دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال هجدهم، شماره ۵، صفحه ۹۶۹ – ۹۶۰ (آذر و دی ۱۳۹۴)

ISMJ 2015;18(5): 960-969

تخمین دوز سالیانه گاز رادون جذب شده ساکنان شهرستان‌های انار و رفسنجان بر پایه اندازه‌گیری غلظت رادون محلول در آب

احمد اسدی محمدآبادی [۱*]، مجتبی رحیمی [۲]، لیلا جباری‌کوپایی [۳]

[۱] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
[۲] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
[۳] گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

(دریافت مقاله: ۹۳/۴/۲۲- پذیرش مقاله: ۹۳/۸/۶)

چکیده

زمینه: گاز رادون از مهم‌ترین منابع رادیواکتیو طبیعی در معرض تماس انسان است که مواجهه با آن عوارض عمده‌ای از جمله سرطان ریه و معده به همراه دارد که هدف از این مطالعه، تعیین دوز مؤثر جذب شده سالانه گاز رادون ساکنان شهرستان‌های رفسنجان و انار بود

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی بوده و بر روی ۳۶ منبع آب شرب و کشاورزی شهرستان رفسنجان که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند انجام گردیده بود. غلظت گاز رادون محلول در آب و دوز جذبی سالانه رادون بزرگسالان و کودکان توسط آشکارساز الکترونیکی رادون ***RAD7*** اندازه‌گیری شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار **SPSS** ویرایش ۱۹ تحلیل آماری شد.

یافته‌ها: حداقل و حداکثر مقادیر غلظت گاز رادون منابع آب شرب ۰/۳۲±۰/۱۲ و ۱۳/۹۰±۲/۴۵ بکرل بر لیتر و آب کشاورزی ۳/۶۸±۱/۲۵ و ۲۴/۵۱±۳/۸۷ بکرل بر لیتر بود. بنابراین، مقادیر دوز جذبی سالیانه رادون بزرگسالان و کودکان، ناشی از مصرف آب شرب به ترتیب بین ۳/۱۶±۱/۱۷ و ۱۳۶/۲۲±۲۴/۰۱ میکروسیورت بر سال و ۴/۳۳±۱/۶۱ و ۱۸۶/۹۵±۳۲/۹۵ میکروسیورت بر سال و آب کشاورزی ۳۶/۰۶±۱۲/۲۵ و ۲۴۰/۲۰±۳۷/۹۳ میکروسیورت بر سال و ۴۹/۴۹±۱۶/۸۱ و۳۲۹/۶۶±۵۲/۰۵ میکروسیورت بر سال می‌باشند. با بررسی دقیق توسط آزمون t تک نمونه‌ای نتیجه می‌گیریم که مقدار دوز جذبی سالیانه کودکان و بزرگسالان از آب کشاورزی به طور معنی‌داری از حد استاندارد بالا می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مقدار غلظت گاز رادون محلول در آب منطقه نسبتاً بالا بود که می‌توان با آزادسازی و کاهش سطح گاز رادون آب‌های مصرفی از طرق مختلف و همچنین اطلاع رسانی و آگاه‌بخشی مردم نسبت به خطرات این گاز تا حد زیادی پرتوگیری طبیعی افراد را کاهش داد.

واژگان کلیدی: گاز رادون، دوز جذب شده، منابع آب، رفسنجان، انار، آشکارساز ***RAD7***

[*] رفسنجان، ابتدای بزرگراه ولایت، دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم، گروه فیزیک

E-mail: asady_esf@yahoo.com

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

مقدمه

یکی از منابع مهم پرتوگیری انسان از منابع طبیعی، پرتوگیری از گاز رادون (^{222}Rn) و دختران آن می‌باشد. برای این گاز تاکنون تعداد ۲۰ ایزوتوپ شناخته شده است. پایدارترین و فراوان‌ترین ایزوتوپ گاز رادون، رادون ^{222}Rn می‌باشد که نیمه عمر آن حدود ۳/۸۳ روز است (۳-۱).

بر اساس اطلاعات منتشر شده توسط کمیته علمی اثرات تابش اتمی ایالات متحده،[1] استنشاق گاز رادون و دختران آن مهم‌ترین فاکتور در پرتوگیری انسان از منابع رادیواکتیو طبیعی می‌باشند (۴). در زنجیره واپاشی تعداد ذرات آلفای تولید شده زیاد است. این ذرات به علت برد چند نانومتر در بافت موجودات زنده و انرژی زیادشان قادر خواهند بود سلول‌های بافت مورد نظر را نابود کرده و باعث سرطان گردند (۵ و ۶).

