An Applied Study to Improve the Sustainability of Buildings by Reducing Energy Consumption Costs Using Building Information Modeling (BIM)

Dr. Rana Maya*

(Received 8 / 11 / 2022. Accepted 14 / 12 / 2022)

□ ABSTRACT □

The issue of sustainability has become a global concern for many sectors as a result of the increasing negative impacts on the environment and society. In the construction sector, it has become necessary to take into account the issue of energy analysis and forecasting during the design of buildings, which is one of the most important elements of building sustainability.

The research aims to study and apply a building information model to clarify the mechanism of the work of the BIM system with regard to the possibility of controlling energy costs during the life cycle of the building, before the start of implementation, and to determine the economic impact of some elements of sustainability.

The design alternatives to building insulation and their impact on energy consumption were studied using the Revit and an energy analysis was done of the building using Green building studio to compare the performance of the isolated building and the traditional building. Various options were used to orient and isolate the building and thus compare the total costs of the project including construction and operation. Where it was concluded that BIM helps to implement energy analysis at a high speed and that the use of insulation materials according to specific options will allow to achieve significant savings that allow to reduce energy consumption and thus reduce the total costs of the building during the project life cycle stages to have more sustainable buildings.

Keywords: Building sustainability,Building information modeling BIM,Building energy analysis.

* **Associate Professor- Faculty of Civil Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.**

دراسة تطبيقية لتحسين استدامة المباني من خلال تخفيض تكاليف استهلاك الطاقة باستخدام نمذجة معلومات البناء BIM

د. رنا ميا*

(تاريخ الإيداع 8 / 11 / 2022. قُبِل للنشر في 14/ 12 / 2022)

□ ملخّص □

لقد أصبح موضوع الاستدامة اهتماماً عالميا للعديد من القطاعات نتيجة التأثيرات السلبية المتزايدة على البيئة والمجتمع. وفي قطاع البناء أصبح من الضروري الأخذ بعين الاعتبار موضوع تحليل الطاقة و التنبؤ بها أثناء تصميم المباني والذي يعد من أهم عناصر استدامة المباني.

يهدف البحث لدراسة وتطبيق نموذج معلوماتي للبناء لتوضيح ألية عمل منظومة BIM فيما يتعلق بإمكانية التحكم بكلف الطاقة خلال دورة حياة المبنى وذلك قبل بدء التنفيذ ، وتحديد الأثر الاقتصادي لبعض عناصر الاستدامة. تم دراسة البدائل التصميمية لعزل المبنى وتأثيرها على استهلاك الطاقة باستخدام برنامج Revit و تحليل لطاقة المبنى باستخدام green building studio للمقارنة بين أداء المبنى المعزول و المبنى التقليدي . استخدمت خيارات مختلفة لتوجيه وعزل المبنى وبالتالي مقارنة التكاليف الكلية للمشروع متضمنة التنفيذ والتشغيل. حيث تم التوصل إلى أن BIM يساعد بتنفيذ تحليل الطاقة بسرعة عالية وأن استخدام مواد العزل وفق خيارات محددة سيسمح بتحقيق وفورات هامة والتي تتيح تخفيض استهلاك الطاقة وبالتالي تخفيض التكاليف الكلية للمبنى خلال مراحل دورة حياة المشروع والحصول على مباني أكثر استدامة.

الكلمات المفتاحية: استدامة المباني ، نمذجة معلومات البناء BIM – تحليل طاقة المبنى

* **استاذ مساعد– كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مقدمة:

تعد المباني هي القطاع الأكثر استهلاكاً للطاقة في العالم حيث يشكل هذا الاستهلاك (40-50%) من الطاقة العالمية (Tomas,2012)، لذلك لابد من تحقيق التوازن بين البناء والبيئة ويمكن تحقيق ذلك بتطبيق عناصر التنمية المستدامة على المباني. عرفت مفوضية الأمم المتحدة التنمية المستدامة هي التنمية التي تفي باحتياجات الوقت الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة (Gordan guide،2013).

عمليات صناعة البناء والتشييد الكثيرة والمعقدة ينتج عنها كميات كبيرة من الضجيج والتلوث والمخلفات الصلبة، وتبقى مشكلة هدر الطاقة والمياه من أبرز المشكلات البيئية و الاقتصادية للمباني بسبب استمرارها وديمومتها طوال مدة تشغيل المبنى، من هنا نشأت في الدول الصناعية المتقدمة مفاهيم وأساليب جديدة لم تكن مألوفة من قبل في تصميم المشاريع وتنفيذها، ومن هذه المفاهيم التصميم المستدام، العمارة الخضراء، المباني المستدامة، هذه المفاهيم جميعها تعكس الاهتمام المتنامي لدى القطاعات العمرانية بقضايا التنمية الاقتصادية في ظل حماية البيئة، وخفض استهلاك الطاقة، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية والاعتماد بشكل أكبر على مصادر الطاقة المتجددة.

لذلك نهتم في البحث بدراسة تخفيض استهلاك الطاقة كبعد أساسي من أبعاد تحقيق استدامة المباني وذلك باستخدام مفهوم محاكاة الطاقة الذي يتيح تحديد استهلاك الطاقة المتوقع للمبنى، وتم ذلك وفق خيارات تصميم محددة وبالتالي القدرة على التنبؤ بها واختيار الخيارات التي تتيح تخفيض استهلاك الطاقة وبالتالي تخفيض التكاليف الكلية للمبنى خلال مراحل دورة حياة المشروع.

أهمية البحث وأهدافه:

تمثل الاستدامة توجهاً تطبيقياً عالمياً وممارسة مهنية واعية تشكلت ملامحها وأبعادها. حيث أن تصميم مبان مستدامة تهدف إلى التقليل من تأثيرها على البيئة من خلال كفاءة الطاقة والموارد حيث تم استنتاج أهداف المباني المستدامة :

1- كفاءة استخدام الموارد.
2- تحقيق الكفاءة في استخدام الطاقة (بما فيها للحد من انبعاثات غازات دفيئة).
3- منع التلوث (بما فيها جودة الهواء في الأماكن المغلقة والحد من الضوضاء).
4- تحقيق الانسجام مع البيئة (بما في ذلك التقييم البيئي).
5- نهج متكامل على صعيد شامل (بما في نظام الإدارة البيئية).

