

الفصل الأول

المقدمة والمسح المرجعي

(Introduction and literature review)

1-1- المقدمة (Introduction):

عرف الإنسان الطاقة منذ فجر التاريخ الأول ولذا وصل إلى نوعين منها وهما:

(1) الطاقة المتولدة من الطعام والمخترنة في عضلاته وبالتالي يستطيع الإنسان

القيام بالأنشطة المختلفة معتمداً على هذه العضلات.

(2) الطاقة الشمسية (Solar energy) التي كان يستخدمها الإنسان في تدفئة جسمه

خاصة في الأيام الباردة ثم تطورت حضارة الإنسان الأول قليلاً فاكتشف

النار وذلك قبل 500,000 سنة قبل الميلاد، فأصبح لدى الإنسان مصدر طاقة

غير الشمس يستطيع الاعتماد عليه عند غياب الشمس وذلك في التدفئة و طهو

الطعام وحمايته من الحيوانات التي قد تهاجمه.(1)

ولقد بدأ الإنسان الأول منذ القدم في معرفة بعض المفاهيم الأساسية للطاقة الشمسية

واستخداماتها، وكان الفيلسوف الإغريقي سقراط هو أول من أشار إلى المفاهيم الصحيحة

للطاقة الشمسية بتطبيقاتها واستخداماتها المختلفة وتبعه عالم الرياضيات الإغريقي

أرشميدس.(1)

هناك أنواع وصور عديدة للطاقة منها الطاقة الحرارية-الطاقة الكيميائية-الطاقة

الميكانيكية-الطاقة النووية وخلافه.(2)

:ويمكن تشبيه هذه الصور المختلفة وكيفية تحويلها من نوع إلى آخر بالنقود
وكيفية تحويلها من عملة إلى عملة أخرى".(2)

وللطاقة مصادر متعددة وهذه المصادر تمدنا بالنور والدفء وتساعدنا في التنقل من
مكان إلى آخر واستخراج طعامنا وتحضيره، هذا بالإضافة إلى استخدامها في الكثير من
الأجهزة والآلات المختلفة.(2)

ويمكن تقسيم مصادر الطاقة إلى قسمين هما:

1- مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم، النفط، الخشب، الغاز الطبيعي
والشالات المائية بالإضافة إلى الطاقة النووية ولكننا نعلم أن جميعها تكونت
بطريقة أو بأخرى باستخدام الطاقة الشمسية في فترات زمنية مختلفة، فمثلا
تكون الفحم والبتروك بفاعل المواد النباتية والحيوانية التي تحللت في باطن
الأرض لقرون متعددة باستخدام الطاقة التي تمتصها الأرض، كذلك الشالات
المائية التي تكونت نتيجة استخدام الطاقة الشمسية في تبخير مياه الأنهار
والبحار، مما ساعد في تكوين السحب وبالتالي تساقط الأمطار وتكون الأنهار
التي ساعدت في تكوين هذه الشالات المائية.(1,2)

تعتبر هذه المصادر التقليدية مصادر محدودة الكم، ويتناقص المخزون منها كلما زاد
الاستهلاك، ونتيجة للاحتياج الكبير لهذه المصادر وللزيادة السريعة في تعداد السكان في
العالم فالدراسات تشير إلى زيادة ثاني أكسيد الكربون الناتج والمنبعث من احتراق الوقود
التقليدي. وإذا تضاعفت مثلاً كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة نتيجة للاستهلاك المتزايد
في الوقود فإن هذا سيؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية، وسيؤدي أيضاً إلى

مشاكل عديدة ولذلك وُجِهت الدراسات إلى تحديد وتقليص انبعاث ثاني أكسيد الكربون بالبحث عن مصادر أقل ضرراً وكان الحل الأمثل هو الاتجاه إلى استخدام مصادر الطاقة المتجددة.(1,2)

2 - مصادر الطاقة المتجددة ومنها:

الطاقة الحرارية من باطن الأرض (Geothermal energy)، الطاقة الشمسية (Solar energy)، طاقة الرياح (Wind energy)، المساقط المائية (Hydro power). تعتبر الطاقة الشمسية من أهم هذه المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة فهي مصدر لانهائي، وبانتهائها تنتهي الحياة على الأرض حيث تستقبل الأرض سنوياً ما يعادل 500,000 بليون برميل من البترول، أو حوالي 20,000 ضعف الطاقة التي يستهلكها العالم سنوياً من جميع المصادر الأخرى.(1,2)

وبالتالي تعتبر الطاقة الشمسية مصدراً نظيفاً للطاقة يحافظ على نظافة البيئة ويساهم في التقليل من الخطر الناتج من انبعاث ثاني أكسيد الكربون. وهي لا تتطلب تقنيات عالية ويُخطئ من يتصور أن الطاقة الشمسية تعتبر البديل الكلي لمصادر الطاقة التقليدية الأخرى، وإنما سوف تحد من التلوث وتقلل من نفايات احتراق الوقود التقليدي، ولقد بدأت دراسة الطاقة الشمسية والاستفادة منها منذ عام 1885.(2,3)

ويعتمد استخدام الطاقة الشمسية تجارياً على ما تقدمه البحوث والتقنية من بدائل اقتصادية لتجميع الطاقة الشمسية للاستفادة منها، وسوف نذكر في هذا الفصل بعض من التطبيقات الحرارية التي يمكن من خلالها الاستفادة من الطاقة الشمسية.

