إعتبارات الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي وفقا لمبادئ الإستدامة

Environmental and economic efficiency considerations for the lightweight building in the industrial field according to the principles of sustainability

أ. د/ محمد متولي مرسي

أستاذ التصميم بقسم الأثاث والإنشاءات المعدنية، كلية الفنون التطبيقة، جامعة حلوان

Prof. Mohamed Metwaly Morsy

Professor of Design, Metal Furniture & Construction Dept, Faculty of applied arts, Helwan University

mohamed.mutwali@yahoo.com

أ. د/ عماد شفيق عبد الرحمن

أستاذ التصميم بقسم الأثاث والإنشاءات المعدنية، كلية الفنون التطبيقة، جامعة حلوان

Prof. Emad Shafik Abd Elrahman

Professor of Design, Metal Furniture & Construction Dept, Faculty of applied arts, Helwan University

omdash14@gmail.com

الباحث/ أحمد سعيد غريب الغنام

مصمم إنشاءات المعدنية حر

Researcher. Ahmed Saied Gharieb Elghannam

Free Metal Construction Designer

a_elghannam@yahoo.com

ملخص البحث:

البيئة والإقتصاد إحدي أهم محاور الإستدامة ومؤثر رئيسي في التصميم بصفة عامة ، ويهدف المنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي إلي تحقيق العديد من الوظائف منها إيجاد بيئة داخلية مناسبة للمستخدمين تبعا لطبيعة المجال الصناعي، ونظرا لقلة الدراسات المختصة بالكفاءة البيئية والإقتصادية المختصة بتحقيق الإستدامة في المنشآت المعدنية الخاصة بالمجال الصناعي ، وحيث أن التقييم هو عملية داعمة للمصمم في إتخاذ القرارت التصميمية ومدي صواب تلك القرارات ، ظهرت الحاجة إلي إستنتاج إعتبارات للكفاءة البيئية والإقتصادية بالمنشأ والمعدني الخفيف بالمجال الصناعي لتحقيق الإستدامة في ذلك النوع من المنشآت، من خلال محاور رئيسية وهي (المحور الأول الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي تبعا لمفهوم الإستدامة ، المحور الثاني ركائز الكفاءة البيئية والإقتصادية وفقا لأهداف التصميم المستدام للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي ، المحور الثالث نظم ضبط الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف) وقد خلصت الدراسة إلي أن تصميم المنشأ المعدني الخفيف في المجال الصناعي يفضل أن يكون وفقا لنماذج للعمل تشمل تلبية وظائف المنشأ بما لا يخل بتحقيق الإتزان البيئي ، ضبط الأثر البيئي الناتج عن عمليات الخاصة بالمنشأ وأن يأخذ في الإعتبار قيمة المنشأ المعدني الخفيف ومبادئ التصميم الدائري ودمج إستخدام النظم السالبة والنشطة بالمنشأ المعدني الخفيف لتحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية، كما أوصي البحث بعمل دراسة شاملة من جميع التخصصات لصياغة كود مصري معني بالاستدامة وتحقيق مبادئها وأهدافها في المنشآت الصناعية عامة والمنشآت المعدنية الخفيفة بوجه خاص كما أوصت بدعم الدراسات المتعلقة بنظم ضبط الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي والتي تعد داعمه للإبتكار.

الكلمات المفتاحية:
الكفاءة البيئية، الكفاءة الإقتصادية، المنشآت المعدنية الخفيفة ، المنشآت الصناعية, الإستدامة

Abstract:
the environment and the economy are of the most important Topics of sustainability and have the most important effect on the design overall. The light metal building is targeting alot of functions in the industrial field such as finding a suitable enterior environment for the users. according to their specific industrial field. and due to rarity in environmental efficiency studies and economic studies specialized in applying the sustainability in the metal buildings which is specialized in the industrial field, and as the evaluation is a backup operation for the design in taking the decisions of designing and how far these decisions are good. at this point the importance of guessing the environmental efficincy considerations appears and the economical considerations too for the light metal building in the industrial field in appling the sustainability in this kind of buildings, through main axis such as (the first axis the economical and environmental efficiency for the light metal building according to the definition of sustainability, the second axis the pillars of the economicaland environmental efficiency according to the aims of the sustainable design of the light metal building in the industrial field, the third axis the economical and environmental proficiency control systems for the lightweight metal building), and the study ends with that the design of the light metal building in the industrial field is better to be according to models for working including satisfying the functions of the building which is not obstructing achieving the environmental balance, Regulate the environmental effect which is resulting in the opperarions of the building taking into account the value of the light metal building to achieve the anviromental and economical efficiancy. and the study recommended making amonograph in different fields to creat an Egyptian code related to the sustainability and achieving its aims and principles for the industrial buildings generally and special for light metal buildings. and also recommends supporting the studies which is related to economical and environmental proficiency control systems for light metal building in industrial field which is supporting innovation.

Key words:
(environmental efficiency, economic efficiency, lightweight metal Building, industrial Building, sustainability)

المقدمة:
البيئة والٌإقتصاد إحدي أهم محاور الإستدامة ومؤثر رئيسي في التصميم المستدام بصفة عامة والتصميم المستدام للمنشأ المعدني بصفة خاصة ، حيث يهتم التصميم المستدام بالمحور البيئي والإقتصادي والإجتماعي ، ويهدف المنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي إلي تحقيق العديد من الوظائف منها إيجاد بيئة داخلية مناسبة للمستخدمين تبعا لطبيعة المجال الصناعي حيث يعد الغلاف الخارجي للمنشأ المعدني الخفيف (هيئته الشكلية ، العناصر التركيبية للمنشأ المعدني الخفيف) حلقة الوصل بين البيئة الداخلية والبيئة الخارجية ، ولأن الاقتصاد علم متعدد الجوانب يدخل في نطاقة الكثير من الظواهر ويتسع ليتداخل مع غيره من العلوم الأخري ، إذ يرتبط علم الإقتصاد إرتباطا وثيقا بوجود الانسان وتفاعله مع البيئة والظروف المحيطة به وإنعكس ذلك الإرتباط في مباديء الإستدامة بشكل جلي .

والكفاءة لغويا هي مشتقة من كفأ وتعني إمتلاك القدرة أو الأهلية للقيام بالوظيفة غير أن مصطلح الكفاءة يرتبط بالعديد من التخصصات وحينما يرتبط بالبيئة والإقتصاد فإننا نركز علي تحقيق أفضل النتائج في الأداء بأقل التكاليف والجهود ، ونظرا لأنه سابقا في بعض المراحل الزمنية إنعكس التطور التكنولوجي إلي الاعتماد علي النظم الميكانيكية في تهيئة البيئة الداخلية للمنشآت دون وضع إعتبارات لظروف البيئة الخارجية ولكن مع محدودية مصادر الطاقة وإرتفاع تكاليف التشغيل لذا وجب علي المصمم تفهم العناصر المناخية المحيطة بالمنشأ المعدني من أجل الوصول لحلول تصميمة مناسبة لتوفير الراحة لمستخدمي المنشأ وتحقيق الكفاءة .

