تسخين المسابح بالطاقة الشمسية في البيئة الصحراوية

خالد بن عبدالله بن مقرن آل سعود و ناصر بن عبدالرحمن الحمدي

قسم العمارة و علوم البناء، كلية العمارة و التخطيط ، جامعة الملك سعود
الرياض ، المملكة العربية السعودية

الملخص :

يعرض البحث إمكانية تدفئة المسابح بالطاقة الشمسية في البيئة الصحراوية بغرض الاستفادة منها للسباحة طوال العام.

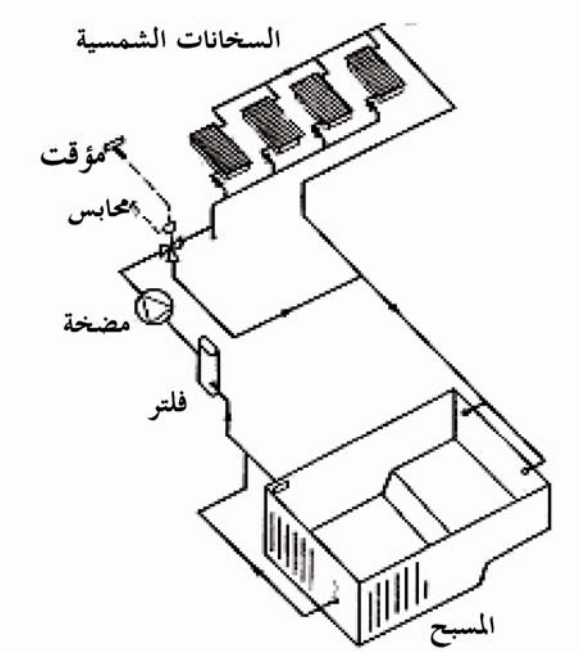
و تهدف الدراسة بصورة إجمالية إلى تقدير المدى الزمني الذي يمكن خلاله الاستفادة من الطاقة الشمسية لتدفئة المسابح المغلقة في البيئات الصحراوية.

تم إجراء الدراسة عملياً في مسبح لمسكن في إحدى ضواحي مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية. وتم تنفيذها على ثلاث مراحل امتدت لمدة سنتين. وأوضحت النتائج بأن الحاجة إلى التسخين ضروري جداً للأشهر ديسمبر ويناير وفبراير ومارس و بصورة أقل في أشهر سبتمبر أكتوبر ونوفمبر وأبريل ومايو، أما أشهر يونيه ويوليه وأغسطس فلا توجد أي حاجة إلى تسخين ماء المسبح. وأثبتت الدراسة الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في تسخين المسابح في المناطق الصحراوية.

مقدمة :

مما لاشك فيه أن استخدام الطاقة الكهربائية في تدفئة المسابح يعتبر من الناحية التشغيلية مكلفاً جداً، فالطاقة الكهربائية اللازمة لتدفئة كميات كبيرة من الماء والمحافظة على درجة حرارتها إلى الحد المناسب للسباحة يعتبر مرتفعاً بدرجة قد تحرم الكثيرين من أصحاب المسابح الخاصة من ممارسة السباحة والاستمتاع بها في معظم أوقات العام. ولتوافر قدر كاف من الإشعاع الشمسي وبالأخص في الفترات الباردة من العام في المناطق ذات المناخ الصحراوي، فان الطاقة الشمسية يمكن أن تكون مصدراً فعّالاً لتدفئة مياه المسابح ومد فترة الاستفادة منها لتشمل فصول الربيع والخريف والشتاء أحياناً.

ويستخدم لهذا الغرض مجمعات شمسية تقوم بتسخين الماء من خلال مروره في أنابيب صغيرة مدهونة باللون الأسود و معرضة للإشعاع الشمسي المباشر . وتتكون المجمعات الشمسية المتطورة والمخصصة لتسخين الماء من ألواح إطارية تتوزع داخلها أنابيب نحاسية سوداء مغطاة بالزجاج لأجل حبس الحرارة داخل اللوح وبالتالي زيادة كفاءتها التسخينية. وللمحافظة على الحرارة المكتسبة فإن خلفية اللوح تكون عادة معزولة بالصوف الصخري لمنع الحرارة من التسرب من الجهة الخلفية . ولتقليل التكلفة المالية للطاقة اللازمة لتمرير ماء المسبح من خلال المجمعات الشمسية لتسخينه، فإن المجمعات تركب احياناً ضمن دائرة حركة الماء الذاهب إلى جهاز التنقية [١]. وتوضع مضخة جهاز التنقية عادة على مؤقت زمني يقوم بتشغيله في الفترات التي يتوافر فيها الإشعاع الشمسي بكميات كافية. و يوضح الشكل (١) مكونات نظام التسخين وكيفية ربطه مع نظام دورة تنقية المسبح.



شكل (١) مكونات نظام التسخين وكيفية ربطه مع نظام تنقية المسبح

ويتم توجيه المجمعات الشمسية من أجل التسخين طوال العام إلى جهة الجنوب وذلك لمواجهة الإشعاع الشمسي بزاوية ميل على السطح الأفقي تساوي قيمة خط العرض للموقع +١٥° وذلك للحصول على اكبر قدر من الطاقة الشمسية وبالأخص في فصل الشتاء [٢، ٣] . وأما إذا كان استخدام المجمعات لفصل الصيف فقط فيكون الميل يساوي خط العرض مطروحاً منه ١٠ إلى ١٥°[٤]. وللمحافظة على حرارة ماء المسبح فعادة ما تستخدم عوازل حرارية للأنابيب المغذية والراجعة من المجمعات الشمسية و كذلك تتم تغطية سطح المسبح أثناء فترة غياب الإشعاع الشمسي. وتتفاوت المصادر في تحديد درجة حرارة الماء المناسبة للإنسان، وفي اغلب تلك المصادر لا تتجاوز ٢٨° م، كما أنها لا تقل عن ٢٤°م [١، ٢، ٥، ٦]. ويعتمد تقدير مساحة المجمعات الشمسية على عدة عوامل من أهمها:

١. الموقع الجغرافي وكمية الإشعاع الشمسي المتوافر.
٢. المدة الزمنية من العام المطلوبة للاستفادة من المسبح.
٣. كفاءة المجمع الشمسي.
٤. نوعية المسبح وهل هو داخلي أم خارجي.
٥. استخدام غطاء للمسبح في الفترات المسائية من عدمه.

وفي المعتاد فإن مساحة المجمعات الشمسية اللازم لتسخين المسابح تقاس بنسبة (ن) إلى مساحة المسبح ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$\text{ن} = \frac{\text{ج ش}}{\text{س ح}} \qquad (١)$$

حيث أن : ج ش = مساحة المجمع الشمسي (م^{٢})

س ح = المساحة السطحية للمسبح (م^{٢})

وفي معظم الدراسات المنشورة فإن قيمة (ن) تتراوح بين (٥٠ر - ٢٥ر١) وقد وضع كرومر (Cromer) هذه النسب بالتفصيل لمجموعة من البدائل لولاية فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية كما هو موضح في الجدول رقم (١) [٥].

