المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الخامس والخمسون شهر (١) ٢٠٢٣

استراتيجيات رفع كفاءة الطاقة للوحدات السكنية في المنتجعات السياحية الساحلية في المناخ الحار الرطب

أ.د. إيهاب فاروق السعيد راشد [1] efrached@uqu.edu م. عمر عماد محمود السيد [2] archomar@hotmail.com

(1) أستاذ التصميم البيئي والاستدامة بكلية العمارة الإسلامية بكلية الهندسة والعمارة الإسلامية جامعة أم القرى – المملكة العربية السعودية

(2) ماجستير في التصميم البيئي والاستدامة من قسم العمارة الإسلامية بكلية الهندسة والعمارة الإسلامية جامعة أم القرى – المملكة العربية السعودية

ملخص:

أصبحت السياحة من أهم التوجهات لتنويع مصادر الدخل، وتسعى السعودية لإنشاء قطاع سياحي مستدام بمشاريع جديدة في الشمال الغربي للمملكة على شواطئ البحر الأحمر، ركز البحث على تطوير المنشآت السياحية لمواكبة خطط الاستدامة السياحية، ارتفع استهلاك المباني من 33.7% إلى 41.1% بين عامي 1980 و 2010 في أمريكا (Cao, Dai, & Liu, 2016)، وفي عام 2021 كانت المباني مسؤولة عن 37% من استهلاك الطاقة (Hamilton, Kennard, & & Others, 2022)، لذا فإن إعادة تهيئة الغلاف الخارجي للمبنى يساهم في تقليل استهلاك الطاقة والتخفيف من انبعاثات الكربون، يهدف البحث إلى رفع كفاءة أداء المبنى حراريا عن طريق معالجة الواجهات لوحدات الإقامة. طُبقت الدراسة في مدينة جدة، حيث تمثل المناخ الحار الرطب، تم اختيار وحدات الإقامة بمنتجع (بوهو)، وقد تم استخدام برنامج (DesignBuilder) لتطبيق عدد من الحلول المعمارية لإعادة تصميم الغلاف الخارجي، شملت معالجات

للنوافذ والحوائط والأسقف لتحسين معامل الانتقال الحراري، بالإضافة إلى دراسة التوجيه وخلصت الدراسة إلى أن تطبيق هذه الاستراتيجيات يؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة (57.1%) ورفع كفاءة الأداء البيئي.

الكلمات المفتاحية:

المنتجعات السياحية الساحلية، جدة، المناخ الحار، كفاءة الطاقة للمباني، تصميم الغلاف الخارجي.

المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الخامس والخمسون شهر (١) ٢٠٢٣

Strategies for Improving Energy Efficiency of Housing Units in Coastal Resorts of Hot Humid Climates

Abstract

Tourism has become one of the most important sources for variation of income. Saudi Arabia is seeking to establish a sustainable touristic sector through new projects in the Northern West coast of the Kingdom across the Red Sea shores. This study focuses on the development of current touristic facilities that comply with touristic sustainability plans.

Buildings' energy consumption increased from 33.7% to 41.1% between 1980 and 2010 in the United States (Cao, Dai, & Liu, 2016), and in 2021, buildings accounted for 37% of energy consumption (Hamilton, Kennard, & Others, 2022). Hence, retrofitting of building envelope contributes to the reduction of energy consumption and mitigation of carbon emissions.

The objective of this study is to improve the thermal efficiency of buildings by treating the façades of housing units. This study has been conducted in Jeddah city which represents hot humid climate. The housing units were chosen in (Boho) complex and the (DesignBuilder) program was used to apply a number of architectural solutions for redesigning the building envelope. These solutions included treatments of windows, walls and ceilings to improve the heat transfer coefficient, in addition to examining orientation. The study concludes that applying these strategies leads to the reduction of energy consumption by (57.1%), hence upgrading environmental performance.

Keywords:

Coastal touristic resorts, Jeddah, hot climate, buildings' energy efficiency, building envelope design.

1. مشكلة البحث

ارتفاع في استهلاك الطاقة بالوسائل الميكانيكية مما يؤثر على نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى عد م مراعاة بعض المصممين أسس التصميم البيئي لرفع كفاءة الأداء داخل وحدات الإقامة.

2. تساؤلات البحث:

يهدف البحث للإجابة عن الأسئلة التالية: (1) ما هو تأثير التوجيه على الوحدات السكنية في المنتجعات السياحية الساحلية في مدينة جدة وأثر ذلك على رفع كفاءة استهلاك الطاقة؟ (2) ماهي المعالجات المعمارية الممكن إضافتها للغلاف الخارجي للوحدات السكنية في المنتجعات الساحلية في المناخ الحار لتحسين الأداء الحراري للمبنى؟ (3) وإلى أي مدى يمكن أن تساهم هذه التحسينات في كفاءة الأداء الحراري للوحدة القائمة؟

3. أدبيات البحث:

تتحدث العديد من البحوث والتجارب عن طريق رفع كفاءة الطاقة للمباني بشكل عام عن طريق معالجة الغلاف الخارجي للمبنى، يُذكر بأنه بالإمكان توفير 16.5% من استهلاك الطاقة عند استخدام زجاج أحادي بلون رمادي وبسمك 6مم في المناخ الحار(Edeisy & Cecere, 2017)، كما أنه هناك إجماع واسع في المجتمع العلمي على أن تعديلات الغلاف الخارجي للمبنى تؤدي إلى تحسينات كبيرة للأداء الحراري للمبنى وكفاءة استهلاك الطاقة (Kobeyev, Tokbolat, & Durdyev, 2021)، وبعد إجراء دراسة على مبنى

في مدينة جدة فقد وفر في استهلاك الطاقة كما يلي: زجاج النوافذ من شفاف لمزدوج 21%، عزل الحوائط 11%، وضع مواد عاكسة على الأسقف قد يوفر 10%، و17% عندما يكون السقف معزولا (Wahl, 2017)

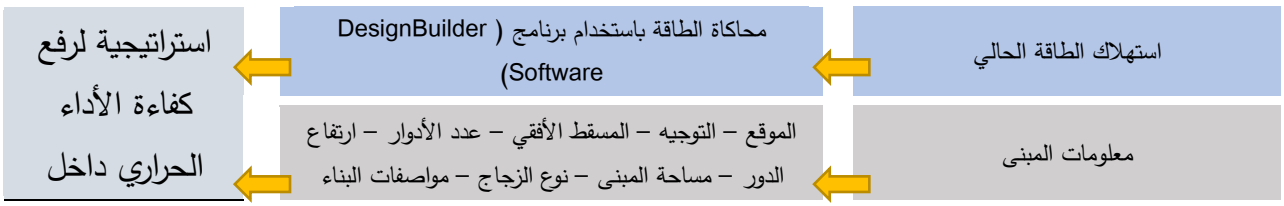
4. مقدمة البحث:

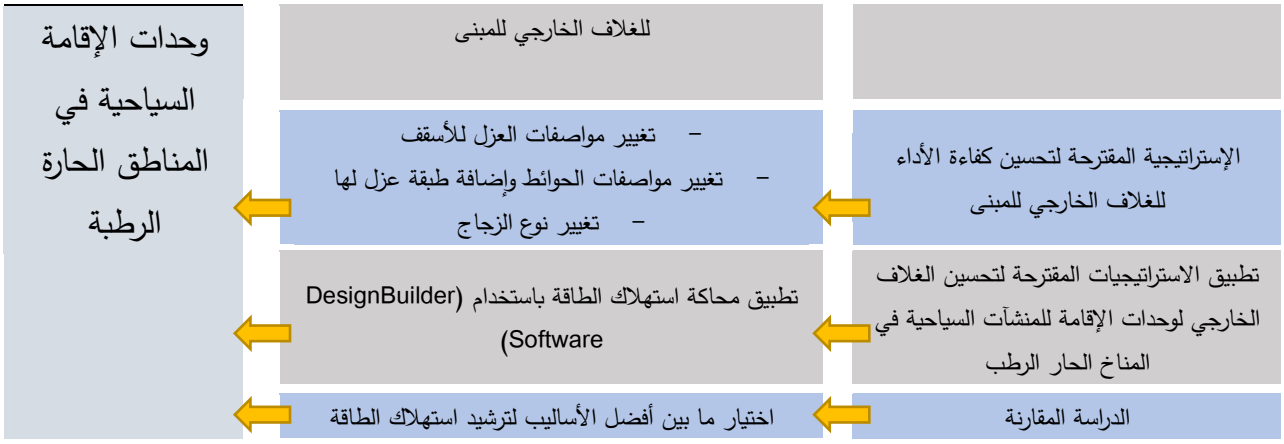
بدأت المملكة العربية السعودية خطوات جدية في تعزيز القطاع السياحي في العقد الأخير حيث ان زيادة عدد الزوار الخارجيين يؤدي إلى تنويع مصادر الدخل والاستفادة من القطاع السياحي في دعم الاقتصاد المحلي (Wahba & Atef, 2021)، ومع هذه الوتيرة السريعة في التطور تسعى المملكة لتطوير عدد من المشاريع السياحية الكبرى وخصوصا على شواطئ البحر الأحمر مثل نيوم ومشروع البحر الأحمر وأمالا وعدد من المشاريع الأخرى، مما يجعل من الضرورة تطوير المنتجعات الحالية لتحسين كفاءة الأداء البيئي وترشيد استهلاك الطاقة، وعلى الرغم من انتشار العديد من المنتجعات السياحية وخصوصا في جدة والتي تعد أهم وأكبر مدينة ساحلية حاليا في المملكة، إلا أنه يوجد قصور في تصميم أغلب الوحدات السكنية (عاشور, 2017)والمنتجعات السياحية الساحلية لعدم تطبيق معايير التصميم البيئي ومفاهيم الاستدامة، ونظرا لاستهلاك الطاقة المتزايد فإنه من الضرورة بمكان تحقيق هذه المعايير على المنشآت السياحية لتقليل أثر البصمة البيئية والحفاظ على السواحل والشواطئ ونقاط الجذب السياحية، ولذا تهدف هذه الورقة البحثية

إلى وضع منهجية للتحسين من كفاءة الأداء البيئي لوحدات الإقامة، يُذكر أن قطاع البناء يستهلك كمية كبيرة من الطاقة في جميع أنحاء العالم ومن المتوقع أن ينمو بمقدار الثلث إلى النصف بحلول عام 2050م وسيحدث هذا بسبب انتشار التقنيات الجديدة التي تؤثر على نمط الحياة والنمو السكاني وتغير المناخ(Kumar, Alam, & Sanjayan, 2021)

5. منهجية البحث:

تم اختيار منتجع محلي لتطبيق الدراسة (بوهو) حيث يحتوي على مباني خدمية ووحدات إقامة، وجميعها مباني منفصلة في التكوين حيث تمثل مباني قائمة بحد ذاتها دون التصاق ، وتتعدد الوظائف للمبنى الرئيسي حيث يحتوي على خدمات في الدور الأرضي ووحدات سكنية وخدمات في الدور الأول، ركز البحث على دراسات الوحدات السكنية القائمة بذاتها وهي عبارة عن 8 فيلات سكنية مطلة على البحر، انقسمت الدراسة إلى ثلاثة أقسام رئيسية وهي: دراسة الوضع الراهن للفيلات السكنية بمواد البناء الحالية والتوجيه الحالي، ومن ثم معرفة التوجيه الأمثل، انتقالا إلى عمل معالجات على العناصر المعمارية (الحوائط، والأسقف، والنوافذ) حسب كود البناء السعودي ، وأخيرا جمع هذه المعالجات في مقترح نهائي، وصولا إلى وضع استراتيجية لرفع كفاءة الأداء الحراري داخل وحدات الإقامة السياحية في المناطق الحارة الرطبة.





شكل 1. يوضح المنهجية المتبعة (الباحثان)

6. دراسة تحليلية لكفاءة الأداء الحراري لوحدات الإقامة في منتجع بوهو – مدينة جدة.

يقع منتجع بوهو في مدينة جدة على ضفاف البحر الأحمر، ويقع المنتجع شمال المدينة في منطقة أبحر ويقابل المنتجع بشكل مباشر في عرض البحر جزر تسمى "جزر بياضة" وهي نقطة جذب سياحي بيئي يرتادها محبي السباحة والغوص، وتبلغ مساحة المنتجع 6830م^2.

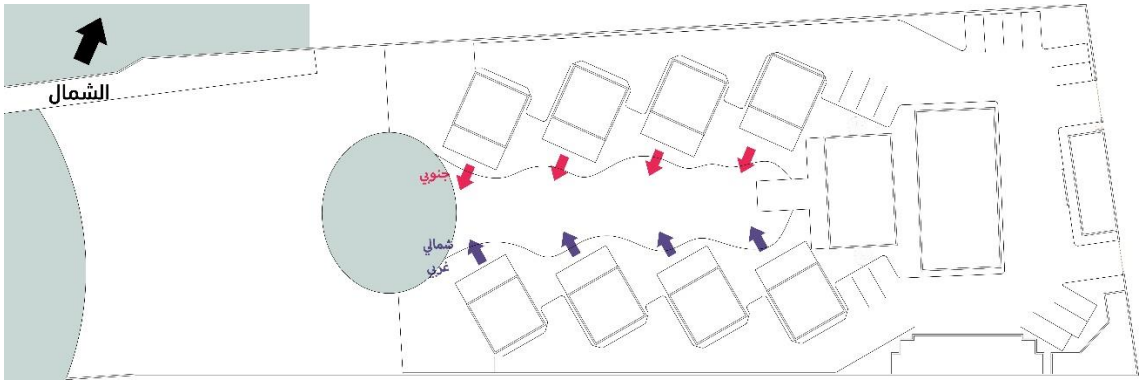
شكل 2. موقع المنتجع بالنسبة لمدينة جدة (الباحثان بتصرف)

وقد قسمت الدراسة التحليلية للمنتجع كالتالي (دراسة الوضع الراهن، دراسة التوجيه الحالي ودراسة التوجيه الأمثل، تغيير مواصفات الأسقف والحوائط والنوافذ بشكل منفصل، عمل مقترح نهائي يجمع المواصفات السابقة)

1.6 الوضع الراهن للفلل السكنية في منتجع بوهو:

صُممت الفيلات السكنية في منتجع بوهو على خطين متوازيين بينهما حديقة، بحيث تطل جميع الفيلات على البحر وهي الفكرة الأساسية في تصميم المنتجع، الفيلات الواقعة في الناحية الشمالية توجيهها جنوبي (الواجهة الرئيسية متجهة نحو الجنوب)، أما الفيلات الأخرى فتوجيهها شمالي غربي كما يوضح الشكل 1.

