مجلة پژوهشي دانشگاه اصفهان(علوم پايه)
جلد ۳۴- شماره۵- سال ۱۳۸۷
صص۱۸-۱

ايران مركزي و لزوم توجه به پديده‌هاي زمين‌شناسي در توسعه شهرها وروستاهاي قديمي و احداث شهرهاي جديد

قدرت ترابي
گروه زمين‌شناسي دانشگاه اصفهان

چكيده

بخش قابل توجهي از ايران مركزي را بيابان ها و قسمت هاي كويري به خود اختصاص داده اند، لذا ايران مركزي را مي توان كم آب‌ترين بخش سرزمين ايران دانست. به همين دليل كم آبي و شرايط سخت آب و هوايي، ساكنان باستاني كوير نقاطي را كه داراي آب و يا چشمه بوده‌اند براي سكني انتخاب نموده‌اند. اما اين نقاط انتخاب شده اغلب محل گسل هاي عميق امتداد لغز، مناطق برشي و تراست‌ها هستند. چرا كه اين ساختارهاي زمين‌شناسي توانايي هدايت و تمركز آب‌هاي زير زميني را دارند. زندگي انسان ها در مناطق گسليده توام با مخاطراتي است كه از آن جمله مي توان به خطر زلزله، خطر كاني‌هاي گروه آزبست در افيوليت ملانژها، كاني سازي عناصر راديواكتيو- سمي و سنگين، و آزاد شدن گازهاي رادون(Rn) و دي اكسيد كربن(CO_2) اشاره نمود. اين مخاطرات در تمام بخش‌هاي ايران مركزي بخوبي مشخص بوده و توجه به آن ها در گسترش شهرها و روستاهاي كويري و برنامه ريزي جهت احداث شهرهاي جديد كاملاً ضروري است.

واژه‌هاي كليدي: ايران مركزي، آب، خطر، زلزله، آزبست، راديواكتيو، گاز.

Central Iran and Necessity of Attention to Geological Phenomena in Development of the Old Cities and Villages and Establishing the New Cities

G. Torabi
Geology Department, the Universiry of Isfahan

Abstract

Considerable part of the Central Iran is made by deserts and arid regions; therefore the Central Iran contains the lowest water content in the land of Iran. Because of the water deficiency and hard weather conditions, the indigenous people of arid regions have selected the springs and water found areas for living. But most of these areas are locations of deep strike sleep faults, shear zones, and thrusts, because these structures are able in lead and chanellizing the groundwaters. Living of the people in faulted areas presents many hazards that are earthquake, asbestos minerals in ophiolite mélanges, radioactive-toxic and heavy metal elements mineralization, and Radon and CO2 releasing. These hazards are obvious in Central Iran and attention to them is highly necessary in development of the old cities and villages and establishing the new cities.

Keywords: Central Iran, Water, Hazard, Earthquake, Asbestos, radioactive, Gas.

مقدمه

تصادم دو صفحه قاره اي عربستان و ايران از ابتداي سنوزوئيک، باعث فعال بودن دگرشکلي در ايران گرديده است. چين خوردگي همراه با گسلش در زاگرس، البرز و ايران مرکزي از مهمترين نمودهاي دگرشکلي در ايران مي باشد. مطالعات جديد متوسط مقدار کوتاه شدگي در ايران که حاصل برخورد دو صفحه قارهاي است را حدود ۲۵ ميلي متر در سال نشان داده است(Walker and Jackson, 2004).

بيشتر بخش هاي مياني کشور ايران را سرزمين هاي تخت که به آنها کوير مي گويند پوشانده است. از قرن ها پيش، ايرانيان ساکن مناطق کويري پي برده اند که برخي از کوه هاي موجود در اين مناطق که داراي آب و چشمه هستند آب مورد نياز آنها را تامين مينمايد. به همين دليل در اين مناطق سکني گزيده و روستاها و شهرها شکل گرفتهاند. اما بيشتر اين مناطق انتخاب شده دقيقاً در محل عبور گسلهاي امتداد لغز، مناطق برشي، و گسلهاي تراست يا رورانده قرار دارند چرا که اين ساختارها قادر به هدايت، کنترل و متمرکز نمودن آبهاي زير زميني هستند(Babiker & Gudmundsson, 2004). حرکت نمودن اين گسل ها و رخداد زلزله تنها يکي از تهديدهاي بسيار مهم براي افراد ساکن اين مناطق است. بنابراين مي توان گفت که در سرزمين ايران از از زمانهاي بسيار قديم رابطهاي تنگاتنگ و نوعي سازش بين انسانهاي ساکن مناطق کويري، گسترش تمدن، کوه ها و مناطق گسليده، و تامين آب وجود داشته است.

در بيشتر مناطق ايران مرکزي زندگي با گسلها جهت تامين آب براي آشاميدن و کشاورزي همراه با تهديدهاي متعددي است که در اين مقاله به بررسي اين تهديدها و خطرات از ديدگاه زمينشناسي پرداخته ميشود.

روش انجام تحقيق

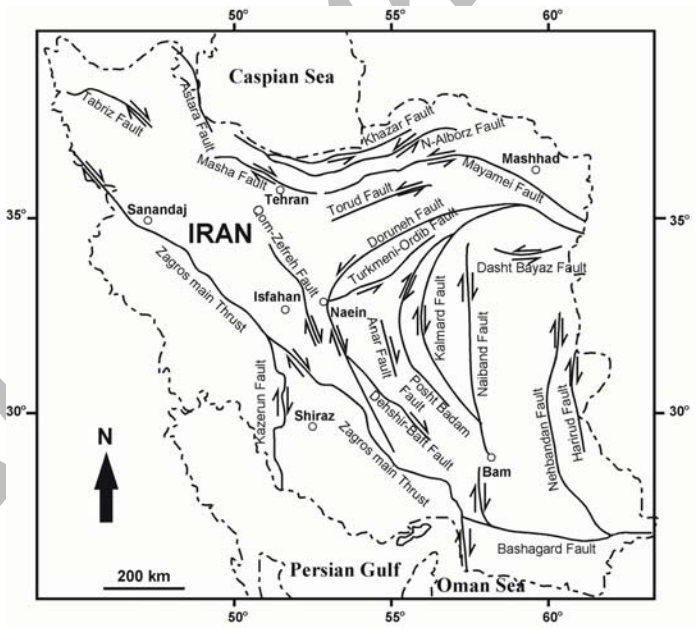
بخشي از کاني هاي مورد بررسي توسط دستگاه آناليز الکترون ميکروپروب JEOL مدل JXA-

8800(WDS) دانشگاه كانازاواي ژاپن با ولتاژ شتاب دهنده 20 kV و جريان 12 nA مورد بررسي قرار گرفته و تعدادي ديگر با استفاده از دستگاه آناليز الكترون ميكروپروب Cameca SX-100 دانشگاه ليبنيز هانوور آلمان با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰kV و جريان ۱۵ nA آناليز شدند. برخي از نمونه هاي رسوب و سنگ كل در دانشگاه اصفهان با استفاده از XRF مدل S4 Pioneer و XRD مدل D8 Advance ساخت شركت Bruker مطالعه شدند. در مركز تحقيقات و توليد سوخت هسته‌اي اصفهان نيز از راكتور مينياتوري و آشكارسازهاي HPGe ساخت شركت Ortec جهت بررسي نمونه‌ها و آناليز با روش فعال‌سازي نوتروني(NAA) بهره گرفته شد.

