أثر تكنولوجيا المواد على إستدامة الأبنية

م.م. أسيل عبد الحليم لطيف
جامعة بغداد- كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

م.م. هاله شمسي محمد الديواني
جامعة بغداد- كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

المستخلص:

نتج عن التطور الذي شهدته تكنولوجيا المواد في العقود الأخيرة مشاريع متميزة هدفها الحفاظ على البيئة والطاقة وتقليل التلوث فقد اتخذت من مبادئ التصميم البيئي أساس للفكر المعماري أبتداءا من المراحل الأولى لعملية التصميم إنتهاء بأختيار المواد البنائية المناسبة من أجل تحقيق أبنية مستدامة، لكن هذه المحاولات محدودة في بيئتنا المحلية ولم تؤخذ بالجدية المطلوبة ، من هنا برزت مشكلة البحث في إغفال الجانب البيئي (الأيكولوجي) عند أختيار المواد البنائية أثناء العملية التصميمية لتحقيق أبنية مستدامة ، فكان هدف البحث هو الكشف عن أليات أختيار المواد البنائية بما يخدم الإداء الوظيفي لها ويقلل من تأثيراتها السلبية على البيئة والحفاظ على مواردها وأنظمتها الأيكولوجية قدر الأمكان وفق مؤشرات : الطاقة المجسدة[1]، إعادة التدوير، المتانة، مما يساعد المختصين والمهندسين المعماريين في عملية أتخاذ القرار والتي لها تأثير كبير في تحقيق ابنية مستدامة ضمن البيئة المحلية ومدى أمكانية تطبيقها في العراق.

كلمات مفتاح البحث : تكنولوجيا المواد ، النظام الأيكولوجي، الطاقة المجسدة، إعادة التدوير، المتانة.

The Impact of Materials' Technology on Sustainability of Buildings

Assist. Lect. ASEEL ABD- ALHALEEM LATIF
University of Baghdad
College of Engineering
Departement of Architecture Engineering
mmrreemm@yahoo.com

Assist. Lect. HALA SHAMSI MOHAMMED ALDIWANI
University of Baghdad
College of Engineering
Departement of Architectural Engineering
hala_aldywani@yahoo.com

Abstract:

The evolution in materials' technology in the last decades resulted in interesting projects that aimed at preserving the environment and energy and reduce pollution. They have been taken the principles of environmental design as a basis for architectural thought, starting from the early stages of the design process ending in choosing appropriate building materials to achieve sustainable buildings, but these trying are limited in our local environment and there isn't demanded seriousness. The

[1] هو مصطلح أعتمد في أكثر من بحث عربي رصين وأصبح من المفردات المتداولة في حقل الإستدامة ، فهو من أبرز المعايير التي تم أعتمادها في تقييم المواد كونها مستدامة او لا.

research problem emerges in the ignorance of the environmental aspect (ecological system) when selecting building materials during design process to achieve sustainable buildings. The aim of this research is revealing the mechanisms of selecting building materials to improve the functional performance and reduce the negative effects on the environment and preserve its resources and the ecological systems as much as possible according to the following indicators: Embodied energy, recycling, durability; to assist architects and specific engineers in making decisions that have a significant impact in achieving sustainable buildings in the local environment and the possibility of application in Iraq .

Research Keys: Materials' Technology, Ecological system, Embodied energy, Recycling, Durability.

❖ المقدمة

ذكر ويليام موريس William Morris في إحدى مقالاته عام 1892 : " تمثل المادة وبشكل واضح أساس العمارة " ،

"The subject of Material is clearly the foundation of Architecture" (Randall, 2006, P.67) ، لقـد مثـل مجموعة من المصممين امثـال والتركروبيوس ولي كوربوزيه وميس فان ديروه واخرون الاتجاه الجديد في عمارة القرن العشرين والذي يمثل طرازا دوليا له مفردات واضحة تمثلت في الاسقف الافقية والاسطح المستوية واستخدام مواد بنائية حديثة كالخرسانة المسلحة والحديد والالواح الزجاجية دون النظر الى الاعتبارات البيئية و العمارة المحلية الخاصة بكل منطقة .ومع ظهور مصادر الطاقة المتنوعة وتطور اساليب البناء الحديثة ظهر تطور واضح في الشكل المعماري وأدى الى بروز تصاميم معمارية تتعامل بحرية أكبر مع المواد البنائية الحديثة فظهر استعمال الزجاج بشكل واضح في الأبنية الى الحد الذي يصل في بعض الاحيان الى إكساء واجهات المبنى بالكامل بالزجاج ورافق ذلك استخدام اجهزة التكييف والتدفئة واصبحت التصميمات المعمارية متشابهة في معظم الدول بالرغم من اختلاف الظروف المناخية من منطقة الى اخرى في العالم. وقد عبر عن ذلك لي كوربوزييه بقوله: " أهدف الى إقامة مبنى واحد لكل البلدان ولكل أنواع المناخ "، ويعـد إستخـدام أنواع معينة من المواد البنائية اوالأنهاءات في الابنية الحديثة سببا من أسباب إستنزاف مصادر الطاقة بصورة غير مباشرة ، وظهرت دراسات كثيرة تركز على الطاقة المستهلكة في انتاج المواد البنائية ومدى إمكانية تقديرها، ومعظمها بدات في السبعينيات من القرن العشرين مع بداية التوجه بجدية نحو ترشيد استهلاك الطاقـة و العمـل على التقليل من التأثيـر السلبـي للأنسـان على البيـئة الطبيعيـة (وزيري،2003،ص83،69). أن التركيز المتزايد على موضوع الإضرار بالنظام الطبيعي للأرض (النظام الأيكولوجي[2] ضمن المحيط الحيوي) أثار ردود أفعال مختلفة من قبل المصممين ، والتي نتج عنها رؤى عديدة للتصميم المستجيب والحساس ايكولوجيا ، حيث انه لفترة ليست ببعيدة كانت صورة العمارة الجيدة تتمثل في المبنى الذي يكون متلائما مع السياق البيئي المحيط به وفي نفس الوقت يحمي ساكنيه من تاثيرات المناخ الذي يحيطهم ، ولكن مع مرور الوقت وجد أن البيئة هي التي تحتاج الى حماية فأزيحت فكرة العمارة الجيدة الى مفهوم (المبنى المتحسس بيئياً) بحيث اصبح المبنى يحمي البيئة من التلوث الجزئي والأضرار الناتجة من النشاط الأنساني، مع الحفاظ على تحقيق راحة المستخدم وحماية الساكنين من تاثيرات المناخ الأ أن المستخدم أصبح متمركزاً حول ما يفعله للطبيعة وليس ماتفعله الطبيعة له ، اي أن الصورة تحولت من سيطرة الخطر الخارجي الى سيطرة الخطر المصطنع.(رضاب أحمد،2009،ص47) الآن وبعد أكثر من قرن ومع مدى واسع من المواد البنائية المتناولة تحت يد المصمم (جدول(1)) وزيادة الوعي للتأثير البيئي لهذه المواد ،

[2] هو التفاعل بين مقومات البيئة البيولوجية والفيزياوية خلال وحدة فضائية ،فهو كل العلاقات البيئية التي تترابط مع بعضها في وحدة واحدة وهو اساس بقاء الأنسان .
(رضاب أحمد، 2009 ، ص43)

أضاف تصريح ويليام موريس أهمية أكثر، حيث تؤثر المواد البنائية على الهيكل الإنشائي والكلفة وأسلوب الإنشاء فضلا على تأثيراتها البيئية على البيئات الداخلية والخارجية. إن إسلوب تصميم العديد من الأبنية الحديثة المنفذة أصبح يحتاج منا وقفة متانية لتقييم اثارها وتاثيراتها على كل من الصحة والبيئة ومجالها الحيوي ونتيجة لذلك فهناك مسؤولية ملقاة على عاتق المعماري لاعادة النظر في الستراتيجيات المتبعة في تصاميم الابنية وجعل احد أهم الاهداف في العملية التصميمية هو الطاقة والسبل المثلى في استغلالها وتوفيرها في نفس الوقت .

❖ التكنولوجيا والعمارة

منذ أن وضع فتروفيوس ثلاثيته الشهيره حول أهداف العمارة (المنفعة،المتانه،الجمال) شكلت التكنولوجيا ركناً مهماً ضمن بنية تلك الثلاثية . تصب التكنولوجيا اهتمامها على الناتج وكيفية تحقيقه وبخصائص (أعلى، أكفأ، أسرع، أجود) وبذلك فأن الية عمل التكنولوجيا على نظم العمارة ستكون:

- مباشرة: تعمل القوة التكنولوجية على هذه النظم بشكل مباشر والمصمم مسؤول عن هذه العمليات.
- غير مباشرة ولها أسلوبان :

- تنعكس هذه القوى في مجالات أخرى، كأستعمال مادة بنائية جديدة او طريقة إنشاء مبتكرة اوتطوير إحدى النظم التي تدخل في العملية التصميمية ودور المعماري هنا يكمن في أختيار المادة أو الطريقة .
- قد تكون في ناتج تكنولوجي اخر ينعكس تأثيره في نظم العمارة او يساعد المصمم على القيام بعملياته التحويلية على جوهر مادة العمارة من فكر ومادة وشكل مثل الحاسبة الالكترونية وتأثيراتها على المراحل التصميمية والتنفيذية. ومن ثم فهناك ثلاث مرتكزات لإدخال التكنولوجيا الى العمارة ، تمثل المفاهيم الأساسية التي تحدد مدخلات العمارة المستدامة بشكل عام وهي:

(تكنولوجيا المعلومات، تكنولوجيا المواد، تكنولوجيا الأنظمة) .(رضاب أحمد، 2009 ، ص5- 6)

سيركز البحث على تكنولوجيا المواد بشئ من التفصيل كونها تمثل محور البحث.

تكنولوجيا المواد

يمكن تأشير نوعين من التطورات في مجال التكنولوجيا الحديثة للمواد البنائية :

- اعتماد مراحل اعدادية جديدة بين مراحل استخراج المواد الطبيعية ومراحل أستعمالها في البناء بهدف تحسين خصائص المادة الأولية وزيادة ملائمتها للمتطلبات الأنشائية أو التنفيذية أو امكانات السطح الخارجي مما أدى الى تحسين خصائص المواد الطبيعية المعتمدة في المراحل التكنولوجية السابقة.
- تقديم بدائل جديدة للمواد البنائية وأستغلال ما تم تطويره ضمن مجالات أخرى في تنمية الصناعة البنائية ،اذ أسهمت الأبتكارات في مجال الصناعات الكيمياوية والتعدين في تقديم بدائل مادية جديدة تمكنت من أثبات فعاليتها في تغيير الخيارات الأنشائية او التنفيذية أو امكانات السطح الخارجي او كلها معاً .

ويعتمد أستعمال اي مادة بنائية بصورة عامة على:

- الأمكانات الأنشائية (Structural potentialities) التي تتحدد تبعا لسلوك المادة في نقل الأحمال المسلطة عليهاومقدار هذه الأحمال،مما يفرض أتباع ترتيب انشائي معين عند أستخدام المادة البنائية.
- الإمكانات التنفيذية (Applicable potentialities) التي تتحدد تبعاً لمواصفات وحدة المادة كالأبعاد والوزن ومقدار تماسك المادة وغيرها،مما يفرض الألتزام بأساليب معينة في نقل المادة الى موقع العمل وطرق تجميعها وتركيبها ، وكذلك حجم ودقة العمالة المسؤولة عن أستخدامها.
- امكانات السطح الخارجي (Cladding potentialities) التي تتحدد تبعاً للصفات الخارجية للمادة مثل اللون والملمس ونسبة الشفلفية، مما يؤثر في تحديد مواقع

استعمالات المادة ومدى ملاءمتها لفعاليات الفضاءات. (رغد نعمة الله ، 1997، ص62)

- إضافة عامل اخر: هو مدى تأثيرها على النظام الأيكولوجي،أحد الأعتبارات المهمة التي أخذ بها في الدراسات لما له من تاثير على البيئة (الباحثتان).

