الطاقة الشمسية
والتنمية المستدامة
مجلة علمية محكّمة نصف سنوية تصدر
عن مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية

العمارة الخضراء بين الكفاءة والاستدامة

يوسف محمد خليفة[1]، صلاح محمد مادي[2]

الهيئة الليبية للبحث والعلوم والتكنولوجيا

مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية، طرابلس – ليبيا

بريد إلكتروني: [2]smmbr2003@yahoo.com، [1]y.m.a.khalifa@csers.ly.

الملخص: إن استهلاك الطاقة المتزايد وعملية الاحتباس الحراري وما ينتج عنهما من إضرار بالبيئة أصبحا من الهواجس الكبرى التي تؤرق العالم اليوم. تستعرض هذه الورقة إحدى الطرق التي اتجه إليها العالم للتقليل من تلك الأضرار البيئية وهي العمارة الخضراء أو بمعنى أشمل وأعم الاستدامة، التي تشمل تطبيق طيف واسعٍ من الممارسات، منها إدماج تقنيات جديدة ومحددة يتم على أساسها تقييم المبنى من حيث مدى تناغمه مع البيئة، وقلة استهلاكه للطاقة، وقلة الآثار البيئية المترتبة عن دورة حياة المبنى بداية من تحديد الموقع وتصميم المبنى والتشغيل والصيانة والترميم إلى التجديد.

و بالرغم من أهمية الموضوع فإنه لم يتم استغلاله وتطبيقه في ليبيا، نظرا لعدم دراية الكثير من شرائح المجتمع الليبي به. من هنا انبثقت فكرة هذه الورقة التي تهدف إلى نشر وتعزيز ثقافة وتقنيات العمارة الخضراء، و تتطرق إلى مزاياها وإيجابياتها التي تعتبر من الخطوات الأساسية للبدء في تطبيقها على نطاق واسع في ظل التقدم الكبير الذي تشهده البلاد في مجالات العمارة و الإسكان، حيث خلصت هذه الورقة إلى أنه يمكن التقليل من استهلاك الطاقة والضرر البيئي، بشكل مباشر وغير مباشر، و بقدر كبير بعد تطبيق و إدماج تلك التقنيات في المباني.

Abstract: The vast increase of energy consumption, global warming and the harm they cause to the environment, emerge to be a major obstruction that distresses the world today. The current work views one of the methods that the world focused on as means of reducing the environmental harms and that is, through green building, or in more common words sustainable buildings. Those means, covers the exercising of a wide range of applications including merging of new and specific technologies in which through fulfilling its basis, the process of evaluation of the building takes place in terms of its harmony with the environment, reduction of energy consumption, and the reduction of the environmental problems caused by the building life cycle starting from defining of location, design of the building, operation, maintenance, repairing and up to the renewal of the building.

Despite the significance of green building, no profit nor implementations has yet been made in Libya. The latter is due to the lack of awareness by many Libyan social groups. From here, the idea behind this paper crystalized. It aims to spread and enhance the knowledge and techniques of green building. It also penetrates into the green building features and advantages that are considered to be a preliminary step to start its application in a wide range coinciding with the grand progress that the country has witnessed in the field of construction

and housing. This paper concludes that it is possible to reduce energy consumption and the harm it causes to the environment after the implementation and merging of green building techniques and should be applied on a large scale covering the whole country.

كلمات استدلالية: العمارة الخضراء، الاستدامة، كفاءة الطاقة، الطاقة المتجددة، تلوث البيئة.

1. المقدمة

بدأ العالم مؤخرا الاعتراف بأهمية الطبيعة وحماية البيئة وضرورة الحفاظ عليها، حيث أصبح الاهتمام بها أمراً ضرورياً وملحاً. من هنا بدأ التوجه إلى، والاهتمام بما يعرف بالعمارة الخضراء أو المباني المستدامة والتي بدأ الاستعداد لها قبل أن تفرض نفسها بسبب التغير المناخي والبيئي. تعرف العمارة الخضراء بأنها تلك المنظومة ذات الكفاءة العالية والتوافق الأمثل في التعامل مع البيئة وبأقل أضرار ممكنة، وبمعنى آخر فالعمارة الخضراء هي دعوة للتعامل مع البيئة والرجوع إلى الطبيعة واستغلال مصادرها الاستغلال الأمثل.

لقد قام العديد من المؤسسات الدولية باقتراح ممارسات محددة لتسهيل تطبيق مبدأ العمارة الخضراء على المباني، وبُدئ في تطبيق تلك الممارسات في العديد من دول العالم مثل بريطانيا وأمريكا و الإمارات وقطر والسعودية.