المشكلة البحثية:

نظرا لندرة الدراسات المختصة بالكفاءة البيئية والإقتصادية المتعلقة بتحقيق الإستدامة في المنشآت المعدنية الخاصة بالمجال الصناعي، وحيث أن التقييم هو عملية داعمة للمصمم في إتخاذ القرارت التصميمية ومدي صواب تلك القرارات، ظهرت الحاجة إلي إستنتاج إعتبارات للكفاءة البيئية والاقتصادية بالمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي لتحقيق الإستدامة في ذلك النوع من المنشآت.

هدف الدراسة:

الوصول إلى إعتبارات تقييمية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي تساهم في دعم القرارت التصميمية

منهجية البحث:

يتبع البحث في سياق الدراسة المنهج الوصفي

محاور البحث:

لتحقيق المستهدف من البحث تقوم الدراسة على المحاور التالية:

المحور الأول: الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي تبعا لمفهوم الإستدامة:

أولا الكفاءة البيئية: تعني الكفاءة البيئية بالحفاظ على المواد الطبيعية والأنظمة الإيكولوجية للبيئة من أجل مصلحة الأجيال القادمة وحيث أن البيئة تشمل كل ما يحيط بالإنسان ويؤثر فيه ويتأثر به(1)، يمكن تقسيم الأنظمة البيئية إلي نظامين رئيسيين:

- النظام الطبيعي وهو المحيط الحيوي أو الحيز الذي تكون فيه الحياة.
- النظام المصنوع وهو ما صنعه الانسان وبناه وأقامه في حيز المحيط الحيوي.(13)

العناصر المحددة للكفاءة البيئية للمنشأ المعدني الخفيف

- العنصر الأول: تلبية وظائف المنشأ بما لا يخل بتحقيق الإتزان البيئي للمستخدمين وإحتياجاتهم.
- العنصر الثاني: ضبط الأثر البيئي الناتج عن عمليات (صناعة خامات المنشأ، إنشاء المنشأ ، تشغيل المنشأ ، نواتج الهدم أو الإزالة للمنشأ).(14)

الاتزان البيئي لمستخدمي المنشأ المعدني الخفيف كأحد المحددات للكفاءة البيئية للمنشأ المعدني الخفيف:

يكون الاتزان البيئي في أربع صور:

- **الإتزان الفيزيائي :**

يحتاج المستخدمين أو الشاغلين للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي إلي توفير بيئة تلائم نشاطهم العضوي وتتحقق تلك البيئة من خلال توفير الراحة الإنسانية والتي تشمل (الراحة الحرارية ، الراحة الصوتية، الراحة البصرية، الراحة الإرجنومية) حيث يؤدي عدم توافرهم إلى إرهاق عضوي للإنسان وبذل طاقة مضافة مهدرة بالعمليات الإنتاجية داخل المنشأة ، ويمكن تعريف تلك الأنواع من الراحة كالتالي:

الراحة المناخية (الحرارية) Climatic Comfort وهي تحقيق المنشأ المعدني الخفيف لأهداف التصميم المناخي وأهمها ما يعرف بالراحة الحرارية والتي تعرف بأنها قدرة الإنسان علي الاحتفاظ بدرجة حرارته الثابتة عن طريق سلسلة من التبادلات الحرارية من جسم الإنسان والظروف البيئية المحيطة، كما عرفها Watson بأنها "هي حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضا عن ظروف البيئة المحيطة به"

الراحة البصرية ويقصد بها توفير مستويات الإضاءة اللازمة لأداء الأنشطة المختلفة تبعا لوظيفة المنشأ المعدني الخفيف لتحقيق الرؤية الجيدة اعتمادا علي المصادر الطبيعية أو الاستعانة بمصادر صناعية كهربائية أو غيرها.

الراحة الصوتية Acoustical Comfort ويقصد بها توفير الترددات الصوتية المناسبة للأنسان داخل المنشأ المعدني الخفيف ، وعزل الضوضاء الخارجية والداخلية.

الراحة الإرجنومية وتشمل مراعاة الجوانب الإرجونومية في العلاقة المتبادلة بين الإنسان وبيئة الاستخدام داخل المنشأ والناتجة عن التصميم مثل تطبيق متوسطات ومقاييس الإنسان Anthropometrics للأعمار والأجناس المختلفة وغير ذلك مما يشمله ذلك العلم.

- **الإتزان الإشعاعي:**

يؤثر المنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي على الاتزان الإشعاعي للمستخدمين أو الشاغلين من خلال تأثيره على نسبة الأيونات المختلفة في أجسامهم والتي تعبر عن الجرعات الإشعاعية التي يستقبلها أو يبثها بمساعدة المنشأ المعدني الخيفف على ذلك.

- **الإتزان الكيميائي :**

تتأثر تفاعلات الإنسان الكيميائية بالمحيط الذي يتواجد فيه ويتفاعل معه، وقد دلت الدراسات أن مستويات الملوثات داخل الفراغات المغلقة تفوق مثيلاتها بالخارج بمعدل ثلاث أضعاف وتصل أحيانا مائة ضعف ، ويرتبط اتزان الإنسان الكيميائي باتزانه الفيزيائي بصورة مباشرة، حيث تؤثر صحة الفرد على قدرته القيام بالأعمال المختلفة، ويمكن قياس إنخفاض الكفاءة الإنتاجية للفرد المصاب بقيمة الإنتاجية المفقودة الناتجة عن حالات الإصابة بأمراض التلوث.

- **لإتزان السيكولوجي:**

يمكن رصد احتياجات الإنسان السيكولوجية من خلال تحقيق الاحتياجات التالية

- الاعتبارات البيئية للفراغ الإنساني Proxemics مثل الاتصال بين الأفراد والتعاون تبعا لنوع ووظيفة المنشأة ، وأيضا تحقيق إحتياجات الخصوصية واحتياجات الانتماء وتكوين العلاقات وإحتياجات الاحترام ، والإحساس بالجمال وإدراكه، ويؤدي غياب أي من احتياجات الإنسان النفسية إلى أن يفقد الإنسان اتزانه النفسي ويحول دون تفاعله وتجاوبه مع معطيات الحيز المكاني.

