DOI: 10.22122/jims.v38i601.12674 Published by Vesnu Publications

مجله دانشکده پزشکی اصفهان سال سی و هشتم/شماره‌ی ۶۰۱/هفته‌ی اول بهمن ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۱ تاریخ چاپ: ۱۳۹۹/۱۱/۷

بررسی اثرات پرتوی ناشی از نشت گاز هگزا فلوراید اورانیوم (UF6) با غنای طبیعی به روش شبیه‌سازی با نرم افزار RASCAL

مسعود صائب[۱]، داریوش شهبازی گهرویی[۲]

مقاله کوتاه

چکیده

مقدمه: انتشار مواد رادیواکتیو در اثر حوادث پرتوی در مراکز هسته‌ای تأمین سوخت، باعث آلودگی محیط زیست و جذب پرتوها از طریق تنفس توسط افراد و کارکنان منطقه‌ی حادثه دیده اهمیت زیادی دارد. هدف از انجام این پژوهش، شبیه‌سازی حادثه با استفاده از نرم‌افزار Radiological assessment system for consequence analysis (RASCAL) و مقایسه با نتایج مدل گوسی (Gaussian model) است.

روش‌ها: حادثه‌ی مورد نظر در این مطالعه، نشت گاز هگزا فلوراید اورانیوم در انبار سوره‌ی سایت هسته‌ای اصفهان بود. جهت جغرافیایی انتشار مواد رادیواکتیو و میزان دز دریافتی کارکنان و افراد مستقر در اطراف سایت تا شعاع ۱۰ کیلومتری آن برآورد شد.

یافته‌ها: در این تحقیق، نشت گاز هگزا فلوراید اورانیوم، بیشترین میزان مواد رادیواکتیو منتشر شده است که باعث دز دریافتی کارکنان و مردم منطقه می‌شود.

نتیجه‌گیری: نشت گاز هگزا فلوراید اورانیوم، اثر قطعی بر روی کارکنان و مردم نخواهد داشت. همچنین، توصیه می‌شود که برای انجام محاسبات و خطر ناشی از اثرات پرتوی از کدهای نرم‌فزاری استفاده گردد.

واژگان کلیدی: آزاد شدن رادیواکتیو؛ حوادث پرتوی؛ هگزا فلوراید اورانیوم؛ آلودگی محیطی

ارجاع: صائب مسعود، شهبازی گهرویی داریوش. **بررسی اثرات پرتوی ناشی از نشت گاز هگزا فلوراید اورانیوم (UF6) با غنای طبیعی به روش شبیه‌سازی با نرم افزار RASCAL.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۹؛ ۳۸ (۶۰۱): ۸۸۵-۸۸۲.

مقدمه

در اثر حوادث پرتوی احتمالی در مراکز هسته‌ای، آزاد شدن مواد پرتوزا در محیط اطراف آن، مناطق وسیعی را در بر می‌گیرد (۱). تدوین برنامه ی پاسخ در شرایط اضطراری هسته‌ای و برنامه‌ریزی متناسب با نوع فعالیت‌های در حال انجام در تأسیسات چرخه‌ی سوخت، می‌تواند به فراهم ساختن آمادگی لازم برای پاسخ در شرایط اضطراری کمک کننده باشد. در این راستا، اولین قدم، ارزیابی کیفی و تشخیص خطرات خاص سایت و شرایط مرتبط با وضعیت اضطراری می‌باشد که نیاز به پاسخ سریع دارد. اولین گام در شرایط اضطراری، جمع‌آوری اطلاعات به موقع است که بتوان در خصوص تأیید و یا اصلاح اقدامات حفاظتی تصمیم‌گیری کرد. در صورت بروز یک حادثه همانند نشت احتمالی یک ماده‌ی شیمیایی خطرناک، باید نحوه‌ی انتشار آن از قبل شبیه‌سازی شده و میزان پخش ماده در فواصل مختلف محاسبه گردد تا با بهترین شکل بتوان اثرات بیولوژیکی آن را کنترل کرد (۵-۲). هدف اصلی این پژوهش، محاسبه و ارزیابی دز دریافتی در شرایط اضطراری (نشت احتمالی گاز Uranium hexafluoride یا UF6) و تأثیرات آن بر کارکنان سایت هسته‌ای اصفهان و مردم منطقه می‌باشد.

