

محاكاة و تقييم استخدام منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية في المساجد داخل مدينة طرابلس- ليبيا

إبراهيم الهادي الطويل¹، المختار عبيد²، سعيد بالهاج³، بلقاسم سويد⁴

مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية . طرابلس - ليبيا.

بريد إلكتروني: ¹ibrahim.h.tawil@csers.ly, ²mukhtarabeid@csers.ly, ³sobelhaj@yahoo.com, ⁴sowed53@gmail.com

الملخص: تصنف المساجد باعتبارها أحد أكثر الأماكن جاذبية للمواطنين خلال أوقات الصلاة في ليبيا، حيث يتم استهلاك الطاقة الكهربائية على نطاق واسع وتحويلها إلى العديد من أنواع الطاقة، فإلى السخان مطلوب للوضوء خلال موسم البرد، الذي يستمر طيلة 5 أشهر في السنة تقريباً، حيث يتم استخدام الطاقة الكهربائية لتوفير الطلب على الماء الساخن. في هذه الورقة، تمت دراسة إمكانية تركيب سخانات المياه الشمسية في عشرة مساجد في مدينة طرابلس، وفقاً للاتفاق بين الهيئة العامة للأوقاف والشؤون الإسلامية و مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية CSERS، لذلك تم إجراء دراسة مفصلة لاحتمال تظليل الموقع خلال العام باستخدام برنامج استشاري المناخ Climate Consultant 6.0 و برنامج Sketchup Make 2017، علاوة على ذلك تم تصميم منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بواسطة برنامج (T*SOL Pro 5.5) للتصميم والمحاكاة. وقد بينت النتائج أن استخدام منظومات الدوران الطبيعي (Thermosyphon) يمكن أن يفشل في توفير حمل الماء الساخن في المساجد التي تم دراستها، وذلك بسبب وجود ظلال المباني المحيطة خلال فصل الشتاء وكذلك بسبب كبر حمل تسخين المياه لهذه المساجد المزدحمة. ومع ذلك، تم اقتراح استخدام منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ذات الدوران القسري (Forced Circulation) التي تستخدم مضخة تدوير، والتي تكون قادرة على توفير قدرات عالية مع انخفاض استهلاك الكهرباء، علاوة على ذلك فإن الأنظمة التي يتم ضخها متوافقة مع الأنظمة التقليدية التي تعمل بالوقود.

Simulation and Evaluation of Solar Water Heating Systems Availability in Mosques Sector in the City of Tripoli- Libya

Ibrahim H. Tawil, Mukhtar BenAbeid, Said Belhaj, Belgasim Sowid

Centre for Solar Energy Research and Studies, Tripoli, Libya

Abstract: Mosques are classified as one of the most attractive places for the Libyan people during prayer times, where electrical power is consumed extensively and converted into many energy types. Hot water is required for ablution during the cold season, which occupies 5 months per year, approximately, where electrical power is utilized to provide hot water demand. In this paper, the possibility of installing solar water heaters in ten mosques in the city of Tripoli is studied, according to an agreement between the General Authority of Awqaf and Islamic Affairs and CSERS. Therefore, a detailed study was performed for site shading probability during the year using Climate Consultant 6.0 software, and Sketchup Make 2017. Furthermore, the solar water heating system was designed by (T*SOL Pro 5.5) design and simulation software. The results have illustrated that employing

thermosyphon systems could fail to fulfil water heating load in the studied mosques, due to the presence of the surrounding buildings shade during winter and the high water heating load of such crowded mosques. However, the present study suggests the use of central pumped solar water heating systems (forced circulation), which are able to provide high capacities with low electrical consumption. Moreover, the pumped systems are compatible with the conventional fuel powered systems.

Keywords: Solar water heating systems, Thermosyphon system, Forced Circulation, T*SOL, Shading Study.

1. مقدمة

نظراً للنمو العمراني المتزايد و زيادة المرافق التجارية في المدن، بالإضافة إلى الزيادة في عدد السكان، فإن عدد المساجد في إزداد مستمر، وتعتبر المساجد من أهم المرافق التي يجتمع فيها عدد كبير من المواطنين لأداء عبادة الصلاة، فالمساجد تعتبر منارة يمكن من خلالها نقل المعرفة بين مختلف المواطنين، و على هذا الأساس فإن تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية لتسخين المياه المستخدمة بمواضع المساجد سيساهم في توعية المواطنين بأهمية استخدامها لما لها من أهمية في تأمين فوائد اقتصادية وبيئية كبيرة للمواطنين مقارنة بأجهزة تسخين المياه التقليدية حيث إنها إلى جانب توفير المصاريف الكهربائية أو الوقود المستخدم من أجل تسخين المياه فإنها توفر كميات كبيرة من المياه الساخنة لاستخدامها طيلة اليوم ولتسنوات عديدة تزيد عن العشرين سنة، وهذا يفوق بكثير عمر سخانات المياه التقليدية، و تركيب هذا النوع من المنظومات على أسطح المساجد يتطلب دراسة قبل التركيب، فالمساجد لها تصاميم عمرانية تراعى فيها توجيه المسجد نحو القبلة و بعض منها تبني عليها القباب بشكل نصف كرة مما يشغل بعض المساحات على سطحها، و مما يراعى أيضاً بنائه مع المسجد ضمن التصاميم المتعارف عليها بناء مآذنة يزيد ارتفاعها عن سقف المسجد، كما تتطلب المساجد عدة مرافق يحتاج إليها من ضمنها الحمامات و المواضع، حيث يحتاج العديد من المصلين إلى تسخين ماء الوضوء خلال فترة البرودة و التي تتراوح من 5 إلى 6 شهور سنوياً، و يتفاوت استهلاك الماء الساخن بناء على عدد المصلين من مسجد لآخر و من وقت صلاة لآخرى حسب موقع المسجد، حيث يزيد كثافة المصلين في مساجد المدن عن مساجد الأرياف، فالمدن بها عدد كبير من المساجد و لكن ليست جميعها ملائمة لتركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية نظراً لكثافة المباني حولها.

كما أن المساجد من المرافق التي يزداد عددها بزيادة التطور العمراني في البلاد، حيث أن عدد المساجد القائمة بمختلف مناطق ليبيا يزيد عن 5,000 مسجد، وقد لوحظ من خلال زيارات سابقة للمساجد أنها تحتوي على ما يتراوح بين (1-3) سخان كهربائي في كل مسجد، أي ما يقدر (من 8,000 إلى 9,000) سخان كهربائي بكافة مساجد ليبيا وهذا يشكل عبئاً كبيراً على الشركة العامة للكهرباء من حيث الأحمال الكهربائية المستهلكة في تسخين المياه و ما يكافئها من وقود مستهلك، حيث إن معظم السخانات الكهربائية المستخدمة هي بسعة 80 لتر و قدرة 1,500 وات للسخان الواحد، و لأهمية تخفيض الأحمال الكهربائية المستهلكة بالمساجد فإنه يجدر البحث في هذا الجانب و مدى مشاركة الطاقة الشمسية لتسخين المياه و توليد الطاقة الكهربائية، لأجل ذلك، تمت زيارة عدد 10 مساجد في مدينة طرابلس عينتها الهيئة العامة للأوقاف و الشؤون الإسلامية لإجراء دراسة عنها من حيث تقييم الموقع و تحديد العوائق التي تحول دون تركيب منظومات الطاقة الشمسية لتسخين المياه أو منظومات الخلايا الشمسية، و لأخذ المعلومات التي تساعد في تحديد و تحجيم المنظومات اللازمة.

و قد تم اقتراح استراتيجية متكاملة لنقل و توطين تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية من توريد و تركيب منظومات و تصنيع و اختبار و تدريب و بحث و تطوير لمدة 10 سنوات يتم خلالها تركيب 250,000 سخان شمسي في القطاع المنزلي بليبيا أي ما يمثل نسبة 25 % من المنازل القائمة لسنة 2013م وهي سنة الأساس، حيث يتم ذلك بدعم السخانات الشمسية بمبلغ يعادل 65 % من تكلفة السخان الشمسي المقترح حتى تكون اقتصادية و منافسة لسخانات المياه الكهربائية المستخدمة حالياً في القطاع المنزلي بليبيا كما في [1]. وهذا بعد أن تم دراسة تأثير استبدال سخانات المياه الكهربائية في القطاع السكني بليبيا بأخرى شمسية على خفض حمل الكهرباء الأقصى وزيادة معامل الحمل. فقد أوضحت النتائج أن توفير السنوي من الطاقة نتيجة الإحلال يصل إلى 2.55 تيراوات-ساعة، ومعامل الحمل يتحسن بمقدار 2% من 65% إلى (67%) والطاقة الموفرة تعادل محطة قدرة بقدرة اسمية تبلغ 448 ميجاوات باعتبار معامل الحمل [2] 0.65. بالإضافة إلى أنها بينت أن معدل استهلاك الفرد للماء الساخن يصل إلى 60 لتر يومياً عند درجة حرارة 45°، ومن خلال هذه الدراسة تبين أن الحمل السنوي لتسخين المياه لأسرة مكونة من 6 أشخاص يصل إلى 3060 ك.و.س، و أن المعدل السنوي للمشاركة الشمسية هو 70%. كما تم دراسة تكلفة الطاقة الكهربائية المستهلكة لتسخين المياه في قطاع الفنادق والتي تبين أنها تبلغ 1.3 مليون دينار ليبي سنوياً وفقاً للسعر المدعوم لتعريف الطاقة [6].

