مجلة المخطط والتنمية
المجلد (31)، العدد (2)، الشهر (8)، السنة (2026)، الصفحات 19-28
الصفحة الرئيسية للمجلة: https://jpd.uobaghdad.edu.iq/index.php/jpd

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

الواح العزل المفرغة كحل مستدام لترشيد إستهلاك الطاقة في المباني السكنية: دراسة حالة شقة سكنية كنموذج للتصميم المستدام

عمار رشيد سلمان [1]*، أ.م.د. سالي فخري خلف [2]

[1] وزارة الاعمار والإسكان والبلديات العامة – دائرة الاعمار الهندسي
[2] جامعة بغداد – كلية الهندسة – هندسة العمارة

*بريد إلكتروني للمؤلف المسؤول: Ammar.Salman2404m@coeng.uobaghdad.edu.iq

حقوق النشر: ©2026 المؤلفون. هذه المقالة هي مقال مفتوح الوصول موزع بموجب شروط رخصة المشاع الإبداعي 4.0 الدولية (CC BY 4.0). ينشر من قبل مركز التخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا بجامعة بغداد.

تم الاستلام: 2025/7/20
تم المراجعة: 2025/8/18
مقبول: 2025/8/28
متوفر عبر الإنترنت:2026/8/7

الكلمات المفتاحية:
العزل الحراري، مواد النانو، الواح العزل المفرغة، ترشيد استهلاك الطاقة، المباني السكنية

الملخص

يعد ترشيد استهلاك الطاقة في المباني السكنية من التحديات الرئيسة في مجالات التصميم المعماري المستدام، لا سيما في البيئات الحارة والجافة. وفي هذا الإطار، تبرز مواد النانو العازلة للحرارة كأحد الحلول التقنية المتقدمة لتحقيق كفاءة حرارية عالية وتقليل الفاقد الطاقوي. يتناول هذا البحث دراسة تطبيق عملي لمادة الواح العزل المفرغة (Vacuum Insulation Panels - VIPs) بوصفها إحدى مواد العزل النانوية الفعالة، وذلك على نموذج لمبنى سكني في بيئة مناخية حارة. تم استعمال أدوات المحاكاة الحرارية الرقمية لتحليل الأداء الحراري للمبنى قبل وبعد استعمال (VIPs)، بالاعتماد على مدخلات واقعية تشمل مواد البناء والظروف المناخية المحلية. أظهرت النتائج تحسناً ملحوظاً في كفاءة استهلاك الطاقة، وانخفاضاً في الحمل التبريدي المطلوب، مما يؤكد جدوى استعمال هذه المادة في تعزيز الأداء البيئي للمباني. يخلص البحث إلى أهمية دمج تقنيات العزل النانوية ضمن استراتيجيات التصميم المستدام، ويدعو إلى مزيد من الدراسات التطبيقية لتقييم فعالية المواد النانوية في سياقات مناخية مختلفة

Vacuum Insulation Panels as a Sustainable Solution for Energy Efficiency in Residential Buildings: A Case Study of an Apartment as a Model for Sustainable Design

Ammar Rasheed Salman[1*], Dr. Sally Fakhri Khalaf[2]

[1]Ministry of Construction, Housing and Municipalities – Engineering Construction Department
[2]University of Baghdad – College of Engineering

*Corresponding Author Email: Ammar.Salman2404m@coeng.uobaghdad.edu.iq

Copyright: ©2026 The Authors. This article is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). It is published by Center of Urban and Regional Planning for Postgraduate Studies, University of Baghdad.

Received: 20/7/2025
Revised: 18/8/2025
Accepted: 28/8/2025
Available online: 7/8/2026

Keywords:
Thermal insulation, Nanomaterials, Vacuum insulation Panels (VIPs), Energy efficiency, Residential buildings

ABSTRACT

Improving energy efficiency in residential buildings is one of the main challenges in sustainable architectural design, particularly in hot and arid climates. In this context, nano thermal insulation materials have emerged as advanced technological solutions for enhancing thermal performance and minimizing energy loss. This study presents a practical application of Vacuum Insulation Panels (VIPs) as one of the most effective nano-insulating materials, applied to a residential building model located in a hot climate region. Thermal simulation tools were used to analyze the building's performance before and after implementing VIPs, based on realistic input parameters including construction materials and local climatic conditions. The results revealed a significant improvement in energy efficiency and a noticeable reduction in cooling loads, demonstrating the effectiveness of VIPs in enhancing the environmental performance of buildings. The study concludes by emphasizing the importance of integrating nano-insulation technologies into sustainable design strategies and recommends further applied research to evaluate the performance of nanomaterials under diverse climatic conditions

المقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولاً سريعاً نحو اعتماد ممارسات تصميمية وهندسية تتماشى مع التطورات التكنولوجية، في ظل تزايد التحديات البيئية وارتفاع الطلب على الطاقة، خاصة في القطاع السكني الذي يُعدُّ من أكثر القطاعات استهلاكاً لها. في هذا السياق، أصبح من الضروري البحث عن حلول معمارية متطورة تعزز كفاءة الطاقة وتقلل من الاعتماد على المصادر التقليدية، مع الحفاظ على جودة البيئة الداخلية وتناسق التصميم المعماري. ومن بين هذه الحلول التي حظيت باهتمام كبير في السنوات الأخيرة، تبرز تقنيات المواد نانوية ذات الخصائص المميزة في العزل الحراري. إن دمج المواد النانوية في عناصر الغلاف الخارجي للمباني، مثل الجدران والسقوف ، يُمثِّل تحولاً نوعياً في مفهوم التصميم الحراري. توفر هذه المواد أداءً عالياً لتوفير الطاقة بفضل سماكتها القليلة ووزنها الخفيف. كما أن خصائصها في تقليل التوصيل الحراري والانبعاثات الحرارية تجعلها خياراً مثالياً لتقليل الأحمال التبريدية في المناطق ذات المناخ الحار، مثل مدينة بغداد. ورغم تزايد الأبحاث النظرية والتجريبية حول إمكانيات هذه المواد، إلا أن هناك حاجة ملحة لتقييم فعاليتها بشكل علمي يتماشى مع السياق المناخي والعمراني المحلي. ويهتم البحث بدراسة سبل ترشيد الطاقة في المباني السكنية من خلال توظيف تقنيات النانو عن طريق استعمال مادة الواح العزل المفرغة (VIPs) في عناصر الغلاف السكني، وبالاعتماد على المحاكاة الرقمية. يركز البحث إلى تحليل الأداء الحراري للمبنى قبل وبعد إدخال مادة عزل الحرارة النانوية، وتقييم كفاءتها في تقليل إستهلاك الطاقة التشغيلية. كما يسعى لتقديم توصيات تصميمية قابلة للتطبيق في المشاريع السكنية في المناخات الحارة. تم اختيار هذا الموضوع استجابةً للحاجة الملحة لتقليل استهلاك الطاقة في القطاع السكني كونه الاكثر استهلاكاً للطاقة، خاصةً في ظل ارتفاع درجات الحرارة في مدينة بغداد وزيادة الطلب على الطاقة الكهربائية لضمان بيئة سكنية مريحة. يهدف هذا البحث إلى تقديم إسهام علمي من خلال تقديم إطار نظري عن مفاهيم النانو وعرض مشاكل استهلاك الطاقة في المباني وطرق ترشيد الاستهلاك فيها من خلال حلول عملية تعتمد على استخدام مواد عزل الحرارة النانوية الحديثة، التي أثبتت فعاليتها في تحسين الأداء الحراري وتقليل استهلاك الطاقة عن طريق تحليل الاداء الحراري لوحدة سكنية قبل وبعد اضافة المواد بأستعمال المحاكاة الرقمية، للخروج باستنتاجات تدعم التوجهات المستقبلية للسكن المستدام.

2. المواد النانوية:

تعرف المواد النانوية بأنها مجموعة من المواد المتطورة التي يتم إنتاجها بأبعاد تتراوح بين 1 نانومتر و100 نانومتر. إن صغر حجم هذه المواد يؤدي إلى سلوك مختلف تماماً مقارنةً بالمواد التقليدية التي تتجاوز أبعادها 100 نانومتر، مما يمنحها خصائص فريدة لا تتوفر مجتمعة في المواد التقليدية. وتعد جزيئات النانو من أبرز مواد البناء في القرن الحادي والعشرين، إذ تشكِّل الأساس والركيزة الأساسية لتقنية هذا العصر، مما يجعلها معياراً للتقدم والحضارة ومؤشراً على نهضتها (بوراس والعشي ،2018، ص. 650).
وتتميَّز المواد النانوية بخصائص منها :

• الزيادة النسبية في المساحة السطحية : تتميز المواد النانوية بامتلاكها مساحة سطحية أكبر مقارنةً بنفس المواد في الأبعاد الأكبر، مما يعزّز نشاطها الكيميائي وقوتها وخصائصها الكهربائية.

