منشآت الطاقة النووية ... مستقبل العمران فى مصر
(مدخل مقترح لتقييم موقع مشروع الضبعة في مصر)

أ.د. هشام سامح - استاذ بقسم الهندسة المعمارية – هندسة القاهرة
د. شيماء مجدى – مدرس بقسم الهندسة المعمارية – هندسة الفيوم
م. على سعد – ماجستير التصميم البيئى – قسم الهندسة المعمارية – هندسة القاهرة

ملخص البحث

فى الوقت الذى ينمو فيه الاقتصاد العالمى تواجه مصادر الطاقة المتجددة ضغوط متزايدة و بالرغم من وجود جدوى واضحة من استخدامات الطاقة النووية الا انه لم يتم القاء الضوء عليها بشكل كبير كأحد الحلول الاساسية لمشاكل الطاقة اللازمة للتنمية .بدأت العديد من الدول الاعتماد على الطاقة النووية اقليميا و محليا كنواة للتنمية المستدامة المستقبلية.

كانت مصر من أوائل الدول النامية، التي فطنت منذ بداية الستينيات إلى أهمية وجود برنامج نووي يعنى باستخدام الطاقة النووية لأغراض سلمية .وأصبحت مصر فى صراعات متزايدة لعمليات التنمية و النمو الاقتصادى و اصبحت الطاقة النووية خيار اساسى لموازنة احتياجاتها المستقبلية من الطاقة كركيزة استراتيجية للتنمية المستدامة .

و يتناول البحث اشكالية الخيار النووى كركيزة للتنمية العمرانية المستدامة ،مستهدفا تقييم موقع الضبعة من خلال تأثيره على عمليات التنمية المستدامة و مستقبل العمران فى مصر ، مستعرضا الجانب النظرى و التحليلى للمعايير و التجارب العالمية فى انشاء المحطات النووية بالتحليل المقارن لخمس تجارب عالمية فى المحطات النووية العاملة ثم يتناول الاطار التطبيقى التجربة المصرية فى انشاء المحطة النووية و موقع الضبعة بالساحل الشمالى من حيث اختيار الموقع و محددات و عناصر تخطيط و تصميم المشروع و من اهم نتائج البحث صلاحية موقع الضبعة لانشاء المحطة النووية المقترحة مع اهمية مراجعة التصميم المقترح بحيث يلائم خصائص الموقع و الهوية المصرية و الثقافية لدى مجتمع المحافظة.

تمهيد

قررت الدولة البدء فى تنفيذ مشروع محطة الطاقة النووية بمنطقة الضبعة و يجب علينا كمخططين و محللين عمرانيين ان نتوجه بالدراسة والتحليل للمشروع من خلال اهميته للمجتمع المصرى و مدى صلاحية الموقع و مدى الاستفادة القصوى من امكانيات الموقع و تأثيره على عمليات استدامة العمران و مستقبل العمران المحلى بعد استكمال تنفيذ هذا المشروع.

تعد الطاقة بصورها المختلفة من أهم عوامل التقدم البشري فالطاقة بتعدد مصادرها هى التى ساهمت فى نهوض كثير من الحضارات على مر العصور حيث أرتبط تقدم الدول في الخطط التنموية علي تامين مصادر الطاقة اللازمة لإتمام عمليات التنمية. و يعتبر امتلاك التكنولوجيا النووية واحداً من أبرز عناصر التقدم للدول فى عصرنا الحديث لما تحققه هذه التكنولوجيا من فوائد علمية وسياسية واقتصادية. وربما يتمثل التأثير الأبرز هنا فى أن امتلاك مثل هذه التكنولوجيا أصبح واحدا من عناصر تعزيز المكانة السياسية للدول المالكة لهذه التكنولوجيا على الساحة الدولية،باعتبارها دولا قادرة على ارتياد المجالات

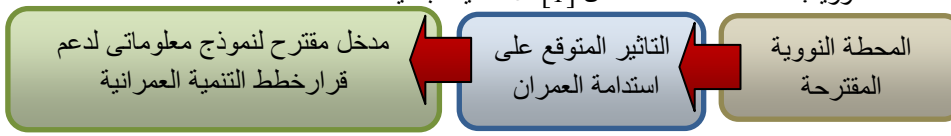
الأكثر تطوراً من النواحى العلمية والتكنولوجية مما يمنحها نفوذا ومكانة متميزة، حتى مع اقتصار برامجها النووية على الاستخدامات السلمية فقط.

اهتمت القيادة السياسية والنخبة العلمية فى مصر بقضية بناء محطات الطاقة النووية فى الفترات التى كانت يبدو فيه احتياطي مصر من النفط محدودة وقاصرة عن تلبية احتياجاتنا ، ثم تقلص هذا الاهتمام مع اكتشاف مخزون نفطي جديد. ولولا الاكتشافات البترولية الجديدة التى حققتها مصر خلال الثمانينيات والتسعينيات، لكانت مصر الآن فى وضع صعب للغاية من حيث توفير احتياجاتها من الطاقة.والملاحظ أنه كلما تأخرت الدول فى دخول عصر محطات القوى النووية ، تحملت تكاليف أكبر .

الاشكالية البحثية

يهتم البحث بإشكالية تقييم موقع الضبعة المقترح لإنشاء المحطة النووية المصرية و تأثيره على استدامة العمران على المستوى المحلى من خلال مدخل مقترح لنموذج معلوماتى لدعم اتخاذ القرار العمرانى للمحطات النووية.

شكل [1] الاشكالية البحثية



أهداف البحث

يهدف البحث الى : اقتراح مدخل لنموذج معلوماتى لدعم اتخاذ القرار العمرانى للمحطات النووية بالتطبيق على مشروع الضبعة. و ذلك من خلال الاهداف الفرعية التالية:

1- تحديد و تدقيق المفاهيم الاساسية و تحليل أهم اشتراطات و محددات تصميم المواقع و المنشات لمحطات الطاقة النووية من خلال تحليل التجارب العالمية الرائدة فى مجال انشاء المحطات النووية .
2- تقييم موقع مشروع الضبعة من خلال اهدافه الاستراتيجية و التنموية و البيئية و تثيره على عمليات استدامة العمران على المستوى القومى.

المنهجية البحثية

شكل 2 المنهجية البحثية

نتائج وتوصيات البحث

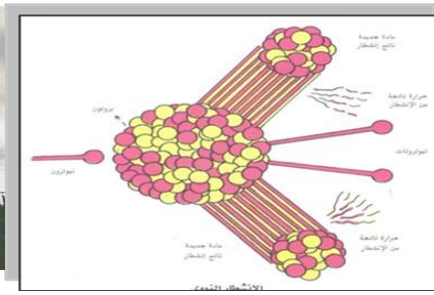
1- الإطار النظرى : حتمية التوجه النووي

1-1 التنمية المستدامة

التنمية المستدامة هى التنمية التي تستوفي احتياجات الحاضر من المصادر الطبيعية دون خفض قدرة الأجيال المستقبلية في الحصول على إحتياجاتهم من المصادر الطبيعية. عادة يكون العمر الإفتراضي للعمران عدة عقود وأحياناً قرون لذلك فإن كل قرار في مرحلة التصميم العمراني قد يكون له تأثير طويل المدى على البيئة. (Andrews,2012)

2-1 الطاقه النوويه....نشأة و ماهية

يبدأ تاريخ الطاقة النوويه حين بدأ العالم الإيطالى "فيرمى" فى عام 1934 بقذف نووى لعناصر الجدول الدورى بالنيترونات، وأكتشف أن عنصر اليورانيوم ينقسم إلى نواتين متوسطي الكتلة وأصدر تعريفاً للطاقة النووية حينها و قام بالاشتراك معه العالم الألمانى "إدا نوداك " وهو: "انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتي الكتلة ، وانتاج كميات هائلة من الطاقة نتيجة تفاعل نووى (Carelli , 2003)



شكل [3] الانشطار النووى

شكل [4] أول مفاعل نووى بجامعة كاليفورنيا

من أهم متطلبات تحقيق مجتمعات مستقبليه مستدامة تامين مصادر طاقه والاعتماد علي المصادر المتجددة وأيضا خفض معدلات التلوث.

إن كمية الوقود النووي اللازمة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية هي أقل بكثير من كمية الفحم أو البترول اللازمة لتوليد نفس الكمية. كما أنه لو تم الاعتماد على الطاقة الشمسية لتوليد معظم حاجة العالم من الطاقة لكانت كلفتها أكبر بكثير من كلفة الطاقة النووية. (Carelli , 2003)

وتنتج محطات الطاقة النووية جيدة التشغيل أقل كمية من النفايات بالمقارنة مع أي طريقة أخرى لتوليد الطاقة، فهي لا تطلق غازات ضارة في الهواء مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو أكسيد النتروجين أو ثاني أكسيد الكبريت التي تسبب الاحتباس العالمي والمطر الحمضي والضباب الدخاني.

3-1 الاسس و المعايير التصميمية للتنمية العمرانية المستدامة

يتوجه المخططون الذين يهتمون بالبيئة والحفاظ عليها في تصميماتهم إلى استخدام أحد ثلاثة توجهات للتعامل مع البيئة الطبيعية في إنتاج العمران الملائم لمستخدميه.

التوجه الأول: يلجأ الى استخدام خامات ومواد بناء من الأرض في إنشاء العمران مثل الطين والتربة والأخشاب وغيرها. التوجه الثاني :يلجأ الى توظيف التقنية العالية في إنشاء العمران مع مراعاة الظروف المناخية وتوفير إمكانيات التدوير أو إعادة الاستخدام وتوظيف الطاقات المتجددة إيجابياً. ما التوجه الثالث: فيتبنى الدمج بين مبادئ كلا التوجهين تبعا لطبيعة الموقع الذي يبني فيه وطبيعة المشروع وكل من التوجهات الثلاثة يتبنون عدة مبادئ تهدف إلى إنشاء عمران صديق للبيئة يستخدم أقل قدر من الطاقة ويسبب أقل قدر من التلوث للبيئة الطبيعية. (Nuclear Engineering International. 2013.)

- توفير البيئة الصحية الداخلية من خلال استخدام مواد بناء لا ينبعث منها ما يضر الإنسان أو البيئة المحلية ويحقق التهوية الجيدة بالإضافة لاستخدام النباتات والمزروعات التي تساعد على انتاج الأكسيجين و التخلص من ثاني اكسيد الكربون ، مع استخدام مواد بناء صديقة للبيئة يمكن اعادة استخدامها (Nuclear_Regulation_Authority, 2013) .
- ملائمة التشكيل العمراني للبيئة المحلية من حيث الموقع الجغرافي والظروف المناخية المختلفة حتى يمكن تقليل الحاجة الى الطاقة لتحقيق البئة الحرارية المحلية المناسبة لراحة الإنسان الحرارية، كما يجب ان يحقق إنسجاما مع الموقع ومحيطه سواء كان طبيعيا أو من انتاج الإنسان.
- كفاءة التصميم العمراني و المعماري الذي يحقق متطلبات مستخدميه واحتياجاتهم الإجتماعية والدينية وكذلك القيم والمبادئ الروحية التي يجب دراستها حتى يصبح العمران ملائما لمتطلبات قاطنيه.

