

## Relationship Between Color and Natural Radioactivity of Travertine Stones Supplied in Zahedan

### Hadi Nakhzari Moghadam

\* Instructor, Department of Medical Physics,  
School of Medicine, Zahedan University  
of Medical Sciences, Zahedan, Iran.  
(Corresponding Author):  
Email: h\_nakhzari@yahoo.com

Received: 2021/04/22

Accepted: 2021/07/18

**Document Type:** Research article

### ABSTRACT

**Background and Aim:** Humans in their environments are always exposed to radiation from radioactive materials in construction materials. Since humans are not far from these materials, the probability of radiation exposure is high. This is a dosimetric study of travertine stones used in Zahedan in 2020 to determine the relationship between stone color and radioactivity.

**Materials and Methods:** The building stones that existed and were used in Zahedan city were identified and listed. A total of 70 samples of travertine were analyzed by the MKS model pen dosimeter for determining gamma Dose Rate (EDR) as microsievert per hour, gamma Equivalent Dose (ED) as millisievert, and beta flux density as parts per square centimeter per minute (part/cm<sup>2</sup>.min).

**Results:** The highest mean EDR was in travertine rocks in cream color as 0.15  $\mu$ Sv/h and the lowest was 0.01  $\mu$ Sv/h in white rock. The highest mean beta flux density was observed in travertine rocks in the cream color sample as 0.0016 part/cm<sup>2</sup>.min. The ED value of all samples was determined to be zero.

**Conclusion:** The maximum amounts of EDR and beta flux for travertine rocks were related to cream-colored rocks, which were slightly higher than the global average. The average EDR for travertine rocks was slightly higher than the allowable limit. Also, the beta flux in travertine rocks was lower than the allowable limit. The mean value of beta beam flux density in the ambient air was zero. In all samples, the amount of ED was zero. The amount of background radiation in the ambient air of Zahedan was the global average.

**Keywords:** Dosimetry, Travertine, Zahedan

► **Citation:** Nakhzari Moghadam H. Relationship Between Color and Natural Radioactivity of Travertine Stones Supplied in Zahedan. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2021; 7(2): 175-182.

## ارتباط بین رنگ و رادیواکتیویته طبیعی سنگ‌های تراورتن عرضه شده در شهر زاهدان

هادی نخزری مقدم

\* مربی، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران. ( نویسنده مسئول):

پست الکترونیک: h\_nakhzari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷

نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

### چکیده

**زمینه و هدف:** انسان در محیط پیرامون خود همواره در معرض تابش مواد رادیواکتیو موجود در مصالح ساختمانی می‌باشد. از آنجایی که انسان با این مصالح فاصله زیادی ندارد، بنابراین احتمال پرتوگیری افراد بالا می‌رود. مطالعه حاضر با هدف دوزیمتری سنگ‌های تراورتن به کار رفته در ساختمان‌های شهر شمالی استان زاهدان به منظور مشخص کردن رابطه بین رنگ سنگ و پرتوزایی آن انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** سنگ‌های ساختمانی موجود و مصرفی شهر زاهدان شناسایی و فهرستی از آنها تهیه گردید. در مجموع ۷۰ نمونه سنگ تراورتن توسط دوزیمتر قلمی مدل MKS در سه حالت تعیین آهنگ دوز گاما (EDR) برحسب میکروسیورت بر ساعت؛ تعیین دوز معادل گاما (ED) برحسب میلی‌سیورت و دانسیته شار بتا بر حسب قسمت بر سانتی‌متر مربع در دقیقه اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** بیشترین میانگین EDR در سنگ‌های تراورتن در رنگ کرم به میزان ۰/۱۵ میکروسیورت بر ساعت و کم‌ترین آن در سنگ سفید رنگ به میزان ۰/۰۱ میکروسیورت بر ساعت به دست آمد. بیشترین مقدار میانگین دانسیته شار بتا در سنگ‌های تراورتن در نمونه رنگ کرم به میزان ۰/۰۱۶ قسمت بر سانتیمتر مربع در دقیقه مشاهده شد. میزان ED تمامی نمونه‌ها برابر صفر تعیین گردید.

