الباب الخامس

البدائل والاختيارات التكنولوجية للطاقة النووية

تعرف العالم على الطاقة النووية لأول مرة حينما قصفت الولايات المتحدة الأمريكية مدينتي هيروشيما وناجازاكي بالقنابل الذرية في نهاية الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥ مما أثار رعب البشرية من المخاطر الهائلة التي تهدد بفناء العالم في حالة نشوب حرب نووية، ومنذ هذا الوقت واجه العالم تحديا مزدوجا يتمثل في عدم استخدام الطاقة النووية للحرب من ناحية مع استغلال هذه الطاقة الهائلة بشكل مأمون لمصلحة البشرية من ناحية أخرى.

وفى عام ١٩٥١ بدأ معهد الفيزياء وهندسة القوى النووية الروسي إنشاء أول مفاعل نووي في العالم لإنتاج الكهرباء بقدرة خمسة ميجاوات في مدينة أوبنينسك بالاتحاد السوفيتي السابق وبدأ إنتاج الكهرباء في ٢٧ يونيو ١٩٥٤. إلا أن مبادرة الرئيس الأمريكي دوايت أيزنهاور في عام ١٩٥٣ المسماة *"الذرة من أجل السلام"* كانت أول محاولة ناجحة على الصعيد العالمي لاستغلال الطاقة الهائلة الكامنة في نواة الذرة في تطبيقات سلمية لصالح البشرية. ويعزو هانز بليكس المدير العام السابق للوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى هذه المبادرة الفضل في إنشاء الوكالة عام ١٩٥٧ وفى وضع الأساس الذي تقوم عليه صلاحياتها أي دعم الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، والمساعدة في حظر انتشار الأسلحة النووية [٦٠].

obeikandl.com

وقد تزايدت قدرات المحطات الكهرو-نووية المركبة على مستوى العالم من ٥ ميجاوات عام ١٩٥٤ إلى ١٦٥٠٠ ميجاوات عام ١٩٧٠ ووصلت عام ١٩٩٨ إلى ٣٤٨٨٦٤ ميجاوات ساهمت في توليد ٢٢٩٤ تيراوات.ساعة مثلت حوالي ١٧% من جملة الكهرباء المولدة من كافة المصادر على مستوى العالم خلال نفس العام كما يتضح في جدول (٧-١). كما أنها تمثل أكثر من ٢٠% من الكهرباء المنتجة في معظم البلدان التي تستخدم الطاقة النووية وتصل في ليتوانيا وفرنسا إلى أكثر من ٧٥% [٦١].

وتعد المحطات النووية أحد البدائل الهامة والحقيقية لتوليد الكهرباء في مصر رغم تعثر البرنامج النووي المصري وفشل المحاولات الثلاث لإدخال هذه التكنولوجيا المتقدمة في مصر أعوام ١٩٦٤ و١٩٧٤ و١٩٨٣ كما أوضحنا في الباب الأول من هذه الدراسة. وسوف نستعرض فيما يلي البدائل التكنولوجية المتاحة ولكن قبل أن نفعل ذلك قد يكون من المفيد تبسيط بعض المفاهيم الأساسية للتكنولوجيا النووية حتى يتسنى للقارئ غير المتخصص متابعة العرض المقدم للبدائل النووية.

١- المفاهيم الأساسية للتكنولوجيا النووية

١-١ الذرة Atom

الذرة هي أصغر جزء من العناصر التي تتكون منها المواد المشكلة للكون كله مثل الماء أو الغازات المختلفة أو المعادن.. الخ. وكل عنصر يتكون من ذرات متناهية في الصغر، كل ذرة منها تشتمل على نواة موجبة هي التجمع الحقيقي للمادة تدور حولها بسرعة كبيرة أجسام صغيرة مشحونة بكهرباء سالبه تسمى إلكترونات. ويوجد داخل هذه النواة نوعان من الأجسام هما البروتونات وهى أجسام تحمل شحنات كهربية موجبة، والنيترونات وهى أجسام متعادلة خالية من الشحنات الكهربية. والذرات التي تحتوى نواتها على نفس عدد البروتونات (وإن اختلف عدد النيوترونات) تسمى نظائر وعنصر اليورانيوم أحد العناصر الموجودة أساسا في

الطبيعة على شكل نظيرين هما: اليورانيوم ٢٣٥ (ويحتوى على ٩٢ بروتون و١٤٣ نيترون) واليورانيوم ٢٣٨ (ويحتوى على ٩٢ بروتون و ١٤٦ نيترون).

١-٢ الانشطار النووي Nuclear Fission

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 اليورانيوم ٢٣٥ المستخدم كوقود في المفاعلات النووية، وانشطار جرام واحد من اليورانيوم ٢٣٥ ينتج عنه طاقة تساوى الطاقة الناتجة من حرق ٢,٤ طن من الفحم أو ١١,٢ برميل من البترول.

١-٣ التفاعل المتسلسل Chain Reaction

إلى جانب هذا المقدار الهائل من الطاقة ينتج عن هذا الانشطار عدد يتراوح من ٢ إلى ٣نيترونات جديدة تتسبب بدورها في انشطار ذرات يورانيوم أخرى مما يجعل هذا التفاعل الانشطارى مستمر ومتسلسل. فإذا فرضنا انطلاق ٢ نيترون من الانشطار الأول فانه ينتج عنها انشطاران جديدان في الجيل الأول وفي الجيل الثاني ٤ وفي الثالث ٨ وفي الرابع ١٦ وفى العاشر ١٠٢٤ وفى العشرين ١٠٤٨٥٧٦، 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 نيترون واحد فقط في المتوسط قادر على الدخول في انشطار جديد وبالتالي فإن عدد النيترونات القادرة على الدخول في انشطار جديد في وقت ما يساوى عدد النيترونات المسببة للانشطار في الجيل الأول وهو ما يحدث في المفاعلات النووية. ولا توجد صعوبة في إيقاف هذا النوع من

obeikandi.com

التفاعل المتسلسل وإنما الصعوبة في الحفاظ علي استمراره لأن بعض النيترونات 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 شئ 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.

١-٤ المهدئ Moderator

يتوقف احتمال حدوث الانشطار على سرعة النيترونات المسببة له حيث تتم عملية الانشطار بسهولة أكثر كلما كانت النيترونات ذات سرعات بطيئة، حيث تكون فرصة امتصاصه بواسطة نواة قابلة للانشطار اكبر بكثير مما تتاح لذلك النيترون الذي يسرع السير داخل منطقة النواة. فإذا علمنا أن النيوترونات التي تخرج من الانشطار تكون ذات سرعات عالية (حوالي ٢٠٠٠٠ كم/ ثانية) لاتضح مدى الحاجة إلى استخدام مهدئ لهذه النيترونات يعمل على الإقلال من سرعة النيترونات لزيادة احتمال دخولها في انشطار جديد. والمهدئ هو مادة لها نواة خفيفة وذلك لأن النيترونات تتصرف في هذه الحالة كما لو كانت كرات منطلقة بسرعة كبيرة فهي لا تفقد سرعتها إذا اصطدمت بأجسام ثقيلة لكنها تفقد جزءا كبيرا من سرعتها إذا اصطدمت بأجسام لها كتلة قريبة نسبيا من كتلتها، مثلما يحدث في لعبه البلياردو، فالكرة التي تصطدم بحاجز المنضدة ترتد راجعة بنفس السرعة تقريبا بينما تلك التي تصطدم بكرة أخرى ساكنة تفقد جزءا من طاقتها بسبب تلك الكرة. ويعتبر الجرافيت والماء الثقيل والماء العادى من المهدئات التي يكثر استخدامها في المفاعلات النووية.

١-٥ المفاعل النووي Nuclear Reactor

المفاعل النووى جهاز تتم فيه عملية انشطار متسلسل محكوم. وأجـــزاء المفـــاعل الرئيسية هي:

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

(ب) العاكس : وهو مادة توضع حول الوقود وذلك لمنع النيترونات مـــن الاتجـــاه إلى خارج قلب المفاعل وغالبا ما تكون مادة العاكس هي نفس مادة المهدئ.

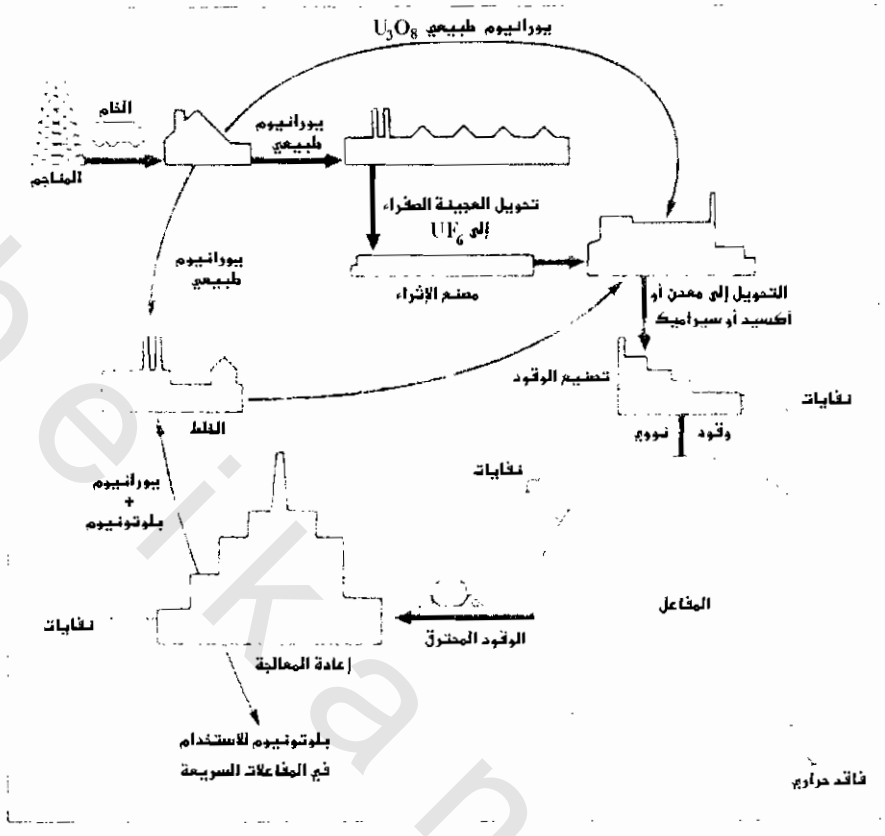
(ج) نظام التبريد : الغرض منه سحب الحرارة الناتجة عن الانشطار مـــن قلـــب المفاعل باستمرار وذلك عن طريق تمرير مائع تبريد (سائل أو غـــاز) داخـــل قلب المفاعل فيكتسب الطاقة الحرارية من الوقود في قلب المفاعل ثم تســـتخدم هذه الطاقة الحرارية في توليد الكهرباء أو التدفئة أو توفير الطاقة لمنظومـــات تحلية المياه... الخ.

(د) نظام التحكم : وهو للتحكم في معدل التفاعل الانشطاري وبالتـــالي فـــي قـــدرة المفاعل وذلك عن طريق امتصاص النيترونات بواسطة قضبان تحكم تصنـــع من مادة لها خاصية امتصاص النيترونات مثل الكادميوم.

وهناك معدات وأجهزة أخرى متعددة مساعدة مثـــل المضخـــات والمبـــادلات الحرارية والتوربينات وغيرها وجميعها مع المفاعل النووي يكونـــون مـــا يســـمى بالمحطة النووية. وعلى ذلك فالمحطة النووية هي عبارة عن تصميم تكنولوجي يتـــم فيه تحويل طاقة الانشطار الناتجة داخل الوقود النووى إلى طاقة حرارية يكتســـبها مائع التبريد خلال سريانه وتستخدم هذه الطاقة الحرارية في توليد الكهرباء وغيرها من التطبيقات.

