Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 18:03 +0430 on Sunday August 5th 2018

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد۱، شمارهٔ ۲، بهار ۱۳۹۲

اندازه‌گیری و مقایسه غلظت پرتوزایی رادن در ساختمان‌های با نمای داخلی از سنگ گرانیت و کربناتی

فرید اصغری‌زاده[۱*]، محمد اسماعیل‌نژاد[۱]، پانتهآ پورده[۲]، فرامرز معطر[۲]
اصغر صدیق‌زاده[۱]، الهام صدق گویا[۱] و پروین نصیری[۲]

[۱]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران
[۲]دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[*]تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کد پستی: ۱۱۳۶۵-۸۴۸۶
پست الکترونیکی:farid.asgharizadeh@yahoo.com

چکیده

بر اساس آخرین اطلاعات ارائه شده توسط UNSCEAR[1] استنشاق گاز رادن و دختران نیمه‌عمر کوتاه آن از جمله مهم‌ترین عوامل پرتوگیری انسان از منابع پرتوزای طبیعی به شمار می‌رود. سرطان ریه اثر شناخته شده گاز رادن موجود در هوا برای سلامتی انسان است و در هوای داخلی کلیه ساختمان‌ها وجود دارد. مهم‌ترین ایزوتوپ آن گازی نادر به نام رادن-۲۲۲ است که حاصل واپاشی رادیم-۲۲۶ از سری زنجیره طبیعی اورانیوم-۲۳۸ می‌باشد. اورانیم و رادیم به طور طبیعی در خاک و سنگ زمین وجود دارند. این گاز پرتوزا به فراوانی در محیط زیست به‌ویژه در فضاهای سرپوشیدهٔ ساختمان‌هایی که در نمای داخلی آن‌ها از سنگ‌های گرانیتی استفاده شده، یافت می‌شود. در چند دههٔ گذشته، پرتوگیری طبیعی ناشی از گاز رادن و محصولات واپاشی آن در داخل منازل مسکونی به عنوان یک مشکل جهانی شناخته شده و باعث بروز خطر ابتلا به سرطان در میان عموم مردم تلقی گردیده است. در این مقاله، نتایج اندازه‌گیری میزان غلظت پرتوزایی گاز رادن در هوای داخلی دو ساختمان مختلف که در نمای داخلی آن‌ها به ترتیب از سنگ گرانیتی و کربناتی استفاده شده، ارائه و نتایج به دست آمده با هم مقایسه شده است. کلیه اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه AlphaGuard^{TM} انجام شده است. میانگین غلظت این گاز در ساختمان کربناتی حدود ۱۱ $Bq.m^{-3}$ و در ساختمان گرانیتی حدود ۵۹ $Bq.m^{-3}$ اندازه‌گیری شده که در مقایسه با ساختمان کربناتی بسیار بالاتر است. مقادیر به دست آمده کمتر از حد مرجع توصیه شده توسط ICRP و IAEA یعنی ۶۰۰-۲۰۰ $Bq.m^{-3}$ بوده و به حد اقدام تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) (۱۴۸ $Bq.m^{-3}$) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۱۰۰$Bq.m^{-3}$) نمی‌رسد.

کلیدواژگان: رادن، پرتوزایی طبیعی، سنگ گرانیت، سنگ کربناتی.

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiatio

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 18:03 +0430 on Sunday August 5th 2018

۱. مقدمه

پرتوگیری داخلی و خارجی انسان ناشی از پرتوزایی منابع طبیعی[1]، امری اجتناب‌ناپذیر است. در این بین، گاز رادن به عنوان موثرترین عامل در دز دریافتی عموم مردم از پرتوهای یونیزه کننده طبیعی شناخته شده است [۱]. سهم رادن در مجموع پرتوگیری سالیانه انسان بیش از ٤٠٪ تخمین زده می‌شود [۲]. میانگین دز سالانه هر فرد ناشی از منابع طبیعی ۲/٤mSv است که از این مقدار ۱/۲mSv آن فقط مربوط به پرتوگیری از گاز رادن است [۳]، لذا امروزه خطرات ناشی از استنشاق گاز رادن به عنوان یکی از عوامل مهم تهدیدکنندهٔ سلامت انسان به شمار می‌آید.