جدول (١) قيمة (ن) لنمطين شائعين من المسابح لثلاث مناطق في ولاية فلوريدا الأمريكية

الموقع	مغطى مساءً وغير مظلل				مغطى مساءً ومظلل			
	فترة الاستفادة من المسبح (بالشهر)				فترة الاستفادة من المسبح (بالشهر)			
	٩	١٠	١١	١٢	٩	١٠	١١	١٢
شمال فلوريدا	٠,٤٧	٠,٦٨	٠,٨٠	٠,٩٤	٠,٨٠	١,٥	١,١٠	١,٢٥
وسط فلوريدا	٠,٣٧	٠,٥٥	٠,٦٥	٠,٧٥	٠,٧٠	٠,٨٥	٠,٩٥	١,٠٥
جنوب فلوريدا	٠,٢٥	٠,٤٠	٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٦٨	٠,٧٥	٠,٨٣

وفي حالة عدم استخدام غطاء للمسبح في الفترات المسائية فإن النسب الواردة في الجدول ستتضاعف وذلك بسبب الفقد الكبير الذي يحصل من سطح الماء . وعند تقدير مساحة المجمعات الشمسية لتدفئة المسبح بدون استخدام الغطاء فيلزم بعد استخراج المساحة حسب النسب الواردة أعلاه القيام بضرب تلك القيمة المستخرجة في ٢,٩ عندما يرغب في استخدام المسبح لتسعة أشهر فقط وفي ٢,٤ عندما يكون الاستخدام لعشرة أشهر وفي ٢,٢ عندما يكون الاستخدام لأحد عشر شهراً وفي ٢,١ عندما يكون الاستخدام لأثني عشر شهراً.

ويرى ديفيد كت من التجربة بأن المساحة الفعّالة للمجمعات الشمسية لغرض تسخين المسابح تساوي ٧٥٪ من مساحة المسبح، كما يرى أن من الأفضل استخدام مجمعات شمسية بمسطح يكافئ ١٠٠٪ من مساحة المسبح [١].

أما كريدر فيذكر بأن مساحة المجمعات الشمسية ونسبتها إلى مسطح المسبح يرجع إلى كفاءة ا لمجمعات المستخدمة [٧]. ففي حالة المجمعات ذات الكفاءة العالية والمغطاة بالزجاج تكون المساحة أقل وفي حالة استخدام مجمعات شمسية غير مغطاة فتكون المساحة المطلوبة اكبر . كما يذكر بأن مساحة المجمع الشمسي المناسبة تعتمد على معيارين: الأول مساحة المسبح والمعيار الثاني حجم الماء وعليه فهو يقترح العمل بالمساحة الأكبر التي يتوصل إليها نتيجة لتطبيق المعيارين. فالمعيار الأول يفترض أن مساحة المجمع الشمسي يجب أن تساوي نصف مساحة المسبح أما المعيار الثاني فيفترض أن يقابل كل ١٢٥٠ جالون من ماء المسبح ٥ر١م^{٢} من المجمع الشمسي.

ومن الأمثلة التي تبرز حجم التوفير في استهلاك الطاقة الكهربائية وما يعود به من فائدة تجربة تسخين المسبح المغطى لمدرسة ماري ريد الابتدائية في مقاطعة بريتش كولومبيا فمساحة المسبح تبلغ ٣٢٥م^{٢} ويتم تسخينه بالطاقة الكهربائية . وقد ساعد نظام التسخين الشمسي في تهيئة المسبح للسباحة ابتداءً من شهر أبريل وحتى نهاية شهر أكتوبر وقد وفّر ذلك على إدارة المدرسة جزء مما كانت تدفعه في تلك الأشهر مقابل استهلاك الطاقة الكهربائية والذي كان يبلغ عشرين ألف دولار وأنخفض بنسبة ٥٠٪ . وبناءً على الأرقام السابقة فإن تغطية التكاليف التأسيسية لهذا النظام يتوقع أن يتم في غضون ثلاث سنوات ونصف [٨]. ومن التجارب الناجحة في مجال تسخين المسابح في الشرق الأوسط، والذي يعتبره ديفيدكت ذو كفاءة عالية ومنخفض التكلفة. وهذا النظام الشمسي الذي صمم خصيصاً لتسخين المسابح هو عبارة عن مجمع شمسي كبير يتكون من جزئين ومرتبط بمضخة نظام التنقية [١].

أهداف الدراسة :

تهدف الدراسة بصورة إجمالية إلى تقدير المدى الزمني الذي يمكن خلاله الاستفادة من الطاقة الشمسية لتدفئة المسابح المغلقة في البيئات الصحراوية ذات الطبيعة

المناخية الحارة صيفاً والباردة شتاء وذات الرطوبة القليلة . وبصورة تفصيلية فإن الدراسة تهدف إلى تحقيق ما يلي:

١. تحديد نمط التغير في درجات حرارة ماء المسبح خلال فصول العام وتحديد الفترات التي تتطلب تسخين الماء.
٢. تحديد نمط التغير في درجات حرارة ماء المسبح خلال فصول العام وذلك بعد تركيب وتشغيل نظام تسخين شمسي قياسي.
٣. قياس العائد الإيجابي على درجات حرارة ماء المسبح للفترات المختلفة من العام وذلك في ضوء ما تم تحديده ضمن الهدف الأول والحدود القياسية للنطاق الحراري المقبول للماء لغرض السباحة والاستمتاع.
٤. تقويم العائد الاقتصادي جراء الاستفادة من الطاقة الشمسية لتسخين ماء المسابح وذلك بالمقارنة مع قيمة الطاقة الكهربائية في حالة توفيرها بالطرق التقليدية.

فرضيات الدراسة :

يؤدي الاتزان الحراري لمكونات البيئة الرئيسية : - الهواء و الماء و التراب - إلى تقارب كبير لمتوسطات الحرارة السنوية لهذه المكونات. وبناء على ذلك فإن المتوسط السنوي لدرجة حرارة ماء المسابح المكشوفة و التي لا تخضع لأي نظام من أنظمة التسخين يتساوى مع المتوسط السنوي لدرجات حرارة الهواء. وتوضح المعادلة التالية عناصر التبادل الحراري المفترضة مع المحيط والتي تتحدد من خلالها درجة حرارة الماء.

$$ك\ م = ك\ ش \pm ك\ ح \pm ك\ ص - ك\ ت - ك\ س \qquad (٢)$$

حيث:

ك م : كمية الحرارة بماء المسبح.

ك ش : كمية الحرارة المكتسبة من محصلة الإشعاع الشمسي المباشر والمنعكس والمنتشر الواصل للماء .

ك ح : كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بالحمل من سطح الماء.

ك ص : كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بالتوصيل من جدران وأرضية المسبح.

