دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال بیست و سوم، شماره ۱، صفحه ۵۵ – ۴۸ (فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۹)

Iran South Med J 2020; 23(1): 48-55

غلظت و دوز مؤثر سالانه گاز رادون در معدن فیروزه نیشابور

فرهاد محمدجعفری (PhD)[1*]، حمید کاردانی (MSc)[1]، جواد بهمنی (PhD)[1**]

[1] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۷/۹/۲۲- پذیرش مقاله: ۹۸/۸/۱۲)

چکیده

زمینه: گاز رادون از جمله مواد رادیواکتیوی می‌باشد که خیلی زیاد در معادن زیرزمینی یافت می‌شود و از طریق تنفس می‌تواند وارد ریه و سبب ایجاد بیماری در افراد شود. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری غلظت گاز رادون و دوز جذبی مؤثر سالانه معدن‌کاران در غارهای سبز، مسلم و کمری معدن فیروزه نیشابور می‌باشد. نتایج تحقیق با حدود مجاز مقایسه می‌شود و می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از هر گونه بیماری برای معدن‌کاران داشته باشد.

مواد و روش‌ها: غلظت گاز رادون در معدن فیروزه نیشابور در عمق ۲۵۰ متری از سطح زمین به کمک دستگاه **RTM1688** اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از مقادیر به‌دست آمده، دوز جذب شده مؤثر سالانه رادون توسط معدن‌کاران محاسبه می‌شود.

یافته‌ها: میزان غلظت گاز رادون در این معدن در سه مکان غار سبز، غار مسلم و غار کمری به ترتیب ۵۰۳۹/۳۳، ۴۷۵۸/۶۷ و ۳۲۷۷ بکرل بر متر مکعب اندازه‌گیری شد و مشخص گردید معدن‌کاران فیروزه به‌طور متوسط در هر یک از مکان‌ها به مقدار ۴۱/۰۷، ۳۸/۷۸ و ۲۶/۷۰ میلی‌سیورت دوز سالانه دریافت می‌کنند.

نتیجه‌گیری: مقادیر غلظت اندازه‌گیری شده در سه مکان معدن فیروزه نیشابور از حد مجاز بیشتر است و دوز مؤثر سالانه دریافتی کارکنان نیز در غار سبز، غار مسلم بالاتر از حد مجاز است. به منظور پیشگیری از هر گونه شیوع بیماری پیشنهاد می‌گردد ضمن کاهش زمان شیفت کاری از تردد غیرضرروی معدن‌کاران در محل‌های مشخص شده با دوز بالا خودداری و از تهویه‌های مناسب با بازده بالا استفاده شود.

واژگان کلیدی: رادون، دوز، رادیواکتیو، معدن، سرطان، نیشابور

** تهران، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور

Email: Bahmanix22@yahoo.com
***ORCID: 0000-0003-4107-827x**
****ORCID: 0000-0001-7334-243x**