رادن (^{222}Rn)، تورون (^{220}Rn) و اکتینون (^{219}Rn) ایزوتوپ‌های طبیعی گاز رادن هستند. نیمه‌عمر تورون ۳/۵۵ ثانیه است و از واپاشی ^{232}Th حاصل می‌شود. اکتینون دارای نیمه‌عمر ۳/۹۲ ثانیه و محصول واپاشی اورانیوم-۲۳۵ است. بنابراین، از بین این سه ایزوتوپ طبیعی رادن، تنها رادن-۲۲۲ که نیمه‌عمر آن ۳/۸۲ روز است و از واپاشی اورانیوم-۲۳۸ تولید می‌شود، فرصت تجمع در فضای بسته ساختمان‌ها را دارد.این گاز پرتوزا به فراوانی در محیط زیست به‌ویژه در فضاهای سرپوشیده از جمله ساختمان‌هایی که دارای سنگ‌های گرانیتی هستند، یافت می‌شود. این سنگ‌ها به طور متوسط محتوی ٤.۷ppm اورانیوم هستند [٤]. در سنگ‌های رسوبی میزان غلظت اورانیوم حدود ppm ۲ گزارش شده است [۵]. بسته به اینکه ترکیبات سنگ‌های مذاب چگونه و در کجا شکل گرفته‌اند، برخی از گرانیت‌ها پرتوزایی بیشتری نسبت به سایر سنگ‌های گرانیتی دارند [٦]. گرانیت‌ها از نوع سنگ‌های آذرین هستند که در ابتدا به صورت گدازه یا سنگ‌های مذاب بوده‌اند که در طول هزاران و یا حتی میلیون‌ها سال سرد شده و به شکل گرانیت درآمده‌اند. چون این شکل‌گیری به آرامی و در طول سالیان زیاد صورت گرفته است، زمان زیادی برای ورود و شکل‌گیری مواد معدنی در کریستال‌ها و در نتیجه تعیین خصوصیات آن دارد. سنگ‌های گرانیت دارای رنگ‌های مختلفی هستند که به نوع عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن مرتبط است. دوام و مشخصات تزئینی گرانیت باعث شده است این سنگ به طور گسترده‌ای در ساختمان‌ها به عنوان سنگ کف، دیوار و میز آشپزخانه مورد استفاده عمومی قرار گیرد [۷]. وجود اورانیوم و توریم در سنگ‌های گرانیتی موجب تولید گاز رادن و انتشار آن از این نوع سنگ می‌شود.

جدول (۱): حد اقدام غلظت رادن

منبع	محل	حد اقدام غلظت رادن
$NCRP$[2]	محیط بسته (مسکونی)	۸-۱۰(PCi/L) معادل ۲ (WLM)
EPA[3]	محیط بسته (مسکونی)	۱٤۸ $(Bq.m^{-3})$ معادل ٤ (PCi/L)
	مدارس	<٤ (PCi/L)
$NIOSH$[4]	شغلی (معادن)	۱ $(WLM/year)$
$OSHA$[5]	شغلی	۱۰۰PCi/L معادل ٤ $(WLM/year)$ (متوسط ٤٠ ساعت کار در هفته)
WHO[6]$, 2009$	مسکونی	۷/۲ (PCi/L) معادل (۱۰۰$Bq.m^{-3}$)

