JAUES

Journal Of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 14, No. 51, April, 2019, 691-701

OFFICE BUILDINGS DESIGN AND ITS IMPACT ON ENERGY SAVING (RECENT TECHNOLOGY SYSTEMS AND MATERIALS)

Emad Fahim matta[1] and Sally Hosny Alkholy[2]
[1]Architecture in Helwan University - Mataria branch
[2]Architecture Engineer in New Cairo Authority

ABSTRACT

Decreasing Energy wasting in Egypt was and still very essential, especially in the office buildings that needs huge expenses during operation process due to the increase of energy consumption. To achieve the least average of energy consumption in office buildings it was necessary to make good use of recent modern technology in architecture, accordingly the study is divided into two parts which are the theoretical study and the analytical study. Theoretical study brings to light the up to date methods and different styles to depend on in order to save energy in types of modern architecture either in the design in general or in the facades of these buildings in particular. The analytical study is concerned with studying global examples that care about using modern materials and systems that save energy and also measure the rate of using those different materials and systems in order to figure out the best of those modern materials and systems that the architect can depend on during the design of office buildings facades.

Key Words: Office Buildings - Elevations Design - Recent Building Materials - Recent Building Systems - Energy Saving.

تصميم المبانى الإدارية وأثره على توفير الطاقة (المواد و الأنظمه التكنولوجيه الحديثه) *

عماد كامل فهيم[١] و سالي حسني الخولي[٢]
[١]قسم العمارة كلية الهندسة بالمطرية
[٢]جهاز مدينة القاهرة الجديدة

الملخص :

إن خفض معدلات إستهلاك الطاقة في مصر كان ولايزال أمر ضروري جدًا، وخاصة في المباني الإدارية التي تحتاج إلي تكاليف ضخمة أثناء عملية التشغيل نتيجة ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة في تلك النوعية من المباني. وحتي يمكن تحقيق أقل معدلات في إستهلاك الطاقة في المباني الإدارية كان من الضروري الإستفادة من أحدث ماتوصلت له التكنولوجيا الحديثة في العمارة، وبناء علي ذلك أنقسمت الدراسة إلي جزئين رئيسيين وهما الدراسة النظرية والدراسة التحليلية، حيث تم في الدراسة النظرية التعرف علي أحدث الطرق والأساليب المختلفة التي يتم الإعتماد عليها لتوفير الطاقة في المباني الحديثة سواء كان في التصميم بصفة عامة أو في واجهات تلك المباني بصفة خاصة، كما تم في الدراسة التحليلية دراسة لبعض الأمثلة العالمية التي تم فيها مراعاة إستخدام مواد وأنظمة حديثة موفرة للطاقة، وقياس نسب إستخدام تلك المواد والأنظمة المختلفة بهدف إستنتاج أفضل تلك المواد والأنظمة الحديثة التي يمكن أن يعتمد عليها المعماري في تصميم واجهات المباني الإدارية.

الكلمات الدالة : المباني الإدارية، تصميم الواجهات ، مواد البناء الحديثه، ا لأنظمه التكنولوجيه الحديثه، توفير الطاقه.

* بحث للنشر من متطلبات الحصول علي الدكتوراه " تصميم المباني الإدارية واثره علي توفير الطاقة"

مقـــــــــدمة

لقد تطورت ثقافة البنـــــــاء عبر عصور عديدة كنتيجة للتفاعل بين الإنســـــان والبيئـــــة والتكنولوجيـــــا، ولكن التطور الذي حـــدث في مفاهيم البنـــــاء في نصف القرن الماضي كان نتيجة للاندماج بين العلم والتكولوجيـــا، وعـــــادة ما كان ينعكس هذا الاندماج على المباني ، مما أدي إلي أن العديد من اتجاهات العمـــــارة إتجهت لإســـــتخدام التكنولوجيا لخدمة البيئـــــة والإنسان، وذلك من خـــــلال توفير أكبر قدر ممكن من الطاقه.

