# دز موثر دریافتی ناشی از رادن ۲۲۲ آب‌های بطری شده در گروه‌های مختلف سنی در شهر بندرعباس

**دکتر امیرحسین محوی [۱] دکتر عبدالحسین مدنی [۲] یدالله فخری [۳]**

[۱] استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران [۲] دانشیار گروه بهداشت عمومی، [۳] دانشجوی دکترای بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان

مجله طب پیشگیری سال اول شماره دوم زمستان ۹۳ صفحات ۵۳-۴۶

## چکیده

***مقدمه:*** *رادن۲۲۲ عنصر رادیو اکتیو طبیعی با نیمه عمر ۳/۸ روز، بی‌رنگ، بی بو و محلول در آب می‌باشد. مصرف آبهای حاوی غلظت بالای $^{222}Rn$، باعث افزایش دز مؤثر دریافتی در گروه های مختلف سنی و به دنبال آن افزایش شیوع سرطان معده می‌گردد.*

***روش ها:*** *در این مطالعه، ۷۲ نمونه از آبهای بطری شده پر مصرف شهر بندرعباس در طول سه ماه متوالی اردیبهشت، خرداد و تیر سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. غلظت $^{222}Rn$ رادن آبهای بطری شده توسط دستگاه رادن سنج مدل RTM166-2 اندازه‌گیری شد. همچنین دز مؤثر دریافتی گروه‌های سنی مردان و زنان بزرگسال، کودکان و اطفال نیز توسط معادله ارائه شده UNSCEAR محاسبه گردید.*

***نتایج:*** *میانگین و دامنه غلظت $^{222}Rn$ آبهای بطری شده به ترتیب ۹ ±۶۴۱ $Bq/m^3$ و ۹۰۱-۰ $Bq/m^3$ می‌باشد. ترتیب میانگین غلظت $^{222}Rn$ در نامهای تجاری؛ زمزم> بیشه>کوهرنگ>داسانی>کریستال>پلور>دماوند>سیوان می‌باشد. ترتیب دز مؤثر دریافتی در گروه های سنی مختلف؛ مردان بزرگسال> زنان بزرگسال> اطفال> کودکان می‌باشد.*

***نتیجه‌گیری:*** *دز موثر دریافتی سالانه ناشی از $^{222}Rn$ آبهای بطری شده در همه گروه‌های سنی پایین‌تر از حد استاندارد ۰/۱ mSv/y می‌باشد.*

***کلیدواژه‌ها:*** *رادن۲۲۲، دز مؤثر، گروه‌های سنی، آبهای بطری شده، شهر بندرعباس*

نویسنده مسئول:
یدالله فخری
مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
بندرعباس – ایران
تلفن: ۹۲۱۶۷۳۷۲۴۵ ۹۸+
پست الکترونیکی:
Ya.fakhri@gmail.com

دریافت مقاله: ۹۳/۷/۲۰ اصلاح نهایی: ۹۳/۹/۱ پذیرش مقاله: ۹۳/۹/۲۹

**مقدمه:**

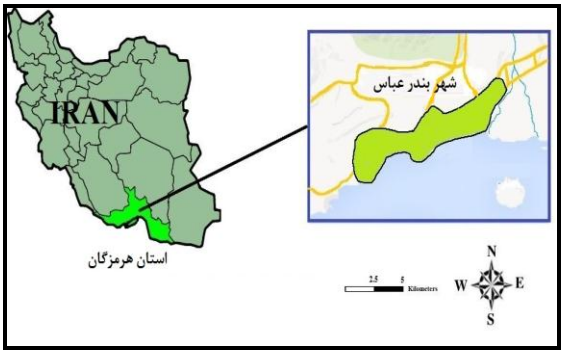
رادن ۲۲۲($^{222}Rn$) عنصر رادیواکتیو طبیعی با نیمه عمر ۳/۸ روز، بی‌رنگ و بی‌بو می‌باشد که با انتشار پرتو آلفا در هنگام واپاشی، می‌تواند در دراز مدت باعث بروز سرطان ریه، خون و معده در افراد شود (۱-۳). پرتو آلفا به دلیل قدرت یونیزاسیون بالا، از نظر پرتوگیری داخلی در درجه اول خطر نسبت به سایر پرتوها قرار دارد (٤). $^{222}Rn$ و دختران آن $^{214}Po$ و $^{218}Po$ از محصولات اصلی و نهایی واپاشی در زنجیره اورانیم ۲۳۵($^{235}U$) می‌باشند که می‌توانند از منابع مختلف مانند آبهای سطحی و زیرزمینی، خاک، سنگ‌های آذرین (گرانیت) و رسوبی منتشر شوند (٥،٦). در ایالات متحده آمریکا، $^{222}Rn$ را عامل دوم مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، بعد از دود سیگار می‌دانند (۷). هنگامی که فرد آب حاوی $^{222}Rn$ را مصرف می‌کند، پرتو آلفای منتشره در هنگام واپاشی آن، باعث آسیب به DNA سلول‌های داخلی معده می‌گردد. از طرفی می‌تواند از طریق نفوذ به دیواره معده وارد جریان خون و سپس در تمام بدن منتشر شود (۸). $^{222}Rn$ انحلال پذیری بالایی در آب دارد و با کاهش دمای آب، میزان انحلال پذیری آن نیز افزایش می‌یابد (٦). به دلیل تماس بیشتر آبهای زیرزمینی با سنگ های بستر آذرین (گرانیت) و بسترهای

