

## نقشه پراکنش عناصر پرتوزا و ارزیابی دز جذبی و آلودگی هسته ای در شبه جزیره میانکاله، شمال ایران

رضا پورایمانی<sup>\*۱</sup>

[r-pourimani@araku.ac.ir](mailto:r-pourimani@araku.ac.ir)

سید محسن مرتضوی شاهرودی<sup>۲</sup>

روشنک قربانی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** در این پژوهش به منظور ارزیابی میزان تابش محیطی و به دست آوردن میزان تاثیرات گسترش صنایع از جمله پتروشیمی بر ایجاد آلودگی هسته‌ای، فعالیت ویژه عناصر پرتوزا و میزان دز جذبی در شبه جزیره میانکاله در شمال ایران در جنوب شرقی دریای خزر اندازه‌گیری شد.

**روش بررسی:** ۴۳ نمونه شامل ۱۳ نمونه آب و ۳۰ نمونه رسوب از سواحل شمالی و جنوبی شبه جزیره میانکاله جمع‌آوری و فعالیت ویژه عناصر پرتوزا در نمونه‌ها با استفاده از آشکارساز فوق خالص ژرمانیومی اندازه‌گیری شد. نقشه توزیع فعالیت عناصر پرتوزا با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شد. نمونه برداری در تابستان ۱۴۰۰ انجام شد.

**یافته‌ها:** میانگین فعالیت ویژه  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{40}\text{K}$  و  $^{137}\text{Cs}$  در نمونه‌های رسوبی به ترتیب  $۱۸,۱۷ \pm ۱,۶۲$ ،  $۱۶,۲۱ \pm ۱,۳۶$ ،  $۲۶۶,۲۸ \pm ۹,۴۵$  و  $۲,۶۱ \pm ۰,۲۷$  و میانگین فعالیت ویژه  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در نمونه‌های آبی به ترتیب  $۰,۷۸ \pm ۰,۱۲$ ،  $۵,۳۹ \pm ۰,۷۵$  و  $۱۷,۸۹ \pm ۱,۷۹$  بکرل بر کیلوگرم به دست آمد. میانگین دز جذبی نیز  $۲۸,۷۳ \pm ۱,۹۱$  نانوگری بر ساعت محاسبه شد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** فعالیت هسته‌های پرتوزای طبیعی کمتر از مقدار میانگین جهانی بود. مقدار دز جذبی در این منطقه در حد مجاز است. میانگین غلظت عناصر پرتوزا در نمونه‌های آب ساحل جنوبی شبه جزیره میانکاله بیشتر از ساحل شمالی آن که در مجاورت دریای خزر است می‌باشد. اما غلظت  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در رسوبات ساحل شمالی بیشتر از ساحل جنوبی است. غلظت  $^{137}\text{Cs}$  در ساحل جنوبی شبه جزیره میانکاله که در ناحیه خشک قرار دارد به علت نبود جریان آب از بقیه نقاط بیشتر است.

**واژه‌های کلیدی:** شبه جزیره میانکاله، تابش محیطی، آشکارساز HPGe، فعالیت ویژه، صنعت پتروشیمی.

۱- دانشیار فیزیک هسته‌ای دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، اراک، ایران. \* (مسئول مکاتبات)

۲- دکتری فیزیک هسته‌ای دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، اراک، ایران

۳- کارشناس ارشد فیزیک هسته‌ای دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، اراک، ایران

## **Map of radionuclide distribution and assessment of absorbed dose and nuclear contamination on the Miankala Peninsula in the north of Iran**

**Reza Pourimani**<sup>1\*</sup>

[r-pourimani@araku.ac.ir](mailto:r-pourimani@araku.ac.ir)

**Seyed Mohsen Mortazavi Shahroudi**<sup>2</sup>

**Roshanak Ghorbani**<sup>3</sup>

Admission Date: November 23, 2022

Date Received: September 12, 2021

### **Abstract**

**Background and objective:** The study, to assess the level of environmental radiation and to obtain the impact of the development of industry, including petrochemicals, on the formation of nuclear pollution, the specific activity of radionuclides, and the amount of absorbed dose were measured in the Miankaleh peninsula in the north of Iran, south-east of the Caspian Sea.

**Material and Methodology:** 43 samples were collected from the north and south coasts of the Miankala peninsula, including 13 bottles of water and 30 bags of sediments, and the specific activities of radionuclides in the samples were determined using a high-purity germanium detector. The distribution map of radioactive elements was made using GIS software.

**Findings:** The average specific activity of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K and <sup>137</sup>Cs in sediment samples were 18.17±1.62, 16.21±1.36, 266.28±9.45, and 2.61±0.27 Bqkg<sup>-1</sup>, respectively, and the average specific activity of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K in water samples was 0.78±0.12, 5.39±0.75 and 17.89±1.79 Bqkg<sup>-1</sup>, respectively. The average absorbed dose rate in air was calculated as 28.73±1.91 nGyh<sup>-1</sup>.

**Discussion and Conclusion:** The specific activity of natural radionuclides was calculated to be lower than the global average. The amount of dose absorbed in this area is within the permissible limit. The average radioactive concentration in the water samples of the southern shores of the Miankala peninsula is higher than its northern shores, which are adjacent to the Caspian Sea. However, the concentration of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, and <sup>40</sup>K in the northern coastal sediments is higher than that of the southern coasts. The concentration of <sup>137</sup>Cs is higher on the southern coast of the Miankala peninsula, which located in a dry area, due to the lack of water flow.