بررسي انواع مخاطرات

۱- زلزله

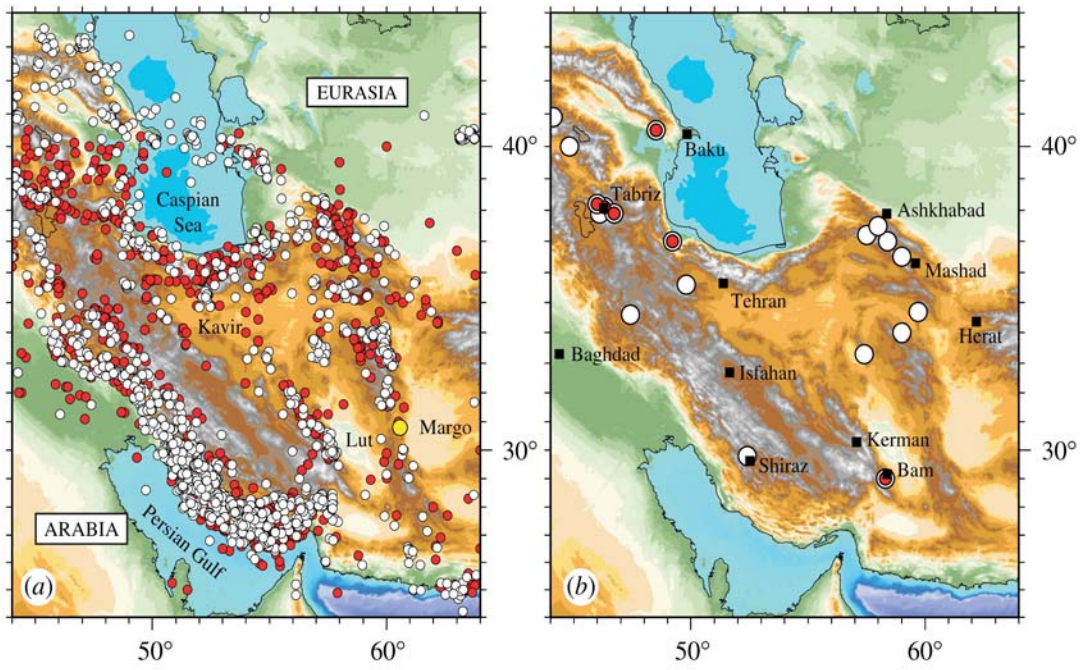
مهمترين خطر مرتبط با گسل ها، حركت آن ها و رخداد زلزله است. در اثر برخورد بين صفحه اورازيا در شمال و صفحه‌هاي آفريقا، عربستان و هند در جنوب، نوار زلزله خيزي بزرگي كه از مديترانه تا آسياي ميانه و شرقي كشيده شده است، ايجاد گرديده كه سرزمين ايران نيز بخشي از اين نوار زلزله خيز است. ايران علاوه بر تراست‌ها و گسل‌هاي محلي داراي گسل‌هاي امتداد لغز عميق متعدد و بسيار مهمي است كه در قسمت‌هاي مختلف قابل مشاهده هستند(شكل ۱).



شكل ۱: نقشه گسل هاي مهم ايران

مهمترين خطر حاصل از زندگي با گسل‌ها، به حركت گسل‌ها و رخداد زلزله بر مي‌گردد. متاسفانه بخش قابل توجهي از منازل مسكوني، ديوارها و مساجد در ايران مركزي از خشت‌هايي ساخته شده است كه توسط نور خورشيد خشك شده‌اند. خشت‌ها از خطرناكترين مصالح ساختماني در هنگام رخداد زلزله

هستند(Ambraseys and Jackson, 1981). بررسي زلزه‌هاي سالیان قبل ایران نشان مي‌دهد که بیشتر زلزله‌ها به ترتیب در زاگرس، البرز، و کپه داغ رخ داده است (شکل ۲).

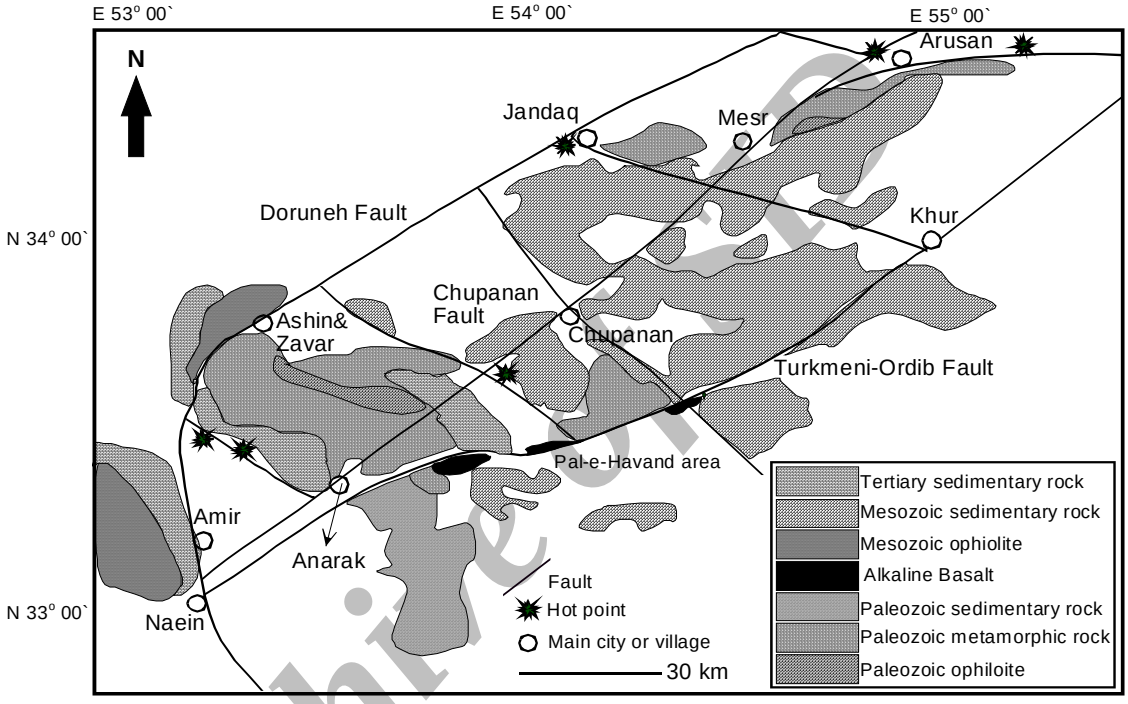


شکل ۲: زلزله هاي ایران و مناطق اطراف(**Jackson, 2006**).(**a**) دایره هاي سفید نشان دهنده زلزله هاي با بزرگي بیش از ۴ مي‌باشد که در بین سال هاي ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۲ رخ داده است(**Engdahl et al., 1998**). دایره هاي خاکستري نیز نشان دهنده زلزله‌هاي ۱۰۰۰ سال گذشته است که داراي بزرگي بیش از ۵ بوده اند(**Ambraseys & Melville, 1982**).(**b**) زلزله هاي ۱۰۰۰ سال گذشته که در اثر آن ها بیش از ۱۰۰۰۰ نفر(دایره هاي سفید) و یا بیش از ۳۰۰۰۰ نفر(دایره هاي خاکستري) کشته شده اند.

وجود دگرشکلي بیشتر در زاگرس و البرز نسبت به سایر مناطق ایران را بوسیله تعداد زلزله‌هاي بیشتر مي‌توان تشخیص داد. در حالي که تعداد زلزله هاي کمتر در ایران مرکزي نشان از دگرشکلي کمتر در این ناحیه از ایران دارد(Ambraseys & Melville, 1982). هرچند که بررسي هاي(Walker et al., 2005) نشان از فعال بودن گسل هاي امتداد لغز راست گرد ایران مرکزي همچون گسل انار، دهشیر و کاشان دارد. مقایسه زلزله‌هاي بخش‌هاي شمالي ایران و زاگرس نشان مي‌دهد که تعداد زلزله‌هاي زاگرس بیشتر از تعداد زلزله‌هاي البرز و کپه داغ بوده، اما متوسط شدت زلزله ها و خطر کشته شدن افراد بیشتر در بخش هاي شمالي بیش از زاگرس است.

بررسي رابطه چگونگي و مکان زمین شناسي زندگي افراد، و خطر رخداد زلزله در ایران و بخصوص در ایران مرکزي، نتایج بسیار مهم و غم انگیزي را نشان مي دهد.