١-٦ دورة الوقود النووي

تشكل العمليات التي تجرى على المواد النوويـــة لاســـتخدامها كوقـــود فـــي المفاعلات النووية والأنشطة المناظرة لها عناصر دورة الوقود النووي الموضحـــة تخطيطيا في شكل (١-٥) ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل [٦٢]:



شكل (١-٥): دورة الوقود النووى [٦٢]

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 ٢٣٥ من ٠,٧% إلى حوالي ٣%
- تصنيع الوقود النووي

ب- التعامل مع الوقود داخل المفاعل.

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

- نقل وتخزين الوقود المحترق في مخازن مؤقتة أو دائمة.
- إعادة معالجة الوقود المحترق لاستخلاص اليورانيوم والبلوتونيوم لاستخدامهما كوقود مرة أخرى.
- التعامل مع النفايات المشعة والتخلص النهائي منها.

يمكن أن تكون دورة الوقود النووى مفتوحة أى تنتهي بالتخلص من الوقود المخترق بالتخزين النهائي، أو مغلقة حيث يتم إعادة معالجة الوقود المحترق وفصل اليورانيوم والبلوتونيوم عن نواتج الانشطار الأخرى وإعادة استخدامهما مرة أخرى كوقود داخل المفاعل. ومن الصعب حاليا الحصول على التكنولوجيا اللازمة لتبني دورة الوقود المغلقة بسبب المخاوف من انتشار السلاح النووى.

٢- أنواع المفاعلات النووية

تصنف مفاعلات القوى - طبقا لطاقة النيوترونات - إلى مفاعلات حرارية Thermal Reactors تكون طاقة نيتروناتها منخفضة ومفاعلات سريعة Fast Reactors تكون طاقة نيتروناتها عالية. كما يمكن تصنيف المفاعلات طبقا للعناصر الرئيسية المكونة له سواء كانت مادة ونوع الوقود النووي (بما في ذلك درجة الإثراء باليورانيوم ٢٣٥)، أو المهدئ والعاكس، وأيضا مادة التبريد. ونتيجة لتعدد تلك المواد المستخدمة تتعدد بالتالي أنواع المفاعلات النووية. وخلال 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 [٦٢]:

٢-١ المفاعلات التي ثبتت صلاحيتها ومتاحة للتصدير

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 وتعمل باليورانيوم المثري بنسبة صغيرة Pressurized Water Reactors (PWR)
- مفاعلات الماء العادي المغلي وتعمل أيضا باليورانيوم المثري بنسبة صغيرة Boiling Water Reactors (BWR).
- المفاعلات المبردة والمهدأة بالماء الثقيل المضغوط وتعمل باليورانيوم الطبيعي Pressurized Heavy Water Reactors (PHWR)

وقد استخدمت جميع هذه الأنواع علي المستوى التجاري في محطات الطاقة الكبيرة التي تم تشغيلها لسنوات عدة ويمكن الحصول عليها حاليا من الشركات المنتجة، وسوف نعالجها ببعض التفصيل فيما بعد نظرا لأهميتها.

٢-٢ المفاعلات التي ثبتت صلاحيتها وغير متاحة للتصدير

وتشمل أنواع 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، حيث تؤدي التفاعلات النووية إلى تحويل اليورانيوم ٢٣٨ إلى بلوتونيوم ٢٣٩ وتتضمن هذه الفئة الأنواع الرئيسية الآتية:

- مفاعلات اليورانيوم الطبيعي المبردة بالغاز (ثاني أكسيد الكربون) والمهدأة بالجرافيت Gas Cooled Reactors (GCR). وقد تم تطوير هذه المفاعلات في المملكة المتحدة وفرنسا ويسمح استخدام الجرافيت باستخدام اليورانيوم الطبيعي

obeikandl.com

ودورة وقود بسيطة، ورغم استخدامه بكثرة في بريطانيا إلا أنها قد توقفت عن إنتاجه حاليا.

- المفاعلات المتقدمة المبردة بالغاز (ثاني أكسيد الكربون) - Advanced Gas cooled Reactors (AGR) وقد تم تطويرها في بريطانيا لتحل محل مفاعلات GCR وتختلف عنها فقط في استخدام أكسيد يورانيوم بنسبة إثراء بسيطة مما يؤدى إلى تحسين خواص البخار الناتج ويقلل من حجم المفاعل وبالتالي يحسن من اقتصاديات توليد الكهرباء.
- المفاعلات المبردة بالماء العادي والمهدأة بالجرافيت Light Water cooled Graphite moderated Reactors (LWGR) وقد تم تطوير هذه المفاعلات في الاتحاد السوفيتي السابق ولم تصدر لأي دولة أخرى وهذا هو النوع الذي ارتبط بحادثة تشيرنوبيل الشهيرة، وهي تعتمد على استخدام وقود يورانيوم بنسبة إثراء بسيطة (١,٨%).

جميع هذه المفاعلات يتم تغيير الوقود النووي لها أثناء التشغيل أي لا تحتاج لإيقاف المفاعل لتغيير الوقود المستنفذ.

٢-٣ المفاعلات التي ثبت جزئيا صلاحيتها وتجربتها

وتشمل أنوع المفاعلات التي تم التشغيل الفعلي لنموذج أولي واحد منها على الأقل بحجم متوسط أو كبير، والتي سيكون لها إمكانية التطوير مستقبلا للاستخدام علي المستوى التجاري وتتضمن هذه الفئة الأنواع الرئيسية الآتية:

- المفاعلات مرتفعه الحرارة المبردة غازيا والمهدأة بالجرافيت High Temperature Gas-cooled Reactors (HTGR)، وتعد تطويرا للمفاعلات المبردة بالغاز المشار إليها أعلاه. وأهم ميزة لهذا النوع من المفاعلات هو إمكانية الوصول إلى درجات حرارة عالية جدا (١٠٠٠ درجة مئوية) باستخدام غاز الهليوم كمبرد وبالتالي الوصول إلى كفاءة حرارية عالية باستخدام توربينات غازية.
- المفاعلات المتوالدة السريعة Fast Breeder Reactors (FBR).

٣- الخيارات التكنولوجية

نظرا لأن مصر ليست من الدول المصنعة للمفاعلات النووية، فإنها سوف تعتمد – على الأقل في المراحل الأولى – على الاستيراد لتوفير احتياجاتها من المفاعلات النووية للأغراض المختلفة كتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر، ومن ثم فسوف نقصر العرض التالي على التكنولوجيات الناضجة والمتاحة تجاريا (أي المفاعلات التي تم تشغيلها بنجاح على النطاق التجاري وتعرضها الشركات والدول المصنعة للتصدير إلى بلدان أخرى). وهذه المفاعلات تنحصر أساسا في المفاعلات المهدأة والمبردة بالماء سواء العادي أو الثقيل. كما سنعرض لبعض التكنولوجيات الواعدة أي الغير متاحة حاليا على النطاق التجاري ولكنها تحت التطوير ويمكن عند اكتمال تطويرها لتصبح متوافرة على النطاق التجاري أن تقدم حلولا فعالة لمشكلة الطاقة في العالم، وهي المفاعلات مرتفعة الحرارة المبردة غازيا والمفاعلات المتوالدة السريعة.

٣-١ مفاعلات الماء العادي:

وهذا النوع من المفاعلات يستخدم الماء العادى في التهدئة والتبريد وأيضا كمادة عاكسة نظرا لتوفره بالإضافة إلى خصائصه المميزة في التهدئة والتبريد وامتصاص ونقل الحرارة ومعرفة كامل خصائصه الحرارية والديناميكية ويستخدم اليورانيوم المثرى، أى الذى تزيد فيه نسبة اليورانيوم المنشطر ٢٣٥ كوقود نووى نظرا لقابلية الماء العادى لامتصاص قدر كبير من النيوترونات الناتجة من التفاعلات النووية وهناك نوعان من هذه المفاعلات هما.

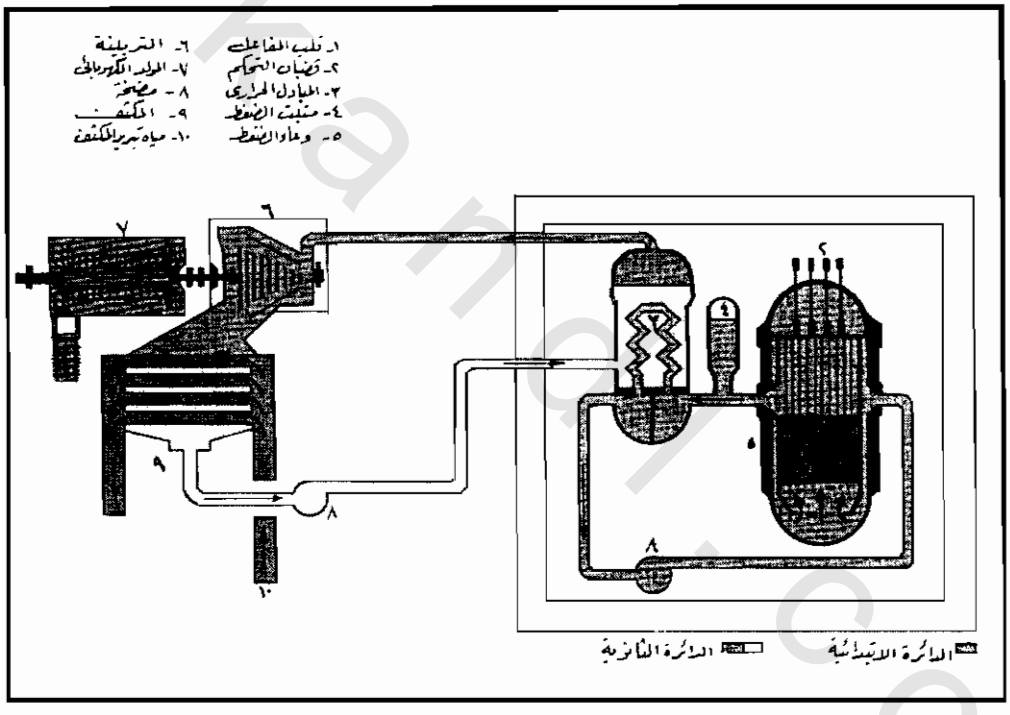
٣-١-١ مفاعلات الماء العادى المضغوط:

بدأت الولايات المتحدة الأمريكية في تطوير هذا النوع من المفاعلات لاستخدامه في توفير القوة المحركة للغواصات واستخدم بنجاح في الغواصات النووية الأمريكية منذ عام ١٩٥٤ ثم ما لبث أن بدأ استخدامها في الأغراض المدنية لتوليد الكهرباء. وتعتبر مفاعلات الماء العادي المضغوط أكثر النظم تطورا وانتشارا بين مجموعة الأنواع كاملة الاعتماد والمتاحة حاليا علي المستوي التجاري

obeikandi.com

[٦٢] حيث أنشئت محطات كبيرة تبلغ صافي قدراتـــها الكهربائيـــة ٦٠٠ و٩٠٠ و١٢٠٠ ميجاوات ساهمت عام ١٩٩٨ في إنتاج ما يقرب من ٦٥% من الكـهرباء النووية على مستوى العالم. كما تقوم شركات عديدة بإنتاجه في كل من الولايـــات المتحدة وألمانيا الغربية وفرنسا والاتحاد السوفيتي السابق.

