اختيار مواد البناء لتحقيق الاستدامة في العمارة في الدول النامية ـ المعايير والآليات

د. فاطمة عثمان محمد عثمان

مدرس بقسم الهندسة المعمارية كلية الهندسة - جامعة سوهاج

تاريخ الورود 28 أغسطس 2012 ، تاريخ القبول 23 فبراير 2013

الملخص

يتم اختيار مواد البناء طبقا لمميزاتها وخواصها والتي تشمل الخواص الميكانيكية والنواحي الوظيفية والجمالية والمتانة والديمومة والنواحي الاقتصادية وتهدف هذه الورقة البحثية إلي إضافة الناحية البيئية بقوة إلي هذه الاعتبارات حماية للبيئة ومستقبل حياة البشر علي الأرض .

ولتحقيق هدف البحث يتم دراسة لمعايير البيئية لاختيار مواد البناء ، ثم قامت الباحثة بعمل استقصاء عن مواد البناء الحديثة والتطورات التي تمت بها في اتجاه الاستدامة ، ثم دراسة للآليات المتاحة للمعماري لتساعده في اختيار مواد البناء والمفاضلة بين البدائل المتاحة ، حيث توصل البحث إلي أن المعماري في معظم الأحيان يواجه بمفرده عملية اختيار مواد البناء ، وذلك في مرحلتين هامتين من المشروع المرحلة الأولي وهي مرحلة دراسة جدوي المشروع واختيار مادة الإنشاء الأساسية ومواد التشطيب والمرحلة الثانية وهي ما تعرف بمرحلة خطة العمل ووضع المواصفات التفصيلية لجميع المواد المستخدمة وتوصل البحث إلي مجموعة من الآليات لاختيار مواد البناء حيث تمت دراسة وتقييم أربعة آليات وهي أدوات التقييم العالمية ، والعلامات البيئية Eco-Label وقوائم البيانات الفنية للمادة Technical Data Sheet وإعلان المنتج البيئي "Environmental Product Declarations" .

وتوصل البحث إلي صعوبة استخدام أدوات التقييم العالمية في اختيار المواد التجارية لانها لن تعطي نتائج دقيقة في اختيار مواد البناء كما تستهلك وقت وتكلفة عالية الا انه يمكن استخدامها في اختيار المواد في المراحل المبكرة من تصميم المبني لتحقيق تقييم تقريبي أولي لتأثير مواد البناء علي البيئة وبالتالي يتم دعم الخيارات الإستراتيجية .

كما توصل إلي البحث إلي اعتبار العلامات البيئية ECOLABEL نظام دقيق ومفصل يمكن الاعتماد عليه في اختيار للمواد ، غير أن العلامات الايكولوجية غير واسعة الانتشار في الدول النامية ، كما وجد البحث صعوبة في استخدام قوائم البيانات الفنية للمواد لعدم شمولها بيانات الطاقة المستخدمة في التصنيع والانبعاثات الضارة ، ويري البحث ان آلية إعلان المنتج البيئي EPD يمكن تطبيقها على نطاق واسع باعتبارها الية تتمتع بشمولها للمعايير البيئية لكل مادة تجارية تقوم بتقييمها وتمكن المعماري من اختيار المواد بشكل دقيق في مرحلتي جدوي المشروع و خطة العمل والبناء، حيث تتيح للمعماري الحصول على المعلومات اللازمة للتقييم البيئي والمفاضلة بين المواد.

1. تمهيد

في إطار التوجه العالمي لخفض استهلاك الطاقة وتقليل الممارسات الضارة بالبيئة والحفاظ عليها ، تأتي الاستدامة ومبادئها علي رأس الموضوعات التي تحظي بالاهتمام علي الصعيدين المحلي والعالمي ، ويعتبر قطاع البناء والتشييد من القطاعات الهامة المعنية بالاستدامة ، كما تعتبر مواد البناء العنصر الأكثر تأثيرا في منظومة البناء والتشييد من اجل الاستدامة ، ويري بعض الباحثين ان طرق ومواد البناء التقليدية في العصور السابقة وخاصة في العمارة الإسلامية كانت تتمتع بالتوافق والانسجام البيئي ، حيث كان احترام البيئة والتوافق معها من أولويات المعماري ، مما أدي إلي تراكم الخبرات ، وظهور الحلول والتقنيات

المستدامة؛ لتحقيق الراحة المناخية ، والاستفادة بموارد البيئة ، واحترام القيم الاجتماعية والدينية ، وقد افرز ذلك تطوراً في العمارة في اتجاه التوافق والانسجام والحفاظ علي الموارد ، الأمر الذي لم يحدث في العمارة المعاصرة حيث حدث انفصال بين المعماري وبيئته ، ولجأ كثير من المعماريون إلي استيراد الأفكار والحلول التكنولوجية أو استلهام الأفكار من الماضي ، ومع مقتضيات العصر والتطور الحتمي لأساليب الحياة الإنسانية لن نستطيع أن نرجع إلي الوراء ولكن الأمر يقتضي التحرك للأمام لتحقيق الاستدامة في مجال البناء وحماية البيئة ومواردها بتطوير طرق وأساليب ومود البناء التقليدية وابتكار وتطوير طرق وأساليب ومواد بناء حديثة .

2. الإشكالية

يعتبر التأثير البيئي لقطاع البناء والتشييد هائلا ، و حسب ما تشير إليه الإحصائيات فإن صناعات البناء علي مستوي العالم تستهلك اكثر من 40 % من اجمالي المواد الاولية Raw Materials ويقدر هذا الاستهلاك بحوالي 3 مليارات من الاطنان سنويا ، وتستهلك المباني سُدس إمدادات الماء العذب في العالم، وربع انتاج الخشب، وخمسين الوقود والمواد المصنعة.**(عطية, ايمان 2010)**

كما يستهلك قطاع البناء 70% من الكهرباء12% من المياه الصالحة للشرب وينتج 45-65 % من النفايات يتم التخلص منها في مقالب القمامة وعلاوة علي ذلك فانه من المتوقع ارتفاع هذه النسب بسبب النمو المتزايد في عدد سكان العالم من 6.5 مليار نسمة في عام 2005 الي ما يقرب من 9 مليار نسمة في عام 2035 **(Dixit MK , 2010 ,)**

ذلك مع التنبؤ بأن مساحة البيئة المشيدة المبنية في العالم ستتضاعف خلال فترة وجيزة تتراوح بين 20-40 سنة قادمة . ولا تزال معظم مواد البناء خاصة في الدول النامية تعتمد علي الطرق البدائية والاستهلاك غير المرشد للطاقة في تصنيع معظم تلك المواد (حديد , ألومنيوم , طوب , زجاج , وغيرها) هذا فضلا عن طاقة النقل وأعمال التحضير بالموقع والعمالة وغيرها من العوامل .**(عطية, ايمان , 2010)**

وتعتمد أغلب البرامج الإنشائية، علي مواد خام جديدة حديثة الاستخراج ؛ مما يعني استنزاف مصادر المواد الخام الطبيعية المحدودة أو غير المتجددة , في حين أن الحلول الأخري كاستعمال المواد المستعادة او المعاد تدويرها قد يؤدي نفس الغرض ويعمل بنفس الكفاءة وبالإضافة إلي كثافة الاعتماد علي المواد التقليدية يوجد قصور وعدم تدقيق في اختيار المادة الملائمة وخاصة في الدول النامية .

وفي ظل هذا الوضع يعتبر التخفيف من الأثر البيئي للمباني من القضايا الرئيسية التي تحظي بالدراسة ، وتبرز هنا المهمة الثقيلة الملقاة علي عاتق المعماري وهي اختيار مواد البناء الخضراء التي تساهم في دعم منظومة الاستدامة ، ويبرز دور الباحثين والجهات المعنية بالاستدامة ، في دعم عملية اختيار وتطوير مواد البناء ، وإمداد المعماري بمعايير وآليات يرتكز عليها عند اختياره وترجيحه لمادة عن الأخرى وليتمكن من تقييم المادة خلال بحثه عن الأنسب والأصلح ، ليصبح احد اعتباراته الهامة مدي تأثير المادة علي البيئة.

3. الهدف والمنهجية

يتم اختيار مواد البناء طبقا لمميزاتها وخواصها والتي تشمل الخواص الميكانيكية والنواحي الوظيفية والجمالية والمتانة والديمومة والنواحي الاقتصادية ويعني البحث بإضافة الناحية البيئية بقوة إلي هذه الاعتبارات حماية للبيئة ومستقبل حياة البشر علي الأرض .

ويهدف البحث إلي دراسة معايير اختيار مادة البناء المستدامة ، وآليات دعم المهندس المعماري في اختياره لمادة البناء ، التي تتمتع بالكفاءة من الناحية البيئية ، ولتحقيق هذا الهدف تستخدم الباحثة المنهج

النظري لدراسة أدبيات الموضوع المتعلقة بالتعرف علي مفهوم مادة البناء الخضراء ، ومعايير اختيارها ثم المنهج الاستقرائي ، من خلال دراسة واستطلاع التطورات في مواد البناء التقليدية والشائعة والحديثة وبحث واستكشاف الوسائل الملائمة والآليات المتاحة للمعماري والتي تمكنه من تقييم مدي استدامة هذه المواد ، ثم تقييم هذه الآليات لاختيار انسبها .