مهم‌ترین منبع تولید گاز رادون، اورانیوم موجود در خاک و سنگ می‌باشد. بخشی از گاز رادون تولید شده در اعماق زمین مستقیماً وارد هوا می‌گردد و بخش دیگری از آن می‌تواند وارد سفره آب‌های زیرزمینی شود. گاز رادون حل شده در آب، از دو طریق آشامیدن آب و استنشاق گاز رادون آزاد شده از آن در هوا، وارد بدن می‌گردد. استنشاق این گاز معمولاً در محیط‌های بسته از جمله حمام، دستشویی می‌تواند مشکل‌ساز باشد. بنابراین، گاز رادون محلول در آب می‌تواند وارد فضای بسته خانه گردد و نهایتاً از طریق تنفس وارد ریه شود و به میزان کمتری از طریق حل شدن در خون به دیگر ارگان‌های بدن منتقل شود. این گاز درون شش‌ها و ریه، ذرات آلفا از خود ساطع می‌کند. این ذرات به سلول‌های ریه و شش‌ها چسبیده و باعث تخریب آن‌ها می‌شود. بنابر گزارش سازمان بهداشت جهانی[2]، گاز رادون دومین عامل سرطان ریه پس از سیگار است. سایر علائم مسمومیت رادون شامل سرفه مداوم، تنفس مشکل، درد قفسه سینه، سرفه خونی، خشونت صدا و عفونت‌های تنفسی حادی مزمن از جمله ذات‌الریه یا برونشیت می‌باشند. از سوی دیگر آشامیدن آب حاوی گاز رادون باعث می‌گردد تا گاز رادون عمدتاً در ناحیه معده تجمع یابد و از طریق ساطع کردن ذرات آلفا باعث آسیب بافت‌های مختلف در این ناحیه شود (۱۰-۷).

تحقیقات نشان می‌دهند که تحت شرایط طبیعی بیش از ۷۰ درصد از دوز رادیواکتیو سالانه جذب شده توسط اندام‌های مختلف بدن ناشی از چشمه‌های طبیعی تشعشعات یونیزه‌کننده می‌باشد که از این مقدار حدود ۵۴ درصد ناشی از پرتوگیری گاز رادون و دختران آن می‌باشند که عمدتاً از راه تنفس و یا آشامیدن آب وارد بدن می‌گردد. غلظت گاز رادون در آب‌های زیرزمینی از ۱ تا ۱۰۰ بکرل بر لیتر متغیر می‌باشد. بنابر اعلام سازمان بهداشت جهانی، حد مجاز پیشنهادی سطح دوز مؤثر ناشی از مصرف آب آشامیدنی در حدود ۱۰۰ میکروسیورت بر سال می‌باشد که شامل دوز ناشی از ^{3}H، ^{4}K، ^{222}Rn و دختران آن می‌باشد. از طرفی بنابر اعلام کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشع[3]، حد مجاز دوز مؤثر ناشی از گاز رادون چه به‌صورت محلول در آب و چه به صورت گاز موجود در هوا ناشی از منابع مختلف از قبیل مصالح ساختمانی،

[1] United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiations

[2] World Health Organization
[3] International Commission on Radiological Protection

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

گاز رادون خارج شده از سطح زمین و دیگر منابع ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میکروسیورت بر سال می‌باشد (۲، ۱۱ و ۱۲).

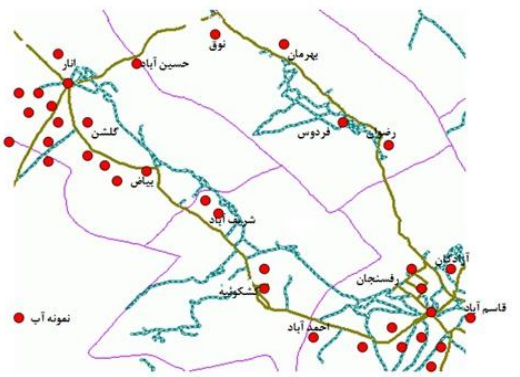
در مطالعات انجام گرفته در ایران، هاشمی و همکاران به دنبال اندازه‌گیری پیوسته غلظت گاز رادون چشمه آب گرم جوشان سیرچ در مدت زمان ۲۴ ساعته مقدار متوسط ۳±۶۰ میکروسیورت بر سال را برای دوز جذبی سالیانه استنشاق گاز رادون به دست آوردند (۱۳). همچنین در مطالعه‌ای که اخیراً در کشور هند توسط دوگال (Duggal) و همکاران بر روی آب ۶۵ روستا توسط دستگاه RAD7 انجام گردیده است، مقادیر ۸/۸۲ و ۴۹/۹۸ میکروسیورت بر سال برای دوز جذبی سالیانه بزرگسالان به دست آمده است (۱۴). همچنین، کوزلووسکا (Kozlowska) و همکاران در لهستان نیز مقادیر دوز جذبی در محدوده ۳ و ۱۱۰۰ میکروسیورت بر سال را در اندازه‌گیری آب چاه و چشمه به دست آورده‌اند (۱۵).

با توجه به تأثیر مستقیم و مخرب غلظت بالای گاز رادون بر روی سلامتی افراد و عدم آگاهی آنان از این مسئله، اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در محیط از اهمیت خاصی در بهداشت و سلامت جامعه برخوردار است. هدف از این مطالعه تخمین دوز مؤثر جذب شده سالیانه ساکنان شهرستان‌های رفسنجان و انار و ارائه پیشنهادات و راهکارهایی جهت کاهش آن بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه، یک کار تجربی بوده که در فاصله بین سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام گرفته است. بنابر آمار سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران، شهرستان رفسنجان دارای جمعیتی در حدود ۲۹۰۰۰۰ نفر می‌باشد که ۴۵ درصد از جمعیت شهرستان در مناطق روستایی زندگی می‌کنند (۱۶). آب شرب شهرستان رفسنجان از سفره‌های زیرزمینی بردسیر و رفسنجان تأمین می‌گردد. شهرستان انار نیز دارای جمعیتی بیش از ۳۵۰۰۰ نفر می‌باشد که آب شرب آن از ۴ چاه حفاری شده (چاه محلی) در دشت انار واقع در غرب و در نزدیکی جاده بندرعباس تأمین می‌شود. عمق متوسط این چاه‌ها ۲۰۰ متر و متوسط دبی آن‌ها ۲۵ لیتر در ثانیه می‌باشد.