مقدمه

رادون یک گاز رادیواکتیو طبیعی و مشتق شده از مواد زمین‌شناسی است و تقریباً نیمی از کل دوز مؤثر دریافت شده توسط انسان از تمام منابع پرتوزا طبیعی، به رادون ۲۲۲ و فرزندانش با نیمه عمر کوتاه نسبت داده می‌شود. رادون ناشی از واپاشی اورانیوم ۲۳۸ است که در اعماق زمین یافت می‌شود. در سطوح باز غلظت گاز رادون قابل توجه نیست ولی در محیط‌های بسته به خصوص در برخی معادن، غلظت این گاز بیش از حد مجاز است و به دلیل عدم سیستم تهویه مناسب در معادن، غلظت این گاز به بیش از ۱۰۰۰ می‌رسد که متأسفانه استنشاق طولانی مدت آن خطرات بسیاری را برای معدن‌کار در بر خواهد داشت (۱). در سال ۱۳۹۲ غلظت گاز رادون در معادن زیرزمینی سرب و روی استان یزد اندازه‌گیری شد (۲). بررسی‌ها در این تحقیق نشان داد محل و ایستگاه اندازه‌گیری مهم‌ترین عامل در غلظت گاز رادون می‌باشد. در بسیاری از کشورها اندازه‌گیری گاز رادون در معادن یکی از اولویت‌های بررسی سلامت معدن‌کاران می‌باشد .نتایج تحقیق فیشین (Fişne) و همکاران نشان داد که میزان غلظت رادون در ۳ معدن ذغال سنگ ترکیه در ۹۰ درصد ایستگاه‌ها کمتر از حد اقدام (۱۰۰۰Bq.m-۳) است (۳). میزان غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده در معادن ذغال سنگ در ۳ شهر هند کمتر از حد استاندارد گزارش شده است (۴). غلظت گاز رادون در معدن طلا آرژانتین توسط آنجوس (Anjos) و همکاران تقریباً ۳ برابر استاندارد گزارش شده است (۵).در معدن فیروزه نیشابور به دلیل قدمت بالا و عمق زیاد حفاری در لایه‌های مختلف احتمال تهدید سلامتی معدن‌کاران وجود دارد و این امر یکی از مهم‌ترین دلایل انجام این پژوهش می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه اندازه‌گیری غلظت گاز رادون و دوز جذبی مؤثر سالانه معدن‌کاران در سه غار سبز، مسلم و کمری در معدن فیروزه نیشابور به‌عنوان یکی از معادن قدیمی و با ارزش در شمال شرق ایران می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در سلامت معدن‌کاران داشته باشد.

رادون و سرطان ریه

مواد پرتوزا عموماً اثرات مستقیمی بر سلول‌های بدن دارند و باعث آسیب به بافت‌های حساس می‌شوند. سه عنصر پولونیوم، سرب و بیسموت به‌عنوان دختران رادون از تجزیه متوالی این عنصر حاصل می‌شوند و خاصیت پرتوزایی دارند. این عناصر جامد گونه‌اند و زمانی که در هوا قرار می‌گیرند به سرعت به ذرات گرد و غبار متصل و در هنگام تنفس همراه با هوا وارد ریه شده و به جدار داخلی آن می‌چسبند. این عناصر ذرات آلفای پرانرژی منتشر می‌کنند و باعث آسیب رساندن به سلول‌های هوایی، نای و سایر بخش‌های تنفسی می‌شوند. در واقع دختران رادون بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطان‌های ریه می‌باشند و معدن‌کاران که در معادن زیرزمینی بدون تهویه مناسب کار می‌کنند بیشتر در معرض ذره‌های آلفای حاصل از تجزیه هسته‌ای رادون قرار دارند (۶). درصد سرطان ریه در آن‌ها، حتی پس از اعمال موارد خطر ناشی از سیگار بیشتر از مردم عادی می‌باشد. در ازای هر۳ -۱۰۰Bq.m با افزایش غلظت رادون در محیط، خطر بروز سرطان ریه ۱۶ درصد بیشتر می‌شود. خطر ابتلا به سرطان ریه به‌طور نسبی با افزایش تماس با رادون بیشتر می‌شود. بعضی از دختران رادون از ریه‌ها به خون نفوذ کرده و در کل بدن انسان تابش می‌کنند (۷). رادون علاوه بر ورود از راه تنفس می‌تواند وارد دستگاه گوارش بدن نیز شود. اگر آب آلوده به رادیوم و اورانیوم نوشیده شود،

