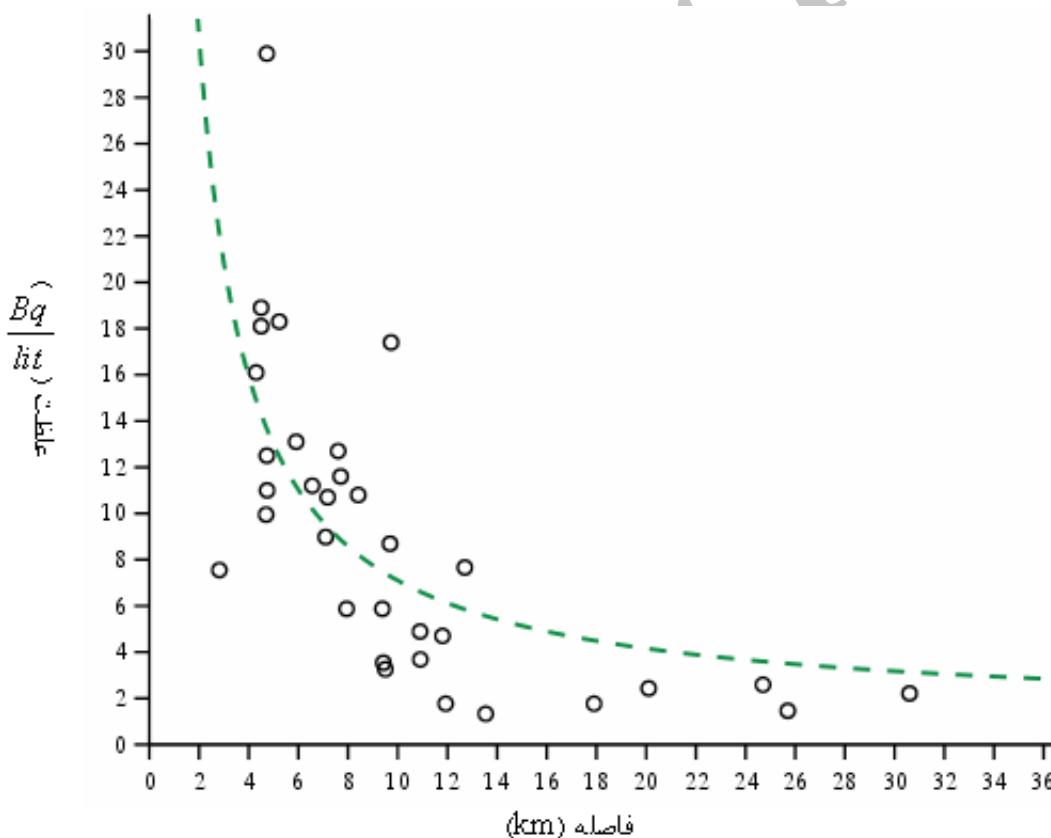
شماره چاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (m)	میانگین غلظت (Bq/lit)	فاصله از گسل (km)	فاصله از آبراهه اصلی (km)
۱	۵۵.۱۹	۳۰.۹	۱۴۱۸	۱.۷۷	۷.۲۶	۱۶.۶۰
۲	۵۵.۱۸	۳۰.۸۹	۱۴۲۷	۱.۳۳	۸.۸۷	۱۸.۲۰
۳	۵۵.۱۳	۳۰.۹۲	۱۴۲۹	۱.۷۷	۱۳.۲	۲۲.۶۰
۴	۵۵.۲۰	۳۰.۸۹	۱۴۱۸	۳.۶۸	۶.۲۲	۱۵.۶۰
۵	۵۶.۲۱	۳۰.۸۹	۱۴۲۱	۳.۵۴	۴.۷۳	۱۴.۱۰
۶	۵۵.۲۱	۳۰.۸۸	۱۴۲۷	۵.۸۷	۳.۷۱	۱۴.۱۰
۷	۵۵.۲۲	۳۰.۸۸	۱۴۰۹	۱۰.۸۰	۳.۷۱	۱۳.۱۰
۸	۵۵.۲۹	۳۰.۸۷	۱۳۹۴	۷.۵۵	۳.۶۴	۱۲.۰۰
۹	۵۵.۲۹	۳۰.۸۸	۱۳۹۲	۱۰.۷۳	۴.۳۶	۱۰.۰۰
۱۰	۵۵.۱۶	۳۰.۹۸	۱۴۰۸	۲.۴۳	۱۵.۴۰	۲۴.۸۰
۱۱	۵۵.۱۲	۳۱.۰۰	۱۴۳۰	۲.۵۹	۲۰.۰۰	۲۹.۴۰
۱۲	۵۵.۱۱	۳۱.۰۰	۱۴۲۶	۱.۴۶	۲۱.۰۰	۳۰.۴۰
۱۳	۵۵.۰۸	۳۱.۰۴	۱۴۲۴	۲.۲۱	۲۵.۹	۳۵.۳
۱۴	۵۵.۲۷	۳۰.۸۳	۱۴۲۲	۹.۹۵	۳.۵۹	۵.۸۰
۱۵	۵۵.۲۷	۳۰.۸۱	۱۴۳۹	۱۱.۰۴	۵.۶۷	۳.۸۰
۱۶	۵۵.۲۸	۳۰.۸۲	۱۴۲۵	۱۲.۵۱	۵.۴۶	۴.۰۰
۱۷	۵۵.۳۰	۳۰.۷۹	۱۴۲۴	۱۸.۳۱	۹.۴۵	۱.۲۰
۱۸	۵۶.۳۳	۳۰.۷۵	۱۴۱۷	۱۷.۴۰	۱۴.۰۰	۵.۴۵
۱۹	۵۵.۳۷	۳۰.۷۴	۱۴۲۶	۷.۶۶	۱۷.۴۰	۸.۰۰
۲۰	۵۵.۳۷	۳۰.۷۵	۱۴۱۷	۴.۷۰	۱۶.۵۰	۷.۱۰
۲۱	۵۵.۳۷	۳۰.۷۶	۱۴۱۱	۴.۸۹	۱۵.۶۰	۶.۲۰
۲۲	۵۵.۳۴	۳۰.۷۶	۱۴۲۱	۳.۲۶	۱۴.۰۰	۵.۰۰
۲۳	۵۵.۳۳	۳۰.۷۷	۱۴۱۶	۱۲.۷۰	۱۲.۲۰	۳.۰۰
۲۴	۵۵.۳۰	۳۰.۸۰	۱۴۲۲	۱۸.۱۲	۴.۰۰	۵.۰۰
۲۵	۵۵.۲۳	۳۰.۷۸	۱۵۰۸	۱۶.۱۲	۲.۰۰	۶.۶۰
۲۶	۵۵.۲۲	۳۰.۷۹	۱۴۹۱	۱۸.۹۱	۲.۱۰	۷.۰۰
۲۷	۵۵.۲۲	۳۰.۸۱	۱۴۷۷	۲۹.۹۰	۱.۲۰	۸.۴۵
۲۸	۵۵.۲۲	۳۰.۸۴	۱۴۲۵	۸.۹۸	۲.۴۰	۱۱.۸۰
۲۹	۵۵.۲۲	۳۰.۸۶	۱۴۲۵	۱۱.۶۰	۳.۰۰	۱۲.۴۰
۳۰	۵۵.۳۰	۳۰.۸۵	۱۳۹۲	۵.۸۷	۴.۸۷	۱۱.۰۰
۳۱	۵۵.۳۳	۳۰.۸۴	۱۳۹۷	۸.۶۹	۷.۳۷	۱۲.۰۰
۳۲	۵۵.۲۷	۳۰.۸۷	۱۳۹۴	۱۱.۲۰	۳.۱۲	۱۰.۰۰
۳۳	۵۵.۲۷	۳۰.۸۶	۱۴۰۱	۱۳.۱۱	۲.۳۲	۹.۵۰
۳۴	۵۵.۲۷	۳۰.۸۷	۱۴۰۰	۱۶.۶۰	-	-
۳۵	۵۵.۲۷	۳۰.۸۷	۱۴۰۰	۳۰.۸	-	-