تعد العمارة الخضراء في الوقت الحالي وفي ظل الظروف التي تحيط بنا مطلبا رئيسيا لا مجرد نوع من الرفاهية خاصة مع ما يعانيه العالم من أزمات مالية واقتصادية ونقص في المواد الخام، مثل الطاقة والبترول، علاوة على ما يسببه استخدام هذه المصادر من تلوث للبيئة. و في سبيل تحقيق ذلك وضعت معايير عدة للأبنية المستدامة من أهمها، استحداث نظم واستخدام عمليات ملائمة للبيئة و إيجاد مصادر ذات كفاءة عالية في كافة جوانب دورة حياة المبنى، بداية من تحديد الموقع وتصميم البناء و التشغيل والصيانة والترميم إلى التجديد. وتتوسع هذه المعايير لتشمل جانب التقليل من تكاليف الإنشاء والتشغيل الاقتصادي للمبنى وديمومة ومتانة وراحة البناء بهدف تقليل التأثيرات على صحة الإنسان والبيئة المحيطة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

- استعمال الطاقة والماء والموارد الأخرى بشكل سليم وبكفاءة عالية.
- حماية صحة شاغلي البناء وتحسين معدلات إنتاجيتهم.
- تقليل النفايات والتلوث البيئي.

وفيما يلي تستعرض الورقة بشيء من التفصيل المحاور الأساسية التي تمت مراجعتها ووضعها في قالب يسهل فهمها وتطبيقها، وتتمثل هذه المحاور في التالي:

ا- كفاءة تحديد الموقع وتصميم البناء

إن التصميم الأمثل يعتبر اللبنة الأولى والمرحلة الأساسية لأي مشروع هندسي لما له من اثر كبير على دورة حياة المشروع ابتداءا من التكلفة إلى الأداء الأمثل. لذلك ينبغي مراعاة تقنية كفاءة التصميم واختيار الموقع من جميع النواحي والتي تشمل:

ب- تحديد الموقع

عند تحديد الموقع يجب اختيار الموقع المناسب للبناء وذلك لحماية الأرض والتقليل من تأثير التوسعات الجديدة على البيئة، والتصميم على أساس التحكم بالتلوث الناتج عن مياه المجاري وتقليل التأثيرات البيئية نتيجة لاستبدال الغطاء النباتي بالأرصفة والخرسانات. ومن أهم الأمور التي يجب مراعاتها عند تحديد موقع البناء، الاستفادة من الطبيعة المحيطة به عند اختيار الموقع بحيث يمكن استخدام الطاقة المتجددة بشكل مباشر أو غير مباشر، وتفعيل إعادة التدوير لمخلفات البناء وذلك عن طريق تخصيص أماكن محددة لها مما يساعد على سهولة التجميع وإعادة النقل والتصنيع. هذا بالإضافة إلى التخطيط لاستخدام الأشكال المختلفة للمواصلات كالنقل الجماعي لما له من أهمية كبيرة في توفير الوقود المستهلك وتقليل الازدحام الناتج عن كثرة وسائل النقل المملوكة للأفراد خاصة في أوقات الذروة.

ب-التصميم العام للمبنى

يتم تصميم المبنى بشكل يمكنه من الاستفادة المثلى من المصادر الطبيعية المحيطة بالمبنى مثل الضوء الطبيعي، من خلال تصميم اتجاه المبنى والنوافذ للتقليل من الإنارة

الكهربائية، الشكل 1 يوضح إحدى الطرق المستخدمة للاستفادة من الإنارة النهارية في المباني.

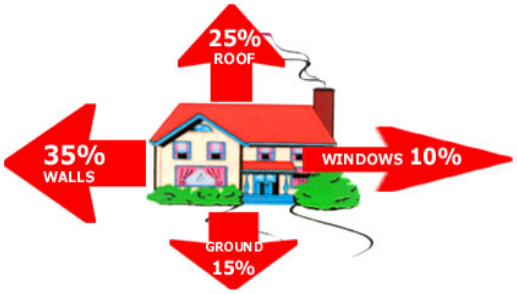
الشكل (1). الاستفادة من الإنارة النهارية في المباني التقليدية.

و يمكن استخدام بعض التقنيات الأخرى كنقل الضوء بأنابيب إلى داخل المبنى، وهي تقنية يتم من خلالها نقل ضوء الشمس عبر أنابيب باعتماد تقنية الإنعكاسات في المناشير و الألياف البصرية [1] حتى تصل إلى كافة الأماكن الداخلية للمبنى، كما هو موضح في الشكل 2.

الشكل (2). نقل الضوء عبر أنابيب إلى داخل المبنى

عند التصميم يمكن أيضا الاستفادة من بعض الظواهر الطبيعية الأخرى مثل اختلاف الضغط، خاصة في المباني العالية، بحيث يستخدم في عملية التهوية الطبيعية وتقوم هذه العملية على مبدأين أساسيين هما قابلية طفو الهواء (بفعل اختلاف درجات الحرارة) وسريان الهواء (بفعل اختلاف ضغط الهواء)، وهما من أهم استراتيجيات التبريد غير المباشر. بالإضافة إلى استخدام تقنيات الطاقة الشمسية في التدفئة وتسخين المياه.