رسوبی، غلظت مواد رادیواکتیو در این آبها می‌تواند بیشتر از آبهای سطحی باشد (٦، ٩-١١). همچنین غلظت $^{222}Rn$ در منابع آبهای زیرزمینی ۲ تا ۳ برابر بیشتر از سایر مواد رادیواکتیو می‌باشد (۱۲).. افراد به طور مداوم از طریق استنشاق هوا و خوردن آب آشامیدنی در معرض مواجهه داخلی یا خارجی با مواد رادیواکتیو به ویژه $^{222}Rn$ می‌باشند (۱۳،۱٤). مطالعات نشان داده است، مصرف آبهای حاوی غلظت بالای $^{222}Rn$، باعث افزایش دز مؤثر دریافتی و به دنبال آن افزایش سرطان ریه و معده در افراد می‌گردد (۱۵). استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO و کمیته اروپا برای $^{222}Rn$ آب آشامیدنی، ۱۰۰۰۰$Bq/m^3$ می‌باشد (۱٦). همچنین استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) برای $^{222}Rn$ آب آشامیدنی ۱۱۰۰۰$Bq/m^3$ را پیشنهاد کرده است (۱۷). سازمان بهداشت جهانی و کمیته اروپا، دز مؤثر سالانه ناشی از $^{222}Rn$، در اثر مصرف آب آشامیدنی را ۰/۱mSv/y اعلام کرده است (۱۷). مصرف آبهای بطری شده به خصوص در ۳۰ سال اخیر رو به افزایش بوده است (۱۸). آبهای بسته‌بندی شده به دو صورت آب معدنی و آب بطری شده تقسیم‌بندی می‌گردند (۱۹). بسیاری از مطالعات نشان داده است که مواد رادیواکتیو آبهای بطری شده به ویژه آب معدنی بیشتر از آب شبکه توزیع می‌باشد (۲۰). طبق آمارهای جهانی کشور، ایران در رده چهاردهم از نظر مصرف آب معدنی قرار دارد (۲۱). در بسیاری از مطالعات غلظت مواد رادیواکتیو از جمله $^{222}Rn$ در آبهای بطری شده مورد اندازه‌گیری و با مقادیر استاندار مورد مقایسه قرار گرفته است (۲۲،۲۳). اطلاعات در زمینه مواد رادیواکتیو آبهای آشامیدنی به ویژه آبهای بطری شده در ایران بسیار اندک می‌باشد. میزان مصرف آب آشامیدنی به ویژه آبهای بطری شده در شهر بندرعباس به علت شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب و همچنین عدم اعتماد برخی از شهروندان به کیفت بهداشتی آب، بالا می‌باشد. از این رو در این تحقیق تلاش شد، غلظت $^{222}Rn$ در ۸ نام تجاری آبهای بطری شده بندرعباس اندازه‌گیری گردد. در نهایت دز مؤثر دریافتی در گروه‌های سنی اطفال، کودکان و مردان و زنان بزرگسال محاسبه و با مقدار بطری شده پر مصرف شهر بندر استاندارد مقایسه گردید.

## روش کار:

### تعداد نمونه گیری:

در این مطالعه توصیفی مقطعی، با توجه به مطالعات مشابه، جمع‌آوری نمونه‌ها در سه مرحله و در طول سه ماه اردیبهشت، خرداد و تیر سال ۱۳۹۲ (هر ماه یک مرحله جمع‌آوری) انجام گرفت. در هر مرحله از ۸ نام تجاری آب بسته‌بندی شده پر مصرف شهر بندرعباس به نامهای BW1، BW2، BW3، BW4، BW5، BW6، BW7 و BW8 از مراکز فروش به صورت پراکنده جمع‌آوری شد (۲۲،۲۳). از هر نام تجاری، سه بطری lit ۱/٥ جمع‌آوری و طبق دستورالعمل EPA در دمای ٤ تا ٦°C برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه شیمی شرکت آب و فاضلاب شهری بندرعباس منتقل شد (۲٤). در مجموع سه مرحله، ۷۲ نمونه آب بطری شده پر مصرف از سطح شهر بندرعباس جمع‌آوری شد.