روش‌ها

حادثه‌ی پرتوی در نظر گرفته شده مربوط به نشت احتمالی گاز هگزا فلوراید اورانیوم (UF6) در انبار مواد شیمیایی شرکت سوره در سایت هسته‌ای اصفهان می‌باشد. با توجه به این که رها شدن مواد رادیو اکتیو در محیط آزاد، بسته به شرایط جوی موجود در زمان وقوع حادثه رابطه ی مستقیم دارد و می‌تواند محیط اطراف سایت را آلوده نماید، پس محدوده ی محاسبات تا شعاع ۱۰ کیلومتری از مرکز سایت هسته‌ای اصفهان واقع در شمال شرق شهر اصفهان در نظر گرفته شد. این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ صورت گرفته است.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست- ایمنی، گروه بهداشت و محیط زیست، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

۲- استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: داریوش شهبازی گهرویی؛ استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: shahbazi@med.mui.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

چشمه‌ی هوابرد مقدار ماده‌ی رادیو اکتیو (بر حسب گرم یا کوری) است و بر همین اساس، تعیین اصطلاح چشمه ی هوابرد (۴) با پنج عامل و با رابطه‌ی خطی زیر تعریف می‌شود:

MAR = LPF × RF × ARF × DR × Source term

که در آن، MAR (Material-at-Risk) (ماده‌ی ریسک پذیر)، DR) Damage ratio) نسبت آسیب، Airborne release fraction (ARF) کسر رهاسازی در هوا، RF کسر قابل استنشاق و Leakpath factor (LPF) عامل مسیر نشت است.

هر چند اغلب پخش اتمسفریک مواد رایج است؛ اما حقیقت این است که سهم بسیار کمی از توزیع گازها در اتمسفر بر اثر پدیده‌ی پخش انجام می‌گیرد. به همین دلیل، تقریب‌های توزیع گازها در اتمسفر، به جای استفاده از تئوری پخش کلاسیک، بر اساس مدل‌های ریاضی که حالات هواشناسی را لحاظ کرده‌اند، بنا شده‌اند. یکی از معمول‌ترین مدل‌ها که برای تخمین غلظت سطح زمینی جریان گازهای ناشی از یک چشمه‌ی نقطه‌ی مانند دهانه‌ی یک دودکش، مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل ابر گاوسی با مسیر راست خط است که فرمول کلی مدل ابر گاوسی است (۴) و برایند ارتفاع واقعی دودکش و عوامل مؤثر در آن به صورت زیر به دست می‌آید:

$$H = h + d\left(\frac{v}{u}\right)^{1.4}\left(1 + \frac{\Delta T}{T}\right)$$

که در آن h ارتفاع فیزیکی دودکش، d قطر مجرای خروجی دودکش، v سرعت خروج مواد، u سرعت میانگین باد منطقه، ΔT اختلاف دمای مواد خروجی و هوا و T دمای هوای محیط است.

نرم‌افزار Radiological assessment system for consequence analysis (RASCAL) با استفاده از روش گستردگی ابر گازی (ناشی از پخش و نشت مواد رادیو اکتیو در محیط) در هر نقطه‌ای با استفاده از پایداری جوی، سرعت باد و فاصله در راستای جهت باد می‌تواند در شرایط اضطراری با محاسبه‌ی غلظت نشت گاز UF6 از سیلندرهای مخصوص نگهداری این گاز در فواصل مختلف، میزان دز مؤثر را در فواصل مختلف را محاسبه کند (۵).

محاسبات با در نظر گرفتن یک سیلندر ۱۰ تنی گاز UF6 با غنای طبیعی و با احتمال خرابی دریچه‌ی سیلندر و یا کاهش ضخامت بدنه‌ی سیلندر و سوراخ شدن تحت شرایط آب و هوایی موجود انجام شده است. از انجام محاسبات در تمامی طبقات جوی خودداری شد و محاسبات در طبقات D (بهار و پاییز) و A (تابستان) و F (زمستان) انجام گرفت.