ومن ناحية أخرى يتم تصميم المبنى بحيث يمكن استخدام العوازل الحرارية لتقليل التسرب الحراري من وإلى داخل المبنى، حيث تقدر نسبة التسريبات الحرارية بحوالي 85 % من الحرارة المراد إزاحتها بواسطة أجهزة التكييف في أمريكا، حيث تقدر الحرارة المتسربة من النوافذ بنسبة 10 % والأسطح 25 % والجدران 35 % كما هو موضح في الشكل 3 [2].



الشكل (3). أماكن الفقد الحراري في المبنى ونسب توزيعها [2].

وتتم عملية العزل الحراري عن طريق استخدام عوازل حرارية للجدران. وأيضا إمكانية زراعة الأسطح باستخدام أنواع من الأتربة خفيفة الوزن لتقليل التسريب الحراري من الأسطح بالإضافة إلى استخدام النوافذ ذات الزجاج المزدوج أو متعدد الطبقات. ويفضل أن تكون إطارات النوافذ من المواد العازلة للحرارة مثل الخشب والفلين، وزراعة الأشجار على محيط المبنى يساعد أيضا على تلطيف الجو وتقليل الحمل الحراري.

3ـ تحسين كفاءة الطاقة في المباني

تعتبر الطاقة عموماً من أعلى متطلبات المبنى تكلفة، حيث إن تطبيق واستخدام بعض الممارسات في المباني الخضراء يقلل من استهلاكها وبشكل كبير، ومن هذه الممارسات:

ا ـ استخدام التقنيات الحديثة الموفرة للطاقة

يمكن التقليل من استهلاك الطاقة في المباني باستخدام التقنيات الحديثة الموفرة للطاقة كاستبدال تقنيات الإنارة التقليدية (المصابيح المتوهجة) بالتقنيات الحديثة مثل مصابيح إنارة الفلورسنت المضغوطة (FCL) ومصابيح اللد (LED) الموفرة للطاقة بشكل كبير، حيث إنها تحتاج إلى قدرة اقل بنسبة 40 % من مصابيح الفلورسنت ولنفس شدة الإضاءة [3]. بالإضافة إلى ذلك، فإن عمرها الافتراضي كبير مقارنة بالمصابيح التقليدية مما يشجع على اقتنائها على نطاق واسع.

ومن التقنيات الجديدة أيضا استبدال المحولات المغناطيسية (الكوابح) لمصابيح الفلورسنت بالمحولات

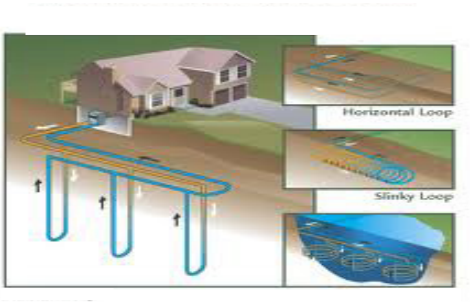
الإلكترونية التي تتميز بكفاءتها العالية، ويمكن استخدام المحول الإلكتروني الواحد لأكثر من مصباح. ومن الطرق الأخرى لتحسين كفاءة الطاقة في المباني الكبيرة تركيب مكثفات تحسين معامل القدرة في المباني التي يقل معامل القدرة بها عن 0.9 وذلك لتلافي الطاقة المفقودة الناتجة عن انخفاض معامل القدرة.

ب- إدماج الطاقات البديلة في المباني

إن توليد الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الكتلة الحيوية في المباني خصوصا الكبيرة والضخمة منها أصبح ممكنا واقتصاديا في بعض تطبيقاتها في الوقت الحاضر. حيث إن دمج هذه التقنيات في المباني يمكن أن يساهم في تخفيض أحمال استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية وبالتالي تقليل التأثير البيئي الناتج عنها. فمثلا تركيب المسطحات الشمسية على أسطح وجدران المباني لإنتاج الطاقة الكهربائية يقلل من الاعتماد على الشبكة الكهربائية، وأيضا يمكن استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه داخل المبنى و الاستغناء ولو بشكل جزئي عن الطاقة الكهربائية. ويمكن أيضا تركيب مراوح هوائية لإنتاج الطاقة الكهربائية ومد المبنى بالطاقة وبالتالي الخفض من الأحمال الكهربائية، كما هو في الشكل 4.

