

تحديد مادة العزل الحراري المثلي من ناحية الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في دور السطح باستخدام برنامج المحاكاة البيئية Design Builder.

م. أحمد عزت محمد وهب ، أم.د. طارق سعد الحناوي ، م.د. ناهد فتحي عبد الغني
قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة بشبرا - جامعة بنها

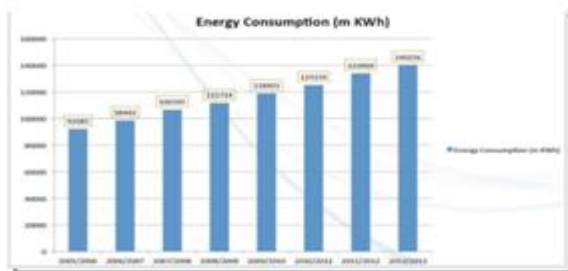
ملخص البحث

تغيير مواد العزل المختلفة والمذكورة في الكود المصري لأعمال العزل الحراري (التي تختلف في صفاتها الفيزيائية والحرارية عن بعضها) على مستوى الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة الكهربائية بشكل عام والمستخدمة للتبريد بشكل خاص داخل الفراغات السكنية. في بداية البحث تم تعريف الراحة الحرارية والمفاهيم الخاصة بها وأدوات قياسها والعوامل المؤثرة عليها وكيفية تمثيلها بيانياً، ثم انتقل إلى دراسة منطقة الدراسة (محافظة القاهرة)، ودراسة العناصر المناخية لها والعوامل البيئية للموقع، ثم دراسة النموذج السكني محل الدراسة وخصائصه ومكونات عناصر المبنى الحرارية مع اختيار نموذج سكن مصر كنموذج دراسة مرجعي، وقد تم تثبيت الأداء الحراري لجميع العناصر المكونة للمبنى باستثناء فراغ الاستقبال لبيان الفرق في استهلاك الطاقة وعدد ساعات الراحة وعدم الراحة الحرارية عند تغيير مواد العزل الحراري وسمكها. ثم تطبيق كافة العناصر السابق ذكرها على برنامج المحاكاة البيئية Design Builder عن طريق ادخال البيانات المناخية weather file لموقع الدراسة المحدد، ثم ادخال بيانات النموذج السكني وبناء النموذج 3D model بنفس الخصائص المنفذ عليها المشروع من مكونات كل عنصر وخصائصه الفيزيائية والحرارية. ثم البدء في دراسة التطبيقية بتجربة تغيير نوع وسمك الطبقة العازلة بين 13 مادة عزل حراري تستعمل في السوق المصري ومذكورة في الكود المصري لتنفيذ أعمال العزل الحراري، لاختيار مواد العزل الحراري المثلي والخصائص الحرارية الأفضل التي تحقق مستوى أعلى من الراحة الحرارية ومستوى أقل من الطاقة المستهلكة في التبريد والتكييف

الكلمات الدالة: استهلاك الطاقة – ترشيد استهلاك الطاقة – الراحة الحرارية – العزل الحراري – الغلاف الخارجي للمبنى – استدامة الفراغات الداخلية – الأداء الحراري داخل الفراغات – الفراغات المعمارية – تطبيقات المحاكاة البيئية – المباني السكنية

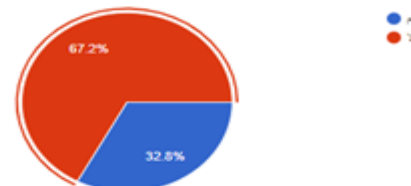
المقدمة

في الوقت الذي تسعى فيه الدولة لتحقيق مبادئ الاستدامة المتواجدة في إستراتيجية التنمية المستدامة 2030 والخاصة بترشيد استهلاك الطاقة، مازالت تشير الإحصائيات إلى أن هناك زيادة كبيرة في معدلات الاستهلاك الناتجة عن استخدام وسائل التبريد والتكييف والتدفئة [1] [2]، ويتوقع أن تستمر الزيادة نتيجة لزيادة السكان، والتغيرات المناخية، بالإضافة إلى تخطيط وتصميم المباني السكنية في مصر الذي لا يهتم كثيراً بالأداء الحراري للمباني الأمر الذي تم استنتاجه من خلال مسح عمراني ومعماري لمباني سكنية بمحافظة القاهرة. فقد تم عمل استبيان لسكان 308 وحدة سكنية في القاهرة، عما إذا تم عزل طابق السطح في وحداتهم السكنية باستخدام وسائل العزل الحراري، تبين أن نسبة 2.67 % منهم لم يلتزموا بتركيب مواد عازلة للحرارة للأدوار الأخيرة في النماذج السكنية الخاصة بهم الأمر الذي تسبب في حدوث تأثيراً سلبياً على مستوى الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة الكهربائية، ومن هنا ظهرت الحاجة لدراسة أثر استخدام مواد العزل المختلفة على مستوى الراحة الحرارية وتأثيرها على كمية الطاقة المستهلكة (لتكييف المبنى)، وبناء على دراسة محاكاة باستخدام برنامج المحاكاة البيئية Design Builder، في محاولة لخفض استهلاك المباني السكنية من الطاقة حيث أنها القطاع صاحب النصيب الأكبر من استهلاك الطاقة الذي يصل إلى 40% من استهلاك قطاع المباني للطاقة في مصر [3]



الشكل 1-2 يوضح التغيرات في استهلاك الطاقة الكهربائية في مصر من 2005 وحتى 2015 – المصدر: تقرير منظمة الأمم المتحدة، استدامة الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، بيروت، 2018

هل تم تركيب عزل حراري وعزل رطوبة لدور السطح في وحدتك السكنية ؟
308 responses



الشكل 1-1 يوضح نسبة النماذج السكنية بدون استخدام طبقات عزل الحرارة في الاسطح – المصدر: الباحث، مسح عمراني في مدينة القاهرة 2020.

2.المشكلة البحثية:

تتلخص مشكلة البحث في زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني السكنية نتيجة استخدام الوسائل الميكانيكية للتبريد غاية تحقيق الراحة الحرارية، الأمر الناتج عن اغفال دور مواد وطرق العزل الحراري لعناصر غلاف المبني الخارجي وخاصة أسطح المباني.

3.هدف البحث:

يهدف البحث بشكل أساسي الي استغلال الحاسب الالي في تكنولوجيا البناء عن طريق تحديد تأثير استخدام العزل الحراري لغلاف المبني الخارجي وخاصة الأسطح على مستوى الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة باستخدام تطبيقات المحاكاة، وتحديد مادة العزل المناسبة التي تحقق أفضل مستوي من الراحة الحرارية وتوفر الطاقة الكهربائية المستهلكة في التبريد.

4.فرضية البحث:

تقوم الفرضية على أنه يمكن تحسين مستوى الراحة الحرارية داخل الفراغات السكنية وخفض استهلاك الطاقة المستهلكة للتبريد من خلال المفاضلة بين نوعيات وقطاعات مادة العزل الحراري باستخدام تطبيقات الحاسب الالي في المحاكاة البيئية.