**نتیجه‌گیری:** مقدار ماکزیمم EDR و شار بتا برای سنگ‌های تراورتن مربوط به سنگ‌هایی با رنگ کرم می‌باشد که کمی بیشتر از مقدار متوسط جهانی به دست آمد. مقدار میانگین EDR برای سنگ‌های تراورتن کمی بیشتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین شار بتا در سنگ‌های تراورتن کمتر از حد مجاز می‌باشد. مقدار میانگین دانسیته شار پرتو بتا در هوای آزاد برابر صفر به دست آمد. در تمامی نمونه‌ها میزان ED برابر صفر مشاهده گردید. مقدار پرتو زمینه در هوای آزاد شهر زاهدان در حد متوسط آن در دنیا می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** تراورتن، دوزیمتری، زاهدان

◀ **استناد:** نخزری مقدم ه. ارتباط بین رنگ و رادیواکتیویته طبیعی سنگ‌های تراورتن عرضه شده در شهر زاهدان. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۴۰۰؛ (۲): ۱۷۵-۱۸۲.

انسان در محیط پیرامون خود همواره در معرض تابش عوامل مختلفی همچون امواج الکترومغناطیس، مواد رادیواکتیو موجود در مصالح ساختمانی و پرتوهای زمینه می‌باشد (۱). بیشترین سهم تابش انسان در طول عمر خود که حدود ۹۰٪ از پرتوگیری می‌باشد، مربوط به منابع پرتوزای طبیعی و پرتوهای کیهانی می‌باشد. همواره پرتوگیری داخلی و خارجی انسان ناشی از پرتوزایی منابع طبیعی، امری اجتناب‌ناپذیر بوده است (۲). طبق گزارش‌هایی همچون کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل<sup>۱</sup> و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی<sup>۲</sup> میانگین دوز تابش زمینه برابر ۲/۴ میلی‌سیورت در سال است که از این مقدار سهم تابش‌گیری خارجی ناشی از منابع طبیعی به‌طور متوسط در سال ۰/۴۸ میلی‌سیورت است (۳، ۴). در این بین، پرتوگیری در فضاهای بسته عمدتاً ناشی از دو عامل پرتوهای کیهانی و پرتوهای منتشر شده از رادیونوکلوئیدهایی است که در مصالح ساختمانی مانند سنگ و خاک وجود دارد (۵). طبق مطالعات انجام شده، در مصالح ساختمانی از جمله سنگ‌های ساختمانی، عناصر رادیواکتیو مانند اورانیوم و توریم در حد کم وجود دارد (۶، ۷)؛ به‌عنوان مثال سنگ‌های گرانیتی به‌طور متوسط محتوی ۴/۷ پی پی ام اورانیوم هستند (۸). در سنگ‌های رسوبی میزان غلظت اورانیوم حدود ۲ پی پی ام گزارش شده است (۹). البته پرتوزایی این سنگ‌ها علاوه بر نوع آنها به این نیز بستگی دارد که ترکیبات سنگ‌های مذاب چگونه و در کجا شکل گرفته‌اند (۱۰). این سنگ‌ها دارای رنگ‌های مختلفی هستند که به نوع عناصر تشکیل‌دهنده آن مرتبط است. از لحاظ کانی‌شناسی سنگ‌های ساختمانی مانند گرانیت از کانی‌های کوارتز درشت‌دانه، فلدسپات پتاسیم و پلاژیوکلازهای سدیم‌دار تشکیل شده‌اند (۱۱). این سنگ به‌طور گسترده‌ای در ساختمان‌ها به‌خاطر استحکام و ظاهر تزئینی آنها باعث شده مورد استفاده عمومی قرار گیرد (۱۲). سنگ‌های

ساختمانی از نظر کاربرد بر این اساس تقسیم‌بندی می‌شوند که در کجای ساختمان به کار روند؛ مثلاً در نمای ساختمان از سنگ‌های مرمریت و گرانیت استفاده می‌شود (۱۳). در این بین، گاز رادن ساطع شده از این منابع به‌عنوان عامل تأثیرگذار در دوز دریافتی عموم مردم شناخته شده است (۱۴، ۱۵). کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه<sup>۳</sup> سطح اقدام ۳۰۰ بکرل بر متر مکعب را برای گاز رادن در ساختمان‌های مسکونی توصیه کرده است (۱۶، ۱۷). با توجه به اینکه انسان در محیط‌های ساختمانی حدود ۸۰٪ وقت خود را می‌گذراند و با این مصالح فاصله زیادی ندارد، بنابراین احتمال پرتوگیری افراد بالا می‌رود (۱۸). اگرچه میزان دوز دریافتی پایین است، ولی در دوزهای پایین امکان وقوع اثرات احتمالی پرتوهای یونیزان از جمله سرطان وجود دارد (۱۹).

