Mansoura Engineering Journal

Volume 42 | Issue 2 Article 4

6-15-2020

An Analytical Study of Using Software for Assessing Life-Cycle of Sustainable Building Materials.

Asmaa Zaki
Demonstrator, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Beni Suef University,
asmaa011290@eng.bsu.edu.eg

Shawkat Lotfy
associated professor, Architecture Department, Faculty of Engineering, Assiut University,
shawkat12@gmail.com

Amal Ibrahim
lecturer, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Assiut University, amall_taha@yahoo.com

Follow this and additional works at: https://mej.researchcommons.org/home

Recommended Citation
Zaki, Asmaa; Lotfy, Shawkat; and Ibrahim, Amal (2020) "An Analytical Study of Using Software for Assessing Life-Cycle of Sustainable Building Materials.," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 42 : Iss. 2 , Article 4.
Available at: https://doi.org/10.21608/bfemu.2020.95994

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact mej@mans.edu.eg.

Mansoura University
Faculty of Engineering
Mansoura Engineering Journal

دراسة تحليلية لاستخدام البرمجيات في تقييم دورة حياة مواد البناء المستدامة

An Analytical Study of Using Software for Assessing Life-Cycle of Sustainable Building Materials

Asmaa Ali Zaki, *Shawkat Mohamed Lotfy* and Amal Mohamed Ibrahim

الكلمات المفتاحية :
مواد البناء
طرق تقييم مواد البناء
منهجية تقييم دورة الحياة
برمجيات تقييم مواد البناء

***Abstract*— Building materials causes several negative environmental impacts through its life cycle, and with increasing the awareness of global environmental and sustainable development, the importance of applying sustainability concepts in the selection of building materials has emerged. There are various methods used in assessing materials include: life-cycle assessment, Eco Labelling, and life-cycle cost method which evaluate materials life-cycle economics. Most of this methods assessing materials performance from "cradle to grave". Life-cycle assessment is the most comprehensive method; it is a systematic analysis of the environmental effects caused by a material through its life cycle stages. Software tools has featured in evaluating the life of materials and products cycle, there are numerous programs that enabled to determine materials effects, by analyzing and comparing the complex materials databases which are difficult to compare them manually, As software tools can trade-offs between alternatives in terms of energy amounts, resource consumption, and waste generated at all life stages, so provide the users with information that enables them to determine which stages need to be reconsidered because of its heavy burden on the environment, which means the ability of the programs to analysis the multiple overlapping of materials data more accurately.**

The paper aims to focus on the importance of using the software tools for assessing materials, and propose the necessary requirements to develop a special assessing tool. The paper first traces a description of sustainable building materials, assessment methods, and analysis the common assessing programs, in terms of the work of each program mechanism, evaluation criteria, databases, and the flexibility to deal with input data, identifying the advantages of each program to determine which one are more accessible to develop, so can applying in Egypt, using Egyptian data, taking into account the lack of Egyptian database and the complexity of the establishment of such bases, despite its importance of each area separately, and the inability of the database belonging to another state for application in Egypt. The research highlighting one of these programs, which features its availability and ease of use, as an example of how the program compare between some alternatives used in the walls. The research concludes a set of recommendations to the importance of using Evaluation Programs and the importance of developing a special Egyptian tool to facilitate the selection process based on locally criteria, achieved the basic objective of selection sustainable materials.

Shawkat Mohamed Lotfy, associated professor, Architecture Department, Faculty of Engineering, Assiut University, (Shawkat12@gmail.com)
Amal Mohamed Ibrahim lecturer, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Assiut University, (Amall_taha@yahoo.com).

Received: 27 November 2016 - revised: 19 April 2017 - accepted: 2 May 2017.
Asmaa Ali Zaki, Demonstrator, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Beni Suef University, (Asmaa011290@eng.bsu.edu.eg)

ملخص البحث **:ـــ :تتسبب مواد البناء خلال دورة حياتها في العديد من التأثيرات السلبية على البيئة، ومع ازدياد الوعي البيئي العالمي وتطوير الوعي بالتنمية المستدامة، برزت أهمية تطبيق مفاهيم الاستدامة في مرحلة اختيار المواد المستخدمة في عمليات البناء والتشييد. وتتعدد الطرق المستخدمة في تقييم المواد وتتضمن كل من: طريقة تقييم دورة الحياة، وطريقة التصنيف البيئي للمواد، بالإضافة إلى طريقة تقييم تكلفة دورة الحياة التي تعتمد على تقييم اقتصاديات دورة حياة المواد. تشترك طرق التقييم فيما بينها في تقييم أداء المواد من "المهد إلى اللحد"، وتعد طريقة تقييم دورة الحياة أكثر وأشمل طرق تقييم المواد استخداماً وأساس وضع بعض طرق التقييم الأخرى، وهي عملية تحليل منهجي للتأثيرات البيئية الناجمة عن مادة ما خلال دورة حياتها. وقد ظهرت إمكانية استخدام البرمجيات في تقييم دورة حياة مواد ومنتجات البناء، وتعددت البرمجيات التي مكنت المهندسين والمختصين بشكل عام من تحديد تأثيرات استخدام المواد على البيئة والتكلفة، وذلك بتحليل ومقارنة قواعد البيانات المعقدة الخاصة بالمواد والتي يصعب مقارنتها يدوياً، فيمكن لهذه البرمجيات على سبيل المثال: المفاضلة بين البدائل المختلفة من حيث كميات استهلاك الطاقة والموارد، والمخلفات الناتجة في جميع مراحل حياة المواد، كما تمد المستخدمين بالمعلومات التي تمكنهم من تحديد أي المراحل التي تحتاج لإعادة نظر وتطوير نظراً لعبئها الثقيل على البيئة، ما يعني قدرة هذه البرامج على تحليل البيانات المتعددة والمتراكبة للمواد بشكل أفضل وأدق.**

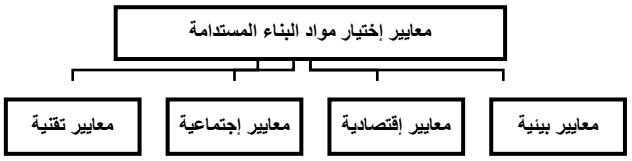
يهدف البحث إلى التركيز على أهمية استخدام البرمجيات في الاختيار والمفاضلة بين مواد البناء، واقتراح المتطلبات اللازمة لوضع أداة تلائم الطبيعة المصرية. يتناول البحث وصف لكل من مفهوم استدامة مواد البناء، وطرق تقييم مواد البناء. ويتم دراسة وتحليل البرامج الحاسوبية المستخدمة في تقييم المواد، من حيث آلية عمل كل برنامج، ومعايير التقييم، وقواعد البيانات المتاحة ومرونة التعامل مع البيانات المدخلة، لتحديد مميزات كل برنامج والأكثر قابلية وإمكانية للتطوير، للتطبيق في مصر باستخدام بيانات مصرية، مع مراعاة عدم وجود قاعدة بيانات مصرية وصعوبة وتعقيد إنشاء مثل هذه القواعد من البيانات على الرغم من أهميتها لكل منطقة على حدة، وعدم قابلية تطبيق قاعدة بيانات تخص دولة أخرى في مصر. كما يستخدم البحث أحد هذه البرمجيات والذي يتميز بتوفره وسهولة استخدامه في إجراء عملية تقييم كمثال لكيفية عمل البرامج في المفاضلة بين مجموعة من المواد المستخدمة في الحوائط. ويخلص البحث إلى مجموعة من التوصيات لأهمية استخدام البرمجيات في تقييم واختيار المواد وأهمية تطوير برنامج تقييمي خاص بمصر يقوم على قاعدة بيانات محلية لتسهيل عملية الاختيار لمواد البناء على أساس معايير بيئية واقتصادية ملائمة محلياً، تحقق الهدف الأساسي لاختيار المواد المستدامة.

I. مقدمة

أصبحت مشاكل استنزاف الموارد الطبيعية وتدهور البيئة العالمية واضحة للغاية، وأوضحت أبحاث عدة علاقة أداء المباني ومواد بناءها بتلك المشاكل والعواقب البيئية، حيث تتسبب مواد البناء في العديد من التأثيرات السلبية على البيئة خلال مراحل دورة حياتها بدءاً من مرحلة الاستخراج والتصنيع وحتى التخلص النهائي منها أو إعادة تدويرها، كما بالشكل رقم (1)، حيث تستهلك صناعة البناء والتشييد كميات كبيرة من المواد الخام ومصادر الطاقة، فتستهلك هذه الصناعة 24% من المواد الخام على المستوى العالم [1]، كما تعد مواد البناء التقليدية كالخرسانة والحديد والزجاج والألومنيوم من المواد عالية المحتوى من الطاقة المتجسدة (إجمالي الطاقة المستهلكة في جميع مراحل حياة مادة البناء)، واستخدام المواد ذات محتوى عالي من الطاقة المتجسدة يترتب عليه مستويات عالية من الطاقة المستهلكة في عملية التصنيع، ما يترتب عليه مستويات عالية من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري[1]Greenhouse gases ((GHG)

شكل (1): مراحل دورة حياة مواد البناء [2]

وتعتبر التنمية المستدامة بمفهومها "استغلال الموارد الطبيعية القابلة للتجديد بما لا يضر أو يحد من قابليتها للتجديد من أجل الأجيال القادمة، والمحافظة على المخزون الثابت من الموارد الطبيعية" [3] هو الاتجاه الملائم للتطبيق من أجل الحد من استنزاف المواد للموارد الطبيعية وإيجاد الحلول لخفض تأثيراتها السلبية، حيث تعمل إعادة الاستخدام إلى خفض الحاجة إلى استنزاف مصادر المواد الخام لإنتاج مواد جديدة. ووفقا لـ Franzoni فإن "اختيار مواد البناء يلعب دوراً هاماً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في صناعة البناء" [4]. ولتطبيق مفهوم الاستدامة في الاختيار لمواد البناء يجب تحقيق التوازن بين مبادئ التنمية المستدامة، والتي تتمثل في كل من الجانب البيئي والاقتصادي والاجتماعي والتقني [5]، كما هو موضح بالشكل رقم (2)، ويتم وضع مجموعة من المعايير التي تمثل وسائل تحقيق محاور الاستدامة في الاختيار لمواد البناء.



شكل (2): معايير اختيار مواد البناء المستدامة*

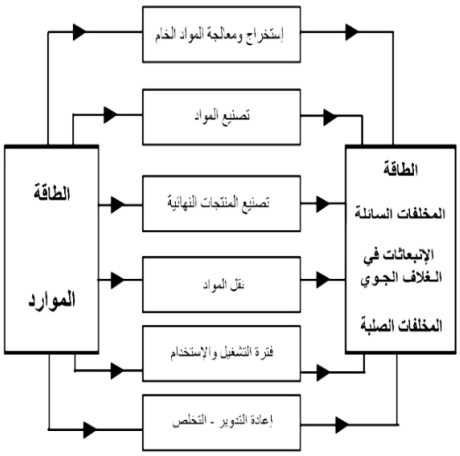
تم وضع العديد من الطرق والأدوات التي تهدف إلى تحقيق الاستدامة في المباني، وترتكز على تقييم الأداء البيئي وفقا لمعايير تقييمية شاملة تغطى القضايا البيئية المرتبطة بأداء تلك المباني وتأثيراتها. وتلعب الطرق المستخدمة في تقييم المباني بشكل عام وتقييم مواد البناء بشكل خاص دوراً رئيسياً في صناعة البناء والتشييد. فمعظم دول العالم المتقدمة وضعت وطورت أدوات ووسائل للتقييم خاصة بها، بعضها دعمت من قبل الحكومات وأخرى من قبل المنظمات البحثية، وتختلف معظم هذه الأدوات عن بعضها البعض من حيث معايير التقييم Evaluation Criteriaوالأوزان النسبية الخاصة بها، وذلك تبعاً لاختلاف توافر الموارد الطبيعية والموقع الإقليمي لهذه الدول بالإضافة إلى اختلاف قواعد بيانات المواد (LCI**) من دولة لأخرى، لذا نجد أن أدوات التقييم المصممة لمنطقة أو إقليم معين لا تصلح لتطبيقها بالأقاليم والمناطق الأخرى [6].

وتعد طريقة تقييم دورة الحياة (LCA) منهجية فعالة في خفض التأثيرات السلبية على البيئة عن طريق تحديد تلك التأثيرات خلال دورة حياة المبنى للسير نحو خفضها أو البحث عن بدائل بيئية. وأحدثت برامج التقييم بواسطة الحاسب الآلي Evaluation Software طفرة في عملية التقييم سواء لكامل المبنى أو لتقييم المواد والمنتجات بالاعتماد على منهجية تقييم دورة الحياة.