- الأمان وما يقصد بالأمان هو الاحتياج المعنوي أو النفسي للاطمئنان علي الذات. (10)

مخطط رقم (1) العناصر المحددة للكفاءة البيئية للمنشأ المعدني الخفيف

ثانيا الكفاءة الاقتصادية: تعني الكفاءة الاقتصادية بفاعلية إستخدام الموارد والدفع نحو الإبتكار، من خلال تلبية الوظائف مع إستخدام أفضل للخامات لتقديم أفضل أداء مع تقليل التأثير السلبي على مدار دورة الحياة للمنشأ بأكملها و بالتالي الحد من خسارة القيمة الضمنية للخامات ، عن طريق الحفاظ على تداولها في حلقات مغلقة مثل إعادة الاستخدام أو الإصلاح أو إعادة التصنيع أو التجديد أو إعادة التدوير . (7)

العناصر المحددة للكفاءة الإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف

- العنصر الأول: قيمة المنشأ المعدني الخفيف والتي تشمل العلاقة بين تحقيق الوظائف والتكاليف المختلفة للمنشأ
- العنصر الثاني: خضوع المنشأ لمبادئ التصميم الدائري

القيمة للمنشأ المعدني الخفيف كأحد المحددات للكفاءة الإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف:

قيمة المنشأ المعدني الخفيف يمكن التعبير عنها من خلال مدى تحقيق الوظيفة المطلوبة لجزء أو عنصر بالمنشأ المعدني الخفيف وطرح البدائل التى نحقق بها هذه الوظيفة وما هو البديل الذي يتم اختياره والذي يجب أن يوفر التكلفة الاقل والجودة المناسبة والمطلوبة لوظيفته بالاضافة إلى تلبيه للاحتياجات المتنوعة المتطلبة من المنشأ بمعنى أن القيمة تعبر عن علاقة الوظيفة بالتكلفة

، ويمكن أن نعنى أن المنشأ المعدني الخفيف ذو قيمة جيدة من خلال أداء الوظائف وتكاليفها وجودتها مناسبة ويمكن ايضاح ذلك بالمعادلة التالية: القيمة = (الوظيفة) / (التكلفة).

أولا الوظيفة: هو الفعل والعمل الذي بواسطته يحقق المنشأ المعدني الخفيف هدفه ومن أجله يستخدم بمعنى أنه الامكانيات التى تتوافر فيه والتى تجعل لهذا المنشأ المعدني الخفيف سببا لطلبه وامتلاكه أو استخدامه.

تصنيف الوظائف: يتم ترتيب الوظائف الخاصة بعناصر أو اجزاء المنشأ المعدني الخفيف ترتيبا منطقية حسب الوزن النسبي لدرجة الأهمية ومعرفة مدى ارتباط كل وظيفة بالمنشأ المعدني ككل، وتصنف الوظائف إلى :(وظيفة أساسية، وظيفة ثانوية).

ثانيا التكلفة: وهي التضحية بموارد اقتصادية في سبيل الحصول على منافع في الحاضر أو في المستقبل.

تصنيف عناصر التكلفة: على أساس امكانية تتبعها وتنقسم إلى تكلفة مباشرة مثل)التكلفة الإبتدائية، تكلفة التصميم، تكلفة الإنشاء والتنفيذ للمنشأ المعدني الخفيف، التكلفة الدورية أو الجارية)، وتكلفة غير مباشرة مثل (التكلفة الإستثمارية لرأس المال، إهلاك الأصول، تكلفة معدل التضخم). (3)

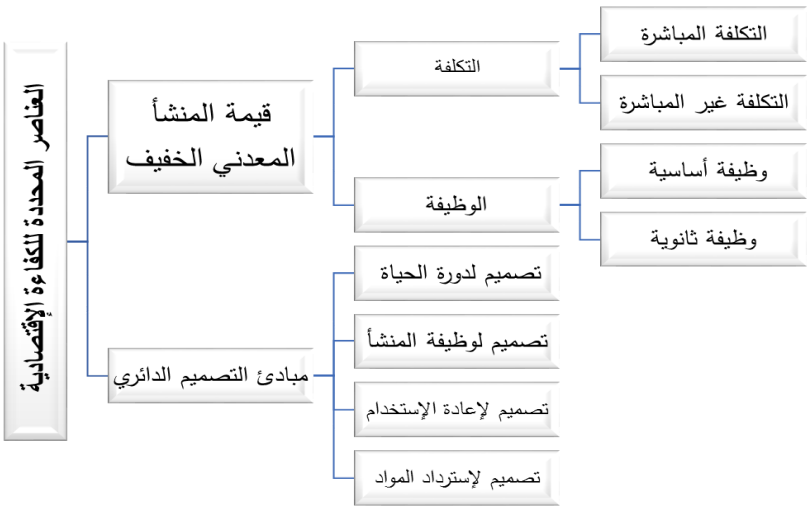
التصميم الدائري (circular design) كمفهوم محدد للكفاءة الإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف

-ظهر مصطلح التصميم الدائري وفقا لإطار صميم يتبع إسلوب الإقتصاد الدائري وهو إحدي نماذج الإقتصاد المستدام ، ويتطلب التصميم الدائري تحولًا في التفكير حيث يبحث التصميم الدائري عن طريقة لتلبية الوظيفة مع إستخدام أفضل للخامات لتقديم أفضل أداء مع تقليل تأثيرها السلبي على مدار دورة الحياة بأكملها و بالتالي الحد من خسارة القيمة الضمنية للخامات ، عن طريق الحفاظ على تداولها في حلقات مغلقة مثل إعادة الاستخدام أو الإصلاح أو إعادة التصنيع أو التجديد أو إعادة التدوير .

ويقترح أربعة نماذج تصميم للعمل ضمن نظام اقتصاد دائري: تصميم لدورة حياة المنشأ، تصميم لوظيفة المنشأ، تصميم لإعادة الاستخدام في التصنيع، تصميم لاسترداد المواد. (18)

ويتطلب تحقيق التصميم لمفهوم الاقتصاد الدائري مراعاة عدة أبعاد

- الاستجابة للتقادم العاطفي عن طريق إنشاء منشآت طويلة الأمد ذات بعد عاطفي لدي المستخدمين.
- متانة المنشأ وإستخدام خامات ذات مقاومة عالية للتلف للتغلب على التقادم الوظيفي.
- التنميط والتصميم وفق نظم موحدة لعمل عناصر وأجزاء متعددة الوظائف أو الاستخدامات.
- سهولة الصيانة وإصلاح أو إستبدال العناصر التالفة علي مدي دورة حياة المنشأ.
- قدرة المنشأ على التكيف والتعديل لتلبية الاحتياجات المتغيرة للمستخدم.
- وجود آليات لاسترجاع الأجزاء المكونة للمنشأ.



