

محاسبات آهنگ دز ناشی از پرتوزایی طبیعی موجود در سنگ‌های گرانیتی ساختمانی در ایران

فرید اصغری‌زاده*، محمد فنادی مراغه، بهرام سلیمی و الهام صدق گویا

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.

* تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کد پستی: ۵۱۱۱۳-۱۴۳۹۹

پست الکترونیکی: farid.asgharizadeh@yahoo.com

چکیده

همه مواد ساختمانی دارای مقادیر مختلفی از مواد پرتوزای طبیعی هستند. مواد به‌دست‌آمده از سنگ و خاک، عموماً حاوی رادیونوکلیدهای اورانیوم (اورانیوم-۲۳۸)، توریم (توریم-۲۳۲) و هسته پرتوزای طبیعی پتاسیم-۴۰ می‌باشند. پرتوگیری از مواد ساختمانی به دو دسته پرتوگیری خارجی و داخلی تقسیم می‌شود. پرتوگیری خارجی در اثر تابش مستقیم پرتوهای گاما از رادیونوکلیدهای طبیعی موجود در این مواد بوده و پرتوگیری داخلی ناشی از استنشاق گاز رادن (رادن-۲۲۲ و رادن-۲۲۰) و محصولات واپاشی نیمه‌عمر کوتاه آن‌هاست که محصول واپاشی اورانیوم و توریم در این مواد هستند. در این مطالعه، پرتوگیری خارجی ناشی از تابش مستقیم پرتوهای گاما از سنگ‌های گرانیت استفاده‌شده در ساختمان‌ها در ایران، مورد بررسی قرار گرفته و آهنگ دز جذبی و دز مؤثر سالیانه حاصل از آن، در نمونه‌های تحت بررسی محاسبه و ارائه شده است. آهنگ دز جذبی به‌دست‌آمده، به‌جز مورد نمونه شماره ۲، بیش از متوسط پرتوزایی طبیعی جهانی، یعنی ۶۰ نانوگری در ساعت است. با رجوع به معیارهای دز توصیه‌شده در گزارش سال ۱۹۹۹، اتحادیه اروپا در خصوص اصول حفاظت پرتوی پرتوزایی طبیعی مواد ساختمانی برای مواد استفاده‌شده در سطح، همه نمونه‌ها زیر حد دز معاف ۰/۳ میلی‌سیورت در سال هستند.

کلیدواژگان: آهنگ دز، پرتوزایی طبیعی، گرانیت، مواد ساختمانی.

۱. مقدمه

توجه داشت که در برخی از مواد ساختمانی مانند سنگ گرانیت، میزان غلظت مواد پرتوزای طبیعی، زیاد است. سنگ گرانیت اغلب در نما، کف و پیشخوان آشپزخانه در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس توصیه‌های ارائه‌شده در خصوص معیارهای دز در نظر گرفته‌شده برای مواد ساختمانی مورد استفاده سطحی، در گزارش سال ۱۹۹۹ اتحادیه اروپا [۵]، حد دز معاف^۱ برابر با ۰/۳ میلی‌سیورت در سال^۲ تعیین شده است.

برای کنترل خطرات پرتوزایی مواد ساختمانی، لازم است

بیش از ۸۰٪ مجموع پرتوگیری مردم جهان مربوط به منابع پرتوزایی طبیعی است [۱]. مهم‌ترین منبع پرتوگیری خارجی در ساختمان‌ها ناشی از پرتوهای گامای حاصل از تجزیه سری زنجیره طبیعی ^{238}U و ^{232}Th و همچنین، تجزیه رادیوایزوتوپ طبیعی ^{40}K است. این واقعیت وجود دارد که مواد ساختمانی، حاوی مقادیر جزئی از این مواد پرتوزای طبیعی هستند [۲-۴]. اندازه‌گیری میزان غلظت پرتوزایی مواد ساختمانی و محاسبات دز حاصل از آن، امکان ارزیابی خطرات رادیولوژیکی افرادی را که در آن ساختمان زندگی می‌کنند، فراهم می‌سازد. اما باید

1. Exemption dose limit
2. mSv y^{-1}

تجاری، به عنوان مواد ساختمانی استفاده شده در ساختمان‌ها در کشور ایران، ارائه شده است.

