Journal of Technology Research (JTR)
Volume 3, Special Issue, (2025), pp 328-345, ISSN 3005-639X
The 7th Conference of Engineering Sciences and Technology
(CEST-2025)

Challenges and Prospects of Using Thermal Simulation Programs to Improve the Thermal Performance of Building Envelopes: Case Study-Buildings on the Libyan Coast

Wafa M. Debbek*[1], Mohamed S. Eforgani[2], Giamal Mashina [2]

[1]Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Misurata University, Misurata, Libya.
[2] Civil and Architectural Engineering Department, Libyan Academy for Postgraduate Studies, Janzur, Libya.
*Corresponding author email: Wafadebbek@gmail.com.

Received: 27-08-2025 | Accepted: 15-11-2025 | Available online: 25-12-2025 | DOI:10.26629/jtr.2025.34

ABSTRACT

The design team faces several challenges in selecting the appropriate building envelope to enhance the quality of the internal thermal environment. The research aims to identify the difficulties faced by the design team when using thermal simulation programs to improve the efficiency of the envelope used in the study sample buildings, to identify the availability of the properties of the materials used in the envelope when analysing their efficiency using thermal simulation programs, and to establish the most important foundations for selecting envelope materials to achieve enhanced internal environmental quality. The research methodology relies on a descriptive approach by studying previous literature and comparing the Design Builder, Ecotect, and Rhino programs to identify the prospects and challenges of using thermal simulation programs to study the thermal comfort of the building envelope. The analytical approach was used, where a reference laboratory project for thermal analysis was used using the three aforementioned programs to compare and simulate the stages that the design team will go through while working on the thermal analysis with the programs. Six indicators were identified for comparison between the programs (user interface, building modelling, availability of information, availability of default values, weather file, simulation, results), and the total weights of the indicators were (17), with Design Builder receiving (14), Ecotect (11), and Rhino (7).The study recommended that the state pay attention to providing a database of the thermal properties of the building materials used, providing a database of weather files for Libyan cities in monitoring centers, and training design teams to use one of these programs so that they can reach useful results to enhance the thermal comfort of the building envelope. Considering that thermal simulation programs are expensive, engineering companies should be encouraged to use them by providing exemptions and incentives. The study also concluded that the owner must be obligated to provide a thermal comfort range approved by an official authority.

Keywords: Thermal performance, building envelope, simulation software, design processes, design team characteristics.

تحديات وآفاق استخدام برامج المحاكاة لتعزيز الأداء الحراري لغلاف المبنى

(حالة دراسية: المباني على الساحل الليبي)

وفاء محمد دبك [1]، محمد الصغير الفرجاني [2]، جمال عبد الرحمن ماشينة [2]

[1]قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، مصراته، ليبيا.

[2]قسم الهندسة المدنية والمعمارية، مدرسة العلوم التطبيقية والهندسية، الاكاديمية الليبية للدراسات العليا، جنزور ، ليبيا.

"Articles published in *J Technol Res* are licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License."

ملخـــــص البحـــــث

يواجه فريق التصميم عدة تحديات في اختيار الغلاف الخارجي الملائم للمبنى لتعزيز جودة البيئة الحرارية الداخلية ، يهدف هذا البحث الى تحديد الصعوبات التي تواجه فريق التصميم عند استخدام برامج المحاكاة الحرارية لتحسين كفاءة الغلاف الخارجي المستخدم في مبنى عينة الدراسة، والتعرف على مدى توفر خصائص المواد المستعملة في الغلاف الخارجي عند تحليل كفاءاتها باستخدام برامج المحاكاة الحرارية، و وضع اهم الاسس عند اختيار مواد الغلاف للوصول لتعزيز جودة البيئة الداخلية. تعتمد منهجية البحث على المنهج الوصفي بدراسة الادبيات السابقة، والمقارنة بين البرامج (Design Builder و Ecotect و Rhino) لتحديد افاق وتحديات استخدام برامج المحاكاة الحرارية لدراسة الراحة الحرارية ، والمنهج التحليلي حيث تم استخدام مشروع مختبر مرجعي للتحليل الحراري باستخدام البرامج الثلاثة التي سبق ذكرها للمقارنة ومحاكاة المراحل التي سيمر بها فريق التصميم خلال العمل على التحليل الحراري ، وتم تحديد ستة مؤشرات للمقارنة بين البرامج وهي(واجهة المستخدم، نمذجة المبنى، توفر المعلومات، توفر القيم الافتراضية، ملف الطقس، المحاكاة، النتائج) ومجموع اوزان المؤشرات (17) حيث تحصل (Design Builder) علي (14) و(Ecotect)على (11) و(Rhino)(7) نقاط. اوصت الدراسة بإيلاء الدولة الاهتمام بتوفير قاعدة بيانات للخصائص الحرارية لمواد البناء المستخدمة، توفير قاعدة بيانات خاصة بملفات طقس المدن الليبية في مراكز الرصد، تدريب فرق التصميم على استخدام أحد هذه البرامج حتى يتمكن من الوصول الى نتائج مفيدة لتعزيز الراحة الحرارية لغلاف المبنى، باعتبار برامج المحاكاة الحرارية عالية التكلفة يجب تشجيع الشركات الهندسية على استخدامها بتقديم الإعفاءات والحوافز ، كما خلصت الدراسة إلى ضرورة إلزام المالك بتوفير نطاق راحة حرارية معتمد من جهة رسمية.

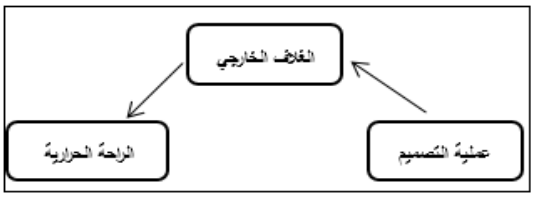
الكلمات الدالة: الأداء الحراري، غلاف المبنى، برامج المحاكاة، عمليات التصميم، خصائص فريق التصميم.

1. المقدمـة

الدور الأساسي لغلاف المبنى هو الحماية من تأثيرات البيئة الخارجية غير المرغوب فيها من ظروف المناخ، وباعتبار ان غلاف المبنى هو العنصر المعماري الأبرز في المبنى فإنه يلعب دورا رئيسيا في التحكم بالراحة الحرارية للفراغات الداخلية[1] ، الفراغات الداخلية للمبنى تعاني من تدني مستوى الراحة الحرارية هذا التدني يمكن حله بشكل ادق من خلال استخدام برامج التحليل الحراري، تعد نسبة وعي فرق التصميم بأهمية هذه البرامج محدودة ولذلك قام الباحثون بدراسة تطبيق البرمجيات البار مترية لقياس الراحة الحرارية للفراغات العمرانية لتحسين مؤشرات جودة الحياة[2] ، هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات حول أداء غلاف المبنى نظرا لأهمية تقييم الحلول في مرحلة التصميم ، يعد تقييم أداء غلاف المبنى خطوة أولى نحو رفع مستوى الأداء الحراري. [3]

هذا يقودنا الي عدة تساؤلات تواجه فريق التصميم عند استخدام برامج التحليل لرفع كفاءة الأداء الحراري لغلاف المبنى كونه العنصر الرئيسي الذي يتعرض للعوامل الخارجية ووظيفته توفير بيئة داخلية مريحة.

يواجه فريق التصميم عدة تحديات في اختيار النوعية الملائمة لغلاف المبنى لتعزيز جودة البيئة الداخلية والتي أهمها الراحة الحرارية داخل الفراغات، يهدف البحث الى تحديد الصعوبات التي تواجه فريق التصميم عند تضمين مواد الغلاف الخارجي باستخدام برامج المحاكاة الحرارية ، والتعرف على مدى كفاءة مواد الغلاف الخارجي المستخدمة في مباني عينة الدراسة ، و مدي توفر خصائص المواد المستعملة في الغلاف الخارجي عند تحليل كفاءاتها باستخدام برامج المحاكاة الحرارية ، و وضع أهم الاسس عند اختيار غلاف المبنى للوصول لتعزيز جودة البيئة الداخلية .



شكل 1. الإطار النظري للبحث

2. الجانب العملي والمنهجية:

تعتمد منهجية البحث على:

– المقارنة بين برامج التحليل الحراري للتعرف على افاق وتحديات استخدام برامج التحليل لرفع أداء غلاف المبنى .

– المنهج التحليل الاستنباطي من خلال الاستعانة بمبنى مختبر مرجعي لتحليله في البرامج الثلاثة لمحاكاة التحديات التي ستواجه فريق التصميم عند استخدام هذه البرامج .

تعرف الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف

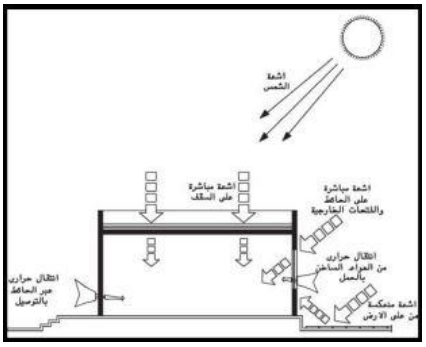
(ASHRAE) الراحة الحرارية بأنها حالة من العقل يعبر فيها الشخص عن ارتياحه للبيئة الحرارية [4].