الشكل (4). تربينات ريحية مثبتة على مركز التجارة العالمي في البحرين

وتعتبر الحرارة الأرضية أحد مصادر الطاقة المستخدمة للتقليل من الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة المستخدمة في التدفئة والتبريد وذلك من خلال استخدام أنابيب تدفن تحت المبنى لنقل الحرارة الأرضية إلى المبنى عن طريق عملية التبادل الحراري، الشكل 5 يوضح أحد طرق استخدام الحرارة الأرضية في تدفئة المباني.



الشكل (5). كيفية استخدام الحرارة الأرضية في المباني.

ومن ناحية أخرى فإن إنتاج الغاز الحيوي في المباني الكبيرة باستخدام مخلفات المبنى والاستفادة من هذا الغاز في إنتاج الطاقة والطهي يقلل من الاعتماد على الموارد الطاقوية التقليدية.

جـ- الإدارة والتحكم في الطاقة

إن الإدارة الفاعلة والمراقبة المستمرة لأنظمة الطاقة والأجهزة والمعدات الكهربائية واستبدال غير الفعال منها بأجهزة أكثر فعالية بهدف زيادة كفاءتها، يساهم في تقليل الاستهلاك العام للطاقة في المبنى. ويمكن أيضا التقليل من تبدد الطاقة عن طريق التحكم المركزي أو شبه المركزي للطاقة في غرفة التحكم الرئيسة وذلك باستخدام الأجهزة الآلية أو من قبل الموظفين المختصين بذلك. إضافة إلى أن تركيب أجهزة التحسس الذاتي (مجسات آلية) للتحكم في تشغيل أو إطفاء الإنارة عند الحاجة، يقلل من الطاقة المهدورة بشكل كبير في الإنارة، وكذلك استخدام خاصية الإطفاء الآلي للأجهزة في المكاتب يساعد أيضا على تقليل تبديد الطاقة في المبنى بشكل عام.

4- كفاءة استخدام المياه

إن الحد من استهلاك المياه وحماية نوعية المياه هي من الأهداف الرئيسية في الأبنية المستدامة، واستهلاك المياه هو إحدى المسائل المهمة في العديد من البلدان، إذ أن الطلب على المياه الجوفية يتجاوز المخزون الجوفي (قدرتها على تجديد نفسها إلى أقصى حد ممكن)، ولذا فإنه من الضروري زيادة الاعتماد على المياه التي يتم جمعها واستخدامها وتنقيتها وإعادة استخدامها في الموقع. لقد أظهرت بعض الدراسات في استراليا، أنه يمكن تحقيق وفرة في المياه تتراوح ما بين 30 % و 40 % في المكاتب والمباني العامة باتباع بعض الإجراءات والممارسات في تلك المباني [4] نجمل منها ما يلي:

أ-صنابير المياه والمطابخ

استخدام صنابير اقتصادية بحيث تستخدم تقنية التحكم في الفتح والقفل الآلي، عن طريق التحسس، لتقليل استهلاك المياه والتحكم في قوة ضخ هذه الصنابير لتتناسب مع حاجة المستهلك. ومن التدابير التي قد تكون متاحة أيضا، لتوفير المياه في المطابخ، هي تقليل كمية تدفق المياه في صنابير أحواض غسيل اليد بحيث تقلل من استهلاك المياه ولا يؤثر على وظيفتها و تكون جميع الصنابير ذات جودة عالية و طويلة العمر، الشكل 6 يوضح بعض أنواع من الصنابير ذات كفاءة عالية في استهلاك المياه. أيضا مما يقلل من استهلاك المياه استبدال غسالة الأطباق (الصحون) بالنماذج الجديدة التي تستخدم الماء بكفاءة عالية (2-3 لتر/ الدورة). ومن الأمور المهمة أيضا، جعل التبليغ عن التسرب في المياه من مسؤولية عمال النظافة في المباني العامة، مما يساعد على سرعة صيانة وتصليح الأعطال وتقليل المياه المتسربة.

الشكل (6). أنواع من الصنابير ذات كفاءة عالية في استهلاك الماء.

ب- دورات المياه واستخدام المياه الرمادية

توجد فرصة ملائمة لتقيل استهلاك المياه في دورات المياه وخصوصا المراحيض بحيث يتم استبدال النماذج القديمة من المراحيض فردية الإطلاق التي تستخدم 11 لتراً من الماء بالنماذج الجديدة مزدوجة الإطلاق التي تستخدم من 4 إلى 5 لترات في الإطلاق الواحد ويمكن أن تصل إلى اقل من 3 إلى 4.5 لترات أي نسبة استفادة عالية ووفر يتجاوز 60 % من استهلاك المياه [4].