ومن خلال استعراض ودراسة الأدبيات السابقة وجد أنه رغم أهمية مثل هذه البرامج واهتمام معظم الدول بوضع قاعدة بيانات (LCI) وتطوير برامج خاصة بها، تفتقر مصر والدول العربية بشكل عام، إلى المشاركة في وضع إطار تنظيمي معتمد لتطوير قاعدة بيانات وطنية (LCI)، تسهم في إعداد دراسات تقييم دورة الحياة (LCA) وفي وضع برامج تقييم خاصة. كما تتطلب إنشاء قاعدة بيانات محلية العديد من المعلومات والبيانات عن عمليات الاستخراج والتصنيع للمواد والطاقة المستهلكة في هذه العمليات والانبعاثات والمخلفات الناتجة عنها، وتختلف هذه البيانات من دولة لأخرى، ويوضح الشكل (3) إطار عمل قاعدة بيانات دورة الحياة Framework of the LCI database.

* من عمل الباحثة

** قاعدة بيانات مخزون دورة الحياة للمواد Life cycle inventory (LCI) data والتي تعتمد عليها دراسات تقييم دورة الحياة LCA، وهي بيانات تختص بكل منطقة على حدة، region specific وتختلف من منطقة لأخرى، نتيجة اختلاف كلاً من أساليب الإنتاج من منطقة إلى أخرى واختلاف خلطات الوقود المستخدمة في توليد الطاقة energy fuel mixtures ومن أمثلة قواعد البيانات العالمية NIST وUS LCI الخاصة بالولايات المتحدة، V.3 Ecoinvent الخاصة بسويسرا[7]



شكل (3): إطار عمل قاعدة بيانات مخزون دورة حياة مواد البناء (LCI) [7]

أ) ***مشكلة البحث:*** تتمثل المشكلة البحثية في عدم وجود وسيلة لتقييم التأثيرات البيئية المختلفة لمواد ومنتجات البناء، ومع تعدد وتعقيد البيانات الخاصة بكل مادة، بالإضافة إلى تعدد المعايير Multi-criteria المتطلبة لتقييم بيانات المواد على أساس مستدام، يصعب مقارنة ومعالجة هذه البيانات "يدوياً" للمفاضلة بين البدائل المتاحة، لذا يتم اللجوء للبرامج الحاسوبية في معالجة هذه البيانات من أجل تيسير ودقة عملية الاختيار من بين البدائل المختلفة لاختيار أقلها تأثيراً ومن ثم الوصول للاختيار الأمثل، بالإضافة إلى افتقار الأدبيات على المستوى المحلي والعربي لدراسة برمجيات تقييم دورة حياة مواد البناء، على الرغم من أهمية هذه البرامج في المساعدة في عملية الاختيار للمواد المستخدمة في البناء.

ب) ***هدف البحث:*** يهدف البحث إلى تسليط الضوء على أهمية وكيفية استخدام البرامج الحاسوبية في تقييم دورة حياة مواد البناء، ودراسة متطلبات وآلية عمل كل برنامج، للتعرف على إمكانية تطوير مثل هذه البرامج للاستخدام في مصر، بهدف المساعدة في تحليل التأثيرات البيئية والاقتصادية للمواد خلال دورة حياتها، وإمكانية عقد المقارنات بين بدائل المواد المتاحة في السوق لاختيار الأفضل خلال المراحل الأولية من الإعداد للمشروع.

ج)منهجية البحث :

- يتبع البحث المنهج الوصفي حيث يتناول وصف المَعنِي بمواد البناء المستدامة، والتعرف على الطرق المستخدمة في تقييم مواد البناء
- يتبع البحث المنهج التحليلي المقارن في دراسة وتحليل البرامج الحاسوبية المستخدمة في تقييم دورة حياة مواد البناء، حيث يتم دراسة وتحليل البرامج من خلال نقاط مقارنة ثابتة، بهدف تحديد مميزات وعيوب كل برنامج لتحديد أكثرها مرونة وإمكانية للتطوير للاستخدام في مصر.
- يتناول البحث مثال لاستخدام أحد البرامج المتاحة والشائع استخدامها كمثال لأداء برامج التقييم في المفاضلة بين مجموعة من بدائل المواد المستخدمة في الحوائط.

II. مواد البناء المستدامة

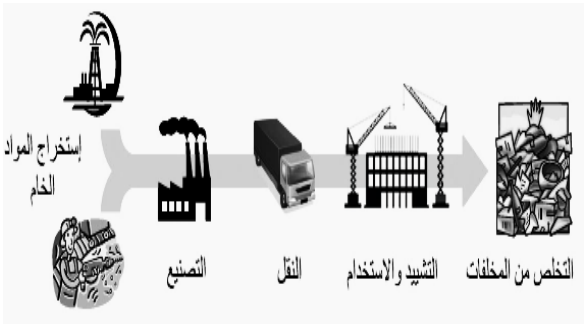
يمكن تعريف مواد البناء المستدامة على أنها هي المواد المستخدمة في الإنشاء وتحقق المعايير البيئية والتقنية والاجتماعية والاقتصادية، بحيث تكون محلية وطبيعية بقدر الإمكان، ولا يؤدى استخدامها إلى التأثير السيئ على النواحي الصحية والبيئية، ولا تتصف بالسمية وأن تكون متجددة ومعمرة وقابلة لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام وقليلة الاستهلاك للطاقة وقليلة الهالك، وأن تكون مناسبة من حيث التكلفة [8]

III. طرق تقييم مواد البناء

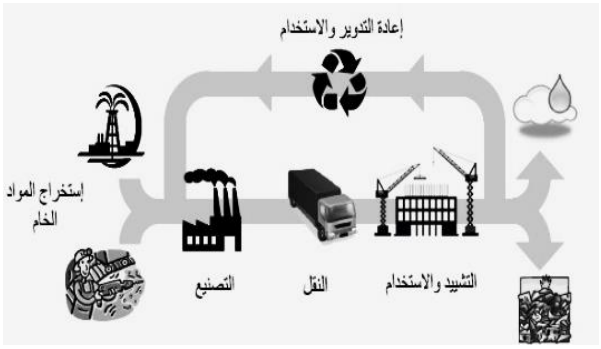
تعكس طرق تقييم مواد البناء أهمية مفهوم الاستدامة في سياق عملية الاختيار للمواد، حيث تساعد طرق التقييم على توجيه عملية الاختيار وتقديم المعلومات البيئية بشأن اتخاذ قرارات واعية في المراحل الأولية من عملية التصميم. وتشترك طرق التقييم فيما بينها في تقييم أداء المواد من "المهد إلى اللحد" بهدف خفض ما يترتب من مشاكل استنزاف الموارد الطبيعية، والتخطيط لاستراتيجيات فعالة للتصميم البيئي للمباني، لتحقيق أهداف المصممين في الوصول لمستويات بيئية أعلى. وفيما يلي التعرف على الطرق المستخدمة في تقييم مواد ومنتجات البناء

أ) طريقة تقييم دورة حياة مواد البناء

تعد طريقة تقييم دورة الحياة (Life Cycle Assessment (LCA "والتي يطلق عليها أيضاً تحليل دورة الحياة" منهجية فعالة في تقييم استدامة المواد والمنتجات عن طريق تحديد وقياس الطاقة والمواد المستخدمة والمخلفات الصادرة عن دورة الحياة بأكملها [9] ، وتتم عملية التقييم خلال كل مرحلة من مراحل حياة المادة، منذ تجميع المواد الخام وحتى التخلص النهائي منها أو إعادة استخدامها، أي من المهد إلى اللحد (From Cradle to Grave) أو من المهد إلى المهد (From Cradle to Cradle) كما يوضح الشكل رقم (4)، عن طريق تحديد القياسات الكمية للمدخلات (الطاقة، المياه، والموارد المادية) والمخرجات (الانبعاثات والمخلفات السائلة والمخلفات في الهواء والماء والأرض). وتعرف المنظمة الدولية للمواصفات والمعايير (•ISO) عملية تقييم دورة الحياة بأنها تجميع وتقييم المدخلات والمخرجات، والتأثيرات البيئية المحتملة للمواد طوال دورة حياتها [10].



تقييم دورة الحياة من المهد إلى اللحد

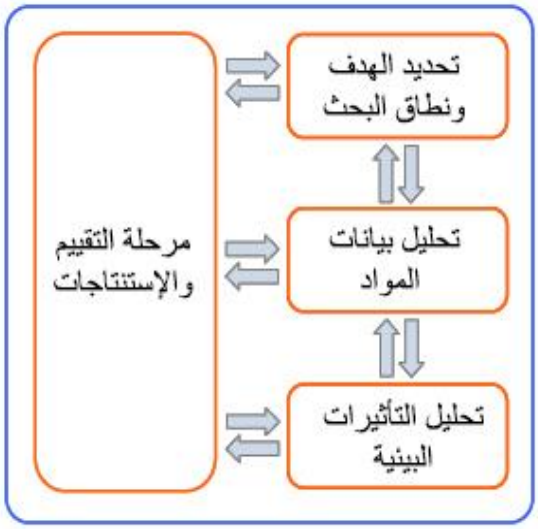


تقييم دورة الحياة من المهد إلى المهد

شكل (4): يوضح الفرق بين تقييم دورة الحياة من المهد إلى اللحد/المهد [11]

• (ISO) هي اختصار لعبارة (International Organization for Standardization)، وهي منظمة دولية غير حكومية، مقرها جينيف بسويسرا، تختص المنظمة بوضع وإصدار المعايير الدولية بهدف تسهيل وتوحيد المواصفات والمقاييس على المستوى الدولي، وتعد هذه المعايير بمثابة مقاييس ونظم لإدارة الجودة وتأكيد ضمانها.[10]

تتكون منهجية تقييم دورة الحياة ((LCA من أربعة مراحل كما يظهر بالشكل رقم (5)، هذه المراحل هي تحديد الهدف ونطاق البحث، جمع وتحليل قوائم بيانات المواد، تحليل التأثيرات البيئية، ثم مرحلة التقييم واتخاذ القرار [12].



شكل (5): إطار عمل منهجية تقييم دورة الحياة (LCA) [13]

أولاً: مرحلة تحديد الهدف ونطاق البحث Goal and scope definition .

خلال هذه المرحلة يتم تحديد الغرض من عملية تقييم دورة الحياة (LCA) ووضع إجراءات تقييم الاستدامة خلال مراحل دورة الحياة (على سبيل المثال: إجراءات الحصول على المواد الخام، إجراءات التصنيع، ... إلخ)، وتحديد نطاق التحليل (من المهد إلى اللحد أو من المهد إلى المهد)، بالإضافة إلى تحديد الأولويات بشأن مختلف الآثار البيئية المحتملة في جميع مراحل حياة المواد [12.]

ثانياً: تحليل قوائم بيانات المواد أو المنتجاتInventory Analysis

وتعرف بمرحلة جمع البيانات وتتناول هذه المرحلة وصف لدورات المادة والطاقة داخل النظام الخاص بالمادة أو المنتج. فتتضمن جمع البيانات عن المدخلات والمخرجات البيئية للمواد قيد الدراسة في جميع مراحل دورة حياتها. على أن تكون المعلومات التي تم جمعها متسقة مع هدف ونطاق الدراسة. ويطلق على نتائج هذه المرحلة قاعدة بيانات مخزون دورة الحياة .(LCI) ويعتبر الحصول على بيانات (LCI) لمادة ما هي عملية مكلفة وصعبة [12.]

وتعتبر قاعدة بيانات دورة حياة المواد بالولايات المتحدة .U.S (U.S. LCI)Life Cycle Inventory Database من أشهر قواعد البيانات العالمية، والتي وضعت من قبل المختبر الوطني للطاقة المتجددة National (NREL) Renewable Energy Laboratoryمع شراكة الأبحاث بين القطاعين العام والخاص بالولايات المتحدة والتي توفر العديد من البيانات التي تم جمعها للمواد والمنتجات والأنظمة شائعة الاستخدام بهدف مساعدة المصممين والمهندسين المعماريين من استخدام هذه البيانات في تقييم دورة الحياة للتصميمات والأنشطة الخاصة بهم، كما توفر هذه البيانات استخدام أي من برامج تقييم دورة الحياة المتاحة (والتي سيتم تناولها لاحقاً) لتيسير معالجة البيانات والوصول إلى المعلومات [12.]

ثالثا: تحليل التأثيرات البيئيةImpact Analysis

هذه المرحلة تتناول تحليل التأثيرات البيئية للمدخلات والمخرجات (الموارد، الانبعاثات) التي تم تحديدها في مرحلة تحليل قوائم بيانات المواد. وتتضمن هذه التحليلات تأثير المادة في ظاهرة الاحتباس الحراري أو إمكانية تآكل الأوزون وغيرها. وتعرف هذه القياسات التي تلخص وتقارن بيانات LCI)) لتحديد وتقييم التأثيرات النهائية end-point impacts بالمؤشرات الوسطى mid-point indicators [12].