مطالعات زمين شناسي نشان مي دهد كه بيشتر شهرها، روستاها و مزارع به منظور دسترسي به منابع آب دقيقاً در محل عبور گسل‌هاي امتداد لغز و تراست‌ها و يا بسيار نزديک به آنها بنا گذاشته شده‌اند. شكل ۳ اين مسئله را به خوبي در مورد بخش‌هاي شمال شرقي استان اصفهان نشان مي‌دهد. تمام شهرها، روستاها و مزارع موجود در اين شكل به خطواره‌هاي زمين شناسي بسيار نزديک هستند. مهمترين شهرهاي اين بخش از استان اصفهان، نائين و خور مي‌باشد كه دقيقاً در محل برخورد گسل‌هاي مهم قرار گرفته‌اند.



شكل ۳: نقشه زمين شناسي ساده شده بخش هاي شمال شرق استان اصفهان

بين تاريخ و تمدن ايران و مصائب حاصل از رخداد زلزله، ارتباط تنگاتنگي وجود دارد. ليست زلزله‌هاي ايران در ۱۰۰۰ سال گذشته كه در اثر رخداد هركدام از آنها بيشتر از ۱۰۰۰۰ نفر كشته شده‌اند، در جدول شماره ۱ آورده شده است. در اين جدول شهر تهران ديده نمي‌شود. اما بايد خاطر نشان ساخت كه تهران در سالهاي ۸۵۵، ۹۵۸، ۱۱۷۷، و ۱۸۳۰ ميلادي در اثر زلزله ويران شده است اما از آنجايي كه در آن سال‌ها تهران شهر بسيار كوچكي بوده است در اين جدول ديده نمي شود. در مقابل، شهر تبريز كه در طول ساليان گذشته همواره داراي رونق بوده است در ۳ جاي اين جدول ديده مي‌شود(Jackson, 2006).

جدول ١: زلزله هاي ايران در چند هزار سال گذشته كه هركدام باعث كشته شدن بيش از ١٠٠٠٠ نفر شده است(**Jackson, 2006**). بايد توجه نمود كه ۵ مورد از اين ١۵ مورد در ۵٠ سال گذشته رخ داده است. در متن مقاله آورده شده است كه تنها حدود ۵٠ سال از تشكيل شهرهاي بزرگ در ايران مي گذرد.

Date			Dead	Lat.	Long.	Place
27	04	1008	16 000	34.6	47.4	Dinevar
04	11	1042	40 000	38.1	46.3	Tabriz
21	10	1336	25 000	34.7	59.7	Khwaf
23	11	1405	30 000	36.5	59.0	Nishapur
05	02	1641	13 000	37.9	46.1	Tabriz
18	11	1667	12 000	37.2	57.5	Shirvan
26	04	1721	40 000	37.9	46.7	SE of Tabriz
08	01	1780	50 000	38.2	46.0	Tabriz
25	06	1824	20 000	29.8	52.4	Shiraz
17	11	1893	15 000	37.0	58.4	Quchan
01	09	1962	12 000	35.6	49.8	Buyin Zahra
31	08	1968	12 000	34.0	59.0	Dasht-e-Bayaz
16	09	1978	20 000	33.3	57.4	Tabas
20	06	1990	40 000	37.0	49.2	Rudbar
26	12	2003	40 000	29.0	58.3	Bam

٢- افيوليت‌ها و كاني‌هاي آزبست

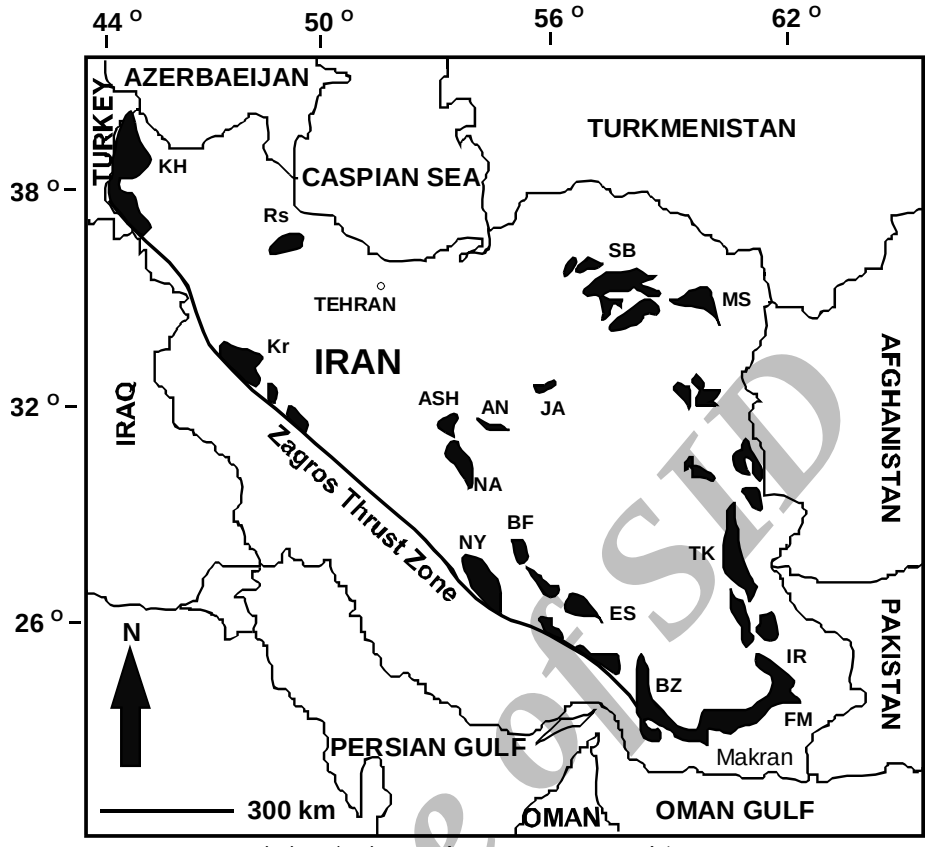
كمپلكس‌هاي افيوليتي كه داراي سرپانتينيت و پريدوتيت‌هاي سرپانتينيتي هستند، در بخش‌هاي مختلف سرزمين ايران قابل مشاهده مي‌باشند. بيشتر افيوليت‌هاي ايران به شدت تكتونيزه و سرپانتيني شده‌اند. افيوليت‌هاي ايران بخشي از كمربند افيوليتي تتيس هستند كه از مديترانه تا آسيا ديده مي‌شوند. از نظر جغرافيايي اين افيوليت‌ها در بخش‌هاي شمالي البرز، در امتداد تراست اصلي زاگرس، ناحيه مكران، و اطراف خردقاره شرق- ايران مركزي ديده مي‌شوند(Yaghubpur & Hassannejad, 2006). رخنمون‌هاي اصلي افيوليت‌ها در كشور ايران در شكل ۴ نشان داده شده است.

مهمترين بيماري هاي مرتبط با وجود آزبست در محيط زندگي بر ٣ گونه هستند:

الف- آزبستي شدن(Asbestosis): زخم شدن بخشي از ريه كه در آنجا عمل تبادلات گازي صورت مي‌گيرد.

ب- سرطان ريه(Lung cancer)

پ- مزوتليوما(Mesothelioma): كه از توابع سرطان‌هاي ريوي بوده و نوعي تومور خطرناک غشايي است كه لايه‌هاي شش ها را گرفتار مي سازد.



شكل ۴: نقشه رخنمون هاي مهم افيوليتي ايران

KH = Khoy; Kr = Kermanshah; NY = Neyriz; BZ = Band Ziarat; NA = Naein; BF = Baft; ES = Esphandagheh; FM = Fanuj-Maskutan; IR = Iranshahr; TK = Tchehel Kureh; MS= Mashhad; SB = Sabzevar; Rs = Rasht; ASH = Ashin; AN = Anarak; JA = Jandaq

مهمترين كاني گروه آزبست كه در سرپانتينيت‌هاي ايران به فراواني ديده مي‌شود، كريزوتيل مي‌باشد. علاوه بر كريزوتيل، كاني‌هاي ديگر گروه آزبست شامل آنتوفيليت، ترموليت، اكتينوليت، گرونريت(Grunerite)، و ربيكيت نيز در افيوليت هاي ايران بخوبي قابل مشاهده هستند. استفاده از آزمايشات XRD در راه تشخيص اين كاني‌ها بسيار موثر است. بررسي‌هاي نشان داده است كه آزبست‌هاي اكتينوليت و ترموليت نسبت به كريزوتيل، آنتوفيليت و ساير آزبست‌ها بيماري‌هاي بسيار خطرناكتري را ايجاد نموده و براي سلامتي انسان‌ها بسيار مضر هستند(Dilek and Newcomb, 2003). اين دو نوع آزبست در افيوليت‌هاي قديمي‌تر ايران(افيوليتهاي پالئوزوئيک و پركامبرين) كه فازهاي متعدد دگرشكلي و دگرگوني را سپري نموده‌اند، داراي فراواني بيشتري مي‌باشند.