مما سبق تبرز أهمية البحث كون الاستدامة أضحت في الزمن الحالي ضرورة ملحّة وخصوصا فيما يتعلق بمشاريع التشييد نظرا لما نشهده من اضمحلال في الموارد كافة خصوصا غير المتجددة منها في بلدنا وفي العالم ككل ، وبالتالي الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع في تكاليف التشغيل والاستثمار .

بالرغم من أن تخفيض استهلاك الطاقة معيار أساسي من معايير الاستدامة وبالرغم من ذلك لم يتم تبني معايير الاستدامة واستخدامها في العديد من البلدان ومنها سوريا (Maya,Hasan,2021) ، حيث لا زال استخدام النماذج والأدوات التحليلية التي تحدد وتقييم إمكانية تخفيض وتوفير الطاقة لم يدخل حيز التطبيق العملي بالشكل الكافي حيث أشارت الأبحاث لضرورة العمل على الثلاث مجالات المحددة للانتقال إلى الابتكار في التشييد وهي السياسات والتكنولوجيا والعمليات (Lepkova et All,2019).

لذلك يهدف البحث لدراسة وتطبيق نموذج معلوماتي للبناء لتوضيح ألية عمل منظومة BIM فيما يتعلق بإمكانية التحكم بكلف الطاقة خلال دورة حياة المبنى وذلك قبل بدء التنفيذ ، وتحديد الأثر الاقتصادي لبعض عناصر الاستدامة باستخدام نوعين من مواد العزل وإظهار مقدار التوفير ووقت استرداد كلفة تركيب مواد العزل بحيث يشكل النموذج مثال عملي يسهل عملية التطبيق العملي وتحديد الأثر الاقتصادي لتأثير تطبيق معايير تخفيض الطاقة.

الدراسات السابقة:

من اهم معايير الاستدامة العالمية :

معيار BREEAM:

يعتبر هذا المعيار الأسلوب الأول في العالم لتقييم أداء المباني بيئياً وتصنيفها. انطلق عام 1990 في إنكلترا من قبل مؤسسة بحوث الأبنية البريطانية (BRE) (Reed,2011).

إن معايير BREAM لاستدامة المنازل يضع مقاييس لاستدامة المباني عند تصميمها(design) وإنشائها (construction) وخلال مدة تشغيلها(use). وهي واحدة من أشمل التدابير المعترف فيها عالمياً وأوسعها في هذا المجال.وتشمل تسع فئات ست منها أساسية وثلاث مرنة وهي:

الطاقة وانبعاث co2 – المياه – المواد– مياه الجريان السطحي– النفايات– التلوث– الصحة– الإدارة– علم البيئة.

معيار ليد LEED:

طور هذا النظام من قبل المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء (USGBC) عام 1998 GBES (LEED,2009) تمنح النقاط الأساسية للمبنى هنا في ثمانية نقاط رئيسية: الابتكار في التصميم،الموقع والروابط ،استدامة الموقع،الطاقة والغلاف الجوي،المواد ومصادرها،جودة البيئة الداخلية،كفاءة استخدام المياه،الوعي والتعليم.

إن الاعتماد على استخدام BIM يعد أحد أهم المساهمات في تصميم المباني المستدامة عالية الأداء حيث تعرف نمذجة معلومات البناء (BIM) على أنها التمثيل الرقمي للخصائص الوظيفية والفيزيائية للمبنى. كما عرف المعهد الأميركي للمهندسين المعماريين (AIA) أنظمة (BIM) بوصفها إدارة معلومات البناء بأنه العملية التي توفر الفوائد التي تظهر جلية من خلال النموذج الإلكتروني وتشمل مركزية المعلومات والتواصل لعناصر المبنى والاستدامة وكفاءة التكامل بين مختلف التخصصات ومراقبة الجودة وتنظيم الموقع والحصول على مخططات تنفيذية أكثر دقة.

ويقوم مبدأ أنظمة نمذجة معلومات البناء على أتمتة بيانات المشروع من عناصر المبنى وتقدير الكلف والمواصفات وكميات مواد البناء وتحليل الحمولات الحرارية وأنظمة التدفئة والتبريد والحمولات الإنشائية وغيرها ضمن قاعدة بيانات مركزية.حيث تساعد إضافة المتطلبات الخاصة والحاجة إلى تتبع العديد من جوانب عملية البناء مثل عزل المبنى و إدارة نفايات البناء وتحقيق جودة الهواء في الأماكن المغلقة أثناء الإنشاء بالإضافة إلى ذلك، حساب كميات المواد المعاد تدويرها، والانبعاثات من المواد وتحليل الطاقة المستهلكة، وغيرها من البيانات المطلوبة للحصول على شهادة المباني المستدامة.

يوفر BIM القدرة على قبول المكونات الإضافية التي تمكن المصمم من محاكاة استهلاك الطاقة والإضاءة الطبيعية وتوفير قاعدة للبيانات المطلوبة من قبل هيئات منح شهادات المباني الخضراء.

أيضاً باستطاعته أن يجعل من السهل تحديد الموقع الأمثل وتوجيه المباني لتحقيق أقصى قدر ممكن من توليد الطاقة المتجددة والإضاءة الطبيعية والحد من استهلاك الطاقة (Yaser،2019).