وتتعدد الأدوات المستخدمة في توصيف وقياس التأثيرات البيئية وتعتبر كل من EPA TRACI، Eco-indicator 99 هي أكثر الأدوات العالمية التي تعتمد عليها برامج التقييم، حيث تختص كل أداة بتوصيف مجموعة من العوامل المؤثرة على البيئة والصحة العامة، ويوضح الجدول (1) مفهوم كل أداة وعوامل التأثير المرتبطة به

جدول (1): أشهر أدوات توصيف وتحليل التأثيرات البيئة [14]

أداة التحليل	تعريف بالأداة	عوامل التأثير التي تختص الأداة بتحليلها
EPA TRACI	أداة الحد من المواد الكيماوية وتقييم التأثيرات البيئية الأخرى Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts (TRACI)والتي وضعت من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) Environmental Protection Agency.	- التأثير على الاحتباس الحراري. - تآكل طبقة الأوزون. - تلوث المياه . - التأثير الحمضي والضباب الدخاني . - التأثيرات على صحة البشر . - السمية البيئية.
Eco-indicator 99	أكثر الأدوات رواجاً وتستخدم في التعبير عن التأثيرات البيئة في صورة قيم موحدة single score.	- التأثيرات على الصحة. - كفاءة النظام البيئي. - -إستهلاك المصادر الطبيعية.

رابعاً: مرحلة التقييم والاستنتاجات Interpretation

هذه المرحلة عبارة عن تقييم للتأثيرات المتعلقة بالهدف والغرض من استخدام تقييم دورة الحياة (LCA). ويتم تحديد الأوزان النسبية إلى النتائج اعتماداً على الأولويات المحددة من قبل الأطراف المعنية المهتمة بتقييم المواد [12].

ب)طريقة التقييم وفق التصنيف البيئي لمواد البناء

تعتمد طريقة التقييم وفق التصنيف البيئي (ECO-Labeling) على عدد من العلامات البيئيةEnvironmental labels ، وتعتبر العلامات البيئية هي معايير قياسية متفق عليها دولياً وضعت استناداً إلى بيانات جيدة التنظيم من خلال جهة محايدة♦ (Qualified Third Party) بناءاً على تقييم دورة الحياة، لتقييم مدى الملاءمة البيئية لمواد ومنتجات البناء. وتعتبر دورة حياة المواد (LCA)هي أساس وضع العلامات البيئية حيث يتم تقييم المواد خلال دورة حياة المادة، مع توفير المعلومات اللازمة للتقييم وقابلية المقارنة حول الأداء البيئي للمواد الخام وكفاءة استهلاك الطاقة ومكونات المواد والانبعاث الناتجة وتوليد المخلفات ومدى احتواء المادة لأي من المكونات السامة والخطرة التي قد تؤدى إلى مخاوف في مرحلة التخلص منها، كأساس للتقييم [4]

وهناك عدد كبير من أنظمة وضع العلامات البيئية للحصول على الاعتماد وشهادة الجودة البيئية للمواد غير أن العلامات البيئية غير واسعة الانتشار في الدول النامية حيث يقل السعي نحو الحصول على شهادات الجودة والتصديقات التي تكلف المنتج تكلفة إضافية إلى جانب قلة الوعي من صناع القرار والمصممين. وفى أوروبا يوجد ما يعرف بالمواصفات الأوروبية الموحدة لمواد البناء وكذلك المواصفات الأمريكية الموحدة والتي بدأت بوضع ما يسمى بكود الخرسانة على مستوى الدول العربية [15]

أعدت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي International Organization for Standardization (ISO)ثلاثة أنواع من العلامات البيئية لتقييم المواد على أساس بيئي يتم توضيحها فيما يلي: [16]

النوع الأول: Type I

يوفر الإعلان البيئي من النوع الأول معايير محددة لتصنيف المواد والمنتجات ذات الخصائص البيئية الأفضل وفقا لمعايير الأيزو (ISO 14024). ويوضح الشكل رقم (6) أمثلة لبعض العلامات من النوع الأول.

♦ يقصد بالجهة المحايدة أو بالطرف الثالث، شخصية أو جهة يكون معترف بها على أنها مستقلة عن الأطراف المعنية فيما يتعلق بالمسائل قيد البحث. وتكون " الأطراف المعنية" عادة مورد "طرف أول" ومشتري "طرف ثان" لضمان مصداقية المعايير الموضوعة للمقارنة بين المواد والمنتجات [17].

شكل (6): العلامات البيئية القياسية للمواد والمنتجات من النوع الأول Type I

النوع الثانيType II :

يمنح هذا التصنيف للمواد والمنتجات التي تقابل معايير النوع الثاني من العلامات البيئية والتي تم وضعها من قبل منظمة الأيزو.(ISO 14021)

النوع الثالثType III :

تعرض الإعلانات البيئية من النوع الثالث معايير بيئية كمية بناء على الدورة الحياتية للمواد والمنتجات وفقا للأيزو (ISO 14025) للتمكين من المقارنات فيما بين المنتجات التي تحقق نفس الوظيفة، ومن ثم تعريف المستخدم بتأثيراتها البيئية بشكل واضح من خلال معلومات رقمية.

ج)طريقة تقييم تكلفة دورة الحياة

تعتبر طريقة تقييم تكلفة دورة الحياة Life Cycle Cost ((LCC طريقة تكميلية لتقييم دورة الحياة((LCA ، والتي ترتكز على تحليل تأثيرات تكلفة التشييد للمباني. وتتضمن تكاليف دورة الحياة العناصر التالية: [9]

- ✓ التكلفة اللازمة لأجهزة التحكم في الانبعاثات الجوية ومنع التلوث.
- ✓ تكلفة الطاقة المستهلكة في استخراج الموارد وعمليات التصنيع.
- ✓ تكلفة معالجة المخلفات بما في ذلك المخلفات الصلبة وغيرها وتكلفة التخلص من المخلفات.
- ✓ تكلفة الإدارة البيئية.
- ✓ تكاليف الاستخدام، والصيانة، والتجديد.

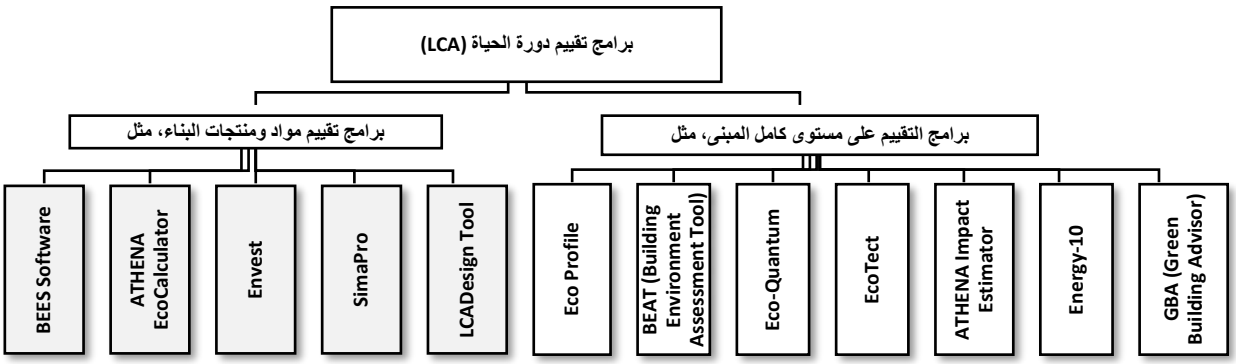
تختلف تقنية تقييم دورة الحياة (LCA) عن تكلفة دورة الحياة (LCC) حيث تتعامل الأولى مع التأثيرات البيئة والتأثيرات على صحة الإنسان على مدار كامل حياة مواد البناء، بينما تتعامل ((LCC مع التكاليف الاقتصادية لدورة الحياة مما يوفر مبادئ توجيهية هامة لاختيار مواد البناء وفهماً أفضل على المدى الطويل لتكلفة هذه المواد على مدى عمر المبنى، بدلاً من مجرد حساب تكاليف البناء الأولية. جميع هذه الطرق تضع في اعتباراتها طول الفترة الزمنية لاستخدام أو صيانة المنتج خلال تلك الفترة. وفى حين أن (LCA) ذات أهمية كبيرة في التصميم المستدام، فإن أداء تكلفة دور الحياة ذو فائدة كبيرة أيضاً حيث يمكن أن تسترد التكاليف الأولية المرتفعة للمادة على مدار فترة حياة المادة.

ومن هنا تظهر الفائدة الاقتصادية لاستخدام المواد المستدامة فقد تكون التكلفة الابتدائية لهذه المواد مرتفعة نسبيا، ولكن يتم استرداد هذه التكلفة خلال فترة التشغيل من خلال خفض الطاقة وخفض عمليات الصيانة أو الاستبدال اللازمة والتكاليف المترتبة على ذلك، من خلال الاختيار المدروس والمستدام لمواد البناء في المراحل الأولية من المشروع.

IV. برمجيات تقييم دورة حياة مواد البناء

هناك عدد كبير من البرمجيات التي تعتمد على منهجية تقييم دورة الحياة .(LCA)وتستخدم معظم البرمجيات مجموعة من المعايير التي تمكنها من تقييم المباني على مستوى كامل المبنى استناداً إلى قاعدة بيانات دورة الحياة، بينما تركز بعض البرامج على تقييم مواد ومنتجات البناء. يمكن لهذه البرامج تقييم كل من التدفئة الشمسية السلبية، والإضاءة الطبيعية والتهوية، وحساب تكلفة دورة الحياة، وقياس التأثيرات البيئية الناتجة عن استخدام المواد خلال دورة حياة المبنى، بناء على عدد من المعايير البيئية [18]

يمكن تصنيف البرامج المستخدمة في التقييم البيئي إلى نوعين، كما يوضح الشكل رقم (7). النوع الأول هو البرامج التي تقوم بتقييم المباني على مستوى كامل المبنىBuilding as a whole ومن أمثلتها EcoTect، GBA، Eco Profile . والنوع الثاني وهو البرامج التي تركز على تقييم ومقارنة مواد ومنتجات البناءBuilding specific material ومن أمثلتها، ATHENA، Simapro، BEES، LCADesign، حيث تعتبر هذه البرامج هي الأكثر شهرة ورواجاً من حيث الاستخدام



شكل (7) تصنيف برامج التقييم البيئي ◄

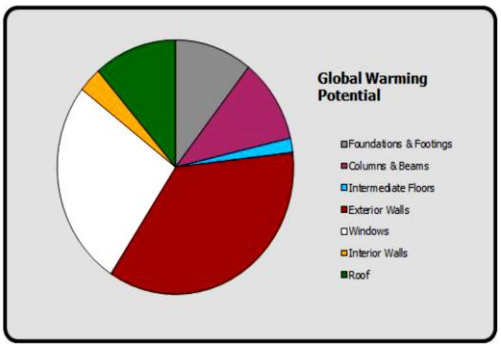
◄ من عمل الباحثة

وفيما يلي سنتناول بالشرح عرض وتحليل للبرامج المستخدمة في تقييم مواد ومنتجات البناء، من خلال نقاط ثابتة تتضمن قواعد البيانات التي يعتمد عليها البرنامج والإصدارات الخاصة بكل برنامج ومعايير التقييم المستخدمة في المفاضلة بين بدائل المواد وآلية عمل كل برنامج كالتالي:

أ) برنامج *ATHENA® Eco Calculator*

وضع برنامج Athena من قبل معهد أثينا للمواد المستدامة Athena Sustainable Materials Institute بكندا عام 2002، وهو أداة مخصصة لتقييم مواد ومنتجات البناء بناء على بيانات المواد خلال مراحل دورة حياتها من المهد إلى اللحد. ويتيح البرنامج للمستخدمين إمكانية إجراء التقييمات البيئية للبدائل التصميمية ضمن خيارات المواد المختلفة، بالإضافة إلى تقييم استهلاك الطاقة والنقل والتشييد والهدم والتخلص من مواد البناء بما في ذلك الصيانة خلال مرحلة تشغيل المبنى. ويوضح الجدول (2) دراسة وتحليل للبرنامج:

جدول (2)
تحليل برنامج ATHENA® ECO CALCULATOR

أولاً: قاعدة البيانات	يعتمد البرنامج على قاعدة بيانات أمريكا الشمالية North American Life Cycle Inventory Database والتي تتضمن مجموعة متنوعة من مواد وتجميعات عناصر البناء. فتشتمل قاعدة بيانات البرنامج على بيانات دورة الحياة لكل من الخشب، الصلب، الزجاج، الهيكل الخرساني، الألواح الجبسية، مواد التشطيبات والتكسيات الخارجية والمواد العازلة [19].
ثانياً: الإصدارات	يتوفر برنامج Athena EcoCalculator في نسختين تبعاً لنوع المباني التي يتم تقييم موادها، وتتعدد الإصدارات داخل كل نسخة من البرنامج على النحو التالي: [20] أ- نسخة EcoCalculator للمواد الخاصة بالمباني السكنية وتتضمن الإصدارات: EcoCalculator 1.21 EcoCalculator 1.2. ب- نسخة EcoCalculator للمواد الخاصة بالمباني التجارية والمكتبية وتتضمن الإصدارات: EcoCalculator 3.71 EcoCalculator 3.7 EcoCalculator 3.6 شعار برنامج أثينا
ثالثاً: معايير التقييم البيئي	يعتمد البرنامج على تقييم المؤشرات البيئية التي تعكس التأثيرات السلبية على البيئة والصحة العامة، وترتبط تلك المؤشرات بفئات التأثير التالية: فئات التأثير: التأثير على صحة الإنسان؛ تآكل طبقة الأوزون؛ ملوثات المياه؛ الانبعاثات في الهواء؛ المخلفات الصلبة؛ التأثير على الاحتباس الحراري؛ استهلاك الوقود الحفري الأوزان النسبية: - لا يحدد البرنامج أوزان نسبية لمعايير التقييم. [21] - يعتمد البرنامج على أداة التحليل (EPA TRACI) في تحديد وتوصيف التأثيرات البيئية. [14]
رابعاً: آلية عمل البرنامج	تتم عملية التقييم بالبرنامج من خلال الخطوات التالية: [22] **(1) الاختيار من بين الإصدارين التجاري أو السكني.** أ) اختيار المدينة أو الإقليم المناخي لموقع المبنى حيث يوفر البرنامج: - الاختيار من بين مدن أمريكا الشمالية التالية: أتلانتا، كالجاري، هاليفاكس، لوس أنجلوس، مينيا بوليس، مونتريال، نيويورك، أورلاندو، أوتاوا، بيتسبرغ، مدينة كيبيك، سياتل، تورنتو وفانكوفر، وينيبيغ. - الاختيار بين الأقاليم المناخية الخاصة بالولايات المتحدة الأمريكية:3 ASHRAE Zone ، ASHRAE Zone 6، 8 أقاليم كندية، 7 أقاليم أمريكية. ب) المدخلات: تتضمن الاختيار من بين تجميعات المواد الخاصة بعناصر البناء التالية: الأساسات - الأعمدة والكمرات - أرضيات الطوابق - الحوائط الخارجية - النوافذ - الحوائط الداخلية - الأسقف، وتتم المقارنة بين بدائل المواد المدرجة ضمن قاعدة بيانات البرامج بعد إدخال كميات المواد المراد تقييمها. ج) النتائج: تظهر النتائج مباشرة في صورة رسوم بيانية توضح تأثير عناصر البناء على كل من فئات التأثير البيئي الموضحة سابقا، كما يظهر بالشكل رقم (8).  شكل (8): مثال يوضح طريقة عرض النتائج ببرنامج Athena EcoCalculator

ب)برنامج *Envest® Software*

برنامج Envest (Environmental Impact Estimating Software)، هو أداة برمجيات تقوم على منهجية تقييم دورة الحياة من المهد إلى اللحد، لخفض التأثير السلبي على البيئة وتكلفة دورة الحياة. وضع البرنامج من قبل مؤسسة أبحاث الأبنية (Building Research Establishment★ BRE)، بدعم من إدارة العمل والتدريب والتأهيل (The Department of Employment, Training & Rehabilitation DETR) في الولايات المتحدة [18]. ويهدف إلى تمكين المعماريين من تقدير الآثار البيئية للمواد أثناء مرحلتي البناء والصيانة، والطاقة والموارد المستهلكة خلال فترة عمر المبنى. ويتم قياس التكاليف المالية لدورة الحياة بالجنيه الإسترليني وفقاً لصافي القيمة الحالية بعد تحديد معدل الخصم من قبل المستخدم. ويوضح الجدول (3) دراسة وتحليل للبرنامج:

★ مؤسسة أبحاث الأبنية (Building Research Establishment (BRE هي مؤسسة تابعة للحكومة الإنجليزية وحاليا أصبحت منظمة خاصة تقوم بإجراء الأبحاث والاستشارات والاختبارات للمباني وكل ما يخص قطاع المباني داخل إنجلترا.

جدول (3) :تحليل برنامجENVEST® SOFTWARE

أولاً: قاعدة

يعتمد البرنامج على قاعدة بيانات دورة الحياة البريطانيةUnited Kingdom Life Cycle Inventory Database ، وتقاس جميع التأثيرات البيئية بمقياس النقطة الواحدة Single-point Scaleوالتي تُعرف بمقياس النقاط البيئيةEcopoints*[23].

ثانياً: الإصدارات

يتضمن البرنامج كل من نسخة Envest for housing1 الخاصة بالمباني السكنية، ونسخة Envest 2 الخاصة بالمباني التجارية والمكتبية والتي تشتمل على إصدارين تبعاً لأسلوب إدخال البيانات كالتالي[14] :

1- -الإصدار Envest 2 estimator يستخدم البيانات البيئية والمالية في تقييم التأثير البيئي والاقتصادي.

-الإصدار Envest 2 calculator يستخدم البيانات البيئية الافتراضية ولكن يسمح للمستخدم بإدخال معلومات التكلفة المالية الخاصة بالمستخدم.

ثالثاً: معايير التقييم البيئي

يعتمد البرنامج على تقييم المؤشرات البيئية المرتبطة بفئات التأثير التالية[24] :

فئات التأثير	الأحماض ترسب	استنزاف الموارد	الضباب الدخاني	التأثير على الصحة	استهلاك الوقود الحفري	النفايات المتولدة	تأثير السمية على الماء	تأثير السمية على الهواء	تأثير السمية على التربة	تآكل طبقة الأوزون	استهلاك الوقود الحفري	التأثير على الاحتباس الحراري
الأوزان	الأوزان النسبية محددة مسبقاً من قبل (BRE) ولكنها غير معلنة ولا يمكن تعديلها من قبل المستخدم[25] .											

رابعاً: آلية عمل البرنامج

يستخدم برنامج Envestنقاط التقييم البيئية (Ecopoints) لحساب الآثار البيئية للتصميم. فيتم إدخال جميع البيانات من قائمة الخيارات المتاحة بالبرنامج، ثم تستمر بعد ذلك مراحل التقييم. وتُوضح عملية التقييم في التسلسل التالي[18] :[26]

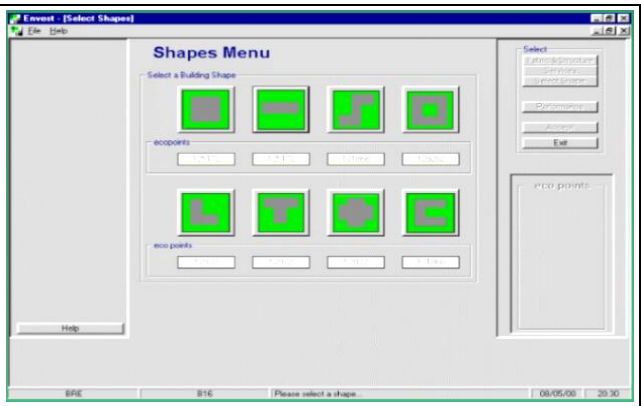
أ) تحديد شكل المبنى وذلك بالاختيار من بين ثمانية أشكال متاحة. كما موضح بالشكل (9).

ب) إدخال الأبعاد الأساسية للمبنى والتفاصيل كالارتفاع، وعدد الطوابق، مساحة الفتحات، إلخ.

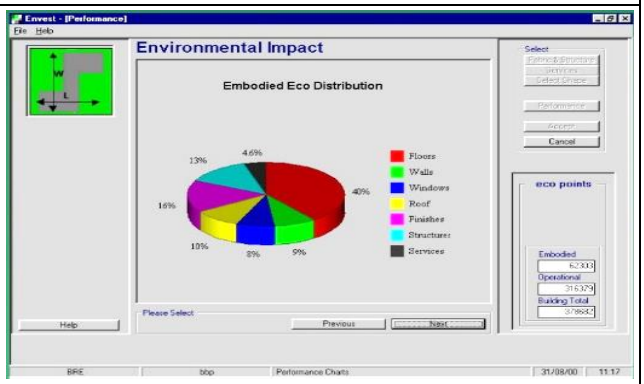
ج) إدخال تفاصيل عناصر المبنى الرئيسية والموجودة في قائمة الخيارات وتتضمن الحوائط والأبواب والنوافذ والأسقف والتشطيبات، إلخ.

د) إدخال التحسينات على التصميم عن طريق تجريب بدائل مختلفة ومتابعة تأثير ذلك على قيمة المؤشر البيئي (Ecopoint) بهدف خفض القيمة إلى الحد الأدنى. وبالتالي خفض تأثيرات عناصر البناء المختلفة، كما بالشكل (10).

ه) فحص واختبار قيمة المؤشر البيئي Ecopoint)) النهائية وتقييم التصميم النهائي.



شكل (9) اختيار شكل المسقط الأفقي – واجهة البرنامج



شكل (10) :(مثال يوضح طريقة عرض النتائج ببرنامج Envest

*قامت (BRE) بعقد برنامج بحثي لوضع أوزان المعايير المتعلقة بتقييم دورة لحياة LCA من منظور المعنيين والمهتمين بصناعة البناء في المملكة المتحدة، بما في ذلك القطاع العام والمنتجين والمصنعين لمواد البناء والمختصين في مجال العقارات والبيئة، والأكاديميين، حيث تم إنتاج مجموعة من الأوزان لتحويل البيانات البيئية إلى مقاييس موحدة وهي النقاط البيئية Ecopoints لتسهل عملية التقييم البيئي للمواد وتعكس الأثر البيئي في المملكة المتحدة المتمثل في فئات التأثير بالبرنامج، وكلما زاد عدد النقاط البيئية دل ذلك على تأثير بيئي أعلى[24] .

ج) برنامج SimaPro®

أطلق برنامج SimaPro في عام 1990 من قبل مستشاري PRé وهي شركة رائدة عالمياً في مجال تقييم الأثر البيئي ووضع المعايير في مجال الاستدامة في هولندا [19]، ويعد SimaPro هو البرنامج الأكثر إستخداماً على نطاق واسع لتقييم دورة الحياة ويهدف للسير نحو تحقيق الاستدامة بخطى أكثر واقعية. يتميز البرنامج SimaPro بتحليل وتقييم المواد والمنتجات ذات دورات الحياة المعقدة بناء على عدد من قواعد البيانات والتي تتضمن بيانات مواد البناء، والطاقة، والنقل، والتجهيز، ومعالجة النفايات وإعادة التدوير. ويوضح الجدول (4) دراسة وتحليل البرنامج:

جدول (4)

تحليل برنامج®SIMAPRO

أولاً: قاعدة البيانات

تعرف قواعد البيانات ببرنامج SimaPro بإسم "Libraries" يتم تثبيتها مع البرنامج واختيار أي منها من قبل المستخدم، حيث يتميز برنامج باستخدام قواعد بيانات متعددة LCI databases تتضمن قواعد بيانات (أمريكية، ألمانية، سويسرية، دنماركية، وأوربية) هذا التنوع يعمل على مرونة البيانات ويساعد في تقييم دورة الحياة بأسلوب أكثر كفاءة وشفافية. ومن أمثلة قواعد البيانات بالبرنامج: [28]

• Swiss Input Output	• Agri-footprint	• Ecoinvenv3
• Danish Input/Output database	• Industry data v.2	• US LCI
• European Input/Output database	• ÖKOBAU.DAT	• ELCD

ثانياً: الإصدارات

تتعدد إصدارات Simapro تبعا لاحتياجات المستخدم. فيتيح البرنامج إمكانية تحميل نسخة تجريبية أو شراء نسخة بترخيص مؤقت أو نسخة تعليمية بأسعار مخفضة. ويتضمن البرنامج عدداً من الإصدارات بدءاً من Simapro5، Simapro6، Simapro7، وأخيراً Simapro8، ويتضمن الإصدار الأخير تحديث قاعدة البيانات Ecoinvent v3.2 وإصلاح بعض الأخطاء المكتشفة في الإصدار السابق.