مخطط رقم (2) العناصر المحددة للكفاءة الإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف

المحور الثاني ركائز الكفاءة البيئية والإقتصادية وفقا لأهداف التصميم المستدام للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي:

أولا الكفاءة البيئية والإقتصادية للموقع:

تعتبر بيئة الموقع للمنشأ المعدني الخفيف جزءا من البيئة الطبيعية للأرض، والتي تمر بدورات اتزان مستدامة لمكونات البيئة المختلفة، وعند إختراق المنشأ المعدني الخفيف لتلك الدورات فإنه يؤثر عليها ويتأثر بها، ولتحقيق الاتزان البيئي في الموقع المحيط بالمنشأ المعدني الخفيف يتم البحث عن سبل تبادل المنفعة وتفادي التأثير السلبي ليصبح المنشأ المعدني الخفيف في النهاية جزءا من النظام الإيكولوجي في الموقع وعموما تتصف النظم الإيكولوجية على كوكب الأرض بأنها ذات علاقات اتزان معقدة، وقد يتم دفعها خارج إتزانها نتيجة الاستغلال الزائد لمواردها أو إدخال مكونات ومواد دخيلة على نظامها أو خارج حدود طاقتها على الاستيعاب.

العناصر المؤثرة في الكفاءة البيئية والإقتصادية لموقع المنشأ المعدني الخفيف:

العنصر الأول الخصائص المكانية: وتشمل

- الطبوغرافيا: يجب مراعاة طبوغرافية الموقع لأثرها علي التوجيه وللإستفادة من الظروف المناخية القائمة مثل الرياح و تجمع المياه بشكل طبيعي و المساحات الخضراء المساهمة في عملية التبريد
- الظروف المناخية: يجب تحليل الظروف المناخية لموقع المنشأ بما في ذلك نطاق درجة الحرارة والاشعاع الشمسي و نسبة الرطوبة وإتجاه الرياح وسرعتها حيث يمكننا من الاختيار الاستراتيجية الملائمة في تصميم الهيئة الشكلية وتصميم العناصر التركيبية للمنشأ المعدني الخفيف.

العنصر الثاني البنية العمرانية: وتشمل (المخطط العام – سهولة التنقل والوصول إلي وسائل المواصلات)

- المخطط العام : عند تصميم المخطط العام للمنشآت المعدنية يجب مراعاة حركة الرياح أثناء توزيع كتل المنشآت وتقسيم الفراغات الخارجية وأثرها في التبريد والاكتساب الحراري من الاشعاع الشمسي ومن ثم يجيب مراعاة ذلك في تصميم المسارات بين المنشآت وتوجيها.
- سهولة التنقل والوصول إلي وسائل المواصلات

الإعتبارات البيئية والإقتصادية للتجميع الأفقي للمنشأ المعدني الخفيف بالموقع:

ويقصد التجميع الأفقي طريقة وضع المنشأ المعدني الخفيف في الاتجاه الأفقي من المنظور العمراني أي اتصالها ببعض وهي تكون مجموعات من الوحدات التي قد تكون منفصلة أو شبه متصلة أو متصلة وتؤثر طريقة التجميع الأفقي في تكلفة المنشأ المعدني الخفيف تأثيرا بالغا

وعموما تتحقق الكفاءة الإقتصادية للتجميع الأفقي في المجال الصناعي من خلال

- تحقيق التشارك والتكافل الصناعي بين المنشآت وتجميع الأنشطة التي يمكن تبادل مخلفاتها وجمع الصناعات المتشابهة للتحكم في الإنبعاثات الناتجة عنها
- سهولة الوصول بين المنشآت وإمكانية الدمج وملائمة المساحات لطبيعة المجال الصناعي وكثافة أفراده القائمين بالانتاج
- تحقيق التدرج وفقا للبيانات المناخية فيوضع في الشمال الصناعات التي تتطلب عملياتها جودة عالية في نوعية الهواء (صناعات طبية، رقائق إلكترونية) ، ثم الصناعات الغذائية ، ثم صناعات المنسوجات والملابس ، ثم الصناعات الاكثر تلويثا للهواء.
- ضبط العلاقة بين مساحة المنشأ ومساحة الخدمات ومساحة الطرق تبعا لنوع الصناعة. (12)

المفاهيم المستحدثة لتحقيق الكفاءة البيئية والإقتصادية لموقع المنشأ المعدني الخفيف في المجال الصناعي:
نتيجة لتلك المراحل السابقة والتوجهات نحو التخطيط البيئي كتوجه إستراتيجي دولي، ظهرت عدة مفاهيم في وضع مخطط المناطق الصناعية لعل أحد أهمها وأحدثها هو مفهوم البارك إيكولوجي الصناعي ولذلك نتناوله بشئ من التوضيح.

البارك الايكولوجي الصناعي كمفهوم Eco – Industrial Park:
البارك الايكولوجي الصناعي يمثل إستراتيجيه واعدة لتعزيز التنميه الصناعيه المستدامه وتنفيذ مفهوم الايكولوجيا الصناعية وكفائدة وحافز للمنشآت الصناعية لتحسين أدائها البيئي في مجال اداره الطاقه والنفايات وما تنتجه من امكانيات فى مجالات إستثمارية ، والبارك الايكولوجي هي أرض مملوكه لمجتمع يعتمد على التصنيع يتم التعاون فيما بينهم في إداره الموارد والشئون الاجتماعيه والبيئية والاقتصاديه وفي طريقة إداره القضايا البيئيه والموارد عن طريق بعضها كما أن اهداف البارك الايكولوجي الصناعي هو التصميم المستدام للبني التحتية ، تخفيض التلوث ، كفاءة الطاقة ، قوه الترابط والعلاقات الشبكيه ما بين مجالات المنشآت الصناعية والتي تتواجد في مجموعة Parks متجاورة لأغراض التطور والكفاءة الايجابية كأثر لاجل التطور المستقبلي. (14)

انواع واشكال المنشأ الإيكولوجي الصناعي:

تنقسم أشكال البارك الإيكولوجي الصناعي إلى ثلاثة أنواع أساسية هي:

- البارك الايكولوجي الصناعي او المنشأ الإيكولوجي الصناعي (Eco Industrial Park)هو قطعه من الارض يطور ويدار كمشروع ذو بيئة عالية الحفاظ عليها بفوائد بيئية وإقتصادية وإجتماعية فضلا عن التميز في العمل.
- البارك المعتمد على تبادل المنتجات (By Product Exchange) وهو مجموعة من الشركات والمنشآت الصناعية التي تسعى الى الاستفاده من بعضها البعض (المنتجات – الطاقة - الماء والموارد) بدلا من التخلص منها كنفايات
- الشبكه الايكولوجية الصناعية (Eco Industrial network) وهي مجموعه من المنشآت الصناعية والشركات المتعاونة من اجل تحسين الاداء البيئي والاجتماعي والاقتصادي.