5.منهجية البحث:

ولتحقيق هدف البحث اعتمدت المنهجية على شقين وهما كما يلي:

- 1- الشق النظري من خلال المنهج استقرائي لتجميع البيانات وتحليلها باستخدام الأسلوب التحليلي للعناصر التي تؤثر على الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة.
- 2- الشق التطبيقي من خلال المنهج التجريبي باستخدام الحاسب الالي في تطبيق المحاكاة البيئية DESIGN BUILDER بهدف تحقيق

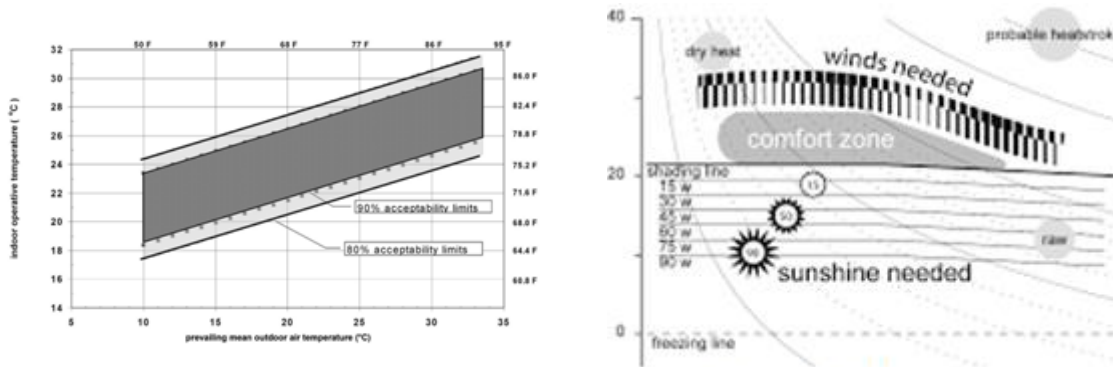
الفرضية من عدمه

وذلك باتباع الخطوات التالية:

- 1- دراسة مفهوم الراحة الحرارية وأدوات قياسها والعوامل المؤثرة عليها وكيفية تمثيلها ببيانيا.
- 2- دراسة وتحليل العوامل والظروف المناخية لمنطقة الدراسة بمحافظة القاهرة.
- 3- دراسة وتحليل النموذج السكني محل الدراسة، ثم بناء النموذج المرجعي للوحدة السكنية مع تثبيت الأداء الحراري لجميع مكونات الغلاف الخارجي للمبني باستثناء طبقات تشطيب السقف مع تثبيت طبيعة المبني السكنية واستخدام الوحدة للتكيفات لتحقيق الراحة الحرارية، ويتم حساب الوفر في الطاقة عن طريق استخدام تطبيق المحاكاة البيئية DESIGN BUILDER عن طريق دراسة تأثير تغيير نوع وسلك قطاع العزل المستخدم في الأسقف
- 4- معايرة النتائج الأولية للتأكد من سلامة النتائج المصدرة من تطبيق المحاكاة.
- 5- تجربة البدائل واستخراج البيانات وتحليلها ثم الوصول الى نتائج.

6.الراحة الحرارية:

يمكن تعريف الراحة الحرارية بأكثر من تعريف فهي حالة الشعور بالرضا عن الظروف الحرارية داخل الفراغ [7] ويفضل بعض الباحثين مثل " فيكتور أولجاي " تعريفها بطريقة عكسية وهو التعبير الأقرب للفهم حيث عرفها بأنها الحالة التي لا يشعر معها الانسان بالحرارة او البرودة، فعندما ينتقل اهتمام الانسان من عمله الي اهتمامه بتغيير الظروف الحرارية المحيطة به تبدأ حالة من الضيق تسمى عدم الارتياح الحراري [8]. كما تشمل الراحة الحرارية مفاهيم تتعلق بالعديد من المجالات العلمية مثل العلوم الفيزيائية ودراسات المواد وخصائصها، وتعرف الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتكييف ASHRAE الراحة الحرارية في معيار ASHRAE 55 بأنها الحالة النفسية التي يصل اليها الانسان عند شعوره بالرضا عن البيئة الحرارية [9]. وتختلف نسبة الإحساس بالراحة الحرارية من شخص الي اخر باختلاف الحالة البدنية والنفسية للمستعملين داخل الفراغات، وبالرغم من ذلك فقد تم جمع معلومات وبيانات مختبرية واسعة النطاق توفر بيانات إحصائية يمكنها تحديد الظروف التي قد يجد فيها نسبة أكبر من شاغلي الفراغات احساسهم بالراحة الحرارية [10].



الشكل 1-4 يوضح نطاق درجات الحرارة المقبولة والمريحة في الفراغات ذات التهوية الطبيعية في النموذج التكيفي للراحة

المصدر: Ashrae standard 55 handbook, 2013

الشكل 1-3 يوضح منطقة الراحة الحرارية

المصدر:

http://cumincad.scix.net/data/works/att/acadi_a10_88.content.pdf

1-6 طرق تقييم الراحة الحرارية داخل المباني السكنية وترشيد استهلاك الطاقة [4]:

ويتم ذلك عن طريق ما يلي:

- 1- طرق التقييم البايومناخية.

وتعتمد تلك الطريقة على تقسيم الأقاليم المناخي طبقاً لطرق التصنيف المختلفة عن طريق قياس عوامل المناخ متمثلة في درجات الحرارة الداخلية والخارجية وساعات السطوع الشمسي وكمية سقوط الأمطار، كما يتم قياس مستوى الراحة الحرارية طبقاً للظروف المناخية لكل إقليم عن طريق استطلاع آراء رأي المستخدمين.

2- طرق القياس المعملية.

وتتم في المعامل عن طريق تثبيت العوامل المناخية وبعض الخصائص الفيزيائية للمواد وتتم عن طريق:

أ- القياس المباشر بواسطة الأدوات لقياس لدرجات الحرارة والرطوبة لتقييم الأداء الحراري في المباني.

ب- طريقة القياس لتقييم معدل استهلاك الطاقة في المباني، وبشكل خاص في المباني التي تستخدم وسائل التبريد الميكانيكية HVAC SYSTEM.

3- الطرق النظرية لحساب الانتقالية الحرارية،

حيث يتم حساب المقاومة الكلية لعناصر المبني وقياس استهلاك الطاقة وكيف يمكن حساب الوفر في الاستهلاك.

4- تقييم الأداء الحراري بواسطة تطبيقات المحاكاة البيئية [11]، حيث يتم عمل نماذج محاكاة للمبني بجميع تفاصيله وخصائصه الحرارية والفيزيائية وبيانات الموقع لمحاكاة أثر التغيير في المواد على مستوى الراحة الحرارية وكمية الطاقة المستهلكة للتبريد.

7. كفاءة حساب المقاومة الكلية لأي عنصر من عناصر المبني [12]:

يتم حساب المقاومة الكلية للسقف وأي عنصر من عناصر المبني عن طريق المكون من عدة طبقات وذلك بحساب مقاومة كل طبقة على حدة والجمع الجبري لهذه المقاومات، مع الوضع في الاعتبار حساب مقاومة الهواء الخارج والداخل المجاور من القطاع وذلك من العلاقة [5]:

$$R_t = R_0 + \sum R + R_i$$

أما مقاومة أي مكون من مكونات الحائط تختلف باختلاف نوع المادة وسمكها ويمكن حسابها من العلاقة:

$$R = L/K$$

R: المقاومة الحرارية للمادة $m^2 \cdot k/w$.

L: سمك المادة m.

K: الموصلية الحرارية للمادة $w/m \cdot k$.

إلا أن برنامج المحاكاة يقوم بحساب تلك الحسابات بشكل تلقائي عن طريق ادخال بيانات المواد والطبقات المكونة للعنصر ويوضح الجدول التالي طبقات السقف بدون استخدام طبقة العزل الحراري وقيمة المقاومة والانتقالية الحرارية لكل عنصر ولطبقات السقف مجمعة كما هو موضح في الشكل التالي:

No Bridging		Cross Section
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	4.777	
R-Value (m ² -K/W)	0.349	
U-Value (W/m²-K)	2.863	
With Bridging (BS EN ISO 6946)		
Thickness (m)	0.3100	
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	222.3600	
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.349	
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.349	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	4.777	
R-Value (m ² -K/W)	0.349	
U-Value (W/m²-K)	2.863	

الشكل 1-5 يوضح بيانات المواد والطبقات المكونة لسقف بدون عزل على سبيل المثال ويوضح حسابات المقاومة الحرارية للسقف.

المصدر: الباحث وفقاً لرسومات ومقايسة الأعمال الخاصة بالمشروع.

1-7 حساب الوفر في الطاقة:

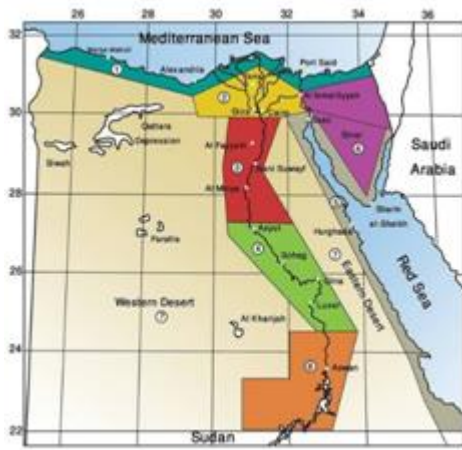
يتم حساب الوفر في الطاقة من المعادلة الآتية:

$$E = H \cdot 8A8(ub-ua)cdd$$

حيث إن H هي فترة تشغيل المبني و A مساحة سطح العنصر المراد حساب الوفر من خلاله و U_b هي الانتقالية الحرارية للعنصر قبل التحسين و U_a هي الانتقالية الحرارية بعد التحسين و Cdd هي درجة يوم تبريد للمدينة وتحسب على أساس 25 درجة مئوية.