كما شهدت الفتره الأخيره عدة خطوات هائلة فى التطور التكنولوجى مما أدى إلى تطور ملحوظ فى الأنظمه و المواد الموفرة للطاقة المستخدمه فى المبـــــــــــانى ، مما أثر بشكل مباشر علي توفير الطاقة في تلك المباني.

ولقد ظهر ذلك فى العديد من الأمثله العالميه فى الفترة الأخيره التى تم فيها مراعاة استخدام الأنظمه التكنولوجيه الحديثـــه ومواد البناء المستحدثه التى تحقق توفير استخدام الطاقه، و بالتالى اصبح من الضرورى دراسة تلك الأمثله الناجحه فى توفير الطاقه من خلال استخدام الأنظمه و المواد الحديثه، وذ لك بهدف استخلاص الأسس و المعايير التى يجب على المعمارى مراعاتها فى تصميم الواجهات حتى يحافظ على المنظومه البيئيه بالكامل، فمنذ بدايه النصف الثاني من القرن العشرين وحتى الأن حدثت تطورات هائلة ترتقي إلى مرتبه الطفرات في مجال التكنولوجيا عموماً ، وفي مجال العمارة والبناء على وجه التحـــــــــديد، مما دفع العديـــــــد من المعماريين الى البحث ومحـــــاولة الوصول إلى مبـــــاني توفر الطاقة.

مشكلة البحث

تتلخص المشكلة البحثية فى أن **معدلات إستهلاك الطاقة في المباني الإدارية في مصر** ضخمة جداً وتعتبر بمثابة عائق ضخم في نجـــاح تشـغيل تلك المباني، وذلك بسبب عدم الإستفاده من التطور التكنولوجي فى تصميم تلك المبانى.

هـــــدف البحث

الهدف الرئيسي للبحث هو التعرف علي أهم مواد البناء الحديثة والأنظمة التكنولوجية الحديثة التي يمكن أن يستخدمها المعماري في تصميم المباني الإدارية بصفة عامة و في تصميم واجهات تلك المباني بصفة خاصة، وذلك حتي يتمكن من تحقيق أقل معدلات ممكنة في إستهلاك في الطاقة أثناء تشغيل تللك المباني بإستخدام تلك المواد والأنظمة التكنولوجية الحديثة.

منهجية البحث

تنقسم الدراسة الى جزأين رئيسيين ، وهما الدراسة النظرية والدراسة التحليلية.

(أولاً) الدراســـة النظرية:

تتناول الدراســـــة التعرف على الأنظمه والمواد التى تعمل بشكل كبير على توفير الطاقه وذلك من خلال التعرف على عمارة التكنولوجيا المتقدمه والأنظمه والمواد الموفرة للطاقة.

(ثانيا) الدراسة التحليلية:

تهدف الدراسة الى تأثير التطور التكنولوجى على تصميم المبانى ودورها فى تحقيق كفاءة استخدام الطاقة، كما تشمل دراســـــة تحليليه لمجموعة من المشروعات المعمـــــــارية العالميـــة، والتى تم فيها مراعـــــاة توفير الطاقة من خـــــلال تطبيق بعض الأنظمة وإستخدام مواد البناء الحديثه، كما تشـــمل الدراسه قياس نسب إســـتخدام تلك الأنظمه و المـــــواد فى تلك المبانى بهدف الوصـــول الى أفضـــل تلك الأنظمه والمـــــواد التى يمكن إســتخدامها في المبـــاني الإدارية لتوفير إستهلاك الطاقه.

(ثالثا) النتائج والتوصيات

(أولاً) الدراســـة النظرية:

الأنظمة والتقنيات المتطورة الموفرة للطاقه:

أ- عمـــــارة التكنولوجيا المتقدمة:

وهي مبـــــاني مجهزة بطريقة تقنية وفقاً لحاجات المستخدم والتغير في البيئـــة والظروف المحيطة، و يتم برمجتها مسبقاً على إحتمالات متوقعة الحدوث، وهذه المباني تهدف الى الأداء الأمثل مع إستخدام الحد الأدنى من المواد والطاقة .

