Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (5), Issue (3) : 30 Sep 2021
P: 17 - 34

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (5)، العدد (3) : 30 سبتمبر 2021م
ص: 17 - 34

Reducing the energy consumption of a hospital during the development process – An applied study on Hama National Hospital in Hama – Syria –

Ola Omar Harba
Faculty of Architecture || Al-Wataniya Private University || Syria
Louai Haider Merhej
Faculty of Architecture || ALBaath University || Syria

Abstract: The health system in Syria is based on the principle of free access and free care in public hospitals called national hospitals. However, most of these hospitals were built in the twentieth century and need a development process to reduce their consumption, which is of financial benefit in reducing operating costs to be used in health care support. To benefit the environment, and given that modern technology, especially nanotechnology, has provided materials with high efficiency, but it has not been taken into account so far in Syria, the research is working on developing a mechanism for developing hospitals based on nanotechnology and applying it to the Hama National Hospital located in the city of Hama to be a reference to develop the rest of the Syrian hospitals.

Keywords: Nanotechnology, Hospital, Development, Material.

خفض استهلاك الطاقة لمستشفى خلال عملية التطوير – دراسة تطبيقية على مستشفى حماة الوطني بمدينة حماة - سورية –

علا عمر حربة
كلية الهندسة المعمارية || الجامعة الوطنية الخاصة || سورية
لؤي حيدر مرهج
كلية الهندسة المعمارية || جامعة البعث || سورية

المستخلص: يقوم نظام الصحة في سورية على مبدأ حرية الوصول والرعاية المجانية في المستشفيات العامة التي تسمى بالمستشفيات الوطنية، إلا أن هذه المستشفيات أغلبها مبني في القرن العشرين وبحاجة إلى عملية تطوير لتخفيض استهلاكها مما يعود بالفائدة المالية في تقليل تكاليف التشغيل للاستفادة منها في دعم الرعاية الصحية وأيضاً يعود بالفائدة على البيئة، ونظراً لأن التكنولوجيا الحديثة وبالأخص تقنية النانو قدمت مواداً ذات كفاءة عالية، إلا أنها لم تؤخذ بالحسبان إلى حد الآن في سورية، فالبحث يعمل على وضع آلية لتطوير المستشفيات بالاعتماد على تقنية النانو وتطبيقها على مستشفى حماة الوطني الموجود في مدينة حماة ليكون مرجعية لتطوير باقي المستشفيات السورية.

الكلمات المفتاحية: تقنية النانو، المستشفيات، تطوير، مواد.

1- المقدمة.

المرحلة الثانية من حياة إي مبنى بعد بنائه وتشغيله هي تحسين وإزالة أوجه القصور فيه، سواءً من حيث استهلاك الطاقة أو من حيث فراغاته الداخلية لخدمة الوظيفة المرجوة منها. كانت إحدى عواقب أزمة النفط في عام 1973 أن استهلاك الطاقة في المباني أصبح جانباً مهماً في التخطيط، وبدأ العالم يعيد النظر في المباني بشكلٍ عام وفي غلافها ومواد بنائها بشكلٍ خاص كونها تلعب دوراً أساسياً في استهلاك الطاقة، حيث اعتبر كلاً من الغلاف والمواد المشكلة له أجزاء نشطة للطاقة في المباني، فبدأت تمر الأبنية بمرحلة جديدة تتعايش فيها كل من الحلول التصميمية والبيئية والجمالية والتكنولوجية في آنٍ واحدٍ والنظر في تأمين راحة حرارية للفراغات الداخلية في تلبية احتياجات المستخدم للغرض الذي وظفت لأجله. لذلك كان لابد من تطوير المباني القائمة ولما يشكله الجانب الصحي من أهمية في الحفاظ على صحة المجتمع. حيث تعد أبنية المستشفيات من أكثر المباني استهلاكاً للطاقات وذلك لاعتمادها بشكل أساسي على المكيفات لتحقيق الراحة الحرارية للمرضى والزوار والطاقم الطبي في الفراغات الداخلية، مع تحقيق شروط خاصة في الأقسام العلاجية كالعمليات، حيث أن أبنية المستشفيات المبنية قبل القرن الحادي والعشرين لا تستخدم تقنيات ومواد تحقق كفاءة في استهلاك الطاقات المستخدمة فيها. فمستشفيات المبنية قبل القرن الحادي والعشرين صممت بشكل أساسي بالاعتماد على الحل الوظيفي للخدمات الصحية وعلى مواد البناء التقليدية دون الأخذ في الاعتبار مدى تأثير غلافها الخارجي على معدلات استهلاك الطاقة في هذه النوعية من المباني. مما يستدعي ضرورة إيجاد حلول جديدة وذلك بالاعتماد على أحدث التقنيات المعاصرة والتي هي تقنية النانو حيث إنها ليست مجرد تقنية عادية فهي مجال تكنولوجي متنوع يغطي العديد من التطبيقات في المجالات المختلفة خاصةً في قطاع التشييد والبناء. فقد قدمت تقنية النانو العديد من التطبيقات التي ساعدت على تطور مجال العمارة وذلك بتقديم حلول للعديد من المشكلات المعمارية ومن أهمها تقليل استهلاك الطاقة في المباني. لذلك يسعى البحث إلى إلقاء الضوء على تطبيقات تقنية النانو التي يمكن استخدامها في تقليل استهلاك الطاقة في المباني بشكلٍ عام والمستشفيات بشكلٍ خاص، وذلك من أجل تقليل استهلاك الطاقة في أبنية المستشفيات مما يساهم بشكلٍ كبيرٍ في حل أزمات الطاقة الحالية والمستقبلية، ويتم ذلك مع التركيز على مستشفى سوري كحالة دراسية لأن أغلبها تم بناؤها في القرن العشرين دون مراعاة استهلاك الطاقة فيه لذلك من المهم دراسة تطويره بشكلٍ أمثل لتحقيق فوائد في تقليل التكاليف التشغيلية المخصصة للطاقة لصالح خدمات الرعاية الصحية المقدمة فيها والتي تعتمد على ميزانية الدولة حيث أن نظام الرعاية الصحية في سورية يقوم على عاتق الدولة في تقديم الخدمات لكافة أفراد الشعب.

1-1 مشكلة الدراسة:

إهمال معالجة مباني المستشفيات القائمة في سورية، واقتصار أعمال التطوير على تجديد مواد الإكساء الداخلية واستبدال أنظمة الطاقة في المبنى بأخرى أعلى كفاءة، رغبةً بالحصول على نتائج سريعة وذات تكاليف محدودة وإغفال دور المعالجات المعمارية القائمة على تقنية النانو، وعدم محاولة استخدامها وتطبيقها في المستشفيات القائمة.

2-1 فرضية الدراسة: تفترض الدراسة:

إن دمج مواد النانو في عملية تطوير المستشفيات يعمل على خفض استهلاكها للطاقة.

1-3 هدف الدراسة:

يعمل البحث على وضع آلية لتطوير أبنية المستشفيات القائمة لخفض استهلاك الطاقة، من خلال إدماج تطبيقات تقنية النانو مع المعالجات المعمارية في المستشفيات السورية.

1-4 أهمية الدراسة:

تمثل مستشفيات القرن العشرين في سورية نسبة كبيرة من الإنشاء الحالي مقارنة بالإنشاء الجديد، وتعاني من الاستهلاك الزائد للطاقة خلال عمليات التشغيل، وإهمال أعمال الصيانة وعدم كفاءة الفراغات الداخلية، وبالتالي لابد من إعادة النظر في تطوير تلك الأبنية، حيث أن تطبيق تقنية النانو في المستشفيات السورية بشكل خاص تعطي جدوى اقتصادية واستثمارية عالية عبر الزمن من خلال خفض استهلاك الطاقة مما يعود لصالح الرعاية الصحية.

