المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الخامس والثلاثون شهر (٤) ٢٠٢١

آليات تطبيق استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية لرفع كفاءة الطاقة بالمباني المدرسية نموذج رقم (18/2) لمباني وزارة التعليم كحالة دراسية

متعب علي العيافي — طالب ماجستير — 442105699@student.ksu.edu.sa
حاتم محمد سامي الشافعي — أستاذ مشارك — Elshafie@ksu.edu.sa
عبد الرحمن محمد البخيت — أستاذ مشارك — albakheit@ksu.edu.sa
كلية العمارة والتخطيط || جامعة الملك سعود || لمملكة العربية السعودية

الملخص:
هدف البحث إلى دراسة آليات رفع كفاءة الطاقة وتحسينها في المباني المدرسية من خلال تطبيق الحلول المتوافقة مع استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية للوصول إلى مباني تعليمية قائمة ومستحدثة تستهلك أقل قدر من الطاقة وذات كفاءة عالية لها كذلك. وتم اتباع المنهج الوصفي التحليلي، وتم استخدام برنامج Design Builder V4.2 لجمع بيانات البحث وتحليلها بالإضافة للدراسات الميدانية والبيانات المناخية لموقع مدينة جدة، وبعد إضافة الحلول المقترحة لاستراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية على النموذج الموحد للمباني المدرسية رقم (18/2)، انخفضت كمية الكسب الحراري للنوافذ وذلك بنسبة انخفاض (35%) ، مما أدى الى انخفاض كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لتبريد المبنى بنسبة(3.93%)، وأيضا الحلول المقترحة التي تم تطبيقها خفضت كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لإضاءة المبنى بنسه انخفاض بما يقارب(46.54%)، مما أدى الى انخفاض الطاقة الكلية المطلوبة لتبريد المبنى واضاءته بنسبة(8.17%). وأوصى البحث بدراسة تصميمات النماذج الموحدة وإعادة تصميمها لتتناسب مع الظروف البيئية لكل منطقة من مناطق المملكة العربية السعودية.

الكلمات المفتاحية: كفاءة، طاقة، مباني مدرسية، نظم ذكية.

المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الخامس والثلاثون شهر (٤) ٢٠٢١

Mechanisms for applying environmental architecture strategies and smart systems to raise energy efficiency in school buildings Model No. (2/18) for Ministry of Education buildings as a case study

Abdel Rahman Elbakheit
Associate Professor

Dr. Hatem El Shafie
Associate Professor

Muteb Ali Alayafi
MSc. Student

Department of Architecture and Building Sciences, College of Architecture and Planning, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract:
The aim of the research is to study the mechanisms of raising and improving energy efficiency in school buildings through the application of solutions compatible with smart strategies and systems to reach existing and modern educational buildings that consume the least amount of energy and have a high efficiency for them as well. The descriptive and analytical approach was followed, and the Design Builder V4.2 program was used to collect and analyze research data in addition to field studies and climatic data for the city of Jeddah, and after adding the proposed solutions for environmental architecture strategies and smart systems to the unified model for school buildings No. (2/18), the amount decreased. The thermal gain of the windows decreased by (35%), which led to a decrease in the amount of electrical energy required to cool the building by (3.93%), and also the proposed solutions that were applied reduced the amount of electrical energy required to light the building by a decrease of approximately (46.54%), which It reduced the total energy required to cool the building and light it by (8.17%). The research recommended studying the designs of standardized forms and re-designing them to suit the environmental conditions of each region of the Kingdom of Saudi Arabia.

Keywords: Efficiency, Energy, School Buildings, Smart System.

المقدمة:

لا يزال العالم حتى وقتنا الحالي يعاني من عدم قدرته للاستغناء عن مصادر الطاقة الغير متجددة والتي تزيد يوماً بعد يوم في تكاليف إنتاجها واستهلاكها أيضاً وعلى الرغم من ذلك لازال الطلب عليها مستمر وبشكل متزايد نتيجة لتزايد أعداد السكان ونمو المدن والتي تستهلك كمية كبيرة من الطاقة من خلال مبانيها، ويعتبر قطاع المباني من أكبر القطاعات استهلاكاً للطاقة وقد أظهرت بعض الدراسات أن المباني تستهلك أكثر من (40%) من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية على مستوى العالم (Hasan, Mohamed, & Mohamed, 2015,)، ومما أدى ذلك الى أتجاه العديد من بلدان العالم إلى العمل على إيجاد حلول تهدف إلى رفع كفاءة استهلاك الطاقة بكافة قطاعاتها وعلى وجه الخصوص قطاع المباني حيث أنها تعتبر مستهلك رئيسي لمصادر الطاقة، إلا أن العالم العربي والشرق الأوسط لا يزال في منأى عن ذلك ويعتمد على الطرق التقليدية لإنتاج واستهلاك الطاقة وتعتمد الدول العربية بنسبة حوالي (94%) على الوقود الاحفوري كمصدر رئيسي لإنتاج الكهرباء (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، 2019)، حيث أنه بالمملكة العربية السعودية على وجه الخصوص يستهلك قطاع المباني فيها ما نسبته (32%) على مستوى الدولة (الاستعراض الطوعي الوطني الأول للملكة العربية السعودية، 2018)، وبالنظر إلى وضع المباني الحكومية وعلى وجه الخصوص المباني التابعة لوزارة التعليم (مباني التعليم العام) تشكل فاتورة استهلاكها السنوية ما نسبته (20%) من تكاليف استهلاك المباني الحكومية(العنزي،2018م).

مشكلة الدراسة:

1- انخفاض كفاءة استهلاك الطاقة للمباني المدرسية على مستوى المملكة العربية السعودية.

فرضيات: الدراسة: تفترض الدراسة.

1- إن استخدام استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية ستساعد على رفع كفاءة الطاقة بالمباني التعليمية.
2- إن استخدام استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية ستساهم في الحد من إهدار الطاقة والتقليل من التكلفة التشغيلية للمباني التعليمية.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية البحث في مواكبة المواضيع الهامة في عصرنا الحالي التي تهتم بكفاءة الطاقة للمباني وكيفية الحفاظ عليها وعدم الاستمرار في هدرها بشكل غير مسئول حيث أن هذه الطاقة يتم استهلاك بما يقارب من نصف انتاجها من خلال قطاع المباني، وأنه إن تم العمل على تصاميم تساهم في رفع كفاءة استهلاك الطاقة، سيتم الحد من هدر الطاقة والمحافظة عليها.

منهجية الدراسة:

أ- المنهج الوصفي التحليلي من خلال وصف استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية وآلية استخدامها في قطاع العمارة وفي المباني المدرسية على وجه الخصوص، وأيضاً ما تم التوصل إليه في مباني تعليمية استخدمت في تصاميمها حلول العمارة البيئية ووظفت تلك الاستراتيجيات والنظم لمبانيها ورفعت كفاءتها في استهلاكها للطاقة، والتوصل إلى حلول تصميمة وتوصيات تتناسب تساهم في رفع كفاءة استهلاك الطاقة للمباني التعليمية القائمة والمستحدثة في المملكة العربية السعودية.