**شکل ۱. شهر بندرعباس در استان هرمزگان و جنوب کشور ایران**

### اندازه‌گیری غلظت $^{222}Rn$

با توجه به تأثیر دما بر میزان انتشار $^{222}Rn$ از آب، قبل از اندازه‌گیری، دمای تمام نمونه‌ها یکسان و به ۱۲°C رسانده شد (۲۵،۲٦). اندازه‌گیری غلظت $^{222}Rn$ توسط دستگاه $^{222}Rn$ سنج مدل RTM166-2 ساخت شرکت Sarad کشور آلمان مورد انجام شد (شکل شماره ۲). حساسیت این دستگاه در ۱۵۰ دقیقه اندازه‌گیری مداوم (٦/٥ cts/(min×KBq/$m^3$) می‌باشد (۲۷).

حساسیت بالا به همراه آنالیز طیف سنجی آلفا، منجر به زمان پاسخ‌دهی کوتاه حتی در غلظت های پایین می‌شود. اندازه‌گیری غلظت $^{222}Rn$ نمونه‌های آب طبق دستورالعمل اندازه‌گیری ارائه

شده توسط شرکت Sarad انجام شد (۲۸). همچنین میانگین ۲ ساعته غلظت $^{222}Rn$ برای همه نمونه‌ها ثبت و مورد آنالیز قرار گرفت (۲۸).

**شکل شماره ۲- اندازه‌گیری غلظت $^{222}Rn$ توسط دستگاه رادن سنج مدل RTM1688-2**

### تعیین دز مؤثر دریافتی سالانه

جهت تعیین دز مؤثر دریافتی سالانه ناشی از نوشیدن آب حاوی $^{222}Rn$ از معادله کمیته علمی بین‌المللی تأثیر تابش‌های اتمی (UNSCEAR) استفاده شد (۲۰).

$$E=K\times G\times C\times T\times 1000$$ معادله ۱

در این معادله E؛ دز مؤثر دریافتی سالیانه بر حسب mSv/y، K؛ ضریب تبدیل غلظت $^{222}Rn$ به دز مؤثر (Sv/Bq)، G؛ آب مصرفی روزانه (l/d)، C ؛ غلظت $^{222}Rn$ (Bq/l)، T ؛ دوره مصرف آب (۳۶۵ روز) و ۱۰۰۰ ضریب تبدیل Sv به mSv می‌باشد. ضریب K برای مردان و زنان بزرگسال (۶۵-۱۷ سال)، کودکان (۱۴-۴ سال) و اطفال ( کمتر از ۲ سال) به ترتیب Sv/Bq $^{-9}$۱۰×۱۸، Sv/Bq $^{-9}$۱۰×۲۶ و Sv/Bq $^{-9}$۱۰ × ۳۵ (۲۴،۲۹،۳۰).

بسیاری از مطالعات نشان داده است مقدار آب مصرفی افراد، کمتر از ۲ لیتر در روز می‌باشد که در گروه‌های سنی مختلف متفاوت می‌باشد. آب مصرفی روزانه افراد وابسته به شرایط آب و هوایی، فعالیت فیزیکی، فرهنگ، اقتصاد و غیره می‌باشد. از آنجایی که اطلاعاتی در مورد مقدار دقیق آب مصرفی روزانه در گروه‌های مختلف سنی شهر بندرعباس وجود نداشت، از این رو از سرانه آب مصرفی EPA در مناطق آب و هوای گرم مرطوب (خطای آماری ۵٪) استفاده شد. آب مصرفی روزانه در گروه‌های سنی مردان بزرگسال، زنان بزرگسال، کودکان و اطفال به ترتیب ۲/۷۲۳، ۲/۱۲۹، ۰/۴۳۱ و ۰/۳۲۷ l/p-d می‌باشد (۳۱).

برای تعیین تفاوت غلظت رادن ۲۲۲ در مارک‌های مختلف آبهای بطری شده و همچنین تفاوت دز مؤثر دریافتی گروه‌های مختلف سنی از آزمون one Way ANOVA توسط نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. همچنین P<۰/۰۵ به عنوان سطح معنی‌دار (α=۵%) انتخاب گردید.

