



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية المحروقات و الطاقات المتجددة و علوم الأرض و الكون

قسم الطاقات المتجددة

مذكرة

مقدمة لنيل شهادة الماستر

الشعبة: هندسة ميكانيكية

تخصص: طاقات متجددة في الميكانيك

من إعداد: بن قلية سليم

بعنوان

دراسة تطبيقية لأنتاج الماء المقطر بإستعمال الطاقة الشمسية الحرارية
و الطاقة الكهروضوئية

تحت إشراف اللجنة:

د/ معمر حسين أستاذ محاضر أ جامعة قاصدي مرباح مشرفا

السنة الجامعية 2026/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



الإهداء

أهدي هذا العمل إلى من علماني معنى الصبر والإصرار،

إلى من كان دعاؤهم سلاحاً وعمه قوتي، إلى والديا العزيزين، وإلى كل

من ساندني بحب ووفاء..

إيكم كل الامتنان، فانتم النور الذي أضاء دمي.

بن قلية سليم



الشكر و التقدير

الحمد لله الذي هدانا لهذا ونحن كنا ووفقنا لإنجاز هذا العمل، والصلاة والسلام على خير الأنام محمد صلى الله عليه وسلم
أقدم في البداية بأسمى آيات الشكر والامتنان إلى والديَّ العزيزين، اللذين كان لهما الفضل الأكبر بعد الله في حياتي، فدعماهما اللامحدود،
وجهما الصادق، وتضحياتهما الكبيرة كانت دائما مصدرا لإلهام ودافع لي للاستمرار والعمل بجد واجتهاد. لقد كانا السند الذي لا ينكسر،
والنور الذي أضاء طريقي في كل لحظة تعب وشك، فإليهما أهدي هذا الشكر والامتنان بكل حب وفخر.

كما أقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أستاذي المشرف الدكتور **معمور حسين**، الذي لم يخل علي بتوجيهاته السديدة، ونصائحه القيمة،
وإشرافه الدقيق، وكان نعم المرشد والأستاذ الذي ساعدني على تطوير هذا البحث وتحقيق أهدافه الأكاديمية. إن صبره وتحفيزه كانا حجر
الأساس في إنجاز هذا العمل بنجاح.

ولا يفوتني أن أعبر عن امتناني العميق إلى عائلتي الكريمة، إخوة وأخوات، اللذين وقفوا لي جانبي في كل مرحلة، وساندوني بالكلمة الطيبة،
والدعم المعنوي المستمر، وجعلوا من هذه الرحلة العلمية تجربة مليئة بالحب والدفع الأسري.

وأخيرا، أتوجه بالشكر إلى أصدقائي وزملائي الأعزاء، اللذين شاركوني لحظات الدراسة والعمل، ووقفوا بجانبني في أوقات التعب والضغط،
وقدموا لي التشجيع والساندة، فكانوا جزءا مهما من هذه التجربة الأكاديمية التي لن أنساها.

إليك جميعا أصدق عبارات الامتنان والتقدير، وأسأل الله أن يجزيكم خير الجزاء على كل ما قد متموه لي من دعم وعون في إنجاز هذا البحث.

قائمة المحتويات

الفهرس	
الصفحة	العنوان
	الاهداء
	الشكر و التقدير
	الفهرس
	قائمة الاشكال
	قائمة الرموز
1	المقدمة العامة
الفصل الأول: الإطار النظري	
	1- الطاقة الشمسية
4	1.1 تمهيد
4	2-1 تعريف الطاقة الشمسية
5	3.1 الإشعاع الشمسي
6	4-1 أقسام الإشعاع الشمسي
7	1-4-1 الإشعاع الشمسي المباشر (S)
7	2-4-1 الإشعاع الشمسي المنتشر (D)
7	3-4-1 الإشعاع الشمسي الكلي (G)
8	5-1 استخدامات الطاقة الشمسية
9	1-5-1 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية
10	2-5-1 الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية
10	1-2-5-1 تسخين المياه
11	2-2-5-1 التدفئة بالطاقة الشمسية
11	3-2-5-1 الطهي الشمسي
12	4-2-5-1 تحلية المياه
	2- المقطر الشمسي
13	1-2 تمهيد
13	2-2 تعريف المقطر الشمسي
14	3-2 مبدأ عمل المقطر الشمسي