يحفظ الماء في هذا النوع من المفاعلات تحت ضغط عالي، مما يـــؤدي إلـــى زيادة درجة حرارة الماء دون أن يتحول إلى بخار، ويتم نقل الحرارة من خـــلال دائرة تبريد ابتدائية مغلقة بالإضافة إلى دائرة ثانوية لتوليد البخـــار خـــلال مبـــادل حراري بين دائرتي التبريد الابتدائية والثانوية . وهذا الفصل في الدوائـــر صمـــم لأغراض التحكم وكذلك لمنع تسرب أي مـــواد مشـــعة، ويتكـــون مفـــاعل المـــاء المضغوط كما يوضح شكل (٢-٥) من:



شكل (٢-٥): رسم تخطيطى لمحطة نووية تستخدم مفاعل الماء العادى المضغوط

(أ) *وعاء الضغط* الذي يحتوي على قلب المفاعل والماء الذي يستخدم في تهدئة النيترونات الداخلة في التفاعل وفي التخلص من الحرارة الناتجة عن عملية الانشطار. هذا الوعاء مصنوع من الصلب القوى (سمكه حوالي ٢٠-٣٠ سم) وهو مغطى من الداخل بطبقة من سبيكة غير قابلة للصدأ. ويحتاج إلى تكنولوجيا عالية في إنتاجه لا تملكها إلا شركات تعد على أصابع اليد الواحدة في العالم.

(ب) *قلب المفاعل* الذي يوجد به الوقود النووي على شكل قضبان طولها حوالي ٤متر تقريبا وقطرها حوالي ١ سم وتسمى بقضبان الوقود النووي كما يوجد به عدد من قضبان التحكم للسيطرة على التفاعل المتسلسل. يسمح الوقود بمرور المبرد وهو الماء العادي خلال قضبان الوقود تحت ضغط عال (١٥٠ضغط جوى) حيث لا يسمح بتكون بخار داخل قلب المفاعل ويتم التحكم في التفاعل النووي بواسطة قضبان التحكم التي يتم إدخالها من أعلى المفاعل وتتخلل قلب المفاعل ويتم التحكم فيها أتوماتيكيا أو يدويا. والوقود عبارة عن حزم بكل منها عدد من قضبان أكسيد اليورانيوم المثري (نسبه إثراء ٢,٦-٣,٤% من يورانيوم ٢٣٥) المغلف بسبيكة من الزركونيوم ويصل معدل احتراق هذا الوقود إلى ٣٣٠٠٠ ميجاوات يوم / طن يورانيوم وتتم عملية إعادة شحن الوقود سنويا بعد إيقاف المفاعل عن العمل ويتم فيها تغيير حوالي ثلث شحنه الوقود بالمفاعل.

(ج) *نظام التبريد ونقل الطاقة من داخل قلب المفاعل* يقوم على ٣دوائر متتالية هي:

- الدائرة الابتدائية وتتكون من ثلاث دوائر `تبريد متماثلة في حالة المفاعلات قدرة ٩٠٠ ميجاوات ومن ٤ دوائر تبريد متماثلة في حالة المفاعلات قدرة ١٢٠٠ ميجاوات، كل دائرة منها تمر عبر وعاء الاحتواء (المبنى الذي يحتوي المفاعل ويمنع انتقال المواد المشعة للخارج في حالة وقوع أي حادثة) وتنقل الحرارة المولدة داخل قلب المفاعل إلى المبادلات الحرارية المسماة بمولدات البخار التي يتم في داخلها التخلص من حرارة هذه المياه قبل أن تعود ثانية إلى قلب المفاعل وبذلك يتم أول نقل للطاقة الحرارية عن طريق هذه الدوائر المغلقة ويوجد ضابط للضغط يعمل على التحكم في ضغط الدائرة.

- الدائرة الثانوية هذه الدائرة تعمل على امتصاص الحرارة الموجودة في الدائرة الأولى عن طريق المبادلات الحرارية ونقلها على شكل بخار في اتجاه التوربينات لإدارتها وتوليد الكهرباء وهذا يمثل النقل الثاني للطاقة (دائرة مغلقة لا تحتوى على مواد مشعة).

- دائرة ثالثه تحتوى على مكثف تمر به مياه تبريد من مصدر مياه قريب من المحطة النووية (نهر أو بحر) لتكثيف البخار الخارج من التوربينات ليصبح ماء يعاد مرة أخرى بواسطة مضخة إلى مولد البخار مرة ولا يحتوى ماء تبريد المكثف على أى مواد مشعة.

٣-١-٢ مفاعلات الماء العادي المغلي

كان الدافع الرئيسي لتطوير هذه المفاعلات هو الرغبة في تجنب الصعوبات التكنولوجية الناشئة عن استخدام مولدات البخار المستخدمة في مفاعلات الماء المضغوط. وأنشئت أول محطة نووية من هذا النوع عام ١٩٦٠ بقدرة ٢٠٠ ميجاوات وقد ساهمت هذه المحطات عام ١٩٩٨ في إنتاج ما يقرب من ٢٣% من الكهرباء النووية على مستوى العالم. وهذا النوع من المفاعلات تنتجه شركات في كل من الولايات المتحدة والسويد وألمانيا وفرنسا واليابان.

وتتشابه المحطات التي تستخدم مفاعلات الماء المغلي في نواحي كثيرة مع تلك التي تستخدم مفاعلات الماء المضغوط إلا أنها تختلف في جانب هام وهو انه يسمح بتكوين البخار داخل قلب المفاعل ولذلك لا يحتاج إلى مبادلات حرارية وضغط عالي وكذلك لا يحتاج لفصل في دائرة التبريد إنما يتجه البخار المتكون داخل قلب المفاعل مباشرة إلى التوربينات ويتكون هذا النوع من المحطات من:

(أ) *وعاء الضغط* ويشبه ذلك المستخدم في مفاعلات الماء المضغوط ويحتوي على قلب المفاعل والماء الذي يستخدم في تهدئة النيترونات الداخلة في التفاعل وفي التخلص من الحرارة الناتجة عن عملية الانشطار إلا أنه يختلف في أن قضبان التحكم تخترقه من أسفل وليس من أعلى. وهذا الوعاء مصنوع من الصلب القوى (سمكه حوالي ٢٠-٣٠ سم) وهو مغطى من الداخل بطبقة من سبيكة غير

قابلة للصدأ. ويحتاج إلى تكنولوجيا عالية في إنتاجه لا تملكها إلا شركات تعد على أصابع اليد الواحدة في العالم كما سبق أن ذكرنا.

(ب) قلب المفاعل ويحتوى على الوقود بحيث يسمح بمرور المبرد وهو الماء العادى خلال قضبان الوقود تحت ضغط عال (٧٠ ضغط جوى) أقل من نظيره في مفاعلات الماء العادي المضغوط. وتحت هذا الضغط يتم غليان الماء ويتحول إلى بخار داخل المَفاعل. ويتم فصل البخار عن الماء ثم تجفيفه بواسطة فاصل البخار ومجفف البخار الموجودين في الجزء العلوي من المفاعل للوصول به إلى الخواص المناسبة لتشغيل التوربينة (٧٠ ضغط جوى و٠,٢٥% نسبة رطوبة) ويتم التحكم في التفاعل النووي بواسطة قضبان للتحكم على شكل ألواح متقاطعة (صليبية) يتم إدخالها من أسفل المفاعل وتتخلل قلب المفاعل ويتم التحكم فيها أتوماتيكيا أو يدويا. والوقود عبارة عن حزم بكل منها عدد من قضبان أكسيد اليورانيوم المثري (نسبة إثراء ١,٧٠-٢,٢٠% يورانيوم ٢٣٥) المغلف بسبيكة من الزركونيوم ويصل معدل احتراق هذا الوقود إلى ٢٧٠٠٠ ميجاوات.يوم/طن يورانيوم ويتم إعادة شحن الوقود سنويا بعد إيقاف المفاعل عن العمل ويتميز لهذا النوع من المفاعلات بوجود مضخات نفاثة داخلة تقوم بعمل مضخة التبريد.

(ج) نظام التبريد ونقل الطاقة ويتكون من دائرة مباشرة للتبريد وفيها يتجه البخار الناتج في المفاعل مباشرة نحو التربينة البخارية مولدا قوة الدوران لمولد الكهرباء ثم يمر في المكثف ويتحول إلى مياه تعود مرة أخرى إلى المفاعل.

٣-٢ مفاعلات الماء الثقيل

تعد تكنولوجيات الإثراء من التكنولوجيات المتقدمة ولم تكن متوافرة في البداية إلا في الولايات المتحدة الأمريكية، ولهذا لجأت الدول الأخرى الراغبة في تطوير قدراتها النووية العسكرية والمدنية إلى استخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود لمفاعلاتها، مما يتطلب مهدئات قليلة الامتصاص للنيوترونات مثل الجرافيت والماء الثقيل. وقد بدأ تطوير مفاعلات الماء الثقيل في نفس الفترة التي بدأ فيها تطوير المفاعلات الأخرى إلا أنه تقدم بمعدلات أبطأ. وقد تم تطوير نموذجين لهذه المفاعلات في ألمانيا وكندا.

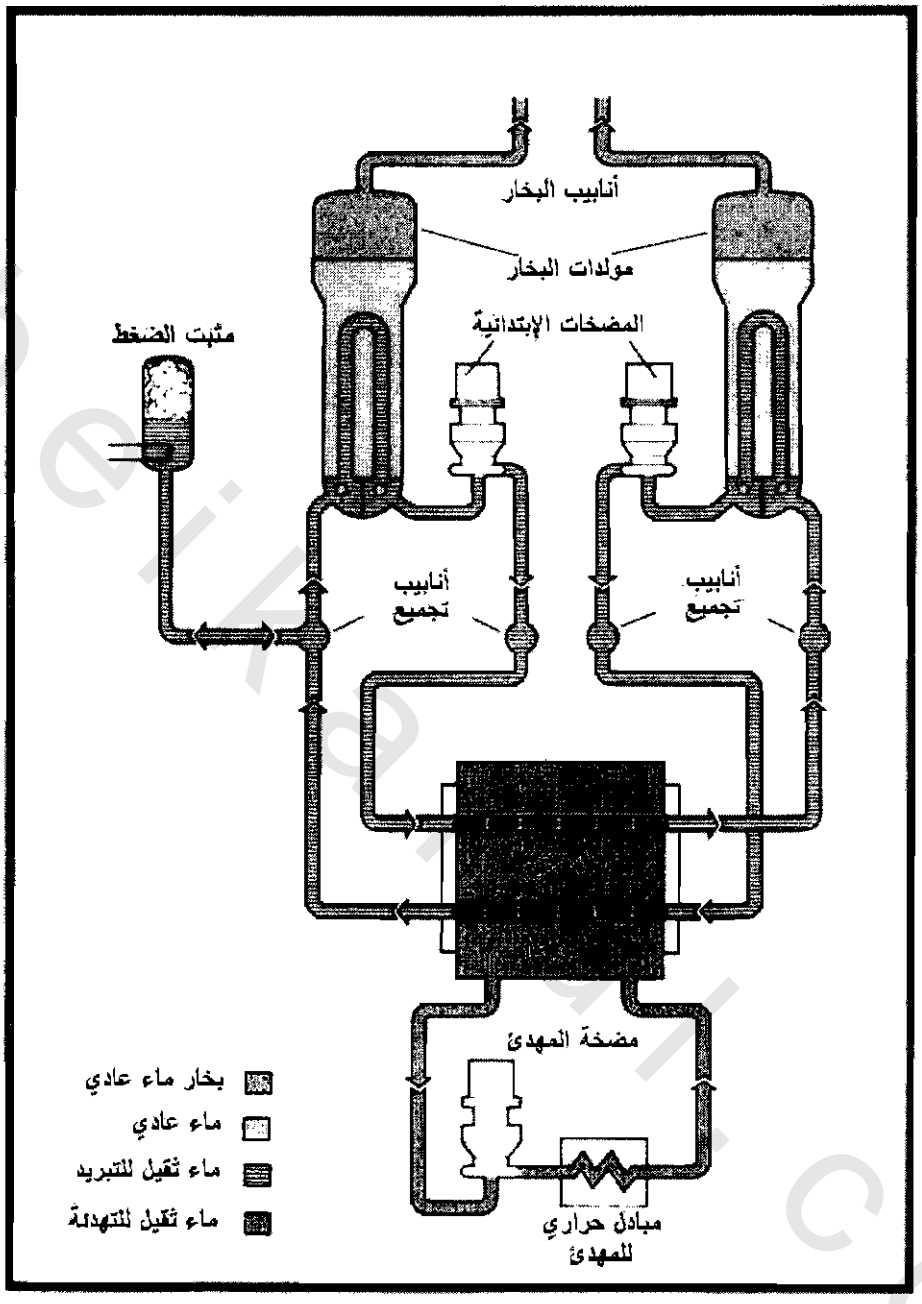
يشبه النموذج الألماني مفاعل الماء المضغوط من حيث وجود قلب المفاعل داخل وعاء ضغط أما النموذج الكندي فقد اعتمد على وضع الوقود داخل أنابيب ضغط مما جعلها أسهل كثيرا في التصنيع، وفي دراسات لتصنيع هذا النوع في مصر وجد أنه يمكن تصنيع أنابيب الضغط (التي تشبه مواسير المدافع) في المصانع الحربية. وتعد المفاعلات الكندية التي تسمى اختصارا بمفاعلات الكاندو CANada-Deuterium-Uranium (CANDU) أكثر انتشارا من المفاعلات الألمانية. وقد ساهمت عام ١٩٩٨ في إنتاج حوالي من ٤% من الكهرباء النووية على مستوى العالم، كما كانت هي الأساس الذي طورت على أساسه الهند برنامجها النووي السلمي. ويتكون هذا النوع من المفاعلات كما يوضح شكل (٣-٥) من :