بيشتر كاني‌هاي گروه آزبست هنگامي در درون سنگ‌ها تشكيل مي‌شوند كه سنگ تحت تأثير دگرشكلي شديد قرار گرفته و پديده‌هايي همچون چين خوردگي، گسلش، برش(Shearing)، و گسيختگي رخ دهد. چراكه فيبرهاي آزبست در محيط هاي با استرين بالا

همچون درون چين‌ها، صفحات برش، گسل‌ها، شكاف‌ها و كنتاكت توده‌هاي نفوذي متبلور مي شوند. همان طور كه قبلاً اشاره گرديد، بيشتر افيوليت‌هاي ايران شديداً تكتونيزه شده و پديده‌هاي سرپانتيني شدن و دگرگوني در آنها گسترش قابل توجهي دارد. به همين دليل يعني رخداد دگرشكلي‌هاي گسترده در آنها باعث گرديده است كه محيط مناسبي جهت تبلور كاني‌هاي گروه آزبست در آنها فراهم آيد.

در بخش‌هاي مختلفي از ايران مركزي(نائين، سبزوار، بافت، انارک، و بيرجند)، و در مناطق ديگري از ايران همچون نيريز، كرمانشاه، خوي، اسفندقه، مكران و... افيوليت‌ها و سنگ‌هاي داراي آزبست به فراواني ديده مي‌شوند. نتايج آناليز نقطه‌اي كاني‌هاي گروه آزبست موجود در افيوليت عروسان(شرق جندق)، در جدول ۲ آورده شده است. غبارهاي آزبستي موجود در اين مناطق مي‌تواند باعث ايجاد بيماري‌هاي تنفسي گردد. وجود موارد متعددي از بيماري‌هاي تنفسي مرتبط با وجود آزبست، همچون مزوتليوما در روستاهاي مناطقي همچون زون افيوليتي نائين- بافت گزارش گرديده است. بيشتر شهرها و روستاهايي كه در درون افيوليت ها و يا در نزديكي افيوليت ملانژها قرار دارند داراي ً لايه اي از رسوبات آزبستي روي پشت بام ها و ديوارهاي حياط هستند كه توسط باد آورده شده است(Airborne asbestos). جمع آوري گرد و غبار روي پشت بام ها و ديوارهاي مناطقي همچون سهيل پاكوه، سپرآب، گل گنگو، بخش هاي شمال شهر نائين، چاه گربه، زوار، چاه درختک، چاه شور، و مزرعه عبدالغني، به همراه استفاده از آزمايشات XRD وجود لايه گرد و غبار داراي كاني هاي گروه آزبست را نشان مي دهد. برخي از مردم نيز از سرپانتينيت ها، آزبست و سنگ هاي داراي آزبست، در ساخت خانه ها، ديوار منازل، ايجاد ديوار مزارع و دوغاب براي سفيد شدن ديوارها استفاده نموده اند.

جدول ۲: نتايج آناليز نقطه اي ميكروپروب كاني هاي گروه آزبست در نمونه هاي افيوليت عروسان(شرق جندق)

Element	Serpentine			Tremolite			Anthophylite		
SiO_2	40.68	42.23	42.28	58.34	57.95	58.46	56.99	59.91	51.86
TiO_2	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
Al_2O_3	4.12	1.63	1.69	0.31	0.30	0.41	1.59	1.14	1.47
Cr_2O_3	0.65	0.80	0.59	0.08	0.03	0.11	0.43	0.17	0.40
FeO*	3.16	3.42	1.92	2.31	2.48	2.26	2.82	1.40	4.58
MnO	0.04	0.09	0.06	0.03	0.06	0.00	0.00	0.08	0.12
MgO	36.50	37.80	38.74	23.83	23.52	23.84	34.16	30.53	33.57
CaO	0.00	0.00	0.02	13.26	13.09	13.22	0.04	0.02	0.02
Na_2O	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.04	0.03	0.46	0.01
K_2O	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02
NiO	0.18	0.18	0.07	98.17	97.52	98.28	95.67	93.56	91.66
Total%	85.34	86.15	85.38	58.34	57.95	58.46	56.99	59.91	51.86

از ديگر مخاطرات مرتبط با افيوليت ها و سنگ هاي غني از آزبست مي توان به وجود چاه‌ها و قنات هايي اشاره نمود كه در درون افيوليت‌ها و سنگ‌هاي غني از آزبست حفر شده اند. در مناطقي همچون باغ برج، بافت، سورک، نائين، انارک، عباس آباد، عروسان جندق، و شرق ايران برخي از مردم از آب چاه‌هايي كه در درون رسوبات و سنگ هاي غني از آزبست حفر شده اند، و يا آب قنات هايي كه از درون رسوبات و سنگ هاي غني از آزبست عبور مي نمايند، جهت آشاميدن استفاده مي كنند.

نمونه برداري از آب اين گونه قنات‌ها و چاه‌ها در شمال نائين، سپرو، چاه حاج قنبر جندق، چاه درختک و مزرعه عبدالغني در شمال انارک، و باغ برج بافت و استفاده از دستگاه Freeze dryer و XRD، نشان از وجود آزبست در رسوبات حاصل از خشک نمودن اين آب ها دارد. آناليز XRD رسوبات موجود در كتري‌هاي ساكنين اين مناطق نيز وجود آزبست در آب آشاميدني اين افراد را تاييد مي نمايد.

بررسي ها نشان مي دهد كه آزبست موجود در گرد و غبار هوا بسيار خطر ناک تر از آزبست هاي موجود در آب آشاميدني است چراكه بخش اعظم آزبست هاي موجود در آب هاي آشاميدني كه نوشيده شده اند اصلاً جذب بدن انسان نمي شوند.

اما ارزيابي نوشته‌هاي متعددي كه در مورد تأثير آزبست‌هاي خورده شده بر بدن انسان وجود دارد نشان مي دهد كه اين گونه آزبست ها برسلامتي انسان ها و حيوانات بي تأثير نبوده و بررسي هاي بيشتر مورد نياز است(Dilek and Newcomb, 2003; Hillerdal, 1999). شكل ۳ موقعيت برخي از شهرها و روستاهاي شمال‌شرق استان اصفهان كه در نزديكي افيوليت‌ها قرار دارند را نشان مي دهد.

۳- كاني سازي عناصر راديواكتيو، سمي، و فلزات سنگين

بررسي‌هاي صحرايي و مطالعه نقشه‌هاي زمين شناسي نشان مي‌دهد كه كاني سازي و تشكيل بسياري از كانسارهاي موجود در ايران مركزي از روند گسل‌ها تبعيت مي‌نمايد. از ديگر تبعات و مخاطرات حاصل از وجود شهرها و روستاها در محل گسل‌ها و مناطق برشي مي‌توان به خطرات ناشي از التراسيون و كاني‌سازي عناصر راديواكتيو، عناصر سمي، و فلزات سنگين در امتداد اين گسل‌ها اشاره نمود.

در ايران مركزي شهرها و روستاهاي متعددي وجود دارد كه در نزديكي آنها كانسارسازي عناصر راديواكتيو و سمي صورت گرفته است. به مناطقي كه در آنها فراواني عناصر راديواكتيو قابل توجه باشد نقاط داغ(Hot Point) مي‌گويند.