• التأثيرات الكمية : تبدأ هذه التأثيرات في التأثير على سلوك المواد في نطاق النانو، فتصبح هذه المواد غير خاضعة لقوانين الفيزياء الكلاسيكية بسبب أبعادها الصغيرة التي تقترب من الأبعاد الذرية. وبالتالي، تخضع هذه المواد لقوانين فيزياء الكم، مما يؤثر على خصائصها. من بين هذه الخصائص، نجد القدرة على تغيير اللون، والشفافية، والصلابة العالية، فضلاً عن القدرة الكبيرة على التوصيل والعزل (علا حربة ولؤي مرهج،2017،ص.89).

• تتميَّز المواد الناتجة بدقة ونقاوة أعلى مقارنة بتلك التي تُصنع بالطرق التقليدية. ويتم من خلال هذه التقنية توحيد جودة المنتج. وبالتالي تقليل نفقات الانتاج على المدى البعيد وكذلك تقليص استهلاك الطاقة في عمليات التصنيع والتشغيل (المنشاوي، 2017، ص. 80).

مشكلات استهلاك الطاقة في المباني:

يمثل استهلاك الطاقة نشاطاً أساسياً يشمل مختلف مجالات الحياة اليومية، من الاستخدامات المنزلية إلى العمليات الصناعية ووسائل النقل، مما يجعله مرتبطاً بشكل مباشر بكيفية إدارة مصادر الطاقة. ويُنظر إلى استهلاك الطاقة بوصفه العامل الأكثر تأثيراً في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حين أن الطاقة ذاتها تُعد عنصراً جوهرياً لقيام الحياة ومحركاً رئيساً للأنشطة البشرية كافة. ومع ذلك، فإن الاعتماد المكثف على الطاقة يعد سبباً التحديات والمشكلات البيئية (Al-shiblawi & Laffta, 2024, p. 170).
تؤكِّد الدراسات الحديثة ان المباني تستهلك 40% من استهلاك الطاقة في انحاء العالم (Mansour, El-Sayyad, & El-Gizawi 2023, p. 2). ويستهلك قطاع السكن كميات كبيرة من الطاقة والموارد اكثر من اي نشاط اقتصادي اخر، إذ يمثل السكن اكبر استثمار اقتصادي للمال بالنسبة للإسرة ،وكذلك اكبر مستهلك للطاقة والموارد لديها. لأنه يشكل غالبية النسيج الحضري للمدن (هدى حسين ،2023، ص.22). واكدت الدراسات العالمية والمحلية بأن استهلاك الطاقة الاكثر هو من خلال المباني السكنية وتحديداً من خلال اجهزة التكييف الموجودة فيها وكالأتي:

1.3. إستهلاك المباني السكنية للطاقة:

تعد المباني المستهلك الاكثر للطاقة. على الصعيدين المحلي والدولي (Umbarek Alghoul, & Dekam, 2020, p. 1) ، وتشير الأبحاث الى أن القطاع السكني يعد واحداً من العوامل الرئيسية المساهمة في انبعاثات الغازات الدفيئة نتيجة الأستهلاك الكبير في الطاقة الكهربائيةp (,Rafsanjani, 2016. 1134) . وعلى المستوى المحلي يمثل جدول (1) توزيع الطاقة الكهربائية في محافظات العراق ويلاحظ أن القطاع السكني يُمثِّل الاستهلاك الأكبر.

الجدول (1): توزيع الطاقة الكهربائية حسب نوع المستهلكين في محافظات العراق لسنة 2023(حسين حميد و رنا رعد ،2024، ص. 8)

اعداد المستهلكين	منزلي		تجاري		صناعي		حكومي		زراعي		المتجاوزين		المجموع	
المحافظات	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%	عدد	%
نينوى	2,531,292	49	206,232	4	714,070	14	788,715	15	60,734	1	880,024	2	5,181,067	100
كركوك	1,135,753	34	165,099	5	789,298	24	747,070	23	195,306	6	261,876	8	3,294,402	100
ديالى	2,798,776	74	104,416	3	78,834	2	204,358	5	41,620	1	577,737	15	3,805,741	100
الانبار	2,459,822	64	103,353	3	215,269	6	829,371	22	76,048	2	147,756	4	3,831,619	100
بغداد	8,414,977	56	1,947,858	13	839,171	6	2,324,012	15	87,823	1	1,392,623	9	15,006,464	100
بابل	2,031,201	60	166,329	5	273,142	8	920,988	27	18,507	1	1,662	0	3,411,829	100
كربلاء	1,064,995	50	272,611	13	334,280	16	349,651	16	30,173	1	67,550	3	2,119,260	100
واسط	1,275,910	54	82,739	4	542,089	2	175,208	7	95,025	4	674,079	29	2,357,170	100
صلاح الدين	1,144,367	43	73,000	3	182,118	7	1,144,882	43	78,123	3	66,858	2	2,689,348	100
النجف	2,476,680	66	219,323	6	207,380	6	550,147	15	16,847	0	287,250	8	3,757,627	100
القادسية	1,276,000	75	75,319	4	111,274	7	125,149	7	29,410	2	75,107	4	1,692,259	100
المثنى	788,411	48	69,069	4	216,418	13	473,814	13	75,210	5	27,367	2	1,650,289	100
ذي قار	2,505,356	63	163,854	4	244,645	6	729,361	18	28,363	1	306,216	8	3,977,795	100
ميسان	1,402,694	64	60,943	3	114,750	5	484,409	22	16,125	1	124,387	6	2,203,308	100
البصرة	3,648,313	64	224,797	7	359,395	11	1,213,770	40	44,488	2	430,603	14	6,181,103	100
المجموع	34,954,547	58	3,934,942	6	5,222,133	8	11,060,905	18	893,802	1	5,321,095	9	61,159,281	100

2.3. إستهلاك أجهزة التكييف للطاقة:

تشكل أنظمة التدفئة والتبريد والتهوية ما بين خمس وثلث إجمالي استهلاك الطاقة في المباني السكنية
(Umbarek, Alghoul, & Dekam, 2020, p.1) اذ تمثل اكثر الاجهزة استهلاكا للطاقة والتي بدورها تؤدي الى زيادة التكاليف التشغيلية للمبنى (هدى حسين ،2023، ص.45).

3.3. مفهوم ترشيد وكفاءة استهلاك الطاقة في المباني السكنية:

يقصد بالترشيد انه "حسن استخدام المتاح بأستثماره بأكفأ الوسائل الممكنة للحصول على أقصى عائد اقتصادي"، ويشير أيضا الى " تحديد مواقع الاستخدام المهدر لها واتخاذ خطوات العمل اللازمة لخفض هذا الفاقد إلى حده الأدنى أو منعه تماما ". ويقصد ب"كفاءة استهلاك الطاقة" على أنها : "القدرة على تقديم أفضل النتائج بأقل اسراف ممكن من الطاقة والجهد الإنساني والموارد والأموال دون الإخلال بالوظيفة" (منى حسن والعيسوي ورنا رأفت،2021، ص. 107).

تطلب السعي نحو تحسين استهلاك الطاقة في المباني وتقليل آثارها البيئية المحتملة وعياً بأهمية الطاقة في حياة الإنسان، وضرورة استخدامها بكفاءة ودون إسراف. ولتحقيق التصميم المستدام، يسعى المعماريون ومهندسو الخدمات إلى تقليل الطاقة التشغيلية للمباني التي يقومون بتصميمها. ويتطلب الوصول إلى هذا الهدف إيجاد أساليب وطرق بديلة لترشيد استهلاك الطاقة، إلا أن هذا الامر يُمثِّل تحدياً كبيراً للمعماريين، خاصة في المناطق الحارة والجافة مثل العراق، فتفرض الظروف المناخية القاسية أحمالاً عالية للتكييف، مما يجعل الاعتماد على الأنظمة الميكانيكية المستهلكة للطاقة أمراً ضرورياً لضمان الراحة الحرارية لشاغلي المباني(الساعدي، 2021، ص. 61). يهدف إنشاء السكن المستدام الوصول الى حالة من التوازن بين الانسان والبيئة التي يعيش فيها ، في عدة اتجاهات (وظيفيا- اجتماعيا -اقتصاديا- عمرانيا- حضاريا).(الكواز ،2012،ص.34). يُؤدي تزايد استهلاك الطاقة في المباني السكنية الى اختلال في هذا التوازن .

4.3. استراتيجيات ترشيد استهلاك الطاقة في المباني السكنية:

• من اهم الطرق لتقليل استهلاك الطاقة في المباني السكنية، تعزيز العزل واستعمال أجهزة ذات كفاءة أعلى (Rafsanjani, 2016, p. 868).
• يعدّ مبدأ العزل الحراري من الوسائل الأساسية لتحقيق العمارة المستدامة، إذ يسهم في ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل الفواقد الحرارية من خلال تحسين التصميم المعماري واختيار المواد الإنشائية المناسبة. ويُقصد بالعزل الحراري استخدام مواد وتقنيات تحدّ من انتقال الحرارة إلى داخل المبنى أو خارجه، مما يحقق تخفيضاً في الطاقة المستهلكة يصل بين (30% – 80%) من إجمالي الاستهلاك (بهجت رشاد و آل رفو، 2008، ص. 426).
• استعمال مواد بناء صديقة للبيئة قدر الإمكان، والتي تتطلب طاقة أقل في عملية تصنيعها، مما يساهم في تقليل التلوث البيئي. فضلاً عن ذلك، يمكن إعادة تدوير هذه المواد، كما يُفضل استعمال المواد الاطول عمراً (منى حسن والعيسوي ورنا رأفت،2021، ص. 108).
ان تحسين أداء غلاف المبنى يعني أن الطاقة المطلوبة للتدفئة والتبريد ستكون أقل، لذا سيكون تشغيل أنظمة تكييف الهواء بأقل ما يكون (Alsaffar & Alwan, 2014.p. 65).