درس الباحث (Chuah ,2013) تحليل طاقة المبنى حيث قام بتقديم برنامج محاكاة لطاقة البناء يعتمد على إطار Energy Plus .قام الباحث ببناء نموذج لمشروع فندق بمنطة تبوك شمالي غرب المملكة السعودية بهدف القيام بتحليل أداء الفندق للطاقة وتكلفتها باستخدام برمجيات BIM ومقارنتها بالأداء الفعلي خلال السنوات العشر مابين عامي 2006 و 2015 وقد تم بناء نموذج باستخدام برنامج Autodesk Revit 2018 وتحليل استهلاك الطاقة وتكلفتها كمثال لقياس أحد جوانب الأداء.وقد اتبع البحث أفضل الممارسات كدليل مرجعي لعمليات النمذجة والمحاكاة باستخدام Autodesk Insight360 و Autodesk Green Building Studio. أظهرت المقارنة أن أن محاكاة إجمالي تكلفة الاستهلاك السنوي أقل بمقدار 25% عن إجمالي التكلفة الحقيقية للسنة.وقد خلص البحث إلى أن الفجوة بين الأداء الفعلي والمحاكاة باستخدام برمجيات BIM تضاءلت في السنوات الأخيرة.

العديد من الأبحاث أشارت إلى فعالية BIM بتحسين الاستدامة حيث يتم ربط البيم ببرامج لمحاكاة الطاقة من أجل تقييم استهلاك المبنى للطاقة و تم استخدام برامج متنوعة لمحاكاة الطاقة منها برنامج Energy Plus (Tomath,2012) حيث تم استخدام الخوارزميات الجينية لتخفيض عدم التأكد .

بحث (ES Abdelmagid,2009) الآثار المترتبة على خيارات التصميم البديلة للأداء الحراري لمباني المكاتب في مصر، حيث تم النظر في بدائل تصميم متعددة تتضمن أنواعًا مختلفة من الزجاج والتظليل، وجداول التظليل، وخيارات العزل الحراري ، والتوجهات ، وسيناريوهات التهوية و تم استخدام تطبيق محاكاة حرارية رقمية لنمذجة أداء هذه البدائل وأظهرت النتائج الدرجة الكبيرة التي يمكن أن تؤدي بها إجراءات التصميم إلى تقليل متطلبات التبريد في المباني. كما قامت دراسات بإيجاد تحليل BIM للطاقة والمساعدة في دمجها في التنبؤ باستهلاك الطاقة حيث تم تحليل استهلاك الطاقة باستخدام بيم من خلال برنامج green building studio وبيّن البحث أن ربط هذا المنتج بـ Revit جعل هذه التكنولوجيا أكثر سهولة في الوصول إليها مما يمنح المهندسين المعماريين وصولاً سهلاً إلى الأدوات التي تقديم ملاحظات سريعة على بدائل التصميم الأخضر (Shivsharan et all,2017).

كما قامت دراسات بربط النموذج مباشرةً لتحليل الطاقة باستخدام أدوات تحليل الطاقة في Autodesk مثل green building studioو Autodesk Insight 360 حيث يتكون تقرير تحليل الطاقة من الرسوم البيانية لمعلمات الطاقة المختلفة مثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، وارتفعت الرياح استهلاك الطاقة وواستهلاك الوقود ومخططات أحمال التسخين والتبريد إلخ ، مما يعطي فكرة واضحة للمصممين لتحليلها واختيار الخيارات الأفضل بناء على النتائج .(Abhilash,2017)

وبدراسة أجريت في القاهرة لتحسين الأداء الحراري للواجهات الذكية باستخدام Design builder والذي يعتمد على نموذج البيم ثلاثي الأبعاد بّين البحث استخدام بعض النظم الذكية مثل استخدام مادة PCM الذكيّة واستخدام الزجاج المزدوج الذكّي بالإضافة إلى استخدام أنظمة التظلّل الشمسً الذكّية كان حمل التبريد في هذه الحالة 2,99 كيلو وات في الساعة وهو أقل من الحالة العادية التي كانت3.84 كيلو وات في الساعة، بالتالي استخدام المعالجات الذكية مع أنظمة التحكم تؤدي إلى خفض اسنهلاك الطاقة السنوية(Murad et all ,2017).

درس عدة باحثين تحليل أداء المباني المستدامة باستخدام برمجيات BIM حيث هدف البحث إلى دراسة قابلية برامج نمذجة معلومات البناء BIM لدعم فريق التصميم باتخاذ القرارات التصميمية الصحيحة في وقت مبكر من مراحل التصميم، وتوفير نموذجاً لآلية عمل لدمج محاكاة أداء المباني للطاقة في مراحل التصميم .(Yaser،2019),(Omran,2020)

قام الباحث (Glover,et all,2009) بإجراء دراسة هدفت إلى تحقيق الإنشاء والتطوير السكني والتحقق من جدوى بناء الأبنية السكنية المستدامة مقارنة مع الأبنية التقليدية وكذلك الكشف عن الإمكانيات المتوفرة لتنفيذ بناء مستدام وجعلها من الممارسات المعتادة.قام الباحث بتصميم منزلين متماثلين إحاهما تقليدي والآخر مستدام يحقق شروط شهادة LEEDومقارنتهما وتحليل التكاليف للتحقق من جدوى بناء الأبنية السكنية المستدامة مقارنة مع الأبنية السكنية التقليدية.وتوصل إلى أن المباني السكنية الخضراء أعلى تكلفة في من حيث التكلفة الأولية ولكن هناك وفورات تتحقق من قبل المباني الخضراء على مدى دورة حياة المبنى التي حددت ب 20 عام ب 1200 $.حيث خلص البحث إلى أن الهياكل السكنية المستدامة مهمة ليس فقط لتوفير المال ، ولكن لتحسين جودة الحياة. الحد من استخدام الطاقة، وتحسين كفاءة البناء ، والحفاظ على الموارد الطبيعية.ودعا إلى ضرورة البحث في بدائل التصميم الممكنة حين الحاجة إلى تحقيق وفورات اقتصادية وتحقيق افضلية للناحية الاقتصادية على العوامل الأخرى.