4. مواد البناء

تشمل مواد البناء طائفة كبيرة من المواد المستخدمة في مشروعات البناء والتشييد ، بكل مراحلها من الإنشاء إلي التشطيب الداخلي والخارجي وأعمال تنسيق المواقع وتصميم الفراغات الداخلية ، حيث تشمل طائفة كبيرة من المواد الطبيعية كالحجر والطين والرمل والغاب ، ثم مواد طبيعية معالجة مثل الطوب والأخشاب ثم المواد المصنعة المعتمدة علي خامات طبيعية مثل الخرسانة والفولاذ ثم المواد الصناعية كاللدائن والزجاج والدهانات .

وقد بدأ الإنسان قديما التعامل مع المواد الطبيعية دون ادني تدخل منه ثم مع ظهور المعادن واختراع المعدات بدأ يهذب أشكال الحجر- في مصر الفرعونية - ليحصل علي أسطح مساوية ، ويهذب الأخشاب للوصول لقطاعات ملائمة ، ثم ظهر الخزف والطوب ا في بلاد ما بين النهرين ، بينما استخدم اليونان الرخام والأحجار و أضاف الرومان الموزايكو والجبس المرسوم ، كما استخدموا الخرسانة الطبيعية ، ثم أُستخدم الحديد الزهر والمطاوع في القرن الثامن عشر ثم ظهر الفولاذ واستخدم علي نطاق واسع في القرن التاسع عشر .

ومع ظهور الاسمنت الصناعي حدث توسع كبير في صناعة الخرسانة ؛ وما لبثت ان أصبحت أكثر مواد البناء انتشارا ، مما أدي إلي توسع كبير في صناعة الاسمنت ، ثم ظهرت صناعة اللدائن والالومنيوم وتطورت صناعة الأخشاب والفولاذ ودخلت التكنولوجيا العالية والفائقة في ابتكار مواد النهو والتغطيات الحديثة والتي أفرزت أنماط حديثة في العمارة مما وضع المعماري أمام اختبار صعب لاختيار مادة البناء الملائمة .

4.1. اختيار مواد البناء

في الماضي كان يتم اختيار مواد البناء تقليديا ، علي أساس عدة عوامل منها الوظيفة والخصائص الميكانيكية ، ومدي إتاحة المادة محليا ، ولكن اتساع السوق العالمي والتيسيرات في مجال النقل ؛أعطت المصمم إمكانية الاختيار من بين لائحة كبيرة من المواد التي اعتمد علي عوامل أخري مثل الموضة والمظهر والتكلفة **(Adam Ritchie &Randle Thomas, 2009)**الأمر الذي أوقع علي عاتق المعماري مسئولية كبيرة عند اختيار مواد البناء الناجحة التي يجب ان تتصف بتوافقها مع احتياجات صاحب المشروع وديمومتها العالية والتي تمنحها القدرة علي الاحتفاظ بمواصفاتها الأصلية فترة طويلة ، وتقوم بوظيفتها طوال هذه الفترة بشكل جيد مع الاستجابة للظروف المناخية والقوي المحلية بالموقع و أن تحقق مبادئ الاستدامة طوال دورة حياتها ولا تؤثر بالسلب علي البيئة في مراحل الاستخراج او التصنيع او النقل او البناء او التشغيل ، وبعد انتهاء دورة حياتها من خلال إمكانية إعادة الاستخدام او التدوير او احتوائها في الطبيعة بدون حدوث مشكلات بيئية جسيمة .

4.2. الاعتبارات الأولية الواجبة عند التعامل مع مسألة اختيار المواد.

بالإضافة إلي متطلبات الاستدامة في المواد هناك اعتبارات عديدة لاختيار مواد البناء حيث يجب أن تفي المواد بمجموعة واسعة من الشروط المنصوص عليها بالقوانين الوطنية أو المعاييرالدولية، والممارسات والعادات المحلية للبناء من حيث:

4.2.1. الخواص الحرارية

للخواص الحرارية دور كبير في تهيئة الراحة الحرارية داخل المبني ، وعزله عن الخارج مما يسهم في تقليل استخدام الطاقة ، ويتحكم في هذا الدور سعة المادة الحرارية وحرارتها النوعية ، وقدرتها علي نقل الحرارة والذي يقاس عن طريق معامل التوصيل الحراري ، و الذي يصل الي اقل ما يمكن في مادة الطوب اللبن اما مادة الخرسانة فيبلغ معامل التوصيل الحراري لها 3 اضعاف الطوب اللبن ، اما مادة الحديد فمعامل التوصيل الحراري له 25 ضعف مادة الخرسانة .**(سعيد ،عصام ،2003)**

4.2.2. الخواص الميكانيكية

الخواص الميكانيكية مسئوله بشكل رئيسي عن صلابة المادة ، وتشمل الخواص الميكانيكية (مقاومة الشد ومقاومة الضغط والجساءة واللدونة وقابلية السحب والطرق)، ويتحكم في هذه الخصائص بشكل اساسي التركيب الجزيئي للمادة ، فمثلا المواد المعدنيه تتميز بتركيب بلوري علي درجة عالية من تنظيم الذرات وتجميعها، لذا فهي تخضع لقواعد هندسية بحته وتتناسب كفاءتها الانشائية مع الكثافة والنقاء والمرونة لذا من السهل التعرف علي الحدود الانشائية لتحملها بعكس المواد الطبيعية كالحجر والخشب ، اما اللدائن فهي مواد منخفضة الصلابة ولكنها تتمتع بالرجوعية وهي قدرة المادة علي امتصاص الصدمات . **(سعيد ،عصام 2003)**

4.2.3. الخواص البصرية

وهي مجموعة الخصائص التي تحدد سمة السطح من حيث اللون والملمس واللمعان ، فلكل مادة لون وملمس مختلف ، ويتعرف الانسان علي هذه الخصائص للوهلة الاولي بالرؤيه ، ثم يتحقق منها باللمس ،حيث يوجد تفاوت في الملمس بين الاحجار الطبيعية والخرسانة حيث تتميز بالخشونة الطبيعية وعدم القدرة علي عكس الضوء ، بعكس الواح الزجاج والحديد الذي لا يصدأ والتي تتميز بالنعومة والقدرة علي عكس الضوء مما يتيح فرصة للمعماري لعمل تكوينات من الاسطح ذات الملمس المتنوع مما يحقق المتعة البصرية والحسية .

4.2.4. الخواص الكيميائية

تتحكم الخواص الكميائية في مدي مقاومة المادة للعوامل الخارجية وتشمل مقاومة الصدأ ومقاومة الاحماض، والتي يتحكم فيها سطح المادة وقدرته علي التفاعل مع مكونات الهواء والسوائل ، فعلي سبيل المثال معظم المواد المعدنية لها القدرة علي الكسدة وتكوين طبقة اكسيد تضعف المادة ، كما ان بعض الاحماض لها القدرة علي اذابة المواد مثل البلاستيك والمعادن والزجاج ، مثل حمض الهيدروفلوريك الذي له القدرة علي تحليل واذابة الزجاج . **(سعيد ،عصام 2003)**

والاخطر ان بعض المواد لها القدره علي التفاعل مع الغازات المحيطة واطلاق غازات سامة مما يسبب خطر اثناء النقل والتخزين والتركيب يسبب كثير من المشكلات الصحية كالجروح والبثور والحساسية والالتهابات في الجلد والعيون ، مما يستوجب التعرف علي الخواص الكميائية للمواد لتحقيق اكبر كفاءة في استغلال المادة .

4.2.5. الخواص الكهربية

تتميز بعض المواد بخاصية عزل الكهرباء مثل الاخشاب والبلاستيك ومنتجاته الا انها تمثل احيانا عيب نتيجة لتراكم الشحنات الساكنة علي السطح مما يمكن بالاحتكاك ان توليد شرر يؤدي الي حريق وبالتالي الي تدمير المنشأ ، اما المواد المعدنية بشكل عام فتعتبر موصل جيد للكهرباء

4.2.6 الخواص الصوتية

تساعد دراسة الخواص الصوتية للمواد المستخدمة في الانشاء في تحقيق المتطلبات الصوتية التي تحتاجها بعض الفراغات ، ويتحكم في هذه الخواص قدرة المادة علي امتصاص او عكس وتشتيت الموجات الصوتية ، وتختلف هذه الخصائص من مادة لاخري ، فهناك مواد لها قدرة عالية امتصاص الصوت وهي تعتبر مواد عازلة صوتيا ومن امثلتها الصوف الزجاجي ، وهناك مواد لها القدرة علي عكس الصوت ومن ثم فهي تستخدم عندما يكون هناك حاجة لتقوية الصوت في جزء ما من الفراغ او عند الحاجة لتشتيت الصوت .

وبالاضافة الي هذه الخصائص تتدخل عوامل اخري في اختيار مواد البناء مثل محددات الوزن والابعاد وفقا لاحتياجات المبني ، وعوامل السلامة والامان عند التناول والوضع والاستخدام ، بالاضافة الي متطلبات مقاومة الحريق ومتطلبات الاداء النوعي المرتبط باستخدام المبني (مثل متطلبات النظافة بالمستشفيات، متطلبات السلامة للمدارس أو متطلبات الشفافية للمكتبات)، وايضا النواحي الجمالية، المرتبطة بتقاليد البناء المحلية ، ولا يمكن اغفال بند التكلفة، وفقا للميزانية المتاحة ، الأمر الذي يفرض معايير متعددة عند اختيار مواد البناء تنطوي على تحدي كبير.