ثانيا الكفاءة البيئية والإقتصادية للهيئة الشكلية
مفهوم الهيئة الشكلية للمنشأ المعدني الخفيف: الهيئة الشكلية هي الهيئة الحسية الخارجية للمنشأ المعدني الخفيف وتتألف من منظومة من الخصائص للعناصر التشكيلية والعلاقات الحسية بينها في كلا من المستوي الأفقي أو في تشكيل الكتلة والفراغ فتصميم الهيئة الشكلية هي عملية يشرع فيها المصمم مستخدما المفردات البصرية التشكيلية كعناصر اساسية والمبادئ والأسس التصميمية ليحولها إلى كتل وفراغات بنظام معين.

العناصر المؤثرة على الكفاءة البيئية والإقتصادية لأداء الهيئة الشكلية:

- **الاكتساب الاشعاعي للهيئة الشكلية (4):** الإكتساب الاشعاعي هو كمية الاشعاع الشمسي المباشر والمشتت التي يكتسبها المنشأ من خلال تعرض الهيئة الشكلية لتلك الأشعة وتختلف تلك الكمية تبعا (مدة سطوع الشمس، شدة الإشعاع، زاوية السقوط).
- **وسائل الإظلال:** هي عناصر تلحق بالهيئة الشكلية للمنشأ وتكون مخصصة للوقاية من أشعة الشمس، وتهدف بالأساس إلى منع أشعة الشمس من السقوط على الغلاف الخارجي للمنشأ وذلك عندما يكون هناك حاجة إلي توفير الحماية من أشعة الشمس المباشرة دون حجب الرؤية أو التقليل من فعالية التهوية الطبيعية.
- حركة الهواء حول الهيئة الشكلية: يتحرك الهواء نتيجة وجود مناطق ذات ضغط منخفض تجذب إليها الهواء من المناطق ذات ضغط مرتفع.

- **الفتحات بالمنشأ (النوافذ والأبواب) وأثرها علي التهوية الداخلية:** تؤثر فتحات الأبواب و النوافذ علي حركة الهواء داخل المنشأ حيث يتحرك الهواء داخل الهيئة الشكلية لوجود إختلاف و تباين في درجة حرارة الهواء الداخلي ودرجة حرارة الهواء الخارجي يؤدي ذلك إلي التباين في كثافة الهواء وبالتالي إلي اختلاف الضغط الجوي لذلك فان الهواء يتحرك داخل الفراغ نتيجة لقوة الدفع الحراري.
- **نسبة مساحة سطح حوائط المنشأ المعدني الخفيف إلى مساحة أرضية المنشأ :** يعد ضبط نسبة مساحة سطح حوائط المنشأ المعدني الخفيف إلى مساحة أرضية المنشأ من العناصر الضابطة لوحدة قياس التكلفة للمنشأ، وقد أجريت العديد من الدراسات على علاقة التكلفة بالشكل الخارجي أهمها الدراسة التي قام بها فريق العمل الذي شكله المعهد الملكي البريطاني (أبحاث راينرز reiners) في الستينات من القرن السابق وذلك على عدة مباني مختلفة في الشكل والارتفاع والمتساوية في المساحة وباقي العناصر وتبين أن التكلفة الكلية لتلك المجموعة من المباني ترتفع كلما زادت نسبة محيط المبنى إلى مساحة الأرضية أي كلما زاد تعقيد شكل المبني ، ويمكن تحليل الزيادة في التكلفة بأن الشكل المربع هو أبسط الأشكال الهندسية وأقلها من حيث التكلفة بالرغم من أن الشكل الدائري هو الأقل الأشكال في طول المحيط إلا أنه يقابله العديد من عقبات التنفيذ والتي قد تؤدي إلى زيادة التكلفة.
- **الفاعلية الإنشائية للهيئة الشكلية** : وتعبر الفاعلية الإنشائية للهيئة الشكلية عن إستخدام التكوينات البنائية التي تستوعب خواص و طبيعة خامات الانشاء من خلال تحقيق توافق بناء الشكل مع توزيع قوي الأحمال.
- **الفقد المنفعي :**وهو الفرق بين المسطح المفقود من المنشأ المعدني الخفيف لتحقيق منفعة مطلوبة والمسطح المستعل لتحقيق تلك المنفعة، ويجب أن يكون الفقد المنفعي في أدنى قيمة له بحيث يفي المنشأ المعدني الخفيف بأقصى ما يمكن بالغرض المطلوب منه. (7)

تفاعل الهيئة الشكلية والغلاف الخارجي مع المحيط البيئي للمنشأ المعدني الخفيف:

لأن دور الهيئة الشكلية أعمق من مجرد إبراز التكوينات الجمالية والموروث الثقافي للبيئة وأن التكوينات المعمارية والتي اختلفت من بيئة إلى أخري لم تكن بسبب الجانب الثقافي فقط ولكن شملت أيضا توفير البيئة الحرارية الملائمة وهذا ما أوضحته نتائج دراسة فيكتور أولجياي Olgyay من ترجمة الظروف البيئية إلى أشكال تجريدية للمنشآت بحيث تعبر هذه التشكيلات عن البيئات المختلفة.

المناطق الباردة :Cool

تؤثر درجة حرارة الشتاء المنخفضة في استطالة المنشأ قليلا في الاتجاه الغربي مع الحفاظ علي الشكل قريبا من الشكل المربع و تحقق النسبة 1 : 1.1 كنسبة مثالية و قد تمتد عمليا إلي 1 : 1.3.

المناطق المعتدلة Temperate:

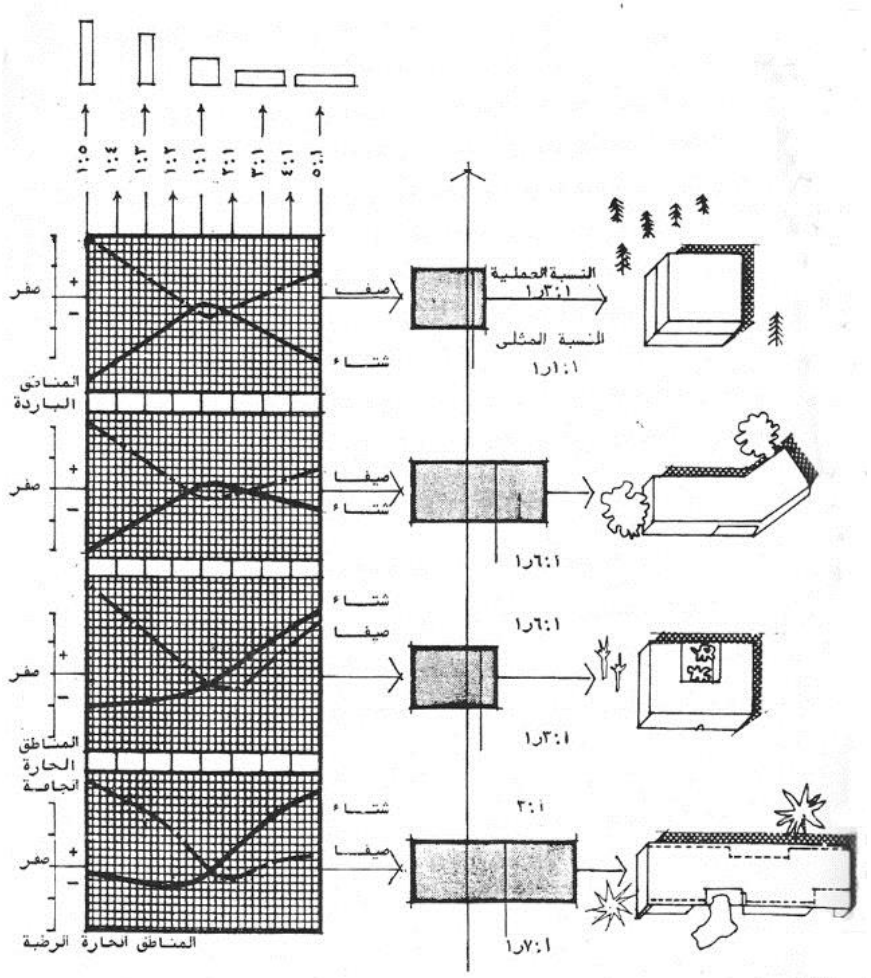
يسمح مدي التغير الحراري البسيط بحرية أكبر في أشكال المنشأ كما يسمح باستطالتها بدرجة أكبر و تحقق النسبة 1 : 1.6 كنسبة مثالية و تمتد عمليا إلى 1 : 2.4 ، كما تساعد هذه البيئة المناخية في امتداد المنشأ و استطالته في الاتجاه الشمالي / الجنوبي كذلك باستخدام الأشكال الحرة و ذلك بدون آثار سيئة علي الحالات المناخية الداخلية و هذه الحرية تنفرد بها مباني هذه المنطقة دون المناطق الأخرى.

المناطق الحارة الجافة Hot – Arid:

تسمح حالات الشتاء بالشكل المستطيل اما الضغوط الحرارية العالية في الصيف تتطلب التقليل من هذه الاستطالة مرة أخري لتصبح المباني أقرب إلي الشكل المربع و تحقق النسبة 1 : 1.3 كنسبة مثالية و تمتد عمليا إلي 1 : 1.6 ، ويتميز الشكل الأمثل لمباني هذه المنطقة باستقطاع جزء داخلي من الشكل وتكوين ما يسمي بالحوش الداخلي الذي يقوم بدور المنظم الحراري لهذه المباني

المناطق الحارة الرطبة :Hot Humid

يؤثر سقوط أشعة الشمس علي الجانبين الشمالي والغربي من المنشأ بكثافة كبيرة في استطالة المنشأ كثيرا في هذين الاتجاهين ويساعد هذا الشكل في توفير حالات تهوية أفضل وهي المطلوبة في هذه المناطق بطريقة ملحة وتحقق النسبة 1 : 1.7 كنسبة مثالية وتمتد عمليا إلي 1 : 3 ، ويمكن استخدام الشكل الحر في هذه المناطق مع توفير وسائل تظليل مناسبة للواجهة المعرضة لأشعة الشمس .(16)



شكل رقم (1) الأشكال التجريدية للمنشآت طبقا للبيئات المختلف

ثالثا الكفاءة البيئية والإقتصادية للبيئة الداخلية:

لتحقيق كفائة البيئة الداخلية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي يستلزم تحقيق تلك الإعتبارات

- تحقيق الاتزان البيئي لشاغلين المنشأ المعدني الخفيف وتوفير الاحتياجات الفراغية التي تتناسب مع الأنشطة.
- إختيار خامات البيئة الداخلية وفقا للمحددات الوظيفية للمنشأ المعدني الخفيف.
- ضبط مساحات الفتحات تبعا للهيئة الشكلية وتوجيها تبعا للإحتياج الوظيفي لها
- ضبط حجم الفراغ الداخلي وفقا للعمليات الإنتاجية وحركة الخامات وعدد الشاغلين
- المرونة في الاستجابة للتغييرات في بيئة الانتاج.
- ضبط الترتيب الداخل للمنشأ المعدني الخفيف والذي يكون في إحدي الصور التالية (الترتيب على اساس العملية الوظيفية، الترتيب على اساس المنتوج، الترتيب الهجين، الترتيب المتخصص).

رابعا كفاءة الطاقة:

تشمل كفائة التعامل مع الطاقة كلا من معدل إستعمال الطاقة وكذلك مصدر الطاقة المستخدم، ولذلك فإن أنظمة الطاقة المستخدمة حينما تتسم بالكفاءة فإن ذلك يعمل على تقليل الطاقة المستهلكة أثناء التشغيل، ويستلزم ذلك أن يعتمد المنشأ المعدني الخفيف علي المصادر المتجددة مما يساهم في حفظ الطاقات الغير متجددة ويقلل من حجم المعدات المستخدمة فيه.

وتعتمد كفاءة الطاقة للمنشأ المعدني الخفيف على التكلفة الكلية للمنشأ المعدني الخفيف شاملة جميع مراحله وهي:

- **تكلفة الطاقة الكلية لعملية الانشاء: وتشمل**

طاقة تصنيع خامات الإنشاء (الطاقة المجسدة)	وتشمل كل منها على	طاقة المعدات
طاقة النقل		طاقة العمالة
طاقة التنفيذ		الهدر في الطاقة والناتج من هالك الخامات وسؤ إدارة تنفيذ المشروعات

- **تكلفة الطاقة خلال تشغيل المنشأ وأداءه لوظيفته وتشمل**

الطاقة اللازمة لتحقيق وظيفة المنشأ المعدني الخفيف في المجال الصناعي
الطاقة اللازمة لتحقيق كفائة البيئة الداخلية
الطاقة اللازمة لأعمال الصيانة
الطاقة اللازمة للنظم الميكانيكية والكهربائية الملحقة بالمنشأ المعدني الخفيف

- **تكلفة الطاقة للفك والإحلال. (11)**

المحور الثالث نظم ضبط الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف:

تتعدد وسائل ضبط الكفاءة البيئية والإقتصادية ولكن يمكننا في العموم تقسيمها إلي نظم نشطة ونظم سالبة وفيما يلي نتناولها بشئ من التوضيح.