خصائص عمارة التكنولوجيا المتقدمة:

- البناء التقني والعناصر الفنية، وترتيب منظم لعناصر المبني واستخدام العناصر الجاهزة مثل الجدران والزجاج والفولاذ.
- استهلاك أقل للطَّاقة بأن تمنع تسربها باستخدام جدران عازلة، واستفادة كاملة من الطَّاقة الشَّمسية.
- يُمكنها التَّنبؤ بدرجات الحرارة المُناسبة، لذا يُمكنها أن تفتح نوافذها أتوماتيكيًّا أوغلقها، وذلك بحسب تهيئة هذه الأنظمة آليًا.

مميزات عمارة التكنولوجيا المتقدمة:

- توفير اكبر قدر من الطاقة وذلك عن طريق تطوير بعض الأنظمة التي تقوم بتوفير الطاقة.
- تساعد على الكشف المبكر على الأعطـــال الفنية التى قد تؤثر على المبنى.
- توفير راحة أكبر لمستخدمى المبنى.

- تخفض من تكاليف الصيـانة.
- توجه لاستيعاب وادراك الأشكال الجمالية نتيجة التراكيب المعدنية (الحديدية) مع الالواح الزجاجية.

تطبيقات عمارة التكنولوجيا المتقدمة:

يمكن تطبيق عمارة التكنولوجيا المتقدمة في المباني من خلال (مواد البناء الحديثه ، وتطبيق أنظمة التكنولوجيا الحديثه).

§ مواد البنـــــــاء الحديثـــــــة:

- **زجاج النوافذ الموفرة للطاقه:**

تعتبر نوعية الزجاج المســـتخدمه فى النو افذ الموفرة للطاقة من أهم الوسائل المستخدمه حديثاً وهى تقوم بتوفير اكثر من٤٠% من إستهلاكنا للطاقة، بالإضافة إلى التحـكم بدرجة حرارة المبنى سواء بالتبريد أوبالتدفئـــة، كما تعمل هذه النوافذ على إدخال الإضاءه الطبيعيه للمبنى.

- **البـــــلورات الســـــــــائلة:**

هي عبارة عن جسيمات معلقة يتغير لونها بالكهرباء، توجـــد في النوافذ الميكانيكيه، يتم من خـــلالها التحكم في كمية الضوء من خلال زيـــادة او تقليل المجال الكهربي المار في النافذة، وهذه الجسيمات الدقيقه تقوم بإمتصاص الضوء.

§ الأنظمة التكنولوجيا الحديثة:

النظام هو اي شيء ينتج عنه سيطرة بعيدة سواء آ لية أو يدوية ويكون لهذا النظام مزايا كثيرة جعلت منه نظام عالمي في مختلف المجالات كاستخدامه في مباني سكنية، إدارية، تجارية...الخ، فهو يقدم راحة كبيرة للمستخدمين وتوفير أكبر قدر من الطاقه، كما تعتمد هذه المبانى على المعالجات الذكيه مثل المعالجات الشمسيه ومعالجات الإ ضاءه والتهويه والتى توفر للمبنى الحصول على الطاقه الطبيعيه من ضوء وهواء ولكن عندما لا تتوافر الظروف المناخيه والبيئيه المناســ به لراحة المستخدم، يتم اللجوء الى الأنظمه الميكانيكيه والتى يتم التحكم فيها عن بعد أو عن طريق أجهزة الاستشعار " sensors " الـ تى تشعر بالظروف البيئية الخارجية وتغير الظروف الداخلية حتى تتوافق مع درجات الحرارة المناسبة للراحة البشرية .

ومن أهم تلك الأنظمة المستخدمة:

- **نظـــام الألواح الزجـــاجية المتحـــركة:**

وهذه الألواح الزجـــ اجية متحركة على هيكل ثانوى ، وفي نفس الوقت تحـمل وحـدات كهروضوئية وخـــلايا الفوتو فولتيك لتحـول الطاقة الشمسية إلى كهربائـة، ويظهر من خـلال هذه المادة الحمايــة الشمسية .

- **نظام حل المشكلة Troubleshoots:**

وهو عبارة عن نظام تحكم يتم ادراجه من ضمن الأنظمة الداخلية في المبني وذلك للتحكم و تحديد كمية تدفق الهواء للتهوية و الحرارة و نسبة التبريد.

