

الملخص

الطاقة النووية ما هي الا احدى مخرجات الصناعة النووية، لها تأثير سلبي اقل على البيئة المتمثلة بالماء والهواء والارض والحيوانات والغابات، وتعد مصدرا آمن للتزويد بالطاقة ولا تعتمد على الاستيراد الخارجي، وتؤدي الى تعزيز القوة السياسية وبناء قوة اقتصادية كبيرة وان اي دولة تسعى للوصول لمصاف الدول المتقدمة تكنولوجيا، وجب عليها ان تمتلك مصادر للطاقة النووية بالإضافة الى النفط والغاز والمياه وطاقة الرياح والفحم، لكون هذه الموارد محدودة غير مستدامة، وتعد الطاقة النووية الطريقة الافضل والاكثر امانا وفعالية خاصة بالنسبة لإيران للحصول على الكهرباء، وان للطاقة النووية في اي بلد من البلدان دورة للوقود النووي، تمر بمراحل مختلفة ولا يمكن معرفة الموقف لأي برنامج نووي مهما كانت عملية اهدافه ما لم يتم التعرف على مدى اكتمال دورة الوقود النووي لذلك سنتعرف في هذا البحث على دورة الوقود النووي الايراني للفترة ١٩٦٧-٢٠١٠.

The Iranian nuclear fuel cycle 1967-2010

Researcher. Sanaa Taher Hawaz Al - Gatrany

Prof. Dr . Najat abd Al - Kareem abd Al - Sada

University of Basrah – College of Arts

Abstract

Nuclear energy is only one of the outputs of the nuclear industry, and it had less negative impact on the environment represented by water, air, land, animals and forests, and it is considered safe source of energy and does not depend on external imports, and it leads to strengthening political power and building and economic power it is great and that any country that seeks to reach the ranks of technologically advanced countries must have peace that leads to raising the standard of living of the people, and that nuclear energy in any country has a nuclear fuel cycle that goes through different stages and it is a very complex and costly process that cannot be known. The possess nuclear energy sources in addition to oil, gas, water, wind energy and coal, because these resources are limited and inconsistent, and nuclear energy is the best, safest and most effective way for Iran to obtain electricity.

The optimal use of nuclear energy in the fields, The position of any nuclear program, whatever the process of its objectives, unless the extent of the nuclear fuel cycle has not been known, so in this research we will learn about Iranian nuclear fuel for the period 1967-2010.

المقدمة

تهدف هذه الدراسة على تسليط الضوء على دورة الوقود النووي الإيراني للفترة من ١٩٦٧-٢٠١٠ لكونها واحدة من أكثر العمليات الصناعية تعقيدا من بداية عملها الى نهاية في الصناعات النووية، لأنها تشمل مراحل حساسة وعالية في الدقة التكنولوجية، مما يتطلب الكثير من العمل لأشياء منشآت ضخمة ومكلفة لهذا الغرض، فهي تمر بتحويل اليورانيوم وتصنيع الوقود وتخصيب اليورانيوم والتعدين والطحن، واستخدامه في المفاعلات، وتعود جهود إيران للحصول على الطاقة النووية الى سنوات عدة قبل سقوط النظام الملكي ومجيء النظام الجمهوري، حيث تم بناء محطة للطاقة النووية بقدرة (٢٣,٠٠٠) ميغاواط في عموم إيران، قامت إيران بإرسال مئات الخبراء من أجل دراسة العلوم النووية عن طريق منح دراسية للدول ذات التكنولوجيا النووية المتطورة واهمها الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا والمانيا الغربية وفرنسا وبلجيكا، وقد صدر مرسوم تأسيس منظمة الطاقة الذرية الإيرانية (AEO) عام ١٩٧٣، وبدأ العمل بها عام ١٩٧٤ وتزامنا مع عمل المنظمة قامت الحكومة الإيرانية بشراء عدة محطات للطاقة النووية فدخلت عام ١٩٧٥ في مفاوضات مع الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا والمانيا الغربية، أذ تعهدت المانيا الغربية بتكريب محطة بوشهر للطاقة النووية، وافقت الحكومة الفرنسية استكمال انشاء محطتين للطاقة النووية في خوزستان، وقامت الصين بإنشاء مركز نووي في اصفهان تحت اشراف شركة اتوم تكنيك (Atom Technic) الفرنسية، والهدف من انشاء هذه المنشأة لدعم المفاعلات النووية و الانشطة النووية في إيران .

تضمنت الدراسة على مقدمة وثلاث مباحث، شمل المبحث الاول دورة الوقود النووي الإيراني والذي يتضمن استخراج اليورانيوم ومعامل معالجة خام اليورانيوم ومعامل انتاج الكعكة الصفراء ومعامل تحويل اليورانيوم ومعامل تخصيب اليورانيوم وطرق فصل اليورانيوم ومعامل انتاج الماء الثقيل و المبحث الثاني تضمن إعادة معالجة الوقود النووي المستهلك و التخلص من النفايات النووية، اما المبحث الثالث فقد تضمن القنبلة النووية حيث قسمت الى قنابل اليورانيوم و قنابل البلوتونيوم و المفاعلات النووية و خاتمة .

المبحث الاول: دورة الوقود النووي الإيراني

بعد انتصار الثورة الاسلامية في إيران عام ١٩٧٩^(١)، توقف العمل في البرنامج النووي الإيراني وقد استغلت الشركات المتعاقدة مع إيران سوء الاوضاع والاضطرابات مما ادى الى توقفهم عن التعاون لبناء واستكمال محطات الطاقة النووية وغادروا إيران، وخلال الحرب العراقية الإيرانية

١٩٨٠-١٩٨٨ تعرضت محطات الطاقة وبشكل متكرر للقصف من قبل الطائرات العراقية و بعد انتهاء الحرب عام ١٩٨٨ قررت ايران استكمال واطلاق محطة بوشهر للطاقة النووية ، تمر دورة الوقود النووي الإيراني بعده خطوات و تقنيات عالية الى جانب الكثير من الاعمال التنفيذية لتركيب المنشأة الضخمة و المكلفة ، و مراحل هذه الدورة هي (٢):

اولا : استخراج اليورانيوم (Uranium extraction)

تستخرج ايران خام اليورانيوم الموجود في الطبيعة بنسبة (٠,٠٧%) بلون رمادي من منطقة يزد، لذلك افتتحت ايران منجم صفند الواقع في محافظه يزد و يسمى احيانا باسمها و كان من المخطط تشغيل معمل اليورانيوم الذي يتم استخراجه من منجم صفند عام ٢٠٠٥ ، يبلغ انتاج اليورانيوم السنوي المستخرج من منجم صفند (٥٠) طنا، كان من المخطط ان يبدأ الانتاج نهاية عام ٢٠٠٦ (٣) .