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی به‌منظور ارزیابی میزان تابش زمینه طبیعی در ایران و کشورهای دیگر انجام شده است. مطالعات انجام شده در زمینه تعیین دوز جذبی افراد در داخل ساختمان‌ها کمتر از مطالعات انجام شده در فضاهای باز است (۵). در مطالعه صمدی و همکاران در استان همدان، میزان تابش زمینه طبیعی در فضای باز ناشی از پرتوهای گامای کیهانی مورد مطالعه قرار گرفت (۲۰). همچنین با توجه به این مطالعه میزان دوز مؤثر سالانه ساکنان شهر همدان و شهرستان‌های مربوطه به تفکیک منطقه جغرافیایی ۰/۸۳ میلی‌سیورت تعیین شد که این میزان در مقایسه با گزارش UNSCEAR 2000 بالاتر از مقدار میانگین جهانی آن یعنی ۰/۴۸ میلی‌سیورت است (۲۰). مطالعات انجام گرفته در سال‌های قبل در مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا در شهر رامسر نیز غلظت گاز رادون در منطقه را تا ۳۱۰۰۰ بکرل بر متر مکعب و دوز سالانه ناشی از آن را در گستره ۲/۴-۷۱/۷۴ گزارش نموده‌اند (۲۱). در مطالعه بحرینی طوسی و عبدالرحیمی، دوز سالانه ناشی از پرتوگیری گامای محیطی در استان خراسان برآورد گردید که در فضای بسته بیشترین آهنگ دوز به میزان ۱۵۷/۴

1. UNSCEAR

2. IAEA

3. ICRP

پنج قطعه به ابعاد  $40 \times 40$  سانتی متر به عنوان نمونه تهیه گردید (۲۹).

میزان دوز در هر نمونه با جدا کردن نمونه از بقیه نمونه‌ها به صورتی که در فاصله زیادی با بقیه قرار گرفته باشند، با قرارگیری دستگاه دوزیمتر در فاصله کمتر از ۱۰ سانتی متر از سنگ مورد نظر اندازه‌گیری شد. دستگاه مورد استفاده دوزیمتر کالیبره مدل MKS-05 بود (۷).

حساسیت دستگاه در محدوده  $0.1$  تا  $10$  میکروسیورت بر ساعت می‌باشد. پس از ثابت شدن میزان دوز هر سنگ بر روی دستگاه، مقدار آشکار شده خوانده شد. به منظور حصول اطمینان از صحت انجام کار برای هر نمونه سنگ ۳ مرتبه قرائت شد و میانگین اعداد مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری در هر نمونه طی سه مرحله انجام گرفت که شامل: مرحله اول؛ اندازه‌گیری آهنگ دوز گاما (EDR)<sup>۱</sup> بر حسب میکروسیورت بر ساعت، مرحله دوم؛ اندازه‌گیری دوز معادل گاما (ED)<sup>۲</sup> بر حسب میلی‌سیورت و مرحله سوم؛ تعیین میزان دانسیته شار ذرات بتای سطحی بر حسب قسمت بر سانتیمتر مربع در دقیقه انجام شد.

به منظور محاسبه آهنگ دوز گامای مربوط به هر نمونه، ۵ قطعه سنگ از هر نمونه در کنار یکدیگر گذاشته شده و دستگاه دوزیمتر در فاصله کمتر از ۱۰ سانتی متری آنها قرار داده شد. سپس آهنگ دوز به مدت یک ساعت اندازه‌گیری و ثبت گردید. اندازه‌گیری‌های دوز و شار بتا نیز به همان صورت انجام شد. چیدمان سنگ‌ها به گونه‌ای بود که فاصله مناسب بین انواع مختلف سنگ‌ها وجود داشته باشد.

در این مطالعه در مجموع ۷۰ نمونه سنگ تراورتن از سنگ‌فروشی‌های شهر زاهدان تهیه و مورد دوزیمتری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۶ انجام شد.

