ارزیابی مکان مفروض احداث راکتور تحقیقاتی فارس از نقطه نظر پخش مواد رادیو اکتیو با استفاده از کد HYSPLIT

یاسر حمیدی اطهر*[۱]، فرشاد فقیهی[۱]، فاطمه نیک سرشت[۱]، سهیلا دانشی خو[۲]

[۱]بخش مهندسی هسته ای، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز

[۲] بخش مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج

چکیده:

در این تحقیق با ا ستفاده از داده‌های ن شت مح صولات شکافت به محیط در شرایط کارکرد عادی راکتور ، همچنین کد محیطی HYSPLIT و داده های هوا شنا سی NOAA (GDAS) ، دز معادل موثرکل سالانه در ۱۶ جهت و در محدوده‌ی ۵۵ کیلومتری اطراف سایت فر ضی محا سبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ماکزیمم معادل دز موثر سالانه 2.57e-5 (Sv/Year) ، در جهت WNW و در فاصله‌ی ۸۰۰ متری از سایت انتخابی می‌باشد، که این مقدار کمتر از حد دز توصیه شده ICRP103 (1mSv/Year) می‌باشد.

کلمات کلیدی: راکتور تحقیقاتی، معادل دز موثر کل سالانه، HYSPLIT، داده های هواشناسی NOAA ، عملکرد عادی

Evaluation of hypothetical Site for the Construction of Fars Research Reactor from the Viewpoint of Radioactive Material Dispersion Using Hysplit Code

Y. Hamidi Athar[1], F. Faghihi[1], F. Nik Seresht[1], S. Daneshi Khoo[2]

[1] Department of Nuclear Engineering, School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz
[2] Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Yasouj University of Medical Sciences, Yasouj

Abstract:
In this study, the total effective dose equivalent per year in 16 directions and within 15 km of the hypothetical site is calculated by use the data from fission products leakage into the environment under normal operation conditions of the reactor, as well as the HYSPLIT environment code and NOAA (GDAS) data. The results show that the maximum total effective dose equivalent per year is 2.57e-5 (Sv/Year) in direction of WNW and within 800 m from the selected site, which is below the recommended dose level by ICRP103 (1mSv/Year).

Keywords: research reactor, total effective dose equivalent per year, HYSPLIT, Meteorological Data NOAA, Normal Operation

۱- مقدمه:

راکتورهای هســـته‌ای منابع خوبی برای تولید انرژی بوده و به طور کلی باعث خطر نمی‌شـــوند. با این وجود یک حادثه راکتوری می‌تواند به یک فاجعه برای انسان‌ها و محیط منجرشود. در عملکرد عادی هر راکتور مقداری مواد رادیواکتیو به محیط وارد می‌شـــود. این ورود مواد رادیواکتیو به محیط می‌تواند از طرق محتلف انجام بگیرد. مهمترین راه انتشـــار مواد پرتوزا از دودکش راکتور به واسطه سیستم‌های تهویه می‌باشد. اتمسفر مهمترین راه انتقال رادیونوکلئیدهای آزاد شده از یک حادثه هســـته‌ای در فراز مســـافت‌هاســـت. در ســـند فنی شـــماره ۳۷۹ آژانس بین المللی انرژی اتمی، پدیده‌ی پخش اتمسفریک، مدل پخش اتمسفریک و ویژگی‌های اتمسفر که پخش را تحت تاثیر قرار می‌دهد، توضیح داده شده است. در این ســـند اشـــاره شـــده اســـت که پخش اتمســـفریک به انتقال آلاینده به وســـیله‌ی بادها و پخش همزمان به وســـیله‌ی آشفتگی اتمسفریک بستگی دارد. یک مدل پخش اتمسفریک رابطه‌ی ریاضی بین مقدار یا نرخ آزاد سازی آلاینده و توزیع غلظت در اتمسفر می باشد. مدل‌های پخش اتمسفریک قابل توجهی در طول سال ها بوجود آمده اند. مدل های موجود از گاوسی ساده که مبتنی بر یک حل تحلیلی از معادلات پخش و انتقال است، تا مدل‌های عددی سه بعدی که نیازمند پیش بینی های متغیرهای هواشناسی است، گسترده شده اند[1].