## نتایج:

میانگین غلظت $^{222}Rn$ نام‌های BW1، BW2، BW3، BW4، BW5، BW6، BW7، BW8 به ترتیب ۱۳±۷۶۴، ۱۵±۷۹۴، ۹±۶۵۱، ۱۷±۸۹۷، ۵±۴۶۱، ۱۳±۷۵۴، ۰/۵۶±۴۵، ۱۴±۷۷۱ Bq/m$^3$ می‌باشد. میانگین و دامنه غلظت $^{222}Rn$ در همه نام‌های تجاری مورد مطالعه به ترتیب ۹±۶۴۱ Bq/m$^3$ و ۰-۹۰۱ Bq/m$^3$ می‌باشد.

**جدول شماره ۱- میانگین، دامنه و انحراف معیار غلظت $^{222}Rn$ آبهای بطری شده شهر بندرعباس (Bq/m$^3$)**

| نام تجاری | میانگین | دامنه | انحراف معیار |
|---|---|---|---|
| **BW1**** | ۱۳±۷۶۴ | ۷۸۸-۷۳۶ | *۳۷ |
| **BW2** | ۱۵±۷۹۴ | ۷۱۰-۶۲۱ | ۴۶ |
| **BW3** | ۹±۶۵۱ | ۸۰۶-۷۳۹ | ۵۳ |
| **BW4** | ۱۷±۸۹۷ | ۹۰۱-۸۵۶ | ۱۹ |
| **BW5** | ۵±۴۶۱ | ۴۸۶-۴۵۶ | ۱۴ |
| **BW6** | ۱۳±۷۵۴ | ۷۷۹-۷۲۸ | ۲۳ |
| **BW7** | ۰/۵۶±۴۵ | ۵۶-۰ | ۷ |
| **BW8** | ۱۴±۷۷۱ | ۸۶۴-۷۰۲ | ۵۵ |
| **میانگین** | ۹±۶۴۱ | ۹۰۱-۰ | ۱۸ |

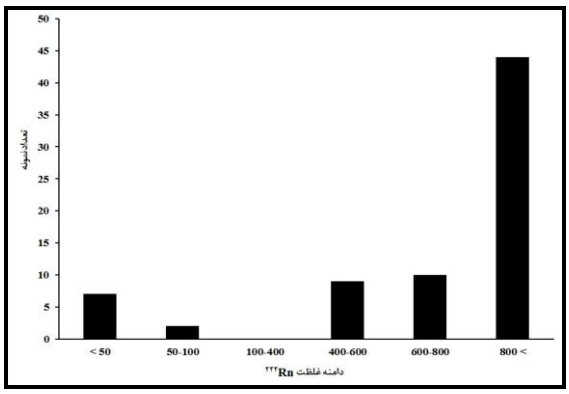
* انحراف معیار ۹ نمونه آب جمع آوری شده

** میانگین ۹ نمونه آب جمع آوری شده

تعداد نمونه‌های آبهای بطری شده که میانگین غلظت آنها <۵۰، ۱۰۰-۵۰، ۴۰۰-۱۰۰، ۶۰۰-۴۰۰، ۸۰۰-۶۰۰ و ۸۰۰ Bq/m$^3$ < به ترتیب ۷، ۲، ۰، ۱۰ و ۴۴ می‌باشد. بیشترین و کمترین تعداد نمونه به ترتیب در دامنه غلظت ۴۰۰-۱۰۰ Bq/m$^3$ و بیشتر از ۸۰۰Bq/m$^3$ مشاهده شد (شکل شماره ۳).

دز مؤثر دریافتی گروه‌های سنی مردان بزرگسال، زنان بزرگسال، کودکان و اطفال بر اساس میانگین غلظت $^{222}Rn$ همه

نام‌های تجاری آبهای بطری شده (۹±۶۴۱ $Bq/m^3$) به ترتیب ۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۲۷ mSv/y می‌باشد. ترتیب دز مؤثر دریافتی در گروه‌های سنی مختلف؛ مردان بزرگسال> زنان بزرگسال> اطفال> کودکان می‌باشد. بیشترین و کمترین دز مؤثر گروه سنی مردان بزرگسال، زنان بزرگسال، کودکان و اطفال به ترتیب مربوط به نام تجاری BW4 و BW7 می‌باشد (جدول شماره ۲).



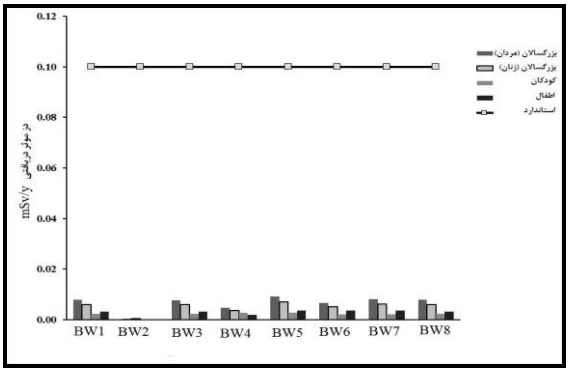

**شکل شماره ۳- توزیع فراوانی غلظت $^{222}Rn$ نمونه‌های آبهای بطری شده شهر بندرعباس**

**جدول شماره ۲- دز مؤثر دریافتی سالانه گروه‌های مختلف سنی ناشی از $^{222}Rn$ در اثر مصرف آبهای بطری شده پر مصرف شهر بندرعباس (mSv/y)**