8.العوامل والظروف المناخية لمنطقة الدراسة:

تقع مدينة القاهرة في جمهورية مصر العربية ضمن إقليم القاهرة والدلتا وعند خط طول 31,25 ودائرة عرض 30,06 كما يتضح من دراسة الأقاليم المناخية المصرية اختلاف العوامل المناخية بين كل إقليم واخر وتم تقسيم تلك العوامل بناء على عناصر المناخ، وسوف تتم الدراسة اعتمادا على درجة الحرارة ومتوسط الرطوبة النسبية واتجاه الرياح السائدة وكمية المتساقطات، وتنقسم جمهورية مصر العربية الي ثماني أقاليم لكل منهم خصائصه المناخية والعوامل المؤثرة عليه [6] وكل موقع له طبيعته المناخية الخاصة ومقسمين على النحو التالي:



الشكل 1-7 يوضح الأقاليم المناخية المصرية
المصدر: أحمد عبد الراضي، أحمد حمزة علي، تحليل الراحة الحرارية
، جامعة ResearchGate واستهلاك الطاقة في مدارس مصر الابتدائية،
أسيوط ، مصر ، 2014

الشكل 1-6 يوضح موقع الثلاثة مدن على خريطة مدن مصر
المصدر: الباحث www.ggoogle.com

1- إقليم الساحل الشمالي.	2- إقليم القاهرة والدلتا.
3- إقليم شمال الصعيد.	4- إقليم جنوب الصعيد.
5- إقليم الساحل الشرقي.	6- إقليم الهضاب المرتفعة.
7- الإقليم الصحراوي.	8- إقليم جنوب مصر.

ويوضح الجدول التالي الخصائص المناخية المميزة لإقليم منطقة الدراسة وبعض التوصيات المناخية للتصميم.

جدول 1-1 يوضح الخصائص المناخية المميزة لإقليم القاهرة والدلتا وبعض التوصيات المناخية للتصميم.

المصدر: اللجنة الدائمة لإعداد المواصفات المصرية العامة لبنود الأعمال، مواصفات بنود أعمال العزل الحراري
" اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ، 2001 الطبعة الثالثة، مصر.

التوصيات المناخية	الخصائص المناخية	الإقليم
<ul style="list-style-type: none"> توجيه المباني توجيه شمالي جنوبي. ترك مسافة بين المباني لتخلخل الهواء. حوائط داخلية وخارجية سميكة. فتحات متوسطة الحجم في الحوائط. 	<ul style="list-style-type: none"> سما صافية صيفا مليئة بالغيوم شتاء. اشعاع شمسي قوي ومباشر. رطوبة نسبية عالية. شتاء مطير. 	إقليم القاهرة والدلتا.

1-8 التحليل المناخي للقاهرة:

ووفقا للتقارير المناخية الصادرة عن محطة الرصد المتواجدة بمطار القاهرة الدولي ETMY 623660 وموقع ENERGYPLUS وملفات المناخ المتوفرة عليه وباستخدام تطبيق Climate consultant 6.0 Beta version يتم استعراض الخصائص المناخية للمدينة في صورة بيانات وجدول إحصائية كما يلي:

جدول 1- 2 يوضح علاقة الخصائص المناخية للمدينة بنظيرتها طبقا لASHRAE 55 والتي تعبر عن الراحة الحرارية
المصدر: UCLA Architecture and urban design , energy design tools ,2020

المدينة	نطاق الراحة التكيفي بناء على ASHRAE 55 اعتمادا على التهوية الطبيعية
90	الحدود المقبولة من 80 - 90 %
13.7	الحد الأدنى لدرجة الحرارة الخارجية أقل من 10 درجات
29.5	الحد الأكبر لدرجة الحرارة الخارجية أقل من أو يساوي 33.5 درجة
19.6	أقل درجة حرارة فعلية
29.5	أكبر درجة حرارة فعلية

جدول 1- 3 يوضح متوسطات الخصائص المناخية لمدينة القاهرة
المصدر: UCLA Architecture and urban design , energy design tools ,2020
www.eergy-design-tools.aud.ucla.edu
climate consultant 6 (build 16)

الدراسة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
متوسط ساعات السطوع الشمسي	289	367	447	500	545	526	502	478	459	401	321	277
متوسط درجة حرارة الهواء الجاف/الدرجة مئوية	13	15	18	21	24	27	28	29	26	24	19	16
متوسط الرطوبة النسبية/نسبة مئوية	68	58	55	51	49	51	59	60	60	59	62	61
متوسط سرعة الرياح م/ث	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3

ومما سبق نستنتج أن مناخ القاهرة مناخ معتدل صيفا ودافئ ممطر شتاء حيث يصل متوسط درجات الحرارة في فترة الصيف حوالي 30 درجة مئوية والرطوبة النسبية تصل لمتوسط 60% كما تزيد ساعات السطوع الشمسي في الصيف عن الشتاء بمعدل فرق حوالي 150 ساعة في المتوسط، كما أن متوسط سرعة الرياح يصل الي 3 م/ث باتجاه ساند شمالي غربي كما هو موضح في الشكل التالي.



الشكل 1-8 يوضح بيانات المسقط الأفقي والواجهات للنموذج محل الدراسة
المصدر: هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة

بدراسة منطقة الاستقبال في الوحدة رقم 2 ذات التوجيه الجنوب الغربي في الدور الأخير من المبنى (دور السطح).

1-2-9 المسقط الأفقي للوحدة محل الدراسة

تتكون كل وحدة من الوحدات الأربعة محل الدراسة من 3 غرفة نوم مساحة كل واحدة منها حوالي 12 متر مربع وأقل ضلع فيها 3 م وحمام ومطبخ وصالة استقبال بمساحة 30 متر مربع كما هو موضح بالشكل المجاور ويوضح الجدول التالي مساحة فراغ الاستقبال ومساحة الفتحات الخارجية ونسبتها لمساحة الحائط ومساحة الفراغ وتوصيفه على الشكل التالي:

جدول 1-4 يوضح مساحة الفراغ ومساحة الشباك ونسبته الى مساحة الحائط ومساحة الفراغ.

الوحدة	الفراغ	عرض الفتحة	ارتفاع الفتحة	مساحة الفتحة	مساحة الحائط	مساحة الفراغ	نسبة الفتحة بالنسبة لمساحة الفراغ %	نسبة الفتحة بالنسبة للمساحة الحائط %
جنوب غربي	استقبال ويحتم	1.3	2.1	4.35	10.5	27	41.43	16.11
		0.9	1.8					

2-2-9 توصيف العناصر الانشائية للنموذج

ويوضح الجدول التالي مكونات العناصر الانشائية للمبنى والطبقات المكونة لكل عنصر وقيمة المقاومة

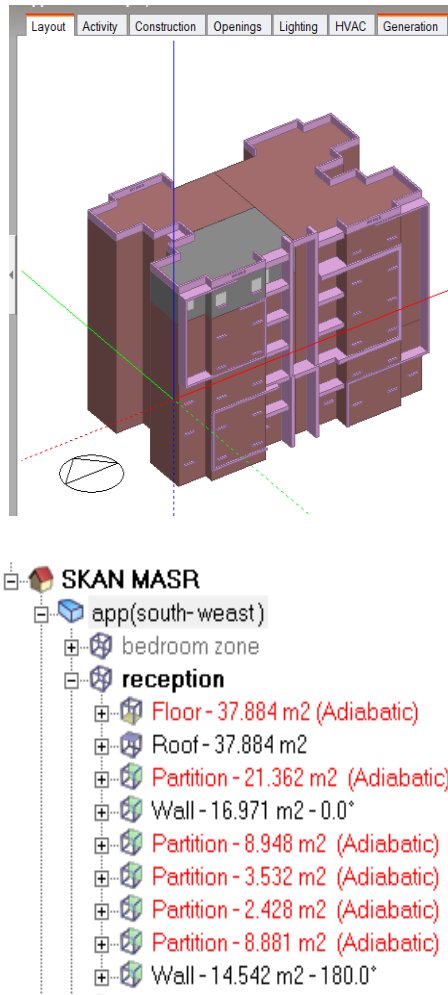
جدول 1-5 يوضح مكونات العناصر الانشائية للمبنى والطبقات المكونة لكل عنصر وقيمة المقاومة والانتقالية الحرارية

