ERJ
Engineering Research Journal
Faculty of Engineering
Minoufiya University

تقويم التأثير البيئي الحراري على فراغات الأفنية الداخلية للمنشآت التعليمية، حالة دراسية أفنية مباني مجمع الملك سعود التعليمي بالرياض

ناصر بن عبدا لرحمن الحمدي

قسم العمارة و علوم البناء ، كلية العمارة و التخطيط،
جامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية ص. ب. ٥٧٤٤٨ الرياض-١١٥٧٤
فاكس ٠٠١٩٦٦١٤٦٧٧١٢٠ بريد إلكتروني: hemiddi@ksu.edu.sa

الملخص

ساهمت المنشآت التعليمية الحديثة، في المملكة العربية السعودية، بإيجاد بيئة تعليمية متميزة في عمارتها و تقنياتها، إلا أن الأفنية الداخلية في المباني المدرسية تحتاج إلى إعادة النظر في تصاميمها، نتيجة شدة حرارة الشمس و خاصة في المناطق الحارة الجافة.

تهدف هذه الدراسة، من خلال التجربة التطبيقية، إلى تقويم التأثير البيئي الحراري على فراغات الأفنية الداخلية في المباني المدرسية و تم تسلط الضوء على دراسة فناء مبنى القسم المتوسط في مجمع الملك سعود التعليمي بالرياض. و تم قياس درجات حرارة الهواء و الرطوبة النسبية في فناء المدرسة و ما حوله من فصول دراسية و ممرات. و تم عمل تحليل إحصائي للقراءات و عرض رسومات بيانية.

خلصت نتائج الدراسة بأن الفراغات الداخلية للمباني المدرسية التي تتوسط عناصر المدرسة تحتاج إلى تظليل من اشعة الشمس و تبريد باستخدام وسائل قليلة التكلفة و الاستهلاك للطاقة مثل أبراج التبريد الطبيعي. و لقد أتضح أن الفارق ما بين درجة حرارة الهواء الداخلي للفناء و البيئة في خارج المدرسة حوالي ٦°م في وضع الافنية بوضعها الراهن.

و في الختام، عرضت الدراسة قائمة توصيات معمارية مناسبة لإعادة النظر في تصميم الأفنية الداخلية في المباني المدرسية بالمملكة العربية السعودية و خاصة في المناطق الصحراوية.

ABSTRACT

New educational buildings in KSA led to the existence of a distinguished educational environment both in architecture and technology. However, the internal courtyards in these buildings need to be reconsidered in their design due to the intense sun heat, especially in hot dry areas.

This study aims to evaluate (or assess) the effect of thermal environment on the internal courtyard spaces. Special attention was paid to the study of the courtyards of the Mid-Level Division of King Saud Educational Complex, Riyadh.

Air temperatures and relative humidity values were measured in the school courtyard and its surroundings of classrooms and corridors. Statistical analyses and graphs of these measurements were presented. These studies showed that the internal spaces, which intermediate the educational buildings, need shading from sunrays, as well as cooling using low cost, low power consumption means, such as natural cooling towers. It has been shown that the difference between air temperature inside the courtyard and the external environment temperature was about 6 C in the current situations of courtyards.

At the end, the study suggested some architectural recommendations suitable for reconsidering the design of internal courtyards in the educational buildings in KSA, especially in desert areas.

١. مقدمة

تحتل المدرسة مركزاً رئيس في البيئة العمرانية بسبب دورها الكبير في التربية و تعليم العلوم و الأدب لأفراد المجتمع. و كان أول عمل قام به نبينا محمد بن عبدالله، رسول الله ﷺ، عندما كان مهاجراً من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة، هو تأسيسه لمسجده، الذي بناه بيديه الشريفتين و معه أصحابه رضوان الله عليهم، بمثابة مدرسة شاملة لأمور الدين و الحياة لأجل تربيتهم و تعليمهم شرع الله من القران الكريم و السنة المطهرة وعلوم التوحيد و الفقه و الجهاد في سبيل الله تعالى.

إلى عهد قريب، كانت مباني المدارس القديمة تبنى بالطين و الحجارة و أخشاب النخيل و الأثل في معظم مدن و قرى المملكة العربية السعودية. معتمدة على تصاميم بسيطة و استخدام مواد بناء متوافرة في البيئة الطبيعية و تطل غرف الدراسة حول فناء صغير مكشوف و مظلل بحوائطه من الشمس. و كانت متلائمة مع ظروف المناخ و احتياج طلبة العلم و القائمين على المدرسة. فقد عرف هؤلاء الناس التقليديون كيف يتكيفون و يصممون و يبنون مدارسهم و مساكنهم في ظل بيئات طبيعية صعبة. فقد ابتكروا لمبانيهم عناصر معمارية، كملقف الهواء و الفناء الداخلي و غيراهما، و ذلك من اجل القيام بوظائف متعددة منها النواحي المناخية والجمالية و الحسية و الاجتماعية. بل أنهم استخدموا طرقاً و أساليب تبريد و تدفئة و طرق إنشائية سهلة باستخدام مواد بناء متوافرة في البيئة الطبيعية المحلية.

شهدت المملكة العربية السعودية نموا متزايد في مجالات عدة نتيجة تطبيق خطط تنموية في عام ١٣٩٠ هـ و انعكس ذلك على بناء مدارس حكومية و أهلية نتيجة ارتفاع عدد السكان و اندفاعهم على التعليم بمختلف مراحله. و تشير الدراسات بأن أعداد المدارس في التعليم العام بالمملكة خلال الخمسة و الأربعين عاما الماضية زادت بأعداد فاق التوقعات. ولقد قفز عدد مدارس المرحلة الابتدائية من ٥٠٥ مدرسة، في عام ١٣٧٥ هـ، إلى ٥٨٠٨ مدرسة، في عام ١٤٢٠ هـ، كما ارتفع عدد مدارس المرحلة المتوسطة من الصفر في عام ١٣٧٥ هـ – لم تكن المدارس المتوسطة في تلك الفترة موجودة – حتى وصل عددها إلى ٢٣٤١ مدرسة، في عام ١٤٢٠ هـ، و أما المدارس للمرحلة الثانوية فكان عددها ٢٣ مدرسة، في عام ١٣٧٥ هـ، ثم أرتفع إلى ١٧٨٨ مدرسة في عام ١٤٢٠ هـ [١].

