القسم الأول: الحقائق

1ـ التعريف بالمفاهيم الأساسية

1ـ1 الذرة

منذ ظهر الإنسان على الأرض وهو في سعي دائم لتسخير مواردها لاحتياجاته، وفي سبيل هذا جاهد الإنسان للتعرف على العالم من حوله والمواد التي يتكون منها العالم، وفي العصور القديمة سيطرت فكرة البحث عن وسيلة لتحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب، وظهرت أساطير حجر الفلاسفة الذي يحول النحاس إلى ذهب، وقد أدى تراكم المعرفة إلى فهم أعمق ليس فقط للمواد التي نراها على كوكب الأرض، ولكن إلى معرفة كيف نشأ الكون، ومتى، وعرفنا أن المواد المعقدة قد نشأت من مواد أبسط، فالمركبات الكيميائية العضوية المعقدة كالبترول مثلا قد نشأت من اتحاد عناصر أبسط كالهيدروجين والكربون، وهذه العناصر على اختلافها وتنوعها تتكون بدورها من أجزاء بالغة الصغر تسمى الذرة، وهي أصغر جزء من العنصر يمكن أن يدخل في التفاعلات الكيميائية دون أن ينقسم.

أدت التطورات التي حدثت في علم الفيزياء في القرنين التاسع عشر والعشرين، إلى اكتشاف أن الذرة بدورها تتكون من جسيمات أصغر هي الإليكترون، والبروتون، والنيوترون، وأن ما يميز العناصر عن بعضها البعض هو عدد هذه الجسيمات في الذرة الواحدة، بكلام آخر فإن ما يجعل الحديد حديدا وما يجعل الذهب ذهبا هو فقط عدد كل من هذه الجسيمات الثلاثة.

تتكون الذرة من: 1) النواة وهي التجمع الحقيقي للمادة وتضم البروتونات وهي جسيمات تحمل شحنة كهربائية موجبة، والنيوترونات وهي جسيمات لا تحمل أي شحنة كهربائية (أي متعادلة الشحنة)، و2) المدارات الالكترونية (الإلكترون: وهو جسيم صغير يحمل شحنة كهربائية سالبة) كما يوضح الشكل (1)، ويمكن تشبيه توزع هذه الجسيمات الثلاثة في الذرة

شكل (1): رسم تخطيطي للذرة ومكوناتها

بالمجموعة الشمسية حيث تقع الشمس في مركز المجموعة بينما تتحرك الكواكب في مدارات حولها وتكون في حالة حركة دورانية مستمرة، وهنا سنستبدل الشمس بالنواة (وتحتوي على البروتونات والنيوترونات) ونستبدل الكواكب بالإلكترونات والتي لها مدارات محددة تدور بها حول النواة.

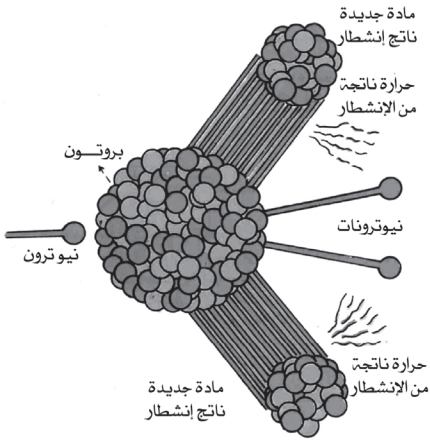
وشحنة كل من الإلكترونات والبروتونات متساوية من حيث القيمة ولكنها مختلفة بالنوع فالأولى سالبة والثانية موجبة، وفي نفس الوقت فإن كتلة البروتون الواحد أكبر من كتلة الإلكترون الواحد بحوالي 1800 ضعف تقريبا، ويكون عدد البروتونات مساويا لعدد الإلكترونات في الذرة الواحدة، أما النيوترون فإن كتلته مساوية تقريبا لكتلة البروتون، والذرات التي تحتوى نواتها على نفس عدد البروتونات (وإن اختلف عدد النيوترونات) تسمى نظائر .

2.1 الانشطار النووي

في عام 1939 أزيح الستار عن إمكانية تفتيت الذرة على يد العالمين الألمانيين "هان" و"استرسمان"، فقد قام العالمان بتوجيه تيار من النيوترونات على عينة من اليورانيوم وكانت النتائج مدهشة ومحيرة، حيث اكتشفا وجود مادة الباريوم (وهى أخف وزنا من اليورانيوم) في بقايا عينة اليورانيوم، ولم تفلح محاولات عديدة لفك طلسم سبب تواجد مادة الباريوم. وهنا التقط العالمان الأمريكيان "دوننج" و"بوث" الخيط وأجريا تجارب كانت أكثر تحديدا واستطاعا اكتشاف مفتاح حل اللغز لقد توصلا أن اليورانيوم الموجود بالطبيعة يتكون من نظير اليورانيوم238 بنسبة 99.3% ونظير اليورانيوم235 بنسبة 0.7% بالوزن، وأن نويات نظير اليورانيوم235 قد انقسمت إلى ذرتين أخريين أخف وزنا تحت تأثير النيوترونات وأن الباريوم الموجود في بقايا اليورانيوم هو في الواقع أحد نواتج انشطار نويات ذرات نظير اليورانيوم235 وهكذا عرف الانشطار النووي.

إذا انشطرت نواة الذرة لأي سبب (كاصطدامها بجسيم نووي مثل النيوترون) فإنها تنقسم لعنصرين يقل مجموع كتلتيهما عن كتلة الذرة الأصلية وهذا الفرق في الكتلة يتحول إلى مقدار هائل من الطاقة طبقا لمعادلة أينشتين التي تربط الطاقة بالكتلة، وكلما زاد عدد البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة كلما كانت أكثر قابلية للانشطار. ومن أهم العناصر الانشطارية البلوتونيوم واليورانيوم235 المستخدم كوقود في المفاعلات النووية، وانشطار جرام واحد من اليورانيوم235 ينتج عنه طاقة تساوى الطاقة الناتجة من حرق 2.4طن من الفحم أو 11.2 برميل من البترول.

إلى جانب هذا المقدار الهائل من الطاقة ينتج عن هذا الانشطار عدد يتراوح من 2 إلى 3نيوترونات جديدة (شكل 2) تتسبب بدورها في انشطار ذرات يورانيوم أخرى مما يجعل هذا التفاعل الانشطاري مستمر ومتسلسل. فإذا فرضنا انطلاق 2نيوترون من الانشطار الأول فانه ينتج عنها انشطاران جديدان في الجيل الأول وفي الجيل الثاني 4 وفي الثالث 8 وفي الرابع 16 وفى العاشر



شكل (٢): رسم تخطيطي لانشطار النواة

1024 وفى العشرين 1048576. مع العلم بأن الوقت بين جيل والجيل التالي له لا يزيد عن جزء من الثانية، وعلى هذا الاعتبار نستطيع أن نتخيل مقدار الطاقة التي يمكن الحصول عليها بسرعة بواسطة هذا التفاعل، وهذا النوع من التفاعل المتسلسل غير محكوم بمعنى أنه يتزايد باستمرار وهو ما يحدث في القنبلة الذرية.

أما في التفاعل المتسلسل المحكوم فيخرج نيوترون واحد فقط في المتوسط قادر على الدخول في انشطار جديد وبالتالي فإن عدد النيوترونات القادرة على الدخول في انشطار جديد في وقت ما يساوى عدد النيوترونات المسببة للانشطار في الجيل الأول وهو ما يحدث في المفاعلات النووية. ولا توجد صعوبة في إيقاف هذا النوع من التفاعل المتسلسل وإنما الصعوبة في الحفاظ علي استمراره لأن بعض النيوترونات الناتجة من الانشطار تخرج خارج منطقة التفاعل وبعضها تمتصه نوات ذرات غير قابلة للانشطار، وبالتالي لا يمكن لمحطة نووية أن تتحول إلى قنبلة ذرية وذلك بسبب الخواص الفيزيائية للمواد النووية نفسها

لأنه، حتى في حالة حدوث التفاعل المتسلسل من انشطار المواد النووية وخروجه عن سيطرة نظم التحكم (وهذا شيء ضئيل الاحتمال نتيجة احتياطات الأمان المتخذة في الاعتبار) فان الطاقة الناتجة نفسها سوف تعمل على إيقاف التفاعل بواسطة التأثيرات الفيزيائية العكسية وأبسطها انصهار المواد نتيجة ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي تتغير الأبعاد الموجودة ويتوقف التفاعل تلقائيا.

3.1 المفاعلات النووية

المفاعل النووي هو منظومة تتم فيها عملية انشطار متسلسل محكوم، وأجزاء المفاعل الرئيسية هي :

(ا) **قلب المفاعل** : وهو الجزء الذي يوجد به الوقود النووي على شكل قضبان من اليورانيوم وكذلك مادة مهدئة لسرعة النيوترونات .

(**ب**) **العاكس**: وهو مادة توضع حول الوقود وذلك لمنع النيوترونات من الاتجاه إلى خارج قلب المفاعل وغالبا ما تكون مادة العاكس هي نفس مادة المهدئ .

(**ج**) **نظام التبريد**: الغرض منه سحب الحرارة الناتجة عن الانشطار من قلب المفاعل باستمرار وذلك عن طريق إمرار المبرد داخل قلب المفاعل فيكتسب الطاقة الحرارية من الوقود في قلب المفاعل ثم تستخدم هذه الطاقة الحرارية في توليد الكهرباء أو التدفئة أو توفير الطاقة لمنظومات تحلية المياه ...الخ.

(**د**) **نظام التحكم** وهو للتحكم في معدل التفاعل الانشطاري وبالتالي في قدرة المفاعل وذلك عن طريق امتصاص النيوترونات بواسطة قضبان تحكم تصنع من مادة لها خاصية امتصاص النيوترونات مثل الكاديوم.

وهناك معدات وأجهزة أخرى متعددة مساعدة مثل المضخات والمبادلات الحرارية والتربينات وغيرها وجميعها مع المفاعل النووي يكونون ما يسمى بالمحطة النووية، وعلى ذلك فالمحطة النووية هي عبارة عن تصميم تكنولوجي يتم فيه تحويل طاقة الانشطار الناتجة داخل الوقود النووي إلى

طاقة حرارية يكتسبها المبرد خلال سريانه وتستخدم هذه الطاقة الحرارية في توليد الكهرباء وغيرها من التطبيقات.

خلال التاريخ الطويل لتطوير منظومات لمفاعلات نووية وضعت تصورات لتصميمات مختلفة، إلا أننا سوف نقصر هذا العرض على الأنواع التي تم تطويرها واستخدامها على نطاق واسع في المحطات النووية والتي ثبت عمليا صلاحية تصميماتها وتكنولوجياتها والتي يوجد آفاق لتعميق تطويرها واستخدامها في المستقبل المنظور. ويمكن تقسيم هذه المنظومات إلى ثلاثة فئات رئيسية وهى:

- المفاعلات التي ثبتت صلاحيتها ومتاحة للتصدير وهذه هي الفئة التي تهمنا في مصر، وتشمل أنواع المفاعلات التي أنشئت وتم تشغيلها في عدد من محطات القوي علي النطاق التجاري والتي تعمل وتنتج الطاقة بصورة مرضية، وتتضمن هذه الفئة الأنواع الرئيسية الآتية :
- مفاعلات الماء العادي المضغوط واليورانيوم المثري بنسبة صغيرة Pressurized Water Reactors (PWR)
- مفاعلات الماء العادي المغلي واليورانيوم المثري بنسبة صغيرة Boiling Water Reactors (BWR).
- مفاعلات اليورانيوم الطبيعي المبردة والمهدأة بالماء الثقيل Pressurized Heavy Water Reactors (PHWR)
- و قد استخدمت جميع هذه الأنواع علي المستوى التجاري في محطات الطاقة الكبيرة التي تم تشغيلها لسنوات عدة و يمكن الحصول عليها حاليا من الشركات المنتجة.
- المفاعلات التي ثبتت صلاحيتها وغير متاحة للتصدير، وتشمل أنوع المفاعلات التي تم التشغيل الفعلي لها في البلد المنتج وثبتت صلاحيتها الفنية إلا أنه لم تصدر أي منها خارج الدولة المنتجة كما أنها غير معروضة للتصدير وعادة ما يكون لها استخدامات عسكرية بالإضافة لاستخداماتها الاقتصادية.

- المفاعلات التي ثبت جزئيا صلاحيتها وتجربتها، وتشمل أنوع المفاعلات التي تم التشغيل الفعلي لنموذج أولي واحد منها علي الأقل بحجم متوسط أو كبير، والتي سيكون لها إمكانية التطوير مستقبلا للاستخدام علي المستوى التجاري.