در همراهي كانسارهاي اورانيوم معمولا عناصر راديواكتيو ديگري همچون اورانيوم، توريوم، راديوم و رادون نيز وجود دارد. بنابراين اگر درجايي كانسار اورانيوم داراي غلظت بالايي باشد، احتياط بيشتري بايد نمود. هرچند كه خود اورانيوم خيلي راديواكتيو نيست، اما ساير عناصر راديواكتيوي كه در همراهي آن است، آن را خطرناک تر مي نمايند.

از نظر زمين شناسي و ژئوشيمي تشكيل كانسارهاي عناصر راديواكتيو معمولاً در همراهي با افزايش غلظت عناصر سمي و فلزات سنگين همچون As, Hg, Zn, Cu, S, Fe, Ni, Co, Cd, Sb, Cr, Pb است. زندگي در محيطهاي پرتوزا براي مدت طولاني، و عبور آب آشاميدني انسان ها و حيوانات در امتداد گسل هاي داراي اينگونه كانسارها، از ديگر خطراتي است كه بايد مورد توجه زمين شناسان ايراني محيط زيست قرار گيرد. در شكل ۳ موقعيت برخي از شهرها و روستاهاي شمال شرق استان اصفهان نسبت به نقاط داغ موجود نشان داده شده است.

در مناطق ساغند، انارک و عروسان كانسارسازي اورانيوم در همراهي با كاني سازي عناصري همچون Cu, As, Ni, Co, Fe, Hg, S است. نتايج آناليز تعدادي از نمونه هاي متعلق به كانسارهاي منطقه انارک در جدول ۳ آورده شده است. غلظت اورانيوم در خاكها و سنگ‌هاي منطقه عروسان به ۳/۰۴% يعني ppm ۳۰۴۰۰ مي‌رسد كه عدد بسيار بالايي است. در اين منطقه چشمه‌اي وجود دارد كه آناليز رسوب حاصل از خشک نمودن آب آن توسط Freeze dryer، نشان از وجود حدود ppm ۷۰ اورانيوم دارد. گياهان موجود در اين منطقه آشكارا راديواكتيو بوده و آناليز رسوبات ته كتري يكي از چوپانان اين منطقه مقدار ppm ۱۶ اورانيوم را بدست داد. آب‌هاي جوي اكسيد شده براحتي قادر به انتقال عناصر مختلف در امتداد اين گسل ها هستند. چشمه ها، قنات‌ها و چشمه هاي آب گرم متعددي در محل بسياري از اين نقاط داغ وجود دارند كه از آن جمله مي توان به ورتون، زفره، چشمه شتري، ساغند، و پشت بادام اشاره نمود.

آلتراسيون سوپرژن سازند هاي غني از اورانيوم باعث ايجاد خاک هايي مي‌گردد كه غني از اورانيوم بوده و وزش بادها در اين مناطق، و استفاده از اين خاک ها در كشاورزي از ديگر خطرات مهم اين مناطق هستند و بايد مورد توجه قرار گيرند.

نتايج آناليز نمونه هاي برداشته شده از مناطق دگرساني و كاني زايي شرق كوه سرخ شاد(شمال عشين) در جدول ۴ آورده شده است. قابل توجه بودن مقدار عناصر سمي و سنگين در نمونه هاي آناليز شده(جدول ۳ و ۴) بخوبي مشخص است.

جدول ۳: نتايج آناليز عناصر سمي و سنگين نمونه‌هاي تعدادي از كانسارهاي موجود در منطقه انارک(برگرفته از **Technoexport, 1984**)

Location	Cu	Zn	Pb	Mo	Ag	As
Shekarab	14.69%	-----	-----	0.03%	23	-----
Talkhe	3.5%	2%	0.2%	1%	40	0.15%
Gow-e Morad	0.7%	-----	-----	-----	12	1%
Kal-e Kafi	23.8%	-----	-----	0.12%	10.6	-----
Khuni	3.68%	12.95%	25.82%	-----	64	-----
Chah Mileh	2.37%	20.54%	23.66%	-----	162	-----

٤- متصاعد شدن رادون و CO2

متصاعد شدن آهسته و پيوسته گازهاي طبيعي سمي همچون Rn, H_2S و CO_2 در مناطقي كه از نظر زمين شناسي فعال بوده و محل زندگي انسان‌ها مي‌باشد از ديگر مخاطرات زمين شناسي است كه براي سلامتي انسان ها بسيار مضر است. وجود مقدار قابل توجه اين گازها در محيط نشان از حضور گسل‌ها در آن منطقه داشته كه باعث مهاجرت و صعود راحت اين گازها به سطح زمين مي گردد(Beaubien et al., 2003).

رادون گاز راديواكتيوي است كه بطور طبيعي ايجاد گرديده و بي بو و بي رنگ است. گاز رادون از واپاشي طبيعي عناصر راديواكتيوي همچون توريوم، اورانيوم و راديوم بوجود مي‌آيد. هرچند كه اين گاز به مقدار كم در هوا وجود داشته و موجودات زنده آنها را تنفس مي‌نمايند اما افزايش مقدار آن در هواي محيط هم براي انسان‌ها و هم براي حيوانات خطرآفرين است. بررسي‌ها نشان مي‌دهد كه حدود ۶۹% اكتيويته طبيعي را رادون به خود اختصاص داده و استنشاق مقادير قابل توجه آن در زمان طولاني باعث سرطان ريه و تخريب بافت‌هاي تنفسي مي‌گردد.

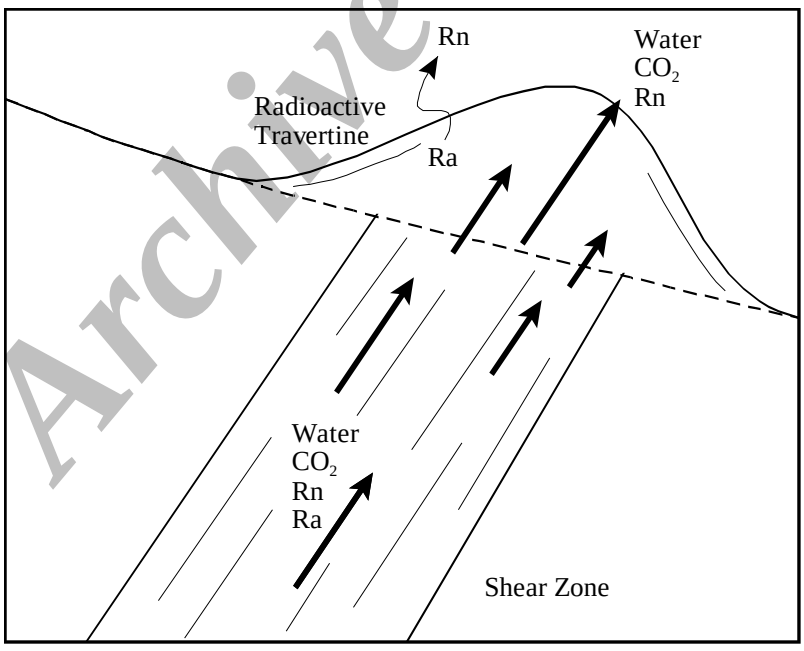
بنابراين از نظر علم فيزيک بهداشت(Health physics) اندازه گيري دوره اي مقدار رادون در محيط زندگي انسان‌ها كاري ضروري است. از آنجايي كه رادون يک گاز مي‌باشد به راحتي از طريق گسل‌ها، زون هاي برشي و شكاف ها به سطح زمين راه يافته و ممكن است غلظت آن در محيط هاي دربسته‌اي همچون اتاق ها و منازل، و يا محيط زيست افزايش يابد. مسئله آزاد شدن رادون از درون زمين يكي از خطرات محيطي بسيار مهمي است كه در مناطق داراي نقاط داغ راديواكتيو بايد مورد توجه قرار گيرد.