العنصر	فصلص وتوصيف العنصر	المقاومة الحرارية R value (m ² -k/w)	الانتقالية الحرارية U Value (w/m ² -k)	الطبقات المكونة له (توضيحي)
الحوائط الخارجية ٢٥ سم	تتكون الحوائط الخارجية للمبنى من ٠.٠٥ سم هان خارجي سائقيو + ٢ سم حجارة أسمنتية + ٢٥ سم طوب طقلي + ٢ سم حجارة داخلية.	٠.٥٤٠	١.٨٥٢	
الحوائط والقواطع الداخلية سمك ١٢ سم	تتكون من ٢ سم حجارة أسمنتية + ١٢ سم طوب طقلي + ٢ سم حجارة داخلية.	٠.٤٤	٢.٢٨١	
الأسقف	تتكون من ٢ سم بلاط أسمنتي + ٢ سم طبقة أسمنتية + ٥ سم رمل + ٧ سم خرسانة + ٥ سم طبقة عزل حراري EPS + ١٥ سم بلاطة خرسانية مسلحة + ٢ سم بياض أسمنتي	٠.٤٩٨	٢.٠١٠	
الأرضيات (متكور)	تتكون من ١ سم سيراميك + ٢ سم طبقة أسمنتية + ٧ سم رمل + ١٥ سم بلاطة خرسانية مسلحة	٠.٢٧١	٣.٦٨٦	
الشبابيك والأبواب الخارجية.	الأبواب الخارجية والشبابيك ذات إطار الموتوم وزجاج عاكس ٦٠ % مفرد بسمك ٣ سم	٠.٢٢١	٤.٥١٣	

10. خصائص اشغال الوحدة محل الدراسة:

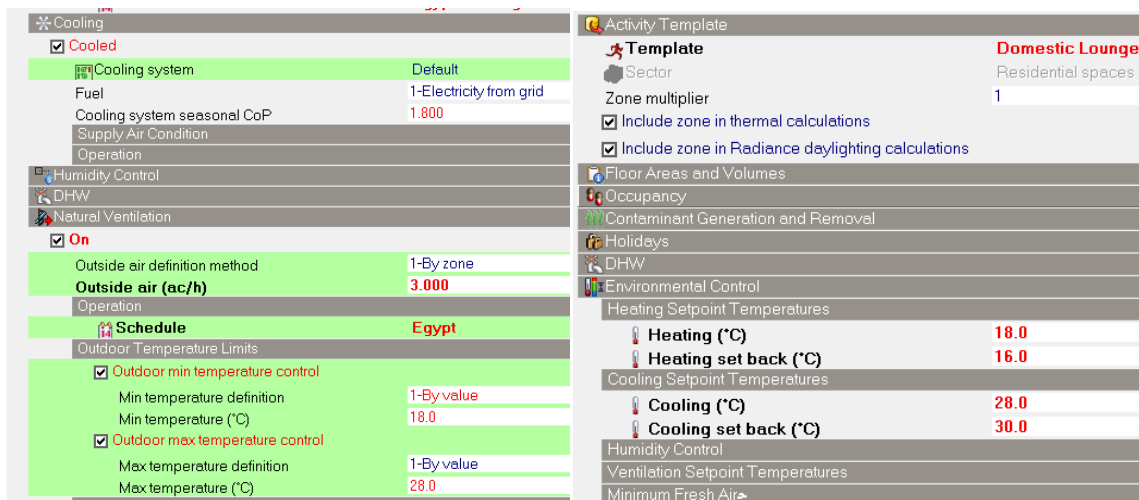
ويوضح الجدول التالي جميع الخصائص التشغيلية التي سيتم ادخالها للبرنامج قبل البدء في عملية المحاكاة واستخراج النتائج والتي تتمثل في أنشطة الفراغ السكني وأنشطة المستعملين داخل الفراغ وجداول تشغيل التكييف والتهوية الطبيعية ودرجة حرارة التبريد والتدفئة وعدد الأشخاص بالنموذج.

جدول 1- 6 يوضح خصائص اشغال الوحدة التي تم إدخالها لتطبيق المحاكاة Design builder



اسم الفراغ	فراغ المعيشة والاستقبال
الاشغال	0.1 فرد / م ²
الأنشطة	نشاط سكني معتدل – معيشة – أكل – شرب – أنشطة سكنية بسيطة
المساحة	35 م ²
درجة حرارة التبريد	أكثر من 18 درجة مئوية
درجة حرارة التدفئة	أقل من 18 درجة مئوية
الرطوبة النسبية	الحدود المقبولة من 20 وحتى 50 %
نوع التكييف المستخدم	SPLIT NO FRESH AIR
طاقة التبريد والتدفئة	تعتمد على الكهرباء من الشبكة
التهوية الطبيعية	يتم الاعتماد على التهوية الطبيعية وفقا لجداول تشغيل تعتمد على درجات الحرارة الداخلية والخارجية والفرق بينهما حيث إنه لا يتم الاعتماد على التهوية الطبيعية تحت درجة حرارة 18 أو فوق درجة حرارة 28

الشكل 1- 9 يوضح شكل النموذج ثلاثي الابعاد وخصائص ومساحة الحوائط والارضيات والأسقف في النموذج محل الدراسة داخل برنامج design builder



11. تحليل الأداء الحراري للمتغيرات الدراسية:

ويتم في تلك المرحلة دراسة أثر تغيير في استخدام المواد العازلة للحرارة على استهلاك الطاقة (المستخدمة للتبريد) وعدد ساعات عدم الراحة (كمؤشر على مستوى الراحة) داخل الفراغ محل الدراسة مع دراسة جدوى تغيير سمك المادة العازلة عليهما كما ويوضح الجدول التالي الخصائص الحرارية لبعض مواد العزل طبقاً للمواصفات العامة لبنود أعمال العزل الحراري وهي قيم استرشادية للمواد الأكثر تداولاً في السوق المحلي:

جدول 1- 7 يوضح الخصائص الحرارية لبعض مواد العزل طبقاً للمواصفات العامة لبنود أعمال العزل الحراري

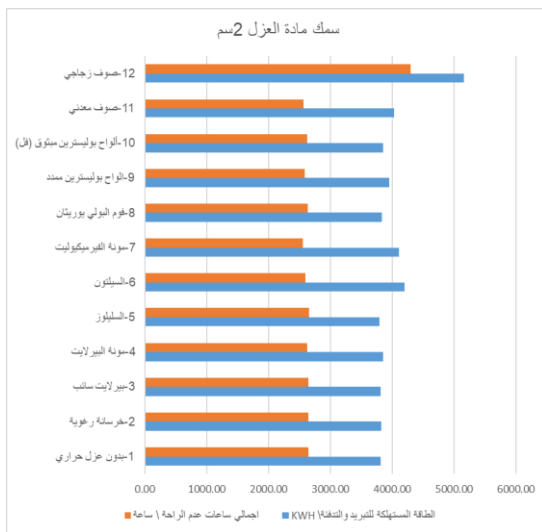
الموصلية الحرارية (وات \ م.س)	الكثافة (كجم ام3)	المادة	
0.033-0.027	40-28	الواح بوليسترين ممدد	البوليسترين
0.037-0.03	40-15	ألواح بوليسترين ميثوق	
0.026	30	بولي يوريثان منفذ بالرش (فوم)	البولي يوريثان
0.06-0.039	176-32	بيرلايت سائب	مون وخرسانات عازلة للحرارة
0.11-0.079	610-400	مونة البيرلايت	
0.17	480	السيلتون	
0.303-0.135	960-480	مونة فيرميكوليت	
0.25-0.1	880-400	مونة الاسمنت الرغوي	

المتغيرات الدراسية للتجربة من عناصر العزل المختلفة التي سأقوم بتجريبها مع تغيير سمك كل مادة من 2 سم الي 12 سم لبيان أثر اختلاف المواد وأثر اختلاف سمك الطبقة العازلة على استهلاك الطاقة ومستوى الراحة الحرارية:

مواد العزل المستعملة خلال التجربة:		
1- بدون عزل حراري.	2- خرسانة رغوية.	3- بيرلايت سائب.
4- مونة البيرلايت.	5- مادة السليلوز.	6- مادة السيلتون.
7- مونة الفيرميكلوليت.	8- فوم البولي يوريثان.	9- ألواح البوليسترين الممدد.
10- ألواح بوليسترين ميثوق (فل).	11- صوف معدني.	12- صوف زجاجي.