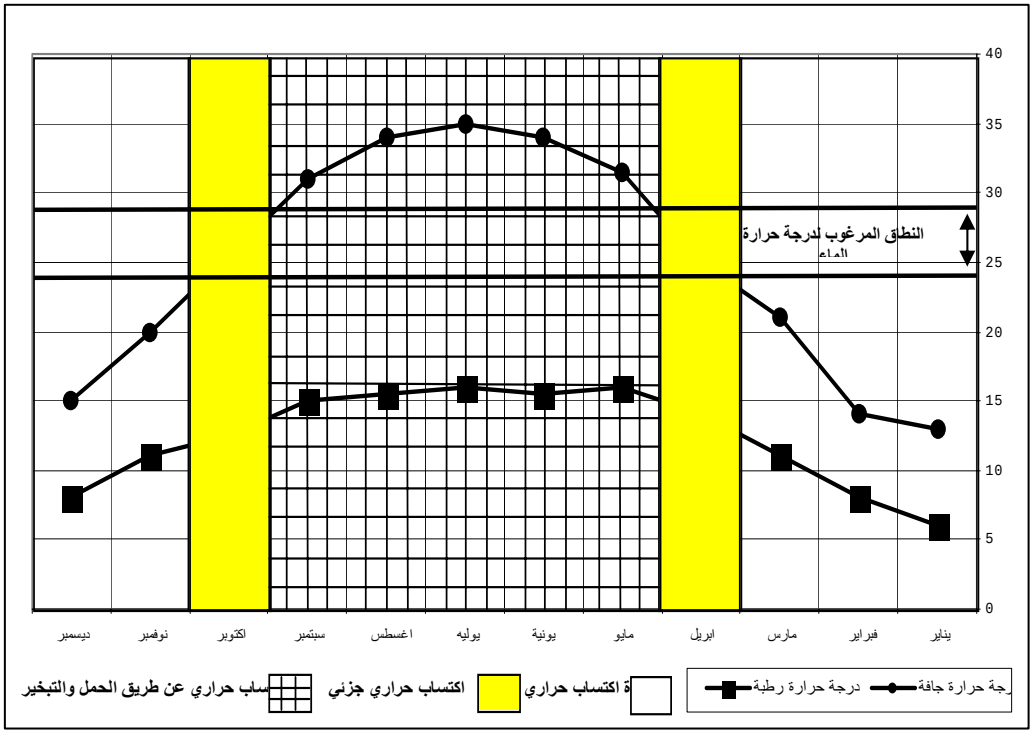
ك ت : كمية الحرارة المفقودة بالتبخير من سطح المسبح.

ك س : كمية الحرارة المفقودة من سطح الماء بالإشعاع ذو الموجة الطويلة للسماء.

ويوضح الشكل (٢) منحنى المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة لمدينة الرياض [٩]. حيث يبلغ المتوسط السنوي ٢٤°م تقريباً، وبناءً على ما سبق يتوقع أن تكون متوسط درجة حرارة الماء بنفس القيمة إلا أن المدى السنوي لدرجة حرارة الماء يقل عن المدى السنوي لدرجات حرارة الهواء بسبب اختلاف الحرارة النوعية للماء بالمقارنة مع الحرارة النوعية للهواء. كما أن عملية التبخر من سطح الماء إلى الهواء تسهم بشكل كبير كذلك في تقليل المدى السنوي لدرجات الحرارة.

ونظراً لأن المتوسط السنوي المتوقع للماء يقع ضمن الحدود المقبولة لدرجة حرارة ماء المسبح (٢٣°م- ٢٨° م). فإن الدراسة تفترض أولاً : إمكانية تسخين المسابح في المناطق الحارة الجافة بالطاقة الشمسية ليمكن الاستفادة منها طوال العام و بصورة اقتصادية.

ومن تقاطع النطاق المقبول لدرجات حرارة الماء و المتوسط السنوي مع منحنى المتوسطات الشهرية يتضح بأن ماء المسابح سيكون في حالة اكتساب حراري كامل ابتداء من شهر مايو وحتى نهاية شهر سبتمبر و في حالة إكتساب جزئي في شهري أبريل و أكتوبر. كما أن ماء المسابح فيما عدا ما يكتسبه من الإشعاع الشمسي المباشر سيكون في حالة فقد حراري للهواء ابتداء من شهر نوفمبر حتى شهر مارس عن طريق الحمل و التبخير. و تأسيساً على ذلك فإن الدراسة تفترض ثانياً : أن تتركز الحاجة إلى التسخين في خمسة أشهر فقط و هي نوفمبر و ديسمبر و يناير و فبراير و مارس.



الشكل (٢) المنحنى السنوي للمتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة للهواء الجافة و الرطبة في مدينة لرياض

طبيعة وخطة الدراسة :

اختار الباحثان أن تكون الدراسة ذات طبيعة تجريبية وليست نظرية وذلك للخروج بنتائج واقعية تأخذ بعين الاعتبار جميع المؤثرات بصورها الحقيقية بدلاً من وضع افتراضات نظرية غير حقيقية وغير شمولية ومن ثم تضمينها برنامج محاكاة يعطي نتائج غير حقيقية. قد امتدت الدراسة التجريبية لسنتين كاملتين من أجل استيعاب كافة المتغيرات المناخية بصورتها الحقيقية والشاملة. ونظراً لأن الدراسة ذات طبيعة تجريبية فقد استلزم الأمر إتباع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى : مراجعة الأبحاث والدراسات والأدبيات المنشورة من مختلف المصادر عن تدفئة المسابح بالطاقة الشمسية والتقنيات المستخدمة وذلك

لتكوين صورة ذهنية وخلفية موضوعية عن هذا المجال والإنجازات المتحققة فيه.

الخطوة الثانية: اختيار موقع الدراسة وتصميم وتركيب نظام التسخين الشمسي المناسب والذي توقع الباحثان من خلاله تحقيق أهداف الدراسة.

الخطوة الثالثة: تركيب نظام حاسوبي لأخذ القراءات وجمعها تمهيداً لتحليلها واستخلاص النتائج منها.

الخطوة الرابعة : جمع البيانات وذلك لجزأين من الدراسة:

الجزء الأول: ويتضمن جمع بيانات درجات الحرارة لماء المسبح في عدة نقاط إضافة إلى البيانات المناخية الأساسية المتزامنة معها وذلك لفترات زمنية تغطي فصول السنة المختلفة، وذلك قبل تشغيل نظام التسخين الشمسي بهدف التعرف على النمط الطبيعي لتغير درجات الحرارة لماء المسبح تبعاً للتغير في درجات الحرارة حسب فصول السنة وتعتبر هذه المرحلة أساسية لغرض إجراء المقارنة مع الوضع بعد تشغيل نظام التسخين الشمسي.