كما استعرضت دراسة أخرى تحسين إدارة الطلب على الطاقة في ليبيا بواسطة التسخين الشمسي وذلك بإجراء تقييم ومقارنة أوضاع تسخين المياه المنزلية بوضعها الحالي كهربائياً مع افتراض استبدالها تدريجياً بالسخانات الشمسية حتى سنة 2050 باعتبار سنة

2014 سنة أساسية، و تم استخدام دالة منطوقية (Logistic Function) لتخمين انتشار تقنية تسخين المياه بالطاقة الشمسية في القطاع المنزلي على مستوى ليبيا [3]. وتم دراسة و تحديد العوامل التي قد تدفع الناس لقبول استخدام سخانات المياه بالطاقة الشمسية التي من شأنها أن تساهم في تطور اقتصاد البلاد [5].

من ناحية أخرى أجري تحليل فني و اقتصادي لمنظومة هجينة من منظومات الطاقة المتجددة باستخدام برنامج HOMER لدراسة إمكانية تزويد الطاقة الكهربائية لأحد المساجد الواقع بالمنطقة الصحراوية حيث يبعد (250 ك.م) عن مدينة الكفرة على الطريق الرابط بين الكفرة و اجدابيا، حيث بينت هذه الدراسة نمط الاستهلاك اليومي للمسجد خلال الفصول الأربعة [4]. تصمم المساجد حسب احتياجات السكان من واقع عدد السكان المجاورين للمسجد، حيث تصمم على أساس 12 % من عدد السكان بواقع 3 م لكل فرد بمساحة الفضاء و المساحة المسقوفة تكون 1.5 م² لكل فصل و تشمل هذه المساحات بيت الصلاة و المداخل و الميضاة و الحمامات، والمأذنة و مكان وضع الأحذية. أما بالنسبة للمساجد بالمناطق التجارية فتقدر سعة المسجد 3 % من عدد السكان بالمنطقة بواقع 3 م² لكل فرد بمساحة المسقوفة 1.5 م² لكل فصل تشمل جميع المرافق و خدمات المسجد و تصمم الحمامات بواقع 40 مصليا لكل حمام [7].

2. دوافع تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية في المساجد

بإمكان سخانات الشمسية توفير ما يزيد عن 70 % من الطلب على الماء الساخن. نشر الوعي بين جميع المصلين و بين عامة الناس، حيث أختيرت المساجد الواقعة في أكثر المناطق حيوية بمدينة طرابلس. تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة بالمساجد، حيث إن المواطنين غير ملزمين بدفع فواتير الكهرباء حيث تدفع من قبل الهيئة العامة للأوقاف.

1. ملائمة للبيئة، حيث تقلل من انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO₂، كما إنها تقلل من الاعتماد على المولد الكهربائي الذي يزعج المصلين بصوت تشغيله و برائحة الغازات المنبعثة منه.
2. إجراء القياسات الحرارية و الكهربائية الفعلية لدراسة نمط استهلاك الماء الساخن بالمساجد و مدى قدرة السخان الشمسي على تغطية هذا الطلب، و بناء على القياسات الفعلية يمكن إجراء العديد من الأبحاث التي تهتم بالمساجد.
3. يمكن لطلبة الجامعات و المعاهد العليا الاستفادة من منظومات الخلايا الشمسية و أنظمة التسخين الشمسي على أسطح المساجد و ذلك بإجراء عدة مشاريع تخرج في مجالات الهندسة الميكانيكية و الكهربائية.

3. متطلبات تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية

3.1. الحوافز المالية

- هذه الحوافز تؤثر مباشرة على فترة الاسترداد والعائد على الاستثمار و تشجيع المواطنين على تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية، و من الحوافز المالية والاقتصادية المتعلقة بالتركيب ما يلي [8]:
1. مساهمة مالية غير مباشرة تمنحها الدولة للمواطنين الراغبين في تركيب منظومات التسخين الشمسية و ذلك بتحمل نسبة معينة من التكلفة.
 2. تخفيض أو الإعفاء من الضرائب الجمركية على موردي منظومات التسخين الشمسي.
 3. منح قروض بدون فوائد تسدد عن طريق المصارف في حال تحميل التكلفة على المواطن.

3.2. الحوافز غير المالية

يشمل هذا النوع من الحوافز [8] :

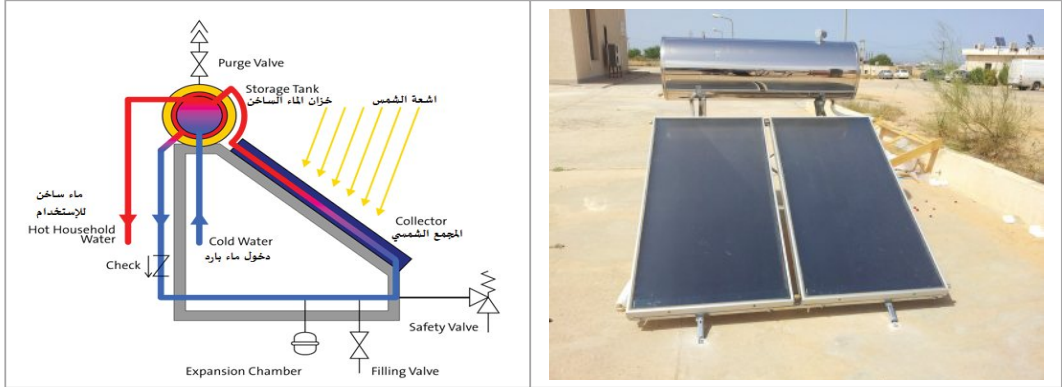
1. السياسات العامة الداعمة لاستخدام السخانات الشمسية، مثل دعم البحوث و الإستثمار .
2. اتخاذ تدابير لضمان الجودة من حيث مطابقة المنتجات و التركيب لمعايير تقنية معينة، ومن الممكن أيضاً تبني مواصفات للمنتج و منح شهادات للمركبين.
3. مبادرات التوعية و تشجيع استخدام السخانات الشمسية.
4. الحوافز الأكثر أهمية هي إصدار الأحكام القانونية التي تجعل تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية إلزامياً في المباني الجديدة.
5. إقامة الدورات التدريبية لفنيي التركيب.

4. منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية المقترح دراستها

في هذه الدراسة تم الأخذ بعين الاعتبار نوعين من منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية المقترح تركيبها على أسطح المساجد و ذلك لتحديد الحجم المناسب من كل نوع، و لم تشمل هذه الدراسة مقارنة اقتصادية بين المنظومات المقترح تركيبها لكل مسجد و المعنونة في البنود التالية:

1.4. استخدام منظومات الطاقة الشمسية ذات الدوران الطبيعي (Thermosiphone)

إن منظومات تسخين المياه ذات الدوران الطبيعي للمجمعات الشمسية المستوية شكل (1) هي أكثر المنظومات استخداماً في ليبيا رغم قلة عدد المنظومات المركبة، وهي تتميز بسهولة تركيبها ولا تحتاج إلى تيار كهربائي لضخ مائع نقل الحرارة بين الخزان والمجمعات الشمسية و لكن يدمج معها عنصر كهربائي يساعد في تسخين المياه في فترة عدم وجود الشمس و انخفاض درجة حرارة الماء الساخن بالخزان إلى أدنى من درجة الحرارة التي يضبط عندها هذا العنصر [9].



شكل (1). منظومة الدوران الطبيعي لتسخين المياه بالطاقة الشمسية [9].

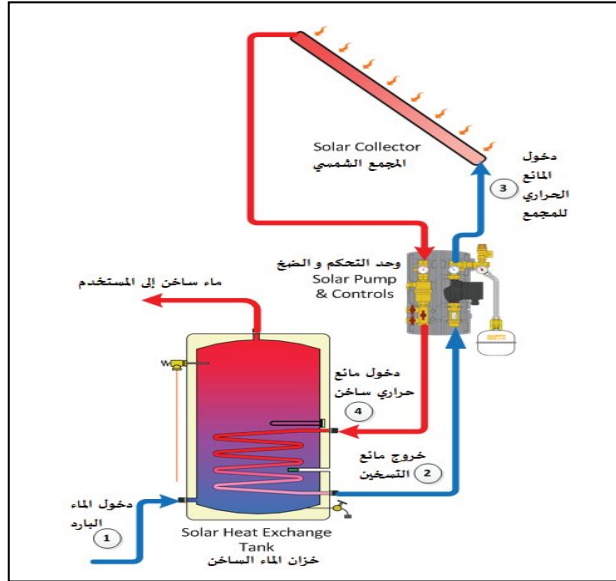
2.4. استخدام منظومات الطاقة الشمسية لتسخين المياه ذات الدوران القسري (Forced Circulation)

يعتمد هذا النوع من منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية على استعمال مضخة تفاديا لعيوب النظام السابق كصعوبة تركيب الخزانات فوق مستوى المجمعات لاعتبارات الوزن وغيرها، حيث يبين الشكل (2) مخططاً توضيحياً لإحدى هذه المنظومات، و لكن هذا النوع يحتاج إلى تيار كهربائي لتشغيل مضخة تدوير السائل الحراري بين المبادل الحراري بالخزان والمجمعات الشمسية أعلى سطح المسجد و هذا يعتبر أحد العيوب التي يواجهها هذا النوع من المنظومات في حال انقطاع التيار الكهربائي لفترات طويلة خلال زمن السطوع الشمسي الذي تحتاجه المنظومة لتسخين المياه و تخزينها في خزان يوضع بالأسفل داخل الحمامات أو أي حجرة خاصة، كما تحتوي هذه المنظومة على عنصر تسخين مساعد إما كهربائي أو باستخدام الوقود [9].