* تتم الدراسة اعتماداً على قياس ساعات عدم الراحة لتحديد مستوى الراحة الحرارية في حالة التهوية الطبيعية واستهلاك طاقة التبريد لقياس

استهلاك الطاقة في حالة الاعتماد على أنظمة التكييف.



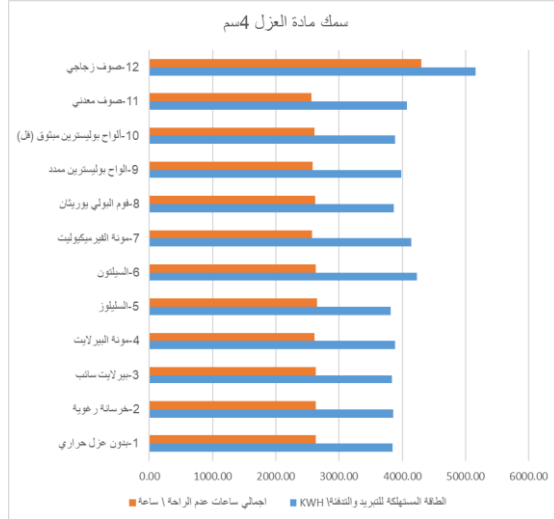
اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة \ KWH	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة	سمك مادة العزل
1- بدون عزل حراري	3817.79	2646.50	2 سم
2- خرسانة رغوية	3828.78	2642.00	
3- بيرلايت سائب	3813.41	2647.50	
4- مونة البيرلايت	3856.46	2628.00	
5- السليلوز	3790.74	2658.00	
6- السيلتون	4200.76	2600.50	
7- مونة الفيرميكلوليت	4110.37	2558.00	
8- فوم البولي يوريثان	3836.72	2637.50	
9- ألواح بوليسترين ممدد	3951.35	2589.00	
10- ألواح بوليسترين ميثوق (فل)	3856.32	2627.00	
11- صوف معدني	4036.34	2567.00	
12- صوف زجاجي	5158.65	4304.50	

الشكل 11-1 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 2 سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

ويتضح

من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 2سم أن مواد (مونة الفيرميكيوليت و الصوف المعدني) تقدم أعلى مستوي من الراحة الحرارية، ومواد(السليولوز ومونة البيرلايت) تقدم أعلى مستوي من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي و السيلتون) أقل مستوي من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

ب - سمك مادة العزل 4سم.

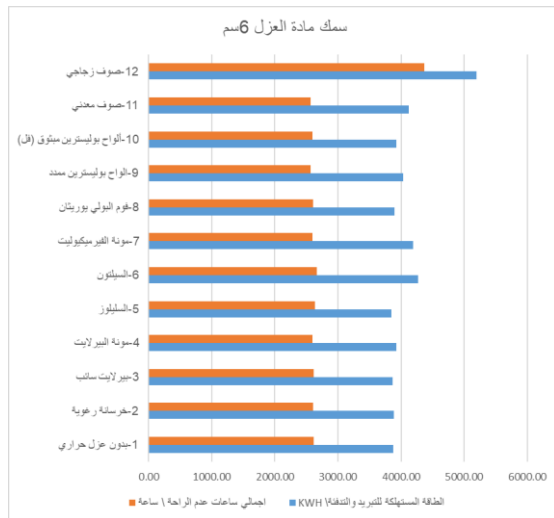


سمك مادة العزل	اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة KWH	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة
4سم	1- بدون عزل حراري	3843.13	2632.50
	2-خرسانة رغوية	3855.11	2627.50
	3-بيرلايت سائب	3838.01	2635.00
	4-مونة البيرلايت	3885.13	2609.00
	5-السليولوز	3812.04	2647.50
	6-سيلتون	4233.99	2633.50
	7-مونة الفيرميكيوليت	4147.38	2572.00
	8-قوم البولي يوريثان	3862.91	2622.50
	9-الواح بوليسترين ممدد	3987.69	2578.50
	10-ألواح بوليسترين ميثوق (فل)	3884.92	2611.50
	11-صوف معدني	4075.44	2568.00
	12-صوف زجاجي	5158.65	4304.50

الشكل 1-12 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 4سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

ويتضح من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 4سم أن مواد (الصوف المعدني ومونة الفيرميكيوليت) تقدم أعلى مستوي من الراحة الحرارية، ومواد(السليولوز والبيرلايت السائب) تقدم أعلى مستوي من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي و السيلتون و السليولوز) أقل مستوي من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

ج - سمك مادة العزل 6سم.

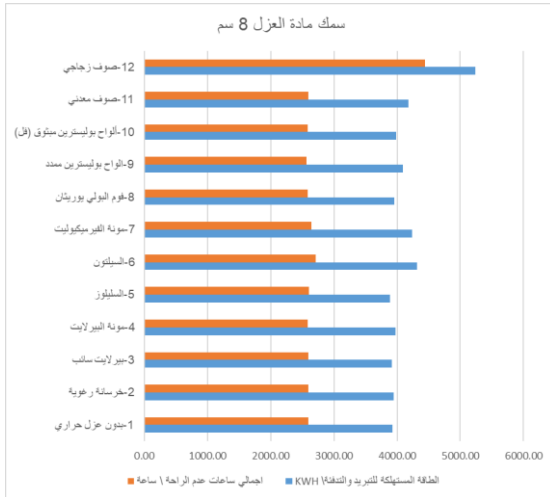


سمك مادة العزل	اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة KWH	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة
6سم	1- بدون عزل حراري	3876.92	2612.50
	2-خرسانة رغوية	3890.37	2609.00
	3-بيرلايت سائب	3871.78	2617.00
	4-مونة البيرلايت	3924.54	2597.00
	5-السليولوز	3843.06	2634.50
	6-سيلتون	4270.51	2667.00
	7-مونة الفيرميكيوليت	4190.36	2595.00
	8-قوم البولي يوريثان	3899.23	2608.50
	9-الواح بوليسترين ممدد	4032.96	2571.00
	10-ألواح بوليسترين ميثوق (فل)	3924.25	2600.00
	11-صوف معدني	4120.32	2568.50
	12-صوف زجاجي	5195.54	4372.00

الشكل 1-13 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 6سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

يتضح من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 6سم أن مواد (الصوف المعدني وألواح البوليسترين الممدد) تقدم أعلى مستوي من الراحة الحرارية، ومواد (السليولوز والبيرلايت السائب) تقدم أعلى مستوي من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي و السيلتون) أقل مستوي من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

د - سمك مادة العزل 8 سم.

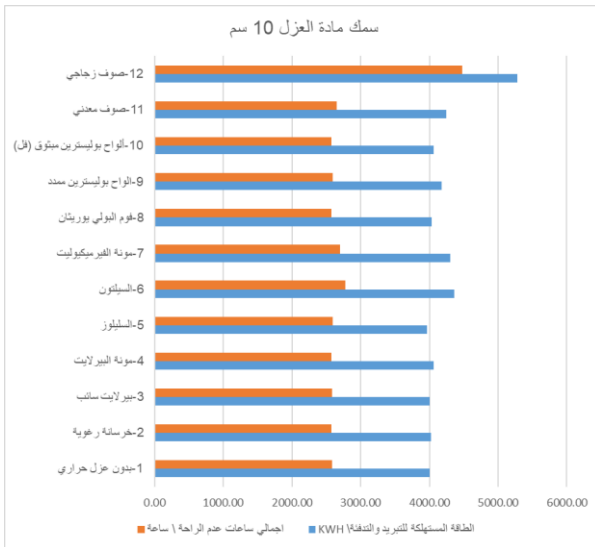


سمك مادة العزل	اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة (KWH)	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة
8 سم	1- بدون عزل حراري	3926.55	2600.00
	2- خرسانة رغوية	3943.00	2592.00
	3- بيرلايت سائب	3920.56	2600.00
	4- مونة البيرلايت	3980.23	2586.00
	5- السليلوز	3888.15	2610.00
	6- السيلتون	4312.64	2716.00
	7- مونة الفيرميكيوليت	4241.14	2642.50
	8- فوم البولي يوريثان	3952.56	2590.50
	9- ألواح بوليسترين ممدد	4093.35	2570.00
	10- ألواح بوليسترين ميثوق (فل)	3980.77	2584.50
	11- صوف معدني	4177.73	2592.00
	12- صوف زجاجي	5236.47	4437.50

الشكل 1-14 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 8 سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

ويتضح من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 8 سم أن مواد (ألواح البوليسترين الممدد و الواح البوليسترين الميثوق (فل)) تقدم أعلى مستوي من الراحة الحرارية، ومواد (السليلوز والبيرلايت السائب) تقدم أعلى مستوي من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي و السيلتون) أقل مستوي من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

هـ - سمك مادة العزل 10 سم.