ب- مصادر البيانات:

تم استخدام برنامج (Builder Design) لتحليل بيانات البحث وجمعها، بالإضافة إلى الدراسات الميدانية، والبيانات المناخية لموقع مدينة جدة بحكم أن مدينة جدة مشابهه لمناخ مدينة الليث.

ج- حدود الدراسة:

الموضوعية: اقتصر هذا البحث على موضوع آليات تطبيق النظم الذكية وفق استراتيجيات العمارة البيئية لرفع كفاءة الطاقة للمباني المدرسية: نموذج رقم (18/2) لمباني وزارة التعليم حالة دراسية.

المكانية: اقتصر هذا البحث على المملكة العربية السعودية، منطقة مكة المكرمة مدينة الليث.

الزمانية: اقتصر هذا البحث على الفترة الزمانية تم فيها البحث 2020/ 2021م.

المبحث الأول الإطار النظري:

المطلب الأول: العمارة البيئية.

يمكن تعريف العمارة البيئية بأنها العمارة التي تراعي في تصاميمها البيئة وتوظف التقنيات الحديثة لتشغيلها وذلك لتعمل بكفاءة عالية خلال فترة استخدامها، وتكون ذات أثر سلبي منخفض على البيئة والإنسان وذات كفاءة عالية سواء في استهلاك الطاقة أو استخدام الموارد الطبيعية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال الاستراتيجيات المعمارية الذاتية (Passive Architecture)، والاستراتيجيات المعمارية الفعالة و(Active Architecture).

1- الاستراتيجيات المعمارية الذاتية (Passive Architecture):

تهدف هذه الاستراتيجيات الى تقليل استهلاك الطاقة من خلال إيجاد الحلول التصميمية للمبنى وفقاً للعديد من العوامل لتوفير بيئة داخلية مناسبة لشاغليه، دون الاعتماد على الأنظمة الميكانيكية والتقنيات الحديثة بشكل كبير فيها، ذلك تلك الاستراتيجيات التالية.

أ- توجيه المبنى المثالي.
ب- الشكل الخارجي لكتلة المبنى.
ت- توفير التهوية الطبيعية للمبنى.
ث- توفير الإضاءة الطبيعية.
ج- استخدام المعالجات المناسبة للغلاف الخارجي للمبنى.

2- الاستراتيجيات المعمارية الفعالة (Active Architecture):

يتم الاعتماد في هذه الاستراتيجية زيادة الاستخدام الفعال للأنظمة المتجددة لتلبية الاحتياج من الطاقة وتعرف هذه الأنظمة بأنها المصادر التي تنتج الطاقة اللازمة دون أن تنتج انبعاثات لثاني أكسيد الكربون، الموضحة بالشكل رقم (1).

شكل رقم (1) اشكال الطاقة المتجددة
المصدر: https://cutt.us/rb9ZP

المطلب الثاني: النظم الذكية.

مع تطور العلم وأنظمة المعلومات التي ساعدت الإنسان للتقدم أكثر في مجال الابتكار واستطاع من خلال هذا التطور في العديد من المجالات، ومن ضمن هذه المجالات الأنظمة الذكية في مجال العمارة فاستطاع أن يحسن توظيفها وأن تقوم بأداء الأدوار الموكلة اليها التي كان يقوم بها الإنسان بكفاءة عالية وتحاكي في أدائها لتلك المهام الذكاء البشري ومن ضمن تلك المهام تحقيق كفاءة عالية في إدارة الطاقة للمباني التي تستخدم هذه الأنظمة الذكية.

1- تعريف النظم الذكية:

"مجموعة من الأنظمة والبرامج التي تحاكي الذكاء البشري، تعمل وفق منظومه تستقبل العديد من المعطيات والمعلومات من أجهزة استشعار أو أجهزة إدخال ويتم تحليلها ومعالجتها وترجمتها إلى مخرجات أوامر لأجهزة مستجيبة لها وفق نطاق محدد لأداء بعض من المهام التي يقوم بها الإنسان" (فرغلي، 1993).

2- اجزاء النظم الذكية:

أ- وحدة إدخال المعلومات والاوامر المباشرة.
ب- وحدة إخراج الأوامر التنفيذية.
ت- وحدة المعالجة المركزية.

3- مهام النظم الذكية:

تحقيق الراحة لشاغلي المبنى في كافة صورها للوصول إلى بيئة مثالية متفاعلة مع شاغليه وفق احتياجاتهم على حسب طبيعة نشاطهم الذي يمارسونه بداخل المبنى، دون إهمال أثر البيئة الخارجية على المبنى التي قد تؤثر على راحة شاغلي المبنى وفق تفاعل ذكي ومنظم وآمن وذو كفاءة عالية بجميع جوانبه.

المطلب الثالث: المدارس عالية الاداء.

هي منشأة جيدة التصميم يمكنها تحسين الأداء وجعل عملية التعليم أكثر امتاعاً وتفاعلاً للعملية التعليمية، وتعتبر ذات بيئة صحية ومريحة من الناحية الحرارية والصوتية والبصرية، وكذلك ذات كفاءة عالية في استخدام الطاقة والمواد والمياه بالإضافة الى سهولة تشغيلها وصيانتها وذات بيئة تعليمية آمنه للطلاب والمعلمين والمجتمع وقابلة للتكيف مع الاحتياجات المتغيرة لشاغليها (Cunha, 2013).

1- تعريف المدارس عالية الأداء.

تتشارك التعاريف للمدارس عالية الأداء مع تعاريف المباني عالية الأداء في مضمونها وان اختلفت في مهامها ووظائفها.

"هي مباني مدرسية تتمتع بأداء طاقة عالي، ويتم توفير الطاقة التي يحتاجها المبنى من خلال مصادر للطاقة متجددة بنفس الموقع أو من مكان قريب". (Hakim, Kibert, Pasunuru, & Archambault, 2014).

"هي مباني موفرة للطاقة، بحيث تكون الطاقة السنوية التي يستهلكها المبنى اقل من او تساوي الطاقة المتجددة في الموقع" (U.S Department Of Energy, 2015).

2- خصائص ومزايا المدارس عالية الأداء.

جدول رقم (1) يوضح خصائص ومزايا المدارس عالية الأداء.