- **أنظمة التهويـــــة ومنظمات الحـــــرارة:**

يجب أن تعتمد هذه المباني على الأنظمة الطبيعية فى التهوية كحل أولى ولكن فى ظل الظروف المناخية المتغيرة، وعلى حســـب متطلبات مستخدمى المبنى يتم اللجوء إلى الأنظمة الميكانيكية لتهوية الفراغ.

- **نظام BREATHING WINDOW:**

هو نظام من أنظمة التهوية الحديثة يسيطر على كمية الحرارة الداخلة للمبنى وذلك عن طريق مروحتان فى أعلى النافذة تعملان فى عكس إتجاه حركة الهواء الجوى فيعملان على خروج الهواء الملوث ودخول الهواء النقى، وهذا النظام يمكن أن يستخدم تحت أى ظروف مناخية ففى المناطق الباردة يقوم بتسخين الهواء البارد وفى المناطق الدافئة يقوم بتبريد الهــواء الساخن وذلك عن طريق أجــهزة الإستشعار تعمل على موازنة درجة الحـــرارة داخل الفراغ وخارجه .

- **نظام العواكس والعوارض الميكانيكية:**

يتم تحريك العواكس والعوارض بطريقة ميكانيكية عن طريق أجـهزة الإستشعار"Sensors" فى حالة الرغبة فى زيادة وتقليــل كميـة الهواء وفتح او قفل بعض الشـــبابيك ومراكز التهويـة، كما يســـــتخدم Sensors لقياس نسـبة ثاني أكســـيد الكربـون في الغرفة ودرجـة الحـراره الخارجيـة ودرجـة الرطوبة وكمية هطول الأمطـار.

- **أنظمة الإضاءة:**

يعتبر نظام الإضاءة من أبرز الأنظمة فى هذه المبانى ووجود الإضاءة الطبيعية تساعد على توفير الطاقة المستهلكة كما تساعد على عمـــل أنظمة الإضـــاءة الميكانيكيـــة أتوماتيكيـــاً. شكل (١)

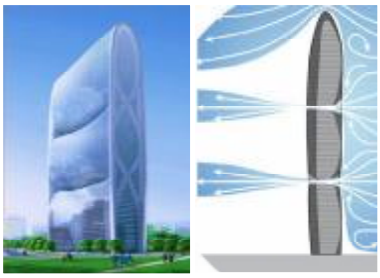
شكل (١) يوضح أنظمة الإضاءة الميكانيكية

- **نظام اللوحات الضوئية:**

يتم إستخدام نظام اللوحات الضوئية على الواجهات الخارجية بحيث أن هذه الألواح تمتص أشعة الشمس المفيدة وتعكس الضـــار منها. شكل (٢)

شكل (٢) يوضـ

- **توربينات الرياح:**



يتم استخدام هذا النظام في المباني التي تحتوي على طابقين رئيسيين ميكانيكيين حيث يتواجد بهما توربينات لتمر من خلالها الرياح ويتم توليد الكهرباء اللازمة للمبنى، وتكون هذه التوربينات مدمجه في جســم المبنى ويكون إتجاه المبنى في الإ تجاه المواجه للرياح للإس ـــــ تفاده من طاقة الريـــــــاح. شكل (٣).

- **أبـــــار الضوء :**

شكل (٣) توضح حركة الرياح داخل المبني

يتم تفعيل ضوء النهار عن طريق إستخدام أبار الضوء التي تقوم بإلتقاط ضوء الشمس وعكسه إلى داخل المبنى، وتوفر الأنظـــــــمة الأيكولوجيـــــــة داخل هذه الأبـــــار التحـــــــكم في كميـــــ ة الإضاءة المنعكســـــــــة على الفراغات داخل المبنى.