لا شك أن معظم المدارس الحديثة في مدن و قرى المملكة العربية السعودية يتوافر فيها أغلب عناصر المدرسة الرئيسة و الضرورية للعملية التعليمية التي تحقيق الأهداف التربوية و البدنية و الفكرية. ولكن عنصر الفناء المدرسي يفتقر التصميم المناسب في ظل الظروف المناخية الصعبة في المناطق الحارة الجافة. و لقد شوهد أن فراغ الفناء ترتفع درجة حرارته وقت الظهيرة و تزداد الحرارة فيه بأعلى من درجة الحرارة في خارج المبنى و خاصة خلال فترة المغرب نتيجة الاحتباس الحراري الذي يكتسبه الفناء من الشمس و قلة التهوية الطبيعية فيه. و يشعر الطلاب و العاملين بعدم الراحة حين يستخدمون ساحة الفناء لأداء صلاة الظهر أو حضور نشاط تعليمي. وأثبتت الدراسات العلمية بأن تحصيل الطالب العلمي يتناسب طرديا مع مستوى تصميم وحالة المبنى المدرسي و صيانته [٢].

٢. أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء بالتحليل لمعرفة الأداء الحراري للفراغات الداخلية و الخارجية و تأثيرها على بيئة عناصر المبنى المدرسي عن طريق إجراء تجربة تطبيقية. و لتحقيق هذا الهدف يجب معرفة الأداء الحراري للفراغات الداخلية و الخارجية للمبنى المدرسي في المناخ الصحراوي. و اقتراح بعض التوصيات المناسبة لتبريد الفراغات الداخلية و الخارجية في المبني المدرسي في المناطق الصحراوية.

٣. منهج البحث

نظرا" لأن طبيعة الدراسة تجريبية تطبيقية ، فقد صمم منهج البحث وفق مرحلتين، أوليهما، الرجوع إلى مطبوعات و أبحاث و تقارير منشورة عن التجارب و المشاهدات التي أنجزت بواسطة باحثين متخصصين في دراسة تبريد الفراغات الداخلية والخارجية للمباني طبيعياً. و المرحلة الأخرى، إجراء تجربة تطبيقية خلال فترة الصيف لعام ١٤٢١ هـ (٢٠٠٠ م)، واستخدام فناء مبنى القسم المتوسط من مجمع تعليمي في جامعة الملك سعود لإجراء تجربة تطبيقية لقياس درجات حرارة كل من الهواء الخارجي خارج المبنى المدرسي، و الساحات المحيطة بالمدرسة، و المدخل الرئيسي، و الفناء الداخلي و الممرات المحيطة به و فصول دراسية، و الصالة المتعددة الأغراض، و تم قياس و الرطوبة النسبية في تلك المواقع.

٤– دراسات سابقة

يعتبر الفناء الداخلي في العمارة العربية و الإسلامية أحد العناصر الرئيسة لأجل إعطاء بيئة داخلية محمية من الرياح المغبرة و الشمس صيفا باستخدام الأشجار و التغطيات المظلية و وجود نوافير أو سلسبيل للمياه ترطب الهواء [٣]. أما في الشتاء يوفر الفناء الداخلي الدفء بدخول أشعة الشمس و الحماية من الرياح الباردة. كذلك يوفر الفناء تحقيق خصوصية للمعيشة و الأنشطة اليومية و خاصة في المباني السكنية.

يذكر الخولي [٤] أن الفناء الداخلي المفتوح للسماء يقوم بتنظيم الحرارة لأن الهواء الرطب المختزن أثناء الليل يلطف المناخ داخل المنزل حتى بعد الظهيرة.

و يذكر الحصين [٥] في دراسة تعني بتسجيل تاريخ المدارس و الأربطة و تحديد فترة ظهورها و انتشارها ف أنحاء العالم الإسلامي بشكل عام، وفي المدينة المنورة بشكل خاص بأن الفناء كان عنصرا رئيسا في مباني المدارس و الأربطة. و بينت مساقط المدارس و الأربطة في المدينة المنورة الرستمية، و المحمدية، و حسين أغا، و الكشميرية، احتواء مباني المدارس و الأربطة على أفنية داخلية و يتوسط الفناء نافورة و بعض النباتات و يحيط بالفناء غرف و ممرات. و يذكر الحصين بأن الفناء المركزي يشكل متنفسا لمستخدمي المدرسة من طلاب و مشايخ حيث يتسع للعديد من النشاطات المختلفة. وان الأفنية الواسعة مثل المدرستان المحمودية والحميدية تضمان فنائين ذواتا أشجار مثمرة.

عند النظر إلى قلة الدراسات البيئية المتعلقة بأفنية بالمباني المدرسية في المملكة العربية السعودية و التي تقابل ذلك العديد من الدراسات في البلدان الغربية و التي تناولت بالتفصيل بيئة الفناء المدرسي و علاقته بالعملية التعليمية. لذلك يتطلب التركيز على دراسة الأوضاع الراهنة للفناء المدرسي و محاولة إيجاد الحلول الكفيلة لتحقيق الراحة الحرارية للطلاب و العاملين بالمدرسة.

ان الدراسات التحليلية في أفنية فراغات المباني غير المدرسية نالت قدرا كبير في بيان أهمية الفناء الخارجي كالمساجد. و بين الباحثان الناجم و المفيز [٦] في نتائج الدراسة التأكيد إعادة دور فناء المسجد لأنه يخفض حوالي ثلث الطاقة المستخدمة في تكييف المساجد و بالتالي إمكانية استغلال فناء المسجد في ترشيد الطاقة الكهربائية.