15	4-2 اجزاء المقطر الشمسي
16	5-2 العوامل المؤثرة على المقطر الشمسي
16	1-5-2 تأثير شدة الإشعاع الشمسي
16	2-5-2 تأثير درجة الحرارة المحيطة
16	3-5-2 تأثير سرعة الرياح
	3- تحلية المياه
16	1-3 تعريف
17	2-3 مشكلة ندرة المياه عالميا
18	3-3 تقنيات تحلية المياه
18	1-3-3 التقنيات الحرارية
19	2-3-3 التقنيات الغشائية
19	8- خاتمة
الفصل الثاني: التصميم و النمذجة النظرية	
	1- تصميم النظام الكهروضوئي
21	1-1 تمهيد
21	2-1 تحديد زمن تشغيل النظام
22	3-1 تحديد الحمل الكهربائي لجهاز التقطير
22	4-1 تحديد قدرة الألواح الشمسية
23	5-1 تحديد عدد الألواح
23	6-1 تحديد سعة و تصميم البطاريات
24	7-1 اختيار المنظم
	2- النمذجة النظرية
25	1-2 الانتقالات والتدفقات الحرارية
25	1-1-2 أشكال انتقال الحرارة
25	1-1-1-2 التوصيل الحراري
25	2-1-1-2 الحمل الحراري
25	3-1-1-2 الإشعاع الحراري
26	2-2 الانتقالات والتدفقات الحرارية على مستوى المقطر الشمسي
26	1-2-2 الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي

27	2-2-1-1 الإشعاع الشمسي الوارد إلى الزجاج
27	2-2-1-3 الإشعاع الممتص من طرف الزجاج
28	2-2-1-4 الإشعاع النافذ عبر الغطاء الزجاجي
28	2-2-1-5 انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (الهواء)
28	2-2-1-6 انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (السماء)
29	2-2-1-7 انتقال الحرارة بالتوصيل بين الوسط الداخلي والخارجي
30	2-3 الطاقة الشمسية المقدمة للنظام
31	2-4 الطاقة الكهربائية المقدمة للنظام
31	2-5 الطاقة المفيدة
31	2-6 كفاءة النظام
32	3- خاتمة
الفصل الثالث: الدراسة التجريبية	
34	1- تمهيد
34	2- المكان الذي أجريت فيه التجارب
35	3- وصف النظام التجريبي
35	3-1 وصف المقطر الشمسي التقليدي
36	3-2 وصف النظام الكهروضوئي
37	1- التجارب المنجزة
37	4-1 دراسة أداء المقطر الشمسي التقليدي
37	4-1-1 هدف التجربة
37	4-1-2 أجهزة القياس المستعملة
38	4-1-3 خطوات الإنجاز
39	4-1-4 طريقة القياس المتبعة
39	4-2 دراسة أداء المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي
39	4-2-1 هدف التجربة
40	4-2-2 الاجهزة و الادوات المستعملة
41	4-2-4 خطوات الإنجاز
42	4-2-5 طريقة القياس المتبعة

43	5- خاتمة
الفصل الرابع: التحليل و المناقشة	
45	1- تمهيد
45	2- تحليل نتائج التجربة (1)
46	3- تفسير و مناقشة نتائج التجربة (1)
47	3-1 تفسير النتائج
47	3-2 استنتاجات
48	4- تحليل نتائج التجربة (2)
50	5- تفسير و مناقشة نتائج التجربة (2)
51	6- مقارنة أداء المقطر التقليدي و المدعم كهروضوئيا
52	7- خاتمة
الخاتمة و التوصيات	
54	1- خاتمة
55	2- التوصيات
57	الملخص
58	قائمة المراجع العربية
61	قائمة المراجع الأجنبية