رادون وارد دستگاه گوارش شده و این عضو را در معرض پرتوگیری قرار می‌دهد. در بعضی حالت‌ها ممکن است رادیوم و اورانیوم توسط گردش خون به سایر اندام‌ها منتقل شده و در آنجا باقی مانده و سپس فرآیند واپاشی درون بافت انجام گیرد. باقی ماندن این زنجیره در هر بافتی باعث ایجاد سرطان‌هایی همچون استخوان و روده می‌گردد. اثرات مضر رادون و دخترانش بر معدن‌کاران اورانیوم زیرزمینی به تأیید رسمی رسیده است. چندین مطالعه اپیدلوژیک که وضعیت سلامت جمعیت زیادی از معدن‌کاران را دنبال می‌کند، وجود دارد (۸). همچنین پژوهش توسط دانشگاه علوم پزشکی مشهد مبنی بر سلامت معدن‌کاران فیروزه نیشابور انجام شده و آسیب‌های ریوی افراد مورد مطالعه قرار گرفته است. اگر چه به صورت آشکار نقشی از رادون در ایجاد بیماری ریوی مطرح نشده است ولی با بیان این موضوع که افراد هنگام کار در معرض هوای درون معادن بدون تهویه قرار گرفته‌اند خود بیانگر این موضوع است. این مطالعه به وضوح ارتباط بین قرار گرفتن در معرض رادون و میزان بروز سرطان ریه را نشان می‌دهد (۹).

توصیف منطقه

معدن فیروزه نیشابور یکی از قدیمی‌ترین معادن جهان است و شواهد باستان‌شناسی قدمت آن را تا ۶۳۷۲ سال پیش تخمین زده‌اند. این معدن یکی از معادن با ارزش در شمال شرق ایران در ۵۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان نیشابور در دامنه کوه رنیش واقع شده است و دارای طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی می‌باشد و ۱۴۱۰ متر بالاتر از سطح دریا واقع است (۱۰). این معدن از نظر میزان تولید نیز بزرگ‌ترین معدن فیروزه فعال جهان است. با ارزیابی ذخیره‌ای انجام شده، پیش‌بینی می‌شود این معدن تا ۲۰۰ سال دیگر قابل استخراج باشد. در این معدن تا ۱۸ طبقه زیر زمین برداشت انجام می‌شود.

شکل ۱) نقشه جغرافیای معدن فیروزه نیشابور

از این معدن، فیروزه استخراج می‌شود. فیروزه یک کانی ثانویه کمیاب از ترکیبات مس و آلومینیوم است با فرمول شیمیایی $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8\ 4H_2O$ شناخته می‌شود و جزء سنگ‌های قیمتی محسوب می‌شود. این کانی ساختار بلوری ریزدانه دارد. سختی فیروزه عموماً بین ۶-۵ و وزن مخصوص آن بین ۲/۶ الی ۲/۸ متغیر است. رنگ فیروزه خالص بین آبی کم رنگ مایل به سفید تا آبی پر رنگ متغیر است و با توجه به ناخالصی‌های موجود در آن می‌تواند به رنگ‌های خاکستری تا سبز روشن و سبز لجنی و رنگ‌های حد واسط آن‌ها نیز دیده شود (۱۱). در حال حاضر حدود ۱۳۰ نفر در این معدن مشغول به کارند.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری غلظت گاز رادون به کمک دستگاه رادومتر RTM1680 در سه بازه زمانی ۶۰ دقیقه‌ای و در سه مکان مشخص غار سبز، غار مسلم و غار کمری انجام شد. روش اندازه‌گیری این دستگاه بر اساس سنجش

تعداد یکی از دختران رادون (پولونیوم ۲۱۸) می‌باشد که مقدار آن رابطه مستقیم با مقدار گاز رادون دارد.

دوز جذبی مؤثر سالانه توسط معدن‌کاران در اثر استنشاق گاز رادون

به دلیل عمق زیاد معدن فیروزه نیشابور و حضور طولانی معدن‌کاران در محل کار و از طرفی غلظت بالای گاز رادون، اندازه‌گیری دوز جذبی مؤثر سالیانه این گاز می‌تواند کمک شایانی در ارائه راهکار مناسب جهت پیشگیری از ابتلا به بیماری‌های ریوی به ویژه سرطان ریه کند. حد مجاز غلظت گاز رادون در معادن ۳-Bq.m ۱۰۰۰ و در منازل مسکونی حد دوز مجاز ۳-Bq.m ۱۰۰ می‌باشد. معمولاً انتخاب سطح مجاز هر آلاینده بر پایه میزان خطر احتمالی آن ماده در آن غلظت می‌باشد.