تحول الخامات المستخرجة الى ركائز خام اليورانيوم في مصنع انتاج الكعك الاصفر (٤) شمال شرق شيراز، ويوجد في المعمل كسارات لسحق خام اليورانيوم وتحويله الى بودرة رمادية اللون، يقومون بنقلها الى منشأة عيالي في اصفهان، ويضاف الى خام اليورانيوم الحامض ويتحول الى ما يسمى الكعكة الصفراء ، و يتم تحويل الكعكة الصفراء الى غاز هيكسا فلوريد اليورانيوم او سداسي فلوريد اليورانيوم (٥) ، يحتوي منجم صفند على كميات من ترسبات خام اليورانيوم ، و يعد هذا المنجم اكبر مصدر لليورانيوم الخام في ايران (٦) .

والمنجم الاخر هو منجم غشين الذي يتم استخراج اليورانيوم الخام منه و يقع جنوب ايران قرب بندر عباس ، و يوجد فيه مصنع لتعدين اليورانيوم تبلغ قدرته الانتاجية ٢١ طنا من اليورانيوم سنويا (٧) بدأت عمليات التعدين و استخراج اليورانيوم و معالجته و انتاج كمية من الكعكة الصفراء في تموز ٢٠٠٢ تحت اشراف منظمه الطاقة الذرية الإيرانية، وقد استعانت ايران باختصاصيين من الأرجنتين و المانيا و هنغاريا ، اما روسيا فقامت على استكشاف خامات اليورانيوم في مناطق عدة من ايران ، عدت الصين اليد المساعدة لإيران في بداية التسعينات ، بوجود (٢٣) خبيرا ايرانيا و(٧٧) مهندسا و عمالا يعملون على تحضير الاعمال في المواقع التي يخمن وجود اليورانيوم فيها في ايران لاكتشافها (٨) .

ثانيا : معمل معالجة خام اليورانيوم

بعد توقف الحرب العراقية - الإيرانية ١٩٨٨ بدأت الدراسات العلمية لفصل الخامات التي تحتوي على اليورانيوم من الشوائب، وقعت ايران عام ١٩٨٩ عقدا مع الأرجنتين بقيمة (١٨) مليون دولار لبناء سلسلة من المنشآت قرب منجم صفند كان من ضمنها معملا لمعالجة اليورانيوم الخام الا ان العمل توقف فيه بعد ثلاث سنوات نتيجة للضغوط الامريكية على الأرجنتين، اعد الروس

منتصف التسعينات تصاميم لبناء معمل لمعالجة اليورانيوم بقدرة (١٠٠-٢٠٠) طن سنويا، الا ان تلك التصاميم لم تنفذ خاصة بعد ما بدأ الخبراء الصينيون ببناء معمل لمعالجة اليورانيوم والذي يقع قرب من مدينة اردكان والذي حدد له ان يعمل عام ٢٠٠٥^(٩)، امتلكت ايران سلسله من المختبرات لدراسة ونتاج الوقود النووي في مجمع اصفهان للبحوث النووية في ٩ نيسان ٢٠٠٩^(١٠)، وبافتتاح هذا المصنع تكون ايران قد انجزت دورة الوقود النووي ويحتوي مجمع اصفهان على معمل لصنع انابيب الزركونيوم التي تستخدم لتبطين قضبان الوقود النووي ونتاج مادة تبطين قلب المفاعل^(١١).

ثالثا : معمل انتاج الكعكة الصفراء

بدأ تشغيل معمل انتاج الكعكة الصفراء التجريبي لإنتاج اليورانيوم عام ١٩٩٢ ، بني في مركز التعدين الإمائي في جامعة صفند الواقعة في مدينة يزد ، وقد اجريت توسيعات كبيرة على المعمل الواقع قرب مدينة اردكان بمساعده روسيه عام ١٩٩٥ ، والغرض من التوسعات هي تحويل المعمل من معمل تجريبي الى معمل انتاجي فعلي و بطاقة اكبر^(١٢).

رابعا : معمل تحويل اليورانيوم

قام فريق من مفتشي الوكالة الدولية للطاقة الذرية في تشرين الثاني ١٩٩٦ بزيارة مركز البحوث النووية في اصفهان ، فقامت ايران بإخبار الوكالة الدولية عن خططها لبناء معمل لتحويل اليورانيوم ، و تضمنت الخطط قيام الخبراء الصينيين بتزويد ايران بمعمل لتحويل اوكسيد اليورانيوم الى هكسا فلوريد اليورانيوم ، الا ان الصين الغت الصفقة بسبب الضغوط الامريكية لكون الولايات المتحدة الامريكية دولة من ضمن الدول التي فرضت العديد من العقوبات على ايران ، و كانت اول عقوبة في عام ١٩٧٩ بعد استيلاء عدد من الطلبة الايرانيين على السفارة الامريكية في طهران و اتخذوا من فيها رهائن ، وبذلك جمدت ما يقارب ١٢ مليار دولار من الاصول الايرانية ، و فرض حظر اقتصادي ، اما العقوبات الثانية فرضت للفترة من ١٩٨١-١٩٨٧ ، بسبب افعالها ضد الولايات المتحدة الامريكية و الدول المطلة على الخليج العربي و دعمها للإرهاب ، و اشتدت العقوبات بعد ذلك عام ١٩٩٥ لتشمل المؤسسات التي تتعامل معها الحكومة الايرانية ، و في ٣٠ تشرين الاول ١٩٩٧ بعثت الولايات المتحدة الامريكية رسالة الى الصين لإيقاف بناء المعمل^(١٣) ، الا ان الايرانيين قاموا ببناء المعمل بشكل مستقل بعد تزويد الصين للإيرانيين بالمخططات التصميمية ، و التي جاء بها ان المعمل قد بدأ العمل التجريبي عام ٢٠٠٣^(١٤).