4-1 الاتجاه العالمي لبناء المفاعلات النووية (Carelli , 2003)

يبلغ عمر الاحتياطي النفطي العالمي في الوقت الحاضر 46 عاما وبمستويات تراوح ما بين أقل من عشرة أعوام في أوروبا الغربية وأكثر من 90 عاما في الشرق الأوسط. وهذا مؤشر إلى أن حجم واردات النفط سيرتفع بصورة كبيرة مع نضوب احتياطي النفط خلال العقد المقبل.

ثلاث دول هي الولايات المتحدة وفرنسا واليابان تمتلك وحدها 49% من المراكز النووية في العالم بينما تُنتِج المفاعلات النووية في أسبانيا 26% من طاقتها الكهربائية، ولديها 6 مراكز نووية تضمّ 9 مفاعلات نووية، لكن معظم مفاعلاتها النووية هرمت وجرت إطالة عمرها مدداً إضافية، وفي كندا 5 مراكز تضم 9 مفاعلات نووية لا تنتج إلا 15% من كهرباء البلاد. وفي كوريا الجنوبية 4 مراكز تضم 21 مفاعلاً نووياً أنتجت 29% للعام 2013.(Backgrounder on New Nuclear Plant Designs – 2013) .

شكل [5] أعداد المفاعلات النووية العاملة في العالم.

المصدر:- www.neimagazine.com/news/newsnuclear-accounts-for-19-of-uk-electricity

5-1 أهمية و حتمية انشاء المحطة النووية المصرية(العسيرى، 2012)

- عدم امكانية الاعتماد على الطاقة الشمسية و الرياح فقط لأسباب تقنية و اقتصادية.
- انخفاض تكاليف انتاج الطاقة من المحطات النووية مقارنة بأنواع الطاقة الاخرى.

- اقل وسائل انتاج الطاقة تلويثا للبيئة.
- زيادة الاستثمار و الارتفاع بمستوى الصناعة المحلية.
- تشجيع السياحة.
- البديل الوحيد لسد العجز الحالى و توليد الاحتياج المستقبلى من الطاقة الكهربية.استمرار نمو الطلب على الكهرباء بمعدل 7% سنويا.

2- الاطار التحليلى : بين المعايير والتجارب

1-2 أنواع المنشأ النووى

ينقسم المنشأ النووى السلمى الى نوعين مفاعل بحثى و مفاعل توليد طاقة، يستخدم الاول لاجراء الابحاث الطبية لانتاج النظائر المشعة او لاغراض صناعية اما الثانى فهو لتوليد الطاقة الكهربية .

US Department of Homeland Security. 2008

و تنقسم الى :مفاعل الماء المغلى المضغوط الاقل تكلفة و الاكثر امانا– مفاعل الاندماج النووى – مفاعل الاختبار – مفاعل الازاحة الطبقية - مفاعل بحثى - مفاعل حرارى – مفاعل الماء الثقيل – مفاعل الغاز المبرد .

2-2 معايير الأمان العالمية

US Department of Homeland Security. 2008

اختيار الموقع المناسب للمفاعل له أعظم اعتبار عند تصميم، وإصدار الترخيص لبناء المحطة النووية و ذلك لخطورة موقع المفاعل النووي وللعواقب التى تنجم على البيئة والرأى العام فى حالة وقوع أى حادث نووي مع اختلاف التأثير من موقع ذى كثافة سكانية عنه فى موقع ناء عن الكثافة السكانية.

و نستعرض فيما يلى اعتبارات للأمان عند اختيار مواقع المفاعلات النووية، وذلك طبقاً لتنظيمات الأمان التى وضعتها لجنة التنظيمات النووية الأمريكية:

- تقييم موقع المفاعل ومعايير الأمان.
- تقدير التأثيرات البيئية الناتجة عن تشغيل المفاعل.
- مراجعة هيئة الأمان النووي لمعدلات عمل المفاعل ومراجعة أى مشكلات ناتجة بأستمرار.
- تكوين هيئة للمراجعات ومتابعة أى تطورات أو مراحل خطرة.
- بعد الموقع عن مناطق الزلازل أو البراكين، أو أى عوامل كوارث طبيعية، أو مخرات السيول.
- معرفة إتجاه حركة المياه الجوفية بالمنطقة، لتجنب احتمال تلوث هذه المياه بأية مواد مشعة من المفاعل.
- ملائمة التكوينات الصخرية والتراكيب الجيولوجية فى المنطقة.

(Nuclear_Regulation_Authority, 2013)

4-2 معايير و مكونات الموقع (Kubanyi, etal, 2012 **)**

العنصر المكانى

ويشمل العنصر المكانى طبيعة الموقع ومقوماته (من الناحية الأمنيه – الصحيه – البيئيه)، المحددات والمحيطات وأثرها على الموقع،والعوامل الطبوغرافية والجيولوجيه، ومحددات تنسيق الموقع، والشكل الكتلى للموقع العام.

أ- طبيعة الموقع ومقوماته

ويشمل كل من مورفولوجية وشكل الأرض ، المقياس (، وجميعها من موروثات الموقع بحيث يتم التعامل معها دون تعديل أو تغيير بالحذف أو بالأضافة وبالتالى فإنها تؤثر مباشرة على توزيع واستعمالات وترجمتة من خلال الفكر التصميمى.

ب- المعايير الموضوعة لاختيار مكان المفاعل Federal Emergency Management Agency,2008

اختيار موقع المفاعل النووي (Reactor site selection)

لخطورة موقع المفاعل النووي، وللعواقب التى تنجم على البيئة والرأى العام فى حالة وقوع أى حادث نووي مع اختلاف التأثير من موقع ذى كثافة سكانية عنه فى موقع ناء عن الكثافة السكانية وضعت عدة اعتبارات للأمان عند أختيار مواقع المفاعلات النووية، وذلك طبقاً لتنظيمات الأمان التى وضعتها لجنة التنظيمات النووية الأمريكية: تقييم موقع المفاعل ومعايير الأمان

- تقدير التأثيرات البيئية الناتجة عن تشغيل المفاعل.
- مراجعة هيئة الأمان النووي لمعدلات عمل المفاعل ومراجعة أى مشكلات ناتجة باستمرار.
- تكوين هيئة للمراجعات ومتابعة أى تطورات أو مراحل خطرة.
- بعد الموقع عن مناطق الزلازل على أساس مدى تحمل المنشأت الخاصة بالمفاعل وخاصة الأجزاء التى تحتوى على الوقود النووي، أو أية مواد مشعة أخرى، أو البراكين، أو أى عوامل كوارث طبيعية،أو مخرات السيول، والفيضانات المفاجئة.
- معرفة إتجاه حركة المياه الجوفية بالمنطقة، لتجنب إحتمال تلوث هذه المياه بأية مواد مشعة من المفاعل.
- ملائمة التكوين الصخري والتركيب الجيولوجي فى المنطقة.
- يجب وضع حرم للمنطقة لا يقل بأى حال عن مسافة (1000) متر من مركز المفاعل. Nuclear_Regulation_Authority, 2013

لذلك يجب مراجعة إجراءات إختيار الموقع، ومراعاة موافقة سكان المنطقة لتواجد المفاعل فى منطقتهم، حيث تحرم هيئة الأمان النووي بناء المفاعل فى منطقة يرفض مجلس الحكماء بها تواجد المفاعل، هذا لأنه يجب أن يكون المفاعل محل ترحيب نفسى من قاطنى المنطقة، خاصة وأنه يتم تدريب قاطنى المنطقة على برامج معينة للأمان فى حالات الطوارئ.

ج- التصميم العمرانى للموقع(Andrews,etal.,2012)

يعد من أهم قرارات مبنى المفاعل، حيث أن حركة تدفق الوقود النووي تتم طبقا لقواعد وأصول ثابتة، مما يؤثر على القرار التصميمى،الى جانب قرب كل جزء من المبنى من المخزن الخاص به، سواء كان هذا المخزن للمواد المشعة، أو لليورانيوم، أو لمياه التبريد، أو للماء الثقيل مع مراعاة إتجاة الرياح خاصة فى حالات الحوادث النووية، وحالات حدوث تسرب للبخار النووي وهو ما يتطلب توجية المبنى بحيث لا يحدث أنتقال لهذا البخار فى إتجاة المناطق السكنية.

شكل [6] توجية المفاعل النووي مع إستغلال عنصر المياة

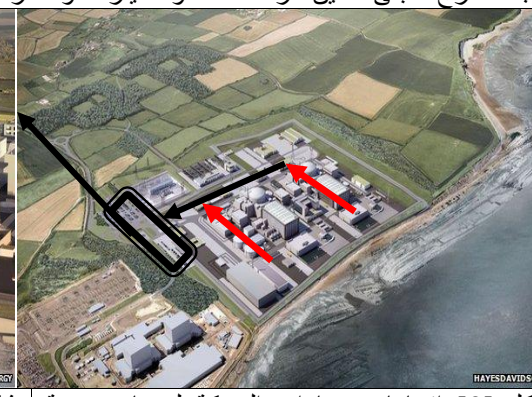
أ- التوجية العمرانى لمسارات الحركة داخل المشروع، حيث يجب حساب عملية حركة السيارات والمشاه داخل الموقع، لغرضين، الغرض الأول هو أعمال التأمين خاصة فى مكان المفاعل وغرف التحكم والسيطرة وهو ما يتطلب تحديد المسارات حول هذه المبانى، الغرض الثانى لأعمال الحماية وإخلاء المكان بسرعة فى حالة الحوادث الكبرى، وهو ما يتطلب وجود اكثر من مسار للخروج، مع إحكام السيطرة عليهم

ب- توجية المسارات الخاصة باعمال نقل النفايات النووية، سواء الى المخازن أو إلى خارج الموقع، وبالمثل أعمال إدخال الوقود النووي إلى أماكن تخزينة، وهو ما يؤثر على قرارات أختيار الموقع عموما قبل التفكير فى عملية إنشاء المفاعل.(Austin , 2004)

ت- مسارات حركة السيارات لابد أن توضع فى الاعتبار عندما يقوم المصمم بتقدير عدد السيارات التى سوف تدخل حرم المبنى سواء التى يستخدمها العاملين أو الزيارات، أو سيارات المفتشين الدوليين، والسيارات التى سوف تقوم بنقل النفايات والمواد المشعة.

و من التجارب العالمية فى انشاء محطات الطاقة النووية تجربة المملكة المتحدة(انجلترا) و التى تم الموافقة عليها فى شهر اكتوبر 2013 و هى اولى المحطات النووية لانتاج الطاقة بالمملكة المتحدة من خلال تصميم صينى و شركة تشييد فرنسية باستثمارات صينية. (Nuclear Power in the United Kingdom, 2012)

و يتضح من التصور المقترح للمحطة توزيع مسارات الحركة بالمشروع فى اتجاهات موازية للكتلة و فى اتجاه لخارج المبنى لتامين حركة المشاة و السيارات و لسرعة عملية الاخلاء.



