اندازه‌گیری غلظت رادیونوکلئید مصنوعی در نمونه‌های آب و رسوبات رودخانه اروندرود

مرجان فلاح[۱]، محمدرضا کاردان[۲]، سیدمحمد باقرنبوی[۳]، فروزان فرخیان[۴]،
حمیدرضا پورزمانی[۵]، وحید سروی[۶]

چکیده

مقدمه: با توجه به این که تخلیه بعضی از پساب‌های صنعتی به رودخانه اروندرود صورت می‌گیرد، احتمال حضور مواد رادیونوکلئوتید در رودخانه وجود دارد. در این مطالعه هدف بررسی میزان پرتوزایی زمین منطقه اروندرود تا دهانه خلیج فارس بوده است.

روش‌ها: غلظت رادیونوکلئید سزیم -۱۳۷ (Cs^{137}) در ۲۰ نمونه رسوب و ۸ نمونه آب نمونه‌برداری شده به ترتیب از ۲۰ و ۸ ایستگاه مختلف در رودخانه اروند اندازه‌گیری شد. تعیین میزان پرتوزایی رادیونوکلئیدهای ذکر شده در نمونه‌های رسوب به روش گاما اسپکترومتری انجام پذیرفته است. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و روش مقایسه میانگین یک طرفه (on-way ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن صورت گرفت.

یافته‌ها: میزان پرتوزایی رادیونوکلئید مصنوعی سزیم ۱۳۷ در نمونه‌های رسوب در گستره ۱/۱۳ تا $Bq.kg^{-1}$ ۴/۱۶ به دست آمده است.

نتیجه‌گیری: غلظت‌های به دست آمده در نمونه‌های آب کمتر از حد MDA (Minimum Detectable Activity) سیستم شمارش بوده‌اند به‌طوری که استفاده از آب رودخانه به عنوان آب شرب، از نظر این رادیونوکلئید تهدیدی برای سلامت ساکنان منطقه ایجاد نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: گاما اسپکترمتری، اروندرود، سزیم۱۳۷، رادیونوکلئید مصنوعی.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله:۸۹/۱۱/۲۵ *پذیرش مقاله: ۸۹/۱۲/۳*

مقدمه

بعضی از رادیونوکلئیدها به صورت مصنوعی وارد محیط زیست می‌شوند، تحت عنوان رادیونوکلئیدهای مصنوعی که در اثر فعالیت‌های بشر وارد طبیعت شده‌اند. از مهم‌ترین منابع مصنوعی پرتوزائی در محیط‌های دریایی، موادی است که در نتیجه آزمایش‌های سلاح‌های اتمی و یا انفجارات اتمی آزمایشی یا از نیروگاه‌های هسته‌ای مجاور آب‌ها یا به وسیله راکتورها و استفاده از انرژی اتمی در آزمایش‌های فضائی در اتمسفر رها می‌شوند و یا از تصادفات کشتی‌های حاوی مواد رادیواکتیو در محیط‌های آبی پیش می‌آید (۱). تا به حال ریزش‌های حاصل از انفجارهای اتمی، به دلیل تعدادی از آزمایش‌های سلاح‌های اتمی در جاهای مختلف کره زمین در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: falahmarjan@gmail.com

۲- دکتری فیزیک هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.

۳- دکتری مدیریت محیط زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۴- دکتری مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران.

۵- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۶- کارشناس ارشد، گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]

www.mui.ac.ir

درجه اول اهمیت برای آلودگی رادیونوکلئیدهای مصنوعی قرار گرفته‌اند. مواد پرتوزای انتشار یافته از این ریزش‌ها در محیط با طی مسیرهای مختلف قابل انتقال به انسان می‌باشند. از جمله این رادیونوکلئیدهای مصنوعی می‌توان به سزیم -۱۳۷ (Cs^{137}) اشاره نمود (۲).