خامسا : معمل تخصيب اليورانيوم

اهتمت ايران بتخصيب اليورانيوم عام ١٩٩٥ ، وقد استفاد الاختصاصيون الايرانيون من الاتفاقية الروسية - الصينية لبناء مصنع تخصيب اليورانيوم عن طريق الطارد المركزي و التي وقعت عام ١٩٩٢ ، و لا يستبعد قيام الخبراء الصينيين بتقديم معلومات حول تكنولوجيا الطارادات

المركزية الروسية و التي بدأ العمل ببنائها في الصين عام ١٩٩٦ ، و بينت المعلومات ان التطور التكنولوجي لطاردات الغاز المركزي في ايران قد انجزت من خلال مساعدة الخبراء الباكستانيين في النصف الاول من التسعينات ، و بمساعدة خبراء كوريا الشمالية خلال النصف الثاني من التسعينات^(١٥)، و بعد زيارة مدير الوكالة الدولية للطاقة الذرية محمد البرادعي في تشرين الاول ٢٠٠٢ لمعمل تخصيب اليورانيوم في نطنز اكد ان العمل التجريبي في المعمل تقريبا اصبح جاهزا للعمل ، و يقدر عدد اجهزه الطرد ب (١٦٠) جهاز طرد مركزي بالقرب من مدينة نطنز، قد صفت و رتبت بصورة دقيقة و مرتبة ،اضافه الى وجود معمل مبنى قريب من المنطقة نفسها يقوم العمال فيه بتجميع اجزاء (١٠٠٠) جهاز طرد مركزي و (٥٠٠٠) آلة سيتم ربطها معا في مصنع ضخم لتخصيب اليورانيوم قيد الانشاء و الخطة أن يكون اكتماله في ٢٠٠٥ ، و بهذا تكون ايران قادرة على انتاج ما يكفي من اليورانيوم المخصب لعدة قنابل نووية كل عام^(١٦).

تعد عملية تخصيب اليورانيوم من اخطر الخطوات صعوبة في تطوير اي برنامج نووي ، لكون هذه العملية تحتاج الى شبكة انابيب معقدة تربط بأجهزة الطرد المركزي عند استخراج اليورانيوم من المناجم في باطن الارض و لكون اليورانيوم يحتوي على كميات من الموارد المشعة و التي يمكن أن تنتشر تأثيرها المدمر لمساحات واسعة^(١٧).

يمكن استخراج (٥٠٠) غرام من اليورانيوم المشبع من (١٠٠٠) كغ من مستخرجات المناجم، وتستخدم هذه الكميات من اليورانيوم المشع في استخدامات الطاقة النووية ، ولا بد ان يتعرض لعملية فنية معملية يطلق عليها التخصيب الى ان يصبح مناسباً للاستخدام في المفاعلات النووية و يطلق عليه يورانيوم (٢٣٥) و هنالك خمس طرق لتخصيب اليورانيوم تختلف كل طريقة عن الطريقة الاخرى وفقاً لتطور التكنولوجيا المستخدمة^(١٨) ، تمتلك ايران ثلاثة مصانع تخصيب يورانيوم معلنه، في موقع نطنز يوجد محطتين الاولى هي لإثراء الوقود، والمحطة الثانية اثراء الوقود FEP، وفي مدينه قم توجد المحطة الثالثة فوردوا لإثراء محطه نطنز^(١٩).

سادسا : طرق فصل اليورانيوم

تعددت طرق فصل اليورانيوم الا ان طريقة الفصل بالطرد المركزي هي الاكثر انتشارا و اقل كلفنا مقارنة بغيرها من الطرق و هنالك ثلاث طرق لفصل اليورانيوم هي:

أ- تكنولوجيا الطرد المركزي :

حصلت ايران من قبل وسيط اجنبي على وثائق تحتوي على رسومات تفصيلية لمكونات و عمليات تجميع الطارد المركزي من طراز P-1، يعود الكثير منها الى السبعينات وبداية ومنتصف الثمانينات اي الى عام ١٩٨٧ ، كما تضمنت رسومات تخطيطية لمختلف احجام السلاسل التعاقبية

الخاصة بالبحوث التطويرية الى جانب المعدات اللازمة لتشغيل السلاسل التعاقبية بما في ذلك دائرة التبريد المائية و خزائن اجهزة الصمامات الخاصة (٢٠) .

حصلت ايران على (٥٠٠) طارد مركزي من طراز P-1 عام ١٩٩٣ من قبل الوسيط الاجنبي، اما في الفترة ما بين ٢٠٠٢ - ٢٠٠٣ قامت احدى شركات المقاولات بأجراء بعض البحوث التطويرية المتعلقة بتعديل جهاز طرد مركزي من طراز P-2 (٢١)، اعلنت طهران عام ٢٠٠٦ انها بدأت بتركيب ٣ الالف جهاز طرد مركزي في منشأة لتخصيب اليورانيوم ، وافق البرلمان الإيراني على اجراء تصويت على مشروع قانون يلزم الحكومة بإعادة النظر في تعاونها مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية و لعد يوم واحد من التصويت في مجلس الامن بالإجماع لمصلحة فرض عقوبات على ايران بسبب رفضها وقف أنشطة تخصيب اليورانيوم اعلن علي لاريجاني (٢٢) كبير مفاوضي ايران في الملف النووي ان بلاده بدأت في تركيب (٣) الالف جهاز طرد مركزي في منشأة نظنر النووية ، وهو موقع الأنشطة النووية الإيرانية لتخصيب اليورانيوم ، كما صوت مجلس الشورى الإيراني بالأغلبية لمصلحة اجراء تصويت على قانون يرغم الحكومة على اعادة النظر في تعاونها مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية(٢٣)، وفي ٥ تشرين الثاني ٢٠٠٧ زودت ايران الوكالة الدولية بجدول زمني للاجتماعات المنعقدة بين إيران و شبكه الامداد للفترة من ١٩٨٦-١٩٨٧ (٢٤) .

صرحت ايران انها اصبحت دولة منتجة للوقود النووي على المستوى الصناعي عام ٢٠٠٧ (٢٥)، طالب وزير الخارجية الإيراني منوشهر متكى (٢٦) القوى الدولية الكبرى بقبول الواقع الجديد بقدره ايران على تخصيب اليورانيوم صناعيا ، ان وقف التخصيب اصبح غير مقبولا ، سواء كان شرطا للدخول في المفاوضات او نتيجة للمفاوضات، واكد خبراء امريكيون ان (٣٠٠٠) الالف جهاز طرد مركزي تكفي لإنتاج سلاح نووي خلال عام ، وبينوا ان ايران تمكنت من تشغيل مجموعتين كل واحد منها تتكون من (١٦٤) جهاز طرد وهي بحاجة الى (٢٥) الف جهاز طرد مركزي يعمل في وقت واحد لإنتاج وقود يكفي لمفاعل واحد للماء الخفيف ، كما اعلنت وزارة الخارجية الروسية في ١٠ نيسان ٢٠٠٧ ان موسكو ليس لديها اي دليل على ان ايران حققت طفرة تكنولوجية ينتج عنها تخصيب اليورانيوم على نطاق صناعي (٢٧) ، وفي فرنسا انتقد وزير الخارجية فيليب دوست بلازي Felps Doset Plaze (٢٨) في ١٠ نيسان ٢٠٠٧ قيام ايران بإعلان انتقالها الى تخصيب اليورانيوم على المستوى الصناعي و اعتبر ان ذلك اشارة سيئة ضد المجتمع الدولي (٢٩) .