۲. روش کار

برای انجام محاسبات دز خارجی حاصل از پرتوهای گامای رادیونوکلیدهای طبیعی زمینی موجود در سنگ‌های گرانیتی به کار برده شده در ساختمان‌های ایران، نتایج اندازه‌گیری غلظت پرتوزایی ۱۷ نمونه سنگ گرانیت جمع‌آوری شده از بازار داخلی مورد استفاده قرار گرفت. این نمونه‌ها پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی توسط دستگاه طیف‌نگاری پرتوهای گامای با قدرت تفکیک بالا^۴ مجهز به آشکارساز ژرمانیوم خالص^۵ مورد شمارش و آنالیز قرار گرفته بودند [۳].

۱.۲. محاسبه آهنگ دز گاما در هوا

مجموع آهنگ دز جذبی^۶ (D_{air}) در هوا در فاصله یک متری سطح پوشیده از سنگ گرانیت، با استفاده از ضرایب تبدیل داده شده در UNSCEAR 2000، به وسیله رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۶]:

$$D_{air} = (0.427 A_{Ra} + 0.662 A_{Th} + 0.043 A_K) \text{ nGy h}^{-1} \quad (1)$$

که در آن، A_{Ra} ، A_{Th} و A_K به ترتیب غلظت پرتوزایی ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K هستند.

۲.۲. محاسبه آهنگ دز مؤثر سالیانه در هوا

برای تخمین آهنگ دز مؤثر سالیانه در هوا^۷ (E_{air}) بر حسب میلی‌سیورت در سال، برای ساکنان ساختمانی با کف یا دیواره پوشیده از سنگ گرانیت، براساس مجموع آهنگ دز گامای ناشی از پرتوهای گامای پرتوزایی طبیعی، از رابطه زیر استفاده می‌شود [۶]:

$$E_{air} = D_{air} (\text{nGy} \times \text{h}^{-1}) \times 8760 (\text{h y}^{-1}) \times \quad (2)$$

$$0.2 \times 0.7 (\text{Sv Gy}^{-1}) \times 10^{-6} \text{ mSv y}^{-1}$$

با در نظر گرفتن وضعیت هر کشوری، استاندارد ملی تدوین و به اجرا درآید؛ برای مثال، در اتحادیه اروپا در صورتی که میزان دز سالیانه از یک میلی‌سیورت در سال تجاوز کند، برنامه‌های حفاظت پرتوی اجرا می‌شود. در این برنامه، برای انجام عملی کنترل دز توصیه شده است که میزان دز ناشی از پرتوزایی مواد ساختمانی در محدوده ۱/۳-۰ میلی‌سیورت در سال باقی بماند. این میزان دز علاوه بر دز گامای طبیعی جذب شده در فضای باز^۱ است [۵].

براساس گزارش سال ۲۰۰۰ میلادی، کمیته علمی اثرات تشعشعات اتمی سازمان ملل متحد،^۲ متوسط جهانی آهنگ دز گاما ناشی از پرتوزایی طبیعی زمینه ۶۰ نانوگری در ساعت^۳ تعیین شده است [۶].

در بسیاری از کشورها برای دسترسی به اطلاعات مربوط به میزان غلظت پرتوزایی زمینه طبیعی مواد ساختمانی و بررسی اثرات و خطرات پرتوی آن‌ها، مطالعات زیادی صورت گرفته است. اصغری زاده و همکاران (۲۰۱۱) در ایران، روحیت مهرا و همکاران (۲۰۰۹) در هند، آل‌امر (۲۰۰۸) در عربستان سعودی، حارب و همکاران (۲۰۰۸) در مصر، ارکان (۲۰۰۷) در ترکیه، الصالح و همکاران (۲۰۰۷) در عربستان، ژین‌وی و همکاران (۲۰۰۶) در چین، هه‌وامانا و همکاران (۲۰۰۱) در سریلانکا، ولی‌الدین و همکاران (۲۰۰۱) در مصر، برتکا و همکاران (۱۹۸۵) در استرالیا، مالانکا (۱۹۹۳) در برزیل، مطالعاتی را در زمینه پرتوزایی طبیعی سنگ گرانیت در ساختمان‌ها انجام داده‌اند. این بررسی‌ها علاوه بر ارائه نتایج اندازه‌گیری و مقایسه آن‌ها با سطوح مجاز تعیین شده در استانداردهای معتبر بین‌المللی، امکان تدوین و ارائه روش‌های استاندارد و معتبر روش آزمون (اندازه‌گیری پرتوزایی) را به وجود آورده و زمینه لازم را برای محاسبات دز مؤثر سالیانه به ساکنان و همچنین، تدوین استانداردهای ملی ویژگی این محصولات از نظر سطوح مورد قبول پرتوزایی و دز حاصل از آن فراهم می‌سازد.