جدول ۴: نتايج آناليز نمونه‌هاي برداشته شده از مناطق دگرساني و كاني‌زايي در شرق كوه سرخ شاد(شمال عشين) با استفاده از روش **NAA**

Element	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	71.11%	12.29%	4.61%	1.45%	------	2.72%	------	54.92%	4.25%	7.33%
TiO_2	1.80%	0.34%	0.28%	0.03%	0.03%	0.02%	0.53%	1.22%	0.05%	0.04%
Al_2O_3	11.09%	29.45%	5.71%	5.08%	0.83%	0.76%	8.51%	21.02%	0.40%	0.06%
Fe_2O_3*	3.33%	5.12%	82.88%	80.31%	97.44%	90.88%	33.61%	9.14%	57.33%	69.31%
MnO	21	90	200	61	158	241	538	374	100	13
MgO	1.22%	2.27%	0.50%	0.23%	0.07%	0.14%	1.99%	2.69%	0.12%	0.08%
CaO	0.49%	0.14%	1.34%	0.42%	0.40%	2.03%	7.10%	2.52%	0.46%	7.45%
Na_2O	1.01%	7.49%	2.30%	1.47%	0.04%	0.04%	1.84%	1.07%	6.06%	2.47%
K_2O	0.06%	0.22%	0.10%	0.07%	0.02%	0.06%	0.45%	3.90%	0.16%	0.09%
LOI	9.59%	43.07%	8.07%	10.18%	1.31%	3.06%	------	3.16%	35.9%	10.90%
Cr	20	40	23	25	12	22	85	130	187	19
Co	3	1	48	21	77	53	18	30	1	1
Sc	9.48	10.44	11.82	15.58	2.32	1.84	24.16	30.50	0.07	0.57
V	154	443	78	132	58	39	157	151	17	2
Cu	350	0.13%	0.15%	675	577	447	0.35%	450	247	100
Zn	50	34	229	65	105	554	0.20%	46	60	25
In	0.27	2.11	0.31	1.90	90*	99*	0.20	0.14	0.29	0.20
Mo	2	3	42	31	5	4	37	8	3	3
As	3	3	60	54	29	14	0.11%	37	488	4
Se	0.19	0.14	1.31	1.22	0.11	0.10	0.80	0.10	0.10	1.09
Sb	0.45	0.23	2.33	0.35	0.71	0.50	193	26.55	0.25	0.77
Ag	1	2	3	2	1	2	1	2	3	1
Au	10*	10*	10*	30*	30*	30*	50*	35*	10*	70*
Hg	0.50	0.60	3.80	8.84	1.10	1.50	1.50	1.60	1.10	6.53
Rb	10	8	22	27	38	30	20	141	19	25
Ba	180	70	120	160	150	0.13%	11.78%	0.35%	100	130
Sr	297	649	277	236	150	0.13%	0.37%	277	0.74%	135
Ga	6	17	10	7	27	16	9	7	299	8
Ta	0.25	0.33	0.49	0.45	0.50	0.50	0.50	1.24	0.70	0.40
Hf	2.87	0.40	0.65	0.60	0.60	0.60	1.43	6.86	0.60	0.50
Th	0.30	0.46	0.81	0.40	0.41	0.40	1.03	18.94	0.35	0.35
U	1.11	0.70	0.65	1.25	0.25	1.20	2.00	9.71	0.65	0.90
La	5.62	5.52	7.87	0.70	0.43	1.64	58.48	52.11	36.92	0.35
Ce	17.00	16.75	16.48	3.15	3.20	3.10	16.67	91.16	29.94	3.10
Nd	14.94	12.02	3.10	3.80	2.10	3.50	495.41	79.72	3.50	3.60
Sm	1.04	1.63	1.27	1.20	0.91	0.95	9.04	12.04	0.30	1.50
Eu	0.56	0.09	0.54	0.12	0.12	0.20	2.24	1.62	0.15	0.10
Gd	4.69	0.75	1.49	0.90	0.80	0.80	1.60	10.50	1.10	0.80
Tb	0.30	0.13	0.22	0.21	0.21	0.20	3.13	1.52	0.22	0.24
Dy	0.20	0.29	0.90	0.21	0.23	0.71	16.40	6.52	0.33	0.24
Ho	0.50	1.33	0.85	0.70	0.28	0.25	4.22	0.70	1.30	0.80
Tm	0.33	0.33	0.49	0.67	0.72	0.51	2.76	0.93	0.72	0.45
Yb	0.96	0.27	0.35	0.40	0.40	0.40	10.19	3.87	0.32	0.40
Lu	0.15	0.04	0.18	0.05	0.05	0.05	1.53	0.63	0.05	0.04
Cl	0.28%	0.10%	2.15%	0.78%	754	815	632	200	0.27%	2.36%

*=ppb

همان طور که قبلاً اشاره گرديد تنفس هواي با مقادير بالاي گاز رادون خطر ابتلا به سرطان ريه را افزايش مي دهد. از بين ايزوتوپ‌هاي مختلف رادون، رادون ۲۲۲ به دليل دارا بودن نيمه عمر بالاتر(۳/۸ روز) خطر ناک تر از بقيه ايزوتوپ‌ها است. ايزوتوپ هاي ديگر رادون شامل رادون ۲۱۹ با نيمه عمر ۴ ثانيه و رادون ۲۲۰ با نيمه عمر ۵۵/۳ ثانيه است. نيمه عمر بالاتر رادون ۲۲۲ باعث مي گردد که اين گاز راديواکتيو بتواند مسير طولاني تري را طي نمايد. بنابراين بيشتر رادون هاي موجود در محيط و مکان هاي دربسته اي همچون اتاق ها از نوع رادون ۲۲۲ است(Qureshi et al., 2000). مقدار رادون مجاز در محيط هاي سربسته و باز در کشورهاي مختلف با اندکي تفاوت مشخص مي باشد و در صورتيکه از اين ميزان افزايشي رخ دهد، قوانين حفاظت در برابر اشعه بايد مورد توجه قرار گيرند. بخش استانداردهاي امنيت آژانس بين المللي انرژي هسته اي(IAEA) مقدار مجاز رادون را ۲۰۰-۶۰۰ Bq/m3 اعلام نموده است. بر اساس استاندارد ICRP(کميته بين المللي حفاظت در برابر اشعه) حد بحراني مقدار گاز رادون و دخترهاي آن درهوا($Pci/lit(1100Bq/m^3$) ۳۰ و ماکزيمم حد مجاز غلظت آن درهوا بر اساس استاندارد EPA ($Pci/lit(147Bq/m^3$) ۴ مي باشد. مقدار رادون اگر در آب آشاميدني از 100 Bq/lit بيشتر شد خطرناک بوده و بايد مورد بررسي و اندازه گيري مدام قرار گيرد.



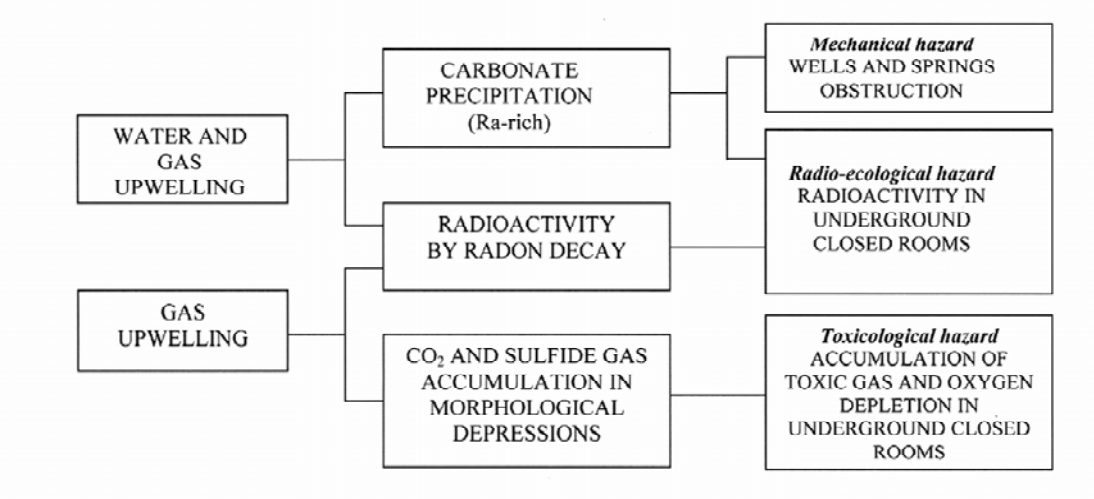
شکل ۵: شکل شماتيک خطر گازهاي راديواکتيو در محل چشمه هاي آب گرم و مناطق برشي، و تشکيل تراورتن هاي راديواکتيو