و في هذه الدراسة تم تحليل حمل تسخين المياه باستخدام هذا النوع من المنظومات لمسجد القدس و ذلك بهدف مقارنتها كحل بديل للمنظومات السابقة.

5. دراسة إمكانية تركيب منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية على أسطح المساجد

تضمنت هذه الدراسة عدة خطوات و مراحل، حيث أجريت الزيارة الميدانية لكل مسجد و ذلك لدراسة مواقع التركيب المتاحة و قياس المسافات بين موقع التركيب و العوائق المحتملة، بالإضافة إلى تقدير استهلاك المياه لكل مسجد. ومن مراحل هذه الدراسة برامج المحاكاة لرسم المساجد و تمثيل ظل العوائق في مكان التركيب المقترح و ذلك باستخدام برنامج (Sketchup make 2017)، و كذلك رسم العوائق على مخطط المسار الشمسي (Azimuth- Evaluation)، و ذلك باستخدام برنامج [10] (Climate Consultant 6.0)، الذي يعمل على تحليل البيانات المناخية لمدينة طرابلس بصيغة (epw) [11]، و لدراسة نمط استهلاك الماء الساخن بالمساجد في أوقات الصلوات و مدى قدرة السخان الشمسي على تغطية هذا الطلب تم استخدام برنامج محاكاة أنظمة التسخين الشمسي للمياه (T+SOL) لتحديد العدد الكافي من المنظومات لكل مسجد.



شكل (2). المنظومة الشمسية ذات الدوران القسري لتسخين المياه [9].

1.5. الزيارة الميدانية لجمع بيانات الاستهلاك بالمساجد

تتم الزيارة الميدانية للمساجد المدرجة بالجدول (1)، وذلك وفقاً لمنهجية متبعة من حيث كثرة المصلين الذين يرتادون هذه المساجد في كل أوقات الصلاة يومياً، بالإضافة إلى ملائمة الموقع، و يجب أن يكون مكان تركيب المنظومة على سطح المسجد واضح ومرئي للعامة بالطرقات والمنازل المجاورة وذلك لنشر الوعي بين المصلين وإعطائهم فكرة عن جدوى التسخين الشمسي لتوفير الماء الساخن خلال فترة الطلب شتاءً، وخلال الزيارة الميدانية يتم تجميع البيانات اللازمة للدراسة وهي كالتالي:

1. قياس المساحات المتاحة والملائمة لتركيب أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية على أسطح المساجد، و بعد مكان تركيبها عن المواضع.
2. دراسة مدى وصول الإشعاع الشمسي لموقع التركيب.
3. تحديد معوقات التركيب (الظل و عدم كفاية الموقع) و النظر في إمكانية تضاوي هذه المعوقات.
4. تقدير عدد المصلين الذين يرتادون المساجد في كل أوقات الصلاة يومياً وذلك وفقاً لمعلومات القيميين وإمامة الأوقات بالمساجد.
5. تقدير عدد المتوضئين المستخدمين ماء الوضوء بمواضع المساجد في كل أوقات الصلاة. وذلك بإجراء استبيان يهدف لتحديد نسبة المصلين المستخدمين لمواضع المسجد إلى العدد الكلي للمصلين.
6. تقدير كمية الماء الساخن المستهلكة يومياً لتحديد عدد المنظومات المطلوبة لكل مسجد.

2.5. تقييم مواقع التركيب.

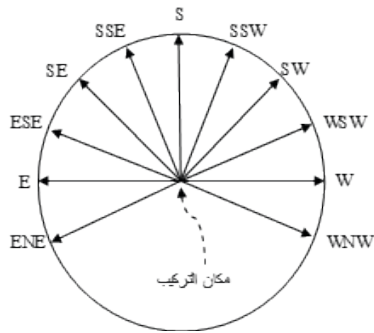
بناء على الزيارة الميدانية للمساجد لدراسة إمكانية تركيب سخانات شمسية على أسطح المساجد فقد تم تقييم موقع التركيب من حيث المساحة وحساب المسافات بين مكان التركيب والمعوقات التي قد تسبب ظل على هذا الموقع وقد تم في ذلك إتباع الاعتبارات الفنية المتبعة التالية:-

1. تم تقييم مواقع المساجد بناء على حسابات زوايا الظل وزوايا الشمس ليوم 12/21.
2. تم تمثيل ظل الحوائط المتمثلة في المباني المجاورة والأشجار باستخدام برنامج (SketchUp Make 2017)، حيث أخذ مسقط الظل عند كل ساعة بالنسبة للمساجد التي يجاورها عدة مباني من جهة (الشرق - الجنوب - الغرب).
3. تم رسم العوائق كالمباني والأشجار المجاورة للمساجد على خريطة المسار الشمسي (Azimuth - Evaluation)، باستخدام البرنامج

المجاني استشاري المناخ (0.6 Consultant Climate) فهو برنامج كمبيوتر مجاني وسهل الاستخدام للمهندسين المعماريين والبنائين والمقاولين وأصحاب المنازل و الطلاب، يعتمد على الرسوم البيانية ويعرض بيانات المناخ بعشرات الطرق المفيدة بما في ذلك درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والغطاء السماوي والإشعاع الشمسي في كل من رسومات ثنائية وثلاثية الأبعاد لكل ساعة حيث يستخدم بيانات المناخ بتنسيق EPW السنوي الذي تبلغ مدته 8760 ساعة، كما يقوم استشاري المناخ أيضا برسم المخططات الشمسية ومخططات التظليل الشمسي المغطاة بالساعات التي تتطلب التدفئة الشمسية أو عند الحاجة إلى تظليل [10]. حيث يأخذ بعين الاعتبار ارتفاع المباني المجاورة (H) وبعدها (L) والواقعة في الاتجاهات التي تعترض مسار الشمس في أطول مسار لها في يوم 06/21، وتكون الزاوية الفاصلة بين اتجاهه و آخر في هذا البرنامج هي (5°.22) كما هي مبينة في الشكل (3).

جدول (1). قائمة المساجد المقترحة من هيئة الأوقاف والشؤون الإسلامية

ت	اسم المسجد	المنطقة	إحداثيات الموقع
			شمال (N) شرق (E)
1	مسجد القوزقو	زاوية الدهماني	"49.61'32°53
2	مسجد ابو ظهير	الظهرة	"51.05'13°11
3	مسجد الزويكي	الهاني	"54.74'13°12
4	مسجد الماجدية	شارع الزاوية	"8.00'13°11
5	مسجد بن ناجي	بن عاشور	"46.55'13°11
6	مسجد بالإمام	الظهرة	"24.63'13°11
7	مسجد العنقودي	شارع الظل	"40.70'13°12
8	مسجد المغاربة	شارع 24 ديسمبر	"9.38'13°11
9	مسجد مولاي محمد	شارع الجمهورية	"16.75'13°11
10	مسجد القدس	جزيرة القدس	"43.88'13°10



الرمز	تفسير الرموز
ENE	شمال شرق - الشرقي
E	الشرق
ESE	جنوب شرق الشرقي
SE	جنوب شرق
SSE	جنوب شرق الجنوبي
S	الجنوب
SSW	جنوب غرب الجنوبي
SW	جنوب غرب
WSW	جنوب غرب الغربي
W	الغرب
WNW	شمال غرب الغربي

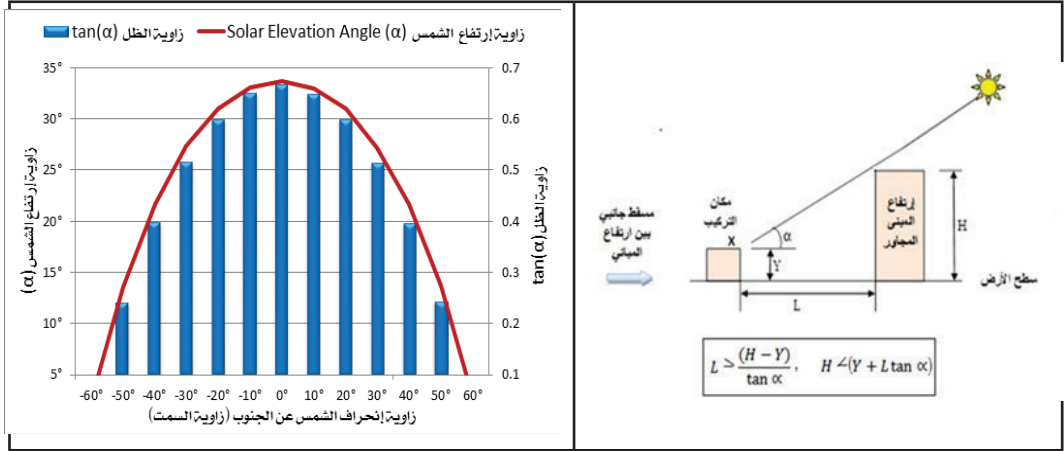
شكل (3). الاتجاهات التي تمثل زاوية السمات (Azimuth) للمباني المجاورة لمكان التركيب