**Keywords:** Miankaleh Peninsula; environmental radiation; HPGe detector; specific activity; petrochemical industry.

---

1- Associate professor in nuclear physics, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran. \*(Corresponding Author)

2- Ph.D. in nuclear physics, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

3- MSc in nuclear physics, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

## مقدمه

زیرزمینی راه یابد و همچنین می تواند به عنوان بخشی از گرد و غبار حاوی عناصر پرتوزا در محیط منتشر شود و از طریق ریزش جوی به محیط آبی منتقل گردد (۷). سپس این هسته به سرعت توسط ذرات گل موجود در خاک و ذرات معلق در محیط آبی جذب می شود و در مدت زمان کوتاهی ته نشین شده و بر بستر محیط آبی رسوب می کند (۸، ۹).

این مطالعه با هدف تعیین نقشه توزیع عناصر پرتوزای طبیعی و مصنوعی و همچنین ارزیابی خطرات ناشی از تابش محیطی بر اساس تعیین فعالیت ویژه عناصر پرتوزا در سرتاسر شبه جزیره میانکاله با طیف سنجی اشعه گاما با استفاده از آشکارساز فوق خالص ژرمانیمی ( ${}^{\text{HPGe}}$ ) انجام شد. نقشه های توزیع فعالیت عناصر پرتوزا با استفاده از نرم افزار  $\text{GIS}^{10/3}$  رسم گردید (۱۰). همچنین میزان دز جذبی ( $D^{\text{f}}$ ) محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

## روش بررسی

## ۱- منطقه مورد مطالعه

شبه جزیره میانکاله در کرانه جنوب شرقی دریای خزر در استان های گلستان و مازندران و در منطقه معتدل و مرطوب قرار دارد. مساحت آن بیش از شصت و هشت هزار هکتار و ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد بین ۱۵ تا ۲۸ متر پایین تر است. میانکاله از سال ۱۳۴۸ به دلیل اهمیت آن به عنوان پناهگاه حیات وحش عنوان جزء مناطق حفاظت شده کشور قرار گرفت. یکی از دلایل اهمیت میانکاله این است که با توجه به حفاظت های انجام شده در وضعیتی نسبتاً بکر باقی مانده است، در حالی که تمامی سواحل دیگر به طور گسترده با ساخت و سازهای انسانی همچون جاده، شهر و روستا و کارخانه ها از وضعیت طبیعی اولیه خارج شده اند. این منطقه اهمیت بسیاری در حفظ سلامتی کل دریای خزر دارد. سلامتی نسبی میانکاله موجب شده تا تالابها و سواحل این منطقه افزون بر پرندگان

آگاهی از میزان و نحوه توزیع عناصر پرتوزا و میزان تابش های هسته ای موجود در محیط برای ارزیابی میزان آلودگی هسته ای و تاثیرات آن بر سلامت بشر بسیار مهم است (۱). پرتوگیری از پرتوهای یونساز می تواند باعث سرطان یا اختلالات ژنتیکی شود. پرتوهای گسیل شده از هسته ای پرتوزا طی واپاشی ممکن است انرژی کافی برای یونیزه کردن یک اتم پایدار و تولید رادیکال های آزاد در طول فرآیندهای خاص، از جمله تجزیه رادیویی مولکول های آب در سلول های بدن را داشته باشد (۲). این رادیکال ها در سلول منجر به تولید هیدروژن پراکسید ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) می شود که به می تواند رشته های DNA را از بین ببرد و اطلاعات سلولی را تغییر دهد. این تغییرات ممکن است باعث مرگ سلول یا تبدیل شدن به سلول های سرطانی شود یا در سلول های جنسی می تواند باعث اختلالات ژنتیکی در نسل های بعدی شود (۳، ۴). پرتوزایی طبیعی عمدتاً به ویژگی های زمین شناسی و جغرافیایی منطقه بستگی دارد و به مقدار متفاوت در خاک هر منطقه از جهان وجود دارد (۱). هسته های پرتوزای طبیعی ( $\text{NORMs}^1$ ) در محیط ناشی از ریزش های جوی و عمدتاً از فرسایش سنگهای حاوی هسته های پرتوزا به دست می آیند.