٥- التجربة التطبيقية

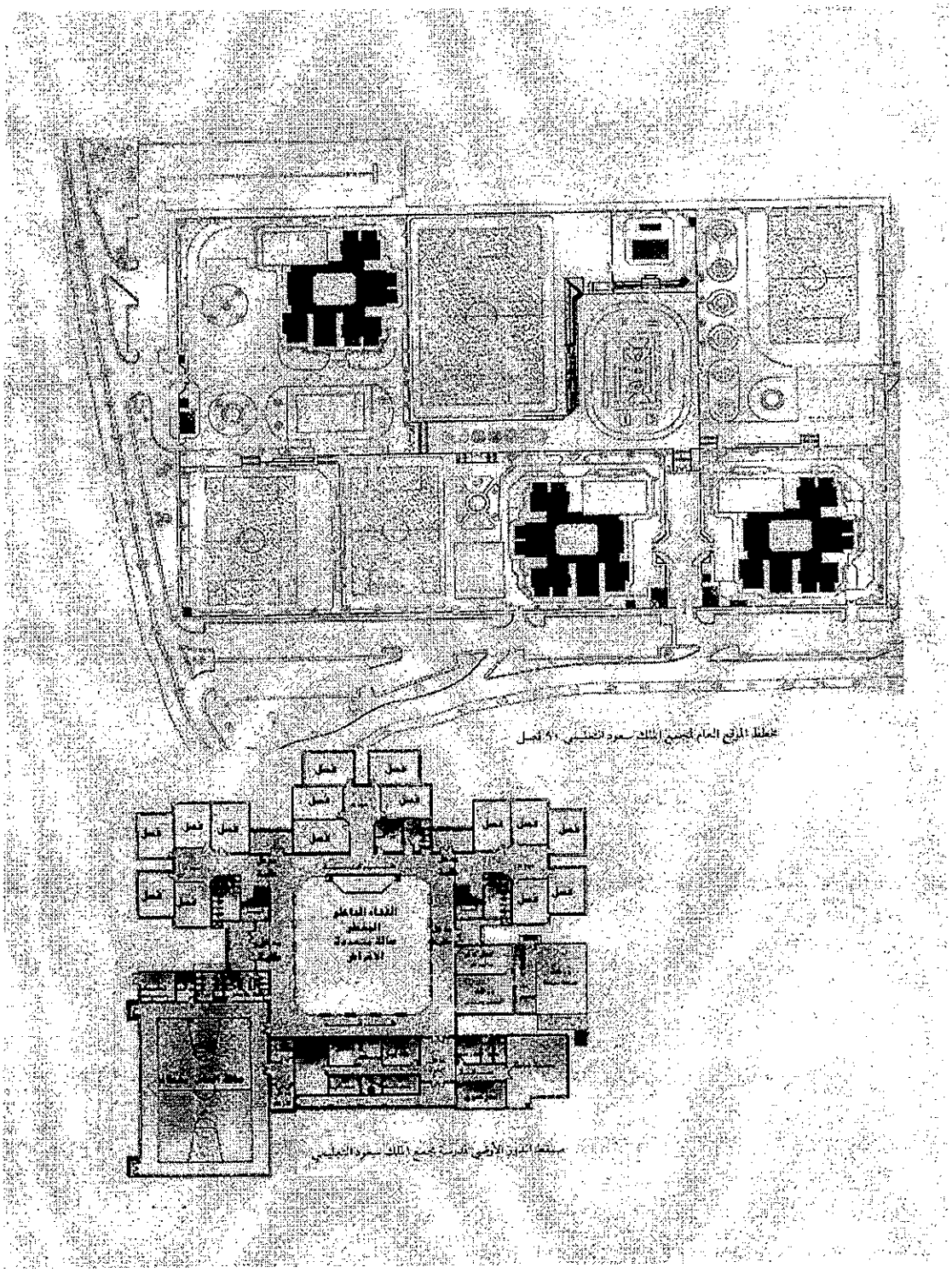
٥-١. وصف الموقع و الغرف الاختبارية

٥-١-١. الموقع

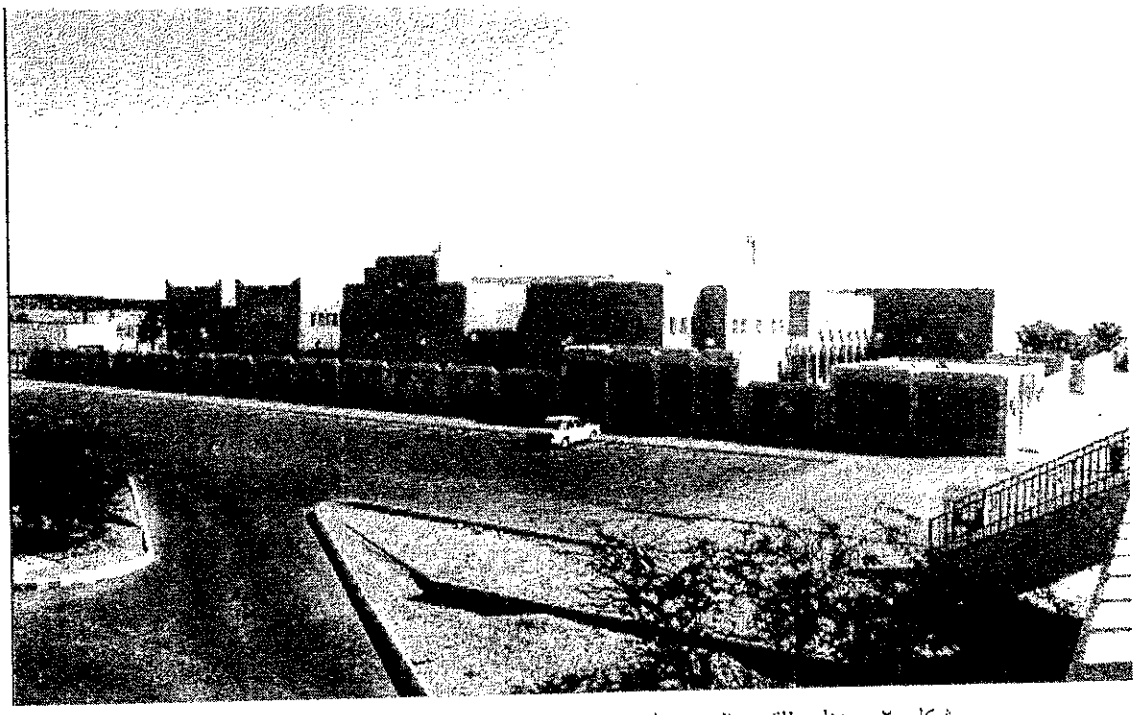
تم اختيار مدينة الرياض – التي تقع في هضبة نجد على خط عرض ٢٤° و ٤٢ً شمال خط الاستواء و خط طول ٤٦° و ٤٤ً شرق قرينتش و على ارتفاع ٦٢٤ فوق سطح البحر– مكانا مناسبا للدراسة كما تم اختيار موقع التجربة في شمال أرض جامعة الملك سعود ، الرياض ، بسبب أن هذا الموقع يتصف بالمناخ الصحراوي ففي الشتاء يتميز المناخ بانخفاض درجة الحرارة و تسطع الشمس معظم أيام فصل الشتاء بينما يتميز المناخ صيفا بالحرارة و الجفاف الشديدين و بالمدى الحراري المرتفع يُقدر بحوالي ١٨°م. و لقد سجلت أحوال الطقس بواسطة مصلحة الأرصاد و حماية البيئة لمتوسط قراءات ١٠ سنوات (١٩٨٦-١٩٩٥ م). و يلاحظ أن فصل الشتاء يمتد من شهر نوفمبر إلى شهر فبراير و يتراوح المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء الجافة للنهاية الصغرى من ٥٥,٠°م إلى ١٥,٣°م ، أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من ١٢,٠° م إلى ١٧,٤°م. أما بالنسبة للرطوبة لنفس المدة فإن المعدلات العليا تتراوح من ٤٢,٠% إلى ٧٦,٠% و المعدلات الصغرى تتراوح من ٨% إلى ١٨%. و يلاحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر و يتراوح المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء الجافة للنهاية الصغرى من ٢٢,٠°م إلى ٢٥,٤°م ، أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من ٤٤,٠° م إلى ٤٧,٤°م. أما بالنسبة للرطوبة لنفس المدة فإن المعدلات العليا تتراوح من ٣٢,٠% إلى ٦٦,٠% و المعدلات الصغرى تتراوح من ٢% إلى ٣%. و تهب رياح حارة و جافة على مدينة الرياض، تُعرف بريح "السموم" و يتراوح المعدل الشهري لهبوبها صيفا" ما بين ٤ عقدة إلى ٨ عقدة و اتجاهها غالبا" ما يكون شمالا". و يتراوح الضغط الجوي ما بين ٩٣٧,١ ساعة ضغط إلى ٩٤٠,٤ ساعة ضغط. كما أن المعدل الشهري لهطول الأمطار ٠,٠ مم في أشهر الصيف بينما يصل ٣٩,٥ مم في شهر إبريل. و يتميز المناخ في مدينة الرياض بوجود أشعة الشمس شبه العمودية صيفا و التي تتراوح حرارتها من ٨١٣ إلى ٩٢٩ واط / م^{٢} بينما تصل حوالي ٦٤٥ إلى ٧٢٥ واط/م^{٢} [٧].