4.1 دورة الوقود النووي

تشكل العمليات التي تجرى على المواد النووية لاستخدامها كوقود في المفاعلات النووية والأنشطة المناظرة لها عناصر دورة الوقود النووي الموضحة تخطيطيا في شكل (3) ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل:

أ- الأنشطة والعمليات اللازمة لتوفير الوقود للمفاعل والتي تسمى عادة مقدمة دورة الوقود وتشمل:

- استكشاف واستخراج خام اليورانيوم
- معالجة خام اليورانيوم وإنتاج ثامن أكسيد اليورانيوم (U_3O_8) المعروف باسم العجينة الصفراء
- تحويل العجينة الصفراء إلى هيكسافلوريد اليورانيوم (UF_6) لمفاعلات الماء العادي أو أكسيد يورانيوم (UO_2) لمفاعلات الماء الثقيل المضغوط.
- إثراء اليورانيوم Uranium Enrichment وهي أحد العمليات الهامة الخاصة بدورة وقود مفاعلات الماء العادي ويتم خلالها رفع نسبة نظير اليورانيوم 235 من 0.7% إلى حوالي 3%.
- تصنيع الوقود النووي

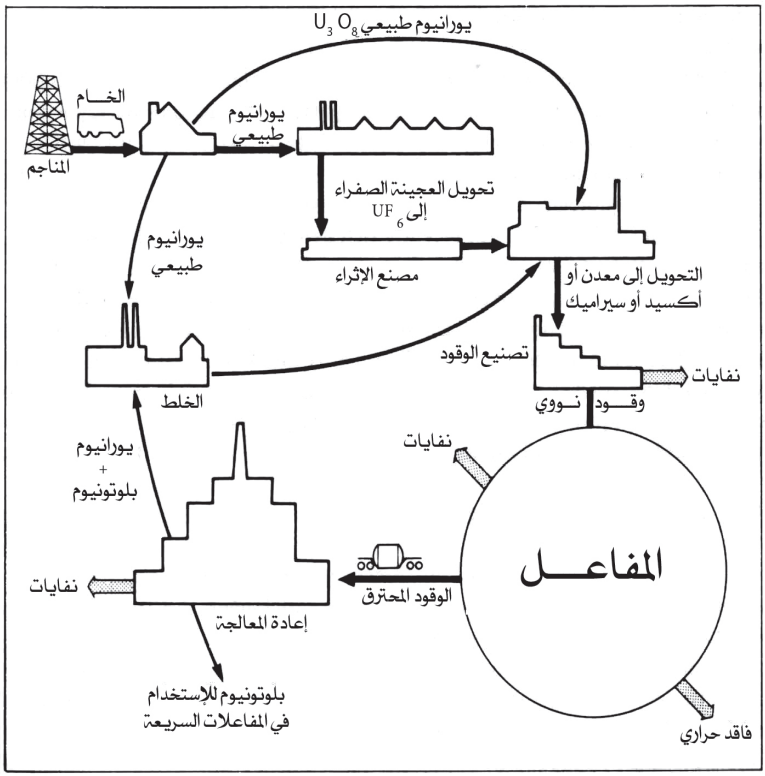
ب- إدارة الوقود في المفاعل

ج- التعامل مع الوقود المحترق والتي تسمى عادة مؤخرة دورة الوقود وتشمل:

- نقل وتخزين الوقود المحترق في مخازن مؤقتة أو دائمة .

- إعـادة معالجة الوقود المحـترق لاسـتخلاص اليورانيـوم والبلوتونيوم لاستخدامهما كوقود مرة أخرى.
- التعامل مع النفايات المشعة والتخلص النهائي منها.

ودورة الوقـود النـووي يمكن أن تكون مفتوحـة أي تنتهي بالتخلص من الوقـود المخـترق بالتخزين النهائـي، أو مغلقة حيـث يتم إعادة معالجـة الوقود المحـترق وفصـل اليورانيـوم والبلوتونيوم عن نواتج الانشـطار الأخـرى و إعادة استخدامهما مرة أخرى كوقود داخل المفاعل.



شكل (3): دورة الوقود النووي

ومـن الصعب حاليا الحصول علـى التكنولوجيا اللازمة لإثـراء اليورانيوم أو لتبـني دورة وقـود مغلقة تقوم علـى فصل البلوتونيوم واسـتخدامه كوقود بسـبب المخاوف من الانتشار النووي، ولكن هذه معركة على مصر أن تدخلها بالتعـاون مع بقية البلدان النامية للسـيطرة على كامـل دورة الوقود النووي وضمـان إمداد المحطـات النوويـة المصرية باحتياجاتهـا من الوقـود النووي دون انقطاع لأي سبب من الأسباب.

2ـ تاريخ برنامج مصر النووي

كانت مصر من أوائل الدول التي اتجهت للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حيث أنشئت لجنة الطاقة الذرية عام 1955 برئاسة الرئيس جمال عبد الناصر ثم أنشئت مؤسسة الطاقة الذرية عام 1957، وبدأ التفكير في استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء في أوائل الستينيات، ويلخص جدول (1) المعالم الهامة على طريق البرنامج النووي المصري.

كان الموقع الأول للمحطات النووية هو موقع برج العرب (30 كم غرب الإسكندرية) وفي عام 1964 طرحت مناقصة عالمية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة 150 ميجاوات وتحلية مياه البحر بطاقة 20 ألف متر مكعب في اليوم، وصدر خطاب الاعتزام لشركة وستنجهاوس الأمريكية إلا أن عدوان 1967 أوقف المشروع.

بعد حرب 1973 أعيد التفكير في الموضوع وطرحت مناقصة عالمية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة 600 ميجاوات في موقع سيدي كرير (35 كم غرب الإسكندرية) وتم إنشاء هيئة خاصة للإشراف على المشروع وهي هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء والتي أنشئت بالقانون رقم 13 لسنة 1976. وقد جاء في المذكرة الإيضاحية المقدمة لمجلس الشعب من المهندس/ أحمد سلطان وزير الكهرباء أثناء مناقشات القانون ".... شرعت الوزارة في إقامة أول محطة لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية في منطقة سيدي كرير على الساحل الغربي بجوار مدينة الإسكندرية بقدرة 600 ميجاوات فتعاقدت مع هيئة الطاقة الذرية (الأمريكية) في شهر يونيو 1974 على خدمات تزويد الوقود النووي اللازم للمحطة، كما تعاقدت مع بيت الخبرة العالمي «بيرنز و رو» للإشراف على تنفيذ المشروع حتى مرحلة تشغيله، وتقوم الوزارة حاليا بدراسة العطاءات المقدمة من الشركات العالمية المتخصصة تمهيدا

لبدء التنفيذ الفعلي للمحطة والمتوقع تشغيلها خلال عام 1982/1981. ومشروع القانون المرفق هو الإجراء الذي يستكمل به وضع إنشاء هذه المحطة موضع التنفيذ الفعلي وذلك بخلق الكيان القانوني للجهة التي يعهد إليها بتنفيذ هذه المحطة وما قد تحتاجه الدولة من محطات مماثلة في المستقبل...».

تمت الترسية على شركة وستنجهاوس الأمريكية وقبيل توقيع العقد عام 1978 حاولت الولايات المتحدة الأمريكية فرض شروط بالتفتيش على كافة المنشآت والأنشطة النووية المصرية وهو ما اعتبره الرئيس السادات ماسا بالسيادة الوطنية ورفضه، وكانت نصائح الخبراء هي أن تصدق مصر على اتفاقية حظر انتشار الأسلحة النووية والتي كانت ترفض التصديق عليها ما لم تنضم إليها إسرائيل، وقد أخذت القيادة السياسية بهذه النصيحة وصدقت على اتفاقية حظر انتشار الأسلحة النووية عام 1981.

جدول (1): معالم على طريق البرنامج النووي المصري

علامة الطريق	السنة
• إنشاء لجنة الطاقة الذرية	١٩٥٥
• إنشاء مؤسسة الطاقة الذرية	١٩٥٧
• تشغيل مفاعل الأبحاث الأول بقدرة ٢ ميجاوات حراري بإنشاص	١٩٦١
• إنشاء قسم الهندسة النووية بجامعة الإسكندرية	١٩٦٣
• طرح مناقصة عالمية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة ١٥٠ ميجاوات وتحلية مياه البحر بسعة ٢٠ ألف متر مكعب في اليوم في منطقة برج العرب	١٩٦٤
• إصدار خطاب نوايا لشركة وستنجهاوس	١٩٦٦
• العدوان الإسرائيلي وتوقف المشروع مع مشاريع أخرى	١٩٦٧
• طرح مناقصة محدودة بين الشركات الأمريكية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة ٦٠٠ ميجاوات في منطقة سيدي كرير	١٩٧٤
• إنشاء هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء	١٩٧٦

السنة	علامة الطريق
١٩٧٦	• إنشاء المجلس الأعلى للطاقة
١٩٧٧	• إنشاء هيئة المواد النووية
١٩٧٨	• توقف المشروع بسبب محاولة الولايات المتحدة الأمريكية فرض شروط بالتفتيش على كافة المنشآت والأنشطة النووية المصرية، وهو ما رفضته الحكومة المصرية
١٩٧٩	• حادثة ثري مايل أيلند
١٩٨١	• تصديق مصر على اتفاقية حظر انتشار الأسلحة النووية
١٩٨١	• صدور القرار الجمهوري رقم ٣٠٩ بتخصيص موقع الضبعة بعد دراسات مكثفة.
١٩٨١	• إنشاء صندوق لدعم مشروعات الطاقة البديلة من فوائض عائدات البترول
١٩٨٣	• طرح مناقصة عالمية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة ١٠٠٠ ميجاوات في موقع الضبعة
١٩٨٦	• توقف المشروع بعد حادثة تشيرنوبل في أوكرانيا بالإتحاد السوفيتي السابق
١٩٩٨	• تشغيل مفاعل الأبحاث الثاني بقدرة ٢٢ ميجاوات حراري بإنشاص
٢٠٠٦	• مبادرة الرئيس بفتح حوار مجتمعي حول الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقة النووية في مزيج الطاقة المصري
٢٠٠٦	• إعادة تشكيل المجلس الأعلى للطاقة
٢٠٠٧	• إعلان القرار الاستراتيجي ببدء برنامج لبناء عدد من المحطات النووية لتوليد الكهرباء، وأن مصر ستبدأ الخطوات التنفيذية لإقامة أول محطة نووية لتوليد الكهرباء، دون أن ينص صراحة على أن المحطة النووية الأولى ستنشأ في موقع الضبعة.
٢٠٠٧	• إنشاء المجلس الأعلى للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، برئاسة السيد رئيس الجمهورية
٢٠٠٨	• دعوة الشركات الاستشارية العالمية للتقدم لمناقصة لتقديم خدمات استشارية لإنشاء المحطة النووية الأولى

السنة	علامة الطريق
	• توقيع اتفاق التعاون في مجالات الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية بين حكومتي جمهورية مصر العربية وروسيا الاتحادية (٢٥ مارس ٢٠٠٨).
٢٠٠٩	• اختيار شركة «وورلي باسونز» كاستشاري للمشروع
٢٠١٠	• إعداد وثائق ترخيص موقع الضبعة لإنشاء المحطة النووية الأولى والتقدم بها للمركز القومي للأمان النووي والوقاية الإشعاعية
٢٠١٠	• صدور القانون رقم (٧) لسنة ٢٠١٠ بتنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية
٢٠١١	• الانتهاء من إعداد المواصفات الفنية ووثائق طرح المناقصة
٢٠١١	• تأجيل المشروع في أعقاب ثورة ٢٥ يناير وحادث مفاعلات فوكوشيما اليابانية
٢٠١٢	• اقتحام موقع المحطة النووية بالضبعة من قبل عناصر مسلحة وتدميره بالكامل (١٥ يناير ٢٠١٢)
٢٠١٣	• تسليم أرض مشروع إنشاء محطة توليد الكهرباء النووية للقوات المسلحة، بعد التوصل لاتفاق برعاية المخابرات الحربية مع الأهالي (٣٠ سبتمبر ٢٠١٣)
٢٠١٥	• استئناف المشروع بدء التفاوض الرسمى مع شركة روس آتوم الروسية بشأن عرضهم لإنشاء المحطة النووية بالضبعة لتوليد الكهرباء (مارس ٢٠١٥).
٢٠١٥	• التوقيع علي اتفاقيتين (١٩ نوفمبر ٢٠١٥) مع روسيا هما:
	○ التعاون بين مصر وروسيا لإنشاء وتشغيل محطة الطاقة النووية بالضبعة.
	○ قرض روسي لتمويل بناء وتوريد المحطة النووية

السنة	علامة الطريق
٢٠١٧	• التوقيع على عقود تنفيذ مشروع المحطة النووية بالضبعة وتزويد مصر بالوقود النووى (١١ ديسمبر ٢٠١٧) بحضور الرئيسين عبد الفتاح السيسي وفلاديمير بوتين، ووقع العقود الدكتور محمد شاكر وزير الكهرباء والطاقة المتجددة وعن الجانب الروسى المدير العام لشركة «روس آتوم»، أليكسي ليخاتشوف.. وقد تم توقيع الأربع عقود التالية:

- عقد التصميم والتركيب،
- وعقد توريد الوقود النووى،
- وعقد توفير المعونة الفنية فى التشغيل والصيانة،
- وعقد إنشاء مستودع لتخزين الوقود النووى المستهلك

بعد توقف مشروع سيدي كرير عام 1978 تكاثر أصحاب المصالح حول الرئيس السادات وأقنعوه أنه من الأفضل تنمية الساحل الشمالي سياحيا ومن ثم صدر قرار بتحويل موقع سيدي كرير عن غرضه حيث أصبح الجزء الأكبر منه قرية سيدي كرير السياحية وجزء صغير كمطار لطائرات الهليوكوبتر وبقيت مساحة مع وزارة الكهرباء تضم حاليا محطة سيدي كرير البخارية.

في عام 1980 تم اختيار موقع الضبعة بعد دراسة 11 موقع مرشح وفي عام 1981 صدر القرار الجمهوري رقم 309 بتخصيص الموقع لإنشاء محطات نووية لتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر، وتم إجراء دراسات تفصيلية أسندت إلى شركة فرنسية متخصصة هي شركة سوفراتوم وشملت هذه الدراسات دراسات جيولوجية وزلزالية وأرصاد جوية وحركة مياه جوفية وحركة تيارات بحرية ومد وجزر بالإضافة إلى دراسات سكانية انتهت إلى تأهيل الموقع لإنشاء محطات نووية وأنه يفي بشروط الأمان وفقا للمعايير العالمية وإصدارات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وقد بلغت تكاليف دراسات اختيار موقع الضبعة وما تم من إنشاءات البنية الأساسية حتى الآن نحو 800 مليون جنيه.

طرحت مصر عام 1983 مناقصة دولية لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء بقدرة 1000 ميجاوات وتم تحليل العطاءات والتفاوض مع المتناقصين طوال عامي 1984 و1985 وفي تلك الفترة تعرضت مصر لضغوط أمريكية لصرفها عن المشروع حيث أصدر بنك التصدير والاستيراد الأمريكي المعروف اختصارا باسم EXIM Bank بيانا أوصى فيه الدول بعدم تمويل المشروع لأن مصر دولة ضعيفة اقتصاديا وهو ما نفته الحكومة وقتها بالطبع. إلا أنه قبل أسبوعين من موعد إعلان الفائز في المناقصة وقعت حادثة تشرنوبيل في أوكرانيا في 26 لإبريل 1986 وكانت فرصة لإلغاء المشروع دون إراقة ماء الوجه.