❖ الإستدامة واثرها في اختيار المواد البنائية

يعد قطاع البناء من اكثر القطاعات تاثيرا في البيئة من حيث استهلاك المواد والطاقة وانتاج المخلفات واطلاق الغازات الملوثة للبيئة فقد تصل نسبة استهلاك المواد الى 40% من اجمالي الاستهلاك العالمي من المواد الاولية (Roaf etal, 2007, P.48) ، **لذا فهو من أبرز مسببات تحطيم البيئة و هدر الموارد الطبيعية** . وكنتيجة للوعي البيئي الذي شهده العالم في الفترة الاخيرة منذ سبعينات القرن الماضي ، ظهر تحرك على المستوى الدولي تجسد في تكوين لجنة برئاسة السيدة برونتلاند[3] لدراسة تأثير السياسة التصنيعية والأقتصادية لدول العالم في الموارد الطبيعية بقصد تمكين هذه الدول من تحقيق تنمية مستمرة متوازنة تكفل التقدم والرخاء في جميع أنحاء العالم (اللجنة العالمية للبيئة والتنمية،1989،ص9) فقد عرفت اللجنة عام 1987 **التنمية المستدامة** هي" التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون الحد من قدرة أجيال المستقبل على تلبية احتيـاجاتهم" ، (المصدر السابق، ص30)، لذا أصبحت هناك حاجة ملحة لدراسة التاثير البيئي لمواد البناء من خلال دراسة خصائص وصفات تلك المواد وعمليات الاستخراج والتصنيع التي تمر بها لوضع ستراتيجية تساعد في أختيار المواد التي تساعد في التقليل من التاثير السلبي على البيئة. فالتقييم وعملية صنع القرار اليوم من قبل المستهلكين وشركاء العمل لا تبنى على الإعتبارات المألوفة (Esko, 2002, P.1) (الملائمة للغرض ،الكلفة،المتانة،الأستقرار،والأمان) (Randall, 2006, P.67) فحسب وإنما على التاثير البيئي لتلك المواد وكيفية تقييم هذا التأثير، وظهرت عدة مسميات منها ما يعرف بالمنتجات الصديقة للبيئة والتي تطلق على المواد الأقل ضررا على البيئة. (Esko, 2002, P.1) ومن اجل ذلك لابد من معرفة الالية التي تؤثر بها عمليات البناء على البيئة في كل مرحلة من مراحل عمر المبنى، وأهمية تحليل دورة حياة المبنى. (Jones, 2000, P.22) فنلاحظ هناك ازدياد في توافر المعلومات حول تحديد القيمة البيئية أو تقييم التاثير البيئي لمواد البناء من اجل مساعدة المعماريين والمصممين وذي الاختصاص في اختيار الافضل حيث إن التأثير السلبي على البيئة هو نتاج لعمليات المعاملة للمنتج ابتداءا من عملية استخراج المواد الخام ومن ثم عمليات التصنيع انتهاءاً بتثبيت المنتج في المنشأ. (Gunther, 1999, P.135) ولما كانت عمليات استخراج وتصنيع ومعاملة المواد البنائية من أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة فلابد ان تتوفر للمعماري معلومات كافية حول خصائص هذه المواد وصفاتها ليستطيع الوصول الى القرار الامثل او الاقرب الى الهدف وهو توفير الطاقة وفي نفس الوقت الحصول على أفضل النتائج من حيث تحقيق الوظيفة المراد للمواد البنائية تحقيقها ضمن المبنى.

هنا لابد من السؤال : ماهي الأعتبارات التي تؤخذ بالحسبان عند أختيار المواد البنائية ؟

عادة مايتطلب الجزء المنشئي من المبنى مواداً بنائية ذات مواصفات خاصة وقوة تحمل عالية فهو الجزء الحامل للقوى في المبنى ، واكثر المواد شيوعا هي الكونكريت (الخرسانة المسلحة) والحديد، اما في حالة الجزء الانشائي من المبنى فهناك مدى وحرية أكبر في إختيار المواد البنائية[4]، من هنا جاء البحث ليركز على المواد البنائية الأكثر شيوعا في البيئة بجزئيها لضمان إستدامتها. لذا تضاف إلى الإعتبارات المألوفة التاثيرات على البيئة الطبيعية وعلى الصحة البشرية، وهما ضمن علاقة مترابطة مع بعضها البعض.

---

[3] (Gro Harlem Brundth Land) رئيسة وزراء النرويج في حينها والمسؤولة عن اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (اللجنة العالمية للبيئة والتنمية،1989،ص9)

[4] الجزء المنشئي (الهياكل الرئيسية) في الهيكل الانشائي للمبنى ، الجزء الإنشائي (الهياكل الثانوية) كتثبيت لكساءات الواجهات (Us Green Building Council, 1996, P.183)

لذلك يتبادر في اذهاننا السؤال الأتي : ماهي المواد البنائية الواجب أستعمالها وماهي تأثيراتها على البيئة الطبيعية؟

❖ التأثير البيئي للمواد البنائية

عادة ما تمر المـواد البنـائية بعمليات المعاملة والتصنيع قبل ان تدخل ضمن المنشأ والعملية البنائية ككل وهذا يستوجب استهلاكا للطاقة فضلا عن مخلفات الانتاج. وكلما زادت كمية الطاقة المستهلكة فان معامل التاثير البيئي (التأثير السلبي على البيئة) يزداد، فقد يصل الى اقل حد في حالة انشاء كوخ تقليدي من مواد محلية ويصل اعلى مستوياته في حالة الانشاء المسبق الصنع ، ولقياس مقدار او معامل التاثير البيئي للمواد البنائية هناك عدة عوامل من الواجب الأخذ بها، فمن المستحسن عدم تبني قرارات أو قواعد ثابتة لكل الحالات فان لجودة المواد البنائية وطريقة إندماجها اوإستعمالها في التصميم أثر في تحديد التاثير البيئي لتلك المـواد. (Roaf etal, 2007, P.48-49)

أهم العوامل التي يقيم على اساسها التاثير البيئي للمواد البنائية هي:

- كمية ونوع الطاقة المطلوبة لانتاج المادة.
- كمية او مقدار غاز ثاني اوكسيد الكربون CO2 المنبعث من عمليات تصنيع المواد البنائية .
- التأثير الحادث في البيئة المحلية نتيجة إستهلاك المواد مثل الخشب المأخوذ من الغابات الطبيعية أوعملية إستخراج النفط من الأبار ...الخ.
- التأثيرات السمية التي قد تحدثها بعض المواد البنائية مثل الدهانات وغيرها.
- كمية الطاقة المستهلكة في عمليات نقل المواد البنائية خلال عمليات التصنيع ومن ثم نقلها الى الموقع.
- درجة التلوث الناتجة من المواد البنائية بعد انتهاء دورة حياتها ضمن المبنى. (Roaf etal, 2007,P.49) .

أهم العوامل التي تؤخذ بالحسبان وتؤثر على القرارات التصميمية عند اختيار المواد البنائية هي:

- موقع وتفاصيل العناصر المعمارية.
- متطلبات الصيانة والمواد الضرورية للصيانة.
- مقدار مساهمة المواد البنائية المختارة في التقليل من التاثيرات المناخية على المبنى.
- المرونة في التصميم للسماح بالتكيف مع المتغيرات التي قد تحصل بمرور الزمن.
- العمر الافتراضي للمواد البنائية وإمكانية إعادة استعمالها في حالة تعرض المبنى للاندثار. (Roaf etal, 2007, P.50) .

لذا تعد بدائل المنتجات والمواد من الموضوعات المعقدة فهي لاتنطوي على إعتبارات تكنولوجية فحسب بل تنطوي على اعتبارات اقتصادية أيضا فضلا عن اذواق المستهلكين. (موسشيت،2000 ، ص135- 136). ولعل اهم قياس للتاثير البيئي لمواد البناء مايتضمنه مفهوم الطاقة المجسدة Embodied energy – والتي سيتم شرحها بشيء من التفصيل لاحقاً – حيث يعطي مقدارها تصور واضح عن كمية الطاقة المستعملة لانتاج العنصر او المنتج (Roaf etal, 2007, P.50) .

❖ المواد البنائية المستدامة

ظهر هذا المصطلح ليعبر عن المواد البنائية والمنتجات المفضل استعمالها من اجل موقع (بيئة) مستدامة وأبرز صفات وخصائص تلك المواد هي: (Calkins, 2009, P.3-6).

- تستهلك أقل مايمكن من الموارد الطبيعية في عمليات الانتاج والتصنيع للتقليل من التاثير السلبي على البيئة ويتم هذا من خلال اما اعادة التدوير للمواد البنائية او اعادة الاستعمال لتلك المواد بعد إندثار المبنى مثل اعادة استعمال العناصر الحديدية ذات الابعاد القياسية.
- المواد البنائية التي تمتلك أقل تاثير على البيئة الحياتية اي لاتتسبب بانبعاث مواد سمية للبيئة ولاتسبب تلوثا للبيئة بعد انتهاء دورة حياتها ضمن المبنى اي بعد

اندثار المبنى. اي انها لا تحمل او تكاد لا تحمل اي مخاطر على صحة الانسان والحياة في البيئة.

- المواد البنائية التي تكون طاقتها الأبتدائية أي الطاقة التي تعتمد عليها في عمليات انتاجها طاقة نظيفة متجددة للتقليل من التاثير السلبي على البيئة فيما لوتمت مقارنتها بالمواد البنائية التي تعتمد على الطاقات غير المتجددة مثل الوقود الاحفوري. (Calkins, 2009, P.3-6) فالطاقة التي يحتاجها الألمنيوم تعادل 8 مرات أكثر من الطاقة التي يحتاجها الحديد، لكن بالمقابل فان الطاقة الابتدائية للالمنيوم معتمدة على مصادر طاقة نظيفة متجددة وهي الطاقة الكهروبيمائية Hydroelectric power بينما الطاقة الابتدائية للحديد معتمدة على الفحم والذي يعد من مصادر الطاقة غير المتجددة المسببة لانبعاث CO2.
- المواد البنائية ذات الطاقة المجسدة القليلة مثل الحجر والخشب فهما يمتلكان طاقة مجسدة اقل بكثير اذا ماقورنت بالمواد البنائية ذات الطاقة المجسدة العالية مثل البلاستك والمعادن.

- المواد البنائية المحلية :استعمال مواد البناء المحلية للتقليل من الطاقة المستهلكة في عمليات النقل ويعد وزن المادة عامل مهم في مقدار تلك الطاقة فضلا عن المسافة المقطوعة وكما ياتي: تزداد مقدار الطاقة المستهلكة بإزدياد المسافة المقطوعة من موقع استخراج المواد الخام الى معامل او مصانع تكرير هذه المواد وتزداد مقدار الطاقة المستهلكة بإزدياد الوزن.

(Calkins, 2009, P.6-7)

المواد المستدامة وتأثيرها في عمر المبنى

يرتبط تقييم دورة حياة المبنى مباشرة بالطاقة المجسدة للمواد البنائية حيث ان للاثنين علاقة بمفهوم التاثير البيئي من حيث الطاقة الداخلة او المستهلكة في عمليات البناء (منذ المراحل الاولى لإستخراج المواد ومن ثم التصنيع والمعاملة) إلى الطاقة المستعملة في اشغال المبنى على طول عمر المبنى. إن تحديد عمر المبنى المراد إنشاؤه افضل وسيلة للتعرف على حجم التاثير السلبي للمبنى على البيئة، حيث يتم تقييم التاثير البيئي للمواد وكلفة المواد البنائية نسبة الى تقييم عمر المبنى LAC [5] ، وهو من الوسائل الفعالة للمقارنة بين المواد البنائية المختلفة المستعملة لنفس الغرض او الوظيفة مثل الحديد او الخشب او الالمنيوم المستعمل في النوافذ. وتعد متانة المواد البنائية إحدى اكثر العوامل اهمية في تاثيرها على دورة حياة المبنى. فاستعمال المواد البنائية غير المتينة (None-Durable) في الغلاف الخارجي وانهاءات المبنى تؤثر على تقييم دورة حياة المبنى لاحتياجها للصيانة والتبديل بصورة تكاد تكون مستمرة . (Jones, 2000, P.6)

❖ المؤشرات التصميمية المؤثرة في أختيار المواد البنائية.