4. المواد النانوية العازلة للحرارة التي تقلل استهلاك الطاقة:

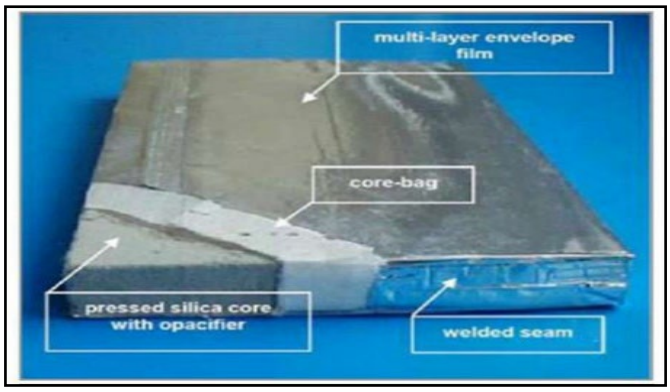
يعد العزل الحراري من أهم الاتجاهات لتحقيق كفاءة استهلاك الطاقة في المباني، إذ يساهم في تقليل الاعتماد على أجهزة التكييف التي توفر الراحة الحرارية في المساحات المختلفة. وقد أسهمت تقنية النانو في تطوير مواد عازلة للحرارة تتميز بالقوة والاستدامة، فضلاً عن سمكها الرقيق مقارنةً بالمواد التقليدية التي تزيد من سمك الجدران والسقوف. ومن بين الحلول الحديثة المبتكرة للعزل في المباني، تبرز مواد كألواح العزل المفرغة والهلام الهوائي وغيرها من المواد (أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.35).

تكون المواد النانوية قادرة على تقليل اكتساب الحرارة من خلال غلاف المبنى في الصيف وفقدان الحرارة في الشتاء، دون الحاجة إلى تقنيات ميكانيكية وإلكترونية لتحسين البيئة الداخلية (Faal & Kamoona,2021.p 129). وتساهم المواد النانوية في تحسين خصائص المواد التكميلية مثل الطلاءات الخارجية ،وكذلك تساهم في تحسين خصائص العزل الحراري للمباني (Younus, 2023, p. 895). إذ قدمت تقنية النانو مواد عازلة تتميز بكفاءة عالية، مما يقلل من الاعتماد على المواد غير المتجدّدة. تم تصميم مواد النانو لتكون أكثر فعالية من العوازل التقليدية بنسبة تصل إلى 30٪ (Abdulmajeed, 2022, pp.9-10). و تُعد تقنية النانو خياراً بديلاً للعوازل الحرارية التقليدية، إذ يمكن استعمالها في تطوير مواد عازلة جديدة ومتطورة تتميز بأداء عالٍ وموصلية حرارية منخفضة للغاية (0.02 واط/مللي كلفن) وسماكة رقيقة جداً، مما يتيح الجمع بين الجمالية المعمارية وكفاءة الطاقة (Elbony & Gad, 2022, p. 164). يمكن الإستفادة من تطبيقات تقنية النانو في ترشيد استهلاك الطاقة في الابنية، بدءاً من مواد البناء وصولاً إلى المواد العازلة فضلاً عن تقنيات الطاقة الشمسية. اذ تساهم هذه التطبيقات في جعل الابنية أكثر فعالية من حيث الكلفة على المدى الطويل، وأكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، وأفضل انسجاماً مع بيئاتها (كمونة،2015،ص.118).
سيناقش البحث واحدة من هذه المواد النانوية العازلة للحرارة وهي الواح العزل المفرغة (VIPs).

1.4. الواح العزل المفرغة (VIPS) Vacuum insulation panels:

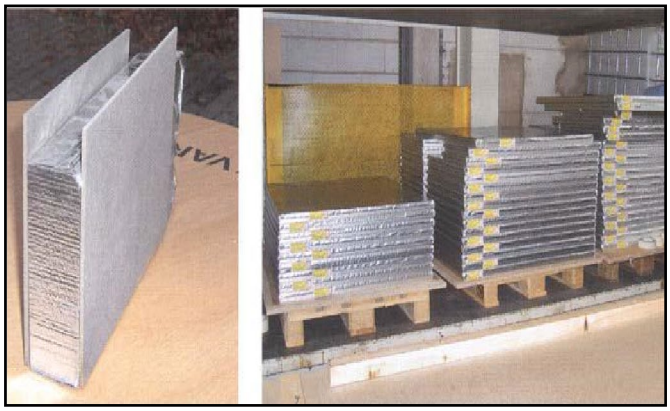
تعد مادة الالواح المفرغة (VIPs) من المواد ذات الخصائص المسامية، إذ يتم وضعها داخل غلاف يتكون من عدة طبقات، إما من ورق معدني سميك أو من حاجز مصنوع من معدن البوليمر متعدد الطبقات. يهدف هذا التصميم إلى توفير حماية فعالة ضد الضغوط البيئية، كما هو موضَّح في شكل (1). يتم إدخال مواد مجففة داخل قلب المقطع لزيادة كثافة الغازات والبخار المائي الذي قد يتسرَّب عبر ألواح العزل من خلال الحاجز المغلف. فضلاً عن ذلك، تحتوي المادة على فراغات داخلية تعمل على منع انتقال الحرارة. (أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.38-37) .

تقدم الألواح العازلة المفرغة حماية حرارية تفوق ستة أضعاف ما تقدمه المواد العازلة التقليدية، مما يجعلها الخيار الأمثل لتحقيق عزل حراري ممتاز بسماكة أقل بكثير مقارنة بالألواح التقليدية (Kalefa, 2023, pp. 257).



شكل (1): مكونات الواح العزل المفرغة (VIPs)
(أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.37) .

يوضِّح شكل (2) طبقات الواح العزل المفرغة ((VIPs والتي تتكون من غلاف خارجي مصنوع من رقائق بلاستيكية، مغطاة بالألومنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ. أما المادة الداخلية فهي عبارة عن ألياف أو مسحوق زجاجي، وهي مادة مسامية يمكن إزالتها بسهولة (آغا،2023،ص.73).



شكل (2): انتاج طبقات الواح ((VIPs
(آغا،2023،ص.73)

أ- مميزات الواح ((VIPs:

• توفر عزلًا حرارياً ممتازاً، إذ تصل كفاءتها الحرارية إلى أكثر من عشر مرات مقارنة بالمواد التقليدية المستخدمة في العزل.وتعد مثالية في حالات التجديد دون زيادة السمك في الجدران ودون التأثير على مستوى الاضاءة الطبيعية كونها رقيقة السمك تتراوح من 10ملم -25ملم. وعلى المدى الطويل تحقق كفاءة جيدة (أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.37-38) .
• تتميَّز ألواح العزل المفرغة بفاعلية عالية في العزل الحراري مع سماكة ضئيلة للغاية. فهي توفر عزلًا حرارياً ممتازاً بسماكة أقل بكثير مقارنةً بالألواح التقليدية

مثل مواد البوليسترين. كما أن معامل التوصيل الحراري لهذه الألواح يقل عن (5 إلى 10) مرات(Abdulmajeed, 2022, p.10).

ب- استعمالات الواح ((VIPs:

• تم استخدام منتجات الواح العزل المفرغة في البداية لعزل الثلاجات والمركبات، ولكنها الآن تُستعمَل في بناء المباني لتحقيق أداء عزل أفضل مقارنةً بالمواد التقليدية (Bozsaky, 2016, p.33).
• يمكن استعمال ألواح العزل المفرغة في إنشاء المباني الجديدة وأيضاً في أعمال التحوير والتجديد، إذ يمكن تطبيقها على الجدران والسقوف. وعادةً ما يتراوح عمر الألواح الحديثة بين 30 و 50 عاماً. كما يمكن استعمالها ليس فقط في المباني، بل أيضاً لعزل خطوط الأنابيب والإلكترونيات وعزل عبوات الأدوية. (Hemeida, 2010, p. 48)
• تُستعمَل ألواح العزل المفرغة في الجدران الداخلية والخارجية وسطوح المباني نظراً لسمكها الرقيق، وهي لا تحتاج إلى صيانة دورية. كما تساهم في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (Abdulmajeed, 2022, p. 10)).
• تُستعمَل في ترميم المباني التراثية لأنها لا تحتاج إلى سمك كبير، وهي مناسبة للمساحات الصغيرة. (Božić, 2015, p 156.)