(أ) قلب المفاعل ويحتوي على الوقود الموضوع داخل أنابيب الضغط التي يمر داخلها الماء الثقيل للتبريد كما يحيط بها الماء الثقيل للتهدئة ويحتويها جميعا وعاء احتواء (Calandria) تخترقه قضبان التحكم. ويتكون الوقود من اليورانيوم الطبيعي ويتم تغييره أثناء التشغيل أي لا يحتاج لإيقاف المفاعل لتغيير الوقود المحترق.

(ب) دائرة تبريد المهدئ: ويتم بواسطتها سحب الماء الثقيل (الذي يسخن لملامسته أنابيب الضغط) من وعاء الاحتواء عن طريق مضخة ليمر في مبادل حراري يتم فيه تبريده ثم يعود مرة أخرى إلى وعاء الاحتواء.

(ج) *نظام التبريد ونقل الطاقة من داخل قلب المفاعل ويشبه تلك المستخدمة في مفاعلات الماء المضغوط* حيث يقوم على ٣دوائر متتالية هي :

- الدائرة الابتدائية وتتكون من دائرتي تبريد متماثلتين تختص كل دائرة منها بتبريد نصف أنابيب الضغط (شكل ٣-٥) وتنقل الحرارة المولدة داخل قلب المفاعل إلى المبادلات الحرارية المسماة بمولدات البخار التي يتم في داخلها التخلص من حرارة هذه المياه قبل أن تعود ثانية إلى قلب المفاعل وبذلك يتم أول نقل للطاقة الحرارية عن طريق هذه الدوائر المغلقة ويوجد ضابط للضغط يعمل على التحكم في ضغط الدائرة.



شكل (٣-٥): رسم تخطيطى لمفاعل ماء ثقيل من نوع الكاندو

- الدائرة الثانوية هذه الدائرة تعمل على امتصاص الحرارة الموجودة في الدائرة الأولى عن طريق المبادلات الحرارية ونقلها على شكل بخار في اتجاه التوربينات لإدارتها وتوليد الكهرباء وهذا يمثل النقل الثاني للطاقة (دائرة مغلقة لا تحتوى على مواد مشعة).
- دائرة ثالثه تحتوى على مكثف تمر به مياه تبريد من مصدر مياه قريب من المحطة النووية (نهر أو بحر) لتكثيف البخار الخارج من التوربينات ليصبح ماء يعاد مرة أخرى بواسطة مضخة إلى مولد البخار مرة ولا يحتوى ماء تبريد المكثف على أي مواد مشعة.

٣-٣ المفاعلات مرتفعة درجة الحرارة المبردة بالغاز

تعد هذه المفاعلات تطويرا للمفاعلات المبردة للغاز التي سبق الإشارة إليها وان كانت تختلف عنها في نوع الغاز المستخدم في التبريد وفي تصميم الوقود النووي، ففي هذه المفاعلات يستخدم غاز الهليوم الخامل كيماويا والمستقر إشعاعيا كمائع تبريد مما يتيح الوصول إلى درجات حرارة عالية جدا (حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية) دون حدوث تغيير في خصائصه الطبيعية أو الكيماوية.

أما عمليات تصميم وتصنيع الوقود فتأخذ في الاعتبار ظروف التشغيل من حيث درجات الحرارة المرتفعة التي يتعرض لها الوقود. فقد صممت وحدات الوقود على شكل حبيبات صغيرة الحجم تحتوي على اليورانيوم (أو الثوريوم) وتغطى بعدة طبقات من المواد الكربونية والسيراميكية مما يجعل كل حبيبة بمثابة وعاء ضغط دقيق يمنع خروج نواتج الانشطار إلى الخارج. ويتم تجميع هذه الحبيبات إما في قضبان وقود أو في كريات من مادة سيراميكية قوية قطرها حوالي ٦ سنتيمتر على حسب التصميم.

بالإضافة إلى هذا الاختلاف في شكل الوقود المستخدم، فإن عدد من التصميمات تستخدم غاز الهليوم الساخن في الدائرة الابتدائية لتوليد البخار في دائرة

ثانوية بواسطة مبادل حراري، بينما تهدف تصميمات أخرى إلى استخدام الغاز في إدارة توربينة غازية لتوليد الكهرباء. ويتيح ذلك كفاءة حرارية تصل إلى حوالي ٥٠% مقارنة مع التصميمات التي تستخدم توربينات بخارية التي لا تزيد كفاءتها الحرارية عن ٤٠%. ويلاحظ أيضا أن هذه الكريات لا يمكن أن تنهار بفعل درجات الحرارة العالية حتى تلك التي قد تحدث في حالات الحوادث النووية.

لا توجد مفاعلات عاملة من هذا النوع حاليا وما تم إقامته منها كان لغرض الاختبار أو لعمل نماذج نصف صناعية Prototypes لإنجاز أهداف معينة ثم توقفت بعدها كما يتضح في جدول (١-٥). وتوجد حاليا محطتين تحت الإنشاء في اليابان والصين كما انتهت جنوب أفريقيا من تطوير نموذج تكراري Modular، ومن المتوقع أن تنتهي من بناء أول وحدة عام ٢٠٠٣. وتشير الدراسات الاقتصادية الأولية إلى تكلفة إنتاج الكهرباء من هذا النوع من المحطات سوف تتراوح ما بين ١,٦ و ٢,٨ سنت أمريكي لكل كيلووات.ساعة وذلك حسب سعر الفائدة والعمر الافتراضي للمحطة.

جدول (١-٥)
المفاعلات المرتفعة الحرارة المبردة بالغاز التي تم تشغيلها في العالم

الدولة	اسم المفاعل	القدرة	سنة التشغيل	سنة الإيقاف
بريطانيا	Dragon	٢٠ ميجاوات حراري	١٩٦٤	١٩٧٧
الولايات المتحدة	Peach Bottom I Fort St. Varin	٤٠ ميجاوات كهربي ٣٣٠ ميجاوات كهربي	١٩٦٧ ١٩٧٩	١٩٧٤ ١٩٨٩
ألمانيا	AVR	١٥ ميجاوات كهربي ٣٠٠ ميجاوات كهربي	١٩٦٧ ١٩٨٥	١٩٨٩ ١٩٨٩

obeikandl.com

٣-٤ المفاعلات المتوالدة السريعة

يعتمد تصميم هذه المفاعلات على تفاعل متسلسل يستمر بالاعتماد على النيوترونات السريعة الناجمة عن انشطار اليورانيوم ٢٣٥ أو البلوتونيوم ٢٣٩. ولا يتم تهدئة أو امتصاص النيوترونات الناتجة عن الانشطار ولكن يتم توجيهها إلى بطانة من المواد النووية الخصبة (اليورانيوم ٢٣٨ أو الثوريوم ٢٣٢) لتتحول إلى مواد انشطارية (بلوتونيوم ٢٣٩ وبورانيوم ٢٣٣) يمكن أن تستخدم كوقود في المفاعلات العادية. ومن هنا التسمية بالمفاعلات المتوالدة (أو المنجبة) حيث أنها تنتج طاقة يمكن أن تستخدم في توليد الكهرباء أو تحلية المياه، ولكنها في نفس الوقت تنتج وقود نووي أكثر من الذي تستخدمه. وهناك أربعة مفاعلات عاملة من هذا النوع على مستوى العالم توجد في فرنسا واليابان وكازاخستان وروسيا بالإضافة إلى مفاعلين تحت الإنشاء في روسيا.

وهذا النوع من المفاعلات لا يستخدم مهدئا. وفي المفاعلات العاملة حاليا يستخدم البلوتونيوم كوقود ويستخدم الصوديوم السائل كمبرد لنقل الكميات الكبيرة من الحرارة التي تنتج داخل قلب المفاعل . وفي المحطات التي تستخدم هذا النوع من المفاعلات لتوليد الكهرباء، توجد ثلاثة دوائر للتبريد هي:

- دائرة التبريد الابتدائية للصوديوم.
- دائرة التبريد الثانوية للصوديوم.
- دائرة بخار الماء.

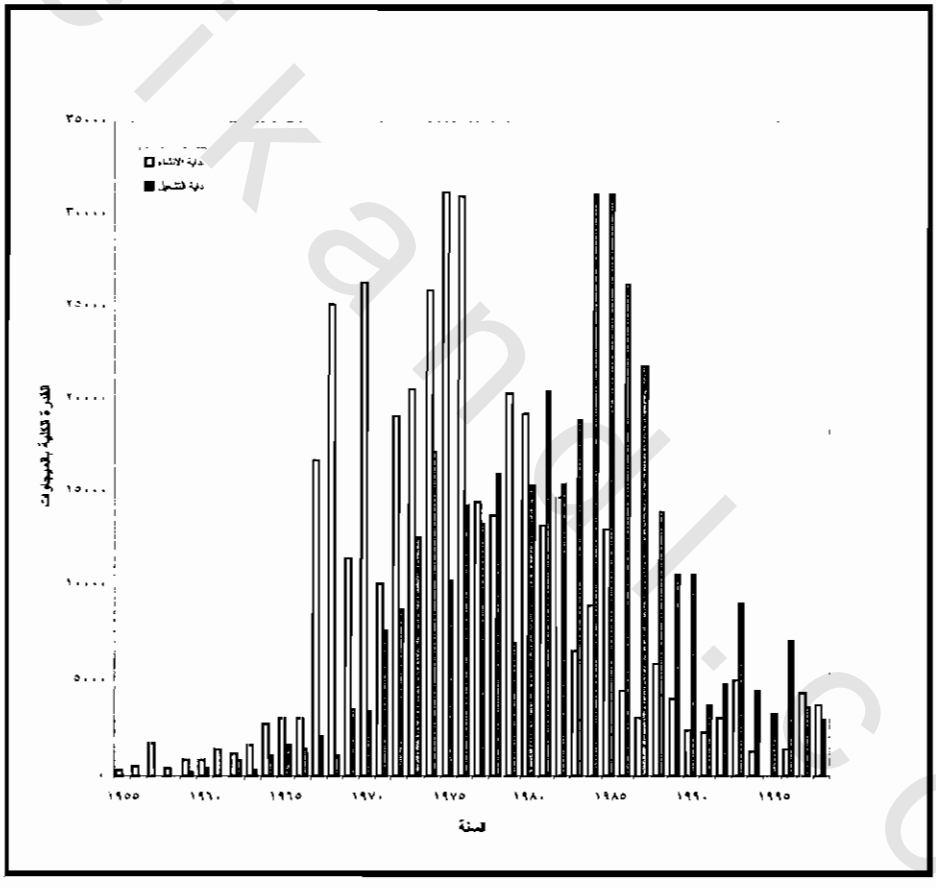
٤- الإشكاليات المتعلقة باستخدام الطاقة النووية