وتبلغ مساحة الفيلا الواحدة 48م^2 والمساحة المبنية 96م^2.



شكل 3. الموقع العام ويوضح توجيه الفيلات السكنية في منتجع بوهو (الباحثان)

يضم الدور الأرضي غرفة معيشة ودورة مياه ومطبخ، أما الأول فثلاثة غرف نوم كما يوضح الشكل 3 و4، وكانت الواجهة بسيطة جدا على النمط البوهيمي كما يوضح الشكل 5.

شكل 4. يوضح مسقط الدور الأرضي للفيلات السكنية (الباحثان)

شكل 5. يوضح مسقط الدور الأول للفيلات السكنية (الباحثان)

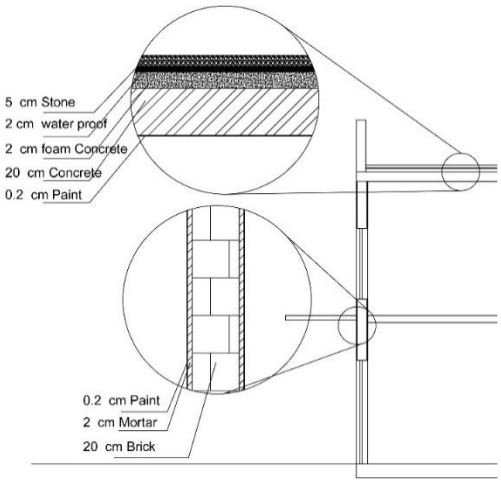
شكل 6. يوضح واجهة الفيلا الأمامية (الباحثان)

جدول 1. خصائص المواد المستخدمة في الفيلات السكنية (الباحثان)

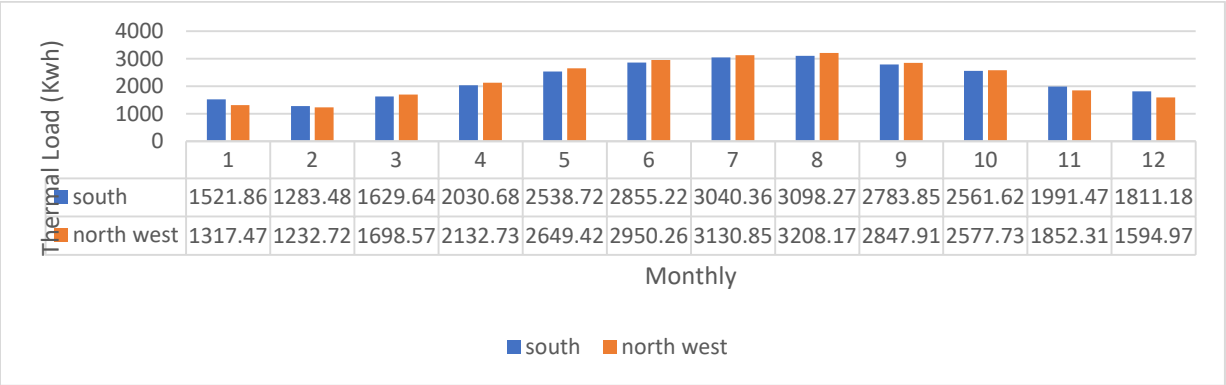
	المادة	السمك (ملم)	الموصلية الحرارية (وات/م.كلفن)	الحرارة النوعية (جول/كلجم.كلفن)	الكثافة كجم/م^3
السقف	بياض	2	0.5	830	1300
العلوي	خرسانة مسلحة	2000	2.7	832	2400
	خرسانة رغوية (فوم)	70	0.24	879	700
	عازل مائي	20	0.17	1470	0.17
	حجر رملي	50	2	1045	1950
•	**الخواص الحرارية لمواد بناء السقف بمقاومة حرارية (R-VALUE) = 0.579**				
الحوائط	بياض	2	0.5	830	1300
الخارجية	طبقة لياسة	20	0.35	840	950
	بلوك أحمر	200	0.73	800	1700
	طبقة لياسة	20	0.35	840	950
	طلاء خارجي	2	0.5	830	1300
•	**الخواص الحرارية لمواد بناء السقف بمقاومة حرارية (R-VALUE) = 0.579**				
النوافذ	نوافذ زجاجية من طبقة واحدة	6	معامل الانتقال الحراري		معامل انتقال الضوء

0.57 =	6.12 =	

ويوضح الجدول 1. خصائص المواد المستخدمة في الغلاف الخارجي، وكذلك القطاع في الشكل 6 وهي البيانات والمواد المدخلة في برنامج المحاكاة (DesignBuilder) لقياس أداء المبنى الحراري، كما تم ضبط درجات الحرارة الداخلية للمبنى ما بين 20° –24° ، وتم استخدام هذه البيانات لقياس الأداء الحراري لكلا التوجيهين (الجنوبي والشمالي الغربي) كما يوضح الشكل 7.



شكل 7. قطاع في الحائط للوضع الراهن للفيلات السكنية (الباحثان)

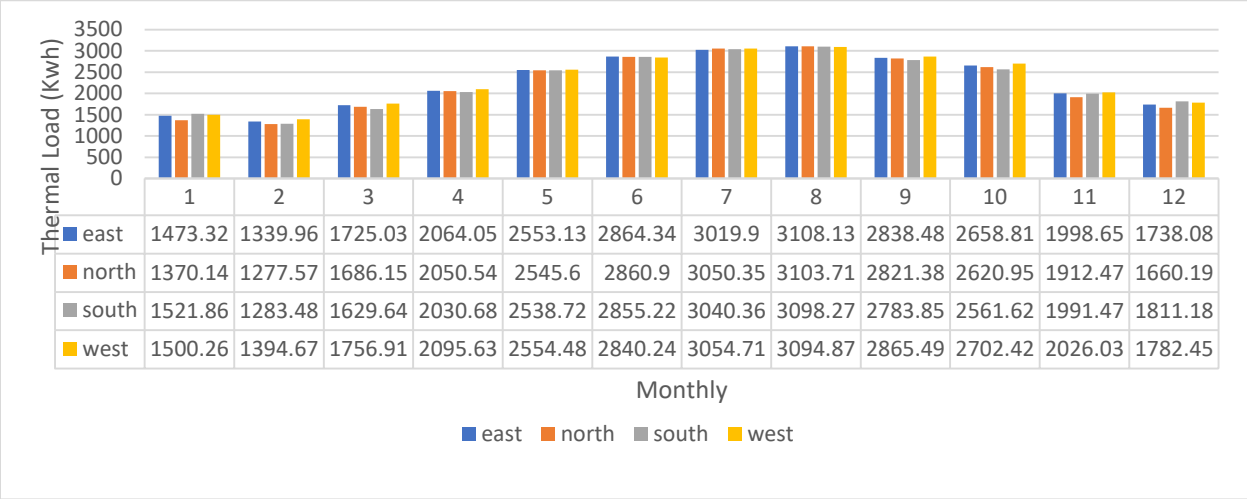


شكل 8. يوضح الفرق في الأحمال الحرارية ما بين التوجيهين الحاليين للفيلات السكنية (الباحثان)

بشكل عام فإن أداء التوجيهين متقارب جدا والفوارق ما بينهما بسيطة، إلا أن الأحمال الحرارية تزيد في الفصول (نوفمبر إلى يناير) على التوجيه الجنوبي وتزيد الأحمال الحرارية في التوجيه الشمالي الغربي في الفصول (مايو إلى أغسطس).