در نقاط متعددي از ايران بخصوص در بخش هايي از البرز و كمان ماگمايي اروميه- دختر، مقادير بسيار زياد گاز CO_2 همراه با آب هاي زير زميني و چشمه هاي آب گرم آزاد مي شود كه در نقاط پست و با توپوگرافي يا ارتفاع پايين خطر ساز است. در كشور ايران در مجموع بيش از ٣٧٠ چشمه آب گرم وجود دارد كه بيشتر آن ها در ارتباط با ماگماتيسم سنوزوئيک و گسل هاي فعال مي باشد. دي اكسيد كربن حمل كننده بسيار خوبي براي گاز رادون بوده و با توجه به انتقال بسيار راحت گاز رادون از منطقه اي با منطقه ديگر، ممكن است در خاک هاي يک منطقه اورانيوم بسيار كم باشد اما داراي گاز رادون قابل توجهي باشد. فشار بالاي گاز CO_2 باعث رانده شدن آب هاي گرم در حال صعود به سمت بخش هاي بالاتر شده و در برخي مناطق باعث تشكيل تراورتن هاي راديواكتيو غني از راديوم ٢٢۶ و افزايش رادون خاک هاي منطقه مي گردد(شكل ۵). وجود تراورتن هاي راديواكتيو در بخش هاي مختلفي از اروميه – دختر و شمال ايران با استفاده از آشكارسازهاي قابل حمل براحتي قابل شناسايي است.

بررسي دو نمونه آب از دو خروجي چشمه شتري در شمال خور نشان مي دهد كه مقدار رادون آن ها ٢٣٨ و ٣٨١ Bq/l مي باشد كه مقادير بسيار بالايي هستند. مقدار متوسط رادون در خاک اطراف اين چشمه ٧٨ kBq/m^3 تعيين گرديده است. مهم ترين دليل فراواني رادون و راديوم، در آب و خاک چنين مناطقي را به عبور سيالات و آب هاي بسيار گرم(Super-heated) از درون سنگ هاي غني از اورانيوم در هنگام صعود نسبت مي دهند. بسته به اينكه نوع سيال خارج شونده در مناطق ژئوترمال بصورت گاز تنها باشد و يا اينكه بصورت گاز + آب باشد، خطرات مختلف مكانيكي، مسموميت و يا راديو-اكولوژيكي انسان ها و حيوانات آن محيط را تهديد مي نمايد كه توصيف آنها در شكل ۶ آورده شده است(Etiope et al., 2005). حركت و چرخش سيالات در زير سطح زمين و خروج حجم قابل توجه آنها به اتمسفر، همان طور كه نقش بسيار مهمي در اقتصاد و جذب توريست در يک منطقه مي تواند داشته باشد، اگر شناخته و بررسي نشده باشد، در طولاني مدت ممكن است كه خطراتي را متوجه ساكنين اين مناطق بنمايد.

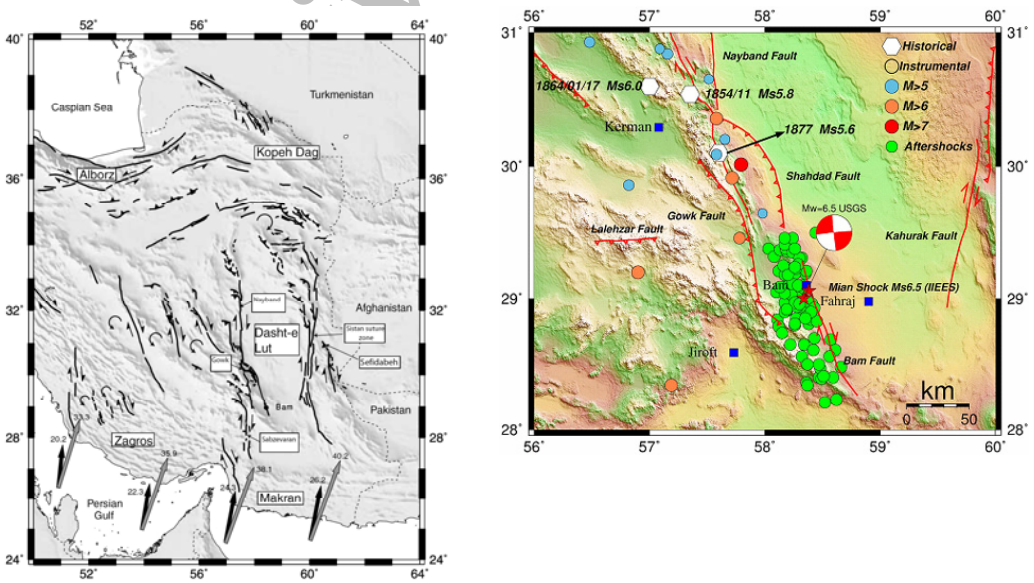
زندگي با مخاطرات و بحث

به منظور دسترسي و تامين آب جهت آشاميدن و كشاورزي، بسياري از شهرها و روستاهاي ايران و بخصوص ايران مركزي به دليل شرايط سخت بياياني و كمبود آب دقيقاً در محل گسل ها بناگذاشته شده اند(شكل ٣ و ٧). دليل وجود آب در محل اين گسل ها اين است كه گسل ها قادر به هدايت، كانالیزه كردن و تمركز آب هاي زير زميني مناطقي گسترده به يک منطقه محدود هستند. بنابراين اولين تهديد براي ساكنين اين مناطق احتمال رخداد زلزله در اثر حركت گسل ها است. همراهي تاريخ و تمدن ايرانيان با رخداد زلزله امري كاملاً شناخته شده و پذيرفته شده است.



شكل ۶: مخاطرات زمين شناسي مرتبط با چرخش سيالات در مناطق ژئوترمال مرتبط با گسل ها(**Etiope et al., 2005**).

در طي وجود اين شهرها و روستاها، هر از گاهي زلزله‌اي رخ داده و تعداد زيادي از انسان‌ها از بين مي‌رفته‌اند. اما تكرار مجدد زلزله در اين مناطق صدها و يا هزاران سال طول مي‌كشيده كه خارج از مقياس زماني حافظه انسان ها است(Jackson, 2006).



شكل ۷: قرار گرفتن شهر بم و ساير آبادي‌هاي اطراف در محل گسل بخوبي مشخص است(برگرفته از **Parson et al., 2006**).

مسئله فوق يعني كشته شدن تعدادي از انسان ها به ازاي زندگي در مناطقي كه آب در آنجا يافت مي شود، قرن ها است كه مورد پذيرش ايرانيان قرار گرفته است. اما جمعيت اين مناطق در گذشته نسبت به امروز بسيار كمتر بوده است. بسياري از روستاهاي گذشته گسترش يافته و امروزه تبديل به شهر و يا كلان شهرهايي با ساختمان هاي غير استاندارد شده اند كه مخاطرات زلزله را از قبل به ارث برده اند. رخداد زلزله در اين شهرهاي امروزي تعداد تلفات بسيار بيشتري را نسبت به گذشته خواهد داشت. دليل اينكه تعداد تلفات انساني بسيار زياد در اثر رخداد زلزله در ايران و ايران مركزي تاكنون انگشت شمار بوده است اين است كه هنوز مدت زمان زيادي از تشكيل شهرها و كلان شهرها در ايران نمي گذرد(حدود ۵۰ سال).