شعار برنامج Envest

ثالثاً: معايير التقييم البيئي

يقوم برنامج SimaPro بتقييم التأثيرات البيئية والتي تتضمن تأثيرات المواد على البيئة وصحة الإنسان:[29]

فئات التأثير	استهلاك الوقود الحفري	المواد المسببة للسرطان	التركيب العضوي للمواد	التركيب غير العضوي	التأثير على تغير المناخ	سمية المادة	التأثير الإشعاعي للمادة	تآكل طبقة الأوزون	استهلاك المصادر	التأثير خلال الاستخراج	استخدام الأراضي	كفاءة النظم البيئية	تلوث المياه	الاحتباس الحراري

الأوزان النسبية

تختلف الأوزان النسبية لمعايير التقييم على أساس أداة التقييم impact method التي يتم اختيارها بواسطة المستخدم من قاعدة بيانات البرنامج، حيث يوفر البرنامج عدد كبير من أدوات التقييم تتضمن كل من (المقاييس الأمريكية – الأوروبية – البصمة المائية - القضايا البيئية)، ولكل أداة تقييم نهج مختلف في تحديد الأهمية النسبية لفئات التأثير الخاصة بها والتي لها تأثير هام على نتائج عملية تقييم دورة الحياة. وتوفر بعض أدوات التقييم المتاحة من قبل البرنامج إمكانية تعديل الأوزان النسبية الخاصة بفئات التأثير[27].

رابعاً: آلية عمل البرنامج

تتبع آلية عمل البرنامج الخطوات التالية: [21]، [29]

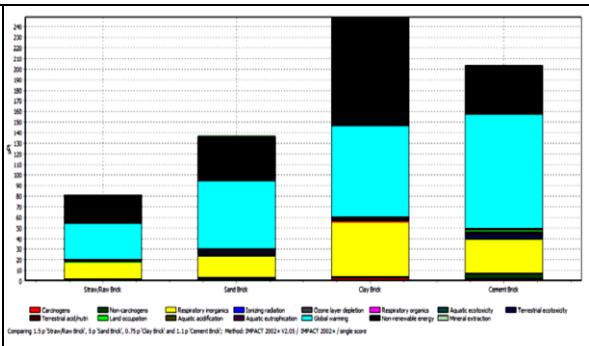
أ) اختيار قاعدة البيانات من قواعد البيانات المتاحة بالبرنامج.

ب) بناء نموذج التقييم building model: والتي تعد عملية شاقة ومعقدة نسبياً حيث يتطلب إدخال العديد من التفاصيل.

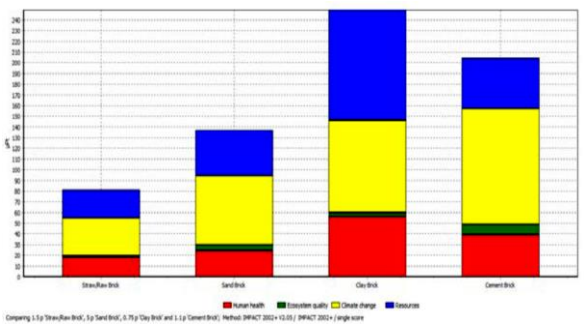
ج) اختيار أداة تقييم التأثيرات impact assessment methods، حيث يتضمن SimaPro عدد من أدوات تقييم التأثيرات البيئية، والتي تستخدم لقياس التأثيرات النهائية end-point impacts بالمؤشرات الوسطى mid-point indicators،

د) عرض النتائج Results overview

يتم عرض نتائج التقييم بياناً والتي تمثل مقارنة تأثيرات المواد على كل من فئات التأثير البيئي، كما هو موضح بالشكل رقم (11).



تقييم التأثيرات البيئية لمواد البناء بمؤشرات نقطة الوسط



قياس التأثيرات البيئية لمواد البناء بطريقة نقطة النهاية

شكل (11): مثال يوضح طريقة عرض النتائج ببرنامج SIMAPRO[30]

د) برنامج *LCADesign Tool ™*

قام مركز البحوث التعاونية الأسترالية لإبداعات البناء (CRC CI) Cooperative Research Centre for Construction Innovation بتمويل وتطوير أداة التقييم LCADesign لتقييم دورة الحياة البيئية للبناء، والمسمى هو اختصار لتقييم دورة الحياة (LCA) مع التصميم بمساعدة الكمبيوتر.(CAD) يقوم البرنامج بتقييم دورة حياة مواد البناء بناء على مجموعة من المدخلات، تتضمن نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى D CAD3، وقاعدة بيانات دورة الحياة الوطنية الأسترالية (LCI)، ومعايير التقييم البيئي بالبرنامج، بهدف تقدير كميات المواد بالمبنى وإجمالي الأعباء البيئية بتحليل العوامل لكل كمية من المواد مع نتائج انبعاثاتها المتولدة ونضوب مواردها، من خلال قاعدة بيانات شاملة لنطاق واسع من مواد البناء بأستراليا. [31] ويوضح الجدول (5) دراسة وتحليل للبرنامج:

جدول (5)
تحليل برنامج LCADESIGN™

أولاً:	يعتمد البرنامج على قاعدة بيانات دورة الحياة الوطنية الأسترالية Australian Local LCI Data ومؤشر التقييم Eco-indicator 99 في تقييم التأثيرات البيئية لمواد البناء.[32]
ثانياً: الإصدارات	شاركت العديد من شركات البناء في تطوير البرنامج وقواعد البيانات في الفترة من 2001 إلى 2009. حيث بدأ العمل بالبرنامج في عام 2001، وخضع النموذج الأولي لمراحل من إعادة التطوير ووضع الإصدارات التجريبية بين عامي 2003 و2008. حتى أطلقت النسخة التجارية للبرنامج بمؤتمر البناء المستدام العالمي في ملبورن في سبتمبر 2008.
	شعار برنامج LCADesign
ثالثاً: معايير التقييم البيئي	يتضمن LCADesign مجموعة من معايير ومؤشرات التقييم البيئي، مع هذه المؤشرات، يمكن للمصممين وأصحاب المباني عرض الأداء البيئي لمبانيهم، وبذل الجهود للحد من تأثيرها السلبية. وتتضمن المعايير البيئية ما يلي:

فئات التأثير	تقييم تأثير دورة الحياة للمواد	مقدار الطاقة المستهلكة	كمية المياه المستهلكة	انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري	انبعاثات الكربون.	المحتوى المعاد تدويره من المواد
الأوزان النسبية	- الأوزان النسبية لفئات التأثير محددة مسبقاً ولا يمكن تعديلها من قبل المستخدم.					
	- يعتمد البرنامج على أسلوب التقييم Eco-indicator 99 في توصيف وقياس فئات التأثير البيئي.					

رابعاً: آلية عمل البرنامج

الهدف الرئيسي من LCADesign هو دمج التقييم البيئي في نموذج 3D CAD لتجنب النسخ اليدوي للبيانات من خطوة إلى أخرى في عملية التقييم. فيتميز البرنامج بإجراء التقييم البيئي المؤتمت مباشرة من الرسومات ثلاثية الأبعاد بشكل مفصل ودقيق بدلاً من التقييمات الذاتية، ويظهر الشكل رقم (12) رسم تخطيطي لآلية عمل LCADesign والتي تنقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسية تشمل الخطوات التالية: [31]

أ) المدخلات

تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد (3D CAD). لاستخدام معلومات الأبعاد في النموذج لتقدير كميات المواد في المبنى أوتوماتيكياً.

ب) التحليل

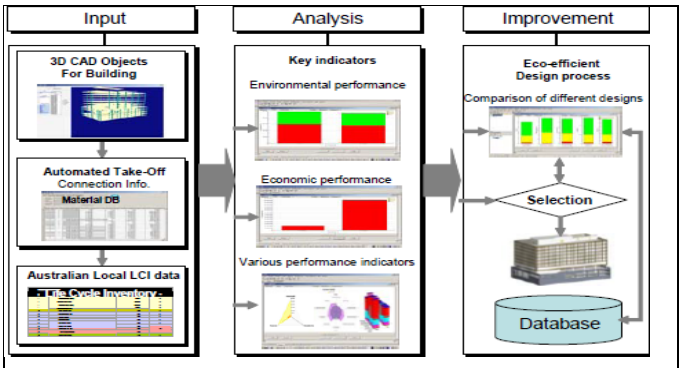
تقدير إجمالي الأعباء البيئية لمواد البناء بتحليل التأثيرات لكل كمية من المواد مع نتائج انبعاثاتها المتولدة واستنزاف مواردها بناء على قاعدة البيانات الأسترالية الشاملة لنطاق واسع من مواد البناء، وحساب المؤشرات البيئية على أساس (LCA).

ج) التحسين

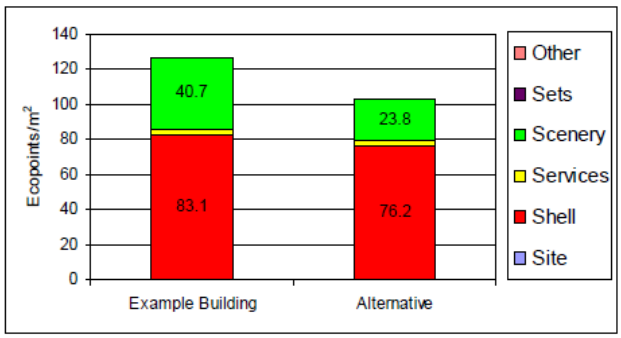
توفر هذه المرحلة إمكانية إجراء تحليل مفصل ودقيق للتصميمات البديلة وإجراء المقارنات لتمكين المصممين من الوصول لأقل قدر من التأثير البيئي مع الأخذ في الاعتبار متطلباتهم في تقديم الخدمات.

د) عرض النتائج

وتكون في صورة رسوم بيانية توضح التأثيرات البيئية لكل من عناصر المبنى كالحوائط والأسقف والنوافذ والأعمدة.. إلخ، مع إمكانية المقارنة مع نماذج تستخدم مواد مختلفة ومقارنة التأثيرات البيئية لكل منهما. ويوضح الشكل (13) مثال لعرض النتائج بالبرنامج.



شكل (12): آلية عمل برنامج LCADesign [31]



شكل (13): مثال يوضح نتائج مقارنة بدائل مختلفة ببرنامج LCADesign[31]

٥) برنامج BEES Software®

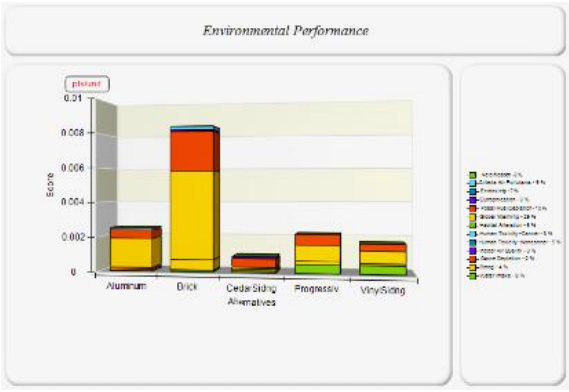
وضع برنامج ((BEES Building for Environmental and Economic Sustainability من قبل المعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا (NIST) National Institute of Standards and Technology بهدف مساعدة المصممين لاختيار مواد ومنتجات المبنى التي تحقق التوازن بين الأداء البيئي والاقتصادي [33]. فيتميز برنامج BEES بدمج معايير التقييم الاقتصادي والبيئي للمواد والمنتجات من أجل الوصول إلى نتائج أكثر واقعية في عملية المفاضلة. ويتحقق ذلك عن طريق وضع الأداء الاقتصادي والأداء البيئي الشامل على نفس المستوى الهرمي في مصفوفة التقييم. ويوضح الجدول (6) دراسة وتحليل للبرنام

جدول (6)
تحليل برنامج BEES SOFTWARE

أولاً: قاعدة	يعتمد البرنامج على قاعدة بيانات دورة الحياة الأمريكية U.S Life Cycle Inventory Database التي تتضمن عدد كبير من بيانات مواد ومنتجات البناء.
ثانياً: الإصدارات	ظهرت العديد من الإصدارات لبرنامج BEES مثال: BEES 0.1، BEES 0.2، BEES 0.3، وأخيراً BEES 0.4 في 2007، وتم تحديثه بما يتوافق مع التغييرات المستمرة في بيانات المواد ليصبح البرنامج أكثر شفافية وأقل عرضة للخطأ في عملية التقييم، حيث كان آخر تحديث للبرنامج في مارس 2014[33]، تتضمن التحديثات بالإصدار الجديد BEES® 0.4 إضافة معايير تقييم جديدة، وتحديث البيانات المتعلقة بمصادر الموارد، والتقدم في نوعية وكمية البيانات المتاحة، وإضافة عدد أكبر من بيانات المواد والمنتجات المتاحة للتحليل والمقارنة والتي يبلغ مجموعها حوالي 230من مواد ومنتجات البناء (بعد أن كانت 198 في الإصدار 3.0) ليتيح البرنامج إمكانية إجراء المقارنات بين عدد أكبر من البدائل المختلفة للمواد [34] ، كما يتيح الإصدار الجديد أربعة بدائل لتحديد الأوزان النسبية لفئات التأثير. شعار برنامج BEES
ثالثاً: معايير التقييم البيئي	يعتمد برنامج BEESعلى تقييم منتجات البناء وفقا لأدائها البيئي خلال مراحل دورة الحياة من خلال فئات التأثير التالية:

فئات التأثير	السمية البيئية	تآكل طبقة الأوزون	الضباب الدخاني	صحة الإنسان	تلوث الهواء	استهلاك المياه	تدمير البيئة الطبيعية	جودة البيئة الداخلية	استنفاذ الوقود الحفري	تلوث المياه	المركبات الحمضية	التأثير على الاحتباس الحراري
الأوزان النسبية												

- يتيح البرنامج إمكانية تحديد الأوزان النسبية لمعايير التقييم البيئي من خلال ثلاثة قوائم محددة مسبقاً من قبل البرنامج، مع إمكانية تحديد الأوزان النسبية من قبل المستخدم.
- يعتمد البرنامج على أداة التقييم (EPA TRACI) في تحديد وتوصيف التأثيرات البيئية.