سزیم یک رادیونوکلئوتید مصنوعی است که ساطع‌کننده پرتو گاما می‌باشد. میزان اکتیویته این رادیونوکلئید مصنوعی ۱ µci و میزان پرتودهی آن نیز (mR/hr at 1m) ۰/۰۰۰۳ می‌باشد. در صورت ورود این رادیونوکلئید به دریاها و رودخانه‌ها مدت زمان کمی در آب‌ها باقی می‌ماند و به سرعت در قسمت‌های سطحی (حداکثر تا عمق ۵ سانتی‌متر) رسوب می‌شود. این رادیونوکلئید به صورت طبیعی در محیط زیست یافت نمی‌شود و تنها از طریق تأسیسات هسته‌ای و بمب اتم وارد محیط زیست می‌شود (۳).

در سال ۲۰۰۳ در چند دانشگاه ایتالیا سزیم-۱۳۷ به روش گاما اسپکترومتری در اکوسیستم آبی اندازه‌گیری شده و کار دیگری مشابه این پژوهش در دانشگاه فلوریدا در سال ۲۰۰۰ و مرکز تحقیقات شیلات ایران در سال ۲۰۰۷ بر روی نمونه‌های دریایی انجام شده است که در تمام این پژوهش‌ها غلظت سزیم-۱۳۷ در حد بسیار پایینی ملاحظه شده است (۲،۴).

با توجه به این که تخلیه بعضی از پساب‌های صنعتی به رودخانه اروندرود صورت می‌گیرد، احتمال حضور مواد رادیونوکلئوتید در رودخانه وجود دارد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی منطقه از نظر حضور رادیو نوکلئوتید مصنوعی سزیم-۱۳۷ می‌باشد.

روش‌ها

در این پژوهش ۲۰ نمونه رسوب از ۲۰ ایستگاه مختلف مطابق نقشه (۱) در طول اروندرود انتخاب شده است. کم‌ترین و بیشترین عمق ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول مسیر انتخابی به ترتیب ۵ تا ۱۵ متر می‌باشد. بعد از نمونه‌برداری با استفاده از روش گراپ از ایستگاه‌های موردنظر مرحله آماده‌سازی نمونه می‌باشد، نمونه‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گشته و سپس مراحل آماده‌سازی اولیه که شامل خشک شدن در هوای آزاد، آسیاب شدن و خشک شدن در آون در دمای $^{\circ}C$ ۸۵ به مدت ۵ ساعت به منظور خشک شدن کامل و توزین می‌باشد و سپس مقدار ۳۰۰ گرم از نمونه آماده‌سازی شده به‌طور یکنواخت و همگن به ظروف با ژئومتری مشخص و کالیبره شده منتقل گردید. به ظروف ژئومتری کالیبراسیون سیستم گاما اسپکتروسکپی منتقل گشته و به مدت ۲۰۰۰۰-۲۵۰۰۰ ثانیه مورد گاما اسپکتروسکپی قرار گرفتند (به دلیل سطح پایین پرتوزایی در نمونه‌های طبیعی و کمتر شدن خطای سنجش زمان شمارش نسبتاً طولانی انتخاب گردید). اندازه‌گیری کیفی و کمی این رادیونوکلئید مصنوعی به وسیله سیستم گاما اسپکترومتری انجام گردید. سیستم گاما اسپکترومتری از دو قسمت مجزا می‌باشد که شامل آشکارساز و بخش الکترونیک است.