تتوقف الراحة الفسيولوجية للإنسان على التأثير الشامل لمجموعة عوامل. وحدد **(Macpherson)** في عام 1962، العوامل المؤثرة على الإحساس الحراري بستة عوامل، منها أربع متغيرات فيزيائية تشمل:

درجة حرارة الهواء، وسرعة الهواء، والرطوبة النسبية، ومتوسط حرارة الإشعاع. ومتغيرات شخصية تشمل الملابس ومستوى النشاط (معدل الأيض) [5].

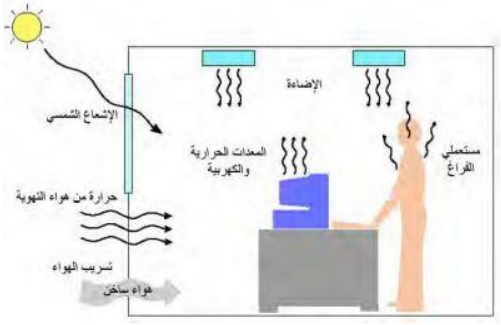
تخضع عملية تصميم غلاف المبنى لعدة متغيرات مختلفة ومتعددة وقد قام الباحثون والمتخصصون بدراسة كل عنصر من عناصر التصميم على حده مع تحييد باقي عناصر التشكيل العمراني، فمنهم من عمل على دراسة التوجيه الأفضل ونسبة قطاعات الشارع إلى الارتفاع ومنهم من عمل على تطوير الفراغات العمرانية وتشكيلها واخرون اهتموا بقياس الراحة الحرارية بالتشكيل العمراني من خلال إضافة عناصر التشجير والمسطحات الخضراء وتغيير مواد التشطيب، وقد استخدم معظم الباحثين في تقييم أداء تلك العناصر برامج المحاكاة ومازالت تلك المحاولات مستمرة حول العالم نظرا للتقدم والتطور السريع في هذه التقنيات وكذلك بسبب التغيير المناخي العالمي **[6]** .

وتتمثل العناصر المعمارية المؤثرة على الراحة الحرارية الداخلية في : تخطيط الموقع المسطحات الخضراء، وشكل المبنى، وتوجيه المبنى، وغلاف المبنى، يعتبر غلاف المبنى العامل الأساسي في التحكم في الراحة الحرارية للفراغات، ويشمل غلاف المبنى كلا من الأسقف، والحوائط، والأبواب، والنوافذ، والشكل (2) يوضح الأحمال الحرارية الخارجية التي يتعرض لها غلاف المبنى.



شكل 2. لأحمال الحرارية التي يتعرض لها الغلاف المبنى

حيث يتم انتقال الحرارة الى الفراغ الداخلي للمبنى من خلال التوصيل والحمل والإشعاع الحراري، ويتعرض الفراغ الداخلي لأحمال حرارية داخلية من العوامل الداخلية التي تنتج عن شاغلي المبنى والإضاءة والمعدات الكهربائية داخل الفراغ، كما وضح بالشكل رقم (3).



شكل 3. الأحمال الحرارية التي يتعرض لها المبنى

يمر المشروع بثلاث مراحل ابتداء من موجز المالك والرسومات الابتدائية والنهائية إلى مرحلة التعاقد، تتم هذه العملية بعدة مناهج وأساليب أكثرها شيوعا الأسلوب التقليدي وأسلوب شارت وأسلوب BIM، تعتبر عملية التصميم اهم مرحلة في عمر المشروع [7].

حيث ان مستوى خصائص فريق التصميم يلعب دور أساسي في تحسين مستوى مخرجات التصميم، ويتبين ان اغلب فرق التصميم ذات دراية كافية بالخصائص العامة للتصميم مثل المعرفة والخبرة وإدارة عمليات التصميم، ولكن تفتقر الى المهارات الكافية لتضمين متطلبات الراحة الحرارية [8].

ويعتبر تدني التدريب والتعليم المستمر بمتطلبات الراحة الحرارية أهم عوامل تدنى الأداء الحراري للمباني، ويشترط توفر حد أدنى مهارات لدى فريق التصميم لترجمة المعرفة الي تطبيق خلال عمليات التصميم، حيث يعتمد فريق التصميم للتوصل إلى مبنى مريح حراريا الى استخدام برامج الحاسوب للحسابات الحرارية [9].

من المعروف أن القرارات المتخذة خلال المراحل الأولى من تصميم المبنى يكون لها دور كبير في ضمان الأداء النهائي الجيد، وبالتالي فإن نتائج محاكاة الراحة الحرارية مهمة نحو توسيع قدرات فريق التصميم لاتخاذ خيارات مستنيرة [10].

غلاف المبنى يتكون من عدة أنواع من مواد البناء لكل منها خصائص فيزيائية وحرارية مختلفة، هذه الخصائص تعطينا مؤشرات لأداء الانتقال الحراري لغلاف المبنى حيث يعتمد تصميم المسكن التقليدي على مبدأ مقاومة انتقال الحرارة وتقليل الكسب الحراري وعكس الاشعة الشمسية قدر الإمكان **[11]**.

يعتبر التصميم التقليدي أحد أنواع التصميم السلبي، وتتمثل استفادة التصميم السلبي من تدفقات الطاقة الطبيعية باستخدام التوجيه المناسب وتحديد نسيج غلاف المبنى لمنع أو تقليل اكتساب الحرارة وتوفير التظليل من الاشعاع الشمسي **[12]**.

شكل 4. غلاف مبنى أبراج البحر.

أتاحت الثورة الرقمية تصميم مباني ذات غلاف ديناميكي متغير وفق الظروف البيئية، ترفع من الأداء الحراري للفراغات الداخلية، كما في غلاف مبنى أبراج البحر حيث يتكون الغلاف من عدد كبير من المثلثات المغلفة بالألياف الزجاجية تفتح وتغلق اعتمادا على موقع وشدة ضوء الشمس كما هو موضح بالشكل(4) **[13]**.

خلال سنوات القرن العشرين أجريت العديد من الدراسات حددت النطاق المريح للإنسان بتحديد حد أقصى و أدنى للظروف المريحة كمحددات كمية، بعض الدراسات اهتمت بتمثيل نطاق الراحة على منحنى يمكن تحديد نطاق الراحة، و من اشهر الطرق لتقييم الراحة الحرارية للمباني هي طرق التقييم البايو مناخية، و درجة الحرارة

المؤثرة القياسية SET، جداول ماهوني (Mahoney) ، نموذج الراحة فانجر **[14]**.

أجري فانجر PO Fanger سنة 1967 بحث طور فيه هذا النموذج الذي يمثل على شكل رسم بياني يعتبر النموذج الأشهر والأسهل في الاستخدام، الذي يعتمد على مقياسين أساسين هما (PPD) الذي يمثل النسبة المئوية المتوقعة لغير الراضيين و (PMV) مقياس الإحساس الحراري لمتوسط التصويت المتوقع، استخدم فيه العديد من التجارب التي شملت أشخاصا في بيئات مختلفة مع استخدام مقياس الإحساس الحراري، لتحديد استجابة الأشخاص للمتغيرات المؤثرة على الراحة الحرارية، حيث حدد منطقة الراحة الحرارية المقبولة:

PMV : نطاق −0.5 الى +0.5 يعرف هذا النطاق بالنطاق الحياد الحراري حيث من المتوقع ان معظم الأشخاص سيشعرون بالراحة و الرضا عن الظروف الحرارية.

PPD ≥ 10% يشير هذا المبدأ إلى أنه إذا كان نسبة PPD 10% أو أقل من المتوقع أنه معظم الأشخاص سيشعرون بالراحة و الرضا عن الظروف الحرارية.

PPD ≥ 20% للمباني العامة ، حيث يكون نسبة عدم الرضا اعلى قليلا نتيجة التفضيلات الشخصية **[15]**.

مع التطور المتزايد لتقنيات قياس الراحة الحرارية والاهتمام باستخدام برامج الحاسوب أصبح في الإمكان إنشاء نماذج تحاكي المبنى بجميع تفاصيله وخصائصه الحرارية والفيزيائية وبيانات لمناخ الموقع لدراسة تأثير غلاف المبنى على مستوي الراحة الحرارية، تعتبر أحد التطورات الواعدة التي طرأت على مجالات الهندسة هي نمذجة معلومات البناء BIM. **[16]**

BIM (Building Information Modeling) وتشمل برامج البيم التي ضمن مجال العمارة الخضراء والاستدامة برامج محاكاة لأداء المبنى الحراري ومن اشهرها:

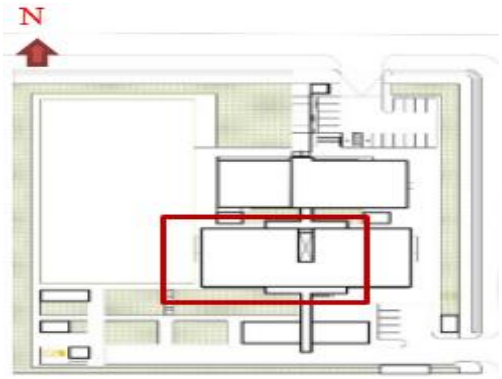
- Ecotect
- DesignBuilder
- Rhino (Honeybee , ladybug)

في هذه الدراسة أجريت مقارنة بين البرامج الثلاثة، حسب المؤشرات التي أوردها G. Osma في دراسته وهي:

1. وضوح وتنظيم واجهة المستخدم.
2. توفر ملف المناخ بسهولة
3. نمذجة المبنى.
4. توفر معلومات حول استخدام الأداة.
5. توفر قيم افتراضية موثوقة في الواجهة وسهولة تغيير هذه القيم.
6. المحاكاة.