5. مثال تطبيقي

يتناول البحث احد المشاريع السكنية العالمية التي تم فيها تطبيق مادة الواح العزل المفرغة VIPs)) والمساعدة على ترشيد استهلاك الطاقة وهو مبنى سكني اداري يقع في ميونخ- المانيا وصممه مارتن بول Martin Pool انجز في عام 2005 شكل (3).

شكل (3): واجهة مبنى Seitzstrasse

(المنشاوي، 2017، ص. 88)

1.5. وصف المبنى:

يتميَّز المبنى الأبيض بشكله المستطيل المضغوط، فتتوزع النوافذ الكبيرة حول زواياه. وتحقِّق هذه الألواح كفاءة في العزل تتراوح بين 8 إلى 10 مرات مقارنةً بمواد العزل التقليدية، مع إجمالي مساحة تبلغ 1,250 م2.. ولا تقتصر إمكانات هذا المبنى على تقليل استهلاك الطاقة فحسب، بل تشمل أيضاً استغلال المساحة المتاحة بفضل استعمال الجدران الرقيقة. وقد أسفر ذلك عن زيادة مساحة الأرضية بنسبة 10٪ من المساحة الإجمالية. كما تم الاستفادة من المساحات في شرفة السطح وتصميم النوافذ. يساهم هذا المبنى في المدينة في تحقيق توفير للطاقة وزيادة العوائد الاقتصادية. (Hemeida, 2010, pp. 48-49) ويعد هذا المبنى الأول من نوعه الذي يتكون من أكثر من طابقين ومعزول تماما. كما تم تقليل سمك العزل إلى النصف المنشاوي، 2017، ص. 87). يتألَّف المبنى من سبع طوابق، و خصصت الطوابق الثلاثة الأولى للاستخدام الإداري، بينما خصَّصت الطوابق الأخرى للسكن. كما يحتوي المبنى على مواقف للسيارات تحت الأرض. يُعد موقع المبنى ومتطلبات تقليل استهلاك الطاقة تحدياً أثناء عملية إنشائه، لذا تم استعمال ألواح عزل مفرغة بأبعاد 200×45 سم وسمك 2 سم، بمساحة إجمالية تبلغ 850 م2 لتغطية السطح والنوافذ والجدران، وذلك لتحقيق أفضل عزل حراري(أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.38) .يوضِّح شكل (4) عملية تركيب الالواح لسقف وجدران المبنى

شكل (4): تركيب مادة ((VIPs لسقف وجدران المبنى (أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.38)

. تستهلك المباني المماثلة في المدينة ما بين 200-300 كيلو واط، بينما يستهلك هذا المبنى حوالي 20 كيلو واط بفضل استخدام هذه الألواح. ومن المهم الإشارة إلى أنه تم التأكد من سلامة كل قطعة من هذه الألواح باستعمال أجهزة استشعار، للتأكد من عدم وجود أي فراغات محتملة قبل تغطيتها بطبقة حماية من البولي يوريثان (Ibid.). كما في شكل (5).

شكل (5): مراقبة واختبار ضغط الغاز بالاجهزة (أكرم فاروق وآخرون،2018، ص.38)

تبيّن من خلال استعراض هذا المثال العالمي، تأكيد فعالية الواح العزل المفرغة (VIPs) في تقليل استهلاك الطاقة وتحقيق العزل الحراري الأمثل. وهذا يعزز من مصداقية تطبيق هذه التقنية في الحالة الدراسية الحالية كنموذج للتصميم المستدام في المباني السكنية التي سيجري اختبارها على نموذج الدراسة.

6. التطبيق العملي:

يتناول هذا الجانب من البحث اختيار نموذج الدراسة وتحديد مواصفاته ومبررات اختياره ليمثل واقع الدراسة العملية.

1.6. انتخاب نموذج الدراسة:

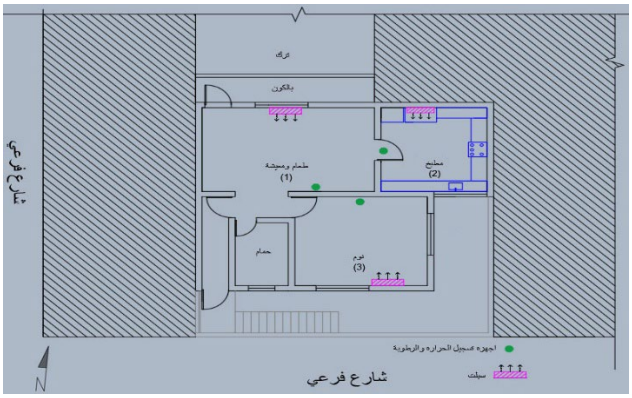
انتخب البحث نموذج الدراسة ليمثل احدى الشقق السكنية المفردة الموجودة في مدينة بغداد.

1.1.6 مواصفات ومبررات اختيار نموذج الدراسة:

اولا: مواصفات نموذج الدراسة:

يتصف النموذج الدراسي بعدة مواصفات ساعدت على اختياره بما ينسجم مع اهداف الدراسة فالنموذج عبارة عن شقة سكنية تقع في مدينة بغداد، في قضاء الكرخ ضمن منطقة السيدية، بموقع موازي للشارع العام المؤدي الى جسر الجادرية ومبنية بنظام الشقق المفردة بمساحة كلية 100م2 وارتفاع 3م وبمساحات داخلية لفضاءات التطبيق: المعيشة 22م2 وفضاء المطبخ 16م2 وفضاء النوم 20م2. شكل (6) و(7).

شكل (6): موقع الوحدة السكنية (النموذج الدراسي) المعتمد للجانب العملي
الباحث بالاستناد على برنامج Google Earth بتاريخ 20-2-2025



شكل (7): المخطط الافقي للوحدة السكنية مع توزيع الفضاءات الداخلية واجهزة التكييف واجهزة التسجيل
الباحث بالاستناد الى برنامج AutoCAD وقياسات واقع الحال

ثانيا: مبررات اختيار نموذج الدراسة:

• يُعدُّ النموذج مأهول فعليا بعدد الافراد الذين يمثلون الفعاليات اليومية وتشغيل الاجهزة اليومية.
• يُعدُّ قبول الساكنين بوضع أجهزة تسجيل البيانات داخل الغرف من النقاط الايجابية ، إذ غالبا ما يقابل مثل هذا الإجراء بالتحفظ أو الرفض ، نظرا للتخوف من اختراق الخصوصية وكذلك لدواعي امنية خصوصا بعد الأحداث التي شهدتها دول المنطقة من اختراقات الأجهزة الالكترونية.إذ جرى في وقت سابق وضع ثلاثة اجهزة لتسجيل الحرارة والرطوبة شكل (8) ومطابقتها مع نتائج المحاكاة في برنامج (Design Builder) لمدة الاعتدال المناخي ،لأختبار كفاءة البرنامج، وقد اسفرت نتائج المطابقة عن تطابق بنسبة (92.47%) بالنسبة لدرجات الحرارة، ونسبة (59.15%) لنسب الرطوبة مما قاد البحث الى اعتماد البرنامج في المحاكاة الحرارية واستبعاد محاكاة الرطوبة.

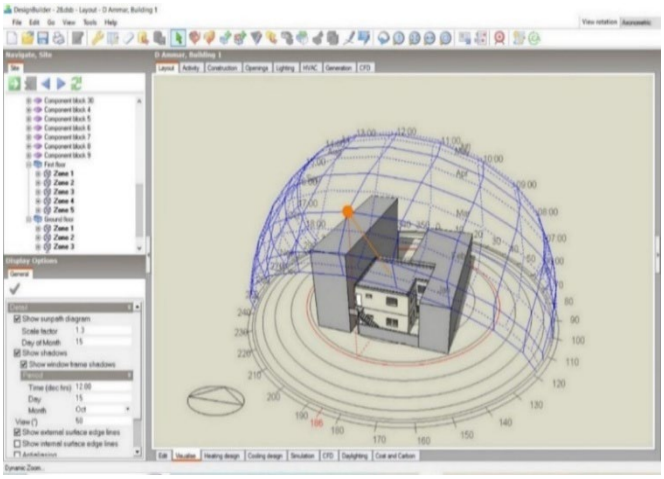
شكل (8) جهازمسجل البيانات لدرجات الحرارة ونسبة الرطوبة المستخدم في الجانب العملي (الباحث بالإستناد على تعليمات إستخدام الجهاز)

• مواد الإنشاء والإنهاء هي مواد تقليدية مكونة من الجدران الطابوقية والسقف الخرساني مع الانهاءات الاسمنتية والجصية، وبدون وجود عوازل حرارية والزجاج من النوع التقليدي، لضمان اجراء الاختبارات بدون تأثيرات للعوازل.
• موقع نموذج الدراسة في أعلى طابق وهو دائم التعرّض للحمل الحراري على مدار السنة.
• النوافذ المعرَّضة للشمس لا تحتوي على بروزات ومظلات حماية من اشعة الشمس.