نانو سیورت بر ساعت مربوط به شهر گناباد بود (۲۴). غلامی و همکاران در استان لرستان مطالعه‌ای با استفاده از دستگاه سرویمتر انجام دادند و میزان دوز مؤثر سالانه ناشی از پرتوزایی طبیعی در این استان را  $0.72$  میلی‌سیورت اندازه‌گیری نمودند (۲۲). در مطالعه توکلی و همکاران میزان تشعشع سنگ‌های کرائیت چینی بیشتر از حد مجاز بود (۲۵) در مطالعه سقطچی در زنجان میزان دوز مؤثر سالانه ساکنان شهر زنجان  $0.87$  میلی‌سیورت به دست آمد (۲۳). مطالعه بحرینی و همکاران که جهت اندازه‌گیری آهنگ دوز اشعه گامای داخلی با استفاده از روش دوزیمتری ترمولومینسانس انجام گرفت، آهنگ دوز جذبی در فضای بسته بین  $0.1$  تا  $0.37$  میکروگری بر ساعت متغیر بود (۲۶، ۲۷).

در مطالعه فردوس آل صالح که در شهر ریاض عربستان صورت گرفت، میزان رادیوایزوتوپ‌های سنگ‌های مرمریت تعیین شد که نتایج آن به صورت  $U^{238}$  ( $0.71 - 1.44$  بکرل بر کیلوگرم)،  $Ra^{226}$  ( $0.36 - 3.2$  بکرل بر کیلوگرم) و  $K^{40}$  ( $0.68 - 1.897$  بکرل بر کیلوگرم) به دست آمد (۲۸). در مطالعه ملکوتیان و همکاران در شهر کرمان که بر روی سنگ‌های مرمریت انجام شد، میزان دز سنگ‌های گرانیت بیشتر از حد مجاز بود (۲۹).

مطالعه حاضر با هدف دوزیمتری سنگ‌های تراورتن به کار رفته در ساختمان‌های شهر شمالی استان زاهدان به منظور مشخص کردن رابطه بین رنگ سنگ و پرتوزایی آن انجام شد.

## روش کار

این مطالعه به روش سرشماری در سال ۱۳۹۹ بر روی تمامی انواع سنگ‌های عرضه شده در سنگ‌فروشی‌های شهر زاهدان انجام گرفت. ابتدا به سنگ‌فروشی‌های این شهر مراجعه گردید و پس از اطمینان از اینکه صاحب سنگ‌فروشی اطلاعات کافی در خصوص سنگ‌ها دارد، انواع مختلف سنگ‌های ساختمانی موجود و مصرفی شهر به گونه‌ای که تمام اقسام سنگ‌های مصرفی از نظر نوع و مکان را پوشش دهد، جمع‌آوری و فهرستی از آنها تهیه شد. در فهرست مربوطه نوع سنگ، مکان و رنگ آن مشخص گردید. از هر سنگ

1. Equivalent dose rate  
2. Equivalent dose

## یافته‌ها

در جدول ۱ انواع سنگ‌های مصرفی شهر زاهدان با توجه به رنگ آنها آورده شده است.

جدول ۱. تقسیم‌بندی سنگ‌ها تراورتن بر حسب رنگ آنها

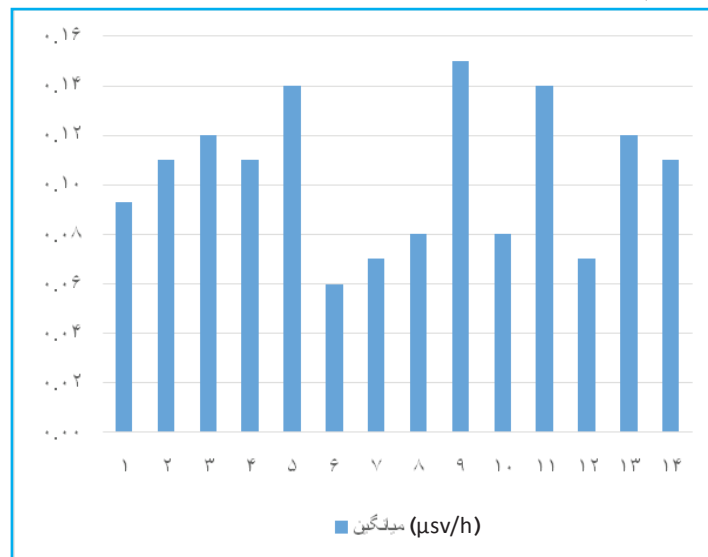
تراورتن	رنگ
آذرشهر نوع ۱	قرمز
آذرشهر نوع ۲	صورتی
یزد نوع ۱	کرم
یزد نوع ۲	صورتی
یزد نوع ۳	کرم
یزد نوع ۴	کرم
مه‌آباد	کرم
حاجی‌آباد	سفید
اصفهان نوع ۱	قرمز
اصفهان نوع ۲	کرم
اصفهان نوع ۳	کرم
عباس‌آباد نوع ۱	صورتی
عباس‌آباد نوع ۲	صورتی
طبس	کرم