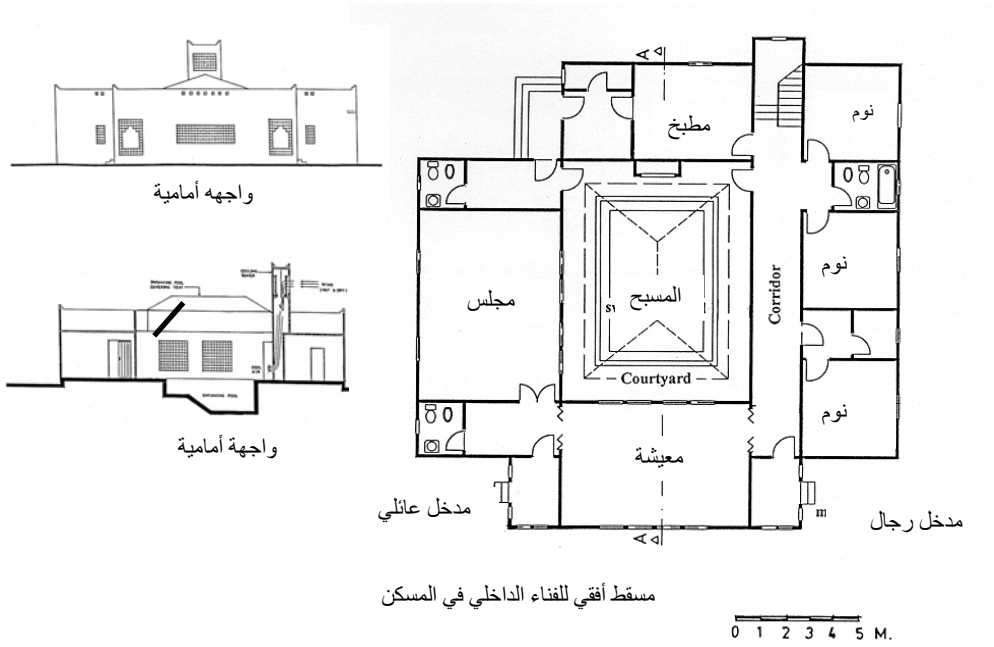
الجزء الثاني: ويتضمن جمع البيانات آنفة الذكر في الجزء الأول ولكن بعد تشغيل نظام التسخين الشمسي لفترات ممتدة تغطي فصول السنة، وذلك بهدف استخلاص وقياس وتقويم دور نظام التسخين الشمسي على ماء المسبح.

الخطوة الخامسة: تحليل البيانات المسجلة من مرحلتي الدراسة إضافة للبيانات المناخية وذلك تحليلاً وصفياً ونوعياً وذلك لتقويم فعالية النظام

واختبار فرضية الدراسة، ومن ثم تقديم التوصيات المناسبة لهذا الغرض.

موقع الدراسة :

تم اختيار مسبح شبه مغلق أبعاده ٤م × ٦م بمساحة تبلغ ٢٤م^{٢} بعمق بمتوسط يبلغ ١ر٦م ويقع المسبح في فناء مبنى سكني يقع في مزرعة في ضواحي مدينة الرياض. وأبعاد الفناء ٨م ×١٠م كما أن الفناء مظلل بخيمة من القماش الأبيض الخفيف . أما هيكل المبنى فمن الخرسانة المسلحة كما أن الحوائط من البلوك الخرساني غير المعزول. أما حوائط أرضية المسبح فمن الخرسانة المسلحة وحوائطه مكسوة بالقيشاني والممرات المحيطة به معطاة ببلاطات من الحجر الجيري العشوائي. ويبين الشكل (٣) المسقط الأفقي وقطاع وواجهة المبنى. وقد تم اختيار هذا الموقع نظراً لندرة السكنى فيه وبالتالي بعده عن التأثيرات المختلفة التي قد تؤثر على نوعية الدراسة ونتائجها.



الشكل (٣) المسقط الأفقي وواجهة وقطاع للمسكن في العيينة بمنطقة الرياض

البيئة المناخية لموقع الدراسة :

تقع مدينة الرياض (العاصمة) في الإقليم الأوسط من المملكة العربية السعودية على هضبة ترتفع أكثر من ٦٠٠م عن سطح البحر على خط عرض ٢٤° ' ٤٢° شمالاً وخط طول ٤٦° ' ٤٤° شرقاً. ويعتبر مناخ الرياض مثالاً للمناخ الصحراوي الذي يتميز بشدة الحرارة صيفاً والبرودة القارصة شتاءً مع قلة الأمطار والرطوبة النسبية على مدار العام، كما يتميز بقلة السحب معظم أيام العام.

ومن السجلات الرسمية لأحوال الطقس والمسجلة بواسطة مصلحة الأرصاد وحماية البيئة (١٠) والتي تمثل متوسط قراءات عشر سنوات (١٩٨٦- ١٩٩٥م) يلاحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر وتتراوح درجة حرارة الهواء الجافة للنهاية الصغرى من ٢٢,٠° إلى ٢٥,٤°م ، أما المعدل الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من ٤٤,٠°م إلى ٤٧,٤°م ،(انظر الشكل ٣). أما بالنسبة للرطوبة النسبة لنفس المدة فإن المعدلات العليا تتراوح من ٣٢,٠٪ إلى ٦٦,٠٪ والمعدلات الصغرى تتراوح من ٢٠٪ إلى ٣٪. ويتميز المناخ في مدينة الرياض بوفرة الإشعاع الشمسي شبه العمودي والتي تتراوح شدته من ٨١٣ إلى ٩٢٩وات/ م^{٢}.

تصميم وتركيب نظام التسخين الشمسي :

يعتمد تصميم نظام التسخين على الفترة الزمنية من العام التي يراد من النظام أن يغطيها . وفي الحالات التي تكون فيها المسابح خارجية ومكشوفة ويحتاج فيها أن يمتد موسم الاستفادة من المسابح لفصلي الربيع والخريف فقط فعادة ما يستخدم نظام تسخين مبسط ورخيص يتكون من مجمعات شمسية ذات أنابيب مصنعة من مواد بلاستيكية سوداء اللون ومعالجة من الأشعة فوق البنفسجية وذلك لتعمر سنوات طويلة. وبمرور ماء المسبح من خلالها يتم رفع درجة حرارته. ونظراً لأن الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء في فصلي الربيع والخريف عادة ما تكون مرتفعة نسبياً ، فإن الفقد الحراري من النظام يكون ضئيلاً. أما في الحالات التي يُراد من النظام أن يغطي فترات