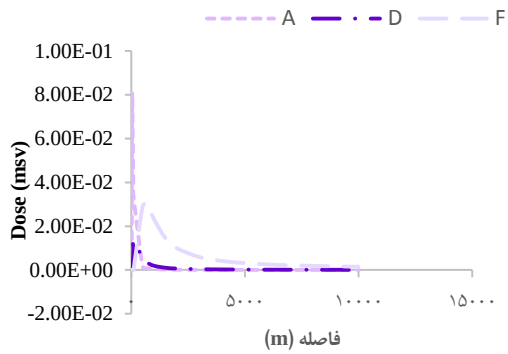
یافته‌ها

نتایج محاسبات مربوط به حادثه ی احتمالی نشت گاز UF6 با غنای طبیعی از سیلندر X ۴۸ در سه طبقه ی آب و هوایی A، D و F در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. میزان دز دریافتی افراد در فواصل مختلف در سه طبقه‌ی آب و هوایی

فاصله (Km)	میزان دز در طبقه‌ی A (msv)	میزان دز در طبقه‌ی D (msv)	میزان دز در طبقه‌ی F (msv)
۰/۰۱	***	***	***
۰/۰۲	۱/۱۱ × ۱۰−۲	***	***
۰/۰۳	۶/۰۱ × ۱۰−۲	***	***
۰/۰۴	۸/۱۲ × ۱۰−۲	۱/۳۹ × ۱۰−۶	***
۰/۰۵	۷/۸ × ۱۰−۲	۹/۳۴ × ۱۰−۵	***
۰/۰۶	۶/۷۵ × ۱۰−۲	۸/۳۳ × ۱۰−۴	***
۰/۰۷	۵/۶۶ × ۱۰−۲	۲/۹۰ × ۱۰−۳	***
۰/۰۸	۴/۷۳ × ۱۰−۲	۶/۱۲ × ۱۰−۳	***
۰/۰۹	۳/۹۶ × ۱۰−۲	۹/۸۰ × ۱۰−۳	***
۰/۱۰	۳/۳۵ × ۱۰−۲	۴/۳۱ × ۱۰−۳	***
۰/۵۰	۱/۶۲ × ۱۰−۳	۵/۷۵ × ۱۰−۳	۲/۹۲ × ۱۰−۲
۰/۷۰	۸/۰۴ × ۱۰−۴	۳/۳۹ × ۱۰−۳	۳/۰۳ × ۱۰−۲
۱/۰۰	۴/۱۸ × ۱۰−۴	۱/۹۲ × ۱۰−۳	۲/۳۲ × ۱۰−۲
۱/۵۰	۱/۹۰ × ۱۰−۴	۱/۰۱ × ۱۰−۳	۱/۴۶ × ۱۰−۲
۲/۰۰	۱/۰۹ × ۱۰−۴	۶/۵۵ × ۱۰−۴	۱/۰۰ × ۱۰−۲
۳/۰۰	۵/۱۱ × ۱۰−۵	۳/۵۸ × ۱۰−۴	۵/۹۰ × ۱۰−۳
۴/۰۰	۳/۱۹ × ۱۰−۵	۲/۳۶ × ۱۰−۴	۴/۱۰ × ۱۰−۳
۵/۰۰	۲/۳۴ × ۱۰−۵	۱/۷۳ × ۱۰−۴	۳/۱۳ × ۱۰−۳
۶/۰۰	۱/۸۶ × ۱۰−۵	۱/۳۴ × ۱۰−۴	۲/۵۴ × ۱۰−۳
۷/۰۰	۱/۵۲ × ۱۰−۵	۱/۰۹ × ۱۰−۴	۲/۱۴ × ۱۰−۳
۸/۰۰	۱/۲۸ × ۱۰−۵	۹/۱۹ × ۱۰−۵	۱/۸۶ × ۱۰−۳
۹/۰۰	۱/۰۹ × ۱۰−۵	۷/۸۸ × ۱۰−۵	۱/۶۵ × ۱۰−۳
۱۰/۰۰	۹/۴۲ × ۱۰−۶	۶/۸۸ × ۱۰−۵	۱/۴۸ × ۱۰−۳

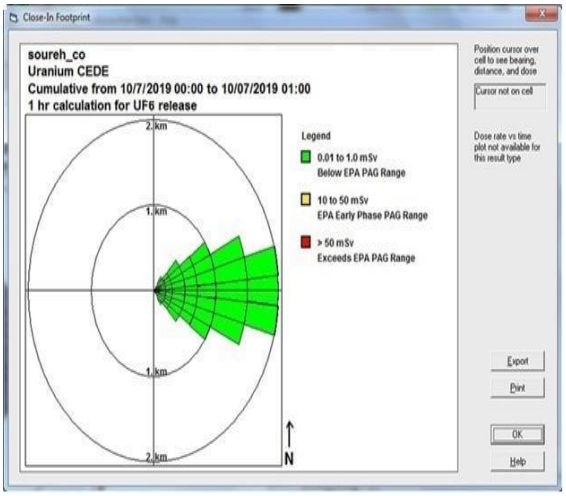
در شکل ۱ نیز نمودار تغییرات دز دریافتی در فواصل مختلف از محل حادثه نمایش داده شده است.