أن عملية اختيار المواد البنائية لها اهمية كبيرة في العملية التصميمية لتأثيرها المباشر في وظيفة وعمر المبنى فضلا عن تأثيرها في البيئة المحيطة. وأهم الاعتبارات الواجب الاخذ بها عند إختيار المواد البنائية:

- الطاقة المجسدة للمواد البنائية.
- امكانية اعادة التدوير.
- المتانة (الديمومة).
- المواد الملائمة محليا.
- ملائمة المناخ . (US Green Building Council 1996, P.185)

وعندما تكون مفاهيم الإستدامة هي القوة الدافعة فان مفهوم الطاقة المجسدة للمواد المستعملة في البناء سوف تخضع لقرارات مستدامة بدلا من القرارات المستندة على الاذواق ومفاهيم الجمال والكلفة. من ذلك سيتناول البحث ثلاث جوانب هي (**الطاقة المجسدة للمواد وإمكانية إعادة التدوير والمتانة**) بشئ من التفصيل للأسباب الاتية:

- لارتباطها مع بعضها البعض ارتباطا وثيقا اثناء انتاج المادة البنائية.
- قلة الدراسات والبحوث المتناولة لتلك الجوانب.

الطاقة المجسدة Embodied Energy

يرتبط تقييم دورة حياة المبنى مباشرة بالطاقة المجسدة للمواد البنائية حيث ان للاثنين علاقة بمفهوم

[5] (Life Cycle Assessment) تقييم دورة الحياة

التأثير البيئي من حيث الطاقة الداخلة او المستهلكة في عمليات البناء (منذ المراحل الاولى لإستخراج المواد ومن ثم التصنيع والمعاملة) إلى الطاقة المستعملة في اشغال المبنى على طول عمر المبنى. (Jones, 2000, P.6)

أهم معيار يؤخذ بالحسبان عند تقييم التاثير البيئي لمواد البناء هو مايتضمنه مفهوم الطاقة المجسدة فهو يعطي تصور عن كمية الطاقة المستعملة في انتاج او تصنيع منتج ما. وممكن تعريف الطاقة المجسدة بانها: **مجمل الطاقة الاولية الممنوحة لعمليات أستخراج المواد الخام الموجودة في الارض من اجل أنتاج ونقل ومعاملة وفصل المواد الخاصة بمنتج أو مركب أوعنصر أومبنى معين.**

The total primary energy that has to be sequestered from a stock within the earth in order to produce, transport, maintain and dispose of materials within a specified product, component, element or building . (Pank, 2002, P.21)

وتشير الدراسات الى وجود عدة طرق لحساب الطاقة المجسدة تبعا للمدى الواسع من المنتجات المعلنة واختلاف تلك المنتجات من حيث المواد الداخلة في انتاجها، فضلا عن الاختلافات في طرق تصنيع المنتج من منطقة الى اخرى ونوع الطاقة المستعملة في عملية التصنيع فيما اذا كانت من مصادر الطاقة المتجددة او من مصادر الطاقة غير المتجددة والاختلاف في دقة المعلومات المتوفرة.

تشمل حسابات الطاقة المجسدة كل من:

- **الطاقة المستلمة** Delivered energy تشير الى الكمية الفعلية للطاقة المستعمله داخل موقع محدد او مبنى محدد، كمثال: كمية او مقدار الطاقة الكهربائية المسجلة بقائمة دفع اجور الكهرباء.
- **الطاقة الابتدائية أو الاولية** Primary energy فهي تشير الى مقدار الطاقة المستعملة لانتاج هذه الكمية من الطاقة المستلمة، كمثال: مقدار الوقود (النفط، الغاز) التي احتاجتها مولدات توليد الكهرباء لتوليد الطاقة الكهربائية المستعملة بالموقع.

وهناك من يفضل ان يقارن بين المواد على اساس **الانبعاث المجسد Embodied Emissions** (في حالة كون المعلومات المتوفرة حول الطاقة المجسدة لايتم فيها التركيز على طريقة الحساب المشتملة على الطاقة المستلمة فضلا عن الطاقة الابتدائية). وفكرة **الإنبعاث المجسد** مشابهة لفكرة الطاقة المجسدة وتشير الى **كمية الإنبعاث الناتج من عملية انتاج الجسم المادي او المنتج او العنصر**، مثل انبعاث CO_2 الناتج من احتراق الوقود المستعمل، وإنبعاث السموم في معاملة بعض انواع المواد التي تحتاج الى معاملة كيميائية، وفي هذه الحالة يجب الاخذ في الحسبان مقدار الوقود الاولي ومعرفة نوع الوقود المستعمل في عملية التصنيع حيث ان كل نوع من الوقود يعطي خليط مختلف من الانبعاثات. (Roaf etal, 2007, P.50-51) ،

ويعرف جزء الطاقة المجسدة للمنتج التي تضمنت على طاقة توليد معتمدة على مصادر طاقة غير متجددة مثل الوقود الاحفوري لكل مراحل عملية الانتاج والنقل والتصنيع **بالطاقة الرماديةGray Energy** وان مقدار هذه الطاقة المستعملة في المواد البنائية هي التي تحدد مقدار التلوث الحاصل بسبب عملية الانتاج من خلال كمية غاز ثاني اوكسيد الكربون المنبعثة فضلا عن الملوثات الاخرى الناتجة من عمليات التصنيع،ومن الصعب تحديد كمية الطاقة الرمادية المستعملة للمنتج حيث إن التقنيات المتوفرة في بعض الاحيان لاتعطي المعلومات الكافية فضلا عن تباين هذه الطاقة من منطقة الى اخرى لعدة عوامل:

- تتعلق بعمليات التصنيع.
- الاختلافات في مقدار الكفاية التي تستخدم بها الطاقة الاولية.
- تتعلق بطبيعة المناخ، حيث إن أنواع الكربون المستعملة مختلفة، ومن ثم تاثيراتها مختلفة من منطقة الى اخرى.
- عمليات التصنيع قد لاتكون بالكفاءة المطلوبة ومن ثم هناك اختلافات في كمية الطاقة المستعملة.

أن عمر المبنى الافتراضي يؤثر بشكل واضح في حسابات الطاقة المجسدة وهناك دراسات تقسم الطاقة المجسدة الى قسمين :

- **الطاقة المجسدة الاولية** Initial embodied energy: هي تلك الطاقة المستهلكة اوالمستعملة في العمليات التي تمر بها المواد من حالتها الاولى كمواد خام ومن ثم عمليات التصنيع والمعاملة وحتى نقل المنتج وتثبيته في الموقع وبالطبع فهي طاقة غير قابلة للتجدد.
- **الطاقة المجسدة الراجعة** Recurring embodied energy: والتي يطلق عليها البعض **بطاقة ما بعد التشغيل** فهي الطاقة المستهلكة في عمليات الصيانة والتصليح واستبدال العناصر اثناء فترة تشغيل المبنى- اثناء فترة حياة المبنى-وهي ايضا طاقة غير قابلة للتجدد، شكل (1). ويلعب عامل المتانة دور كبير في مقدار تلك الطاقة فمواد البناء ذات المتانة العالية يتوقع لها عمر اطول ضمن فترة حياة المبنى ومن ثم نسبة الطاقة المستهلكة لاعمال الصيانة تكون اقل . كما إن زيادة عمر المبنى يتبعه زيادة في مقدار الطاقة الراجعة بحيث تصبح نسبة الطاقة المجسدة الاولية صغيرة جدا نسبة الى الطاقة الراجعة،شكل(2)

(Holtshausen, 2007, P.2)، تحسب كمية الطاقة المجسدة عادة لكل وحدة وزن او لكل وحدة حجم للمادة، وبذلك فهناك حاجة لمعرفة الوزن او الحجم الحقيقي للمواد المستعملة في المبنى، جدول(2) ، وعادة ما تحسب بالكيلوواط بالساعة لكل طن اولكل متر مكعب. (Gunther, 1999, P.135) وبالرغم من الصعوبات في تحديد كمية الطاقة المجسدة للمنتج الا انها تبقى من العوامل المهمة المؤثرة في عملية الاختيار بالنسبة للمعماريين والانشائيين ولابد من جمع المعلومات الكافية حول مختلف مواد البناء والتخطيط المسبق في كلا المرحلتين التصميمية والانشائية .

- **التصنيع والطاقة المجسدة**

كلما زادت عمليات التصنيع التي تمر بها المواد فهناك ازدياد في مقدار الطاقة المجسدة فضلا عن مخلفات عمليات التصنيع الملوثة للبيئة فمثلا المواد مثل المعادن تحتاج الى طاقة كبيرة داخلة في عملية الانتاج وتحتاج الى معدات معقدة وحديثة لذلك يفضل عند اختيار المواد البنائية والمركبات ان تكون قريبة جدا من حالاتها الطبيعية اي انها تحتاج الى اقل مايمكن من عمليات التصنيع، مثال الشباك ذو الاطار المصنوع من الخشب اللين soft wood يعد اداءه افضل من الاطار المصنوع من الالمنيوم، وكمثال اخر الدهان العضوي والذي يستعمل مع الماء بشكل اساسي المصنوع من اصباغ طبيعية هو المفضل اذا ماقورن بالاصباغ الصناعية عالية الجودة. (Roaf etal, 2007, P.53)

- **النقل والطاقة المجسدة**

إن النقل يمكن ان يعد عامل مهم ومؤثر في الطاقة المجسدة فهناك طاقة كبيرة تستهلك في عمليات النقل فضلا عن ان وزن المواد يؤثر في كمية الطاقة التي نحتاجها في عمليات النقل، بعض المواد الطبيعية تحتاج الى ان تنقل الى مسافات طويلة مثال : الكرانيت المصقول ممكن ان ينقل عبر البحار فضلا عن احتياجه الى اماكن خزن قبل ان ينقل الى البلد المراد نقله اليه، لذا فان اختيار المواد من مصادر محلية ممكن ان يخفض وبشكل ملحوظ من كمية الطاقة المجسدة لها ومن ثم كمية الانبعاث بسبب انخفاض في مقدار الطاقة المستهلكة في عمليات النقل، لذلك نلاحظ في بعض الاحيان اختلاف او تباين في مقدار الطاقة المجسدة لانواع من الخشب اعتمادا على مصدر الخشب الخام. (Roaf etal, 2007, P.54-57)

إعادة التدوير Recycling

ان إعادة التدوير للمبنى او لعنصر في المبنى يقصد به التجديد او إعادة التاهيل وتختلف الاراء حول الفائدة من إعادة التاهيل او التجديد Refurbishing ، إتخاذ القرار بإعادة التدوير قد يكون اختيار ناجح في حالة عدم الاحتياج الى ادخال كميات كبيرة من الطاقة – الطاقة الداخلة في عملية الانتاج الجديدة – مع ضمان جودة المنتج. (Roaf etal, 2007, P.55) ، ويتم تصنيف المواد البنائية الى مواد بايولوجية اومواد تقنية ويفضل الابتعاد عن المواد الهجينة ومحاولة تصميم ابنية قابلة

للتفكك ، تصمم وفق نظام بايولوجي او نظام تقني (الحديد الى الحديد او الزجاج الى الزجاج) وهذا يعني عودة المواد البنائية الى عالمها الايضي الاساسي اما عن طريق الايض البايولوجي او الايض الصناعي وهذا مشابه لما يحدث في الطبيعة (Jones,2000,P.18) ، وإن إحدى المشاكل التي ارتبطت بمبادىء التصميم المستدام تكمن في رغبة المستهلك لمواكبة الحديث من مواد الانهاء المنتجة والتي تعد الافضل من حيث النوعية اذا ماقورنت بالمنتج المعاد واذا ماخذ بالحسبان ايضا الوقت الذي تحتاجه المواد المعادة الانتاج لتصبح متوفرة في السوق. (Holtshausen , 2007, P.8) ، الكثير من الابنية الحديثة حاليا والتي تعتمد على مفاهيم الاستدامة في تصاميمها اصبحت تحوي على نسبة كبيرة من المواد المعادة . وعادة ما يحدث تشويش او عدم وضوح في مصطلح إعادة التدوير ، فهناك على الاقل ثلاثة انواع من المواد القابلة للتدوير وهي :

(USGreen Building Council, 1996, P.179)

- المواد المستهلكة Post consumer Material هي نتاج الانشطة التجارية والصناعية او مخلفات النشاطات المنزلية والتي من غير الممكن استعمالها مرة ثانية لنفس الغرض.
- مخلفات العمليات الصناعية Recovered industrial process waste وعادة لايمكن اعادة استعمالها في العمليات ذاتها، مثل الخبث الناتج من عمليات صهر المعادن.
- المواد المعادة داخليا ضمن عمليات الانتاج .