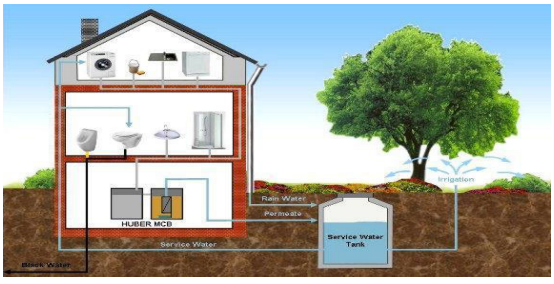
ومن أحدث الأساليب المستخدمة في توفير المياه هي فصل المياه المستخدمة في دورات المياه ومغسلة الحمام والغسالة وينابيع شرب المياه، والمياه الناتجة عن المكيفات والثلاجات، عن مياه المجاري التي تعرف بالمياه الرمادية، بحيث يمكن استخدامها مباشرة في بعض التطبيقات مثل الري والتبريد والأغراض الصناعية وفي المراحيض و أجهزة إطفاء الحرائق، ومن عيوبها ضرورة وجود مجرى منفصل للمياه الرمادية عن مياه المجاري، كما يجب فحصها من وقت لآخر للتأكد من صلاحيتها.

جـ- المناطق المفتوحة والحدائق و جمع مياه الأمطار

استخدام مياه الري يختلف اختلافاً كبيراً من مبنى إلى آخر حيث يشكل ما بين 1 % إلى 20 % من إجمالي الاستهلاك الكلّي من المياه بالمبنى، وهذا يعتمد على المرفق وحجم المساحة المفتوحة، ويمكن توفير المياه في المناظر الطبيعية والمناطق المفتوحة ببعض التدابير مثل تثبيت أنظمة الري بالتنقيط، وأنظمة الرش جيدة الكفاءة، والتأكد من أن الرشاشات تسقي الأماكن المخصصة من الحديقة وليس في الشارع أو ممرات المشاة وأن يكون ري العشب عند الحاجة فقط [4]. يمكن أيضا جمع مياه الأمطار من الأسطح وتخزينها في الخزانات واستخدامها لتزويد صنابير المياه الصالحة للشرب بعد معالجتها وتمريرها من خلال مرشحات التنظيف الذاتي ومعالجتها بواسطة مرشحات التطهير بالأشعة فوق البنفسجية (UV) أو استخدمها في أغراض أخرى مثل ري الحدائق.

د-نظام إطفاء الحرائق

الاختبار الروتيني لنظام الإطفاء يمكن أن يتطلب كميات كبيرة من المياه. هذه المياه عالية الجودة تذهب عادةً إلى فتحة مياه المجاري، فبحصر تلك المياه في نظام مغلق قبل ذهابها إلى المجاري يمكن استخدامها مرة أخرى في نظام الإطفاء أو في ري الحديقة كما هو موضح في الشكل 7. وينبغي الكشف الدوري على بكرات خراطيم إطفاء الحريق وصنابير المياه بانتظام للكشف عن التسريبات.



الشكل (7). كيفية الاستفادة من المياه المستعملة في ري الحدائق.

5ـ كفاءة المواد والحد من النفايات

أ ـ كفاءة المواد

من أهم متطلبات المباني الخضراء أن تكون مواد البناء ذات كفاءة عالية من حيث إعادة التصنيع، مثل الخيزران، (لأن الخيزران ينمو بسرعة) والقشّ، والخشب من الغابات، والمعادن المعاد تدويرها، ومنتجات أخرى قابلة للتجديد، غير سامّة وقابلة لإعادة التدوير، منها على سبيل المثال الصوف الحيواني، والألواح المصنوعة من الرقائق الورقية، والطوب الأرضي المضغوط، والطين، والفلين، ولوحات ألياف الخشب. وكذلك مادة البولي وريثين التي تقلل بشكل كبير من انبعاث الكربون وأصبحت تستخدم ككتل بدلا من الإسمنت المصنع من قبل الشركات الأمريكية لتوفيرها مزيداً من الوقت في الإنشاء، وهي مع ذلك أقل تكلفة وصديقة للبيئة. وينبغي استخراج مواد البناء وتصنيعها محلياً في موقع البناء كما هو موضح في الشكل 8 للحد من الطاقة المستهلكة في النقل لهذه المواد، إذا كان ذلك ممكناً. ومن جهة أخرى، ينبغي أن تصنع بعض عناصر البناء خارج الموقع لتعظيم الاستفادة من التصنيع خارج الموقع بما في ذلك التقليل من النفايات وزيادة فرص إعادة التدوير و رفع جودتها والتقليل من الضوضاء والغبار في الموقع.