ب- الأثر بالليزر :

انشأت ايران مختبر يحتوي على جهازين لدراسة سلوكيات القياس الطيفي لمعدن اليورانيوم عام ١٩٧٥، واستخدم هذا المختبر في الثمانينات وذلك لتحليل عينات المواد النووية والتي يتم الحصول عليها من اختبارات الأثر في شركة قالاوي الكهربائية ومركزة في طهران للبحوث النووية، وانشأت

مختبر الليزر عام ١٩٩١، والذي يتألف من مختبرين مختبر الفصل بواسطة الليزر ومختبر الفصل الشامل، و في عام ١٩٩٣ استوردت ايران معدن اليورانيوم الطبيعي لإثرائها الى ٣% من اليورانيوم و في عام ١٩٩٨ استوردت ايران بعض المعدات الخاصة بأثراء بالليزر الى لشقر اباد، قدمت ايران الى الوكالة الدولية للطاقة الذرية المزيد من المعلومات عن مرفق لشقر اباد في تشرين الاول ٢٠٠٣ و بينت انه كان يحتوي على منشأة تجريبية للأثراء بالليزر انشأت عام ٢٠٠٠ (٣٠).

ج- الانتشار الغازي :

عند مرور جزيئات الغاز الخفيفة عبر ثقوب الحواجز فأنها تكون اسرع من الجزيئات الثقيلة، وتحتوي الجزيئات الخفيفة على ذرات اليورانيوم ٢٣٥، لذلك يحتوي الغاز المار عبر الثقوب نسبة يورانيوم ٢٣٥ اكبر من الغاز الاصيلي، و لكون هذه الزيادة قليلة جدا فأن الغاز يجب ان يمر عبر الحواجز المثقوبة الالاف المرات لإنتاج اليورانيوم المستخدم في محطات القدرة النووية (٣١).

سابعا : معمل انتاج الماء الثقيل

بدء العمل بإنشاء مصنع لإنتاج الماء الثقيل في ايران عام ٢٠٠٥ في مجمع اراك و الذي يقع في مدينة اراك وسط ايران، و للماء الثقيل اهمية في ان ذرات الهيدروجين فيه تحتوي على نيوترون ليس موجودا في الماء العادي (٣٢) او الخفيف و هو يعطي للماء الثقل خصائصه المميزة و يجعل استخداماته متعددة خاصته في تبريد قضبان اليورانيوم في المفاعلات النووية، يعتمد المفاعل النووي للماء الثقيل على اليورانيوم الطبيعي دون الحاجة الى تخصيب اليورانيوم و يمثل انتاج هذا الماء انجازا مهما (٣٣)، ذكر بعض الخبراء الايرانيين ان مفاعل الماء الثقيل الايراني يمكن ان يكون جاهزا للعمل بحلول ٢٠١١ و يسمح للبدء بإنتاج المواد الصالحة لصنع الاسلحة بحلول عام ٢٠١٤ (٣٤).

Journal of Historical Studies

المبحث الثاني: اعادة معالجة الوقود النووي المستهلك (Nuclear Fuel Reprocessing)

تحدث عمليات لفصل اليورانيوم ٢٣٥ في داخل الخلايا الساخنة عن طريق مجموعة من الخطوات الميكانيكية و الكيميائية حيث يعاد بعد تحويله سادس فلوريد اليورانيوم ليستخدم مرة ثانية في عملية تغذية المفاعل بالوقود كما يتم فصل البلوتونيوم ٢٣٩ الذي يكون احد النواتج المهمة عن عملية الاحتراق و الاكثر حساسية في البرنامج النووي باعتباره العنصر الرئيسي في صناعة الاسلحة النووية (٣٥).

بينت تقارير الوكالة الدولية للطاقة الذرية انه يتم تفريغ نحو ١٠٥٠٠ طن سنويا من الفلزات الثقيلة على شكل وقود نووي مستهلك من مفاعلات القوى النووية التي هي قيد التشغيل و يشكل التصرف بالوقود المستهلك عاملا هاما يؤثر في مستقبل الطاقة النووية (٣٦).

وهو يتناول قضايا تتعلق بالتخزين المؤقت طويل الاجل و بمعالجة الوقود المستهلك، فأقل من ٢٠% من هذا الوقود يخضع لإعادة المعالجة^(٣٧)

ان اعادة ١ طن من الوقود النووي المستعمل ينتج عنها ٠,١ متر مكعب نفايات من المستوى العاليي تحتوي ٩٩% من اشعاع الوقود المستعمل ، و ١ متر مكعب نفايات من المستوى المتوسط تحتوي ١% من اشعاع الوقود النووي المستعمل و ٤ متر مكعب نفايات من المستوى المنخفض يحتوي ٠,٠٠١% من اشعاع الوقود النووي المستعمل^(٣٨) .

تاسعا : التخلص من النفايات النووية

النفايات المشعة هي عبارة عن وقود نووي تنتج في جميع مراحل دورة الوقود النووي ، او انها عبارة عن نفايات تحتوي على مواد مشعة و هي منتجات ثانوية لتوليد الطاقة النووية و تطبيقات اخرى للانشطار او التكنولوجيا النووية مثل البحث و الطب و تعتبر خطرة على معظم اشكال الحياة و البيئة، و يتم تنظيفها من قبل الوكالات الحكومية من اجل حماية صحة الانسان و البيئة ، هنالك العديد من الصناعات مثل التعدين و الدفاع و الطب و البحث العلمي و توليد الطاقة النووية التي تنتج منتجات ثانوية تشمل النفايات المشعة ، و يمكن للنفايات المشعة ان تبقى مشعة لبضعة اشهر او سنوات او حتى مئات السنين ، و يجب تدريب العاملين داخل هذا المرفق لحماية انفسهم و العالم و هنالك انواع للنفايات المشعة و هي :

١-نفايات عالية المستوى (CHLW)

هي النفايات النووية الناتجة من اعادة معالجة الوقود النووي المستخدم في المفاعلات النووية ، و يتم العمل بها على ثلاث مراحل هي :

أ-يجب ان يعمل التخزين المؤقت على تبريد النفايات و منع تعرضها للشعاع .
ب-اعادة معالجة البلوتونيوم بفصله من النفايات و سحقه .