Internally recycled materials from a manufacturing process

مثل بقايا القطع الناتجة من التهذيب وعمليات القص للمنتج.

المتانة Durability

وتعد متانة المواد البنائية إحدى اكثر العوامل اهمية في تاثيرها على دورة حياة المبنى. فاستعمال المواد البنائية غير المتينة (None-Durable) في الغلاف الخارجي وانهاءات المبنى تؤثر على تقييم دورة حياة المبنى لاحتياجها للصيانة والتبديل بصورة تكاد تكون مستمرة. (Jones, 2000, P.6) ، إن متانة المواد البنائية المستعملة هي احدى اكثر العوامل المؤثرة في دورة حياة المبنى، فعادة ماتحتاج المواد القليلة المتانة الى عمليات التبديل والصيانة ومن ثم فهي لها اثر في التقليل من دورة حياة المبنى. ومن أكثر العوامل المؤثرة والحاسمة في عملية اختيار المواد البنائية من قبل المعماري والمالك هي الكلفة الابتدائية التي قد تؤدي إلى احتمالية إختيار المواد البنائية التي لاتملك المتانة الكافية وذلك نتيجة التصور غير الواضح او المشوش حول العلاقة بين الكلفة الابتدائية (الاولية) للمبنى وبين الكلفة الجارية (المستقبلية) للمبنى وجزء من المشكلة يقع على عاتق المستثمرين الذين يهدفون الى تحقيق ارباح اولية كبيرة واهمال التفكير بالربح المستقبلي الحاصل خلال دورة حياة المبنى . تظهر الاختلافات في مقدار المتانة بشكل واضح عندما تكون هناك اختلافات واضحة في المدى العمري لمكونات المبنى والمواد البنائية والانظمة المستعملة في المبنى ، كما في الشكل (2)، نلاحظ ان معظم الطاقة المستهلكة هي نتيجة الصيانة وإعادة التاهيل للغلاف الخارجي للمبنى والانهاءات والخدمات . فالتصميم الجيد هو التصميم الذي يعمل على تقليل الكلفة الى حد كبير نسبة الى زيادة عمر المبنى، واحدى هذه الستراتيجيات التصميمية ممكن الوصول اليها من خلال التركيز على تصميم التفاصيل التي من شانها حماية المواد والاجزاء الاضعف في المبنى، وبصورة عامة فقد لوحظ ان مواد البناء ذات الطاقة المجسدة المنخفضة تحتاج الى صيانة مستمرة نسبيا وتفتقد الى المتانة كما تفتقد الى المواصفات الهيكلية (المنشئية) ولاتعد كفوءة في الاستعمال للمنشات العالية (الابنية العالية)، كما إن من الضروري الاعتناء باختيار مواد الانهاء اذا ما اخذ بالحسبان زيادة المدى العمري للمبنى. (Holtshausen , 2007, P.7، فاختيار المواد البنائية ذات قابلية التحمل العالية والمدى العمري الطويل تضمن سنوات خدمة طويلة تقلل من الاستهلاك النسبي للموارد الطبيعية

والطاقة خلال سنوات الخدمة لهذه المواد بالمقارنة مع المواد البنائية المعرضة للتلف بسرعة وتحتاج الى الاستبدال (Esko, 2002, P.1) .

❖ المواد البنائية المنتخبة للدراسة

سيتناول البحث اكثر المواد البنائية استعمالا والأكثر شيوعا في الوقت الحاضر (كالخشب ،الطابوق، الحديد، الأسمنت، الالمنيوم والبلاستك) من اجل توفير قاعدة معلوماتية ضرورية حول تلك المواد وخصائصها مما لها اثر وأهمية في عملية اتخاذ القرار من قبل المختصين والمعماريين وتاثيرها الواضح في إستدامة المبنى وزيادة قيمته البيئية. فان المصمم ممكن ان يميز اويدرك التاثير الاساسي للطاقة المجسدة للمبنى من خلال التركيز على مواصفات تلك المواد وسيتم تناول هذه المواد من حيث التاثيرات البيئية وفق مؤشرات:

(الطاقة المجسدة ، إعادة التدوير، المتانة)

الخشب

ويعد من اقدم المواد استعمالا في إنشاء الابنية التقليدية وهو من المواد التي تمتلك شهادة بيئية ممتازة كونها من المصادر المتجددة ومن اهم مميزاته :

- التقليل من كمية غاز CO2 المنبعث في طبقات الجو.
- لا يحتاج الى تقنيات عالية اومهارات كبيرة للعمل به.
- يعد اختيار جيد كونه من المواد المستدامة.

▪ **الطاقة المجسدة للخشب ناتجة من** :

- عمليات التصنيع : الخشب غير المعامل ذو قيم واطئة من حيث الطاقة المجسدة وهو يدخل في الأستعمالات الداخلية ، اما الانواع الصلبة من الممكن استعمالها خارجيا بدون معالجتها على ان تدرس التفاصيل جيدا لتكون بعيدة عن المياه لضمان عدم تعرضها للتلف .
- عمليات النقل : الطاقة المجسدة الناتجة من عمليات النقل قد تكون مرتفعة بالاعتماد على المصدر ونوع الخشب المستعمل فهناك الاخشاب اللينة والأخشاب الصلبة Hard Wood التي عادة ما تستورد من الدول الاوربية وهي من غابات معتمدة في نموها على الامطار وهذه الغابات لايمكن ان يعوض مكانها صناعيا[6] اما الأخشاب اللينة Soft wood فتاتي من الغابات التي تعاد زراعتها وهذه الغابات التجارية عادة ماتزرع بواقع مساحات صغيرة للاشجار مما يؤثر في التنوع الاحيائي (Roaf etal, 2007, P.60-61)

▪ **إعادة التدوير:** يمكن إعادة تدوير الخشب الصلب من خلال اعادة نشره ، منتجات الخشب المنشئية والواح الخشب ممكن تدويرهـا واعادة نشـرها فيما اذا كانت مثبتة في المنشأ بطريقـة تسمـح بازالتـها بسهولـة. (Us Green Building Council) , 1996, P.180

▪ **المتانة :** يحتاج الخشب الى مواد مضافة في حالات الاستعمال الخارجي لمنع تلفه وغالبا ما تكون هذه المعالجات باعثة للسموم لذا يجب تجنب استعمالها في الابنية البيئية المراد لها ان تكون مستدامة.
(Roaf etal, 2007, P.59-60)

الطابوق الطيني

يعدالطابوق الطيني من اقدم المواد البنائية التي إستعملت نظرا لتوافر مادة تكوينه وهي الطين في أغلب بقاع العالم وكانت الشمس هي المصدر المجاني لتجفيفه. بنى البابليون والسومريون مدنهم ومعابدهم من الطابوق المجفف تحت اشعة لشمس واثار تلك الحقبة من التاريخ هي شاهد على قوة وتحمل هذه المادة للظروف والعوامل الطبيعية.

▪ **الطاقة المجسدة للطابوق ناتجة عن** :

- عمليات التصنيع : إن التاثير الاولي في عمليات انتاج الطابوق هو مقدار الوقود والطاقة المستعملة في حرق الطابوق وتجفيفه، حيث يترك الطابوق بعد تشكيله ليجف ثم يمر بعدة مراحل لإعادة تجفيفه حتى يصل الى غرف ذات درجة حرارة تتراوح بين 100°f الى 400°f، ومعظم الحرارة هي ناتجة من إستعمال الغاز الطبيعي كوقود اساسي في عملية التصنيع. الطابوق الذي يمتلك قوة ضغط وشد عاليتين مع اقل مايمكن من قابلية الامتصاص هو الطابوق المقاوم

[6] ظهرت في المملكة المتحدة جمعيات بدات تضع خطة للمصادقة على الاخشاب القادمة من غابات مستدامة لكن هناك نسبة قليلة من الخشب التجاري المتوفر مصادق عليه ومن الصعب الحصول عليه. (Roaf etal, 2007, P.60)

للظروف المناخية، يحتاج الى زمن احراق اطول فضلا عن درجات حرارة عالية عند الحرق. يعد الغاز الطبيعي من اكثر انواع الوقود استعمالا في احراق الطابوق. (Calkins,2009,P.182) ويحتاج الطابوق الطيني طاقة مابين 15%-40% اكثر مما يحتاجه الطابوق الكونكريتي، لكن بالمقابل فان الطاقة الاولية المستعملة في حالة الطابوق الطيني ناتجة من احراق الغاز الطبيعي وهي تعد طاقة نظيفة اذا ماقورنت بالطاقة الاولية المستعملة في حالة الطابوق الكونكريتي الذي يعتمد في انتاجه على احراق الفحم. مقدار الانبعاث لغاز CO_2 الناتج من عمليات تصنيع الطابوق الطيني و الفضلات الناتجة هي اقل مما عليه في حاله الطابوق الكونكريتي. (Kim, 1998, P.24)

- عمليات النقل : يصنع الطابوق الطيني عادة من مادة الطين وهي من الموارد الطبيعية المتوفرة في أغلب بقاع العالم ، ترسبات الطين هذه تختلف في جودتها من منطقة الى اخرى ومن ثم فهي لاتناسب جميع الاستعمالات فهناك تباين في المسافة التي تقطعها شاحنات الطابوق بانتقالها من معامل الانتاج الى موقع التنفيذ. (Calkins, 2009, P.180-184)

▪ **إعادة التدوير:** يمتاز الطابوق الطيني بقابلية استعماله لاكثر من مرة ولانواع مختلفة من الهياكل الانشائية. وضمن عمليات الانتاج فهناك اعادة استعمال مستمرة للفضلات الناتجة . حسب تقديرات جمعية صناعة الطابوق فان 80% من الانتاج عادة ما تدخل فيه فضلات المواد الناتجة من الاحتراق خلال عمليات الانتاج ، وقد تنقل هذه الفضلات لتستعمل في منتجات اخرى . (Ibid , P.179-181)

▪ **المتانة:** يمتاز الطابوق الطيني بمتانة وديمومة عاليتين، وعند استعماله في الجزء المنشئي من المنشأ فهو يدوم لمئات السنين تصل الى 350 سنة أو أكثر مع احتياجه الى صيانة بسيطة ، وعلى الرغم من إمتلاكه لطاقة مجسدة عالية، لكن ممكن القبول بها بسبب ديمومته العالية.(Kim, 1998, P.24)

الحديد

يعد الحديد في الوقت الحاضر من اكثر المواد البنائية استعمالا في العالم لعدة اسباب :

- واسع الاستعمال في الهياكل المنشئية الرئيسية والثانوية لمعظم الابنية .
- يمتاز بامكانية اعادة تصنيعه 100% .
- سهولة وسرعة العمل به نتيجة لطرق تثبيته في العمليات الانشائية والتي تمتاز بامكانية رفع المقاطع ذات الابعاد القياسية وإعادة استعمالها.
- ممكن الاستفادة من فضلات الحديد وبعض النواتج العرضية لعمليات تصنيع الحديد في اعمال الانشاء، مثلا نواتج الافران او ما يدعى برماد الافران (زبدة المعدن) الناتجة من عمليات الانصهار (Us Green Building Council, 1996, P.183) وتستعمل كاحجار للطرق rood stone اوتطحن وتستعمل مع الاسمنت اومع خليط الخرسانة.