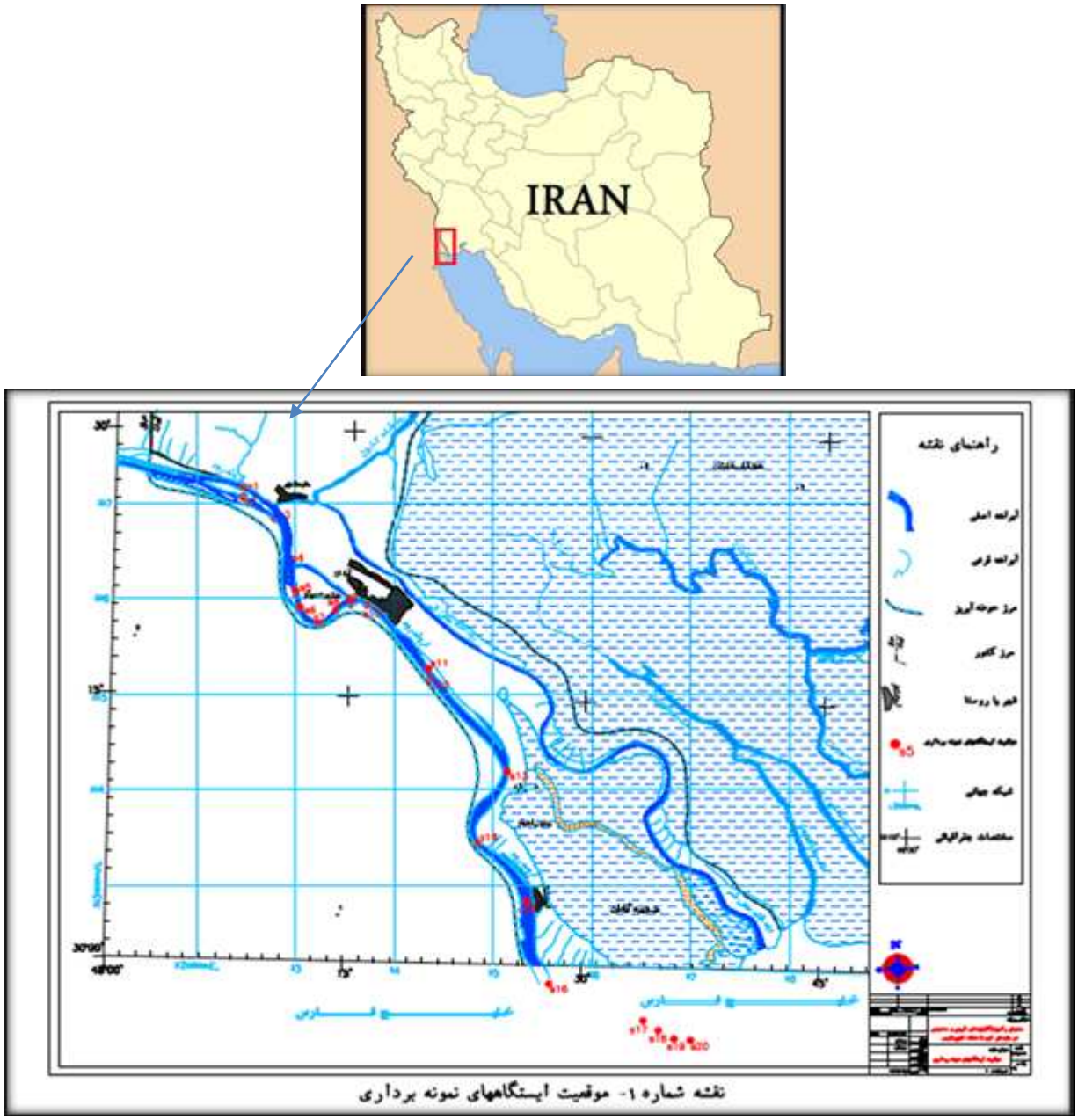
قسمت اول سیستم شامل آشکار ژرمانیم خالص (HPGe) با راندمان نسبی ۴۰٪ در حفاظ استوانه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر سرب که با رویه داخلی مس و کادمیم به ضخامت حدود ۰/۱ سانتی‌متر قرار دارد.

در یک سیستم طیف‌سنجی گاما، آشکارساز به عنوان جزء اصلی، پرتوی گاما را دریافت و تبدیل به پیک الکتریکی می‌کند. از آن‌جا که این پیک ضعیف می‌باشد، لازم است تغییراتی روی آن صورت گیرد تا تثبیت، تقویت وجداسازی برای تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری، مناسب گردد.