مشكل اصلي در اين نكته نهفته است كه در مدت زماني بسياركوتاه، مناطق روستايي در ايران رشد بسيار سريعي يافته و شهرهاي زيادي بوجود آمده اند. درحالي كه خطرات طبيعي و كيفيت مصالح ساختماني تغييرچنداني نيافته و ساختمان هاي خشتي سابق در كنار آپارتمان هاي چندطبقه ضعيف قرار گرفته اند. به همين دليل است كه در اثر زلزله روستاي صفي آباد در سال ۱۹۷۸، ۶ نفر كشته شده، در حالي كه در شهر طبس در همان موقع ۲۰۰۰۰ نفر كشته مي شوند. در اثر زلزله رودبار در سال ۱۹۹۰، و يا زلزله بم در سال ۲۰۰۳ نيز در هركدام ۴۰۰۰۰ نفر كشته شده اند. بررسي وضعيت شهر تهران به عنوان پايتخت و بزرگترين شهر امروزي ايران و مجموعه اي از روستاهاي با جمعيت بسيار اندک گذشته، آموزنده و بسيار مفيد خواهد بود. اين شهر كه امروزه داراي حدود ۱۲ ميليون جمعيت در روز است، در دامنه هاي البرز و در امتداد يک تراست فعال قرار گرفته و چندين گسل فعال ديگر نيز در اطراف آن وجود دارد(Jackson, 2006).

مطالعه وضعيت امروزه جامعه ايران نشان مي دهد كه هيچ نشاني از كاهش رشد جمعيت شهر نشين ايران ديده نمي شود و شهرهاي امروزي در محل خطرناک روستاهاي سابق در حال توسعه و گسترش هستند، در حالي كه خطرات هنوز به قوت خود باقي هستند. درصورت رخداد زلزله در محل اين شهرهاي جديد، تعداد تلفات انساني بسيار زياد بوده و قابل مقايسه با ساليان قبل نخواهد بود. متاسفانه وضعيتي اينچنين، مختص ايران مركزي يا كشور ايران نبوده و نوار زلزله خيزي كه از مديترانه تا آسياي ميانه و شرقي كشيده شده است، خطري بسيار بزرگ مي باشد. رشد جمعيت در سراسر كشورهاي در حال توسعه، تغيير روستاها و شهرهاي كوچک به كلان شهرها بدون توجه به مطالعات زمين شناسي، و وجود تهديد هميشگي زلزله، واقعيتي انكار ناپذير است. زلزله ۱۲ مي ۲۰۰۸ استان سيچوان چين كه در اثر آن بيش از ۷۰۰۰۰ هزار نفر كشته شدند، از جمله جديد ترين مثال هاي اين واقعيت مي باشد.

زندگي با گسل ها و زمين درزها، و خطرات ناشي از وجود آن ها فقط مختص زلزله نيست. غبارهاي آزبستي موجود در سرزمين هاي افيوليتي، كاني زايي

عناصر راديواكتيو – سمي و فلزات سنگين، و آزاد شدن گازهاي خطرناک در محل عبور گسل ها از جمله مهمترين خطراتي است که افراد ساکن در محل گسل ها با آن روبرو هستند. در بسياري از نقاط ايران از جمله ارومیه – دختر، آذربايجان و البرز خطر وجود گازهاي خطرناک بايد بيشتر مورد توجه قرار گيرد. دانستن مقدار گاز رادون موجود در خاک، آب هاي زير زميني، چشمه هاي آب گرم، و به طور کلي در محيط زيست بسيار ضروري بوده چراکه از پرتوگيري طولاني مدت افراد و خطر ابتلا به بيماري هايي همچون سرطان ريه جلوگيري خواهد نمود(Nero, 1990).

به طورکلي امروزه مخاطرات زمين(Geohazards) نسبت به گذشته افراد بسيار بيشتري را تهديد مي نمايد بنابراين مطالعه و توجه کامل به آن ها بسيار ضروري است.

نتيجه گيري

اين مطالعه نشان مي دهد که بسياري از روستاها و شهرهاي ايران و بخصوص ايران مرکزي در محل گسل هاي بسيار مهم قرار گرفته اند و خطرات زمين شناسي متعددي آن ها را تهديد مي کند. با گسترش روستاها و شهرها و افزايش جمعيت متمرکز در يک نقطه، خطرات و بلاياي طبيعي تعداد افراد بيشتري را نسبت به گذشته تهديد مي نمايد.

بنابراين توجه به مخاطرات و پديده هاي زمين شناسي و سعي در برطرف نمودن آنها که از وظايف متخصصين زمين شناسي و محيط زيست مي‌باشد، اهميت بيشتري مي يابد. لزوم توجه به مخاطرات موجود در متن مقاله به دور از جنجال‌هاي افراد غيرعلمي در برنامه ريزي جهت احداث شهرها و شهرک هاي جديد کاملا ضروري است.

تشکر و قدرداني

نويسنده مقاله از Professor James Jackson از مجموعه آزمايشگاه هاي بولارد، دانشگاه کمبريج انگلستان، به دليل اجازه دادن جهت استفاده از داده هاي زلزله، مقالات و منابع علمي تشکر مي نمايد.

منابع

1- N., Ambraseys, and J., Jackson, Earthquake hazard and vulnerability in the eastern Mediterranean. Disasters, 5, 355–368; (1981).
2- N.N., Ambraseys, and C.P., Melville, A history of Persian earthquakes, p. 219. New York, NY: Cambridge University Press ; (1982).
3- M., Babiker, and A., Gudmundsson, The effects of dykes and faults on groundwater flow in an arid land: the Red Sea Hills, Sudan. Journal of Hydrology, 297(1-4), 256-273; (2004).
4- S.E., Beaubien, G., Ciotoli, and S., Lombardi, Carbon dioxide and radon gas hazard in the Alban Hills area(central Italy). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 123(1-2), 63-80; (2003).
5- Y., Dilek, and S., Newcomb, Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought. Geological Society of America Special Paper, 373, 504 p; (2003).
6- E. R., Engdahl, R., van der Hilst, and R., Buland, Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination. Bull. Seismol. Soc. Am. 3, 722–743; (1998).
7- G., Etiope, M., Guerra, and A., Raschi, Carbon Dioxide and Radon Geohazards Over a Gas-

14- R.T., Walker, M.J., Andalibi, M.R., Geitanchi, J.A., Jackson, S., Karegar, and K., Priestley, Seismological and field observations from the 1990 November 6 Furg(Hormozgan) earthquake: a rare case of surface rupture in the Zagros mountains of Iran. Geophysical Journal International , 163, 567-579; (2005).
15- R., Walker, and J., Jackson, Active tectonics and late Cenozoic strain distribution in central and eastern Iran. Tectonics, 23, TC5010, doi:10.1029/2003TC001529; (2004).
16- R., Walker, J., Jackson, and C., Baker, Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, eastern Iran. Geophysical Journal International, 157, 265-282; (2004).
17- R, Walker, J., Jackson, and C., Baker, Surface expression of thrust faulting in eastern Iran: source parameters and surface deformation of the 1978 Tabas and 1968 Ferdows earthquake sequences. Geophysical Journal International, 152, 749-765; (2003).
18- A., Yaghubpur, and A.A., Hassannejad, The spatial distribution of some chromite deposits in Iran, using fry analysis. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 17(2), 147-152;(2006).
bearing Fault in the Siena Graben(Central Italy).TAO, 16(4), 885-896; (2005).
8- G., Hillerdal, , Mesothelioma: Cases associated with non-occupational and low dose exposures: Occupational Environmental Medicine, 56, 505-513; (1999).
9- J., Jackson, Fatal attraction: living with earthquakes, the growth of villages into megacities, and earthquake vulnerability in the developing world. Phil.Trans.Roy.Soc.A., 364, 1911-1925; (2006).
10- A., Nero, Les controles de la pollution des logements. Pour la Sci., 129, 24–31; (1990).
11- B., Parsons, T., Wright, P., Rowe, J., Andrews, J., Jackson, R., Walker, M., Khatib, & M., Talebian, The 1994 Sefidabeh(eastern Iran) earthquakes revisited: new evidence from satellite radar interferometry and carbonate dating about the growth of an active fold above a blind thrust fault. Geophysical Journal International, 164, 202-217; (2006).
12- A.A., Qureshi, D.M., Kakar, M., Akram, N.U., Khattak, M., Tufail, K., Mehmood, K., Jamil, H.A., Khan, Radon concentrations in coal mines of Baluchistan, Pakistan. Journal of Environmental Radioactivity, 48, 203-209;(2000).
13- Technoexport, Outline of metallogeny of Anarak area(Central Iran). Geological Survey of Iran, V/O Technoexport, Report TE/No 21, 132 P;(1984).