۲- تئوری

۱-۲- مدل HYSPLIT

مدل HYSPLIT در آزمایشگاه تحقیقات هوایی سازمان ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده (NOAA) برای محاسبه‌ی مسیر حرکت بسته‌های هوا یا انفعال پراکندگی و ته نشست آلودگی‌ها توسط دراکسلر و هس در سال ۱۹۹۷ توسعه پیدا کرد. [2].

۱-۱-۲- پارامترهای ورودی

۱-۱-۱-۲- سورس ترم

بعضی از کاراکترهای راکتور مورد بررسی در جدول ۱ و آهنگ انتشار مواد پرتوزا برای راکتور تحقیقاتی مورد نظر در حالت عملکرد عادی در جدول ۲ نشان داده شده است[3].

جدول (۱) بعضی از مشخصات راکتور تحقیقاتی موردنظر

ارتفاع فیزیکی دودکش(متر)	۵۷
سرعت خروج رادیونوکلوئید(متر بر ثانیه)	۸/۷
شعاع دودکش(متر)	۱/۲۵
دمای بالای دودکش(درجه سلسیوس)	۱۸
سرعت باد در دهانه دودکش(متر بر ثانیه)	۲

جدول (۲) آهنگ انتشار مواد پرتوزا در حالت عملکرد عادی

رادیوایزوتوپ	نیمه عمر(روز)	نرخ انتشار به محیط(بکرل بر ساعت)
Kr-89	0.0022	1998E+07
Xe-137	0.0026	5994E+07
Xe-35m	0.0104	53280E+07
Xe-138	0.0118	173160E+07
Kr-87	0.0542	106560E+07
Kr-83m	0.0775	15984E+07
Kr-88	0.1167	106560E+07
Kr-85m	0.1833	38628E+07
Xe-135	0.3833	119880E+07
Xe-33m	2.3	1332E+07
Xe-133	5.27	33300E+07
Xe-31m	12	66.6E+07
Kr-85	3796	66.6E+07

۲-۱-۱-۲- داده‌های هواشناسی

مرکز ملی خدمات هوا شنا سی برای پیش بینی محیط زیست (NECP) ایالات متحده، مجموعه‌ای از تجزیه و تحلیل‌های کامپیوتری و عملیات پیش بینی را انجام می‌دهد. آزمایشگاه تحقیقات هوایی مرکز ملی جوی و اقیانوسی ایالات متحده

(NOAA ARL)، برای محاسبات مدل‌سازی پراکندگی و انتقال نمونه‌های هوا از مدل HYSPLIT استفاده می‌کند. از سال ۱۹۸۹ آزمایشگاه تحقیقات هوایی آغاز به جمع آوری بعضی از این داده‌های هواشناسی به منظور مطالعات تحقیقاتی در آینده نمود. یکی از این سیستم‌ها، سیستم یکسان سازی داده‌های هواشناسی(GDAS) می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده می‌کنیم[2].

۲-۱-۲- سایر پارامترهای مورد نیاز

۱-۲-۱-۲- ته نشست خشک

محاسبات ته نشست خشک در مدل HYSPLIT با استفاده از رویکرد سرعت ته نشست خشک به کار میرود.. مقادیر ته نشست خشک در مقاله باکلانوف و سرنسن برای انواع سطوح متفاوت و گروه‌های ایزوتوپ متفاوت گزارش شده است[4].

۲-۲-۱-۲- ته نشست مرطوب

ته نشست مرطوب به وسیله فرآیندهای درون ابر و زیر ابر محاسبه می‌شود. فرایند درون ابر مرطوب به در هم آمیختگی رادیوایزوتوپ‌های درون ابرها و فرایند زیر ابر مربوط به شسته شدن رادیو ایزوتوپ‌ها به وسیله‌ی بارش است. مقادیر بکار رفته برای انتقال داخل ابر 4E+4 و ضریب جذب زیر ابر برابر با 5E-5 می‌باشد[5].

۳-۲-۱-۲- ثابت قانون هنری

در بیشتر مطالعات انجام شده، به وضوح نشان داده شده است که گازهای نجیب به صورت مرطوب و خشک روی سطح رسوب نمی‌کنند و تنها توسط فرآیندهای واپاشی از اتمسفر جدا می‌شوند. ثابت قانون هنری و همچنین سرعت‌های رسوب خشک برای گازهای نجیب صفر فرض شده است[5].