٥-١-٢. الفراغات الاختبارية

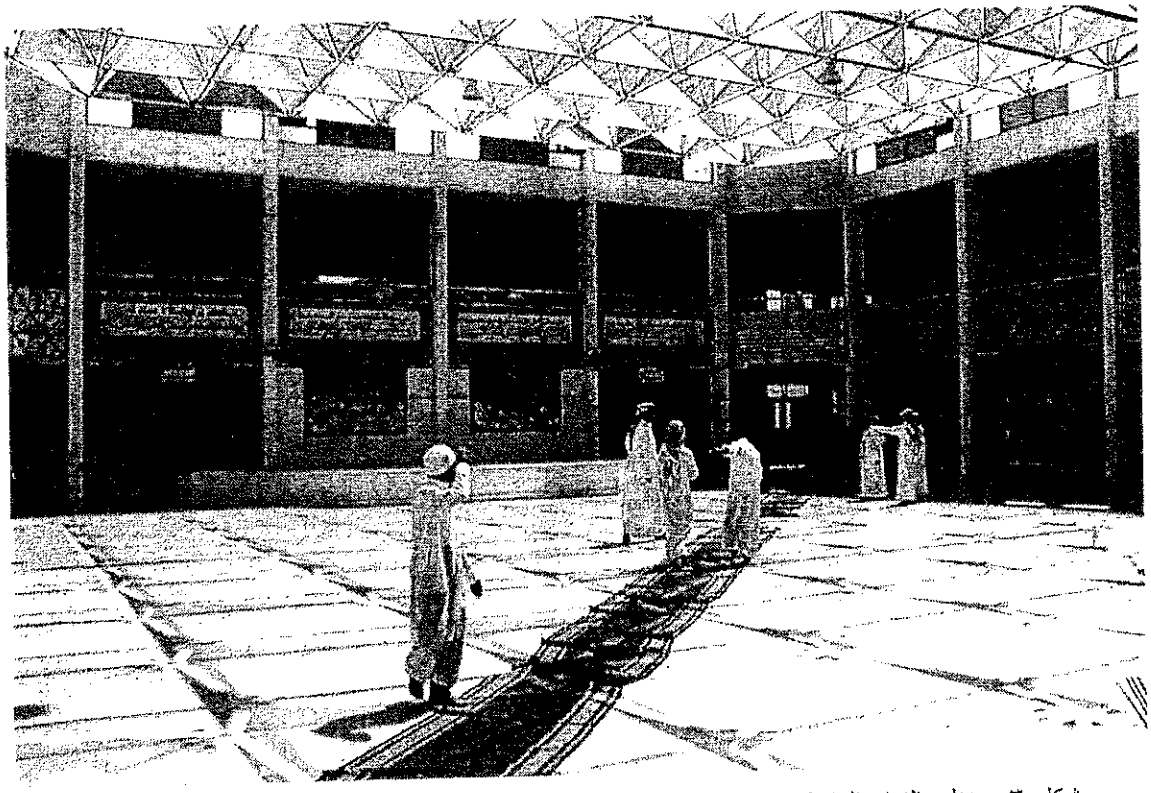
المبنى المدرسي عبارة عن دورين بارتفاع ٦ أمتار وتقسم المدرسة إلى إدارة و صالة رياضية وفصول دراسية وفناء كبير على شكل مربع في المنتصف ذلك واضح في المسقط الأفقي . حوائط المبنى الداخلية و الخارجية معزولة حراريا. يوضح الشكلين رقما ١ و ٢ الموقع العام و المسقط لأفقي و منظر عام لمبنى القسم المتوسط في المجمع. و يوضح الشكل رقم ٣ منظر في الفناء المدرسي وقت صلاة الظهر.



شكل ١. مخطط الموقع العام للمجمع التعليمي بجامعة الملك سعود و مسقط أفقي للقسم المتوسط.



شكل ٢. منظر للقسم المتوسط في المجمع التعليمي في جامعة الملك سعود.