خصائصها	المزايا	الوصف
الصحة والاداء	أداء أفضل للطلاب	أكدت العديد من البحوث العلمية وجود العلاقة بين زيادة كمية الإضاءة الطبيعية وجودة الهواء الداخلي في الرفع وتحسين أداء الطلاب.
	زيادة متوسط الحضور اليومي	جودة هواء داخلية فائقة، وتحكم في مصادر الملوثات التي توفر تهوية مناسبة وتمنع تراكم الرطوبة والحد من الملوثات في الهواء وتقليل انتشار العدوى المنقولة بالهواء، مما سيقلل عدد الأيام المرضية أقل للطلاب والمعلمين وخاصة أولئك الذين يعانون من الربو وأمراض الجهاز التنفسي الأخرى.
	زيادة رضى المعلمين والاحتفاظ بهم	يتم تصميم الفصول لتكون أماكن ممتعة وفعالة للعمل، ومما سينعكس ذلك في رضى المعلمين عن وظائفهم.
اقتصادية وموفرة	تكاليف تشغيل منخفضة	تستخدم طاقة ومياه أقل من المدارس العادية ويسهل صيانتها ونتيجة لذلك فإن تكاليف التشغيل الاجمالية منخفضة وستظل كذلك طول عمر المنشأة، لأنه تم مراعاتها عند التصميم.
الاستدامة	ذات تأثير إيجابي على البيئة ومستدامة	يتم تصميمها بوعي للاستجابة لكافة المتغيرات البيئية على أن تكون أيضا ذات أثر ايجاب على البيئة.
	استخدام المرفق كأداة تعليمية	من خلال استخدام التقنيات المتوفرة في تلك المدارس كأدوات تعليمية للطلاب.

المصدر:

3- الاعتبارات التصميمة للمدارس عالية الأداء:

ولإنشاء مدارس عالية الأداء بهذه المزايا والخصائص ليس بالأمر الصعب، ولكن ذلك يتطلب نهج بناء متكامل لعملية التصميم وفق الاعتبارات الموضحة بالجدول رقم (2):

جدول رقم (2) يوضح الاعتبارات التصميمة للمدارس عالية الأداء.

م	الاعتبار التصميمي	م	الاعتبار التصميمي
1	اختيار الموقع.	9	استخدام أنظمة تدفئة وتكييف وتهوية عالية الأداء والكفاءة.
2	توفير الراحة على مستوى الاضاءة.	10	توفير الراحة الصوتية
3	التكليف (الاختيار المسبق للتصميم).	11	استخدم اضاءة كهربائية عالية الأداء.
4	توفير أكبر قدر ممكن من ضوء النهار.	12	تحليل تكاليف دورة حياة المبنى.
5	استخدام أدوات تحليل استهلاك الطاقة.	13	الاعتماد على الطاقة المتجددة.
6	استخدام هيكل بناء موفر للطاقة.	14	معايير أمن وسلامة عالية.
7	استخدام المواد والمنتجات المفضلة بيئيا.	15	جودة الهواء الداخلية فائقة.
8	تخطيط موقع مستجيب بيئياً.	16	تحقيق الراحة الحرارية.

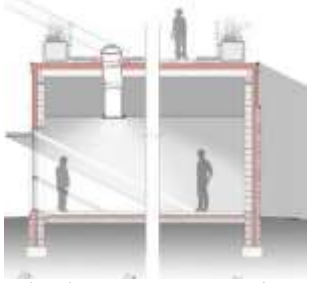
المصدر:(Guide, 2001). بتصرف الباحث

4- أمثلة على المدارس عالية الأداء:

4.1 مركز المستقبل المستدام مدرسة لينواي المتوسطة.

جدول رقم (3) يوضح معلومات عن مدرسة لينواي والاستراتيجيات المعمارية (الذاتية / الفعالة) فيها.

<table>
<tr><td colspan="4">معلومات عامه عن المبنى</td></tr>
<tr><td>اسم المدرسة</td><td>LENAWEE INTEMEDIATE SCHOOL DISTRICT</td><td>الموقع</td><td>مدينة أدريان بولاية ميشيغان، بأمريكا</td></tr>
<tr><td>تاريخ التنفيذ</td><td>2013 م</td><td>المساحة</td><td>330000 متر مربع</td></tr>
<tr><td colspan="4">الاستراتيجيات المعمارية الذاتية</td></tr>
<tr><td colspan="2">1- توجيه المبنى.</td><td>2- الغلاف الخارجي للمبنى.</td><td>3- الإضاءة.</td></tr>
<tr><td colspan="2">تم توجيه المبنى ليحقق أكبر قدر واستفادة بناء على موقعه، وتم مراعاة مواقع النوافذ التي بالجهة الجنوبية للمبنى لتحقق أفضل استفادة من اشعة الشمس، وعمل عليها المعالجات التصميمية التي تسمح بدخول أشعة الشمس خلال فصل الشتاء وتمنع دخولها خلال فصل الصيف.

شكل رقم (2) يوضح التوجيه المثالي للمبنى، المصدر (Jackson, 2019)</td><td>الغلاف الخارجي للمبنى تم بناءة بعناية حيث تم تغليف المبنى بشكل كامل ومتصل بجميع أجزاءه وخاصة عند نقاط التقاء الحوائط مع السقف، وتم تركيب النوافذ من النوع المزدوج عالي الأداء، وبذلك يحافظ الغلاف الخارجي على الحرارة الداخلية للمبنى ويعزلها عن المحيط الخارجي.
 
شكل رقم (3) يوضح المعالجة للغلاف الخارجي ، المصدر (Jackson, 2019)</td><td>يتم توفير الإضاءة الطبيعة لداخل المبنى من خلال تقنية الانابيب الشمسية التي تم وضعها على سطح المبنى بواقع (عدد 16) أنبوب، وبهذه الطريقة تم تقليل الاعتماد على الإضاءة الصناعية وعند الحاجة لها يتم استخدام اضاءة صناعية ذات كفاءة عالية، ويتم اتحكم بها من خلال مستشعرات الحركة.

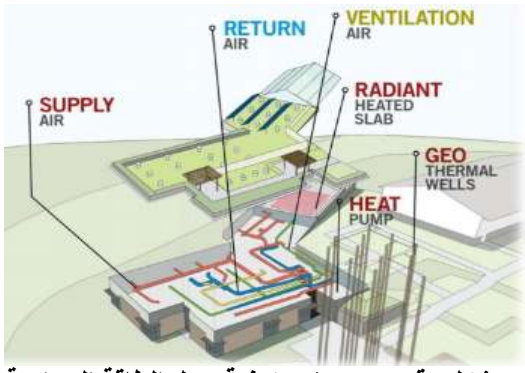
شكل رقم (4) يوضح أنابيب الإضاءة فوق سطح البناء، المصدر (Jackson, 2019)</td></tr>
<tr><td colspan="4">الاستراتيجيات المعمارية الفعالة</td></tr>
<tr><td colspan="2">4- الطاقة الشمسية.</td><td colspan="2">5- التدفئة والتبريد.</td></tr>
<tr><td colspan="2">يتم توفير الطاقة الكهربائية للمبنى من خلال نظام الخلايا الشمسية التي تم توزيعها على مجموعتين فالمجموعة الأولى تم وضعها على سطح المبنى والمجموعة الأخرى تم وضعها ضمن محيط المبنى حيث تنتج هذه الخلايا ما يكفي لسد احتياج المبنى للطاقة
 </td><td colspan="2">تم استغلال جزء من سطح المبنى من خلال زراعته بحيث يعمل كعازل عن البيئية الخارجية للمبنى وذلك ليساهم تقليل استهلاك الطاقة عند الحاجة للتدفئة اثناء فصل الشتاء وكذلك للتبريد اثناء فصل الصيف.</td></tr>
</table>

وتزيد عن حاجته السنوية بمقدار (30%).