دارای مقادیر بیشتر از ۱۱ Bq/lit در فاصله کمتر از هشت کیلومتر از امتداد گسل و در بخش جنوب‌غربی منطقه قرار دارند و با افزایش فاصله از گسل،

موقعیت چاه‌ها و غلظت رادون اندازه‌گیری شده در آنها نشان می‌دهد که غلظت گاز رادون با فاصله از گسل تغییر می‌کند (شکل ۳). چاه‌های

همچنین Yalim et al., 2012 با بررسی عملکرد گسل‌ها و شکستگی‌ها در رهاسازی رادون به داخل آب‌های زیرزمینی، وجود شکستگی‌های ریز و میکروسکوپی را بهترین مسیر ورود گاز رادون از ذرات جامد مولد به سیال می‌داند و تاکید می‌کند وجود چنین شکستگی‌هایی در منطقه اشباع سبب افزایش غلظت رادون در آب زیرزمینی خواهد شد. بررسی نقشه پراکندگی نقاط اندازه‌گیری شده و امتداد گسل انار در شکل ۲ نشان می‌دهد چاه‌های با غلظت بالای رادون در فاصله کمی از گسل قرار دارند و می‌توان نتیجه گرفت که وجود شکستگی‌های با ابعاد مختلف متعدد و مرتبط با گسل انار شرایط آزادسازی گاز رادون تولید شده از ذرات تخریبی خاک به داخل آب و هوای موجود بین ذرات خاک را در این بخش از منطقه بیشتر فراهم کرده است و این منطقه دارای غلظت بالای گاز رادون در آب‌های زیرزمینی دشت