ت-يخلط المسحوق بالزجاج لحبس النفايات في وعاء و يوضع الزجاج السائل في اوعية من الصلب و يخزن في منطقة مستقرة .

يعد هذا النوع خطيرا على البشر لأسباب عديدة لأنها تظل مشعة و تمثل ٩٥ % من اجمالي النشاط الاشعاعي المنتج في المفاعل النووي^(٣٩) .

٢- نفايات متوسطة المستوى

تحتوي هذه النفايات على كميته عالية من النشاط الاشعاعي مقارنة بالنفايات منخفضة المستوى و اقل من المستوى العاليي، و يتطلب هذا النوع من النفايات اعاده التدريع اثناء المناولة و التخزين المؤقت .

يشمل هذا النوع نفايات إعادة التجديد و لرات نجات التبادل الايوني و الحماية الكيميائية و تكسيه الوقود المعدني ، كما تحتوي ٤% من اجمالي النشاط الاشعاعي ، يتم نقل النفايات ذات المستوى المتوسط التي تتطلب ادارة طويلة الاجل الى مشغل ادارة نفايات معتمد (٤٠) .

٣- نفايات منخفضة المستوى

تعد هذه النفايات منخفضة المستوى غالبا ما تستخدم المفاعلات النووية والمستشفيات و عيادات الاسنان و انواع مماثلة من المرافق وهذه النفايات النووية ضرورية من اجل توفير الخدمات التي يتم تقديمها داخل هذه المرافق وهي ليست خطرة و يمكن التخلص منها داخل مكب النفايات (٤١) .

٤- التعدين و الطحن

تنتج نفايات و فضلات الصخور عن طريق تعدين و طحن خام اليورانيوم و مادة المخلفات تكون مغطاة بالماء ولها قوام رمل ناعم، عند التجفيف يتم انتاجه عن طريق طحن الخام و التركيز الكيميائي لليورانيوم، و ينتج نفايات الصخور النظيفة و المعدنية اثناء أنشطة التعدين التي يجب حفرها للوصول الى خام اليورانيوم، و يمكن ان تولد الصخور النفايات المعدنية حامضا عند تركها على السطح الى اجل غير مسمى مما قد يؤثر على البيئة المحيطة (٤٢) .

٥- نفايات عبر اليورانيوم

تحتوي نفايات اليورانيوم على اكثر من ٣٧٠٠ و هو اقل بكثير من اليورانيوم ، ينتج هذا النوع من النفايات من خلال اجراءات إعادة معالجة النفايات النووية في معظم الحالات (٤٣) .

المبحث الثالث : القنبلة الذرية و المفاعلات النووية :

هي من الاسلحة التي تستخدم الطاقة الناتجة عن الانشطار النووي في عمليات التفجير الهائلة بالقنابل الذرية ، و تعد من اسلحة الدمار الشامل، طور العلماء لأول مرة تقنية الاسلحة النووية خلال الحرب العالمية الثانية و تم استخدامها مرتين في الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩-١٩٤٥ من قبل الولايات المتحدة الامريكية ضد اليابان (٤٤) تقسم القنابل الذرية الى :

اولا : قنبلة اليورانيوم (Uranium Bomb)

سعى مخترعو القنبلة النووية الى خلق قاعدة نشطة لتغذية تفاعلا تسلسليا تطلق كميات كبيرة من الحرارة ، و لأجل ذلك قاموا بتصميم ما يطلق عليه المدفع ، حيث يتم قذف قاعدة نشطه بكميه اصغر منها من المادة النشطة، وهذا يؤدي الى اثاره التفاعل التسلسلي لليورانيوم مما يؤدي الى انفجارا نوويا في اقل من ثانية ، يتم تحويل سداسي فلوريد اليورانيوم عالي التخصيب الى اكسيد اليورانيوم لصنع و قود قنبلة اليورانيوم ، ويتم ذلك باستخدام عمليات هندسية و كيميائية بسيطة (٤٥) .

ثانيا: قنبلة البلوتونيوم (Plutonium Bomb)

يتميز البلوتونيوم بميزات عدة لا تتوفر بالبلوتونيوم كالمكون للسلاح النووي، إذ يكفي أربع كيلوجرامات من البلوتونيوم لصناعة قنبلة، يتكون الرأس الحربي من نطاق من البلوتونيوم يحيطه غلاف من البريليوم والتي تعكس النيوترونات مرة أخرى لمواصلة عملية الانشطار، أي أنه يحتاج كمية أقل من البلوتونيوم للوصول إلى قاعدة نشطة، ونتاج تفاعل انشطاري^(٤٦)

المفاعلات النووية Nuclear Reactors

هي عبارة عن منشأة يتم فيها السيطرة على عملية الانشطار النووي دون وقوع انفجار أثناء الانشطارات المتسلسلة، وتستخدم لإنتاج الطاقة النووية، وتصنيع الأسلحة النووية، وإزالة الأملاح والمعادن من الماء للحصول على الماء النقي، وتحول عناصر كيميائية إلى عناصر أخرى، وخلق نظائر عناصر كيميائية ذات فعالية إشعاعية، وإمداد السفن وحاملات الطائرات والغواصات النووية بالطاقة^(٤٧)، تقع المفاعلات في بوشهر وطهران وإراك، تم بناء المفاعل في بوشهر بمساعدة روسية و يتكوين المفاعل النووي من الأجزاء التالية^(٤٨) :

- ١- مركز المفاعل و هو المركز الذي تتم فيه سلسلة الانشطار النووي .
- ٢- السائل المتحكم في حرارة المركز حيث يستعمل الماء للتحكم في سرعة النيوترونات و بالتالي يتحكم بمعدل الانشطار النووي ، كما أنه يعد ناقل للحرارة الناتجة من التفاعل النووي و يتحول جزء منه إلى بخار عال الضغط .
- ٣- حاويات تحيط بمركز المفاعل والماء، تكون مصنوعة من الحديد الصلب تتصف بكونها ذات جدران سميكة وذلك لكي تحتفظ بضغط البخار عاليا ولمنع تسرب الإشعاعات الناتجة عن الانشطار النووي للخارج والحماية منها، ويخرج بخار الماء بضغط يبلغ ٤٠٠ ضغط جوي وتكون درجة حرارته نحو ٤٥٠ درجة مئوية بواسطة أنابيب متينة من حاوية المفاعل .
- ٤- محولات حرارية حيث يأتي البخار عالي الضغط من المفاعل إلى المحولات لفصل دائرتي الماء ، ومولد كهربائي عملاق يديره التوربين و يتم من خلاله توليد الكهرباء و تتحول الطاقة النووية إلى طاقة حرارية ثم إلى طاقة حركية للتوربين و المولد الكهربائي إلى طاقة كهربائية لتشغيل المصانع و إضاءة المنازل .