شكل رقم (5) يوضح موقع الخلايا الشمسية على مستوى سطح المبنى، المصدر (Jackson, 2019).

شكل رقم (6) يوضح موقع الخلايا الشمسية على مستوى سطح المبنى، المصدر (Jackson, 2019).

وتعمل التدفئة في المبنى عن طريق المضخات الحرارية التي تعتمد على حرارة باطن الأرض، ويتم توفير الهواء داخل المبنى من خلال نظام التهوية الذي يقوم بتوفير التهوية حسب الطلب، وكذلك يقوم بتنقية الهواء وتحقيق الراحة الحرارية لشاغلي المبنى من خلال أجهزة الاستشعار، والتي تعمل كذلك على توفير الطاقة.

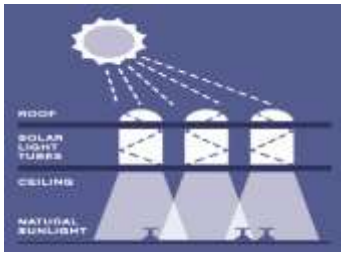


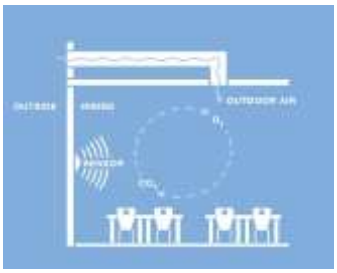
شكل رقم (7) يوضح كيفية عمل الطاقة الحرارية للأرض المصدر (Jackson, 2019).

المصدر: الباحث.

4.2 مدرسة ديسكفري الابتدائية.

جدول رقم (4) يوضح معلومات عن مدرسة ديسكفري، والاستراتيجيات المعمارية (الذاتية / الفعالة) فيها.
المصدر الباحث.

<table>
<tr><td colspan="4">معلومات عامه عن المبنى</td></tr>
<tr><td>اسم المدرسة</td><td>Discovery Elementary School.</td><td>الموقع</td><td>أرلينغتون بولاية فرجينيا بأمريكا.</td></tr>
<tr><td>تاريخ التنفيذ</td><td>2016</td><td>مساحة البناء</td><td>9100 متر مربع.</td></tr>
<tr><td colspan="4">الاستراتيجيات المعمارية الذاتية</td></tr>
<tr><td>1- توجيه المبنى.</td><td colspan="2">2- الغلاف الخارجي للمبنى.</td><td>3- الإضاءة.</td></tr>
<tr><td>تم تصميم المبنى بصورة شريطية ومتدرجة من الجنوب إلى الشمال والذي يعد مثالياً لضوء النهار واكتساب طاقة شمسية بناء على موقعه، وذلك لتشكيل نسبة أعلى من الضوء على أسطح المبنى وزيادة مساحة الأسطح المعرضة لضوء الشمس مما يزيد من مستوى الإضاءة الطبيعية داخل المبنى، كما يساهم التصميم الشريطي بزيادة المساحة التي يمكن أن تستغل لوضح أكبر قدر ممكن من وحدات الخلايا الفوتوفولتية.</td><td colspan="2">تم تصميم الغلاف الخارجي للمبنى بصورة محكمة تمنع تسرب الهواء إلى داخل المبنى مما يحافظ على الحرارة الداخلية للمبنى ويحد من عمليات التبادل الحراري، فعليه تم بناء الجدران التي تتعرض لأشعة الشمس غير المرغوب فيها من الخرسانة بسمك 8 إنش ومادة الفوم العازل والبولسترين بسماكة 4 إنش والتي تتصف بقدرتها على امتصاص الحرارة الشمسية خلال ساعات النهار ومن ثم نشرها بصورة بطيئة خلال الليل وعليه يتم المحافظة على الحرارة الداخلية وترشيد استهلاك الطاقة لعمليات التكييف والتدفئة.</td><td>تم توفير العديد من الفتحات في الغلاف الخارجي للمبنى، سواء أكانت فتحات جانبية (النوافذ) أو فتحات السقف، حيث وصلت نسبة النوافذ في جدران المبنى تتراوح من 32%- 38% من المساحة الإجمالية للجدران</td></tr>
<tr><td>
شكل رقم (8) يوضح التوجيه المثالي للمبنى، المصدر (VMDO ,2015).</td><td colspan="2">
شكل رقم (9) يوضح المعالجة للغلاف الخارجي للمبنى، المصدر (http://158.59.255.83/).</td><td>
شكل رقم (10) قطاع توضيحي للإضاءة الطبيعية بالمبنى، المصدر (http://158.59.255.83/).
 
شكل رقم (11) يوضح آلية عمل الأنابيب الشمسية، المصدر (http://158.59.255.83/).</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">الاستراتيجيات المعمارية الفعالة</th></tr>
<tr><td>4- استخدام حساسات الاستشعار.</td><td>5- التسخين عبر الطاقة الشمسية.</td><td>6- الطاقة الشمسية.</td></tr>
<tr><td>تم استخدام حساسات استشعار على بالمبنى وتعمل هذه الحساسات لقياس العديد من المتغيرات مثل درجة الحرارة الداخلية بالمبنى وجودة الهواء، وأيضاً تشعر بوجود المستخدمين داخل الفراغ وتقوم بإغلاق الإضاءة والتكييف في حالة
 
عدم الاشغال للمبنى لتوفير الطاقة.
شكل رقم (12) يوضح نظام التشغيل المستشعرات بالمبنى، المصدر رقم (/http://158.59.255.83).</td><td>تم استخدام السخانات الشمسية لتسخين المياه المستخدمة في المطابخ والحمامات

شكل رقم (13) يوضح آلية التسخين الشمسي للمياه، المصدر (/http://158.59.255.83).</td><td>يتم توليد الطاقة المتجددة بالموقع من خلال استخدام شبكة الخلايا الفوتو فولتية والتي يقدر عددها (1706) خليه على سطح المدرسة، حيث تنتج طاقة كهربائية تقدر بحوالي 496 كيلو واط لكل ساعة.

شكل رقم (14) توضح موقع الخلايا الشمسية على سطح المبنى، المصدر (VMDO ,2015).</td></tr>
<tr><th colspan="3">7- التدفئة والتهوية.</th></tr>
<tr><td colspan="3">يعمل نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بمدرسة ديسكفري حيث يعمل النظام في الأيام الدافئة بنقل الحرارة وتخزينها في الأرض ليحقق الراحة الحرارية المناسبة لشاغلي المبنى خلال هذه الفترة، وخلال الأيام الباردة فإن العملية تتم بالعكس فيتم أخذ الحرارة من باطن الأرض لتدفئة المبنى عبر استخدام نظام الطاقة الحرارية لباطن الأرض لتدفئة المبنى وتقوم المضخات بإحضار الماء إلى الوحدات وتضع الضواغط والمراوح في الوحدات الحرارية ويتم توزيعه في الغرف عبر نفخها في الهواء.