امروزه در جهان، روش‌های برآورد تأثیر دوز ناشی از استنشاق محصولات واپاشی رادون با نیمه عمر کوتاه بر بافت، تحت بازبینی مداوم قرار دارند و کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه (ICRP) ضرایب وزنی بافت و ضرایب پرتویی جدیدی را برای دوز مؤثر رادون تعیین نموده است. آستانه مرجع توصیه شده برای غلظت رادون از طریق ICRP و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) در محدوده ۶۰۰-۲۰۰ بکرل رادون در هر متر مکعب است.

یافته‌ها

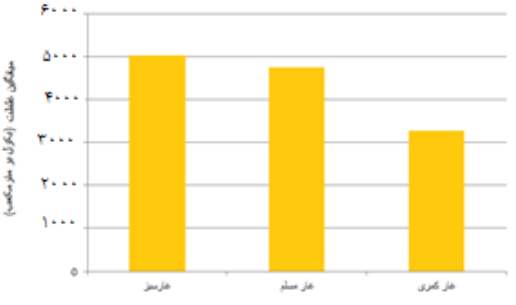
جدول ۱ مقادیر غلظت و میانگین اندازه‌گیری شده گاز رادون با انحراف معیار ۱۳۳۹/۱۴۴ در غار سبز، غار مسلم و غار کمری در معدن فیروزه نشان می‌دهد (نمودار ۱ و ۲).

جدول ۱) مقادیرغلظت اندازه‌گیری شده گاز رادون در سه مکان در دفعات مختلف (Bq.m-۳)

مکان	مرتبه اول	مرتبه دوم	مرتبه سوم	میانگین
غار سبز	۵۱۲۰	۵۰۱۰	۴۹۸۸	۵۰۳۹/۳۳
غار مسلم	۴۸۱۲	۴۶۷۶	۴۷۸۸	۴۷۵۸/۶۷
غار کمری	۳۳۰۰	۳۲۷۷	۳۲۵۴	۳۲۷۷

نمودار ۱) مقادیر غلظت اندازه‌گیری شده گاز رادون در سه غار در دفعات مختلف (Bq/m^3)

Fig 1) Measured radon concentration values in three caves at different frequencies (Bq / m^3)



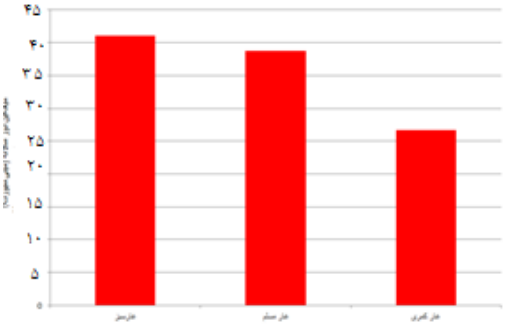
نمودار ۲) میانگین غلظت گاز رادون در سه غار (Bq/m^3)

Fig 2) Average radon gas concentration in three caves (Bq / m^3)

دوز مؤثر سالانه که درواقع دوز مؤثر ناشی از استنشاق هوای حاوی گاز رادون در معدن می‌باشد با استفاده از نتایج به‌دست آمده از میانگین غلظت گاز رادون و به کمک مدل UNSCEAR-2000 (۱۲) از طریق رابطه؛