رغم أن مفاعلات القوى النووية تعد من التكنولوجيات الناضجة والمجربة على مدى أكثر من أربعة عقود أثبتت خلالها أنها مصدر يعتمد عليه ومأمون لتوليد الكهرباء، إلا أن الطلب العالمي على مفاعلات القوى النووية قد تراجع في عقدي الثمانينات والتسعينات مقارنة بالعقدين السابقين عليهما كما يتضح من شكل (٤-٥)، بل وبالمقارنة مع توقعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ففي دراسة نشرت عام ١٩٩٥ عن التطور المحتمل للقدرات النووية المركبة على مستوى العالم [٦٣] كان السيناريو المنخفض يشير إلى أنه في عام ١٩٩٨ سوف يكون صافي القدرة

الكهربية الإجمالية في العالم ٣٦٢,٧ جيجاوات بينما يشير السيناريو المرتفع إلى أنها ستكون ٣٦٤,٥ جيجاوات، إلا أن ما تحقق فعليا لم يتعد ٣٤٩ جيجاوات بالرغم من إضافة ما يقرب من ٣ جيجاوات عام ١٩٩٨ [٦١]. وقد ساهم في هذا التراجع مجموعة من الإشكاليات المتعلقة باستخدام الطاقة النووية نجملها فيم يلي:

٤-١ إشكاليات التمويل

تتميز الطاقة النووية بأربعة خصائص رئيسية تجعل تمويلها من الأمور الصعبة وهي: التكلفة الاستثمارية العالية، وطول فترة الإنشاء، ودرجة عالية من عدم اليقين فيما يتعلق بالتكلفة والجدول الزمني للإنشاء، بالإضافة إلى تأثير القبول الجماهيرى على التمويل [٦٤] وسوف نتناولها أدناه بمزيد من التفصيل.



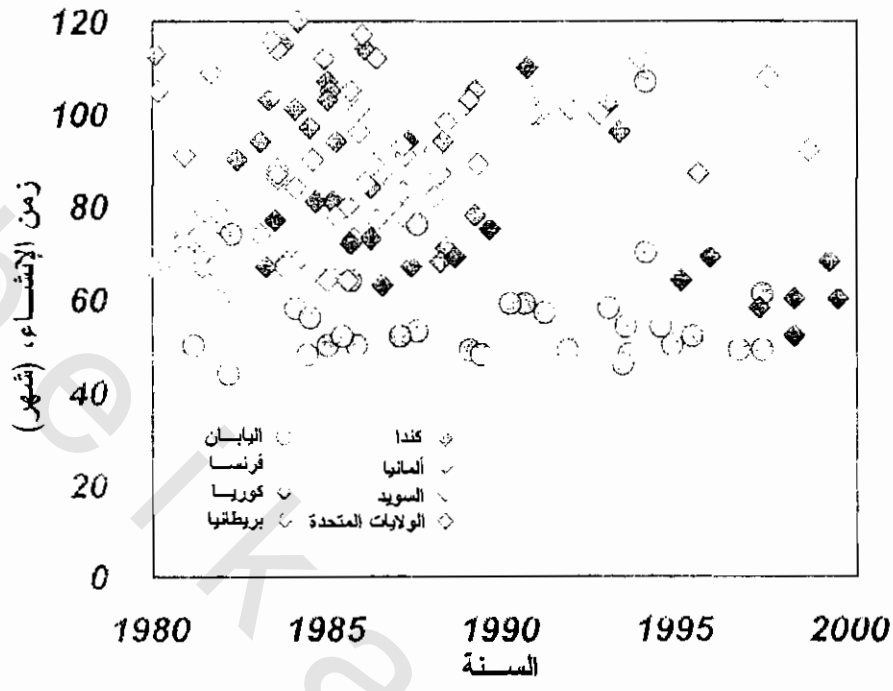
شكل (٤-٥): تطور الطلب على المحطات النووية [٦١]

٤-١-١ التكلفة الاستثمارية العالية

ويمثل هذا العنصر أهم العناصر في إشكاليات التمويل وعلى حسب حجم المحطة وزمن الإنشاء وشروط التمويل وسعر الفائدة والعوامل الأخرى فقد تراوحت التكلفة الاستثمارية من ١٠٠٠ دولار إلى٣٣٠٠ دولار لكل كيلو وات مركب. أى أن محطة نووية قدرتها في حدود ١٠٠٠ ميجاوات يمكن أن تتراوح تكلفتها الاستثمارية من ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ مليون دولار وربما أكثر من ذلك إذا تعرض المشروع لأي تأخير عما هو مخطط للإنشاء. وهو ما يجعل كثير من المؤسسات المالية تعتبر أن تركيز أموالهم في هذه المشروعات الكبيرة مخاطرة غير مأمونة. ويزداد الأمر صعوبة بالنسبة للبلدان النامية حيث قد يتعدى التمويل المطلوب أسقف الائتمان التي تحددها مؤسسات التمويل الدولية لكل دولة من الدول النامية. ويرى البنك الدولي [٦٥] أن المحطات النووية غير اقتصادية وأن القدرات الكهربية الكبيرة لهذه المحطات مقارنة بحجم الشبكات الكهربية في العديد من الدول النامية يحمل مخاطر وجود قدرة كهربية غير مستغلة أو زائدة عن الحاجة إذا لم يتطور الطلب على الكهرباء بالمعدلات التي كانت متوقعة عند اتخاذ قرار إنشاء المحطة.

٤-١-٢ طول فترة الإنشاء

تحتاج المحطة النووية إلى فترة تتراوح ما بين ٦ إلى ٨ سنوات في المتوسط وتختلف هذه الفترة من بلد للآخر حتى في البلدان المتقدمة كما يتضح من شكل (٥-٥) الذى يوضح أن فترات الإنشاء الفعلية قد تراوحت ما بين ٤ إلى ١٠ سنوات، وفي البلدان النامية يكون متوسط فترة الإنشاء بشكل عام أطول منه في البلدان المتقدمة بسبب الحاجة لتطوير البنية الأساسية اللازمة لبناء المحطة النووية مثل إنشاء طرق وموانئ لنقل المعدات الثقيلة أو مباني لإسكان العاملين في الإنشاء...الخ.



شكل (٥-٥): فترة إنشاء المحطات النووية فى بعض البلدان المتقدمة [٦١]

وأثناء فترة الإنشاء الطويلة وبسببها أيضا فإن مالك المحطة النووية يواجه بمجموعة من المشاكل المترابطة قد لا يواجهها بنفس الحدة في المشروعات الأخرى وهي:

- عدم وجود عائد من المشروع أثناء فترة الإنشاء.
- المتطلبات المالية لدفع فائدة أثناء فترة الإنشاء وهذه الفائدة تمثل عبء كبير. فخلال فترة إنشاء طولها ثمانية سنوات فإن الفائدة أثناء الإنشاء تمثل من ٣٠% إلى ٤٥% من التكلفة الاستثمارية للمشروع بينما تتراوح الفائدة أثناء الإنشاء للمحطات التقليدية ما بين ٧% و١٠% وأي تأخير إضافي سوف يزيد تكلفة المشروع بأكثر من ١٠% لكل سنة إضافية [٦٤].

٤-١-٣ درجة عالية من عدم اليقين (Uncertainty)

أوضحت التجربة في العديد من البلدان أن إنشاء محطة نووية يمكن أن يواجه بالعديد من المتغيرات التي قد تعطل المشروع وتزيد من فترة الإنشاء بشكل كبير فمثلا من بين ٣٦ محطة نووية تحت الإنشاء (حتى أخر ١٩٩٨) في ملحق (١٦) يوجد ١٦ محطة بدأ إنشائها في الفترة من ١٩٧٥ إلى ١٩٨٧ ولم تنتهي حتى الآن. ويرجع التأخير لأسباب عديدة منها :

- تدخل السلطات المسئولة عن الأمان النووي بطلب إجراء تعديلات في التصميم (الذي سبق أن وافقت عليه) أثناء بناء المحطة فعلا ويعد هذا السبب من أهم أسباب طول فترة الإنشاء وارتفاع تكلفتها في الولايات المتحدة.
- عدم كفاية التمويل المحلي (دول المعسكر الاشتراكي السابق).
- الأسباب السياسية مثل حالة ايران.
- التكلفة الإضافية الغير متوقعة نتيجة للتضخم الذي يحدث في دولة المنشأ بالنسبة للتوريدات المستوردة إو في الدولة نفسها بالنسبة للتوريدات المحلية.

٤-١-٤ تأثير القبول الجماهيرى على التمويل

هناك قطاع من المثقفين والعلماء وعامة الشعب في الدول الصناعية المتقدمة يعارض استخدام الطاقة النووية لأسباب سنوضحها فيما بعد، ويظهر التأثير الهام لهذه المعارضة في البلدان الديمقراطية حيث يمكن للجمعيات الأهلية وجماعات الضغط أن تتدخل في عملية الترخيص أو من خلال المحاكم مما يؤخر كثيرا تنفيذ المشروعات ويرفع بالتالي من تكلفتها الاستثمارية نتيجة لزيادة فترة الإنشاء كما سبق أن أوضحنا.

٤-٢ إشكاليات سياسية

التخوف الرئيسي من استخدام المحطات النووية هو أن تتحول الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية كتوليد الكهرباء إلى استخدامات عسكرية لإنتاج قنابل ذرية.

obeikandi.com

والغرض الرئيسي من اتفاقية حظر الانتشار النووي Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT) هو مواجهة هذا الاحتمال حيث تتعهد الدول المنضمة إليها بعدم نقل أو استقبال أسلحة نووية من أي مصدر، كما تتعهد الدول المنضمة التي لا تمتلك أسلحة نووية بعدم تصنيعها أو محاولة الحصول عليها بأي أسلوب آخر. كما تقوم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالتفتيش على المنشآت النووية للدول المنضمة للاتفاقية لضمان عدم تحويلها لاستخدامات عسكرية سرية. إلا أنه يجب التنويه إلى أن الاستخدامات العسكرية للطاقة الذرية كانت سابقة على تطوير مفاعلات القوى النووية وتمت في مفاعلات أبحاث سواء في الدول النووية الخمس أو الهند وباكستان، أو في إسرائيل وجنوب أفريقيا وحتى العراق وهي لا تحتاج لمفاعلات قوى لإنتاجها.

إضافة إلى ما سبق فإن الوقود المستخدم في المحطات النووية لا يمكن استخدامه في إنتاج أسلحة نووية دون سيطرة كاملة على دورة الوقود النووي بما في ذلك عمليات الإثراء وإعادة المعالجة وهو ما يصعب حصول الدول النامية عليه حاليا، ورغم ذلك يعتقد بعض صانعي القرارات في الدول الصناعية المتقدمة أنه توجد رابطة لا يمكن إنكارها بين الاستخدامات السلمية والعسكرية للطاقة النووية [٦٥] ومن ثم فإنهم يعارضون تصديرها إلى الخارج أو تشغيلها في الداخل.