بر اساس تعداد و نحوه توزیع چاه‌های آب منطقه و همچنین وجود گسل‌های فعال و ساختار زمین‌شناسی منطقه، در این تحقیق منطقه مورد نظر به سه ناحیه (رفسنجان، انار و منطقه فی‌مابین) تقسیم گردید و از هر ناحیه به صورت مدل تصادفی ساده نمونه‌برداری شد و در مجموع تعداد ۳۶ منبع آب شرب و کشاورزی به طور مساوی از این نواحی انتخاب گردیدند. (شکل ۱).



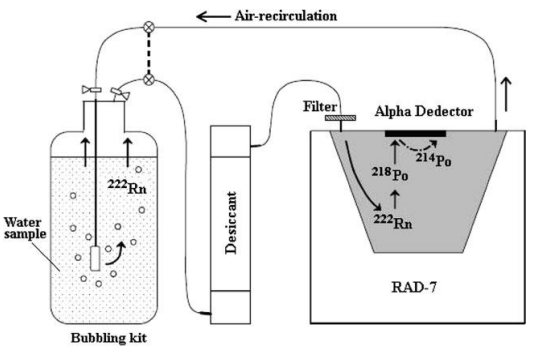
شکل ۱) مکان تقریبی چاه‌های مورد تحقیق

برای اندازه‌گیری غلظت گاز رادون محلول در آب از آشکارساز الکترونیکی رادون RAD7 ساخت شرکت DURRIGE و بر اساس دستورالعمل استاندارد همراه

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

دستگاه استفاده شد (۱۷). برای اندازه‌گیری ابتدا به وسیله بطری شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری مخصوص دستگاه نمونه‌ی آب برداشته شده و برای اندازه‌گیری غلظت رادون محلول در آب به محل دستگاه منتقل می‌شد. پس از نمونه‌برداری و با استفاده از یک سیکل بسته، دستگاه در مدت زمان ۵ دقیقه در بطری حاوی آب، حباب‌سازی می‌نماید. در مدت زمان حباب‌سازی تقریباً ۹۴ درصد رادون از آب جدا می‌شود. بعد از ۵ دقیقه پمپ خاموش می‌شود و دستگاه به مدت زمان ۵ دقیقه برای رسیدن به حالت تعادل منتظر می‌ماند. بعد از رسیدن به حالت تعادل میان آب، هوا و دختران رادون چسبیده به آشکارساز سیستم، اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در ۴ مرحله ۵ دقیقه‌ای شروع می‌شود (شکل ۲).



(الف)

(ب)

شکل ۲) الف) شماتیک سیکل اندازه‌گیری گاز رادون محلول در آب (۱۸) و ب) چیدمان اندازه‌گیری در آزمایشگاه توسط دستگاه RAD7 (۱۹ و ۲۰).

در مدت زمان اندازه‌گیری، گاز ^{222}Rn درون اتاقک واپاشی کرده و ذرات آلفا تولید می‌شوند. سپس آشکارساز، هر ذره آلفا را با توجه به انرژی مربوط به آن ثبت می‌کند و از روی تعداد ذرات ثبت شده غلظت رادون را مشخص می‌نماید (۱۷).

یافته‌ها

نتایج غلظت گاز رادون محلول در آب نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر حسب بکرل بر لیتر (Bq/lit) در جدول ۱ آورده شده‌اند. همچنین مقدار دوز مؤثر سالانه ناشی از آشامیدن را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود (۱۱ و ۲۱).

$$E=K.C.KM.t$$

که E مقدار دوز مؤثر سالانه ناشی از آشامیدن آب بر حسب سیورت بر سال می‌باشد. در این رابطه K فاکتور تبدیل دوز آشامیدنی ^{222}Rn ($۱۰^{-۸}$ سیورت بر سال برای بزرگسالان بیشتر از ۱۰ سال و ۲×۱۰^{-۸} سیورت بر سال برای کودکان زیر ۱۰ سال)، C غلظت گاز رادون بر حسب بکرل بر لیتر، KM میزان مصرف آب (متوسط ۲ لیتر بر روز برای بزرگسالان و ۱/۵ لیتر برای کودکان) و t زمان مصرف در کل سال یعنی ۳۶۵ روز می‌باشد. همچنین دوز مؤثر سالانه ناشی از استنشاق گاز رادون آزاد شده از آب را می‌توان با در نظر گرفتن: الف- زمان حضور هر فرد در خانه: حدود ۷۰۰۰ ساعت در سال، ب- نسبت گاز رادون در هوا به گاز رادون محلول در آب خانگی: در حدود ۴ به ۱۰، ج- فاکتور تعادل بین گاز رادون و دختران آن :۰/۴ د- فاکتور تبدیل در معرض قرار گرفتن رادون: $9nSv/Bqhm^3$ به دست آورد که این مقدار برای غلظت ۱۰ بکرل بر لیتر در آب خانگی حدود ۲/۵