▪ **الطاقة المجسدة للحديد ناتجة من:**

- عمليات التصنيع: عمليات تصنيع الحديد تحتاج الى طاقة عالية ومركزة . وتشمل العديد من الخطوات على عمليات صهر للحديد والتي تحتاج الى افران ذات درجات حرارة عالية تصل الى 100C .
- عمليات النقل: نتيجة لوزن الحديد فهو يحتاج الى طاقة مجسدة كبيرة ناتجة من عمليات النقل وخاصة اذا ما كان ينقل على مدى مسافات طويلة.

فيعد **الحديد من المواد ذات الطاقة المجسدة العالية.**

الطريقة الاكثر فاعلية لخفض التاثير البيئي للحديد في عمليات الانشاء هي:

- التاكيد على إعادة استعمال العناصر الحديدية المستعملة في هياكل قديمة.
- تقليل كمية الطاقة المستهلكة في عمليات النقل من خلال الاعتماد على المصادر المحلية او المصادر القريبة لموقع التنفيذ. (Holtshausen , 2007, P.5)

▪ **إعادة التدوير:** الحديد من المواد التي تمتاز بامكانية عالية في اعادة تدويرها وممكن خفض كمية الطاقة

المستهلكة ومقدار التلوث الى 50-70% من الحد المعتاد في حالة إعادة تدويره .
(Us Green Building Council , 1996, P.180)

- **المتانة :** يمتاز الحديد بمتانة عالية لاسيما الحديد المعالج ضد الصدأ.

السمنت

يعد السمنت من المواد الاساسية المكونة للخرسانة فضلا عن استعماله في اعمال الإنهاءات للجدران، ويعد من بين اكثر المواد البنائية المتوفرة والمتسبب الاكبر لما يعرف بظاهرة البيت الزجاجي[7] .

- **الطاقة المجسدة للسمنت ناتجة من :**

- عمليات التصنيع : يشمل انتاج السمنت عمليات جمع السمنت وطحنه مع المواد الخام (حجر الكلس والطين والرمل) للحصول على المواد الاساسية المكونة له وهي الكالسيوم والسيليكا ومركبات الالمنيوم والحديد. بعد طحن المواد يتم تسخينها الى درجات حرارة عالية جدا للحصول على قطع من الرخام الصلب حالما يبرد، ثم تطحن مع كمية قليلة من الجبس للحصول على مسحوق السمنت، لذلك فالطاقة المستهلكة في عمليات التصنيع كبيرة جدا نتيجة الحرارة العالية التي تحتاجها تلك العمليات .
- عمليات النقل : تتسبب حاليا عمليات انتاج السمنت ما يعادل 0.33% من كمية غاز CO2 المنبعثة في الولايات المتحدة ، بينما يشكل النقل 27% من كمية غازCO2 المنبعثة. (Holtshausen , 2007, P.4-5)

- **إعادة التدوير:** الالواح الاسمنتية هي من الامثلة على المواد التي من الصعب تدويرها أواعادة استعمالها، وتقتصر بعض عمليات التدوير على سحقها واستعمالها كمواد املاء للطرق والارصفة.
- **المتانة :** تعد الالواح المؤلفة من مركبات مصنوعة من السمنت المسلح (الالواح السمنتية) والتي عادة ماتطلى باصباغ لماعة او تكسى بالبلاستك او طبقة خفيفة من المعادن ملائمة لتغليف الواجهات فهي تمتاز بالمتانة وبعض مكوناتها تحوي على مواد قابلة لاعادة التدوير فيما لوتم فصلها عن بعضها البعض بعناية وهي تعد اختيار جيد نظرا لديمومتها العالية ومتانتها.
(Us Green Building Council, 1996, P.180-185)

الالمنيوم

يعد الالمنيوم من اكثر مواد البناء متانة ورصانة فهو يعد من المواد ذات المدى العمري الطويل ويمتاز بامكانية اعادة تدويره بسهولة مما يضمن خفض في نسبة غاز CO2 المنبعثة.(Kim, 1998, P.23)

- **الطاقة المجسدة للالمنيوم ناتجة من:**

- عمليات التصنيع: يحتاج الالمنيوم الى طاقة مجسدة عالية نتيجة لكمية الطاقة الاولية التي يحتاجها في عمليات الاستخراج والتصنيع فالانتاج الاولي للالمنيوم له تاثير سلبي كبير على البيئة.
- عمليات النقل: نتيجة لخفة الوزن الذي يمتاز بها الالمنيوم فالطاقة المستهلكة في النقل قليلة نسبيا فهناك تناسب طردي للطاقة المستهلكة مع وزن المادة.

- **إعادة التدوير:** يمتاز الالمنيوم بامكانية اعادة تدويره وتصنيعه في عمليات تعد سهلة وغير مكلفة،اذا ما أخذنا بالحسبان الوزن الخفيف للالمنيوم فالطاقة المجسدة له تساوي 80 MJ/Kg. (Holtshausen , 2007, p.5) ، وممكن خفض كمية الطاقة المستهلكة ومقدار التلوث الى 8.5% عن الحد المعتاد في حالة اعادة تدويره بدلا من استعمال الجديد منه .
- **المتانة :** تعد الواح الالمنيوم المطلية من المواد البنائية الملائمة في الواجهات فهي تستهلك مادة قليلة نسبة للتغطية - المساحة المغطاة من الواجهة - وتمتاز بالمتانة وامكانية اعادة الاستعمال والتدوير.
(Us Green Building Council, 1996, P.180-185)

البلاستك

يعد البلاستك من المواد التي تمتلك قيمة عالية من الطاقة المجسدة لكل وحدة وزن لكن ممكن الحصول على فائدة جمالية من خلالها اذا ما استعملت بكميات

[7] وتعرف ايضا بظاهرة الاحتباس الحراري او الدفيئة حيث يؤدي تراكم غاز ثاني اوكسيد الكربون الى حجز الاشعاع الشمسي قرب سطح الارض مما يتسبب في الزيادة التدريجية لحرارة سطحها . (اللجنة العالمية للبيئة والتنمية،1989،ص23)

قليلة كإضافة مفصل ضروري بين المواد البنائية اومن خلال زيادة كثافة بعض المواد مثل مادة الخشب، ففي هذه الحالة من الممكن زيادة عمر العنصر. (Roaf etal, 2007, P.58)

- **الطاقة المجسدة للبلاستك ناتجة عن :**

- عمليات التصنيع : الطاقة المجسدة للبلاستك الناتجة من عمليات التصنيع تعد عالية جدا فهي من اكثر الصناعات المسؤولة عن اكبر كمية انبعاث لغاز CO2 والذي يصل نسبته الى اكثر من نصف حجم الغازات السامة المنبعثة الى البيئة . (Roaf etal, 2007, P.59)

- **إعادة التدوير:** أغلب أنواع البلاستك تمتاز بامكانية إعادة التدوير وتسمح باعادة التشكيل لكن من الصعب تحديد نسبة الطاقة التي من الممكن توفيرها في حالة التدوير بسبب التنوع الكبير في مادة البلاستك المستعملة ومن الصعب فصلها عن بعضها فضلا عن الطلاءات التي تضاف وتجعل من عملية التدوير عملية معقدة وصعبة. (Us Green Building Council , 1996, P.180)

- **المتانة :** تختلف متانة البلاستك باختلاف المواد الداخلة في عملية التصنيع وبإختلاف الإستعمالات. (Roaf etal, 2007, P.58)

ومن خلال ماتقدم أعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي المقارن (جدول (3)) في المواد البنائية المنتخبة للدراسة وفق مؤشرات الطاقة المجسدة ، إعادة التدوير ،المتانة ، ليتسنى دراستها وتحليلها على الجانب التطبيقي.

❖ الجانب التطبيقي

تم أختيار عينة منتخبة للدراسة مكونة من 5 مشاريع خضراء مستدامة عالمياً، اعتماداً على أسس واضحة تم أستنباطها من محتوى البحث لتحقيق اهدافه وهي:

- المشاريع المختارة هي من المشاريع الخضراء وتعد من ابرز الأمثلة العالمية الحائزة على جائزة LEED[8] او مقيمة من قبلAIA[9] كأفضل عشرة مشاريع خضراء لعام معين. تؤكد المشاريع على مؤشر أو اكثر من المؤشرات التي تناولها البحث (الطاقة المجسدة ،إعادة التدوير، المتانة).

- تم اختيار المشاريع التي أنتهى العمل بها مع نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الواحد والعشرين فهي مواكبة للتطور الذي شهدته التكنولوجيا ومواد البناء في العقود الأخيرة (روعي في تسلسل عرض المشاريع التسلسل الزمني في إنشائها).

- تمتلك خصائص فكرية ومادية وشكلية مميزة .

- **اسم المشروع**: مركز مصادر الطاقة (Energy Resource Center)

- **الموقع** : كاليفورنيا (Downey) ، الولايات المتحدة الأمريكية

- **نوع المبنى**: مجمع مكاتب تجارية.

- **التنفيذ**: إعادة تاهيل لمجمع مكاتب أنشات عام 1957، أكتمل البناء في 1995.

- **وصف عام للمشروع ومحتوياته** : يقدم المركز افكار للزبائن لمساعدتهم من أجل الوصول الى أفضل الحلول والأفكار من حيث الكفاءة والكلفة والمتوافقة مع البيئة والتي تلبي أحتياجهم من الطاقة مع توفير الإدامة المطلوبة والإداء العالي للفضاءات المخدومة.

- **تقييم المشروع:** حاز المبنى على المستوى البرونزي من قبل LEED، كما قيم المشروع من قبل LEED كبناء واقع حال عام 2009 من حيث التشغيل والصيانة بالمستوى البرونزي ، وأختير المشروع من قبل مجلس AIA من بين أفضل عشرة مشاريع خضراء لعام 1998.

- **المواد البنائية ومصادرها:** إحدى أهم اهداف فريق العمل هو التقليل من كمية أستعمال الموارد الطبيعية من خلال التقليل في أستهلاكها وإعادة استعمال المواد وإعادة التدوير للمواد ودمج المنتجات المستهلكة مع

[8] (Leedership in Energy and Environmental Design) هو نظام تقييم المبنى الأخضر تم تقديمه بصورة رسمية الى العلمة في عام 2000 من قبل مجلس البناء الأخضر في الولايات المتحدة الأمريكية ، تأسس في عام 1993 ، فأعتبر وثيقة حية يتم تحديثها كل ثلاث سنوات ساعدت في تحرك صناعة الأبنية نحو تجارب أكثر إستدامة ، لذا يمكن تصنيف الأبنية وفق نظام تقدير النسب ضمن الشروط والمعايير المستخدمة في الحكم على مدى إلتزام المبنى بالضوابط الخضراء ويشكل نقاط في جوانب مختلفة وحسب نوع المبنى كما في جدول (4) ، جدول (5) . (Mendler&Odell,2000,P.20)

[9] The American Institute of Architects (المعهد الامريكي للمعماريين)

المواد المعادة للتدوير وتجنب أستعمال المواد البنائية التي تهدد النظام الأيكولوجي ، إي ما يعادل 80% من المواد المستعملة هي مواد معادة أو مصنوعة من مواد قابلة للتدوير، وهذه تعد من أبرز الوسائل المتبعة للتقليل من الطاقة المجسدة. المواد البنائية المعادة المستعملة هي الحديد ، الواح الزجاج، والقواطع البلاستيكية للحمامات والخشب المستعمل في المدخل من الخشب المعاد تأهيله.