قسمت دوم سیستم، اجزای الکترونیکی بوده که شامل پروسسور مدل ۱۵۱۰ Canberre می‌باشد که شامل منابع تغذیه (ولتاژ) و آمپلی‌فایر ADC و متصل به مالتی کانال آنالیزر MCA و کامپوتر وچاپگر IBM بوده است. پری‌آمپلی‌فایر که معمولاً با دتکتور همراه است، Canberra مدل ۲۰۰۱ است.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]

www.mui.ac.ir

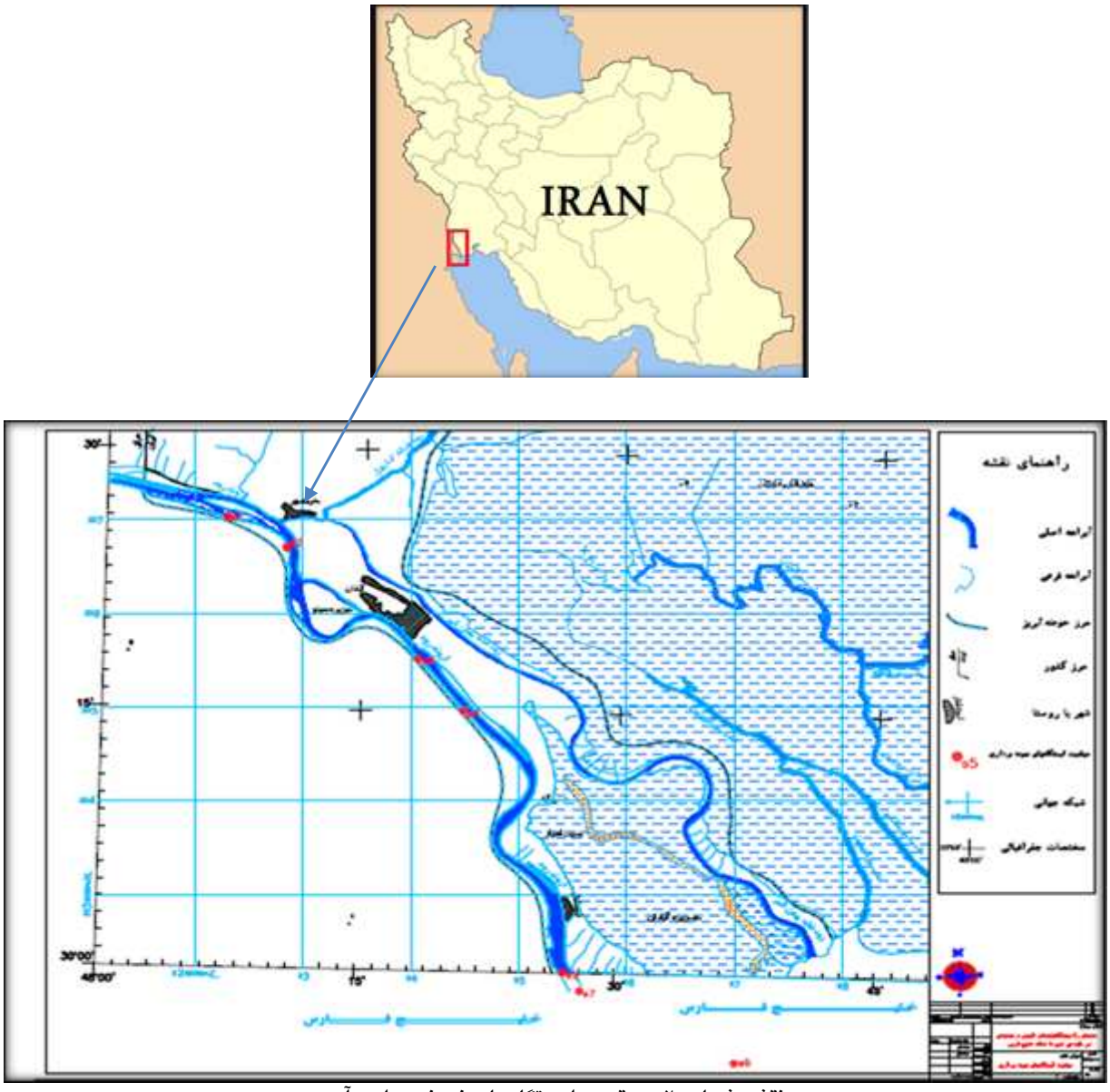


نقشه شماره ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب

نمونه برداری از آب به منظور اندازه‌گیری سزیم – ۱۳۷ از ۸ ایستگاه مطابق نقشه (۲) در طول رودخانه اروند انتخاب شده است که مشخصات و اطلاعات هر ایستگاه مطابق جدول (۱) می‌باشد. در آب، به دلیل غلظت پایین این رادیونوکلئید، نیاز به عملیات تغلیظ اولیه (Preconcentration) در حجم نسبتاً بالای از آب (حدوداً ۱۰۰ لیتر) می‌باشد. به این منظور ۱۰۰ لیتر آب سطحی در هر ایستگاه از ۳۰ گرم رزین جاذب سزیم–۱۳۷ که آنفژ (Anfezh) نامیده می‌شود، با دبی مشخص عبور داده شده و سپس رزین مربوط به ظروفی که برای گاما اسپکترومتری، کالیبره شده بودند (ژئومتری کالیبراسیون) منتقل گشته جهت گاما اسپکترومتری برای آزمایشگاه شمارش (Counting lab) ارسال گردیدند.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]
www.mui.ac.ir

برای تجزیه آماری داده‌ها نیز از نرم افزار SPSS و روش مقایسه میانگین یک طرفه (on-way ANOVA) استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن صورت گرفت.



نقشه شماره ۲: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب

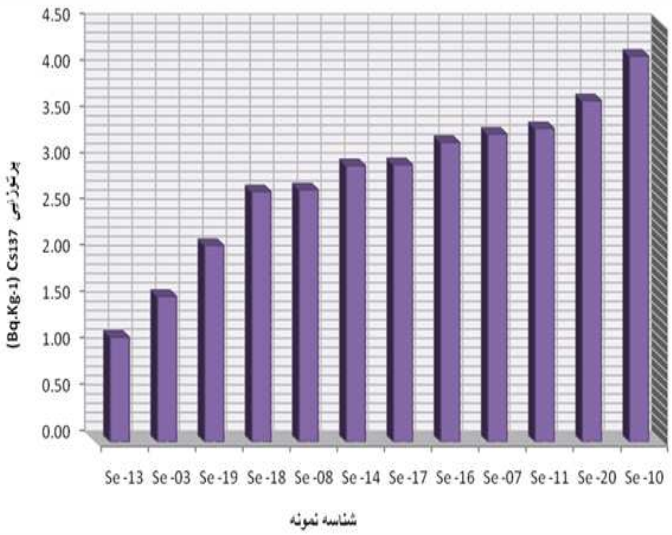
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]