1-1-1- الشمس والطيف الشمسي:

قبل البدء بدراسة تطبيقات الطاقة الشمسية (Solar energy) لابد أولاً أن نوضح مصدرها ألا وهو الشمس. حيث تتكون الشمس من الهيدروجين بنسبة 92% والهيليوم بنسبة 8% والشمس عبارة عن كرة من الغاز الملتهب متوسط قطرها $(1.39 \times 10^9 \text{ m})$ وكتلتها $(2 \times 10^{30} \text{ kg})$ أي 333000 مره أكبر من الأرض ومتوسط المسافة بين الشمس والأرض حوالي $(1.5 \times 10^{11} \text{ m})$ ، حيث تبلغ درجة حرارة الشمس على سطحها حوالي 6000 K ودرجة حرارة الشمس الداخلية عالية جداً تصل بين $(40 \times 10^6 \text{ K})$ إلى $(80 \times 10^6 \text{ K})$.^(2,3)

وتتكون الشمس من عدة طبقات منها الطبقة الخارجية والتي تسمى الفوتوسفير (Photosphere) وهي تمثل سطحاً ساطعاً يمكن مشاهدته بالتلسكوب العادي، حيث تنخفض درجة الحرارة عند هذه الطبقة إلى 5000 K وتمثل هذه الطبقة منطقة الحمل الحراري، ومصدر معظم الإشعاع الشمسي المنطلق إلى الأرض. وخارج هذه الطبقة فإن جو الشمس يصبح على قدر من الشفافية حيث تعلوها طبقة من الغازات الأكثر برودة وتسمى بالطبقة العاكسة (Reversing layer)، وخارج هذه الطبقة تتواجد طبقة أخرى تسمى طبقة الكروموسفير (Chromosphere) وتتميز هذه الطبقة الغازية بدرجات حرارة أعلى من طبقة الفوتوسفير وهي ذات كثافة أقل بكثير. ويليهما هالة الشمس وتسمى كورونا (Corona) وهي ذات كثافة واهية ودرجات حرارة تصل إلى 10^6 K .^(2,3,4)

يُعرف الإشعاع الشمسي بأنه محصلة مركبة من الإشعاع المنبعث عند أطوال موجية مختلفة، ولذلك فإن التوزيع الموجي لشدة الإشعاع الشمسي الذي يمكن استقباله على سطح الأرض يمكن تقسيمه إلى:

1- الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet radiation) وطولها الموجي أقل من 380 nm وهو يمثل 9% من الطاقة المنبعثة بمتوسط شدة إشعاع (95 W/m^2) ، وهي تعتبر أشعة فتاكة إلا أن ما يصل منها إلى الأرض لا يحدث الضرر الكبير والسبب في ذلك هو أن جزءاً كبيراً من هذه الأشعة يتم امتصاصه في طبقة الأوزون، وهذه الكمية الضئيلة التي تصل إلى الأرض ضرورية أيضاً لأنها تحمل فيتامين "د" اللازم للتقليل من احتمالات الإصابة بشلل الأطفال وبعض أمراض الجلد.

2- الأشعة المرئية (Visible radiation) طولها الموجي بين (380-780) nm وهي تمثل 45% من الطاقة المنبعثة بمتوسط شدة إشعاع (640 W/m^2) وهي التي تحمل أكبر نسبة من الطاقة الشمسية إلى الأرض.

3- الأشعة تحت الحمراء (Infrared radiation) طولها الموجي أكبر من 780 nm وهي تمثل 46% من الطاقة المنبعثة بمتوسط شدة إشعاع (620 W/m^2) ، وهذه الأشعة بالرغم من أنها لا تساعد على رؤية الأشياء إلا أنها تستعمل في عملية الاستشعار عن بعد للأشعة المنبعثة من الأرض، لأن الأجسام الحارة تطلق أشعة تساعد في الكشف عن وجود الماء في باطن الأرض. (2,3,5)

1-1-2- الإشعاع الشمسي: أقسامه وطرق قياسه

نظراً لتغير المسافة بين الأرض والشمس على مدار السنة فإن قيمة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي تتغير تبعاً لذلك. بالإضافة إلى أن الإشعاع الشمسي يمكن أن يقسم إلى:

1- الإشعاع الشمسي المباشر (Direct radiation) وهو الإشعاع الذي يأتي

مباشرة من اتجاه الشمس ويصل إلى الأرض دون أن يغير مساره.

2- الإشعاع الشمسي المنتشر (Diffuse radiation) وهو الإشعاع

الذي يستقبله أي سطح من جميع الاتجاهات نظراً لتعرضه للتشتت أو

الامتصاص بفعل جزيئات الهواء، بخار الماء، وثنائي أكسيد الكربون.

3- الإشعاع الشمسي الكلي (Total or global solar radiation) وهو

عبارة عن مجموع مركبتي الإشعاعين المباشر والمنتشر.⁽²⁾

يمكن قياس شدة الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي باستخدام مقياس

الإشعاع الكلي "بيرانومتر" (Pyranometer)، ويمكن استخدام هذا الجهاز لقياس شدة

الإشعاع المنتشر وذلك عند تظليل الجهاز باستخدام حلقة تظليل مصممة لهذا الغرض

لمنع أشعة الشمس المباشرة من السقوط على الجهاز، وهناك جهاز آخر يستخدم لقياس

شدة الأشعة المباشرة أو العمودية ويسمى "بيراليومتر" (Pyrheliometer).⁽²⁾

1-1-3- تطبيقات الطاقة الشمسية:

تنقسم تطبيقات الطاقة الشمسية إلى قسمين:

(1) تطبيقات كهربية: وهي تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية مباشرة

باستخدام الخلايا الشمسية، و تعرف أيضاً بالخلايا الكهروضوئية وهي مواد تقوم بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربية (أي بدون تحويلها إلى طاقة ميكانيكية أو حرارية)، وتمتاز هذه الخلايا الشمسية بأنها بسيطة في تركيبها وطريقة عملها إلا أنها معقدة في طريقة صنعها، وبالتالي فهي باهظة التكاليف ولكنها بدأت تنتشر شيئاً فشيئاً وعندما يتمكن العلماء من الوصول إلى طرق بسيطة لصنعها فإنه سوف يزداد انتشارها. (5,6)

(2) تطبيقات حرارية: وهي تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية للاستخدام في

التطبيقات المختلفة مثل: المجمعات الشمسية-السخانات الشمسية-المبردات الشمسية-المجففات الشمسية-الطباخات الشمسية-البرك الشمسية-المضخات الشمسية-المقطرات الشمسية. (2)

في هذا البحث نهتم بالتطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية لأنها رخيصة التكلفة ولا

تحتاج إلى تكنولوجيا عالية في تشغيلها وصيانتها.