5. مراحل اختيار مواد البناء

بعد استيفاء جميع المتطلبات السالفة يتم اختيار المواد علي أساس تأثيرها البيئي وتأثيرها علي صحة الإنسان ويمكن تمييز مرحلتين أساسيتين من المشروع نحتاج فيهما إلي اتخاذ القرارات بشأن اختيار المادة هما :-

المرحلة الاولي وهي مرحلة مبكرة جدا من المشروع وعند تقييم جدوى المشروع الاقتصادية ، وعند الاختيار بين حلول تكنولوجية مختلفة ، حيث يمكن إدراج المسائل البيئية في عملية صنع القرار، في هذه المرحلة على سبيل المثال، يمكن أن يتم الاختيار بين هيكل الخرسانة والفولاذ أو مزيج منهما علي أساس معايير بيئية .

المرحلة الثانية عندما يقوم المهندس او المعماري باختيار المواد المستخدمة في البناء عند وضع خطة العمل ، حيث يتم وضع مواصفات تفصيلية لتنفيذ الأعمال ويتم الاختيار من بين مجموعة مختارة من منتجات السوق ، على الرغم من أن هذه العملية قد تبدو هامشية لتحقيق الاستدامة في البناء، فهذا الأمر غير صحيح ، فالاختيار الصحيح للمواد أمر أساسي ، و على الرغم من أهمية هذه المرحلة، فالمصمم غالبا ما يتحمل بمفرده مسئولية تقييم المواد التجارية و تقييم جودتها البيئة

6. اختيار مواد البناء من اجل الاستدامة

6.1. "مواد البناء الخضراء" *Green Building Material*

حتي الآن لا يوجد تعريف ذو معني موحد ومقبول عالميا، لمواد البناء الخضراء و ويطلق عليها أحيانا " المواد صديقة البيئة " أو المسئولة بيئيا ، لذلك فقد نجد مواد في الأسواق تطلق عليها هذا المسمي بدون وجود دليل علي ذلك .

في بعض الأحيان تعتبر المواد لمجرد كونها مادة طبيعية مادة خضراء وهذا يعتبر افتراض خاطئ فعلي سبيل المثال هناك مواد كثيرة طبيعية ذات تأثير سيئ علي صحة الإنسان مثل مادة الاسبستوس – معدن طبيعي من السيليكات - التي كانت تستخدم في الماضي كمادة بناء وحظرت الآن لكونها مادة مسرطنة وغاز الرادون ويعتبر غاز مشع ينبعث ربما من بعض أحجار البناء الطبيعية وهو ضار جدا ومسبب لسرطان الرئة وكذلك زيت التربنتين وهو من المذيبات المستخلصة من تقطير شجرة طبيعية وضارة بصحة الإنسان(**Franzoni , Elisa 2011**)

6.2. محددات ومعايير اختيار المادة المستدامة

وفقا للتصور الشائع والأدبيات البحثية يمكن وضع بعض المعايير التي يتم علي أساسها اختيار مواد البناء الخضراء علي النحو التالي:

- الحفاظ علي الموارد الطبيعية بتقليل كميات مواد البناء المستخدمة والمواد التي لها عمر افتراضي طويل وقليلة الصيانة او التي يمكن إعادة استخدامها او تدويرها والمواد التي يمكن استرجاعها من الطبيعة بشكل سريع مثل الحجر – الجير الطبيعي - الخشب مع إمكانية توافرها محليا لتوفير طاقة النقل .

- المادة مستدامة خلال كامل دورة الحياة حيث يمكن قياس الاستدامة بمنهجية دورة حياة المادة او من منظور الاستدامة من "المهد إلى اللحد" (Franzoni , Elisa 2011) والتي تشمل مراحل الاستخراج والتصنيع والنقل و البناء والتركيب والتشغيل والصيانة وما تستهلكه من طاقة في هذه المراحل ، وبعد انتهاء دورة الحياة والتي تشمل إعادة الاستخدام او التدوير والتخلص منها كنفايات تحتوي في الطبيعة دون ان تتسبب في مشاكل بيئية أساسية ، فالمقارنة العادلة هنا بين مادتين او اكثر يجب ان تشمل تلك المراحل وذلك ما يسمي بمنهج تقييم دورة حياة المادة Life Cycle Assessment LCA .

- المادة يجب ألا تكون خطرة على صحة الإنسان، أي لا تؤدي إلى آثار سلبية علي الهواء الخارجي او من حيث جودة الهواء في الأماكن المغلقة ، ومن ملوثات الأماكن المغلقة (المركبات العضوية المتطايرة، والألياف خطرة التشتت، وغاز الرادون و الانبعاثات وانتشار الملوثات البيولوجية)

– يجب ألا تتسبب المادة بعدم الراحة الحرارية في الأماكن المغلقة مما يتطلب بذل الطاقة للحصول علي الراحة المناخية .

وعند التعامل مع مثل هذا المعايير للمادة الخضراء ، يجب أن نأخذ في الاعتبار قضية أساسية ، وهي عدم وجود مادة البناء الخضراء المكتملة تماما في مقابل مادة أخري غير خضراء ، وذلك يرجع إلي أن التصنيع لمواد البناء والنقل والتخلص من مخلفاتها او أعادة تدويرها لا يعطي دائما تأثير بيئي يساوي الصفر .

لهذا السبب، فمن المستحيل أن نشير في نهاية المطاف إلى قائمة من المواد الخضراء ، ولكن في كل عملية من عمليات التصميم ينبغي اختيار المواد الأكثر استدامة من بين تلك المتاحة في السوق، على أساس أفضل التكنولوجيات المتاحة والمواد المطلوبة لأداء.

وهذا يضع مسؤولية كبيرة على صناع القرار في تصميم المبنى وعلاوة على ذلك، يؤكد على أهمية اختيار المواد.

6.3. معيار استهلاك مواد البناء الطاقة

يعتبر معيار استهلاك الطاقة من أهم معايير استدامة المادة حيث انه يؤثر بشكل مباشر او غير مباشر علي بقية المعايير ، فمواد البناء هي العنصر الأكثر تأثيرا في تكلفة الطاقة في عمليات التشييد ، حيث تستهلك من

50% إلي 70% من إجمالي الطاقة المستخدمة في البناء وتزيد إلي 80% في الدول النامية وتعبر معظم هذه النسبة عن الطاقة المستهلكة في تصنيع هذه المواد . وتعتبر مواد البناء التقليدية هي الأكثر استخداما كالخرسانة المسلحة والطوب والأحجار إلي جانب بعض المواد التكميلية كالالومنيوم والزجاج والخشب والجبس والجير ، ويلاحظ أن العديد من تلك المواد هي العناصر عالية الاستهلاك للطاقة فضلا عن طاقة نقل تلك المواد من المصانع إلي المواقع . **(عطية, ايمان , 2010)**

وقد بذلت جهود كبيرة خلال العقود الماضية، للحد من الطاقة المطلوبة في مرحلة تشغيل المبنى (الطاقة اللازمة لتدفئة والتبريد والتهوية، والإضاءة والمياه الساخنة، والأجهزة العاملة، وغيرها)، واعتماد الحلول التقنية والمواد الأكثر كفاءة مما يؤدي إلى تحسن في أداء المتعلق بالطاقة للمباني خلال عمره التشغيلي **(ThormarkC , 2006)** ، ولكن كل تلك الجهود يمكن ألا نحتاجها إذا تم اختيار مادة البناء الملائمة التي تحقق قدر من الراحة المناخية .

كما ظهر التوجه المعاصر لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة الذي أدي إلي النمو السريع في اتجاه تحقيق المباني التي تستهلك طاقة تقدر بصفر او Zero Enegy Building ، والتي تعني تساوي بين الطاقة المستخدمة في تشغيل المبني والطاقة التي يحصل عليها من مصادر متجددة مثل بيوت الطاقة الشمسية **(Hernandez P, Kenny P,2010)** .

إلا أن الاهتمام بدأ أيضا في نفس الوقت بمرحلة ما قبل استخدام المبنى ، أي إلى التأثيرات البيئية لمواد البناء في مراحل متعددة مثل استخراج المواد الخام وعملية التصنيع و النقل والتسليم إلى مواقع البناء. ويمكن قياس هذا التأثير عن طريق العوامل التي تم تحديدها في وسائل التقييم (ما يسمي بتقييم دورة الحياة (LCA) الداخلي ، مثل مساهمة الطاقة، شرط إنتاج غازات الاحتباس الحراري، واستنزاف المياه، وما إلى ذلك .

ومن بين هذه المعايير البيئية الأساسية للتخفيف من تأثير للمباني ، ما يسمى ب "الطاقة الكامنة" للمادة Embodied Energy (EE) .و الطاقة الكامنة وقد تسمي الطاقة الأولية تمثل عادة الطاقة المستهلكة في مجال استخراج المواد ، والإنتاج والتسليم إلى موقع البناء ، ويجب ان تتضمن الطاقة الكامنة المستخدمة في الصيانة والتجديد للمبني ومكوناته والطاقة الضرورية لتفكيك والهدم والتخلص من المواد .