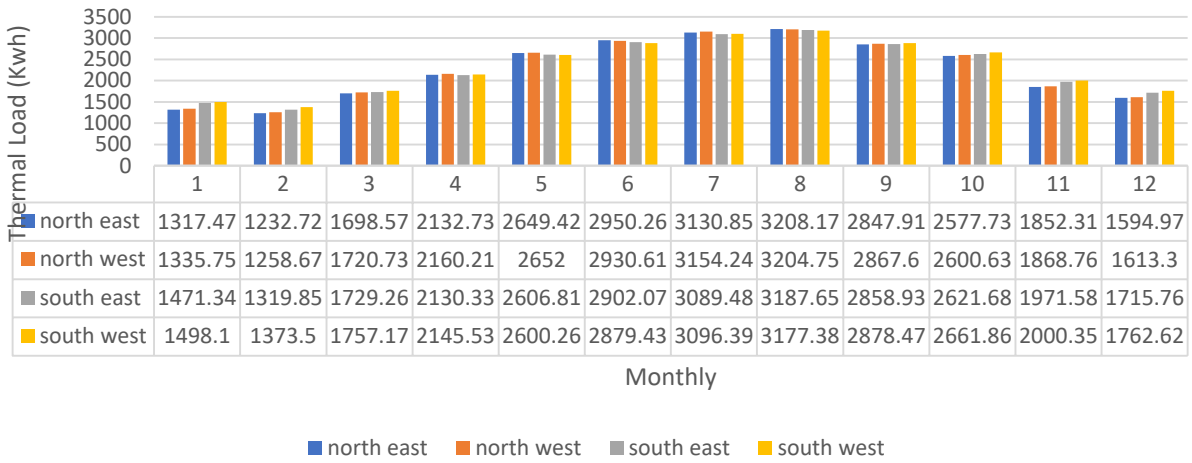
2.6 التوجيه الأفضل للمبنى:

تم إدخال البيانات المعطاة في الجدول 1. ومن ثم قياس أداء الفيلات الحراري في الاتجاهات الأربع الرئيسية (الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) والاتجاهات الفرعية (الشمال الشرقي، الجنوب الشرقي، الشمال الغربي، الجنوب الغربي)، كما يبين الشكل 8. الأحمال الحرارية لكل توجيه حسب أشهر السنة.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
east	1473.32	1339.96	1725.03	2064.05	2553.13	2864.34	3019.9	3108.13	2838.48	2658.81	1998.65	1738.08
north	1370.14	1277.57	1686.15	2050.54	2545.6	2860.9	3050.35	3103.71	2821.38	2620.95	1912.47	1660.19
south	1521.86	1283.48	1629.64	2030.68	2538.72	2855.22	3040.36	3098.27	2783.85	2561.62	1991.47	1811.18
west	1500.26	1394.67	1756.91	2095.63	2554.48	2840.24	3054.71	3094.87	2865.49	2702.42	2026.03	1782.45

شكل 9. يوضح الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة في التوجيهات الأربع الرئيسية (الباحثان)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
north east	1317.47	1232.72	1698.57	2132.73	2649.42	2950.26	3130.85	3208.17	2847.91	2577.73	1852.31	1594.97
north west	1335.75	1258.67	1720.73	2160.21	2652	2930.61	3154.24	3204.75	2867.6	2600.63	1868.76	1613.3
south east	1471.34	1319.85	1729.26	2130.33	2606.81	2902.07	3089.48	3187.65	2858.93	2621.68	1971.58	1715.76
south west	1498.1	1373.5	1757.17	2145.53	2600.26	2879.43	3096.39	3177.38	2878.47	2661.86	2000.35	1762.62

شكل 10. يوضح الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة في التوجيهات الأربع الفرعية (الباحثان)

التوجيه الأفضل للمبنى تباعا هو: التوجيه الشمالي، الشمالي الشرقي، الشمالي الغربي، الجنوبي، الغربي، الشرقي، والجنوبي الغربي وأخيرا الجنوب الشرقي، وذلك حسب الاستهلاك السنوي كما يوضح الجدول 2.

جدول 2. استهلاك الطاقة في التوجيهات الثمانية (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التبريد (ك.و.س)	الأجهزة (ك.و.س)	الإضاءة (ك.و.س)	إجمالي (ك.و.س)	نسبة التوفير
الوضع الراهن	الشمالي الغربي	44071.56	4420.33	1031.41	49523.3	1%
	الجنوبي	44594.24	4420.33	1031.41	50045.98	0%
	الشمالي	43367.93	4420.33	1031.41	48819.67	2.5%
	الشرقي	44812.98	4420.33	1031.41	50264.72	-0.4%
	الغربي	44729.69	4420.33	1031.41	50181.43	-0.3%
	الشمالي الشرقي	44047.9	4420.33	1031.41	49499.64	1.1%
	الجنوبي الشرقي	45151.35	4420.33	1031.41	50603.09	-1.1%

الجنوبي الغربي	45147.65	4420.33	1031.41	50599.39	-1.1%

تم أخذ التوجيه الجنوبي كمرجع لقياس النسب الأخرى نظرا لأنه الأكثر استهلاكا في الوضع الراهن ما بين التوجيهين.