7. النتائج.

تم تطبيق محاكاة لعملية التصميم والظروف التي يمر بها فريق التصميم اثناء استخدام برامج المحاكاة الحرارية الثلاث من خلال دراسة السلوك الحراري لمبنى.



شكل 5. نموذج التحليل.

مشروع مختبر مرجعي يقع في مدينة طرابلس ، تم التحليل على كتلة المعمل المحددة بالمربع الأحمر في الشكل (5) التي تبلغ مساحتها 1000 متر مربع ، كتلة المعمل تعمل حراريا بشكل منفصل عن باقي مكونات المشروع ولا تتأثر

حراريا بأي جزء من المشروع ، غلاف المعمل عبارة عن واجهتين زجاج شمالية و جنوبية بتكسية كاسرات أفقية من الألمونيوم و واجهتين شرقية و غربية جدران مصمتة كما بالشكل (6) ، مواد الغلاف الحالية لا يتوفر لها أي خصائص حرارية

شكل 6. غلاف مبنى نموذج التحليل.

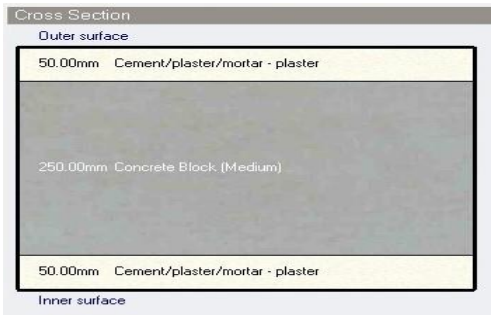
جدول الاشغال

Schedule type						1-7/12 Schedule
Design Days						
Design day definition method						1-End use defaults
Use end-use default						2-Occupancy
Profiles						
M...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
F...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
M...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
Apr	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
M...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
Jun	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
Jul	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
A...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
S...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
Oct	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
N...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00
D...	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off	8:00 to 18:00

الشكل (7) يوضح جدول الشغال لمبنى المعمل، الخصائص الحرارية المستخدمة لمواد غلاف المبنى متطابقة خلال التحليل الحراري للبرامج الثلاثة، تم الاستعانة بالخصائص التي توفرها مكتبة المواد في برنامج Design Builder.

مواد غلاف المبنى:

1- الجدران الخارجية و الداخلية:



شكل 8. يوضح مواد الجدران.

الشكل (8) يوضح مواد الجدران الداخلية و الخارجية ، السعة الحرارية للجدار بسمك 0.35 م هي 109.9 كيلو جول / م مربع_ك ، و مقاومة الجدار 0.946 م² –ك / وات

2- السقف:

الشكل (9) يوضح مواد السقف ، السعة الحرارية للسقف بسمك 0.39 م هي 177.6240 كيلو جول / م ² _ك .

شكل 9. الشكل يوضح مواد السقف

3- الأرضية:

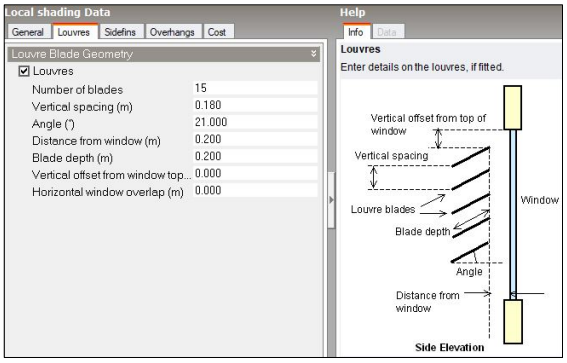
شكل7. جدول الإشغال للمعمل

شكل 10: الشكل يوضح مواد الأرضية

الشكل (10) يوضح مواد الأرضية، السعة الحرارية للأرضية بسمك 0.16 م هي 138.0386 كيلو جول / م ² _ك.

4- زجاج مزدوج 3 مم / 13 مم هوائي ، اجمالي نفاذية الطاقة الشمسية 0.764.

5- كاسرات الشمس من الألومنيوم كما بالشكل (11) لها امتصاص حراري (الانبعاث): 0.900.



شكل 11. نافذة إضافة الكاسرات.

خلال العمل على النموذج الموضح بالشكل (6) تم تحليله بغلاف مبنى بدون كاسرات من ثم بغلاف مبنى بكاسرات. تسرب الهواء في النموذج بمعدل ثابت (تيار متردد / ساعة) بقيمة 0.700 هذه القيمة مضافة افتراضيا من برنامج Design Builder الذي تم اعتماده من (ASREE) الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف ، بالتالي كل القيم الافتراضية في البرنامج هي قيم معتمدة من قبل ASREE .

2.1 برنامج Design Builder:

يعتبر Design Builder v4.2 أحد برامج البيم الخضراء GREEN BIM فهو يوفر مجموعة من بيانات الأداء البيئي و الحراري مثل: استهلاك الطاقة السنوي، و أحجام مكونات التدفئة و التهوية و تكييف الهواء HVAC ، و دراسة الأحمال الحرارية للمبنى، و نماذج أنظمة التحكم في الإضاءة و حساب التوفير في استهلاك الكهرباء و حساب الراحة الحرارية .

ويستخدم البرنامج محرك المحاكاة الديناميكي Energy Plus v8 لإنشاء بيانات الطقس **[15]**.

2.2 واجهة المستخدم

تنقسم واجهة البرنامج كما هو موضح بالشكل (12) إلي ثلاثة أجزاء من اليسار جزء التنقل بين عناصر المشروع التي توفر انسيابية في التنقل بين عناصر المشروع بالتدريج ابتداء من الكتلة المبنى الي كل فراغ من ثم إلى كل عنصر في الفراغ ليضمن سهولة الوصول إلى كل عنصر في المشروع، الجزء الثاني الأوسط هو Edit screen التي تتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هي Model data يشمل تبويبات المدخلات للمشروع، وفي الأسفل تجد ال Screen Tabs التي تمثل تبويبات المخرجات، توفر أدوات رسم المبنى أداة مخصصة لرسم كل عنصر في المبنى .

2.3 نمذجة المبنى:

أ-استيراد ملفات dwg، dxf

يسمح البرنامج من استيراد الملفات بصيغة dxf .

ب- إدخال ملف الطقس :

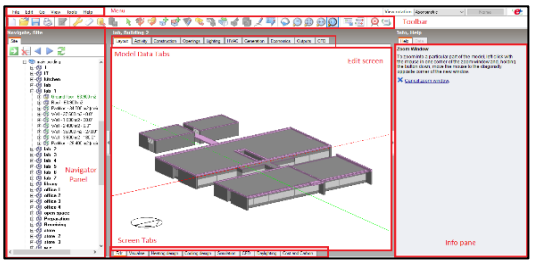
يتم اختيار المدينة الموجود بها المشروع حيث يقوم البرنامج بتوفير ملف الطقس للمدينة من خلال EnergyPlus، في هذا المشروع تم اختيار مدينة طرابلس حيث توفر ملف طقس لها في البرنامج ولكن بعض المدن قد لا يتوفر لها ملف طقس من البرنامج مما يضطر المستخدم للبحث عن ملف الطقس في موقع EnergyPlus واضافته يدويا.

ت- الرسم وتعريف العناصر :

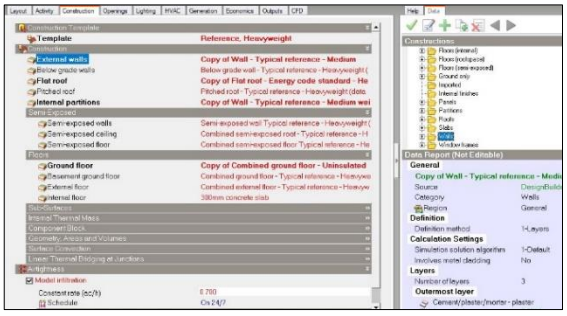
يوفر البرنامج عدة أدوات للرسم ، كل أداة مخصصة لرسم عنصر معين من المبنى، الميزة في توفير أدوات مخصصة للعناصر هي عند تضمين مواد البناء لكل عنصر ستجد في تبويب البناء خيارات لكل عنصر ابتداء من غلاف المبنى، من ثم الفواصل داخلية حيث يحدد لها مركبات وعناصر مادة البناء الخاصة . وفي تبويب الفتحات يتم تحديد نوع الزجاج ونوع الأبواب سواء من مكتبة البرنامج او بإضافة مواد جديدة.