در این مقاله، نتایج محاسبات تعیین دز ناشی از پرتوهای گامای حاصل از پرتوزایی زمینه طبیعی در سنگ‌های گرانیتی

4. High-Resolution Gamma-ray Spectrometry System

5. HpGe

6. Total absorbed dose rate in air

7. Annual effective dose rate in air

1. Outdoor gamma dose

2. UNSCEAR 2000

3. nGy h⁻¹

نمونه سنگ گرانیت داخلی نیز آهنگ دز گامای آن $nGy h^{-1}$ و $۲۳۸/۳$ و دز مؤثر جذبی در هوای ساختمان محل نصب آن حدود $۰/۲۹۲ mSv y^{-1}$ تعیین شده است که تقریباً در حدود دز معاف پرتوگیری خارجی تعیین شده توسط اتحادیه اروپا برای مصالح ساختمانی می‌باشد.

در شکل (۱)، توزیع آهنگ دز پرتوهای گاما از نمونه‌های سنگ گرانیت مورد بررسی، در مقایسه با متوسط جهانی آهنگ دز گامای طبیعی محیطی نشان داده شده است. در شکل (۲) دیده می‌شود برای همه نمونه‌ها میزان دز مؤثر جذبی از حد دز معاف برای مصالح ساختمانی (توصیه شده در گزارش سال ۱۹۹۹ اتحادیه اروپا) کمتر است. در یک نمونه چینی (شماره ۱۷ در جدول ۱) این مقدار درست برابر حد دز معاف محاسبه شده است.

جدول ۱: نتایج محاسبات آهنگ دز گاما و دز مؤثر جذبی ناشی از پرتوهای گامای سنگ گرانیت ساختمانی

نمونه	کشور مبدا	D_{air} ($nGy h^{-1}$)	E_{air} ($mSv y^{-1}$)
G-B-IN	هند	$۱۱۳/۴ \pm ۲/۲$	$۰/۱۳۹ \pm ۰/۰۰۳$
G-B-I	ایران	$۴۹/۸ \pm ۰/۹$	$۰/۰۶۱ \pm ۰/۰۰۱$
G-T-I	ایران	$۱۲۲/۰ \pm ۲/۳$	$۰/۱۵۰ \pm ۰/۰۰۳$
G-N-I	ایران	$۲۳۸/۳ \pm ۴/۵$	$۰/۲۹۲ \pm ۰/۰۰۶$
G-P-I	ایران	$۱۳۱/۷ \pm ۲/۵$	$۰/۱۶۱ \pm ۰/۰۰۳$
G-TR-I	ایران	$۱۰۵/۱ \pm ۲/۰$	$۰/۱۲۹ \pm ۰/۰۰۲$
G-N-I	ایران	$۱۱۵/۵ \pm ۲/۲$	$۰/۱۴۲ \pm ۰/۰۰۳$
G-BM-I	ایران	$۸۸/۸ \pm ۱/۷$	$۰/۱۰۹ \pm ۰/۰۰۲$
G-A-I	ایران	$۱۶۴/۵ \pm ۳/۱$	$۰/۲۰۲ \pm ۰/۰۰۴$
G-L-I	ایران	$۱۳۴/۶ \pm ۲/۶$	$۰/۱۶۵ \pm ۰/۰۰۳$
G-R-I	ایران	$۸۶/۴ \pm ۱/۶$	$۰/۱۰۶ \pm ۰/۰۰۲$
G-Z-I	ایران	$۱۰۶/۴ \pm ۲/۰$	$۰/۱۳۱ \pm ۰/۰۰۲$
G-MG-I	ایران	$۱۲۷/۹ \pm ۲/۴$	$۰/۱۵۷ \pm ۰/۰۰۳$
G-KH-I	ایران	$۱۶۸/۰ \pm ۳/۲$	$۰/۲۰۶ \pm ۰/۰۰۴$
G-R-CH	چین	$۱۷۱/۸ \pm ۳/۳$	$۰/۲۱۱ \pm ۰/۰۰۴$
G-GA-I	چین	$۷۸/۵ \pm ۱/۵$	$۰/۰۹۶ \pm ۰/۰۰۲$
G-RB-CH	چین	$۲۴۵/۲ \pm ۴/۷$	$۰/۳۰۱ \pm ۰/۰۰۶$
	کمینه	$۴۹/۸ \pm ۰/۹$	$۰/۰۶۱ \pm ۰/۰۰۱$
	بیشینه	$۲۴۵/۲ \pm ۴/۷$	$۰/۳۰۱ \pm ۰/۰۰۶$
	میانگین	$۱۳۲/۲ \pm ۲/۵$	$۰/۱۶۲ \pm ۰/۰۰۳$