شكل ٣. منظر الفناء الداخلي في مبنى القسم المتوسط في المجمع التعليمي في جامعة الملك سعود.

٥-٣. الأجهزة المستخدمة في التجربة

استخدمت أجهزة خاصة في إجراء الدراسة و يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أجزاء رئيسة:

٥-٣-١. المجسات

تم استخدام مجس حراري (Thermocouples , type T) لقياس درجة حرارة الهواء و الرطوبة النسبية في الفراغات الخارجية و الفراغات الداخلية للمبنى المدرسي و التي تشتمل على الفناء الداخلي و الفصول و الممرات و الصالة المتعددة الأغراض و المداخل.

٥-٣-٢. تجميع وتخزين قراءات

تم استخدم الطريقة اليدوية في جمع قراءات درجات الحرارة و الرطوبة النسبية في الهواء الخارجي للمدرسة و الساحات المحيطة بمنى المدرسة و المدخل الرئيسي للمدرسة و الفناء الداخلي للمدرسة و الممرات المحيطة بالفناء و الفصول دراسية و الصالة المتعددة الأغراض.

٥-٣-٢. وحدة حاسب آلي

تم استخدام جهاز حاسب آلي لمعالجة القراءات و تخزينها و عمل رسومات بيانية. كما استخدم محلل بيانات (Excel) لعمل رسومات بيانية و تحليل المعلومات المسجلة.

٦. تحليل المعلومات

أن التجربة التطبيقية منحت فرصة التعرف على كثير من التساؤلات حول التأثير البيئي على الأداء الحراري في الفناء الداخلي بالمبنى المدرسي و التي في مقدمتها أسباب ارتفاع درجة حرارة الفناء و لماذا يشعر الطلاب بالضيق من الحر أثناء تواجدهم في ساحة الفناء.

يوضح الشكل رقم ٣ نمط تغير في درجات حرارة الهواء للفناء المدرسي و الفراغات التي تحيط به و درجة حرارة الهواء في خارج المبنى المدرسي خلال ٧ ساعات من الساعة ٩ صباحا وحتى الساعة ٣ ظهرا. و يلاحظ أنه عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى ٣٨° م ، كانت درجة حرارة الفناء الداخلي٣٣° م . أي أن مقدار التناقص Time lag بين درجة حرارة الهواء الخارجي و درجة حرارة الفناء الداخلي و الفراغات الداخلية من الحوش الأمامي و المدخل و الفناء و الممر الشمالي و الممر الشرقي و الممر الجنوبي و الممر الغربي و صالة ألعاب كبيرة هي ٢-٩-٥-٩-٩-١٠-٩-١١ ، على التوالي. و هذا يوضح اعتدال جو فراغ الفناء الداخلي بين الهواء الخارجي و الممرات .

شكل رقم ٥ نمط التغير في نسبة الرطوبة في الفراغ الخارجي و فراغ الفناء و الفراغات المجاورة له عندما أجريت التجربة في يوم الخميس ٢٠٠١/٤/١٩م. ويلاحظ أنه، عندما كانت نسبة الرطوبة في الهواء الخارجي حوالي ١٢%، كانت نسبة الرطوبة في الفناء الداخلي حوالي ٢٤% أي بفارق حوالي ١٢%. يرجع السبب في ذلك قيام عمال النظافة بغسيل أرضية الفناء قبيل وقت الظهر. ويلاحظ أن نسبة الرطوبة في الفناء انخفضت عند الساعة ٢ ظهرا إلى ١٥% بعد جفاف سطح أرضية الفناء.

يوضح الشكل رقم ٦ الأداء الحراري في الفصول الدراسية و الممرات المحيطة بالفناء المبنى المدرسي. يلاحظ أن نمط تغير درجات الحرارة في الفصول و الممرات يقارب نمط التغير لدرجات الحرارة في الفناء. عندما وصلت درجة حرارة الفناء ٣١°م تراوحت درجات الحرارة للممرات حول الفناء ما بين ٢٧°م إلى ٢٩°م في الساعة التاسعة صباحا. ويلاحظ أن الممر الشرق أعلى من الممر الجنوبي. وعندما وصلت درجة حرارة الفناء ٣٤°م تراوحت درجات حرارة الفصول و الممرات ما بين ٣١°م إلى ٣٣°م في الساعة الثالثة ظهرا. ويلاحظ أن الممر الغربي أبرد من الممر الشمالي و الشرقي. أما الفصول فأن درجات الحرارة تراوحت ما بين ٢٨,٥°م إلى ٢٩,٥°م في الساعة التاسعة صباحا و تراوحت ما بين ٣٠°م إلى ٣٢,٥°م في الساعة الثالثة ظهرا. نستنتج أن حرارة هواء في الفناء ترتفع عن الممرات و الفصول الدراسية بحوالي ٠,٥°م في ساعات الصباح و ١,٥°م ما بعد الظهر. كما يلاحظ أن حرارة الهواء في الفناء و الممرات و الفصول تتعدى الحد الأعلى لنطاق الراحة الحرارية المناسبة للإنسان و هو ما بين ٢٢°م إلى ٢٨°م [٨].

يوضح الشكل رقم ٧ نمط التغير في الرطوبة النسبية في الفصول الدراسية و الممرات المحيطة بالفناء المبنى المدرسي. يلاحظ أن نمط تغير للرطوبة النسبية في الفصول و الممرات يقترب من نمط التغير للرطبة النسبية في الفناء خلال ساعات الصباح و لكن بعد الساعة الواحدة ظهرا تنخفض الرطوبة النسبية في الفناء عن الرطوبة النسبية في الممرات و الفصول بحوالي ٦% نتيجة لأرتفاع درجة الحرارة الهواء في الفناء. ويلاحظ أن الممر الشرقي و الفصول الشرقية تزداد الرطوبة النسبية فيها عن الممرات و الفصول الأخرى بحوالي ٦ %. نستنتج أن الرطوبة النسبية تنخفض عن الحد الأدنى لنطاق الراحة الحرارية المناسبة للإنسان و هو ما بين ٤٠% إلى ٧٠%[٩].