1-5 منهجية الدراسة:

تعتمد الدراسة في شقها الأول بالتعرف على مفهوم تقنية النانو ثم البحث بأساليب تطوير أبنية المستشفيات القائمة وتحديد الاستراتيجيات المتبعة لقيام بعملية التطوير بالاعتماد على تقنية النانو. للوصول إلى آلية تطوير جديدة وتطبيقها على النموذج المختار وهو (مستشفى حماة الوطني) وفي نهاية الدراسة تقييم الأداء الحراري للمبنى للخروج بالنتائج تساهم في إيجاد حلول للمشكلة البحثية المطروحة.

2- الإطار النظري:

2-1 الاعتبارات الأساسية في تكوين المستشفيات المعاصرة:

لقد غير القرن الحادي والعشرين من بنيت المستشفى حيث أن النموذج الحالي لا يعتبر المستشفى كمكان لرعاية المرضى فقط، إنما بمثابة فندق يلبي جميع الاحتياجات الإنسانية المتنوعة. وقد لعب التطور الكبير الذي حدث في أساليب العلاج والتشخيص دوراً في تطورٍ مماثلٍ لكافة الاعتبارات الأساسية التي يجب مراعاتها في تخطيط وتصميم المستشفيات وإدارتها. [3]

أولاً: الأبعاد التصميمية: تعتبر الأبعاد التصميمية أساس نجاح المستشفى أو فشله في تلبية الاحتياجات المستقبلية وتشمل أربع مرتكزات، وهي: الاتجاه المعماري للمبنى، القابلية للامتداد، المرونة موائمة الفراغات الداخلية للتغير المستمر في أساليب العلاج والتشخيص والرعاية الطبية.

ثانياً: الأبعاد البيئية: تعتبر الأبعاد البيئة مهمة لاستمرار البشرية وذلك من أجل عدم استنزاف الموارد الطبيعية والحد من تغير المناخ الناتج عن الانبعاثات الضارة من إنتاج المواد، وتتمثل في حفظ الطاقة والتقليل من الانبعاثات الضارة الناتجة عن استخدام مواد البناء والحد من تلوث الهواء الداخلي للفراغات وتلوث الهواء الخارجي المحيط بالمبنى.

الأبعاد الاقتصادية: تعد التكاليف الإنشائية لأبنية المستشفيات صغيرة عند مقارنتها بتكاليف التشغيل والصيانة في دورة حياة المبنى، فيجب تحقيق التوازن بين التكلفة الأساسية لإنشاء المبنى وبين باقي النفقات على امتداد عمر المشروع، كما أن الأبعاد الاقتصادية مهمة جداً في تحديد متغيرات التصميم والتطوير.

ثالثاً: الأبعاد الإنسانية: تعد الأبعاد الإنسانية من أساسيات التصميم لمستشفيات اليوم، فيجب على المبنى أن يوفر الإحساس بالأمان ويقلل من التوتر ويوفر الشعور بالراحة.

رابعاً: الأبعاد التكنولوجية: إن التكنولوجيات الجديدة والناشئة التي تتراوح بين الأجهزة الإلكترونية الجديدة وشبكات الاتصالات اللاسلكية الجديدة والمواد الحديثة التي إذا وظفت بطريقة صحيحة تعمل على رفع كفاءة المستشفيات القائمة والمستقبلية. وهذه الفكرة التي يقوم عليها البحث بأكمله وهي ما يتم دراسته في الجزء التحليلي من هذا البحث.

لذلك يتم في الفقرة التالية البدء بالبحث النظري عن تقنية النانو وارتباطها بالعمارة، لتشكيل أولى خطوات البحث التحليلي المرتبط بتطوير المستشفيات القائمة.

2-2 تقنية النانو Nanotechnology:

تعرف تقنيو النانو على أنها تصميم وتوصيف وإنتاج وتطبيق الهياكل والآليات والأنظمة من خلال التحكم في الحجم والشكل في المقياس النانوي التي تنتج هياكل وآليات وأنظمة مع تحسين واحد على الأقل من الخاصيات أو الميزات الجديدة. [9]

ويعرف المقياس النانوي على أنه مجال يتراوح من 100 نانومتر إلى حجم الذرات (حوالي0.2 نانومتر).

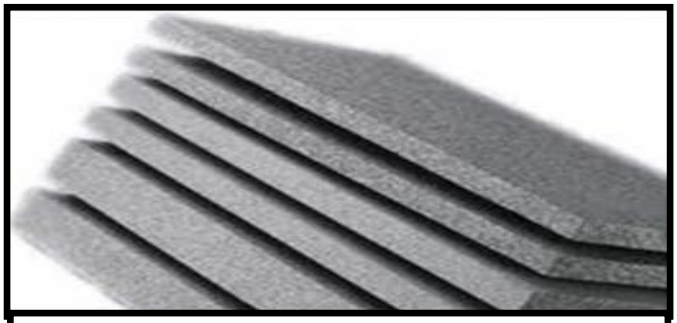
وتعمل تقنية النانو على تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للمواد البناء حيث أن المواد عندما تصنع في مقياس النانو أو يضاف إليها جسيمات نانوية تظهر خصائص مغايرة ومختلفة تماماً عن خصائصها عندما كانت في حالتها الاعتيادية وذلك لسببين: الزيادة النسبية للمساحة السطحية للمواد وخضوعها لفيزياء الكم. [9]

3-2 مواد العزل النانوية:

يمثل تحسين العزل الحراري أحد أهم الجوانب الأساسية في عملية تطوير الأبنية القائمة من أجل التوفير في استهلاك الطاقة من عمليات التكييف والتبريد التي تعمل على توفير الراحة الحرارية للفراغات الداخلية المختلفة. [2] إلا أن استخدام مواد العزل التقليدية مثل الصوف الزجاجي يعمل على زيادة سمك الجدران الأمر الذي يترتب عليه زيادة الحمولات الميتة وتقليل المساحة الفعلية للفراغات، ولكن تقنية النانو قدمت مواد عزل حرارية مستدامة ذات وزن خفيف وسماكة منخفضة وأداء عالي مما ساهم في ترشيد وتخزين الطاقة بشكل أكبر من المواد التقليدية.

1-3-2 البولسترين الموسع Expanded Polystyrene:

يعرف باختصار EPS وهو عبارة عن بولسترين مضاف له مسحوق الجرافيت Graphite لجعل مقاومته للحرارة أفضل حيث يصبح الإشعاع الحراري له ينتشر جزئياً وينعكس بواسطة مسحوق الجرافيت. يختلف البولسترين الموسع عن منتجات البولسترين التقليدية بدرجة توصيل حراري أقل بنسبة 20٪، ويتمتع بمتانة أكبر للضغط ومعالج باستخدام مثبطات اللهب لتقليل قابليته للاشتعال وانتشار اللهب ويمكن إعادة تدويره. يتم إنتاجه على شكل ألواح رمادية اللون. يستخدم البولسترين الموسع لعزل الجانب الداخلي أو الخارجي للواجهات والأرضيات والأسقف. [4]



الشكل (1): ألواح البولسترين الموسع Expanded Polystyrene. [14]

يتميز البولسترين الموسع بما يلي: [4]

- الموصلية الحرارية المنخفضة وخفض البصمة الكربونية للمبنى.
- عازل عالي للضوضاء ويتميز بديمومة عالية ومقاوم للعفن وتدهور الأداء.
- أقل تكلفة من مواد العزل النانوية الأخرى.