تمت الإشارة في البحث أيضا (Carvalho,2021) أنه قد يكون استخدام BIM في صناعة البناء مسارًا أساسيًا لتحسين أداء الطاقة في المباني ومتطلبات الراحة. يمكن أن تقلل BIM بشكل كبير من موارد نمذجة طاقة المباني لتحليل بدائل التصميمات المختلفة وتحسين أداء المبنى. تحقق هذا البحث من صحة عملية الاستناد إلى BIM لإجراء تحليلات الطاقة وتطوير المشاريع الحرارية للبناء في السياق البرتغالي. كما تم ربط نتائج المحاكاة بفئة كفاءة الطاقة من طريقة BSA البرتغالية SBToolPT-H لتحليل كيفية استخدام النتائج للتقييم استدامة المباني. يمكن للمصممين مقارنة تأثيرحلول الطاقة المختلفة على مستوى الاستدامة لمبانيهم في وقت مبكر مرحلة التصميم دون إنفاق الكثير من الوقت والمال والموارد الأخرى.

مما سبق نلاحظ أن استخدام BIM لتحليل طاقة المبنى يوفر آفاق جيدة لتشغيل تبادل البيانات وتحليلها على نطاق واسع ومقارنة بدائل التصميم. حيث في الدراسات السابقة تم عرض ربط برامج البيم ببرامج تحليل الطاقة ليتم تحليل النموذج الذي سبق تصميمه.لقد بينت الدراسات السابقة فعالية وضرورة استخدام بيم كأداة فعّالة وسريعة لتحليل طاقة المبنى ودعت الى مزيد من الدراسات حول بدائل وخيارات التصميم لتحقيق تخفيض التكاليف .لذلك ستقوم في البحث بدراسة أداء بعض البدائل التصميمية وانعكاسها بشكل مباشر على الكلفة لتحديد وفورات سنوية أعلى، مما يسمح باتخاذ قرار أدق فيما يتعلق ببدائل التصميم التي يمكن للمصمم أن يختارها لتخفيض تكاليف استهلاك الطاقة وتحسين استدامة المبنى.

طرائق البحث ومواده:

نظرا لتوفر خيارات متعددة من مواد العزل للأبنية وبتكاليف مقبولة سنعتمد في البحث خيار دراسة بدائل التصميم الحراري حيث يلعب التصميم الحراري الجيد للأبنية دوراً رئيسياً في تخفيض الأحمال الحرارية في المبنى.

تم اعتماد المنهج التجريبي من خلال دراسة ونمذجة مبنى خدمي باستخدام برنامج Revit ،كما تم عمل تحليل لطاقة المبنى باستخدام Revit وموقع green building studio للمقارنة بين أداء المبنى والتكاليف المترتبة لكل مادة عزل وبين تكاليف المبنى التقليدي. حيث تم اختيار البرنامج لانه يقوم بعمل التحليلات الحرارية وتقدير قيمة التكلفة الإجمالية و يتم استخدامه لتقليل التكلفة ورفع كفاءة المبنى وذلك من بدء عمل المشروع مروراً بتصديره وإدخال البيانات الأساسية انتهاء بعمل الاختبارات اللازمة لرفع كفاءة المبنى وتقليل التكلفة من خلال إظهار تأثير التعديلات في النموذج على الكلفة خلال دورة حياة المشروع باستخدام خيارات مختلفة لتوجيه وعزل المبنى باستخدام نوعين من مواد العزل وبالتالي

مقارنة التكاليف الكلية للمشروع متضمنة التنفيذ والتشغيل لتحديد تأثيرها واختيار الخيارات التي تتيح تخفيض استهلاك الطاقة وبالتالي تخفيض التكاليف الكلية للمبنى خلال مراحل دورة حياة المشروع.

تم إجراء تحليلات الطاقة وتقييم العديد من الخيارات لتوفير الطاقة استنادا إلى بيانات الطقس التفصيلية بحيث تم أخذ إحصاءات المناخ التاريخية في الاعتبار عند إنشاء نموذج الطاقة وذلك باستخدام

برنامج Green Building Studio.حيث يمكن استعمال أي برنامج لنمذجة البيم مع أي برنامج من برامج الاستدامة وذلك من خلال امتدادات وسيطية مثل LMXbg, CFI, LMXcfi, LMXoce. حيث تم استخدام الامتداد LMXbg في البحث.

يعتبر تحليل الطاقة للمبنى من الإجراءات المهمة نحو الاستدامة لاسيما أن البناء يستهلك 40% من الطاقة في العالم ويعتمد تحليل الطاقة على التعرف على الأحمال الحرارية للمبنى حيث يلعب التصميم الحراري الجيد للأبنية دوراً رئيسياً في تخفيض الأحمال الحرارية في المبنى، وبالتالي تخفيض استهلاك الطاقة، وتخفيض التكاليف التأسيسية لأنظمة التدفئة والتكييف وماتتطلبه من تكاليف تركيب وصيانة دورية. حيث تعتبر الأحمال الحرارية في المباني أحد المشاكل في استهلاك الطاقة. وتنقسم الأحمال الحرارية إلى قسمين أساسيين وفقاً لكود العزل الحراري السوري إلى داخلية تتولد من تشغيل التركيبات الكهربائية وكذلك الأشخاص الذين يشغلون المبنى. وخارجية تمثل الأحمال الحرارية التي تنتقل عبر غلاف المبنى.

الغاية والهدف من التصميم الحراري:

١-توفير الطاقة المستخدمة لأغراض التدفئة والتكييف.

٢- تخفيض الضياع الحراري. .

٣- تخفيض الكلفة التأسيسية والصيانة لأجهزة وتمديدات أنظمة التدفئة وتكييف الهواء .

٤- تأمين شروط الارتياح الحراري والأجواء الصحية لشاغلي البناء طيلة فصول السنة.

٥- تجنب حدوث التكاثف أو التقليل منه على السطوح الداخلية للبناء في المناطق الباردة عند استخدام التدفئة وتجنب الأضرار الناجمة عن ذلك.

٦ - تخفيض كلفة الصيانة الدورية الناتجة عن الإجهادات الحرارية للمباني.

٧- إطالة العمر الاستثماري للبناء.

العوامل المؤثرة في التصميم الحراري والتي تم أخذها بعين الاعتبار عند تحليل الطاقة:

درجات الحرارة الجافة التصميمية.

الرطوبة النسبية التصميمية.

معدل التهوية التصميم.