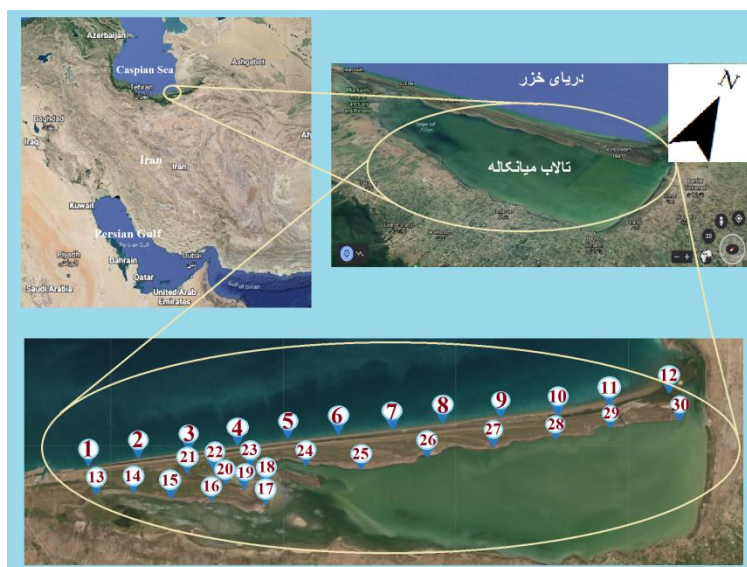
فعالیت های انسانی مانند استفاده از کودهای شیمیایی برای مصارف کشاورزی یا صنایعی مانند پتروشیمی و همچنین حوادث هسته ای، عوامل اصلی آلودگی هسته ای محیط زیست هستند. این آلاینده ها می توانند به محیط زیست منتقل شده و باعث افزایش تابش های محیطی و افزایش سطح شاخص های خطرپذیری شوند (۵). هسته پرتوزای  ${}^{137}\text{Cs}$  به عنوان یکی از محصولات شکافتی که وارد محیط زیست شده است، به دلیل فرآر بودن و دارا بودن نیمه عمر طولانی، از اهمیت بالایی برخوردار است (۶). این ویژه هسته از طریق آزمایش های تسلیحات هسته ای و همچنین حوادث هسته ای مانند حوادث چرنوبیل و فوکوشیما دایچی در طبیعت رها شدند. ویژه هسته  ${}^{137}\text{Cs}$  می تواند به طور مستقیم به اقیانوس، خاک و آب

2- High Purity Germanium Detector  
3- Geographic Information System  
4- Dose

1- Naturally-Occurring Radioactive Materials

میانکاله نگرانی برای افزایش آلودگی محیطی و از بین رفتن محیط زیست و حیات وحش برای این منطقه ایجاد شده است. می‌توان پس از طی مدت چند سال دوباره با ارزیابی تابش محیطی در این منطقه به میزان افزایش آلودگی هسته‌ای ناشی از توسعه صنایع دست یافت. منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

مهاجر، محل تخم‌گذاری و زیستگاه اصلی بسیاری از ماهیان دریای خزر نیز باشد و تقریباً پنجاه درصد از خاویار تولیدی ایران از آب‌های این منطقه تامین میگردد. این شبه جزیره منطقه ای محافظت شده در ضلع جنوب شرقی دریای خزر و در استان‌های گلستان و مازندران است که مکانی بکر دارای حیات وحشی استثنایی و فاقد هرگونه آلاینده محیطی می‌باشد و هر ساله میزبان پرندگان مهاجر از جمله فلامینگوها است. امروزه با طرح توسعه صنعت پتروشیمی به نام مجتمع پتروشیمی



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری از شبه جزیره میانکاله، شمال ایران.

Figure 1. Study area and sampling points of Miankaleh Peninsula, North of Iran.

خزر) برداشت شد. قسمت غربی تالاب میانکاله (جنوب غربی شبه جزیره میانکاله) به سبب عقب‌نشینی آب تالاب کاملاً خشک شده است. این رسوبات پس از نمونه‌برداری کدگذاری شدند، نمونه برداری در فصل تابستان ۱۴۰۰ در چند مرحله انجام گردید. مختصات جغرافیایی، عمق و کد نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه و در شکل ۱ نشان داده شده است.

وضعیت رسوبات در سواحل شمالی و جنوبی شبه جزیره میانکاله به لحاظ برخورد امواج و جریانهای پر قدرت دارای بلوغ بافتی مناسبی هستند و ذرات ریز دانه خود را از دست داده و کاملاً جور شده هستند، لذا بافت غالب آنها ماسه‌ای، ماسه-سیلتی و بعضاً سیلتی می‌باشد. بافت رسوبات ساحلی شمالی جزیره کاملاً ماسه‌ای است، لیکن رسوبات ساحل جنوبی به لحاظ تداخل با رسوبات ریزدانه، دامنه‌ای از بافت های ماسه-گلی، گل-ماسه‌ای و ماسه‌ای دارد (۱۱).

## ۲- نمونه برداری و مراحل نمونه سازی

۴۳ نمونه شامل ۱۸ نمونه رسوبی و ۷ نمونه آب از قسمت جنوب شبه جزیره میانکاله، ۱۲ نمونه رسوبی و ۶ نمونه آب از ساحل شمالی این شبه جزیره (ساحل جنوب شرقی دریای

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، نوع و کد تمامی نمونه‌ها.

Table1. Geographical specifications, type and code of all samples.

عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	کد نمونه		نقطه نمونه برداری	منطقه نمونه برداری
		آب	رسوب		
۳۶,۸۵۹۵۷	۵۳,۴۱۲۱۸	W۱	S۱	۱	ساحل شمالی شبه جزیره میانکاله
۳۶,۹۶۵۵۸	۵۳,۴۴۹۲۴	-	S۲	۲	"
۳۶,۸۷۱۰۶	۵۳,۵۰۴۱۶	W۳	S۳	۳	"
۳۶,۸۷۶۶۹	۵۳,۵۵۹۳۰	-	S۴	۴	"
۳۶,۸۸۲۲۶	۵۳,۶۱۳۴۸	W۵	S۵	۵	"
۳۶,۸۸۶۸۷	۵۳,۶۶۹۹۹	-	S۶	۶	"
۳۶,۸۹۳۷۲	۵۳,۷۲۸۱۹	W۷	S۷	۷	"
۳۶,۸۹۶۶۸	۵۳,۷۸۲۱۱	-	S۸	۸	"
۳۶,۹۰۲۱۳۶	۵۳,۸۳۴۸۸	W۹	S۹	۹	"
۳۶,۹۱۰۷۶۰	۵۳,۸۹۶۵۶	-	S۱۰	۱۰	"
۳۶,۹۱۷۸۹۲	۵۳,۹۴۳۶۴	W۱۱	S۱۱	۱۱	"
۳۶,۹۳۲۱۰۷	۵۳,۹۹۷۷۵	-	S۱۲	۱۲	"
۳۶,۸۳۵۸۳	۵۳,۴۳۰۰۰	-	S۱۳	۱۳	ساحل جنوبی شبه جزیره میانکاله
۳۶,۸۳۴۵۳	۵۳,۴۸۰۱۷	-	S۱۴	۱۴	"
۳۶,۸۳۱۶۷	۵۳,۵۱۸۲۸	-	S۱۵	۱۵	"
۳۶,۸۳۱۶۷	۵۳,۵۵۵۹۲	W۱۶	S۱۶	۱۶	"
۳۶,۸۳۱۶۷	۵۳,۵۹۶۴۴	-	S۱۷	۱۷	"
۳۶,۸۵۰۴۰	۵۳,۵۸۰۱۶	W۱۸	S۱۸	۱۸	"
۳۶,۸۴۲۷۸	۵۳,۵۶۳۳۳	-	S۱۹	۱۹	"
۳۶,۸۴۷۵۰	۵۳,۵۴۱۲۵	-	S۲۰	۲۰	"
۳۶,۸۵۳۸۹	۵۳,۵۱۴۱۷	-	S۲۱	۲۱	"
۳۶,۸۵۵۰۰	۵۳,۵۳۱۱۱	-	S۲۲	۲۲	"
۳۶,۸۵۹۹۲	۵۳,۵۷۱۳۹	-	S۲۳	۲۳	"
۳۶,۸۶۴۷۸	۵۳,۶۴۱۵۶	W۲۴	S۲۴	۲۴	"
۳۶,۸۵۹۰۶	۵۳,۶۹۴۲۲	W۲۵	S۲۵	۲۵	"
۳۶,۸۷۱۷۵	۵۳,۷۵۷۱۷	-	S۲۶	۲۶	"
۳۶,۸۷۷۰۶	۵۳,۸۲۱۹۴	W۲۷	S۲۷	۲۷	"
۳۶,۸۸۶۸۱	۵۳,۸۷۷۵۰	-	S۲۸	۲۸	"
۳۶,۸۹۶۱۱	۵۳,۹۳۷۰۳	W۲۹	S۲۹	۲۹	"
۳۶,۹۰۰۸۳	۵۴,۰۲۱۹۴	W۳۰	S۳۰	۳۰	"

شده با استفاده از نرم افزار ۳۲ Maestro II Gamma Vision محصول شرکت EG&G Ortec انجام گرفت. به منظور کاهش اثرات تابش زمینه، آشکارساز در مرکز یک حفاظ سربی به ضخامت ۱۰ سانتی متر با یک لایه درونی مسی به ضخامت ۲ میلی متر قرار داده شد. پرتوهای نرم کیهانی شامل فوتون های کم انرژی و الکترون ها و اشعه ایکس تولیدی توسط سرب ۷۳/۹ keV به وسیله این حفاظ به سطح بسیار پایینی کاهش می یابند (۱۶). تصحیح تابش زمینه با استفاده از طیف ثبت شده برای ظرف خالی در تحت شرایط یکسان صورت گرفت (۱۷). نمونه های مرجع ۱-RGU، ۱-RGTh و ۱-RGK که به عنوان ماده مرجع توسط آژانس بین المللی انرژی اتمی تهیه شده اند، در ظروف پلی اتیلنی با هندسه مخروط برش خورده با قطر داخلی قاعده، قطر داخلی بالا، ارتفاع و ضخامت به ترتیب ۰/۷۶/۴۶، ۰/۸۵/۸۰، ۰/۶۵/۵۸ و ۱ میلی متر محتوی ۲۵۵ گرم از هریک از مواد مرجع برای کالیبراسیون انرژی و منحنی بازدهی مورد استفاده قرار گرفتند، مواد مرجع نیز مانند نمونه ها بسته بندی و آب بندی گردیدند و طیف گامای آنها بعد از گذشت حداقل ۵۰ روز ثبت گردید. بازدهی مطلق آشکارساز (ε) بر حسب درصد با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۲).

$$\varepsilon(\%) = \frac{N_i}{Act \times P_n(E_i) \times t} \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه  $N_i$  شمارش خالص زیر قله تمام انرژی متناظر با انرژی  $E_i$ ، فعالیت هسته های پرتوزای موجود در ظرف استاندارد بر حسب بکرل،  $P_n(E_i)$  احتمال انتشار فوتون گاما با انرژی  $E_i$  به ازای هر واپاشی بر حسب درصد و  $t$  زمان طیف گیری از نمونه بر حسب ثانیه است. با اندازه گیری بازدهی آشکارساز برای انرژی های گامای مختلف، یک معادله ریاضی کالیبراسیون انرژی تعیین شد. بر اساس مقدار بازدهی، فعالیت ویژه هسته های پرتوزا با استفاده از رابطه ۲ تعیین گردید (۱۸).

$$Act = \frac{N_i}{\varepsilon(\%) \times P_n(E_i) \times t \times m} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه،  $Act$  فعالیت ویژه نمونه بر حسب بکرل بر کیلوگرم،  $m$  جرم نمونه بر حسب کیلوگرم، همچنین  $N_i$ ،  $P_n(E_i)$  و  $t$  همان کمیت های ذکر شده در معادله ۱ هستند.