شكل]8[اتجاهات مسارات الحركة لضمان سرعة اخلاء المبانى

شكل]9[التشكيل العمرانى المقترح لواجهة المحطة النووية على البحر
تشكيل و تكوين كتلى عمرانى جيد

2-5 تحليل مقارن بين التجارب العالمية العاملة فى انشاء محطات الطاقة النووية

يستعرض الجدول التالى تحليل مقارن للتجارب العالمية العاملة فى انشاء محطات الطاقة النووية

		مفاعل بوشهر بأيران	مفاعل (كايجا) بالهند	مفاعل (كوبرج) بجنوب أفريقيا	مفاعل (اتوتشا) بالأرجنتين	مفاعل (أنجرا) بالبرازيل
1-اختيار الموقع	1-الطبوغرافيه والمناسيب	ارض منبسطه ممهده لايوجد بها اختلاف كبير في الكنتور والمناسيب.	كفاءة عالية فى التعامل الكنتور الطبيعى للموقع ، وإستغلال سلاسل الجبال	ارض منبسطه ممهده لايوجد بها اختلاف كبير في الكنتور والمناسيب.	القرب من النهر ، ساهم فى إعطاء إنطباع عن سوء اختيار الموقع ، خاصة وأن الأرجنتين تملك ساحل ممتد على المحيط	كفاءة عالية فى التعامل الكنتور الطبيعى للموقع ، وإستغلال سلاسل الجبال الخضراء
	2-المتغيرات البيئيه الطبيعيه	تجاهل للنواحى البيئية ، وعدم إستغلال جيد للموقع المميز للمفاعل ، مع التركيز الأكبر على النواحى الوظيفية .	إستغلال جيد للنواحى البيئية ، خاصة إستخدام العناصر الخضراء ، والواجهة البحرية ، مع إستغلال لموقع المفاعل لوقوعة فى منخفض بين مجموعة جبال .	إهتمام متوسط بالناحية البيئية وجود محطة لتحلية مياة البحر لتزويد العديد من القرى السياحية بالمياة الصالحة للشرب .	وجود المفاعل قريبا من النهر ، إلا ان إستخدام مياة النهر فى التبريد يعد أحد عوامل الضعف بالمشروع .	إستغلال جيد للنواحى البيئية ، إلى جانب الكشف الدورى الدائم على المفردات البيئية المحيطة ، مع مساهمة دائمة من المفاعل فى تطوير عمليات حماية البيئة المحيطة
	3-الزلازل	النشاط الزلازالي لا يعوق عمل المفاعل				
	4-البعد عن الكتل العمرانيه	احترام 1000 متر حرم للمنشاه النوويه	احترام 1000 متر حرم للمنشاه النوويه	احترام 3000 متر حرم للمنشاه النوويه	احترام 1000 متر حرم للمنشاه النوويه	احترام 3000 متر حرم للمنشاه النوويه
	5-العلاقه بالدول المحيطه	استياء دول الخليج العربي من موقع المفاعل	عدم اعتراض الدول المحيطه علي الموقع			

6- مصادر المياه	المفاعل يعتمد علي مياه الخليج العربي	المفاعل يعتمد علي مياه المحيط الهندي	المفاعل يعتمد علي مياه المحيط الاطلنطي	الاعتماد علي مياه النهر .	المفاعل يعتمد علي مياه المحيط الاطلنطي
2-الوظيفة الرئيسية	مفاعل لأنتاج الطاقة ، أبحاث نووية ، طبية، تحلية مياة البحر .			مفاعل لأنتاج الطاقة ، أبحاث نووية ، طبية.	مفاعل لأنتاج الطاقة ، أبحاث نووية ، طبية، تحلية مياة البحر .

3-النظرية التخطيطيه	1-الموقع العام	تصميم خطي	تصميم خطي	تصميم خطي	تصميم اشعاعي	تصميم مركزي
	2-التجربه البصريه	تجربة بصرية مميزة ، ويرجع تميزها إلى التركيز على الشكل والأهتمام به فى وسائل الأعلام	تجربة بصرية جيدة ، وملفتة خاصة مع إستخدام عناصر التصميم التخطيطي	تجربة بصرية فقيرة نسبياً، نتيجة للتكرار والملل فى إستخدام بعض العناصر .	تجربة بصرية ناجحة ، ومميزة ، الا أنها أتسمت بالتداخل وعدم الوضوح أحيانا	تجربة بصرية غنية ومميزة ، أتسمت بثراء العناصر والمفردات .
4-المعايير التصميميه	1-الحفاظ علي البيئه	تجاهل للنواحى البيئية ، وعدم إستغلال جيد للموقع المميز للمفاعل ، مع التركيز الأكبر على النواحى الوظيفية .	إستغلال جيد للنواحى البيئية ، خاصة إستخدام العناصر الخضراء ، والواجهة البحرية ، مع إستغلال لموقع المفاعل لوقوعة فى منخفض بين مجموعة جبال .	إهتمام متوسط بالناحية البيئية ، مع ملاحظة وجود محطة لتحلية مياة البحر لتزويد العديد من القرى السياحية بالمياة الصالحة للشرب ، مع ملاحظة الحفاظ على الشواطئ ، وعدم تلويثها	وجود المفاعل قريبا من النهر ، وعلى الرغم من عدم التأثير على المياة نتيجة الأداء الجيد داخل المفاعل ، إلا ان إستخدام مياة النهر فى التبريد يعد أحد عوامل الضعف بالمشروع .	إستغلال جيد للنواحى البيئية ، إلى جانب الكشف الدورى الدائم على المفردات البيئية المحيطة ، مع مساهمة دائمة من المفاعل فى تطوير عمليات حماية البيئة المحيطة
	2-مرونه وسهوله الحركه	تحقق عامل المرونه وسهوله الحركه طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل المرونه وسهوله الحركه طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل المرونه وسهوله الحركه طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل المرونه وسهوله الحركه طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل المرونه وسهوله الحركه طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه

	3-الحمايه من الاشعاع	تحقق عامل الحمايه من الاشعاع طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل الحمايه من الاشعاع طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل الحمايه من الاشعاع طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل الحمايه من الاشعاع طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه	تحقق عامل الحمايه من الاشعاع طبقا لتقارير الوكاله الدوليه للطاقه الذريه
	3- الفكر المسيطر	فكر وظيفى – إقتصادى	فكر وظيفى – إقتصادى	فكر وظيفى – إقتصاد-الي جانب الابداع	فكر وظيفى – إقتصادى	فكر وظيفى – إبداعى – فلسفى
	4- موقع فراغ المفاعل	يقع كمركز رئيسي لجميع مفردات المشروع	علاقة خطية بأستخدام مركزين لمفاعلين ، ساهمت فى ربط كتل مبانى المفاعل ، فتظهر كوحدة واحدة	علاقة خطية بين مركزى المفاعلين ، ويظهر المبنى كوحدة واحدة ، مع ظهور متلاحم لفراغات المشروع	ظهور متفرد لفراغ المفاعل ، يؤكد على مكان المفاعل أسفل القبة المميزة له	ظهور متفرد لفراغ المفاعل ، يؤكد على مكان المفاعل أسفل القبة المميزة له
1- الجوانب الايجابيه للتصميم		**التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل .** - **الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات ، مع تأكيد الشكل العام للتصميم بالقبة المميزه له.**	- **التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل .** - **الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات ، مع تأكيد الشكل العام للتصميم بالشكل الأسطوانى المميز له .** - **فصل العناصر الوظيفية لكل مفاعل ، مع إمكانية الفصل الكامل .** **الأهتمام بأستخدام العناصر الطبيعيه (الأشجار ، المسطحات الخضراء) والعناصر الصناعية (التبليطات) فى فصل المبانى مما يساهم فى عمليات تأمينها**	- **التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل .** - **الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات ، مع تأكيد الشكل العام للتصميم الشكل الأسطوانى المميز له .** - **رغم إستخدام وحدتين لتوليد الطاقة ، ألا أن الربط بينهما فى مبنى واحد ساهم فى تقليل تكاليف أقامة اكثر من مبنى مع دعم التعامل مع الوحدتين عن طريق مبنى واحد .**	**التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل .** - **الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات ، مع تأكيد الشكل العام بأستخدام القبة المميزة التى تغطى قلب المفاعل مما يمنح المفاعل تفردا خاصا .** - **تلاصق وحدات الخدمة بالقرب من قلب المفاعل لم يقلل من قوة التصميم ، بل ساهم فى جعل مبنى المفاعل وحدة واحدة يسهل ربطها.** - **تغيير شكل المفاعل الثانى عن المفاعل الأول ، ميز المفاعل الثانى وجعله ظاهراً ومتفردا فى التصميم.** **دقة التصميم ، ووضوح الممرات ، مع التوظيف الجيد للخدمات ،إلى جانب استغلال المناظر الطبيعية ساهما فى جمال التصميم**	- **التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل.** - **الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات ، مع تأكيد الشكل العام بأستخدام القبة المميزة التى تغطى قلب المفاعل مما يمنح المفاعل تفردا خاصا.** - **تلاصق وحدات الخدمة بالقرب من قلب المفاعل لم يقلل من قوة التصميم ، بل ساهم فى جعل مبنى المفاعل وحدة واحدة يسهل ربطها.** - **تجهيز مكان مناسب للتوسع المستقبلى ، مع إضفاء نفس الأتجاة التصميمى عند تصميم المبنى الثانى.**

2- الجوانب السلبيه للتصميم	- التوزيع غير الجيد لمبانى النفايات ومخازن اليورانيوم ، إلى جانب القرب الشديد بين المفاعلين - اعتراض دول الخليج العربي علي موقع الانشاء - قرب الموقع من منطقه عسكريه بحثيه ايرانيه	- التوزيع غير الجيد لمبانى النفايات ومخازن اليورانيوم ، إلى جانب القرب الشديد بين المفاعلين . - بعد مخازن النفايات نسبيا عن المفاعل .		- تغيير شكل المفاعل الثانى عن الاول ، تسبب فى طمس التصميم الأول وعدم ظهورة نظرا لقوة التصميم لمبنى (أنجرا2) . - عدم توزيع الخدمات بعيدا عن قلب المفاعل، وهو عدم إستغلال للمساحات المتوفرة	- العشوائية فى توزيع المبانى الملحقة (خاصة مبانى مراكز الأبحاث ، ومعامل فصل وتجهيز اليورانيوم) ، وقد يرجع هذا لعدم تنفيذ المبانى الملحقة أثناء بناء المفاعل ، بل تم تنفيذها بعد بناء المفاعل على فترات متباعدة . - إستخدام مياة النهر كمصدر المياة الرئيسي لتبريد المفاعل ، أسهم فى تشكيل خطورة على المجال المحيط ، إلى جانب قرب المفاعل من الرقعة الزراعية.