الاتجاه الجغرافي وشكل البناء وموقعه:

حيث يؤثر الاتجاه الجغرافي للبناء وشكله وموقعه على مقدار الفقد والكسب الحراري عبر عناصره الخارجية.

النتائج والمناقشة:

نبين فيما يلي النتائج التي تم التوصل لها وفق المراحل الثلاثة وهي نمذجة المبنى باستتخدام مواد العزل المقترحة ثم تنفيذ تحليل الطاقة وبعدها تقييم الوفورات الاقتصادية.

دراسة ونمذجة مبنى خدمي باستخدام برنامج Revit

تم اختيار مشروع مبنى سكني ونمذجته باستخدام برنامج REVIT مع استخدام Green building studio لتحليل طاقة المبنى.

وصف المشروع :

المشروع عبارة عن مبنى خدمي في مدينة بيروت بلبنان مؤلف من 4 طوابق متكررة بالإضافة إلى الطابق الأرضي والقبو مساحة الطابق 600 m2 و ارتفاع الطابق 3.4 m.

تم توجيه المبنى نحوى الجنوب الشمسي لتحقيق أفضل فائدة من أشعة الشمس كما في الشكل 1.

ويعتبر توجيه المبنى باتجاه الجنوب من أهم العوامل المؤثرة على أداء المبنى واستهلاكه للطاقة والحرارة، والتوجيه هنا يعني الاستغلال الأمثل للمساحة المقابلة للجنوب الشمسي بحيث يكون الجزء الأطول للبناء مقابل الجنوب لاكتساب أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية وذلك من خلال نوافذ أو أبواب ذات مساحة كبيرة تؤمن دخول الشمس إلى داخل المنزل وذلك يعود لقرب الشمس من سطح الأرض في فصل الشتاء، أما في فصل الصيف تكون بعيدة عن سطح الأرض وبالتالي يكون دخول الشمس محدود جدا ، ويتم توضيح هذه العملية من خلال عمل دراسة لحركة الشمس وتأثيرها على المبنى وذلك تبعا لموقعه والمناخ السائد في تلك المنطقة ، وهذا الأمر يوفره برنامج Revit من خيار sun setting.

الشكل 1 توجيه المبنى نحوى الجنوب الشمسي

بالنسبة للمواد العازلة فهي تصنع من العازلة للحرارة من مواد مختلفة، منها مواد تكونت في الطبيعة مثل الصخور البركانية الخفيفة الوزن كحجر الخفاف و البيرلايت المعالج بالحرارة ومنها ما يغزل بوساطة الحرارة كالصوف الصخري والألياف الزجاجية، ومنها ما يصنع من مواد كيميائية كالبولستيرين والبولي يوريثان.

وتتميز مواد العزل الحراري بكثافة منخفضة وبمعامل توصيل حراري منخفض نتيجة احتوائها على مسامات وفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز (تتميز الغازات بشكل عام برداءة التوصيل الحراري)، وهي موزعة بأحجام وأشكال مختلفة في المادة حيث تشكل نسبة كبيرة من الحجم الكلي للمادة.

يمكن تقسيم مواد العزل الحراري حسب مصادرها إلى خمسة أقسام:

المواد العازلة من أصل حيواني: مثل صوف وشعر الحيوانات، ويعتبر استخدامها كمواد عازلة محدوداً.

المواد العازلة من أصل جمادي: كالصوف الزجاجي، وهو من أفضل مواد العزل الحراري.

المواد العازلة الصناعية: وتشتمل المطاط والبلاستيك الرغوي، والأخير هو الأكثر شيوعاً، وأكثر ما يستخدم هو نوع البوليسترين البوليورثين الرغوي.

المواد العازلة من أصل نباتي: وتشتمل الألياف والمواد السيلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه.

المواد العازلة بتقنية النانو تيكنولوجي: وهي عبارة عن مواد سائلة، تدهن على سطح أفران أذابة الحديد للتخفيف من انبعاث الحرارة منها.

باعتبار أن الموقع المبنى في منطقة ساحلية قريب على البحر لذلك نحتاج لمواد عازلة مقاومتها جيدة للرطوبة ونفاذية الماء ومقاومة للعوامل الجوية وفي نفس الوقت يحقق الارتياح الحراري للمبنى.انطلاقا من المتطلبات السابقة مواد العزل التي تم اختيارها نتيجة فعاليتها العالية و سيتم مقارنتها هي :

البولستيرين :

الاسم التجاري (ستيروبور) وهي مادة عضوية ذات كفاءة عالية في العزل الحراري وكثافة مرتفعة ويمتاز بمقاومته العالية لنفاذية بخار الماء ومقاومة الحريق الإشعاع ومقاومته الكيماويات . وينتج إما بشكل حبيبات خفيفة الوزن جدا ويباع بالكيلو جرام أو بشكل ألواح مشكلة بطريقة الصب.

الصوف الزجاجي :

هو العزل الأكثر شيوعا في العصر الحديث. بسبب الطريقة التي يتم بها ذلك، من نسج فعال لخيوط دقيقة من الزجاج إلى المواد العازلة والألياف الزجاجية القادرة على تقليل انتقال الحرارة. ويكمن الجانب السلبي الرئيسي للألياف الزجاجية هو خطورتها عند التعامل معها بشكل غير سليم. لانها مصنوعة من الألياف الزجاجية من السليكون المنسوجة بدقة، ومسحوق الزجاج وشظايا صغيرة من الزجاج يتم تشكيلها.والتى يمكن أن تسبب أضرار للعينين والرئتين والجلد إذا لم يتم ارتداء معدات السلامة المناسبة. ومع ذلك، عندما يتم استخدام معدات السلامة المناسبة، يمكن تجنب وقوع اى حوادث عند تركيب الألياف الزجاجية.ويمتاز الصوف الزجاجي بأن له معامل توصيل منخفض ويتغير معامل التوصيل حسب الكثافة فكلما كانت كثافة الصوف الزجاجي مرتفعة كلما قل معامل التوصيل ويعتبر مادة جيدة في مقاومة الاحتراق وعازل للصوت ورخيصة الثمن وسهلة التنفيذ لكن مشكلتها هي تأثرها بالرطوبة والعوامل الجوية وقوة تحمل للضغط منخفضة .