| نام تجاری | BW1 | BW2 | BW3 | BW4 | BW5 | BW6 | BW7 | BW8 | میانگین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بزرگسالان (مردان) | ۰/۰۰۷۸ | ۰/۰۰۸۱ | ۰/۰۰٦٦ | ۰/۰۰۹۱ | ۰/۰۰٤۷ | ۰/۰۰۷۷ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۰۰۷۸ | ۰/۰۰٦۵ |
| بزرگسالان (زنان) | ۰/۰۰۵۹ | ۰/۰۰۶۲ | ۰/۰۰۵۱ | ۰/۰۰۷۰ | ۰/۰۰۳٦ | ۰/۰۰۵۹ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰٦۰ | ۰/۰۰۵ |
| کودکان | ۰/۰۰۲۴ | ۰/۰۰۲۰ | ۰/۰۰۲۰ | ۰/۰۰۲۸ | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۰۲٤ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۲٤ | ۰/۰۰۲۰ |
| اطفال | ۰/۰۰۳۲ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰۰۱۹ | ۰/۰۰۳۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۳۲ | ۰/۰۰۲۷ |

**جدول شماره ۳- مقایسه غلظت رادن۲۲۲ آبهای بطری شده شهر بندرعباس با نتایج مناطق ایران و جهان**

| نوع آب | غلظت $^{222}Rn$ (Bq/l) | کشور | منبع |
|---|---|---|---|
| زیر زمینی (چاه) | ۰/۸۹-۳۵/٤٤ | عربستان صعودی | [۳۲] |
| زیر زمینی (چاه) | ۰/۹۵-۳٦ | برزیل | [۳۳] |
| زیر زمینی (چاه) | ۰/۷-۳۱/۷ | ترکیه | [۳٤] |
| آب لوله کشی | ۰/۹۱-۱۲/۵۸ | ترکیه | [۳۵] |
| آبهای بطری شده | ۰/۹۱-۱٤٦۳ | صربستان | [۳٦] |
| آب لوله کشی | ۳/۷ | ایران (تهران) | [۳۷] |
| آب لوله کشی | ۱۷/۹۹ | ایران (نیشابور) | [۳۷] |
| آب لوله کشی | ۱٦/۲۳ | ایران(مشهد) | [۳۷] |
| آب لوله کشی | ۳/٤ | ایران (رامسر) | [۳۷] |
| آب بطری شده | ۰/٦٤۱ | ایران (بندرعباس) | این مطالعه |




**شکل شماره ۵- مقایسه دز مؤثر دریافتی سالانه گروه‌های سنی بزرگسالان مردان و زنان، کودکان و اطفال با حد استاندارد**

## بحث و نتیجه‌گیری:

تفاوت غلظت $^{222}Rn$ در مارک‌های مختلف آبهای بطری شده می‌تواند ناشی از تفاوت در منبع آب (سطحی یا زیرزمینی)، فرآیند تولید، مدت زمان ماند و دمای آب باشد (۱۰،۲۵). ترتیب میانگین غلظت $^{222}Rn$ در نام‌های تجاری؛ BW4< BW7<BW5<BW3<BW6< BW1<BW8<BW2 می‌باشد. میانگین غلظت $^{222}Rn$ همه نام‌های تجاری آبهای بطری

شده کمتر از حدود استاندارد ($WHO,۱۰۰\times۱۰^{۳}Bq/m^{3}$) و ($EPA,۱۱\times۱۰^{۳}Bq/m^{3}$) می‌باشد (شکل شماره ٤).

دامنه غلظت $^{۲۲۲}Rn$ آبهای بطری شده شهر بندرعباس نسبت به مطالعات مشابه در ایران و جهان بسیار کمتر می‌باشد. همان گونه که گفته شد، این تفاوت غلظت $^{۲۲۲}Rn$ می‌تواند به علت تفاوت در منبع آب، دمای آب، پردازش آب، مدت ذخیره‌سازی باشد (جدول شماره ۳) (۲۵).

نسب دز مؤثر دریافتی گروه‌های سنی مردان بزرگسال، زنان بزرگسال، کودکان و اطفال به دز مؤثر استاندارد mSv/y ۰/۱ به ترتیب ٦/٥٪، ٤/٩٨٪، ۲/۰۱٪ و ۲/٦۷٪ می‌باشد (شکل شماره ٥) (۱٦،۲٦).