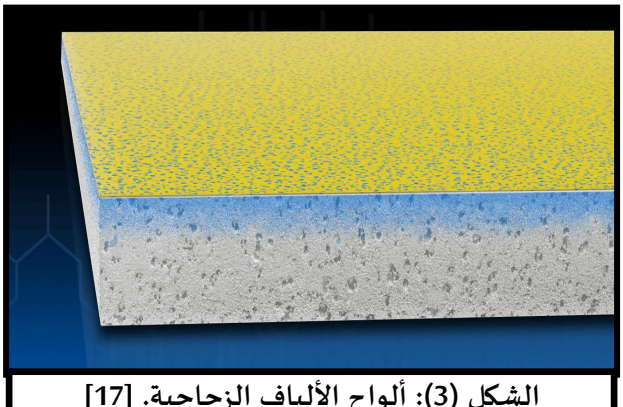
2-3-2 جبس عالي الأداء High Performance Insulation Plaster:

هو عبارة عن جبس مع الحبيبات الهلامية، يتم تطبيقه إما باليد أو ميكانيكياً عن طريق تقنية الرش بسماكة تتراوح من 20 -60 مم، ويتميز بعزل حراري وصوتي عالي وهو طارد للمياه وغير قابل للاحتراق ومقاوم للفطريات والعفن، يستخدم في العزل الخارجي للمباني التاريخية فقط، وفي العزل الداخلي لجميع أنواع المباني. تم اختراعه في عام 2012 حيث يوفر عزلاً أكثر مرتين من عزل المواد التقليدية. [13]

الشكل (2): تطبيق جبس عالي الأداء على جدار. [13]

3-3-2 ألواح الألياف الزجاجية:

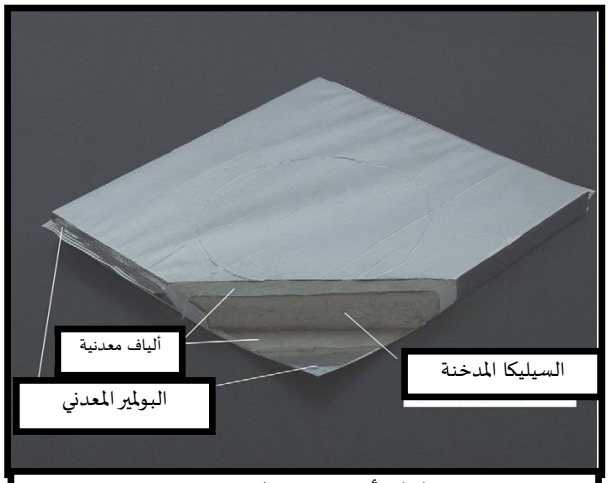
هي عبارة عن ألواح تحتوي على جبس مقاوم للرطوبة والعفن مغلف في حصيرة مصنوعة من الألياف الزجاجية، توفر حلاً غير قابل للاحتراق للتغليف الخارجي وحاجز لتسرب للهواء ومضاد للمياه، مع الحفاظ على نفاذية البخار تستخدم بشكل أساسي في مشاريع تطوير المباني أو في مرحلة إكساء جدران المباني الجديدة لأنها تعمل على إنشاء عزل مستمر دون أي فواصل أو جسور حرارية بخلاف فتحات الخدمة، وهي ذات سماكة تتراوح من 6 -15 مم. [7]



الشكل (3): ألواح الألياف الزجاجية. [17]

4-3-2 ألواح العزل المفرغة Vacuum Insulation Panels (VIP):

وهي عبارة عن لوح يتكون من مجموعة مسامية بحجم النانو من السيليكا المدخنة مغلفة بطبقتين من البوليمير المعدني. تتميز بعزل حراري عالي وسماكتها تتراوح من 5-55 مم. ويتراوح العمر الافتراضي لها بين 25-50 سنة وهي مادة صديقة للبيئة وقابلة لإعادة التدوير. تستخدم الألواح في العزل الداخلي والخارجي، كما



الشكل (4): ألواح العزل المفرغة. [13]

تستخدم في عزل الأبواب والنوافذ، وهي مثالية لأعمال التجديد في المباني القائمة نظراً لقلة سماكتها. وتعتبر مواد العزل المفرغة من أكفأ مواد العزل الحرارية في العزل الحراري للمباني حيث تصل كفاءتها لأكثر من 5-8 مرات من مواد العزل التقليدية. وتساعد مواد العزل المفرغة في ترشيد الطاقة بالمبنى. [13]

تتميز ألواح العزل المفرغة بما يلي:

- موصلية حرارية منخفضة جداً.
- تقلل من البصمة الكربونية للمبنى.
- تقلل من الضوضاء وذات ديمومة عالية وذات وزن منخفض جداً.
- مثالية لأعمال التجديد في المباني القائمة نظراً لقلة سماكتها.

5-3-2 دهان عاكس للحرارة Heat Reflectance Coating:

الدهان العاكس للحرارة وهو دهان ذو أساس مائي يعمل على عكس الإشعاع الشمسي للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء من الطيف الشمسي، مما يقلل درجة حرارة السطح المطلي (السقف والجدار) ونتيجة لذلك يقلل أيضاً من تسخين المساحات الداخلية (تحت السقف وداخل الجدران). ويتراوح متوسط عمر الدهان من 12-15 سنة حسب المناخ. ويكثر استخدام الدهان العاكس للحرارة في المناطق المناخية الأكثر حرارة لتوفير ما يصل إلى 15٪ من استهلاك الطاقة. [10]

ميزات الدهان العاكس للحرارة: [10]

- يعكس أكثر من 90% من لطاقة الشمسية مما يعمل على تقليل تكاليف استهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين 20-30%.
- يتميز بالجانب الجمالي حيث يتوفر بألوان مختلفة ويطبق على مختلف الأسطح.
- مادة آمنة بيئياً وتعمل على منع تكون الحشرات والفطريات والعفن.

4-2 عملية التطوير:

المرحلة الثانية من حياة إي مبنى بعد بنائه وتشغيله هي تحسين وإزالة أوجه القصور فيه، سواءً من حيث استهلاك الطاقة أو من حيث فراغاته الداخلية لخدمة الوظيفة المرجوة منها. والمقصود بتطوير المباني Building Development هو" تحسين فعالية وأداء المباني من خلال القيام بعمل تغييرات في النظم الداخلية للمبنى، أو في الهيكل الخارجي في مرحلة ما بعد البناء الأولى، ويتم ذلك بهدف تحسين وسائل الراحة لشاغلي المبنى بشكلٍ خاص، وتحسين أداء المبنى بشكلٍ عام." [1]

إن استخدام مصطلح التطوير بالنسبة إلى هذا البحث يعرف في أنه: العمل على بناءٍ قائمٍ وباستعمال مكونات ليست موجودة في البناء المذكور عندما شيد لأول مرة، الأمر الذي يحسن من أداء البناء.

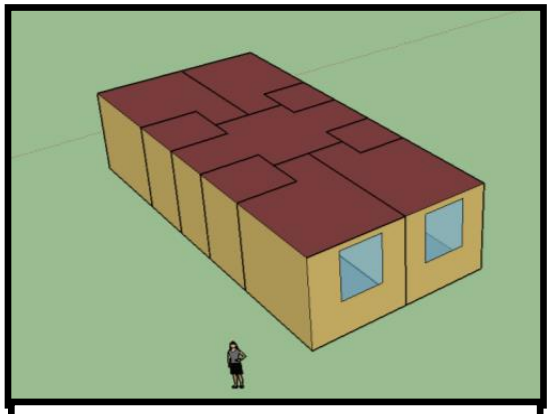
1-4-2 آلية تطوير المستشفيات القائمة:

من خلال دراسة أربع تجارب ممولة من الاتحاد الأوربي التي ركزت على دراسة تطبيق مواد النانو في المستشفيات وهي:

أولاً: مشروع ريسيب RESSEEPE:

بدأ المشروع عام 2013 وانتهى عام 2017 تم خلال تلك المدة تطوير خمسة أبنية عامة في ثلاثة دول (إسبانيا والسويد وبريطانيا). كان من ضمنها مستشفى دي تيراسا Hospital de Terrassa الذي يبلغ عمره الافتراضي حينها 35 عاماً. وتم تطوير الطابق الثامن والتاسع من المستشفى.