رابعاً: آلية عمل البرنامج	تتضمن آلية عمل البرنامج ثلاث خطوات رئيسية: [35] أ) تحديد الأوزان النسبية لمعايير التقييم وهو أهم مدخلات البرنامج، والذي يعمل على تجميع العناصر المختلفة على مقياس موحد للتقييم uniform Scale. يمكن للمستخدمين اختيار الأوزان المناسبة من ثلاثة قوائم محددة مسبقاً، أو تحديد الأوزان ذاتياً. وبالمثل يوفر البرنامج إمكانية تحديد نسبة مئوية للتركيز على الأداء البيئي مقابل التأثيرات الاقتصادية، على أن يبلغ مجموع كل منهما 100٪. ب) اختيار بدائل المواد يقوم المستخدم باختيار بدائل مواد ومنتجات البناء لعناصر البناء المقسمة تبعا لوظيفتها باستخدام هيكل التسلسل الهرمي Hierarchical Structure إلى ثلاث مجموعات رئيسية: - مجموعة العناصر الرئيسية Major Group Element - مجموعة العناصر Group Element - مجموعة العناصر الفردية Individual Element ج) عرض النتائج تعرض نتائج التقييم في صورة جداول ورسوم بيانية تقارن بين أداء البدائل المختلفة في عمليات الإنتاج، وتأثيرات مراحل دورة الحياة، ومتطلبات استهلاك الطاقة، والتأثير على الصحة العامة، والأداء البيئي والاقتصادي للمواد [18]، وتعتبر القيم المنخفضة هى الأفضل فهى تعبر عن تأثير سلبي منخفض على البيئة وأيضا تأثير منخفض إقتصادياً لكل من التكلفة الإبتدائية والمستقبلية. ويوضح الشكل (14) مثال لعرض النتائج بالبرنامج.  شكل (14): مثال يوضح طريقة عرض النتائج ببرنامج BEES

من خلال دراسة وتحليل البرامج السابقة يمكن التوصل إلى النقاط التالية:

يعتمد كل برنامج تقييم على قاعدة بيانات وطنية تخص الدولة التي وضع بها البرنامج ما يدل على إقليمية قواعد البيانات أي أنها تتناول بيانات المواد والمنتجات والأنظمة المتبعة والمستخدمة في الدول بشكل خاص. فيما عدا برنامج SimaPro والذي يعتمد على عدد كبير ومتنوع من قواعد البيانات ما يتيح استخدامه في مناطق مختلفة واختيار قاعدة البيانات الممثلة لبيانات المواد المراد تقييمها.

تتعدد الإصدارات بكل برنامج فتتضمن تطوير للبرامج وتحديث لقواعد البيانات ومصادر الطاقة والمواد الخام، كما تتضمن تحديث

لآلية إدخال البيانات وخيارات تحديد الأوزان النسبية، بالإضافة إلى تلافي أخطاء الإصدارات السابقة. كما توفر بعض البرامج إصدارات مختلفة من البرامج تبعاً لنوع المباني المستخدمة بالتقييم كبرنامجي Athena، Envest والذي يحدد كل منهما نسخ خاصة للمباني السكنية والتجارية.

يحدد كل برنامج عدد من معايير التقييم البيئي والتي تتمثل في فئات/عوامل تأثير المواد على البيئة والصحة، والتي يتم من خلالها قياس مدى التأثير السلبي لهذه المواد خلال مراحل دورة حياتها، مما يوفر فهم أفضل لاختيار المواد البيئية. ولتحقيق دقة ومصداقية أكثر في نتائج المفاضلة بين المواد، تحدد البرامج أوزان نسبية لمعايير التقييم لتحديد أي من فئات التأثير يعتبر أكثر أهمية، فيحدد برنامج SimaProأوزان نسبية مختلفة تختلف تبعاً لمقياس التقييم الذي يتم تحديده من قبل المستخدم في مرحلة إدخال البيانات ويحدد البرنامج BEESأربعة خيارات لتحديد الأوزان مع إمكانية إدخال الأوزان الخاصة بالمستخدم، كما يحدد كل من Envest و LCADesign أوزان نسبية ولكنها غير معلنة ولا يمكن تعديلها من قبل المستخدم، في حين أن برنامج Athena لا يضع أوزان نسبية لفئات التأثير البيئي.

كما يتضح من خلال تحليل البرامج أن لكل برنامج آلية عمل مختلفة تتأثر بالدقة المطلوبة في نتائج إجراء التقييم، فيعتبر برنامج SimaPro هو أكثرها تعقيد في مرحلة إدخال البيانات بسبب كثرة وتعقيد البيانات المطلوبة في حين أنه أدق البرامج في إخراج البيانات، كما يتميز LCADesign بآلية عمل مميزة تتضمن بناء نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى ليحقق درجة عالية من الدقة في حساب كميات المواد وتأثيراتها، بينما يوفر كل من Athena وBEES درجة من السهولة في إدخال البيانات فيتطلب Athena كميات المواد المستخدمة فقط ويتطلب الأخير الاختيار من بين البدائل المتاحة من المواد والمنتجات ليوفر كل منهما سهولة وسرعة في التعامل ومعالجة البيانات، وإعطاء مؤشر تقريبي لأداء المواد. ويوضح الجدول (7) مقارنة وملخص لخصائص برمجيات تقييم المواد خلال دورة حياتها لتحديد مزايا وعيوب استخدام كل برنامج.

جدول (7)
مقارنة بين برمجيات تقييم دورة حياة مواد البناء

	ATHENA	Envest	SimaPro	LCADesign	BEES
جهة إصدار البرنامج	(ATHENA) Canada	(BRE) UK	(PRé Consultants) Netherlands	(CRC CI) Australia	(NIST) USA
مرونة إدخال وتعديل بيانات المواد	×	×	√	√	×
سهولة إجراء عملية التقييم	√	×	×	×	√
تحديد أوزان نسبية لمعايير التقييم	×	√	√	√	√
مرونة تعديل الأوزان النسبية	–	×	√	×	√
تقييم الأداء البيني للمواد	√	√	√	√	√
تقييم الأداء الاقتصادي للمواد	×	√	√	√	√
توفر إصدارات تبعا لنوع المباني	√	√	×	×	×
توفر البرنامج للاستخدام العام ●	√	√	√	×	√

● تَعني إمكانية الوصول المجاني للبرنامج وتثبيته عبر شبكة الإنترنت

V. استخدام برنامج BEES في المقارنة بين بعض بدائل المواد

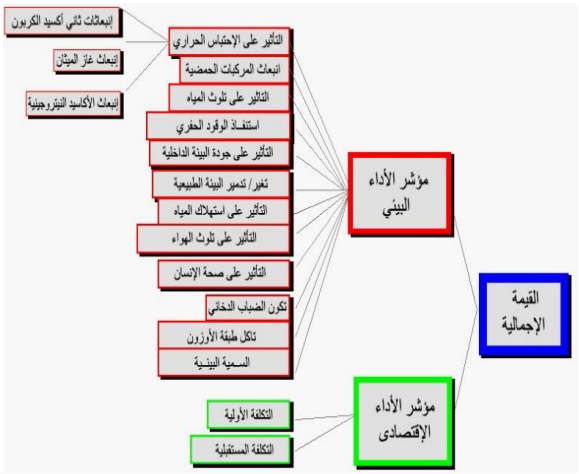
يتناول البحث مثال لعملية تقييم بعض بدائل مواد البناء باستخدام برنامج BEES لتوضيح أداء البرمجيات في تقييم تأثيرات مواد البناء خلال دورة حياتها والمفاضلة بين البدائل لتيسير عملية الاختيار بناء على مجموعة من المعايير البيئية والاقتصادية والمساعدة في الاختيار الأمثل للمواد، ويتم اختيار برنامج BEES لسهولة الوصول للبرنامج فهو متاح على شبكة الإنترنت من خلال الموقع الخاص بالبرنامج، وأيضاً سهولة إدخال البيانات عن طريق الاختيار من بين المواد والمنتجات الموجودة بالبرنامج لإجراء عملية التقييم، بالإضافة إلى وضوح الأوزان النسبية لمعايير التقييم ومرونة التعامل معها.

أ) شرح تفصيلي لآلية عمل البرنامج

يتم التوضيح بالتفصيل لآلية وكيفية عمل البرنامج من خلال التعرف على منهجية قياس الأداء، وكيفية تحديد الأوزان النسبية وتحديد المتغيرات كما يلي:

1- قياس الأداء البيئي والاقتصادي

يقيس برنامج BEES الأداء البيئي لمواد ومنتجات البناء باستخدام منهجية تقييم دورة الحياة البيئية المحددة في أحدث إصدارات "المنظمة الدولية للتوحيد القياسي للمواصفات والمعايير" (3614040] (ISO)]، فيتم تحليل جميع مراحل حياة المنتج: بداية من استخراج المواد الخام وتصنيع ونقل وتركيب واستخدام وإدارة للنفايات. كما يتم قياس الأداء الاقتصادي باستخدام منهج تكلفة دورة الحياة القياسية الدولية (ASTM (E917)، الذي يغطي تكاليف الاستثمار الأولية، واستبدال وتشغيل وصيانة وإصلاح، والتخلص من المنتجات. ويتم الجمع بين الأداء البيئي والاقتصادي لقياس الأداء الكلي Overall Score بالاعتماد على تقنية تحليل القرار متعدد السمات Multi attribute Decision Analysis (MADA)) للوصول لقيمة موحدة 13] Single Score]. ويوضح الشكل (15) معايير الأداء البيئي والاقتصادي ببرنامج BEES.



شكل (15): معايير التقييم البيئي والاقتصادي ببرنامج BEES Software[35]

2- تحديد الأهمية النسبية

يتيح الإصدار BEES® 0.4 إمكانية تحديد الأوزان النسبية لمعايير التقييم البيئي من خلال أربعة بدائل مختلفة، وكما هو موضح بالجدول رقم (8):

⇐ *قائمة لجنة الجهات المعنية ببرنامج BEES*

قام المعهد القومي للمعايير والتكنولوجيا (NIST) عام 2006 بتأليف لجنة مكونة من الجهات التطوعية المعنية باختيار المواد والتي تتكون من: ممثلي الشركات المصنعة للمواد، ومستخدمي برنامج BEES، والخبراء المهتمين بدورة حياة المواد (LCA)، حيث قامت هذه اللجنة باستخدام أسلوب التحليل الهرمي الإحصائي Analytical Hierarchy Process AHP)) في تحديد الأوزان النسبية لكل فئة من فئات التأثير وتم تعيينها ضمن قائمة BEES Stakeholder Panel)). حددت اللجنة أكبر وزن نسبي لمعيار "التأثير على الاحتباس الحراري وتغير المناخ" مقارنة بالمعايير البيئية الأخرى[37].

⇐ *قائمة المجلس الاستشاري العلمي (SAB) بوكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA)*

حيث تم تخصيص الأوزان النسبية لمعايير التقييم في BEES بحيث تعكس النتائج المقررة بمجموعة من الدراسات التي قام بها المجلس الاستشاري العلميSAB) (Science Advisory Board بوكالة حماية البيئة الأمريكيةEPA)) Environmental Protection Agency، والتي نوقشت خلال عامي 1990 و2000 حيث أكدت هذه الدراسات على الأهمية النسبية لمجموعة من التأثيرات البيئية على أساس النطاق المكاني للتأثير، وشدة الخطورة، ودرجة التعرض، وعقوبة وتجريم الاستخدام الخاطئ، وتم تخصيص الأوزان النسبية في BEES بحيث تعكس النتائج المقررة بهذه الدراسات [13] .

⇐ قائمة الأوزان النسبية المتساوية

يقوم البرنامج باعتبار جميع المعايير على درجة متساوية من الأهمية النسبية ومن ثم يُحدَد لها أوزان نسبية متساوية.