در این رابطه، براساس گزارش UNSCEAR 2000، ضریب سکونت برابر با $۰/۲$ و ضریب تبدیل از دز جذبی در هوا به دز مؤثر برابر با $۰/۷ Sv Gy^{-1}$ در نظر گرفته شده است [۶].

۳. نتایج و بحث

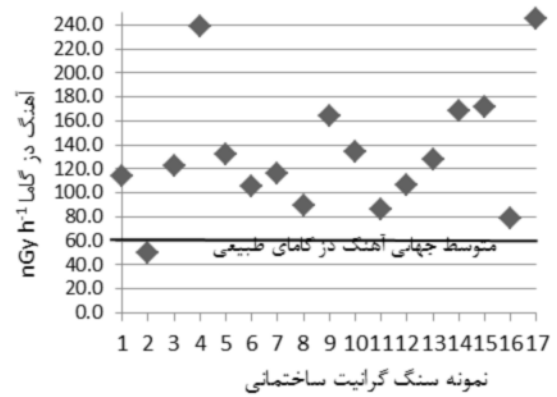
نتایج محاسبات آهنگ دز گامای تابشی از رادیونوکلیدهای طبیعی ^{238}U ، ^{232}Th و ^{40}K موجود در ۱۷ نوع سنگ گرانیت استفاده شده در ساختمان‌ها، در جدول (۱) ارائه شده است. در شکل (۱)، توزیع آهنگ دز گامای نمونه‌های سنگ گرانیت تحت بررسی که پرتوزایی آن‌ها قبلاً اندازه‌گیری شده بود، نشان داده شده است. در شکل (۲)، توزیع دز مؤثر جذبی محاسبه شده ناشی از پرتوگیری خارجی از پرتوهای گامای سنگ‌های مختلف گرانیت ساختمانی تحت آزمایش دیده می‌شود.

در این اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آن، میزان پرتوزایی طبیعی زمینه از پرتوزایی اندازه‌گیری شده برای رادیونوکلیدهای تحت بررسی، کسر شده است. کمینه آهنگ دز گاما در هوا در این نمونه‌ها حدود $۴۹/۸ nGy h^{-1}$ ، بیشینه آن $۲۴۵/۲ nGy h^{-1}$ و میانگین آن $۱۳۲/۲ nGy h^{-1}$ برآورد شده است. میانگین به دست آمده از متوسط جهانی آهنگ دز گامای ناشی از پرتوزایی طبیعی زمینه ($۶۰ nGy h^{-1}$) بیشتر است.