و يبين الشكل (4) مكان التركيب الذي يرتفع (Y) عن سطح الأرض و ارتفاع المبني المجاور (H) و بعده (L) حيث إن بعد هذا المكان عن المباني المجاورة [12]، و يختلف من اتجاه لآخر حسب زاوية سمت الشمس و زاوية ارتفاع الشمس (α) ليوم 12/21 و بدلالة ارتفاع المبني المجاور فإنه يمكن تقدير البعد الأدنى المسموح به حتى لا يتكون ظل على مكان التركيب وذلك بتطبيق العلاقة التالية:

$$L > \frac{(H - Y)}{\tan \alpha} \quad (1)$$

و من العلاقة (1) و بتطبيق زاوية ارتفاع الشمس (α) ليوم 12/21 (ديسمبر) المبينة بشكل (5) فإنه يمكن تقدير أقل بعد للمباني المستقبلية و التي ممكن إنشائها في أي اتجاه بحيث لا تشكل ظل على المنظومة الشمسية المركبة في موقع معين مشار إليه بالرمز (X)، و كذلك يمكن تقدير الارتفاع الأقصى المسموح به للمباني المجاورة سواء القائمة منها أو المتوقع إنشائها و ذلك بمعلومية البعد (L) وزاوية ارتفاع الشمس في اتجاه المبني المجاور وفقا للعلاقة التالية:

$$H < (Y + L \tan \alpha) \dots\dots\dots (2)$$



شكل (5) تمثيل زاوية ظل ارتفاع الشمس بدلالة زاوية السم

شكل (4) مخطط يبين ارتفاع و بعد للمبنى المجاور لموقع التركيب

3.5. تصنيف المواقع المقترحة للتركيب.

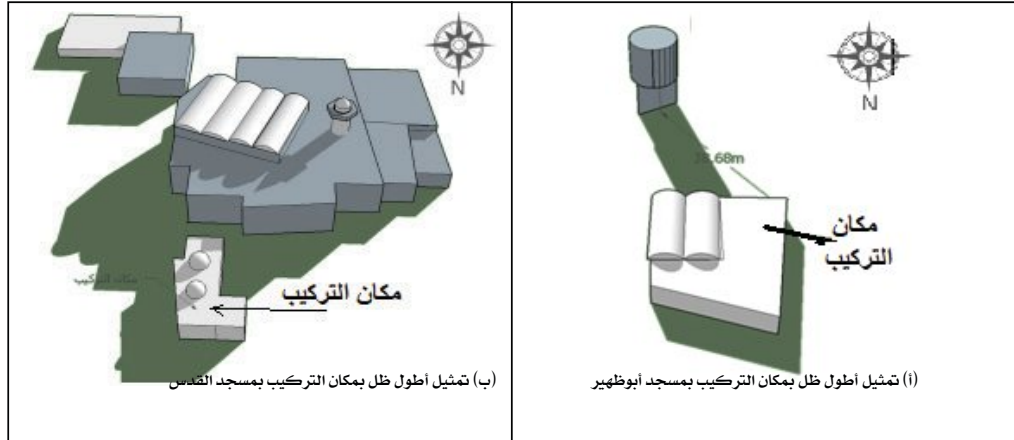
تصنف المساجد حسب إمكانية تركيب منظومات تسخين المياه الشمسية من حيث مساحة التركيب و تكون ظلال المباني المجاورة على موقع التركيب إلى التصنيف التالي:-

1.3.5. مساجد متاحة للتركيب

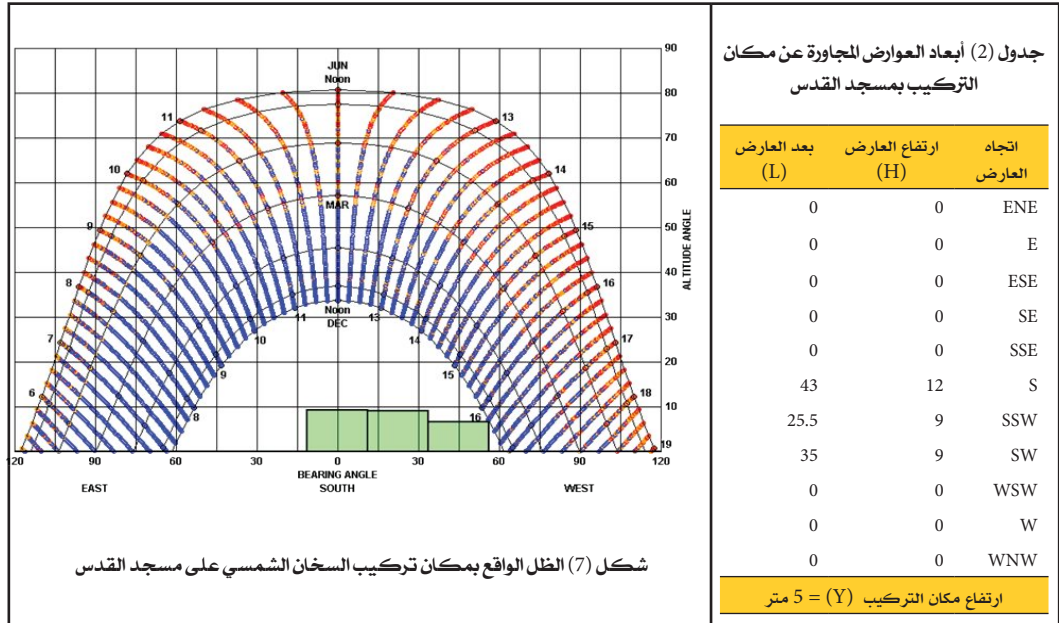
هذا الصنف من المساجد يشمل كل من مسجد الزويكي، مسجد أبو ظهير، مسجد المغاربة و مسجد القدس، حيث يحتوي كل منها على مساحة كافية لتركيب منظومة التسخين الشمسي، فموقع التركيب في هذه المساجد بعيد عن المباني و الأشجار المجاورة مسافة تمنع تكون الظل على هذا الموقع و يمكن ملاحظة ذلك باستخدام برنامج SketchUp Make 2017، فعلى سبيل المثال بمسجد أبو ظهير شكل (6-16) يبين أنه لا يوجد ظل على مكان التركيب لهذا المسجد، بينما يبين الشكل (6-6) ب) تمثيل أطول ظل واقع على مكان التركيب بمسجد القدس كما سجلت أبعاد العوارض المجاورة لمكان التركيب بهذا المسجد في الاتجاهات المدرجة بالجدول (2) و المبينة على مخطط زاوية (السمت - الارتفاع) (Azimuth - Evaluation)، باستخدام البرنامج محاكاة الطقس (Climate Consultant 6.0) كما هو مبين بالشكل (7).

2.3.5. مساجد غير متاحة للتركيب:

و يشمل هذا الصنف كل من مسجد القوزقو، مسجد الإمام و مسجد مولاي محمد و مسجد الماجدية حيث توجد بها مساحة كافية لتركيب منظومات التسخين الشمسي، و لكنها غير متاحة للتركيب بسبب تكون الظل على مكان التركيب لساعات طويلة من اليوم و بالأخص في الفترة بعد صلاة العصر فإن السخان الشمسي لا يمكن أن يوفر الماء الساخن أثناء الليل، و الشكل (8) يبين تمثيل أطول ظل بمكان التركيب بمسجد القوزقو كحالة دراسية لهذا الصنف، حيث لا يمكن عرض تمثيل الظلال لكافة المساجد المذكورة في هذه الورقة. كما يبين مخطط زاوية (السمت - الارتفاع) بالشكل (9) أبعاد المباني المجاورة المدرجة بالجدول (3) و ذلك لمعرفة فترة تكون الظل في أي وقت خلال الفترة (12/21 إلى 06/21)، و قد لوحظ من خلال تمثيل ظل المباني المجاورة لمكان التركيب على هذا المخطط أن هذه المباني تكون أكثر ارتفاعاً من مسار الشمس وهي تعترض الشعاع الشمسي الساقط على المكان المقترح للتركيب لساعات طويلة يومياً في الشهور التي يحتاج فيها إلى استخدام المياه الساخنة و الممتدة من شهر ديسمبر إلى شهر مارس. حسب هذا المخطط.