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1-1	مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى الأرض	8
2-1	مخطط يبين إستخدامات الطاقة الشمسية	9
3-1	مبدأ عمل المقطر الشمسي	14
1-2	مخطط ظاهرة نقل الحركة	26
2-2	رسم تخطيطي يوضح الإنتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي	27
1-3	المكان الذي اجريت فيه التجارب	34
2-3	المقطر الشمسي التقليدي المنجر	35
3-3	المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي المنجز	36
4-3	تصميم المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي	36
5-3	أجهزة القياس المستعملة في التجربة الاولى	38
6-3	اجهزة القياس المستعملة في التجربة الثانية	40
7-3	اللوحة الشمسية المستعمل فالتجربة	41
1-4	منحنى تغيرات درجة حرارة الجو و حرارة الهواء داخل المقطر و شدة الاشعاع بدلالة الزمن	46
2-4	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء و كمية الماء المنتجة و شدة الاشعاع بدلالة الزمن	47
3-4	منحنى تغيرات درجة حرارة الجو و حرارة الهواء داخل المقطر و شدة الاشعاع بدلالة الزمن	49
4-4	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء و كمية الماء المنتجة و شدة الاشعاع بدلالة الزمن	50

قائمة الرموز

الرمز	العنوان	الوحدة
E_c	الطاقة الكهربائية المستهلكة	Wh
P	القدرة الكهربائية	W
t	زمن التشغيل	H
P_c	قدرة الألواح	W
E_c	الطاقة المستهلكة يوميا	Wh
K	معامل الضاعات	W/m ² K
G	الاشعاع الشمسي	W/m ²
P_i	القدرة المطلوبة	W
N	عدد الألواح	/
P_m	قدرة اللوح الواحد	W
U	توتر البطارية أو توتر النظام الكهربائي	V
D	عمق تفريغ البطارية	%
ε_g	معامل الاشعاعية للزجاج	/
σ	ثابت ستيفن بوليمران	/
λ	الناقلية الحرارية للزجاج	W/m ² K
E	سمائة الغطاء الزجاجية	m
$T_{\{gint\}}$	درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج	K
$T_{\{gext\}}$	درجة حرارة السطح الخارجي للزجاج	K
Q_s	الطاقة الشمسية المقدمة للنظام	J
A	المساحة المعرضة للشمس	m ²
Q_{elec}	الطاقة الكهربائية المقدمة للنظام	J
Q_{utile}	الطاقة المفيدة	J
m	كمية الماء المتبخر	L
η	كفاءة النظام	%
T_{amb}	درجة حرارة الجو	C
T_{ab}	درجة حرارة الجدار الداخلي للمقطر	C
T_{in}	درجة حرارة الهواء الداخلي للمقطر	C
T_{eua}	درجة حرارة الماء	C
I	شدة التيار الكهربائي	A



المقدمة العامة:

تشهد البشرية في العصر الحديث تزايدًا متسارعًا في الطلب على المياه النقية الصالحة لمختلف الاستعمالات، نتيجة النمو السكاني المتواصل والتوسع العمراني والصناعي، إضافة إلى التغيرات المناخية التي أدت إلى اضطراب الدورة المائية الطبيعية وتراجع الموارد المائية التقليدية. وقد انعكس ذلك بشكل واضح على المناطق الجافة وشبه الجافة، خاصة في الدول الواقعة ضمن الحزام الصحراوي، حيث تعاني هذه المناطق من قلة التساقطات المطرية وارتفاع معدلات التبخر، مما يؤدي إلى تناقص مستمر في مخزون المياه السطحية والجوفية. كما أن تلوث الموارد المائية نتيجة الأنشطة الصناعية والزراعية زاد من حدة المشكلة، وجعل الحصول على مياه نقية ذات جودة عالية أمرًا صعبًا في العديد من المناطق، الأمر الذي يفرض ضرورة البحث عن حلول بديلة ومستدامة لتوفير المياه النقية.[1]