٧. مقترحات تبريد الفناء المدرسي

و بالرغم من انخفاض درجة حرارة الفناء الداخلي المدرسي إلا أنه يمكن تحقيق الراحة الحرارية للإنسان في الفناء الداخلي باستخدام مظلات تمنع دخول الشمس في فراغ الفناء خلال النهار و إزاحة تلك المظلات أثناء الليل وذلك بهدف التخلص من الحرارة المكتسبة أثناء النهار عن طريق انبعاث الحرارة بالإشعاع الليلي من أرضية و جدران الفناء إلى الفضاء الخارجي بدون عائق. يوضح الشكل ٨ مثال لتغطية الساحات و الممرات باستخدام المظلات المتحركة في المنطقة التجارية بالحي الدبلوماسي بالرياض. و كذلك يمكن استخدام أبراج التبريد الطبيعية المطورة من ملاقف التقليدية و التي تبرد و تهوي الفناء الداخلي بإدخال الهواء الخارجي و تبريده بواسطة تبخير الماء في ألواح كرتونية مرطبة. يوضح الشكل ٩ مثال لتبريد الأفنية باستخدام أبراج التبريد الطبيعية في فناء داخلي في فندق النزل بمدينة سكاكا منطقة الجوف بالمملكة العربية السعودية.

٨. الاستنتاجات

في هذه الدراسة تبين فاعلية استخدام الأفنية الداخلية في المدارس في المناطق الصحراوية. فقد وجد بالتجربة التطبيقية أن درجة حرارة الهواء في كل من فناء المبنى المدرسي و الممرات و الفصول من حوله، ما بعد الثانية عشرة ظهرا، تقل عن درجة حرارة الهواء الخارجي بحوالي ٥° م، ٥,٦° م، ٥٩° م، على التوالي. و أن الرطوبة النسبية للهواء في كل من الفناء و الممرات و الفصول تزداد عن رطوبة الهواء الخارجي بحوالي ٦%، ٨%، ١٠%، على التوالي. كما يستنتج أن كلا درجة حرارة و الرطوبة النسبية في الفناء و الفصول الدراسية و الممرات لم تقعين في النطاق الحراري المريح للإنسان. و يوصى بإعادة النظر في تصميم أفنية المدارس الداخلية و الخارجية في المناطق الصحراوية باستخدام أنظمة المظلات الواقية من أشعة الشمس. ويوصى بتبريد أفنية المباني المدرسية باستخدام أبرج التبريد الطبيعة و وسائل التبريد الطبيعة التبخيرية التي تساهم في رفع معدل بخار الماء في الجو. كما يوصى بعمل المزيد من الدراسات التطبيقية على المباني غير المدرسية و لا تقتصر تلك الدراسات على النواحي الحرارية بل يمكن التطرق بمزيد من الدراسات الخاصة بالنواحي الاقتصادية و النفسية لدى المستخدمين في مناطق تتصف بمناخ صحراوي.

٩. الخاتمة

لقد أثبتت هذه الدراسة أن أفنية المباني المدرسية تتأثر بالطقس الخارجي و بالتالي تؤثر على الفراغات الداخلية كالممرات و الفصول الدراسية. و يجب تصميم الفناء الداخلي بوسائل تبريد طبيعية تبخيرية لخفض درجة حرارته و رفع الرطوبة النسبية في فراغه. و هنا تتأكد الحاجة إلى المزيد من الدراسات التطبيقية التي تهدف إلي إيجاد بيئة داخلية مريحة في المباني المدرسية المناسبة الإنسان. و بالإمكان استغلال هذه الأفنية كفراغات تبرد الفراغات الداخلية المحيطة باستخدام أنظمة طبيعية كأبراج التبريد الطبيعية و نظم الظلال و التي يمكن أن تجعل البيئة الداخلية للمبنى أنسب للإنسان.

١٠. المراجع

١- الردادي، طلال،"جدوى خفض كلفة المبنى المدرسي في التعليم العام بالمملكة العربية السعودية"، مجلة جامعة الملك سعود، مجلد ١٥، العمارة و التخطيط، ص ص ٤٣-٦٣، الرياض (١٤٢٣ هـ/٢٠٠٣ م).

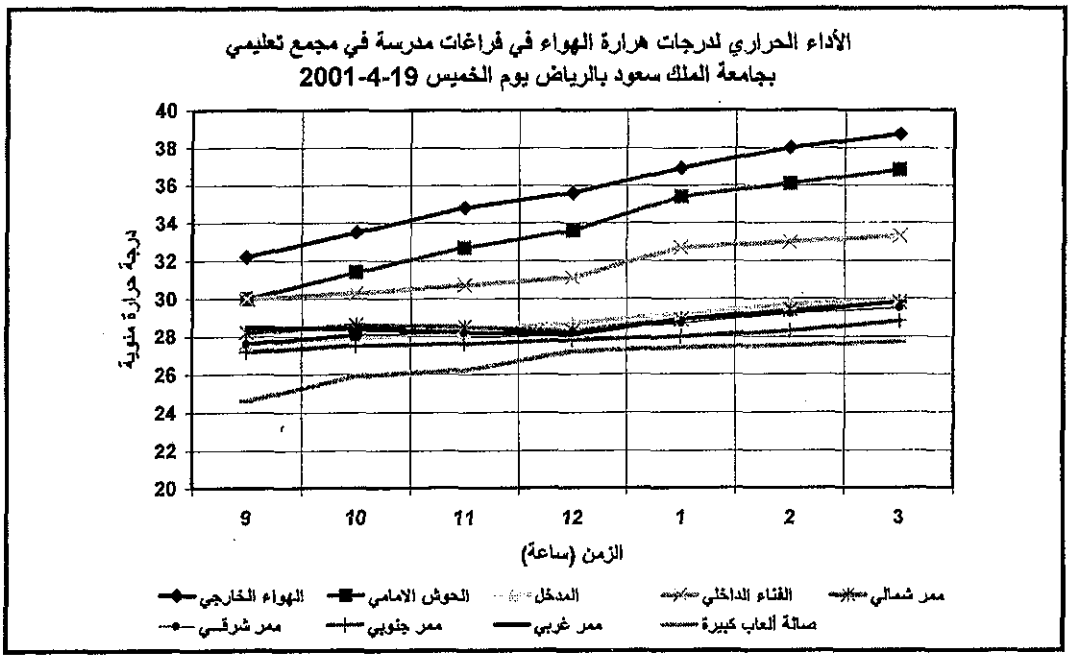
2- Cash, Carol. "A Study of the Relationship Between School Building Achievement and Behavior", Unpublished Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, V A: (1993), 1-124.