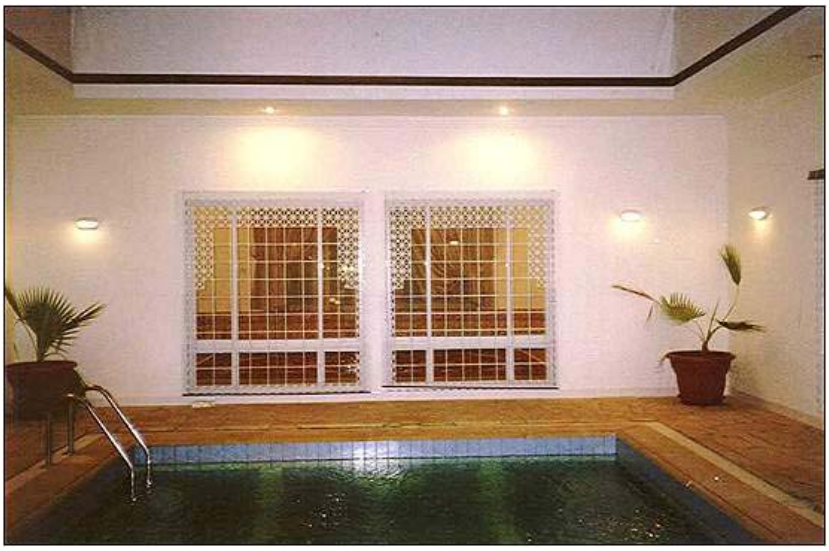
السنة كاملة وخصوصاً فصل الشتاء فعادة ما تستخدم مجمعات شمسية أكثر تطوراً وكلفة وتتكون من وحدات إطاريه مغطاة بالزجاج الشفاف وذلك لاستقبال و حبس حرارة الإشعاع الشمسي. ويمرر ماء المسبح خلال أنابيب نحاسية صغيرة سوداء مترابطة أو مثبته على صفيحة سوداء داخل الإطار. وهذا النظام يعتبر أكثر كفاءة وتعقيداً من النظام المبسط آنف الذكر.

ونظراً لأن فرضية الدراسة تؤكد إمكانية الاعتماد الكلي على الطاقة الشمسية لتسخين المسابح في المناطق الصحراوية بفرض الاستفادة منها طوال العام فقد تم اختيار النظام الأخير والذي يعتبر أكثر تطوراً.

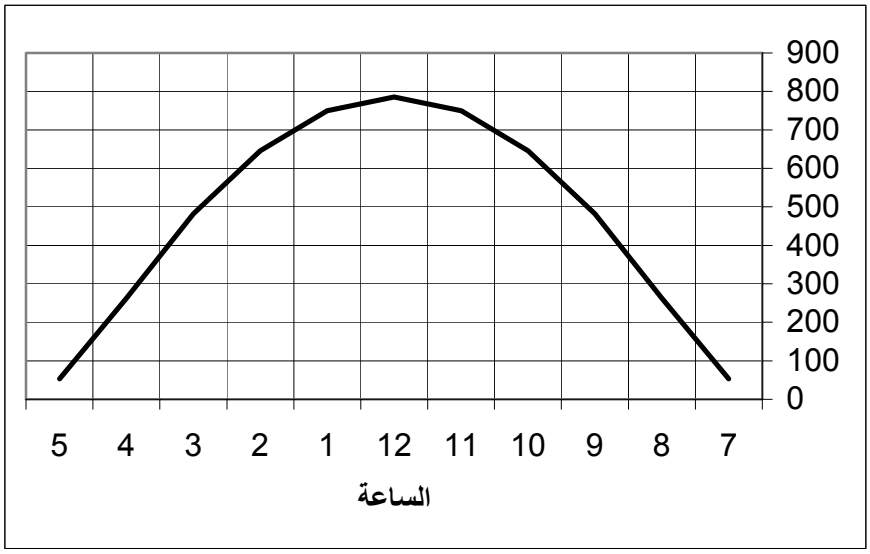
أما بالنسبة لمساحة المجمعات الشمسية والتي عادة ما تمثل ما نسبته ٥٠- ١٠٠٪ من مساحة المسبح فقد اختيرت نسبة ٥٠٪ ، وذلك من أجل التعرف على ما يمكن تحقيقه من تسخين باستخدام الحد الأدنى بالمساحة وذلك لتوافر الإشعاع الشمسي معظم أيام السنة بكميات مناسبة. وتمثل نسبة ٥٠٪ مساحة سطح المسبح ١٢مْ وقد تم توفيرها من خلال خمسة عشر لوحاً إطاريا من المجمعات الشمسية مساحة اللوح الواحد ٠,٨م^{٢} وقد تم تركيبها في خمس مجموعات بطريقة التوازي ووضع لكل مجموعة محبس خاص يمكن من خلالها عزل مجموعة أو أكثر من النظام . وقد تم تركيب وربط المجمعات ضمن دورة معالجة وتنقية مـــاء المسبح فبعد أن يخـــرج المـاء من جهاز التنقية يمر من خلال جهاز التنقية يمر من خلال المجمعات الشمسية ليعود إلى المسبح وقد تم تسخينه، وبذلك يستفاد من مضخة جهاز التنقية في دفع الماء خلال المجمعات الشمسية، وقد تم وضع محبس رئيسي يمكن بواسطته التحكم في دورة الماء لكي لا يمر من خلال المجمعات الشمسية وذلك عند الاستغناء عن الحاجة إلى التسخين. ويوضح الشكلين (٤، ٥) النظام المستخدم وارتباطه بالمسبح. وقد تم تركيب النظام على سطح المنزل بصورة مائلة بزاوية ٤٥° تقابل اتجاه الجنوب وبانحراف لا يتجاوز ١٥ إلى الشرق.

شكل (٤) صورة المجمع الشمسي المستخدم للتسخين ، مع توضيح ارتباط التسخين مع دورة الماء في جهاز التنقية

ويتم تشغيل مضخة ماء المسبح بصورة آلية من خلال جهاز مؤقت، وقد ضبط المؤقت لتشغيل المضخة بحد أدنى لمدة ست ساعات يومياً تمثل وسط النهار وهي الفترة التي يتوفر فيها الإشعاع الشمسي بصورة فعّالة في فصل الشتاء وذلك كما يوضحه منحنى الإشعاع الشمسي اليومي في شهر فبراير لمدينة الرياض شكل (٦) والمبني على بيانات الإشعاع في فصل الشتاء لخط عرض ٢٤° [١١].



شكل (٥) صورة للمسبح قيد الدراسة



شكل (٦) منحنى الإشعاع الشمسي على السطح الأفقي لخط عرض 24- شهر فبراير

نظام قراءة وجمع البيانات :

أُستخدمت أجهزة خاصة لجمع القراءات ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:

- **المجسات :**

تم استخدام مجسات حرارية (Thermocouples) لقياس درجة حرارة ماء المسبح في عدة مواقع، وهواء الفناء و أرضيته وحرارة الماء الخارج والداخل من المجمعات الشمسية. أما عناصر المناخ الخارجي فقد استخدمت محطة للأرصاد (شكل ٧) تتكون من:

١. مجس بيرانوميتر (Perineometer model LI - COR, type LI2004S) لقياس كمية الإشعاع الشمسي.
٢. مجس قياس سرعة واتجاه الرياح (A Met One anemometer; type 014A-U)
٣. مجس درجة حرارة الهواء الجافة و الرطوبة النسبية نوع (VAISALA type HMP35C).