وحتي عند إهمال الأشكال الأخرى من الأثر البيئي الناجم عن مواد البناء ، فان الطاقة الكامنه فقط EE تشكل الآن 2-38٪ من الطاقة الإجمالية المستهلكة على مدى السنوات الخمسون الاولي من عمر المبني بناء على مدى الحياة في المباني التقليدية ومن 9-46٪ في البلدان ذات المباني المنخفضة استهلاك الطاقة (**Zabalza Bribian2011).**

ويمكننا القول بان اختيار مواد بناء ذات طاقة إنتاج أولية منخفضة صار اولوية ففي المستقبل القريب لن يتم تقييم مواد البناء تبعا لخواصها الميكانيكية فقط (الشرط الأساسي) ولكن أيضا تبعا لتوازنها وتأثيرها البيئي (Life – Cycle – Analyses) ويوضح الجدول رقم (1) مقارنة بين متطلبات الطاقة الأولية لإنتاج مواد البناء .

وتعتبر مادة البناء بالطين من مواد البناء ذات طاقة إنتاج أولية منخفضة ، وعند المقارنة بين الطين وبعض مواد الإنشاء المختلفة وجد ان واحد متر مكعب من الطين يحتاج فقط للنقل والتحضير 1% تقريبا من طاقة الانتاج الاولية الضرورية لانتاج واحد متر مكعب من الخرسانة العادية والي 0.3 % من طاقة الانتاج الاولية الضرورية لانتاج واحد متر مكعب من الخرسانة المساحة **(عبده ، مختار 2010)**

جدول (1) :مقارنة بين متطلبات الطاقة الاولية لمواد البناء
(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)

مدي متطلبات الطاقة	المادة	متطلب الطاقة الأولية للإنتاج (جيجا جول / طن) عالميا
طاقة عالية جدا	الالومنيوم	250-200
	البلاستيك	100-50
	النحاس	+100
	ستانلس ستيل	+100
طاقة عالية	فولاذ	60-30
	الرصاص والزنك	+25
	الزجاج	25-12
	الاسمنت	8-5
	الألواح الجبسية	10-8
طاقة متوسطة	كلس	5-3
	طوب طمي	7-2
	الجبس	4-1
	الخرسانة	
	في الموقع	1.5-0.8
	بلوكات	3.5-0.8
	سبق التصنيع	8-1.5
	طوب رملي	1.2- 0.8
	خشب	1.5-0
طاقة منخفضة	رمل وركام	< 0.5
	مخلفات ورماد البراكين	< 0.5
	الطين	< 0.5

6.4. معيار جودة الهواء الداخلي وتأثير مواد البناء علي صحة المستخدمين

يعتبر معيار تأثير مواد البناء علي جودة الهواء الداخلي من المعايير الهامة عند اختيار المواد ، حيث يتطلب الأمر بحث وإنتاج وتقييم مواد قليلة التأثير علي جودة الهواء الداخلي ، مما يقلل التأثير الضار علي صحة الإنسان الناجم عن المباني ، والذي يعرف بمتلازمة امراض البناء Sick Building Syndrome (SBS) او الامراض ذات الصلة بالمباني Building Related Illness ، **(Franzoni , Elisa 2011)**

وتتسبب أجهزة تكييف الهواء الميكانيكية ؛ في الحفاظ علي نسبة كبيرة من الهواء الداخلي؛ وتسبب في إيواء وانتشار الفطريات، وحبس المركبات العضوية المتطايرة بمواد النهو الداخلي غير المسامية المصنعة من البتر وكيماويات والباعثة للغازات السامة ، كالموكيت والحوائط البلاستيكية والاسقف الصناعية ، وما يترتب عليه من ضعف جهاز المناعة وانتشار الفيروسات ومن ثم حالات الحساسية ـ وتقدر تكاليف علاج المتأثرين بالهواء الداخلي الملوث بملايين الدولارات سنويا وهذا وتمثل مواد النهو غير المسامية 30% من المواد المستخدمة في المباني الحديثة **(الدبركي ، أمال 2010)**

وتتلخص الاهداف المطلوبة لخفض تاثير مواد البناء علي صحة الانسان فيما يلي :-

1- خفض انبعاث غاز الرادون
2- تقليل التشتت والألياف والملوثات البيولوجية
3- انبعاث محدود للمركبات العضوية المتطايرة **"Volatile Organic Compounds"** VOC Emission الناجمة عن الدهانات ومواد الطلاء والأرضيات المرنة ، المواد العازلة للحرارة والمعالجات بالطرق البيولوجية للمواد العضوية، و المواد اللاصقة، والمواد المانعة للتسرب.
4- عدم وجود الفورمالديهايد، واليوريا في الأخشاب الراتنجبه و منتجات الألياف الزراعية

وتعتبر مادة الطين علي سبيل المثال من مواد أغلفة المباني المسامية التي لا تؤثر علي المجال المغناطيسي الطبيعي للأرض فهي تسمح بمرور الإشعاعات الكونية من والي الفراغ وتفكك العناصر المشعة المختزنة في مواد الأرض كاليورانيوم والراديوم والثوريوم خاصة في بلورات الصخور القديمة مثل البازلت والإردواز والجرانيت والتي تستخدم في تشطيبات المباني بإسراف حاليا مما يؤدي الي زيادة انبعاث تلك الإشعاعات والضرر بالإنسان ، حيث يتسبب التعرض الزائد لهذه الإشعاعات الي الإصابة بأمراض سرطانية ويزيد ضررها بالفراغات المعزولة والمكيفة وقليلة التهوية الطبيعية **(بصير ، ناديا 2000)**

5. نماذج من التقنيات الحديثة في مواد البناء لتحقيق الاستدامة

5.1. الخرسانة البيئية

الخرسانة واحدة من مواد الإنشاء واسعة الانتشار علي مستوي العالم وهذا يرجع بشكل أساسي إلي خصائصها الإنشائية وخاصة عند اندماجها مع حديد التسليح كما أنها تعطي عزل حراري وصوتي جيد .

ومع ذلك فان التأثير الفيزيائي والبيئي لمكونات الخرسانة البنيوية ، يكمن في الطاقة الكامنة للاسمنت المكون الأساسي في الخرسانة .

ومع التطوير في صناعة الخرسانة ومنذ 1990 حققت صناعة الخرسانة كفاءة في استخدام الطاقة وبالرغم من ذلك فان صناعة الاسمنت حتي الآن تتسبب في 8% من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون علي مستوي العالم .

وقد طرحت خيارات جديدة في صناعة الخرسانة فيما يسمي بالخرسانة البيئية والتي يستبدل فيها 50 % من محتوي الاسمنت بمادة PFA مسحوق رماد الوقود والتي تحقق انخفاض في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تسهم فيه مادة الخرسانة بنسبة تتراوح بين 15-25 % او مادة GGBS البلورات المطحونة من خبث الأفران والتي تعتبر من مخلفات مولدات الطاقة وتؤدي إلي تخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بنسبة من 35-45% ، الا انه من الجدير بالذكر أن تلك الحلول قد تؤدي إلي احتياج الخرسانة إلي زمن أطول في المعالجة وبالتالي لطول زمن التنفيذ.**(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)**

5.2. الخرسانة المنفذه للضوء Light –transmitting concrete

وهي مادة حديثة نسبيا تم تطويرها في ألمانيا علي يد المهندس المجري " ارون لوسونري لترا كون " ، وتحتوي علي ألياف زجاجية ضوئية تسمح بنقل الضوء من احد جوانب الحائط الخرساني إلي الجانب الأخر باستخدام عدد من الألياف الضوئية متعددة الأقطار (تبدأ من 2 ميكرون لتصل إلي 2 مليمتر) لتحقق تأثيرات ضوئية متعددة وتستخدم هذه المادة المنفذة للضوء في عمل القواطيع الداخلية والتي تسمح للغرفات الداخلية بالاستفادة من ضوء النهار بدون وجودها علي الواجهة الخارجية شكل (1) . **(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)**

5.3 الخرسانة ذات خاصية التنظيف الذاتي Self-cleaning concrete

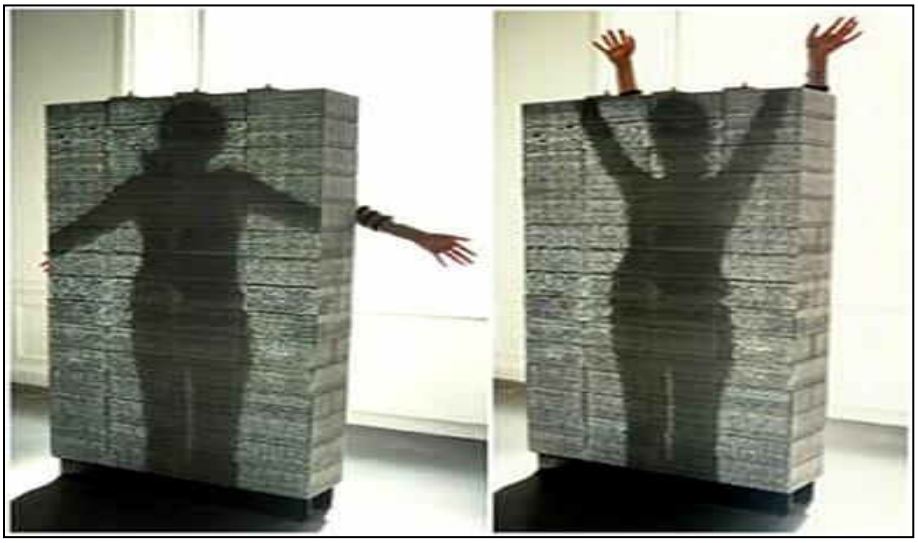
هي ايضا منتج جديد حيث يضاف إلي مكونات الخرسانة مادة محفزة تجعل الخرسانة تنشط عند تعرضها للاشعة فوق البنفسجية فتقوم بتحليل المواد العضوية مثل القاذورات والملوثات المحمولة في الهواء واكاسيد النيتروجين علي سطح الخرسانة حيث أن تغطية 10-15% من الطرق وأسطح الخارجية للمباني بالمدن يمكنه ان يقلل نسبة التلوث الجوي إلي 40-50%