٤-۲-۱-۲- باز تعلیق ذرات ته نشست شده

ایزوتوپ‌هایی که به صورت خشک و مرطوب روی سطح رسوب می‌کنند، می‌توانند دوباره معلق شوند و مانند ایزوتوپ‌هایی که در اتمسفر وجود دارند، دوباره استنشاق شوند. این اثر می‌تواند ناشی از وزش باد، عبور و مرور انسان و حیوانات و دیگر عوامل طبیعی و غیر طبیعی باشد.[6] .

۵-۲-۱-۲ چگالی، شکل و قطر ذرات

دراکسلر (۱۹۹۷) بیان می‌کند که با در نظر گرفتن صفر برای هر یک از این مقادیر، مدل آلودگی را به صورت گاز در نظر می‌گیرد و مقدار تو صیه شده برای ذرات تو سط دراکسلر یک می‌با شد. [7]. این مدل برای مدت یک سال در شرایط کارکرد عادی و داده های هواشناسی سال ۲۰۱٦ اجرا شد.

۲-۲- محاسبه‌ی دز

دزی را که مردم از طریق پرتوگیری داخلی دریافت می‌کنند از دو راه استنشاق و بلع، و دز ناشی از پرتوگیری خارجی به دو شیوه‌ی پرتوگیری خارجی از توده پرتوزا و پرتوگیری خارجی ناشی از پرتوزایی ته نشست شده می‌باشد. با توجه به جدول ۲ خروجی های دودکش راکتور در حالت عملکرد عادی تنها ناشی از گازهای نجیب می‌باشد. در خصوص آزادسازی گازهای نجیب و با در نظر گرفتن عدم ته نشست آنها، دز ناشی از بلعیدن هم وجود نخواهد داشت. بنابر این در محاسبه‌ی دز ناشی از پرتوگیری داخلی، تنها دز ناشی از استنشاق باقی می‌ماند که به دلیل اینکه فاکتور تبدیل دز در این مورد صفر می باشد نهایتا دز دریافتی تو سط افراد از طریق پرتوگیری خارجی(غوطه وری در هوای آلوده) محا سبه می شود. دلیل در نظر گرفتن عدم ته نشست گازهای نجیب نیز به بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه برمی‌گردد[8].

۱-۲-۲- پرتو گیری خارجی از توده پرتوزا

دز ناشی از یک پرتوگیری خارجی از یک توده پرتوزا توسط رابطه زیر قابل بیان است[9].

$$D_{ectcl} = C_A * DC_{ectcl} * (1- F_{ind} + F_{ind} * F_{builcl})$$

که در این رابطه:

D_{ectcl}: دز ناشی از پرتوگیری خارجی از توده پرتوزا از هسته بر حسب سیورت

C_A : غلظت هوا برای هسته پرتوزا بر حسب بکرل بر متر مکعب در ثانیه

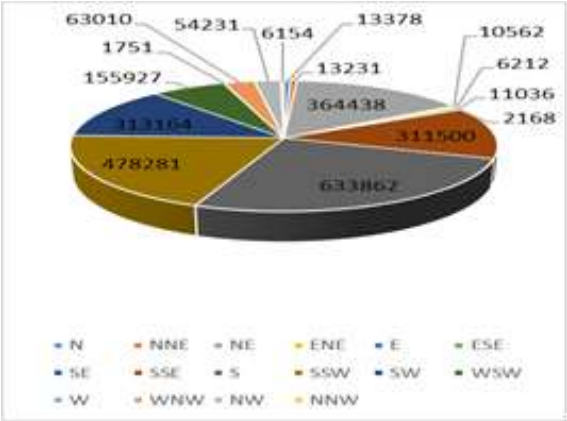
DC_{ectcl}: ضریب تبدیل دز برای واحد غلظت هوا برای دز تابشی خارجی برای توده‌ای نامحدود بر حسب سیورت بر ثانیه بر بکرل بر متر مکعب

F_{ind}: کسری از زمان که در داخل حفاظ گذرانده می‌شود که برابر با ۰/۷ است.