ث- مواد البناء

من خلال تبويب البناء الموضح في الشكل (13) يمكن تضـــمين مواد البناء لمكونات غلاف المبني، يقســـم المبنى لعناصر يختار المستخدم أي عنصر يريد إضافة مواد البناء له ، او التعديل على مواد موجودة مسبقا في مكتبة البرنامج، المكتبة تعرض في تبويب بيانات تشمل مجموعة متنوعة من مواد البناء لكل عنصـر في المبنى مع إمكانية التعديل على الخصـــائص الحرارية وانشـــاء نسخة خاصة بالمستخدم، أيضا يوفر نافذة مخصصة لإضافة كاسرات الشمس مما يسهل على فريق التصميم إضـــافة الحلول التصـــميمية لغلاف المبنى المتعارف عليها بسهولة.



شكل 11. واجهة المستخدم



شكل 13. تبويب البناء

يوفر البرنامج كما هو موضح بالشكل (13) مرونة في إضافة مواد البناء، وسهولة التعديل عليها وانشاء نسخ جديدة، وعند تضمين مادة جديدة توفر خصائص حرارية لها (الموصلية، الحرارة النوعية، الكثافة).

3-مدى توفر معلومات حول استخدام الأداة :

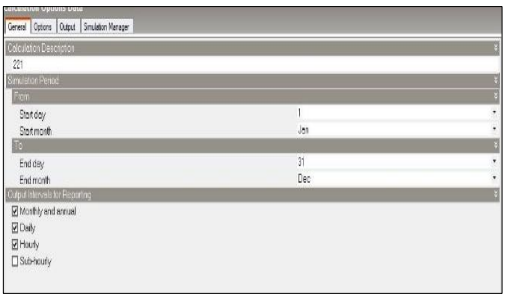
يوفر الموقع الرســـمي للبرنامج برنامجا تدريبيا متكاملا مجانيا يمكن فريق التصـــميم من تعلم البرنامج، يعتبر البرنامج شـــائع الاســـتخدام بالنســـبة للباحثين في مجال الاســـتدامة لذلك يتوفر العديد من الأوراق البحثية في مختلف مجالات استخدام البرنامج.

4-مدى توفر قيم افتراضية موثوقة في الواجهة وسهولة تغيير هذه القيم :

البرنامج معتمد من الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف ويوفر قيما افتراضية من الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف مع إمكانية تعديل القيم في الحالات الخاصة.

2.4 المحاكاة

من تبويب المحاكاة في النافذة الرئيسية كما بالشكل (14) يمكننا الوصـول إلى نافذة التحليل، يتم ادخال اسم التحليل من وصف الحسابات، ومن خلال مدة المحاكاة يمكن اختيار بداية ونهاية التحليل وتحديد نطاق التحليل.

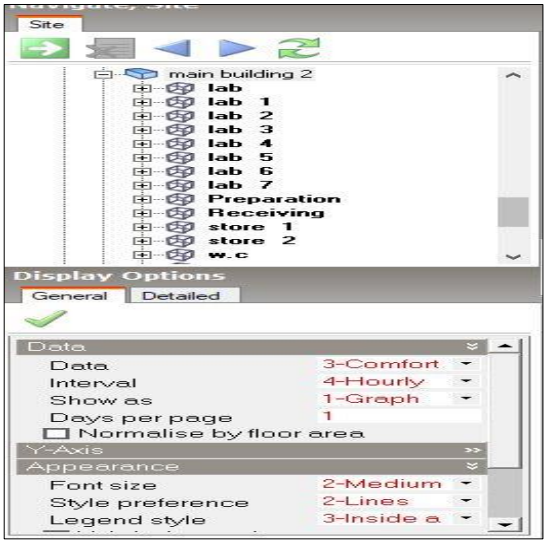


شكل 14. نافذة المحاكاة

3. النتائج

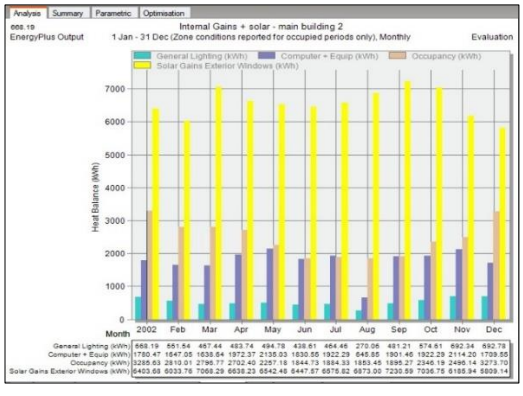
من خلال الشكل 15 يمكن اختيار اظهار النتائج على أي مستوى في المبنى اما المبنى كامل أو احد الفراغات، تبويب عام يوجد عدة خيارات لإظهار النتائج من قائمة بيانات يمكن اختيار نوع التحليل المطلوب (Comfort، Site data، All , Internal gains , Fabric and ventilation).

من خلال تبويب مفصـــــل يعرض لك جميع التحاليل يمكنك اختيار أي تحليل تريد عرضـــــه، من قائمة Interval يتم اختيار مدة عرض التحليل (Annual، Monthly، Daily، Hourly، Sub-hourly) ومن خلال قائمة عرض يمكن اختيار عرض التحليل كمخطط أو جدول ، كما يمكن تصـــــدير النتيجة كتقرير في ملف word، Excel .

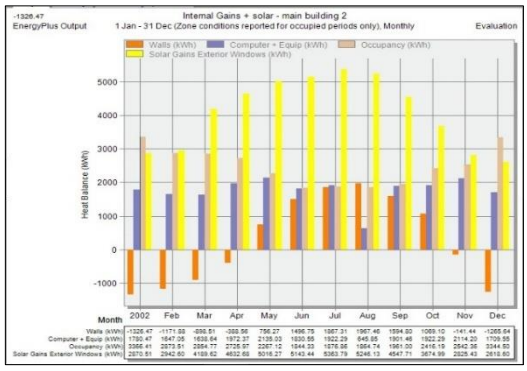


شكل 15. قائمة عرض النتائج

الشكل (16 ، 17) يوضح مخطط مصادر الكسب الحراري لغلاف المبنى قبل و بعد إضافة الكاسرات للغلاف بالتالي يمكن لفريق التصميم التحقق من فاعلية أداء أي حل تصميمي يضاف للغلاف .

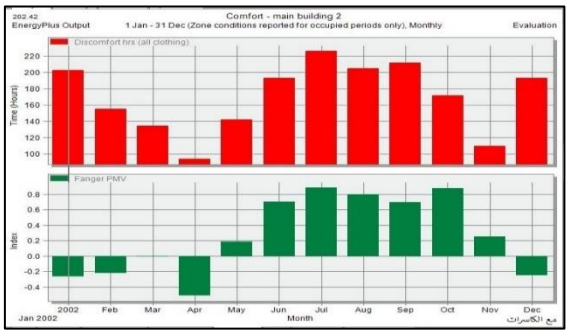


شكل 16. مخطط مصادر الكسب الحراري بدون كاسرات



شكل 17. مخطط مصادر الكسب الحراري مع كاسرات

أيضا يوفر البرنامج عرض مخطط ساعات عدم الراحة و PMV كما بالشكل (18) و للحصول علىPPD يوفر حاسبة يتم ادخال القيم يدويا للحصول على نتيجة PPD و التي تعتبر وسيلة غير عملية للوصول للنتيجة



شكل18. مخطط ساعات عدم الراحة وPMV مع كاسرات

3.1 برنامج Ecotect :

يعد برنامج تحليل التصميم المستدام Ecotect 2011 أداة شاملة لتصميم المباني المستدامة من المفهوم إلى التفاصيل. يقدم البرنامج مجموعة واسعة من وظائف المحاكاة وتحليل طاقة المباني التي يمكن أن تحسن أداء المباني القائمة وتصميمات المباني الجديدة، عمليات المحاكاة تتضمن القدرة على تحليل الطاقة والتحليل الحراري وتحليل الإضاءة والتظليل **[17]**.

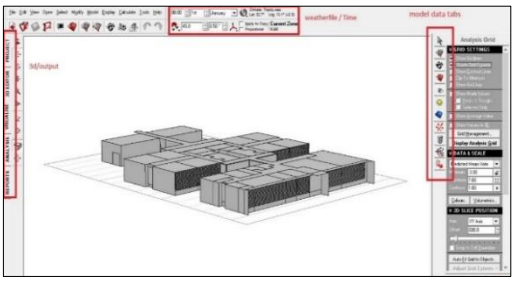
و من ضـــــمن خطة تطوير برامج كفاءة الطاقة و التصـــميم عالي الأداء التي اتبعتها شـركة Autodesk

لتوفير برامج و أدوات سهلة الاستخدام و متكاملة، دمجت وظائف Ecotect في مجموعة منتجات Revit، حيث سيسمح هذا التغيير بتحويل الموارد و تعزيز الجهود لتطوير حلول تحليل أداء المباني و تصورها **[18]**.