با وجود بیشتر بودن ضریب تبدیل در گروه‌های سنی کودکان ($۲٦\times۱۰^{-۹}$ Sv/Bq) و اطفال ($۳٥\times۱۰^{-۹}$ Sv/Bq) نسبت به ضریب تبدیل در گروه سنی مردان و زنان بزرگسال ($۱۸\times۱۰^{-۹}$ Sv/Bq)، به علت مصرف بیشتر آب در گروه سنی بزرگسالان (مردان بزرگسال؛ ۲/۷۲۳l/d و زنان بزرگسال؛ ۲/۱۲۹l/d)، دز مؤثر دریافتی سالانه این گروه، بیشتر از گروه سنی اطفال و کودکان می‌باشد. از طرفی دز مؤثر دریافتی گروه سنی اطفال نیز، بیشتر از گروه سنی کودکان می‌باشد. نسبت دز مؤثر دریافتی گروه‌های سنی مردان بزرگسال، زنان بزرگسال، کودکان و اطفال، به دز مؤثر استاندارد mSv/y ۰/۱ برای نام تجاری BW1 به ترتیب؛ ۷٪، ٥/۹٪، ۲/٤٪ و ۳/۱٪؛ BW2 ۸/۱٪، ٦/۱٪، ۲/٤٪ و ۳/۳، BW3؛ ٦/٥٪، ٥٪، ۲٪ و ۲/۷٪؛ BW4 ۹/۱٪، ٦/۹٪، ۲/۸٪ و ۳/۷٪؛ BW5؛ ٤/٦٪، ۳/٥٪، ۱/٤٪ و ۱/۹٪؛ BW6 ۷/٦٪، ٥/۸٪، ۲/۳٪ و ۳/۱٪؛ BW7؛ ۰/٤٥٪، ۰/۳٤٪، ۰/۱٤٪ و ۰/۱۸٪ و BW8؛ ۷/۸٪، ٥/۹٪، ۲/٤٪ و ۳/۲٪ می‌باشد. از آنجایی که دز مؤثر دریافتی گروه‌های مختلف سنی در شهر بندرعباس بر اساس میانگین سرانه آب مصرفی جهانی در مناطق گرم و مرطوب (خطای آماری ٥٪) مورد محاسبه قرار گرفته است. از این رو مقادیر دز مؤثر دریافتی محاسبه شده می‌تواند قابل اعتماد باشد. از آنجایی که بین دز مؤثر دریافتی گروه سنی مردان بزرگسال و زنان بزرگسال P=۰/۱۲ بدست آمد، می‌توان گفت اختلاف معنی‌دار بین میانگین دز مؤثر این دو گروه وجود ندارد (P<۰/۰٥). همچنین P=۰/۲۹ نیز نشان دارد اختلاف معنی‌دار بین میانگین دز مؤثر دریافتی گروهای سنی کودکان و اطفال نیز وجود ندارد. P=۰/۰۰۲ بین میانگین دز مؤثر دریافتی کودکان با مردان بزرگسال و P=۰/۰۱٥ کودکان با زنان بزرگسال نشان داد، اختلاف معنی‌دار بین میانگین دز مؤثر دریافتی کودکان با مردان و زنان بزرگسال وجود دارد. همچنین P=۰/۰۰۲ بین میانگین دز مؤثر اطفال با مردان بزرگسال و P=۰/۰۱۸ بین اطفال با زنان بزرگسال نشان داد، اختلاف معنی‌دار بین میانگین دز مؤثر دریافتی اطفال با دز مؤثر دریافتی مردان و زنان بزرگسال وجود دارد. این تفاوت معنی‌دار بین گروه سنی کودکان و اطفال با گروه سنی مردان و زنان بزرگسال ناشی از مصرف پایین‌تر آب آشامیدنی می‌باشد.

میانگین غلظت $^{۲۲۲}Rn$ همه نام‌های تجاری آبهای بطری شده، کمتر از حدود استاندارد WHO و EPA می‌باشد. بیشترین و کمترین غلظت $^{۲۲۲}Rn$ مربوط به نام تجاری BW7 و BW7 می‌باشد. بیشترین و کمترین نسبت دز مؤثر به دوز مؤثر استاندارد مربوط به مردان بزرگسال و گروه سنی کودکان می‌باشد. بیشترین و کمترین دز مؤثر دریافتی به ترتیب مربوط به گروه سنی مردان بزرگسال و کودکان می‌باشد. گروه سنی اطفال نسبت به کودکان دز مؤثر بیشتری را دریافت می‌کنند. دز مؤثر دریافتی سالانه ناشی از $^{۲۲۲}Rn$ آبهای بطری شده پرمصرف شهر بندرعباس در همه گروه‌های سنی پایین‌تر از حد استاندارد mSv/y ۰/۱ می‌باشد.