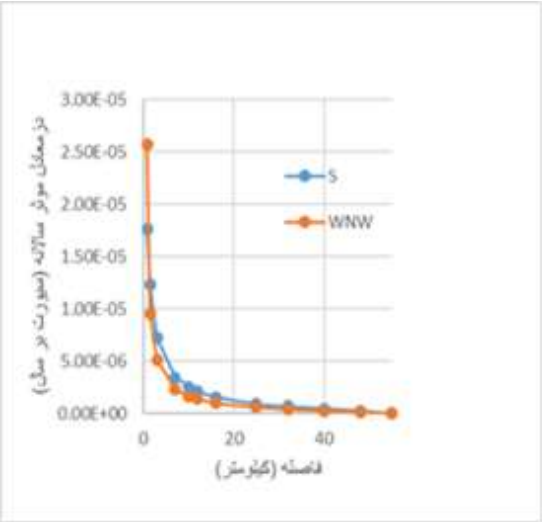
F_{builcl}: ضریب کاهش متوسط داخل ساختمان از تابش خارجی توده‌ها که برابر با ۰/۷ در نظر گرفته می‌شود.

۳- نتایج و بحث

نتایج دز معادل موثر سالانه در ۱۶ جهت و تا فاصله‌ی ۵۵ کیلومتری اطراف سایت در جدول ۳ نشان داده شده است . ماکزیمم دز معادل موثر سالانه (Sv/Year) 2.57E-05 در جهت WNW و در فاصله‌ی ۸۰۰ متری سایت می باشد، که این مقادیر کمتر از حد دز توصیه شده‌ی (1 mSv/Year) ICRP103 می‌باشد. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است جهت‌های S ، SSW و NE طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۲۰۱۶ بیشترین جمعیت را دارند. بنابر این بین ناحیه S که بیشترین جمعیت و ناحیه WNW که بیشترین دز دریافتی را در فاصله ۸۰۰ متری از سایت داشته اند، مقایسه ای طبق شکل ۲ انجام شده است. بیشترین دز برای جهت S در فاصله‌ی ۸۰۰ متری1.76 E-05و برای جهت WNW در فاصله ۸۰۰ متری (Sv/Year) 2.57E- 05 می باشد که در هر دو مورد میزان دز دریافتی کمتر از حد دز توصیه شده ICRP103 است.



شکل (۱) توزیع جمعیت تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری سایت فرضی



شکل (۲) مقایسه دز معادل موثر سالانه دو ناحیه‌ی S و WNW

٤- بحث و نتیجه گیری

دز معادل موثر سالانه برای یک راکتور تحقیقاتی نوعی ۵ مگاواتی در شهر شیراز با استفاده از داده‌های نشت محصولات شکافت به محیط در شرایط کارکرد عادی راکتور، کد محیطی HYSPLIT و داده های هواشناسی NOAA (GDAS) در سال ۲۰۱٦ محاسبه شد. در سناریوی عملکرد عادی راکتور فرضی در نظر گرفته شده، در بدترین شرایط آب و هوایی نیز میزان دز معادل موثر کل دریافتی توسط افراد جامعه در تمامی فصول، کمتر از حد دز مجاز پذیرفته شده ICRP۱۰۳ می‌باشد. بنابراین کارکرد عادی راکتور در این محل از لحاظ رادیو لوژیکی خطری را متوجه ساکنین اطراف راکتور تحقیقاتی فرضی ۵ مگاواتی نمی کند.