وفي ظل هذه الظروف، برزت تقنيات تحلية المياه كخيار استراتيجي لتوفير مصادر بديلة للمياه، حيث تُعد عملية التقطير من أكثر الطرق فعالية للحصول على ماء عالي النقاء، إذ تعتمد على تسخين الماء حتى التبخر ثم تكثيف البخار للحصول على ماء خالٍ من الأملاح والشوائب والملوثات. ويتميز الماء المقطر بخصائص فيزيائية وكيميائية تجعله مناسبًا لمختلف الاستعمالات، خاصة في المجال الطبي والمخبري والصناعي، إضافة إلى استعماله في الأجهزة الحساسة التي تتطلب ماءً خاليًا من الرواسب المعدنية. غير أن تقنيات التقطير التقليدية تعتمد غالبًا على مصادر طاقة أحفورية مكلفة وملوثة للبيئة، مما يحدّ من إمكانية استخدامها على نطاق واسع في المناطق النائية أو الفقيرة.[2]

ويُعد التقطير الشمسي من التقنيات الواعدة التي تحاكي الدورة الطبيعية للمياه في الطبيعة

(التبخر — التكاثف — الهطول)، لكنه يتم داخل جهاز مصمم خصيصًا لهذا الغرض. وتتميز هذه التقنية ببساطتها وقلة تكلفتها وسهولة صيانتها، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في المناطق المعزولة التي تفتقر إلى البنية التحتية الأساسية. كما أن استخدام مواد محلية في تصنيع المقطرات الشمسية يساهم في خفض تكاليف الإنتاج ويعزز إمكانية تعميم هذه التقنية على نطاق واسع.[3]

رغم وفرة الإشعاع الشمسي في المناطق الصحراوية، إلا أن مشكلة توفير المياه النقية الصالحة لمختلف الاستعمالات لا تزال قائمة، خاصة في المناطق النائية التي تفتقر إلى شبكات الكهرباء والمياه. وتكمن الإشكالية الأساسية في مدى إمكانية استغلال الطاقة الشمسية — بنوعها الحراري والكهروضوئي

— لتشغيل أنظمة تقطير فعالة قادرة على إنتاج كميات كافية من الماء المقطر بكفاءة عالية وتكلفة منخفضة، مع ضمان استمرارية التشغيل في مختلف الظروف المناخية. كما تطرح مسألة تحسين تصميم هذه الأنظمة ورفع مردوديتها تحديًا إضافيًا، خاصة عند مقارنة أدائها بالطرق التقليدية لتحلية المياه.

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز إمكانية استغلال الطاقة الشمسية كحل مستدام وفعال لإنتاج الماء المقطر ومعالجة مشكلة ندرة المياه، وذلك من خلال الاعتماد على تقنيات التقطير الشمسي المدعمة بالطاقة الحرارية والطاقة الكهروضوئية. ولتحقيق هذا الهدف، تم تقسيم العمل إلى مجموعة من الفصول المتكاملة، حيث يتناول الجزء الأول الجانب النظري للدراسة من خلال التطرق إلى المفاهيم الأساسية المرتبطة بالطاقة الشمسية ومختلف تقنيات التقطير الشمسي والعوامل المؤثرة على أدائها. أما الجزء الثاني فيخصص للجانب التطبيقي، والذي يتضمن تقديم المنظومة المستعملة ومنهجية العمل المعتمدة في إجراء التجارب وجمع البيانات. بعد ذلك يتم عرض النتائج المتحصل عليها وتحليلها ومناقشتها من أجل تقييم أداء النظام المدروس وتحديد مدى فعاليته في إنتاج الماء المقطر. وفي الأخير، تُختتم الدراسة بعرض أهم الاستنتاجات المتوصل إليها مع تقديم بعض التوصيات والآفاق المستقبلية التي يمكن أن تساهم في تطوير هذا المجال وتعزيز الاعتماد على الطاقات المتجددة في معالجة المياه.