الشكل (5): مسقط الطابق الثامن والتاسع لمستشفى دي تيراسا. [16]



الشكل (6): الشكل الهندسي لنموذج المحاكاة غرف مستشفى دي تيراسا. [18]

تم تجريب عملية التطوير في برنامج المحاكاة Energy Plus وذلك لأربع غرف نموذجية للمرضى تم تصميمها بمساعدة برنامج SketchUp، مع اعتبار أن الجدار الخارجي قبل عملية التطوير مكون من البلوك وتجويف هوائي مع البوركسبان Porexpan وحجر اصطناعي وجبس، بينما الجدران الداخلية قبل عملية التطوير مكونة من البلوك مع طبقة إكساء من الجبس في كلا الجانبين والأرضية مصنوعة من البيتون مع طبقة بلاط في حين أن السقف قبل عملية التطوير عبارة عن ألواح معلقة مصنوع من الجبس بينما زجاج النافذة قبل عملية التطوير من الزجاج العادي المفرد، مع الأخذ بالاعتبار أن الجدران الداخلية والحمامات الداخلية غير محسوبون بنموذج المحاكاة. [16]

وبعد التأكد من نجاح الفرضية عبر برنامج المحاكاة، تم في الواقع كلاً مما يلي:

- تعديل جدار الغرفة الخارجي حيث تم إزالة الإكساء الخارجي للوصول إلى مواد إنشاء المبنى (البلوك) وإضافة البولسترين الموسع بسماكة 4 سنتيمتراً وتسوية سطحه الخارجي بدهان أكريليك، أدى كل ذلك إلى تقليل خسائر الموصلية الحرارية المنتقلة من خلال كافة الجدران بنسبة تقارب 50٪. [21]

استبدال النافذة القديمة بنافذة ذكية بإطار من الألومنيوم وزجاج مزدوج منخفض الانبعاث، مما عمل على تقليل الخسائر الحرارية ل 70٪ والحد من الإشعاع الشمسي المباشر. [12]

ثانياً: مشروع بريكر BRICKER:

بدأ المشروع عام 2013 وانتهى عام 2018 تم خلال تلك المدة تطوير ثلاثة أبنية عامة في ثلاثة دول (إسبانيا وتركيا وبلجيكيا).

كان من مشروع بريكر BRICKER مستشفى آيدن عدنان مندريس Aydin Adnan Menderes Hospital الذي كان هدفه تقليل استهلاك الطاقة فيه.

تم تجريب عملية التطوير في برنامج المحاكاة Design Builder وذلك لكامل المستشفى، مع اعتبار أن الجدار الخارجي قبل عملية التطوير مكون من البلوك مصمت وتجويف هوائي وجبس، بينما الجدران الداخلية قبل عملية التطوير مكونة من البلوك مع طبقة إكساء من الجبس في كلا الجانبين والأرضية مصنوعة من مادة بيتونية مع طبقة بلاط في حين أن لسقف قبل عملية التطوير عبارة عن ألواح معلقة مصنوع من الجبس بينما زجاج النافذة قبل عملية التطوير من الزجاج العادي المزدوج، مع الأخذ بالاعتبار أن الجدران الداخلية والحمامات الداخلية غير محسوبون بنموذج المحاكاة.

الشكل (7): واجهات التهوية في مشفى آيدن. [6]

الشكل (8): الواجهات التي تم عزلها في مستشفى آيدن. [11]

وبعد التأكد من نجاح الفرضية عبر برنامج المحاكاة، تم في الواقع كلاً مما يلي:

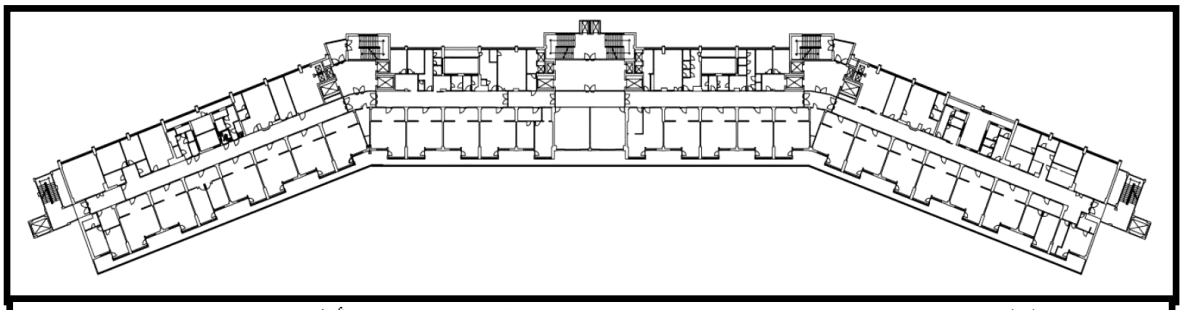
- إضافة فيلم التحكم الشمسي لنوافذ الواجهتين الشرقية والغربية (164 نافذة) كونه أقل تكلفة من استبدال النوافذ ويعطي نتائج متناسبة مع التكلفة الاقتصادية له حيث أن قيمة U للنوافذ بحد أقصى3.0 واط/المتر المربع في الكيلو.
- إضافة واجهة لكل من الواجهتين E وS المصنوعة من ألواح من بيتون بوليمير خفيف الوزن Polymer Concrete مبتكرة ذات كثافة منخفضة (1700-1850 كيلو غرام/المتر المكعب) بسماكة 2 سم، لتعطي جمالية أكثر وخصائص ميكانيكية أعلى بالإضافة إلى عزل حراري وصوتي أفضل للواجهة، كما أنها ألواح قابلة للتكييف وسهلة التركيب.[5]
- تم عزل جميع الواجهات بواسطة جبس خفيف الوزن Izolux-Thermojet بسماكة 3 سنتيمتراً كطبقة نهائية تتمتع بخصائص مقاومة للحرارة والنار والرطوبة وقيمة الموصلية الحرارية لها أقل من 0.040 واط/كيلو متر مربع. حيث عمل الجبس على توفير 50-70٪ من الحرارة وحماية الواجهات من العوامل الخارجية وسمح للمبنى بالتنفس. [11]

- عزل السقف النهائي أولا طلاء مانع لتسرب المياه بطبقة واحدة بسماكة 0.3 سنتيمتراً ثم تطبيق مادة عزل نفس مادة عزل الواجهات Izolux-Thermojet بسمك 26 سنتيمتراً ثم دهان عاكس للحرارة بسمك 0.5 سنتيمتراً.[11]

ثالثاً: مشروع ATowPBEER:

بدأ المشروع عام 2013 وانتهى عام 2018 تم خلال تلك المدة تطوير ستة أبنية عامة في ستة دول (إسبانيا والسويد وتركيا وإيطاليا والنروج وكرواتيا). كان من ضمنها مستشفى سان مارتينو San Martinoالذي عمل على إعادة تشكيل طابقين منه بشكل حديث لتلبية متطلبات الرعاية الحديثة مع توفير الطاقة. وتم تطوير الطابق الثاني والثالث من المستشفى.