ب ـ الحد من النفايات

كما تسعى وتهدف العمارة الخضراء إلى الحد من هدر الطاقة والمياه والمواد المستخدمة أثناء البناء، فإنه من أهدافها الرئيسية أيضا، الحد من كمية المخلفات التي تذهب إلى المدافن، سواءا كانت تلك المواد في مرحلة التشييد أو المخلفات التشغيلية عند استخدام المبنى كما هو مبين أدناه:

- تقليل مخلفات التشييد والهدم: مخلفات التشييد هي من أضخم مخلفات المباني التي تسبب تلوثاً بيئياً ويجب التخلص منها بالطريقة الصحيحة وأيضا تعتبر إعادة استخدام أجزاء من المبنى القديم في المباني الجديدة أو تخزينها للاستخدام المستقبلي من أهم التوجهات الحديثة للتقليل من هذه المخلفات. وقد تم ابتكار مصطلح جديد وهو إزالة البناء وهي عملية معاكسة للبناء وتختلف عن الهدم، حيث يتم إزالة جميع الأجزاء الصالحة للاستخدام من المبنى قبل الهدم، ليتم استخدامها في المباني الجديدة [1].

الشكل (8). آلات تصنيع الطوب الأرضي.

- تقليل المخلفات التشغيلية وإعادة التدوير: تكون المباني الخضراء مصممة تصميماً جيداً يساعد أيضاً في تقليل كمية النفايات المتولدة عن مستخدمي البناء من خلال توفير حلول لها في نفس الموقع، وذلك مثل جمع النفايات البشرية في الموقع نفسه وتشغيل محطة شبه مركزية لإنتاج الغاز الحيوي. ومع النفايات البيولوجية الأخرى يمكن إنتاج الأسمدة السائلة ويمكن أن تكون بديلاً عن الأسمدة الاصطناعية التي هي أكثر استهلاكا للطاقة عند عملية التصنيع من هذه العملية.

6ـ تحسين جودة البيئة الداخلية

إن جودة البيئة الداخلية هي إحدى الممارسات المهمة في المباني الخضراء حيث إنها إحدى العناصر الخمسة التي تقوم عليها المعايرة في نظام الريادة في تصميم الطاقة والبيئة [5]. وقد تم إيجادها لتوفير الراحة والرفاهية مما يزيد بشكل كبير الإنتاجية لشاغلي المكان، و تتضمن هذه الممارسات ما يلي:

الشكل (9). المباني الخضراء من الداخل.

ا ـ التهوية والتحكم بالتدخين

يقضي أغلب الناس من 80 % – 90 % من أوقاتهم

داخل المباني التي تكون دورة الهواء فيها مغلقة وهذا ما جعل الكثيرين يعتقدون أن تلوث الهواء الداخلي أخطر من الخارجي. ومن أهم مصادر تلوث الهواء الداخلي تدخين السجائر والمعسلات والأبخرة الناتجة عن المفروشات أو مواد الدهانات. وفي مجتمعنا العربي البخور، الذي يستخدم بكثرة داخل المباني، بالإضافة إلى غازات التبريد، مثل الفريون، الناتجة عن تسريبات أجهزة التكييف. فالهواء الجوي يتكون من 78 % غاز النتروجين و 12 % غاز الأكسجين و 20 % بخار ماء غالباً و 0.3 % ثاني أكسيد الكربون. ومع وجود كميات ضئيلة من الغازات الأخرى مثل النيون والأرجون والهليوم والكربتون والأمونيا والأوزون والميتان وعند اختلال هذا التركيب بدخول غازات أو جسيمات غريبة فإن الهواء يصبح ملوثاً [6].

إن جودة الهواء في الأماكن المغلقة تقتضي الحد من المركبات العضوية المتطايرة والشوائب الجوية الأخرى مثل الملوثات الميكروبية التي تسبب بعض الأمراض مثل السرطان والغثيان وتهيج الجلد. وغالباً ما تعتمد المباني على نظام التدفئة والتهوية والتكييف (HVAC) والمصممة بشكل صحيح لتوفير التهوية الكافية وتنقية الهواء وكذلك عزل عمليات (الطبخ والتنظيف) لتجنب تلوث الهواء. ومن خلال عملية التصميم والبناء واختيار مواد البناء والمنتجات الداخلية يمكن إزالة أو تقليل الانبعاثات الضارة مثل المركبات العضوية المتطايرة وتحسين نوعية الهواء الداخلي و كذلك يجب أن لا تزيد الرطوبة في المبنى عن نسبة 50 % [1].

ومن الأمور المهمة أيضا التحكم بالتدخين في المبنى وذلك عن طريق تخصيص أماكن خاصة للتدخين مزودة بمرشحات هواء أو منع التدخين في المبنى نهائيا.

ب- التحكم بالضجيج

يتم التقليل من الضجيج بشكل كبير عندما يتم أخذه في الاعتبار في عملية التصميم للمبنى، ويمكن التحكم بالضجيج عن طريق استخدام الحواجز الحاجبة للصوت والزجاج المزدوج والسجاد، وذلك حسب موقع ونوعية استخدام المبنى، وكذلك يمكن استخدام المواد الماصة للضجيج بغرض التقليل من صدى الصوت مثل الألياف الزجاجية والمواد العازلة والبطانيات والسجاد.