رادن-۲۲۲ در سری واپاشی‌های اورانیوم-۲۳۸ حاصل واپاشی آلفازای رادیم-۲۲٦ است که به صورت گازی بوده و دارای نیمه‌عمر واپاشی ۳۸ روز و انرژی آلفای ۵.٤۹ MeV می‌باشد. این گاز پرتوزا دارای ٤ محصول واپاشی شامل ^{218}Po، ^{214}Pb، ^{214}Bi و ^{214}Po است. این محصولات واپاشی همگی جامدند و به ذرات هوابرد می‌چسبند و هنگام تنفس مقادیری از این ذرات پرتوزا داخل ریه انسان می‌رود. رادن-۲۲۲، پولونیوم-۲۱۸ و پولونیوم-۲۱٤ ذرات آلفا و سرب-۲۱٤ و بیسموت-۲۱٤ پرتوهای بتا و گاما از خود تابش می‌کنند. خطر بالقوه پولونیوم-۲۱۸ و پولونیوم -۲۱٤ حدود بیست برابر بیشتر از خود رادن است. چون رادن گاز بی اثر است، بنابراین بیشتر مقدار آن پس از استنشاق به سرعت از ریه خارج می‌شود، ولی دختران آن در ریه باقی مانده و تابش آن‌ها سلول‌ها را مورد پرتودهی قرار می‌دهد و این باعث بروز سرطان ریه در اثر شکست کروموزومی ناشی از پرتوهای یونیزاسیون می‌گردد. خطرات ناشی از استنشاق گاز رادن در محیط بسته[7] به عنوان یکی از عوامل مهم تهدیدکنندهٔ سلامتی انسان به شمار می‌رود و از دیدگاه پزشکی، دومین عامل ابتلا به سرطان ریه محسوب می‌شود. در جدول (۱) حد اقدام غلظت رادن در موارد مختلف ارائه شده است.

1. NORM: Naturally Occurring Radioactive Materials

2. NCRP: National Council for Radon Protection
3. EPA: U.S. Environmental Protection Agency
4. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health
5. OSHA: Occupational Safety and Health Administration
6. WHO: World Health Organization
7. indoor

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 18:03 +0430 on Sunday August 5th 2018

جدول (۱): حد اقدام غلظت رادن

منبع	محل	حد اقدام غلظت رادن
NCRP[1]	محیط بسته (مسکونی)	۲ معادل (WLM) ۸–۱۰ (PCi/L)
EPA[2]	محیط بسته (مسکونی) مدارس	٤ معادل (PCi/L) ١٤٨ ($Bq.m^{-3}$) <٤ (PCi/L)
NIOSH[3]	شغلی (معادن)	۱ (WLM/year)
OSHA[4]	شغلی	٤ معادل (WLM/year) ١٠٠PCi/L (متوسط ٤٠ ساعت کار در هفته)
WHO[5], 2009 2009	مسکونی	۷/۲ معادل (PCi/L) (١٠٠$Bq.m^{-3}$)

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) وجود ١٤٨ بکرل رادن در هر متر مکعب هوای خانه را به عنوان حد اقدام منظور داشته است، به طوری که اگر غلظت رادن بیش از این مقدار باشد، باید برای کاهش آن در ساختمان اقدام شود [۸]. گرچه بسیاری از پژوهشگران معتقدند که خطر بروز سرطان ریه در پایین‌تر از حد اقدام نیز وجود دارد، ولی احتمال بروز خطر ناشی از آن اندک است. این سازمان پیش‌بینی می‌کند که در این حد پیشنهادی، خطر ابتلا به سرطان ریه برای افراد غیر سیگاری ۱٪ ، برای افرادی که قبلاً سیگاری بوده‌اند، ۳٪ و برای افراد سیگاری ۵٪ است [۸]. حد مرجع توصیه شده برای غلظت رادن توسط ICRP و IAEA در محدودهٔ ۶۰۰–۲۰۰ بکرل رادن در هر متر مکعب هوای خانه است [۹ و ۱۰].

۲. روش اندازه‌گیری

در این تحقیق، میزان غلظت پرتوزایی گاز رادن در ساختمان‌هایی که در نمای داخلی آن‌ها از سنگ‌های گرانیتی و کربناتی استفاده شده، اندازه‌گیری و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شده است. برای مقایسهٔ میزان غلظت رادن و دختران آن در ساختمان‌های با نمای داخلی از سنگ‌های کربناتی با ساختمان‌هایی که برای تزئین و نمای داخلی آن‌ها از قبیل دیوارها، کف و میز آشپزخانه از سنگ‌های مختلف گرانیتی استفاده شده است، اندازه‌گیری‌ها در هر دو نوع این‌گونه ساختمان‌ها انجام شد. البته تعداد و عمق درز و شکاف‌های ریز در فونداسیون ساختمان‌ها و نحوهٔ لوله‌کشی در آن‌ها نقش زیادی در میزان نفوذ گاز رادن حاصل از مواد پرتوزای طبیعی زمینی[6] به فضای داخلی ساختمان‌ها دارد، که در این تحقیق تحقیق برای هر دو ساختمان یکسان در نظر گرفته شده است.

اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه AlphaGuard™ و بر حسب بکرل بر مترمکعب هوا ($Bq.m^{-3}$) انجام شده است. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری و ذخیرهٔ اطلاعات در دو سیکل ۱۰ و ۶۰ دقیقه‌ای می‌باشد. انتخاب سیکل مورد نظر برای اندازه‌گیری رادن، بستگی به محدوده و موقعیت جغرافیایی و همچنین زمان لازم برای اندازه‌گیری دارد. حداقل غلظت پرتوزایی قابل اندازه‌گیری با این دستگاه ۲ $Bq.m^{-3}$ می‌باشد. در نمای داخلی اولین ساختمان مورد بررسی از سنگ گرانیت استفاده شده است. در این ساختمان که آن را ساختمان گرانیتی می‌نامیم، در سه ایستگاه در اتاق‌ها و سالن، میزان غلظت گاز رادن اندازه‌گیری شد. برای داشتن اطلاعات مربوط به غلظت رادن در فضای آزاد مجاور، اندازه‌گیری دیگری به صورت فضای باز و در حیاط آن ساختمان صورت گرفت. اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع حدود یک متری انجام شد. سیکل‌های اندازه‌گیری ۱۰ دقیقه‌ای بوده و فشار هوا در موقع اندازه‌گیری ثبت و در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): نتایج اندازه‌گیری غلظت رادن در ساختمان با نمای داخلی گرانیتی

مکان	ارتفاع اندازه‌گیری (m)	مدت هر سیکل اندازه‌گیری (min)	مدت زمان اندازه‌گیری (h)	غلظت رادن* (B/m3)	فشارهوا (mba)	تاریخ اندازه‌گیری
اتاق۱	۱	۱۰	۲٤	۵۹±۲۰	۸٦۷	پائیز ۸۸
اتاق۲	۱	۱۰	۲٤	۵٦±۱۹	۸۷۲	پائیز ۸۸
سالن	۱	۱۰	۲٤	٦۱±۲۱	۸۷۱	پائیز ۸۸

جدول (۳): نتایج اندازه‌گیری غلظت رادن در ساختمان با نمای داخلی کربناتی

مکان	ارتفاع اندازه‌گیری (m)	مدت هر سیکل اندازه‌گیری (min)	مدت زمان اندازه‌گیری (h)	غلظت رادن* (B/m3)	فشارهوا (mba)	تاریخ اندازه‌گیری
سالن	۱	۱۰	۱	۹± ۵	۸۵۹	پائیز ۸۸
اتاق	۰/۷	۱۰	۱	۱۲±٦	۸۵٦	پائیز ۸۸

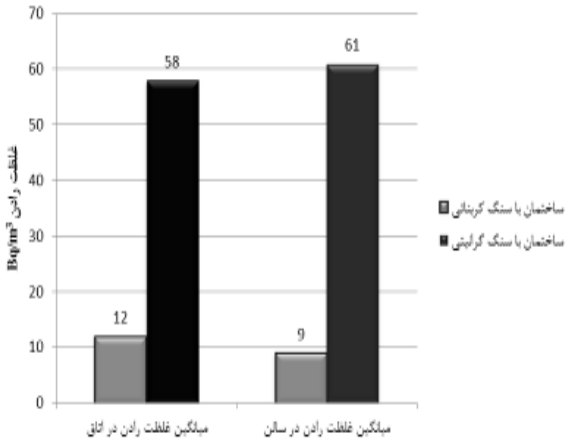
* خطای زیاد به علت سرعت باد و تغییرات در فشار و غلظت رادن در مدت زمان اندازه‌گیری بوده است. اعداد نشان‌دهندهٔ خطا گرد شده‌اند.