3.2 واجهة مستخدم

تنقسم واجهة البرنامج كما هو موضح بالشكل (19) الي ثلاث أجزاء أساسية، جزء Model data tabs التي تحتوي على التبويبات لمدخلات المشروع بترتيب عامودي، و جزء out put يعرض التبويبات الخاصة بالمخرجات (Visualize, Analysis) و تبويبات (Project , 3D Editor) من خلالها يمكننا إدخال معلومات عن المشروع كاسم المشروع و وظيفته و إدراج ملف الطقس ، و فتح نافذة التعديل على التصميم من خلاله جزء

Weather / time يتم تحديد اليوم و الشهر المراد تحليله و تضمين ملف الطقس .



شكل 19. واجهة المستخدم **Ecotect**

1.3.2نمذجة المبنى:

أ- استيراد ملفات dwg، dxf

يسمح الايكو تكت من استيراد الملفات بصيغة dxf.

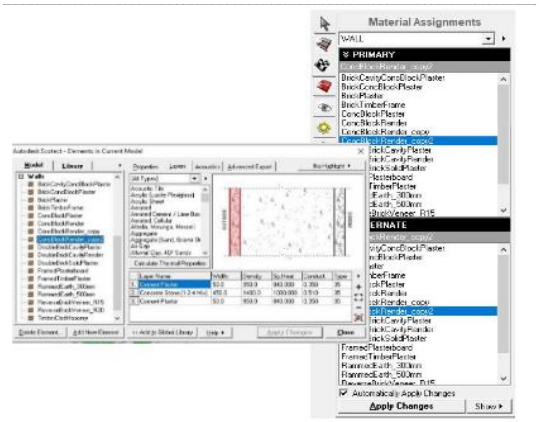
ب- إدخال ملف الطقس

يمكن إضافة ملف الطقس يدويا من بما انه اغلب ملفات الطقس تتوفر بصيغة epw لذلك على المستخدم بتغير إمتداد الملف إلى صيغة wea وهي الصيغة الوحيدة التي يقبل بها برنامج Ecotect لملفات الطقس، تعتبر طريقة تغير الامتداد في البرنامج سهله وسريعة.

ت-الرسم وتعريف العناصر

يوفر أدوات لرسم غلاف المبنى وتعريفها تلقائيا وهذا يوفر الوقت في مرحلة تضمين مواد البناء.

ث-مواد البناء



شكل 20. تعريف مواد البناء للغلاف

من خلال تبويب الخاص بالمواد الموضح بالشكل (20) يتم أولا تحديد عنصر المبنى المراد تضمين مواد البناء له، ثم اختيار مواد البناء اما المتوفرة من مكتبة البرنامج أو إضافة مواد جديدة أو التعديل على مواد موجودة في المكتبة مع إمكانية التعديل على الخواص الحرارية لكل مادة.

ب- **مدى توفر معلومات حول استخدام الأداة:**

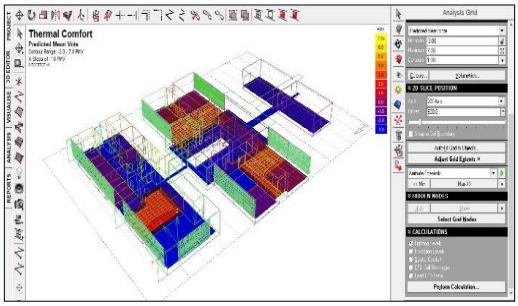
الموقع الرسمي للبرنامج لا يوجد به سوى تنويه بوقف البرنامج لذلك من الصعب الحصول على برنامج تدريبي متكامل، خلال البحث تم الاستعانة بمحاضرات من مصادر متفرقة للوصول إلى النتيجة المطلوبة، إذ يشكل الحصول على المعلومات من مصدر موثوق من أهم النقاط التي يجب توفرها عند استخدام أي برنامج، بالرغم من وجود العديد من البحوث التي أستخدم البرنامج قبل إيقافه.

ت- مدى توفر قيم افتراضية موثوقة في الواجهة وسهولة تغيير هذه القيم :

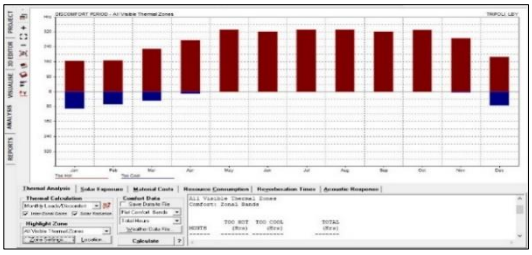
يوفر البرنامج قيم افتراضية من الممكن التعديل عليها.

ث- المحاكاة

من تبويب التحليل يمكن التعامل مع عدة تبويبات للتحليل كما بالشكل (22) من خلال تبويب التحليل الحراري يمكن للمصمم اختيار الحسابات الحرارية المطلوبة مثل (درجات الحرارة لكل ساعة، الأحمال الشهرية – الانزعاج، الكسب – الفقد الحرارة بالساعة، وغيرها) ، يتم تحديد المناطق المطلوب تحليلها او تحليل المبنى بالكامل، وتحديد الاشغال واعدادات تكييف الهواء.



شكل 21. أدوات المحاكاة من النافذة الرئيسي

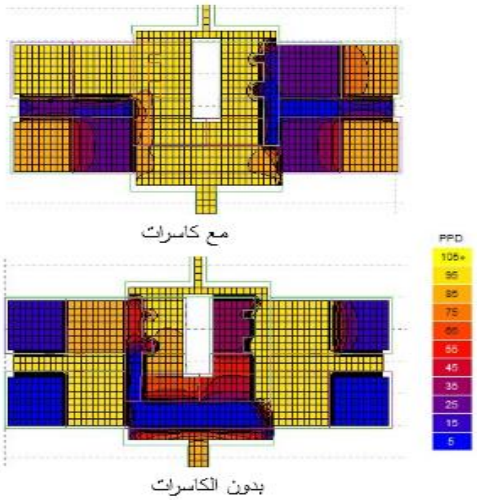


شكل 22. نافذة المحاكاة

من خلال تبويب D Editor3 كما بالشكل (21) يمكن الحصول على تحليل الراحة الحرارية وذلك من تبويب Analysis Grid، من قائمة الحسابات نختار الراحة المكانية للحصول على نتائج الراحة الحرارية بمقياس Fanger موزعة النتيجة على الكتلة التي تم تحليلها.

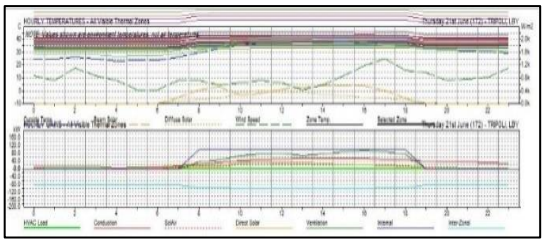
ظهور المحاكاة الحرارية من خلال واجهتين منفصلتين يسهل عمل المستخدم بحيث سيتجه فريق التصميم إلى الواجهة التي يريد الحصول على النتيجة منها من دون الخلط بين النتائج، الواجهة بالشكل (22) ستستخدم كوسيلة لاختبار التحليل إذا كان النموذج صحيحا أم لا والواجهة بالشكل (21) ستمكن فريق التصميم من الحصول على نتيجة الحلول التي ضمنها بصورة أوضح كتوزيع النتيجة على مستوى المبنى.

النتائج



شكل 23. نسبة الأشخاص غير الراضين ليوم 7-1 PPD

من واجهة 3D Editor من تبويب Analysis Grid يتم اختيار تحليل الراحة الحرارية لتعطينا النتائج كما بالشكل (23) (متوسط درجة الجرارة الاشعاعية، نسبة عدم الرضا، متوسط الأصوات المتوقعة، سرعة الهواء، الطاقة الشمسية) كتوزيع النتيجة بألوان على كتلة المبنى للمساعدة على قراءة النتيجة بسهولة.



شكل 24: مخطط الحرارة مع الكاسرات ليوم21-6

أيضا من واجهة Analysis يمكن الحصول على الحساب الحراري بالساعات ليوم كامل كما بالشكل (24) تم اختيار يوم 21-6، من خلال التحليل الحراري ليوم نقوم بالتأكد من عدم وجود أخطاء في النموذج حيث إنه

أي خطأ في المدخلات أو النموذج ستكون واضحة في التحليل، عند التحليل يظهر المخطط به تشوه مما يوضح خلل فني في اظهار النتيجة.

جدول 2. ساعات عدم الراحة خلال سنة لغلاف المبنى مع الكاسرات.

MONTH	TOO HOT (hrs)	TOO COOL (hrs)	TOTAL (hrs)
Jan	163.89	91.28	255.17
Feb	166.50	68.39	234.89
Mar	227.00	50.19	277.19
Apr	274.42	11.47	285.89
May	330.39	0.00	330.39
Jun	320.83	0.00	320.83
Jul	331.53	0.00	331.53
Aug	331.53	0.00	331.5
Sep	320.83	0.00	320.83
Oct	329.39	0.00	329.39
Nov	284.03	5.61	289.64
Dec	184.17	75.11	259.28
TOTAL	3264.5	302.1	3566.6

من واجهة التحاليل يمكن أيضا الحصول على ساعات عدم الراحة في السنة كمخطط وكجدول كما بالجدول (2) لإجمالي كل شهر واجمالي عدد ساعات عدم الراحة للسنة بالكامل، يقسم ساعات عدم الراحة الى قسمين البارد جدا والساخن جدا طبقا لنطاق الراحة الذي تم تحديد.