7. القياس عن طريق برنامج المحاكاة:

تُعدُّ المحاكاة أداة فعّالة لتحليل وقياس الأداء البيئي للمباني، فتوفّر تمثيلًا دقيقاً للظروف المناخية والفيزيائية للموقع. وهذا يساهم في تقييم كفاءة التصاميم المعمارية من حيث استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة الحرارية. تكمن أهمية المحاكاة في قدرتها على اختبار تأثير العوامل المختلفة دون الحاجة إلى تنفيذ تجارب ميدانية، مما يوفّر الوقت والجهد ويعزز موثوقية النتائج. كما تساهم التنبؤات الكمية في مراحل التصميم المختلفة في تحديد مقاييس يمكن استخدامها لقياس التحسينات الناتجة عن استراتيجيات التصميم. إن أدوات محاكاة الطاقة هي محركات حسابية تعتمد على مدخلات مثل التصميم الهندسي وخصائص الأنظمة وجداول التشغيل، مما يؤدّي إلى إنتاج مخرجات تتعلق بمقارنات الأداء. ومن هذه المحركات، DOE وEnergy Plus، وتشمل هذه الأدواط مفاهيم الديناميكا الحرارية وتوفر واجهات تسهل إدخال البيانات وعرض النتائج، مما يدعم اتخاذ قرارات التصميم وتحليل كفاءة استهلاك الطاقة. المصدر Al-Saady, 2021, (p29-93)).
اعتمد البحث برنامج (Design Builder)) في اجراء عملية المحاكاة بسبب مميزاته المتعددة التي من اهمها حسابات استهلاك الطاقة وامكانية ادخال البيانات المناخية والجغرافية فيه.

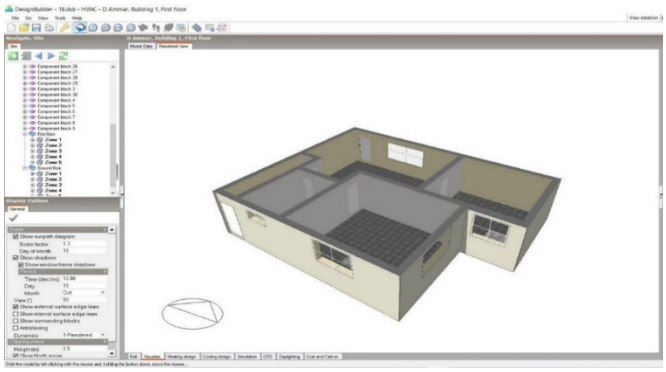
1.7. ادخال بيانات الموقع الجغرافية والمناخية ومواد الأنشاء والأنهاء داخل البرنامج:



شكل (9): نموذج الدراسة مع المباني المجاورة داخل برنامج (Design Builder)
الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

ادخل المخطط المعد بواسطة برنامج الاوتوكاد الى برنامج (Design Builder) وعمل نموذج مطابق للواقع من حيث القياسات والانشاء والمواد والتوجيه والمباني المجاورة وبيانات الموقع الجغرافي ومناخ المنطقة. يظهر شكل (9) نموذجاً ثلاثي الأبعاد للوحدة السكنية داخل برنامج (Design Builder)، وتُمثِّل الكتلة الوسطية المبنى المعتمد للدراسة ويُحيط به عدد من المجاورات التي تُمثِّل المباني المحيطة ضمن الموقع العام. وتمثل القبة الشبكية المحيطة بالمبنى أداة التحليل المناخي وتوضِّح مجال تأثير الإشعاع الشمسي والتهوية الطبيعية على مدار السنة. كما يتبين تحديد الاتجاهات الجغرافية، مما يساهم في ضبط محاكاة الإضاءة والحرارة ضمن البيئة المحلية.

يوضِّح شكل (10) تفاصيل توزيع الفضاءات الداخلية إذ يوضِّح العلاقات بين الفضاءات ومواقع الفتحات وارتفاعها وكذلك الواجهات المعرضة للحمل الحراري الأكثر مما يساعد في اكمال بيئة المحاكاة داخل البرنامج وفق واقع الحال.



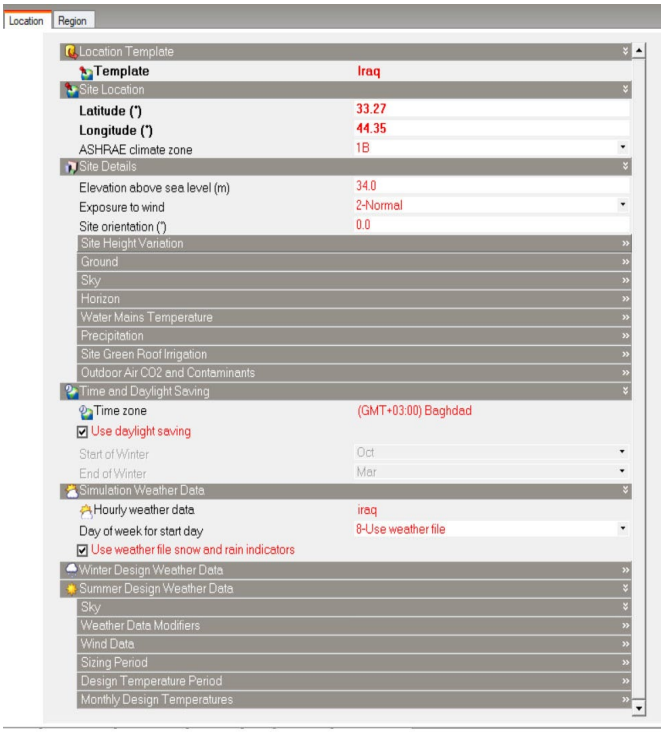
شكل (10): نموذج ثلاثي الابعاد للفضاءات الداخلية لنموذج الدراسة داخل برنامج (Design Builder)
الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

1.1.7. ادخال بيانات الموقع الجغرافية والمناخية:

تُعدُّ من المدخلات الأساسية في أي برنامج لمحاكاة أداء المباني، لا سيما في برنامج (Design Builder)، الذي يعتمد على دقة هذه البيانات لتقديم نتائج واقعية وتحليل شامل لأداء الطاقة في المبنى. إذ يؤثِّر كل من الموقع الجغرافي مثل (خطوط الطول ودوائر العرض) والخصائص المناخية مثل (درجة الحرارة، شدة الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح) بشكل مباشر على استهلاك الطاقة داخل المبنى وفعالية أنظمة التكييف والإنارة الطبيعية. وتكمن اهمية هذه المعلومات بأنها تُمثِّل الاساس الذي تبنى عليه دقة النمذجة الحرارية.
، مما يساهم في تحسين كفاءة المحاكاة. ويوضِّح شكل (11) التعرّض الشمسي للموقع خلال ساعات النهار.

شكل (11): التعرض الشمسي لنموذج الدراسة
الباحث بالاستناد على موقع Sun Earth Tools.com بتاريخ 20-4-2025

ويوضِّح شكل (12) ادخال الموقع والمناخ وخطوط الطول ودوائر العرض للموقع داخل البرنامج.



شكل (12): ادخال معلومات الموقع الجغرافية والمناخية الخاصة بمناخ وموقع مدينة بغداد للمبنى الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

ويشير الرمز ((1B في نافذة البرنامج الى المناخ الحار والجاف وفق تصنيف (ASHRAE)).

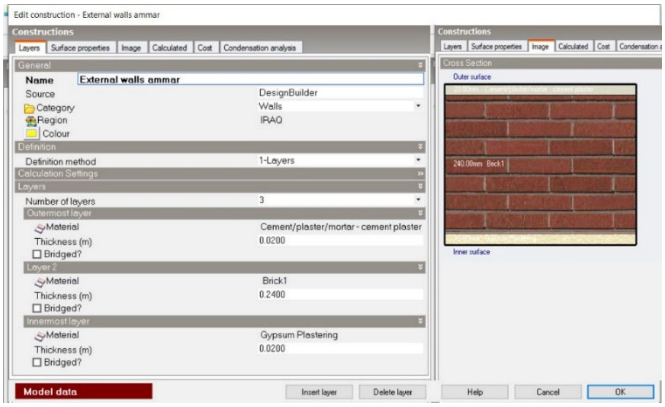
2.1.7. ادخال مواد العناصر الانشائية والتكميلية ومواد الانهاء للمبنى داخل البرنامج:

تتكون مواد نموذج الدراسة من مواد العناصر الأنشائية والتكميلية الى جانب الانهاءات الداخلية والخارجية، وفق واقع الحال وكما موضح في الجدول (2).