منذ توقف البرنامج تركزت أنشطة هيئة المحطات النووية في ما يلي:

- إجراء مجموعة من الدراسات المتكاملة لتوفير المعلومات الدقيقة والبدائل المختلفة أمام متخذ القرار لإثبات ضرورة استئناف البرنامج النووي وإمكانية تنفيذه بشكل اقتصادي وبأعلى درجة من الأمان.
- المحافظة على درجة من الاستعداد تسمح للهيئة باستعادة طبيعتها وقدرتها على انجاز مهامها بكفاءة إذا ما تغيرت الظروف وأصبحت مواتية لاستئناف البرنامج النووي.
- استكمال البنية الأساسية بموقع الضبعة.

في عام 2003 حدث تطور هام حيث كانت الهيئة تعجز طوال الفترة 1981-2003 عن إخلاء موقع مشروع المحطة النووية بالضبعة من واضعي اليد الذين كانت قد صرفت لهم تعويضات عن المباني والمزروعات القائمة وقت صدور القرار الجمهوري ولكن في يوليو 2003 صدر قرار القائد العام للقوات المسلحة بإخلاء الموقع من جميع التعديات والإشغالات غير المشروعة وهو ما تم بالفعل بحلول منتصف أغسطس، كان الإحساس السائد وقتها أن هذا مؤشر لقرب البدء في تنفيذ هذا المشروع القومي الهام.

ولكن في عام 2004 تعرض الموقع - ومن ثم المشروع - لأزمة كبيرة كادت أن تعصف به، فقد ظهرت اتجاهات داخل الحكومة تسعى لتحويل الموقع إلى منتجعات سياحية للأوروبيين وقام بالفعل وزير السياحة بصحبة وفد أجنبي ومحافظ مطروح بزيارة الموقع لتسويقه سياحيا في 18 سبتمبر 2004، وهو ما أطلق أكبر حملة للدفاع عن البرنامج النووي المصري وموقع الضبعة، وبالإضافة للصحافة فقد تبنت جماعة المهندسين الديمقراطيين1 القضية باعتبارها تهديد للأمن القومي المصري وأصدرت بيانين بهذا الشأن نشرا في عدة صحف (ملحق 1 و2)، كما شاركت في تنظيم ندوة بنقابة الصحفيين في 12 أكتوبر 2004 شارك فيها عدد من المختصين في المجال النووي والدراسات الإستراتيجية2، وحضرها عدد كبير من الصحفيين والجمهور، وصدر عنها رسالة إلى السيد رئيس الجمهورية تطالب سيادته بالتدخل الفوري لمنع تحويل موقع مشروع المحطة النووية بالضبعة إلى منتجع سياحي، وتناشده باتخاذ الخطوات اللازمة نحو بدء تنفيذ برنامج المحطات النووية المصري، وقام بالتوقيع عليها نحو مائة شخصية (ملحق 3).

نجحت الحملة في إيقاف مخططات جماعات المصالح المدعومة بممثليهم داخل جهاز الدولة، ومن المفارقات المدهشة أنه بعد عامين بالضبط أدركت الدولة أهمية البرنامج النووي واستخدمت نفس الحجج تقريبا التي استخدمها المدافعين عن البرنامج، ففي سبتمبر 2006 ناقش المؤتمر الرابع للحزب الوطني الديمقراطي ورقة عن سياسات الطاقة التي طرحت بشكل قوي، ضرورة اللجوء إلي الطاقة النووية كخيار إستراتيجي يؤمن حاجة البلاد المستقبلية من الطاقة و يخفف الضغط علي مصادر الطاقة الأخرى، وبادر الرئيس مبارك بطرح الموضوع للنقاش معلنا مرحلة جديدة، وطلب من الحكومة بلورة

(١) مجموعة من المهندسين تجمعت للتحرك من أجل رفع الحراسة المفروضة على نقابة المهندسين منذ عام 1994 وتدعو إلى ديمقراطية ووحدة العمل النقابي، والالتزام بالمصالح النقابية والمهنية والاقتصادية للمهندسين، والربط بين هموم المهندسين وهموم الوطن.

(٢) ترأس الندوة الأستاذ الدكتور فوزي حماد الرئيس الأسبق لهيئة الطاقة الذرية وشارك فيها كل من: المهندس مصطفى كمال صبري وزير الكهرباء والطاقة الأسبق والدكتور محمد منير مجاهد المهندس المقيم لمشروع المحطة النووية بالضبعة والدكتور محمد سيد سعيد نائب رئيس مركز الدراسات السياسية والإستراتيجية بجريدة الأهرام.

إستراتيجية قومية متكاملة للطاقة تتعامل مع كافة أبعادها ومحاورها وتكفل حق أجيالنا القادمة في ثروتنا من البترول والغاز وتحقق استفادتنا من مصادر الطاقة المتجددة ومن الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، كما طلب سيادته من الحكومة دراسة هذا الخيار بمختلف جوانبه باعتباره قضية إستراتيجية ترتبط بمستقبل الوطن وأبنائه، وقد أثار هذا الانقلاب شكوكا لدى البعض حول النوايا الحقيقية للحكومة والحزب الوطني كجماعة المهندسين الديمقراطيين التي اعتبرت الأمر بمثابة مؤامرة جديدة على المستقبل (ملحق 4).

في أعقاب المبادرة طلبت وزارة الكهرباء والطاقة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية معاونة مصر في:

دراسات اختيار وتأهيل المواقع التي تصلح لإنشاء محطات نووية وتشمل:

- تحديث دراسات موقع الضبعة وتقييمه طبقا للمعايير الحالية،
- إعادة تقييم المواقع السابق دراستها،
- الإعداد لدراسة واختيار مواقع جديدة،

1. الدراسات الأساسية لإدخال المحطات النووية.

1. مراجعة دراسات إستراتيجية الطاقة الجاري تنفيذها
2. دعم القدرات الفنية والتنظيمية لجهاز الأمان النووي،
3. دراسة الأوضاع التشريعية القائمة وإعداد القانون النووي

استنادا إلى نتائج الدراسات التي قامت بها الحكومة والحوار المجتمعي أعلن الرئيس مبارك القرار الاستراتيجي ببدء برنامج لبناء عدد من المحطات النووية لتوليد الكهرباء، وأن مصر ستبدأ الخطوات التنفيذية لإقامة أول محطة نووية لتوليد الكهرباء، اعتمادا على خبراتها وقدراتها وبالتعاون مع مختلف شركائها الدوليين، ومع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وقد صدر هذا القرار دون أن ينص صراحة على أن المحطة النووية الأولى ستنشأ في موقع

الضبعة، مما جدد الأطماع في الموقع وهو ما تصدينا له على النحو الموضح في المقالات التي يتضمنها هذا الكتيب.

في أعقاب صدور القرار الاستراتيجي تم إعداد مسودة نطاق أعمال الخدمات الاستشارية المطلوبة لتنفيذ المحطة النووية الأولى، وقامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بمراجعتها في ديسمبر 2007، ثم قامت الهيئة بدعوة الشركات الاستشارية العالمية للتقدم لمناقصة لتقديم خدمات استشارية لإنشاء المحطة النووية الأولى في فبراير 2008 حيث تقدم سبعة شركات وتحالفات دولية في المناقصة التي انتهت بفوز شركة «وورلي باسونز» الاسترالية بالعقد الذي تم توقيعه بحضور رئيس الوزراء ووزير الكهرباء والطاقة في 18 يونيو 2009.

يشمل نطاق أعمال الخدمات الاستشارية ما يلي:

1. دراسات المواقع وتشمل:
   - تحديث دراسات موقع الضبعة
   - اختيار وتقييم مواقع إضافية
2. أنشطة ما قبل التعاقد وتشمل:
   - تقييم التكنولوجيات النووية
   - تطوير البنية الأساسية
   - برنامج ضمان الجودة
   - إعداد وثائق الطرح والتقييم الفني والمالي وإعداد عقد تسليم مفتاح والمشاركة في التفاوض
   - التدريب ونقل التكنولوجيا لأفراد الهيئة
   - دراسة استراتيجيات التمويل
3. الخدمات الاستشارية لتنفيذ المشروع (اختيارية بالنسبة للهيئة).

بنهاية عام 2009 قدمت شركة «وورلى بارسونز»: 1) التقارير الخاصة باستكمال دراسات موقع الضبعة، و2) وثائق إذن قبول صلاحية الموقع، ووثائق دراسة وترتيب المواقع الإضافية لاختيار أفضلها لدراسته دراسة تفصيلية كموقع مستقبلي لإنشاء محطات نووية ضمن برنامج إنشاء المحطات النووية والوقوف على صلاحيته وخصائصه.

وقد خلص التقرير الخاص بموقع الضبعة إلى أنه "تأسيسا على نتائج التحليل المتخصص الذي تم إجراءه لموقع الضبعة والموصوف تفصيلا في هذا التقرير، فإن موقع الضبعة صالح تماما لإنشاء أول محطة نووية مصرية لتوليد الكهرباء، وأنه لا توجد أي موانع تحول دون البدء الفوري لأنشطة ما قبل الإنشاء لبناء محطة قوى نووية على موقع الضبعة"

أما التقرير الخاص بالمواقع الإضافية فقد تضمن نتائج مسح المواقع طبقا للخطوات الثلاث التالية:

- إجراء تحليل إقليمي لعدد 18 منطقة محتملة لتحديد المناطق المرشحة (قامت به الهيئة قبل التعاقد مع الاستشاري وخلصت لاختيار خمسة مناطق).
- غربلة (Screening) المناطق المرشحة للتأكد من عدم وجود عناصر استبعاد وتحديد المواقع المرشحة داخل كل منطقة، حيث تم استبعاد أحد المواقع.
- مقارنة وترتيب الأربعة مناطق الباقية لإجراء دراسات إضافية لتقرير صلاحيتها من عدمه.

تضمنت عملية الغربلة مراجعة خصائص كل منطقة مرشحة طبقا لـ 27 معيار تقع في ثلاث مجموعات هي: معايير الأمان والتنظيم النووي (عدد 11 عنصرا)، والمعايير الهندسية/الاقتصادية (عدد 11 عنصرا)، والمعايير الاجتماعية/البيئية (عدد 5 عناصر)، وقد خلصت عملية الغربلة إلى وجود خمسة مواقع مرتبة حسب أفضلياتها كالتالي:

1. غرب النجيلة.
2. شرق النجيلة.
3. جنوب مرسى علم (تعتبر صلاحية الموقع حدية بسبب وجود مواطن بيئية حساسة.)
4. جنوب سفاجا (أقل المواقع صلاحية بسبب ارتفاع الزلزالية، والتراكيب الجيولوجية المعقدة، والمخاطر الأمنية المحتملة).
5. حمام فرعون (تم استبعاده لعدم مناسبته فنيا نتيجة احتواءه على فالق نشط)

قامت هيئة المحطات النووية بتشكيل مجموعة عمل ضمت خبراء مصريين في المجالات المرتبطة بدراسات المواقع النووية، من خارج الهيئة بالإضافة إلى العاملين بها في فريق المشروع، وذلك لدراسة ومراجعة التقارير المشار إليها بعاليه والمقدمة من الاستشاري، وإعداد تقرير بالملاحظات المقترح مناقشتها مع/أو استكمالها من قبل الاستشاري قبل اعتماد التقارير، وذلك استرشادا بالقواعد والتنظيمات المصرية لمتطلبات اختيار مواقع إقامة المفاعلات النووية وخاصة إصدارات المركز القومي للأمان النووي والوقاية الإشعاعية.

وافقت مجموعة العمل بالإجماع على النتيجة النهائية التي وصل إليها التقرير بصلاحية موقع الضبعة لإنشاء محطات نووية، والتوصية بالعمل مع الاستشاري خلال الفترة القادمة لإعداد التقرير في صورته النهائية وفقا لمتطلبات المركز القومي للأمان النووي والرقابة الإشعاعية وطبقا للتعاقد، وهو ما تم بالفعل حيث تقدمت الهيئة بتقرير الاستشاري مدعما بالوثائق للمركز في 23 فبراير 2010 للحصول على إذن قبول الموقع.

كما وافق أعضاء مجموعة العمل على ما توصل إليه تقرير الاستشاري بشأن ترتيب أفضليات المواقع المرشحة، وتوصلت مجموعة العمل بعد فحص التقرير إلى أن استبدال أفضل المواقع الإضافية وهو موقع النجيلة بموقع الضبعة سيؤدي إلى تأخير البرنامج النووي لفترة طويلة، وإلى زيادة كبيرة في

التكلفة الاستثمارية، بالإضافة إلى تكلفة أخرى للدولة نتيجة الفقد في نقل الطاقة والاستمرار في استخدام المازوت أو الغاز الطبيعي.

كان الإعلان عن البرنامج وعن مشروع المحطة النووية الأولى دون الإعلان عن موقعها يثير علامات استفهام حول كل من المشروع والبرنامج وبدا من تردد الحكومة في الإعلان عن تأكيد اختيار موقع الضبعة كموقع للمحطة النووية الأولى في البرنامج أن المشروع يمر بمنعطف خطير، إن لم يؤد إلى إجهاضه قبل أن يظهر إلى حيز الوجود، فقد يؤدى إلى التأخير في تنفيذه لعدد من السنوات لا يعلمه إلا الله، إلا أن الرئيس مبارك حسم هذا الأمر خلال الاجتماع الأول الذي عقده في 25 أغسطس 2010 بمقر رئاسة الجمهورية مع أعضاء المجلس الأعلى للاستخدامات السلمية بكامل تشكيله الجديد، حيث قرر الرئيس أن تكون الضبعة موقعا لأول محطة كهرباء تعمل بالطاقة النووية في مصر.