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

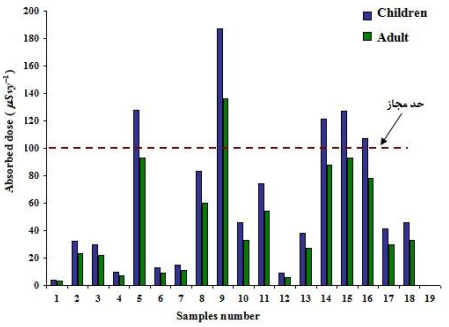
[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

میکروسیورت بر سال می‌باشد. نتایج این محاسبات نیز بر حسب میکروسیورت بر سال در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱) غلظت گاز رادون محلول در آب نمونه‌های خانگی و کشاورزی و مقدار متوسط سالانه دوز جذبی ناشی از آشامیدن و استنشاق گاز رادون در کودکان و بزرگسالان

شماره نمونه آب خانگی	غلظت (Bq/lit)	مقدار متوسط سالانه دز جذبی ناشی از آشامیدن و استنشاق (*μsv/year*)		شماره نمونه آب کشاورزی	غلظت (Bq/lit)	مقدار متوسط سالانه دز جذبی ناشی از آشامیدن و استنشاق (*μsv/year*)	
		کودکان	بزرگسالان			کودکان	بزرگسالان
۱	۰/۳۲ ± ۰/۱۲	۴/۳۳ ± ۱/۶۱	۳/۱۶ ± ۱/۱۷	۱	۱۱/۰۵ ± ۲/۱۵	۱۴۸/۶۱ ± ۲۸/۹۲	۱۰۸/۲۸ ± ۲۱/۰۷
۲	۲/۳۵ ± ۰/۹۱	۳۱/۶۰ ± ۱۲/۲۴	۲۳/۰۲ ± ۸/۹۲	۲	۴/۰۷ ± ۱/۴۸	۵۴/۸۲ ± ۱۹/۹۰	۳۹/۹۴ ± ۱۴/۵۰
۳	۲/۲۱ ± ۰/۸۷	۲۹/۷۲ ± ۱۱/۷۰	۲۱/۶۵ ± ۸/۵۳	۳	۱۱/۰۹ ± ۲/۱۸	۱۴۹/۲۶ ± ۲۹/۳۲	۱۰۷/۸۹ ± ۲۱/۳۶
۴	۰/۷۳ ± ۰/۳۱	۹/۹۱ ± ۴/۱۷	۷/۲۲ ± ۳/۰۴	۴	۱۵/۶۵ ± ۲/۹۳	۲۱۰/۴۹ ± ۳۹/۴۱	۱۵۳/۳۷ ± ۲۸/۷۱
۵	۹/۴۶ ± ۲/۲۳	۱۲۷/۵۴ ± ۲۹/۹۹	۹۳/۰۱ ± ۲۱/۸۵	۵	۱۷/۸۵ ± ۳/۰۵	۲۴۰/۰۸ ± ۴۱/۰۲	۱۷۴/۹۳ ± ۲۹/۸۹
۶	۰/۹۶ ± ۰/۴۵	۱۲/۹۹ ± ۶/۰۵	۹/۴۷ ± ۴/۴۱	۶	۱۴/۳۸ ± ۲/۷۳	۱۹۳/۴۱ ± ۳۶/۷۲	۱۵۰/۸۹ ± ۲۶/۷۵
۷	۱/۱۳ ± ۰/۸۵	۱۵/۲۵ ± ۱۱/۴۳	۱۱/۱۱ ± ۸/۳۳	۷	۱۹/۸۹ ± ۳/۲۰	۲۶۷/۵۲ ± ۴۳/۰۴	۱۹۴/۹۲ ± ۳۱/۳۶
۸	۶/۱۶ ± ۱/۵۶	۸۲/۸۵ ± ۲۰/۹۸	۶۰/۳۶ ± ۱۵/۲۸	۸	۲۱/۸۲ ± ۳/۴۵	۲۹۳/۴۷ ± ۴۶/۴۰	۲۱۳/۸۳ ± ۳۳/۸۱
۹	۱۳/۹۰ ± ۲/۴۵	۱۸۶/۹۵ ± ۳۲/۹۵	۱۳۶/۲۲ ± ۲۴/۰۱	۹	۲۴/۵۱ ± ۳/۸۷	۳۲۹/۶۶ ± ۵۲/۰۵	۲۴۰/۲۰ ± ۳۷/۹۳
۱۰	۳/۴۰ ± ۱/۱۱	۴۵/۷۳ ± ۱۴/۹۳	۳۳/۳۲ ± ۱۰/۸۸	۱۰	۲۲/۳۶ ± ۳/۵۵	۳۰۰/۷۴ ± ۴۷/۷۵	۲۱۹/۱۲ ± ۳۴/۷۹
۱۱	۵/۵۱ ± ۱/۶۸	۷۴/۱۰ ± ۲۲/۵۹	۵۳/۹۹ ± ۱۶/۴۶	۱۱	۲۱/۰۸ ± ۳/۲۸	۲۸۳/۵۲ ± ۴۴/۱۱	۲۰۶/۵۸ ± ۳۲/۱۴
۱۲	۰/۶۴ ± ۰/۶۷	۸/۶۷ ± ۹/۰۱	۶/۳۱ ± ۶/۵۷	۱۲	۹/۹۵ ± ۲/۱۲	۱۳۳/۸۳ ± ۲۸/۵۱	۹۷/۵۱ ± ۲۰/۷۷
۱۳	۲/۸۰ ± ۱/۰۵	۳۷/۶۶ ± ۱۴/۱۲	۲۷/۴۴ ± ۱۰/۲۹	۱۳	۱۶/۱۲ ± ۲/۹۷	۲۱۶/۸۱ ± ۳۹/۹۵	۱۵۷/۹۷ ± ۲۹/۱۱
۱۴	۸/۹۷ ± ۱/۹۷	۱۲۰/۶۴ ± ۲۶/۵۰	۸۷/۹۰ ± ۱۹/۳۱	۱۴	۱۸/۹۱ ± ۳/۱۵	۲۵۴/۳۴ ± ۴۲/۳۷	۱۸۵/۳۲ ± ۳۰/۸۷
۱۵	۹/۴۶ ± ۲/۰۵	۱۲۷/۲۳ ± ۲۷/۵۷	۹۲/۷۰ ± ۲۰/۰۹	۱۵	۱۳/۱۱ ± ۲/۲۱	۱۷۶/۳۳ ± ۲۹/۷۲	۱۲۸/۴۸ ± ۲۱/۶۶
۱۶	۷/۹۹ ± ۱/۷۸	۱۰۷/۴۶ ± ۲۳/۹۴	۷۸/۲۹ ± ۱۷/۴۴	۱۶	۳/۶۸ ± ۱/۲۵	۴۹/۴۹ ± ۱۶/۸۱	۳۶/۰۶ ± ۱۲/۲۵
۱۷	۳/۰۸ ± ۱/۰۳	۴۱/۴۲ ± ۱۳/۸۵	۳۰/۱۸ ± ۱۰/۰۹	۱۷	۸/۶۹ ± ۱/۸۷	۱۱۶/۸۷ ± ۲۵/۱۵	۸۵/۱۵ ± ۱۸/۳۳
۱۸	۳/۴۰ ± ۱/۱۱	۴۵/۷۳ ± ۱۴/۹۳	۳۳/۳۲ ± ۱۰/۸۸	۱۸	۵/۸۷ ± ۱/۷۰	۷۸/۹۴ ± ۲۲/۸۶	۵۷/۵۲ ± ۱۶/۶۶