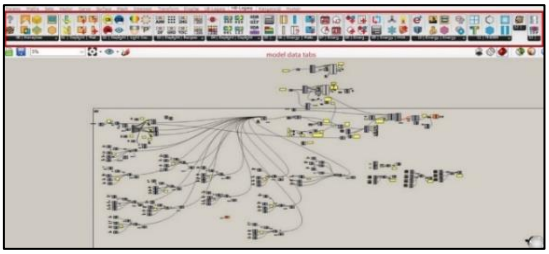
البرنامج لا يوفر امر تصدير للنتيجة على هيئة جدول بل يمكنك من نسخ الجدول في ملف اخر ولكن ستواجه صعوبة في تنسيق الجدول بعد نسخه لاستعمال النتيجة.

برنامج Rhino (Honeybee , ladybug)

برنامج Rhino 6 يمكن استخدامه من خلال اداتين الأداة الأولى تسمى " نحلة العسل " التي تدعم دراسة ضوء النهار التفصيلية والنمذجة الديناميكية الحرارية التي تميل إلى أن تكون أكثر صلة خلال المراحل المتوسطة من التصميم، تقوم بإنشاء وتشغيل وتصور نتائج محاكاة ضوء النهار والإشعاع باستخدام نماذج الإشعاع والطاقة EnergyPlus/ Open Studio ، يحقق ذلك من خلال ربط بيئة CAD Grasshopper Rhino / بهذه المحركات ، الأداة الأخرى التي يوفرها البرنامج أداة "الخنفساء" تقوم بإجراء تحليل مفصل للبيانات المناخية لإنتاج تصورات تفاعلية مخصصة لتصميم مستنير بيئيا، تستورد أداة "الخنفساء" ملفات الطقس القياسية بامتداد EnergyPlus (EPW)، يوفر مجموعة متنوعة من الرسومات المناخية التفاعلية D2 وD3 التي تدعم صنع القرار خلال المراحل الأولى من التصميم، أداة " الخنفساء " يمكنها أيضا تقييم خيارات التصميم الأولية من خلال دراسات الإشعاع الشمسي، ونمذجة ساعات ضوء الشمس **[19]** .

1-واجهة مستخدم

يتعمد البرنامج في التحليل الحراري على أداتين " نحلة العسل ، الخنفساء " يظهران في الواجهة على هيئة تبويبان كل تبويب يحمل مجموعة من الأدوات بوظائف مختلفة، تعتبر الواجهة كما بالشكل (25) غير عملية تفتقر للوضوح في الأجزاء الثلاثة (جزء أدوات الرسم وجزء المدخلات وجزء التحليل والنتائج).



شكل 25. واجهة المستخدم.

حيث نجد أنه البرنامج لا يركز على تسلسل الأحداث في الواجهة مما يصعب عمل فريق التصميم ويستهلك وقت لفهم البرنامج حتى يصل الى الهدف من

استخدامه، مسميات الأدوات غير واضحة ولا يسهل فهمها.

1- نمذجة المبنى:

أ-استيراد ملفات dwg، dxf

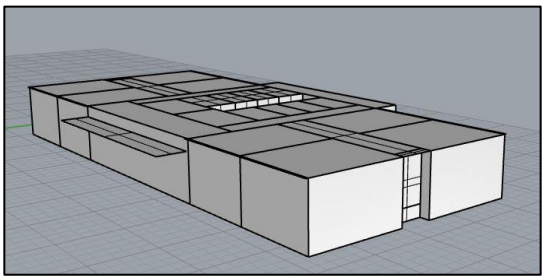
البرنامج يقوم باستيراد الملفات بصيغة dxf فقط وهذه الخاصية تحتاج إلى تطوير بحيث يمكن للبرنامج التعامل مع عدة صيغ مختلفة للملفات .

أ- إدخال ملف الطقس

في البرامج السابقة تضمين ملف الطقس يأتي كخطوة أولى في المشروع، في البرنامج يتم إدراج ملف الطقس بعد تعريف الكتلة كنموذج للطاقة، من ثم يتم نسخ رابط ملف الطقس للمدينة المطلوبة من موقع EnergyPlus في Note وربطها بأداة EPW -STATE وربطها بأداة import EPW لربطها بنموذج الطاقة.

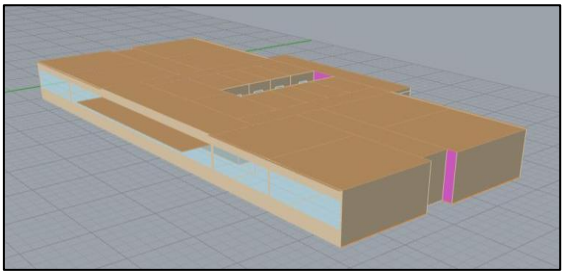
ب- الرسم وتعريف العناصر

يتم رسم النموذج بأدوات البرنامج كمكعبات تمثل فراغات المبنى كما بالشكل (26) . تعتبر مرحلة الرسم في البرنامج سهله الصعوبة في تعريف الكتلة كنموذج طاقة في أداة "نحلة العسل " لتحليله حراريا من خلال أدوات " الخنفساء "



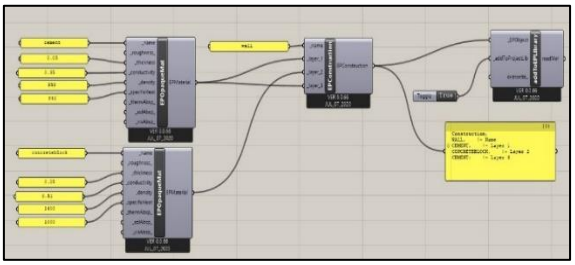
شكل 26. غلاف المبنى كرسم في **Rhino**

يعتبر تعريف نموذج الطاقة كما بالشكل (27) في البرنامج معقد ويستغرق الكثير من الوقت والجهد حيث يقوم به المصمم يدويا ولهذا يجب أن يكون للمصمم خبرة كافية في البرنامج، أسلوب البرنامج يعد غير مرن ويحتاج إلى التطوير.



شكل 27. غلاف المبنى كنموذج طاقة.

ب- مواد البناء



شكل 28. شبكة تعريف مواد البناء لغلاف المبنى.

من خلال واجهه التشييد كما بالشكل (28) يتم تضمين مواد البناء لغلاف المبنى، يمكن للمستخدم إضافة أي مادة لمكتبة البرنامج، يتم إضافة المواد التي يتكون منها غلاف المبنى سواء جدار أو سقف وتربط بأداة EPconstruction.

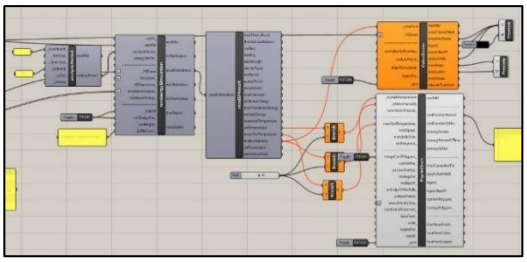
3-مدى توفر معلومات حول استخدام الأداة:

يوفر الموقع الرسمي لمجموعة أدوات " الخنفساء ونحلة العسل " مناهج متكاملة مجانية لتعليم استخدام الأدوات.

4-مدى توفر قيم افتراضية موثوقة في الواجهة وسهولة تغيير هذه القيم:

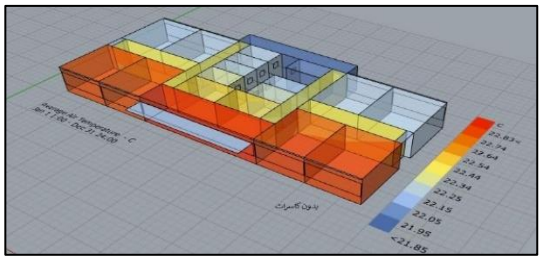
بالرغم من أنه البرنامج معتمد من الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف (ASHRE) إلا أنه لا يوفر أي قيم افتراضيه إنما يعتمد على المستخدم بإضافة جميع القيم بشكل يدوي .

5- المحاكاة

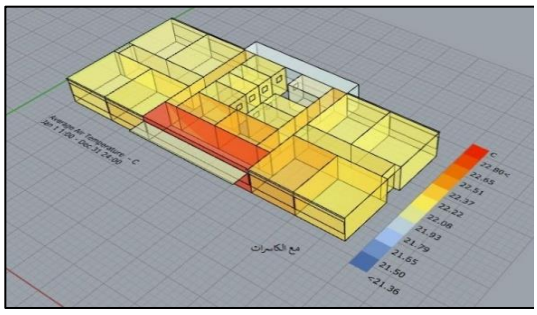


شكل 29. نافذة المحاكاة

يقوم البرنامج بالتحليل الحراري على هيئة مفردات (الحمل الحراري الكلي، أحمال التبريد، أحمال التدفئة، المعدات الكهربائية، درجة الحرارة التشغيلية، درجة حرارة الهواء، متوسط درجة حرارة الاشعاع، الرطوبة النسبية، حجم تدفق الهواء، معدل اكتساب الحرارة في الهواء) كما بالشكل (29)، يتم توصيل الأداة المناسبة للمخرجات المطلوبة لإظهار النتائج على هيئة ألوان ترمز للنتيجة المطلوبة سواء درجات حرارة أو رطوبة على كامل المبنى، ويمكن للحصول على المخطط لمنطقة معينه في المبنى.