- **ستراتيجيات الإستدامة:**

- إعادة أستعمال المواد البنائية للمنشأ القديم.
- الأعتماد على السوق المحلية لجمع المواد البنائية التي من الممكن إعادة تدويرها وأستعمالها .
- إعادة أستعمال المواد الموجودة في المبنى القديم مثل البلاستك (أعيد أستعماله ليكون قواطع بلاستيكية معادة التصنيع) والخشب (إعادة تأهيله من المبنى القديم وإعادة استعماله) .شكل (3)

http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=45

- **اسم المشروع**: مكتبة البحيرة (Lake View Terrace Library)
- **الموقع** : ، كاليفورنيا ، الولايات المتحدة الأمريكية
- **نوع المبنى**: ثقافي - مبنى منفرد.
- **التنفيذ**: بناء جديد، أكتمل البناء في حزيران 2003.
- **وصف عام للمشروع ومحتوياته** : تعد المكتبة مكان ثقافي أجتماعي تجري فيه فعاليات متنوعة تقع في مدينة لوس انجلس .

مكونات المبنى: قاعة المطالعة ، قاعة الأجتماعات ، معرض بيئي وباحة خارجية.

- **تقييم المشروع:** حاز المبنى على المستوى البلاتيني من قبل LEED، وأختير المشروع من قبل مجلس AIA من بين أفضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2004 .
- **المواد البنائية ومصادرها:** عمر المبنى المصمم له 100 سنة لذلك تم أختيار مادة الكونكريت لبناء الهيكل فهو يتكون من وحدات بناء كونكريتية (CMV)[10] تتميز:

1- الوحدات مفرغة من الداخل فهي جزء من ستراتيجية التبريد المتبعة داخل المبنى .
2- الوحدات البنائية مصقولة لتوفير سطح انيق وللتقليل من الحاجة الى الصبغ .

- تم استعمال مواد بنائية معاد تصنيعها بنسبة 15% من مجمل المواد البنائية المستعملة مثل الحديد، للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في التصنيع.
- 60% من المواد البنائية المستعملة مصادرها تبعد حوالي 500 ميل من موقع المبنى، و30 % من المواد البنائية مصادرها من أماكن تبعد 100 ميل، وأكثر من نصف المواد البنائية هي من مواد بنائية محلية،للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات النقل.

يعد تحديد عمر المبنى في المراحل الأولى لعمليات التخطيط والتصميم من النقاط المهمة التي لها تأثير واضح في نوعية المواد البنائية المختارة في البناء (الإنشاء) وأحدى أهم النقاط في هذه الحاله هي أختيار مواد بنائية متقاربة في أعمارها الأفتراضية (وهو عامل مهم في تقييم كلفة أعمال الصيانة).

- **ستراتيجيات الأستدامة:**

- التخطيط المسبق لعمر المبنى ومن ثم تقدير أختيار المواد البنائية حسب أعمارها الأفتراضية Plan for Materials Longevity
- التقليل من غازات البيت الزجاجي المنبعثة من عمليات التصنيع[11]. أستعملت الوحدات البنائية الكونكريتية وتم أدخال مادة الرماد المتطاير (احدى مخلفات عمليات التصنيع) بنسبة 20% بدلا من الاسمنت البورتلندي للتقليل من عمليات التصنيع التي ينتج عنها أنبعاث الغازات السامة وأبرزها غاز ثاني أوكسيد الكربون.
- أختيار المواد البنائية المتوفرة في البيئة المحلية قدر الأمكان[12] و أختيار أرضيات من شجر البامبو بدلا من الخشب الصلب (Hardwood).
- عمليات نقل المواد(Transportation of Materials) كان له دور واضح في عملية أختيار المواد البنائية لما له من أثر في حساب الكلفة النهائية للمشروع لذلك

[10] CONCRETE MASONERY UNITS

[11] Greenhouse Gas Emissions From Manufacture
[12] Materials and Wildlife Habitat

فُضل أستعمال المواد البنائية التي تم أستعمالها وتصنيعها من البيئةالمحلية،شكل(4)
http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=289

- **اسم المشروع**: مركز طلابي ضمن حرم الجامعة (Charles Hostler Student center)
- **الموقع** : بيروت- لبنان
- **نوع المبنى** : مبنى ترفيهي ضمن حرم جامعي
- **التنفيذ** إنشاء جديد، أكمل البناء في شباط 2008.
- **وصف عام للمشروع ومحتوياته:** يقع المركز ضمن الحرم الجامعي للجامعة الامريكية في بيروت يمثل نموذج مثالي لتصميم متجاوب بيئيا،يحوي قاعات للاجتماعات وكافتريا و فضاء للدراسة.
- **تقييم المشروع:** أختير المشروع من قبل مجلس AIA من بين أفضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2009
- **المواد البنائية ومصادرها:** المواد المختارة من المواد البنائية المتوفرة محلياً ، للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات النقل، وتمتاز هذه المواد بالديمومة العالية (ذات عمر أفتراضي كبير) وذات متانة عالية . أعتمد نظام المبنى على المواد والتقنيات البنائية المستعملة محلياً متضمناً الكونكريت والحجر والألمنيوم للشبابيك، كما أستعملت كاسرات الشمس من الألمنيوم في الأتجاه الجنوبي والكاسرات المسبقة الصنع للشرق وجدران للجهة الغربية لتوفير الظل للشبابيك والأبواب.
- **ستراتيجيات الاستدامة:**

- تفضيل المواد البنائية ذات المصادر المحلية التي يجري تصنيعها ضمن البيئة المحلية. للتقليل من كمية الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات النقل.
- اعتمد المشروع في تنفيذه على الربط بين التقنيات التقليدية والتقنيات الحديثة. شكل(5)
http://www2.aiatopten.org/hpb/images.cfm?ProjectID=1301

اسم المشروع: دار للأجتماعات (First Unitarian Society Meeting House)

- **الموقع** : ماديسن (Madison) ، ويسكونسن (Wisconsin)
- **نوع المبنى**: دار للأجتماعات، مبنى منفرد ، موقع حضري، 91% مبنى جديد ، 9% ترميم لمبنى تاريخي.
- **التنفيذ**: أكتمل البناء في أيلول 2008.
- **وصف عام للمشروع ومحتوياته** : يعد المبنى الجديد هو إضافة بناء الى دار الأجتماعات التاريخية المصممة من قبل فرانك لويد رايت عام 1951 والتي تعد احد الأمثلة الأكثر ابداعا في العالم. طور المصممون اربعة معايير رئيسية كانت الموجه للقرارات التصميمية اللاحقة :

- المحاكاة للمبنى التاريخي والبناء ضمن روح الأصالة (الأستلهام من روح التاريخ ومحاكاة المبنى القديم).
- المحافظة على وحدة المبنى الجديد مع القديم.
- يعزز المبنى الجديد القوة الأيقونية للمبنى.
- المحافظة على تكامل المبنى مع الأنظمة الطبيعية والذي حققه فرانك لويد رايت في مبناه.

- **تقييم المشروع:** حاز المبنى على المستوى الذهبي من قبل LEED، ، وأختير المشروع من قبل مجلس AIA من بين أفضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2011.
- **المواد البنائية ومصادرها:**

- أستعمال المواد البنائية المنتجة محلياً مع أستعمال الهياكل الحديدية في الأنشاء ،إضافة الى الخرسانة، واستعمال مواد سليلوزية للعزل ومن مواد معادة .
- استعمال أخشاب أشجار الصنوبر المتوفرة محلياً في الموقع والتي أستعملت في بعض السقوف والأبواب.
- استعمال الحجر المتوفر محلياً.
- 90% من مخلفات الموقع وضع لها برنامج لإعادة التدوير واستعمالها مرة اخرى .

- **ستراتيجيات الإستدامة:**

- حماية النظام البيئي. والتصميم لدورة حياة طويلة للمبنى باعتماد المواد ذات المتانة العالية.
- اعتماد عمليات إعادة التدوير لمخلفات الموقع.
- استعمال المواد المحلية المتوفرة في الموقع ومن ضمنهاالأخشاب والمواد المنتجة محلياً.

- عمليات نقل المواد: اعتماد المواد البنائية من المصادر المحلية والمصنعة محلياً، للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في النقل، شكل (6) .
http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1964&section=16

اسم المشروع: مبنى تعليمي (High Tech High Chula Vista)

- **الموقع** : كاليفورنيا (Chula Vista)، أمريكا
- **نوع المبنى**: مبنى منفرد ، تعليمي، المساحة 4120 m² في مركز المدينة
- **التنفيذ**: بناء جديد ، أكتمل البناء في أذار 2009.
- **وصف عام للمشروع ومحتوياته** : تخدم المدرسة 550 طالب مابين المراحل 9- 12، تقع المدرسة في موقع من أكثر المواقع تنوعاً ثقافياً و اقتصادياً في الولايات المتحدة الأمريكية.
- **تقييم المشروع:** حاز المبنى على المستوى الذهبي من قبل LEED، أختير المشروع من قبل مجلس AIA من بين أفضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2011 .
- **المواد البنائية ومصادرها:**

- أعتمد الأنشاء على نوعين من القطع المصنعة ، وحدات مسبقة الصنع حديثة ووحدات تقليدية الصنع،كلاهما أعتمد على تجميع الوحدات المتكررة ذات الأبعاد المقيسة، وأعتمدت هذه الأبعاد المقيسة لكل اجزاء المبنى بما فيها الخدمات للتقليل الى الحد الأدنى من القطع التالفة الناتجة من القطع.
- أعتماد الخشب المحلي في معظم أجزاء المبنى.
- أعتماد الوحدات التكرارية المقيسة Modules الذي أعطى الفرصة لتوفير الوقت في التنفيذ فعملية تجميع أجزاء المبنى كانت تستغرق فقط بضعة أيام. وهذا ايضاً قلل من الأعمال الأنشائية داخل الموقع الى الحد الأدنى لها ، ومن ثم الحد من التلوث ، الضوضاء في الموقع ، إضافة الى ماتوفره هذه الوحدات من إمكانية التفكيك بسهولة وأستعمالها مرة أخرى في المستقبل اذا أستدعى الأمر.
- روعي في أختيار مواد بنائية ذات إداء بيئي صحي عالي وتم التأكيد على منتجات الخشب ، والهياكل الحديدية المقيسة في الإنشاء.
- صمم المشروع لدورة حياة 100 سنة أو أكثر، أستعمل في المبنى مواد ذات متطلبات صيانة منخفضة : الطوابق الخرسانية ، التأطير بالحديد (الفولاذ) الأسقف والأرضية من الحديد ، سمنت ليفي ، لضمان إدامة طويلة للمدرسة.
- أعتماد نظام الوحدات المكررة (Modular) يعطي امكانيات التغير في المستقبل مع التقنيات المستحدثة وخاصة في مجال الطاقة وأنظمة الخدمات .