الأسلوب الأول النظم السالبة:

النظم السالبة هو إستخدام عناصر تصميمية تتوافق بيئيا مع الطاقات الطبيعية في صورتها الأصلية لأجل بيئة مقرونة بالراحة ومناسبة دون استهلاك الطاقة التقليدية الغير متجددة.

مناهج النظم السالبة:

تم تحديد نهج النظم السالبة كما يلي:

المنهج الأول في الأجواء الحارة:

- تقليل الاكتساب الشمسي لخفض درجة حرارة الهواء بالإظلال الشمسي والإظلال الذاتي بالتوجه إلي الشمال والتضام وإستخدام عواكس للإشعاع المباشر دون إبهار
- تقليل النفاذية Infiltrationبالغلاف السميك والفتحات الصغيرة وإستخدام خامات في العناصر التركيبية للمنشأ المعدني الخفيف ذات سعة حرارية كبيرة.
- تقليل توصيل التدفق الحراري Conductive Heat flowبالتهوية المباشرة وإستخدام خامات ذات إنتقالية حرارية ضعيفة والتبريد للمسطحات الأرضية.

- التبريد بالإشعاع الليلي المباشر (الفناء المركزي السماوي) والتبريد بالإشعاع الليلي الغير مباشر (عن طريق السقف وعمل غلاف مائي وعمل غلاف مزدوج.
- التبريد التبخيري المباشر بالمياة والهواء والنباتات والتبريد التبخيري غير المباشر بفصل الهواء البارد تبخيريا عن هواء الفراغ المراد تبريده وإزالة الرطوبة لتخفيف الحمل الحراري بالأجواء الرطبة.

المنهج الثاني في الأجواء الباردة:

- زيادة الاكتساب المباشر direct Solar gainبالتوجيه نحو الشمس والفراغ الشمسي الداخلي والخارجي.
- تقليل النفاذية Infiltrationبالغلاف السميك والفتحات المعزولة وإستخدام خامات في نسيج المنشأ ذات سعة حرارية كبيرة والكتل الحرارية Thermal Mass
- تقليل توصيل التدفق الحراري من داخل المنشأ إلي الخارج بعزل فتحات وغلاف المنشأ.
- تقليل تدفق الهواء الخارجي.

الأسلوب الثاني النظم النشطة:

النظم النشطة هي النظم التي تعتمد علي الاستفادة من الطاقات الطبيعية في البيئة المحيطة بالمنشأ المعدني الخفيف مع تحويل تلك الطاقات بواسطة تقنيات مختلفة إلي صور أخري للاستفادة بها ومثال ذلك:

- نظم الخلايا الكهروضوئية Photovoltaic: تعمل تلك الخلايا علي توليد الطاقة الكهربية من الطاقة الشمسية للاستفادة منها في تلبية احتياجات المنشأ المعدني الخفيف.
- أبراج الرياح: وهي أبراج تحول طاقة الرياح إلي طاقة كهربية أو حركية.
- السخانات الشمسية: وهي سخانات تعمل علي تسخين المياه المستخدمة بالمنشآت بواسطة الطاقة الشمسية.(9)

النتائج:

1- تصميم المنشأ المعدني الخفيف في المجال الصناعي يفضل أن يكون وفقا لنماذج للعمل تشمل:

- تلبية وظائف المنشأ بما لا يخل بتحقيق الإتزان البيئي للمستخدمين وإحتياجاتهم.
- ضبط الأثر البيئي الناتج عن عمليات (صناعة خامات المنشأ، إنشاء المنشأ ، تشغيل المنشأ ، نواتج الهدم أو الإزالة للمنشأ).
- قيمة المنشأ المعدني والتي تشمل التكاليف والوظائف للمنشأ المعدني الخفيف.
- التصميم الدائري و الذي يشمل (تصميم لدورة حياة المنشأ، تصميم لوظيفة المنشأ، تصميم لإعادة الاستخدام في التصنيع، تصميم لاسترداد المواد).

2- إن تحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف يعتمد علي تحقيق النقاط التالية وتشمل

- مستوي التخطيط الأفقي والذي يجب أن يحقق التشارك و التكافل الصناعي بين المنشآت وتحقيق التتدرج وفقا للبيانات المناخية ، دعم مفهوم البارك إيكولوجي كإستراتيجية داعمة للكفاءة
- مستوي الهيئة الشكلية والذي بجب ضبط (الإكتساب الإشعاعي للهيئة الشكلية ، وسائل الإظلال ، حجم الفتحات وتوجيها ، حركة الهواء حول الهيئة الشكلية ، نسبة مساحة سطح حوائط المنشأ المعدني الخفيف إلى مساحة أرضية المنشأ ، الفاعلية الإنشائية للشكل ، ضبط نسبة الفقد المنفعي)

- مستوي البيئة الداخلية والذي يجب ضبط الخامات المستخدمة داخليا لتحقيق الإتزان البيئي وضبط الترتيب الداخلي للمنشأة وفقا لأي من الصور المختلفه له ، ضبط حجم الفراغ الداخلي وفقا للعمليات الإنتاجية وحركة الخامات وعدد الشاغلين
- مستوي الطاقة والذي يجب ضبط (تكلفة الطاقة الكلية لعملية الانشاء ، تكلفة الطاقة خلال تشغيل المنشأ وأداءه لوظيفته، تكلفة الطاقة للفك والإحلال) .

3 – إن تحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف يتطلب دمج إستخدام النظم السالبة والنشطة بالمنشأ المعدني الخفيف لتحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية.

التوصيات:

- عمل دراسة شاملة من جميع التخصصات لصياغة كود مصري معني بالاستدامة وتحقيق مبادئها وأهدافها في المنشآت الصناعية عامة والمنشآت المعدنية الخفيفة بوجه خاص لما لتلك المنشآت من أهمية.
- دعم الدراسات المتعلقة بنظم ضبط الكفاءة البيئية والإقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف بالمجال الصناعي والتي تعد داعمه للإبتكار ولتحقيق أفضلية في الأداء لتلك المنشآت.

الإستنتاجات:

- مصمم المنشأ المعدني الخفيف عند القيام بعملية تصميمه لمنشأ خاص بالمجال الصناعي ينبغي عليه وضع المتطلبات الوظيفية للمنشأ جنبا إلي جنب كلا من الأثر البيئي الناتج عن عمليات (صناعة خامات المنشأ ، إنشاء المنشأ ، تشغيل المنشأ ، نواتج الهدم أو الإزالة للمنشأ) ، قيمة المنشأ المعدني الخفيف ، مشتملات التصميم الدائري
- إن تحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية للمنشأ المعدني الخفيف يتطلب مراعاة شمولية التصميم علي كل المستويات (مستوي التخطيط الأفقي ، مستوي الهيئة الشكلية ، مستوي البيئة الداخلية ، مستوي الطاقة) مستخدما النظم السالبة و النشطة لتحقيق الكفاءة المرجوة .