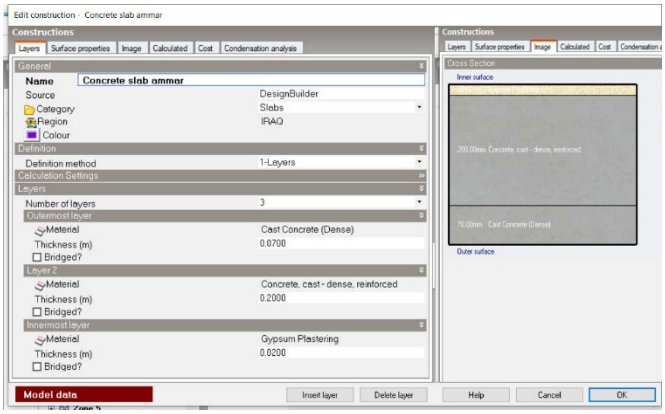
الجدول (2): مواد العناصر الأنشائية والتكميلة مع مواد الأنهاء لنموذج الدراسة
الباحث بالاستناد على واقع حال نموذج الدراسة

مواد العناصر الأنشائية	مواد الأنهاء	
	الانهاء الداخلي	الانهاء الخارجي
الجدران (طابوق)	(مونة الجص والجبس)	(مونة اسمنتية)
السقف (خرسانة مسلحة)	(مونة الجص والجبس)	(صبة ميول مصقولة)
الارضيات (خرسانة مسلحة)	(بلاط موزائيك)	(مونة الجص والجبس)
مواد العناصر التكميلية		
الفتحات (اطار حديد وزجاج برونز)	————	————

يعرض البحث في هذه المرحلة اسلوب ادخال انواع مواد الانشاء والانهاء ومواد الفتحات لنموذج الدراسة داخل البرنامج مع السمك الحقيقي لها وفق واقع الحال وفق خصائصها الفيزيائية، تساهم هذه العملية بشكل كبير في تحقيق واقعية ودقة النتائج المستخرجة من عمليات المحاكاة. ويمثل شكل (13) ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الخارجية، وشكل (14) ادخال قيم ومواد وطبقات السقف والسطح.

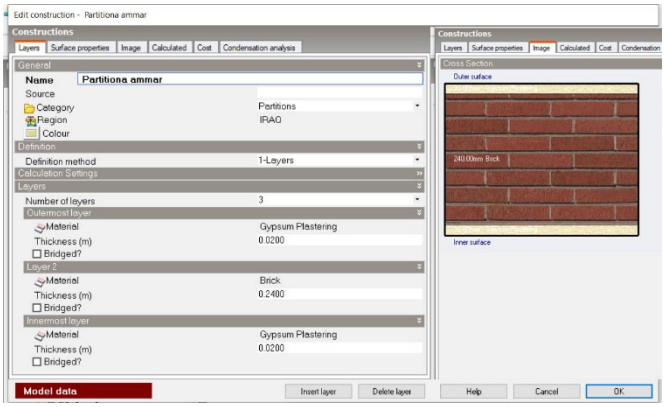


شكل (13): ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الخارجية الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)



شكل (14): ادخال قيم ومواد وطبقات السقف والسطح الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

ويمثِّل شكل (15) ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الداخلية داخل برنامج (Design Builder).



شكل (15): ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الداخلية الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

2.7. اجراء عملية المحاكاة قبل اضافة الواح العزل المفرغة:

جرت محاكاة الأداء الحراري قبل اضافة الواح العزل المفرغة لفضاء المعيشة وفضاء المطبخ وفضاء النوم باستعمال برنامج (Design Builder)، تفيد النتائج معرفة كمية الطاقة المستهلكة من اجهزة التكييف لمدة سنة قبل اضافة العوازل النانوية. استبعد البحث استهلاك بقية الأجهزة ووحدات الأضاءة من مخرجات المحاكاة وركز على مخرجات استهلاك اجهزة التكييف لمعرفة استهلاك الطاقة قبل وبعد اضافة العوازل، وذلك نظراً لأن مصدر الحمل الحراري الرئيس يأتي من انتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل.

الجدول (3): قيم استهلاك الطاقة قبل اضافة العوازل للفضاءات الثلاثة الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

اسم الفضاء	استهلاك التدفئة بالكيلوواط/ساعة	استهلاك التبريد بالكيلوواط/ساعة
فضاء المعيشة	576.72	401.98
فضاء المطبخ	172.39	219.58
فضاء النوم	354.65	424.82
الاجمالي	1103.76	1046.38
الأجمالي العام	2150.14كيلو واط /ساعة	

3.7.اضافة الواح العزل المفرغة (VIP) للجدران والسطح بسمك 2 سم وعمل المحاكاة:

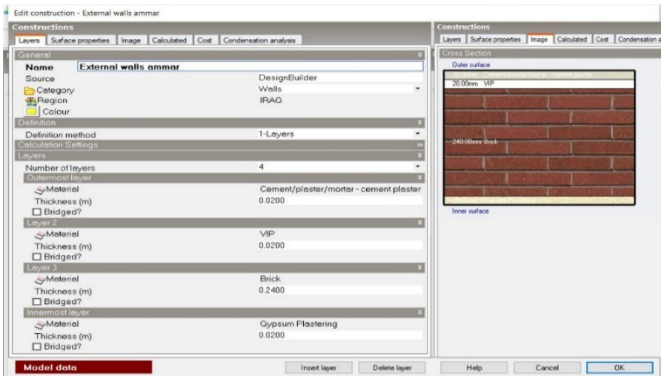
تم في هذه المرحلة اضافة الواح العزل المفرغة للجدران والسطح ووفقًا الخصائص الفيزيائية المذكورة في الجدول (4) بحيث تكون هذه الطبقة مركبة على الطابوق بالنسبة للجدران تليها طبقة خفيفة من المشبك المعدني وظيفتها انشائية لزيادة التماسك ثم طبقة الانهاء بالمونة الاسمنتية أما بالنسبة للسطح فيكون موقع طبقة العوازل بين طبقة الخرسانة المسلحة وبين طبقة صبة الميول.

جدول (4):الخصائص الفيزيائية لألواح العزل المفرغة

Bozsaky, 2016, p.33

Physical parameter	*Symbol*	*Dimension*	*Value*
Density	ρ	kg/m^3	150-300
Compressive strength	σ_c	kPa	140-250
Tensile strength	σ_t	kPa	60
Specific heat	c	kJ/kgK	800
Water absorption	W	V/V %	0
Water vapour resistance	μ	-	∞
Liquid water permeability	w	$kg/m^2h^{0.5}$	0
Thermal conductivity	λ	W/mK	0.005-0.010
Thermal tolerance	T	°C	80

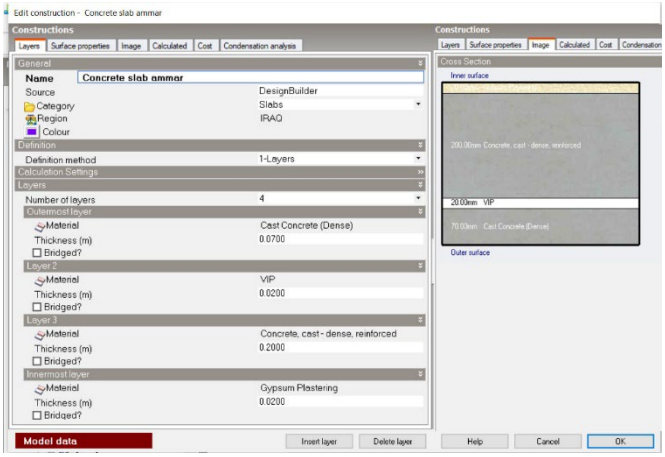
ويُمثِّل شكل (16) ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الخارجية مع الواح العزل المفرغة داخل برنامج .(Design Builder)



شكل (16): ادخال قيم ومواد وطبقات الجدران الخارجية مع الواح العزل المفرغة

الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

ويُمثِّل شـــكل (17) ادخال قيم ومواد وطبقات الســـطح مع الواح العزل المفرغة داخل البرنامج.



شكل (17): ادخال قيم ومواد وطبقات السطح مع الواح العزل المفرغة الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

وبعد اجراء المحاكاة الســـنوية تبين اســـتهلاك الطاقة الناتج عن تشـــغيل اجهزة التكييف (التدفئة والتبريد) وفق الجدول (5)، اذ يلاحظ انخفاضـــاً إضـــافياً في اســـتهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد مقارنة بالقيم الأصـــلية. وقد سـجل الانخفاض في جميع الفضـــاءات، مما أدى إلى تراجع ملحوظ في الاســـتهلاك الكلي للطاقة بعد استعمال الواح العزل المفرغة كعازل حراري.