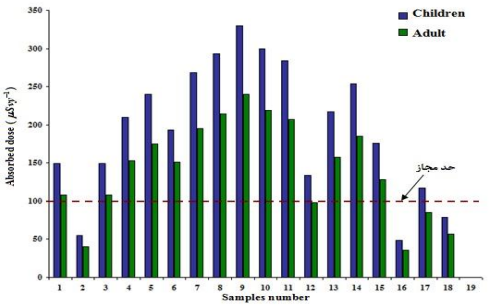
در شکل‌های ۳ و ۴، مقادیر دوز جذب‌شده سالانه گاز رادون بزرگسالان و کودکان در صورت استفاده مداوم از آب چاه‌های تأمین آب شرب و کشاورزی آورده شده‌اند. همچنین در شکل‌های ۵ و ۶، منحنی‌های درصد فراوانی نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر حسب مقادیر دوز جذب شده سالانه برای بزرگسالان و کودکان ناشی از استفاده مداوم از آب چاه‌های آب آشامیدنی و کشاورزی آورده شده‌اند.



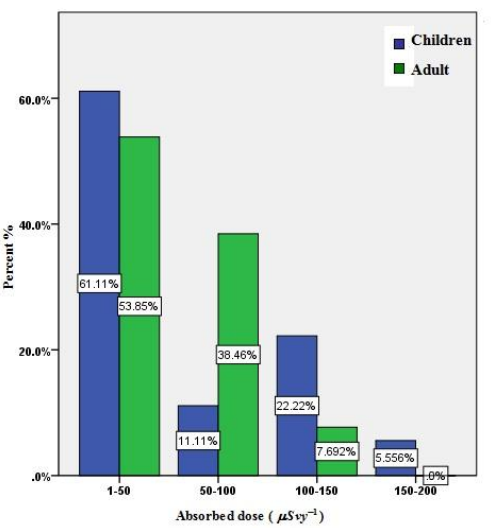
شکل ۳) مقادیر دوز جذب‌شده سالانه گاز رادون بزرگسالان و کودکان ناشی از استفاده مداوم از آب منابع آب شرب.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