1-1-3-1- المجمعات الشمسية (Solar collectors):

تعتبر مجمعات الماء الشمسية من أكثر الأجهزة الشمسية استعمالاً نظراً لقلّة تكلفتها

ويتم تصنيفها تبعاً لطريقة دوران الماء في أجزائها إلى صنفين هما: الأول يدور الماء

في أجزائه طبيعياً والثاني يدور الماء في أجزائه قسرياً، حيث أن الوظيفة الأساسية

للمجمع الشمسي هي النقاط الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة وتجميعها ثم تحويل طاقتها إلى طاقة حرارية.(6)

1-1-3-2- التدفئة باستخدام الطاقة الشمسية (Solar heating):

إن موضوع تدفئة المساكن باستخدام الطاقة الشمسية حاز على الكثير من الاهتمام منذ أقدم العصور وذلك نظراً لحاجة الإنسان للدفء، وهناك طرق متعددة لاستخدام الطاقة الشمسية في التدفئة منها:

- التدفئة المباشرة: وتتم التدفئة بهذه الطريقة عن طريق بناء نوافذ كبيرة أو جدران من الزجاج، أو من أي مادة شفافة حتى تسمح للأشعة الشمسية من اختراقها، وفي نفس الوقت لا تسمح بتسرب هذه الأشعة من المنزل إلى الوسط الخارجي.
- التدفئة الغير مباشرة: ويُستخدم فيها المجمعات الشمسية لتخزين الأشعة الشمسية وهي الطريقة الأكثر انتشاراً.(5,6)

1-1-3-3- المبردات الشمسية (Solar cooling):

يُقصد بعملية "تبريد الأجسام" تخليصها من جزء من الحرارة المخزونة فيها، وذلك عن طريق الاستفادة من خواص هذه المواد في حالاتها المختلفة خاصة حالتها السائلة والغازية، فعلى سبيل المثال عندما يتم تحويل الماء "سائل" إلى بخار "غاز" فإنه سوف يحتاج إلى حرارة يستمدّها من الأجسام المحيطة به، مما يؤدي إلى برودتها وهذا يعني أن هذه الأجسام المحيطة بالماء وعن طريق ملامسته سوف تفقد جزءاً من حرارتها.

وللتبريد أهمية بالغة في حياة الإنسان اليومية ولا يقتصر ذلك على تبريد المنازل بل يستخدم أيضاً في حفظ الأطعمة والمنتجات الزراعية والصناعية، ومن أهم الصفات المميزة للتبريد باستخدام الطاقة الشمسية أنه كلما ازدادت شدة الأشعة الشمسية كلما زادت قدرتها على التبريد. وباعتبار أن بلادنا العربية من المناطق الحارة نظراً لارتفاع درجة حرارتها لذلك يعتبر التبريد باستخدام الطاقة الشمسية من الضرورات الأولية في التخطيط الاقتصادي.(5,6)

1-1-3-4- المجففات الشمسية (Solar dryers):

تعتبر الرطوبة من أهم العوامل التي تلحق الضرر بالمحاصيل الزراعية ولذلك يلجأ الفلاحون إلى تجفيف محاصيلهم الزراعية ومنها (القمح، الشعير، ...)، وبعض المنتجات الزراعية لا يمكن الاستفادة منها ولا يتم استهلاكها إلا إذا كانت مجففة لذلك أصبح التجفيف أمراً ضرورياً، وقد يتم بشكل مباشر تحت أشعة الشمس أو باستعمال المجمعات الشمسية الهوائية لزيادة فعالية التجفيف لأنه باستخدامها يمكن الحصول على تيار من الهواء الساخن يزيد من سرعة تجفيفها.(6)

1-1-3-5- الطباخات الشمسية (Solar cookers):

الطاقة الشمسية من أقدم مصادر الطاقة المستخدمة والتي تم الاعتماد عليها في الطبخ منذ القدم، ويمكن تقسيم الطباخات الشمسية إلى ثلاثة أنواع:

- طباخات مباشرة: وهي تعتمد على الأشعة الشمسية بشكل مباشر وفي هذا النوع من الطباخات تتم عملية الطبخ تحت أشعة الشمس مباشرة.

- الطباخات غير المباشرة: وهي تعتمد على الإشعاع المباشر والمنتشر حيث تستخدم بعض مركبات الإشعاع الشمسي، لزيادة شدة الإشعاع وهذه الطريقة تعتبر أبطأ وتحتاج إلى وقت أطول.
- الطباخات المتطورة: وهي تستخدم المجمعات الشمسية ذات السطح المستوي أو المجمعات الشمسية التركيبية التي تعمل على تركيز الأشعة وتحويلها لوعاء الطبخ داخل المطبخ للاستفادة منها.(3)

1-1-3-6- البرك الشمسية (Solar Ponds):

البرك الشمسية هي برك طبيعية أو صناعية وتتفاوت فيها درجة الملوحة حيث تزداد الملوحة في القاع وتقل تدريجياً كلما اقتربنا من السطح. وهذا التفاوت في ملوحة الطبقات أدى إلى وجود تدرج في درجة حرارة ماء البركة نتيجة لامتصاص الإشعاع الشمسي الساقط على السطح، حيث أن درجة الحرارة تزداد في القاع وتقل تدريجياً كلما اتجهنا نحو السطح ولذلك يمكن استخدام البرك الشمسية كمجمع حراري، ويقسم ماء البركة إلى ثلاثة طبقات:

- طبقة الحمل: وهي الطبقة العليا حيث يحدث فيها انتقال الحرارة بالحمل وهي طبقة رقيقة والملوحة فيها تكون أقل ما يمكن.
- طبقة اللاحمل: وهي الطبقة الموجودة أسفل الطبقة العليا وفيها يحدث انتقال الحرارة بالتوصيل الحراري.
- طبقة تخزين الحرارة: وهي الطبقة السفلى وفيها يحدث انتقال الحرارة بالحمل.(1)

وعادة تُستخدم مبادلات حرارية توضع في طبقة التخزين لاستخلاص الحرارة من البركة للاستفادة منها.