$$H_{Rn} = C_{Rn} \times F \times T \times D$$

به‌دست می‌آید که C_{Rn} غلظت رادون اندازه‌گیری شده بر حسب بکرل بر مترمکعب، F فاکتور تعادل در معدن (۰/۴ برای فضای بسته) (۱۳ و ۱۴)، D فاکتور تبدیل دوز (9×10^{-6} mSv/h) به ازاء هر بکرل بر مترمکعب) برای محاسبه کل دوز بدن (۱۵) و T زمان کارکرد سالانه افراد در معدن است که با در نظر گرفتن شیفت کاری معدن‌کاران معادل ۸ ساعت در روز، کارکرد آن‌ها بدون احتساب روزهای تعطیل برابر ۲۲۶۴ ساعت در طول سال است. حد مجاز دوز جذبی سالانه ناشی از غلظت گاز رادون در معادن از طرف مرکز تحقیقات ملی بهداشت و ایمنی شغلی (NIOSH) ۲۸/۹mSev تعیین شده است. محاسبات نشان می‌دهد معدن‌کاران فیروزه به‌طور متوسط در غار سبز در عمق ۲۳۲ متر، غار مسلم در عمق ۲۱۱ متر و غار کمری در عمق ۱۸۰ متر به‌ترتیب ۴۱/۰۷، ۳۸/۷۸ و ۲۶/۷۰ میلی‌سیورت دوز سالانه دریافت می‌کنند (نمودار۳). یکی از علل اختلاف در نتایج به‌دست آمده، تفاوت در عمق این غارها می‌باشد.



نمودار ۳) میانگین دوز سالانه اندازه‌گیری شده گاز رادون در سه مکان (میلی‌سیورت)

Fig 3) Average annual measured radon dose at three locations (millisivret)

بحث

بحث ایمنی و حفظ جان نیروی انسانی فعال در معادن از جایگاه ویژه و مهمی برخوردار است. رادون و دخترانش پس از ورود به سیستم تنفسی بدن، با تابش پرتوهای پرانرژی، به بافت‌های زنده آن آسیب وارده کرده که بیشترین محل آسیب، درون سلول‌های هوایی ریه است. هر عضو از بدن با توجه به ساختار و ابعاد آن می‌تواند ضریبی از انرژی گسیلی یک پرتو را جذب کند. دختر هسته‌های جامد گونه رادون می‌توانند در بخش‌های مختلف ریه رسوب کرده که بیشترین انباشتگی آن‌ها درون سلول‌های هوایی ریه (آخرین محل تبادل گازی بدن و در بیشتر مطالعات انجام شده محل رسوب گذاری اصلی معرفی شده است) می‌باشد. گازهای موجود در معدن می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را به کارکنان وارد کنند. ریه، پوست و چشم‌ها از آسیب‌پذیرترین اعضای بدن هستند که از گازهای سمی موجود در معدن آسیب می‌بینند. معادن سرشار از گازهای سرطان‌زایی هستند که محیط را آلوده می‌کنند و متأسفانه فقدان آگاهی در این زمینه باعث می‌شود کارگران سال‌های متمادی در معرض بیماری‌های گوناگون باشند. از طرفی با توجه به اینکه معدن‌کاری از دسته مشاغل سخت و زیان‌آور می‌باشد، لازم است که در این زمینه تلاش جدی شود تا نسبت به سالم‌سازی و استانداردسازی نسبی این محیط‌های کاری اقدامی شود. مقادیر غلظت گاز رادون در این معدن از حد مجاز تعیین شده بالاتر است. میزان دوز سالانه دریافتی کارکنان در غار سبز، غار مسلم از حد مجاز بیشتر است. لذا جهت سلامت نیروی انسانی در آن معدن باید به راهکارها و پیشنهادات ارائه شده در این پژوهش توجه شود.

نتایج این مطالعه با نتایج تحقیق در معادن کشورهای مختلف مبنی بر متغیر بودن غلظت گاز رادون بین صفر تا ۷۰۰۰ بکرل بر متر کاملاً همخوانی دارد (۱۶ و ۱۷).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان غلظت رادون در این معدن مانند سایر معادن مطالعه شده در جهان ارتباط بسیار زیادی به محل ایستگاه اندازه‌گیری دارد (۲۰-۱۸).