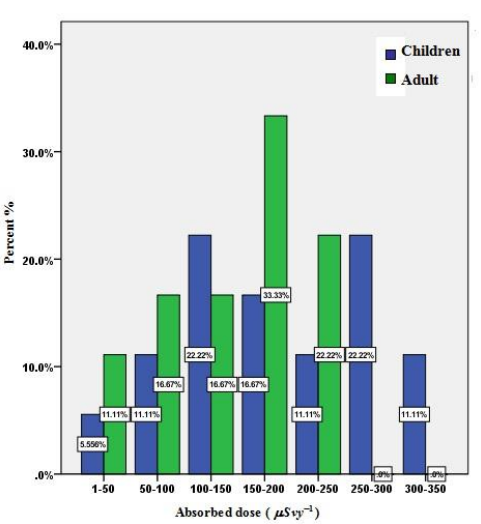
[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]



شکل ۴) مقادیر دوز جذب‌شده سالانه گاز رادون بزرگسالان و کودکان ناشی از استفاده مداوم از آب چاه‌های آب کشاورزی



شکل ۵) منحنی درصد فراوانی نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر حسب مقادیر دوز جذب‌شده سالانه برای بزرگسالان و کودکان ناشی از استفاده مداوم از آب منابع آب شرب



شکل ۶) منحنی درصد فراوانی نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر حسب مقادیر دوز جذب‌شده سالانه برای بزرگسالان و کودکان ناشی از استفاده مداوم از آب چاه‌های کشاورزی

با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۱ و شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ می‌توان گفت غلظت گاز رادون محلول در آب بعضی از منابع آب شرب و اکثر چاه‌های آب کشاورزی بیش از حد مجاز ۱۱بکرل بر لیتر که مورد قبول سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده[۴] است، می‌باشد (۲۲). افرادی که مستقیماً از این منابع آبی با غلظت بیشتر از حد مجاز استفاده می‌کنند، دوز سالانه گاز رادون بیشتر از حد مجاز ۱۰۰ میکروسیورت بر سال که مورد تأیید سازمان بهداشت جهانی است جذب می‌نمایند و این موضوع می‌تواند احتمال ابتلا به سرطان ریه و معده را به شدت افزایش دهد. از جدول ۱ مشخص است که مقادیر غلظت گاز رادون منابع تأمین آب شرب بین ۳/۶۸±۰/۱۲ و ۱۳/۹۰±۲/۴۵ بکرل بر لیتر و مقادیر غلظت گاز رادون چاه‌های آب کشاورزی بین ۳/۶۸±۱/۲۵ و ۲۴/۵۱±۳/۸۷ بکرل بر لیتر می‌باشند. بنابراین مقادیر دوز جذبی سالیانه گاز رادون بزرگسالان ناشی از مصرف مستقیم و دائم آب شرب و آب چاه‌های کشاورزی به ترتیب بین ۳/۱۶±۱/۱۷ و ۱۳۶/۲۲±۲۴/۰۱ میکروسیورت بر سال و ۳۶/۰۶±۱۲/۲۵ و ۲۴۰/۲۰±۳۷/۹۳ میکروسیورت بر سال می‌باشند. همچنین مقادیر دوز جذبی سالیانه کودکان ناشی از مصرف آب خانگی و آب کشاورزی به ترتیب بین ۴/۳۳±۱/۶۱ و ۱۸۶/۹۵±۳۲/۹۵ میکروسیورت بر سال و ۴۹/۴۹±۱۶/۸۱ و ۳۲۹/۶۶±۵۲/۰۵ میکروسیورت بر سال می‌باشند. شکل ۵ به وضوح نشان می‌دهد که بیش از ۷ درصد از بزرگسالان و نزدیک ۲۸ درصد از کودکانی که مستقیماً از منابع آب شرب به طور دائم استفاده می‌کنند، در معرض خطر جدی قرار دارند. شکل ۶ نیز به وضوح

[4] Environmental Protection Agency

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

نشان می‌دهد که میزان پرتوگیری بیش از ۷۲ درصد بزرگسالان و ۸۳ درصد کودکانی که به طور دائم و مستقیم از آب چاه کشاورزی استفاده می‌کنند بالاتر از حد مجاز است. البته باید گفته شود که استعمال آب چاه‌های کشاورزی توسط کودکان بسیار ناچیز است چرا که افراد شاغل در مزارع و زمین‌های کشاورزی غالباً بزرگسال هستند. برای بررسی دقیق‌تر، آزمون t تک نمونه‌ای به طور جداگانه برای بزرگسالان و کودکان از دو منبع آب شرب و کشاورزی انجام شد که مقادیر آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۲) نتایج آزمون t

	کودکان		بزرگسالان	
	آب شرب خانگی	آب کشاورزی	آب شرب خانگی	آب کشاورزی
مقدار معنی‌داری (p)	۰/۹۹۶۵	۰	۱	۰/۰۰۵۵
آماره آزمون (t)	-۳/۰۸۷	۴/۶۲۹	-۶/۰۸۳	۲/۸۳۳

با توجه به نتایج آماری در جدول۲، مشاهده می‌گردد که مقدار دوز جذبی سالیانه کودکان و بزرگسالان از آب کشاورزی به طور معنی‌داری از حد استاندارد بالا می‌باشد ($p<۰/۰۵$)، در صورتی‌که مقدار دوز جذبی سالیانه کودکان و بزرگسالان که از منابع آب شرب خانگی استفاده می‌کنند از حد استاندارد بالاتر نمی‌باشد ($p>۰/۰۵$).