- **نظام تجميع وتخزين قراءات :**

تم استخدام نظام (CR10). يقوم هذا الجهاز بتسجيل متوسطات لقراءات من جميع المجسات كل ١٥ دقائق ثم كل ٣٠ دقيقة ثم كل ٢٤ ساعة. ويوضح الشكل (٧) جامع القراءات المحوسب والذي يقوم بتسجيل وحفظ البيانات لفترات طويلة جداً ليمكن تفريغها آلياً بين فترة وأخرى.

- **وحدة حاسب آلي :**

تم استخدام جهازي حاسب الآلي شخصي ركب عليهما برنامج (PC208) أحدهما لتشغيل نظام قراءة و جامع البيانات (CR10) الخاص بالمسبح و الآخر لتشغيل و قراءة

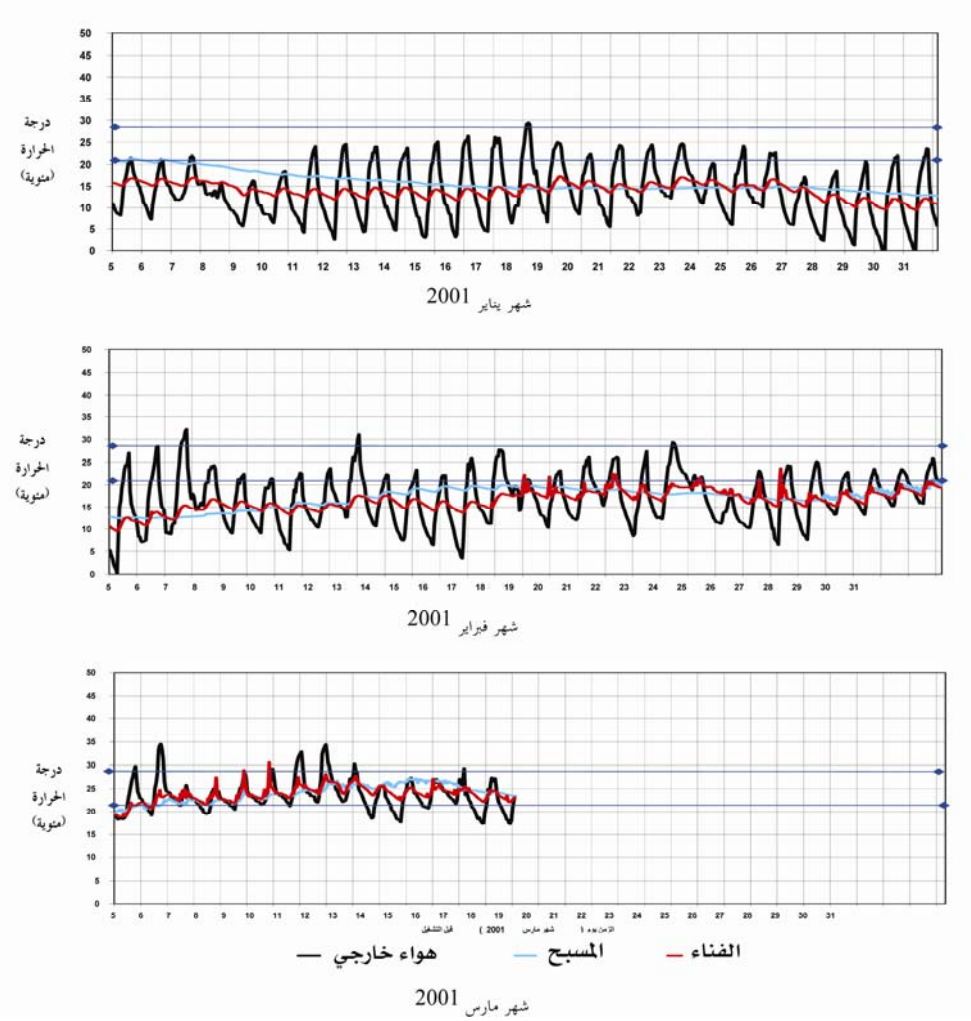
وجمع البيانات المناخية من محطة الأرصاد الجوية.

شكل (٧) صورة لمحطة الأرصاد وجامع القراءات الحاسب والذي يقوم بتسجيل وحفظ البيانات

تحليل البيانات :

- **دراسة نمط درجات حرارة المسبح قبل التسخين :**

أظهرت منحنيات البيانات المسجلة لدرجات حرارة الماء والهواء الخارجي والهواء في داخل الفناء قبل تشغيل نظام التسخين كما في شكل (٨) أن درجة حرارة الماء تأخذ بالتناقص ابتداء من شهر يناير إلى أقل من الحد الأدنى للنطاق الحراري المرغوب. وقد واصلت درجة الحرارة الهبوط إلى أدنى مستوى لها وهو ١٢,٥°م وذلك في بداية شهر فبراير ثم عادت لترتفع لتعود إلى النطاق الحراري المفضل في شهر مارس. وقد كانت درجة حرارة الماء في تلك الفترة أقل من درجة حرارة الهواء في داخل الفناء. مما يؤكد فرضية وجود فقد حراري من الماء إلى الهواء في الأشهر المذكورة .



شكل (٨) منحنيات البيانات المسجلة لحرارة الماء والهواء الخارجي والهواء داخل الفناء قبل تشغيل نظام التسخين الشمسي في أشهر يناير وفبراير ومارس

كما يلاحظ أن المتوسط اليومي لدرجة حرارة ماء المسبح في أشهر الشتاء كان يساوي المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء الفناء. إلا أن سرعة التغير في درجة حرارة الماء لم تكن بنفس سرعة تغير حرارة الهواء. ففي البداية عندما انخفضت درجة حرارة

الهواء بصورة سريعة في بداية شهر يناير نجد أن درجة حرارة الماء واصلت انخفاضها ولكن بمعدل أقل إلى أن وصلت إلى متوسط درجة حرارة هواء الفناء . أما في شهر يوليه فإن درجة حرارة الماء كانت أقل بكثير من متوسط درجة حرارة هواء الفناء ويبلغ الفرق بينهما ٧م. ويرجع السبب في أن درجة حرارة المسبح في ذروة الصيف لا تساوي متوسط درجة حرارة الفناء كما هو الحال في فصل الشتاء إلى أن الماء يتم تبريده بواسطة عملية التبخر التي تحدث على سطح الماء على مدار ٢٤ساعة مما يؤدي إلى خفض درجة حرارة الماء وإبقائها عند مستوى ٢٧م كأعلى مستوى يمكن أن تصل إليه.

وخلاصة القول فإن القراءات تثبت الحاجة إلى أن تسخين ماء المسبح ضروري جداً للأشهر ديسمبر ويناير وفبراير ومارس، كما أن الحاجة إليه هي بصورة أقل في أشهر سبتمبر أكتوبر ونوفمبر وأبريل ومايو. أما أشهر يونيه ويوليه وأغسطس فلا توجد هناك أية حاجة إلى التسخين على الإطلاق.