تمام نمونه ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت به منظور ازدست دادن رطوبت احتمالی خشک شدند. برای به دست آوردن نمونه های همگن، نمونه های خشک شده به صورت پودر ریز آسیاب و از الک ۰/۵۰۸ میلی متری عبور داده شدند (۱۲). تمام نمونه ها در ظروف نگینی با حجم ۳۰۰ CC برای تجزیه و تحلیل طیف سنجی گاما بسته بندی شدند. در این مطالعه هر ظرف حاوی ۲۵۵ گرم نمونه رسوب می باشد. برای بسته بندی نمونه های آب از ظروف مارینلی بیکر<sup>۱</sup> استفاده شد. این ظرف از جنس پلی اتیلن بوده و دارای حجم  $800 \text{ cm}^3$  است. قطر خارجی، ارتفاع خارجی، قطر داخلی و ارتفاع داخلی آن به ترتیب ۱۴، ۱۱، ۱۰ و ۷/۵ سانتی متر می باشد. برای جلوگیری از جذب عناصر پرتوزا به دیواره های ظرف نمونه برداری، به هر ۲۵۰ میلی لیتر از نمونه آب، بلافاصله ۲ میلی لیتر اسید نیتریک (۶۵ درصد) اضافه شد تا pH آن به ۱/۵ تا ۲ برسد (۱۲). رادون یک ویژه هسته پرتوزای گازی و فرآر با نیمه عمر کوتاه است، برای ممانعت از خروج گاز رادون ظروف نمونه کاملاً آب بندی شدند. به منظور رسیدن به تعادل فعالیت بین هسته های  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{222}\text{Rn}$  از زنجیره واپاشی  $^{238}\text{U}$ ، بعد از گذشت حداقل ۵۰ روز از هر یک از نمونه ها به مدت یک شبانه روز (۸۶۴۰۰ ثانیه) طیف گیری به عمل آمد (۱۳). همچنین، می توان فرض کرد که پس از گذشت ۵۰ روز، ویژه هسته های  $^{228}\text{Ra}$ ،  $^{228}\text{Ac}$  و  $^{228}\text{Th}$  در تعادل با ویژه هسته مادرشان یعنی  $^{228}\text{Ac}$  هستند که در این نوع از نمونه های خاک رایج است (۱۴، ۱۵).

### ۳- طیف نگاری گاما

طیف نمونه ها با استفاده از آشکارساز فوق خالص ژرمانیمی (HPGe) هم محور نوع P مدل GCD-۳۰۱۹۵ BSI ساخت شرکت Baltic Scientific Instrument ((۰۰۵- Latvia) LTD) BSI با قدرت تفکیک انرژی ۱/۹۵ کیلو الکترون ولت برای خط گامای  $^{137}\text{Cs}$  ۱۳۳۲/۵۲۰ کیلو الکترون ولت مربوط به  $^{60}\text{Co}$  و ولتاژ کاری ۳۰۰۰ ولت ثبت شد. طیف گیری با استفاده از نرم افزار IsrmBSI به عمل آمد. تجزیه و تحلیل طیف های ثبت

1- Marinelli Beaker

آهنگ دز جذبی در هوا ناشی از پرتوهای گامای گسیل شده از - هسته‌های پرتوزای موجود در رسوب در ارتفاع یک متر بالاتر از سطح زمین با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (۱۹).

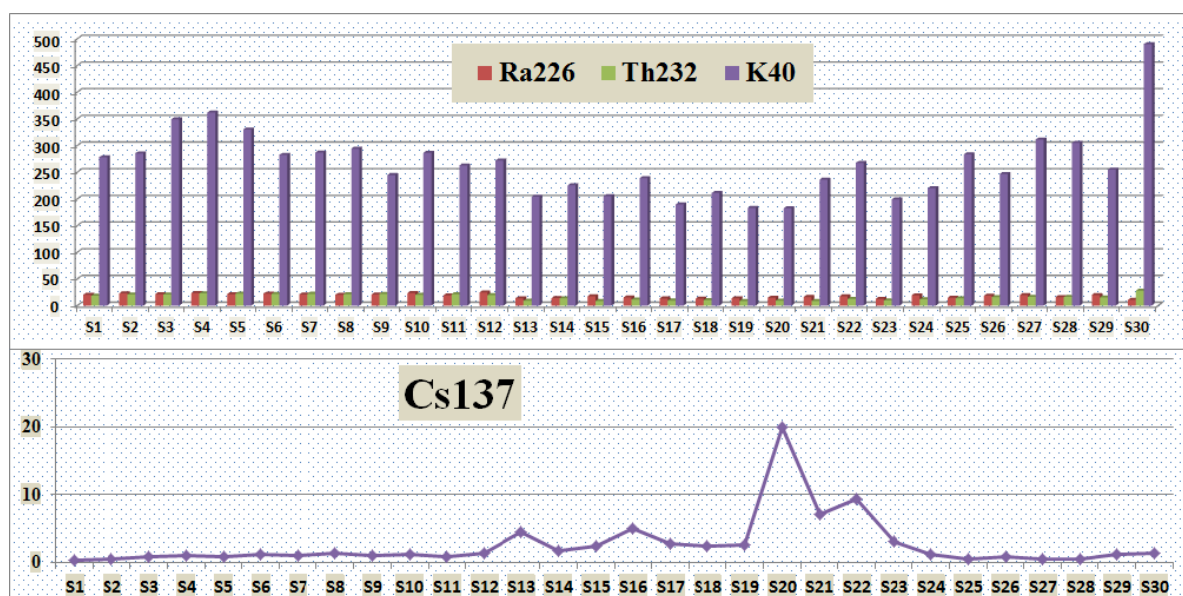
$$A_{K0.417A_{Th} + 0.599A_{Ra} + 0.436} =^{-1}(\text{nGyh D}) \quad (3)$$