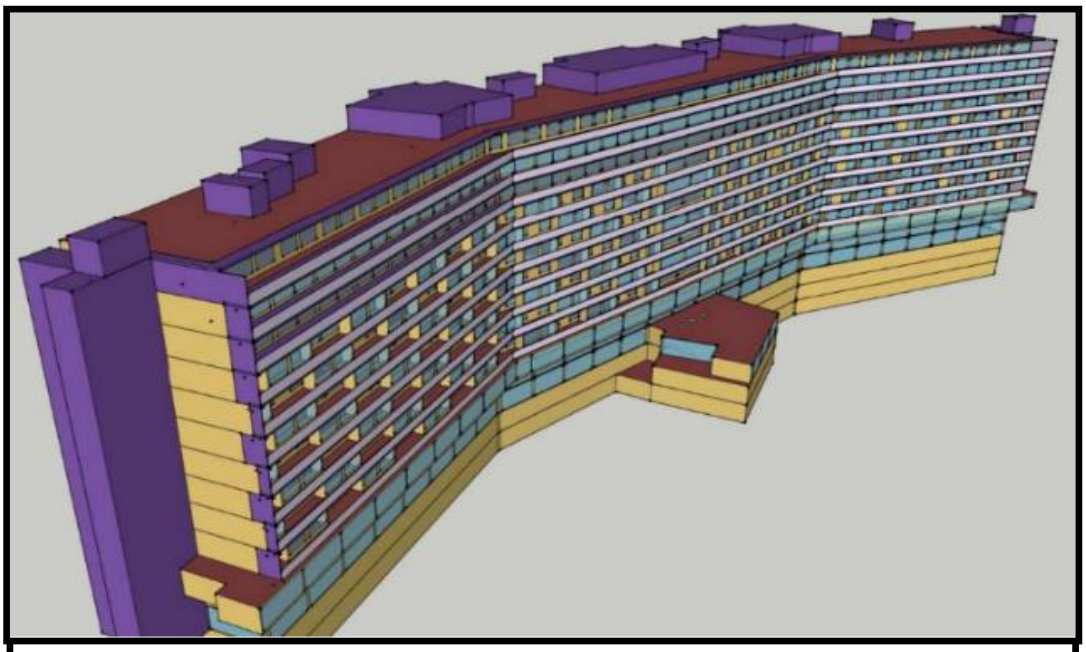
تم تجريب عملية التطوير في برنامج المحاكاة Energy Plus لكامل الطابقين، كما تم تحديد العنصر المعياري للواجهة كما في الشكل (10) من أجل حساب تأثير الجسور الحرارية حيث يتكون الجدار الخارجي للواجهة الجنوبية من الخارج إلى الجانب الداخلي من (دهان خارجي، جبس سماكة 1.5 سم، بلوك مجوف سماكة 10 سم، فراغ هوائي سماكة 10 سم، بلوك مجوف سماكة 10 سم، جبس سماكة 1.5 سم، دهان داخلي). بينما يتكون الجدار الخارجي للواجهة الشمالية من الخارج إلى الجانب الداخلي من (دهان خارجي، جبس سماكة 1.5 سم، بلوك مجوف سماكة 10 سم، فراغ هوائي سماكة 10 سم، جدار بيتوني سماكة 15 سم، جبس سماكة 1.5 سم، دهان داخلي). في حين أنه تم تحديد عناصر الواجهة الشفافة بالنسبة إلى الجدار المصمت في الواجهة الشمالية 44% بينما في الواجهة الجنوبية 54% والألواح المستخدمة من الزجاج العادي المفرد 4 مم. [15,20]



الشكل (9): المسقط المتكرر لمستشفى سان مارتينو باستثناء الطابقين الأول والطابق السفلي. [20]

وبعد التأكد من نجاح الفرضية عبر برنامج المحاكاة، تم في الواقع كل مما يلي:

- تغطية الشرفات بجدران خارجية.
- إضافة ألواح العزل المفرغة VIP بسماكة 3 سنتيمتراً التي توفر قيمة U 0.158 واط/م2ك للجدران الخارجية.
- نوافذ منخفضة الانبعاث.



الشكل (10): نمذجة مستشفى سان مارتينو. [20]

الجدول (1): ملخص عملية تطوير التجارب الأوربية، إعداد الباحثين.

المشروع	المستشفى	طريقة التطوير	العنصر المطور	مواد النانو
مشروع ريسيب RESSEEPE	مستشفى دي تيراسا Hospital de Terrassa	إضافة عزل خارجي واستبدال النوافذ	جدران خارجية نوافذ	بولسترين موسع
مشروع بريكر BRICKER	عملية تطوير مستشفى آيدن مندريس Aydın Adnan Hospital	إضافة عزل خارجي وإضافة طبقة خارجية	جدران خارجية سقف نهائي	طلاء عاكس للحرارة وجبس عالي الأداء
مشروع ATowPBEER	مستشفى سان مارتينو San Martino Hospital	تغطية	جدران خارجية نوافذ	ألواح عزل مفرغة

2-4-2 تصنيف الحلول التقنية التي ترفع كفاءة المستشفى:

إن استخدام النهج المنظم الذي عرض القضايا المتعلقة بالحلول التصميمية والتقنيات التي عملت على رفع أداء كل مبنى من الأمثلة التحليلية، سمح لنا بوضع قائمة بالحلول مكونة من مجموعتين تحتوي على 5 حلاً تصميمياً وتقنياً مختلفاً.

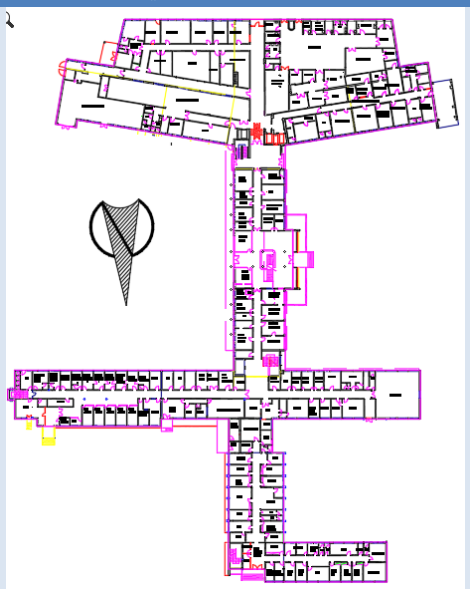
الجدول (2): تصنيف الحلول التقنية التي ترفع كفاءة المستشفى، إعداد الباحثين.

حلول معمارية					
الغلاف	1	استبدال النوافذ أو الزجاج	مواد النانو	1	زجاج ذكي
	2	إضافة عزل داخلي		2	بولسترين موسع
	3	إضافة عزل خارجي		3	جبس عالي الأداء
	4	إضافة طبقة ثانية		4	ألواح عزل مفرغة
	5	استبدال الواجهة		5	دهان عاكس للحرارة

3-4-2 المشروع المقترح دراسته:

مستشفى حماه الوطني يقع في حي جنوب الملعب ويعود تاريخ إنشائه إلى عام 1958 وتم البدء باستثماره عام 1972 ويتسع إلى 400 سريراً، والتي مقرر تطوير غلافه الخارجي في عام 2022 لذلك سيتم وضع مقترح للعملية مع مراعاة الميزانية المالية المقترحة للمشروع وعدم تأثير عملية التطوير على العملية التشغيلية للمستشفى.

الجدول (3) تحليل عناصر المبنى التي يتم تطبيق المعالجات عليها، إعداد الباحثين.

تصميم المبنى	ملاحظات عامة	اسكتش توضيحي
توجيه المبنى.	توجيه المبنى كما هو موضح بالشكل واجهة المدخل في اتجاه الجنوب	
الجدران الخارجي	مونة أسمنتية بسماكة 2 سم وبلوك مصمت بسماكة 15 سم وفراغ هوائي 10 سم وبلوك مصمت 15 سم وطبقة مونة أسمنتية بسماكة 2 سم، بينما الجدار الداخلي مكون من بلوك مصمت 15 سم	
السقف النهائي	مونة أسمنتية بسماكة 2 سم وبلاطة بيتونية مستوية بسماكة 20 سم يعلوها طبقة بيتون حماية بسماكة 5 سم	

بعد عملية تحليل عناصر المبنى يتم تقييم الأداء الحراري للوضع القائم للمبنى من خلال حساب معامل الانتقال الحراري للجدران والسقف.

أ- حساب معامل الانتقال الحراري للجدران الخارجية بمساحة 13654.21 متراً مربعاً، حيث أن طبقات الجدار من الخارج للداخل (مونة أسمنتية بسماكة 2 سم وبلوك مصمت بسماكة 15 سم وفراغ هوائي 10 سم وبلوك مصمت 15 سم وطبقة مونة أسمنتية بسماكة 2 سم)

$Rt = Ro + R + Ri = 0.630$

حيث إن Ro مقاومة السطح الداخلية وRi مقاومة كل طبقة من القطاع وR مقاومة السطح الخارجي

$U = 1/Rt = 1.588$ (واط/كيلو متر مربع)

حيث إن U هي معامل الانتقال الحراري الكلي للقطاع (واط/كيلو متر مربع) وRt هي المقاومة الآلية للقطاع (كيلو متر مربع/واط)

ب- حساب معامل الانتقال الحراري للسقف بمساحة 6243.93 متراً مربعاً وطبقاته (مونة أسمنتية بسماكة 2 سم وبلاطة بيتونية مستوية بسماكة 20 سم يعلوها طبقة بيتون حماية بسماكة 5 سم)

$Rt = Ro + R + Ri = 0.302$

$U = 1/Rt = 3.306$ (واط/ المتر المربع)

الجدول (4) الموصلية الحرارية لعناصر مستشفى حماة الوطني للوضع الراهن، إعداد الباحثين.