1. NCRP: National Council for Radon Protection
2. EPA: U.S. Environmental Protection Agency
3. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health
4. OSHA: Occupational Safety and Health Administration
5. WHO: World Health Organization

6. Terrestrial

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 18:03 +0430 on Sunday August 5th 2018

ساختمان بعدی مورد اندازه‌گیری، دارای نمای داخلی از نوع سنگ کربناتی بوده و در سالن و اتاق غلظت گاز رادن اندازه‌گیری شد. با توجه به تغییرات فصلی، غلظت رادن در فضای بسته و اینکه حداکثر غلظت رادن در فصل زمستان قابل مشاهده است، همهٔ اندازه‌گیری‌ها در یک فصل انجام گرفت.



شکل (۱): مقایسهٔ نتایج اندازه‌گیری غلظت رادن در دو ساختمان با نمای داخلی کربناتی و گرانیتی

۳. نتایج

نتایج اندازه‌گیری گاز رادن در ۲ ایستگاه در ساختمان کربناتی نشان داد که در فصل پاییز، میانگین غلظت این گاز در آن ساختمان در حدود $۱۱Bq.m^{-3}$ است. بالاترین غلظت رادن به دست آمده در این ساختمان حدود $۱۲\pm۶Bq.m^{-3}$ است که البته بسیار کمتر از حد توصیه شده EPA برای اقدام می‌باشد. بالاترین غلظت رادن مربوط به هوای اتاقی است که سیستم تهویه نداشته و رفت و آمد زیادی نیز در آن صورت نمی‌گرفته است. غلظت رادن در سالن نسبت به این اتاق عدد کمتری را نشان داد که خود دلیل روشنی بر این اصل است که در چنین محیط‌هایی که درب‌های ورود و خروج زیاد باز و بسته می‌شوند و تهویهٔ طبیعی هوا در این مکان وجود دارد، ماندگاری و در نتیجه غلظت گاز رادن کمتر است. این نتیجه بر لزوم و اهمیت استفاده از سیستم تهویهٔ طبیعی و به کارگیری هواکش برای تهویه هوا تأکید می‌کند. غلظت رادن در سالن، ۲۵٪ کمتر از اتاق بلا استفاده است.

در ساختمانی که دارای کف و دیواره‌های گرانیتی است، متوسط میزان غلظت رادن در حدود $۵۹Bq.m^{-3}$ اندازه‌گیری شد که در مقایسه با ساختمان کربناتی بسیار بالاتر است. با توجه به نوع کاربری و باز بودن درب ورود و خروج و رفت و آمد زیاد، تهویهٔ طبیعی هوا در اتاق‌های این ساختمان بیشتر از سالن آن است و در نتیجه مشاهده می‌شود که غلظت رادن در سالن کمی بیشتر از اتاق‌ها اندازه‌گیری شده است. میانگین غلظت رادن در اتاق‌های این ساختمان حدود $۵۸Bq.m^{-3}$ می‌باشد. غلظت رادن در این ساختمان به حد اقدام توصیه شده توسط EPA و حتی WHO نیز نمی‌رسد.

مراجع

[1] WHO, *Handbook on indoor radon: a public health perspective*, edited by HajoZeeb, and FeridShannoun, World Health Organization, 2009.

[2] World Nuclear Association; WNA: http://www.world-nuclear.org

[3] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and Effects of ionizing Radiation*. UN, 2000.

[4] Kuntson E.O. and George A.C.,*Radon, thoron, and decay products in environmental analysis and remediation*,edited byR.A.Meyers,John Wiley and Sons, New York, 1998, pp. 4045-4068.

[۵] اصغری‌زاده فرید، بهرامی سامانی علی، فصل دوم کتاب چرخه سوخت هسته‌ای، ۱۳۸۸.

[6] Richardson, Alicia, *Assessing Exposure to Radon and Radiation from Granite Countertops-Part 2 Radon*, 2009.

[7] http://www.epa.gov/rpdweb00/tenorm/granite-countertops.html.

[8] EPA, *Assessment of Risks from Radon in Homes*, EPA 402-R-03-003, June 2003.

[9] ICRP, 1993. *Protection against Radon-222 at Home and at Work*. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2).

[10] Mohammad M. Abu-Samreh, *Indoor Radon-222 Concentration Measurements During The Summer Season Of Year 2000 In Some Houses In The Western Part Of Yatta City*, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 30, Number 2A. 2005, pp. 343-349.