- **ستراتيجيات الإستدامة:**

- إستعمال الوحدات البنائية القابلة لإعادة الأستعمال بواسطة: أستعمال وحدات بنائية مقيسة قابلة للأستعمال مرة ثانية والتأكيد على أستعمال التكرار للوحدات المقيسة (Modular) .
- التخطيط لمواد أطول عمراً من خلال: أستعمال مواد وأنظمة ذات متطلبات صيانة منخفضة وأستعمال السمنت الليفي .
- أستعمال المواد المعادة للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات التصنيع من خلال استعمال الهياكل الأنشائية من مواد معادة. شكل (7)
http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1950&section=16

❖ نتائج الدراسة العملية

ومن خلال ماتم عرضه من مشاريع عالمية حائزة على جائزة LEED ، والمقيمة كأفضل مشاريع خضراء من قبل AIA ، وباستخدام المنهج الوصفي التحليلي المقارن جدول رقم (5) ، تبين :

1. ان جميع المشاريع كانت قد وضعت ضمن ستراتيجيتها التقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات النقل من خلال أعتمادها على المواد المحلية في أغلب اجزاء المشروع ومادة الخشب والحجر وحسب ماهو متوفر في كل منطقة وهذا مالاحظناه في المشاريع(2 ،4، 5)
2. أن أبرز الستراتيجيات المتبعة للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات التصنيع فقد تباينت بين

استعمال مواد ذات طاقة مجسدة قليلة مثل الخشب كما في المشروع (5،4،1) والحجر في المشروع (3،4) وبين استعمال مواد معادة التصنيع والتاكيد على ماهو متوفر في السوق المحلية ضمن المنطقة للتقليل من الطاقة المجسدة المستهلكة في عمليات النقل في نفس الوقت كما في المشروع (5) ،

3. التقليل من كمية الموارد الطبيعية المستهلكة فيظهر ذلك واضحاً في أختيار مواد قابلة للتدوير ومقيسة ومواد وعادة بنسب كبيرة ضمن المشروع الواحد كما في المشاريع (5،4،2،1) والتأكيد على أستعمال الوحدات المتكررة والمواد المقيسة ومن أبرز المواد التي أستعملت هي الحديد ،

4. أما مايخص المتانة فقد كان التخطيط المسبق لتحديد عمرالمبنى دور كبير في أختيار مواد بنائية ذات متانة عالية ومتقاربة في أعمارها الأفتراضية كما في المشروع (5،4،2). وبذلك يكون البحث قد توصل الى الكشف عن أليات أختيار المواد البنائية بما يخدم الإداء الوظيفي لها ويقلل من تأثيراتها السلبية على البيئة والحفاظ على مواردها وأنظمتها الأيكولوجية قدر الأمكان وفق مؤشرات : الطاقة المجسدة، إعادة التدوير، المتانة، والتي لها تأثير كبير في تحقيق ابنية مستدامة ضمن البيئة المحلية.

❖ الاستنتاجات

▪ استعمال المواد البنائية القابلة للتدوير وإعادة الاستعمال مثل الالمنيوم والحديد وبالأبعاد القياسية مما يضمن سهوله تجميعها ومن ثم سهولة تفكيكها اذا اقتضت الحاجة وإعادة استعمالها او إعادة تدويرها، للتقليل من التأثير السلبي لهذه المواد على البيئة .

▪ يعد استخدام المواد الطبيعية ذات الأستهلاك الأقل لكميات الطاقة في عمليات التصنيع مثل الخشب لها أثر فعال في تقليل التاثير البيئي،وان لم يكن استعمال المواد غير الطبيعية قابلا للتجنب فيجب ان يكون مشروطا بمنافع اخرى مثل الديمومة العالية للحصول على مدى عمري أطول اثناء فترة حياة المبنى.

▪ إستخدام مواد بنائية طبيعية منتجة محليا لتجنب استخدام طاقة كبيرة في نقلها والتي تحتاج الى اقل مايمكن من عمليات التصنيع.

▪ استعمال مواد بنائية متقاربة او مماثلة في مدى ديمومتها للحد من الطاقة المستهلكة في عمليات الصيانة على مدى طول عمر المبنى.

❖ التوصيات

▪ وضع ستراتيجية واضحة للمشروع قبل البدء بالتصميم... مثل تحديد عمر المبنى ومايترتب عليه من اعتبارات كالمواد والهياكل المستعملة ، نظم الأنشاء.

▪ الدراسة المستفيضة للموقع من حيث المواد المتوفرة محليا ضمن الموقع وطرق الإنشاء في المنطقة والوسائل والأنظمة المستعملة في الأنشاء تساعد فريق العمل لتقييم الستراتيجيات الفعاله في ذلك الموقع وتحديدها .

▪ تحتاج الكثير من البلدان النامية الى معلومات عن طبيعة وانتاج المواد البنائية والمخاطر المرتبطة ببعض عمليات انتاجها، من خلال اعداد برامج تدريبية خاصة للعاملين في قطاع صناعة المواد البنائية.

▪ زيادة الوعي البيئي للمواد البنائية المحلية في الاقسام الهندسية في جامعات القطر كافة ابتدءا من العملية التعليمية، وأستمرارها اثناء الممارسة من خلال التعليم المستمر والتدريب والتاهيل المهني.

▪ إصدار ادوات تقييم لحساب مدى التأثيرات البيئية. الحرجة للمواد البنائية خلال دورة حياة المبنى الناجمة عن انشاء وتشغيل المبنى، ومن ثم الهدم والازالة.

▪ تاسيس مراكز بحثية متخصصة لدراسة المواد البنائية من حيث تاثيراتها البيئيةواقامة المحاضرات والندوات والدورات التدريبية للهيئات الهندسية والمهنية

المصادر العربية:

1) رضاب أحمد محمود؛"**الأبنية المدارية الذكية ،دراسة أثر التكامل البيئي التقني في تقليل كلفة المبنى الأنشائية والتشغيلية**"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية،2009.

2) رغد نعمة الله حمد الله ؛"**التكنولوجيا والشكل – أثر التكنولوجيا الحديثة في شكل المسكن**"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة،جامعة بغداد،1997.

3) الزبيدي ، مها صباح سلمان ؛"**الاستدامة البيئية في تشكيل التجمعات الاسكانية في العراق**"، اطروحة دكتوراه، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة،جامعة بغداد،2006.

4) موسشيت، ف. دوجلاس؛ "**مبادئ التنمية المستدامة**"، ، تحرير:ف .دوجلاس موسشيت ،ترجمة: بهاء شاهين، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، القاهرة، الطبعة الاولى، 2000.

5) وزيري، يحيى ؛"**التصميم المعماري الصديق للبيئة :نحو عمارة خضراء**" الطبعة الاولى، مكتبة مدبولي،القاهرة،2003

6) اللجنة العالمية للبيئة والتنمية؛ "**مستقبلنا المشترك**"، سلسلة عالم المعرفة العدد(142) – المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1989.

English References

1) Calkins, Meg **," Materials of Sustainabl Sites",** John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada ,2009.

2) Esko Miettinen," **Sustainable Architecture with Stainless Steel**" the conference creative architecture with Stainless Steel jointly organized by (Euro Inox, Brussels, Belgium, and Cedinox , Madrid ,Spain) , Barcelona on12th March 2002.

3) Gumaste, Krishnakedar. S., , "**Embodied Energy Computations In Buildings**", Advances in Energy Research (AER – 2006.

4) Gunther,Thomas Schmitz , **Living Spaces-Ecological Building and Design**,Slovenia,1999.

5) Holtshausen, H.J, "**Embodied Energy and its impact on Architectural Decisions "**, Faculty of Art and, Design and Architecture, University of Johannesburg, 2007.

6) Jones, Anna Ray; "**sustainable architecture in Japan- the green buildings of nikken sekkei**", wiley academy, UK, 2000.

7) Kim ,Jong-Jin, "**Sustainable Architecture Module: Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials"**, 1998, The University of Michigan .

8) Mendler, Sandara &odell, William;"**the hok guide book to sustainable design"**, John Wiley and Sons Inc., USA, 2000.

9) Pank ,Will –Girardet , Herbert & Cox ,Greg "**Tall Buildings and Sustainablility**", Corporation of London,2002.

10)Randall, Thomas,"**Environmental Design (An Introduction for Architects and Engineers)**" Taylor&francis e-Library,2006.

11)Reddy , Venkatarama ,"**Sustainable building technologies",** Department of Civil Engineering & Centre for Sustainable Technologies, Indian Institute of Science, Bangalore 560 012, India ,Current Science, Vol. 87, NO. 7, 10 October, 2004.

12)Roaf ,Sue - Fuentes, Mannel and Stephanic Thomas, "**Eco House :A Design Guide"**, Oxford,UK 2007.

13)US green building Council," **sustainable Building Technical Manual**", Bublic Technology Inc.,1996.

Internet Sites references

1) http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721 موقع مجلس المبنى الاخضر

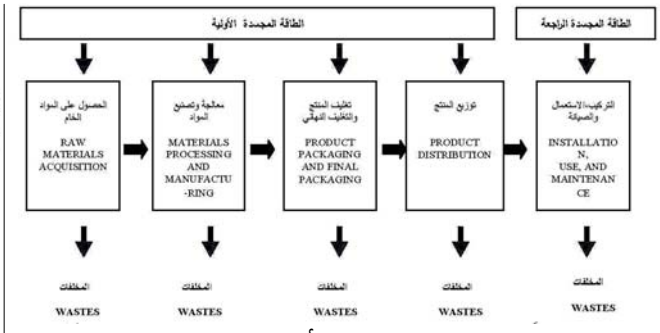
2) http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1950&section=16 موقع المعهد الامريكي للمعماريين

3) http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1964&section=16 موقع المعهد الامريكي للمعماريين

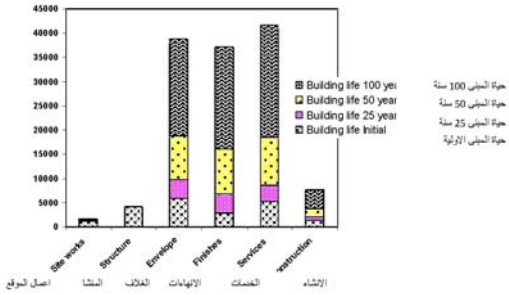
4) http://www2.aiatopten.org/hpb/images.cfm?ProjectID=1301 موقع المعهد الامريكي للمعماريين

5) http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=289 موقع المعهد الامريكي للمعماريين

6) http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=45 موقع المعهد الامريكي للمعماريين



شكل(1) المراحل المثالية للمادة أو دورة حياة المنتَج مبينة مساهماتِ الطاقةِ والمخلفات الناتجة في كُلّ مرحلة ، المصدر:الباحثتان بالإستناد الى (Calkins,2009,P.24)



شكل(2) مقارنة اولية للطاقة الراجعة لمبنى ذو هيكل خشبي الى حد 100 سنة من عمر المبنى،المصدر:(Holtshausen , 2007, P.3)

المخطط الأفقي للمبنى استعمال المواد ذات المتانة العالية مثل الحديد. استعمال المواد البنائية المحلية التي لا تحتاج الى عمليات تصنيع معقدة مثل الخشب

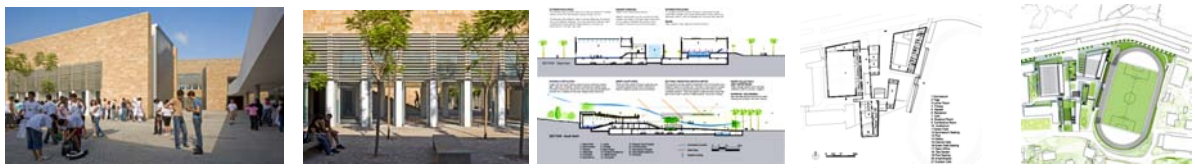
شكل(3) : المشروع الأول :مركز مصادر الطاقة (Energy Resource Center) كاليفورنيا - أمريكا،

المصدر: http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=45

مخطط افقي للمكتبة مقاطع في المكتبة استعمال الوحدات البنائية الكونكريتية مع المواد البنائية المحلية استعمال خشب البامبو المتوفر محليا