www.mui.ac.ir

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری آمفژ آب

ردیف	دمای آب (c)	عمق منطقه نمونه‌برداری D	pH	توضیحات	مختصات جغرافیایی	شماره ایستگاه	شناسه نمونه
1	31.5	7.5	7.6	اروند رود	Lat:30 26 78,2 Lon:48 07 655	1	W -01
2	29.1	13.5	7.6	اروند رود	30 24 833 48 10 392	2	W -02
3	32	9.6	7.4	اروند رود	30 18 670 48 17 812	3	W -03
4	30.4	10	7.3	اروند رود	30 15 53,08 48 20 30,72	4	W -04
5	31	9.2	7.4	اروند رود – بندر فاو	30 00 000 48 27 000	5	W -05
6	32	8.4	7.9	اروند رود	29 55 689 48 37 230	6	W -06
7	33.9	8.55	7.8	اروند رود- پل بعثت	29 59 1861 48 28 1911	7	W -07
8	34.2	9.2	7.9	خلیج فارس	29 49 397 48 48 0577	8	W -08

یافته‌ها

غلظت پرتوزایی رادیونوکلئیدهای اندازه‌گیری شده به روش گاما اسپکترومتری در این پژوهش؛ همان گونه که در نمودار (۱) مشاهده می‌کنید برای نمونه‌های آب و برخی از نمونه‌های رسوب غلظت پرتوزایی کمتر از میزان قابل اندازه گیری MDA (Minimum Detectable Activity) می‌باشد که این نمونه‌ها در نمودار نشان داده نشده‌اند. با توجه به میزان غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید سزیم –۱۳۷ در نمونه‌های رسوب بیشترین میزان این پرتوزایی مربوط به نمونه ایستگاه ۱۰ با میزان غلظت پرتوزایی ($Bq.kg^{-1}$) ۴/۱۶، در مجاورت بندر آبادان بوده وکمترین پرتوزایی آن مربوط به نمونه ایستگاه‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ که غلظت پرتوزایی آن‌ها در حد MDA بوده است. میزان غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید سزیم برای تمام نمونه‌های آب در حد MDA بود است.