جدول [1] التحليل المقارن بين التجارب العالمية فى انشاء محطات الطاقة النووية

6-2 نتائج التحليل المقارن : ملخص اهم الاسس و المعايير التخطيطية و التصميمية و مجال تاثيرها على استدامة العمران

اسس و معايير منشات الطاقة النووية لاستدامة العمران		مبادىء الاختيار و التخطيط
اسس اختيار الموقع	1-الطبوغرافيه والمناسيب	ارض منبسطه ممهده لايوجد بها تباينات كبيرة في الكنتور والمناسيب.
	2- االنواحى البيئية و الطبيعية .	الإستغلال الجيد للنواحى البيئية ، خاصة إستخدام العناصر الخضراء ، والواجهة البحرية المائية
	جيولوجية الموقع و نطاقات الزلازل	ملائمة التكوين الصخري والتركيب الجيولوجي فى المنطقة.(خبراء جيولوجيا) بعد الموقع عن مناطق الزلازل على أساس مدى تحمل المنشأت الخاصة بالمفاعل وخاصة الأجزاء التى تحتوى على الوقود النووي، أو أية مواد مشعة أخرى، أو البراكين، أو أى عوامل تسبب كوارث طبيعية، أو مخرات السيول، اوالفيضانات المفاجئة.
	4- العوامل المناخية - البعد عن الكتل العمرانيه	مراعاة إتجاة الرياح خاصة فى حالات الحوادث النووية، وحالات حدوث تسرب للبخار النووي وهو ما يتطلب توجية المبنى بحيث لا يحدث أنتقال لهذا البخار فى إتجاة المناطق السكنية. حرم للمنطقة لا يقل بأى حال عن مسافة (1000 - 2000) متر من مركز المفاعل
	5-العلاقه بالدول المجاورة	ان يكون الموقع بعيدا عن حدود الدولة خاصة و ان كانت دول غير صديقة
	6- مصادر المياه ومنسوب المياة الجوفية	معرفة إتجاه حركة المياه الجوفية بالمنطقة، لتجنب إحتمال تلوث هذه المياه بأية مواد مشعة من المفاعل.
	7- تاريخ و تراث و ثقافة السكان بالموقع	يجب أن يكون المفاعل محل ترحيب نفسى من قاطنى المنطقة، خاصة وأنه يتم تدريب قاطنى المنطقة على برامج معينة للأمان فى حالات الطوارئ.
	8- الكثافات السكانية	مناطق عمرانية ذات كثافات عمرانية منخفضة.
9- الوظيفة الرئيسية		نوع المفاعل : مفاعل لأنتاج الطاقة الكهربية- أبحاث نووية - طبية - تحلية مياة البحر .
اسس التخطيط و التصميم	10-الموقع العام	حركة تدفق الوقود النووي تتم طبقا لقواعد وأصول ثابتة، مما يؤثر على القرار التصميمى،الى جانب قرب كل جزء من المبنى من المخزن الخاص به، سواء كان هذا المخزن للمواد المشعة، أو لليورانيوم، أو لمياه التبريد، أو للماء الثقيل.
	11- الفكر التصميمى و التجربه البصريه	فكرة التصميم العمرانى تشكيلى – وظيفى – ابداعى و ان يكون التخطيط مركزى اوخطى او اشعاعى مع الاهتمام بتصميم تجربة بصرية غنية ومميزة ، و استخدام للعناصر والمفردات العمرانية

		و المعمارية.
	12-الحفاظ علي البيئه - الحمايه من الاشعاع	**ضرورة تحقق عامل الحماية من الاشعاع طبقا لتقارير الوكالة الدوليه للطاقة الذرية** **حتمية وجود منطقة عازلة بمسافة تصل الى 3 كم و عدم السماح بإنشاء اى كتل سكنية داخل هذا الحرم**
	13-مرونه وسهوله الحركه	**اعمال تأمين الموقع و سهولة و سرعة اخلاء الموقع طبقا لاشتراطات التخطيط و معايير الامان**
	14- موقع مبنى مركز المفاعل	**يقع كمركز رئيسي لجميع مفردات المشروع كون او ان علاقة خطية بأستخدام مركزين لمفاعلين ، تساهمت فى ربط كتل مبانى المفاعل ، فتظهر كوحدة واحدة**

3- الاطار التطبيقى: التوجه النووى ..... مستقبل العمران في مصر

1-3 التطور التاريخى لانشاء المحطات النووية المصرية (الدميرى، 2009)

ا- المفاعل النووي البحثي الأول (ET-RR-1)

بدأ العمل به عام 1961، بمساعدة الاتحاد السوفيتي السابق، وهو مصمم لإنتاج النظائر المشعة وتدريب العاملين والفنيين، وهو مفاعل تجارب فقط،

ب- المفاعل النووي البحثي الثاني متعدد الأغراض (MRR)

أقيم فى انشاص بمحافظة الاسماعيلية بالتعاون مع الأرجنتين وتم افتتاحه في فبراير 1998، بقدرة 22 ميجاوات ويعد إضافة تقنية جديدة في الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، ولا يستخدم في الأغراض العسكرية، ويحقق مردوداً اقتصادياً بإنتاج عديد من النظائر المشعة، المطلوبة للتطبيقات الطبية والزراعية والصناعية، ويؤهل مصر للاعتماد الذاتى في مجالات الاستخدامات السلمية للطاقة النووية

وهو ما كون بنية أساسية جيدة للتصنيع تمكن المصانع المصرية من المشاركة فى تجهيز مفاعل القوى بالمستقبل.

2-3 المشروع المصرى الأول لإنشاء محطات قوى نووية

بدأت خطوات أول مشروع لمحطة نووية لتوليد الكهرباء في مصر في عام 1963، أي بعد حوالي 8 سنوات من إنشاء مؤسسة الطاقة الذرية (هيئة الطاقة الذرية الآن)، وبعد عامين من تشغيل مفاعل البحوث الأول، وكان الهدف هو ضرورة الدخول في هذا المجال الجديد من التكنولوجيا الذي دخلته دول نامية أخرى، مثل الهند، والأرجنتين.

حادثة تشرنوبل وإيقاف مشروع المحطات النووية

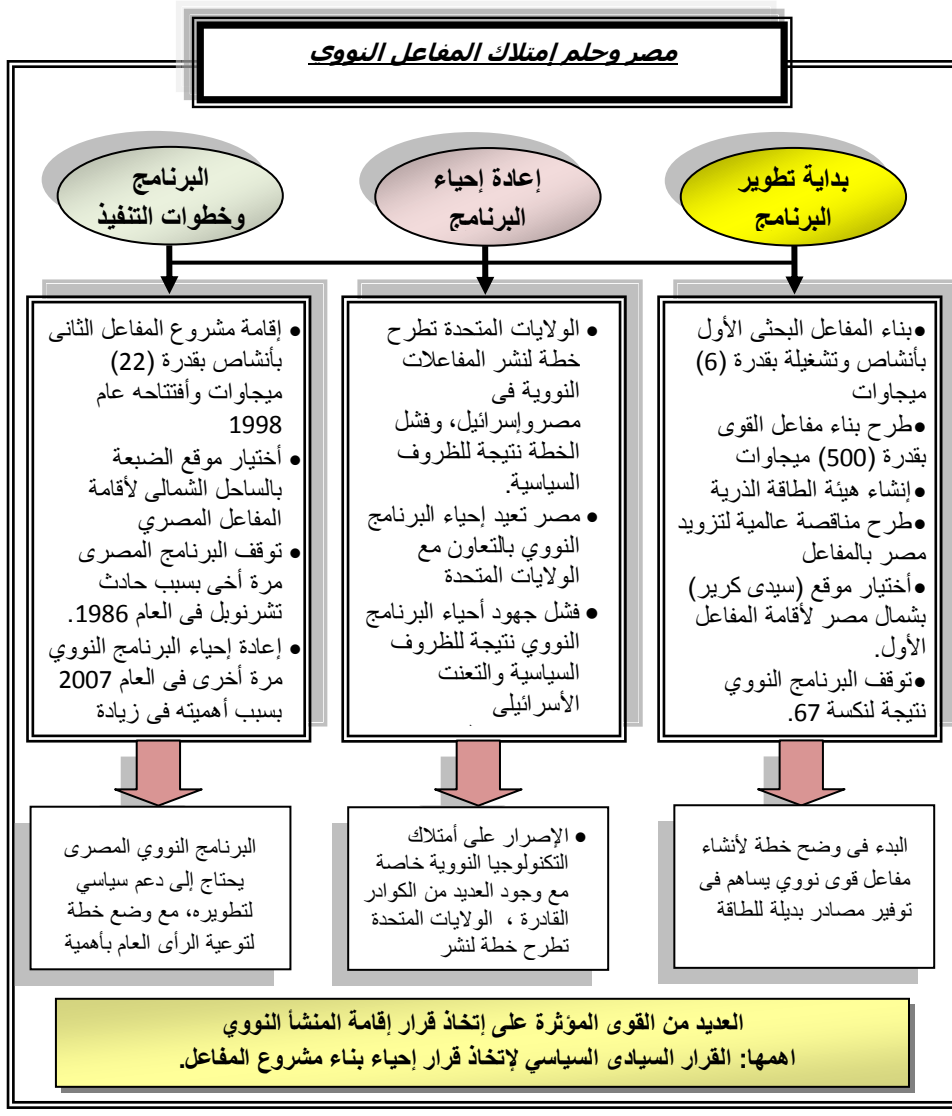
بعد حادثة انفجار مفاعل تشرنوبل وما أثير حولها، وفي ضوء الدراسات التي قامت بها الوكالة الدولية لتأكيد عوامل الأمان في المحطات النووية، تم عرض الموضوع علي القيادة السياسية للبت فيه ولاتخاذ قرار بشأن موضوع المحطة النووية بالضبعة.

ثوره 25 يناير وتعطيل مشروع الضبعه

في أعقاب ثوره يناير عند التحضير لبدء المشروع النووي المصري تم استغلال الانفلات الامني في تحويل محطة الضبعة النووية الى مزرعة اضافة الى طمس معالم المشروع النووي .

أسباب تراجع البرنامج النووي المصرى

لم تستطع مصر خلال هذا الفترة الطويلة من بناء مفاعلها النووي، والذى لو تحقق من خلال المشروعات العديدة التى طرحت لبناؤه، لتغيرت الخريطة السياسية والأقتصادية والعمرانية لمصر فى العديد من النواحى.



شكل 10

تطور الفكر المصرى فى امتلاك مفاعل نووى

4 - نحو تخطيط وتصميم منشأت الطاقه النووية في مصر

1-4 أزمة الكهرباء في مصر

وصل العجز فى الشبكة لأكثر من 4 آلاف ميجاوات بما يعادل 20٪ من الإنتاج، مما يعنى استمرار الأزمة وانقطاع التيار لأكثر من 5 سنوات على الأقل، لأن تعويض العجز يحتاج لبناء 4 محطات ضخمة، مثل محطة شمال القاهرة.

2-4 خصائص اختيار الموقع

ادى تفاقم المشكله والاستقراء القديم لها الي توجه الانظار الي الطاقه النووية منذ عقود سابقه وتوالت الدراسات حول العديد من الاماكن المقترحه لانشاء المفاعل المصري الاول للمساهمة فى توليد الكهرباء.

- منطقة الزعفرانة علي خليج السويس.
- منطقة سفاجا علي البحر الأحمر.
- منطقة الضبعه بالساحل الشمالي.

وقد تمت المفاضلة بين تلك المواقع من خلال عناصرعمرانية هى :

النشاط الزلزالي - درجات الحرارة و نسبة سطوع الشمس - ملائمة نوعية التربة للبناء

الخصائص والظواهر البحرية – الجيولوجيا - المياه الجوفية - الخصائص الطبوغرافية - توزيع وخصائص السكان - المحتوي الحيوي والتنوع البيولوجي الطبيعى.