در نمودار ۱ و جدول ۲ میزان EDR در سنگ‌های تراورتن آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، بیشترین مقدار میانگین EDR در تراورتن‌ها در سنگ رنگ کرم به میزان ۰/۱۵ میکروسیورت

بر ساعت و کم‌ترین آن در سنگ رنگ سفید به میزان ۰/۰۱ میکروسیورت بر ساعت به دست آمد. در هیچ کدام از نمونه سنگ‌های تراورتن میزان EDR آنها بالای ۰/۲ میکروسیورت بر ساعت مشاهده نگردید. دامنه تغییرات EDR در سنگ‌های تراورتن بین ۰/۰۱ تا ۰/۱۵ میکروسیورت بر ساعت به دست آمد.

جدول ۲. مقدار میانگین و انحراف معیار EDR سنگ‌های تراورتن

نوع سنگ	میانگین (μsv/h)	انحراف معیار
۱	۰/۰۹۳	۰/۰۷
۲	۰/۱۱	۰/۰۶
۳	۰/۱۲	۰/۰۴
۴	۰/۱۱	۰/۰۴
۵	۰/۱۴	۰/۰۲
۶	۰/۰۶	۰/۴۳
۷	۰/۰۷	۰/۰۶
۸	۰/۰۸	۰/۰۳
۹	۰/۱۵	۰/۰۳
۱۰	۰/۰۸	۰/۰۳
۱۱	۰/۱۴	۰/۰۵
۱۲	۰/۰۷	۰/۰۳۸
۱۳	۰/۱۲	۰/۰۳
۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱



نمودار ۱. EDR سنگ‌های تراورتن

تغییرات میزان EDR در انواع سنگ‌های مورد آزمایش در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. تغییرات میزان EDR در سنگ‌ها

انحراف معیار میانگین (μsv/h)	حداقل	حداکثر	نوع سنگ
۰/۰۲۸	۰/۰۱	۰/۱۵	تراورتن

تغییرات میزان شار در انواع سنگ‌های مورد آزمایش در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. تغییرات میزان شار بتا در سنگ‌ها

انحراف معیار میانگین (μsv/h)	حداقل	حداکثر	نوع سنگ
۰/۰۰۰۶۴	۰	۰/۰۰۱۶	تراورتن

### بحث

مقدار دوز سالیانه مصالح ساختمانی بر حسب اینکه در کدام قسمت ساختمان به کار روند، در استاندارد ساختمان اتحادیه اروپا<sup>۱</sup> آمده است، لذا میزان پرتوی مجازی که سنگ‌ها می‌توانند ساطع کنند، به محل قرارگیری آنها در ساختمان بستگی دارد (۱۱). کمیسیون اروپایی، شاخص غلظت فعالیت گاما که از سطوح ناشی می‌شود را تعیین کرده است که این شاخص با دوز سالیانه‌ای که به وسیله سطوح از پرتوی گامای خارجی ناشی می‌شود، مرتبط است (۳۲، ۳۳).