التفاعل النووي :

هو تفاعل يحدث عند اصطدام نواتي ذرتين ببعضهما أو عند اصطدام جسم أولي مثل البروتون أو النيوترون بنواة ذرة و ينشأ عنه مكونات جديدة تختلف عن المكونات الداخلة في التفاعل من خلال اصطدام الجسم بالنواة حيث تتكون ما يسمى النواة المركبة التي تتحلل في وقت قصير جدا وينتج عنه نواة جديدة^(٤٩).

يتم قذف ذرات العنصر المستخدم كوقود نووي في المفاعلات مثل اليورانيوم ٢٣٥ بقذائف من النيوترونات فتتشطر النواة الى نواتين او اكثر ، و يرافق الانفجار قدرا كبيرا من الطاقة و تصطدم النيوترونات الحرة بذرات اخرى فتتشطر ليستمر التفاعل و تعتمد المفاعلات النووية على الانشطار النووي و الذي يولد حرارة و التي تستخدم في تسخين المياه لتكوين البخار و تشغيل التوربينات ، و يستخدم المفاعل النووي اليورانيوم المخصب في شكل كريات من الوقود ، حجم كل واحدة منها حجم قطعة العملة و طولها بوصة ، يتم تشكيل تلك الكريات على هيئة قضبان طويلة باسم الحزم تحتفظ بها داخل حجرة مضغوطة شديدة العزلة ، ويتم تغطيس الحزم في الماء للإبقاء عليها باردة في الكثير من محطات توليد الطاقة و تستخدم محطات اخرى ثاني اوكسيد الكربون او المعدن المذاب لتبريد قلب المفاعل (٥٠) .

انواع المفاعلات النووية حيث توجد خمس انواع من المفاعلات النووية :

١- المفاعلات العاملة بالماء الخفيف HWRS وهذا النوع يستخدم الماء العادي كمهدئ و مبرد ، و يعد هذا النوع هو الاوسع انتشارا في العالم (٥١) .

٢- المفاعلات العاملة بالماء الثقيل HWRS، تستخدم هذه المفاعلات الماء ايضا كمهدئ ومبرد، وهو النوع المستخدم في الولايات المتحدة الامريكية في انتاج اليورانيوم اللازم للأغراض التسليحية .

٣- المفاعلات المبردة بالغا GCRS او MAG NOX، وهذا النوع من المفاعلات الهدف منها تهدأت السرعة وذلك عن طريق الغرافيت وتقوم بالتبريد بواسطة غاز ثنائي اوكسيد الكربون ويمكن تشغيلها على وقود اليورانيوم الطبيعي.

٤- مفاعلات الغاز عالية الحرارة HTGRS ويبرد هذا النوع بغاز الهليوم وتهدأ سرعته بواسطة الغرافيت وهو يعمل على كذلك على الوقود اليورانيوم عالي التخصيب .

٥- مفاعلات المولد السريعة FBRS ولهذا النوع من المفاعلات قلب من اليورانيوم او البلوتونيوم عالي التخصيب، وهو ينتج المادة الانشطارية، اكثر من استهلاكه لها ، و يعمل دون الحاجة الى مهدئ و مبرد على شكل سائل كالصوديوم (٥٢)

الخاتمة

نستنتج مما تقدم :

١- أن إيران عملت على اقامة بنية تحتية نووية قوية شملت عدد من المراكز البحثية العلمية و المنشآت النووية لتدعيم برنامجها النووي .

- ٢- انشأت إيران منشآت لتخصيب اليورانيوم و فصل البلوتونيوم و انتاج المياه الثقيلة و امتلاك اجهزة الطرد المركزي .
- ٣- اجراء عمليات التثقيب عن اليورانيوم و انشاء عدد من المناجم .
- ٤- امتلاك دورة الوقود النووي الكامل و تصنيع القنابل النووية .
- ٥- امتلكت إيران حق انتاج اليورانيوم عالي التخصيب و توليد و خزن مادة البلوتونيوم تحت اشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية .

الهوامش :

- ١- الثورة الاسلامية في إيران : هي الثورة التي قامت في إيران عام ١٩٧٩ ، و التي انتهت حكما دام ٢٥٠٠ عام ، و كانت كرد فعل لسياسة الشاه محمد رضا بهلوي ، الذي جعل من إيران ارض صالحة لخدمة المصالح الامريكية ، و ابعدها عن العالم العربي و الاسلامي ، انظر : امل عباس جبر البحريني ، الثورة الاسلامية في إيران دراسة تاريخية في اسبابها و مقدماتها و وقائعها ، اطروحة ، جامعة المستنصرية ، كلية التربية ، ٢٠٠٧ ، ص ١ .
- ٢- منصور حاتمي راد ، منصور حاتمي راد ، جرخه سوخت اي جمهوری اسلامی ایران ، كادر علمي ، مريسان ، سال هفتم -شماره ٢٣ ، ص ١٦٣ .
- 3- David Cliff David Kehr, Iran Nuclear Fuel Cycle : a technical outline , Vertic Brief , 2013, p. 2.
- ٤- الكعكة الصفراء : هو يورانيوم طبيعي في صورة مسحوق غير قابل للذوبان في الماء يحتوي على نسبة ٨٠ بالمئة من اليورانيات ، شديد السمية ، لونه اصفر بني ، يتكون من النظيرين اليورانيوم ٢٣٨ و اليورانيوم ٢٣٥ انظر : منصور حاتمي راد ، المصدر السابق ، ص ١٥٤ .
- ٥- هكسا فلوريد اليورانيوم : و هو غاز ينتج من اكسيد اليورانيوم و يتحول ليصل الى هذه المرحلة تمهيدا لعملية التخصيب ، أي زيادة نسبة اليورانيوم ٢٣٥ على حساب اليورانيوم ٢٣٨ ليكون ذو نشاط نووي اعلى : انظر: International Atomic Energy Agency, Interim guidance on the safe transport of uranium hexafluoride ,A-1400 vienna, Austria ,June1991 , p 37-39
- ٦- وسام الدين العكله، التحدي النووي الإيراني: حقيقة ام وهم، دار سوريا الجديد للطباعة والنشر، ط١، ٢٠١٣، ص١٢٥.
- 7- GOV\2008\4,P5.
- ٨-رياض الراوي ، البرنامج النووي الإيراني و اثرة على منطقة الشرق الاوسط ، ط ١ ، ٢٠٠٦ ، ص ١٥٠ .
- ٩- المصدر نفسه ، ص ١٥١ .
- ١٠- الدين العكلة ، المصدر السابق ، ص ١٢٨ .
- ١١- رياض الراوي ، المصدر السابق ، ص ١٥١ .
- 12-David Cliff , David Keir , Po , cit , p.5.
- ١٣- رياض الراوي ، المصدر السابق ، ١٥٢ .