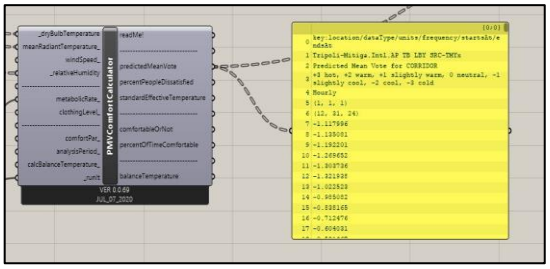
شكل 30. متوسط درجات الحرارة لعام بدون استخدام الكاسرات لغلاف المبنى



شكل31. متوسط درجات الحرارة لعام مع استخدام الكاسرات لغلاف المبنى.

البرنامج يعرض نتائج متوسط درجات الحرارة ومتوسط الرطوبة النسبية ومتوسط الحرارة التشغيلية ومتوسط الاشعاع حسب المدة الزمنية التي يتم تحديدها، في النموذج تم تحديد المدة سنة، تعرض النتيجة كتوزيع ألوان تمثل النتيجة لكل فراغ في المبنى كما بالشكل (30 ، 31) مما يمكن فريق التصميم والمالك من قراءة النتيجة بسهولة وقياس تأثير الحلول التصميمية لغلاف المبنى خلال مرحلة التصميم.

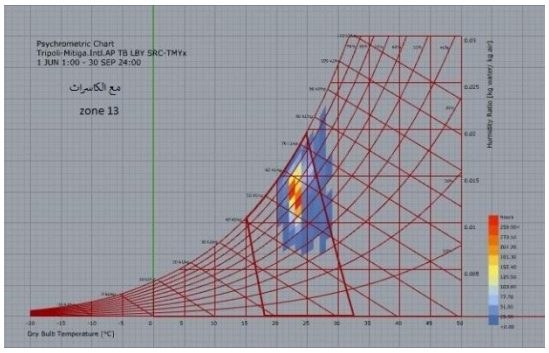
البرنامج يمكنه عرض النتائج بشكل كمي على سبيل المثال لنسبة الأشخاص المنزعجين من عدم توفر الراحة الحرارية لمدة سنة كساعات كما بالشكل (32)، أي النسبة لكل ساعة في العام، طريقة عرض النتائج تعتبر معقدة ومن الصعب استخدامها والاستدلال بها سوآءا من طرف فريق المصممين أو من المالك.



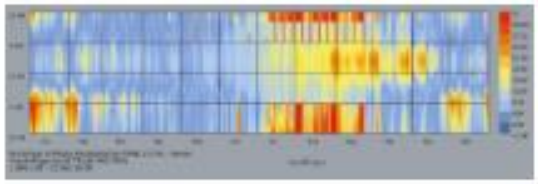
شكل 32. يوضح نسبة الأشخاص المنزعجين PPD بالساعات.

من خلال أداة مخطط القياس النفسي كما بالشكل (33) تم تحليل نتائج فراغ واحد لعام كامل لمعرفة ما إذا كان الفراغ ضمن نطاق الراحة ام لا، فكرة عمل الأداة هي توصيل درجة حرارة والرطوبة والإشعاع للفراغ لتظهر النتيجة على المخطط، مشكلة المخطط انه يظهر نطاق الراحة أكبر بكثير من النطاق المعتمد حيث قام البرنامج بأخذ خيار التقنيات السلبية آليا وبدون تفعيل من المصمم. من خلال أداة PMVComfortCalculator نحصل على المخططات التي تمثل نسبة الأشخاص المنزعجين كما في الشكل (34) ، عادة النسبة يجب أن لا تتجاوز عن 20 %، لذلك يمكن بسهولة تحديد شهور السنة التي يكون فيها نسبة الأشخاص المنزعجين ضمن النطاق وبالتي يمكن لفريق

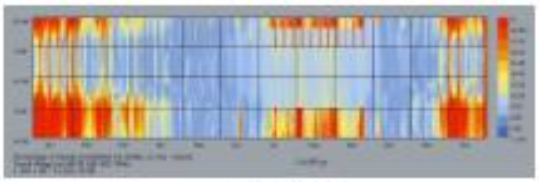
التصميم والمالك من قراءة النتيجة ومعرفة تأثير المعالجات و القرارات التصميمية.



شكل 33. مخطط القياس النفسي.



بدون الكاسرات



مع الكاسرات

شكل 34. الأشخاص المنزعجين PPD.

النتائج و المناقشة :

هذه الدراسة أجرت مقارنة بين البرامج الثلاثة وحسب المؤشرات التالية كما بالجدول (3) :

1. وضوح وتنظيم واجهة المستخدم.
2. توفر ملف المناخ بسهولة
3. نمذجة المبنى.
4. توفر معلومات حول استخدام الأداة.
5. توفر قيم افتراضية موثوقة في الواجهة وسهولة تغيير هذه القيم.
6. المحاكاة.
7. النتائج.

جدول 3. تقييم برامج المحاكاة الحرارية.

المؤشرات	وزن المؤشر	Design Builder	Ecotect	Rhino (Honeybee , Ladybug)
واجهة المستخدم	3	3	2	0
نمذجة المبنى	3	2	2	1
توفر المعلومات	2	2	1	2
توفر قيم افتراضية	2	2	2	0
ملف الطقس	2	1	1	1
المحاكاة	2	2	2	1
النتائج	3	2	1	2
الاجمالي	17	14	11	7

الجدول رقم (3) يمثل مقارنة بين برامج المحاكاة الثلاثة مع توضيح اجمالي وزن المؤشر لكل برنامج.

1–واجهة المستخدم:

وزن المؤشر 3 لأنه يتضمن ثلاث مفردات مهمة وهي الوضوح والتنظيم وسهولة التعلم والمحاكاة، تم تقيّم Design Builder بثلاث نقاط نظرا لأن واجهة البرنامج متكاملة يتوفر فيها الثلاث مفردات المطلوبة، Ecotect قيم بنقطتين لأن الواجهة تمتاز بالوضوح وسهولة التعلم ولكن تحتاج إلى فصل تبويبات المدخلات والمخرجات لتكون الواجهة أكثر تنظيم، بالنسبة الى Rhino تم تقيمه بصفر لأن الواجهة غير الواضحة وأوامر المدخلات والمخرجات غير مفصولة تنظيميا وبالتالي تعتبر صعبة التعلم والمحاكاة.

2-نمذجة المبنى:

وزن المؤشر 3 لأنه يتضمن ثلاث مفردات وهي: استيراد الملفات، رسم وتعريف العناصر ومواد البناء، تم تقييم Design Builder بنقطتين لأنه توفر استيراد الملفات و رسم و تعريف العناصر بسهولة ، و لكن مواد البناء المطابقة لواقع الحال لا يتوفر لها خصائص حرارية لذلك تم التحليل بمواد البناء الذي يوفره مكتبة البرنامج ، قيم Ecotect بنقطتين لنفس السبب الDesign Builder ، حصل Rhino على نقطة واحدة فالتقييم لان يوفر سهولة استيراد الملفات و لكن يعتبر تعريف العناصر فيه كنموذج طاقة صعبا و معقدا و يستهلك الكثير من الوقت ، بالإضافة إلى مشكلة خصائص المواد الحرارية غير المتوفرة .

على الدولة أن تهتم بتوفير قاعدة بيانات للخصائص الحرارية لمواد البناء المستخدمة في التنفيذ كي يتمكن فريق التصميم من قياس أداء غلاف المبنى الحراري، والتمكن من معرفة قيمة الحلول التصميمية التي يتم طرحها من قبل فريق التصميم بدقة.

3-توفر المعلومات:

وزن المؤشر 2 نقاط لأنه لابد أن يتوفر معلومات عن البرنامج حتى تتمكن من استخدامه بالإضافة إلى أنه المعلومات موثوقة أم لا .قد تتوفر عدة مصادر ومعلومات من جهات غير موثوقة لذلك تم رصد نقطتين للمؤشر. لأنه يحمل مفردتين هما: توفر المعلومات، وموثوقية المصدر، Design Builder حصل على نقطتين لأنه يتوفر العديد من المعلومات حول البرنامج بالإضافة إلى توفر كورس متكامل معتمد من الموقع الرسمي للبرنامج ، Ecotect تحصل على نقطة لأنه يتوفر المعلومات حول البرنامج و لكن لا يتوفر كورس من جهة معتمدة معظم المصادر من جهات مختلفة تعتبر اجتهادات فردية غير مدعومة ، Rhino تحصل على نقطتين نظرا لتوفر المعلومات و توفر كورس متكامل من الموقع الرسمي للأدوات .