شكل رقم(15) يوضح نظام التدفئة بالطاقة الحرارية للأرض، المصدر (/http://158.59.255.83).

شكل رقم (16) يوضح المضخات والوحدات المستخدمة في المبنى، المصدر (/http://158.59.255.83).</td></tr>
</table>

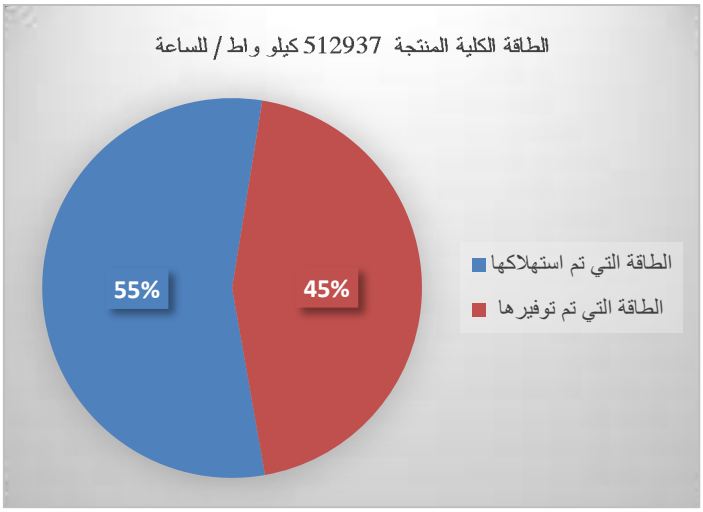
المصدر: الباحث.

4.2.1 تحليل أداء الطاقة لمدرسة ديسكفري:

توفر المدرسة من خلال موقعها الإلكتروني إحصائيات ومعدلات آنية ويومية واسبوعية وشهرية على مدار العام لمعدلات الاستهلاك الكلية للطاقة ومعدلات الاستهلاك لكل مصدر من مصادر الاستهلاك الرئيسية وكذلك معدلات إنتاج الطاقة، حيث وصل معدل استهلاك الطاقة بالمدرسة لعام 2020 الى (283.791 ك.و.س.)، ومعدل الإنتاج الكلي خلال تلك الفترة وصل الى (512.937 ك.و.س)، وتم توفير اجمالي ما يقارب (229146 ك.و.س) سنويا.

شكل رقم (17) أساليب إنتاج الطاقة وأساليب ترشيدها بمدرسة ديسكفري، المصدر (VMDO ,2015).

جدول رقم (5) لرسم بياني يوضح اجمالي كمية الطاقة التي تم انتاجها، ونسبة الطاقة التي تم توفيرها واستهلاكها.



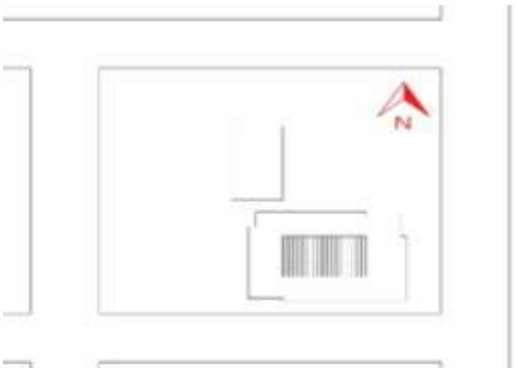
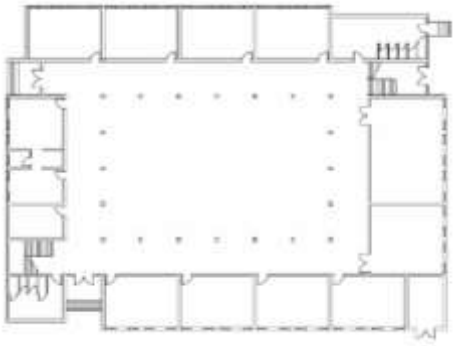
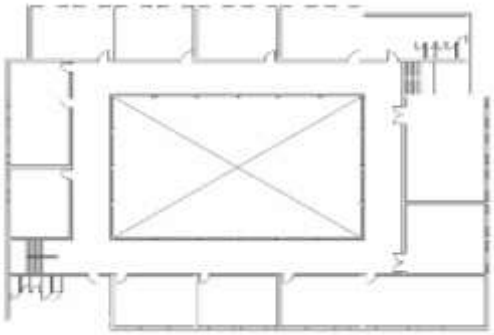
المصدر الباحث.

المبحث الثاني الإطار التحليلي والتطبيقي:

المطلب الأول: الإطار التحليلي.

أولاً- تحليل النموذج الموحد رقم (18/2)، لمبنى مدرسي قائم على الطبيعة.

جدول رقم (5) يوضح الوضع الحالي للمبنى المدرسي للنموذج رقم (18/2).

المعلومات العامة			
اسم المدرسة	ابتدائية ومتوسطة سعيد بن العاص لتحفيض القرآن الكريم بمدينة الليث	الموقع	مدينة الليث
عمر المبنى	10 سنوات	مساحة البناء	1680 متر مربع
تحليل المبنى			
1- الموقع العام للمبنى		2- المساقط الافقية للمبنى	
يتم توجيه المبنى المدرسي باتجاه الشمال الصريح دون الاخذ بالاعتبار إلى توجيه المبنى المثالي ودراسة موقعه بشكل جيد، وإن وجدت بعض المدارس فيها بعض زوايا التوجيه تكون بسبب ظروف الموقع فقط. شكل رقم (18): صورة جوية توضح الموقع العام للمدرسة، المصدر موقع جوجل إيرث  شكل رقم (19) يوضح اتجاه المبنى بالموقع العام كمعيار ثابت. المصدر إدارة التعليم بمحافظة الليث، بتصرف.		يتم البناء وفق النموذج الموحد ذو الفناء الداخلي.  شكل رقم (20): يوضح مسقط الدور الأرضي. المصدر إدارة التعليم بمحافظة الليث، بتصرف.  شكل رقم (21): يوضح مسقط الدور الأول. المصدر إدارة التعليم بمحافظة الليث، بتصرف.	