واستخلصت الدراسة الآتي :

- 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.

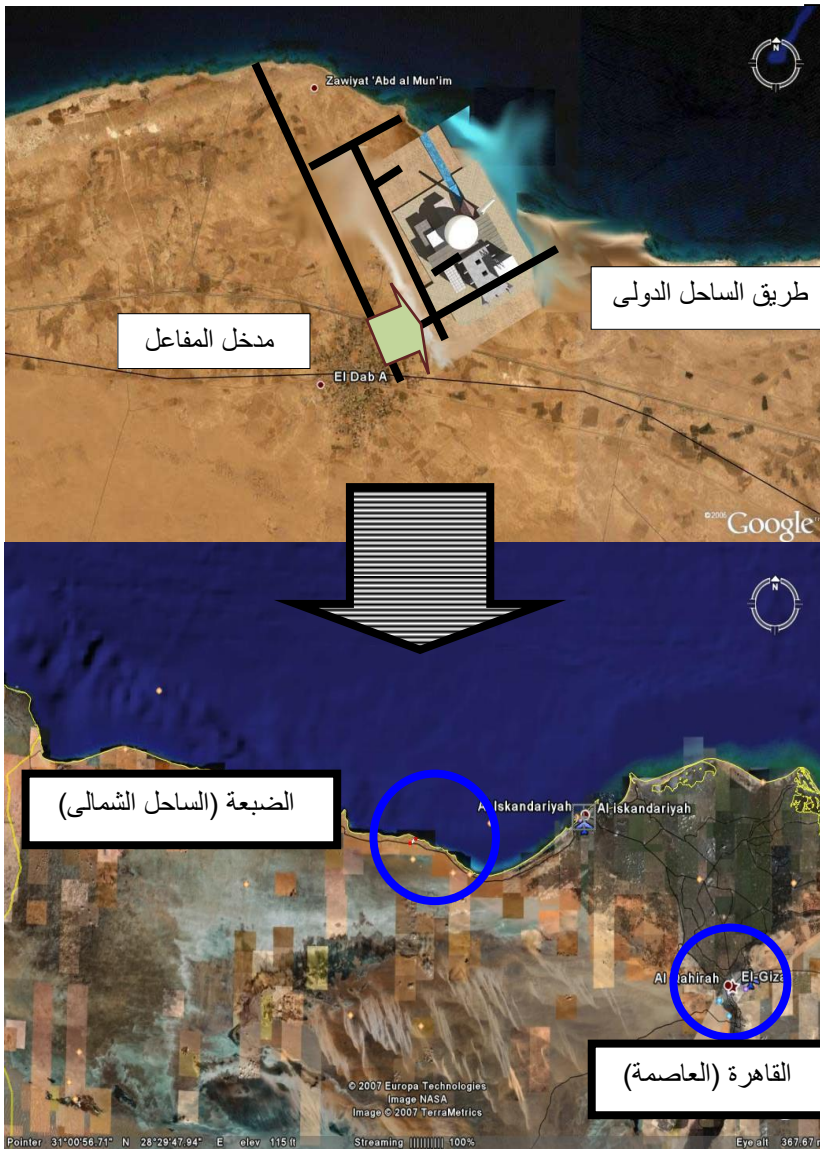
3-4 دراسات موقع الضبعه

أ- التصور المقترح لتصميم المحطة النووية (دراسة افتراضية هندسة الاسكندرية ،2011)

المكونات الأساسية لمبني المفاعل

1- مركز المفاعل الرئيسي
2- مبنى التأمين الرئيسي
3- مبنى التحكم والسيطرة
4- مبنى التوربينات
5- محطة تحلية مياة البحر
6- منطقة تسريب البخار
7- مبنى النفايات النووية والتخزين
8- مدخل مياة البحر (المستخدمة فى التبريد)

شكل [11]
موقع مشروع الضبعه
المفاعل المصرى المقترح (ضبعة 1) (DABAA1)



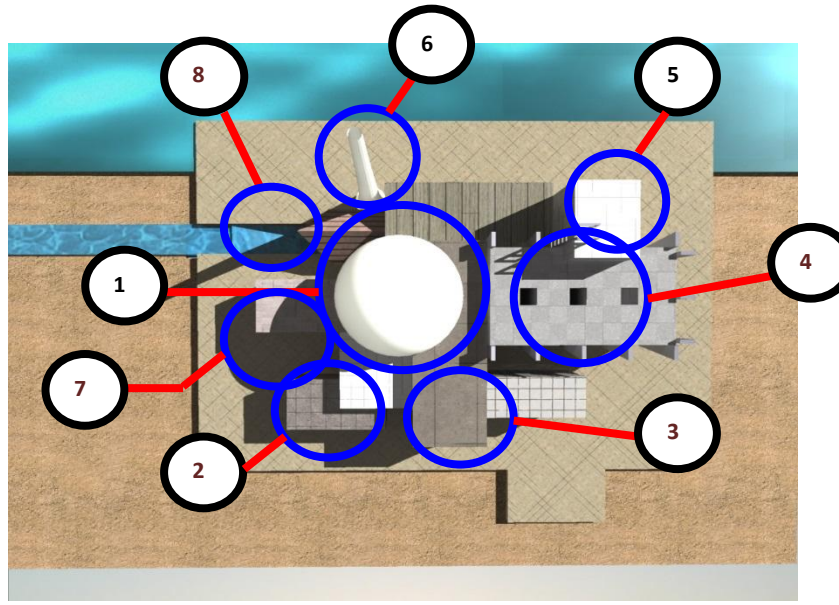
الموقع المقترح للمفاعل النووي المصرى (ضبعة 1)

بقدرة (1000) ميجاوات بمنطقة الضبعة على الساحل الشمالى الغربى لمصر.

تصور للتصميم المقترح

شكل [12]

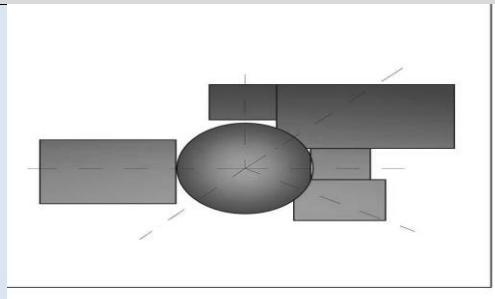
التصور المقترح لأجزاء المفاعل المصرى بالضبعة



1- مركز المفاعل الرئيسي.
2- مبنى التأمين الرئيسي.
3- مبنى التحكم والسيطرة.
4- مبنى التوربينات.
5- محطة تحلية مياة البحر.
6- منطقة تسريب البخار.
7- مبنى النفايات النووية والتخزين.
8- مدخل مياة البحر (المستخدمة فى التبريد).

الفكرة التصميمية

تعتمد على مركز رئيسي يعتبر مركزا إشعاعيا لبقية المشروع، وويتفرع منه مراكز لبقية الفراغات.

النظريه التصميمه	التصميم المركزي	
	- سهولة الأدراك. - الانتشار. - الاتزان. - التدرج - سيطره الكتله الرئيسيه وسهوله ادراكها	

جدول 2 الفكرة التصميمية لمفاعل الضبعة

4-4 تطبيق النموذج المقترح لتقييم الموقع والأشتراطات التخطيطية و التصميمية على موقع الضبعة بالساحل الشمالى:

أ – اختيار و تخطيط الموقع

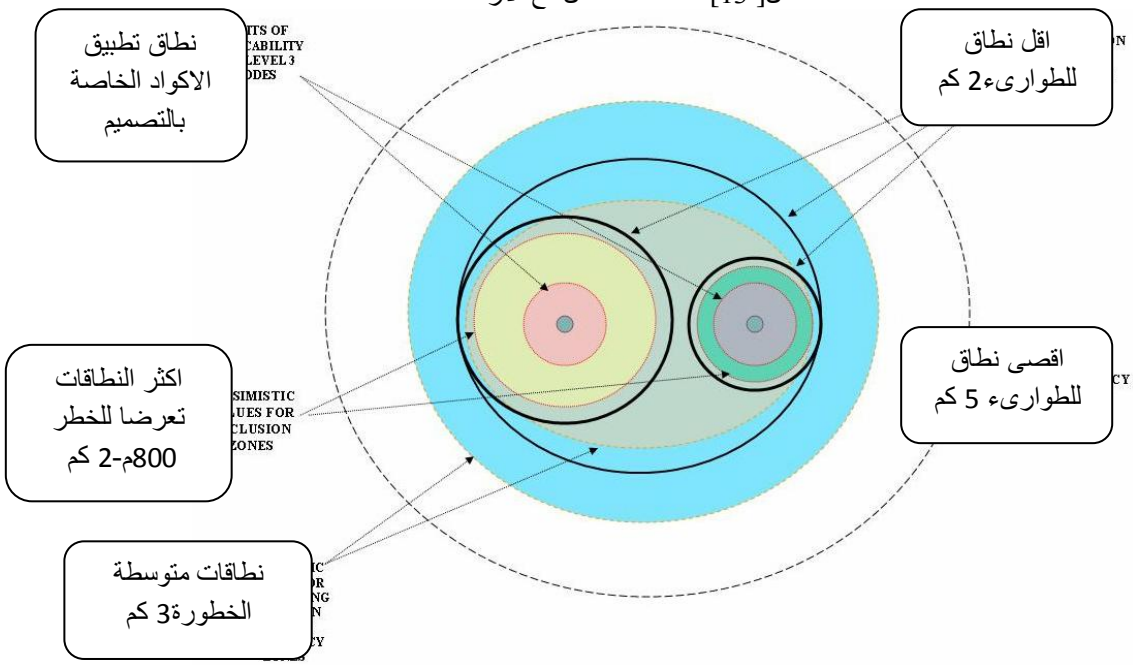
يتم اختيار و تخطيط الموقع باستخدام المدخل المعلوماتى المقترح بتقييم الموقع تبعاً للشروط التالية:

اسس و معايير منشات الطاقة النووية لاستدامة العمران		مبادىء الاختيار و التخطيط
اسس اختيار الموقع	1-الطبوغرافيه والمناسيب	ارض منبسطه ممهده لايوجد بها تباينات كبيرة في الكنتور والمناسيب.
	2- النواحى البيئية والطبيعية	الإستغلال الجيد للنواحى البيئية ، خاصة إستخدام العناصر الخضراء ، والواجهة البحرية المائية
	3 - جيولوجية الموقع و نطاقات الزلازل	• خصائص تربة التأسيس صخر شديد الصلابه : طبقة من الحجر الجيري بسمك أكثر من 100 متر وبذلك يكون الحمل الإنشائي للمحطة في أمان تام حيث يكون الحمل صفرا عند عمق لا يتعدي بأي حال من الأحوال 30مترا. • بعدالموقع عن النشاط الزلزالى، والذى يقترب من سلسلة جبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية لمصر، فى حين تتمتع صحراء مصر الغربية بالأستقرار الزلزالى.
	4-العوامل المناخية البعد عن الكتل العمرانيه	• الرياح السائدة تأتي من الشمال الغربي وجغرافيا تكون في اتجاه محافظة المنيا وبني سويف وهما علي مسافة حوالي 600كم من الموقع طبقا لبيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية ومحطة الأرصاد الجوية التي أنشأتها الهيئة منذ عام 1982 بصاري بارتفاع 60 مترا وتسجل مختلف البيانات المناخية علي 3 ارتفاعات (10، 30، 60 مترا من سطح الأرض) . • انعدام أي أثر من الانبعاثات من المحطة بعد مسافة 20 كم حيث تم إجراء تجارب حقلية بموقع الضبعة تحت أسوأ الظروف الجوية وثبت انعدام الكشف عن أي أثر في عينات الهواء.
	5-العلاقه بالدول المجاورة	• بعد المفاعل عن الحدود مع دول الجوار: خاصة أن العديد من الدول قد تبدى إعتراضها فى حالة تشييد المفاعل قرب حدودها.
	6- مصادر المياه ومنسوب المياة الجوفية	• قرب المفاعل من ساحل البحر المتوسط يوفر المياة اللازمة للتبريد أثناء عمل المفاعل. • منطقة الصحراء الغربية صالحة لأقامة العديد من المشروعات التنموية والسياحية، مما يتطلب وجود مصادر رئيسية للتغذية بالطاقة، إلى جانب أن المفاعل النووي هو نواة لأقامة العديد من المشروعات الأقتصادية، الزراعية والصناعية اللازمة للتطور الأقتصادى. • إبتعاد المفاعل عن شريان التنمية الرئيسي فى مصر (نهر النيل)، على الرغم من طرح منطقة توشكى بجنوب الوادى كأحد المناطق المقترحة لأقامة المحطة النووية. • نوعية المياه الجوفية مصدرها الرئيسي من مياه البحر المالحة وهي مياه تميل إلي القلوية ومشبعة بالأملاح .
	7- تاريخ و تراث و ثقافة السكان	لم يكن المفاعل محل ترحيب من قاطنى المنطقة،منذ بداية مقترح المشروع و حتى شهر اكتوبر 2013 و لكن بالمفاوضات تم تسليم الموقع للقوات المسلحة .
	8- الكثافات السكانية	• مناطق عمرانية ذات كثافات عمرانية منخفضة. • إبتعاد الموقع عن المدن الرئيسية و العمران و المناطق ذات الكثافات السكانية المرتفعة و الأنشطة الحيوية بالدولة، وهو ما يقلل من أى تأثير أى حادث على البلاد.
9- الوظيفة الرئيسية		• نوع المفاعل : مفاعل لإنتاج الطاقة الكهربية • امكانية إنشاء مركز طبى ملحق، مع تجهيزة بما يلزم من عيادات

		واجهزة خاصة للعلاج بأستخدام النظائر المشعة (اليود المشع)، مع ملاحظة فصل المسارات الخاصة به عن المسارات الخاصة بالوصول إلى المفاعل الرئيسي
اسس التخطيط و التصميم	10-الموقع العام قابلية التوسع المستقبلى او انهاء الموقع و دفنه	• قابلية الموقع لإتمام عمليات التوسع المستقبلية، فى حالات الرغبة فى زيادة القدرة، أو إنشاء مفاعل جديد. • قابلية المفاعل للإنهاء (التفكيك Immediate dismantling)، أو إنهاء الموقع ودفنه .
	11- الفكر التصميمى و التجربه البصريه	• فكرة التصميم العمرانى تشكيلى – وظيفى – ابداعى و ان يكون التخطيط مركزى اوخطى او اشعاعى مع الاهتمام بتصميم تجربة بصرية غنية ومميزة ، و استخدام للعناصر والمفردات العمرانية و المعمارية.
	12-الحفاظ علي البيئه - الحمايه من الاشعاع	• مطابقة الموقع للأشتراطات البيئية (إتجاهات الرياح، المناطق الزراعية القريبة، المياه الجوفية وتأثرها بالأشعاع، البعد عن مراكز الزلازل، والبراكين، والتأمين ضد الفيضانات والأعاصير
	13-مرونه وسهوله الحركه	• طريقة نقل النفايات المشعة، وهل ستتم عن الطريق البرى، أو البحرى، أو عن طريق تجهيز قطار لنقل هذه النفايات إلى أماكن دفنها، وتأمين وسائل نقل هذه النفايات، على جانب تصميم شبكة طرق خاصة.
	14- الموقع العام تصميم مبنى مركز المفاعل	• تعتمد على مركز رئيسي يعتبر مركزا إشعاعيا لبقية المشروع، ويتفرع منه مراكز لبقية فراغات المشروع، مع ملاحظة التلاصق بين المبانى الخدمية وقلب المفاعل (Core Reactor)، مع إستخدام أكثر الأشكال ملائمة لتصميم المفاعل.
	15 – معايير و اشتراطات الامان طبقا لوكالة الطاقة النووية	تطبيق معايير الأمان التصميمية: • نظام الحماية الأول للمفاعل (First Reactor Protection System (FSS) ويشمل انزلاق قضبان الكادميوم لأيقاف التفاعل، حيث تعمل المغنطيسات الكهربائية، كما أن نظام الضغط داخل المفاعل يهيئ القضبان للدخول داخل المفاعل (inserts the control rods into the core). • نظام إغلاق المفاعل الأول the First Shutdown System ويشمل تدفق الماء لتقليل درجة حرارة المفاعل. • نظام الأحتواء ولإزالة أي طاقة منبعثة أو تقليلها (the Containment Energy Removal System)، ويشمل السيطرة على الأشعاعات المنبعثة وتقليل أثارها سواء على العاملين داخل المفاعل، أو على المدنيين خارجه، مع مراعاة إخلاء المبنى بالسرعة المناسبة، وهو امر مستبعد إلا انه يظل دائماً فى الحسبان. • نظام الحماية الثانى للمفاعل (SRPS) (Second Reactor Protection System: ويشمل عملية فصل منطقة المفاعل تماماً عن بقية مبانى المفاعل ويتم إغلاق المفاعل فى ظرف ثانية واحدة (through the Second (SSS Shutdown System) مع تأمين نقل الوقود إلى البركة أسفل المفاعل.

ب- يستلزم تخطيط الموقع تحديد مجموعة من الدوائر تمثل نطاقات التعامل مع الازمات و درجات الخطورة حول المفاعل النووى و يمكن تحديد تلك النطاقات باستخدام نظم المعلومات المكانية و تتمثل فى الشكل التالى :

شكل[13] نطاقات التعامل مع الازمات



يشترك فى تحديد مسافات النطاقات السابقة من خلال نظم المعلومات المكانية جميع المتخصصون و الهيئات التالية:

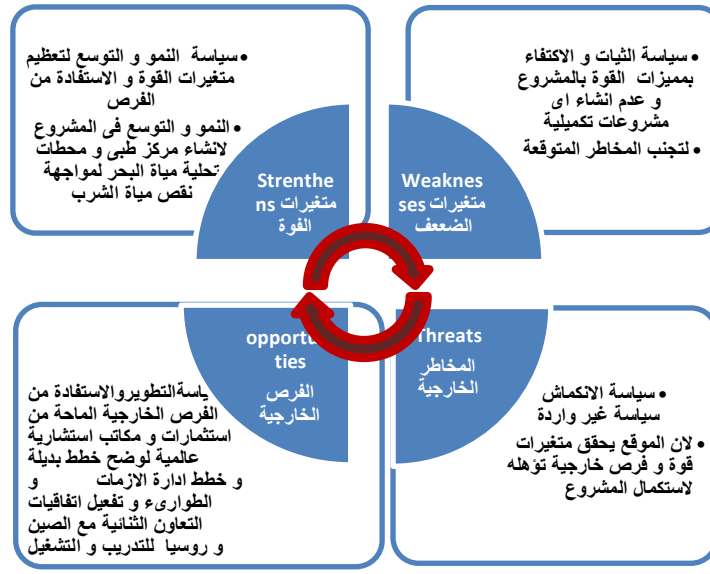
- هيئة التخطيط العمرانى
- وزارة الدفاع المدنى
- • وزارة البيئة ادارة المخاطر
- هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة.
- الهيئة العامة لتخطيط الطرق .
- وزارة الدفاع.

اعادة تحليل موقع الضيعة باستخدام SWOT analysis و ذلك لاختيار نوعية الخطط التنموية الممكنة TOWS للمنطقة من النواحى العمرانية و الاجتماعية و البيئية من خلال:

تنقسم التأثيرات العمرانية المتوقعة من المحطة النووية على استدامة العمران و البيئة الى تأثيرات فى حالة التشغيل الآمن و تأثيرات فى حالة التسرب الاشعاعى (يختص بتحديدها المتخصصين).

1. يمكن تقسيم التأثيرات العمرانية المتوقعة على استدامة العمران و البيئة الى تأثيرات سكانية و تتمثل فى تأثر معدلات النمو السكانى بالانخفاض . تأثيرات عمرانية و سياحية و تنموية مختلفة و متباينة تبعا للسياسة المستخدمة و تظهر بالشكل التالى:

شكل [14] SWOT Analysis



د- التصميم العام

يمكن تصميم المفاعل (Plant) بحيث يحوى (مبنى المفاعل، مبنى التوربينات، مبنى التحكم والسيطرة، مبنى النفايات، مركز الأبحاث، مبنى الوقود)، فى حين يتكون مبنى مفاعل الأبحاث من (3) مبان (مبنى المفاعل، مبنى مركز الأبحاث، مبنى النفايات) ولعل أهم محددات التصميم التى من الواجب مراعاتها:

(1) مرحلة إدارة الوقود بالمفاعل - Advanced fuel cycles
(2) مرحلة عمليات السيطرة على المفاعل Plant operations and controls)
(3) تقديرات الأخطار المحتملة Probabilistic risk assessments
(4) العوامل البشرية Human factors
(5) تقنية المفاعل واقتصادياته Reactor technology and economics

أما تصميم المبنى فيجب أن يربط بين ثلاث انواع من التصاميم هى:

التصميم المعمارى والمدنى، وتشمل أعمال التصميم المعمارى، وإقامة المبانى والتشطيب، اعمال التنفيذ بالموقع، أعمال التسليح والخرسانات.

د- تم دراسة عنصر التصميم المعمارى حيث ان ه يتاثر و يؤثر على الموقع و تم تقييم تاثيره بالجدول السابق لتقييم الموقع المقترح و مرفق برنامج التصميم المعمارى المقترح للمحطة النووية بالملاحق .

6- نتائج البحث

أصبح استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء فى مصر الى جانب الطاقة الشمسية و طاقة الرياح قرار أساسى يستلزم ان سرعة اتخاذ قرار بالبدء فى التنفيذ .

اولا: على مستوى حالة الدراسة مشروع الضبعة:

موقع الضبعة صالح لإنشاء مفاعلات الطاقة النووية

- اتضح من التحليل العمرانى باستخدام النموذج المقترح لتقييم صلاحية الموقع انه مناسب لإنشاء محطات الطاقة النووية.النموذج المقترح لم يستخدم للتفاضل بين مواقع مختلفة و انما اهتم بتقييم الموقع المقترح من حيث اسس اختيار الموقع و متغيرات التخطيط و التصميم العمرانى .
- حقق الموقع جميع العناصر داخل نموذج التقييم المقترح بدرجة كبيرة (بواقع 15/13) من اجمالى العناصر فيما عدا عنصر النواحى الطبيعية وجد ان التصميم العمرانى لا يستغل النواحى البيئية و الطبيعية للموقع الى جانب عنصر تاريخ و تراث السكان حيث انه لم يكن محل ترحيب من قاطنى المنطقة حتى وقت قريب من العام الحالى 2013 .