الفصل الأول الإطار النظري

1- الطاقة الشمسية:

1.1 تمهيد:

تُعدّ الطاقة من الركائز الأساسية التي يقوم عليها تطوّر المجتمعات الحديثة، حيث ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمختلف الأنشطة الاقتصادية والصناعية والزراعية، إضافة إلى دورها الحيوي في تحسين مستوى معيشة الإنسان. ومع التزايد المستمر في عدد السكان والتوسع العمراني والصناعي، ارتفع الطلب العالمي على مصادر الطاقة بشكل ملحوظ، مما أدى إلى استنزاف الموارد التقليدية كالنفط والفحم والغاز الطبيعي.

وقد نتج عن الاعتماد المفرط على هذه المصادر التقليدية العديد من المشكلات البيئية، أبرزها التلوث البيئي والانبعاثات الغازية الضارة التي ساهمت في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية. كما أن هذه المصادر تتميز بكونها محدودة وغير متجددة، الأمر الذي يهدد استمرارية تلبية احتياجات الأجيال القادمة من الطاقة.

في ظل هذه التحديات، برزت الحاجة إلى البحث عن بدائل نظيفة ومستدامة، فكانت الطاقات المتجددة الخيار الأمثل، ومن بينها الطاقة الشمسية التي تُعد من أهم وأوفر مصادر الطاقة على سطح الأرض. إذ تتميز بكونها طاقة نظيفة، متجددة، ومتاحة بشكل واسع خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع.

وتكتسي دراسة الطاقة الشمسية أهمية كبيرة، ليس فقط من حيث استغلالها كمصدر بديل للطاقة، بل أيضاً لما توفره من إمكانيات في مجالات متعددة كتحلية المياه، توليد الكهرباء، والتدفئة. ومن هنا تأتي أهمية هذا الفصل الذي يهدف إلى تسليط الضوء على مفهوم الطاقة الشمسية، خصائصها، وأهم تطبيقاتها. [1]

2-1 تعريف الطاقة الشمسية :

تُعرّف الطاقة الشمسية بأنها الطاقة الناتجة عن الإشعاع الصادر من الشمس، والذي يصل إلى سطح الأرض على شكل موجات كهرومغناطيسية تحمل طاقة حرارية وضوئية يمكن استغلالها بطرق

مختلفة. وتُعد هذه الطاقة من أهم مصادر الطاقة المتجددة نظرًا لاستمراريتها وعدم نضوبها على المدى القريب.

تمتاز الطاقة الشمسية بعدة خصائص تجعلها خيارًا استراتيجيًا في مجال الطاقة، فهي طاقة نظيفة لا تنتج عنها انبعاثات ملوثة للبيئة، كما أنها متوفرة بشكل مجاني تقريبًا، خاصة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية. بالإضافة إلى ذلك، فإن تقنيات استغلالها في تطور مستمر، مما يساهم في زيادة كفاءتها وتقليل تكاليفها.

ويمكن استغلال الطاقة الشمسية بعدة طرق، من أهمها:

- التحويل الحراري: حيث يتم استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الحرارة، كما في السخانات الشمسية أو أنظمة التقطير الشمسي.
- التحويل الكهروضوئي: وذلك باستخدام الخلايا الشمسية لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية.
- التركيز الشمسي: من خلال استخدام المرايا أو العدسات لتجميع أشعة الشمس في نقطة معينة لرفع درجة الحرارة واستغلالها.

وقد شهدت الطاقة الشمسية في السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا من قبل الدول، نظرًا لدورها الكبير في تحقيق التنمية المستدامة وتقليل الاعتماد على الطاقات التقليدية. كما أصبحت من الحلول الفعالة لمواجهة أزمة المياه والطاقة، خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة الموارد.[4]

3-1 الإشعاع الشمسي:

تُشير النظريات العلمية الحديثة إلى أن نشأة الشمس تعود إلى سحابة غازية ضخمة مكونة أساسًا من الهيدروجين، حيث خضعت هذه السحابة لعملية تقلص تجاذبي نتيجة قوى الجاذبية، مما أدى إلى تقارب الجزيئات وازدياد كثافتها تدريجيًا. وقد تسبب هذا التقلص في حدوث تصادمات عنيفة بين جزيئات الهيدروجين، نتج عنها ارتفاع كبير في درجة الحرارة داخل مركز السحابة.