#### یافته‌ها

نتایج اندازه‌گیری فعالیت ویژه عناصر پرتوزا در شکل‌های ۲-۴ نمایش و خلاصه نتایج در جدول ۲ درج شده است.

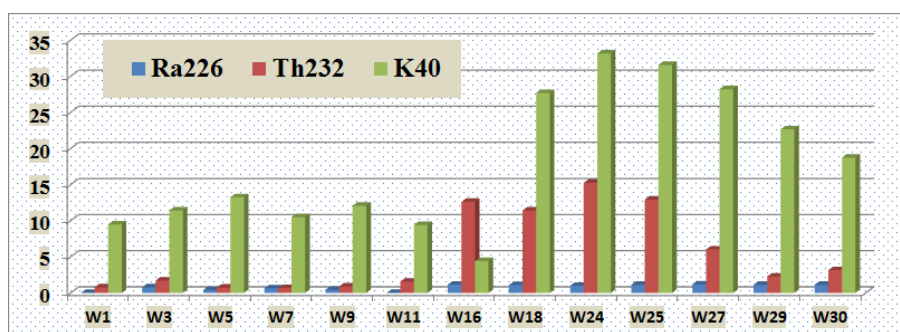
برای تعیین ویژه‌فعالیت  $^{226}\text{Ra}$  در نمونه‌ها، از پرتوی گامای  $^{214}\text{Pb}$  با انرژی ۳۵۱٫۹۳ keV و پرتوی گامای  $^{214}\text{Bi}$  با انرژی ۶۰۹٫۳۱ keV استفاده شده است. همچنین برای تعیین ویژه‌فعالیت  $^{232}\text{Th}$  از دو خط گامای  $^{228}\text{Ac}$ ، یکی با انرژی ۹۱۱٫۲۱ keV با احتمال واپاشی ۲۶٫۶ درصد و دیگری با انرژی ۹۶۸٫۹۷ keV با احتمال واپاشی ۱۷٫۴ درصد استفاده شده است. ویژه‌فعالیت‌های  $^{40}\text{K}$  و  $^{137}\text{Cs}$  با استفاده از خطوط گامای این هسته‌ها به ترتیب با انرژی‌های ۱۴۶۰٫۷۰ keV و ۶۶۱٫۶۶ keV تعیین گردیدند (۱۲).

#### ۴- آهنگ دز جذبی (D)



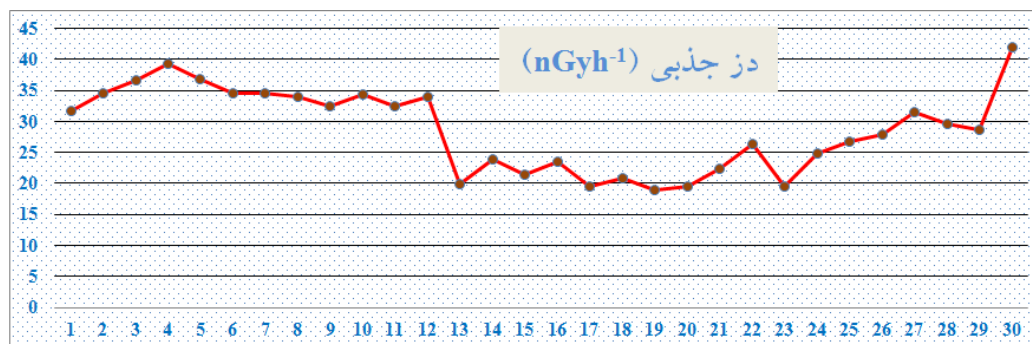
شکل ۲- نتایج اندازه‌گیری غلظت عناصر پرتوزا در نمونه‌های رسوبی شبه‌جزیره میانکاله.

Figure 2. The concentration of radionuclides in the sediment samples of Miankaleh Peninsula.



شکل ۳- نتایج اندازه‌گیری غلظت عناصر پرتوزا در نمونه‌های آب شبه‌جزیره میانکاله.

Figure 3. The concentration of radionuclides in the water samples of Miankaleh Peninsula.



شکل ۴- نتایج اندازه‌گیری دز جذبی در نمونه‌های رسوبی شبه جزیره میانکاله.

Figure 4. The results of measuring the absorbed dose in the sediment samples of Miankaleh Peninsula.