## سپاسگزاری:

نویسندگان این مقاله از گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران که تأمین کننده دستگاه اندازه‌گیری رادن سنج RTM1688-2 بودند، کمال تشکر را دارند.

## References منابع


1. Colmenero Sujo L1, Montero Cabrera ME, Villalba L, Rentería Villalobos M, Torres Moye E, García León M, García-Tenorio R, et al., Uranium-238 and thorium-232 series concentrations in soil, radon-222 indoor and drinking water concentrations and dose assessment in the city of Aldama, Chihuahua, Mexico. Journal of Environmental Radioactivity, 2004. 77(2 ): 205-219.
2. Nagaraja K, Prasad B.S.N, Madhava M.S, Chandrashekara M.S, Paramesh L et al, Radon and its short-lived progeny: variations near the ground. Radiation Measurements, 2003. 36(1–6): 413-417.
3. Smith BJ, Zhang L, Field RW. Field, Iowa radon leukaemia study: a hierarchical population risk model for spatially correlated exposure measured with error. Statistics in medicine, 2007. 26(25): 4619-4642.
4. Hamanaka. Radon concentration measurement in water by means of α liquid-scintillation spectrometry with a PERALS spectrometer. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 1998. 410(2): 314-318.
5. Oner F, Yalim HA, Akkurt A, Orbay M. The measurements of radon concentrations in drinking water and the Yeşilırmak River water in the area of Amasya in Turkey. Radiation protection dosimetry, 2009. 133(4): p. 223-226.
6. Kam E, Bozkurt A. Environmental radioactivity measurements in Kastamonu region of northern Turkey. Applied Radiation and Isotopes, 2007; 65(4):440-4
7. Thompson RE, Nelson DF, Popkin JH, Popkin Z. Case-control study of lung cancer risk from residential radon exposure in Worcester County, Massachusetts. Health physics, 2008. 94(3): 228-241.
8. Organization, W.H., Guidelines for drinking-water quality: recommendations. Vol. 1. 2004: World Health Organization.
9. Dávila Rangel JI1, López del Rio H, Mireles García F, Quirino Torres LL, Villalba ML, Colmenero Sujo L, Montero Cabrera ME. Radioactivity in bottled waters sold in Mexico. Applied Radiation and Isotopes, 2002. 56: 931-936.
10. Ali N, Khan EU, Akhter P, Khan F, Waheed A. Estimation of mean annual effective dose through radon concentration in the water and indoor air of Islamabad and Murree. Radiation protection dosimetry, 2010. 141(2): 183-191.
11. Akawwi E. Radon-222 Concentrations in the Groundwater along Eastern Jordan Rift. Journal of Applied Sciences, 2014. 14(4): 309-16.
12. Forte M , Rusconi R, Cazzaniga M.T, Sgorbati G The measurement of radioactivity in Italian drinking waters. Microchemical Journal, 2006. 85 p. 98–102.
13. Rožmarić M, Rogić M, Benedik L, Strok M. Natural radionuclides in bottled drinking waters produced in Croatia and their contribution to radiation dose. Science of the Total Environment, 2012. 437: 53-60.
14. Radiation, U.N.S.C.o.t.E.o.A., UNSCEAR 2000. Sources and effects of ionizing radiation, 2000. 2.
15. Risica, S. and S. Grande, Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations. 2000: Istituto Superiore di Sanità Roma.
16. Karamanis, D, Stamoulis K., Ioannides K. Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. Desalination, 2007. 213(1): 90-97.
17. Bharath J, Mosodeen M, Motilal S, Sandy S, Sharma S, Tessaro T, Thomas K, Umamaheswaran M, Simeon D, Adesiyun AA. Microbial quality of domestic and imported brands of bottled water in Trinidad. International Journal of Food Microbiology, 2003. 81(1): 53-62.
18. Somlai J, Horváth G, Kanyár B, Kovács T, Bodrogi E, Kávási N. Concentration of 226Ra in Hungarian bottled mineral water. Journal of Environmental Radioactivity 2002. 62: .235-240.
19. Kiliari, T, Pashalidis I. Determination of aquatic radon by liquid scintillation counting and airborne radon monitoring system. Radiation Measurements, 2008. 43(8): 1463-1466.
20. Kralik C, Friedrich M, Vojir F. Natural radionuclides in bottled water in Austria. Journal of environmental radioactivity, 2003. 65(2): 233-241.

21. Somlai J, Horváth G, Kanyár B, Kovács T, Bodrogi E, Kávási N. Concentration of 226Ra in Hungarian bottled mineral water. Journal of environmental radioactivity, 2002. 62(3): 235-240.