قبيل ثورة 25 يناير 2011 بأيام تم الانتهاء من إعداد المواصفات الفنية ووثائق طرح المناقصة 2011، إلا أن الانفلات الأمني الذي أعقب الثورة وحادث فوكوشيما أديا إلى تأجيل المشروع حتى يتم عرضه على مجلس الشعب الجديد، مثلت هذه الظروف ظروفا مثالية لمحاولة تخريب المشروع وبالفعل تم اقتحام موقع المحطة النووية بالضبعة من قبل عناصر مسلحة وتدميره بالكامل (15 يناير 2012).

بعد استتباب الأوضاع الأمنية نجحت القوات المسلحة في استرداد أرض مشروع إنشاء محطة توليد الكهرباء النووية، بعد التوصل لاتفاق برعاية المخابرات الحربية مع الأهالي (30 سبتمبر 2013).

اتخذ قرار بأن يتم استئناف المشروع بأسلوب الأمر المباشر وبعد استطلاع لموقف الشركات المختلفة بدأ التفاوض الرسمى مع شركة روس آتوم الروسية بشأن عرضهم لإنشاء المحطة النووية بالضبعة لتوليد الكهرباء (مارس 2015)، كما تم في نفس العام التوقيع علي اتفاقيتين (19 نوفمبر 2015) مع روسيا هما:

- التعـاون بين مصر وروسـيا لإنشـاء وتشـغيل محطة الطاقـة النووية بالضبعة.
- قرض روسي لتمويل بناء وتوريد المحطة النووية .

- وبنهايـة عام 2017 جـرى التوقيع على عقود تنفيذ مشـروع المحطة النوويـة بالضبعـة وتزويد مصر بالوقود النووى (11 ديسـمبر 2017) بحضور الرئيسين عبد الفتاح السيسي وفلاديمير بوتين، ووقع العقود عن مصر الدكتور محمد شـاكر وزير الكهربـاء والطاقة المتجددة وعـن الجانب الروسـى المدير العام لشـركة "روس آتوم"، أليكسـي ليخاتشوف.. وقد تم توقيع الأربع عقود التالية:

- عقد التصميم والتركيب،
- وعقد توريد الوقود النووى،
- وعقد توفير المعونة الفنية فى التشغيل والصيانة،
- وعقد إنشاء مستودع لتخزين الوقود النووى المستهلك.

ومـن المتوقـع بدء الإنشـاءات خلال سـنتين بعـد الحصول من علـى الأذون والتصاريـح اللازمة من هيئة الرقابة النووية والإشـعاعية بعد الدراسـة الوافية والمسـتفيضة للتصميـم وتقرير الأمان الأولي الذي يثبت قـدرة المحطة النووية على مواجهة أي طوارئ أو حوادث نووية .

3ـ الإطار المؤسسي لاستخدام الطاقة الذرية

كان توجه مصر للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية جزء من توجه عام نحو التقدم قاده جمال عبد الناصر يعتمد على تصنيع مصر وتوفير الطاقة الكهربية اللازمة، فرأينا إنشاء مجمع الحديد والصلب ومجمع الأومونيوم وكهربة خزان أسوان وبناء السد العالي، وفي هذا الإطار أصدر مجلس الوزراء برئاسة جمال عبد الناصر قرارًا عام 1955 بتشكيل لجنة للطاقة الذرية من 5 أعضاء وحدد القرار اختصاصها في إعداد وتنفيذ وتنسيق كل ما يتعلق بالطاقة الذرية من برامج ومشروعات لتمكين مصر من استغلال الطاقة الذرية في الأغراض السلمية والفنية والصناعية والزراعية وما إليها ومسايرة التقدم العلمي، واستكمالاً لتنظيم العمل في المجال النووي، تم إنشاء مؤسسة الطاقة الذرية عام 1957 وألحقت برئاسة الجمهورية وكان يرأس مجلس إدارتها رئيس الجمهورية أو من ينيبه. وقد باشرت هذه المؤسسة الإشراف على كل الأنشطة المتعلقة بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية ومع تطور الأنشطة وتنوع المسئوليات خرجت منها كل الهيئات النووية العاملة في مصر حاليا وهي:

1ـ هيئة الطاقة الذرية

تتبع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وتتلخص رسالتها فيما يلي:

- البحوث والتطوير من أجل تطبيق التكنولوجيا النووية فى مختلف مجالات التنمية من زراعة وصناعة وصحة وبيئة وغيرها.
- توفير الإمكانات والمرافق البحثية والخدمية المتقدمة واللازمة لدعم وتوسيع رقعة الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية.
- نقل التكنولوجيا وتنمية وإعداد الكوادر المؤهلة والمدربة القادرة

على التطورات فى مجال الاستخدام السلمى للطاقة الذرية.

- وتتكون هيئة الطاقة الذرية من ثلاث مراكز أساسية وهم:

أ) مركز البحوث النووية

يعتبر هذا المركز النواة الأساسية للهيئة وأقدم مراكزها. فقد تم افتتاح باكورة مشروعات الهيئة فى موقعه، وهي أول مفاعل بحوث بالإضافة إلى معجل فان دي جراف ومعامل للكيمياء والفيزياء النووية وإنتاج النظائر. ويقع المركز بالقرب من مدينة إنشاص، وتتنوع أنشطته لتغطية البحوث النووية الأساسية التى تشمل مختلف فروع الفيزياء النظرية والتجريبية، وتصميم وتشغيل المعجلات الأيونية، وبحوث وتطبيقات الليزر والبلازما، وبحوث تطوير الإلكترونيات لأهداف القياسات النووية. بالإضافة إلى البحوث والتطوير فى مجال المفاعلات الذى يشمل فيزياء وهندسة المفاعلات وعلوم وهندسة المواد ومواد المفاعلات، والتحليل التنشيطى النيوتروني والتدريع الإشعاعي... وغيرها، وكذلك تطبيقات النظائر المشعة فى الطب والصناعة والزراعة ...الخ

ب) المركز القومى لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع

يهتم هذا المركز بأعمال البحوث والتطوير لاستخدام مصادر الإشعاع فى الأغراض الطبية والزراعية والصناعية وغيرها، والقيام بالتطبيقات التكنولوجية فيها. ويساهم المركز فى تقديم الخدمات التشعيعية للجهات المختلفة عن طريق القيام بتعقيم المنتجات الطبية والأنسجة البيولوجية وحفظ الأغذية بالإشعاع بالإضافة إلى القيام بالتجارب على المستوى نصف الصناعى لتحسين خواص المواد البوليميرية والمنسوجات والمطاط والأخشاب والبويات مما يرفع من قيمتها الاقتصادية.

ج) مركز المعامل الحارة

تتركز اهتمامات هذا المركز فى تطوير الخبرة الوطنية فى مجال معالجة النفايات المشعة، وكذلك تطوير وإنتاج النظائر المشعة لكافة الاستخدامات

الطبيـة والصناعيـة والزراعيـة وغيرهـا. هـذا بالإضافـة إلى إنتـاج المركبات الصيدلانية المرقمة واسعة الاستخدام فى التشخيص الطبى.

2ـ هيئة المواد النووية

تتبع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وتختص بما يلي:

- اقتراح السياسـة العامة ووضع الخطط في مجال المواد النووية ومتابعة التطور العالمي في مجال اختصاصها.
- إجراءات المسح الشـامل لتحديد المناطق ذات الإمكانيات في الخامات الذرية.
- إجراء البحوث والدراسـات والتجارب للكشـف والتنقيب عن الخامات ذات الأهمية في الطاقة النووية.
- اسـتخراج الخامـات الذريـة وتصنيعهـا وإعدادها للتصديـر وتنظيم تداولها واستيرادها وتصديرها واستخداماتها.
- اقـتراح الاتفاقيات وإبرام العقـود مع الهيئات والشـركات المصرية أو العربيـة أو الأجنبيـة أو الدولية في مجـالات اختصاصهـا والاتفاق مع الجهات .الأخرى في العمليات المشتركة.
- تدريب وإعداد المتخصصين والأفراد اللازمين وإيفاد المنح والبعثات.

3ـ هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء

تتبـع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وقد صدر قانون إنشـاء الهيئة عام 1976 باختصاصات محـددة، وتم مؤخرا في 29 نوفمبر 2017 تعديلها لتختص الهيئة دون غيرها بما يلى:

- اقتراح إنشاء واستخدامات محطات القوى النووية فى توليد الكهرباء وإزالة ملوحة المياه فى إطار سياسة الدولة العامة .

- إجراء البحوث والدراسات اللازمة لمشروعات إنشاء محطات القوى النووية.
- وضع أسس مواصفات مشروعات إنشاء محطات القوى النووية وتهيئتها للتنفيذ.
- تنفيذ مشروعات إنشاء محطات القوى النووية والمشروعات المرتبطة بها أو المترتبة عليها أو المتفرعة عنها وتشغيلها وإدارتها طبقا لأحدث الأساليب العلمية والتكنولوجية والوقائية، سواء بنفسها أو عن طريق الغير ممن تكلفه بذلك.
- القيام بإعمال الخبرة وتنفيذ المشروعات التى تدخل فى اختصاص الهيئة فى الداخل أو فى الخارج مع إمكانيات الهيئة والخبرات التى تتوفر لديها أو بواسطتها.
- عقد الاتفاقيات في مجال أنشطة الهيئة مع الجهات المماثلة في الداخل والخارج بما لا يتعارض مع مقتضيات الأمن القومي والقوانين المنظمة لذلك.
- إجراء التجارب التطبيقية لتكنولوجيا محطات القوى النووية
- إعداد وتأهيل الكوادر البشرية بالداخل والخارج بما يلزم لتنفيذ وتشغيل وإدارة محطات القوى النووية.
- تأسيس شركات مساهمة بمفردها، أو مع شركاء آخرين، أو المساهمة في شركات قائمة، وفقا لأحكام قانون شركات المساهمة وشركات التوصية بالأسهم والشركات ذات المسئولية المحدودة الصادر بالقانون رقم 159 لسنة 1981، وبما لا يتعارض مع أهداف الهيئة.

وتباشر الهيئة اختصاصها بالتعاون مع الشركات والهيئات التابعة لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وكافة الأجهزة المعنية بالأمر.

4. هيئة الرقابة النووية والإشعاعية

وهي هيئة مستقلة أنشئت بالقانون رقم 7 لسنة 2010 وتتمتع بالشخصية الاعتبارية وتتبع رئيس مجلس الوزراء، وتتولى الهيئة كافة الأعمال التنظيمية والمهام الرقابية المتعلقة بالأنشطة النووية والإشعاعية للاستفادة من الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وعلى نحو يضمن أمان وسلامة الإنسان والممتلكات والبيئة من أخطار التعرض للإشعاعات المؤينة ولها في سبيل تحقيق كافة الصلاحيات اللازمة، على النحو الموضح في المادة (12) من القانون.

4. اختيار موقع الضبعة

1.4 تقديم

أحد المراحل الهامة في تطور مشروع المحطة النووية هي اختيار موقع مناسب، ودراسة هذا الموقع لتحديد مدخلات تصميم المحطة النووية المتعلقة بالموقع، ولما كان الهدف من إنشاء محطة نووية هو توليد الكهرباء بشكل اقتصادي فيجب بشكل عام أن تتوافر في الموقع العوامل التالية:

1. القرب من مراكز استهلاك الطاقة الكهربية.
2. وجود مصدر للتبريد يسمح بالتخلص من الحرارة الناتجة عن المحطة.

ويمكن تلخيص الأنشطة المتعلقة باختيار موقع مشروع المحطة النووية في مرحلتين هما:

1. **مرحلة مسح المواقع**: وتهدف إلى تحديد موقع أو أكثر يرجح أن تكون مناسبة لإنشاء محطة نووية وتتضمن هذه المرحلة دراسات عامة لمناطق أو أقاليم واسعة لاستبعاد المناطق الغير مقبولة، ويعقب هذا تحليل منهجي مقارن للمناطق المتبقية لتحديد المواقع المحتملة وأخيرا اختيار المواقع المفضلة.

1. **مرحلة تقييم أو تأهيل الموقع**: وتهدف هذه المرحلة إلى البرهنة على أن المواقع المفضلة مقبولة من كافة النواحي وخاصة تلك المتعلقة بأمان المحطة النووية، و يجب تقييم مدخلات تصميم المحطة النووية المتعلقة بالموقع قبل بدء عمليات الإنشاء.

يمكن تقسيم مرحلة مسح المواقع إلى ثلاث مراحل فرعية هي:

1. دراسة تحليلية لمناطق أو أقاليم لتحديد "المواقع المحتملة"، يتم فيها استخدام المعلومات المتاحة عن خصائص المواقع لاستبعاد بعض المناطق من أي دراسات مستقبلية، وفي المناطق التي لم تستبعد يتم التعرف على مواقع محددة المساحة باعتبارها مواقع محتملة لإنشاء محطات نووية.

2. غربلة "المواقع المحتملة" واختيار "المواقع المرشحة"، ويتم غربلة المواقع المحتملة باستخدام معايير أكثر دقة من تلك التي استخدمت في المرحلة السابقة، ويلاحظ أنه يتم التعامل في هذه المرحلة مع مواقع محددة وليس مناطق أو أقاليم كما كان الحال في المرحلة السابقة.

3. مقارنة "المواقع المرشحة" وترتيبها طبقا لأفضليتها، وتتم هذه المقارنة على أساس معلومات أكثر تفصيلا وبعض الأعمال الحقلية المحدودة.

أما مرحلة تقييم الموقع فهي تقوم على التقييم من وجهة نظر الأمان النووي وتتضمن أساس ما يلي:

1. إثبات أن الموقع لا يتضمن خصائص تحول دون التصميم الآمن للمحطة النووية.

2. تحديد أسس التصميم اللازمة لحماية المحطة من الأحداث الخارجية القصوى، وتحديد تلك الأحداث التي يمكن أن تتحملها المحطة وتستمر في التشغيل المعتاد.

3. تقييم خصائص الموقع المتعلقة بالآثار المحتملة للمحطة على البيئة في ظروف التشغيل العادية وفي ظروف الحوادث النووية.