- **مقارنة بين أنظمة عمارة التكونولجيا المتقدمة :**

جدول (١) مقارنه بين انظمة عمارة التكنولوجيا المتقدمة

النظام	المميزات	العيوب	الأستخدام
نظـــام الألواح الزجـــاجية المتحـــركة	يتم تحريكها بواسطة Sensors مرتبطة بكمية الأشعة الشمسية	يجب صيانتها بشكل دوري والا تتوقف ع الأستخدام وبالتالي عدم الأستفادة من الن	الأستخدام بشكل محدود
نظام حل المشكلة Troubleshoots	التحكم في كمية التهوية والحرارة في الفراغ المعماري	الصيانة الدورية للنظام	الأستخدام في المباني الذكية فقد وبالتالي محدود الأستخدام
أنظمة التهويـــــة ومنظمات الحـــــرارة	التهوية الطبيعية في الفراغ المعماري	تسريب لبعض الأتربة والهواء الضار للفر	شائعة الأستخدام
نظام EATHING WINDOW	الحد من حرارة الشمس الداخلة الي الفراغ المعماري وبالتالي توفير راحة حرارية كافية في الفراغ	صعوبة الصيانة للنظام مما يؤدي الي تهالكه بشكل سريع	محدود الأستخدام
نظام العواكس والعوارض الميكانيكية	استخدامها في الوجهات بحيث تتحرك من خلال Sensors لتحقيق أكبر استفادة من الأشعة الشمسية	يجب صيانتها بشكل دوري والا تتوقف ع الأستخدام وبالتالي عدم الأستفادة من النظام	شائعة الأستخدام
أنظمة الإضاءة	الأضاءة الطبيعية في الفراغ المعماري	تسرب للحرارة الشمس ان لم يتم معالج جيدا	شائعة الأستخدام
نظام اللوحات الضونية	الأستفادة من الأشعة الشمسية والأضاءة الطبيعية للحد من الأضاءة الصناعية	تسرب للحرارة الشمس ان لم يتم معالج جيدا	شائعة الأستخدام
توربينات الرياح	توفير الطاقة من خلال الرياح	تكلفة عالية	شائعة الأستخدام
أبـــــار الضوء	توفير الضوء من خلال ابار مدمجة داخل المبني	لايوجد	محدود الأستخدام

ب- العمارة المتحركة:

وهي العمارة المستندة علي ديناميكة الحركة، حيث تعني ا لتغيير في الوقت ودخول البعد الرابع الزمن في عملية التصميم لتصبح عملية التصميم المعماري رباعية الأبعاد.

مميزات العمارة المتحركة:

- تعطي العمارة المتحركه مرونة في الفراغ للتكيف مع إحتياجات الإ نسان المختلفه، حيث يمكن توجيه الفراغات المختلفة للمبنى بحيث يتم تغير وضعية الفراغات حسب رغبة المستخدم.
- تعطي الإمكانية في التحـــــ كم في ظهور وإ خفـــــــــاء الإشـــ ياء حسـب الرغبـــة في تأديـ ـة وظيفتها المطلوبـــــــة.
- لها القدرة على إستيعاب الزيادة العددية وتلبية الإحتياجات المستقبلية للمباني، وذلك عن طريق التوسع في المساحات من خلال أنظمة التحكم.
- لها القدرة على تغير شكل الواجهات عن طريق إضافة وحذف أجزاء من الواجهة للتكيف مع الوظيفة المطلوبة، وذلك من خـــــلال نظـــــام حركى خـــاص بكل مبنى أو تغيير وضع الواجهه .

تطبيقات العمارة المتحركة:

تطبق العمارة المتحركة من خلال الأنظمة التالية:

- **مصدر مباشر:**

يمكن من خلال هذا النظام التحكم في الحركة بطريقتين : أما عن طريق المستخدم أو التحكم في الحـــــــركة ميكانيكيا، ومن أمثلة ذلك تحريك σκψλιγητ)

شكل (٤) يوضح احدى المسارح اثناء حركة التغطية

- **أنظمة مدخلة أو متعددة المدخلات وأجهزة مراقبتها :**

ويتم فيها التحكم أو الحركة عن طريق نظ ـــــ ام برمجة معين أو أجهزة متعددة sensors بحيث يعمل أويؤثـــــر فى النظام فور الإســـتجابة لأمـــــــر معيـــن أو عدة أوامر ويبـــــــــدأ بالتحكم لأداء الوظائف المطلوبة .