3.6 إجراء معالجات على غلاف المبنى الخارجي (الأسقف، الحوائط، النوافذ):

تم إجراء معالجات على كل من العناصر المعمارية: الأسقف، والحوائط، والنوافذ، وقد تم عمل مقترح فقط للأسقف والنوافذ، ومقترحين للحوائط أحدهما مراعي للمواد المحلية والطابع المعماري (الحجر المنقبي) وأخرى وظيفية تشمل مواد مصنعة في السوق المحلي، وكل المقترحات تنطبق قيم المعامل الحراري لها مع كود البناء السعودي ويبين الجدول 2. قيم المعامل الحراري المطابقة لكود البناء السعودي لكل عنصر من العناصر الثلاثة، ولكل منطقة مناخية في المملكة حيث تقع جدة في المنطقة رقم 1. وذلك وفقا للدليل الإرشادي لأنظمة ومواد العزل الحراري وفق متطلبات كود البناء السعودي.(المركز السعودي لكفاءة الطاقة, 2021)

جدول 3. قيم المعامل الحراري لكل منطقة في كود البناء السعودي (الدليل الإرشادي لأنظمة ومواد العزل الحراري وفق متطلبات كود البناء السعودي)

	المنطقة1		المنطقة 2		المنطقة 3	
قيم معامل الانتقال الحراري	جدران	أسقف	جدران	أسقف	جدران	أسقف
	0.511	0.272	0.511	0.272	0.698	0.397
	0.454		0.454		0.591	

أولا: معالجات عن طريق تغيير المواصفات للمواد المستخدمة في الأسقف:

تم تعديل خصائص الأسقف بإضافة طبقة عزل حراري (بولي ايثلين) بسماكة 13سم لتحقيق قيمة العزل الحراري المذكورة في الجدول3، أما باقي الطبقات فتم تركها على حالها، ويوضح الجدول 4 تفاصيل طبقات الأسقف المدخلة لبرنامج المحاكاة بعد التعديل، وتم تعديل الأسقف لتوافق قيمة المعامل الحراري وفقا لكود البناء السعودي كما في الجدول3.

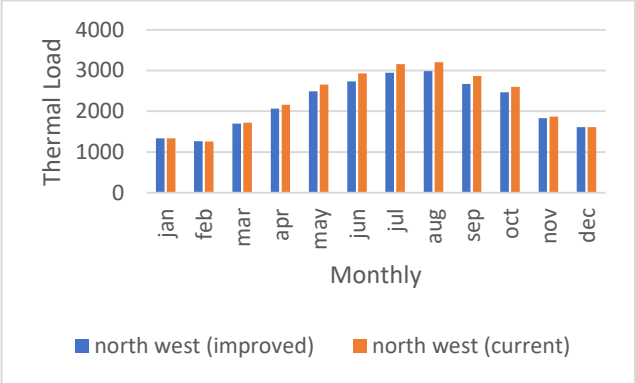
جدول 4. خصائص المواد المستخدمة في الفيلات السكنية بعد تغيير مواصفات الأسقف (الباحثان)

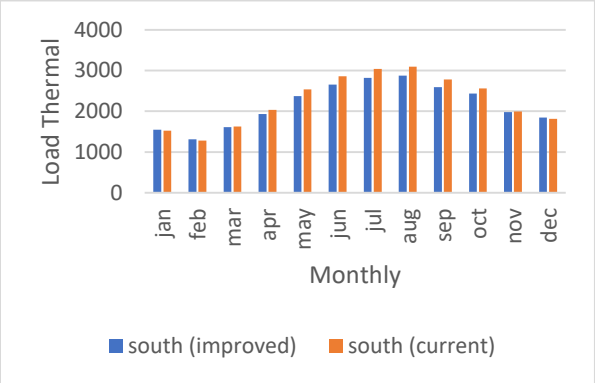
	المادة	السمك (ملم)	الموصلية الحرارية (وات/م.كلفن)	الحرارة النوعية (جول/كلجم.كلفن)	الكثافة كجم/م^3
السقف العلوي	بياض	2	0.5	830	1300
	خرسانة مسلحة	200	2.7	832	2400
	خرسانة رغوية (فوم)	70	0.24	879	700
	مادة عزل حراري (بولي ايثلين) *	130	0.04	840	40
	عازل مائي	20	0.17	1470	0.17
	حجر رملي	50	2	1045	1950
	خرسانة مسلحة	2000	2.7	832	2400

- **الخواص الحرارية لمواد بناء السقف بمقاومة حرارية (R-VALUE) = 3.793**

***المادة التي تمت إضافتها.**

تم استخدام البيانات الموجودة في الجدول 2. للمقارنة بين التوجيهين (الجنوبي، والشمال الغربي) لتحديد في الأحمال الحرارية بين الوضع الراهن والوضع بعد تغيير مواصفات الأسقف كما يوضح الشكل 10.





شكل 11. يوضح الفرق في الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة قبل وبعد تغيير مواصفات الأسقف (الباحثان)

يزيد الاختلاف بين الأحمال الحرارية للوضع الراهن والوضع المقترح في الفصول (يونيو إلى أغسطس)، ويتقارب التغيير نتيجة المعالجات الفصول (ديسمبر إلى ومارس) حيث لا نرى تأثيرا كبيرا لزيادة طبقة العزل.

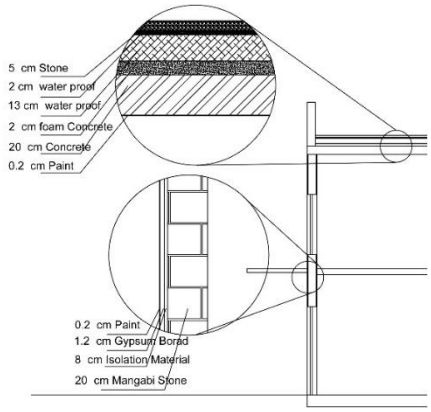
جدول 5. استهلاك الطاقة في التوجيه الشمالي والغربي خلال الوضع الراهن وبعد تغيير مواصفات الأسقف (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التبريد (ك.و.س)	الأجهزة (ك.و.س)	الإضاءة (ك.و.س)	إجمالي (ك.و.س)	نسبة التوفير
الوضع الراهن	الشمالي الغربي	44071.56	4420.33	1031.41	49523.3	-
	الجنوبي	44594.24	4420.33	1031.41	50045.98	-
بعد تعديل المواصفات	الشمالي الغربي	39871.38	4420.33	1031.41	45323.12	9.3%
	الجنوبي	40494.07	4420.33	1031.41	45945.81	8.9%

يوضح الجدول 5 مقدار التوفير في استهلاك الطاقة بنسبة 9.3% في التوجيه الشمالي الغربي، وبنسبة 8.9% في التوجيه الجنوبي، ويمثل هذا التوفير نقص في استهلاك الطاقة المستخدمة في عملية التبريد نظرا لزيادة طبقة العزل في الأسقف، وتقل النسبة في التوجيه الجنوبي عن التوجيه الشمالي الغربي نظرا لاستقبال المبنى أحمالا حرارية أكبر.

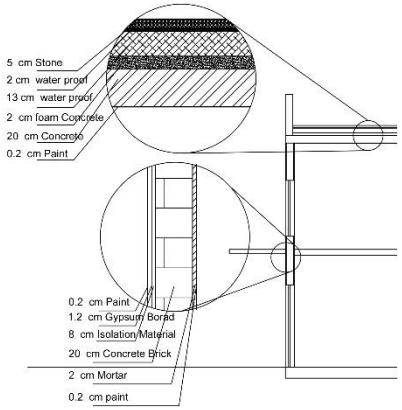
ثانيا: معالجات عن طريق تغيير المواصفات للمواد المستخدمة في الحوائط:

تم عمل مقترحين للحوائط أحدهما بطبقة أساس من الحجر المنقبي (وهو الحجر المستخدم في جدة التاريخية) وذلك لاحترام الطابع المحلي للمدينة، وتم إضافة طبقة عزل بسمك 80مم، ولوح جبسون بورد بسمك 12مم، وأما المقترح الثاني فقد تم تغيير طبقة الأساس من بلوك أحمر إلى بلوك خرساني مع إضافة طبقة عزل بسمك 80مم ولوح جبسون بورد 12مم وكلا المقترحين مطابقين في الأحمال الحرارية لكود البناء السعودي الموضح في الجدول 3 (المركز السعودي لكفاءة الطاقة, 2021)، تم توضيح التفاصيل لكلا المقترحين في الجدول 6.