7- تحسين عمليات التشغيل والصيانة

ومع أهمية تصميم المباني بشكل مستدام إلا أنه لا يمكن المحافظة عليها كمبانٍ مستدامة إلا بالتعامل معها بشكل صحيح من خلال عمليات التشغيل والصيانة الآمنة من قبل الأفراد المختصين، حيث إنها جزء من استدامة المباني وتطويرها الذي سوف يساعد على الإبقاء على المعايير الخضراء المصممة عليها تلك المباني. وكل جانب من جوانب حياة المباني الخضراء تكتمل بعمليات التشغيل والصيانة، وإضافة التقنيات الخضراء الجديدة أيضا تعتبر جزءًا من برنامج التشغيل والصيانة. وهناك الكثير من الممارسات التي تساعد على استدامة المبني عن طريق برنامج التشغيل والصيانة ومن بين هذه الجهود أو الممارسات الآتي.

أ- جهود التشغيل و الصيانة ووفرة الطاقة

تشير التقديرات إلى أن برامج التشغيل والصيانة التي تعمل وفق برنامج كفاءة استهلاك الطاقة يمكن أن توفر من 5 % إلى 20 % من استهلاك الطاقة في بعض الدول مثل أمريكا [7] من دون استثمارات مالية كبيرة بغض النظر عن كون الموقع كبيرا أو صغيرا باتباع الآتي:

- أداء برنامج التشغيل والصيانة بشكل متكامل وآمن في المباني والمعدات، ما يساهم بشكل كبير في تخفيف المخاطر المحتملة الناجمة عن الصيانة المؤجلة.
- موظفو التشغيل والصيانة هم المسؤولون عن صحة وسلامة شاغلي المبنى.
- التشغيل والصيانة المناسبة تقلل من المخاطر المرتبطة بكلفة ونوعية الهواء الداخلي.
- أداء التشغيل والصيانة بشكل صحيح يضمن تحقيق العمر الافتراضي المتوقع من المصمم للمعدة. وعلى العكس فإن التكاليف المرتبطة بفشل الأجهزة والمعدات المبكر لا تكون عادة في الميزانية وغالبا ما تأتي مصاريفها على حساب الأنشطة الأخرى لمخططات التشغيل والصيانة.
- برنامج التشغيل والصيانة الجيد هو عملية استباقية في الاستجابة وتصحيح الحالات قبل أن تتحول إلى مشاكل ويسمح بمزيد من الوقت للصيانة المبرمجة.

8ـ التكلفة

المسألة الأكثر تعرضاً للانتقاد حول العمارة الخضراء هي التكلفة التي تتمثل في تطبيق بعض الممارسات ودمج بعض التقنيات الجديدة في المباني والتي تميل إلى زيادة التكلفة العامة لهذه المباني، فمثلا في أمريكا نسبة الزيادة لتحويل مبان تقليدية إلى مبان خضراء حوالي 2 % من تكلفة المبنى [8]. إلا أن العائد من هذه المباني على مدى الدورة الكاملة لحياة المبنى يكون عشرات الأضعاف من التكاليف الأساسية للمبنى وبذلك فإن الفرق شاسع بين التكلفة الأولية للمبنى والتكلفة العامة لدورة حياة المبنى، وهذه الوفرة في الأموال تأتي من زيادة كفاءة استخدام المرافق العامة التي تؤدي بدورها إلى انخفاض فواتير الطاقة والتشغيل وزيادة معدلات الإنتاج. إن إدماج ممارسات البناء الأخضر أو المستدام في البنايات العامة والرسمية يعتبر استثمارات عالية المردود من حيث التكلفة الكلية للمبنى. حيث بالتحليل الأكثر دقة على سبيل المثال، فإن استثمارا أوليا مقدرا بحدود 100,000 دولار لدمج ميزات البناية الخضراء في مشروع تكلفته 5,000,000 دولار يؤدي إلى مدّخرات تساوي على الأقل 1,000,000 دولار في دورة حياة البناية، بافتراض أن دورة حياة المبنى تكون لمدة 20 سنة [8].