⇐ تحديد الأوزان النسبية ذاتياً

عن طريق المستخدم فيمكنه تغيير الأهمية النسبية لأحد المعايير وجعلها أعلى من الأخرى تبعاً لرؤية المستخدم والذي يؤثر في النهاية بشكل كبير في المواد المرجح اختيارها

جدول (8)

بدائل إختيار الأوزان النسبية المختلفة لمعايير التقييم ببرنامج BEES [35]

قائمة الأوزان النسبية للجنة الجهات المعنية

Environmental Impact Category Weights

No Weighting

View Predefined Weights

BEES Stakeholder Panel

Impact	Weight
Global Warming	29
Acidification	3
Eutrophication	6
Fossil Fuel Depletion	10
Indoor Air Quality	3
Habitat Alteration	6
Water Intake	8
Criteria Air Pollutants	9
Smog	4
Ecotoxicity	7
Ozone Depletion	2
Human Health	13
Sum:	100

Select No Weighting for environmental claims

قائمة أوزان المجلس الاستشاري العلمي

Environmental Impact Category Weights

No Weighting

View Predefined Weights

EPA Science Advisory Board-based

Impact	Weight
Global Warming	16
Acidification	5
Eutrophication	5
Fossil Fuel Depletion	5
Indoor Air Quality	11
Habitat Alteration	16
Water Intake	3
Criteria Air Pollutants	6
Smog	6
Ecotoxicity	11
Ozone Depletion	5
Human Health	11
Sum:	100

Select No Weighting for environmental claims

قائمة الأوزان النسبية المتساوية

Environmental Impact Category Weights

No Weighting

View Predefined Weights

Equal Weights

Impact	Weight
Global Warming	9
Acidification	9
Eutrophication	9
Fossil Fuel Depletion	9
Indoor Air Quality	8
Habitat Alteration	8
Water Intake	8
Criteria Air Pollutants	8
Smog	8
Ecotoxicity	8
Ozone Depletion	8
Human Health	8
Sum:	100

Select No Weighting for environmental claims

قائمة تحديد الأوزان النسبية ذاتياً

Environmental Impact Category Weights

No Weighting

View Predefined Weights

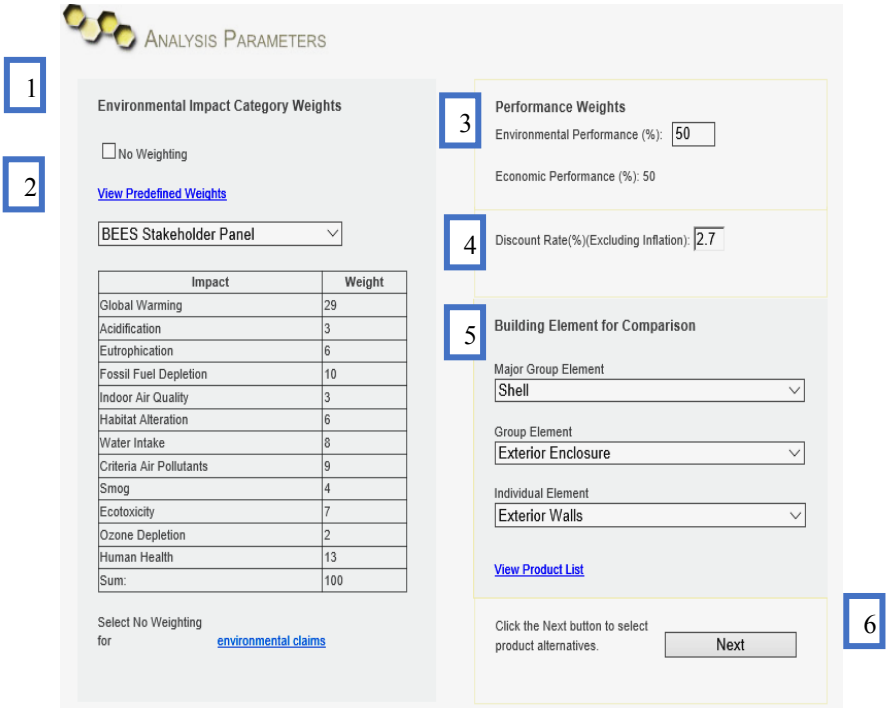
User-Defined

Impact	Weight
Global Warming	0
Acidification	0
Eutrophication	0
Fossil Fuel Depletion	0
Indoor Air Quality	0
Habitat Alteration	0
Water Intake	0
Criteria Air Pollutants	0
Smog	0
Ecotoxicity	0
Ozone Depletion	0
Human Health	0
Sum:	0

Select No Weighting for environmental claims

3- تحديد متغيرات التحليل Analysis Parameters

يوفر البرنامج BEES إمكانية تحديد نسبة مئوية للتركيز على الأداء البيئي مقابل التأثيرات الاقتصادية، على أن يبلغ مجموع كل منهما 100٪، بالإضافة إلى إمكانية تحديد سعر الخصم (سعر الفائدة) لتحويل التكاليف المستقبلية لمنتجات البناء إلى ما يعادلها بالقيمة الحالية عند حساب تكلفة دورة الحياة للمواد والمنتجات، وتتضمن تكلفة المواد في المستقبل وتكاليف الصيانة والاستبدال، والتي تشكل أساس حساب معدلات الأداء الاقتصادي. على أن تكون القيمة القصوى المسموح بها لسعر الخصم هي بنسبة 20٪، وقام المكتب المختص بإدارة ووضع ميزانية المشروعات طويلة الأجل بالولايات المتحدة الأمريكية U.S. (Office of Management and Budget (OMB بتحديد سعر خصم بقيمة 2.7٪ كقيمة افتراضية [35] ويوضح الشكل (16) صفحة إدخال البيانات بالبرنامج



يضغط هنا في حالة عدم الرغبة في تحديد الأوزان النسبية وسيقوم البرنامج بحساب وعرض النتائج طبقا للبيانات المصنفة فقط	1
الاختيار من بين بدائل قوائم تحديد الأوزان النسبية الأربعة	2
تحديد نسبة مئوية للتركيز على الأداء البيئي مقابل الاقتصادي على أن يبلغ مجموعهما 100٪	3
تحديد سعر الخصم (سعر الفائدة) لتحويل التكاليف المستقبلية لمنتجات البناء إلى ما يعادلها بالقيمة الحالية	4
اختيار عناصر البناء المندرجة تحت ثلاثة مجموعات رئيسية	5
الانتقال إلى مرحلة اختيار البدائل للمقارنة	6

شكل (16): تحديد المتغيرات - صفحة إدخال البيانات ببرنامج [35]BEES، 33]]

ب)إجراء التقييم باستخدام برنامج BEES

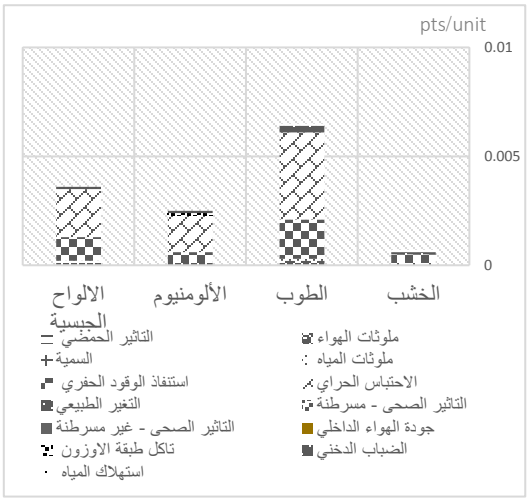
يتم استخدام البرنامج كمثال لتوضيح أداء البرمجيات في عملية التقييم والمفاضلة بين البدائل، ويتم الاعتماد على قاعدة البيانات الأمريكية (US LCI) المتاحة من قبل برنامج BEES بهدف إعطاء مؤشر تقريبي عن أداء المواد نظراً لعدم توفر قاعدة بيانات محلية. حيث تتم عملية التقييم من خلال الخطوات التالية:

1. اختيار أربعة بدائل مختلفة للمواد المستخدمة في الحوائط "والمتاحة ضمن قاعدة بيانات البرنامج" وهي الألومنيوم، الطوب، الخشب، الألواح الجبسية. والتي يتم الوصول إليها من خلال الاختيار من بين عناصر البناء التالية:

مجموعة العناصر الرئيسية Major Group	←	الهيكل الخارجي - العناصر الداخلية Shell – interiors
مجموعة العناصر Group Element	←	الغلاف الخارجي- العناصر الإنشائية الداخلية Exterior Enclosure - interior construction
مجموعة العناصر الفردية Individual Element	←	مواد الحوائط الخارجية – القواطيع – Exterior Walls Finishes parations

2. إدخال المتغيرات الافتراضية:
   - ❖ يتم اختيار قائمة الأوزان النسبية الخاصة بالجهات المعنية ببرنامج BEES.
   - ❖ يتم تحديد الوزن النسبي للتأثيرات Performance Weights بنسبة 50 % لكل من الأداء البيئي والاقتصادي.
   - ❖ يتم تحديد سعر الخصم الافتراضي بالبرنامج بقيمة 2.7%.
   - ❖ يتم تحديد مسافة النقل من المصنع للمستخدم =0.0 (لاستبعاد تأثيرها في التحليل)
3. تقييم البدائل :

من خلال عرض الأداء البيئي في عمليات الإنتاج، التأثيرات البيئية خلال دورة الحياة، استهلاك الطاقة، الأداء الاقتصادي. ويوضح الشكل (17) مقارنة الأداء البيئي لبعض بدائل المواد المستخدمة في الحوائط.

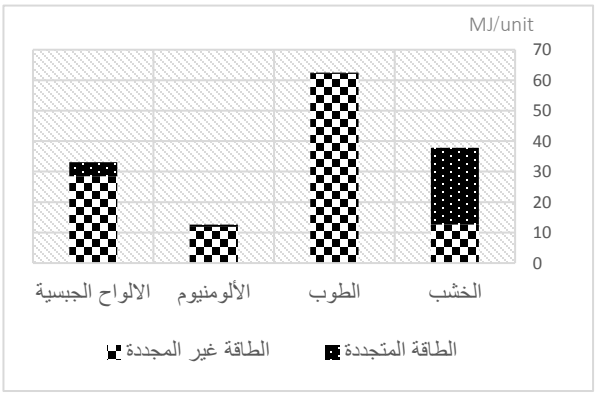


شكل (17): الأداء البيئي لبدائل المواد المستخدمة في التقييم

من خلال دراسة الشكل السابق يلاحظ تفاوت ملحوظ في تأثيرات المواد على المعايير البيئية. حيث يسجل الخشب أقل قيم التأثير البيئي السلبي بينما يسجل الطوب أعلى تأثير سلبي، ولتحديد أي من مراحل دورة الحياة المؤثرة سلباً على البيئة، يوضح الشكل (18) مقارنة التأثيرات البيئية للبدائل خلال مراحل دورة الحياة.

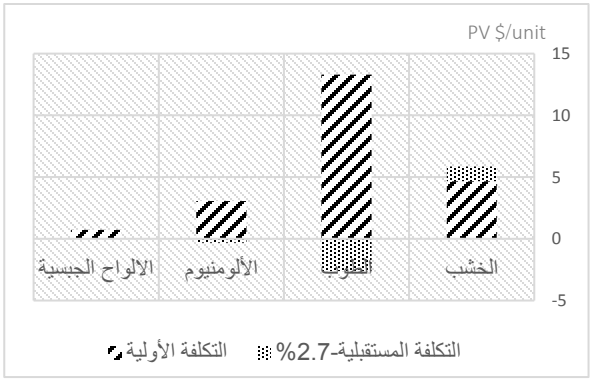
شكل (18): التأثير البيئي خلال مراحل دورة الحياة

من خلال دراسة الشكل السابق يلاحظ تفاوت في التأثيرات البيئية للمواد خلال مراحل دورة حياتها. حيث يسجل الخشب أقل قيم للتأثير البيئي السلبي بشكل عام بينما يسجل الطوب أعلى تأثير سلبي خلال مرحلة التصنيع، في حين يسجل الألومنيوم أعلى تأثير سلبي خلال مرحلة التعدين واستخراج المواد الخام. ويوضح الشكل التالي رقم (19) مقارنة نسب استهلاك الطاقة لبدائل المواد.



شكل (19): التأثير على إستهلاك الطاقة

من خلال دراسة الشكل السابق يلاحظ استهلاك جميع البدائل للطاقات غير المتجددة بنسب متفاوتة، فنجد أن مادة الطوب تسجل أعلى نسبة استهلاك، تليها الألواح الجبسية، الألومنيوم والخشب على الترتيب. وفيما يلي يوضح الشكل (20) الأداء الاقتصادي لبدائل المواد.