شكل 12 يوضح قطاع الجدار المكون من الحجر المنقبي (الباحثان)

شكل 13 يوضح الحجر المنقبي في صورته الطبيعية (Bagader & Mohamed, 2020)



شكل 14 يوضح قطاع الجدار المكون من الحجر الخرساني (الباحثان)

شكل 15 يوضح البلوك الخرساني (الباحثان بتصرف)

جدول 6. خصائص المواد المستخدمة في الفيلات السكنية بعد تغيير مواصفات الحوائط بمقترحين (الباحثان)

	المادة	السمك (ملم)	الموصلية (وات/م.كلفن)	الحرارية	الحرارة (جول/كلجم.كلفن)	النوعية	الكثافة كجم/م^3
مقترح	حجر منقبي (خارجي)*	200	**0.64		840		3000

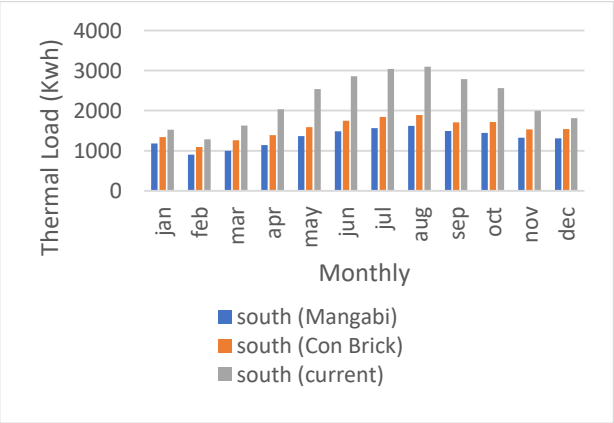
الحوائط 1	مادة عزل حراري (بولي ايثلين) *	80	0.04	840	40
	جبسون بورد*	12	0.35	840	950
	طلاء داخلي	2	0.5	830	1300

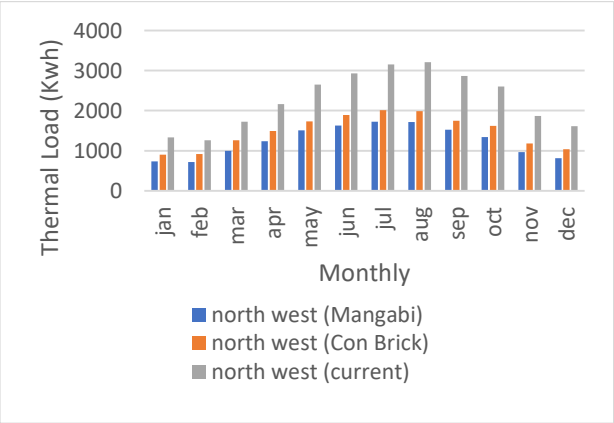
- **الخواص الحرارية لمواد بناء السقف بمقاومة حرارية (R-VALUE) = 2.584**
- **حائط بسمك 294مم**
- ***المادة التي تمت إضافتها.**
- **(BAGADER & MOHAMED, 2020)****

مقترح	بياض	2	0.5	830	1300
الحوائط 2	طبقة لياسة	20	0.35	840	950
	بلوك خرساني	200	1.31	840	2240
	مادة عزل (بولي ايثلين)	80	0.04	840	40
	جبسون بورد	12	0.35	840	950
	طلاء داخلي	2	0.5	830	1300

- **الخواص الحرارية لمواد بناء السقف بمقاومة حرارية (R-VALUE) = 2.463**
- **حائط بسمك 336 مم**
- ***المادة التي تمت إضافتها.**

تم إدخال البيانات الموضحة في الجدول 6 في برنامج المحاكاة وظهرت النتائج كما يوضح الشكل 11.





شكل 16. يوضح الفرق في الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة قبل وبعد تغيير مواصفات الحوائط (الباحثان)

كما يوضح الشكل 11 فإن الاختلاف يتضح بشكل كبير بين الأحمال الحرارية للوضع الراهن ومقترحي التطوير في فصول الصيف، وتتقارب في فصل الشتاء، ولكنها تبقى بفوارق واضحة وقد تم قياس مقدار التوفير الحاصل كما يوضح الجدول 7.

جدول 7. استهلاك الطاقة في التوجيه الشمالي والغربي خلال الوضع الراهن وبعد تغيير مواصفات الحوائط (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التبريد (ك.و.س)	الأجهزة (ك.و.س)	الإضاءة (ك.و.س)	إجمالي (ك.و.س)	نسبة التوفير
الوضع الراهن	الشمالي الغربي	44071.56	4420.33	1031.41	49523.3	-
	الجنوبي	44594.24	4420.33	1031.41	50045.98	-
بعد التعديل (مقترح1)	الشمالي الغربي	30832.9	4420.33	1031.41	36284.64	%36.5
	الجنوبي	31646.31	4420.33	1031.41	37098.05	%34.9
بعد التعديل (مقترح2)	الشمالي الغربي	33104.09	4420.33	1031.41	38555.83	%28.4
	الجنوبي	34442.59	4420.33	1031.41	39894.33	%25.4

يوضح الجدول 7 مقدار التوفير في استهلاك الطاقة بنسبة 36.5% في التوجيه الشمالي الغربي، وبنسبة 34.9% في التوجيه الجنوبي بالنسبة للمقترح الأول (الحجر المنقبي) وتوفير بمقدار 28.4% في التوجيه الشمالي الغربي، و25.4% في التوجيه الجنوبي وذلك للمقترح الثاني (البلوك الخرساني)، ونلاحظ أن التوجيه الأفضل هو الشمالي الغربي، وأن المقترح الأفضل هو مقترح الحجر المنقبي مع سماكة حائط 294مم.

ثالثا: معالجات عن طريق تغيير المواصفات لزجاج النوافذ:

يوضح كود البناء السعودي (المركز السعودي لكفاءة الطاقة, 2021)النسب المتاحة للفتحات مقابل معامل الانتقال الحراري ومعامل الكسب الحراري الشمسي بالتفصيل كما يوضح الجدول 8.