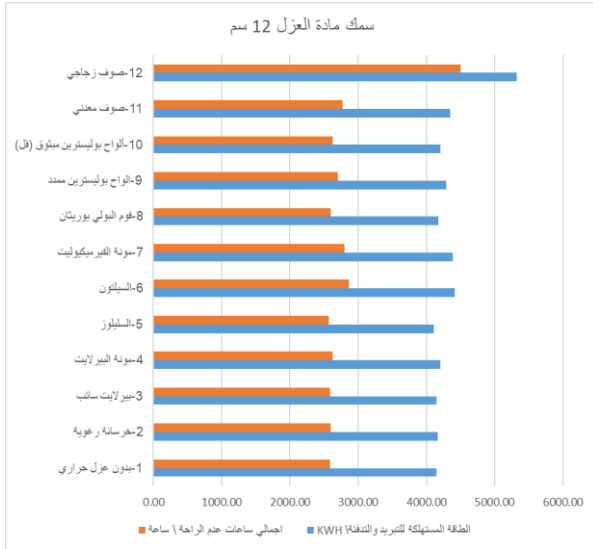


سمك مادة العزل	اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة (KWH)	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة
10 سم	1- بدون عزل حراري	4007.31	2583.50
	2- خرسانة رغوية	4024.22	2574.00
	3- بيرلايت سائب	4001.27	2578.50
	4- مونة البيرلايت	4064.85	2574.00
	5- السليلوز	3962.34	2592.00
	6- السيلتون	4360.57	2779.50
	7- مونة الفيرميكيوليت	4305.35	2700.50
	8- فوم البولي يوريثان	4034.86	2573.50
	9- ألواح بوليسترين ممدد	4174.95	2593.50
	10- ألواح بوليسترين ميثوق (فل)	4065.05	2577.50
	11- صوف معدني	4250.63	2651.50
	12- صوف زجاجي	5278.94	4478.00

الشكل 1-15 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 10 سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

ويتضح من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 10 سم أن مواد (فوم البولي يوريثان والخرسانة الرغوية) تقدم أعلى مستوي من الراحة الحرارية، ومواد (السليلوز والبيرلايت السائب) تقدم أعلى مستوي من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي والسيلتون) أقل مستوي من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

و - سمك مادة العزل 12 سم.



اسم المادة	الطاقة المستهلكة للتبريد والتدفئة (KWH)	اجمالي ساعات عدم الراحة \ ساعة	سمك مادة العزل
1- بدون عزل حراري	4150.85	2586.00	12 سم
2- خرسانة رغوية	4167.06	2601.50	
3- بيرلايت سائب	4145.28	2584.50	
4- مونة البيرلايت	4203.97	2626.50	
5- السليلوز	4105.31	2567.00	
6- السيلتون	4416.46	2869.50	
7- مونة الفيرميكيوليت	4383.29	2802.00	
8- فوم البولي يوريثان	4177.36	2602.00	
9- الواح بوليسترين ممدد	4293.96	2705.50	
10- ألواح بوليسترين مبثوق (فل)	4203.55	2625.00	
11- صوف معدني	4347.58	2773.50	
12- صوف زجاجي	5326.72	4497.00	

الشكل 1-16 يوضح نتيجة تغيير نوع المادة مع ثبات سمك 12 سم على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

ويتضح من دراسة ال 12 مادة عزل بسمك 12 سم أن مواد (السليلوز والبيرلايت السائب) تقدم أعلى مستوى من الراحة الحرارية و أعلى مستوى من كفاءة استهلاك الطاقة، كما تقدم مواد (الصوف الزجاجي و السيلتون) أقل مستوى من الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة.

2-11 تأثير تغيير سمك مادة العزل على استهلاك الطاقة وساعات الراحة.

سيتم دراسة أثر زيادة سمك مادة العزل في المواد التي قدمت أعلى معدل من مستويات الراحة الحرارية وكفاءة استهلاك الطاقة وهم كالاتي :

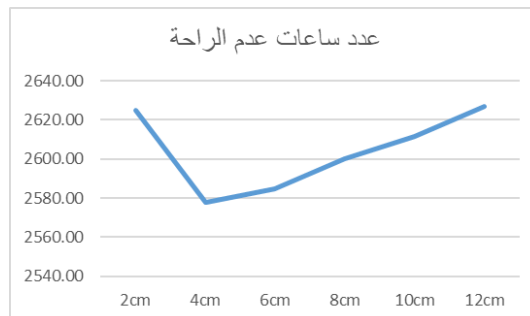
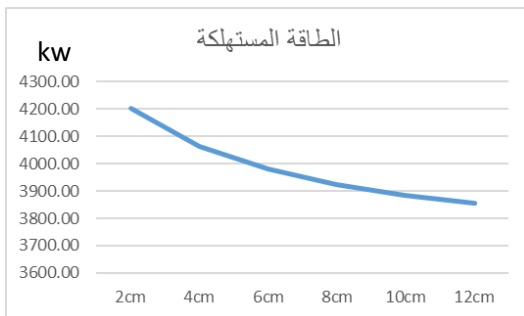
- 1- مادة البيرلايت السائب .
- 2- مادة السليلوز .
- 3- مادة البوليسترين الممدد .
- 4- مادة البوليسترين المبثوق .

مادة البيرلايت السائب:

يتضح من دراسة زيادة سمك مادة البيرلايت السائب من 2 سم وحتى 12 سم متر أن :

- سمك 4 سم من المادة يحقق أعلى معدل راحة حرارية ،كما تزيد ساعات عدم الراحة عند زيادتها عن 4 سم وعندما تقل عنها أيضا .
- تقل الطاقة المستهلكة للتكييف مع زيادة سمك المادة ويكون العامل الاقتصادي هو الفاصل في تحديد السمك الأمثل.

سائب بيرلايت		
المادة سمك	الراحة عدم ساعات عدد	المستهلكة الطاقة
2cm	2625.00	4203.55
4cm	2577.50	4065.05
6cm	2584.50	3980.77
8cm	2600.00	3924.25
10cm	2611.50	3884.92
12cm	2627.00	3856.32

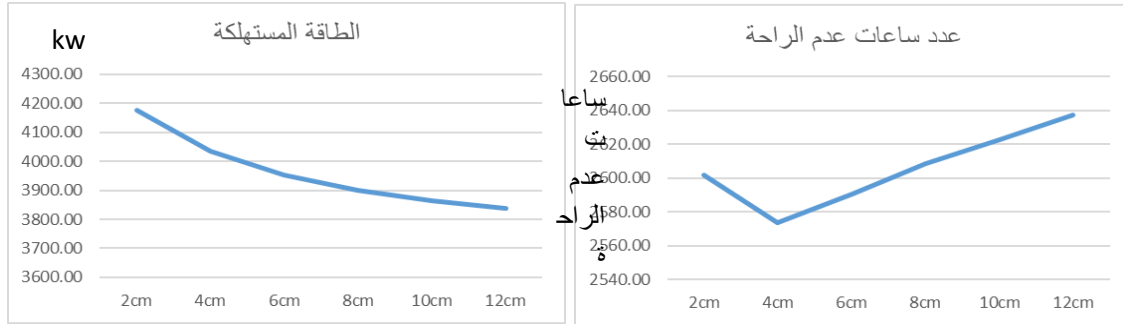


الشكل 1-17 يوضح نتيجة تغيير سمك مادة البيرلايت السائب على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

مادة السليلوز:

- يتضح من دراسة زيادة سمك مادة السليلوز من 2 سم وحتى 12 سم متر أن :
- سمك 4 سم من المادة يحقق أعلى معدل راحة حرارية ،كما تزيد ساعات عدم الراحة عند زيادتها عن 4 سم وعندما تقل عنها أيضا.
 - تقل الطاقة المستهلكة للتكييف مع زيادة سمك المادة ويكون العامل الاقتصادي هو الفاصل في تحديد السمك الأمثل.