1-1-3-7- المضخات الشمسية (Solar pumping):

نظراً للحاجة الماسة لتطوير النشاطات الزراعية في جميع أنحاء العالم، فكان لا بد من إيجاد حلول فعالة لاستخراج المياه بدلاً من الاعتماد على الطرق البدائية مثل ضخ المياه الجوفية في المناطق الريفية، ولذلك تم الاعتماد على المضخات الشمسية حيث يتألف نظام الضخ الشمسي من مجمع شمسي، غلاية، مضخة مائية، والمصدر الأساسي للحرارة هو المجمع الشمسي.⁽³⁾

1-1-3-8- المقطرات الشمسية (Solar stills):

مما لا شك فيه أن تحلية أو إغذاب المياه بالطاقة الشمسية من أقدم الطرق للحصول على مياه عذبة ولقد زادت أهمية هذه الطريقة حالياً نتيجة لتزايد تكلفة الطاقة، وخاصة بالنسبة للمناطق التي تتمتع بتوافر الطاقة الشمسية على مدار العام وتُعاني في نفس الوقت من ندرة ماءها العذب، ووجود تجمعات سكانية صغيرة وبعيدة عن مصادر المياه العذبة وقريبة من مصادر المياه المالحة. ومن محاسن التقطير المستخدم للطاقة الشمسية ما يلي:

أنه نظام مبسط—أن معظم القوى العاملة والمواد المستخدمة في التقطير الشمسي يمكن أن تكون محلية—معظم الترميم والإصلاح يمكن أن يتم بعمال غير مهرة—يزيد من الإنتاجية ويحل مشكلة قلة المياه العذبة وخصوصاً في المملكة العربية السعودية التي

تمتاز بأنها منطقة صحراوية، ويوجد بها كميات كبيرة من المياه المالحة والتي تحتاج إلى الاستفادة منها وسد احتياج السكان باستخدام أبسط الطرق وأيسرها ومن هذه الطرق التقطير الشمسي المُستخدم في تحليه مياه البحر. (1,2)

الأجهزة التي تستخدم الطاقة الشمسية في تحليه ماء البحر تسمى المقطرات الشمسية، والمقطرات الشمسية أنواع متعددة ولكننا نركز على المقطر الشمسي أحادي الحوض (Single basin solar still)، وهو مجال دراستنا في هذا البحث. ويعتبر هذا المقطر من أشهر المقطرات الشمسية التي تُستخدم مباشرة في تحليه المياه لما تمتاز به من بساطة وسهولة في التصنيع، ونتيجة لذلك فلقد تم في جميع أنحاء العالم تصميم وتصنيع الكثير من المقطرات الشمسية من هذا النوع من الأحواض، وذلك بغرض تحسين الإنتاجية للمقطر دون زيادة التكاليف. هذا ولقد أجريت الكثير من الدراسات لمعرفة بعض البارامترات "العوامل المتغيرة" كشدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو المحيط وكذلك ظروف التشغيل، على أداء المقطرات الشمسية وباستخدام التحليلات الحرارية أصبح من الممكن التنبؤ بدقة كافية بأداء المقطرات من نوع الحوض. وبالرغم من كل هذا التقدم في تصميم المقطر من نوع الحوض تبقى أهم عيوبه التي تتلخص في انخفاض إنتاجيته مما يؤدي إلى عدم انتشاره، ومع ذلك فإن الأبحاث مستمرة حتى اليوم في العمل على تحسين الأداء الحراري للمقطرات الشمسية. (1,2)

1-2- المسح المرجعي (Literature review):

لقد بدأ العمل البحثي في موضوع المقطرات الشمسية بأنواعها المختلفة والمستخدمه بصفة خاصة في تحليه مياه البحر منذ أعوام عديدة، وكان من البحوث والدراسات التي تمت في هذا الموضوع هذه الدراسة (7) التي تم فيها استخدام نوع من أنواع المقطرات الشمسية يُعرف بمقطرات فتيل التبخير والتكثيف (Wick-type solar stills)، وهو نوع تقليدي من المقطرات الشمسية يمتاز بأن له معدل إنتاجيه أعلى بكثير من المقطر الشمسي من نوع الحوض، ويستخدم في توفير الماء الصالح للشرب في المناطق البعيدة والمعزولة.

ومن الأبحاث الهامة التي أجريت في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (KACST) التي قدمها العالمان (Hasnain and Alajlan) (8)، حيث قاما ببناء وحدة لتحليه المياه بطريقة الضغط الأسموزي العكسي في مدينة الرياض، لما تحتويه المملكة العربية السعودية من كميات هائلة من المياه الجوفية والمياه المالحة.

وفي بحث آخر (9) تمت دراسة الأداء الشمسي المثالي للمقطر الشمسي والتنبؤ بإنتاجية الماء في المدى الطويل بناءً على مجموعه من المعلومات الأرصادية القياسية، مثل القيم المتوسطة لدرجات الحرارة الجوية والإشعاع الشمسي.

وفي البحث الذي قدمه السباعي (10) تمت دراسة تأثير سرعة الرياح على معدل الإنتاجية اليومية لبعض تصاميم المقطرات الشمسية من نوع الحوض، باستخدام المحاكاة الحاسوبية والحسابات العددية لبعض الأيام في فصلي الصيف والشتاء في مدينة طنطا بجمهورية مصر العربية حيث وُجد أن الإنتاجية اليومية تنقص بزيادة كتلة الماء.

في عمل آخر⁽³⁾ تم تصميم نوعين من المقطرات الشمسية في مدينة طنطا بجمهورية مصر العربية أحدهما المقطر الشمسي التقليدي، والآخر المقطر الشمسي المطور والذي يحتوي على سطح ماص من النحاس أو الميكا موضوع داخل ماء الحوض، ولقد تم اختبارهما تحت ظروف مناخية مختلفة في فصلي الصيف والشتاء، حيث وُجد أن إنتاجية المقطر التقليدي تتناقص مع زيادة كتلة ماء الحوض، بينما إنتاجية المقطر المطور تزيد عن المقطر التقليدي بمعدل 15.2%. وعندما تكون كتلة ماء الحوض تساوي (80 kg) فإن إنتاجية وكفاءة المقطر التقليدي تصل إلى $2.658 \text{ kg/m}^2 \text{ per day}$ و 27.5%، بينما تصل إنتاجية وكفاءة المقطر المطور إلى $3.541 \text{ kg/m}^2 \text{ per day}$ و 35.9%.