جدول 8. معامل الانتقال الحراري ومعامل الكسب الحراري الشمسي حسب نسبة الفتحات لغلاف المبنى في كود البناء السعودي (الدليل الإرشادي لأنظمة ومواد العزل الحراري وفق متطلبات كود البناء السعودي)

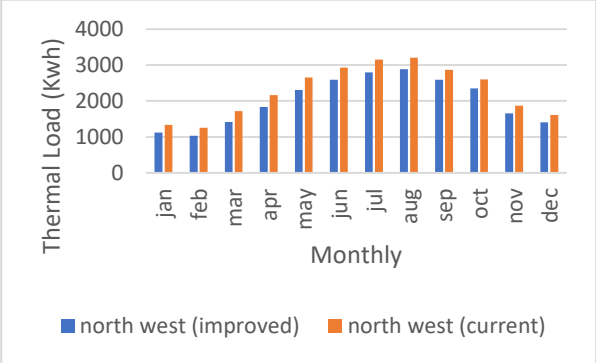
الكود	جميع المناطق		
وحدات الإقامة	نسبة الفتحات	قيمة معامل الانتقال الحراري	معامل الكسب الحراري الشمسي
	أقل من 40%	2.89	0.25
	بين 40%-50%	2.38	0.25
	أكثر من 50%	1.87	0.25

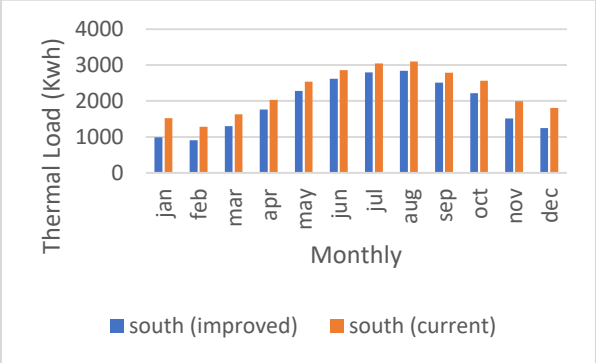
تم تغيير مواصفات الزجاج المستخدم في النوافذ الحالية لتحسين قيم معامل الانتقال الحراري كما هو موضح في الجدول 8، ويوضح الجدول 9 مواصفات النوافذ المقترحة والمستخدمة في برنامج المحاكاة والمقارنة ما بينها وما بين الوضع الراهن، ويوضح الشكل 17 نسب الانخفاض في كمية الطاقة المستخدمة.

جدول 9. يوضح مواصفات النوافذ بعد التعديل (الباحثان)

نوع الزجاج	السمك	قيمة معامل الانتقال الحراري	معامل الكسب الحراري الشمسي %	النفاذية الضوئية

الوضع الراهن	6مم طبقة واحدة زجاج لون أزرق (generic ref tint hi)	6.12	0.587	0.57
كود البناء	طبقة خارجية: 6مم هواء: 6مم طبقة داخلية: 6مم (generic clear)	2.89	0.216	0.118





شكل 17 يوضح الفرق في الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة بعد تغيير مواصفات زجاج النوافذ (الباحثان)

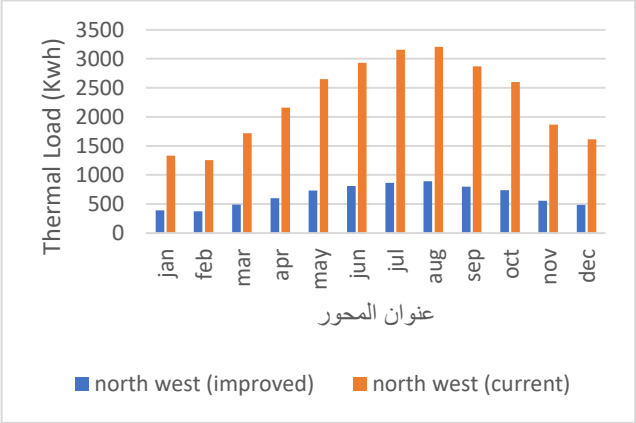
يوضح الشكل 17 الفوارق في الأحمال الحرارية ما بين الوضع الراهن والنوافذ بعد تغيير المواصفات، تزيد الفوارق بشكل واضح في فصول (يونيو إلى أغسطس) وتقل الفوارق في فصول (ديسمبر إلى مارس) ولكنها ما تزال واضحة ما بين المقترحين وقد تم احتساب النسب ما بين الوضع الراهن والنوافذ بعد تغيير المواصفات كما يوضح الجدول 10. حيث يقل الاستهلاك بنسبة 12.8% في التوجيه الشمالي الغربي، و14.3% في التوجيه الجنوبي.

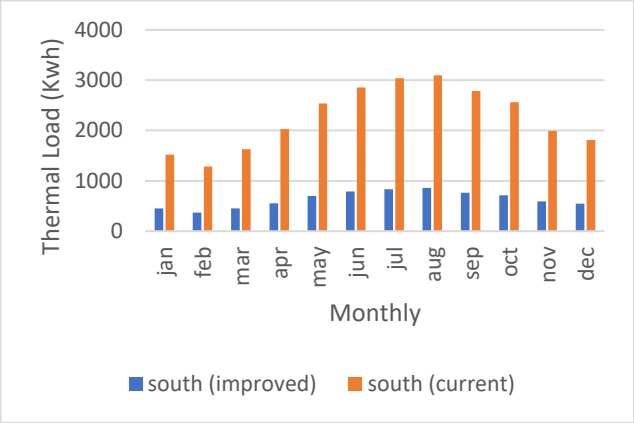
جدول 10. استهلاك الطاقة في التوجيه الشمالي والغربي خلال الوضع الراهن وبعد تغيير مواصفات الحوائط (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التبريد (ك.و.س)	الأجهزة (ك.و.س)	الإضاءة (ك.و.س)	إجمالي (ك.و.س)	نسبة التوفير
الوضع الراهن	الشمالي الغربي	44071.56	4420.33	1031.41	49523.3	-
	الجنوبي	44594.24	4420.33	1031.41	50045.98	-
بعد التعديل (مقترح1)	الشمالي الغربي	38471.12	4420.33	1031.41	43922.86	%12.8
	الجنوبي	38350.66	4420.33	1031.41	43802.4	%14.3

6.4 مقترح يجمع المعالجات السابقة:

تم عمل مقترح نهائي يضم جميع هذه المعالجات وتم اختيار الحجر المنقبي في الحوائط كبديل أمثل، ومن ثم تم مقارنة المقترح النهائي مع الوضع الراهن للوحدات السكنية في المنتجع ويبين الشكل 18 الفوارق في الأحمال الحرارية ما بينهما حيث تزيد الفوارق بشكل واضح وكبير في الشهور (يوليو إلى أغسطس) وتكون أقل في الشهور (ديسمبر ويوليو وفبراير)، تم احتساب الأحمال الحرارية السنوية مجتمعة ومقدار التوفير كنسب معطاة في الجدول 11.





شكل18 يوضح الفرق في الأحمال الحرارية للفيلات السكنية خلال شهور السنة في التوجيهات الأربع المختارة للدراسة قبل وبعد تغيير مواصفات زجاج النوافذ (الباحثان)

يوضح الجدول 11 نسبة التوفير حيث تصل في الاتجاه الشمالي الغربي إلى 57.10%، و56.75% في الاتجاه الجنوبي.