٤-٣ إشكاليات القبول الجماهيري

في الفترة من أواخر الخمسينات إلى أوائل السبعينات كانت النظرة السائدة في الولايات المتحدة الأمريكية [٦٦] أن الطاقة النووية سوف تسود توليد الكهرباء وأنها ستكون رخيصة جدا لدرجة أنها قد لا تستحق تركيب عدادات لقياس استهلاكها Too cheep to meter وقد كانت هذه النظرة أيضا سائدة على المستوى العالمي. وقد انعكس ذلك في قفزة ضخمة على الطلب على المحطات النووية اعتبارا من عام ١٩٦٧ كما يبين شكل (٤-٥). إلا أنه مع تزايد قدرة المفاعلات تزايدت المخاوف أيضا لدى بعض القطاعات الجماهيرية في البلدان المتقدمة ويمكن تلخيص هذه المخاوف فيما يلي:

٤-٣-١ التأثير البعيد المدى للتعرض للدرجات المنخفضة للإشعاع

هناك تخوف مبالغ فيه وغير مبرر في كثير من الأحيان حول ما إذا كان يمكن تشغيل للمحطات النووية بكل ما تشمله من التعامل مع الوقود النووي ومنظومات التبريد والتخلص الآمن من النفايات المشعة ضمن معايير أمان مقبولة فيما يختص بانطلاق المواد المشعة إلى البيئة [٦٥]. ويعتقد بعض العلماء أن تعرض الإنسان للإشعاع بأي جرعة مهما كانت صغيرة يعرض الإنسان لخطر الإصابة بالسرطان وتشوه الجينات، ورغم أن الجرعة الإشعاعية التي يمكن أن يتلقاها فرد مقيم إقامة دائمة بجوار محطة نووية لا تتجاوز ٥% من الجرعة الإشعاعية التي يمكن أن يتلقاها عند قيامه بعمل أشعة على الصدر، إلا أنه جرى تسليط الضوء بشكل مبالغ فيه على المحطات النووية كمصدر للإشعاع المنخفض وسبب رئيسي للسرطان. وهناك صعوبة عملية في دراسة التأثير البعيد المدى للتعرض للدرجات المنخفضة للإشعاع حيث لا يمكن عزل هذا التأثير عن تأثيرات أخرى كالكيماويات والتدخين والتغذية...الخ، كما أنه لم يثبت أن المقيمين بجوار المحطات النووية أكثر تعرضا للإصابة بالسرطان من غيرهم.

٤-٣-٢ الكوارث النووية

التخوف الثاني هو حدوث كارثة نووية، أي حادثة ينتج عنها خروج مواد مشعة بكميات كبيرة إلى البيئة وتعرض المقيمين في محيط المحطة النووية لكميات قاتلة من الإشعاع، بالإضافة إلى حدوث تشوهات وراثية تنتقل إلى الأجيال القادمة. والواقع أن احتمالات تعرض أي من مفاعلات القوى النووية العاملة حاليا لحادثة من هذا النوع لا تزيد عن واحد في العشرة مليون وهو نفس احتمال اصطدام الكرة الأرضية بجرم سماوي ينتج عنه اختفاء الحياة من على الأرض. ومن المعروف أن الأرض قد تعرضت بالفعل لمثل هذا الاصطدام مرات عديدة من قبل آخرها منذ حوالي ٢٦ مليون سنة ونتج عنه اختفاء الديناصورات وحوالي ٧٥% من الأنواع الأخرى. المهم أنه قد ارتبط في أذهان عامة الناس أسوأ السيناريوهات دون فهم أو تقدير لاحتمالات حدوثها فعلا. وقد أثبتت الدراسات البيئية التي قامت بها الوكالة

الدولية للطاقة الذرية لتقييم الآثار البيئية لحادثة تشيرنوبل [٦٧] أنه كانت هناك مبالغات كبيرة في التوقعات التي تلت الكارثة في الآثار البيئية.

ولا تختص التكنولوجيا النووية فقط بالآثار الكارثية قليلة الاحتمال فللمحطات المائية مخاطرها أيضا فقد أدى انهيار سد مورفي Morvi في الهند عام ١٩٧٩ إلى وفاة ١٥ ألف شخص وطبعا لا نستطيع أن نتخيل رقم الضحايا لو انهار-لا قدر الله - السد العالي مثلا لأي سبب من الأسباب. ومع ذلك فإن المحطات المائية لا تلقى نفس المعارضة التي تلقاها المحطات النووية وذلك لأن الكوارث النووية يمكن أن تنتج عنها آثار طويلة المدى تنتقل إلى الأجيال القادمة وهو ما لا يحدث في كوارث انهيار السدود.

٤-٣-٣ النفايات النووية

أما ثالث المخاوف/الإشكاليات فقد نتجت عن عدم التوصل لحل للتخلص النهائي من النفايات النووية، مما جعل البعض يعتقد أن الآثار السلبية على البيئة في المستقبل تزيد عن الفوائد التي يمكن الحصول عليها اليوم من التكنولوجيا النووية. والواقع أنه لا توجد مشكلة فنية للتخلص الآمن من النفايات النووية. والمشكلة الفعلية هي مشكلة التعامل مع مخاوف السكان الذين سينشأ في منطقتهم المستودع النهائي للنفايات النووية. ونظرا للانتهازية التي مارسها الكثير من السياسيين المحليين في البلدان المتقدمة فقد أمكن للحكومات المحلية أن تمنع وتوقف المشاريع الحكومية لإنشاء هذه المستودعات وعند اختيار منطقة جديدة يتكرر المشهد اعتمادا على السوابق المماثلة وبهذا تدور العملية في حلقة مفرغة يصعب الخروج منها.

٥- التطورات التكنولوجية

في كل التصميمات الجديدة كانت التطورات التكنولوجية والدروس المستفادة من خبرات التشغيل تؤخذ في الحسبان وفي كثير من الأحيان كانت المحطات القديمة العاملة يدخل عليها تحسينات خاصة فيما يتعلق بالأمان. والمفاعلات الحديثة المتقدمة التي يجري تصميمها حاليا تطبق التقدم التكنولوجي بطرق مختلفة ويمكن تقسيمها من حيث درجة تطبيق التكنولوجيا إلى الأنواع التالية [٦٨]:

obeikandi.com

(١) التصميمات الارتقائية: وهي تصميمات تعتمد على التكنولوجيا القائمة التي ثبتت فاعليتها عمليا مع بعض التحسينات ولكن دون تغيرات أو تعديلات جوهرية أو خصائص مبتكرة.

(٢) التصميمات الارتقائية مع بعض الخصائص المبتكرة: وهي تصميمات تعتمد على تكنولوجيات ثبتت فاعليتها عمليا ولكنها تتضمن بعض الخصائص والنظم المبتكرة التي تحتاج إلى تطوير أبعد أو تجربتها في الواقع العملي.

(٣) التصميمات الثورية أو الإبتكارية: وهي تصميمات تعتمد على خصائص جديدة وتغيرات جذرية عن التصميمات القائمة. وهذه التصميمات تعتبر من خيارات المدى المتوسط والبعيد وتحتاج إلى التجربة العملية في الواقع قبل أن يمكن لدولة مثل مصر الاعتماد عليها.

وتهدف جميع هذه التصميمات إلى زيادة الأمان Safety والاعتمادية (العول) Reliability والإتاحية Availability بالإضافة إلى تقليل تكلفة الإنشاء والتشغيل والصيانة وهو ما سنعرضه بإيجاز فيما يلي:

أ – الأمان: تعتمد التصميمات الجديدة على استخدام أنظمة أمان لا تعتمد على منشطات خارجية ولكن تعتمد على قوانين الطبيعة نفسها Passive Safety System أو على ما يسمى بالتصميمات المتأصلة الأمان Inherently Safe مثل المفاعلات التي لا يمكن أن يحدث فيها انصهار لقلب المفاعل لأن درجات الحرارة الناتجة في أي سيناريو تقل كثيرا عن درجة حرارة الانصهار .كما أن التصميمات الجديدة سوف تستخدم أنظمة جديدة لتعامل الإنسان مع الآلة Man-Machine Interface تقوم على استخدام عالي لأجهزة القياس والتحكم المحوسبة Computerized Instrumentation.

ب- التكلفة الاقتصادية: وذلك عن طريق تقليل زمن بناء المحطة بتحسين إدارة المشروعات وتطوير تقنيات البناء عن طريق تطوير أنظمة اللحام والاختبار الأتوماتيكية والتصنيع السابق في الورش لحزم متكاملة من المعدات والمنظومات...الخ بالإضافة إلى تقليل تكلفة الاستثمار والتشغيل والصيانة عن طريق:

- زيادة العمر الاقتصادى للمحطة حتى ٦٠ عاما باستخدام مواد جديدة.
- استخدام معدات للفحص يمكن التحكم فيها تلقائيا عن بعد تستخدم الذكاء الاصطناعي مما يؤدى لتقليل فترات خروج المحطة من الخدمة للصيانة.
- تبسيط التصميم وإجراءات التشغيل.

ج – تحسين أداء المحطة: وذلك باستخدام مواد جديدة أكثر مقاومة للتآكل وللإشعاع وتقليل عدد اللحامات باستخدام تكنولوجيات جديدة في الحدادة وتقليل احتمالات تعرض العاملين للإشعاع باستخدام الروبوت.

من أهم التطورات في الصناعة النووية هو الاتجاه إلى تصميم مفاعلات صغيرة (أقل من ٣٠٠ ميجاوات) ومتوسطة (أقل من ٦٠٠ ميجاوات) لأغراض متعددة مثل توليد الكهرباء وإنتاج حرارة والتوليد المزدوج للكهرباء والحرارة أو الكهرباء والماء وتوفر هذه المفاعلات مميزات عديدة منها:

- صغر حجم الاستثمارات المطلوبة مقارنة بالمفاعلات الضخمة الموجودة حاليا.
- توزيع المخاطر الاقتصادية من خلال وحدات أصغر.
- يمكن التحكم في الجدول الزمني بشكل أفضل نظرا لأن جزءا هاما من التركيبات يمكن أن يتم في المصنع.
- نظرا لصغر حجم المعدات يمكن تصنيع أجزاء منها محليا وقد لا تتطلب تحديثا كبيرا للبنية الأساسية.
- السهولة النسبية للترتيبات المالية.
- يمكن استخدامها في الشبكات الصغيرة أو الضعيفة في البلدان النامية.

٦- إمكانيات استخدام الطاقة النووية في مصر

٦-١ معوقات استخدام الطاقة النووية

كانت مصر من أوائل الدول النامية التي أدركت أهمية الطاقة النووية واستخداماتها السلمية منذ أوائل الخمسينات حيث شاركت في المؤتمر الأول عن

الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية الذي نظمته الأمم المتحدة في جنيف في أغسطس ١٩٥٥ والذي بدأت في أعقابه أولى خطوات البرنامج النووي المصرى بإنشاء لجنة الطاقة الذرية بمقتضى القانون رقم ٥٠٩ الصادر في ١٩ أكتوبر ويوضح الجدول (٢-٥) موجز للعلامات الهامة على طريق البرنامج النووى المصرى ويتضح من دراسة الجدول دراسة متأنية الحقائق التالية [٦٨]:

(أ) أنه رغم مرور ما يقرب من أربعين عاما على بداية البرنامج النووي المصرى، فإن مصر لم تنجح حتى الآن في إنشاء أى محطة نووية لتوليد الكهرباء رغم أنها قد بذلت ثلاث محاولات في أعوام ١٩٦٤ و١٩٧٤ و١٩٨٤.

(ب) إن البرنامج النووي المصري كان دائما شديد الحساسية للأوضاع الدولية سلبا وإيجابا. فقد أنهت حرب يونيو ١٩٦٧ المحاولة الأولى، بينما أطلقت حرب أكتوبر ١٩٧٣ المحاولة الثانية – التي وأدتها التدخلات الأمريكية – أما المحاولة الثالثة فرغم أن التفسيرات الرسمية ترجع أسباب إحباطها إلى حادثة تشيرنوبيل في الاتحاد السوفيتي السابق، إلا أننا نعتقد أن السبب الرئيسي يرجع إلى معارضة البنك الدولي والضغوط الأمريكية لمقاومة إدخال المحطات النووية إلى الشرق الأوسط وكمثال على ذلك البيان الذي أصدره بنك الاستيراد والتجارة الأمريكي (إكسيم بنك) عام ١٩٨٥ والذي حذر فيه من تمويل إنشاء محطات نووية في مصر باعتبارها بلدا مفلسا وهو ما يعيد للأذهان موقف البنك الدولي من تمويل مشروع السد العالي في الخمسينات [٦٩].