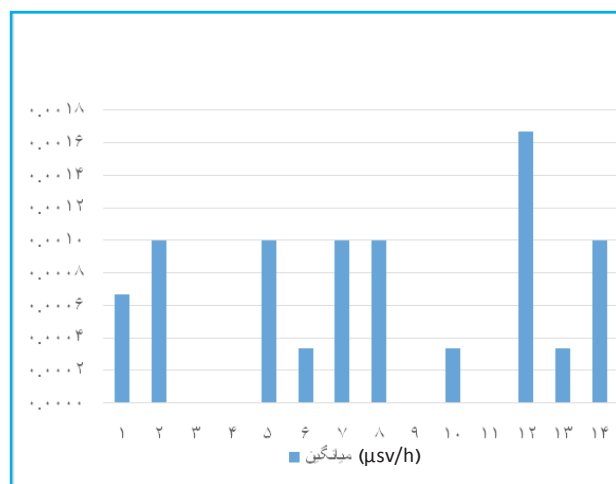
با توجه به مقادیر مجاز ذکر شده و یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد: میزان EDR برای سنگ‌های تراورتن رنگ کرم و صورتی بیشتر از این مقدار بدست آمد، بیشترین دانسیته شار پرتو بتا در سنگ‌های تراورتن بین ۰/۰۰۱۶ تا ۰/۰۰۲۶ مشاهده شد که کمتر از حد مجاز بود.

به دلیل اینکه بیشترین مقدار EDR در نمونه سنگ تراورتن اصفهان و عباس‌آباد به میزان تقریباً ۰/۱۳ تا ۰/۱۴ به دست آمد، لذا لازم است اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری روی این سنگ‌ها انجام شود. مقدار پرتو زمینه در هوای آزاد شهر زاهدان در حد متوسط آن در دنیا می‌باشد.

در نمودار ۲ و جدول ۳ میزان دانسیته شار ذرات بتا در سنگ‌های تراورتن آمده است. بیشترین مقدار میانگین دانسیته شار پرتو بتا در تراورتن‌ها در نمونه سنگ کرم به میزان ۰/۰۰۱۶ قسمت بر سانتیمتر مربع در دقیقه مشاهده شد و در ۴ نمونه از سنگ‌های تراورتن میزان دانسیته شار پرتو بتای آنها برابر صفر مشاهده شد. دامنه تغییرات میزان دانسیته شار ذرات بتا در سنگ‌های تراورتن بین ۰ تا ۰/۰۰۱۶ قسمت بر سانتیمتر مربع در دقیقه به دست آمد.

جدول ۳. دانسیته شار بتا سنگ‌های تراورتن

رنگ سنگ	میانگین (μsv/h)	انحراف معیار
۱	۰/۰۰۰۶۶۷	۰/۰۰۰۵۷۷۳۵
۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
۳	۰	۰
۴	۰	۰
۵	۰/۰۰۱	۰
۶	۰/۰۰۰۳۳۳	۰/۰۰۰۵۷۷۳۵
۷	۰/۰۰۱	۰
۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
۹	۰	۰
۱۰	۰/۰۰۰۳۳۳	۰/۰۰۰۵۷۷۳۵
۱۱	۰	۰
۱۲	۰/۰۰۱۶۶۷	۰/۰۰۰۵۷۷۳۵
۱۳	۰/۰۰۰۳۳۳	۰/۰۰۰۵۷۷۳۵
۱۴	۰/۰۰۱	۰



نمودار ۲. دانسیته شار بتا سنگ‌های تراورتن

سنگ‌های تراورتن، محدوده تغییرات EDR کمی بیشتر از حد مجاز بود، لذا لازم است اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری روی این سنگ‌ها انجام شود. از آنجا که میزان تابش پرتو آلفا و دیگر پرتوهای یونیزان در این تحقیق مشخص نشده است، احتمال پرتوزایی در برخی سنگ‌ها وجود دارد که ممکن است در اثر کاربرد این سنگ‌ها در نماها و دکوراسیون داخلی، به سلامت افراد آسیب برساند.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.ZAUMS.REC.1398.028 است که با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی زاهدان به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از همکاری تمامی عزیزان تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