- **دراسة نمط درجات حرارة المسبح بعد التسخين :**

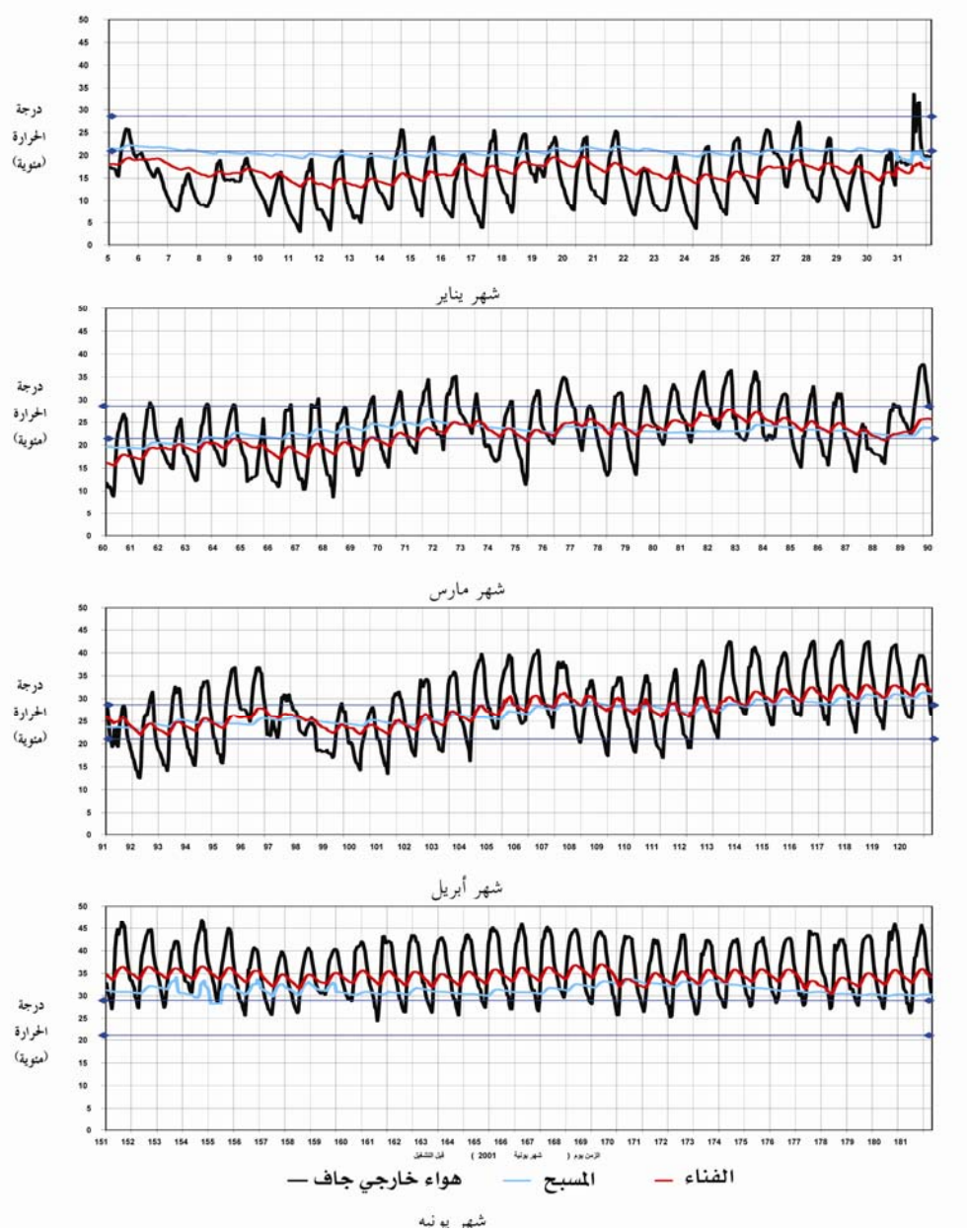
يوضح الشكل (٩) نمط التغير في درجات حرارة ماء المسبح والفناء والهواء الخارجي وذلك بعد تشغيل نظام التسخين الشمسي وذلك للأشهر من يناير وحتى يوليه. ومن الواضح في تلك المنحنيات، أن نظام التسخين كان قادراً على المحافظة على مستوى درجة حرارة الماء في شهر يناير واستقرارها ، وذلك على الرغم من انخفاض درجة حرارة الهواء الخارجي، ألا أن هذا الاستقرار كان دون الحد الأدنى المطلوب لحرارة الماء بدرجتين مئويتين. وقد استمر هذا الوضع مع بعض التذبذب حتى الثلث الأول من شهر مارس. بعد ذلك بدأت درجة حرارة الماء في الارتفاع، إلا أن ارتفاع درجة حرارة هواء الفناء كان أكبر مما جعل درجة حرارة الهواء تتجاوز درجة حرارة الماء بعد أن كانت أقل في شهري يناير وفبراير.

في نهاية شهر أبريل بدأت درجة حرارة الماء في تجاوز الحد الأعلى للنطاق الحراري المفضل للماء وقد أصبحت الزيادة أكثر وضوحاً في أشهر يونيو ويوليه وأغسطس.

وتأكيداً لما سبق فمن الواضح هنا بأنه لا توجد حاجة إلى التسخين في الأشهر يونيو ويوليه وأغسطس بل أن التسخين يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء بشكل يتجاوز الحد الأعلى للنطاق الحراري المفضل.

وبعكس ما كانت عليه درجة حرارة الماء في فترة ما قبل تشغيل النظام والتي كانت تساوي المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء فإن درجة حرارة الماء بعد تشغيل النظام أصبحت أعلى من المتوسط اليومي لدرجة حرارة هواء الفناء بمتوسط ٤ْم تقريباً.

كما يلاحظ في الأشهر يناير وفبراير ومارس بأن ماء المسبح يفقد جزءً من حرارته إلى هواء الفناء الذي يقل عنه في درجة الحرارة. إضافة على ذلك فإن نظام التسخين لم يحقق المستوى الحراري المطلوب في شهري يناير وفبراير. وكانت درجة حرارة الماء أقل بقليل من النطاق الحراري المفضل. ولا يتوقع أن يعود السبب في هذا العجز إلى عجز المجمعات الشمسية عن تحقيق التسخين المطلوب ولكن يعود إلى الفقد الحراري المعتبر الذي يحدث جراء عمليتي التبخر والحمل من سطح الماء ولا يعوض هذا الفقد بواسطة الاكتساب المباشر من الإشعاع الشمسي بسبب تظليل المسبح. ولذل فأن استخدام غطاء للمسبح في أشهر الشتاء ديسمبر يناير وفبراير ومارس مفيد جداً وذلك لتقليل الفقد بواسطة الإشعاع و البخر و الحمل مما يحافظ على استقرار درجة حرارة الماء ضمن النطاق الحراري المرغوب و إضافة إلى ذلك، فإن عزل الأنابيب المغذية و الراجعة من المجمعات الشمسية سيقلل من فقد الطاقة الحرارية المكتسبة ويؤكد دوفي ونبيكمان ذلك بأن المسابح غير المغطاة تفقد الحرارة عن طريق الحمل والتبخير من سطح الماء إضافة إلى ما تفقده عن طريق التوصيل إلى الأرض ويذكران بأن تغطية سطح الماء تحافظ على درجة حرارة الماء بحيث تقل عن درجة حرارة الهواء بخمس إلى عشر درجات مئوية [١٢].