شكل (20): الأداء الإقتصادى لبدائل المواد

من دراسة الشكل السابق يلاحظ ارتفاع نسبة التكلفة الأولية للطوب بشكل ملحوظ، يليه كل من تكلفة الألومنيوم والخشب. وتسجل الألواح الجبسية نسبة تكلفة منخفضة مقارنة بالبدائل الأخرى. تعبر هذه النسب عن تكلفة المادة خلال مراحل حياتها الأولية والتي لا تقتصر على التكلفة السوقية فقط. فيوفر تقييم التكلفة بشكل عام ميزة عدم التركيز على جانب واحد في المفاضلة بين البدائل وإغفال الجوانب الأخرى

VI. تقييم مواد البناء في مصر

تواجه مصر في الآونة الأخيرة أزمة في الإقتصاد المصري بالإضافة إلى العديد من الظروف السياسية المحيطة والتي أفضت إلى حدوث هذه الأزمة، كما ينتج عن هذا القصور الذي يعاني منه الإقتصاد ما يساهم في إندلاع الإضطرابات الإجتماعية، وهو ما يتطلب طرح إستراتيجية مستقبلية للإستفادة من الإصلاحات الحالية بغية تحقيق مستقبل أفضل للوضع المصري وتأمين تحقيق نمو يتسم بالإستدامة.

وبالإضافة إلى الأوضاع الإقتصادية والإجتماعية الخاصة بالمنطقة تأتي الظروف والأحوال البيئية والمناخية ومدى توافر المواد الخام ومعدلات إستهلاك الطاقة خلال عمليات إستخراج وتصنيع ونقل المواد وطرق التعامل مع المخلفات الناتجة وإعادة تدويرها أو التخلص منها وغيرها من الظروف التي تختلف بشكل كبير عن تلك الخاصة بالدول الواضعة للبرمجيات، ما يصعب من عملية إستخدام هذه البرمجيات في مصر والحصول على نتائج دقيقة؛ دون وجود قاعدة بيانات خاصة لمواد البناء المحلية المستخدمة في مصر، وحاجة مصر الماسة التي تتطلب تضافر كافة المؤسسات البيئية الحكومية والخاصة لوضع قاعدة بيانات محلية وتطوير برنامج تقييم وطني قابل للتطبيق تتكاتف جميع المؤسسات لإخراجه إلى النور

VII. النتائج والتوصيات

من خلال الدراسة والتحليل لبرامج تقييم دورة حياة مواد البناء وآلية عملها، مع تناول أحد هذه البرامج كمثال لعملية التقييم والمفاضلة بين بدائل المواد باستخدام البرمجيات، فقد خلص البحث إلى النتائج والتوصيات التالية:

1- نتائج البحث

- ✓ استخدام البرمجيات في التقييم والمقارنة بين مواد ومنتجات البناء هي الطريقة المثلى للوصول لنتائج دقيقة، وتسهيل عملية المفاضلة بين البدائل المتاحة.
- ✓ تعتمد كل البرامج على قواعد بيانات تخص الدول التي وضعت بها، ما يدل على إقليمية هذه البيانات وعدم صلاحيتها للاستخدام في مناطق أخرى.
- ✓ ينبغي عند تصميم برنامج تقييمي مراعاة توفر قاعدة بيانات محلية تعتمد على المواد والمنتجات والأنظمة المحلية، وأن تتضمن أوزان نسبية تلائم الوضع المحلي.
- ✓ البرنامج Simapro يصلح للتطبيق في مصر بشرط وجود قاعدة بيانات مصرية، فهو يوفر إمكانية إدخال البيانات ومرونة إجراء التعديلات بها.

- ✓ يتميز البرنامج LCADesign في الآلية المستخدمة في تقييم المواد والمفاضلة بين البدائل المختلفة .
- ✓ أهمية الأخذ في الاعتبار لكل من معايير التقييم البيئي والاقتصادي

2- التوصيات

وبناء على ما سبق يمكن الخروج بالتوصيات التالية:

أولاً: فيما يتعلق باستدامة مواد البناء

- ✓ **يوصي** البحث بأن تكون عمليات تقييم دورة الحياة مؤثرة على عمليات الاختيار والمفاضلة بين بدائل المواد، مع ضرورة الاهتمام بها وتأكيد أهميتها في جميع مراحل دورة حياة المواد.
- ✓ **المحافظة** على الموارد والبحث عن بدائل بيئية، فأظهرت نتائج المثال التطبيقي أن مادة الطوب ذات تأثيرات سلبية بيئياً واقتصاديا .
- ✓ **التشجيع** على إنتاج مواد محلية الاستخراج والتصنيع، على أن تكون اقتصادية وصديقة للبيئة.
- ✓ **إجراء** المزيد من البحوث حول إجراءات التخفيف من التأثيرات السلبية لمواد البناء .

ثانيا: فيما يتعلق ببرامج تقييم المواد:

- ✓ **يراعى** عند اختيار برنامج للتقييم اختيار البرامج التي تتضمن مرونة التعامل وإدخال البيانات .
- ✓ **يراعى** عند وضع أو تطوير برنامج تقييم الموازنة بين الجانب البيئي والاقتصادي مع عدم إغفال الجانب الاجتماعي لمعايير اختيار المواد والذي يتمثل في محلية المواد وملائمتها للمجتمع المحلي.
- ✓ **ضرورة** تحديد أوزان نسبية للتأثيرات البيئية تلائم الطبيعة المصرية وتوازن بين السياسات العامة البيئية للدولة، وأهداف البحث العلمي في المجال البيئي، والمحددات الاقتصادية.

ثالثا: فيما يتعلق بالدور المؤسسي والحكومي:

- ✓ **توفير** المعلومات البيئية حول استخراج وتصنيع المواد والمكونات المستخدمة والطاقة المستهلكة في عمليات التصنيع والانبعاثات والمخلفات من المواد من خلال إلزام الشركات المصنعة بتقديم قوائم البيانات الفنية للمواد للتمكين من استخدامها في عمليات التقييم.
- ✓ **اهتمام** كل من الأجهزة البيئية ووزارة البيئة والصناعة ومركز بحوث الإسكان والبناء بوضع قاعدة بيانات خاصة بمصر تضم بيانات مواد ومنتجات البناء المستخدمة محلياً، للمساعدة في إجراء دراسات تقييم دورة الحياة.
- ✓ **ضرورة** توجيه المؤسسات والمعاهد والحكومات والأفراد بضرورة المحافظة على الموارد الطبيعية، وإجراء المزيد من البحث العلمي في مجال تحقيق الاستدامة في اختيار المواد .
- ✓ **ضرورة** اهتمام الجهات الحكومية والبيئية بوضع برامج تقييمية خاصة بمصر تلائم التحديات التكنولوجية والتنظيمية الخاصة، وتمكن من الحصول على نتائج تقييم أكثر دقة حيث أن قواعد البيانات العالمية للمواد والمنتجات لا تطابق تلك المستخدمة في مصر.

VIII. المراجع

[1.] Fernando Pacheco-Torgal, et al., (2014) "Eco-efficient Construction and Building Materials Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labelling and Case Studies", 1st edition, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Available at http://www.sciencedirect.com

[2.] Osman Attmann, (2010), "Green Architecture Advanced Technologies and Materials", First edition, McGraw-Hill, New York, USA, p.19.

[3.] "World Resource Institute Website". http://www.wri.org/

[4.] Elisa Franzoni, (2011) "Materials selection for green buildings: which tools for engineers and architects?", 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, v.21, p.883-890.

[5.] Peter O. Akadiri, Paul O. Olomolaiye, Ezekiel A. Chinyio,(2013) "Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects" Automation in Construction, Elsevier Journal, p.113-125.

[6.] M. Essam Shaawat, Rehan Jamil, (2014) "A Guide to Environmental Building Rating System for Construction of New Buildings in Saudi Arabia" College of Architecture & Planning, University of Dammam, Kingdom of Saudi Arabia, Emirates Journal for Engineering Research, 19 (2), 47-56.

[7.] Ahmed Abdel Monteleb Mohammed Ali, et al., (2014) "Moving towards an Egyptian national life cycle inventory database", THE INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT•Vol. 19, Issue 8, pp 1551-1558.

[8.] محمد عبد الله عمر حسين، (2012) "دور تكنولوجيا البناء في تحقيق التصميم البيئي المستدام"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

[9.] Deepika Nirmal, (2012) "Environmental and Cost impact Analysis of Materials and Assemblies in Building Construction" Florida International University.

[10.] http://www.iso.org/iso/home.htm

[11.] Hannele Lehtinen, et al., (2011), "A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs", Available at http://www.biochem-project.eu/

[12.] Meg Calkins, (2009) "Materials for Sustainable Sites. A Complete Guide to the Evaluation, Selection, and Use of Sustainable Construction Materials", 1st Edition, John Wiley & Sons, Inc.

[13.] Mohammed A. Alhefnawy, (2014), "Life-Cycle Assessment of Finishing Materials in KSA", Emirates Journal for Engineering Research, 19 (1), pp 1-18.

[14.] Bruno Peuportier , et al., (2011) "Energy Saving through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings -ENSLIC BUILDING", Available at https://ec.europa.eu

[15.] فاطمة عثمان محمد عثمان، (2013)،"اختيار مواد البناء لتحقيق الاستدامة في العمارة في الدول النامية - المعايير والآليات"، مجلة العلوم الهندسية، المجلد. 41، العدد 2، كلية الهندسة، جامعة أسيوط.

[16.] إيهاب محمود عقبة (2007) "التصميم البيئي لمواد البناء والانشاء" المؤتمر الدولي الأول للهندسة البيئية، كلية الهندسة، جامعة عين شمس.

[17.] "البطاقات و الإعلانات البيئية – الإعلانات البيئية النوع III – المبادئ و الأساليب" المواصفة القياسية الدولية أيزو 14025- الترجمة الرسمية، " مكتب حقوق الطبع والنشر التابع للأيزو، الأمانة المركزية ISO في جنيف بسويسرا، الرقم المرجعي.(E) 2006: ISO 14025

[18.] ÖZGECAN CANARSLAN, (2007) "Evaluation Indicators for Selection of Sustainable Building Materials" MSc, MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY, Ankara, Turkey.

[19.] Mohamed Abd Elmawgoud Abd Elghaffar, (2007) "Life-Cycle Assessment Tools for Maintenance Management and Resource Conservation", Bulletin for Environmental Researches, Vol. 10 No. 1, Assiut University.

[20.] http://www.athenasmi.org/

[21.] (Guiyuan Han, Jelena Srebric, (2011), "Life-Cycle Assessment Tools for Building Analysis", Pennsylvania Housing Research Center (PHRC), Penn State University, Pennsylvania, Available at: www.engr.psu.edu/phrc/Publications/Builderbriefs.asp

[22.] (2012), "Athena EcoCalculator for Commercial and Residential Assemblies: Inner Workings Synopsis", Athena Sustainable Materials Institute, Canada.

[23.] Ziębik, Andrzej, Hoinka, Krzysztof,(2013), " Energy Systems of Complex Buildings", Springer-Verlag, 1st Edition, London, Available at http://www.springer.com

[24.] http://envest2.bre.co.uk

[25.] Phillipa Watson, Penelope Mitchell, Delwyn Jones, (2004), "Environmental assessment for commercial buildings: Stakeholder requirements and tool characteristics", CRC for Construction Innovation, Report 2001-006-B-01, Australia.

[26.] http://www.breeam.com/envesthousing/index.jsp

[27.] PRé various authors, (2016)," SimaPro Database Manual- Methoda Library ", © Netherlands, Available at: www.pre-sustainability.com

[28.] https://simapro.com/databases.

[29.] Mark Goedkoop, et al., (2016), "SimaPro Tutorial", Netherlands, Available at: www.pre-sustainability.com.

[30.] [30] Ahmed Abdel Monteleb Mohammed Ali, Abdelazim M Negm, (2014), "Environmental Impacts Assessment of the Egyptian Brick Types Using Life Cycle Assessment Tool", Vol. 4, The 4th international [avniR] Conference Life Cycle in practice, at the "Nouveau Siècle", Lille, France.

[31.] Seongwon Seo, Selwyn Tucker, Michael Ambrose, (2007) "Selection of Sustainable Building Material using LCADesign Tool" conference paper, The International Conference on Sustainable Building Asia, p.87-94, Seoul, Korea.

[32.] S.N. Tucker, and others, (2003) " LCADesign: an Integrated Approach to Automatic Eco-Efficiency Assessment of Commercial Buildings", procs Int CIB w078 Conference, New Zealand, Australia.

[33.] http://www.nist.gov/

[36.] ISO 14040, (2006), Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principle and Framework. Available at: www.iso.org
[37.] Nadav Malin, (2007) "BEES 4.0 LCA Software Continues Evolution", available at https://www.buildinggreen.com/
[34.] U.S. Environmental Protection Agency, (2012) "BEES 4.0: Building for Environmental and Economic Sustainability- Technical Manual and User Guide", BiblioGov, United States.
[35.] "BEES Online Tutorial", available at: http://ws680.nist.gov/bees.