حتى يتمكن فريق التصميم من استخدام أحد هذه البرامج لابد ان يتوفر كادر تدريبي مؤهل وخبير حتى نضمن وصول فريق التصميم إلى نتائج مفيدة لتعزيز الأداء الحراري لغلاف المبنى.

4-توفر قيم افتراضية :

وزن المؤشر نقطتان لأن المؤشر له مفردتان هما: توفر قيم افتراضية وإمكانية التعديل على القيم، Design Builder تحصل على نقطتين لأنه يوفر البرنامج قيم افتراضية معتمدة من قبل ASHRE مع إمكانية التعديل على هذه القيم، Ecotect تحصل على نقطتين لأنه يوفر قيم افتراضية مع إمكانية التعديل على القيم، Rhino تحصل على 0 نقاط لأنه البرنامج لا يوفر أي قيم افتراضية بالتالي يضطر فريق التصميم لإدراج كافة القيم يدويا.

5-ملف الطقس :

وزن المؤشر نقطتين حيث يتضمن المؤشر سهولة تضمين ملف الطقس في البرنامج ومدى توفر ملفات الطقس، البرامج الثلاثة تحصلوا على نقطة حيث تضمين ملف الطقس في البرامج الثلاثة تعتبر سهلة، المشكلة المشتركة هي مدى توفر ملفات الطقس حيث من السهل الحصول على ملف طقس طرابلس ولكن باقي المدن قد يواجه فريق التصميم صعوبة في إيجاد ملف طقس، حيث أن معظم المحركات مثل Energy Plus تعمل على توفير ملفات الطقس من خلال التواصل المباشر بمراكز الطقس للدول. لذلك يجب أن تهتم الدولة بتوفير قاعدة بيانات خاصة بملفات طقس المدن الليبية في مراكز الرصد حتى يتمكن فريق التصميم من تضمين ملف الطقس الملائم لمدينته بسهولة.

6-المحاكاة :

تعتبر من أهم المراحل خلال عملية التحليل الحراري لذلك وزن المؤشر 2 لقياس سهولة المحاكاة و وضوح أوامر المحاكاة ، Design Builder تحصل على نقطتين لتوفر سهولة المحاكاة و وضوح أوامر المحاكاة بحيث لا يحتاج فريق التصميم للعديد من الأدوات لعملية المحاكاة

، Ecotect تحصل على نقطتين لأن أوامر المحاكاة واضحة و سهلة الاستخدام للوصول إلى النتيجة ، Rhino تحصل على نقطة لأن عملية المحاكاة تعتبر سهلة و غير معقدة و لكن يحتاج العديد من الأوامر و تعتبر أوامر المحاكاة غير واضحة وتحتاج للتدريب حتى يتمكن فريق التصميم من استخدامها بمرونة .

7-النتائج :

أهم مرحلة في عملية التحليل الحراري ووزن المؤشر 3 و يتضمن ثلاث مفردات وهي: إمكانية التأكد من صحة النتائج. وطريقة عرض النتائج، بحيث يتمكن المالك و فريق التصميم من قراءة النتائج بسهولة. وتصدير النتائج في ملفات تسهل استخدامها. Design Builder تحصل على نقطتين لأنه يوفر إمكانية التأكد من النتائج بالعديد من المخططات بالإضافة إلى إمكانية تصدير الملفات بصيغ يمكن الاستدلال بالنتائج بسهولة و لكن مع عرض النتيجة كمخطط يفضل عرضها على كتلة المبنى بحيث يمكن قراءة النتيجة بطريقة أسهل ، Ecotect تحصل على نقطة لأنه يوفر إمكانية عرض بعض النتائج كتوزيع ألوان للنتيجة على الكتلة و لكن تظهر بعض المخططات بطريقة عشوائية تعكس خللا فنيا فالبرنامج بالتالي لا يمكن التأكد من صحة النتائج ، أيضا في مربع عرض النتيجة كجدول لا يوجد طريقة لتصدير الجداول ، Rhino تحصل على نقطتين و يوفر إمكانية التأكد من صحة النتائج من خلال مخططات ، يعتبر أفضل برنامج في عرض النتائج كألوان تمثل النتيجة على كامل الكتلة بحيث تسهل قراءة النتيجة و لكن لا يوفر طريقة تنظم النتيجة كجداول في حال احتاج فريق التصميم من الاستدلال بالنتيجة بشكل كمي .

7. التوصيات

1- يجب على الدولة أن تهتم بتوفير قاعدة بيانات للخصائص الحرارية لمواد البناء المستخدمة في التنفيذ كي يتمكن فريق التصميم من قياس أداء غلاف المبنى الحراري، والتمكن من معرفة قيمة الحلول التصميمية التي يتم طرحها من قبل فريق التصميم بدقة

2-لذلك يجب أن تهتم الدولة بتوفير قاعدة بيانات خاصة بملفات طقس المدن الليبية في مراكز الرصد حتى يتمكن فريق التصميم من تضمين ملف الطقس الملائم لمدينته بسهولة.

3-حتى يتمكن فريق التصميم من استخدام أحد هذه البرامج لابد ان يتوفر كادر تدريبي مؤهل وخبير حتى نضمن وصول فريق التصميم إلى نتائج مفيدة لتعزيز الأداء الحراري لغلاف المبنى.

4-تعتبر برامج المحاكاة الحرارية عالية التكلفة، ولتشجيع الشركات الهندسية على استخدامه يجب توفير إعفاءات على الرسوم.

5-حتى يهتم المالك بنتائج الأداء الحراري لغلاف المبنى يجب أن يطالب بتوفر نطاق راحة معتمد من جهة رسمية.

8 المراجـــــع

[1] Bachrun, A.S., T.Z. Ming, and A. Cinthya, **2019**.Building envelope component to control thermal indoor environment in sustainable building: a review. Sinergi, 23(2): p. 79-98.

[2] Al-Qadi, D.A.-F.A. **2020**, Passive Design Strategies For Cooling Residential Buildings In Hot Climate (International And Local Case Studies), in Department of Architecture (Architectural Design), University of Khartoum: Khartoum, Sudan.

[3] Mirrahimi, S., et al. **2016**, The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot–humid climate. Renewable and Sustainable Energy Reviews,. 53: p. 1508-1519.

[4] Auliciems, A. and S.V. Szokolay. **1997** Thermal comfort. PLEA sl.

[5] Yao, R., B. Li, and J. Liu, **2009** . A theoretical adaptive model of thermal comfort–Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). Building and environment,. 44(10): p. 2089-2096.

[6] أحمد, ش. **2016** , التشكيل العمراني لتحقيق الراحة الحرارية,كلية التخطيط الإقليمي والعمراني , جامعة القاهرة: القاهرة، مصر.

[7] Siegel, N.G. **2020**, Engineering Project Management.: John Wiley & Sons.

[8] الفرجاني, م.ا و ع.ا.م. الفيتوري,**2019**,خصائص فريق التصميم وأثرها على تصميم المباني الخضراء في ليبيا

[1] Jha, B. **2020** , Thermal Performance of Buildings, in Amity School of Architecture & Planning , Amity University: Noida, India.

[2] Ajiere, S.N. **2019**, Moses Okemini; Peace, Nwaerema, Impact of Climate Change on Growing Season Rainfall and Temperature and Crop Yields in Abia State International Journal of Innovative Research in Technology, Basic and Applied Sciences.

[3] Support, A. Ecotect Analysis Discontinuation FAQ. **2023** October 8, 2023]; Available from: https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Ecotect-Analysis-Discontinuation-FAQ.html?utm_source.com.

[4] Tools, L. Ladybug Tools. **2025** August 29, 2025]; Available from: https://www.ladybug.tools/.

Scientific Journal of. Applied Sciences of Sabratha University,: p. 135-152.

[9] vd Putte, I. **2007**. Project Sustainability Management-beyond the greening of buildings. in Conference on Sustainable Building South-East Asia (SB07SEA), KualaLumpur, Malaysia.

[10] HARPUTLUGIL, T, A. Gültekin, and İ. Topçu. **2009**,Architectural design quality: the practitioners' perspective-an AHP based approach for assessment. in Changing Roles Conference..

[11] لعمودي و التجاني , **2015** ,الاستدامة في العمارة الصحراوية. مجلة الباحث في العلوم الإنسانية و الإجتماعية,. 7 p. :(22) 241-250.

[12] PAUL AGBOOLA, O. **2011**, Importance of climate to architectural designs in Nigeria. Available at SSRN 5294119.

[13] المنشاوى و ا. نبيه, **2016** , تأثير تكنولوجيا البناء والبيئة على الفراغ المعمارى ودورها فى تحقيق الراحة الحرارية دراسة تطبيقية لمشروع (أبراج البحر فى أبوظبى)-Journal of Al . Azhar University Engineering Sector,. 11(38): p. 343-359.

[14] الواحد, ج.ع. **2009**, الطاقة وتكاملية الأداء البيئي التصميمي لغلاف المبنى , معهد الفنون التطبيقية، بغداد: بغداد، العراق.

[15] Ltd, D.S. **2009**, User's Manual for DesignBuilder 2.1 Software , DesignBuilder Software: United Kingdom.