جدول ۲- خلاصه نتایج اندازه‌گیری فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا و دز جذبی در نمونه‌های مورد مطالعه.

Table 2. Summary of the results of measuring the specific activity of radionuclides and absorbed dose in the studied samples.

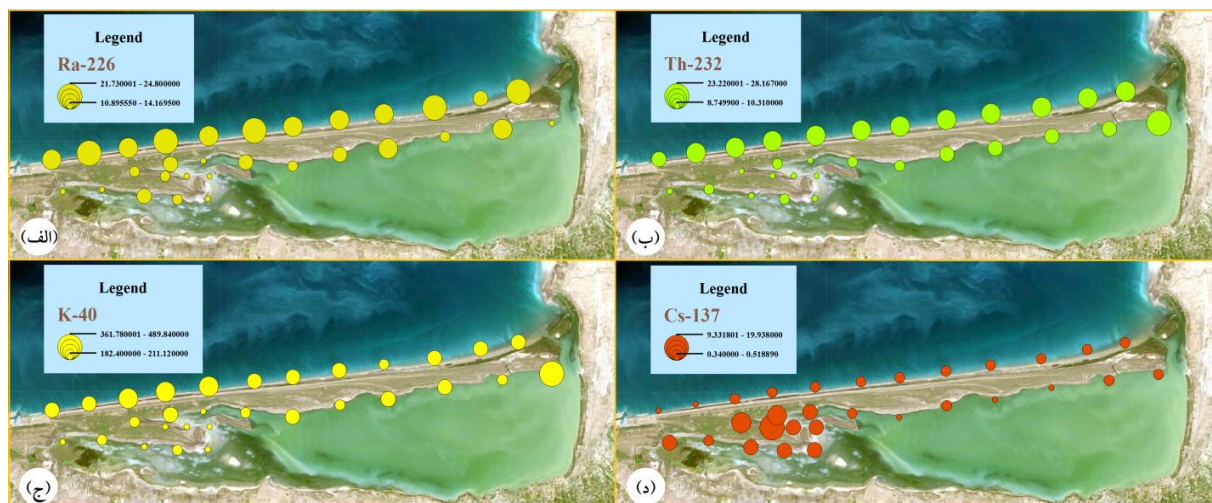
میانگین کل	میانگین ساحل جنوبی	میانگین ساحل شمالی	کمترین	بیشترین	نوع نمونه	کمیت
$0.12 \pm 0.78$	$0.12 \pm 1.12$	$0.38 \pm 0.12$	۰	$1.19 \pm 0.12$	آب	$^{226}\text{Ra}$
$1.62 \pm 18.17$	$1.76 \pm 15.68$	$21.90 \pm 1.40$	$1.090 \pm 0.83$	$24.80 \pm 1.98$	رسوب	( $\text{Bqkg}^{-1}$ )
$0.75 \pm 5.39$	$1.17 \pm 9.09$	$1.07 \pm 0.25$	$0.68 \pm 0.17$	$15.24 \pm 2.03$	آب	$^{232}\text{Th}$
$1.36 \pm 16.21$	$1.25 \pm 12.81$	$21.30 \pm 1.52$	$8.75 \pm 1.08$	$28.17 \pm 2.25$	رسوب	( $\text{Bqkg}^{-1}$ )
$1.79 \pm 17.89$	$2.32 \pm 23.77$	$11.03 \pm 1.19$	$4.41 \pm 0.44$	$33.15 \pm 2.67$	آب	$^{40}\text{K}$
$9.45 \pm 266.28$	$6.50 \pm 247.48$	$294.48 \pm 13.88$	$182.40 \pm 5.25$	$489.84 \pm 12.44$	رسوب	( $\text{Bqkg}^{-1}$ )
$0.27 \pm 2.61$	$0.25 \pm 3.72$	$0.95 \pm 0.30$	$0.34 \pm 0.18$	$19.94 \pm 0.50$	رسوب	$^{137}\text{Cs}$
						( $\text{Bqkg}^{-1}$ )
$1.91 \pm 28.73$	$1.79 \pm 24.83$	$34.59 \pm 2.10$	$18.85 \pm 1.62$	$42.05 \pm 2.23$	رسوب	D
						( $\text{nGyh}^{-1}$ )

#### بحث و نتیجه گیری

آن که در مجاورت دریای خزر است می‌باشد. در مورد رسوبات این منطقه، غلظت  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در رسوبات ساحلی بیشتر از ساحل جنوبی است. در شکل ۵ نحوه توزیع عناصر پرتوزا در رسوبات شبه جزیره میانکاله نمایش داده شده است.

میانگین فعالیت ویژه  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در منطقه مورد مطالعه کمتر از مقدار میانگین جهانی یعنی به ترتیب ۳۵، ۴۰ و  $400 \text{ Bqkg}^{-1}$  است (۱). به شکل کلی غلظت عناصر پرتوزا در نمونه‌های آب ساحل جنوبی شبه جزیره میانکاله که در مجاورت خلیج آرام گرگان (تالاب میانکاله) است بیشتر از ساحل شمالی





شکل ۵- توزیع الف:  $^{226}\text{Ra}$ ، ب:  $^{232}\text{Th}$ ، ج:  $^{40}\text{K}$  و د:  $^{137}\text{Cs}$  در رسوبات شبه جزیره میانکاله

Figure 5. Distribution of a.  $^{226}\text{Ra}$ , b.  $^{232}\text{Th}$ , c.  $^{40}\text{K}$  and d.  $^{137}\text{Cs}$  in sediments of Miankaleh Peninsula.