٣- النجار، سلامة مصطفى، "المفردات المعمارية المتوافقة مع البيئة"، في سجل أبحاث المؤتمر المعماري الدولي الخامس –العمران و البيئة–، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، جمهورية مصر العربية، ٢٠-٢٣ أبريل ٢٠٠٣، ص. ص. ٩-٢٢ الى ٩-٢٩.

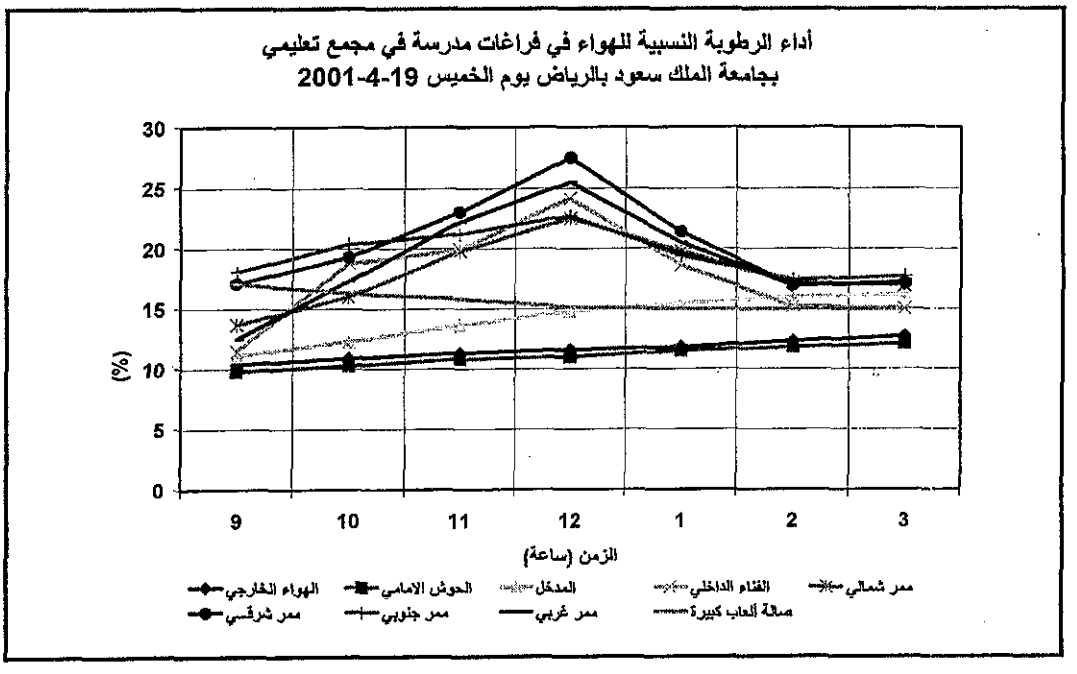
٤- الخولي، جمال محمد عطية، "التشكيل المعماري و تأثيره بالتكنولوجيا المتوافقة و الحلول المحلية التقليدية (التهوية كوسيلة للتحكم البيئي)"، في سجل أبحاث المؤتمر المعماري الدولي الخامس –العمران و البيئة–، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، جمهورية مصر العربية، ٢٠-٢٣ أبريل ٢٠٠٣، ص. ص. ٥-٨٩ الى ٥-١٠٣.

٥- الحصين، محمد عبد الرحمن، "دور الوقف في تأسيس المدارس و الأربطة و المحافظة عليها في المدينة المنورة"، مجلة جامعة الملك سعود، مجلد ٩، العمارة و التخطيط، ص ص ٥٣-١١٢، الرياض (١٤١٧ هـ/١٩٩٧م).

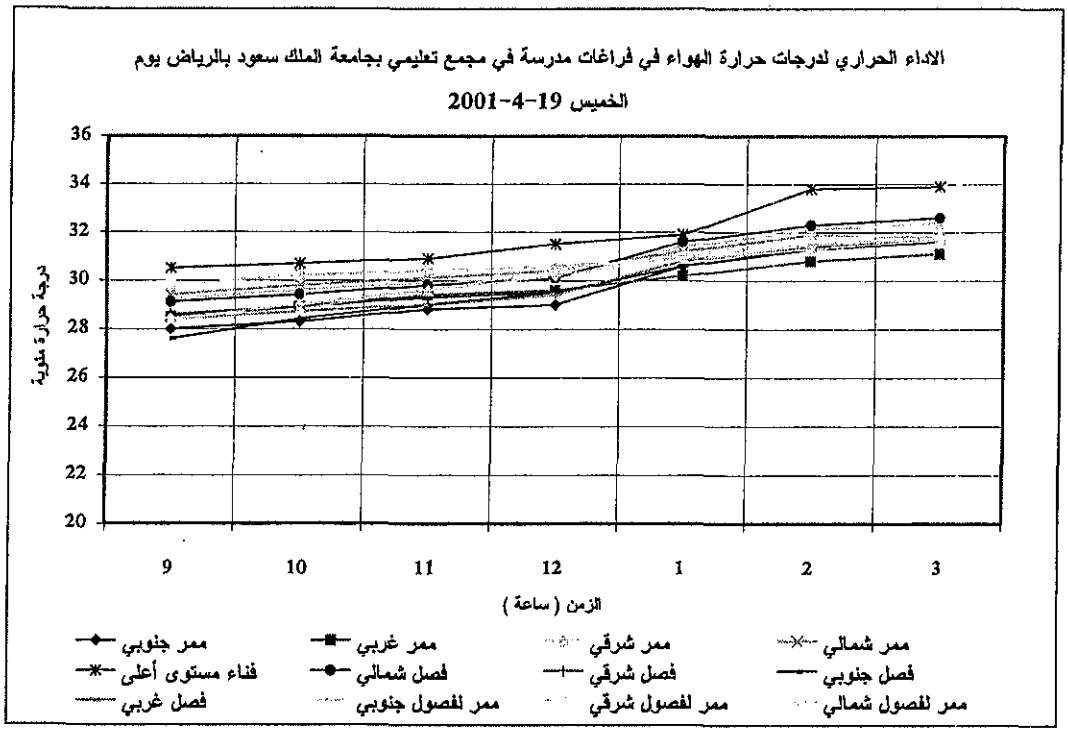
٦- الناجم، على عثمان و أبراهيم المفيز، "أهمية فناء