نتیجه‌گیری

با توجه به رشد روزافزون انواع سرطان‌ها، شناخت عوامل پرتوزا در محیط کار از اهمیت به سزایی برخودار است. یکی از مهم‌ترین موارد ابتلا به سرطان مواد پرتوزا می‌باشند که به‌طور طبیعی و غیرطبیعی افراد در معرض دریافت پرتوهای ناشی از تابش این مواد هستند. از مکان‌های پرخطر پرتوگیری می‌توان به معادن اشاره نمود. به همین دلیل در این تحقیق سعی شد که غلظت گاز رادون و دوز دریافتی سالانه کارکنان در معدن فیروزه نیشابور در شرایط کاری واقعی اندازه‌گیری شود. یکی از مهم‌ترین اصول بحث آموزش معدن‌کاران بر اساس علوم و تجارب به روز جهانی است. برای حفاظت رادیولوژیکی آموزش معدن‌کاران، متناسب با فعالیت آن‌ها باید برنامه‌ریزی شود که این برنامه می‌تواند شامل آشنایی با خواص و خطرات مرتبط با رادون، روش‌های اندازه‌گیری غلظت رادون و دستورالعمل‌ها و حدود مجاز، اثرات سیگار کشیدن در میزان خطر پرتوگیری رادون، نحوه عملکرد سیستم تهویه، گزارش فوری از هر خرابی در سیستم تهویه و روش‌های کنترل و کاهش گرد و غبار پرتوزا در معادن و تأسیسات فرآوری باشد. برای کاهش غلظت گاز رادون و دوز دریافتی سالانه کارکنان در دو غار سبز و مسلم کاهش ساعت کاری، استفاده از تهویه مناسب، خودداری از تردد غیرضروری و تجهیز معدن‌کاران به وسایل حفاظت فردی مناسب در این دو مکان پیشنهاد می‌شود.

این مطالعه تحت حمایت مالی سازمانی نیست.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References:

1.Fisher EL, Neuberger JS, Platz CE, et al. Residential Radon Gas Exposure and Lung Cancer: the Iowa Radon Lung Cancer Study. Am J Epidemiol 2000; 151(11): 1091-102.

2.Farrokhzadeh H, Jafari N, Sadeghi M, et al. Estimation of Spatial Distribution of PM10, Lead, and Radon Concentrations in Sepahanshahr, Iran Using Geographic Information System (GIS). J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28(159): 84-96. (Persian)

3.Fişne A, Ökten G, Çelebi N. Radon Concentration Measurements in Bituminous Coal Mines. Radiat Prot Dosimetry 2005; 113(2): 173-7.

4.Rao KV, Reddy BL, Reddy PY, et al. Airborne Radon and Its Progeny Levels in the Coal Mines of Godavarikhani, Andhra Pradesh, India. J Radiol Prot 2001; 21(3): 259-68.

5.Anjos R, Umisedo N, Da Silva A, et al. Occupational Exposure to Radon and Natural Gamma Radiation in the La Carolina, a Former Gold Mine in San Luis Province, Argentina. J Environ Radioact 2010; 101(2): 153-8.

6.George AC. Measurement of the Uncombined Fraction of Radon Daughters with Wire Screens. Health Phys 1972; 23(3): 390-2.