شکل ۱. نمودار تغییرات دز در فواصل مختلف در سه طبقه‌ی آب و هوایی

www.SID.ir
http://jims.mui.ac.ir

همان گونه کـه در جـدول ۱ مشـاهده مـی‌شـود، در طبقـه‌ی آب و هوایی A در فواصل نزدیک به محـل حادثـه و تـا فاصـله‌ی ۱۰۰ متـری، میزان دز دریافتی افراد به نسبت بالا می‌باشد. با افزایش فاصله با توجه بـه شرایط آب و هوایی و حرکت لایه‌های جو، از غلظت مـواد رادیـو اکتیـو کاسته می‌شود و در نتیجه، میزان دز دریافتی نیز کـاهش مـی‌یابـد، امـا در طبقه‌ی آب و هوایی D، پس از انتشار گـاز UF6 و بـا فاصـله گـرفتن از محل حادثه، از میزان غلظت مواد رادیواکتیو پراکنـده شـده در جـو و بـه دنبال آن از دز دریافتی توسط افراد کاسته خواهد شد. در این طبقه ی آب و هوایی، به دلیل جابه‌جایی سریع جریانات هـوا و وزش بـاد، از غلظـت مواد در جو کاسته خواهد شد، اما در طبقه ی آب و هوایی F شـرایط بـه گونه‌ی دیگری است. سـکون لایـه‌هـای جـوی، باعـث مانـدگاری مـواد رادیو اکتیو منتشر شده در جو و حرکت رو به پایین ترکیبـات رادیواکتیـو به دلیل سـنگینی اورانیـوم خواهـد شـد. در ایـن طبقـه‌ی آب و هـوایی، گسترش وسیع تر مواد رادیواکتیو و در فواصل دورتر مشـاهده مـی شـود. شکل ۲، نحوه‌ی انتشار گاز UF6 را نشان می‌دهد.



شکل ۲. منطقه‌ی تحت تأثیر دز ناشی از نشت Uranium hexafluoride (UF6) تا شعاع ۲ کیلومتری از محل حادثه در طبقه‌ی آب و هوایی F

بحث

با توجه بـه نتـایج، وقـوع حادثـه‌ی احتمـالی در طبقـه‌ی آب و هـوایی D، بیشترین شرایط پخش مواد را دارا می‌باشد و مواد منتشـر شـده در جـو، بـه سرعت رقیق می گردد. وقوع حادثه در طبقه ی آب و هوایی A با توجـه بـه حرکت لایه‌های جـو و تخلیـه‌ی اتمسـفر، بیشـترین میـزان دز دریـافتی در فواصل نزدیک به محل رخ خواهد داد. با توجه بـه ایـن‌کـه بیشـترین دز در داخل محدوده شرکت می باشـد، قابـل کنتـرل اسـت. میـزان دز در نـواحی خـارج از محـدوده‌ی شـرکت نیـز کـه از محـل حادثـه بـه شـعاع ۲ کیلـومتری و در ناحیـه‌ی شـرقی از محـل نشـت مـی‌باشـد، در حـد میکروسیورت است که اثر قطعی قابل توجهی نـدارد، امـا بـدترین حالـت، وقوع حادثه در طبقه‌ی آب و هوایی F می‌باشد. در شرایط آب و هـوایی در این طبقه و عدم حرکت لایـه‌هـای جـوی، بیشـترین مانـدگاری مـواد و در وسعت زیاد اتفاق خواهد افتاد. بنابراین، تدابیر اورژانسی و گروه های پاسـخ جهت رفع آلودگی و اقدامات درمانی در بیرون از محدوده‌ی شـرکت دارای اهمیت می‌باشد. البته، با توجه به این که از فاصـله‌ی ۲ کیلـومتری بـه بعـد، میزان دز کاهش می یابد، احتمال بروز اثرات قطعی بسیار ناچیز می‌باشـد. در تحقیقاتی که توسط محققان در ایـن زمینـه انجـام شـده اسـت (۸-۶) و بـا توجه به شعاع مؤثر آلودگی، برآوردهای این مطالعـه، همخـوانی خـوبی بـا کارهای صورت گرفته‌ی قبلی دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این مطالعه، می‌توان نتیجه‌گیـری کـرد در صـورت بـروز حادثه ی احتمالی، دز پرتوی قابل توجهی که باعث بروز اثـرات بیولـوژیکی پرتو گردد، مردم و کارکنان سایت اصفهان را تهدید نمی‌کند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه، برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیسـت- ایمنی، گروه بهداشـت و محـیط زیسـت، واحـد نجـف آبـاد، دانشـگاه آزاد اسلامی ایران است که با کد ۱۵۰۲۱۲۱۴۹۵۲۰۳۰ به تصویب رسیده است.