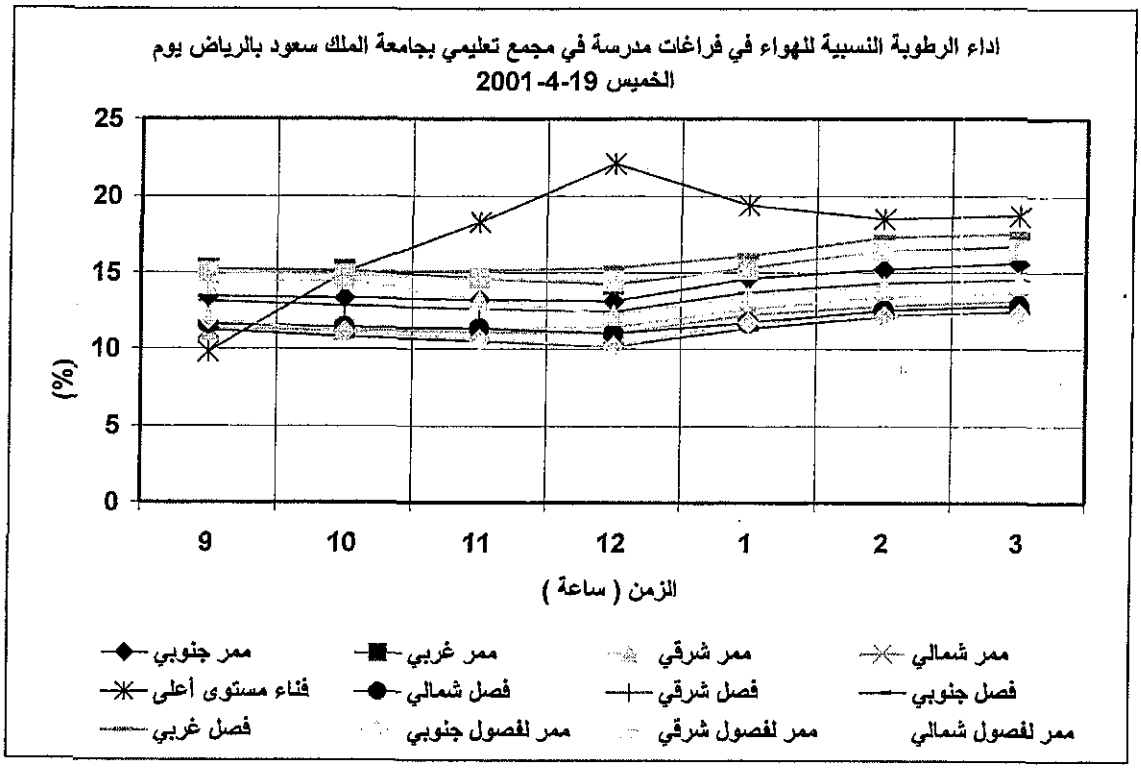
شكل ٤. الأداء الحراري في الفراغ الخارجي و الفناء و الفراغات المجاورة له.



شكل ٥. نمط التغير في نسبة الرطوبة في الفراغ الخارجي و الفناء الفراغات المجاورة له.



شكل ٦. الأداء الحراري في الفصول الدراسية المحيطة بالفناء المبنى المدرسي.



شكل ٧. يوضح نمط التغير في الرطوبة النسبية للفناء و الممرات و الفصول المحيطة.

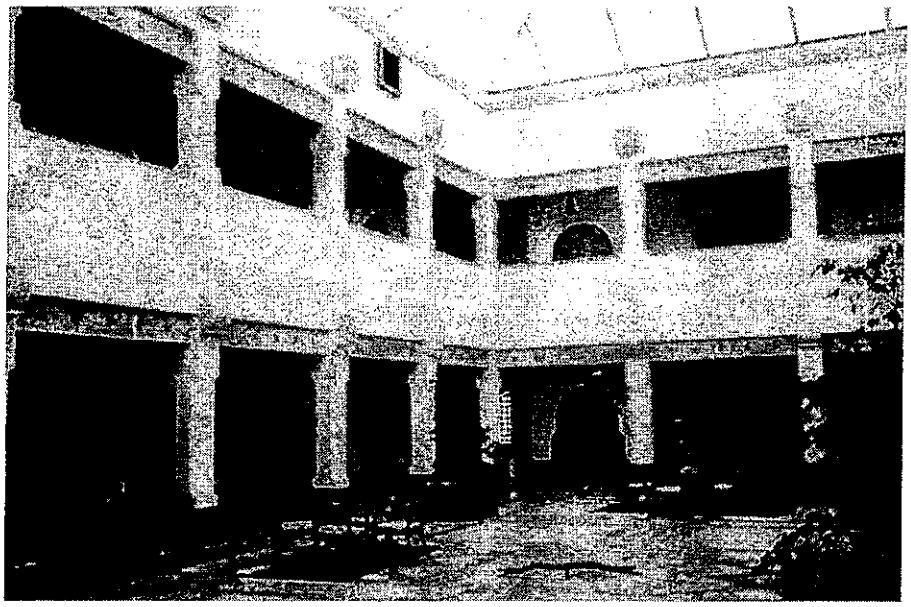
المسجد في ترشيد الطاقة الكهربائية في المساجد"، في سجل ندوة عمارة المساجد، المجلد ٦ ص ١-١٢، كلية العمارة و التخطيط، جامعة الملك سعود،الرياض (١٤١٩ هـ/١٩٩٩م).

٧- مصلحة الأرصاد و حماية البيئة. معلومات عن أحوال الطقس و بيئة مدينة الرياض، مركز المعلومات و الوثائق العلمية،، وزارة الدفاع و الطيران، جدة، المملكة العربية السعودية (١٤١٥ هـ).

9- ASHRAE, Thermal Comfort Conditions. ASHRAE Standards 55-66, New York (1966).

10- ASHRAE, Thermal Comfort Conditions. ASHRAE Standards 55-66, New York (1966).

الشكل ٨ تغطية ممر بأستخدام المظلات المتحركة في المنطقة التجارية بالحي الدبلوماسي بالرياض.



الشكل ٩ مثال لتبريد الأفنية بأستخدام أبراج التبريد الطبيعية في فناء فندق النزل بمدينة سكاكا.