9ـ نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة

تختص هذه الفقرة بالتعريف بأحد أهم النظم في العالم التي تختص بتقييم الممارسات الخضراء في المباني ومدى انسجامها مع البيئة ومنح الشهادات بذلك، هذا النظام معترف به دوليا على أنه مقياس تصميم وإنشاء وتشغيل المباني عالية الأداء والمراعية للبيئة وهو ما يعرف بنظام الريادة في تصميم الطاقة والبيئة (ليد) تشرف عليه هيئة تسمى مجلس الأبنية الخضراء كما هو في العديد من دول العالم المتقدم مثل المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء والمجلس البريطاني للأبنية الخضراء، وقد قامت بعض الدول العربية بإنشاء مجالس مماثلة مثل المجلس الإماراتي للأبنية الخضراء والمجلس السعودي للأبنية الخضراء للإشراف على تحويل المباني القديمة إلى مبان خضراء و أيضا الإشراف على البناء الجديد ومنح الشهادات لتلك الأبنية حسب تصنيفها من قبل المجلس. حيث يقيّم ويقيس هذا النظام أداء وآثار أي منشأة آخذاً بعين الاعتبار عدة نقاط منها اختيار الموقع وتوفير الطاقة والكفاءة في استهلاك المياه وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وتحسين البيئة الداخلية [5]. البندان التاليان يبينان معايير ونظم التقييم في نظام (ليد).

اـ معايير النظام

تم تطوير النظام من معيار واحد للبناء الجديد إلى نظام شامل لستة معايير تغطي جميع جوانب عملية التنمية والبناء طبقا لما يلي:

- المواقع المستدامة.
- كفاءة استخدام المياه.
- الطاقة والغلاف الجوي.
- المواد والموارد.
- جودة البيئة الداخلية.
- عملية الابتكار والتصميم.

بـ نظم التقييم للمباني الخضراء

يطبق نظام تقييم (ليد) في العديد من دول العالم، ومن أقدمها وأهمها وأكثرها شيوعا، نظام الريادة في تصميم الطاقة والبيئة الأمريكي، وهو مجموعة من المتطلبات للمشروعات التي ترغب في الحصول على شهادة (ليد)، وكل مجموعة من هذه المتطلبات تكون حسب الحاجيات الفردية لكل مشروع أو بناء. حيث يجب أن يتحصل كل مشروع على مجموع من النقاط حسب تلبيته لمتطلبات المباني الخضراء، وبناءا على مجموع النقاط المتحصل عليها المشروع، يتم تصنيفه في أحد مستويات التصنيف لنظام (ليد). توجد أربعة تصنيفات لنظام ليد كما هو موضح في الشكل 10 وهي كالآتي [5]:

- مستوى شهادة ليد من 26 إلى 32 نقطة
- المستوي الفضي من 33 إلى 38 نقطة
- المستوى الذهبي من 39 إلى 51 نقطة
- المستوى البلاتيني من 52 نقطة فأكثر

10- الخلاصة والتوصيات

تخلص هذه الورقة إلى ضرورة التعريف بأهمية العمارة الخضراء وذلك لدورها المهم في التقليل من استهلاك الطاقة و تقليل الضرر البيئي وانعكاسه الإيجابي على صحة ورفاهية الإنسان، و ذلك بنشر أساليب وممارسات العمارة الخضراء في البيئة المحلية عبر شركات الإنشاءات والمؤسسات العامة

الشكل (10). أنواع تصنيفات شهادات ليد(LEED) حسب التصنيف الأمريكي.

والتوعية الإعلامية، وتوصي بالتالي:

1. **وضع خطط مستقبلية للبدء في تطبيق معايير العمارة الخضراء في ليبيا واستصدار التشريعات اللازمة والمشجعة على استغلالها و تنفيذها.**
2. **إنشاء مجلس أو هيئة مختصة للإشراف على عملية التحول إلى العمارة الخضراء، على غرار المجالس الأخرى في دول العالم، ويكون من مهامه وضع معايير للعمارة الخضراء حسب متطلبات البيئة الليبية ومنح شهادة للأبنية الخضراء حسب تصنيفها.**

11ـ المراجع

[1]- **هند راشد سعيد بن حسين "الاستدامة في المباني مصطلح وأبعاد".**

[2]-Liam Kavanagh Builders, Renovation And Extension Work. Web site.

[3]- Green Building A to Z, Understanding the language of green building. Jerry Yudelson. New Society Publishers, Canada. 2007.

[4]-Australian Government, Department of the Environment and Heritage "Water Efficiency Guide: Office and Public Building "Australia 2006.

[5]- https://new.usgbc.org/leed .

[6]- **مجدي ماهر كامل. "الأثر الصحي لملوثات الهواء". تاريخ النشر 2011/11/21.**

[7]-http://www.docstoc.com/docs /100320840

[8]-U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, "Operations & Maintenance Best Practices a Guide to Achieving Operational Efficiency" 2002.

[9]-Greg Kats, Capital E , A Report to California's Sustainable Building Task Force, "The Costs and Financial Benefits of Green Buildings", October 2003, http://

[10]-www.calrecycle.ca.gov/greenbuilding/design/CostBenefit/Report.pdf.