(ج) إنه من المثير للدهشة أنه حتى في أشد لحظات الصدام مع الولايات المتحدة وحلفاءها الغربيين في مرحلة الستينات فإن كل محاولات إنشاء محطات نووية لتوليد الكهرباء كانت تتوجه إلى الدول الغربية والولايات المتحدة الأمريكية على وجه الخصوص مما أعطاها القدرة دائما على إجهاض البرنامج النووي المصري.

جدول (٢-٥)
علامات على طريق البرنامج النووى المصرى

الفعل	السنة
- مبادرة الرئيس أيزنهاور المسماة "الذرة من أجل السلام	١٩٥٣
- إنشاء لجنة الطاقة الذرية بالقانون ٥٠٩	١٩٥٥
- إنشاء مؤسسة الطاقة الذرية بالقرار الجمهوري رقم ٢٨٨	١٩٥٧
- تشغيل المفاعل البحثي الأول بإنشاص	١٩٦١
- الدراسات التمهيدية لاستخدام مفاعلات القوي النووية في مصر	١٩٦٣
- إعداد المواصفات وطرح مناقصة لمحطة قوى نووية لتوليد الكهرباء وتحلية المياه (بقدرة ١٥٠م.و + ٢٠٠٠٠ متر مكعب ماء في اليوم) - المحاولة الأولى	١٩٦٤
- الانتهاء من تقييم العطاءات المقدمة	١٩٦٥
- إصدار خطاب نوايا لشركة وستنجهاوس	١٩٦٦
- اندلاع الحرب الثالثة مع إسرائيل وتوقف المشروع	١٩٦٧
- مراجعة دراسات تخطيط الطاقة	١٩٧١
- اندلاع الحرب الرابعة مع إسرائيل وارتفاع الأسعار للبترول	١٩٧٣
- قيام الوكالة الدولية للطاقة الذرية بعمل مسح لسوق المفاعلات النووية كنتيجة لارتفاع أسعار البترول بعد الحرب	١٩٧٣
- إعداد المواصفات وطرح مناقصة إنشاء محطة قوى نووية (بقدرة ٦٠٠ م.و) المحاولة الثانية.	١٩٧٤
- إصدار خطاب نوايا لشركة وستنجهاوس	١٩٧٥
- إنشاء هيئة المحطات النووية بالقانون رقم ١٣	١٩٧٦
- قيام الحكومة الأمريكية بالتراجع عن اتفاقية التعاون وإصرارها على شروط اعتبرتها الحكومة المصرية ماسة بالسيادة ورفضها.	١٩٧٨
- الحادثة النووية في ثري مايل أيلاند بأمريكا	١٩٧٩
- تصديق مصر على معاهدة حظر الانتشار النووي	١٩٨١
- إعداد المواصفات وطرح المناقصة لإنشاء محطة قوى نووية (بقدرة ٩٠٠م.و) -المحاولة الثالثة.	١٩٨٣
- تقييم العطاءات	١٩٨٤
- التفاوض مع المتناقصين	١٩٨٥
- حادثة تشرنوبيل في ٢٦ابريل قبل بضعة أيام من اليوم المحدد لإعلان ترسية العطاء على أحد المتناقصين وتوقف المشروع	١٩٨٦
- إعلان السيد رئيس الجمهورية عدم نية مصر شراء أي مفاعلات للقوى النووية	١٩٩٢
- تشغيل المفاعل البحثي الثاني بإنشاص	١٩٩٨

(د) أن الاتحاد السوفيتي قد أتم بناء مفاعل تجريبي في إنشاص عام ١٩٦١ وذلك في أعقاب نجاح إسرائيل في بناء مفاعل ديمونا عام ١٩٥٧بقدرة ٢٦ ميجاوات إلا أن المفاعل المصري كانت حوالي ١٠% من قدرة المفاعل الإسرائيلي في ذلك الوقت وحينما شرعت مصر في بناء مفاعل بحثي أخر فإن قدرته لم تتعد ٢٢ ميجاوات.

ومن المؤسف أنه رغم تزايد الطلب في مصر على الكهرباء في وقت استغلت فيه مصر تقريبا كل إمكانيات توليد الكهرباء من المصادر المائية، وعدم وجود مصادر ذات بال من الفحم، وتوقع نضوب مصادر البترول في خلال ١٥-٢٠ سنة، مما يحتم البدء في إدخال محطات تعمل بالطاقة النووية إلى الشبكة الكهربية الموحدة، وإمكانيات استغلالها في تحلية مياه البحر لمواجهة العجز المتزايد في مياه الشرب والتأثير الإيجابي للمحطات النووية على البيئة (بسبب عدم إطلاق غازات الاحتباس الحراري والأكاسيد النيتروجينية أثناء تشغيلها) إلا أن السيد رئيس الجمهورية أعلن في الاحتفال بالعيد الخمسين لجامعة الإسكندرية بتاريخ ١٨ يوليو ١٩٩٢ "أن شراء مفاعلات نووية لإنتاج الكهرباء يمثل عبئا اقتصاديا ضخما على كاهل الميزانية مما يترتب عليه زيادة أعباء الديون التي تتحملها الأجيال القادمة علاوة على عدم توافر الفنيين والعمال اللازمين لتشغيل هذه المفاعلات وصعوبة احتواء أي حوادث تنتج عن تشغيلها كما حدث في مفاعل تشيرنوبيل بالاتحاد السوفيتي"[١] وهو ما يعد ضربة مميتة للبرنامج النووي على الأقل في المدى المنظور. ويعكس ذلك تأثر القيادة السياسية في مصر بالموقف المعادي للطاقة النووية الناجم عن الإشكاليات المتعلقة بها والتي سبق عرضها. ومن ناحية أخرى فهناك مجموعة من الإشكاليات الخاصة باستخدام الطاقة النووية في مصر يمكن تلخيصها فيما يلي:

[١] وهو تقريبا نفس ما أعاد التصريح به مؤخرا أثناء عودته من روسيا بعد توقيع مذكرة تفاهم للتعاون فى مجال الاستخدامات السلمية للطاقة النووية (الأهرام بتاريخ ٢٩ إبريل ٢٠٠١).

٦-١-١ معارضة الغرب والولايات المتحدة

لا يرغب الغرب بشكل عام والولايات المتحدة على وجه الخصوص في إدخال التكنولوجيا النووية إلى منطقة الشرق الأوسط قبل استكمال عملية السلام الجارية حاليا في ضوء الهيمنة الإسرائيلية نتيجة لعلاقتها العضوية مع الولايات المتحدة الأمريكية ولانفرادها بامتلاك تكنولوجيا نووية للاستخدامات العسكرية وبأفضل المقتربات من نتائج الثورة العلمية التكنولوجية الراهنة.

ومن المفارقات المحزنة أن مصر قد استدرجت لارتكاب خطأ استراتيجي كبير بالانضمام إلى اتفاقية حظر الانتشار النووي، في الوقت الذي ترفض فيه إسرائيل الانضمام لهذه الاتفاقية، على أمل أن تتمكن من إنجاز برنامجها النووي الذي كان يستهدف إنشاء ثمانية محطات نووية قدرتها الإجمالية ٨٠٠٠ ميجاوات حتى عام ٢٠٠٠. إلا أنها سرعان ما نالت جزاء سنمار وبدأت الضغوط الأمريكية وغيرها، على النحو الذي أوضحناه سابقا، لمنعها من اكتساب الخبرات التكنولوجية في هذا المجال الذي يمكن أن تمثل المعادل الموضوعي لتفوق إسرائيل النووي، وهو ما استجابت له الحكومة بكل أسف.

٦-١-٢ تنامى الإحساس بالدونية بين بعض قطاعات النخبة المصرية

ويتمثل ذلك في التخوف من أداء الإنسان المصري وإمكان تعامله مع التكنولوجيا النووية المعقدة نظرا لأنه لا يتمتع (على ما ترى) بالانضباط أو الجدية في العمل، مما أدى لاعتبارها قضية تستحق التفنيد في دراسة حديثة صادرة عن المجالس القومية المتخصصة [٧٠] واعتبارها دعوة مغرضة لا نتيجة لها إلا استمرار التخلف التكنولوجي، على اعتبار أن مصر في تعاملها مع التكنولوجيا النووية لن تكون أقل قدرة من الهند أو باكستان أو المكسيك وغيرها من الدول التي لا تختلف عن مصر من حيث درجة التقدم. ويعضد ذلك بالطبع التشغيل الآمن لمفاعلات مصر البحثية الذي بدأ منذ حوالي أربعة عقود والتعامل مع تكنولوجيات معقدة مثل الطائرات سواء الحربية أو المدنية ومحطات توليد الكهرباء التقليدية ...الخ.

٦-٢ دوافع استخدام الطاقة النووية فى مصر

يمكن لاستخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر بدلا من الوقود الأحفوري (البترول والغاز الطبيعي) أن تحقق العديد من المزايا لمصر من أهمها:

(١) تعظيم القيمة المضافة عن طريق استخدام البترول في الصناعات البتروكيميائية بدلا من تصديرها كمادة خام ويلاحظ في هذا المجال أن المستهلكين هم الذين يتحكمون في أسعار جميع المواد الخام بما فيها البترول الذي تتراجع أسعاره باستمرار منذ ١٩٨١.

(٢) رغم أن مصر ليست دولة منتجة لليورانيوم وأنها سوف تضطر لاستيراده إلا أنه من الملاحظ أن أسعاره منخفضة -ومن المتوقع أن تنخفض أكثر - نظرا لتزايد المعروض منه في السوق العالمي عن الطلب ومن ناحية أخرى فإنه بسبب صغر حجم الوقود المطلوب فإنه يمكن استيراد وتخزين الوقود المطلوب لعدة سنوات [٧٠] وهو ما لا يمكن حدوثه بالنسبة للمحطات التي تعمل بالوقود الأحفوري، (الطاقة الناتجة من ١ كجم يورانيوم تعادل ١٦٠٠ طن بترول أو ٢٤٠٠ طن فحم).

(٣) حماية البيئة من التلوث نظرا لأن المحطات النووية لا ينتج عن تشغيلها العادي انبعاث غازات ملوثة للبيئة مثل أكاسيد النيتروجين التي تسبب الأمطار الحمضية أو ثاني أكسيد الكربون الذي يساهم في زيادة تأثير الصوبة الزجاجية (أو الاحتباس الحراري) ويرفع من درجة حرارة الأرض وبالطبع لا ينتج عنها رماد أو غيره من الجزيئات العالقة بالهواء.

(٤) يمكن عن طريق شبكات الربط المزمع إقامتها مع أوربا عن طريق الأردن - سوريا - تركيا من جهة الشمال وبلدان شمال أفريقيا من جهة الغرب أن تصدر مصر الطاقة على صورة طاقة كهربية وهو ما يمثل قيمة مضافة عالية.

(٥) تحقيق التوازن الاستراتيجي مع إسرائيل بتبنى برنامج طموح للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية وفي القلب منها إنشاء محطات نووية لتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر، وقد أثبتت حركة التاريخ أن تصميم قنبلة ذرية أسهل – إذا ما توافرت الإرادة السياسية – من تصميم مفاعل نووي. فقد كان الاستخدام الأول للطاقة الذرية هو إنتاج القنابل الذرية في نهاية الحرب العالمية الثانية بينما احتاج العالم للانتظار ما يقرب من عقد كامل لإنشاء أول مفاعل نووى لتوليد الكهرباء. ومن ناحية أخرى فلسنا بحاجة للتدليل على أن هناك دولا متقدمة في التكنولوجيا النووية السلمية ولا تمتلك أسلحة نووية مثل ألمانيا واليابان أقوى بما لا يقاس من دول نووية مثل الهند والباكستان وأحد أسباب قوة اليابان وألمانيا هو تملكها لناصية التكنولوجيا النووية التي تمكنها من إنتاج أسلحة نووية في فترة قصيرة جدا إذا ما اقتضت مصالحها ذلك [٧١].