طريقة العزل في كل حالة :

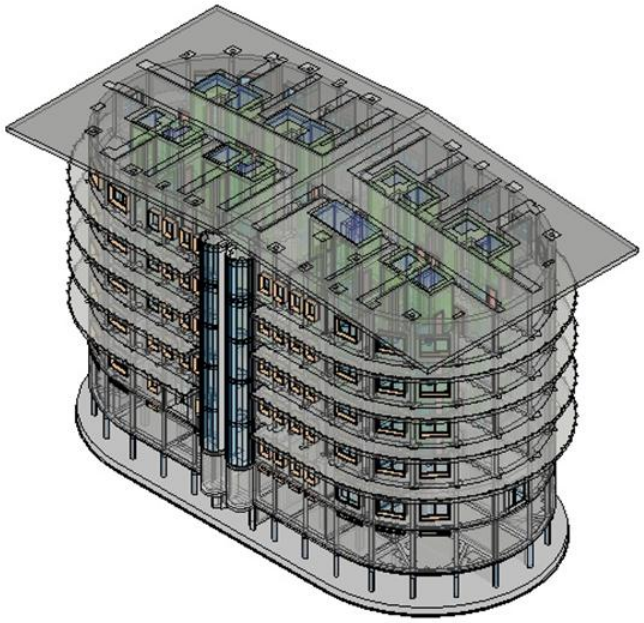
عند استخدام البولسترين :

تم تطبيق العزل من مادة البولسترين بسماكة cm6 للجدران الخارجية والبلاطات بحيث تعطي فعالية عزل عالي.

عند استخدام الصوف الزجاجي :

تم وضع طبقة من الصوف الزجاجي بسماكة cm8 بين طبقتين من البولسترين سماكة كل طبقة cm3

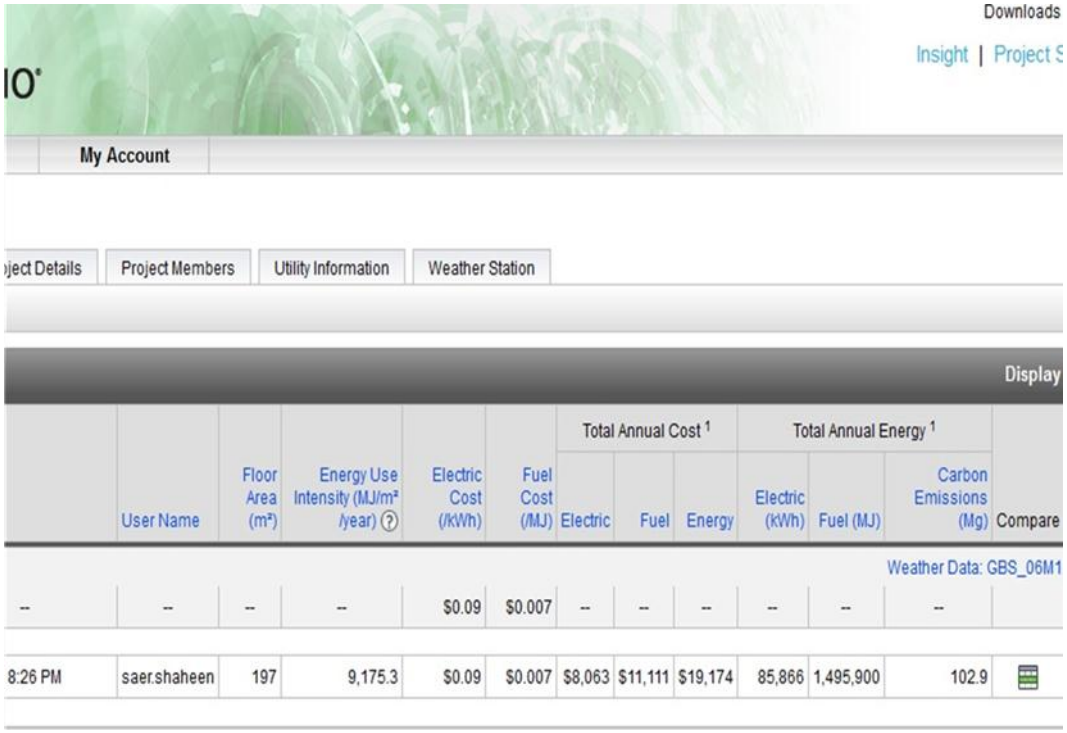
وتم الإبقاء على طبقة البولسترين cm6 في البلاطات حيث إن إضافة طبقة الصوف للجدران قللت من نسبة التكاليف السنوية للطاقة بنسبة كبيرة لأن النسبة الأكبر للضياع الحراري كانت عن طريق الجدران لهذا السبب قمنا بزيادة الصوف الزجاجي للجدران فقط وبوضع طبقتين البولسترين قمنا بحمايته من الرطوبة والعوامل الجوية إضافة إلى أن وضع طبقة الصوف أرخص من زيادة سماكة طبقة البولسترين يوضح الشكل 2 نموذج المبنى المدروس.



الشكل 2 نموذج المبنى المدروس

تحليل لطاقة المبنى باستخدام Revit وموقع green building studio

نلاحظ من الشكل 3 تكاليف الطاقة الكلية السنوية للمبنى التقليدي 19174 $ وذلك بدون عزل المبنى وهي القيم المحددة في البرنامج والتي يمكن حسابها بشكل تلقائي. ثم بتطبيق الخطوات السابقة وإعادة عمل نموذج جديد معزول وتحميله على green buiding نحصل على نتائج تحليل الطاقة باستخدام البولسترين وذلك باستخدام البولسترين بسماكة 6 cm في الجدران الخارجية والبلاطات حيث تم اختيار هذه السماكة لأنه عندما تم تجربة سماكة أقل لم تعطي فرق في كلفة استهلاك الطاقة عن البناء غير المعزول حيث تم تجربة سماكة 3 cm. حيث يوضح شكل 4 تكاليف الطاقة الكلية السنوية تصبح 14468$بنفس الإعدادات للمشروع.