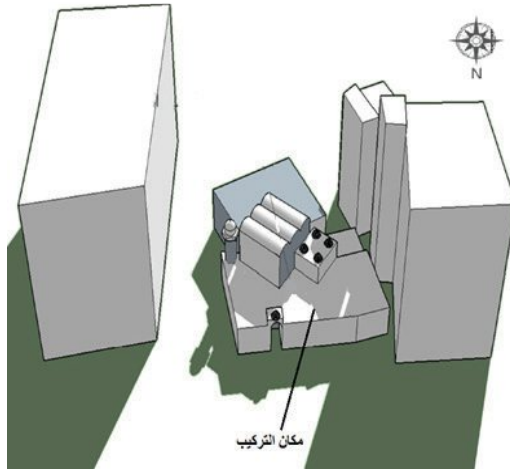


شكل (6) تمثيل الظلال بمكان التركيب بالمساجد متاحة التركيب

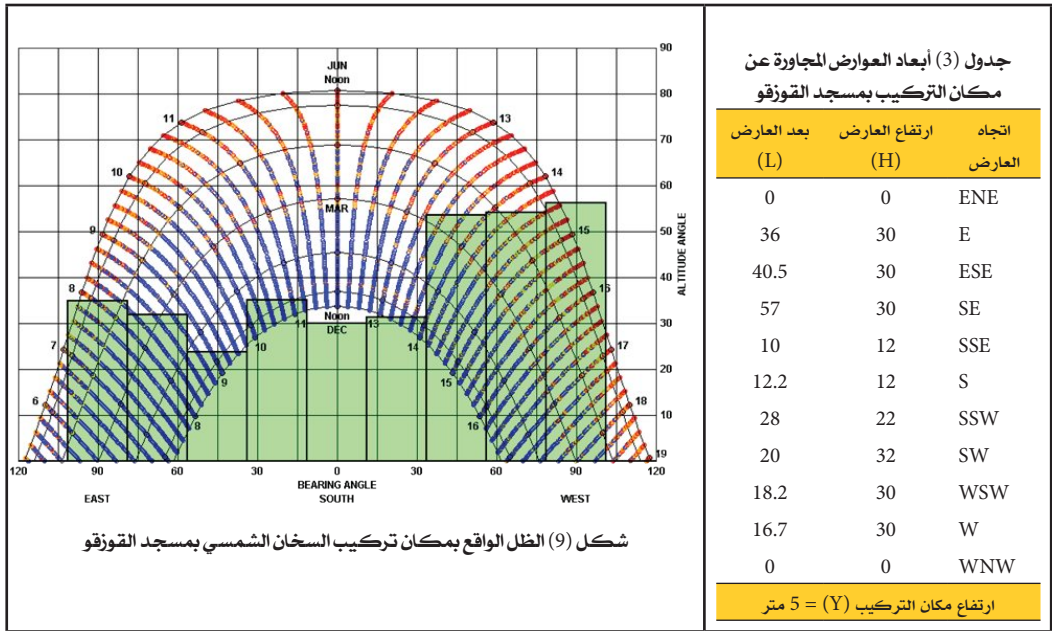


3.3.5. مساجد تكفي لتركيب سخان شمسي واحد:

و هناك بعض المساجد لا تملك المساحة الكافية لتركيب العدد الكافي من منظومات التسخين الشمسي و ذلك لكون سطح المسجد غير مستوي كما بمسجد بن ناجي، أو يحتوي سطح المسجد على العديد من القباب أو لكون السقف على هيئة أقواس كما هو بمسجد العنقودي بشارع الظل المبين بالشكل (10)، حيث أن تصميم المسجد لا يسمح إلا بتركيب منظومة واحدة فقط، فهذا الصنف من المساجد ملائم من حيث إمكانية وصول الإشعاع كما هو مبين في الشكل (11)، فالخطط يبين أن كافة المباني المجاورة المدرجة أبعادها بالجدول (4) لا تسبب ظل على مكان التركيب المقترح و ذلك لأن الظلال المتكونة لا تعترض المسار الشمسي اليومي خلال الفترة المبينة على المخطط. و من خلال الزيارة الميدانية للمساجد المذكورة أعلاه فقد لوحظ أن خزانات المياه الرئيسية بكافة الحمامات بالمساجد موضوعة على سطح السقف مباشرة حيث يعتبر هذا مانعاً للتركيب عند استخدام منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ذات الدوران الطبيعي حيث لا يسمح بدخول المياه إلى مدخل الماء البارد بالسخان الشمسي بصورة طبيعية، و هذا الأمر يتطلب رفع مستوى الخزان الرئيسي ارتفاع يعلو مستوى خزان الماء الساخن كما هو مبين بالشكل (12).



شكل (8). تمثيل أطول ظل بمكان التركيب بمسجد القوزقو



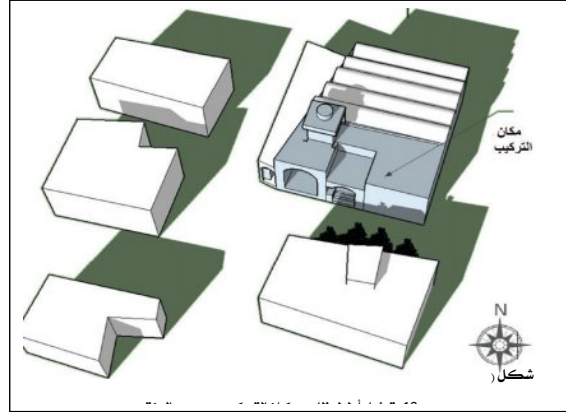
شكل (9) الظل الواقع بمكان تركيب السخان الشمسي بمسجد القوزقو

6. تقدير استهلاك المياه الساخنة للوضوء بالمساجد.

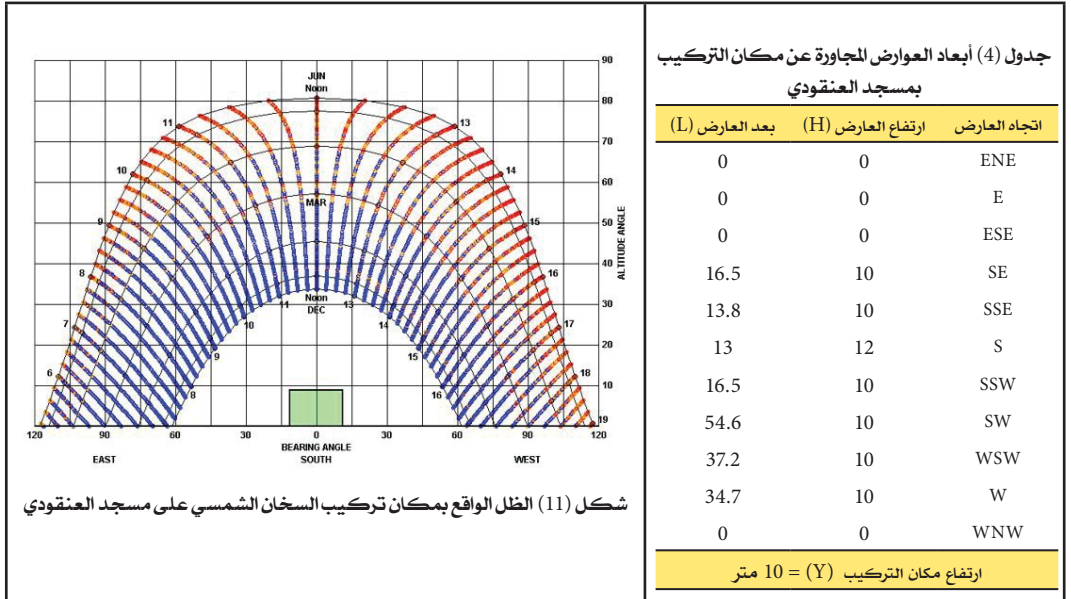
يعتمد استهلاك المياه الساخنة في المساجد على عدد المصلين الذين يرتادونها بشكل دوري أثناء أوقات الصلوات الخمس و هذا يعتمد بدوره على موقع المسجد، حيث تؤثر المناطق ذات الكثافة السكانية العالية على عدد المصلين بالمساجد.

1.6. تحديد كمية الماء الساخن

أجريت تجربة عملية لعدد 15 متوضئ أثناء وضوئهم للأداء صلاة الظهر و ذلك في فصل الشتاء، و قد تم إجراء هذه التجربة باستخدام أجهزة القياس منها وعاء بسعة 1 لتر لتحديد كمية الماء المستهلكة من قبل كل متوضئ، و جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة النهائية للماء و درجة حرارة الماء الباردة، بالإضافة إلى ساعة رقمية لحساب زمن الوضوء الذي اللازم لكل متوضئ.



شكل (10) تمثيل أطول ظل بمكان التركيب بمسجد العنقودي



1.1.6. أهداف القياسات العملية لماء الوضوء

إن إجراء بعض القياسات كدرجة حرارة الماء و كميتها للمتوضئين يهدف إلى ما يلي:

1. تعيين قيمة معينة لمؤوسط كمية الماء اللازمة لمؤوض المصلين.
2. درجة الحرارة المعدلة (مخلوط الماء الساخن و البارد) الخارجة من الحنفية و هي تختلف من مؤوض لأخر و ذلك على حسب درجة الراحة لكل منهم.