بحث

در این تحقیق، حداقل و حداکثر مقادیر دوز جذبی سالیانه گاز رادون بزرگسالان و کودکان ناشی از مصرف مستقیم و دائم آب شرب و آب چاه‌های کشاورزی به ترتیب ۱/۱۷±۳/۱۶ و ۵۲/۰۵±۳۲۹/۶۶ می‌باشد. البته این محدوده در فصول دیگر و همچنین تحت شرایط محیطی دیگر می‌تواند تا حدودی تغییر نماید. نتایج به دست آمده در ایران و در سایر نقاط دنیا نشان می‌دهد که مقادیر دوز جذبی سالیانه گاز رادون محلول در آب از چند میلی سیورت بر سال تا بیش از ۱۰۰۰ میلی‌سیورت بر سال متغیر است که با نتایج ما همخوانی دارد (۱۴، ۱۵ و ۲۳). هاشمی و همکاران (۱۳)، دوگال و همکاران (۱۴) و کوزلووسکا و همکاران (۱۵) نیز مقادیری در همین محدوده برای دوز جذبی سالیانه به دست آورده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد افرادی که به طور دائم و مستقیم از آب چاه کشاورزی استفاده می‌کنند بیشتر از افرادی که از منابع آب شرب به طور دائم استفاده می‌کنند در معرض خطر جدی قرار دارند. اما خوشبختانه احتمال این‌که فردی به طور مستمر و بلافاصله بعد از بیرون آمدن آب از اعماق زمین از طریق این چاه‌ها، از این آب استفاده نماید کم می‌باشد. زیرا معمولاً سطح کیفی این آب‌ها به دلیل شوری، تلخی، وجود املاح و غیره برای آشامیدن پایین است و فرد در صورت اجبار از این آب می‌نوشد. بدیهی است اگر کیفیت آب خارج شده از زمین از طریق چاه‌ها مناسب باشد، استعمال این آب به طور مستمر می‌تواند پیامدهای خطرناکی در منطقه به همراه داشته باشد که خوشبختانه در منطقه مورد مطالعه اینگونه نیست.

نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه نشان می‌دهند که برای رفع مشکل گاز رادون و کاهش خطرات آن باید تمهیدات جدی توسط سازمان‌های ذیربط اندیشیده شود که مردم هیچ منطقه‌ای (خصوصاً افراد ساکن در روستا و عشایر)، بلافاصله بعد از پمپاژ آب از چاه، جهت آشامیدن و مصارف خانگی استفاده ننمایند. در واقع برای حل این معضل، قبل از مصرف باید آب در منابع

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]
[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

استانداردی ذخیره و هوادهی گردد تا گاز رادون آن آزاد شود. لازم به ذکر است که تنها راه اطمینان از مقدار مجاز غلظت گاز رادون، اندازه‌گیری می‌باشد. در کنار این امر، اطلاع رسانی و آگاه‌بخشی مردم نسبت به خطرات گاز رادون نیز می‌تواند تا حد زیادی پرتوگیری طبیعی مردم را کاهش دهد.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم همکاری برخی از ساکنان مناطق جهت نمونه‌برداری، عدم دسترسی آسان و استفاده از دستگاه RAD7 و مهم‌تر از همه عدم تکرار نمونه‌برداری در فصول دیگر و یا چند نمونه‌برداری در یک فصل در زمان‌های دیگر، اشاره نمود که امید است در تحقیقات آتی انجام بگیرد.

سپاس و قدردانی

محققین از ساکنین و کشاورزان منطقه مورد تحقیق که در انجام این پژوهش نهایت همکاری را داشته‌اند قدردانی و تشکر می‌نمایند.

References:

1.Beir V. Health effects of exposure to radon. Committee on health risks of exposure to radon, Board on radiation effects research, Commission on life sciences, National Research Council 1999.

2.International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP, 2007; 37.

3.Mortazavi SMJ, Ghiassi-Nejad M, Karam PA, et al. Cancer incidence in areas with elevated levels of natural radiation. Int J Low Radiat 2006; 2: 20-7.

4.UNSCEAR; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations. The General Assembly with Scientific Annex. New York: United Nation Publication 2008.

5.Rahimi M, Asadi A. Significance of Information and measurement of radon concentration in the environment and investigate ways of reducing the absorbed dose caused in Iran. 16th National Conference on Environmental Health Iran. Tabriz University of Medical Sciences 2013. (Persian)

6.Chauhan V, Howland M, Mendenhall A, et al. Effects of alpha particle radiation on gene expression in human pulmonary epithelial cells. Int J Hyg Environ Health 2012; 215: 522-35.

7.World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva World Health Organization 2009.

8.Stidley CA, Samet JM. A review of ecological studies of lung cancer and indoor radon. Health Phys 1993; 65: 234-51.

9.Pisa FE, Barbone F, Betta A. Residential radon and risk of lung cancer in an Italian alpine area. Arch Environ Health 2001; 56: 208-15.

10.Auvinen A, Salonen L, Pekkanen J. Radon and Other Natural Radionuclides in Drinking Water and Risk of Stomach Cancer: A Case-Cohort Study in Finland. Int J Cancer 2005; 114: 109-13.