ومن ناحية أخرى، يتضمن إدخال المحطات النووية والتكنولوجيا النووية إلى أى بلد من البلدان بما فيها مصر بعض الجوانب التي تضع متطلبات جديدة على عاتق البنية الأساسية للدولة وتتطلب التزام قومي طويل المدى، وهو ما يستلزم جهود ضخمة ويمكن أن يؤدي إلى تحديث الصناعة المصرية عن طريق تنمية الموارد البشرية ورفع مستويات الجودة في إطار التخطيط لبرنامج نووي طويل المدى يتضمن سلسلة من المحطات النووية، وذلك حتى يمكن تبرير الجهود الضخمة التي ستبذل في تخطيط وتنفيذ أعمال تطوير البنية الأساسية والهياكل التنظيمية والأنشطة التي تواكبها.

وتنفيذ أى مشروع للمحطات النووية يستلزم مشاركة محلية، وهذه المشاركة لا يمكن أن تقتصر على تشغيل وصيانة المحطة فهناك العديد من الأنشطة التي من الضرورى أن تتم بمشاركة محلية وأن يستفاد من الفرص الناتجة عن تطوير الصناعة الوطنية بمعناها الواسع. وعلى هذا فإن أهداف وسياسات التصنيع المحلي تصبح جزءا لا يتجزأ من نطاق أعمال البرنامج النووي وهذه الأهداف يمكن أن تتضمن ما يلي:

obeikandl.com

(١) تنمية الموارد البشرية عن طريق زيادة قدرات القوى العاملة في المجالات التقليدية وفي تنمية قدرات جديدة.

(٢) استقلالية الإمدادات عن طريق استغلال الموارد الوطنية المتاحة وتطوير الإمكانات الصناعية والهندسية التي تخلق بدورها فرص عمل جديدة.

(٣) تحسين نوعية المنتجات الوطنية والتي يمكن تتاح لها فرص التصدير وذلك لأن معايير صارمة للجودة يجب أن تتحقق في المنتجات التي تدخل في المحطات النووية نظرا لمتطلبات الأمان النووي و الاعتمادية.

(٤) نظرا لأهمية موضوع الأمان والوقاية من الإشعاع فإن المحطات النووية يتم التحكم فيها وقياس مختلف المتغيرات بواسطة أجهزة ومعدات تنتمي إلى الثورة الصناعية الثالثة وهو ما يوفر مدخل لدخول هذا المجال المتطور.

٦-٣ العوامل المساعدة على استخدام الطاقة النووية فى مصر

رغم المعارضة الأمريكية لدخول مصر العصر النووي بإنشاء محطات قوى نووية لتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر، فإن الولايات المتحدة ليست اللاعب الوحيد في الساحة الدولية، فقد نجحت ايران في توقيع اتفاق مع روسيا لاستكمال محطة بوشهر -١ التي كانت قد توقفت بعد الثورة الإيرانية عام ١٩٧٩. ويمكن لمصر إذا ما توافرت لها الإرادة السياسية أن تفعل الشيء نفسه، ويساعد في ذلك توافر مجموعة من العوامل المساعدة داخليا ودوليا وسوف نتناولها بإيجاز فيما يلي.

٦-٣-١ العوامل الداخلية

وأهمها تبدل المزاج الشعبي ومواقف النخبة السياسية من موضوع استخدام المحطات النووية كأداة لتحقيق التوازن الاستراتيجي مع إسرائيل التي تنفرد في المنطقة بامتلاك السلاح النووي. وقد بدأ هذا الموقف الجديد في التبلور في خضم المناقشات التي دارت بمناسبة تجديد معاهدة حظر الانتشار النووي عام ١٩٩٥. فقد أدى التجديد اللانهائي للمعاهدة والتزام مصر بذلك رغم استمرار رفض إسرائيل للانضمام للمعاهدة، وتدمير مقدرات العراق النووية بعد حرب الخليج، إلى تزايد

إحساس الشعب المصري وقطاعات من النخبة السياسية بخيبة الأمل. وارتفعت أصوات عديدة تدعو إلى استئناف البرنامج النووي المصري السلمي الذي بسببه انضمت مصر إلى المعاهدة.

أعادت تفجيرات الهند وباكستان النووية في الفترة ١١-٣٠ مايو ١٩٩٨ فتح الملف النووي في مصر على مصراعيه وامتزج رد فعل النخبة والعامة على السواء بمزيج من الإعجاب بكل من الهند والباكستان - اللتين تعانيان مثل مصر من مشاكل وهموم التنمية في العالم الثالث ورغم ذلك نجحتا في كسر احتكار القوة النووية - والحسرة على العجز العربي عامة والمصري خاصة. وكان من النتائج الإيجابية للحوار الذي دار في تلك الفترة بروز اتجاه يدعم إحياء البرنامج النووي المصري بل أن حزب الوفد قد قام بما يشبه النقد الذاتي لموقفه المعارض لإنشاء محطات نووية ودعا إلى إعادة النظر في البرنامج النووي المصرى حتى نحقق الردع الاستراتيجي (انظر افتتاحية جريدة الوفد بتاريخ ٥ يونيو ١٩٩٨). ولعلنا لا نبالغ إذا اعتبرنا معركة إنشاء محطات نووية في مصر هي معركة إنشاء السد العالي للقرن الواحد والعشرين والاستعداد لخوض هذه المعركة سوف يتوقف إلى حد كبير على النخبة السياسية الحاكمة.

٦-٣-٢ العوامل الخارجية

شهدت الساحة الدولية تغيرات عديدة في المجال السياسي والبيئي والتجاري يمكن أن يكون لها انعكاسات على عودة الاعتماد على الطاقة النووية كمصدر بديل للوقود الأحفوري على مستوى الدول الصناعية المتقدمة ويفتح الباب أمام دول العالم الثالث ويمكن تلخيص أهم هذه العوامل فيما يلي:

- تزايد الاهتمام بقضايا البيئة واتفاقية كيوتو
- ظهور منافسين جدد في مجال تصدير المحطات النووية
- ركود الصناعة النووية في الغرب.

وسوف نحاول أن نسلط الضوء على هذه العوامل في الصفحات التالية.

٦-٣-٢-١ تزايد الاهتمام بقضايا البيئة واتفاقية كيوتو

تزايد في السنوات الماضية القلق من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من احتراق الوقود الأحفوري وتأثيره على المناخ وخاصة على درجة حرارة الأرض عن طريق ما يعرف بتأثير "الصوبة الزجاجية" أو "الاحتباس الحراري" وكذلك انبعاث الأكاسيد النيتروجينية التي تتحول إلى أمطار حمضية تهدد الغابات واحتمالات فرض "ضريبة الكربون" إذا ما زادت الانبعاثات عن حد معين مما سيعطي الطاقة النووية مميزات اقتصادية مقارنة بالمحطات التي تعتمد على الوقود التقليدي سواء فحم أو منتجات بترولية أو غاز طبيعي.

وقد وافقت الدول المنضمة إلى اتفاقية كيوتو على تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وقد اتفقت هذه الدول أيضا في المادة ١٢ من الاتفاقية على ما يسمى بآلية التنمية النظيفة Clean Development Mechanism (CDM) التي تهدف إلى مساعدة الدول الغير مدرجة في الملحق رقم (١) للاتفاقية على تنفيذ التزاماتها الخاصة بالحد من وتخفيض الانبعاثات المحددة. وبمقتضى هذه الآلية يمكن للدول الصناعية بدلا من تخفيض الانبعاثات داخل حدودها أن تساعد دولة نامية في عمل مشروعات تمثل البديل الأفضل بالنسبة للانبعاثات ولا تكون أكثر البدائل اقتصادية وفي مقابل ذلك تحصل على رصيد يمكن أن تستخدم بالخصم من الانبعاثات الفعلية داخل حدودها كما يمكنها أن تبيعه إلى دولة أخرى من دول الملحق رقم (١) للاتفاقية. ويجب كي تستفيد الدول النامية من هذه الآلية أن يكون المشروع المقترح هو البديل الأفضل من ناحية تقليل الانبعاثات وألا يكون أكثر البدائل اقتصادية. رغم أن هذه الآلية لم تخرج إلى حيز التطبيق بعد، إلا أنها يمكن أن تتيح آلية لتمويل للمحطات النووية إذا ما كان البديل التالي لها من حيث التكلفة هو محطات ضخمة تعمل بالفحم أو غيره من الوقود الأحفوري. إما إذا كان البديل النووى هو الأكثر اقتصادية فإنه لا يستحق الدعم المالي بواسطة هذه الآلية نظرا لأن اقتصادية أى مشروع تكون عادة هي السبب الرئيسي لتنفيذه.

٦-٣-٢-٢ ركود الصناعة النووية فى الغرب

كان لتراجع الطلب على المحطات النووية أثر كبير على الصناعة النووية في البلدان الغربية وبالذات في الولايات المتحدة الأمريكية وقد نتج عن هذا شراء الشركات الأمريكية المصنعة للمحطات النووية بواسطة شركات أوروبية متعددة الجنسية. وقد تم مؤخرا تطوير مفاعلات متقدمة نمطية، وتم الحصول على موافقة سلطات التنظيم والرقابة النووية عليها مثل مفاعل AP600 من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلي ABWR و System 80+ من مفاعلات الماء المغلي وجميعها أمريكية. كما تم تطوير مفاعل CANDU-6 من مفاعلات الماء الثقيل المضغوط في كندا ومفاعل Konvoy الذى اشترك في إنتاجه شركات فرنسية وألمانية، وهو من مفاعلات الماء المضغوط. وجميع هذه الشركات تسعي لتصدير مفاعلاتها ويمكن لمصر أن تحصل على أسعار وشروط دفع مناسبة من خلال تنافس هذه الشركات.

٦-٣-٢-٣ ظهور منافسين جدد

في فترة تراجع الطلب على المحطات النووية في بلدان الغرب استمرت بعض البلدان في تطوير برامجها النووية وقامت بإنشاء العديد من المحطات النووية بعضها من تصميمها وتصنيعها وقد بدأت هذه الدول مؤخرا في التطلع للأسواق الخارجية وتشمل هذه البلدان اليابان التي بدأت في بناء مفاعل متقدم من مفاعلات الماء المغلي في تايوان، وكوريا الجنوبية التي تقوم ببناء مفاعل في كوريا الشمالية من تصميمها وتصنيعها ويمكن أن نضيف الصين التي انتهت من إنشاء محطة نووية قي باكستان مع بدايات عام ٢٠٠١.

كذلك فقد نتج عن تفكك الاتحاد السوفيتي والمصاعب الاقتصادية التي تواجهها روسيا الاتحادية السعي الحثيث لتعويض الأسواق التي فقدتها صناعتها النووية في بلدان شرق أوروبا ولذا فقد تحدت الولايات المتحدة وقررت مساعدة ايران في استكمال مفاعلها في بوشهر-١ ويمكن الحصول على مفاعلات WWER-1000 الروسية وهي من مفاعلات الماء المضغوط و تضارع المفاعلات الغربية من حيث الأمان والاعتمادية وبأسعار تقل كثيرا عن المفاعلات الغربية. وتقوم روسيا حاليا بإنشاء محطة من هذا النوع في الصين كما وصلت المفاوضات مع الهند إلى مرحلة متقدمة لإنشاء محطتين من هذا النوع.

obeikandl.com