References

1. International Atomic Energy Agency. Cytogenetic dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies. Vienna, Austria: IAEA; 2011.
2. Vennart J. The 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. J Radiol Prot 1991; 11(3): 199-203.
3. Cember H, Johnson TE. Introduction to health physics. 4th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2008.
4. Hobbie RK, Roth BJ. Intermediate physics for medicine and biology. 5th ed. New York, NY: Springer; 2015.
5. Hosseini Aghdam MR, Metaj N, Aqamir SMR, Gharari R,. Hemati H. Cancer risk estimating for various organs du to accidentally released radionuclides from Bushehr Nuclear Power Plant based on BEIR VII Model. Journal of Radiation and Nuclear Technology 2016; 3(1): 53-64.
6. Yao R. Atmospheric dispersion of radioactive material in radiological risk assessment and emergency response. Progress in Nuclear Science and Technology 2011; 1: 7-13.
7. Şahin S, Ali M. Emergency planning zones estimation for Karachi-2 and Karachi-3 Nuclear Power Plants using Gaussian Puff Model. Sci Technol Nucl Ins 2016; 2016(12): 1-8.
8. Pecha P, Smidl V Inverse modelling for real-time estimation of radiological consequences in the early stage of an accidental radioactivity release. J Environ Radioact 2016; 164: 377-94.

www.SID.ir
http://jims.mui.ac.ir

Archive of SID

DOI: 10.22122/jims.v38i601.12674 Published by Vesnu Publications

Journal of Isfahan Medical School Vol. 38, No. 601, 1st Week, February 2021

Received: 27.01.2020 Accepted: 12.10.2020 Published: 05.02.2021

Investigation the Radiation Effects of Natural-Enriched Uanium Hexafluoride (UF6) Gas Leakage by RASCAL Software Simulation

Masoud Saeb[1], Daryoush Shahbazi-Gahrouei[2]

Short Communication

Abstract

Background: Radioactive release materials in nuclear facilities causes environmental pollution, and absorption of radiations by respiration by people and staff in the area of the accident is a vital problem. The aim of this study was to stimulate the event using Radiological assessment system for consequence analysis (RASCAL) software and compare the results with those of Gaussian experimental model.

Methods: In this study, the accident included Uanium hexafluoride (UF6) gas leakage in the environment from the storage areas of the Sooreh Company, Isfahan, Iran. The geographical distribution of radioactive material and the received amount of staff and people around the site were estimated at a radius of ten kilometers.

Findings: Uranium hexafluoride gas leakage event had the highest amount of radioactivity release that caused absorbed dose to people and staff in the company fence line.

Conclusion: Findings showed that Uranium hexafluoride would not threaten any deterministic effects on staff and people. Also, it is recommended to use software codes to calculate event and radiation risk.

Keywords: Radioactive hazard release; Nuclear accidents; Uanium compounds; Environmental pollution

Citation: Saeb M, Shahbazi-Gahrouei D. **Investigation the Radiation Effects of Natural-Enriched Uanium Hexafluoride (UF6) Gas Leakage by RASCAL Software Simulation.** J Isfahan Med Sch 2021; 38(601): 882-5.

1- MSc Student, Department of Health and Environment, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
2- Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Daryoush Shahbazi-Gahrouei, Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: shahbazi@med.mui.ac.ir

www.SID.ir