(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)

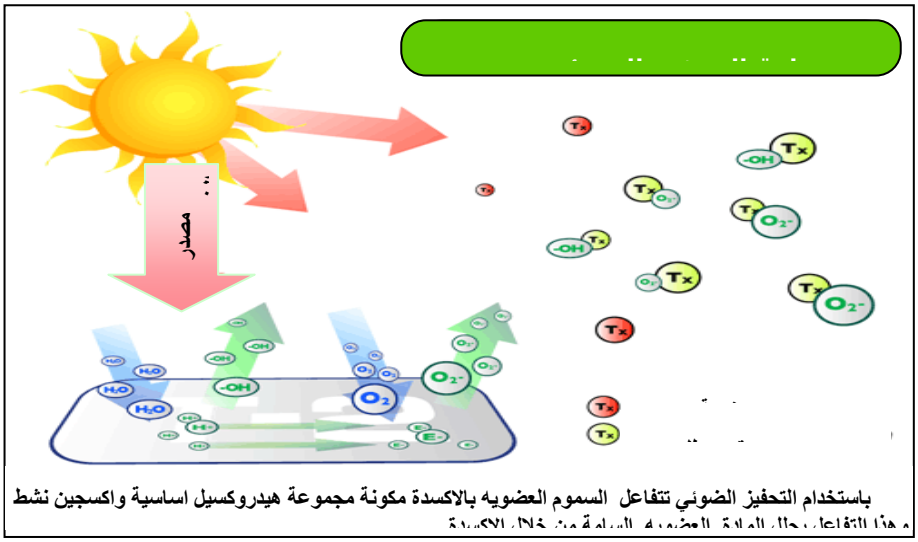
ويوضح شكل(2) آلية عمل الخرسانة ذاتية التنظيف في التخلص من المخلفات .

5.4. المعادن

تستخدم المعادن في مجال الإنشاءات بشكل كبير من الهياكل والإطارات المعدنية إلي حديد التسليح ومسارات السكك الحديد والكباري وغيرها وتقدر الطاقة المطلوبة لصنع طن من الحديد 500 ك وات ، وهذا ما تستلزمه عملية التصنيع والصهر فقط بينما يستنزف طاقة اكبر قد تصل إلي 8500 – 16500 ك وات / طن عند تقييم دورة الحياة كاملة وشمول مراحل استخراج المادة الخام (خام الحديد والكوك والحجر الجيري) ومرحلة النقل والتصنيع والتشكيل .



شكل :(2) الخرسانة المنفذة للضوء ودورها في نقل ضوء النهار من خلال القواطيع الداخلية



شكل :(2) آلية عمل الخرسانة ذاتية التنظيف في التخلص من المكونات العضوية والسموم [20] [22]

وتعتمد فكرة تأييد مادة الحديد بيئيا علي فكرة إمكانية إعادة تدويره بنسبة 100% وبالرغم من انه عند إعادة التدوير نحتاج لإعادة صهر الحديد مما يستنفذ قدر من الطاقة إلا أن الطاقة الكامنة للصهر تنخفض في كل مرة يتم إعادة الاستخدام وتصل نسبة إعادة التدوير في المملكة المتحدة للحديد إلي 94% . **(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)**

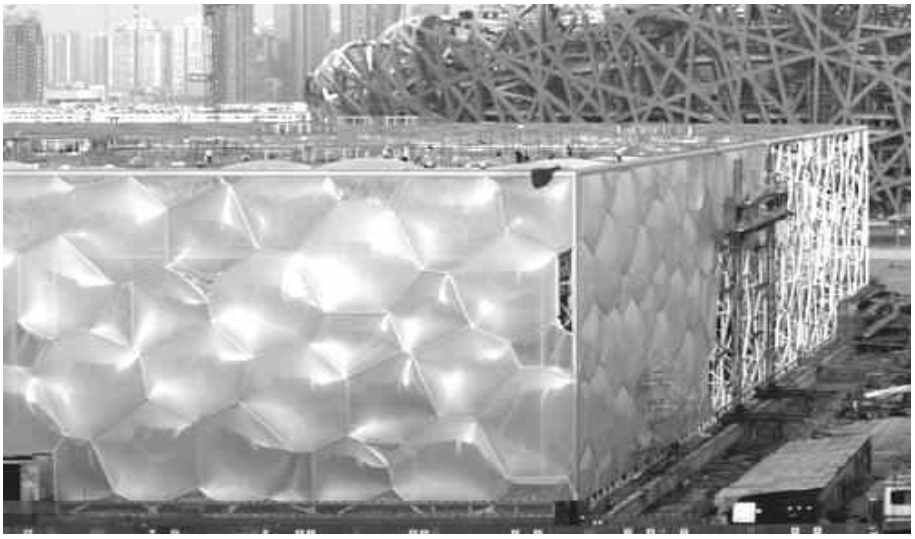
5.5 الزجاج والمواد الشفافة

ادي التطور التكنولوجي المستمر إلي التوسع في النظم المتعددة الوظائف في استخدام الواح الزجاج الفردية او المتعددة ، مثل استخدام الزجاج ذو التجاويف المملوءة بغاز الارجون وتقنية اختيارية نفاذية الضوء والتغطيات المنخفضة الانبعاث وتقنية التنظيف الذاتي

ويوجه الباحثون إلي أهمية الدمج بين التقنيات في انواع التغطيات الزجاجية؛ لتحقيق التكامل فعلي سبيل المثال الزجاج العاكس من شأنه تقليل الحرارة المكتسبة داخل الفراغات ، وبالتالي متطلبات تكييف ،او تبريد الفراغات ، بينما تؤدي التغطيات قليلة النفاذ للضوء إلي تقليل مستوي دخول ضوء النهار مما يزيد متطلبات الإضاءة الصناعية .

ومن التقنيات الحديثة في استخدام المواد الشفافة مادتي كال وول Kalwall ومادة الفلوروبوليمر (ETFE) وهذه التقنيات تحقق راحة كبير للمصمم حيث تتميز بخفة الوزن وانخفاض التكلفة وانتقال جيد للضوء وخواص العزل الحراري بمقارنتها بالمواد الشفافة التقليدية ، وبالمقارنة مع مادة الزجاج، فان مادة "ETFE " والتي تصمم علي شكل وسائد هوائية خفيفة الوزن ، يصل وزنها إلي 1٪ من وزن الزجاج لنفس المسطح ، وتنقل المزيد من الضوء وتكلفة تثبيتها تمثل من 24٪ الى 70٪ من تكلفة تثبيت الزجاج ، كما انها مرنة وقادرة على تحمل 400 مرة من وزنها و قابلة لإعادة التدوير وتستخدم لتسقيف المساحات الواسعه وقد استخدمت في تسقيف مبني مجمع السباحة الوطني ببكين عام 2006 شكل (3) .

وهناك ايضا ابتكار جديد وشيق وهو دمج الزجاج مع خلايا توليد الطاقة الشمسية photovoltaic والتي تحقق وظيفة مزدوجة وهو توليد الطاقة الكهربية وتوليد الظل ومن اهم فوائدة اتفاقه مع اشكال النوافذ القياسية وقابيته لتغيير مستوي نفاذية الضوء بتغيير المسافات بين الخلايا الشمسية **(Adam Ritchie &Randle Thomas – 2009)**



شكل (3) :مادة الفلوربوليمرETFE لتغطية مبني مجمع السباحة الوطني ببكين اثناء مراحل التنفيذ

5.6 المواد الذكية المستدامة

وهو مصطلح جديد للمواد متغيرة الخصائص ، والتي بإمكانها تغيير أحجامها أو أشكالها وألوانها استجابة للتأثيرات الفيزيايـة والكميائيـة كالإضـاءة او درجـات الحـرارة او تـدخل القـوي الكهربائيـة وهـذه المـواد تعتبـر وظيفيـة علـي سـبيل المثـال مركبـات الكرومـات الضـوئية التـي تغيـر مـن لونهـا عنـد تغييـر الضـوء ومركبـات الكرومات المائية التي تتأثر بدرجـة الحـرارة والرطوبـة والتـي تستخدم في مواد الطـلاء او تـدخل فـي المواد المكونة للأثاث .