نمودار ۱: غلظت پرتوزایی Cs^{137} در نمونه‌های رسوب

بحث

در اروندرود از فاصله کانال خین تا بندر آبادان غلظت Cs^{137} به‌طور متوسط ۱/۳۲۸ $Bq.kg^{-1}$ و از بندر آبادان تا دهانه

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]
www.mui.ac.ir

دریای پارس غلظت این رادیونوکلئید مصنوعی $Bq.kg^{-1}$ ۲/۲۷۴[1] می‌باشد، یعنی هرچه به سمت خلیج فارس پیش می‌رویم غلظت این رادیونوکلئید افزایش می‌یابد که شاید یکی از دلایل آن انجام آزمایش‌های تسلیحات نظامی که در آب‌های آزاد انجام شده است. از آن جایی که سزیم یک عنصر الکتروپوزیتیو می‌باشد، میل ترکیب شیمیایی زیادی را با سایر عنصرها به ویژه هالوژن‌ها دارد و اکثر ترکیبات سزیم به خوبی در آب حلال است و از طرف دیگر ماندگاری سزیم در آب کم می‌باشد و به سرعت در قسمت‌های سطحی رسوب می‌شود از این رو جابه‌جایی آن در خاک نیز بسیار زیاد است (۶). مشابه این پژوهش در سال ۱۳۸۶ مرکز تحقیقات شیلات ایران بر روی ۸۳ نمونه رسوب انجام داده است. منطقه مورد مطالعه این مرکز تحقیقات شمال خلیج فارس بوده، از جمله پارامترهای مورد سنجش در این پژوهش سزیم-۱۳۷ بوده که بیشترین میزان غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئید مربوط به ایستگاه ۳ با غلظت پرتوزایی ($Bq.kg^{-1}$) ۱۱/۴۵ می‌باشد و به طور کل میزان متوسط غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئید در این پژوهش ($Bq.kg^{-1}$) ۲/۶۰ برآورد شده است درحالی‌که متوسط غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئید برای ۲۰ نمونه رسوب در رودخانه مرزی ایران ($Bq.kg^{-1}$) ۱/۷۲ برآورد شده است (۲). از دیگر کارهای مشابه سنجش سزیم-۱۳۷ و استرنسیم-۹۰ بعد از حاثه چرنوبیل بود که توسط سازمان IAEA بر روی دریای سیاه انجام شد. در این پژوهش از سال ۱۹۸۶ تا سال ۱۹۹۵، هر سال یک بار این پارامترها را مورد سنجش قرار داده که متوسط غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئید مصنوعی در طی این ۱۰ سال در این پژوهش ($Bq.kg^{-1}$) ۱۱/۷۴ برآورد شده است در حالی که در این پژوهش انجام شده متوسط غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید سزیم برآورد شده بسیار کمتر از غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئید در دریای سیاه می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش میزان پرتوزایی رادیونوکلئید مصنوعی سزیم- ۱۳۷ در محدوده مورد مطالعه در حدود زمینه برای بستر و آب اروندرود می‌باشد (۱).

با توجه به راه‌اندازی نیروگاه بوشهر و همچنین احتمال بهره‌برداری تاسیسات هسته‌ای دیگر توسط کشورهای حاشیه خلیج فارس داشتن حد زمینه رادیونوکلئید مصنوعی در منطقه به منظور مقایسه پس از بهره‌برداری از تاسیسات مذکور امری ضروری است و به این منظور پیشنهاد می‌گردد پایش رادیونوکلئید مصنوعی در منطقه خلیج فارس به طور پیاپی و مداوم برای به دست آوردن حد زمینه واقعی توسط همه کشورهای منطقه انجام گردد.