- **التحكم الذكى في المدخلات متعددة:**

يتم التحكم فيه عن طريق إختيار ومعرفة أفضل الحلول التى تناسب الوظيفة عن طريق الخبرات المتع ددة وكل هذا يتم بطريقة ميكانيكيه.

- **الأنظمة الخارجية:**

وفيه تتحرك الأجزاء الخارجية تباعاً واحـد تلو الأخر، وذلك عن طريق مصدر أخر للطاقة ويمكن أن يلاحـــــظ ذلك فى القواطـيـــــع الداخليه" παρτιτιον ωαλλσ "حيث يتم تحريكها أو تنزيلها إما بأهـــــــداف مناخية كحركة الرياح أو)

شكل (٥) يوضح تحريك الشرائح وتوفير تهوية جيدة

ت- العمارة الديناميكية:

الفكرة الرئيسية للعمارة الديناميكية:

يتم حركة المباني الديناميكية وتشغيلها عن طريق إنتاجها لطاقتها الكهربائية بنفسها، وذلك عن طريق استخدام الـ خلايا الشـــــــ مسية علي الواجهات واسـ ـــــتخدام الطواحـ ـــــين الهوائيـــــــــه بين الأدوار.

تطبيقات العمارة الديناميكية:

كل(٦) يوضح الديناميكة الحركية بالأضاءة

تطبق العمارة الديناميكية من خلال الأنظمة التالية:

- **الديناميكية الحركية من خلال الحركة بالأضاءة:**

تتم ديناميكية الواجهات المضيئة، إما باضاءات ليزارية أو عناصر)

- **الديناميكية الحركية من خلال حركة عناصر معمارية:**

حركة الفتحات بالواجهة حيث تفتح وتغلق محدثة واجهات)

شكل(٧) يوضح الدين

- **الديناميكية الحركية من خلال حركة الطوابق :**

)

شكل(٨) يوضح الديناميكة الحركية من خلال حركة الطوابق

ث- العمارة الرخوية:

العمارة الرخوية الإنتفاخية هى عمارة المنحنيات ذات الشكل العضوى وأشكال السائل البروتوبلازمى الذى يظهر بالمبنى، وهذه المبانى أصبحت سهلة

[illegible]

- **التنظيف الذاتي من خلال تقنية التحفيز الضوئي "Photo catalysis":**

[illegible]

- **التنظيف الذاتي وذلك من خلال تقنيه (Easy-to-clean (ETC:**

[illegible]

- **أنظمة التنقيـــــة للهـــــــواء:**

[illegible]

- **الحمايه من أشـــــعة الشمس فوق البنفسجية:**

[illegible]

- **الألواح الزجاجية التي تتحكم في درجة الاضاءة:**

[illegible]

- **ألواح العزل الحرارى (ألواح فراغية معزولة):**

[illegible]

- **مواد العزل الحرارى (مادة " Aerogel "):**

[illegible]

- **زجاج مضاد للانعكاس بطلاء النانو:**

[illegible]

(ثانياً) الدراسة التحليلية:

أ- حالات الدراسة:

§ **مشروع مبنى بلدية لندن ٢٠٠٢: (City Hall London project)**

§ **الموقـــــع:** [illegible]

§ **المعماري:** [illegible]

§ **وصف المشروع:** [illegible]

شكل (١٤) يوضح مبنى بلدية لندن

أولا : الأنظـــــــــــمة المستخدمة بالمبني محل الدراسة:

- **نظام التهويه** [illegible]

[illegible] (Ǘ)

- نظام BREATHING WINDOW: [illegible]

شكل (١٥) يو

- نظام الإضاءة: [illegible] (Ǘ)
- نظام اللوحات الضوئية: [illegible]

شكل (١٦) يوضح زجاج النوافذ الموفرة للطاقة فى المبنى

ثانيا: المـــــــــــواد المستخدمة بالمنبي محل الدراسة :

- زجاج النوافذ الموفرة للطاقة: [illegible] (Ǘ)