2.4 موقع برج العرب

بدأت مصر التفكير في استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر منذ أوائل عام 1960 حيث شكلت لجنة عليا من وزراء الأشغال والتخطيط والصناعة ورئيس مؤسسة الطاقة الذرية لدراسة إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية، وتم تشكيل اللجنة العليا لإنشاء مشروع مفاعل القوى الأول في أوائل عام 1963، ثم صدر قرار إنشاء مشروع مفاعل القوى في مايو 1964.

تم اختيار موقع المحطة النووية الأولى لتوليد الكهرباء من خلال دراسات علمية وفنية وحقلية اشترك فيها خبراء مصريين من تخصصات مشتركة، وخبراء بريطانيين (مكتب الخبرة «كينيدي» و«دونكان»)، بالإضافة لخبراء من الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

رشح الخبراء المصريون اثني عشر منطقة متفرقة بأنحاء مصر لاختيار أنسب هذه المناطق لإجراء مزيد من الدراسات التفصيلية عليها، وهذه المناطق هي:

١. الإسكندرية	٢. الإسماعيلية	٣. أنشاص
٤. برج العرب	٥. بورسعيد	٦. دمنهور
٧. طلخا	٨. الفيوم	٩. القاهرة
١٠. مديرية التحرير	١١. منطقة ٥٠ كم جنوب شرق القاهرة	١٢. وادي حوف

تم ترتيب هذه المناطق آخذين في الاعتبار ما يلي:

1. الاحتياجات الكهربائية الأساسية للمحطة النووية.
2. الاعتبارات الإشعاعية (الجيولوجيا والأرصاد الجوية وكثافة السكان).
3. اعتبارات توافر المياه

4. اعتبارات المواصلات والزلازل والقرب من المناطق العلمية وتوافر الخبرات الفنية

وقد انتهت هذه المرحلة باختيار ثلاث مناطق لدراستها بشكل تفصيلي من كافة النواحي وهي مناطق:

1. أنشاص
2. برج العرب
3. وادي حوف

انتهت الدراسات التفصيلية التي قام بها الخبراء الدوليون لهذه المناطق إلى أن منطقة برج العرب هي أفضل المناطق الثلاث من ناحية اعتبارات الأمان النووي، رغم وجود تكلفة إضافية، وقد أوصى الخبراء أن يكون الموقع النهائي بالقرب من الشاطئ وعلى بعد حوالي 30 كم غرب الإسكندرية، وفي ضوء الاعتبارات العسكرية في ذلك الوقت تم اختيار موقع عند الكيلو 31 جنوب الطريق الساحلي- وهو موقع داخلي يبعد عن البحر بنحو خمسة كيلومترات- ولكن حرب 1967 أدت إلى توقف المشروع.

3.4 موقع سيدي كرير

كان موقع برج العرب مناسبا لقدرة المحطة المزمع إنشائها (150 ميجاوات)، وبعد حرب عام 1973 وموافقة الولايات المتحدة الأمريكية على تزويد مصر بمحطات نووية بقدرة 600 ميجاوات، تحددت مجموعة من المهام كان من بينها اختيار موقع مناسب لإنشاء المحطة النووية على ساحل البحر.

تم إجراء دراسات عديدة لاختيار موقع مناسب شملت تقييم دراسات المواقع السابقة بمشاركة بيتي خبرة أمريكيين هما (وود وورد كلايد)، و(وبيرنز اندرو)، وبناء عليها تم اختيار موقع سيدي كرير (35 كم غرب الإسكندرية) وصدر قرار رئيس الوزراء رقم 998 في عام 1975 بتخصيص الموقع لإقامة المحطة النووية بقدرة 600 ميجاوات.

تم اختيار مساحة وحدود موقع سيدي كرير طبقا للقواعد والنظم العالمية (طريقة فارمر البريطانية والنظم الفيدرالية الأمريكية) وأكدتها بعد ذلك وثائق ودلائل أمان الوكالة الدولية للطاقة الذرية وتنص تلك القواعد على تحديد التالي:

أ- المنطقة العازلة وهي المنطقة التي لا يتواجد بها سوى العاملين وتقدر بدائرة نصف قطرها 2.5 كم من مركز المفاعل وعالميا فإنها تتراوح فيما بين 0.5 كم إلى 3 كم.

ب- المنطقة منخفضة السكان وتلي المنطقة العازلة وقد قدرتها النظم الأمريكية بدائرة نصف قطرها حوالي 5 كم من مركز المفاعل.

في أعقاب حادثة ثري مايل أيلاند عام 1979 ظهرت أهمية خفض التأثيرات البيئية المحتملة للحوادث النووية، ومن ثم قامت لجنة التنظيم النووي الأمريكية بإدخال تعديلات على القواعد الأمان النووي, ومنها زيادة منطقة الإسكان المنخفض من دائرة نصف قطرها 5 كم إلى دائرة نصف قطرها 16 كم وبالكثافات السكانية التالية:

أ- منطقة منزوعة السكان حتى 8 كيلو لا تزيد الكثافة بها عن 04 فرد/ كم2.

ب- منطقة تالية من 8 إلى 61 كم لا تزيد الكثافة بها عن 06 فرد/كم2

تواكب مع هذا زيادة التوسع والنمو العمراني بمنطقة غرب الإسكندرية وازدياد الكثافة السكانية بمنطقة سيدي كرير، مما أدى إلى افتقاد شروط الأمان للموقع الخاصة بمحددات الكثافة سكانية خارجه طبقا للمعايير السابقة، ونظرا لصغر المساحة المخصصة للموقع تقرر اختيار موقع آخر، خاصة وأن المشروع كان قد توقف لأسباب سبق توضيحها وتم تخصيص موقع سيدي كرير بعد ذلك لأغراض أخرى.

4.4 دراسات اختيار موقع الضبعة

بعد إنشاء هيئة المحطات النووية عام 1976، تم التعاقد عام 1977 مع هيئة سوفراتوم وهي اكبر هيئة فرنسية متخصصة في إجراء الدراسات اللازمة لاختيار وتقييم المواقع بإجراء الدراسات لاختيار موقع مناسب لإنشاء محطة نووية في جمهورية مصر العربية، استغرقت الدراسات والأعمال الحقلية والمكتبية والمعملية والأبحاث المصاحبة لها الفترة من 1978 حتى 1985 علي ستة مراحل متعاقبة وتم تسليم نتائجها لهيئة المحطات النووية في 33 مجلدا فيما بين تقارير رئيسية وملاحق وخرائط ورسومات وبيانات.

شملت عملية اختيار وتأهيل موقع الضبعة المراحل الستة التالية:

المرحلة الأولى: إعداد دراسات مكتبية ومسح شامل لكافة سواحل الجمهورية حيث تمت أعمال المسح الحقلي والتقييم لإحدى عشر موقعا موزعة علي هذه السواحل لضمان توافر مياه التبريد الكافية لتشغيل المحطة، وهي:

أ ـ ساحل البحر الأحمر: ويشمل منطقتين هما رأس أبو سومة، وجنوب ميناء سفاجا.

ب ـ ساحل خليج السويس: ويشمل ثلاث مناطق هي العين السخنة، ورأس أبو الدرج، والزعفرانة.

ج ـ ساحل الدلتا: ويشمل ثلاث مناطق هي رشيد، وبلطيم، وجمصة/ رأس البر

د ـ الساحل الشمالي الغربي: ويشمل ثلاث مناطق هي رأس الحكمة، والضبعة، وسيدي عبد الرحمن.

انتهت المرحلة الأولى إلى استبعاد العديد من المواقع من المناطق السابق اختيارها لعدم مناسبتها لإقامة منشآت نووية كما يلي:

أ ـ منطقة رأس أبو سومة على ساحل البحر الأحمر بسبب:

ـ عدم مناسبة الانتشار الحراري في مياه التبريد

- قربها من مراكز النشاط الزلزالي
- التأثيرات البيئية المحتملة.

بـ منطقتي العين السخنة ورأس أبو الدرج على ساحل خليج السويس بسبب:

- عدم مناسبة الانتشار الحراري لمياه التبريد
- قربهما من مراكز النشاط الزلزالي
- قربهما من منشآت بترولية ومناطق الصيد

ج- مناطق رشيد، وبلطيم وجمصة/ رأس البر على ساحل شمال الدلتا بسبب:

- ارتفاع الكثافة السكانية
- ارتفاع معدل الخطورة الزلزالي
- طبيعة الرسوبيات الشاطئية المتكونة من طمي النيل وعدم مناسبتها لإقامة منشآت نووية.

دـ منطقتي رأس الحكمة، وسيدي عبد الرحمن على الساحل الشمالي الغربي بسبب عدم توافر مساحات كافية تحقق اشتراطات الأمان

وتم في هذه المرحلة تحديد ثلاثة مناطق لدراستها بشكل أكثر تفصيلا للمفاضلة بينها وهي:

- منطقة الضبعة علي الساحل الشمالي الغربي.
- منطقة الزعفرانة علي خليج السويس.
- منطقة سفاجا علي البحر الأحمر.

المرحلة الثانية: إجراء دراسات وقياسات حقلية لتوفير البيانات والمعلومات اللازمة لتقييم المناطق الثلاث التي تم اختيارها في المرحلة الأولي وانتهت بإعداد تقرير يتضمن نتائج الدراسات الحقلية التي يمكن علي أساسها المفاضلة بينها، وقد تضمنت عناصر الدراسة للتقييم والمفاضلة بين المواقع

العناصر التالية:

- النشاط الزلزالي
- الأرصاد الجوية
- مناسبة التربة للبناء
- الخصائص والظواهر البحرية
- الجيولوجيا
- المياه الجوفية
- الجغرافيا
- الطبوغرافيا
- توزيع وخصائص السكان
- المحتوي الحيوي والتنوع البيولوجي الطبيعي

المرحلة الثالثة: تقييم نتائج دراسات المرحلة الثانية واختيار أنسب المواقع طبقا لمتطلبات الأمان، وانتهت الدراسة بالتوصيات التالية:

- موقع الضبعة أفضل المواقع الثلاث.
- موقع الزعفرانة صالح من كافة الجوانب فيما عدا ارتفاع مستوي النشاط الزلزالي وما يترتب عليه من ارتفاع التكلفة.
- موقع سفاجا تم استبعاده لوجود فوالق نشطة وعدم ملائمة التربة للأساسات.

المرحلة الرابعة: إجراء المزيد من الدراسات والقياسات الحقلية والمعملية علي موقع الضبعة لتوفير القدر اللازم من المعلومات لتحديد خصائص الموقع التي علي ضوءها تم تأكيد صلاحية الموقع طبقا للنظم والتشريعات الدولية وإعداد التصور المبدئي لتصميم المحطة.

المرحلة الخامسة: إجراء الدراسات التفصيلية لموقع الضبعة لتحديد موقع المفاعل النووي وتعيين خصائص الموقع لوضع أسس التصميم واستيفاء متطلبات تقرير الأمان الأولي، وتضمنت عدة عناصر أهمها:

- خواص التربة السطحية وتحت السطحية
- الجيولوجيا الإقليمية والتحركات الأرضية والزلازل
- الخصائص البحرية
- التأثيرات البحرية المتبادلة
- استخدامات الأراضي والمخاطر الخارجية
- الأرصاد الجوية
- المحتوي الإشعاعي الطبيعي بمكونات البيئة
- الجغرافيا والطبوغرافيا

والتي أكدت صلاحية الموقع لإنشاء وتشغيل أربعة وحدات نووية بقدرة إجمالية 4000 ميجاوات كهربي مع توافر كافة عناصر الأمان للإنشاء والتشغيل العادي وأثناء الحوادث مع الحفاظ علي سلامة البيئة ومكوناتها.

المرحلة السادسة: إعداد الجزء الخاص بالموقع من تقرير الأمان الأولي لإنشاء المحطة النووية بموقع الضبعة.

وقد تم مراجعة كل هذه الدراسات والتأكد من صحتها من قبل:

أ- المتخصصين بالهيئة بالاشتراك مع خبراء المعاهد العلمية والفنية المصرية المتخصصة واعتمادها

ب- بيت الخبرة الهندسي السويسري موتور كولومبس استشاري الهيئة في ذلك الوقت.

ج- خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية

5.4 تحديد مساحة ومكان موقع الضبعة

عند اختيار موقع الضبعة وتلافيا لتكرار ما حدث بموقع سيدي كرير فقد روعي التالي:

- ضمان توفير المنطقة الخالية من السكان بدائرة نصف قطرها يصل إلى 2.5 كم وهو ما أدى إلى توفير عمق يتراوح (3 – 4) كم ويؤخذ في الاعتبار أن موقع المفاعل يبعد عن الشاطئ حوالي 800 متر عند الكيلو 156 غرب الإسكندرية
- المنطقة قليلة التواجد السكاني بدائرة نصف قطرها تصل إلى 8 كم وتحقق أمن منشآت مخرج مياه التبريد والذي يمتد شرقا بحوالي 5 كم (حدود الموقع شرقا) وتوفير أماكن لدفن النفايات وتحقيق حدود الأمان الإشعاعي لها (غرب موقع المفاعلات)
- توفير أماكن لإقامة العاملين للتشغيل والصيانة والخدمات الصحية والطبية لهم
- توافر مساحات لتحقيق خطط الإخلاء والطوارئ الإشعاعية وأيضا لتطبيق خطط الأمن النووي لحماية المنشآت والمواد النووية ومكافحة الإرهاب النووي
- الموقع يتيح إنشاء 4000 ميجا وات لإنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر دونما حاجة إلى اختيار مواقع أخرى ويفي بمتطلبات الأمان لها بالإضافة إلى المنشات الأخرى المكملة

6.4 الدراسات التكميلية لموقع الضبعة

واصلت هيئة المحطات النووية منذ انتهاء دراسات شركة سوفراتوم في عام 1985 أعمال الرصد والقياسات الحقلية وتحديث الدراسات في ظل المستجدات بالمعايير والنظم الدولية الخاصة بأسس ومتطلبات اختيار مواقع المحطات النووية والتطور التكنولوجي بأجهزة الرصد والقياس وذلك بهدف تعميق

وتحديث الدراسات السابقة وذلك بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية والجهات القومية المتخصصة، وقد شملت تنفيذ ما يلي:

1. إنشاء وتجهيز وتشغيل معامل للرصد الإشعاعي بالمنطقة وبحوث البيئة وتحديثها.
2. تنفيذ دراسة وإعداد نموذج طبيعي لمحاكاة العناصر البحرية بالموقع.
3. تنفيذ دراسة حركة الرسوبيات الشاطئية وتغير حدود الشاطئ بالموقع.
4. إجراء تجارب حقلية لدراسة معامل الانتشار في الهواء بالمنطقة.
5. تحديث وتطوير منظومة قياس حركة المياه الجوفية.
6. تحديث وتطوير محطة الأرصاد الجوية لقياس العناصر المناخية.
7. تحديث وتطوير منظومة القياسات البحرية.