وفي محاولة لتقليل وقت تسخين ماء الحوض في المقطرات الشمسية أحادية الحوض تم استخدام لوح ماص للحرارة معلق داخل ماء الحوض، وتمت دراسة تأثير معامل التوصيل الحراري للوح المعلق وعمق ماء الحوض على معدل الإنتاجية اليومية للمقطر وذلك بواسطة السباعي ومجموعته⁽¹¹⁾.

وفي عام 2000 قام شيببي⁽¹²⁾ باستخدام التحليل بالمحاكاة للمقطرات الشمسية، وتم استنتاج بارامترات الأداء لنظام التقطير الشمسي والموضوع في سقف بيت زجاجي. وبدراسة التحليل البارامتري الذي أظهر التأثيرات المتعددة للمقطرات الشمسية من نوع الحوض، باستخدام مقطع مثلث عرضي لحوض مبطن أفقياً بعدد من الحواجز المتوازية العمودية، ويحتوي على فتائل منقعه بالماء المالح في فجوات ضيقة بين الحواجز، وُجد أن معدل إنتاج الماء المقطر يتزايد في الشتاء تبعاً للزيادة في الزاوية بين الغطاء الزجاجي والحوض⁽¹³⁾.

وفي الدراسة (14) التي أجريت في الجزائر عام 2001 والتي تهدف إلى دراسة أهمية الطاقة الشمسية في تحويل الماء من ماء عذب إلى ماء صالح للشرب حتى يُمكن الاستفادة منه في المناطق الريفية أو الصحراوية، تمت المقارنة بين إنتاجية المقطر الشمسي من نوع الحوض البسيط والمقطر الشمسي من نوع الحوض المعدل أي الذي يحتوي على سطح عاكس مستوي.

كما تم توضيح (15) طريقة استغلال أو استثمار تجميع الطاقة الشمسية بواسطة المقطرات الشمسية من أجل التحلية بواسطة التقطير الغشائي (membrane distillation)، حيث أجريت تجارب داخل المختبر وخارجه في الهواء الطلق اتضح من خلالها مجموعة من العوامل المؤثرة مثل جريان الماء، درجة حرارة المحلول الملحي، تركيز الملح حيث وجد أن الماء العذب الناتج من المقطر الشمسي لا يزيد عن 20% من معدل جريان الماء الكلي المراد تحليته.

في بحث آخر (16) تم وضع النموذج الرياضي المتوقع الذي يعطي معدل الإنتاجية لمقطر شمسي بسيط، تحت ظروف مناخية مختلفة.

ومن جهة أخرى (17) تم وضع علاقات تجريبية، تُستخدم في حساب معدل انتقال الحرارة والكتلة في المقطرات الشمسية من نوع الحوض.

كما تمت دراسة (18) أسلوب جديد لتخزين الطاقة الحرارية في مقطرات التحلية الشمسية الأفقية طوال النهار، عن طريق تقسيم ماء الحوض إلى طبقتين باستخدام لوح عارض ماص للحرارة. الطبقة العلوية تعمل على تجميع الطاقة الشمسية أما الطبقة السفلية فتعمل على تخزين جزء من هذه الطاقة، التي يتم استرجاعها أثناء الليل وبذلك تزداد الإنتاجية الليلية للمقطر.

وفي عام 2003 قدم نعيم ومجموعته دراسة (19) عن المقطرات الشمسية غير التقليدية والتي تحتوي على الفحم كوسط ماص للحرارة. هذا النوع من المقطرات يقدم 15% كمعدل تحسين للإنتاجية حيث أنها بسيطة ورخيصة البناء وخفيفة الوزن وسهلة الصيانة.

وتم استخدام النموذج الحاسوبي لدراسة درجة حرارة الدخول والخروج للماء المالح في المقطرات الشمسية الزجاجية النشطة أو الفعالة (Active solar stills)، وفي هذه الدراسة تم التوصل إلى توافق بين النتائج النظرية والتجريبية كما أوضحتها الدراسة التي قدمها تيواري ومجموعته (20)

ومن جهة أخرى وضح العالمان (Boukar and Harmim) (21) طريقة تطوير واختبار المقطر الشمسي العمودي (الرأسي)، حيث أن التقطير الشمسي للماء المالح يعتبر البديل العملي حيث قلة الماء العذب والذي يعيق التطور، وطريقة التقطير الشمسي هذه هي الأكثر ملائمة لتموين الماء إلى الجاليات الصغيرة في المواقع البعيدة القاحلة بالجزائر.

وفي دراسة أخرى (22) عن المقطرات الشمسية المصنوعة من مخلفات المواد (waste materials) أثبتت النتائج الحاجة إلى تحسين الأداء، وتطوير اتجاه المقطر الشمسي، وأصبحت ذات أهمية أكبر في إنتاج الماء بدون أي تلوث للبيئة باستعمال الطاقة الشمسية القابلة للتجديد.

كما تمت أيضاً في عام 2004 (23) دراسة العوامل المختلفة المؤثرة في إنتاجية المقطر الشمسي والضرورية في تحليه الماء، حيث وُجد أن معدل إنتاجية المقطرات الشمسية التي

فيها الغطاء الزجاجي ثنائي الميل، والتي تحتوي على مرآة على حوائطها الداخلية أعلى من المقطرات الشمسية الذي يكون فيه الغطاء الزجاجي أحادي الميل بمقدار 20%. وفي بحث آخر قدمه السباعي (24) تمت دراسة تأثير سرعة الرياح V على معدل الإنتاجية اليومية P_d في بعض المقطرات الشمسية غير الفعالة (passive) والفعالة (active) باستخدام المحاكاة الحاسوبية. ولقد تم إجراء الحسابات العددية لبعض الأيام في فصلي الصيف والشتاء بمدينة طنطا بجمهورية مصر العربية. ولقد وُجد أن الإنتاجية للمقطرات الشمسية الفعالة تزداد بزيادة سرعة الرياح، أما الإنتاجية للمقطرات "غير الفعالة" تعتمد على عمق ماء الحوض حيث يوجد لها عمق حرج بعده تزداد الإنتاجية بزيادة سرعة الرياح.