## References

1. Nakhzari Moghadam H, Farsizaban M, Kamali Mohammadzade M. Evaluation of Magnetic Field Intensity of Electricity Power Lines on Health in Zahedan Province, Iran. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*. 2019;13(1):223-7.
2. Shahbazi D. Measurement of natural background radiation in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2002;4(3):21-6.
3. Mertens CJ. Overview of the Radiation Dosimetry Experiment (RaD-X) flight mission. *Space Weather*. 2016;14(11):921-934. doi:10.1002/2016SW001399
4. Daniels RD, Kendall GM, Thierry-Chef I, Linet MS, Cullings HM. Strengths and Weaknesses of Dosimetry Used in Studies of Low-Dose Radiation Exposure and Cancer. *J Natl Cancer Inst Monogr*. 2020;2020(56):114-132. doi:10.1093/jncimonographs/igaa001 PMID:PMC7667397
5. Organization WH. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation. *Specific Safety Guide*. 2015.
6. Kùlahcı F, Aközcan S, Günay O. Monte Carlo simulations and forecasting of Radium-226, Thorium-232, and Potassium-40 radioactivity concentrations. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2020;1-16. doi:https://doi.org/10.1007/s10967-020-07059-y. https://doi.org/10.1007/s10967-020-07059-y
7. Reddy KVK, Reddy BS, Reddy BL. Natural background gamma radiation levels in dwellings constructed under the Double Bedroom Housing Scheme at Erravalli and Narasannapet model villages of Telangana state, India. *Indoor and Built Environment*. 2020;29(7):1038-44. doi:https://doi.org/10.1177/1420326X19865998. https://doi.org/10.1177/1420326X19865998
8. Gong Y, Zhao D, Wang Q. An overview of field-scale studies on remediation of soil contaminated with heavy metals and metalloids: Technical progress over the last decade. *Water research*. 2018;147:440-60. doi:https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.024. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.024
9. Caetano, Ana Luisa et al. "Contribution for the derivation

مقدار میانگین EDR در سنگ‌های تراورتن ۰/۱۰۳ میکروسیورت بر ساعت و تقریباً برای سنگ‌های تراورتن کمی بیشتر از مرمریت بود. در مطالعه دیانتی تیلکی و یزدانی‌فر در ساری انجام گرفت، میانگین EDR در سنگ‌های مرمریت ۰/۰۷ میکروسیورت بر ساعت اندازه‌گیری شد (۳۰). با توجه به مقادیر مجاز ذکر شده و یافته‌های این مطالعه، نتایج سنگ‌های مرمر نشان داد که دامنه تغییرات EDR متوسط کمتر از حد مجاز است که با نتایج ملکوتیان سازگار است (۲۹) بر اساس نتایج اندازه‌گیری مستقیم در نمونه‌های سنگ تراورتن، دامنه تغییرات EDR نیز کمی بیشتر از حد مجاز بود.

مقدار میانگین دانسیته شار پرتو بتا در سنگ‌های تراورتن برابر ۰/۰۰۰۶۶ قسمت بر سانتیمتر مربع در دقیقه به‌دست آمد که نشان‌دهنده بیشتر بودن شار پرتو بتا در سنگ‌های تراورتن می‌باشد. مقدار میانگین دانسیته شار پرتو بتا در هوای آزاد برابر صفر به‌دست آمد. در تمامی نمونه‌ها میزان ED برابر صفر مشاهده گردید. مقدار ماکزیمم EDR و شار بتا برای سنگ‌های تراورتن مربوط به سنگ‌های با رنگ کرم بود.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در نمونه‌های