11.Subber ARH, Ali MA, AL-Asadi TM. The determination of radon exhalation rate from water using active and passive techniques. Pelagia Res 2011; 2: 336-46.

12.Nikolov J, Todorovic N, Forkapic I, et al. Radon in drinking water in Novi Sad. World Acad Sci Eng Technol 2011; 76: 307-10.

13.Hashemi SM, Negarestani A. Effective dose rate of radon gas in jooshan hot spring of Kerman province. J Kerman Univ Med Sci 2011; 18: 279-85. (Persian)

14.Duggal V, Mehra R, Rani A. Determination of 222Rn level in groundwater using a RAD7 detector in the Bathinda district of Punjab, India. Radiat Prot Dosimetry 2013; 156: 239-45.

15.Kozlowska B, Walencik A, Dorda J, et al. Radon in groundwater and dose estimation for inhabitants in Spas of the Sudety Mountain area, Poland. Appl Radiat Isot 2010; 68: 854-7.

16.Population and households in the cities of the

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

country. (Accessed November 6, 2013, at: http://www.amar.org.ir/Portals/2/jamiat_shahrestan_keshvar3.)
17.Al-Attiyah, Khalid HH, Inaam H. Kadhim. Measurement and study of radioactive radon gas concentrations in the selected samples of river Hilla/Iraq. J Nat Sci Res 2013; 14: 117-23.
18.Tabar E, Yakut H. Radon measurements in water samples from the thermal spring of Yalova basin, Turkey. J Radiat Nucl Chem 2014; 299: 311-9.
19.Asadi A, Shamsi AR, Rahimi M, et al. Investigation and measurement of radon gas concentration in the groundwater of Anar city and surrounding zones of Anar fault. The 17th Iranian's Nuclear Conference, Isfahan 2011. (Persian)
20.Asadi A, Rahimi M, Jabbari L. Statistical analysis of the effects of geological structure of Anar city on the concentration of radon gas dissolved in the agricultural wells and drinking water sources. The 19th Iranian's Nuclear Conference, Mashhad, 2013. (Persian)
21.Jobbagy V, Kavasi N, Somlai J. Radiochemical characterization of spring waters in Balaton Upland, Hungary, estimation of radiation dose to members of public. Microchem J 2010; 94: 159-65.
22.A Citizen's Guide to Radon - Environmental Protection Agency. (Accessed May 2012, at: www.epa.gov/radon)
23.Al-Khateeb HM, Al-Qudah AA, Alzoubi FY, et al. Radon concentration and radon effective dose rate in dwellings of some villages in the district of Ajloun, Jordan. Appl Radiat Isot 2012; 70: 1579-82.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]

ISMJ 2015; 18(5): 960-969

Original Article

The Estimation of Radon Gas Annual Absorbed Dose in Rafsanjan and Anar Residents Based on Measurement of Radon Concentration Dissolved in Water

A. Asadi Mohammad Abadi [1*], M. Rahimi [2], L. Jabbari koopaei [3]

[1] Department of Physics, Faculty of Science, Payam Noor University, Tehran, Iran

[2] Department of Physics, Faculty of Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

[3] Department of Statistics,Faculty of Mathematical Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

(Received 13 Jul, 2014 Accepted 28 Oct, 2014)

Abstract

Background: The most important natural radioactive resource to which people are exposed is Radon gas. Radon gas produced deep in the earth enters into underground waters and dissolves in them. The Radon gas in water supplied for home uses enters the body by either drinking water or inhaling Radon gas released into the air and causes stomach and lung cancers. The purpose of this study is determination of annual effective absorbed dose of Radon gas in Rafsanjan and Anar residents.

Material and Methods: This study is experimental and is done on 36 randomly selected resources of drinking and agricultural water in Rafsanjan. Measuring the concentration of Radon gas dissolved in water by the electronic detector RAD7 and statistical analysis of data, the annual absorbed dose of Radon gas by adults and children continually using water of these sources is estimated.

Results: The minimum and maximum amount of Radon gas concentration in drinking water are 0.32±0.12 Bq/lit and 13.90±2.45 Bq/lit while the minimum and maximum amount of Radon gas in agricultural resources of water are 3.68±1.25 Bq/lit and 24.51±3.87 Bq/lit, respectively. Therefore, the annual absorbed dose of Radon gas by adults and children using drinking water is between 3.16±1.17 µSv/year and 136.22±24.01 µSv/year and 4.33±1.61 µSv/year and 186.95±32.95 µSv/year, also it is between 36.06±12.25µSv/year and 240.20±37.93µSv/year and 49.49±16.81µSv/year and 329.66±52.05 µSv/year for those using agricultural water

Conclusion: it has been concluded that the amount of Radon gas dissolved in the water of this region is approximately high; however, different methods of releasing the existing Radon gas of drinking water along with informing people about the dangers of this gas can decrease the natural exposure caused by Radon gas.

Key words: Radon Gas, Absorbed dose, Water sources, Rafsanjan, Anar, RAD7 detector

*****Address for correspondence*: Department of Physics, Payam noor University, Tehran, IRAN; E-mail: asady_esf@yahoo.com

Website: http://bpums.ac.ir
Journal Address: http://ismj.bpums.ac.ir

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-09-14]

[DOI: 10.7508/ismj.1394.05.004]