الخـــــــــلاصة: [illegible] BREATHING WINDOW [illegible]

شكل (١٧) يوضح مبني برج الحرية

مبنى برج الحرية ٢٠١٢: (freedom tower project) (Ǘ)

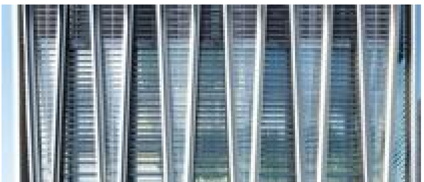
§ الموقع: [illegible]

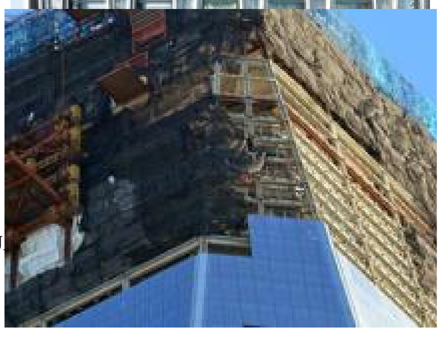
§ المعماري: [illegible]

§ وصف المشروع: [illegible]

أولا : الأنظـــــــــــمة المستخدمة بالمبني محل الدراسة:

- نظام التوربينات الهوائية: [illegible]





- نظام اللوحات الضوئية: [illegible] (Ǘ)

- [illegible]

توصيات خاصة بالهيئات العلمية والبحثية ومتخذي القرار:

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]

المراجع:

[1] Aurora Cuito (2004): "Designing for High-Tech", The Mit Press, New York, p107, 131, , 145, 156

[Ô] John Linden (2001): "Eco-Tech: Sustainable Architecture and High Technology", Butterworth Architecture, Landon, p85.

[Ò] Charles J. Kiber (2008) 'Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery "New Jersey: John Wiley & Sons, P45.

[Ú] Charles J. Kiber (2008) 'Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery "New Jersey: John Wiley & Sons, P Ư

[Û] Bungale S. Taranath (2011): "Structural Analysis and Design of Tall Buildings ", Earth Pledge Foundation, New York, p26.

[Ù] [5] http://www.arch-news.net/tag/rene-van-zuuk, Accessed at (20-6-2017).

[ı] Charles J. Kiber (2008) 'Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery "New Jersey: John Wiley & Sons, P Ư

[ˆ] William Zuk (2007): "Kinetic architecture ", Harry N. Abrams, New York, p18.

[˜] Charles Linn (2011): "Kinetic Architecture Innovative Façades ", Metropolis Books, New York, p97, 107

[Ở] http://www.archello.com/en/project/pearl-river-tower, Accessed at (18-Ở -201ˆ).

http://www.greatbuildings.com/architects/Santiago_Calatrava.html , Accessed at (20-Ở -201ˆ).

[ỚỚ]] Mick Eekhout (2008): "Structures and Constructions in Blob Architecture", Butterworth Architecture, Landon, p3.

[ỚÔ] Picon Antoine (2010): "Digital Culture in Architecture", Butterworth Architecture, Landon, p43.

[ỚÒ] Jeska Simone (2006): "Von der Burg zum Blob: Kinder entdecken Architektur", Publishers Rotterdam, ISBN, p23.

[ỚÚ] http://alex.academia.edu/profdrmohamedabdelallibrahim/Blog/965/NANOARCHITECTURE

[ỚÛ] Leydecker, Sylvia (2008): "Nano Materials", Patrick. Springer, Landon, p43, 70

[ỚÙ] [illegible]

[Ớı] Ratner, Daniel (2002): " Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea ", Patrick. Springer, Landon, p65.

[Ớˆ] Pradeep, T.McGrew Hill (2007): " Nano the Essentials: Understanding Nano science and Technology", New

[Ớ˜] Mark P. Sarkisian (2011): " Designing Tall Buildings: Structure as Architecture", John Wiley & Sons, Landon, p53-54 .

[ÔỞ] Charles River Editors (2016):"The Freedom Tower: The History of New York City's One World Trade Center", Publisher: Create Space Independent Publishing Platform, ISBN-10