این مقادیر روند کاهشی را نشان می‌دهند. همچنین چاه‌های با مقادیر بیشتر گاز رادون، در سطح مخروط‌افکنه غربی متمرکز هستند. بررسی جنس قطعات موجود در این مخروط‌افکنه نشان‌دهنده قطعات و ذرات آواری با ابعاد در حد شن تا لای از جنس سنگ‌های آذرین است که به‌وسیله رودخانه جوزم و دهج از رشته‌کوه ماگمایی ایران مرکزی از غرب و جنوب‌غرب دشت انار به این بخش حمل شده‌اند و بیشتر از نوع داسیت، آندزیت و گرانیت هستند. میانگین مقادیر اورانیم اندازه‌گیری شده در سنگ‌های آذرین منطقه دهج حدود ۳ppm است (Moradian, Hosseini et al., 2009). چنین قطعاتی در مقایسه با سایر رسوبات منطقه از جمله رسوبات موجود در سطح در بخش شرقی، شمال و شمال‌شرقی منطقه، دارای مقادیر بیشتری اورانیم هستند و بیشتر از قطعات رسوبی آواری از نوع آهک و ماسه و شیل تشکیل شده‌اند. بنابراین رسوبات مخروط‌افکنه غربی به‌طور ذاتی توانایی تولید غلظت‌های بالاتری از گاز رادون را دارند (Shapiro, 1980).



شکل ۳- نمودار تغییرات میزان غلظت گاز رادون چاه‌های منطقه انار برحسب فاصله میانگین از گسل فعال

مراجع

Alavi, M., 2004, "Regional Stratigraphy of The Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution", *American. J. Sci*, 304: P.1-20.

Brutsaert, W.F., S.A., Norton, C.t. Hess and J.S.Williams., 1981, "Geologic and hydrologic Factors controlling Radon-222 in Ground water in maine", *Ground water*, v. 19, P. 407-417.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای احمد اسدی عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه پیام‌نور رفسنجان برای مساعدت بی‌دریغ ایشان، بی‌نهایت سپاسگزاری می‌شود.

- Choubey, V.M., Ramola, R.C., 1997**, "Correlation between geology and radon levels in ground water, soil and indoor air in Bhilangana Valley", *Garhwal Himalaya, India. J. Environ. Geol.* 32, P.258-262.
- Gorgoni, C.,G. Martinelli and G.P. sighinolfi., 1982**, "Random distribution in Groundwater of the po Sedi-Mentary Basin (Italy)", *chemical Geology*,v.82, P.2845-2862.
- Hosseini, S.Z., Arvin, M., Oberhansli, R., Dargahi, S., 2009**, "Geochemistry and tectonic setting of Pleistocene basaltic lava flows in the Shahre-Babak area", *NW of Kerman, Iran: Implication for the evolution of Urumieh-Dokhtar Magmatic Assemblage.*, *J. Sci. Iran.*, 20, P.331-343.
- King, p.t., j. Michel and W.s., Moore., 1982**, "Ground water geochemistry of ^{228}Ra , ^{226}Ra and ^{222}Rn ", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.46, P.1173-1182.
- Loomis, D.P., 1987**, "Radon-222 Concentration and Aquifer Lithology in North Carolina", *Groundwater Monitoring & Remediation*, 7: P.33-39.
- Moradian, A., 1997**, "geochemistry, geochronology and petrography of feldspathoid bearing rock in the Urumieh-Dokhtar volcanic belt. Iran", *Ph.d., thesis university of Wollongong Australia.*, P.412.
- Ramola, R.C., Choubey, V.M., Negi, M.S, 2008**, "Radon occurrence in soil-gas and groundwater around an active landslide", *Radiation Measurements*, 43, P. 98-101.
- Tansi, C., 1987**, "Interpretation of radon anomalies in seismotectonic and tectonic-gravitational settings: the south-eastern Crati graben Radiation measurements 32", P.236-242.
- Shahabpour, J., 2005**, "Tectonic evolution of the orogenic belt located between Kerman and Neyriz", *J. Asian Earth Sci.*, 24, P.405-417.
- Shapiro, M.H., 1980**, "Comparison of radon monitoring techniques, the effects of thermoelastic strains on subsurface radon, and the development of a computer-operated radon monitoring network for earthquake prediction", *U.S. Geological Survey Open Field report*, P.80-896.
- Yalın, H.A, Sandıkcıoğlu, A, Ertugrul, O., Yıldız, A., 2012**, "Determination of the relationship between radon anomalies and earthquakes in well waters on the Aks", *ehir-Simav Fault System in Afyonkarahisar province, Turkey*, P.8-89.