ومنها العناصر التكميلية مثل استخدام المصابيح الذكية الشفافة في اوبرا كوبن هاجن عام 2004 بعرض 2.9 متر بداخلها 1480 مثلث من الزجـاج الامن المضـئ التـي توجـد بهـا مرشـحات ضـوئية Dichoritic Filter حيث تسمح للضوء الطبيعي بالمرور خلالها وتقوم بترشيحه وعكسه واختزان جزء من طاقتـه لتشـعه ليلا كمادة ذكية ، الا ان المواد المشعة للضوء ليست كلها ذكية او مستدامة الا في حالات انها تشع ضوء بـارد لا يؤثر علي الحمل الحراري بالفراغ. **(Muller ,Andress,2007)** .

من الجديد في مجال مواد البنـاء التكنولوجيـة المستدامة أحجـار للبنـاء مطليـة بمـادة كيميائيـة تستطيع القيـام بعمليـة .شـبيهة لعمليـة التمثيـل الضـوئي التـي تقـوم بهـا النباتـات، فتقـوم بامتصـاص غـاز ثـاني أكسـيد الكربـون وغيره من الغازات الضارة من الجو كذلك يمكن استخدام المادة الكيميائية في طـلاء الطـرق، وقد استخدمت هذه الطريقـة فـي ايطاليـا وفرنسـا وأثبتـت فعاليتهـا فـي تقليـل انبعـاث الغـازات الضـارة فـي الجـو شـكل (4). **(يوسف ، عبير 2010)**

شكل (4): استخدام مواد تكنولوجيه مستدامة تقوم بعملية شبيهة بالبناء الضوئي

6. أليات اختيار و تقييم مواد البناء الخضراء

للوصول إلي الوسائل و الآليات التي يمكن ان تدعم المهندس المعماري وتوجهه للاختيار والمفاضلة بين مواد البناء لتحقق الاستدامة في المشروعات الي جانب أهداف المنفعة قامت الباحثة بعمل استقصاء لمحاولة الوصول لهذه الاليات ونعرض فيما يلي بعض هذه المحاولات ومدي مساهمتها لتحقيق الهدف من دعم اختيار المهندس المعماري للمادة الخضراء.

6.1. أدوات التقييم البيئي العالمية

من خلال البحث عن آليات وأدوات يمكنها معاونة وتوجيه المهندس المعماري عند اختياره لمادة البناء المستدامة ، برزت أدوات التقييم البيئي كأحد هذه المعينات التي يمكنها المساهمة في وضع الحلول وتقييمها ، وقد تم تطوير عدد كبير من أدوات التقييم البيئي علي مستوي العالم علي مدار السنوات السابقة بهدف تصنيف المبني من حيث أداءها البيئي الإجمالي من خلال تناول عدة موضوعات للتقييم وقد تناولها مختلف صناع القرار وادمجوها في عمليات التصميم ومن المتوقع التطور والتزايد في استخدامها في المستقبل .

الأدوات المختلفة للتقييم البيئي تقوم بإجراء تصنيف مفيد من خلال أدوات نوعية تشمل مجموعة معايير ونقاط ومجالات تقوم بإدخال بيانات كمية للقياس، ومن أكثر الأدوات شيوعا للتقييم البيئي كل من GBTool -Eco-Quantum -EcoProfile - EcoEffect - BEAT -CASBEE -BREEAM . LEED -

الهدف الأساسي من هذه الأدوات تصنيف المبني وتقديم مؤشرا عن الأداء البيئي له ، ولكن نحاول بحث إمكانية استخدامها أيضا لتقييم أفضل الخيارات المتاحة أثناء عملية التصميم.

وبمراجعة بعض هذه الأدوات ومقارنتها وبالاستعانة ببعض الأدبيات تم الوصول إلي ما يأتي :

أ- التقييمات المتعلقة بمواد البناء تشمل مجالات قياس متعددة منها :-

- موضوعات تحت مسمي المصادر والموارد والتي تشمل بشكل مباشر مواد البناء ويتراوح الوزن النسبي لها من بين أدوات التقييم من 12-19% . **(عثمان , فاطمة 2012)**
- موضوعات للتقييم تدخل فيها الموارد بشكل جزئي اوغير مباشر وهو مجال جودة البيئة الداخلية الذي تصل الوزن النسبي له علي تصنيف LEED إلي 22% ومجال الطاقة الذي يتراوح الوزن النسبي له من 19-26% **(عثمان , فاطمة 2012)**

وهذه الاختلافات في الوزن النسبي للموضوعات المختلفة ، هي بطبيعة الحال جوهر أي تقييم بيئي .

ب- بدراسة طرق جمع البيانات عن دورة حياة المواد عند التقييم بأدوات التقييم نجد أن :-

- البيانات المدخلة عادة تجمع من قاعدة بيانات واسعة عن مواد البناء بشكل عام، وتتضمن بيانات تشير إلي فئات المواد وخصائصها العامة بدلا من الأشكال التجارية للمادة ، مما يؤدي إلى أخطاء لا مفر منه في التقييم المواد ، ينشأ هذا الخطأ بسبب التطور السريع في عمليات تصنيع المواد ، والاختلاف في تركيب وخصائص المواد، والاختلافات أماكن التصنيع ومدي توافر المواد ومكوناتها (التي غالبا ما تفتقر إلى المعرفة) .

- عمليات تصنيع مواد البناء اقل في عملية التوحيد القياسي بكثير بالمقارنة بالسلع الأخرى ، وذلك بسبب الطابع المميز لبعض المشروعات والاختلافات علي المستوي الوطني و الاقليمي .
(Ramesh T, Prakash R,2010)

وللاستدلال علي ذلك نجد ان هناك مجال واسع جدا عند حساب الطاقة الكامنة للمواد في البحوث وفي قواعد البيانات من مكان لاخر (على سبيل المثال المدي للطاقة الكامنة يتراوح من 84،0-312 ميجا جول / كجم في 'الصلب'، من 17 حتي 239 ميجا جول / كيلوغرام 'النحاس' ومن 3-98 إم جي / كيلوغرام للدهانات. **(Sandrolini F, Franzoni E 2010)**

ج - في أدوات التقييم يوجد اتفاق عام على الأخذ في الاعتبار عند اختيار وتقييم مواد البناء دورة حياة المادة من تأثير التنقيب عن المواد الخام، وعملية التصنيع، والتسليم إلى موقع البناء والتشغيل للمبني ، إلا أن بعض أدوات التقييم لا تشمل الصيانة والهدم والتخلص من المخلفات .

د - عدم وضوح اعتبار العمر الافتراضي للمادة . حيث مواد البناء والتكنولوجيا المصاحبة لها تتفاوت كثيرا في ديمومتها وإمكانية الحصول عليها و يعتبر 50 عاما مدة معتبرة لديمومة المادة .

هـ - في اعتبارات حساب الطاقة الكامنة للمادة بعض الأدوات تعتبر حساب الطاقة في مستواها النهائي المستخدم ، وأخري تأخذ في الاعتبار الطاقة الأولية التي تتم في الإنتاج وتشمل الفاقد نتيجة النقل والتوزيع ، ولا يوجد اتفاق واضح علي نوعية الطاقة في متطلبات التقييم

(Ramesh T, Prakash R,2010)

و - القصور في العوامل التي تأخذ في الاعتبار مساهمة مواد البناء في جودة الهواء الداخلي وهذا العامل بالكاد يؤخذ في الاعتبار من قبل أدوات التقييم ولكنه يعتبر غير مناسب ويحتاج الي التطوير ، ففي نظام تصنيف (LEED) حدد مجموعه 4 نقاط عن 'جودة البيئة الداخلية، يخص المواد وبالضبط نقطة واحدة لكل من العناصر الآتية:

- المواد اللاصقة، والمواد المانعة للتسرب مع انبعاث محدود للمركبات العضوية المتطايرة
- الدهانات ومواد الطلاء مع انبعاث محدود للمركبات العضوية المتطايرة محدود VOC Emission
- انخفاض انبعاث السجاد،
- عدم وجود الفورمالديهايد، واليوريا في الاخشاب الراتنجبه و منتجات الالياف الزراعية

ولكن لم تاخذ في الاعتبار مشاكل انبعاث غاز الرادون، وتشتت الألياف والملوثات البيولوجية، فضلا عن المركبات العضوية المتطايرة والانبعاثات المحتملة من مصادر عناصر اخري بالمبنى (الأرضيات المرنة ، المواد العازلة للحرارة والمعالجات بالطرق البيولوجية للمواد العضوية، وغير ذلك).

ومما سبق نلاحظ صعوبة المفاضلة بين المواد عن طريق أدوات التقييم المختلفة فلن يعطي نتائج دقيقة ، وعلاوة على ذلك، فإن تطبيق هذه الأدوات يتطلب جهدا كبيرا من حيث الوقت والتكلفة كما انها تتركز بشكل اساسي في المباني الجديدة والمباني ذات الجودة والعالية والتقنيات الفائقة . (حتى لو تم تطوير بعض الأدوات، مثل أداة EcoEffect، للمباني القائمة.

ففي المباني القائمة فإن تجديد المبنى وفقا لمتطلبات الاستدامة الصارمة عادة ما يكون غير مجد لأسباب اقتصادية..

لجميع الاعتبارات السابقة فان أدوات التقييم مناسبة لاختيار المواد في المراحل المبكرة من تصميم المبني لتحقيق تقييم تقريبي أولي لتأثير مواد البناء علي البيئة وبالتالي يتم دعم الخيارات الاستراتيجية وقابليتها للتطبيق في اختيار المواد التجارية امر صعب .