3- الغلاف الخارجي للمبنى.	4- الإضاءة.	5- التبريد والتهوية.
بالحوائط الخارجية للمبنى يتم بناء الحوائط ببلوك اسمنتي سمك يتراوح ما بين (30 – 20 سم)، ويتم عمل طبقة عازلة من الصوف الصخري سمك (5 سم) بين الحوائط الخارجية للمبنى، وبالنسبة للنوافذ فإنه يتم تركيب شبابيك المونيوم ذات زجاج مثلج (6-12-6 مم) حاجب للرؤية، وغير عازل لحرارة الشمس بشكل جيد. **شكل رقم (22) قطاع تفصيلي للحوائط الخارجية.**	في الفصول الدراسية والغرف الإدارية للمبنى التعليمي يتم الاعتماد على الإضاءة الصناعية فيها بصورة كبيرة، وذلك بسبب تغطية النوافذ من قبل شاغلي المبنى من الداخل بسبب كونها مصدر ضوء عالي الابهار ومصدر حرارة ايضا. وبالنسبة للفناء الداخلي بالرغم من أنه يعتبر حل جيد ومناسب لدخول الإضاءة الطبيعية بكافة أنحاء المبنى بصورة مناسبة إلا انه تمت تغطيته بشكل كامل من الأعلى، ويتم الاعتماد على الإضاءة الصناعية مما يزيد من استهلاك الطاقة. **شكل رقم (23) يوضح تغطية النوافذ.** **شكل رقم (25) يوضح الفناء الداخلي ومستوى الإضاءة فيه.**	يتم الاعتماد وحدات التكييف المنفصلة، وتم أيضاً وضع وحدات التكييف المنفصلة في الفناء الداخلي للمبنى وبشكل عشوائي مما يؤدي ذلك الى زيادة الاستهلاك في الطاقة. وبالنسبة للتهوية الطبيعية بالمبنى تكاد تكود معدومة بالمبنى، ويتم العمل على سحب الهواء من خلال مراوح الشفط المتواجدة في دورات المياه، والمختبرات والمعامل. **شكل رقم (24) يوضح وحدات التكييف بالفصول الدراسية.** **شكل رقم (26) يوضح وحدات التكييف بالفناء الداخلي.**

6- الواجهات.		
أ- الواجهة الجنوبية	ب- الواجهة الشرقية	ج- الواجهة الغربية
الواجهة الجنوبية للمبنى تم عمل كاسرات الشمس، وبالرغم من أنه تم معالجتها معمارياً للحماية من اشعة الشمس المباشرة إلا أنها لازالت تشكل مصدر ضوء عالي الإبهار ومصدر حرارة شكل رقم (27) يوضح الكاسرات بالواجهة الجنوبية	الشرقية والغربية لم يتم عمل كاسرات لها وتعتبر مصدر ضوء عالي الابهار ومصدر حرارة كذلك من خلال النوافذ. شكل رقم (28) يوضح الواجهة الشرقية للمبنى	لم يتم عمل كاسرات لها وتعتبر مصدر ضوء عالي الابهار ومصدر حرارة كذلك من خلال النوافذ. شكل رقم (29) يوضح الواجهة الغربية للمبنى

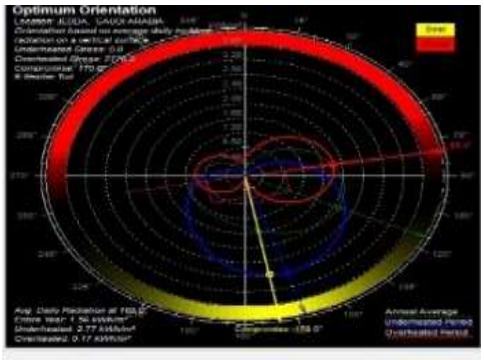
المصدر الباحث.

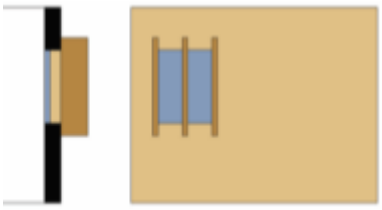
المطلب الثاني: الإطار التطبيقي.

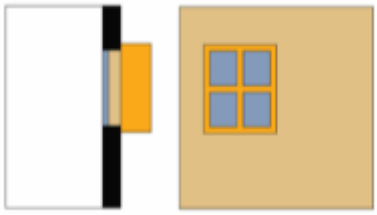
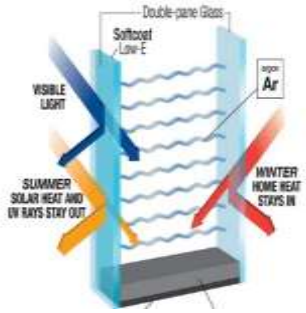
أولا: الأهداف التصميمية.

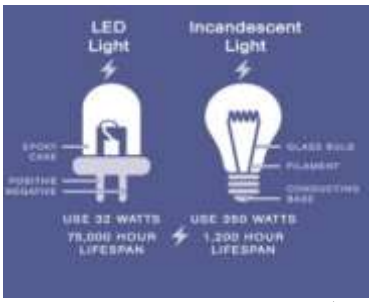
رفع كفاءة استهلاك الطاقة للمبنى وفق استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية.

جدول رقم (10) يوضح الحلول التصميمية المقترحة وفق استراتيجيات العمارة البيئية والنظم الذكية. المصدر الباحث

1- التوجيه المثالي للمبنى
وجد أن التوجيه للمثالي لكتلة المبنى بأن تكون الواجهة الطويلة للمبنى موازية للاتجاه المقدر بزاوية (80 درجة) من الشمال باتجاه الشرق، وذلك بناء على معطيات المناخية، والذي يجب أن يتم الأخذ به بعين الاعتبار عند استحداث مباني جديدة.    شكل (30) يوضح زاوية التوجية المثالي لكتلة المبنى.المصدر (Autodesk Ecotect Analyss,2011)، بتصرف.

<table>
<tr><td colspan="3">2- استخدام الكاسرات الشمسية على المبنى.</td></tr>
<tr><td>أ. الواجهة الشمالية للمبنى.</td><td>ب. الواجهة الجنوبية للمبنى.</td><td>ج. الواجهتين الشرقية والغربية للمبنى.</td></tr>
<tr><td>يتم وضع كاسرات رأسية.
الابعاد للكاسرات الشمالية (الرأسية):
الطول:(1.60 م).
العرض: (0.50 م).
السمك (0.10 م)
 
شكل (31) يوضح الكاسرات الرأسية</td><td>يتم العمل على تكرار الكاسرات الشمسية بشكل أفقي وذلك للحد من الكسب الحراري للنوافذ.
الابعاد للكاسرات الجنوبية (الأفقية)
الطول: (1م).
العرض:(0.50 م).
السمك:(0.10 م).

شكل رقم (32) يوضح الكاسرات الافقية</td><td>الجهة الشرقية والغربية للمبنى يتم العمل على تكرار الكاسرات المركبة وذلك للحد من الكسب الحراري للنوافذ.
الابعاد للكاسرات الشرقية والغربية (المركبة)
الطول: (1.40م).
العرض:(0.50 م)، السمك (0.10 م).
 