الجدول (5): قيم استهلاك الطاقة بعد اضافة الواح العزل المفرغة الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

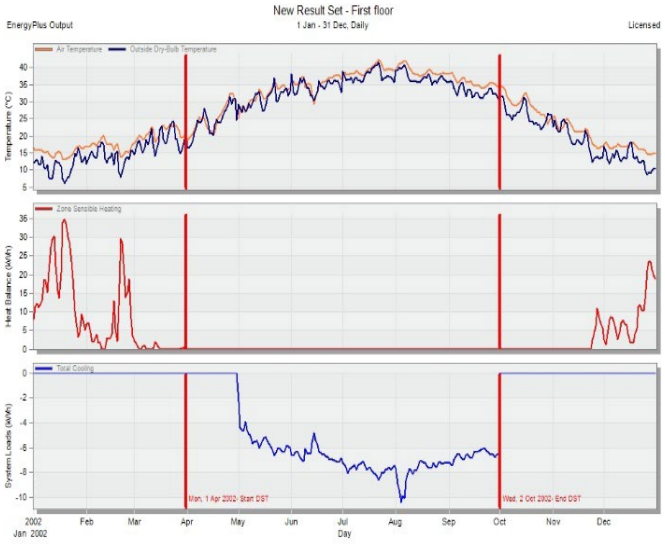
اسم الفضاء	استهلاك التدفئة بالكيلوواط/ساعة	استهلاك التبريد بالكيلوواط/ساعة
فضاء المعيشة	204.51	208.70
فضاء المطبخ	45.23	130.56
فضاء النوم	125.17	210.44
الاجمالي	374.91	549.70
الأجمالي العام	924.61 كيلو واط /ساعة	

8.النتائج:

أظهرت النتائج انخفاضاً في استهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد مقارنة بالقيم الأصلية وكالآتي:

1.8.قبل اضافة المواد النانوية العازلة للحرارة ((VIPs:

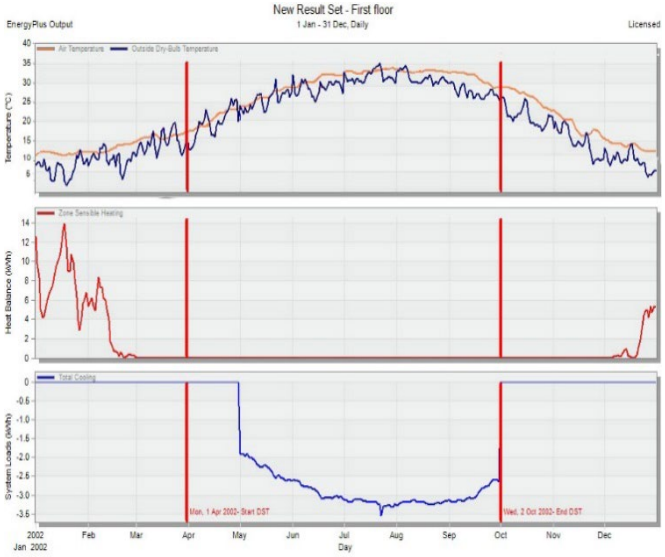
من خلال نتائج المحاكاة تبين ان اجمالي اســـتهلاك الطاقة قبل اضـــافة المواد النانوية العازلة للحرارة 2150.14 كيلو واط /ســـاعة . وأظهرت نتائج المحاكاة قبل تطبيق العزل الحراري وجود تقلبات حادة في درجات الحرارة الداخلية، فكانت تتأثر بشـــكل مباشـــر بالظروف المناخية الخارجية. إذ لوحظ أن الخط البرتقالي (درجة الحرارة الداخلية) يتبع صـــعود وهبوط الخط الأزرق (درجة الحرارة الخارجية) بشـكل ملحوظ، مما يدل على ضـعف مقاومة انتقال الحرارة عبر عناصـــر المبنى. وهذا الســـلوك يعكس بيئة داخلية غير مســـتقرة حرارياً، تتطلب تشـــغيل مســـتمر لأنظمة التدفئة والتبريد، مما أدى إلى ارتفاع اســـتهلاك الطاقة وانخفاض مســـتوى الراحة الحرارية للســـكان. يظهر المخطط البياني في شـــكل (18) مخرجات عملية المحاكاة، اذ يمثل الجزء العلوي من المخططات البيانية الفرق بين درجات الحرارة لداخل وخارج المبنى ويلاحظ تذبذب الحرارة الداخلية وعدم اســـتقرارها طول المدة الزمنية. يمثل الجزء الوســـطي من المخططات البيانية معدل استهلاك اجهزة التدفئة بالكيلو واط / ساعة. يمثل الجزء السفلي من المخططات البيانية معدل استهلاك اجهزة التبريد بالكيلو واط / ساعة .



شكل (18): مخطط نتائج المحاكاة قبل اضافة العوازل الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

2.8.بعد اضافة المواد النانوية العازلة للحرارة((VIPs:

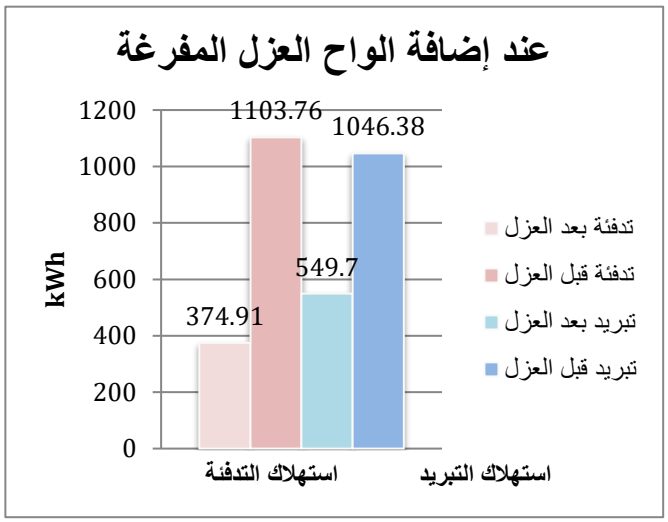
من خلال نتائج المحاكاة تبين ان اجمالي اســـتهلاك الطاقة بعد اضـــافة المواد النانوية العازلة للحرارة 924.61 كيلو واط /ســـاعة، وأظهرت نتائج المحاكاة اســتقراراً ملحوظاً في درجات الحرارة الداخلية، مع تقليل واضـح لتأثير التغيرات المناخية الخارجية. فأصـبح الخط البرتقالي أكثر ثباتاً، إذ لم يعد يتبع تقلبات الخط الأزرق كما في الحالة الســـابقة، مما يدل على كفاءة العزل في الحد من انتقال الحرارة.وهذا الاســـتقرار ســـاهم في خلق بيئة داخلية مريحة حرارياً، مع تقليل الحاجة لتشـــغيل أنظمة التدفئة والتبريد، الأمر الذي انعكس إيجاباً على خفض استهلاك الطاقة وتحقيق أداء حراري أفضل للمبنى. يوضح المخطط البياني شكل (19).



شكل (19): مخطط نتائج المحاكاة بعد اضافة العوازل الباحث بالاستناد الى برنامج (Design Builder)

من خلال المخطط البياني شـــكل (20) يتضـــح الفرق في اســـتهلاك الطاقة بين الحالتين قبل وبعد إضـــافة العزل باســـتعمال الواح العزل المفرغة، فأظهرت البيانات انخفاضـــاً كبيراً في اســـتهلاك التبريد والتدفئة، مما يعكس فعالية المادة المســـتخدمة في تقليل الأحمال الحرارية وتحســـين كفاءة الطاقة. ولتعزيز هذا التحليل، يوضـح الجدول (6) القيم الرقمية لاسـتهلاك الطاقة ونسـب الاسـتهلاك

والتوفير الناتجة عن عملية العزل. اذ يوضِّـــح كمية اســـتهلاك الطاقة قبل وبعد اضافة المواد النانوية (الواح العزل المفرغة) مع النسبة الكلية للاستهلاك.



شكل (20): مخطط مقارنة قيم استهلاك الطاقة قبل وبعد اضافة الواح العزل المفرغة

الباحث بالاستناد الى برنامجي (Design Builder) و Excel

الجدول (6): نسب استهلاك الطاقة والنسب المئوية قبل وبعد اضافة المواد النانوية العازلة للحرارة

الباحث بالاستناد الى نتائج المحاكاة وبرنامجي (Design Builder)و Excel

الحالة	استهلاك الطاقة (كيل و واط / ساعة)	نسبةالاستهلاك مقارنة بالاساس(%)	نسبة التوفير(%)
قبل اضافة العوازل	2150.14	100.00	0.00
بعد اضافة الواح العزل المفرغة	924.61	43.00	57.00

9. الاستنتاجات:

تنقسم استنتاجات البحث الى استنتاجات نظرية واخرى عملية، وفيما يلي استنتاجات الجانب النظري:

1.9. استنتاجات الجانب النظري:

يتضـــح من العرض النظري للبحث أن مواد النانو العازلة للحرارة تمثل ثورة تكنولوجية في مجال كفاءة الطاقة، فتتميَّز بخصـــائص حرارية اســـتثنائية تشمل السماكة القليلة، الوزن الخفيف، وانخفاض الموصلية الحرارية بشكل كبير. وقد تناولت الدراســـة النظرية آلية عمل الواح العزل المفرغة (VIPs) من حيث مكوناتها الداخلية والخارجية، مشـــيرة إلى كفاءتها التي تتفوق على المواد العازلة التقليدية بمعدل قد يصـــل إلى عشـــرة أضـــعاف. كما أكَّدت الأدبيات والدراســـات المرجعية أن دمج هذه المواد في عناصـــر الغلاف الخارجي للمباني، خاصـــة في البيئات الحارة، يُعتبر من أبرز اســـتراتيجيات ترشـــيد الطاقة في المباني السـكنية. وأظهرت النتائج أن تقنية النانو تلعب دوراً فعالاً في تقليل الأحمال التبريدية وتعزيز الراحة الحرارية، بالإضـــافة إلى مســـاهمتها في تقليل انبعاثات الكربون وتحقيق مبادئ التصميم المستدام.