كما تمت دراسة (25) النموذج الحراري للمقطر الشمسي ثنائي الميل وتم اقتراح نموذج رياضي من البارامترات التي تؤثر على إنتاجية المقطرات الشمسية ثنائية الميل ووجد أن هناك اتفاق جيد بين النتائج العملية والنظرية.

بالإضافة إلى ذلك قدم العالمان (Boukar and Harmim) (26) دراسة بارامترية للمقطرات الشمسية العمودية "الرأسية" (vertical)، تحت الظروف المناخية الصحراوية التي ينذر فيها الماء العذب في المناطق القاحلة الصحراوية في الجزائر. وأثبتت هذه الدراسة أن الإنتاجية للمقطر العمودي "الرأسي" تعتمد اعتماداً كبيراً على شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو المحيط.

ولقد أجريت في جنوب المكسيك بجنوب أمريكا داخل المختبر وخارجه، دراسة كانت تهدف إلى معرفة تأثير أداء المقطر الشمسي من نوع الحوض في العمل على إزالة المواد العضوية وغير العضوية وكيفية التخلص منها.⁽²⁷⁾

بالإضافة إلى ذلك تمت صياغة معادلات رياضية لدرجة حرارة ماء الحوض والغطاء الزجاجي، وكذلك الإنتاجية والكفاءة للمقطرات الشمسية الأحادية والثنائية التأثيرات من نوع فتيلة التبخير والتكثيف (Single and double slope multi wick solar distillation systems) وتم استنتاج علاقات تجريبية تُستخدم في حساب معاملات النقل الحراري بدلالة درجة حرارة السطح الداخلي للغطاء الزجاجي.⁽²⁸⁾

كما تم تقييم الأداء الشهري للمقطرات الشمسية غير الفعالة (passive) والفعالة (active) باستخدام الظروف المناخية في الهند باستخدام الحسابات العددية. حيث تم التوصل إلى أن الإنتاجية السنوية للمقطرات الشمسية تعتمد بشكل ملحوظ على عمق الماء وزاوية ميل الغطاء الزجاجي، وأن الإنتاجية السنوية للمقطر عند أي عمق لماء الحوض تزداد خطياً مع مساحة قاعدة المقطر من النوع الفعال أو النشط.⁽²⁹⁾

بالإضافة إلى ذلك تمت دراسة⁽³⁰⁾ تأثير استخدام مجمعين شمسيين من نوع السطح المستوي متصلين بالمقطر الشمسي، بغرض زيادة درجة حرارة الماء المالح المراد تحليته قبل دخوله إلى المقطر حيث زادت الإنتاجية اليومية بمقدار 36%.

كما عرض العالمان (Tanaka and Nakatake)⁽³¹⁾ المقطرات الشمسية الانتشارية متعددة التأثيرات لصحن عاكس مستوي، والذي يتألف من عدد من الحواجز المتوازية العمودية التي تكون متصلة مع فتائل منقعة بالملح في فجوات ضيقة بين الحواجز. وتم التوصل إلى أن معدل الإنتاجية الفعلية للمقطر تحت الشروط العملية أعظم من تلك المقطرات الوحيدة التأثيرات التقليدية.

وقام (Tanaka and Nakatake)⁽³²⁾ بالعمل على دراسة التحليلات النظرية للمقطر الشمسي من نوع الحوض والذي يحتوي على سطح عاكس خارجي وداخلي، والغرض من هذه الدراسة هو حساب الأشعة الشمسية المنعكسة على هذه الأسطح العاكسة والتي أمتصت في قاعدة الحوض، ولقد وجد أنه عند استخدام هذه الأسطح العاكسة فإن إنتاجية المقطر في السنة تزداد بمعدل 48%.

وفي دراسة أخرى⁽³³⁾ أجريت عام 2007 تمت محاولة دراسة نوع آخر من المقطرات الشمسية وهو المقطر الشمسي البلاستيكي من نوع الحوض ذو السطح المائل، وفي هذا المقطر تمت دراسة العوامل البيئية و التشغيلية التي تؤثر على أداء المقطر الشمسي، ومنها تأثير عمق الماء في الحوض على إنتاجية المقطر الشمسي. ولقد وُجد أنه كلما زاد عمق ماء الحوض كلما قلت إنتاجية المقطر.

ولقد أجريت دراسة⁽³⁴⁾ قدمها مختبر الطاقة الشمسية بقسم الهندسة الميكانيكية كلية الهندسة جامعة سبها (ليبيا)، لقياس معدل الإنتاجية لنظام التحلية الشمسي على أساس تقليل الضغط داخل المقطر بغرض تقليل درجة تبخير الماء المالح، وكذلك زيادة كثافة الإشعاع الشمسي عن طريق استخدام

مرآة مقعرة والتي تعكس الأشعة الشمسية إلى بؤرة المرآة، وهذه الطرق والنتائج تشجع على بناء وحدات تحلية لمياه البحر لتزويد المناطق الريفية بالمياه الصالحة للشرب.

بالإضافة إلى ذلك تمت دراسة (35) نوع آخر من المقطرات الشمسية وهو المقطر الشمسي من نوع الفتيلة والذي يحتوي على سطح عاكس خارجي، والغرض الأساسي من هذه الدراسة هو حساب شدة الإشعاع الشمسي المنعكس عن السطح العاكس الخارجي والذي يتم امتصاصه داخل المقطر، والتنبؤ بإنتاجية المقطر. فلقد وُجد أن السطح العاكس الخارجي يزيد من إنتاجية المقطر بمعدل 9%.

وفي عام 2008 قام عبد الله ومجموعته في الأردن (36) بالعمل على تطوير المقطر الشمسي التقليدي أحادي الميل وذلك بهدف تحسين أداءه، ومن هذه التعديلات استخدام مرآة عاكسة داخلية أو استبدال الحوض بحوض مُدرج (Step-wise basin) يحتوي على عدة مراحل، أو بالجمع بين المقطر الشمسي التقليدي مع نظام متابعة حركة الشمس، ولقد وُجد أن أداء المقطر الشمسي في حالة استخدام المرايا العاكسة الداخلية يزيد بمعدل 30%.