3. نسبة كمية الماء الساخن إلى الكمية الكلية للماء المستهلك من قبل كل متوضئ.
4. معدل التدفق و زمن الوضوء لكل متوضئ.
5. تحديد العدد الكلي لكل مسجد من منظومات التسخين الشمسي ذات السعة 300 لتر.

2.1.6. نتائج القياسات العملية

- و يبين الجدول (5) البيانات التي سجلت أثناء وضوء عدد 15 مصلي، و أخذت النتائج كالتالي:-
1. متوسط لكمية استهلاك الماء التي يحتاجها المتوضئ من خليط الماء الساخن مع الماء البارد 3.43 لتر.
2. متوسط درجة حرارة خليط الماء التي يرغبها الإنسان 40.12 درجة مئوية.
3. متوسط الزمن المستغرق للوضوء هو 61.1 ثانية.

جدول (5) البيانات المقاسة لمياه الوضوء لعدد 15 مصلي

ت	زمن بالثانية	الوضوء	استهلاك الماء بالتر	درجة حرارة خليط الماء	معدل التدفق لتر/ثانية	درجة حرارة الماء البارد °م	درجة حرارة الجو °م
1	48		3	46	0.0625	19	18.2
2	85		4	44	0.0471	19	18.2
3	55		2.8	37	0.0509	19	18.2
4	117		3.2	36	0.0274	19	18.2
5	66.46		5	48	0.0752	19	18.2
6	56		2	41	0.0357	19	18.2
7	55.16		2.7	54	0.0489	19	18.2
8	75		5.3	49	0.0707	19	18.2
9	54		3.3	36	0.0611	19	18.2
10	49.85		3	30	0.0602	19	18.2
11	84.4		2.1	30	0.0249	19	18.2
12	42.5		3.5	37.8	0.0824	19	18.5
13	27.32		2.6	40	0.0952	19	18.5
14	45.27		2.7	35.8	0.0596	19	18.5
15	56.78		6.3	37.2	0.1110	19	18.5
المتوسط	61.183		3.433	40.12	0.0608	19	18.28

و بناء على نتائج استبيان خاص بالمساجد في منطقة سوق الجمعة طرابلس تم إعداده في سنة 2012م، وشمل ما يقارب من ثلاثين مسجداً، تم خلالها جمع معلومات كافية ووافية عن إمكانية تركيب سخانات شمسية للمساجد من حيث الموقع و تقدير معدل لاستهلاك المياه الساخن للوضوء، و تقدير نسبة عدد المتوضئين من العدد الكلي للمصلين في كل وقت صلاة، كما تم جمع معلومات إضافية عن استهلاك الطاقة الكهربائية داخل المساجد، و من النتائج التي تم الوصول إليها بناء على بيانات الاستبيان تم تحديد نسبة تقديرية لعدد المصلين المتوضئين بالحمامات إلى عدد بالمسجد إلى العدد الكلي لعدد المصلين بالمسجد والتي بلغت (44.6%)، حيث يمكن تحديد عدد المصلين المستخدمين ماء الوضوء لأي مسجد و ذلك من خلال هذه النسبة و معرفة المصلين في كل وقت بهذا المسجد، كما إن البيانات المسجلة بالجدول (5) تبين كمية الماء التي يحتاجها المصلي الواحد للوضوء (3.34 لتر) من خليط الماء البارد مع الساخن، حيث تختلف نسبة كمية الماء الساخن من الخليط من مصلي إلى آخر و كذلك تعتمد على درجة حرارة و كمية الماء البارد و كذلك درجة حرارة الماء الساخن. و وفقاً للبيانات السابقة فإن كمية المياه الساخنة المطلوبة يمكن تحديدها بمعرفة عدد المصلين بالمسجد، و هذا يختلف من مسجد لآخر، وقد تم اعتبار أن المتر الواحد من صفوف المصلين يكفي لعدد 2 مصلي، و ذلك عند تقدير عدد المصلين بالمسجد حيث يمكن تقدير عدد صفوف المصلين في كل صلاة وفقاً لمعلومات القيم و إمام الأوقات بالمسجد.

7. تحليل أحمال تسخين المياه بمنظومات الطاقة الشمسية

1.7. استخدام برنامج المحاكاة (T*SOL Pro 5.5)

T*SOL هو برنامج محاكاة بسيط لتصميم و محاكاة مجموعة واسعة من التطبيقات الشمسية الحرارية من الناحية الفنية والاقتصادية، ويمكن بواسطته تحجيم المنظومات وحساب كفاءتها ، و يتوفر على قاعدة بيانات مناخية متصلة ببرنامج Meteoronorm الذي يمكن الباحث من تقريب قيم البيانات المناخية للمواقع التي لا يوجد بها بيانات مقاسة ، كما تحتوي قاعدة البيانات على حوالي 200 من مكونات المنظومات الحرارية الشمسية المنتجة من قبل شركات معروفة عالمياً مع بيانات أدائها الحراري الناتجة من الاختبارات المعتمدة من الوكالات الدولية، كما يحتوي على منظومات جاهزة إذ ليس على المصمم إلا اختيار طريقة توصيل الأجزاء حسب الأشكال الموضحة لمختلف التطبيقات (مثل أنظمة تسخين المياه المنزلية والمساح وأنظمة التدفئة بالطاقة الشمسية و تسخين المياه للأغراض المعالجة الصناعية)، فمن خلال المحاكاة السنوية تحسب درجات الحرارة وقيم الطاقة والقدرة، و من نتائج المحاكاة يتم حساب الكفاءة والكسر الشمسي وغيرها من النتائج على الصعيد الشهري واليومي والسنوي [13].

و لتقدير عدد منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية الكافية لتسخين مياه الوضوء بالمساجد في أوقات الصلاة اليومية نهارية كانت أو ليلية، فقد تم استخدام برنامج تصميم و محاكاة المنظومات الشمسية الحرارية (T*SOL Pro 5.5) لدراسة و تحليل حمل تسخين المياه باستخدام منظومات الطاقة الشمسية ذات الدوران الطبيعي (Thermosyphon) و الزودة بعنصر التسخين الكهربائي و بسعة خزان 300 لتر للمنظومة الواحدة ، وكذلك تصميم منظومة تدوير قسري للمساجد ذات الأحمال الكبيرة ، وبذلك تم دراسة كل من الحمل الشهري و السنوي و الساعي ليوم 21/12 لتسخين المياه بالطاقة الشمسية و بيان مساهمة العنصر الكهربائي في عملية التسخين، و ذلك لتقدير عدد المنظومات اللازمة لكل مسجد بناء على قيم هذه الأحمال، كما تقترح هذه الدراسة استخدام منظومة الدوران القسري كحل بديل لمجابهة الطلب على المياه الساخنة، حيث تعرض النتائج أدناه محاكاة منظومة من هذا النوع لتركيبها بمسجد القدس على سبيل المثال و ذلك لدراسة مدى إمكانية هذا النوع من المنظومات في تغطية أحمال تسخين المياه بالمساجد.

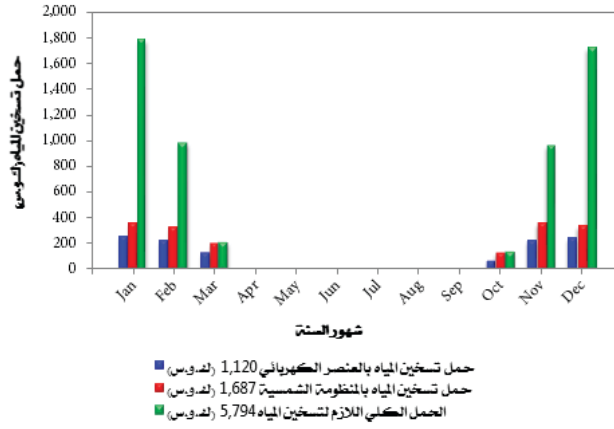
2.7. تحليل نتائج المحاكاة للمساجد متاحة للتركيب