غلظت عناصر پرتوزا در ساحل جنوبی نسبت به ساحل شمالی می باشد. میانگین دز جذبی برای این منطقه کمتر از میانگین جهانی ۵۵ نانوگری بر ساعت می باشد و نشان می دهد که فعلا در این منطقه سطح تابش های هسته ای در حدی نیست که خطرات پرتوشناختی ساکنین و توریست های این منطقه را تهدید کند (۱). امروزه ثابت شده است که همراه دود های ناشی از احتراق سوخت های فسیلی عناصر پرتوزا نیز در هوا پراکنده می شوند که بعد از سرد شدن بر روی خاک های منطقه نشست پیدا می کنند و باعث افزایش آلودگی ها از جمله آلودگی هسته ای شده و سطح تابش هسته ای منطقه را بالا می برد (۲۰). لذا این مطالعه می تواند به عنوان مرجع قبل از استقرار صنایع آلاینده مورد استفاده قرار گیرد. به منظور پی بردن به شدت میزان آلودگی ایجاد شده مجدداً پس از چندین سال منطقه مورد مطالعه محیطی مجدداً قرار می گیرد.

#### تشکر و قدردانی

این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تأمین مالی گردیده است بنابراین نویسندگان بر خود لازم می دانند از معاونت مذکور کمال سپاسگزاری را داشته باشند.

با توجه به شکل ۵، برای  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در قسمت شمال شرقی خلیج گرگان در نزدیکی محل اتصال خلیج گرگان به دریای خزر افزایش غلظت را شاهد هستیم که بالاتر بودن غلظت این عناصر در قسمت شمالی شبه جزیره مؤید تاثیر جریان های دریای خزر بر افزایش غلظت این عناصر در قسمت اتصال خلیج به دریا می باشد. اما برای  $^{137}\text{Cs}$  میانگین غلظت در ساحل جنوبی بیشتر از ساحل شمالی است، اما در ساحل جنوبی غلظت بالای  $^{137}\text{Cs}$  مربوط به قسمت شرقی تالاب میانکاله و در منطقه کاملاً خشک شده قرار دارد که به شکل واضح در شکل ۵ نمایش داده شده است. سزیم دارای خاصیت حرکت پذیری بالا و نفوذ پذیری به لایه های زیرین توسط آب های فوقانی است اما در این قسمت به علت نبود جریان آب،  $^{137}\text{Cs}$  در جای خود ساکن مانده و کمتر به لایه های پایین تر نفوذ کرده و همچنین به مکان های دیگر نقل مکان نکرده و در نتیجه غلظت آن در این ناحیه بیشتر از نواحی دیگر است. اما به غیر از ضلع جنوب غربی شبه جزیره، میانگین غلظت  $^{137}\text{Cs}$  در سواحل جنوبی و شمالی آن تفاوت چندانی ندارد. دز جذبی (D) بین  $1.64 \pm 31.69$  تا  $2.78 \pm 39.22$  با مقدار متوسط  $1.10 \pm 34.59$  nGy $^{-1}$  برای ضلع شمالی و بین  $1.62 \pm 18.85$  تا  $2.23 \pm 42.05$  با مقدار متوسط  $1.79 \pm 24.83$  nGy $^{-1}$  به دست آمد. به شکل کلی میزان دز جذبی در ساحل شمالی بیشتر از ساحل جنوبی شبه جزیره میانکاله به دست آمد که دلیل آن کمتر بودن میزان



- Science and Technology Transaction A: Science. Vol. 45, pp. 733-736. <https://doi.org/10.1007/s40995-020-01044-6>
18. Pourimani, R., Rahimi, S., 2016. Radiological Assessment of the Artificial and Natural Radionuclide Concentrations of Some Species of Wild Fungi and Nourished Mushrooms. Iran. J. Med. Phys. Vol. 13(4), pp. 269-275. <https://dx.doi.org/10.22038/ijmp.2017.8293>.
19. [European Commission \(EC\), 1999. Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building material, In EC radiation protection, 112, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection.](#)
20. Pourimani R, Davoodmaghami T, Mohebian M., 2020. Determination of radiological map of radionuclides distribution in soils around of Shazand oil power plant. IJRSM 2020; 8 (4) :63-72.
- <https://doi.org/10.22038/ijmp.2017.24190.1238>.
14. [Paiva, J.D.S., Farias, E.E., Franca, E.J.D., 2015. Assessment of the equilibrium of Th-228 and Ra-228 by gamma-ray spectrometry in mangrove soils.](#)
15. Shahrokhi, A., Kovacs, T., 2021. Radiological survey on radon entry path in an underground mine and implementation of an optimized mitigation system. Environ. Sci. Eur. 33, 66. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00507-w>.
16. Pourimani, R., Anoosheh, F., 2015. A Study on Transfer Factors of Environmental Radionuclides: Radionuclide Transfer from Soil to Different Varieties of Rice in Gorgan, Iran. Iran. J. Med. Phys. 12(3), 189-199. <https://doi.org/10.22038/IJMP.2015.6220>.
17. Pourimani R., and Mohebian M., 2021. Study of Background Correction of Gamma-Ray Spectrometry Using Reference Materials. Iranian journal of