2.9. استنتاجات الجانب العملي:

أظهرت نتـائج الجـانـب العملي فعـاليـة الواح العزل المفرغـة (VIPs) في تحســين كفاءة العزل الحراري وتقليل اســتهلاك الطاقة في الوحدات الســكنية، إذ ســـاهمت هذه التقنية في الحدِّ من انتقال الحرارة عبر الجدران والســـقوف ، مما انعكس إيجاباً على توفير بيئة داخلية أكثر راحة واســتقراراً في درجات الحرارة، لا ســـيما في الظروف المناخية الحارة لمدينة بغداد. كما أكدت نتائج المحاكاة أن إدماج هذه الألواح ضـــمن مواصـــفات البناء يمكن أن يســـهم في تحقيق مبادئ الاســـتدامة من خلال تقليل الحاجة إلى اســـتعمال أجهزة التبريد، وهو ما يقلِّل من الأحمال الكهربائية ويخفف من الضـــغط على منظومة الطاقة. ويُعد اعتماد المواد النانوية العازلة للحرارة، وبخاصة الواح العزل المفرغة، خطوة فعالة نحو تعزيز كفاءة التصميمات المعمارية وترشيد استهلاك الطاقة ، إذ بلغت نسبة توفير الطاقة الناتجة عن تشـــغيل اجهزة التكييف في ظل وجود الواح العزل المفرغة 57%، وهي نسـبة جيدة تدعم التوجهات الحديثة نحو الأبنية السـكنية المسـتدامة وتعزّز فرص تطبيق هذه الحلول في الواقع العملي ضمن قطاع تصميم السكن المستدام.

10. التوصيات:

- تشـجيع إدراج المواد النانوية العازلة للحرارة، وخاصـة الواح العزل المفرغة، ضـمن مواصـفات البناء في المناطق الحارة والجافة، نظراً لتأثيرها الملحوظ في تقليل استهلاك الطاقة التشغيلية.
- اعتماد تقنية المحاكاة الرقمية كأداة معيارية لتقييم أداء المواد العازلة قبل تنفيذها فعلياً، مما يساهم في تحسين دقة القرارات التصميمية وتقليل الهدر المالي.
- ضـرورة إجراء دراسـات مسـتقبلية مقارنة لتقييم أداء مواد نانوية أخرى تحت ظروف مناخية متنوعة، لتعزيز قاعدة البيانات الوطنية حول تقنيات العزل الحراري.
- دعوة الجهات المعنية إلى وضـــع تشـــريعات ومعايير تحفيزية تشـــجع على اســـتعمال العوازل النانوية في القطاع الســـكني، بهدف تعزيز كفاءة الطاقة على المستوى الوطني.
- زيادة الوعي الهندســـي والأكاديمي بأهمية دمج مفاهيم النانو في مناهج العمارة والإنشاء، وربطها بالممارسات المستدامة الفعلية.

Reference :

Abdulmajeed, N. S. (2022). Harnessing nanotechnology to conserve energy in buildings. Scientific Research Journal of Engineering and Computer Science, 2(5), 1-14.

Al-saffar, A., & Alwan, Q. A. (2014). Energy savings in thermal insulations for sustainable buildings. Journal of Engineering, College of Engineering- University of Baghdad, 20(6), 63-76.

Al-shiblawi, H. A., & Laffta, S. J. (2024). Urban metabolism of energy consumption in cities. Journal of Engineering-College of Engineering- University of Baghdad, 30(7), 166–183.

ASHRAE. (2025). About Ashrae. https://www.ashrae.org/about

Božić, J. (2015). Nano insulation materials for energy efficient buildings. Contemporary Materials (Renewable energy sources), 6(2), 149-159. https://doi.org/10.7251/COMEN1502149B

Bozsaky, D. (2016). Special thermal insulation methods of building constructions with nanomaterials. Acta Technica Jaurinensis, 9(1), 29-41. https://doi.org/10.14513/actatechjaur.v9.n1.391

Elbony, F. (2022). Nano-based thermal insulating materials for building energy efficiency aerogel- vacuum insulation panels (VIPs). International Design Journal, 12(2), pp163-171.

Faal, D., & Kamoona, G. (2021). Effectiveness of nanomaterial in the roof of the building to achieve Energy conservation for Indoor environment of the building. Journal of Engineering-College of

Engineering- University of Baghdad, 27(2), 126-148. https://doi.org/10.31026/j.eng.2021.02.09

Google Earth. (2025). Google Earth. https://earth.google.com/

Hemeida, F. A. A. O. (2010). Green Nanoarchitecture. MSc Thesis. Alexandria University, Faculty of Engineering, Department ofArchitectural Engineering.

Kalefa, H. (2023). Improving energy performance in hospital buildings using nanotechnology. International Journal of Architectural Engineering and Urban Research, 6(1), 246-273.

Mansour, M. M., E. L-Sayad, N., & El-Gizawi, L. S. E. (2023). Applying nano coatings on buildings to improve thermal performance & energy efficiency: a simulation of a health care building in egypt. ISVS e-journa, 10(9)1-14. https://doi.org/10.61275

Rafsanjani, H. N. (2016). Factors Influencing the Energy Consumption of Residential Buildings: A Review. Construction Research Congress 2016. (1), 1133-1142.

Sun Earth Tools. (2025). Sun Earth Tools: Tools for consumers and designers of solar. https://www.sunearthtools.com/

Umbarek, M. A, Alghoul, S. K, & Dekam, E. I. (2020). Energy consumption in residential buildings: comparison between three different building styles. Sustainable Development Research, 2(1), 1-8. https://doi.org/10.30560/sdr.v2n1p1

Younus, S. (2023). The effect of nano insulating materials on the thermal performance of residential apartments. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 18(4), 893-903. https://doi.org/10.18280/ijdne.180416

آغا، لبنى عبدالله عبد الفتاح. (2023). استخدام تقنية النانو الأخضر لرفع كفاءة البيئة الداخلية للعمارة الخضراء. مجلة بحوث الهندسة، كلية الهندسة، جامعة طنطا، 7(1)، ص. 67-80. https://doi.org/10.21608/ERJENG.2023.179868.1130

الأسكندراني، محمد شريف. (2010). تكنولوجيا النانومن اجل غد افضل. الكويت. عالم المعرفة.

اكرم فاروق محمد عبد اللطيف، الدالي، حازم محمد طلعت، الامين، هالة عبد المعز محمد، اسماء محمد علي محمد. (2018). تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني. بحث مقدم الى المؤتمر العلمي الدولي الثاني: البناء والطاقة والعمران تحديات راهنة وحلول مستقبلية.

بهجت رشاد شاهين. وآل رفو، لينور سعد يوسف. (2008). التخطيط والتصميم البيئي المستدام كاساس للحفاظ على الطاقة. مجلة الهندسة، كلية الهندسة- جامعة بغداد، 13(3)، ص. 420-442.

بوراس، فايزة والعشي، هارون. (2018). أهمية تطبيق النانو تكنولوجي في الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة العلوم الأنسانية لجامعة ام البواقي، 5(2)، ص. 554-567.

حسين حميد خلف ورنا رعد جواد. (2024). تقرير مؤشرات الكهرباء لسنة 2023. هيأة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية.

الساعدي، سامر عبد الحسين قاسم. (2021). دور نمذجة معلومات البناء في الادارة الكفوءة لاستخدام الطاقة في المباني. رسالة ماجستير. جامعة بغداد. كلية الهندسة، قسم هندسة العمارة.

الساعدي، عباس خماس. (2020). النانو تكنولوجي. العراق-بغداد. مكتبة اليمامة.

علا حربة ولؤي مرهج. (2017). العمارة في ظل تقنية النانو. مجلة جامعة البعث، سوريا، 39(18)، ص. 83-115.

كمونة، غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق. (2015). منظومات العمارة الخضراء في التصميم البيئي المستدام: تطبيق إفتراضي لتخضير مبنى رئاسة جامعة بغداد. اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية الهندسة، قسم هندسة العمارة.

الكواز، سرى سعد عزيز. (2012). الانتماء المكاني في الاسكان العمراني الحديث. رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية الهندسة، قسم هندسة العمارة.

المنشاوي، احمد نبيه. (2017). تقنية النانو كمدخل للعمارة الخضراء. مجلة العلوم البيئية، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، 37(2)، ص. 75-94. https://doi.org/10.33948/JAP-KSU-34-1-1

منى حسن سليمان، العيسوي، محمد عبد الفتاح احمد ورنا رأفت محمود احمد. (2021). تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني السكنية: دراسة حالة الإسكان الإجتماعي بمدينة الفيوم الجديدة. مجلة الهندسة، جامعة الفيوم، كلية الهندسة، 4(2)، ص. 104-120.

هدى حسين محمود. (2023). أثر الاستدامة على السكن الاقتصادي في العراق. رسالة ماجستير. جامعة بغداد، كلية الهندسة، قسم هندسة العمارة.