14-Iran Tray nor “ UN Alarm at Iran’s Nuclear Program me “ , guardian , March 18,2003 .

15-Joby Warrick and Glenn Kessler , Iran Nuclear Program Speeds Ahead Washington Post , March 10 , 2003 .

١٦- محمد البرادعي : ولد ١٩٤٢ ، و هو دبلوماسي و سياسي مصري ، حصل على جائزة نوبل للسلام سنة ٢٠٠٥ ، اثناء عمله في الوكالة الدولية للطاقة الذرية كمدير لها ، و هو كذلك مؤسس الجمعية الوطنية للتغيير ، انظر : محمد البرادعي ويكيبيديا ، <https://ar.m.wikipedia.org/wiki>

١٧- وسام الدين العكله ، المصدر السابق ، ص ١١٨ .

18-David Cliff , David Keir , Op, cit , p.6.

19-GOV\2005\87,Nov 21,p3.

٢٠- جادوي خليل ، اشكالية البرنامج النووي الإيراني ، رسالة ماجستير ، جامعة بن يوسف بن خدة-الجزائر-،كلية العلوم السياسية ، ٢٠٠٩\٢٠٠٧ ، ص ٨٠ .

٢١- محمد جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، الصراع النووي في قارة اسيا ، المكتبة الاكاديمية ، القاهرة ، ط ١ ، ٢٠١٠ ، ص ١٩٢ .

٢٢- علي لاريجاني : هو رئيس مجلس الشورى الإيراني ولد عام ١٩٥٨ درس في جامعة طهران ، حصل على شهادة الماجستير و الدكتوراه في الفلسفة الغربية كما حصل على البكالوريوس بالرياضيات و الاعلام و تراس هيئة الاذاعة و التلفزيون بين ١٩٩٧-٢٠٠٤ ، ترشح بعد ذلك للانتخابات الرئاسية الإيرانية في ٢٠٠٥ ، و اصبح امينا عاما للمجلس الاعلى للأمن القومي الإيراني في ٢٠٠٥-٢٠٠٧ ، ثم قدم استقالته ، اسس مركز الدراسات الاسلامية التابع لمجلس الشورى الاسلامي في قم ، انظر <https://ar.m.wikipedia.org/wiki>

٢٣- محمد جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، المصدر السابق ، ص ١٩٢ .

24-Gov \ 2007 \ 58 , p.3.

٢٥- محمد جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، المصدر السابق ، ص ١٩٣ .

٢٦- منو شهر متكي : هو وزير الخارجية الإيراني في فترة حكومة احمدي نجاد ٢٠٠٥، وولد عام ١٩٣٥ ، بمدينه بندرغز ، حصل على شهادة البكالوريوس من جامعة بانجلو في الهند في تخصص علم الاجتماع ، ثم حصل على شهادة الماجستير في العلاقات الدولية من جامعة طهران ، اقبل من منسبة عام ٢٠١٠ ، انظر : <https://ar.m.wikipedia.org/wiki>

٢٧- محمد جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، المصدر نفسه، ص ١٩٤ .

٢٨- فيليب دوست بلازي: ولد عام ١٩٥٣ في لورد في فرنسا، كان سياسيا و عضوا في اتحاد علشان حركة شعبية والاتحاد من اجل الديمقراطية الفرنسية، توالى عدة مناصب منها، عضو في البرلمان الاوربي، عضو في الجمعية الوطنية الفرنسية، عضو المجلس العام، ووزيرا للشؤون الخارجية ، انظر : <https://ar.m.wikipedia.org/wiki>

٢٧- جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، المصدر السابق، ص ١٩٥ .

28-GOV\ 2003\75,Nov,14,p15

٢٩- وسام الدين العكله ، المصدر السابق ، ص ١١٩ .

- ٣٠- دفتر تدوين برنامه و طرح های راهبردی ، معاونت برنامه ریزی هسته ای و نظارت راهبردی ، اشنانی با انرزی هسته ای و کاربردهای ، سازمان انرزی اتمی ایران ، ج ١ ، سال ١٤٠٠ ، ص ٥١ .
- ٣١- عطا محمد زهرة، البرنامج النووي، مركز الزيتون للدراسات والاستشارة، لبنان، بيروت، ط (١)، ٢٠١٥، ص ٢٩ .
- 32-Anthony H . Cordesman and Abdullah Toukan “ study on a possible Israeli Strike on Iran’s Nuclear Development “ site of center of strategic and International Studies 14\3\2009,p.29.
- 33-Nuclear explained the Nuclear Fuel cycle .
- 34-[https://www.eia.GOV/energy explained](https://www.eia.GOV/energy%20explained)
- ٣٥-الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، التقرير السنوي للوكالة الدولية للطاقة الذرية لعام ٢٠٠٧ ، فينا ، ٢٠٠٧ ، GC(52) ١9 ص ٢٨ .
- ٣٦-التقرير السنوي للوكالة الدولية ، المصدر نفسه، ص ٢٨ .
- ٣٧-وسام الدين العكله ، المصدر السابق ، ص ١٢٢ .
- 38-<https://www.google.com/amp/s/e3arabi>.
- ٣٩-منصور حاتمى راد ، المصدر السابق ، ص ١٦٠
- ٤٠-معمارزاده قمى ، ف سعيدى ، اشتياني مقدم ، دفع زائد و بسماندهايراديوكتيو ، مركز أموش جامع رودهن ، سازمان انرزی اتمی ایران ، ص ٤ .
- ٤١-النفایات المشعة. <https://www.google.com/amp/s/e3arabi>.
- ٤٢-اميري حمیدی ، سيروس خزاعى ، سعيد تورجى ، مطالعه روش های مختلف برای دفع بسماندهای راديواكتيو ، كارگاه های آموزشی مركز اطلاعات علمى ، هشتمين همایش انجمن زمين شناسى مهندسى و محيط زیست ايران ، ١٥ و ١٦ ابان ١٣٩٢ ، دانشگاه فردوسي مشهد ، ص ٣ .
- ٤٣- المصدر نفسه ، ص ٥ .
- ٤٤- بمب اتم جیست از نحوه ساخت تا طرز كاو قدرت تخریب ، مجله فرادرس ، علوم بايه ، فيزيك <https://blog.faradars>
- ٤٥-وسام الدين العكله ، المصدر السابق ، ص ١٢٢ .
- ٤٦- المصدر نفسه ، ص ١٢٣ .
- ٤٧- المصدر نفسه ، ص ١٢٠ .
- 48-David Cliff , David Keir ,Iran Nuclear Fuel Cycle : a technical outline , Vertis Brief , 2013 , p 10 .
- ٤٩-وسام الدين العكله ، المصدر السابق ، ١٢٠ .
- ٥٠- المصدر نفسه ، ص ١٢١ .
- ٥١- عبد الوهاب لوصيف ، دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ادارة الملف النووي الايراني ،رسالة ماجستير ، جامعة الحاج لخضر ، ٢٠١٣\٢٠١٢ ، ص ١٢ .
- ٥٢- المصدر نفسه ، ص ١٣ .