وفي بحث آخر (37) تمت دراسة تأثير استخدام المرايا الإكربيلية (Acrylic mirror) والتي توضع أعلى الغطاء الزجاجي للمقطر الشمسي بغرض زيادة إنتاجيته.

كما تمت دراسة المقطر الشمسي من نوع السد (Weir-type solar still) هذا النوع من المقطرات يحتوي على لوح ماص مائل صُنِع ليُكون سد، ولقد تمت المقارنة بين الإنتاجية لهذا النوع من المقطرات والإنتاجية للمقطر الشمسي التقليدي (حيث

تمت دراستهما في منطقة واحدة) فُوجد أن إنتاجية المقطر من نوع السد أعلى من إنتاجية المقطر الشمسي التقليدي بحوالي 20%.⁽³⁸⁾

كما تمت المقارنة بين نوعين من المقطرات الشمسية أحدهما المقطر الشمسي التقليدي، والذي يمتاز بأنه ثابت والآخر هو المقطر الشمسي المزود بنظام متابعة حركة الشمس أي أنه يستطيع الحركة لتعقب حركة الشمس، وهذا النوع من المقطرات أكثر فعالية وأكثر قدرة على زيادة الإنتاجية حيث أن إنتاجيته تزيد بمعدل 22% وكفاءته تزيد بمعدل 2%.⁽³⁹⁾

وفي هذا البحث قام العالم Kumar ومجموعته⁽⁴⁰⁾ بدراسة المقطر الشمسي من نوع الحوض ذو الغطاء ثنائي الميل ("V" type)، وهذا المقطر احتوى على الفحم كوسط ماص وكانت كفاءة المقطر الشمسي الذي لا يحتوي على الفحم هي 24.47%، بينما تبلغ كفاءته في حالة وجود الفحم 30.05%، وتبلغ كفاءة المقطر في حالة وجود مرآة حوالي 11.92%، وفي حالة وجود كلاً من الفحم (كوسط ماص) والمرآة (كسطح عاكس) 14.11%.

وفي بحث آخر⁽⁴¹⁾ تمت دراسة نوع من المقطرات الشمسية هو المقطر الشمسي من نوع الحوض ذو الزعانف (Fin type solar still) وله خزان يحتوي على ثلاث طبقات تتألف من فحم، حصاه، رمل والتي تعمل على إزالة الشوائب والقاذورات والجراثيم، ولقد وُجد أن إنتاجية هذا المقطر تزداد كثيراً.

وفي دراسة أخرى⁽⁴²⁾ تم توضيح أهمية التقطير في الحصول على مياه صالحة للشرب، والعمل على تطوير النماذج الحسابية وبرامج الكمبيوتر التي تساعد في حل وإيجاد معاملات النقل الحراري، وحساب الإنتاجية اليومية للمقطر. كما تمت دراسة تأثير كلاً من

الزيادة في شدة الإشعاع الشمسي، درجة حرارة الجو المحيط، كفاءة المرآة العاكسة، مساحة السطح العاكس، سرعة الرياح وعمق الماء المالح على أداء المقطر الشمسي.

كما انه تم عرض التحليلات النظرية للمقطر الشمسي من نوع الفتيلة والذي يحتوي على سطح عاكس خارجي مائل، حيث وُجد أن الكمية اليومية الناتجة عن التقطير باستخدام هذا المقطر تصل من 15% إلى 27%، وهذا أفضل بكثير من استخدام سطح عاكس عمودي.⁽⁴³⁾

هناك دراسة أخرى⁽⁴⁴⁾ أجريت عام 2009 اهتمت بدراسة تقسيم الإشعاع الشمسي الساقط على المقطر الشمسي أحادي الميل، حيث وُجد أنه يمكن تقسيمها إلى قسمين أحدهما الإشعاع الشمسي المباشر، وهذه الأشعة تعتمد على هندسة أو تكوين المقطر الشمسي و موضع الشمس في الأفق، بينما الأشعة الشمسية المنتشرة تعتمد على تكوين المقطر الشمسي فقط. ولقد وُجد أن تقسيم الإشعاع الشمسي إلى إشعاع شمسي مباشر وإشعاع شمسي منتشر، يعمل على تحسين دقة النماذج الرياضية التي تستخدم في التنبؤ بالأداء الحراري للمقطرات الشمسية.

تمت مناقشة تأثير كلاً من الأشعة الشمسية وسرعة الرياح على عملية التقطير في المنطقة العربية، حيث وُضحت أهمية مصادر الطاقة المتجددة في الحد من استخدام الوقود التقليدي، وتم أيضاً تقسيم تطبيقات الطاقة الشمسية إلى تطبيقات حرارية وتطبيقات كهربائية، كما ذُكرت أنواع متعددة من المقطرات الشمسية كمثل على التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية.⁽⁴⁵⁾

كما أنه تم تصميم نوع جديد من المقطرات الشمسية وهو النوع النصف كروي القابل للنقل، والذي تم اختباره في مدينة طهران، فكان ناتج التقطير اليومي من

2.8 (kg/m² day) إلى 5.7 (kg/m² day) بينما وصلت كفاءته اليومية إلى 33%، وهذه الكفاءة تتناقص بمعدل 8% عندما يزداد عمق الماء المالح بمعدل 50%⁽⁴⁶⁾ وفي البحث الذي قام به السباعي ومجموعته في مدينة جدة⁽⁴⁷⁾ على المقطر الشمسي من نوع الحوض، والذي يحتوي على مادة خازنة للحرارة الكامنة (PCM) وهي عبارة عن طبقة من حامض الستريك (Stearic acid) تُوضع أسفل اللوح الماص داخل المقطر، وُجد أن الإنتاجية خلال النهار P_{dl} تتناقص مع زيادة كتلة المادة المخزنة m_{pcm} ، بينما الإنتاجية اليومية P_d والإنتاجية خلال الليل P_{on} تزداد مع زيادة هذه الكتلة والسبب في ذلك هو زيادة كمية الحرارة المخزنة فيها. في فصل الصيف وصلت الإنتاجية إلى 9.005 kg/m² per day حيث كانت الكفاءة اليومية 85.3%، مقارنةً مع إنتاجية المقطر التقليدي والتي تساوي 4.998 kg/m² per day.