- of a soil screening value (SSV) for uranium, using a natural reference soil." *PLoS one* vol. 9,10 e108041. 29 Oct. 2014, doi:10.1371/journal.pone.0108041.
10. Dai, Dajun et al. "Confluent impact of housing and geology on indoor radon concentrations in Atlanta, Georgia, United States." *The Science of the total environment* vol. 668 (2019): 500-511. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.257
  11. Beinlich A, Austrheim H, Mavromatis V, Grguric B, Putnis CV, Putnis A. Peridotite weathering is the missing ingredient of Earth's continental crust composition. *Nature communications*. 2018;9(1):1-12. doi:https://doi.org/10.1038/s41467-018-03039-9. https://doi.org/10.1038/s41467-018-03039-9
  12. Sarrou I, Pashalidis I. Radon exhalation from granite countertops and expected indoor radon levels. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2017;311(1):913-6. doi:https://doi.org/10.1007/s10967-016-5108-7. https://doi.org/10.1007/s10967-016-5108-7
  13. Khoshnava, Seyed Meysam et al. "The Role of Green Building Materials in Reducing Environmental and Human Health Impacts." *International journal of environmental research and public health* vol. 17,7 2589. 10 Apr. 2020, doi:10.3390/ijerph17072589
  14. Ruano-Ravina A, Kelsey KT, Fernández-Villar A, Barros-Dios JM. Action levels for indoor radon: different risks for the same lung carcinogen? : *Eur Respiratory Soc*; 2017. https://doi.org/10.1183/13993003.01609-2017
  15. Lantz, Paula M et al. "Radon, smoking, and lung cancer: the need to refocus radon control policy." *American journal of public health* vol. 103,3 (2013): 443-7. doi:10.2105/AJPH.2012.300926
  16. Abu-Samreh MM. Indoor Radon-222 concentration measurements during the summer season of year 2000 in some houses in the western part of Yatta city. *Arabian Journal for Science and Engineering Section B: Engineering*. 2005;30(2A):343-9.
  17. Wakeford R, Kendall GM, Little MP. The risk of cancer from natural background ionizing radiation. *Health physics*. 2009;97(6):637-8. doi:https://doi.org/10.1097/01.HP.0000363834.40051.f7. https://doi.org/10.1097/01.HP.0000363834.40051.f7
  18. Fathabadi N, Salehi AA, Naddafi K, Kardan MR, Yunesian M, Nodehi RN, et al. Radioactivity levels in the mostly local foodstuff consumed by residents of the high level natural radiation areas of Ramsar, Iran. *Journal of environmental radioactivity*. 2017;169:209-13. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.12.011. https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.12.011
  19. Rostampour N, Almasi T, Rostampour M, Mohammadi M, Ghazikhanlou Sani K, Khosravi HR, et al. An investigation of gamma background radiation in Hamadan province, Iran. *Radiation protection dosimetry*. 2012;152(4):438-43. doi:https://doi.org/10.1093/rpd/ncs062. https://doi.org/10.1093/rpd/ncs062
  20. Radiation UNSCotEoA. Sources and effects of ionizing radiation, ANNEX B, Exposures from natural radiation sources. UNSCEAR 2000 REPORT, New York. 2000;1:97-9. doi:NII Article ID (NAID): 10026742602. NII Article ID (NAID): 10026742602
  21. Sohrabi M, Babapouran M. New public dose assessment from internal and external exposures in low-and elevated-level natural radiation areas of Ramsar, Iran. *International Congress Series*. 2005;1276:169-74. doi:https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.11.102. https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.11.102
  22. Gholami M, Mirzaei S, Jomehzadeh A. Gamma background radiation measurement in Lorestan province, Iran. *International Journal of Radiation Research* September. 2011;9(2):89-93.
  23. Saghatchi F, Salouti M, Eslami A. Assessment of annual effective dose due to natural gamma radiation in Zanjan (Iran). *Radiation protection dosimetry*. 2008;132(3):346-9. doi:https://doi.org/10.1093/rpd/ncn285. https://doi.org/10.1093/rpd/ncn285
  24. Ajayi O. Environmental gamma radiation indoors at Akure, Southwestern Nigeria. *Journal of environmental radioactivity*. 2000;50(3):263-6. doi:https://doi.org/10.1016/S0265-931X(99)00098-3. https://doi.org/10.1016/S0265-931X(99)00098-3
  25. Tavakoli MB, Abdi MR, Moghadam HN, Hajialiani G, Mousavi SA. The Effect of the Color of Granite on its Natural Radioactivity. *Journal of Isfahan Medical School*. 2013;30(220):p2412-8.
  26. Al-Saleh FS, Al-Berzan B. Measurements of natural radioactivity in some kinds of marble and granite used in Riyadh region. *J Nucl Radiat Phys*. 2007;2(1):25-36.
  27. Bahreyni M, Yarahmadi M. Comparison of indoor and outdoor dose rates from environmental gamma radiation in Kurdistan province. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*. 2009;16(3):255-62.
  28. Pavlidou S, Koroneos A, Papastefanou C, Christofides G, Stoulos S, Vavelides M. Natural radioactivity of granites used as building materials. *Journal of environmental radioactivity*. 2006;89(1):48-60. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.03.005. https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.03.005
  29. Malakootian M, Sadeghi M, Nasiri A. Evaluation of Gamma Rays in the Building Stones in Kerman (2013) . 2014; 13 (1) :13-21
  30. Tilki R, Yazdanifar A, Dosimetry of granite and marble used in Sari in terms of beta and gamma radiation in 2008, 12th National Health Conference https://civilica.com/doc/82265