جدول (۳) دز معادل موثر سالانه برای نواحی اطراف راکتور بر حسب سیورت

Dis(km)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
0.8	1.19E-05	1.24E-05	1.23E-05	1.11E-05	1.28E-05	1.75E-05	1.3E-05	1.67E-05
1.5	8.29E-06	9.23E-06	8.65E-06	7.72E-06	8.63E-06	1.03E-05	7.85E-06	1.15E-05
3	4.94E-06	5.19E-06	4.91E-06	4.55E-06	4.95E-06	5.53E-06	5.83E-06	6.70E-06
7	2.34E-06	2.36E-06	2.21E-06	2.12E-06	2.27E-06	2.50E-06	2.83E-06	3.13E-06
10	1.71E-06	1.69E-06	1.59E-06	1.55E-06	1.61E-06	1.82E-06	2.08E-06	2.26E-06
12	1.41E-06	1.41E-06	1.33E-06	1.29E-06	1.33E-06	1.50E-06	1.77E-06	1.87E-06
16	1.09E-06	1.03E-06	9.78E-07	9.35E-07	9.56E-07	1.08E-06	1.31E-06	1.76E-06
25	5.91E-07	6.10E-07	5.78E-07	5.43E-07	5.44E-07	6.35E-07	8.00E-07	7.75E-07
32	3.87E-07	4.09E-07	3.97E-07	3.54E-07	3.56E-07	4.42E-07	5.39E-07	5.09E-07
40	2.35E-07	2.54E-07	2.41E-07	2.19E-07	2.17E-07	2.59E-07	3.91E-07	3.08E-07
48	1.09E-07	1.32E-07	1.30E-07	9.56E-08	1.01E-07	1.36E-07	2.47E-07	1.70E-08
55	4.47E-10	2.44E-09	2.12E-06	1.22E-09	6.06E-10	1.56E-09	3.92E-08	4.46E-10
Dis(km)	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**
0.8	1.27E-05	2.57E-05	1.30E-05	1.20E-05	1.76E-05	2.08E-05	2.01E-05	1.50E-05
1.5	8.72E-06	9.51E-06	9.30E-06	8.50E-06	1.23E-05	1.40E-05	1.21E-05	1.10E-05
3	5.10E-06	5.14E-06	5.06E-06	4.96E-06	7.25E-06	7.92E-06	9.70E-06	6.12E-06
7	2.40E-06	2.32E-06	2.44E-06	2.34E-06	3.47E-06	4.00E-06	6.80E-06	2.98E-06
10	1.73E-06	1.67E-06	1.74E-06	1.70E-06	2.53E-06	3.42E-06	6.24E-06	2.10E-06
12	1.47E-06	1.39E-06	1.47E-06	1.43E-06	2.11E-06	3.26E-06	4.63E-06	1.77E-06
16	9.98E-07	1.01E-06	1.05E-06	1.02E-06	1.55E-06	2.64E-06	3.12E-06	1.36E-06
25	5.70E-07	5.91E-07	6.57E-07	6.03E-07	9.13E-07	1.48E-06	1.67E-06	9.03E-07
32	3.72E-07	3.99E-07	4.12E-07	3.96E-07	7.08E-07	9.30E-07	1.04E-06	6.60E-07
40	2.25E-07	2.45E-07	2.60E-07	2.45E-07	4.57E-07	5.38E-07	5.94E-07	4.19E-07
48	1.05E-07	1.26E-07	1.40E-07	1.17E-07	2.35E-07	2.69E-07	2.78E-07	2.10E-07
55	9.89E-10	5.61E-09	2.62E-09	3.43E-09	1.11E-09	8.32E-09	6.78E-09	3.23E-09

مراجع:

[1]. International Atomic Energy Agency, IAEA –TECDOC-379, Atmospheric Dispersion Models for Application in Relation to Radionuclide Releases, 1986.

[2]. Peterson, R.A. and J.D. Stackpole, overview of the NMC Production Suite Weather and Forecasting. 4(313-322), 1989.

[3]. AEOI, Safety Analysis Report for the Tehran Research Reactor (LEU), Tehran, Iran, 2001.

[4]. Baklanov, A., & Sorenson, J. H. Parameterization of Radionuclide Deposition in Atmospheric Long Range Transport Modeling. Phys. Chem. Earth, (2001), 26, 787-799.

[5]. Draxler, R., An Overview of the HYSPLIT Modeling System for Trajectory and Dispersion Applications, Available:

[6]. Pasler J., Description of the Atmospheric Dispersion Model ATSTEP, 2000.

[7]. Fogh, C.L., Roed J., Kasper G.J., Radionuclide Resuspending and Mixed Deposition at Different Heights, Journal of Environmental Radioactivity 46, 67 75, 1998

[8]. Kinser, A.M., Capitan USAF, Simulating Wet Deposition of Radiocesium from the Chernobyl accident, 2001.

[9]. Slaper, H., Blaauboer R.O., Eggink G.J., A Risk Assessment Method for Accidental Releases from Nuclear Power Plant in Europe, 1994.