السليلوز		
المستهلكة الطاقة	الراحة عدم ساعات عدد	المادة سمك
4177.36	2602.00	2cm
4034.86	2573.50	4cm
3952.56	2590.50	6cm
3899.23	2608.50	8cm
3862.91	2622.50	10cm
3836.72	2637.50	12cm

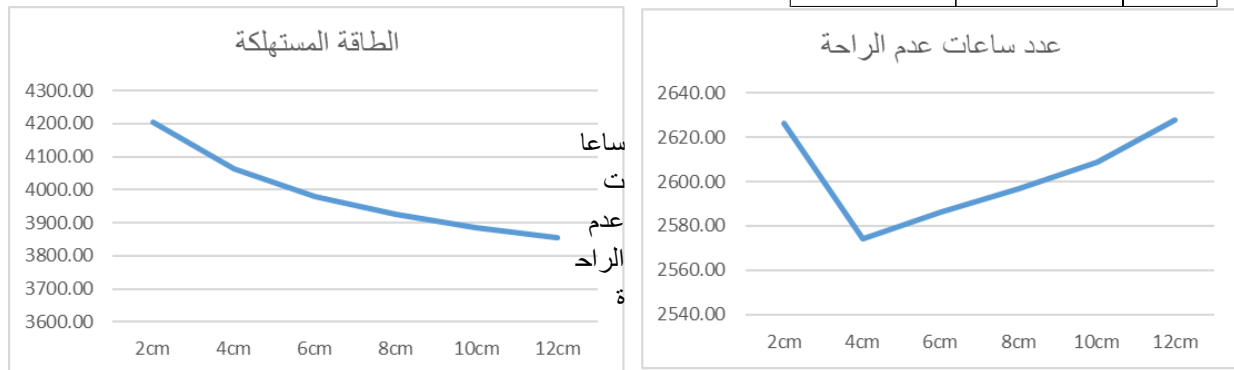


الشكل 18-1 يوضح نتيجة تغيير سمك مادة السليلوز على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

مادة البوليسترين الممدد والمبتوق:

- يتضح من دراسة زيادة سمك مادة السليلوز من 2 سم وحتى 12 سم متر أن :
- سمك 4 سم من المادة يحقق أعلى معدل راحة حرارية ،كما تزيد ساعات عدم الراحة عند زيادتها عن 4 سم وعندما تقل عنها أيضا.
 - تقل الطاقة المستهلكة للتكييف مع زيادة سمك المادة ويكون العامل الاقتصادي هو الفاصل في تحديد السمك الأمثل.

الممدد البوليسترين مادة		
المستهلكة الطاقة	الراحة عدم ساعات عدد	المادة سمك
4203.97	2626.50	2cm
4064.85	2574.00	4cm
3980.23	2586.00	6cm
3924.54	2597.00	8cm
3885.13	2609.00	10cm
3856.46	2628.00	12cm



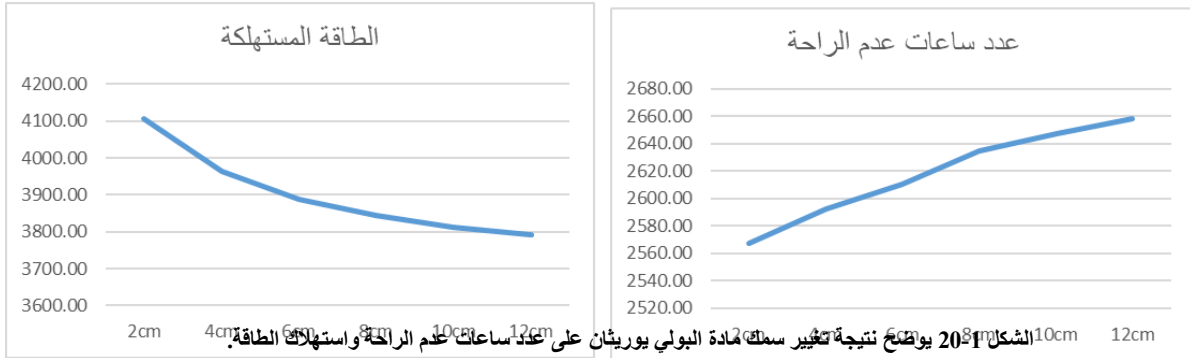
الشكل 19-1 يوضح نتيجة تغيير سمك مادة البولي سترين الممدد والمبتوق على عدد ساعات عدم الراحة واستهلاك الطاقة.

مادة البولي يوريثان:

يتضح من دراسة زيادة سمك مادة السليلوز من 2 سم وحتى 12 سم متر أن :

- كلما زاد سمك المادة يقل مستوي الراحة الحرارية بزيادة ساعات عدم الراحة
- تقل الطاقة المستهلكة للتكييف مع زيادة سمك المادة ويكون العامل الاقتصادي هو الفاصل في تحديد السمك الأمثل.

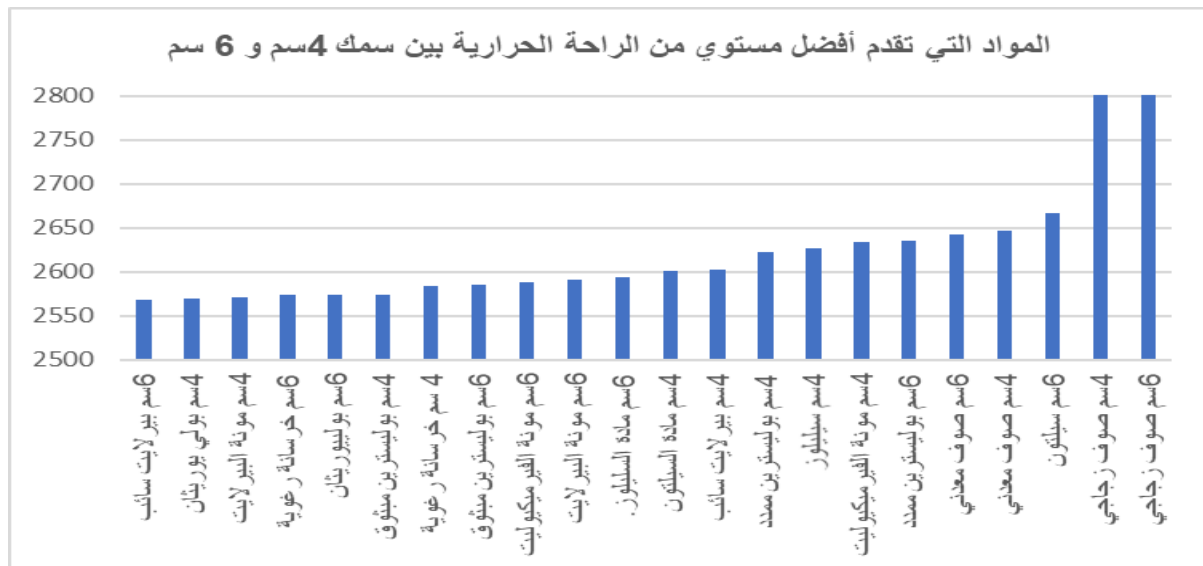
يوريثان البولي مادة		
المستهلكة الطاقة	الراحة عدم ساعات عدد	المادة سمك
4105.31	2567.00	2cm
3962.34	2592.00	4cm
3888.15	2610.00	6cm
3843.06	2634.50	8cm
3812.04	2647.50	10cm
3790.74	2658.00	12cm



مما سبق نستنتج أن سمك 4-6 سم أفضل سمك يقدم مستوي راحة حرارية أعلى واستهلاك أقل للطاقة على مستوي 12 مادة عزل المستخدمة بالسوق المصري ومذكورة بكدو العزل المصري.