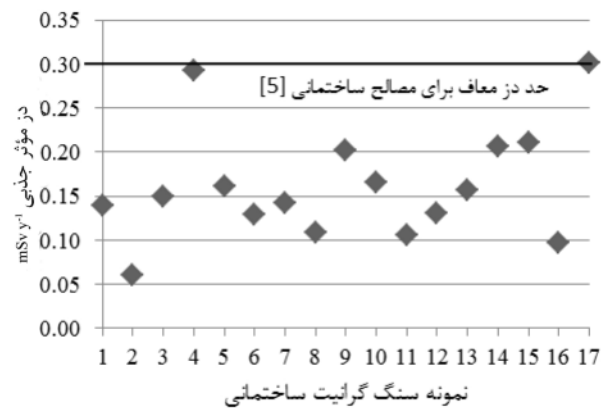
براساس محاسبات انجام شده در این مطالعه، متوسط دز مؤثر جذبی ناشی از پرتوزایی طبیعی سنگ‌های گرانیتی مورد بررسی، حدود $۰/۲ mSv y^{-1}$ به دست آمده است. حد دز معاف برای مواد ساختمانی براساس توصیه‌های ارائه شده در گزارش سال ۱۹۹۹ اتحادیه اروپا، برابر با $۰/۳ mSv y^{-1}$ است که در مورد یک نوع سنگ گرانیت چینی با کد G-RB-CH، میزان دز مؤثر اندازه‌گیری شده برابر با این حد تعیین شده که برای استفاده از آن در ساختمان‌ها، به بررسی بیشتری نیاز دارد. در دو نمونه چینی (G-RB-CH و G-R-CH) آهنگ دز گامای تابشی به ترتیب، $۱۷۱/۸ nGy h^{-1}$ و $۲۴۵/۲$ به دست آمده است که بسیار بیشتر از متوسط جهانی پرتوزایی طبیعی است؛ ولی در این دو نمونه دز مؤثر جذبی به ترتیب، برابر با $۰/۲۱۱ mSv y^{-1}$ و $۰/۳۰۱$ محاسبه شده است. هر چند مقدار آن زیاد است، از مقدار آستانه توصیه شده برای مصالح ساختمانی فراتر نرفته است. در یک

۴. نتیجه گیری

در این مطالعه، پرتوگیری خارجی ناشی از پرتوهای گامای مستقیم تابشی از رادیونوکلیدهای طبیعی موجود در نمونه‌های مختلف سنگ گرانیت، مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهد میزان دز گامای ناشی از سنگ‌های گرانیت استفاده شده در ساختمان‌ها در ایران، بیشتر از متوسط پرتوزایی طبیعی جهانی 60 nGy h^{-1} است. یافته‌های به دست آمده بیانگر این است که به‌طور میانگین، در نمونه‌های سنگ گرانیت مورد بررسی، مقدار متوسط دز مؤثر جذبی ناشی از پرتوهای گاما به‌عنوان عامل پرتوگیری خارجی (mSv y^{-1}) $0/162$ کمتر از حد معاف توصیه شده توسط اتحادیه اروپا ($0/3 \text{ mSv y}^{-1}$) است.



شکل ۱: توزیع آهنگ دز پرتوهای گامای سنگ‌های مختلف گرانیت ساختمانی



شکل ۲: توزیع دز مؤثر جذبی ناشی از پرتوگیری خارجی از پرتوهای گامای سنگ‌های مختلف گرانیت ساختمانی

۵. مراجع

- [1] United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation, "Sources and Effects of Ionising Radiation", UNSCEAR Report, New York, 1993.
- [2] M. Tzortzis, E. Svoukis, and H. Tsertos, "A Comprehensive Study of Natural Gamma Radioactivity Levels and Associated Dose Rates From Surface Soils in Cyprus", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 109, 2004, pp. 217-224.
- [3] F. Asgharizadeh, A. Abbasi, O. Hochaghani, and E. S. Gooya, "Natural Radioactivity in Granite Stones Used as Building Materials in Iran", Radiation Protection Dosimetry, accepted May 5 2011, doi:10.1093/rpd/ncr233, 2011, pp. 1-6.
- [4] R. Hewamanna, C. S. Sumithrarachchi, P. Mahawatte, H. L. C. Nanayakkara, and H. C. Ratnayake, "Natural Radioactivity And Gamma Dose From Sri Lankan Clay Bricks Used In Building Construction". Appl. Radiation Isotopes, Vol. 54, 2001, pp. 365-369.
- [5] EC, European Commission Report on Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials. Radiation Protection 112, 1999.
- [6] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and Effects of ionizing Radiation*. UN, 2000.