المصادر

أولا : الوثائق المنشورة

- 1- GOV\ 2003\75,Nov,14.
- 2- International Atomic Energy Agency , Production of Yellow Cake and Uranium Fluorides , International Atomic Energy Agency and Held in Paris , 1979 .
- 3- International Atomic Energy Agency, Interim guidance on the safe transport of uranium hexafluoride ,A-1400 vienna, Austria ,June1991 , p 37-39.
- 4- GOV\2005\87,Nov 21.
- 5- Gov \ 2007 \ 58.
- 6- GOV\2008\4.
- 7- Nuclear explained the Nuclear Fuel cycle. <https://www.eia.gov/energyexplained>

ثانيا : الوثائق و التقارير المترجمة

- ١- الوكالة الدولية للطاقة الذرية ن التقرير السنوي للوكالة الدولية للطاقة الذرية لعام ٢٠٠٧ , فينا , ٢٠٠٧ , , ١9 (52)GC ص ٢٩ .

ثالثا: رسائل الماجستير و اطاريح الدكتوراه

١- الاطاريح الاجنبية

- 1- Anthony H . Cordesman and Abdullah Toukan “ study on a possible Israeli Strike on Iran’s Nuclear Development “ site of center of strategic and International Studies 14\3\2009.

رابعا: رسائل الماجستير العربية : مجلة دراسات تاريخية Journal of Historical Studies

- ١- جداوي خليل، اشكالية البرنامج النووي الايراني، رسالة ماجستير، جامعة بن يوسف بن خدة- الجزائر، -، كلية العلوم السياسية ، ٢٠٠٧\١٢\٢٠٠٩ .
- ٢- عبد الوهاب لوصيف ، دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ادارة الملف النووي الايراني ،رسالة ماجستير ، جامعة الحاج لخضر ، ٢٠١٢\١٢\٢٠١٣ .

خامسا: الكتب

١- الكتب العربية

- ٢- وسام الدين العكلة ،التحدي النووي الايراني: حقيقة ام وهم، دار سوريا الجديد للطباعة والنشر، ط(١)، ٢٠١٣ .

٣- محمد البرادعي ، زمن الخداع ، الكتاب تجميع للحلقات المنشورة بجريدة التحرير ، تجميع حازم عرفة.

٤- رياض الراوي، البرنامج النووي الايراني واثرة على منطقة الشرق الاوسط، ط١، ٢٠٠٦.

٥- محمد جمال مظلوم ، ممدوح حامد عطية ، الصراع النووي في قارة اسيا ، المكتبة الاكاديمية ، القاهرة ، ط ١ ، ٢٠١٠ .

٦- عطا محمد زهرة، البرنامج النووي، مركز الزيتون للدراسات والاستشارة، لبنان، بيروت، ط١، ٢٠١٥ .

٢-الكتب الانكليزية

1- The Nuclear Fuel Cycle , A Fact file Provided by The Institution of Engineering and Technology Second Edition 2008.

2- R. Ahangari , Overview of Iran Nuclear Fuel Cycle , Nuclear Science and Technology Research Center Institute.

سادسا : البحوث الانكليزية

1- David Cliff David Kehr, Iran Nuclear Fuel Cycle : a technical outline , Vertic Brief , 2013

2- Iran Tray nor “ UN Alarm at Iran’s Nuclear Programme “ , guardian , March 18,2003 .

3- Joby Warrick and Glenn Kessler , Iran Nuclear Program Speeds Ahead Washington Post , March 10 , 2003 .

سابعا : المصادر الفارسية

١- منصور حاتمي راد ، جرخه سوخت اي جمهورى اسلامى ايران ، كادر علمى ، مريسان ، سال هفتم -شماره ٢٣.

٢- دفتر تدوين برنامه و طرح هاى راهبردى، معاونت برنامه ريزى هسته اي ونظارت راهبردى، اشنانى با انرژى هسته اي وكاربردهاى، سازمان انرژى اتمى ايران، ج١، سال ١٤٠٠ .

٣- على واعظ ، كريم سجادبور ، اسطوره هسته اي ايران : هزينه ها و بيم ها .

٤- معمارزاده قمى، ف سعيدى، اشتيائى مقدم، دفع زائد وبسماندهاراديوكتيو، مركز آموزش جامع رودهن ، سازمان انرژى اتمى ايران.

٥- اميري حميدى، سيروس خزاعى، سعيد تورجى، مطالعه روش هاى مختلف براى دفع بسماندهاى راديواكتيو، كارگاه هاى آموزشى مركز اطلاعات علمى، هشتمين همایش

انجمن زمين شناسى مهندسى ومحيط زيست ايران ١٥ و ١٦ ابان ١٣٩٢، دانشگاه فردوسى مشهد.

ثامنا : الشبكة المعلوماتية الدولية

1- <https://larz.m.wikipedia.org.wiki>

2- <https://www.google.com/amp/s/e3arabi>.

٣-النفائات المشعة

<https://www.google.com/amp/s/e3arabi>.



مجلة دراسات تاريخية
Journal of Historical Studies