العنصر الإنشائي	معامل الانتقالية الحرارية واط/كيلو متر مربع
الجدران الخارجية	1.588
السقف	3.306

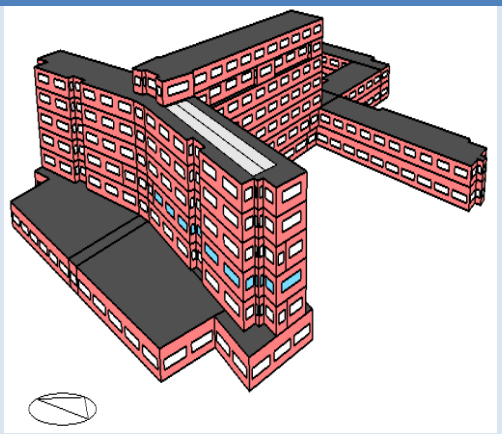
وهذه النتائج سيتم مقارنتها بنتائج نفس العناصر ولكن بعد تطبيق مواد النانو لتعزيز أداء العناصر. وبناءً على الوضع الراهن للبناء وعلى الشروط المحلية لعملية التطوير والميزانية تم اعتماد تطوير المستشفى عن طريق إضافة عزل خارجي لعناصر المبنى مكون من المواد التالية:

- طلاء عاكس للحرارة DecaProof ThermoDry مستورد من شركة Prokem من دولة مصر.
- جبس izolux-trakya مستورد من شركة izoluxtrakyabayii من دولة تركيا.

الشكل (11): طلاء عاكس للحرارة DecaProof ThermoDry. [19]

الشكل (12): جبسIsolux. [8]

الجدول (5): مقترح تطوير مستشفى حماة الوطني، إعداد الباحثين.

تصميم المبنى	ملاحظات عامة	اسكتش توضيحي
توجيه المبنى.	يتم إضافة عزل خارجي لكامل واجهات المبنى لمقارنة الفرق في معاملات الانتقال الحراري	
طريقة التطوير	إضافة عزل خارجي	

تابع للجدول (5): مقترح تطوير مستشفى حماة الوطني، إعداد الباحثين.

تصميم المبنى	ملاحظات عامة
مادة عازلة	يتم دراسة استخدام مادة عازلة للحرارة وهي ألواح الألياف الزجاجية مع البولسترين الموسع وطلاء عاكس للحرارة (وتم اختيارهم لأن الموصلية الحرارية جيدة والتكلفة الاقتصادية مناسبة)
طبقات الجدار المطور	مونة إسمنتية بسماكة 2 سم وبلوك مصمت بسماكة 15 سم وفراغ هوائي 10 سم وبلوك مصمت 15 سم وطبقة مونة إسمنتية بسماكة 2 سم وألواح الألياف الزجاجية 15مم وجبس بسماكة 30 مم ودهان عاكس للحرارة بسماكة 3 مم
طبقات السقف المطور	مونة إسمنتية بسماكة 2 سم وبلاطة بيتونية مستوية بسماكة 20 سم يعلوها طبقة بيتون حماية بسماكة 5 سم وجبس بسماكة 30 مم مع دهان عاكس للحرارة بسماكة 3 مم

أ- حساب معامل الانتقال الحراري للجدار الخارجي المطور:

$Rt = Ro + R + Ri = 1.857$

$U = 1/Rt = 0.538$ (واط/كيلو متر مربع)

ب- حساب معامل الانتقال الحراري للسقف المطور:

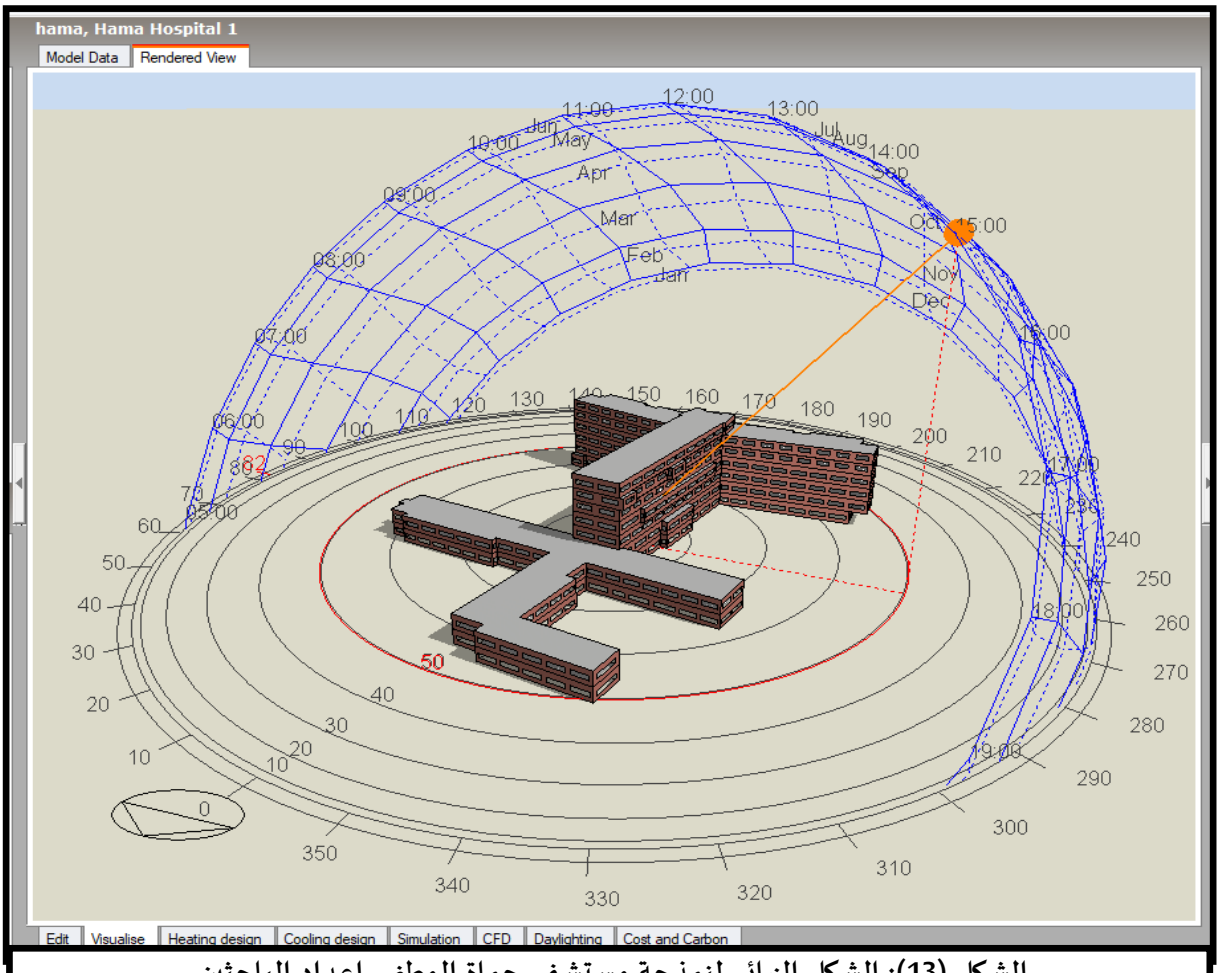
$Rt = Ro + R + Ri = 1.101$

$U = 1/R = 0.908$ (واط/كيلو متر مربع)

4-4-2 نتائج المحاكاة:

من خلال مقارنة النتائج نجد أن معامل الانتقال الحراري انخفض بنسبة كبيرة بزيادة سمك الجدران والسقف بإضافة مواد عزل لهما، نلاحظ أن نسبة الانخفاض في معامل الانتقال الحراري بالجدران حوالي 66% ونسبة الانخفاض في معامل الانتقال الحراري بالسقف حوالي 72%.