في بحث آخر⁽⁴⁸⁾ تم تصميم مقطر شمسي أكثر فعالية من المقطر الشمسي التقليدي، حيث أنه يحتوي على مكثف منفصل عن غرفة التبخير حيث وصلت إنتاجيته إلى 62% أعلى منها في المقطر التقليدي.

في البحث الذي قدمه كلاً من (Tanaka and Nakatake)⁽⁴⁹⁾ تم إجراء التحليلات النظرية للمقطر الشمسي من نوع الفتيلة المائلة (Tilted-wick)، والذي يحتوي على سطح عاكس خارجي مائل، حيث يبلغ طول هذا السطح العاكس نصف طول غطاء المقطر الشمسي، وتبلغ كمية التقطير اليومية للمقطر الشمسي الذي يحتوي على سطح عاكس مائل بزوايا مختلفة ما بين 15%-27% وهي أعلى منه في المقطر الذي يحتوي على سطح عاكس عمودي.

وأخيراً تمت دراسة المقطر الشمسي من نوع الفتيلة المائلة (Tilted-wick) والذي يحتوي على سطح عاكس عمودي، حيث وُجد أن الكمية اليومية للتقطير تزداد بمعدل 41% عنها في حالة عدم وجود سطح عاكس.⁽⁵⁰⁾

3-1 - الهدف من هذه الدراسة وأهميتها:

الهدف الأساسي من هذا البحث هو دراسة نظرية للأداء الحراري للمقطرات الشمسية من النوع أحادي الحوض (SBSS) (Single basin solar stills)، للعمل على زيادة الكفاءة والإنتاجية اليومية لهذا المقطر عن طريق إنقاص أو تقليل وقت تسخين ماء الحوض. بناءً على ذلك تم اقتراح نوعين من هذا المقطر واختبارهما نظرياً أحدهما المقطر التقليدي (Traditional still)، والآخر يمتاز عن المقطر الأول باستخدامه سطح عاكس عبارة عن مرآة مستوية خارجية ولذلك تمت تسميته (SBSSM) (Single basin solar stills with outer mirror) بغرض زيادة الكفاءة والإنتاجية اليومية. وباستخدام المحاكاة بالحاسب الآلي بالاعتماد على لغة الباسكال (Pascal)⁽⁵¹⁾ تمت دراسة الأداء الحراري والإنتاجية للمقطر، وذلك عن طريق كتابة معادلات الاتزان الحراري للعناصر المختلفة، باعتبار أن معاملات النقل الحراري دوال في درجة الحرارة والزمن. ثم حل هذه المعادلات تحليلياً وبالتالي تم التنبؤ بدرجات الحرارة للعناصر المختلفة ومن ثم الحصول على الإنتاجية الساعية وكذلك الإنتاجية والكفاءة اليومية للمقطر تحت ظروف تشغيل مختلفة. وبناءً عليه تم حساب الأداء السنوي في حالة وجود وعدم وجود مرآة. ولإثبات صحة النموذج الرياضي الذي تم اقتراحه

للمقتر تمت مقارنة النتائج الحسابية التي حصلنا عليها مع النتائج العملية المنشورة في أبحاث سابقة والتي أجريت على المقتر في مدينة طنطا (جمهورية مصر العربية).

لزيادة شدة الإشعاع الشمسي الساقط على المقتر تمت إضافة مرآة عاكسة خارجية، وتم استخدام طريقة مبسطة لحساب شدة الإشعاع الشمسي المنعكس من المرآة إلى الغطاء الزجاجي مقارنة بالطرق المعقدة التي استخدمت في الأبحاث السابقة.(42)

وانطلاقاً من هذا الهدف فلقد جُمعت البيانات والمعلومات اعتماداً على مجموعة من الأبحاث القديمة والحديثة منذ عام 1995 م وحتى عام 2009 م حيث قُسمت الرسالة إلى عدد من الفصول، حيث تناول الفصل الأول نبذة تاريخية عن الطاقة ومصادرها التقليدية والمتجددة ومن ثم دراسة الشمس والإشعاع الشمسي "أقسامه وطرق قياسه"، وباعتبار أن الطاقة الشمسية مصدر جديد ومتجدد فلقد درسنا تطبيقاتها المختلفة للحصول على خلفية موجزة لمن يرغب في معرفة بعض هذه التطبيقات، ولكن كان التركيز بشكل أكبر على دراسة المقطرات الشمسية من نوع الحوض وتطرقنا للحديث عنها بالتفصيل في الفصول التالية. و يشتمل هذا الباب أيضاً على مراجعة الأدبيات ذات العلاقة بهذا الموضوع حيث تم تجميع وإيجاز الأبحاث والمفاهيم الأساسية التي ترتبط بهذه الدراسة، والتي تدعم هذه الرسالة وتؤيدها بهدف تحقيق إضافة علمية جديدة يمكن الاستفادة منها مستقبلاً بإذن الله.

أما الباب الثاني فلقد تم فيه دراسة المنهج البحثي بما يحتويه من التحليل الحراري للمقتر في حالة وجود وعدم وجود المرآة الخارجية حيث تمت كتابة معادلات الاتزان الحراري وحلها بالطرث التحليلية وإجراء الحسابات العددية اعتماداً على الحاسوب و باستخدام لغة الباسكال، وتم اختبار عدداً من الفرضيات والاستدلالات على صحتها

بالاعتماد على دراسات أخرى بغرض تحقيق هذا الهدف. واستكمالاً لذلك فلقد اشتمل الباب الثالث على عرض النتائج التي تم التوصل إليها سواءً كانت هذه النتائج مرتبطة بالأهداف أو الفرضيات التي تم الاعتماد عليها، وأخيراً تمت مناقشة هذه النتائج كاملة وتوضيح مدى تطابقها أو تعارضها مع الدراسات السابقة التي سبق نشرها.

وتتناول الباب الرابع ملخصاً كاملاً لجميع الاستنتاجات التي تم التوصل إليها ومناقشتها وذكر التوصيات التي يمكن الاستفادة منها مستقبلاً.