Downloads

Insight | Project S

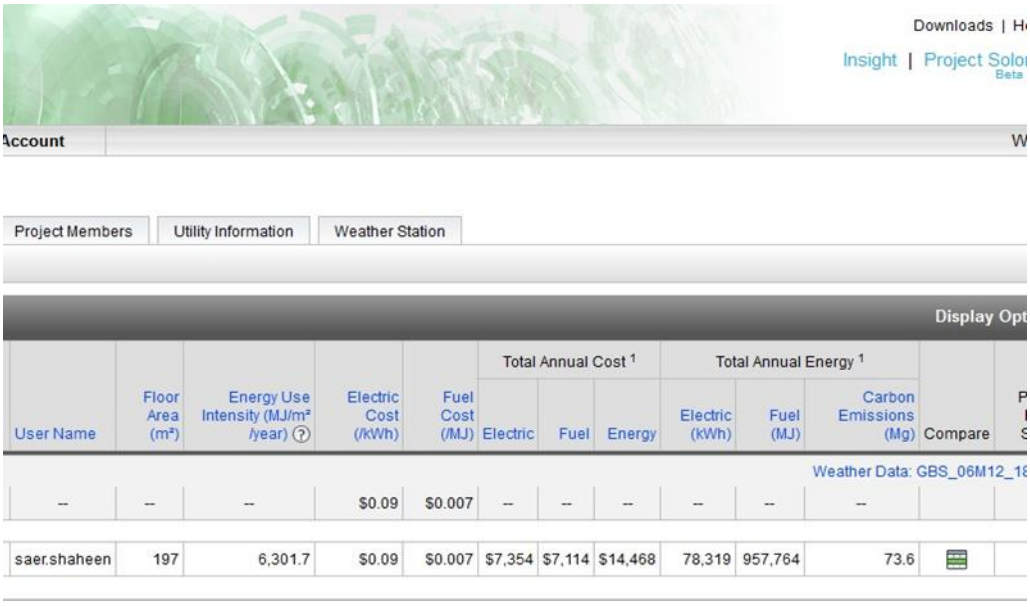
My Account

oject Details | Project Members | Utility Information | Weather Station

Display

User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m² /year)	Electric Cost (/kWh)	Fuel Cost (/MJ)	Total Annual Cost [1] Electric	Fuel	Energy	Total Annual Energy [1] Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare
											Weather Data: GBS_06M1
--	--	--	--	$0.09	$0.007	--	--	--	--	--	--	--
8:26 PM	saer.shaheen	197	9,175.3	$0.09	$0.007	$8,063	$11,111	$19,174	85,866	1,495,900	102.9	

الشكل 3 تكاليف الطاقة الكلية السنوية للمبنى التقليدي


Downloads | H

Insight | Project Solo Beta

Account W

Project Members | Utility Information | Weather Station

Display Opt

User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m² /year)	Electric Cost (/kWh)	Fuel Cost (/MJ)	Total Annual Cost [1] Electric	Fuel	Energy	Total Annual Energy [1] Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare
											Weather Data: GBS_06M12_18
--	--	--	$0.09	$0.007	--	--	--	--	--	--	--
saer.shaheen	197	6,301.7	$0.09	$0.007	$7,354	$7,114	$14,468	78,319	957,764	73.6	

الشكل 4 تكاليف الطاقة الكلية السنوية للمبنى المعزول باستخدام البولستيرين

ثم تم تحليل الطاقة باستخدام الصوف الزجاجي مع البولسترين باستخدام طبقة من الصوف الزجاجي سماكة 8cm بين طبقتين بولسترين كل طبقة 3cm مع الإبقاء على استخدام البولسترين في البلاطات تصبح التكاليف السنوية 5725$ مع نفس إعدادات المشروع .

من النتائج السابقة نلاحظ توفير مقداره 5000$ في السنة في حال استخدام البولسترين كما موضح في الشكل 4 وتوفير مقدار13000$ كما موضح في الشكل 5 في حال استخدام الصوف الزجاجي مع البولسترين. هذا التوفير هو الفرق في تكاليف الطاقة الكلية السنوية بين التقليدي والمعزول.

Project Members | Utility Information | Weather Station

Display Option

User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year)	Electric Cost (/kWh)	Fuel Cost (/MJ)	Total Annual Cost [1] Electric	Fuel	Energy	Total Annual Energy [1] Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare	Pote Ene Savi
Weather Data: GBS_06M12_18_1												
--	--	--	$0.09	$0.007	--	--	--	--	--	--		
saer.shaheen	197	2,380.8	$0.09	$0.007	$3,140	$2,585	$5,725	33,444	347,960	28.4		

الشكل 5 تكاليف الطاقة الكلية السنوية للمبنى المعزول باستخدام البولستيرين والصوف الزجاجي

مقارنة الوفورات الاقتصادية:

لمقارنة الوفورات بشكل صافي بعد احتساب تكاليف العزل تم حساب تكاليف استخدام مواد العزل :

حيث تم استخراج المساحات للجدران الخارجية فقط والبلاطات عن طريق جداول الكميات وتصديرها للإكسل ثم حسابها عن طريق الضرب بتكلفة m2 لمادة العزل مع تركيبها.

مجموع مساحات البلاطات هو 3400 m2=6*566 حيث 566 مساحة البلاطة الفعلي من الريفيت و6 عدد البلاطات .

مجموع مساحات البلاطات والجدران 4664m2= 1264+3400 .وباعتبار تكلفة سعر متر بوليسترين 10 $ تقديريا تصبح تكاليف العزل بالبوليسترين 46640$.

نلاحظ زيادة تكاليف المبنى بسبب العزل إلا أن هذه التكاليف يمكن استردادها خلال 9.3 = 46640/5000 سنة وبعدها يمكن تحقيق وفورات سنوية لاسنهلاك الطاقة .