6.2. العلامات الايكولوجية لمواد البناء ECO-LABEL

هناك عدد كبير من أنظمة العلامات للحصول على التصديق وشهادات الجودة البيئية للمواد ، التي تروج لها مختلف المؤسسات والهيئات العامة العاملة في مجال تعزيز انتشار مفهوم المباني الخضراء علي مستوي العالم .

بالإضافة إلى الشهادات العالمية توجد الشهادات الوطنية ، والتي تتمتع بالدقة والموثوقية والتي تقييم حالة حالة والتي تصدرها الهيئات والمؤسسات الوطنية ، وتعتبر دورة حياة المادة أساس العلامات البيئية ECO-LABEL حيث يتم تقييم المواد الصديقة للبيئة خلال كل دورة الحياة للمادة ، بما في ذلك إيضاح مدي مساهمة المواد في تلوث الأماكن المغلقة ومدي وجود المكونات السامة والخطرة، والتي قد تؤدي إلى مخاوف في مرحلة التخلص منها في نهاية دورة الحياة .

فعلي سبيل المثال لا الحصر العلامة الايكولوجية للدهانات الداخلية والورنيشات لتي تصدرها منظمة المجتمعات الأوربية Nordic Eco-label for indoor paints and varnishes الإصدار الثاني من 2008 حتي نهاية 2012 وتعتبر من العلامات التي تلقي قبولا في أوربا حيث يتم تحديد أهداف هذه العلامة فيما يلي :-

- الاستخدام الفعال للمنتج وتقليل النفايات.
- الحد من المخاطر البيئية وغيرها (مثل الأوزون في التروبوسفير) عن طريق الحد من الانبعاث الناتج من المذيبات .
- الحد من تصريف المواد السامة الملوثة أو غير ذلك في المياه.
- خفض التلوث في الفراغات المغلقة .

حيث تحتوي علي عدة معايير صارمة للقياس تشمل محتوي الصبغة البيضاء بالدهانات ومحتوي ثاني اكسيد التيتانيوم والمركبات العضوية المتطايرة والروائح الهيدروكربونية المتطايرة ونسبة المعادن الثقيلة والمواد الخطرة والسامة . **(Nordic Ecolabelling 2008)** وبالرغم من أن العلامات البيئية تقوم على فرضية منهجية وتضع معايير كمية تمثل تحدي كبير لا انه يمكن اعتبار العلامات البيئية ECOLABEL نظام دقيق ومفصل يمكن الاعتماد عليه في اختيار للمواد ، غير أن العلامات الايكولوجية غير واسعة الانتشار في الدول النامية حيث يقل السعي نحو الحصول علي شهادات الجودة والتصديقات التي تكلف المنتج تكلفة اضافية إلي جانب قلة الوعي من صناع القرار والمصممين .

6.3. قوائم البيانات الفنية Technical Data Sheet

يتم عادة اختيار المواد التي تستخدم في البناء على أساس من الخصائص التقنية بما يسمي قائمة البيانات الفنية والتي تقدمها الشركات المصنعة لتوضح الملامح الرئيسية وخصائص المواد والمكونات، وفي اوربا يوجد ما يعرف بالمواصفات الاوربية الموحدة لمواد البناء ،وكذلك المواصفات الامريكية الموحدة ، وفي مصر يتم حاليا دراسة وضع المواصفات الموحدة والتي بدات بوضع ما يسمي كود الخرسانة علي مستوي الدول العربية .

وتعتبر قائمة البيانات الفنية وثيقة تقدم معلومات دقيقة وموثوق بها حول المواد الا ان مصدرها الشركة او المؤسسة المنتجة و في كثير من الأحيان تستخدم كأداة إعلانية، وبالتالي فإنها قد تقدم تقرير غير دقيق أو معلومات مضللة .

ومن خلال دراسة استقصائية عن طريق مواقع الانترنت لكل من مواد الاسمنت والطوب والسيراميك والدهانات عن المنتجين علي المستوي العالمي والمحلي في مصر والدول العربية اتضح الاتي :-

- قصور في وجود وصف شامل لصياغة المواد من حيث المكونات ، مع وجود ما يسمي بالمواصفات الموحدة لمواد البناء في الولايات المتحدة وأوربا والإشارة لذلك في القائمة البيانات الفنية

- الاشارة في قوائم البيانات الفنية الي التزام الشركات باشتراطات الجودة البيئية كالتزام شركات الدهانات بالايزو 9001 والايزو 14001 او الاونساس 18001

- من النادر إيضاح مساهمة المادة في تلوث في الأماكن المغلقة. فيما عدا الدهانات، والتي تقدم أوراق البيانات لها عادة كمية المركبات العضوية المتطايرة في هذه المادة. وأوراق البيانات للخشب المركب - المستخدم بوفرة في أوربا والولايات المتحدة - في بعض الحالات المحدودة تعطي تقريرا عن محتوى الفورمالديهايد .

- وفي حالات متفرقة لأوراق البيانات عن بلاط السيراميك والطوب يقدم بيانات عن انبعاث غاز الرادون ، ومع ذلك وفي حالة اذا لم يتم تقديم بيانات مباشرة في المعلومات التقنية، فان المعلومات غير المباشرة عن تركيب المادة والعناصر الخطرة يمكن الاطلاع عليها والتحقق منها في ورقة بيانات الامان ، والتي تقديم التقارير بشكل منفصل عن معلومات السلامة والصحة، وتقدم عادة من قبل الصانع بناء على طلب بدلا من تحميلها مباشرة في الموقع ذات الصلة. أوراق البيانات الخاصة بالسلامة تعتبر إلزامية كلما كانت المواد الخطرة موجودة، وبالتالي يجب علي المنتجين وضع تعاريف محددة ، ومعلومات شاملة ومرتبة ، حيث انها تمثل أداة قيمة المصممين المباني .

- في معظم الحالات، البيانات المعطاه عن المادة في عملية التصنيع لا تشمل الطاقة المستخدمة ومكان توريد المواد الخام، وبالتالي هذا يجعل أي تقييم (حتى نوعي) مستحيل تماما. على الرغم من أن المعلومات التي غالبا ما تكون ناقصة المذكورة في أوراق البيانات الفنية (والتي مع ذلك يمكن أن يكون تتكامل جزئيا البيانات في أوراق بيانات السلامة)، ورقة بيانات الامن والسلامة تمثل الأساس الذي ينبغي أن يقوم عليه التقييم.

6.4. اعلان المنتج البيئي

الإعلان البيئي للمنتج "Environmental Product Declarations " EPD هو أداة موحدة للابلاغ عن الاداء البيئي للمنتج او النظام وفقا لايزو (ISO 14025/TR) وهو مطبق في جميع أنحاء العالم لجميع الشركات والمنظمات المهتمة ويستند علي دورة حياة المادة ويتضمن الامداد بالمعلومات عن الاثر البيئي للمواد الخام ومدي كفاءة استخدام الطاقة ومكونات المواد والانبعاث الناتج عنه في الهواء او الماء او التربة وتوليد المخلفات كما يتم تضمين معلومات تفصيلية عن المنتجات والشركات التي تتداولها.

ولا يعتمد EPD علي أي معلومات بيئية محددة سلفا من المنتج او المستخدم بل يعتمد علي بيانات جيدة التنظيم من خلال طرف ثالث. وتتمتع المعلومات بالمصداقية والقابلية للمقارنة فيما يتعلق بالأداء البيئي للمنتجات وتستند المعلومات وطرق جمعها علي إطار عمل وضعه مجلس الإدارة البيئية السويدية. هذا النظام هو أكثر الأنظمة المعترف بها دوليا من نوعه. ويؤدي EPDs الي التحسن المستمر للمنتجات البيئية بمرور الوقت وتكون قادرة على التواصل واضافة المعلومات البيئية ذات الصلة الي مراحل تطور المنتج. (19) وقد بدأت الشركات المصنعة للاسمنت والخرسانة علي مستوي العالم في توفير اعلان المنتج البيئي EPD .

ومما سبق نري انه من المناسب استخدام EPD على نطاق واسع باعتبارها السبيل الأكثر عمليا نحو اختيار المواد بشكل دقيق في مرحلتي خطة العمل والبناء، وإلا فان المصممين لن يستطيعون الحصول على المعلومات اللازمة للتقييم البيئي .

الخلاصة ونتائج البحث

1- مواد البناء المستدامة هي مواد تحقق معايير الاستدامة طوال دورة حياتها ولا تؤثر بالسلب علي البيئة في مراحل الاستخراج او التصنيع او النقل او البناء او التشغيل، وبعد انتهاء دورة حياتها من خلال إمكانية إعادة تدويرها او احتوائها في الطبيعة بدون مشكلات بيئية جسيمة.

2- بالرغم من وجود عدة أدوات للتقييم البيئي للمباني الا ان اختيار مادة البناء التي تجمع بين المعايير الوظيفية الأساسية وبين معايير الاستدامة تمثل تحدي كبير للمهندس المعماري يواجهه بمفرده في ظل التطورات المتلاحقة في مواد البناء والنهو والتغطية والتكنولوجيا الفائقة.

3- لعملية اختيار مواد البناء المتاحة تجاريا دور اساسي في تطبيق مفاهيم الاستدامة في مرحلة دراسة الجدوي للمباني الجديدة وفي مرحلة التخطيط للعمل ووضع مواصفات واختيار المواد في المباني الجديدة والقائمة التي يتم تجديدها.