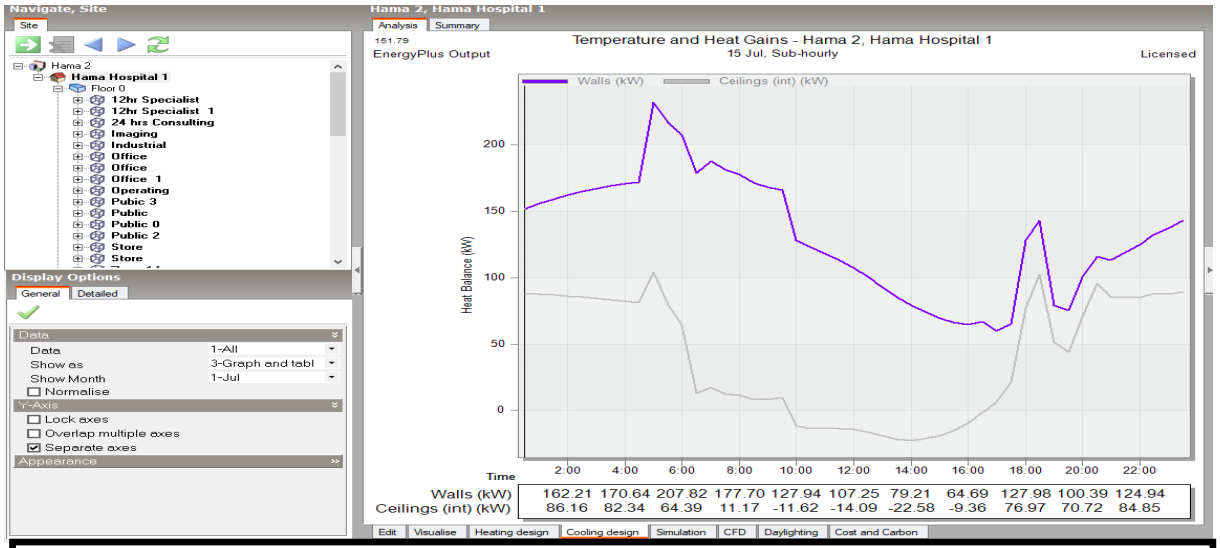
وللتأكد من مقدار تخفيض استهلاك الطاقة في المستشفى يتم عمل محاكاة في برنامج المحاكاة Design Builder بعد إدخال بيانات المبنى كافة وبيانات مدينة حماة، يتم ما يلي:



الشكل (13): الشكل النهائي لنمذجة مستشفى حماة الوطني، إعداد الباحثين.

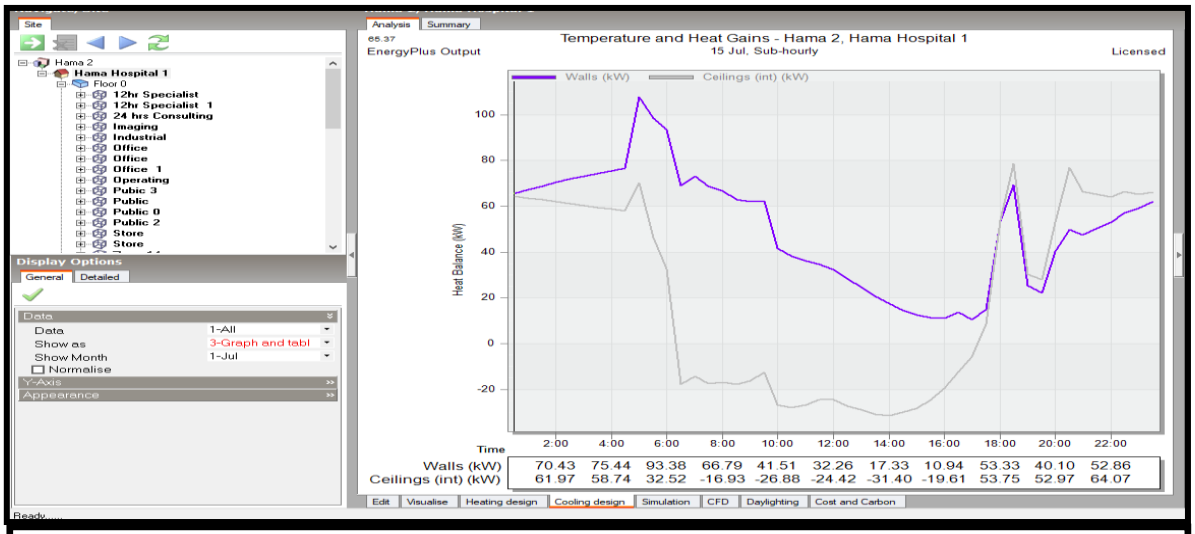
أولاً: محاكاة للوضع الراهن.

تم عمل المحاكاة يوم 1 تموز حيث تسجل درجات الحرارة أعلى معدلاتها في المنطقة وكانت النتائج أن معدلات الطاقة الحرارية النافذة إلى البيئة الداخلية عن طريق الجدران سجلت أعلى قيمة وهي 231 كيلو واط في تمام الساعة الخامسة صباحاً وذلك نتيجة بداية تشغيل المكيفات الخاصة في الفراغات الداخلية بشكل مكثف، مما يؤدي إلى حدوث نقص حاد في درجات الحرارة الداخلية مقارنة بدرجة الحرارة الخارجية، يؤدي ذلك إلى سرعة انتقال الطاقة الحرارية النافذة إلى الفراغات حتى الساعة الخامسة صباحاً. ومن بعدها يبدأ حدوث زيادة أو نقص تدريجي في الطاقة النافذة للفراغات بناءً على توجهات الفراغات سواءً شمالية أو غربية أو جنوبية أو شرقية حتى الساعة الرابعة عصراً والتي تعد نهاية الدوام الرسمي ونهاية تشغيل المكيفات بالفراغات الداخلية للعيادات الخارجية وأغلب المكاتب الإدارية مما يؤدي إلى ارتفاع مفاجئ في درجات الحرارة الداخلية ويترتب عليه حدوث نقص حاد في الطاقة النافذة من البيئة الخارجية للفراغات الداخلية حتى الساعة الرابعة عصراً وسجلت أخفض قيمة 60 كيلو واط.



الشكل (14): مخطط محاكاة الوضع الراهن لمستشفى حماة، إعداد الباحثين.

ثانياً: محاكاة الوضع المطور: تم عمل المحاكاة يوم 1 تموز حيث تسجل درجات الحرارة أعلى معدلاتها في المنطقة وكانت النتائج أن معدلات الطاقة الحرارية النافذة إلى البيئة الداخلية عن طريق الجدران سجلت أعلى قيمة وهي 109 كيلو واط في تمام الساعة الخامسة صباحاً، بينما سجلت أخفض قيمة 11 كيلو واط.



الشكل (15): مخطط محاكاة الوضع المطور لمستشفى حماة، إعداد الباحثين.

الجدول (6): مقارنة بين الوضع الراهن والمطور لمستشفى حماة الوطني للوضع الراهن، إعداد الباحثين.

العنصر الإنشائي	معامل الانتقالية الحرارية للوضع الراهن (واط/ ك.م2)	معامل الانتقالية الحرارية للوضع المطور (واط/ ك.م2)	متوسط مقدار فقدان الحرارة للوضع الراهن (كيلو واط)	متوسط مقدار فقدان الحرارة للوضع المطور (كيلو واط)
الجدران الخارجية	1.588	0.538	131	48
السقف	3.306	0.908	67	19

من خلال مقارنة النتائج محاكاة برنامج Design Builder للوضع الراهن قبل وبعد وبأخذ المتوسط الحسابي لقيمة فقدان الحرارة لكل من الجدران والسقف خلال اليوم، نلاحظ أن نسبة الانخفاض في معامل الانتقال الحراري بالجدران حوالي 63% ونسبة الانخفاض في معامل الانتقال الحراري بالسقف حوالي 72%.