با توجه به این که اروندرود منبع غذایی بسیار مهمی برای ما و کشور همسایه می‌باشد و موارد رادیواکتیو می‌تواند محیط دریایی را به گونه‌ای آلوده کند که حیات آبزیان به خطر افتاده و از طریق چرخه مواد غذایی این عناصر رادیواکتیو در بدن انسان ذخیره شده و اثر سرطان‌زایی خود را در یک پروسه طولانی مدت نشان دهد، رودخانه اروند و دریای خلیج فارس باید از نظر میزان سزیم مورد بررسی قرار گیرند.

References

1. Egorov VN, Povinec PP, Polikarpov GG, Stokozov NA, Gulin SB, Kulebakina LG, et al. 90Sr and 137Cs in the Black Sea after the Chernobyl NPP accident: inventories, balance and tracer applications . Journal of Environmental Radioactivity 1999; 43(2): 137-55.
2. Pourahmad J, Motallebi A, Asgharizadeh F, Eskandari GR, Shafaghi B. Radioactivity concentrations in sediments on the coast of the Iranian province of Khuzestan in the Northern Persian Gulf. Environ Toxicol 2008; 23(5): 583-90.
3. Santos EE, Lauria DC, Amaral EC, Rochedo ER. Daily ingestion of 232Th, 238U, 226Ra, 228Ra and 210Pb in vegetables by inhabitants of Rio de Janeiro City. J Environ Radioact 2002; 62(1): 75-86.
4. Desideri D, Giuliani S, Meli MA, Testa C, Triulzi C, Vaghi M. Presence of 137Cs, Pu isotopes and 241Am in ligurian and Tyrrhenian Seas sediments . Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 2004; 260(1): 9-12.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]

www.mui.ac.ir

5. Povinec PP, La Rosa JJ, Lee SH, Mulsow S, Osvath I, Wyse E. Recent developments in radiometric and mass spectrometry methods for marine radioactivity measurements. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 2003; 248(3): 713-8.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]

www.mui.ac.ir

Measurement of concentrations of artificial radioactivity in water samples and sediments in the Arvand Roud

***Marjan Fallah*[1], *Mohammad Reza Kardan*[2], *Mohammad Bagher Nabavi*[3], *Forouzan Farokhian*[4], *Hamid Reza Pourzamani*[5], *Vahid Sarvi*[6]**

Abstract

Background: Due to the evacuation of some industrial wastewaters to Arvand Roud, the presence of the radionuclide material in the river is likely. The purpose of this study was to determine the radioactivity rate in Arvand Roud land area to the Persian Gulf.

Methods: The concentration of cesium radionuclide (Cs137) was measured in 20 sediment samples and 8 water samples which were collected from 20 and 8 different stations in Arvand Roud respectively. The radionuclide radioactivity rates in the sediment samples were measured by using gamma spectrometry. The data were analyzed by SPSS and ANOVA.

Findings: The artificial radionuclide cesium 137 radioactivity levels in sediment samples were achieved in the range of 1.13 to 4.16Bq.kg-1.

Conclusion: The concentrations obtained in water samples were counted lower than the MDA system. There is not any threat to human health in terms of radionuclide presence in Arvand Roud.

Key words: Gamma-Spectrometry, Arvand Roud, Cesium-137, Artificial Radionuclide

1- MSc of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran (Corresponding Author)
Email: falahmarjan@gmail.com
2- PhD in Nuclear Physics, Institute of Nuclear Science and Technology, Atomic Energy Organization, Tehran, Iran.
3- PhD in Environmental Management, Khorramshahr University of Marine Science, Khorramshahr, Iran.
4- PhD in Environmental Management, Sciences and Researches Branch, Islamic Aazad University, Ahvaz, Iran.
5- PhD Student, Environment Research Center, Isfahan University of medical Sciences, Isfahan, Iran.
6- MSc, Department of Soil Sciences, School of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-28]

www.mui.ac.ir