4- تناول البحث اربعة معايير اساسية لاختيار المادة المستدامة تشمل معيار الحفاظ علي الموارد الطبيعية ثم معيار استدامة المادة والحفاظ علي الطاقة خلال كامل دورة حياة المبني LCA ومعيار الحفاظ علي صحة الإنسان وخفض تلوث الأماكن المغلقة ثم معيار الراحة المناخية داخل الفراغات ، ويري البحث استحالة وجود مادة كاملة الاستدامة تحقق جميع المعايير إنما يتم المفاضلة بين المواد لاختيار أكثرها استدامة ، كما نري من المهم الأخذ في الاعتبار اختلاف الأهمية النسبية للمعايير عند اختيار المواد وفقا لمتطلبات المحددة لكل مبني .

5- يعتبر الإلمام بمتطلب الطاقة الأولية لإنتاج المواد الموجودة بالأسواق ضرورة للمعماري عند اختيار المادة لتأثيره بعيد المدي علي استهلاك الطاقة علي المقياس الكبير والمدى الواسع.

6- يعتبر معيار الحفاظ علي صحة المستخدم في الفراغ لحمايته من ما يعرف بمتلازمة امراض البناء حيث يظهر اهمية وجود معلومات واضحة عن المواد التي يتم اختيارها.

7- الفهم والمعرفة العميقة لملامح المواد والتقنيات والخصائص يجب ان يتوافر كاداة تعطي تكامل في النهاية لتحقيق تقييم دقيق واختيار للمادة بالاضافة الي ذلك يجب تعزيز الثقافة عن المواد في مستويات التعليم .

8- من خلال البحث والاستقصاء عن آليات وأدوات تساعد المهندس في اختيار مواد البناء والنهو تم اقتراح ودراسة 4 اليات وهي :-

- **ادوات التقييم العالمية** توصل البحث إلي صعوبة المفاضلة بين المواد عن طريق أدوات التقييم المختلفة فهي لاتعطي نتائج دقيقة ، ويتطلب تطبيقها كثير من الجهد والوقت والتكلفة كما انها تنصب بشكل اساسي في المباني الجديدة وليس القائمة وكذلك المباني ذات الجودة والعالية والتقنيات الفائقة، علي ذلك فهي مناسبة لاختيار المواد في المراحل المبكرة من تصميم المبني لتحقيق تقييم تقريبي أولي لتأثير مواد البناء علي البيئة وبالتالي يتم دعم الخيارات الاستراتيجية وقابليتها للتطبيق في اختيار المواد التجارية امر صعب.

- **العلامات الايكولوجية للمواد Ecolabel** وهي آليه تعتمد علي فروض منهجية ومعايير كميه صارمة للأداء البيئي للمادة ومكوناتها وتتميز العلامات البيئية ECOLABEL بالدقة والتفصيل اذا ما

قورنت بادوات التقييم الاخري ، علي ذلك يمكن الاعتماد عليه في اختيار للمواد في مرحلة خطة العمل ووضع المواصفات التفصيلية للمادة ، غير أن العلامات الايكولوجية غير واسعة الانتشار في الدول النامية حيث يقل السعي نحو الحصول علي شهادات الجودة والتصديقات التي تكلف المنتج تكلفة اضافية .

- **قائمة البيانات الفنية Technical Data Sheet** ، وهي وثيقة دقيقة تقدمها الشركات المصنعة لتوضح الملامح الرئيسية وخصائص المواد والمكونات التي تنتجها .

علي ذلك نجد صعوبة استخدام قائمة البيانات الفنية منفصلة في الاختيار والمفاضلة بين مواد البناء من الناحية البيئية لعدم شمولها بيانات الطاقة وبيانات السلامةوالنبعاثات الضارة ولاستخدامها كأداه اعلانية من قبل بعض المنتجين.

- **إعلان المنتج البيئي** EPD هو أداة قياسية وموحدة للابلاغ عن الاداء البيئي للمنتج وتتمتع المعلومات بها بالمصداقية والقابلية للمقارنة فيما يتعلق بالأداء البيئي للمنتجات هذا النظام هو أكثر الأنظمة المعترف بها دوليا من نوعه، وقد توصل البحث الي أنه من المناسب استخدام اعلان المنتج البيئي EPD على نطاق واسع باعتبارها أداه تسهل للمعماري اختيار المواد بشكل دقيق في مرحلتي جدوي المشروع و خطة العمل والبناء، حيث تتيح للمعماري الحصول على المعلومات اللازمة للتقييم البيئي والمفاضلة بين المواد ، الا ان هذا الاعلان ليس الزاميا لذا لا يستخدم علي نطاق واسع .

المراجع

(1) امال عبد الحليم محمد سليمان الدبركي – **تأثير العمران المعاصر وتقنياته علي البيئة** - مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران – جامعة الملك سعود – 2010

(2) ايمان محمد عيد عطية ، محمد ابراهيم محمد ابراهيم – **اعادة التدوير كأحد الممارسات الهامة في عمارة الاستدامة** - مؤتمر الاستدامة في العمارة والعمران - جامعة الملك سعود – 2010

(3) عبير سامي يوسف – دينا المليجي – **المنظور الاستدامي لتكنولوجيا البناء بين المتطلبات وصراع التقنيات** – مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران – جامعة الملك سعود – 2010

(4) عصام صلاح سعيد – التطور في استخدام مواد البناء وتاثيره علي الفكر المعماري – رسالة ماجستير غير منشورة – قسم الهندسة المعمارية – جمعة اسيوط - 2003 .

(5) فاطمة عثمان محمد - **أطروحات لوضع مقياس محلي لاستدامة العمارة والعمران** – دراسة لمقاييس الاستدامة العالمية – مجلة العلوم الهندسية جامعة اسيوط – العدد - 2012

(6) مختار علي عبد الحفيظ عبده - **تطوير تقنية حديثة للبناء الطيني** – مؤتمر الاستدامة في العمارة والعمران جامعة الملك سعود – 2010

(7) ناديا محمد بصير – اسس **اختيار مواد البناء البيئية** - مؤتمر مواد البناء العربية والتحديات الاقتصادية – القاهرة – الجزء الثالث -2000

(8) Adam Ritchie &Randle Thomas –**Sustainable urban Design** - Taylor &Francis-2009-pn74

(9) Ana Cunha & France GBC - **European Ecolabel for Buildings Information meeting for GBCs** - 17th February 2012.

(10) Commission Of The European Communities - **Nordic Ecolabelling of Indoor paints and varnishes**- Version 2.0 • 4 November 2008 – 31 December 2012

(11) Dixit MK, Fernandez-Solis JL, Lavy S, Culp CH- **Indentification of parameters for embodied energy measurement: a literature review**- Energy Build 2010, 42,p1238–1247.

(12)Franzoni , Elisa – **Materials selection for green buildings : which tools for engineers and architects**?- 2011International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities - Elsevier LTD - 2011

(13)Hernandez P, Kenny P. **From net energy to zero energy buildings: defining life cycle zero energy buildings** (LC-ZEB). Energy Build 2010;42:815–821.

(14)Muller, Andreas - **Smart Materials , in Architecture .Interior Architecture & Design** - birk hauser , Berlin ,Boston - 2007

(15) Ramesh T, Prakash R, Shukla KK. **Life cycle energy analysis of buildings: an overview**. Energy Build 2010;42:1592–1600.

(16)Ruffina Thilakaratne – **Is LEED Leading Asia?: an analysis of global adaptation and trends** – 2011 International Conference On Green Building and Sustainable Cities –Elsevier LTD - 2011

(17)Sandrolini F, Franzoni E- **Embodied energy of building materials: a new parameter for sustainable architectural design**. Heat Tech 2010;27:163–167

(18) Thormark C. **The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building**. Build Environment Journal -2006;41:1019–1026.

(19)Zabalza Bribian I, Valero Capilla A, Aranda Uson A- **Life cycle assessment of buildi**ng materials: comparative analysis of the eco-efficiency improvement potential- Build Environment Journal 2011;46:1133–1140.

Web pages

(20)http://www.environmentalproductdeclarations.com/

(21)http://www.techeblog.com/index.php/tech-gadget/light-transmitting-concrete

(22)http://www.mandalaconcrete.com/apps/photos/photo?photoid=24898725

(23)http://www.examiner.com/article / sustainability- 86 -self-cleaning- Concrete

BUILDING MATERIALS SELECTION FOR SUSTAINABILITY IN ARCHITECTURE IN DEVELOPING COUNTRIES - CRITERIA AND TOOLS

Dr. Fatma Othman Mohamed Othman

Lecturer, Department of ArchitectureFaculty of Engineering - Sohag University

Abstract

Building materials are selected according to their characteristics and properties, which include the mechanical properties and functional, aesthetic and durability, and economic aspects, this paper aims to add sustainability criteria to these considerations strongly , to protect environment and the future of human life on earth.
To achieve this goal , environmental criteria to selection of building have been studied , then the researcher make a survey of developments modern building materials for sustainability, then a study of available tools that can assist the architect to select building materials and comprise between the available alternatives has been studied .

In this paper, tools presently available for the selection of building materials are overviewed and discussed, they include four tools , *Environmental assessment methods* , *materials eco-labeling , materials Technical datasheets , Environmental Product Declarations* .