- ايجابيات و سلبيات التصور المقترح للمفاعل النووى المصرى

الجوانب الإيجابية للتصميم

- التوظيف الجيد للعناصر والمكونات فى إطار متكامل.
- الأهتمام بعمليات التامين للمفاعل من خلال تغيير المسارات، مع تأكيد الشكل العام بأستخدام الكره المميزة التى تغطى قلب المفاعل مما يمنح المفاعل تفردا خاصا.
- تلاصق وحدات الخدمة بالقرب من قلب المفاعل لم يقلل من قوة التصميم، بل ساهم فى جعل مبنى المفاعل وحدة واحدة يسهل ربطها.
- دقة التصميم، ووضوح الممرات، مع التوظيف الجيد للخدمات،إلى جانب استغلال المناظر الطبيعية ساهما فى جمال التصميم.

الجوانب السلبية للتصميم

- المنشا الحيوي المميز لا يعكس الشخصيه المصريه
- مراعاة إستخدام الكرة التى تغطى مركز المفاعل الثانى كشكل مميز.
- برج التهويه مختلف عن التصميم الكلاسيكي لهذا الجزء.

- يساهم الموقع و التخطيط المقترح للمحطة النووية فى تحقيق اسس التصميم العمرانى المستدام من خلال توفير البيئة الصحية الداخلية من خلال استخدام مواد بناء لا ينبعث منها ما يضر الإنسان أو البيئة المحلية ، مع استخدام مواد بناء صديقة للبيئة يمكن اعادة استخدامها.
- ملائمة التشكيل العمراني للبيئة المحلية من حيث الموقع الجغرافي والظروف المناخية المختلفة حتى يمكن تقليل الحاجة الى الطاقة لتحقيق البئية الحرارية المحلية المناسبة لراحة الإنسان الحرارية، كما يجب ان يحقق إنسجاما مع الموقع ومحيطه.

ثانيا: على مستوى التجارب العالمية :

- اتضح من التجارب العالمية كفاءة التصميم العمرانى و المعماري الذي يحقق متطلبات مستخدميه واحتياجاتهم الاجتماعية و الثقافية. مع تفاوت واختلاف نماذج الدراسة التطبيقية من حيث المقياس، الموقع تاريخ ألإنشاء الدولة، إلا أنها جميعاً اشتركت فى كونها أقيمت بغرض إنتاج الطاقة الكهربيه كمحدد رئيسي للتطور فى دول .
- ان التوجه السياسى كان له أثر كبير فى إقامة هذه المفاعلات، كما ان جميعها تدار بواسطة حكومات بلدانها، فى حين ان العديد من الدول المتقدمة أسندت إدارة المفاعلات إلى شركات متخصصة فى هذا المجال، مع إشراف الهيئات المحلية للأمان النووي، والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA).
- نتائج التحليل المقارن من خلال العناصر التالية :

أ -النظريات التصميميه

تناول بالتحليل العديد من مشروعات المفاعلات النووية للوقوف علي النظريات التصميميه التي بنيت عليها ففي التصميم المركزى يتميز الوضوح والبساطة سهولة الإدراك والإتزان ووضوح الفراغ الرئيسى كمركز للمبانى. وفي التصميم الأشعاعى يتميز بالوضوح والبساطة وسهولة الإدراك والإتزان ووضوح الفراغ الرئيسى كمركز للمبانى. وفي التصميم الخطي يتميز بالوضوح والبساطة وسهولة الإدراك والتدرج وسهوله التوزيع.

ب-البعد العمرانى

تم التعامل مع المحيط العمرانى بنجاح من خلال مشروعي (بوشهر – أنجرا - كايجا) حيث تم إستغلال المجال المحيط لخدمة التصميم، وانعكس تأثيره – خاصة فى مشروع مفاعل (أنجرا) – على الشكل العام للمفاعل ومفرداته، وتفاعله مع المجال المحيط.

تعاملت بقية النماذج مع المجال المحيط بروح العزلة والغموض، وهو ما خلق فصلاً واضحاً بين المبنى والمحيط، مع ملاحظة ان كل النماذج تعاملت مع العناصر المناخية بدقة وحرص شديدين تبعاً لظروف الموقع وطبيعته

ج- البعد الوظيفى

أنقسمت نماذج الدراسة إلى ثلاثة أنواع من المشروعات:

أ- مشروعات المفاعلات بالدول الواقعة بقارة أسيا (إيران – الهند)

- حيث أهتم التصميم فيها بتحقيق المعدلات المقبولة لنسب الفراغات والأبعاد، ألا أن مشروع المفاعل (بالهند) اهتم بتنسيق الموقع بنسبة أكبر، وفصل الفراغات والخدمات، مع الاهتمام الشديد بعمليات التأمين.
- الاهتمام بالعنصر النباتى، خاصة فى مشروع (كايجا) بالهند.
- الاهتمام بوجود العناصر الطبيعية بالمشروع (العنصر المائى، الغابات، التضاريس،...).

ب-مشروعات مفاعل (كوبرج) المفاعل الوحيد بقارة أفريقيا (جنوب أفريقيا)

- الاهتمام بنسب الفراغات
- سهولة الأنتقال بين الأنشطة إلا أن المفاعل يعانى مشكلات فى عمليات التأمين.

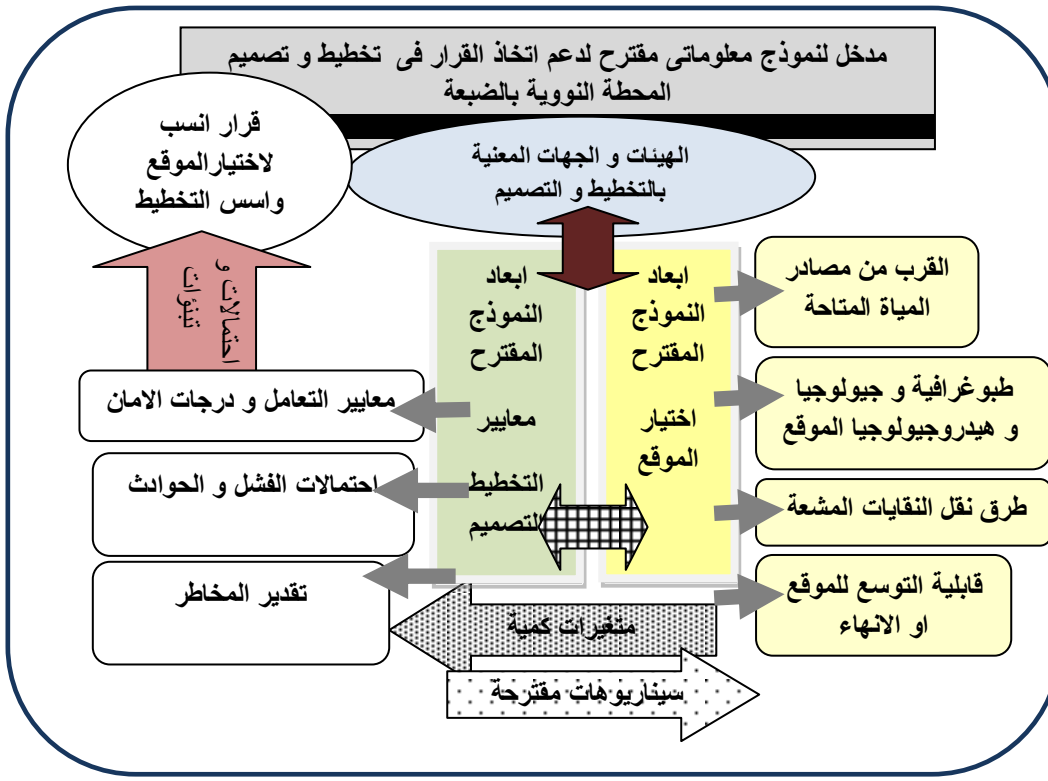
ت-مشروعات المفاعلات بدول أمريكا الجنوبية (الأرجنتين – البرازيل)

- ظهر الاهتمام بنسب الفراغات، والتوزيع الجيد للخدمات، مع نجاح مشروع مفاعل (أنجرا) بالبرازيل فى التوزيع الجيد، مع إضفاء روح الأثارة على المشروع بأستخدام شكل جديد عند إضافة مفاعل جديد للمشروع، مع وضوح وسهولة التنقل بين الأنشطة والمبانى، مع الاهتمام الشديد بعمليات التأمين، ألا أن المفاعل البرازيلى حاول ان يكون صديقا للبيئة بأنشاء مركز للدراسات والبحوث البيئية داخل المفاعل، إلى جانب إنشاء محكى يشرح للزوار كيف ان المفاعل يعمل من أجل تطور المنطقة.
- التوظيف الجيد للعناصر والمكونات بشكل متكامل.
- الاختيار المدروس للمعالجات والمواد والألوان، فعلى الرغم من ان اختيار الألوان والمواد فى مفاعل (أتوتشا) أعطى أحساساً بالغموض والرهبة، ألا أن مفاعل (أنجرا) أستخدم ألوان متوافقة مع المجال المحيط أعطى أنطباعاً محبباً للمتعاملين مع المشروع.

ثالثا :النموذج المعلوماتى المقترح لدعم اتخاذ القرار فى تخطيط و تصميم المحطة النووية بالضبعة

الشكل التالى يوضح مدخل لنموذج معلوماتى يساهم فى دعم اتخاذ القرار باستخدام عناصر التقييم المقترحة لاختيار الموقع و اسس التخطيط و رسم السيناريوهات المختلفة للهيئات و الجهات المختصة من خلال التعامل مع المتغيرات المستخدمة.

شكل 14
مدخل لنموذج معلوماتى مقترح لدعم اتخاذ القرار فى تخطيط و تصميم المحطة النووية بالضبعة



7-التوصيـــــــــات

فى إطار أهداف وتوجهات الدراسة، وفى ضوء النتائج التى انتهت إليها الدراسة النظرية والتحليليه، فإنه يمكن طرح مجموعة من التوصيات للعمل بها، والاستفادة بمحتواها فى مجال تصميم منشات المفاعلات النووية.

- اهمية تبنى برامج توعية ثقافية و تعليمية بمسائل الطاقة النووية.
- الاهتمام الخاص بسكان الضبعة و سرعة صرف التعويضات و التأكد من حصولهم على استفادة مباشرة من المشروع سواء بفرص العمل او الحصول على خدمات .

أولا: توصيات خاصة بالتصيم العمرانى (عند تصميم المفاعل)

- أهمية مراجعه التصميم لعناصر التشكل و التكوين العمرانى حيث ان التصميم في مقترحه الحالي لا تعكس فكرته التاريخ أو الشخصيه المصرية العريقه وانما هو في ثوبه العالمي كمشروع عالمي ، خاصة ان المشروع سيصبح نواه للامتداد المصري العمرانى بالصحراء الغربيه.
- التناغم بين المبانى الموجودة بالموقع، وربطها بممرات واضحة ومؤمنة، تساعد العاملين على الحركة داخل المبنى، مع تمييز الممرات وطبيعة العاملين المطلوب منهم العبور فى هذه الممرات، فالممرات الخاصة بالعاملين، تكون مختلفة ومفصولة عن الممرات الخاصة بالتقنيين، مع توضيح الخريطة العامة للمفاعل داخل مبنى التحكم والسيطرة.
- مجال الابداع ليس منعدما في التصميم في هذه المنشات الوظيفيه الحساسه كما كان واضحا في مفاعل كوبرج بجنوب افريقيا.