شكل (٩) : نمط التغير في درجات الحرارة لماء المسبح والفناء والهواء الخارجي وذلك بعد تشغيل نظام التسخين الشمسي

ومما سبق فإن استخدام المجمعات الشمسية الإطارية ذات الغطاء الزجاجي بنسبة لا تقل عن ٥٠٪ من المساحة السطحية للمسابح في البيئات الصحراوية عندما تتوفر الظروف المناسبة تغطية سطح الماء وحمايته من التبخير وعزل الأنابيب المغذية والراجعة من المسبح وعزل جوانب المسبح وأرضيته يمكن أن يحقق التسخين الضروري لماء المسبح والمحافظة على درجة حرارته ضمن النطاق الحراري المرغوب ليمكن الاستفادة منه في السباحة طوال العام.

- **دراسة الجدوى الاقتصادية لنظام التسخين :**

لكي تكتمل الصورة حول جدوى استخدام نظام التسخين الشمسي للمسابح طوال فترات العام وبالأخص في فصول الشتاء و الخريف و الربيع، فإن دراسة الجدوى الاقتصادية للنظام تعتبر أمراً مهماً. ويمكن تبسيطها لنظام التسخين المستخدم حسب ما أورده كرومر و ذلك بالتحقق من أن تكلفة النظام يمكن استردادها من خلال قيمة الطاقة التي يوفرها النظام طوال المدة التي يتم تشغيله فيها وذلك في فترة كافية [٤].

وقد أوضح كرومر بأن الطاقة المكتسبة بواسطة النظام يتم حسابها من خلال معرفة كفاءة المجمعات الشمسية ومساحتها إضافة إلى عدد أيام التشغيل حسب المعادلة التالية[٤]:

طامك = كف × مس × عت .....(٣)

حيث أن:

طامك = الطاقة المكتسبة (كيلوات) مس = مساحة المجمعات (م^{٢})

كف = كفاءة المجمعات(كيلوات/م^{٢}) عت = عدد أيام التشغيل

ونظراً لأن كفاءة المجمعات الشمسية للنظام المركب هي ٤ر٧٣٢ كيلوات/متر^{٢} وإجمالي مساحة المجمعات الشمسية المركبة هي ٢٥ر١١ متر^{٢} وعدد أيام التشغيل

الفعالة بعد استثناء أشهر الصيف وهي ثمانية أشهر ، أي بواقع ٢٤٠يوم. فإن أجمالي الطاقة التي يوفرها النظام حسب المعادلة السابقة تبلغ ٥ر١٢٧٥٧ كيلوات سنوياً. حيث أن قيمة الطاقة الكهربائية حسب أسعار الشريحة الثانية من الشركة السعودية للكهرباء تبلغ ٢٠هللة للكيلووات، فإن قيمة الطاقة الموفرة بواسطة النظام الشمسي لو أريد توفيرها عن طريق نظام التسخين الكهربائي التقليدي ستبلغ ٥ر٢٥٥١ ريال سعودي سنوياً.

باعتبار القيمة الإجمالية لنظام التسخين الشمسي والتي تبلغ ١٥٠٠٠ريال سعودي فإن المدة المتوقعة لاسترداد هذه القيمة ستكون خلال ٦ سنوات تقريباً.

ويلاحظ بأن الطريقة آنفة الذكر لا تأخذ بعين الاعتبار الفقد الحراري من الأنابيب أو من سطح وجوانب المسبح وذلك لأن هذه العوامل المؤثرة تحدث بنفس المستوى في كلا النظامين التقليدي والشمسي. لذا فقد أهملت وتم التركيز على ما يولده النظام الشمسي من طاقة وما يقابلها بالنظام الكهربائي للتسخين.

ومما سبق، يتضح بأن استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المسابح في المناطق الصحراوية يعتبر فعّالاً ومجدياً اقتصادياً.

شكر وتقدير

يشكر الباحثان مركز البحوث بكلية العمارة والتخطيط على تمويل الدراسة واخراجها في الصورة المطلوبة.

المراجع :

1. Kut, D. , Hare, G. (1979): Applied Solar Energy: Halsted Press New York,.
2. Cromer, C.: Solar Heating Swimming Pools; A Question & Answer Primer; http; // www.fesc.edu/pubs/Energy Notes/EN-6-HTM.
3. Kreider, J.F. (1982) The Solar Heating Design Process, McGraw-Hill.
4. DOE (2000): Conserving Energy and Heating Your Swimming pool with Solar Energy; DOE/GO-loloub-1077,Fs104.
5. Cromer, C. (2000).; Solar Swimming Pool Heating in Florida Collector Sizing and Economics; http; //www.fsec. ucf.edu/solar/Apps/POOLHTG/pool Szy.HTM.
6. Bomin Solar GmbH (2002): The German swimming pool market and the economics of Solar heating; http:www.bomin-Solar.de/sdar-ehtm.
7. Kreider, J.F. & Kreith, F. (1982), Solar Heating and Cooling, Hemisphere Pnb. Co., Washington.
8. DOE; Swimming pools warm up to Energy-Saving Technologies; http:// www.eren.doe.gov/cities-cornties, swim.html.
9. Al- Megnen, K. (1987) Wind Towers For Passive Cooling in Hot-And Regions; Doctoral Dissertation, University of Michigan, USA,.
10. Presidency of Metrology & Environment, Kingdom's Climatic Data, Riyadh, Saudi Arabia.
11. ASHRAE, (1982), ASHRAE Funtamentals, Atlanta, GA. USA.
12. Duffie, J. & Beckman, W. (1989), Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, New York.

Solar Energy For Heating Swimming Pools in Desert Environment

Khalid A. Megren Al-Saud & Nasser A. M. Al-Hemiddi

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

Abstract:

This research focuses on the feasibility of utilizing solar energy in heating swimming pools in desert environment. The research work was conducted during two years, utilizing a swimming pool situated within a courtyard house in the countryside of Riyadh, Saudi Arabia. The main objective of the study was to identify the period during the year in which solar energy can be utilized to heat swimming pools. Experimental work was conducted and analyses of measurements were performed. Results indicate that the heating swimming pools is essential during the period December to March and less needed during the months September to May. During the months of June, July and August, heating is not needed. The results of this study indicate that solar energy heating of swimming pool in hot and dry region is appropriate and cost effective.