شكل(4): المشروع الثاني: مكتبة البحيرة (lake View Terrace Library) كاليفورنيا - أمريكا ،

المصدر: http://www2.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=289



الموقع العام للمشروع المخطط الأفقي للطابق الأول مقاطع في المبنى استعمال المواد البنائية المحلية مثل الحجر كبير اختيار مواد بنائية ذات عمر افتراضي لضمان متانة عالية مثل الكونكريت والحجر

شكل(5) : المشروع الثالث : مركز طلابي ضمن حرم الجامعة (Charles Hostler Student center) بيروت- لبنان ، المصدر: http://www2.aiatopten.org/hpb/images.cfm?ProjectID=1301

الموقع العام للمشروع المخطط الأفقي للمشروع استعمال المواد البنائية المحلية مثل الحجر والخشب استعمال الخشب المتوفر محليا (أشجار الصنوبر)

شكل(6) : المشروع الرابع : دار للأجتماعات (First Unitarian Society Meeting House) - ماديسن

المصدر : http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1964&section=16

الموقع العام للمشروع المخطط الأفقي للمشروع استعمال المواد المحلية مثل الخشب أعتماد الوحدات المتكررة المقيسة

شكل(7) : المشروع الخامس : مبنى تعليمي (High Tech High Chula Vista) كاليفورنيا - أمريكا ،

المصدر: http://www2.aiatopten.org/hpb/grid2011.cfm?project_id=1950&section=16

جدول(1) التسلسل التاريخي لظهور المواد البنائية ،

المصدر:(Reddy ,2004,P.899)

ت	المادة البنائية	الفترة
.1	الطين، أحجار، خشب / قشّ	Prior 8000 BC
.2	الطابوق المجفف بالشمس	6000 BC
.3	المنتَجات الفخارية	4000 BC -8000 BC
.4	الطابوق المحترق	4000 BC
.5	الكلس	3000 BC
.6	الزجاج	1300 BC
.7	المنتَجات الحديدية	1350 BC
.8	الكلس(إسمنت بوزلانا)	300 BC - 476 AD
.9	الألمنيوم	1808 AD
.10	إسمنت بورتلند	1824 AD
.11	البلاستيك	1862

جدول(2) مقدار الطاقة المجسدة للمواد البنائية ،

المصدر:(Holtshausen , 2007, P.4)

ت	المواد البنائية	الطاقة المجسدة MJ/kg[14]	MJ/m³ [13]
.1	حجر(محلي)	0.79	2030
.2	كتلة خرسانية (كونكريتية)	0.94	2350
.3	خرسانية (كونكريت)	1.30	3180
.4	خرسانة(كونكريت) مسبق الصنع	2.00	2780
.5	طابوق	2.50	5170
.6	فولاذ معاد	8.90	37210
.7	فولاذ	32.00	251200
.8	الخشب المعلكس	10.40	5720
.9	عازل	117.00	3770
.10	المنيوم معاد	8.10	21870
.11	المنيوم	227.00	515700

13 حساب كمية الطاقة المجسدة لكل وحدة حجم للمادة

14 حساب كمية الطاقة المجسدة لكل وحدة وزن للمادة

جدول(3) مقارنة بين المواد البنائية التي تناولها البحث وتم دراستها وفق مؤشرات الطاقة المجسدة، إعادة التدوير، المتانة، المصدر: الباحثتان

ت	المادة	الطاقة المجسدة			إعادة التدوير	المتانة
		العوامل المؤثرة على كمية الطاقة		كمية الطاقة المجهزة[15]		
		النقل	عمليات التصنيع			
.1	الخشب	متباينة اعتمادا على المصدر	طاقة واطئة	متوسطة	من الممكن اعادة تدويره من خلال اعادة نشره	متباينه اعتمادا على نوع الخشب والمعالجة المستعملة لحمايته
.2	الطابوق الطيني	واطئة	طاقة عالية	متوسطة	اعادة التدوير يتم اثناء مراحل الانتاج وهي مخلفات الافران حيث تدخل في العملية الانتاجية مرة اخرى	متانة وديمومة عالية
.3	الحديد	يحتاج طاقة عالية بسبب وزنه خاصة اذا ما كان ينقل على مسافات طويله	طاقة عالية ومركزة	عالية جدا	ممكن إعادة تدويره 100%	يمتاز بمتانة عالية
.4	السمنت	طاقة عالية	طاقة عالية	عالية	من الصعب تدويره وتقتصر بعض عمليات التدوير على سحقه واستعماله كمواد املاء للطارق والارصفة	يمتاز بالمتانة وديمومة عالية
.5	الالمنيوم	قليلة نسبة لخفة وزنه	طاقة اولية عالية ومركزة جدا اثناء التصنيع	عالية جدا	يمتاز بامكانية اعادة التدوير وتصنيعه في عمليات سهلة وغير مكلفة	ديمومة عالية
.6	البلاستك	متباينة لتباين المواد الداخلة في الصناعة	طاقة عالية جدا من اكثر الصناعات المسؤوله عن اكبر كمية لانبعاث CO_2	عالية جدا	عملية التدوير معقدةوصعبة بسبب التنوع الكبيرفي المواد الداخلة في صناعته	متباينة نتيجة لاختلاف المواد الداخلة في صناعته

جدول (4) المعايير المستخدمة في تقييم LEED وحسب نوع المبنى

المصدر:الباحثتان بالإستناد الى (موقع مجلس المبنى الاخضر)

(http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721)

ت	معايير ليد LEED Facts	إنشاء جديد أبنية عامة	تصاميم داخلية لأبنية تجارية	أبنية سكنية	أبنية واقع حال	المصاعد والفشرة الخارجية
.1	مخططات الموقع المستدامة	14	7	14	16	15
.2	كفاءة المياه	5	2	12	5	5
.3	الطاقة والغلاف الجوي	17	12	29	22	15
.4	المواد والموارد	13	14	24	10	9
.5	النوعية البيئية الداخلية	15	17	14	18	13
.6	المواقع والمجاورات	/	/	10	/	/
.7	الوعي والتعليم	/	/	5	/	/
.8	الإبتكار والتصميم	5	5	4	5	5
	التقييم لا يتجاوز مجموع النقاط	69	57	108	76	62

جدول (5) تصنيف الأبنية وفق نظام LEED ضمن الشروط والمعايير المصدر: الباحثتان بالإستناد إلى

(Mendler&Odell,2005,P.20)

http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721

ت	تصنيف الأبنية وفق نظام LEED	عدد النقاط (إنشاء جديد)	نسبة الضمانات لبقية التصنيفات
.1	البرونزي	32-26 نقطة	يحقق 40% من الضمانات
.2	الفضي	38-33 نقطة	يحقق 51- 60% من الضمانات
.3	الذهبي	51-39 نقطة	يحقق 61 - 80% من الضمانات
.4	البلاتيني	69-52 نقطة	يحقق 80% من الضمانات

تحدد قيمة معينة لكل فقرة من الفقرات المبينة في جدول (4) ، وهذه القيمة متغيرة حسب نوع المبنى كونه إنشاء جديد او واقع حال ، أبنية عامة أو أبنية سكنية وتحدد قيم للمصاعد والقشرة الخارجية ، ومن مجموع القيم التي يحصل عليها المشروع ممكن تقييم المشروع وحسب جدول

[15] بالاستناد الى مصدر(Randall,2006,P.72)

جدول (6) مقارنة للمشاريع المنتخبة للدراسة ، المصدر: الباحثتان

ت	اسم المشروع	الطاقة المجسدة		إعادة التدوير	المتانة	تقييم المشروع
		العوامل المؤثرة على كمية الطاقة				
		النقل	عمليات التصنيع			
.1	مركز مصادر الطاقة كاليفورنيا امريكا	الأعتماد على السوق المحلية لجمع المواد البنائية التي من الممكن اعادة تدويرها وأستعمالها.	استعمال المواد البنائية المحلية التي لاتحتاج الى عمليات تصنيع معقدة مثل الخشب.	للتقليل من استعمال الموارد الطبيعية فان 80%من المواد البنائية المستعملة هي مواد معاد تدويرها او من المواد القابلة للتدوير (مثل الحديد والواح الزجاج) كما أن الخشب المستعمل من الخشب المعاد تأهيله.	استعمال المواد ذات المتانة العالية مثل الحديد.	المستوى البرونزي (LEED) اختير كافضل عشرة مشاريع خضراء لعام 1998 من قبل AIA
.2	مكتبة البحيرة كاليفورنيا امريكا	أكثر من نصف المواد البنائية من مواد بنائية محلية مثل شجر البابو بدلاً من الخشب الصلب لتقليل كلفة النقل ،استعملت مواد بنائية محلية تم تصنيعها في البيئة المحلية.	أستعمال الوحدات البنائية الكونكريتية وأدخال مادة الرماد المتطاير (أحدى مخلفات عمليات التصنيع) بنسبة 20% بدلاً من السمنت البروتلاندي للتقليل من عمليات التصنيع للتقليل من أنبعاث CO2.	أستعمال مواد بنائية معاد تصنيعها بنسبة 15% من المواد المستعملة مثل الحديد	عمر المبنى المصمم له 100 سنه لذلك تم أختيار مادة الكونكريت لبناء الهيكل وأختيار مواد بنائية متقاربة في أعمارها الأفتراضية (وهو عامل مهم لتقليل من كلفة أعمال الصيانة)	المستوى البلاتيني (LEED) اختير كافضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2004 من قبل AIA
.3	مركز طلابي بيروت لبنان	أختيار المواد البنائية من مصادر محلية مثل الحجر.	أستعمال المواد البنائية المحلية مثل الحجر.	ــــــــــــــــ	أختيار مواد بنائية ذات عمر أفتراضي كبير وذات متانة عالية مثل الكونكريت والحجر وذات ديمومة عالية مثل الألمنيوم.	اختير كافضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2009 من قبل AIA
.4	دار للأجتماعات ماديسن ويسكونسن	أعتماد المواد البنائية المحلية والمصنعة محلياً.استعمال أخشاب أشجار الصنوبروالحجر المتوفر محلياً في الموقع .	أعتماد مواد منتجة محلياً مثل الخشب والحجر ولاتحتاج الى عمليات تصنيع معقدة.	أستعمال مواد سليلوزية للعزل من مواد معادة 90% من مخلفات الموقع وضع لها برنامج لإعادة التدوير وأستعمالها مرة أخرى.	التصميم لدورة حياة طويلة للمبنى بأعتماد المواد ذات المتانة العالية مثل الخرسانة والهياكل الحديدية.	المستوى الذهبي (LEED) اختير كافضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2011 من قبل AIA
.5	مبنى تعليمي كاليفورنيا أمريكا	أستعمال المواد المحلية في معظم أجزاء المبنى مثل الخشب.	أستعمال المواد المحلية بنسبة كبيرة أعتماد الأبعاد المقيسة للحد من القطع التالفة الناتجة من القطع ،أستعمال المواد ذات الإداء الصحي والبيئي العالي مثل منتجات الخشب والهياكل الحديدية المقيسة.	أستعمال المكونات القابلة لإعادة الأستعمال ، والهياكل المعادة . أعتماد الوحدات ال متكررة المقيسة M AODULES ، إعطاء فرصة لتوفير الوقت وتقليل الأعمال الأنشائية في الموقع ، إضافة الى إمكانية التفكيك بسهولة وأستعمالها مرة أخرى ،أستعمال الهياكل الحديدية المقيسة.	صمم المشروع لدورة حياة 100 سنه أو أكثر لذلك أستعملت المواد ذات متطلبات الصيانة الأقل مثل الطوابق الخرسانية و الهياكل الحديدية والسمنت الليفي. أستعمال الهياكل الحديدية المقيسة في الإنشاء .	المستوى الذهبي (LEED) اختير كافضل عشرة مشاريع خضراء لعام 2011 من قبل AIA