ثانيا: توصيات خاصة بالتصميم المعمارى للمحطة النووية

- ضرورة التعامل مع مبانى المفاعل النووي على أنها وحدة واحدة مترابطة، يتحكم بها مبنى التحكم والسيطرة (Control Building)، وتقوم هذه المبانى بخدمة المبنى الرئيسي الذى يحوى المفاعل (Reactor).
- ضرورة تحديد الدلائل والمؤشرات والمحددات التى من شانها الوصول لمقترح تصميمى أوفق يحقق التوازن بين ظروف وأمكانات الموقع، والوظيفة المطلوب أداؤها، فيفضل الأبتعاد عن المواقع التى تطل على النهر، أو المياة العذبة، والأبتعاد عن الأماكن ذات النشاط الزلزالى، وذلك ليس لصعوبة إقامة المفاعل فى هذه المناطق، ولكن لزيادة المخاطر التى يمكن ان تقابل المصمم عند اختيار هذه المواقع، وهو ما يسبب زيادة التكلفة، والحرص الشديد عند التنفيذ.
- معالجة التصميم من منظور نسق محدد وواضح (Theme) يهدف لتحقيق أهداف محددة تعتمد على بلورة قيمة المكان والزمان (Potential of the Site) فى نطاق الأمكانات المتوافرة، لأخراج منتج تصميمى متكامل يسأهم فى الأرتقاء بالبيئة المحيطة.
- أهمية التوجه لتوظيف الأساليب والمنهجية التكنولوجية المتطورة بداية من وضع الفكر المبدئى الرئيسي ومروراً بتحديد الأنشطة وتوزيعها واختيار العناصر والمكونات، وطرق المعالجة الجيده، وطرق الإنشاء المتوافقة مع التصميم، بهدف تطوير التصميم وقدرته على أن يكون بنفس المستوى العالمى فى التصميم.
- رصد النماذج القائمة، مع دراسة العناصر الملائمة والتى يمكن الأستعانة بها فى تصميم المفاعل فى البيئة المصرية.
- تطوير النماذج الملائمة لطرحها للتصميم فى مصر، مع الأستعانة بالخبرات الدولية فى مجال تصميم المفاعلات النووية، مع طرح إمكانية التعاون فى هذا المجال على الدول، والمكاتب والشركات ذات الخبرة السابقة فى هذا المجال.
- وضع مقترح لبرامج الصيانة والتأمين بعد التشغيل، بصورة دورية، مع الاستعانة بالخبراء والمختصين فى هذا المجال، لأستمرار المفاعل فى أداء دورة بكفاءة.

ثالثا: توصيات خاصة بالتنفيذ

- سرعه البدء في المشروع وذلك لحل الأزمة الكهربيه التي تمر بها مصر حاليا وتتزايد مستقبليا

- مراجعه التصميم الخاص بمحطه الضبعة ليعكس الشخصيه المصرية والتاريخ المصري العريق خصوصا ان المشروع سيصبح نواه لخطه تنمية شعب باكمله في ضوء المشروعات المطروحه للتنمية في الصحراء الغربيه.
- دراسة النماذج المستقبليه وتاثير نجاحها علي المشروع النووي المصري وعلي مشروع الضبعة.
- دراسات مستقبليه عن تفكيك واخلاء المواقع النووية بعد انتهاء اعمارها الافتراضيه.
- كيفية تطوير طرق تصميم مبانى المفاعلات لتتلائم مع طبيعة البيئة المحيطة.
- إدارة مشروع المفاعل النووي، ووضع برنامج لتنظيم عمليات التنفيذ بالموقع.
- التصميم الداخلى لفراغات مبانى المفاعل النووي، مع التركيز على طبيعة مواد التشطيب الملائمة.
- دراسات استراتيجيه لاختيار المواقع المستقبليه الممكنة لانشاء المفاعلات النووية وتاثيرها العمراني.
- وضع برنامج معلوماتى لتقييم مبانى المفاعلات النووية فى مصر .

المراجع

1. Andrews,A., Folger,P.,2012, Nuclear Power Plant Design and Seismic Safety Considerations, Congressional Research Service,7-5700 .
2. Austin, Richard I., 2004,"Designing The Natural Landescape",Van Nostrand company limited Inc,New York,USA.
3. Carelli,D., 2003, "IRIS: A Global Approach To Nuclear Power, Renaissance," Nuclear News, p32–42
4. INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, IAEA, Vienna (1996). P80
5. Kubanyi, J., Lavin,R., Serbanescu ,D., Toth,B., Wilkening,K., 2012, Risk Informed Support of Decision Making in Nuclear Power Plant Emergency Zoning , European Commission, DG JRC Institute for Energy ,Netherlands.
6. National Security Staff and Office of Science and Technology Policy ,2008 , Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation, Federal Emergency Management Agency (FEMA), USA.
7. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). 2005. Key Elements of Preparing Emergency Responders for Nuclear and Radiological Terrorism, Commentary No. 19 (Bethesda).
8. New Nuclear Power Plant Licensing Demonstration Project, 2005, DE-AI07-04ID14620, Bechtel Power Corporation Global Nuclear Fuel – USA.
9. Research reactor utilization, safety, decommissioning, fuel, and waste management ، 2005، international atomic energy agency, Vienna.
10. US Department of Homeland Security. 2008. Planning Guidance for Protection and Recovery Following Radiological Dispersal Device (RDD) and Improvised Nuclear Device (IND) Incidents, Federal Register, Vol. 73, No. 149.
11. الموقع الدولى للوكالة الدولية للطاقة الذرية
http://www-nds.iaea.org/sgnucdat/c1.htm
12- ابراهيم مصطفى الدميرى ، 2009، التوجهات الحديثة فى العمارة و العمران ، رسالة ، ماجستيرغير منشورة ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، الجيزة.
13 - العسيرى ابراهيم ،2012 ، البرنامج النووى المصرى لانتاج الكهرباء ، مجلة جمعية المهندسين المصرية ، العدد الأول – الرابع ، القاهرة
14 - بدوى محمود الشيخ ،2002 ، "الموسوعة النووية " ،دار المعارف ،القاهرة، جمهورية مصر العربية.
15 - دراسات افتراضية لقسم الهندسة النووية - كلية الهندسة - جامعة الاسكندرية 2011.

16-Nuclear Engineering International. 2013. October http://www.neimagazine.com/news/newsnuclear-accounts-for-19-of-uk-electricity-generation

17 -.http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_Regulation_Authority- 2013-April

18 - Backgrounder on New Nuclear Plant Designs – 2013 - September http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/nuc-plant-des.html

19 -.Nuclear Power in the United Kingdom, 2012- http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Kingdom

20 -http://www.nsr.go.jp/english/regulatory/index.html

21. http://mehanyon.net/topics/9454/index.ph

الملحق

توصيف التصميم المعمارى المقترح للمحطة النووية بمشروع الصبعة

أ-الفراغات المعمارية

1- فراغ المفاعل (بأرتفاع داخلى 21 مترا) على أن يتم تمييزة بتغطيتة اما بأستخدام القبة (كاحد المفردات المعمارية المستوحاة من العمارة الأسلامية) أو إستخدام القبة الجيوديسية فى التصميم (كرمز من رموز العمارة الحديثة لأعطاء إنطباع بدخول مصر إلى مجال هام ومتطور)، بقطر داخلى (8.00 مترا) ليحتوى مفاعل ماء ثقيل (PHWR) وهو اكثر انواع المفاعلات المستخدمة حالياً، أو (ABWR) المستخدم حاليا فى المفاعلات المتطورة بالولايات المتحدة.
2- فراغات المتابعة والمراقبة (6×6) م2.
3- (3) معامل للتجهيز ومتابعة نشاط اليورانيوم (12×15) م2.
4- بركة التخزين لليورانيوم المستهلك أسفل المفاعل (بعمق 5 أمتار) .
5- معامل تخزين وتجهيز قضبان الجرافيت المهدئة للتفاعل.
6- معامل دراسة خمول ونشاط الكعكة الصفراء (اليورانيوم) (Yellow Cake) .
7- فراغات دراسة تحويل اليورانيوم إلى بلوتونيوم.
8- فراغات إمداد المفاعل بالماء الثقيل المجهز (10×10) م2

ب-مبنى الأبحاث ويشمل:

- الاستقبال
- أماكن انتظار سيارات مراقبة ومؤمنة.
- المداخل (يلاحظ أستخدام ثلاث درجات لعمليات التأمين تبعاً لدرجة الزائر، او العامل.
- فراغات الأمن (تحديد شخصية الزائر بأستخدام الأشعة تحت الحمراء، وبصمة العين بالنسبة للعاملين).
- الأستراحات وقاعات كبار الزوار (25×25) م2.
- الإدارة : وتشمل الفراغات الأدارية، وخدماتها.

ج-المعامل وتشمل:

أ- عدد (5) معامل للفيزياء النووية بمساحات (12×20) م2
ب- عدد (5) معامل للدراسات البيولوجية (20×12) م2
ت- عدد (4) معامل للكيمياء ودراسة سلوك الذرة (20 × 15) م2
ث- عدد (5) معامل دراسة تحويل الماء العادى إلى ماء ثقيل (يتم التحويل بأستخدام اجهزة للطرد المركزى باحد المواقع القريبة من المفاعل)
ج- عدد (4) معامل طبية (12×15) م2

- مطعم مجهز لإعداد الوجبات السريعة يسع (100) فرد، ملحق به مطبخ على (3/1) المساحة الخاصة بالمطعم
- فراغات، ومكاتب إدارية خاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)
- مخازن مؤمنة للمواد المستخدمة فى الأبحاث (بمساحة لا تقل عن 100م2)
- مخازن خاصة باجهزة المحاكاة والطرد المركزى
- مخازن خاصة بالملابس الواقية
- عدد (2) قاعة للمحاضرات تسع القاعة (150) فرد مجهزة، بخدماتها
- تأمين الممرات، على ان لا يقل عرض الممر عن (2,4) م
- من الممكن إنشاء مركز طبى ملحق، مع تجهيزة بما يلزم من عيادات واجهزة خاصة للعلاج بأستخدام النظائر المشعة (اليود المشع)، مع ملاحظة فصل المسارات الخاصة به عن المسارات الخاصة بالوصول إلى المفاعل الرئيسي.

د-مبنى التحكم والسيطرة (Control building)

أ- فراغ التحكم والسيطرة على المفاعل (Control Room) (25×15) م2.

ب- فراغ الأستقبال والأمن (100م2).

ت- الفراغ الأدارى (100) م2.

ث- فراغات ومعامل المحاكاة (Simulator) (15×15) م2

ج- مكاتب متابعة هندسية (3.5×5.5) م2.

- مبانى التوربينات (تحويل الطاقة الحرارية الناتجة إلى طاقة كهربية).