في إطار الاستفادة من مشروعات التعاون الفني مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية تمت مراجعة ما هو متاح من دراسات خاصة باختيار الموقع في عدة اجتماعات فنية، وقد أوصى الخبراء بضرورة تحديث عدد من الدراسات السابقة لتتوافق مع أحدث المعايير الدولية، وبناء على توصيات خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تم التعاقد مع المعهد القومي للبحوث الفلكية والزلزالية لتحديث وإجراء بعض الدراسات التكميلية في المجالات التالية:

1. إنشاء وتشغيل وصيانة شبكة لرصد الزلازل الصغيرة للموقع ومحيطه لمدة 5 سنوات متصلة، وإجراء الدراسات التفصيلية اللازمة لمراجعة وتقييم معامل الخطورة الزلزالي للموقع، وقد أوضحت التسجيلات التي رصدتها الشبكة خلال الفترة من مايو 2006 إلى يونيو 2009 عدم رصد أي زلازل في محيط الموقع.
2. تحديث دراسات موقع الضبعة ومحيطه من النواحي الجيولوجية والجيوفيزيقية والزلازل القديمة، وقد أظهرت النتائج والتي استخدم للحصول عليها التقنيات الحديثة، بالإضافة لحفر عدد من المكاشف

(ترنشات)، عدم وجود أي ظواهر ذات تأثير سلبي على إنشاء المحطة النووية بالضبعة.

بعد التعاقد مع شركة «وورلى بارسونز» في يونيو 2009 لتقديم الخدمات الاستشارية اللازمة لمراحل تنفيذ المحطة النووية المصرية الأولى بما في ذلك اختيار وتأهيل المواقع النووية' والتي تشمل: استكمال دراسات موقع الضبعة، واختيار وتأهيل مواقع إضافية قامت الشركة بمراجعة كل الدراسات السابقة والجارية، كما استكملت الدراسات التي أوصى بها خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية في المجالات التالية:

1ـ تحديث الدراسات البحرية السابقة وتقييم المخاطر البحرية على الموقع شاملة الفيضانات والمد الزلزالي البحري (تسونامي).

2ـ تحديث الدراسات الخاصة بالتوزيع السكاني واستخدامات الأراضي الحالية والمستقبلية بالموقع ومحيطة.

3ـ تحديث الدراسات الخاصة بتقييم مخاطر الأنشطة البشرية القائمة بمحيط الموقع.

وقد خلص التقرير المقدم من شركة «وورلى بارسونز» في ديسمبر 2009 إلى أنه «تأسيسا على نتائج التحليل المتخصص الذي تم إجراءه لموقع الضبعة، فإن الموقع صالح تماما لإنشاء أول محطة نووية مصرية لتوليد الكهرباء، وأنه لا توجد أي موانع تحول دون البدء الفوري لأنشطة ما قبل الإنشاء لبناء محطة قوى نووية على موقع الضبعة» .

الخلاصة : أن موقع الضبعة ومساحته المخصصة يفي ـ وطبقا للأكواد والمعايير الدولية المنظمة ـ بالآتي:

- متطلبات أمان إنشاء محطات نووية وإصدار التراخيص اللازمة للإنشاء .

- اشـتراطات النطاقات السـكانية حـول مواقع المحطـات النووية أثناء التشغيل العادي وفى حالات الطوارئ
- احتياجات منشـآت محطات نوويـة ومكملاتها لقـدرات تبلغ 4000 ميجاوات لتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر

5ـ أمان المفاعلات النووية

من حق كل إنسان أن يطمئن إلى أن وجود أي منشأة صناعية في الجوار لن يكون لها تأثيرات معاكسة على صحته وصحة أسرته، وألا يكون لها تأثيرات تنتقل وراثيا من جيل لجيل لتصيب أولاده وأحفاده، وفي العقود الأخيرة أصبحت قضية توفير مصادر الطاقة اللازمة لنمو ورفاهية المجتمعات، وحسن استخدامها، وآثارها المختلفة على البيئة – بما في ذلك الآثار الاقتصادية الاجتماعية- وعلى صحة الإنسان من الموضوعات التي تلعب الجماهير دورا متزايدا في تقريرها.

وتحتل سلامة الطاقة النووية واستخداماتها المختلفة بؤرة اهتمام لعامة الناس في كافة البلدان التي تستخدم – أو في سبيلها لاستخدام- الطاقة النووية في توليد الكهرباء أو تدفئة المناطق السكنية أو تحلية مياه البحر، وتنبع المخاوف والأخطار المرتبطة باستخدامات الطاقة النووية من حقيقة أن كمية الطاقة الناتجة من انشطار ذرة وحيدة من اليورانيوم أكبر ملايين المرات من الطاقة الناتجة من حرق ذرة من الكربون (بالوقود الأحفوري)، وأنه تتولد وتتراكم كميات من نواتج الانشطار المشعة داخل قلب المفاعل، ينطلق منها سيل من من الجسيمات النووية أو الأشعة ويصاحبهما طاقة، والأشعة لا يمكن إدراكها بالوسائل الحسية الخمسة للإنسان، ولكن يمكن رصدها وقياسها بسهولة باستخدام الأجهزة المناسبة، كما يمكن استخدام التدابير الهندسية للوقاية منها.

على الرغم من الفوائد المعروفة لاستخدام الأشعة فى التشخيص والعلاج إلا أن التعرض لجرعات إشعاعية أعلى من المسموح به يكون له تأثيرات ضارة على الصحة والبيئة، وهذا الخطر المحتمل (حرارة- إشعاع) يتم التحكم فيه بصرامة من خلال المتطلبات، والمعايير، والإجراءات التى تتخذ فى كل مرحلة

من التصميم والبناء والتشغيل والصيانة للمفاعلات لضمان سلامة الإنسان ومحيطه الحيوى.

وسوف نحاول في عجالة استعراض التدابير الهندسية المستخدمة لضمان أمان المفاعلات النووية.

أولا: اختيار مواقع المحطات النووية

وقد أوضحنا في الباب السابق أسس اختيار المواقع النووية والإجراءات التي تم اتخاذها لاختيار موقع الضبعة والت يتضمن عدم وجود أي تأثيرات سلبية من الموقع على التشغيل الآمن للمحطة، وفيما يلي نستعرض الأسس التي تمنع وجود أي تأثيرات سلبية من المحطة على الموقع والبيئة والسكان القريبين منه.

ثانيا: تصميم وبناء تشغيل وصيانة المفاعلات النووية

الهدف العام للأمان النووي هو حماية الأشخاص والمجتمع والبيئة من أى مخاطر إشعاعية قد تنجم من جراء استخدام الطاقة النووية، ويقصد بالمخاطر الإشعاعية أى تأثيرات صحية سلبية نتيجة التعرض للإشعاع على كل من العاملين وأفراد الجمهور العادى، والتلوث الإشعاعى للأرض والهواء والمياه او المنتجات الغذائية.

وتتلخص الأهداف الفنية للأمان بالمحطات النووية في: منع - وبدرجة عالية من اليقين - وقوع حادثة فى المحطة النووية، والتأكد من أن كل الحوادث المحتملة قد تم أخذها فى الاعتبار فى تصميم المحطة النووية، وأخيرا ان التأثيرات الإشعاعية، إن حدثت، سوف تكون أقل ما يمكن.

أما وظائف الأمان النووي فتتلخص في: التحكم والسيطرة على التفاعلات النووية، والتبريد المستمر للوقود بقلب المفاعل ومنشآت التخزين والحفظ للوقود المستهلك، واحتواء المواد المشعة ومنع تسربها إلى الأفراد أو البيئة المحيطة.

المبادئ الأساسية للأمان النووي

تتلخص هذه المبادئ في الخمسة مبادئ التالية: مبدأ الدفاع في العمق، ومبدأ تعدد الحواجز لمنع تسرب المواد المشعة، ومبدأ التكرار، ومبدأ التنوع، ومبدأ الفصل الفيزيائي، وفيما يلي توضيح لما تتضمنه هذه المبادئ.

1ـ مبدأ الدفاع في العمق

يعد استراتيجية شاملة تستهدف التشغيل الآمن للمحطة النووية وحماية الإنسان والبيئة من أى أضرار. ويرتكز على السمات الرئيسية لتوليفة المكونات المستخدمة بالمفاعل وعلى تفعيل عدد من التدابير الهندسية لتحقيق الأمان النووى.

يتكون من عدة مستويات متعاقبة لمجابهة اى خطأ بشرى أو خلل فى المعدات، وحماية الإنسان والبيئة من الأضرار فى حالة فشل أحد أو بعض تلك المستويات من أداء مهامها على الوجه الأكمل.

المستوى الأول: منع الحوادث النووية

من خلال تصمم المحطة النووية وفقاً لأدق وأحدث النظم الهندسية المطبقة عالمياً، اختيار توليفة من المواد الداخلة فى تكوين المفاعل وتتسم بخصائص لتحقيق الأمان الذاتى أى معاكسة الظروف المؤدية إلى نشوء وارتقاء الحوادث بالمفاعلات، ووجود هامش للأمان يستوعب الزيادة فى بارمترات التشغيل قبل الوصول للقيم الحرجة (الحرارة، الضغط)، وأخيرا الالتزام الصارم بقواعد ضمان الجودة فى جميع مراحل التصميم والتصنيع والتركيب والتشغيل.

المستوى الثانى: الرصد والتحكم فى ظروف التشغيل غير الطبيعية

ويتم هذا عن طريق استخدام أنظمة متعددة لقياس مختلف بارامترات التشغيل وتحديد مصدر الأعطال، واستخدام أنظمة متنوعة للأمان لضمان التحكم فى قدرة المفاعل والإيقاف الآمن له فى حالات الطوارئ، واستخدام

أنظمة متكررة للأمان لتبريد الوقود بقلب المفاعل تحت ظروف التشغيل المختلفة، والاعتماد على أكثر من مصدر متنوع لتوفير الكهرباء فى حالات الطوارئ، والاهتمام بالعنصر البشرى وتاهيله، والتدريب الدورى، والحصول على ترخيص .

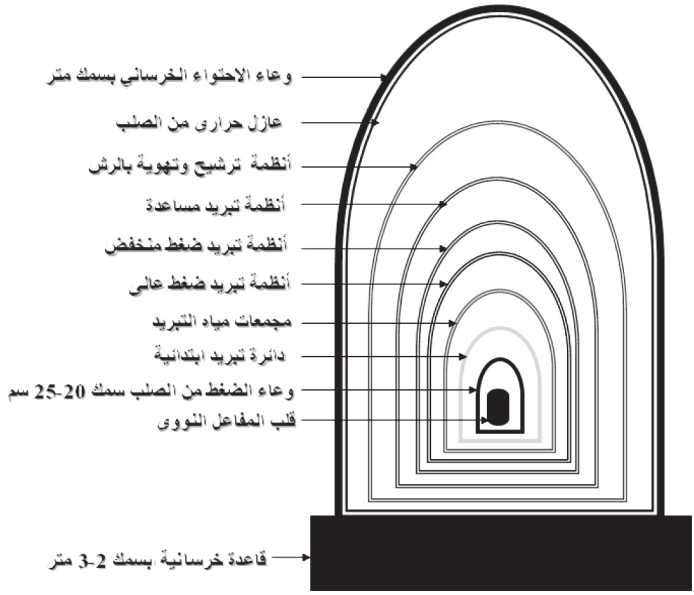
المستوى الثالث: التحكم فى والسيطرة على الحوادث النووية

وذلك باستخدام نظم الأمان بالمحطة للسيطرة على الحادثة النووية، واستخدام أنظمة التبريد وتجميع المواد المشعة المتسربة بأسفل مبنى وعاء الاحتواء، والتخلص من التركيز العالى للمواد القابلة للاشتعال (الهيدروجين)، واعتماد وتطبيق دورى لخطط الطوارئ، وتوفير مواد ومعدات وتدابير داخل وخارج المحطة النووية للتخفيف من عواقب تأثير المواد المشعة.

2ـ مبدأ تعدد الحواجز لمنع تسرب المواد المشعة

توفر الحواجز سلسلة من الدفاعات لسد الطريق أمام المواد المشعة بالوقود النووى ومنعها من الوصول إلى العاملين أو الجمهور أو البيئة (شكل 4). ومن بينها:

- الوقود النووي: يتم احتواء نواتج الانشطار بداخل أقراص الوقود الصلبة وفى شكل السيراميك.
- أغلفة الوقود: لمنع تسرب نواتج الانشطار التى تنطلق قريبا من سطح أقراص الوقود، وغالبا ما تكون من الزركونيوم او الصلب غير قابل للصدأ.
- دائرة تبريد المفاعل المغلقة: لاحتواء أى نواتج انشطار قد تتسرب من أعمدة الوقود.
- وعاء المفاعل: وهو مصنوع من الصلب وبسمك يصل إلى 25 سم.
- مبنى احتواء المفاعل وملحقاته: حائط من الخرسانة المسلحة بسمك يزيد عن 1 متر ومبطن من الداخل بطبقة من الصلب غير القابل للصدأ.