في تكلفة طبقة الصوف مع البولستيرين زادت لدينا فقط تكلفة الصوف في الجدران الخارجية وتصبح التكلفة: 56752 $ = 46640 + 8*1264

نستطيع استردادها نتيجة الوفر من تكاليف الطاقة السنوية خالل مدة تساوي 4.36 = 56752/13000

أي خلال 4.3 سنوات تقريبا لاستهلاك الطاقة.

مما سبق نلاحظ أن عزل المبنى يزيد تكاليف المبنى حوالي 12 $ تقديريا للمتر المربع إلا أن هذه التكاليف يمكن استردادها بأقل من 5 سنوات وتحقيق وفورات سنوية تصل ل13000$ لكامل المبنى في حالة الدراسة والذي يخفض تكاليف استهلاك الطاقة وبالتالي تحسين استدامة المباني.

وبمقارنة النتيجة مع الوفورات المحددة في الأبحاث السابقة نرى أن التصميم الحراري باستخدام مواد عزل بخيارات محددة يعطي وفورات هامة نتيجة توفير تكاليف تجهيزات عالية . لأن بحسب ما أشارت بعض الأبحاث المعروضة

أعلاه (Glover,et all,2009) أن تحقيق كافة عناصر الاستدامة وفق معيار ليبد أعطى نتائج عالية في تحقيق المعايير البيئية وراحة المستخدمين إلا أن وفورات الطاقة كانت متواضعة نتيجة ارتفاع اسعار التجهيزات الأخرى مثل الألواح الشمسية وغيرها من تقنيات توفير الطاقة. وبالتالي لا بد من ضرورة دراسة كل عنصر من عناصر الاستدامة في حال كانت الأولوية تحقيق وفورات اقتصادية.

الاستنتاجات والتوصيات:

لقد عرض البحث تطبيق عملي لتحليل طاقة المبنى باستخدام BIM من خلال دراسة ونمذجة مبنى خدمي باستخدام برنامج Revit ،كما تم عمل تحليل لطاقة المبنى باستخدام Revit و Green building studio للمقارنة بين أداء المبنى والتكاليف المترتبة لكل مادة عزل وبين تكاليف المبنى التقليدي.حيث تم التوصل إلى أن BIM يساعد بتنفيذ تحليل الطاقة بسرعة عالية وأظهر استخدام نوعين من مواد العزل بأنه يمكننا تحقيق وفورات تصل الى 13000$ سنويا بعد فترة الاسترداد التي بلغت 4.3سنة أي تقريبا 2.8$ للمتر المربع وبالتالي تخفيض تكاليف استهلاك الطاقة وتحسين استدامة المباني. بناء عليه نوصي باستخدام BIM لتحليل طاقة المبنى باستخدام بدائل متعددة للتصميم ودراسة الوفورات الناتجة عن استخدام مواد العزل المختلفة وبأماكن مختلفة. كما نوصي بدراسة عزل الفتحات ايضا وعدم الاكتفاء بالجدران والبلاطات وتطبيق معايير الاستدامة الأخرى وتحليل ودراسة التاثير الاقتصادي لاستخدامها.

References:

- A. S. SHIVSHARAN, MRS. D. R. VAIDYA, PROF. R. D. SHINDE. 3D Modeling and Energy Analysis of a Residential Building using BIM Tools. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056 Volume: 04 Issue: 07 | July -2017.

- ABHILASH JANGALVE, VIJAYRATNA KAMBLE, SHIVRAJ GAWANDI, NIRALI RAMANI .Energy Analysis of Residential Building Using BIM, International journal of Emerging Engineering Technology and Science. IJEETSV108.

- ABDULKADER MURAD, AMAL SHAMSUDIN, TAWFIK BISHAWI, Improving thermal performance in the internal environment of residential buildings in Egypt using smart facades. Journal Of Al Azhar University Engineering Sector Vol. 12, No. 44, July, 2017, 1225-1241.

-CHUAH,J., Analysis and Optimization of Building Energy Consumption , Princeton University, USA, 2013,78.

-ESSAM S. ABDELMAGID, A. MAHDAVI, M. RADWAN, using simulation to evaluate and improve the thermal performance of courtyard office buildings in cairo.
Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 37, No. 3, pp. 779-788, May 2009.

- JOSÉ PEDRO CARVALHO , MANUELA ALMEIDA , LUÍS BRAGANÇA AND RICARDO MATEUS, BIM-Based Energy Analysis and Sustainability Assessment—Application to Portuguese Buildings. Buildings 2021, 11, 246. https://doi.org/10.3390/buildings11060246.

-GORDENIAN GUIDE FOR GREEN BUILDING,Go green, www.qac.jo,2013 .

-Glover,T; Golinveaux,T; Wood,M. "Environmentally Sustainable Design for a Residential Building", A Major Qualifying Project Report Submitted to the Faculty of the worcester polytechnic institute ,civil engineering,Ingland.March,2009,137.

-GBES LEED Green Associate Study Guide, Green building educational service LLC, Green building educational service LLC copyright. 2009.
- N. LEPKOVA, R. MAYA, S. AHMED, AND V. ŠARKA, "BIM Implementation Maturity Level and Proposed Approach for the Upgrade in Lithuania," International Journal of BIM and Engineering Science, vol. 2, no. 1, pp. 22–38, 2019.
-OMRAN J., How to Achieve Sustainable Building Design and Operation with Building Information Modeling, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies 42(2):217-232, May 2020.
- MAYA R, HASAN R. Proposing Criteria for Assessing the Sustainability of Residential Buildings in Syria and Measuring their Application,Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies 43(1):2021.
-RICHARD REED , SARA WILKINSON , ANITA BILOS, KARL-WERNER SCHULTE. A Comparison of International Sustainable Building Tools – An Update, The 17th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference, Gold Coast 16-19 January 2011.
-THOMAS,NG."A Multi- Objective Optimization Model for Sustainable Building Design Using Genetic Algorithm and Fuzzy Set Theory "The CIB joint International Conference on Management of Construction: Research to Practice, Montreal, China, June 2012,26-29.
- YASER,A., Sustainable Building Performance Analysis Using BIM Software – Simulation Accuracy Assessment,BIM arabia,Vol 1, No 1,November,2019.