جدول 11. استهلاك الطاقة في التوجيه الشمالي والغربي خلال الوضع الراهن وبعد تغيير مواصفات الحوائط (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التبريد (ك.و.س)	الأجهزة (ك.و.س)	الإضاءة (ك.و.س)	إجمالي (ك.و.س)	نسبة التوفير
الوضع	الشمالي الغربي	44071.56	4420.33	1031.41	49523.3	-
الراهن	الجنوبي	44594.24	4420.33	1031.41	50045.98	-
المقترح	الشمالي الغربي	22827.81	4420.33	1031.41	28279.55	%57.1
النهائي	الجنوبي	22946.88	4420.33	1031.41	28398.62	%56.75

7. استراتيجيات التعديل المقترحة لكفاءة الطاقة:

يُقصد عموما بتطبيق استراتيجيات تحسين وتعديل الغلاف الخارجي للمباني على تقليل أحمال التدفئة والتبريد في المبنى وهذه الاستراتيجيات تشمل استبدال مكونات غلاف المبنى بعناصر أكثر كفاءة وكذلك تضم بعض العناصر من المواد ذات الكفاءة مثل النوافذ عالية الأداء (Asadi, da Silva, Antunes, & Dias, 2012)، ويعتمد اختيار استخدام استراتيجيات التحسين للطاقة الشمسية السلبية على الحد من انتقال الحرارة عبر غلاف المبنى أيضا كتجنب استخدام التقنيات عالية التكلفة، وتتطلب إدارة استهلاك الطاقة في المباني لأغراض التدفئة والتبريد تعديل نسيج المبنى وتحسين غلاف المبنى الخارجي (Ahn, Kim, Jang, Leigh, & Jeong, 2016)، والتعديل على نوعية الزجاج المستخدم للفتحات، وعزل الأسقف، وزيادة معامل المقاومة الحرارية للجدران الخارجية للمبنى ، كما تتطلب إدارة الطاقة في المباني اختيارا مناسبا لاستراتيجيات التعديل والتي تم تلخيصها وفقا للورقة البحثية والدراسات الخاصة بوحدات الإقامة في المناخ الحار الرطب عن طريق عرض ميزات كفاءة الطاقة المختارة لدراسة الحالة في الجدول 12.

جدول 12. استهلاك الطاقة في التوجيه الشمالي والغربي خلال الوضع الراهن وبعد تغيير مواصفات الحوائط (الباحثان)

	عنصر الاستهلاك	التسمية	الوضع الراهن	وصف استراتيجية إعادة التصميم
1	الأسقف	تصميم الأسقف (س)	س الوضع الراهن: مادة أساسية للسقف خرسانة مسلحة بسمك 200 ملم، و2ملم بياض، و70 ملم خرسانة رغوية، وعازل	س 1: خرسانة مسلحة بسمك 200 ملم، و2ملم بياض، و70 ملم خرسانة رغوية، وعازل مائي 20 ملم، وحجر رملي 50 ملم، (بولي ايثلين) بسمك 130 ملم، بمقاومة حرارية = 3.793 وات/م.كلفن.

			مائي 20 ملم، وحجر رملي 50 ملم، بمقاومة حرارية = 0.579 وات/م.كلفن.	
2	الحوائط الخارجية	تصميم الحوائط (ح)	ح الوضع الراهن: بياض بسمك 2 ملم، لياسة 20 ملم، بلوك أحمر 200 ملم، لياسة 20 ملم، طلاء داخلي 2ملم، بمقاومة حرارية = 0.579 وات/م.كلفن	ح1: حجر منقبي بسمك 200 ملم، (بولي ايثلين) بسمك 80 ملم، وجبسون بورد 12 ملم، وطلاء داخلي بسمك 2ملم، بمقاومة حرارية = 2.463 وات/م.كلفن. ح2: بياض 2ملم، وطبقة لياسة 20 ملم، وبلوك خرساني 200 ملم، ومادة بولي ايثلين بسمك 80ملم، وجبسون بورد بسمك 12 ملم، وطلاء داخلي بسمك 2ملم، بمقاومة حرارية = 2.463. وات/كلفن.
3	النوافذ	تصميم النوافذ (ن)	ن الوضع الراهن: نافذة شفافة بسمك 6مم، معامل انتقال الضوء= 0.57 ومعامل الانتقال الحراري=6.12	ن1: زجاج 6مم دبل، هواء 6مم، معامل انتقال الضوء= 0.118، معامل الانتقال الحراري=2.89.

المراجع:

1-Ahn, B. L., Kim, J. H., Jang, C. Y., Leigh, S. B., & Jeong, H. (2016). Window retrofit strategy for energy saving in existing residences with different thermal characteristics and window sizes. *Building Services Engineering Research and Technology*, 37(1), 18–32. Retrieved from https://doi.org/10.1177/0143624415595904

2-Asadi, E., da Silva, M. G., Antunes, C. H., & Dias, L. (2012). A multi-objective optimization model for building retrofit strategies using TRNSYS simulations, GenOpt and MATLAB. *Building and Environment*, 56, 370–378. Retrieved 2 January 2023 from https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2012.04.005

3-Bagader, M., & Mohamed, M. (2020). A Comparison Study for the Thermal and Physical Properties between “Al-Mangabi” and the Available Building Materials for the External Walls in Jeddah. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(6), 1319–1329. Retrieved from https://doi.org/10.37624/ijert/13.6.2020.1319-1329

4-Cao, X., Dai, X., & Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and Buildings*, 128, 198–213. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089

5-Edeisy, M., & Cecere, C. (2017). Envelope Retrofit in Hot Arid Climates. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 264–273. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.075

6-Hamilton, I., Kennard, H., & & Others. (2022). *Disclaimers Suggested citation Production Penrose CDB*. Retrieved from www.globalabc.org.

7-Kobeyev, S., Tokbolat, S., & Durdyev, S. (2021). Design and energy performance analysis of a hotel building in a hot and dry climate: A case study. *Energies*, 14(17). Retrieved from https://doi.org/10.3390/en14175502

8-Kumar, D., Alam, M., & Sanjayan, J. G. (2021). Retrofitting building envelope using phase change materials and aerogel render for adaptation to extreme heatwave: A multi-objective analysis considering heat stress, energy, environment, and cost. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). Retrieved from https://doi.org/10.3390/su131910716

9-Wahba, M., & Atef, M. (2021). *The Sustainable Urban Design Considerations for Tourism Development in Coastal Cities-Case Study Abo Qir_Alexandria*.

10-Wahl, E. (2017). *BUILDINGS IN ARID DESERT CLIMATE IMPROVING ENERGY EFFICIENCY WITH MEASURES ON THE BUILDING ENVELOPE*.

11-المركز السعودي لكفاءة الطاقة .(2021) .الدليل الإرشادي لأنظمة ومواد العزل الحراري وفق متطلبات كود البناء السعودي . Retrieved 2 December 2022, from https://www.se.com.sa/ar-sa/MarketingPrintMaterial/NewID/%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%84%D9%8A%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%95%D8%B1%D8%B4%D8%A7%D8%AF%D9%8A%20%D9%84%D8%A7%D9%94%D9%86%D8%B8%D9%85%D8%A9%20%D9%88%D9%85%D9%88%D8%A7%D8%AF%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B2%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A.pdf

12-عاشور، م .(2017) .*التصميم البيئي المستدام وفقا لمفاهيم العمارة الإسلامية ،دراسة تحليلية لمباني سكنية بمدينة جدة'* (رسالة ماجستير) .جامعة أم القرى، مكة.