وبالمقارنة مع نتائج انخفاض معامل الانتقالية الحرارية للوضع المطور (واط/كيلو متر مربع) نجد أن قيمة السقف كانت نفسها، بينما قيمة الجدار كانت أخفض بنسبة 3%، وفي المجمل فإن الحل المقترح قابل للتطبيق ويعطي نتائج في توفير الطاقة ممتازة بالمقارنة مع الميزانية المرصودة للمشروع.

3- مناقشة النتائج:

من خلال مقارنة النتائج ونسب الانخفاض في قيم معامل الانتقالية الحرارية يمكننا استخلاص مجموعة من النتائج وهي:

- تعتمد آلية تطوير المستشفيات على إضافة عزل خارجي أو داخلي أو استبدال الواجهة أو تغطية أجزاء من الواجهة أو إضافة طبقة ثانية للواجهة.
- بالنسبة لجدران ذات طبقات من الداخل للخارج مكونة من مونة إسمنتية بسماكة 2 سم وبلوك مصمت بسماكة 15 سم وفراغ هوائي 10 سم وبلوك مصمت 15 سم وطبقة مونة إسمنتية بسماكة 2 سم، بينما الجدار الداخلي مكون من بلوك مصمت 15 وألواح الألياف الزجاجية 15مم وجبس بسماكة 30 مم ودهان عاكس للحرارة بسماكة 3 مم تعمل خفض كبير لقيمة معامل الانتقالية الحرارية لذلك عند اختيار مواد البنا الخارجية في المستشفيات يمكننا اختيار هذه المواد لانخفاض الانتقالية الحرارية لها وبالتالي تساعد على توفير قدر كافي من الراحة الحرارية داخل الفراغات وتوفير استهلاك الطاقة.
- بالنسبة للسقف ذات طبقات من الداخل للخارج مكونة من مونة إسمنتية بسماكة 2 سم وبلاطة بيتونية مستوية بسماكة 20 سم يعلوها طبقة بيتون حماية بسماكة 5 سم الجبس بسماكة 30 مم مع دهان عاكس للحرارة بسماكة 3 مم.
- تم ملاحظة أن تطبيق مواد النانو في معالجة عناصر المبنى بالكامل تخفض نسبة الأحمال الحرارية والتي لها دور في خفض استهلاك الطاقة فيه.

4- التوصيات والمقترحات.

من خلال دراسة تأثير المعالجات الإضافية على النموذج المختار (مستشفى حماة الوطني في سورية) لخفض استهلاك الطاقة يوصي الباحثان ويقترحان الآتي:

1- أهمية استخدام برامج المحاكاة عند تصميم أي مستشفى وذلك لتسهيل البحث عن حلول معمارية تعود بالفائدة على التكاليف التشغيلية للمبنى.
2- ضرورة الاعتماد على مواد النانو المختلفة في تطوير المستشفيات لحل المشكلات البيئية بطريقة مبتكرة.
3- ضرورة الاهتمام بتدريس أحدث الوسائل التكنولوجية الحديثة التي ترتبط في العمارة.
4- أن يتم تطوير قوانين وتشريعات البناء في سورية بحيث تراعي كفاءة الطاقة من حيث استخدام معالجات تقنية لعناصر البناء.

5-قائمة المراجع.

المراجع الورقية:

1- غريب، دينا. (2017)." نحو تطبيق مبادئ الاستدامة لتطوير المباني الإدارية القائمة في مصر: حالة القاهرة". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، القاهرة، مصر، ص 2.

2- محمد، أسماء. (2018)."دور استخدام تطبيقات تكنولوجيا النانو في إدارة استهلاك الطاقة في المباني الإدارية". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، القاهرة، مصر.

3- محمود، ثروت. (2018)."تأثير تقنية النانو على مواد التشطيب الخارجية والداخلية في المستشفيات". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، الجيزة، مصر.

المراجع الإلكترونية:

1- Bozsaky, David. (2016). "Special thermal insulation methods of building constructions with nanomaterials". Acta Technica Jaurinensis. 9(1): 29–41.

2- Bricker-project. (2018) "The Turkish demonstration site is a hospital, at the Adnan Menderes University (ADU) in the Turkish province of Aydın. Ecem". https://www.ecem-bag.net/bricker-eufp7project

3- D'Antoni, Lupíšek., and EUR. (2017). "Total Renovation Strategies for Energy Reduction in Public Building Stock, Official Periodic Reporting: Month 19 to month 36 progress report WP 1, T 1.1". European Union Project Report.

4- DensElement. (2019). "What the Continuous Insulation Boom Means for Energy Conservation". https://denselement.com/blog/what-the-continuous-i

5- Edirne, Merkez. (2020) ."Yalıtım Firmaları - Silisyum Yalıtımı" https://www.ustayeri.com/firmalar/izolux-trakya.html

6- Leydecker, Sylvia. (2008). Nano materials: in architecture, interior architecture and design. Walter de Gruyter. Berlin, Germany.

7- Platform, Smart Cities Stakeholder. (2013). "Advanced Materials for Energy Efficient Buildings. European Technology Platform for Sustainable Chemistry". European Technology Platform for Sustainable Chemistry. 1:1–30.

8- Puma, Grupo. (2020). "Traditerm® Panel EPS G - Insulation | Grupo Puma". https://www.grupopuma.com/en-RS/products/show/traditerm-panel-eps-g-ww-en

9- Quijano, Ana., Sanz, Cecilia., Vélez, Fredy., and D'Antoni, Javier. (2017). "Total Renovation Strategies for Energy Reduction in Public Building Stock, Official Periodic Reporting: Deliverable D4.42.b Simulation report of Turkish demonstrator Passive system integration WP 4.2". European Union Project Report.

10- RESSEEPE. (2015). "RESSEEPE NEWSLETTER ISSUE 03 - November 2015". https://projects.leitat.org/resseepe-3rd-newsletter-enhancement-of-energy-efficieny-in-public-edification/

11- Silenzi, Federico., Priarone, Antonia., & Fossa, Marco. (2017). "Energy demand modeling and forecast of Monoblocco Building at the city hospital of Genova according to different retrofit scenarios". Int J Heat Technol, 35:33-40.

12- Souaihi, Oussama. (2017). "Multiphysics simulation in buildings". Master Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.

13- System, DensElement. (2018). "DensElement® Barrier System | GP Gypsum. Georgia-Pacific Building Products". https://buildgp.com/denselement/

14- Tahmasebi, farhang., F., Taheri,mahnameh,. Schuss, matthias and Mahdavi, Ardeshir. (2015). "Improving energy efficiency through the optimization of buildings' operational regime: simulation based case studies". Building Simulation Applications 2015 - 2nd IBPSA-Italy Conference, Bozen-Bolzano.

15- ThermoDry, Prokemsc. (2020). "DecaProof ThermoDry | prokemsc.com". https://www.prokemsc.com/product/decaproof-thermodry

16- TOSHIBA. (2016). "D8.2 Replicability analysis: Virtual 1 – Italian hospital". A2PBEER. European Union Project Report.

17- Volf, Martin., Hejtmánek, Petr., Antonín, Lupíšek., Targo, Kalamees., Finn, Christensen., Stephan, Olesen., Van, Olesen., Ove, Christen Mørck., Anatolijs, Borodinecs and Petr Šenfeldr. (2018). "A set of basic modular facade and roof elements including renewable energy production and integration of HP insulation". MORE-CONNECT: Development and advanced prefabrication of innovative, multifunctional building envelope elements for modular retrofitting and smart connections.

18- Yfanti Sofia and Sakkas, Nikos. (2018). "Impact Assessment of a shell Element Retrofit: Measuring U Value Change with a Non-Intrusive Metering System". International Journal of Innovative Science and Research Technolo, 3(11).