شكل (4): حواجز الأمان المتعددة في المحطات النووية

3ـ مبدأ التكرار

يعتمد تحقيق الأمان بالمحطات النووية على استخدام نظامين أو مكونين أو أكثر لأداء نفس الوظيفة بحيث أن خسارة أحدهم لا تؤثر على تحقيق الأمان، مثلا: استخدام أكثر من خزان مياه لتبريد المفاعل فى حالات الطوارئ، وكل خط لضخ المياه به مضختان على التوازى، استخدام أكثر من مصدر للكهرباء للاستخدام فى حالات الطوارئ

4ـ مبدأ التنوع

يعتمد على استخدام نظامين أو مكونين أو أكثر لأداء نفس الوظيفة وبشكل مختلف، مثلا: يتم التحكم فى قدرة المفاعل بواسطة أعمدة تحكم صلبة وأيضا يمكن أداء نفس المهمة باستخدام حمض البوريك

5ـ مبدأ الفصل الفيزيائي

يعتمد على الفصل المادي بين الأنظمة أو المكونات التى تؤدى نفس الوظيفة، بحيث يمكن لأى منهم تأدية وظائفه دون التأثر بالظروف أو البيئة المحيطة بالآخر، مثلا توجد غرفة تحكم رئيسية وغرف تحكم احتياطية كل منهما في مبنى مستقل ومنفصل تمام عن الآخر بحيث أن ظرف معاكس (حريق مثلا) لا يؤثر على قيام الآخر بوظائفه.

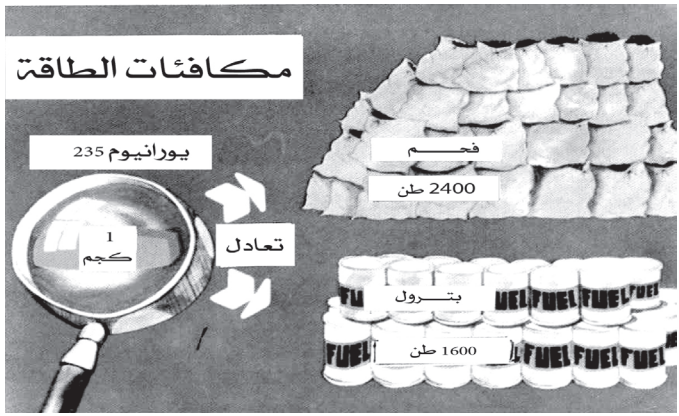
التحسب للطوارئ

إضافة إلى كل ما سبق فالحصول على ترخيص لإنشاء وتشغيل محطة نووية يتطلب افتراض انهيار كل الدفاعات السابقة والاضطرار لإخلاء السكان القريبين من المحطة، وإثبات أنه تحت جميع السيناريوهات لن يوجد قسم من السكان محاصر وغير قادر على مغادرة المنطقة المنكوبة، وفي البلدان التي تمتلك محطات نووية يتم تدريب السكان على التجمع في مناصطق معينة بمجرد إنذارهم بوقوع حادثة نووية

6ـ التخلص الآمن من النفايات النووية

تعد مشكلة التخلص الآمن من النفايات النووية من أكثر العوائق وضوحا أمام مستقبل الطاقة النووية، وهناك إجماع دولي حول وجوب التخلص من النفايات بشكل آمن لا يتعارض مع صحة الإنسان ونظافة البيئة، وليس هناك شك في أن الادعاء بان النفايات تمثل مشكلة دون حل قد أثار مخاوف الجماهير وهو ما يلعب عليه أعداء الطاقة النووية في مصر والعالم، وقبل أن نتناول هذا الأمر، علينا أن نحدد أولا ما المقصود بالنفايات.

النفايات هي مواد لا يمكن الاستفادة منها تنتج عن استخدام منتج ما، واستخدام المحطات النووية في توليد الكهرباء ينتج عنه نفايات شأنها في ذلك شأن أنواع المحطات الحرارية التقليدية لتوليد الكهرباء والتي تستخدم الفحم أو البترول أو الغاز الطبيعي، وأن كانت تختلف عنها في نوعية وطبيعة النفايات. فاستخدام الفحم في محطات توليد الكهرباء بقدرات في حدود ألف ميجاوات كهربي ينتج عنه سنويا نفايات تطلق في الجو تزيد على مائة ألف طن من المواد الضارة والسامة بالإضافة إلى حوالي مليون طن نفايات في صورة رماد.



شكل (5): مكافئات الطاقة الناتجة من مصادر الطاقة المختلفة

وتتميز المحطات النووية عن محطات الفحم بأنها تتيح إنتاج نفس الطاقة الكهربية من كمية وقود أقل بكثير من محطات الفحم (شكل 5)، حيث أن طن واحد من الوقود النووي في المحطات النووية الحالية يتيح إنتاج طاقة كهربية تعادل حرق حوالي مائة ألف طن من الفحم. ، ويُستَخرَج من قلب مفاعل قدرته 1000 ميجاوات (مثل المزمع بناءه في الضبعة) نحو 27 طن في العام من الوقود المستهلَك، والذي يمكن اعتباره كله كمخلفات نووية، أو يمكن إعادة معالجته بهدف استخلاص المواد النافعة منه، مثل اليورانيوم الذي لم يُستهلَك والبلوتونيوم الذي تولد، لإعادة استخدامهما كوقود بالمفاعلات النووية، وفي هذه الحالة تنخفض كمية المخلفات النووية إلى 700 كجم في السنة، ونتيجة لذلك فان حجم ووزن نفايات المحطات النووية أقل بكثير من نفايات محطات الفحم ذات نفس القدرة. غير أن نفايات المحطات النووية لتوليد الكهرباء لها خاصية الإشعاعية ومن ثم توضع المعايير والقواعد الصارمة التي تنظم التعامل معها بحيث لا تعرض الإنسان أو البيئة لأي أخطار ناجمة عنها. وجدير بالذكر، أن نفايات محطات الفحم تحتوى أيضا على مواد مشعة وان كان بصورة أقل من المحطات النووية.

وتشمل النفايات النووية المكونات التالية:

- **نفايات مناجم اليورانيوم**: وهى النفايات الناتجة عن عمليات استخراج اليورانيوم وتنقيته. وتحتوى هذه النفايات على نسبة ضئيلة جدا من اليورانيوم غير المستخلص ومواد أخرى ناتجة عن التحليل الإشعاعي البطيء لليورانيوم عبر ملايين السنين. وهذه النفايات جميعها موجودة أصلا في خام اليورانيوم الموجود في الطبيعة، ولا تشكل عمليات استخراج اليورانيوم أو تنقيته أية زيادة فيها.
- **نواتج الانشطار الإشعاعي النووي في وقود المفاعلات النووية**: وتحتوى على العديد من العناصر المشعة.
- **مواد مشعة**: مثل مكونات المفاعل النووي التي تكتسب خاصية الإشعاعية بتعرضها للنيوترونات المنطلقة أثناء عمليات الانشطار النووي.

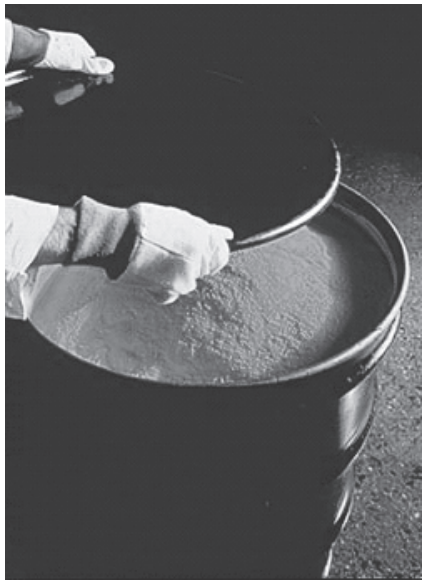
ومـن أهم خصائص النفايات النووية هي التحلل الإشـعاعي والإشـعاعات النوويـة الـتي تنطلق منهـا، وخاصية الانبعـاث الحراري المصاحـب لها. وتصنف النفايات المشعة عادة من حيث مستوياتها الإشعاعية إلى ثلاثة مستويات هي:

1. **النفايـات منخفضـة المسـتوى الإشـعاعي**: وتشـمل عـادة نفايـات الاسـتخدامات الطبيـة والصناعيـة للمواد المشـعة وبعـض النفايات النوويـة، وهى عـادة تحتوى على مواد مشـعة ذات فترات نصف عمر إشعاعي قصيرة، وتحتوى على كميات ضئيلة جدا من المواد المشعة ذات فترات نصف العمر الإشـعاعي الطويلـة. ويتم التخلص عادة من هـذه النفايـات المنخفضة المسـتوى الإشـعاعي إما بإطلاقهـا في الجو بعد ترشـيحها وتنقيتها وتخفيفها وفى حدود القواعد والتشـريعات الصارمـة المعمـول بها، بحيث لأتشـكل أدنى تأثير على الإنسـان أو البيئـة، أويتـم التخلـص منهـا بتركيزهـا وتعبئتها ثـم تخزينها في أماكن تخزين خاصة.

2. **النفايات متوسـطة المسـتوى الإشـعاعي**: وتشـمل بعض نواتج الانشطار النووي وبعض المواد المشـعة وأحيانا بعـض المواد الاكتينيدية (وهي مـواد غير موجودة في الطبيعـة وتنتج عن امتصاص وقـود اليورانيوم بالمفاعل للنيوترونات دون أن تؤدي إلى انشطار نووي، وبالتالي تتحول إلى مواد أخرى أثقل من اليورانيوم) ذات فترات نصف العمر الإشـعاعي الطويلة، ويتولد عنها عادة انبعاث حراري بسيط.

3. **النفايات عالية المستوى الإشعاعي**: وتشمل معظم نواتج الانشطار النووي والمـواد الاكتينيدية وتتميز بمعـدلات عالية مـن الانبعاث الحراري الإشعاعي ويندرج الوقود المستنفد تحت هذا المستوى من النفايات.

وتنتـج النفايـات النوويـة أثنـاء المراحل المختلفة الـتي تمر بهـا دورة الوقود النـووي (غالبا اليورانيـوم) بدءً من مرحلة اسـتخراجه وتنقيته ومرورا بتصنيعه واسـتخدامه بالمفاعل النووي وانتهاء بالتعامل مع الوقود النووي المستنفد وذلك بتخزينه أو معالجته لاستخلاص المواد النافعة منه.



شكل (6): العجينة الصفراء

استخراج اليورانيوم وتنقيته

عمليات استخراج اليورانيوم وتنقيته لا ينتج عنها نفايات نووية جديدة، والذي يتم في هذه العملية هو استخراج اليورانيوم وتكسيره وتفتيته ومعالجته كيماويا للحصول على خام اليورانيوم بصورة أكثر تركيزا (يطلق عليه ركاز اليورانيوم أو العجينة الصفراء – شكل 6)، وأثناء هذه العملية لا تتولد نفايات نووية إضافية، وكل ما ينتج عنها هو ما يسمى «ببقايا المنجم» وهى المواد المشعة التي كانت موجودة أصلا مع خام اليورانيوم والتي نتجت أثناء سلسلة تحولاته الإشعاعية المستمرة، وهذه يلزم تغطيتها بالطفلة والصخور في منطقة المنجم أو ضغطها تحت الماء، ومنع انتشارها، ومنع تعرض الإنسان لها، وذلك بإقامة التجهيزات والحواجز الهندسية المناسبة. تُنقل بعد ذلك العجينة الصفراء (أو ركاز اليورانيوم) من منطقة المنجم إلى معامل المعالجة والتنقية الكيميائية، حيث يجري تحويل خام اليورانيوم إلى صورة

كيميائية مناسبة لتصنيعه مباشرة للحصول على وقود اليورانيوم لبعض أنواع المفاعلات مثل مفاعلات الماء الثقيل، أو تحويله كيميائيا إلى صورة مناسبة لإجراء عمليات زيادة نسبة اليورانيوم235 (عمليات إثراء اليورانيوم) ثم تحويله كيميائيًا مرة أخرى إلى صورة مناسبة لتصنيعه للحصول على وقود اليورانيوم اللازم لأنواع أخرى من المفاعلات مثل مفاعلات الماء العادي. تتولد أثناء ذلك بعض النفايات النافعة مثل نترات الأمونيا التي تُستخدم في صناعه الأسمدة، حيث أن نسبة المواد المشعة بها تكون قليلة مقارنة بأنواع الأسمدة الأخرى المُستخدَمة تجاريًا. ولا يتولد من هذه العملية نفايات نووية ذات مستويات إشعاعية مؤثرة، أو تزيد على المستويات الإشعاعية الطبيعية.

تصنيع الوقود النووي:

يتم في هذه العملية تصنيع اليورانيوم الطبيعي أو المثري (أو المخصب) عادة في صورة أسطوانات صغيرة الحجم (يبلغ قطرها حوالي 1 سم وارتفاعها من 1ـ2 سم)، وتُعبأ هذه الأسطوانات في أنابيب تسمى بغلاف الوقود ومصنوعة عادة من معدن الزركونيوم، وتكَون ما يسمى بعمود الوقود الذي يتراوح طوله بين 50 سنتيمترًا (معظم مفاعلات الماء الثقيل) وحوالي 4 أمتار (كما في مفاعلات الماء العادي). يُجمع عدد من أعمدة الوقود بتجهيز هندسي معين فيما يعرف بحزمة الوقود، التي تكون معدة بعد ذلك للاستخدام في المفاعل النووي. تنتج من هذه العملية نفايات نووية ضئيلة جدًا وذات مستويات إشعاعية لا تكاد تؤثر على المستويات الإشعاعية الموجودة في الطبيعة، والمتمثلة في آثار بسيطة من اليورانيوم والمواد الأخرى المشعة (والناتجة من تحلله إشعاعيًا).

تشغيل المفاعل النووي

نفايات المفاعل النووي منخفضة ومتوسطة المستوى الإشعاعي: تنتج هذه النفايات أثناء تشغيل وصيانة المحطات النووية وتكون على صور المادة الثلاث وهى الغازية والسائلة والصلبة. والمحطة النووية مجهزة بالنظم والأجهزة اللازمة للتعامل معها والتخلص من هذه النفايات، ولم يسجل لهذه

النوعيـة مـن المفايات أي تأثيرات ضارة على الإنسـان أو البيئة. ومن الأدلة على ذلك أن الإنسـان المقيم بجوار سـور المحطة النووية يتعرض لإشـعاعات لا تزيد علـى نصف مـا يتعرض له من الكشـف مرة واحدة بالأشـعة السـينية على الصدر أو الأسنان.