شكل رقم (33) يوضح الكاسرات المركبة</td></tr>
<tr><td colspan="2">3- استخدام الزجاج عالي الأداء للنوافذ.</td><td>4- استخدام الإضاءة الصناعية ذات الكفاءة العالية.</td></tr>
<tr><td colspan="2">خصائص الزجاج: السمك (6 ملم).
الضوء: نفاذية الضوء (80%)، انعكاس الضوء المرئي (12%).
الحرارة: معامل اكتساب الحرارة الشمسية (71%)، امتصاص الطاقة (22%)
معامل التوصيل الحراري: (3.6) واط لكل متر مربع x كلفن
 

شكل رقم (34) يوضح آلية عمل الزجاج عالي الأداء
المصدر رقم (الموقع الإلكتروني لـ (GLASS, 2021)</td><td>والتي يتم التحكم فيه من خلال المستشعرات وحساسات الحركة التي تحد من هدر الطاقة، وفق المواصفات الإضاءة الصناعية مقارنة بالإضاءة العادية، حيث وحدة الإضاءة العادية تستهلك (350 واط) بينما الإضاءة عالية الأداء تستهلك (32 واط)، والعمر الافتراضي للعادية (1.200 ساعة)، بينما الإضاءة عالية الأداء (75.000 ساعة).
شكل رقم (35) يوضح آلية كفاءة الإضاءة الصناعية،
 

المصدر رقم (VMDO ,2015).</td></tr>
</table>

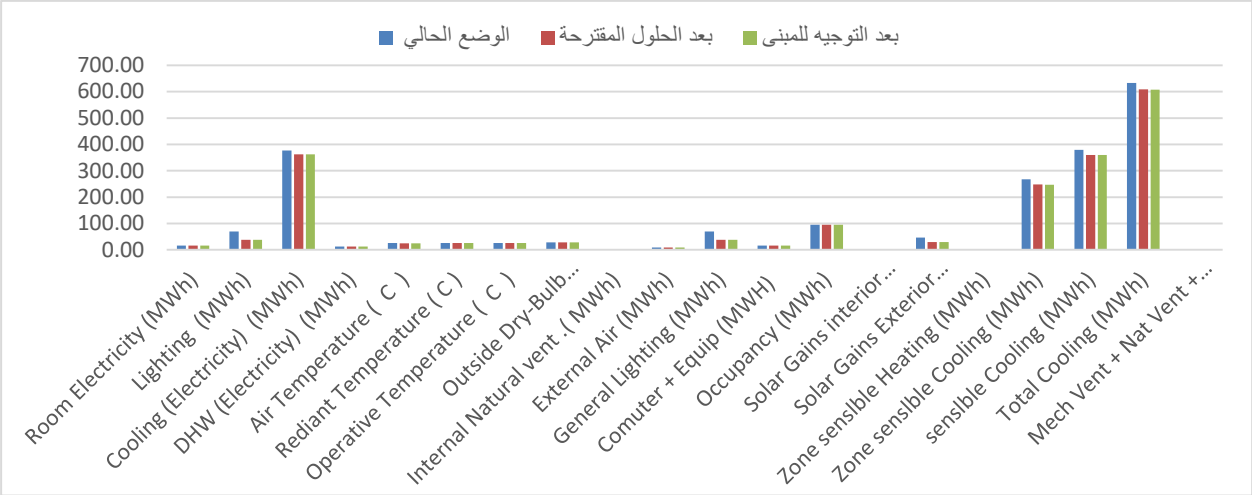
المصدر: الباحث

ثانياً- نتائج المحاكاة.

إن الحلول المقترحة التي تم استخدامها وفق الجدول رقم (10) قد ساهمت بخفض كمية الكسب الحراري للنوافذ، حيث كانت كمية الكسب الحراري للنوافذ بما يقارب (45.96 ميغا واط للساعة)، وبعد إضافة الحلول المقترحة للمبنى أنخفض الكسب الحراري للنوافذ بما يقارب (29.65 ميغا واط للساعة) وذلك بنسبة انخفاض تقارب (35%) لإجمالي الكسب الحراري للنوافذ. مما انعكس ذلك على انخفاض كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لتبريد المبنى حيث كانت سابقاً بما يقارب (632.67 ميغا واط للساعه)، وبلغت كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة للتبريد بعد إضافة الحلول المقترحة بما يقارب الى (608.35 ميغا واط للساعه)، وانخفضت بما يقارب نسبة (3.85%) حيث أن اجمالي كمية الانخفاض وصلت في الطاقة المطلوبة للتبريد في المبنى الى (24.32 ميغا واط للساعة). وبعد التوجيه المثالي للمبنى وذلك حسب الكتلة الخارجية للمبنى انخفضت كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة للتبريد بمقدار (0.51 ميغا واط للساعة) لتصل الى (607.84 ميغا واط للساعة) بنسبة إجمالية تصل لما يقارب (3.93%)، حيث أن هذا الانخفاض في الاستهلاك وفر ما نسبته ما يقارب (0.08%) ووصلت إجمالي كمية الانخفاض للطاقة المطلوبة للتبريد في المبنى الى ما يقارب (24.83 ميغا واط للساعة).

وأدى كذلك استخدام الإضاءة الموفرة للطاقة والتي تعمل من خلال مستشعرات الحركة قد وفرت بما يقارب (46.54%) من إجمالي الاستهلاك للإضاءة حيث كانت كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة للإضاءة تبلغ بما يقارب (70 ميغا واط للساعة) وباستخدام الإضاءة الموفرة للطاقة بلغت الطاقة التي تم توفيرها بما يقارب (32.58 ميغا واط للساعة)، جدول رقم (11). وبلغ اجمالي كمية الطاقة الكهربائية التي تم توفيرها بالمبنى للتبريد والاضاءة بما يقارب نسبته (8.17 %) بإجمالي (57.41 ميغا واط للساعة) خلال سنة واحدة، حيث أن أعلى كمية تم التخفيض فيها هي استراتيجية استخدام الإضاءة الموفرة للطاقة والتي تعمل من خلال مستشعرات الحركة وقد وفرت بما يقارب نسبته (56.74%) من إجمالي كمية الطاقة المطلوب توفيرها لإضاءة وتبريد المبنى، ثم أتت استراتيجية التوجيه المثالي ثانيا بالإضافة الى الحلول المقترحة بنسبة (43.25%) جدول رقم (12).

جدول رقم (11) لرسم بياني يوضح كميات الاستهلاك للطاقة وفقا للوضع القائم، والحلول المقترحة.



المصدر: الباحث

جدول رقم (12) يوضح نسبة الحلول المقترحة من إجمالي الطاقة الاجمالية التي تم توفيرها. المصدر الباحث.

الحل المقترح	نسبة التوفير
الإضاءة الموفرة للطاقة	%56.74
الكاسرات + الزجاج عالي الأداء+ التوجيه المثالي للمبنى	%43.25

المصدر: الباحث.

الخاتمة:

مناقشة النتائج والتوصيات.