7.Grosche B, Kreuzer M, Kreisheimer M, et al. Lung Cancer Risk among German Male

Uranium Miners: A Cohort Study, 1946–1998. Br J Cancer 2006; 95(9): 1280-7.
8.Brüske-Hohlfeld I, Rosario AS, Wölke G, et al. Lung Cancer Risk among Former Uranium Miners of the WISMUT Company in Germany. Health phys 2006; 90(3): 208-16.
9.Majdi M, Rafeemanesh E, Ehteshamfa SM, et al. Analyzing Occupational Lung Disease among Turquoise Miners. Iran Occup Health 2009; 6(2): 31-7. (Persian)
10.Garagian A, Lotfi F. Turquoise Archeology: Human, Stone And Color. Iran Anthropol Res 2014; 4(2): 105-24. (Persian)
11.Alizade A, Kimiaie M, Mashkour M, et al. The Origins of State Organizations In Prehistoric Highland Fars, Southern Iran Excavations at Talle- E Bakun, In Oriental Institute Publications The oriental Institute of the University of Chicago, Illinois 2006; 128(1): 1-14.
12.UNSCEAR. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources. United Nations Publications, 2000, 666.
13.Mowlavi AA, Shahbahrami A, Binesh A. Dose Evaluation and Measurement of Radon Concentration in some Drinking Water Sources of the Ramsar Region in Iran. Isotopes Environ Health Stud 2009; 45(3): 269-72.
14.Mowlavi AA, Mohammad Jafari F. The Estimated Annual Effective Dose Caused By Radon and Thoron Gases in the Vicinity of Active Faults in the North East of Iran. Iran South Med J 2017; 20(1): 70-6. (Persian)
15.Hadad K, Mokhtari J. Indoor Radon Variations in Central Iran and Its Geostatistical Map. Atmos Environ 2015; 102: 220-7.
16.Cile S, Altınsoy N, Çelebi N. Radon Concentrations in Three Underground Lignite Mines in Turkey. Radiat Prot Dosimetry 2010; 138(1): 78-82.
17.Veiga LH, Melo V, Koifman S, et al. High Radon Exposure in a Brazilian Underground Coal Mine. J Radiol Prot 2004; 24(3): 295-305.
18.Tresnjo Z, Adrovic J, Hankic E. Levels of Radon Activity Concentration and Gamma Dose Rate in Air of Coal Mines in Bosnia and Herzegovina. Radon, 2017.
19.Margineanu RM. Radon Measurements in Underground Mines and CavesFrom Several European Countries. AIP Conf Proc 2019; 2076(1): 050004.
20.Schmid K, Kuwert T, Drexler H. Radon in Indoor Spaces: An Underestimated Risk Factor for Lung Cancer in Environmental Medicine. Dtsch Arztebl Int 2010; 107(11): 181-6.

Original Article

Concentration and Annual Effective Dose of Radon in the Neyshabur Turquoise Mine

F. Mohammad Jafari (PhD)[1*], H. Kardani (PhD)[1], J. Bahmani (PhD)[1**]

[1] Department of Physics, School of Basic Sciences, University of Payam Noor, Tehran

(Received 13 Dec, 2018 Accepted 3 Nov, 2019)

Abstract

Background: Radon is one of the most common radioactive substances in underground mines which can enter the lungs and cause diseases. The purpose of this research is to measure the concentration of radon and the annual dose absorbed by miners at Sabz, Moslem, and Kamari caves in Neyshabur turquoise mine. The results are compared with standard permissible limits and can play a significant role in preventing risk of diseases in mone workers.

Materials and Methods: The concentration of radon in the Neyshabur turquoise mine was measured at the depth of 250 m from the earth surface using the RTM1688 device. The obtained values were used to caculate the annual effective dose of radon absorbed by miners.

Results: The results show that the concentration of radon was 5039.33, 678.46, and 3277 $Bq.m^{-3}$ respectively at three locations of Sabz, Moslem, and Kamari caves with mean annual effective doses in miners as 41.07, 38.78 and 26. 70 mSv per year, respectively.

Conclusion: The measured concentration values are higher than the maximum permissible limit in three locations of the Neyshabur turquoise mine, and the mean annual effective dose was higher than the permissible limit in Sabz and Moslem caves. In order to prevent morbidity, it is suggested that working time be reduced, miners' unnecessary traffic be avoided in high-dose locations, and high-efficiency ventilation be used.

Keywords: Radon, dose, radioctive, mine, cancer, Neyshabur

©Iran South Med J.All right sreserved

Cite this article as: MohammadJafari F, Kardani H, Bahmani J. Concentration and Annual Effective Dose of Radon in the Neyshabur Turquoise Mine. Iran South Med J 2020; 23(1): 48-55

Copyright © 2020, MohammadJafari et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

[**]*Address for correspondence*: Department of Physics, School of Basic Sciences, University of Payam Noor, Tehran. Email: Bahmanix22@yahoo.com
*ORCID: 0000-0003-4107-827x
**ORCID: 0000-0001-7334-243x