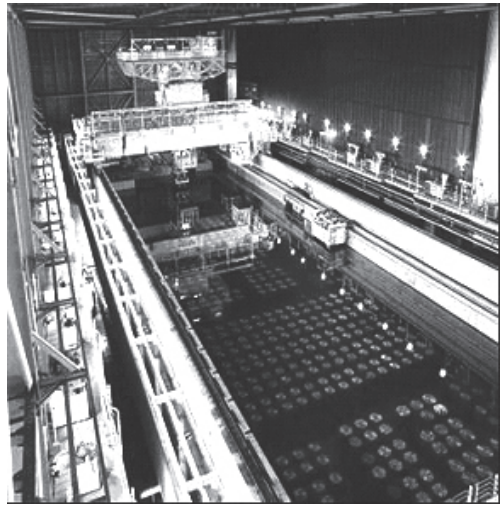
نفايات المفاعل النووي عالية المسـتوى الإشعاعي: تظل حزم الوقود النووي داخـل المفاعل لفترة تصل عادة إلى أكثر من عام يتم خلالها اسـتنفاذ نسـبة كبـيرة من نظـير اليورانيـوم – 235 القابل للانشـطار، ويتكـون أثناء ذلك داخـل أعمدة الوقود النووي نواتج الانشـطار النووي والمواد الاكتينيدية وهما المكونـان الرئيسـيان للنفايـات عالية المسـتوى الإشـعاعي. ويتـم بعد ذلك اسـتبدال حزم الوقود النووي المستنفد بحزم وقود نووي أخر جديد. وتحتفظ حزم الوقود المسـتنفد الخارج من المفاعل النووي بشكلها العام الأولى غير أن الوقود يكون عند مسـتويات إشـعاعية عالية جدا تضمحل تدريجيـا وذلك نتيجة للتحلـل الإشـعاعي لمعظم نواتج الانشـطار (وقليـل من المـواد الاكتينيدية) ذات فـترات نصـف العمر الإشـعاعي القصـيرة والتي تـتراوح بين بضـع ثواني وشـهور قليلـة. غير أنه نتيجة لوجود مواد مشـعة أخـرى ذات فترات نصف عمر إشعاعي طويلة تصل إلى آلاف السنين (ومعظمها من المواد الاكتينيدية) فان الوقود المسـتنفد يظـل مصدرا للإشـعاعات والحرارة لسـنوات طويلة وان قلت مستوياتهما مع مرور الوقت.

ونسـتعرض هنا العمليات الرئيسـية لمراحل واختبـارات التعامل مع الوقود المستنفد بعد سحبه من المفاعل النووي وهى :

1ـ التخزين المرحلي للوقود المستنفد:

الهدف من التخزين المرحلي للوقود المستنفد بعد سحبه من المفاعل هو إتاحة الوقـت الكـافي له حتى تنخفض نسـب إشـعاعيته وحرارتـه. وفيها يتم حفظ الوقود مرحليا بموقع المحطة النووية في أحواض عميقة ويغمر في الماء (شكل 7) بحيث يرتفع الماء فوقه بحوالي 4ـ6 أمتار. ويسـتخدم الماء لغرضين أساسيين: أولهمـا قدرتـه على امتصاص الإشـعاعات الصادرة من الوقود المسـتنفد وبذلك يوفـر عنصر الوقاية الإشـعاعية للعاملـين بالمحطة النوويـة، وثانيهما التبريد المسـتمر والـلازم للوقود المسـتنفد وذلك بسـحب الحـرارة المنبعثـة منه بصفة

مستمرة نتيجة التحلل الإشعاعي للمواد المشعة الموجودة به. هذا بالإضافة إلى أن الماء يوفر وسيلة عملية للمشاهدة البصرية المستمرة للوقود ومتابعة أمان حفظه وتجهيز أحواض التخزين بوسائل التنقية المستمرة وأجهزة الرقابة الإشعاعية وقد استخدمت هذه الطريقة للتخزين المرحلي للوقود بأمان كامل منذ أكثر من ثلاثين عاما ودون وقوع أي حوادث تضر بالإنسان أو البيئة. بعد عام واحد من التخزين المرحلي للوقود المرحلي للوقود المستنفد ينخفض مستوى إشعاعيته إلى حوالي 12 % من المستوى الأصلي لإشعاعيته عند إخراجه من المفاعل. وبعد خمسة أعوام تنخفض الإشعاعية إلى 3% من المستوى الأصلي. وتستمر الإشعاعية في الانخفاض بعد ذلك مع وقت التخزين.



شكل (7): حوض التخزين المرحلي للوقود المستعمل

2ـ التخزين المؤقت للوقود المستنفد:

تهدف هذه المرحلة إلى تخزين الوقود المستنفد لفترة طويلة نسبيا (تصل إلى عشرات السنين) مقارنة بفترة التخزين المرحلي للوقود المستنفد، وذلك تمهيدا للتعامل معه بإحدى الإستراتيجيتين:

أ. إعـادة معالجة الوقود المسـتهلك بهدف اسـتخلاص المـواد النافعة منه مثـل اليورانيـوم الـذي لم يسـتهلك والبلوتونيـوم الـذي تولـد لإعادة استخدامهما كوقود بالمفاعلات النووية.

ب. حفـظ الوقود المسـتهلك وإعـداد الترتيبـات الفنية اللازمـة لتجهيزه وتعبئتـه ونقلـه فى حاويـات مخصصـة إلى مسـتودعات التصريف النهائي، وهو النهج الذي تتبعه معظم دول العالم التي لا تتبنى عمليات إعادة المعالجة.

ويتـم التخزيـن المؤقـت للوقود المسـتنفد في تجهيـزات هندسـية تعد وفقا لمعايير أمان صارمة بغرض حماية الإنسـان والبيئة، ويتوافر في هذه التجهيزات وسـيلة تبريد للوقود أثناء تخزينه. ويوجد في العالم حاليا طريقتان رئيسيتان للتخزين المؤقت للوقود المستنفد:

- طريقـة التخزيـن المائي: وفيهـا يحفظ الوقـود مغمورا في المـاء داخل أحواض مجهزة بدوائر تبريد وتنقية للماء.

- طريقة التخزين الجاف: وفيها يحفظ الوقود في تجهيزات هندسية خاصة (داخل أوعية خاصة للتخزين الجاف أو داخل نفس أوعية نقل الوقود) ويبرد الهواء الذي يمر من خلال مرشـحات عاليـة الكفاءة لتنقيته من أي مواد مشـعة قبـل إطلاقه إلى البيئة الخارجية. ويتم اختيار مواقع التخزين المؤقت للوقود المستنفد إما بجوار موقع المحطة النووية (وهو ما ستتضمنه محطة الضبعة النـووي)، أو بمنطقة مركزيـة بعيدا عن موقع المحطـة النووية. و يخضع هذا الاختيار لاعتبارات اقتصادية وتكنولوجية وجيولوجية.

3- التخزين النهائي للنفايات عالية الإشعاع:

تهـدف عمليـة التخزين النهائي للنفايات عالية الإشـعاع إلى منع تسـربها أو تسـرب الإشـعاعات الصادرة منها إلى الإنسـان أو إلى طعامه وشـرابه، وذلك لفترات زمنية طويلة، وقد وجد أن أكثر الطرق فاعلية من النواحي الاقتصادية

والتكنولوجية والبيئية لتحقيق ذلك هو حفظ النفايات في صورة مركبات عديمة الذوبان في الماء داخل أوعية شديدة المقاومة للتآكل ثم دفنها في الأعماق الجيولوجية المستقرة. التي تضمن عدم تسرب أية إشعاعات أو مواد مشعة منها ووصولها إلى الإنسان سواء بطرق مباشرة أو غير مباشرة ونظرا لان هذه التكوينات الجيولوجية تكون عادة على أعماق سحيقة تحت الأرض فان جميع الإشعاعات الصادرة من النفايات المشعة المختزنة بها لا يمكنها الوصول إلى السطح، وخاصة لذا علمنا أن إشعاعات جاما – التي تعتبر أقوى أنواع الأشعات النووية قدرة على النفاذ – تمتص كاملة في حدود بضعة أمتار في هذه التكوينات الجيولوجية التي تتميز أيضا بانعزالها التام عن مصادر المياه الجوفية وذلك لضمان عدم وصول هذه المياه الجوفية إلى مواقع تخزين النفايات وإحداثها تآكلات بأوعية التخزين، يتبعها إذابة وامتصاص جزء من المواد المشعة بهذه النفايات لتجد طريقها إلى الإنسان.

ويعتمد أمان تخزين النفايات عالية الإشعاع على مبدأ تعدد الحواجز الإشعاعية والتي تمنع وصول الإشعاع أو المواد المشعة إلى الإنسان، وأهم هذه الحواجز هي:

أ ـ الحاجز الإشعاعي الأول :

باحتواء النفايات في صورة مركبات صلبة عديمة الذوبان في الماء تشكل حاجزًا يمنع تسرب المواد المشعة المحتجزة بها. بالاضافة إلى أن مادة الغلاف المعدني لأعمدة الوقود النووي، والتي تكون عادة من معدن الزركونيوم، تتميز بمقاومتها العالية للتآكل وتشكل حاجزًا إضافيًا يمنع تسرب المواد المشعة خارجه.

بـ الحاجز الإشعاعي الثاني:

أوعيه حفظ النفايات. تُحفظ النفايات عالية الإشعاع داخل أوعيه خاصة من الصلب غير القابل للصدأ، وذات سُمك مناسب لتحمل الضغوط العالية مثل تلك الضغوط على الغواصات، وفي بعض تصميمات أوعيه حفظ النفايات

عالية المستوى الإشعاعي، تُخلط هذه النفايات داخل الأوعية بمصهور من الرصاص أو القصدير يتيح تدريع إضافي لهذه الأوعية.

ج- الحاجز الإشعاعي الثالث:

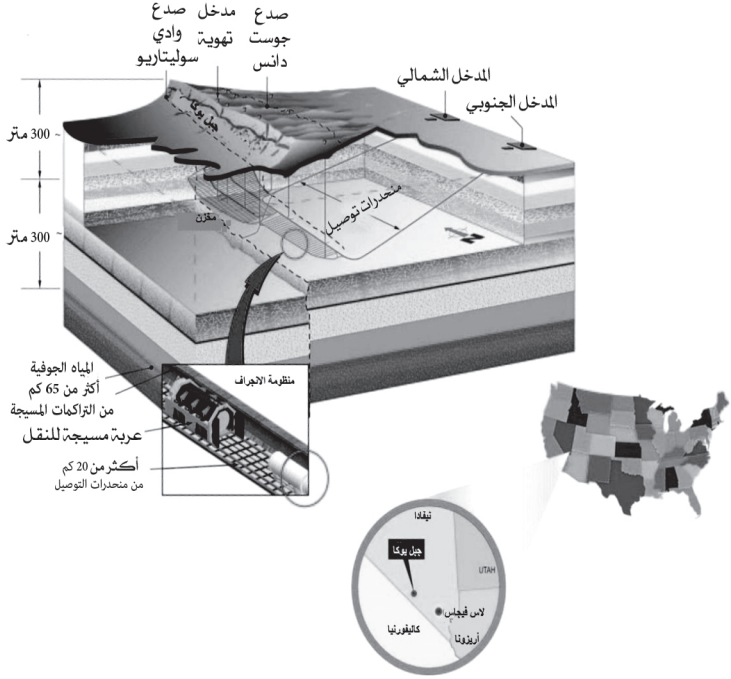
مواد الحشو حول أوعيه حفظ النفايات. تحاط أوعيه حفظ النفايات في موقع التخزين داخل التكوينات الجيولوجية بطبقات مضغوطة من مواد الحشو والعزل، والتي تمثل حاجزًا إضافيًا لمنع وصول المياه الجوفية للأوعية.

د- الحاجز الإشعاعي الرابع:

التكوينات الجيولوجية. التي تشكل حاجزًا إشعاعيًا مهمًا يمنع وصول الإشعاعات والمواد المشعة إلى الإنسان، سواء بالطرق المباشرة أو غير المباشرة. ولذلك تُختار هذه التكوينات الجيولوجية طبقًا لمعايير أمان دقيقة بعد دراسات جيولوجية وزلزالية مستفيضة للتأكد من نوعية وخواص واستقرار هذه التكوينات الجيولوجية ومواءمتها لحفظ النفايات، ويوضح شكل (8) رسم تخطيطي لمدفن النفايات المشعة المزمع تنفيذه بجبل يوكا - نيفادا - الولايات المتحدة الأمريكية

وجدير بالذكر أنه منذ 1700 مليون سنة نشأ مفاعل نووي طبيعي في ترسيبات من اليورانيوم قرب موقع (OKLO) بدولة الجابون بغرب أفريقيا. واستمر نشاط هذا المفاعل حوالي مائه ألف عام ونتج عنه، كأي مفاعل نووي، تولد كميات من البلوتونيوم. وأظهرت الدراسات والبحوث أن هذا البلوتونيوم لم يتسرب على الإطلاق من موقع تكوينه، بل استمر في تحلله الإشعاعي البطيء جدًا وتحول إلى مواد غير مشعة في نفس موقع تكونه. وهذه الحقيقة المستوحاة من صفحات التاريخ الجيولوجي للأرض كفيله بتبديد أي وساوس عن كفاءة وفعالية تخزين النفايات عالية الإشعاع في التكوينات الجيولوجية المناسبة.

إن التخلص النهائي من النفايات النووية ليس بالمشكلة عصية الحل، وتتحرك دول العالم لحلها، وسوف نطبق في مصر ما تفعله بقية الدول. وفي كل الأحوال لن نحتاج إلى تطبيق هذه الحلول قبل 100 سنة من الآن.



شكل (8): رسم تخطيطي لمدفن النفايات المشعة بجبل يوكا – نيفادا – الولايات المتحدة الأمريكية