نظرا لما تم عرضه من الاستراتيجيات المعمارية (الذاتية/الفعالة) وكذلك دور النظم الذكية في رفع كفاءة المباني المدرسية، والتي استطاعت الوصول الى كفاءة عالية لاستهلاك الطاقة بالإضافة الى الاكتفاء الذاتي للطاقة أيضاً يرى الباحث.

- أهمية استخدام الإضاءة عالية الأداء التي ستساهم في رفع كفاءة المبنى للطاقة والتي قد تصل الى ما يقارب من نصف كمية الطاقة المطلوبة لإضاءة المبنى.
- بأهمية استخدام النوافذ عالية الأداء والتي ستساهم بشكل كبير في رفع كفاءة المبنى لاستهلاك الطاقة وذلك بخفض الكسب الحراري للمبنى من خلال النوافذ بما يقارب الثلث.
- استخدام الكاسرات الافقية المتكررة على الواجهات الجنوبية واستخدام الكاسرات المركبة على الواجهتين الشرقية والغربية للحد من الكسب الحراري على النوافذ ومما سيساهم ذلك في التقليل من كمية الطاقة الكلية المطلوبة لتبريد المبنى ورفع كفاءة الطاقة للمبنى.
- وللوصول إلى مباني تعليمية ذات كفاءة عالية لاستهلاك الطاقة لابد تحقيق التكامل لكل من الاستراتيجيات المعمارية (الذاتية/ الفعالة) والنظم الذكية.

التوصيات.

- إعداد دراسات مستقبلية تعمل على إعادة تصميم النماذج الموحدة وعمل تصاميم تتناسب مع الظروف البيئة لكل منطقة من مناطق المملكة العربية السعودية.
- البدء بالعمل على رفع كفاءة استهلاك الطاقة بالمباني التعليمة ابتداء من وقتنا الحاضر لأن ذلك سوف يساهم في تحقيق وفورات اقتصادية مرضية على المدى البعيد، حيث أن الفرصة لبناء مدارس عالية الأداء متاحة على مستوى كافة مناطق المملكة لما تتمتع به المملكة من توفر مصادر مواد بناء ومصادر طاقة متجددة يمكن تحقق الاكتفاء الذاتي للطاقة.
- وختاماً توصي الدراسة أن تقوم وزارة التعليم على إعادة النظر في التصاميم الحالية والعمل على تعديل التصاميم المعمارية للمباني المستقبلية التي ستقوم باستحداثها، لتواكب ما تم التوصل اليه بمدارس عالية الأداء على مستوى العالم.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية

- الاستعراض الطوعي الوطني الأول للمملكة العربية السعودية (2018). أهداف التنمية المستدامة. المنتدى السياسي رفيع المستوى لعام 2018م، التحول نحو مجتمعات مستدامة ومرنه، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية.
- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (2019). الطاقة المتجددة. التشريعات والسياسات في المنطقة العربية، صحيفة حقائق، الأمم المتحدة، بيروت، لبنان.
- أبا الخيل، إبراهيم (2019). تصميم المباني الذكية. مبادئ الأنظمة الذكية للتحكم الآلي في المباني، مجلة البناء.
- فرغلي، علي صبري (1978م). الذكاء الاصطناعي: واقعه ومستقبله: للمؤلف آلان بونييه. عالم المعرفة.
- العنزي، سليمان. (2018). تم الاسترداد من صحيفة الوطن: https://www.alwatan.com.sa/article/368749.

ثانياً- المراجع بالإنجليزية

1- Hasan, A., Mohamed, A., & Mohamed, H. (2015). Net- and Nearly- Zero Energy Buildings: A Review of the Definitions and Case Studies. *Proceedings of the Sixth International Conference on Heating, Ventilation and Air-Conditioning* (pp. 1-10). Tehran, Iran: researchgate.

2- Sustainable Buildings Industry Council. (2001). *High Performance School Building Resource and Strategy Guide.* Sustainable Buildings Industry Council.

3- Peterson, K., Torcellini, P., Grant, R., Taylor, C., Punjabi, S., Diamond, R., et al. (2015). *A Common Definition for Zero Energy Buildings* . Washington , United States : The National Institute of Building Sciences**.**

4- Hakim, H., Kibert, C., Pasunuru, R., & Archambault, R. (2014). Net Zero Energy Schools: The Cutting Edge of US Net Zero Strategy. *WORLD SUSTAINABLE BUILDING 2014 BARCELONA CONFERENCE*, pp. 431-439

5- U.S Department Of Eenergy. (2015). *A Common Definition for Zero Energy Buildings.* The National Institute of Building Sciences

6- Agency, U. S. (2011). *Energy Efficiency Programs in K-12 Schools.* U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

7- Cunha, F. (2013). *What is a High Performance School?* Retrieved from I LOVE MY ARCHITECT: https://cutt.us/m6s0y.

8- VDOO. (2015). *Discovery Elementary School*. Retrieved from archello: https://archello.com/project/discovery-elementary-school.

9- Google. (2021). *Google Earth Pro*. Retrieved from Google Earth: https://www.google.com/intl/ar/earth/versions/#download-pro.

10- Jackson. (2019). *Net-zero energy building a natural resources teaching tool for students*. Retrieved from Michigan Live: https://www.mlive.com/news/jackson/2017/06/center_for_a_sustainable_futur.html.

11- GLASS, S. J. (2021). *SHENZHEN JIMY GLASS*. Retrieved from SHENZHEN JIMY GLASS: https://cutt.us/KvaZo.

الملاحق.

Items that consume energy	Before simulation	After simulation1	After simulation + The perfect direction
Room Electricity (MWh).	15.55	15.55	15.55
Lighting (MWh).	70.00	37.42	37.42
Cooling (Electricity) (MWh).	375.59	362.11	361.81
DHW (Electricity) (MWh).	12.99	12.99	12.99
Air Temperature (C).	25.32	25.09	25.09
Radiant Temperature (C).	26.28	25.97	25.96
Operative Temperature (C).	25.80	25.53	25.53
Outside Dry-Bulb Temperature (C).	28.19	28.19	28.19
Internal Natural vent (MWh).	0.35	0.36	0.34
External Air (MWh).	8.45	8.86	8.67
General Lighting (MWh).	70.00	37.42	37.42
Computer + Equip (MWh).	15.55	15.55	15.55
Occupancy (MWh).	95.48	95.46	95.49
Solar Gains Interior Windows (MWh).	0.16	0.14	0.14
Solar Gains Exterior Windows (MWh).	45.96	29.65	29.23
Zone Sensible Heating (MWh).	1.35	1.43	1.42
Zone Sensible Cooling (MWh).	267.17-	247.51-	247.36-
Zone Sensible Cooling (MWh).	379.24-	359.59-	359.49-
Total Cooling (MWh).	632.67-	608.35-	607.84-
Mech Vent + Nat Vent +Infiltration(ac/h)	0.64	0.64	0.64

المصدر: الباحث بتصرف، وفق نتائج المحاكاة من واقع برنامج (Design Builder).