المراجع :

1- الحناوي ,عصام ، قضايا البيئة والتنمية في مصر ، دار الشروق القاهرة (2001) .
Alhenaoi, esam ،qdaea elbeah w eltnmeh fe masr, dar elshroq Cairo, Egypt (2001).
2- الدليل الإرشادي لرفع كفاءة الطاقة للتخطيط العمراني في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (مشروع برعاية الإتحاد الأوروبي (2013) .
Aldlel elershade lrfa kfaeh elTaqh lltkhTeT elomrani fe menTqh elshrq elaosT w shmal efreqea mshroa breaeh elthad elorobe (2013).
3- إبراهيم ,أحمد فتحي ، دراسة تحليلية لقياس كفاءة الأداء البيئي للتجمعات السكنية في المدن المصرية ، (ماجستير) قسم العمارة كلية الهندسة جامعة القاهرة (2001).
Ebrahem, ahmed fathi ،draseh thleleah lqeas kfaeh elada elbeae lltgm3at elskneh fe elmdn elmSreh ،(master) architecture dept faculty of engineering cairo university, egypt (2001) .
4- الزعفراني ,عباس محمد عباس ، التصميم المناخي للمنشآت المعمارية مدخل كمي لتقييم الأداء المناخي للغلاف الخارجي للمبني وتفاعله مع محيطه العمراني (دكتوراه) قسم العمارة كلية الهندسة جامعة القاهرة ,مصر(2000).
Elzafrane, abas mohamed abas ،eltsmem elmna5e llmn42at elm3mareh md5l kme ltqeem el2da2 elmnakhe llgholaf elkharge llmbane w tfaolha ma moheth elomrane (phd) architecture dept faculty of engineering cairo university, egypt (2000).
5- الخطيب ,أحمد , الصوتيات المعمارية , مكتبة الأنجلو المصرية, القاهرة ,مصر (2003)
Elkhteb, ahmed, elsoteat elmemareh, mktbh elanglo elmsreh, cairo, egypt (2003)

6- المبارك , فرج بوبكر ، أهمية البعد البيئي في تخطيط المناطق الصناعية ، بحث منشور ، ورشة عمل حول المدن والمناطق الصناعية ، ليبيا ، ديسمبر (2012).
Elmobark, farg bobkr ،ahmeh elboad elbeae fe tkhtet elmnatq elsenaeh ،bahth mnshor ،warshh aml hol elmodn w elmnatq elsnaaeh ،libya ،desmbr (2012).
7- العيسوي, محمد عبد الفتاح أحمد ، إقتصاديات التصميم البيئي ، (دكتوراة) ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، مصر (2007).
elesoe, mohamed abd elftah ahmed ،eqtSadeat eltSmem elbeae ،(PHD) faculty of engineering ,cairo university, (2007).
8- حمودة, يحي ، التشكيل المعماري ، دار المعارف ،مصر (1984).
hamodah, yahia ،eltshkel elmemare ،dar elmaref ،Egypt (1984).
9- عزيز , سوزيت ميشيل عزيز ، تقييم السلوك الحراري كأداة لتصميم التجمعات السكنية في مصر (دكتوراة) قسم العمارة كلية الهندسة جامعة القاهرة ,مصر (1988).
aziz, sozet meshel aziz ،tqeem elslok elhrare kadah ltSmem eltgmoat elskneh fe mSr (PHD architecture dept faculty of engineering cairo university, egypt (1988).
10-شمس الدين ,أمل كمال محمد ، تطوير إسلوب مرن للتقييم البيئي للمباني ، (دكتوراة) ، كلية الهندسة قسم العمارة ، جامعة القاهرة (2014).
shams elden, amal kmal mohamed ،tToer oslob mrrn lltqeem elbeae llmbane ،(PHD) ، architecture dept engineering faculty cairo university, egypt (2014).
11-شمس الدين ,أمل كمال محمد ، مستقبل حسابات الطاقة في مجال العمارة والعمران ، بحث منشور ، المؤتمر الدولي الأول للعمارة والتخطيط العمراني (التخطيط والثقافة) ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، مصر (2006) .
shams elden, amal kmal mohamed ،mstqbl 7sabat elTaqh fe mgal el3marh w el3mran ،bahth mnshor ،elmotmer eldoly elaol llomarh w eltkhTeT elomrane (eltkhTeT w elthqafh) ، engineering faculty cairo university, egypt (2006).
12-جاد ,عابد محمود أحمد ، تخطيط المناطق الصناعية من منظور بيئي ، بحث منشور ، مجلة الهندسة ، العدد 120 ، ديسمبر (2008).
gad, aabed mahmoud ahmed ،tKHTeT elmnaTq elSnaieh mn mnZor beae ،bahth mnshor ، mglh elhndsh ،eladd 120 ، decimber (2008).
13-علي , سيد مرعي منصور ، نحو منظومة متكاملة لتطوير إستخدام مواد البناء كمدخل لتحقيق العمارة المستدامة في مصر، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسة المطرية قسم العمارة ، جامعة حلوان (2010).
Ali, said mrae mnSor ،naho mnZomh motkamlh ltToer estkhdam moad elbnaa kmdkhal lthqeq elomarh elmstdamh fe mSr ،rsalh magester ،architecture dept faculty of engineering Helwan university, egypt (2010).
14- عبد الرازق , نجيل كمال ، عباس,سري فوزي ، تشكيل واجهات المجمعات السكنية و أثره في المشهد الحضري لمدينة بغداد ،(بحث منشور)، ،مجلة الهندسة و التكنولوجيا ، المجلد26 ، العدد 5 ، العراق (2012).
abd elrazq , ngel kmal ،abas,sre fozy ،tshkel waghat elmgmoat elskneh w athrh fe elmshhd elhdre llmdenh bagdad ،(bahth mnshor)، ،mglh elhndsah w eltknologea ،elmgld26 ،eladd 5 ،eleraq (2012).
15- Peter F. Smith, Architecture in a Climate of Change A guide to sustainable design, Architectural Press is an imprint of Elsevier (USA)(Second edition 2005) .
16- Donald Watson, Climatic Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices, Annotation copyright Book News, Inc. Portland (1983).

17- B. Giovani. Man, Climate and Architecture, 2nd Edition Applied Science Publishers LTD London, England (1981).

18- Bakker, C. A., Wang, F., Huisman, J. & Hollander, M. C. den. 2014. Products That Go Round: Exploring product life extension through design. Journal of Cleaner Production, July (2016).

19- Brett Fifield, Katerina Medkova , Circular Design - Design for Circular Economy, January 2016 https://www.researchgate.net/publication/313771263