3-11 تحليل البيانات المستخرجة لاستنتاج نوع وسمك المادة الأمثل من ناحية الراحة الحرارية.

وبناء على ما سبق يتم دراسة سمك 4 سم وسمك 6 سم لاختيار المادة الأمثل من حيث مستوي الراحة الحرارية:

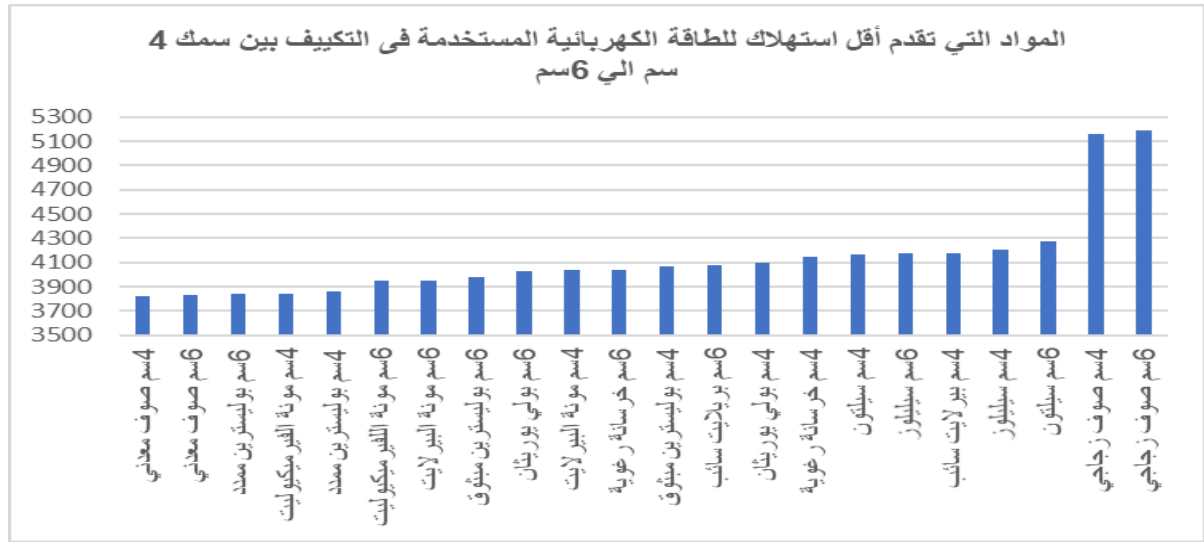


الشكل 21-1 يوضح نتيجة المواد التي تقدم أفضل مستوي راحة حرارية بين سمك 4 و 6 سم.

ويتبين ان أفضل مادة توفر مستوي أعلى من الراحة الحرارية هي مادة بيرلايت السائب بسمك 6 سم تليها مادة البولي يوريثان بسمك 4 سم، وأقل مادة هي الصوف الزجاجي بسمك 4 و 6 سم.

11-4 تحليل البيانات المستخرجة لاستنتاج نوع وسمك المادة الأمثل من ناحية استهلاك الطاقة.

وبناء على ما سبق يتم دراسة سمك 4 سم وسمك 6 سم لاختيار المادة الأمثل من حيث الأقل استهلاكاً للطاقة الكهربائية المستخدمة للتكيف:



الشكل 1-21 يوضح نتيجة المواد التي تقدم أقل استهلاك طاقة بين سمك 4 و 6 سم.

ويتبين ان أفضل مادة توفر أقل استهلاك طاقة هي الصوف المعدني بسمك 4-6 سم تليها مادة البولي سترين الممدد بسمك 6 سم، وأقل مادة هي الصوف الزجاجي بسمك 4 و 6 سم.

12. النتائج:

- 1- التأكد من صحة الفرضية حول امكانية تحسين مستوي الراحة الحرارية داخل الفراغات السكنية وخفض استهلاك الطاقة المستهلكة للتبريد عن طريق تحديد مادة العزل المثلي وسمكها باستخدام إحدى تطبيقات المحاكاة البيئية.
- 2- يلزم تركيب طبقات العزل الحراري للطابق الأخير من المبنى (السطح) بهدف تحسين مستوي الراحة الحرارية في الأدوار الأخيرة وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة للتبريد والتدفئة.
- 3- استخدام مواد عزل ذات مقاومة حرارية مرتفعة لتقليل الاكتساب الحراري داخل الفراغات.
- 4- سمك 4-6 سم أفضل سمك يقدم مستوي راحة حرارية أعلى واستهلاك أقل للطاقة على مستوي 12 مادة عزل المستخدمة بالسوق المصري ومذكورة بكون العزل المصري.
- 5- المواد التالية توفر أداء حراري أفضل من ناحية مستويات الراحة الحرارية داخل الفراغات وكمية استهلاك الطاقة وهم بالترتيب كما يلي:
 - البولي سترين الميثوق.
 - البولي سترين الممدد.
 - البولي يوريثان.
 - الخرسانة الرغوية.
- 6- كلما زاد سمك مادة العزل يقل استهلاك الطاقة المستخدم للتبريد والتدفئة الا انها تؤدي الي زيادة ساعات عدم الراحة.

13. التوصيات:

- 1- يجب عزل الحوائط الخارجية للأدوار الأخيرة بسبب تعرضها للإشعاع الحراري بشكل مقارب للأسطح.
 - 2- يجب استبعاد مادة الصوف الزجاجي وعدم استخدامها كمادة عزل حيث انها تقدم مستوي راحة حرارية متدني داخل الفراغات وكذلك تؤدي لاستهلاك طاقة أكبر للتكييف.
 - 3- يجب دراسة أثر مواد العزل الحراري على مستويات الراحة باستخدام تطبيقات المحاكاة البيئية أو باستخدام أدوات قياس فعلية.
- يجب دراسة مواد العزل للطابق الأخير لجميع المناطق والاقليم المناخية لتحديد مادة العزل الأمثل لكل إقليم والتي تعطي أعلى مستوي راحة حرارية (أقل ساعات لعدم الراحة) وأقل استهلاك للطاقة

14.المراجع:

أ- المراجع العربية:

- [1] الهيئة العامة للتعبئة والاحصاء، تقرير الجهاز العام للتعبئة والاحصاء, 2019.
- [2] وزارة الكهرباء، الموقع الرسمي للوزارة، تقرير الشركة القابضة للكهرباء والطاقة، 2019.
- [3] الهيئة العامة للتعبئة والاحصاء، التقرير السنوي لاستهلاك الطاقة والكهرباء، 2016.
- [4] أسامة أحمد إبراهيم مسعود، أثر استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة على الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية، مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، العدد الأول المجلد الثالث، مارس 2019.
- سماح صبحي منصور، تقييم الأداء الحراري للحوائط الخارجية بالمباني السكنية بالمناطق الحارة الجافة، مجلة العمارة والفنون الإنسانية، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، مصر 2019.
- [5] أحمد عبد الراضي، أحمد حمزة علي، تحليل الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في مدارس مصر الابتدائية، ResearchGate، جامعة أسيوط، مصر، 2014.

ب- المراجع الانجليزية:

- [6] 7)yao,R.,li.b. b & j,2009. **A theoretical adaptive model of thermal comfort – adaptive predicted mean vote (aPMV)**. Building and environmental, 44(10), pp.2089-2096
- [7] 8)Markus &Morris: **Building, Climate and Energy**, Pitman Publishing, L.T.D. London, (U.K). 1978 pp. 47
- [8] 9)ASHRAE standard 55- 2010: **thermal environmental conditions for human occupancy**. American society of heating refrigerating and air conditioning engineers ASHRAE 2010.
- [9] 10)Mohamed Fahmy, **effect of thermal insulation on building thermal comfort and energy consumption in Egypt**, 2nd international conference on advanced technology and applied science (ICaTAS 2017) Egypt.
- [10] 11)Maini S. Earthen **architecture for sustainable habitat and compressed stabilized earth block technology**. Progrmmae of the city on heritage lecture on clay architecture and building techniques by compressed earth, High Commission of Ryadh City Development. The Auroville Earth Institute ,Auroville Building Centre – INDIA 2005.
- [11] 12)Eldin, S,M," **Glass in Architecture** ", MSC. Thesis submitted to the Dep of Architecture ,Cairo university , Egypt, 1996.