22. Binesh, A , Pourhabib Z , Arabshahi H, Evaluation of the radiation dose from radon ingestion and inhalation in drinking water. Int J Water Resour Environ Eng, 2010. 2(7): 174-178.

23. Ishikawa T, Yoshinaga S, Tokonami S. Airborne and waterborne radon concentrations in areas with use of groundwater supplies. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, 2005. 267(1): 85-88.

24. Somlai, K, Tokonamib S, Ishikawab T, Vancsurac P, Gáspárc M, Jobbágyd V,S Somlaid J, Kovács T. $^{222}$Rn concentrations of water in the Balaton Highland and in the southern part of Hungary, and the assessment of the resulting dose. Radiation Measurements, 2007. 42: 491-495.

25. Ursulean.Estimation of indoor radon concentrations in the air of residential houses and mines in the Republic of Moldova. In Paper presented at the First East European Radon Symposium–FERAS. 2012.

26. GmbH, S. Application note AN-003_EN: Measurement of the Radon concentration of water samples. June 2007; Available from: www.sarad.de.

27. Radiation, U.N.S.C.o.t.E.o.A., Effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Vol. 2. 2009: United Nations Publications.

28. Agency, E.P., stimated Per Capita Water Ingestion and Body Weight in the United States–An Update. October, 2004. 40-45.

29. Alabdula'aly, A.I., Occurrence of radon in the central region groundwater of Saudi Arabia. Journal of Environmental Radioactivity, 1999. 44(1): 85-95.

30. Marques, A.L, W. dos Santos, and L.P. Geraldo, Direct measurements of radon activity in water from various natural sources using nuclear track detectors. Applied Radiation and Isotopes, 2004. 60(6): 801-804.

31. Ayla Sandıkcıoğlu A, Ünal R, Orhun O. Measurements of radon concentrations in well waters near the Akşehir fault zone in Afyonkarahisar, Turkey. Radiation Measurements, 2007. 42(3): 505-508.

32. Akar Tarim U, Gurler O, Akkaya G, Kilic N, Yalcin S, Kaynak G, Gundogdu O. Evaluation of radon concentration in well and tap waters in Bursa, Turkey. Radiation protection dosimetry, 2012. 150(2): 207-212.

33. Todorovic N, Nikolov J, Forkapic S, Bikit I, Mrdja D, Krmar M, Veskovic M. Public exposure to radon in drinking water in SERBIA. Applied RadiationandIsotopes, 2012. 70: 543-549.

34. Mowlavi A.A, Shahbahrami A, Binesh A, Dose evaluation and measurement of radon concentration in some drinking water sources of the Ramsar region in Iran. Isotopes in environmental and Health Studies, 2009. 45(3): 269-272.

# Effective dose of Radon 222 received by different age groups from bottled waters in Bandar Abbas

A.H. Mahvi, PhD [1] A.H. Madani, PhD [2] Y. Fakhri, PhD Student

Assistant Professor of Environmental Health Engineering [1], Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Associate Professor of Epidemiology [2], Instructor of Environmental Health [3], Social Determinanta in Health Promotion Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

(Received 12 Oct, 2014 Accepted 20 Dec, 2014)

# ABSTRACT

**Introduction:** Radon 222 is a natural radioactive element with a half-life of 3.8 days. It is odorless and colorless as well as water-soluble. Consuming waters which contain high concentrations of $^{222}Rn$ would increase the effective dose received by different age groups. It would also be followed by an increased prevalence of cancer.

**Methods:** In this research, 72 samples of the most commonly used bottled water in Bandar Abbas were collected in 3 consecutive months May, June and July of 2013. $^{222}Rn$ concentration was measured by means of a radon-meter model RTM166-2 made. The effective dose received by the 4 age groups, male and female adults as well as children and infants was estimated using the equation proposed by UNSCEAR.

**Results:** The results revealed that the mean and range of $^{222}Rn$ concentration in bottled waters were 641±9 Bq/m$^3$ and 0-901 Bq/m$^3$, respectively. The mean concentration of $^{222}Rn$ in the well-known trademarks followed this BW4 <BW2< BW8< BW1< BW6< BW3< BW5< BW7.

**Conclusion:** The annually received effective dose of $^{222}Rn$ from the most commonly used trademarks of bottled water in Bandar Abbas was lower than the standard limit (0.1 mSv/y) in all age groups.

*Correspondence:*
*Y. Fakhri, PhD Student.*
*Social Determinants in Health Promotion Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences.*
*Bandar Abbas, Iran*
*Tel:+98 9216737245*
*Email:*
*Ya.fakhri@gmail.com*

**Key words:** Radon 222, Effective dose, Different age groups, Battled water, Bandar Abbas