1.2.7. تركيب منظومة شمسية واحدة ذات الدوران الطبيعي

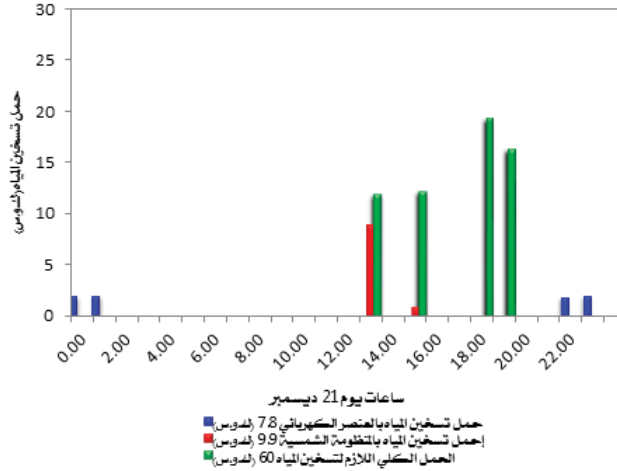
من خلال مخططات الحمل السنوي لتسخين المياه لمسجد القدس المبين بالشكل (13- أ) يلاحظ أن استخدام منظومة واحدة لتسخين المياه بالطاقة الشمسية ذات الدوران الطبيعي المدمجة بالعنصر الكهربائي لا يمكنها توفير الحمل الكلي اللازم لتسخين المياه البالغ (5,794 ك.و.س) سنوياً و المشار إليه باللون الأخضر في أشهر يناير، فبراير، نوفمبر و ديسمبر، حيث نلاحظ أن المنظومة الواحدة توفر فقط (1,687 ك.و.س) سنوياً وهو حمل تسخين المياه بالمنظومة الشمسية المشار إليه باللون الأزرق و الذي يمثل مجموع الحمل المغطى بالطاقة الشمسية إلى الحمل المسخن بالعنصر الكهربائي بمقدار (1,120 ك.و.س) سنوياً و المشار إليه باللون الأحمر. و يلاحظ أيضاً من مخططات حمل تسخين المياه ليوم 21/12 لمسجد القدس بالشكل (13- ب) أن قيمة الحمل اللازم لتسخين المياه يبلغ (60 ك.و.س)، بينما تغطي المنظومة الشمسية الواحدة (شمس + كهرباء) لهذا اليوم حمل مقدارة (9.9 ك.و.س) حيث أن جزءاً منه قدره (7.7 ك.و.س) تم تسخينه كهربائياً بالعنصر الكهربائي بالمنظومة، و لهذا فإن تركيب منظومة واحدة بهذا المسجد لا يعمل على توفير الماء الساخن في أوقات الصلاة الليلية.

2.2.7. تركيب العدد الكافي من المنظومة شمسية ذات الدوران الطبيعي

إن تركيب العدد الكافي من المنظومات الشمسية لتسخين المياه ذات الدوران الطبيعي يعتبر الحل المقترح لمجابهة الطلب اليومي على المياه الساخنة بالمساجد خلال الشهور التي يتطلب فيها تسخين المياه للوضوء (من أكتوبر حتى مارس)، حيث يوضح الشكل (14) تركيب عدد 8 منظومات شمسية من النوع المذكور بسعة 300 لتر بمسجد القدس على سبيل المثال، حيث تبين مخططات الحمل السنوي لتسخين المياه بمسجد القدس إنه قد تم توفير أغلب الحمل اللازم لتسخين المياه عند تركيب العدد الكافي من المنظومات المذكورة (5,794 ك.و.س) و الذي لم تتمكن منظومة واحدة من توفيره كما ذكر أعلاه بالشكل (13- أ)، بينما توفر 8 منظومات حمل قدره (5,788 ك.و.س)، حيث يصعب على المنظومات توفير المياه الساخنة في صلاة العشاء في بعض ليالي ديسمبر ويناير، و جزء من الحمل الذي توفره المنظومات يتم تسخينه بالعنصر الكهربائي المدمج و قدره (2,330 ك.و.س)، بينما يبين بالشكل (14- ب) مخططات الحمل اليومي ليوم 21 ديسمبر حيث يبلغ (60 ك.و.س) و الذي تم تغطيته بالكامل باستخدام العدد الكافي من المنظومات بهذا المسجد.



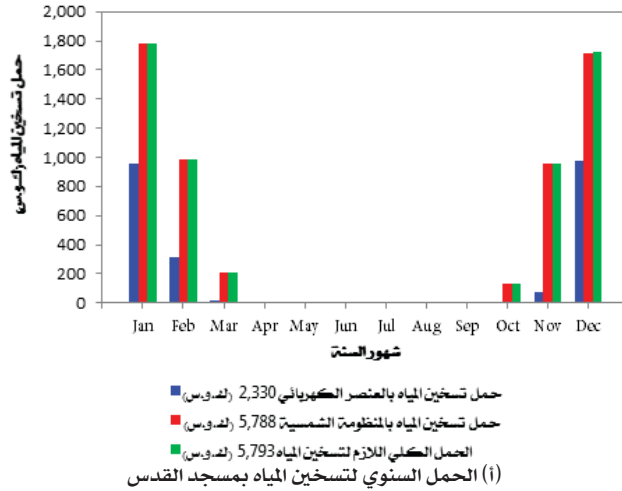
(أ) الحمل السنوي لتسخين المياه بمسجد القدس



(ب) الحمل السنوي لتسخين المياه بمسجد القدس

شكل (13) تركيب منظومة شمسية واحدة ذات الدوران الطبيعي بمسجد القدس

و نظراً لعدم إمكانية عرض نتائج المحاكاة لكافة المساجد ضمن هذه الورقة فقد تم إدراج العدد الكلي من المنظومات بالجدول (6)، وذلك للمساجد متاحة التركيب، و لم يتم تقدير العدد اللازم من المنظومات للمساجد الغير متاحة التركيب المذكورة سلفاً بالبند (2.3.5)، بينما تم تقدير العدد الكلي من المنظومات لمسجدي بن ناجي و العنقودي حيث لا يسمح موقع التركيب بها إلا بتركيب منظومة واحدة فقط، لذا فإنه لا يمكن تغطية الحمل اللازم لتسخين المياه بهذه المساجد، فمنظومة واحدة يمكن تركيبها لتغطية جزء بسيط من الحمل الكلي و لا يمكن الإستغناء عن السخانات الكهربائية لتغطية باقي الحمل اللازم بهذه المساجد، و في هذه الدراسة لم تأخذ في الحسبان صلاة الفجر لأن معظم المصلين يتوضئون في بيوتهم و ذلك حسب ما هو متعارف عليه، لذلك فقد تم حساب عدد المتوضئين يومياً على أساس عدد 4 صلوات يومياً.



(ب) حمل تسخين المياه في يوم 21/12 بمسجد القدس
 شكل (14) تركيب عدد 8 منظومات شمسية ذات الدوران الطبيعي بمسجد القدس

3.2.7. تركيب منظومة الطاقة الشمسية ذات الدوران القسري

إن الحل البديل لمجابهة الحمل الكلي اللازم لتسخين المياه هو تركيب منظومة الطاقة الشمسية ذات الدوران القسري بمساحة كافية من المجمعات الشمسية و حجم خزان مناسب يكفي لكمية المياه المطلوبة حسب كل مسجد، و مقارنة النتائج السابقة لمسجد القدس فقد تم محاكاة أحمال تسخين المياه باستخدام منظومة الدوران القسري التي تحتوي على المكونات التالية:

1. 10 أمتار مربعة من المجمعات الشمسية من نوع (VIESSMANN, VITOSOL100)

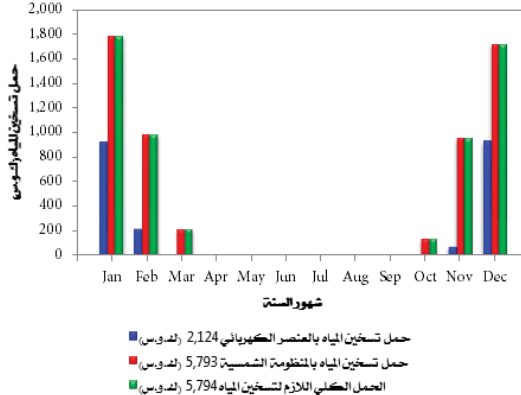
2. خزان حراري 1500 لتر مزود بعنصر مساعد يعمل بالوقود.

3. تغطي أكثر من 60 % من حمل الماء الساخن بالطاقة الشمسية.

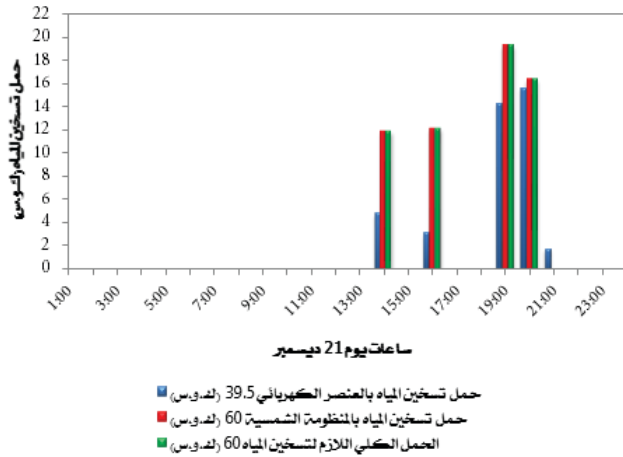
جدول (6) بيانات الاستهلاك التقديري للماء الساخن بالمساجد و عدد منظومات التسخين الشمسي اللازمة

اسم المسجد	عدد المصلين في الصلاة الواحدة	عدد المصلين يومياً	عدد المتوضئين يومياً	كمية الماء الساخن يومياً (لتر)	عدد المنظومات اللازمة	ملاحظات
القوزقو	298	1192	500	1000	لم تحسب	يوجد ظل على موقع التركيب في فترات معينة
ابو ظهير	240	1000	420	840	3	الموقع ملائم للتركيب
الزويكي	420	1680	705	1410	6	الموقع ملائم للتركيب
الماجدية	480	1920	806	1612	7	يوجد ظل على موقع التركيب في فترات معينة
بن ناجي	220	880	370	740	3	مساحة التركيب تكفي لسخان واحد فقط
بالإمام	26	104	44	88	لم تحسب	يوجد ظل على موقع التركيب في كل الموسم
العنقودي	400	1600	672	1344	7	مساحة التركيب تكفي لسخان واحد فقط
المغاربة	300	1200	504	1008	4	الموقع ملائم للتركيب
مولاي محمد	480	1920	806	1612	لم تحسب	يوجد ظل على موقع التركيب في فترات معينة
القدس	400	1600	672	1344	7	الموقع ملائم للتركيب

و تبين المخططات بالشكل (-16أ،ب) أحمال تسخين المياه باستخدام منظومة شمسية ذات الدورات القسري و المقترح تركيبها بمسجد القدس، حيث تم باستخدام برنامج محاكاة تصميم المنظومة بالحجم المناسب لتغطية الحمل الشهري اللازم لتسخين المياه (5,793 ك.و.س) والذي سبق تبينه بالشكل (-14أ)، و كذلك الحمل اللازم في يوم 21/12 الذي تم تبينه سابقاً بالشكل (-14ب) و مقداره (60 ك.و.س) حيث لم تتمكن منظومة شمسية واحدة ذات الدوران الطبيعي بسعة 300 لتر من تغطية هذا الحمل، بينما توضح الشكلين (-16أ) و (-16ب) الحمل الشهري و الحمل حمل يوم 21/12 على التوالي، و توضح المخططات إمكانية المنظومة الشمسية ذات الدوران القسري على توفير الحمل اللازم لتسخين المياه بالمسجد، حيث يمكن ملاحظة أن قيمة حمل تسخين المياه بالمنظومة الشمسية المشار إليه باللون الأزرق مساوي لقيمة الحمل الكلي اللازم لتسخين المياه الذي قدره بالحمل الشهري (5,793 ك.و.س) و بحمل يوم 21/12 (60 ك.و.س)، علماً بأن جزء من هذا الحمل تم تسخينه بمساعدة العنصر الكهربائي، و مقداره بالحما، الشهر، 2,124 ك.و.س) و في يوم 21/12 (40 ك.و.س).



أ) الحمل السنوي لتسخين المياه بمنظومة الحمل القسري



(ب) حمل تسخين المياه بمنظومة الحمل القسري في يوم 21 ديسمبر
شكل (15). مخططات أحمال تسخين المياه بمنظومة الحمل القسري لتسخين المياه لمسجد القدس

8. الخاتمة

تناولت هذه الدراسة عدد 10 مساجد في مدينة طرابلس بمناطق تحتوي على مباني مرتفعة و عمارات سكنية يمكن أن تمنع ظلها الحصول الطاقة الشمسية الحرارية الكافية لتركيب المنظومات الشمسية، أو تكون مساحات التركيب على سطحها غير مناسبة لهذه المنظومات، ومن خلال دراسة موقع التركيب للمساجد التي تم زيارتها تبين أن معظم المساجد غير ملائمة بسبب تكون الظل على أسطح المساجد وبهذا فإنه ليس مجدياً تركيب المنظومة الشمسية في مثل هذه المواقع، كما لوحظ أن أفضل موقع لتركيب منظومة التسخين الشمسي يكون بالمساجد التي يكون موقع الحمامات بها جنوب المسجد، فعند بناء مساجد جديدة يفضل أن يكون موقع الحمامات جنوب المسجد حتى لا يؤثر ظل المسجد على مكان تركيب السخان الشمسي، كما يتطلب بناء المساجد الجديدة توفير البنية التحتية التي تساعد على استخدام السخانات الشمسية وذلك بتجهيز المكان المناسب ورفع مستوى الخزان العلوي للمياه وكذلك تجهيز مدخل خارجي لربط الماء الساخن بالحمامات في مرحلة إنشاء المسجد، حيث إن خزانات المياه العلوية بكافة المساجد التي تم زيارته موضوع على سطح سقفها مباشرة وهذا يعتبر عائقاً لتركيب المنظومات الشمسية ذات الدوران الطبيعي. فيجب رفع مستوى الخزان العلوي للماء البارد إلى مستوى يسمح بالإنسياب الطبيعي للماء من قاعدة الخزان إلى مدخل الماء البارد بالسخان الشمسي، بينما لا يكون هذا عائقاً عند تركيب المنظومات ذات الدوران القسري.

ومن خلال الزيارة الميدانية للمساجد لوحظ أنها واقعة في مناطق ذات كثافة سكانية عالية، فضلاً عن أنها مناطق تجارية و ذات مرافق حيوية عامة و بذلك فإنه يرادها العديد من المصلين سواء المقيمين بهذه المنطقة و الغير مقيمين و لذلك فإن إستهلاك مياه الوضوء بهذه المساجد مرتفع جداً و تحتاج لعدة منظومات لتغطية هذا الاستهلاك حيث إن تركيب منظومة واحدة بسعة 300 لتر غير كافي لتغطية الحمل الكلي اللازم لتسخين المياه بكل مسجد، و لاستبدال كافة السخانات الكهربائية بالمساجد بمنظومات شمسية لتسخين المياه يجب تركيب العدد الكافي من المنظومات الشمسية لكل مسجد و هذا الأمر يقلل من الاعتماد على المصدر الكهربائي قدر الإمكان، كما يتطلب الأمر تركيب أجهزة قياس درجة الحرارة و عداد قياس الطاقة الكهربائية و جهاز تحليل و تخزين بيانات و عداد قياس الحجم على خطي دخول الماء البارد و الماء الساخن لحنفيات الوضوء ذلك لإجراء دراسة عملية لقياس التوفير الناتج عن استبدال السخان الكهربائي بالمسجد بمنظومة تسخين شمسية، و دراسة نمط استهلاك الماء الساخن بالمساجد.

9. شكر وتقدير

يتقدم مؤلفو هذه الورقة البحثية بالشكر و التقدير للهيئة العامة للأوقاف و الشؤون الإسلامية و ذلك لحسن تعاونهم مع الفريق البحثي أثناء الزيارات الميدانية لبعض المساجد في مدينة طرابلس و الإذن لهم بإجراء هذه الدراسة.

10. المراجع

- [1]-Abdunnabi M. M. A. Musa. Towards Strategic Plan for Wide Spreading of Solar Water Heaters in Libya. *Journal of Solar Energy and Sustainable Development* . JSESD, Vol (2), No (1), CSERS, 2013.
- [2]-Abdunnabi M. K. Dadesh, O. R. Mrehel and N. El-shamekh. Effect of Full Implementation of Domestic Solar Water Heaters on the Electricity Peak Load in Libya. . JSESD, Vol (5), No (2)CSERS, 2016.
- [3]-إبراهيم الهادي الطويل، خيري آغا. إمكانية تسخين المياه المنزلية بالطاقة الشمسية في تحسين إدارة الطلب على الطاقة في ليبيا. مجلة الطاقة الشمسية و التنمية المستدامة، المجلد (6)، العدد (1)، 2017.
- [4]-Alsharif Mustafa, M.A. Alghoul, Nilofar Asim, KH. Glaisa, KH. Abulqasem, M.N. Mohammed, A. Zaharim & K. Sopian. "Potential of Renewable System Powering a Mosque in Libya. Models and Methods in Applied Sciences pp. 139-144. ISBN: 978-1-61804-082-4. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/SaintMalo/IAASAT/IAASAT-24>.
- [5]-Ahmed M. Saleh, Asmaddy Haris, Nursilah Ahmad. Towards a UTAUT-Based Model for the Intention to use Solar Water Heaters by Libyan Households. *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 4, No. 1, 2014, pp.26-31.
- [6]-Abdunnabi M. Abdulfatah A Idweib, Abdulghani M Ramadan. "Solar energy potential for hot water in the hotel sector in Libya". IREC2015 The Sixth International Renewable Energy Congress. IEEE pp.1-5, 2015.
- [7]-لطفي علي سنان. الاستعمالات الوظيفية و أثرها على الهوية المعمارية لمباني المساجد الشراعية. المجلة العلمية التقنية . المعهد العالي للمهن الشاملة الخمس. ص 96-112. 2012.
- [8]-مانفريد سيبيرت، التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية- مزايا وفرص استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه تقييم التقانة والجدوى في الأردن وسورية. مكتب مشروع التعاون الإقليمي GIZ . سورية 2011.
- [9]-يوي تريكنر، بيدرو دياس، ديتير بريبي، كسافيا نويون. «دمج الطاقة الشمسية الحرارية في المباني - دليل سريع للمهندسين المعماريين والبنائين». برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2014، UNEP.
- [10]-<http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/download-climate-consultant.php>.
- [11]-EnergyPlus Weather of Tripoli City: https://energyplus.net/weather-download/africa_wmo_region_1/LBY/LBY_Tripoli.620100_IWEC/LBY_Tripoli.620100_IWEC.epw.
- [12]-D. Yogi Goswami. "Principles of Solar Engineering". CRC Press, Taylor & Francis Group, 3th ED, 2015.
- [13]-Werner Platzer, Annabel Helmke, Jana Möllenbach, Simon Diekmann, Ilyes Ben Hassine, Franz Mauthner. "Overview and description of simulation tools for solar industrial process heat systems". IEA SHC Task 49 & SolarPACES Annex IV. Solar process heat for production and advanced applications. Deliverable C2 2015.