ومع استمرار ارتفاع درجة الحرارة والضغط، بدأت نوى ذرات الهيدروجين في الاندماج مكونة نوى الهيليوم، وهي عملية تُعرف بالاندماج النووي. وخلال هذه العملية، يتحول جزء من الكتلة إلى طاقة وفقًا

لمبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة، مما يؤدي إلى انبعاث كميات هائلة من الطاقة. ويُعد هذا التفاعل النووي المصدر الأساسي للطاقة التي تشعها الشمس، وهو ما يمثل بداية تشكلها.

تنتقل هذه الطاقة من مركز الشمس نحو سطحها ثم إلى الفضاء الخارجي على شكل إشعاع كهرومغناطيسي يغطي نطاقًا واسعًا من الأطوال الموجية، حيث يمتد تقريبًا من (0.3 إلى 3) ميكرومتر. ويشمل هذا الإشعاع مختلف أنواع الموجات، بدءًا من الموجات الطويلة كالموجات الراديوية، وصولًا إلى الموجات القصيرة جدًا مثل الأشعة فوق البنفسجية وأشعة غاما.

ويمكن تقسيم الإشعاع الشمسي حسب مجالاته الطيفية إلى ثلاثة نطاقات رئيسية:

- الأشعة فوق البنفسجية (UV): تمثل نسبة تقارب 7% من إجمالي الطاقة الشمسية المنبعثة، وتتميز بطاقاتها العالية وتأثيرها البيولوجي.

- الضوء المرئي (V): يشكل حوالي 47% من الطاقة، وهو الجزء الذي يمكن للعين البشرية إدراكه.

- لأشعة تحت الحمراء (IR): تمثل نحو 45.5% من الطاقة، وهي المسؤولة أساسًا عن التأثير الحراري للإشعاع الشمسي.

وتنتقل هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية عبر الفراغ بسرعة ثابتة تُقدّر بسرعة الضوء، إلى أن تصل إلى سطح الأرض حيث تتفاعل مع الغلاف الجوي والسطح الأرضي. [5]

1-4 أقسام الإشعاع الشمسي:

تُعد الشمس المصدر الأساسي للطاقة على سطح الأرض، حيث تصل هذه الطاقة على شكل إشعاع شمسي يمر عبر الغلاف الجوي. وأثناء مروره، يتعرض هذا الإشعاع لعدة عمليات فيزيائية مثل الانعكاس والامتصاص والتشتت، مما يؤدي إلى فقدان جزء من طاقته قبل وصوله إلى سطح الأرض. وبالتالي، فإن الإشعاع الشمسي الذي يصل فعليًا إلى السطح الأرضي ينقسم إلى قسمين رئيسيين هما: الإشعاع المباشر والإشعاع المنتشر.

1-4-1 الإشعاع الشمسي المباشر (S):

يمثل الإشعاع الشمسي المباشر ذلك الجزء من الأشعة الشمسية الذي يصل إلى سطح الأرض دون أن يتعرض لأي انحراف أو تشتت داخل الغلاف الجوي. حيث تنتقل هذه الأشعة في خطوط مستقيمة من الشمس إلى سطح الأرض، وتكون شدتها عالية نسبياً، خاصة في الأجواء الصافية الخالية من الغيوم. ويُعتبر هذا النوع من الإشعاع مهماً في تطبيقات الطاقة الشمسية التي تعتمد على التركيز، مثل الأنظمة الحرارية الشمسية.

2-4-1 الإشعاع الشمسي المنتشر (D):

أما الإشعاع الشمسي المنتشر فهو ذلك الجزء من الإشعاع الذي يتعرض لعمليات التشتت داخل الغلاف الجوي نتيجة اصطدامه بجزيئات الهواء، مثل الغبار وبخار الماء، إضافة إلى الغازات المختلفة كغاز ثاني أكسيد الكربون. كما تلعب السحب دوراً مهماً في هذه العملية، حيث تعمل على إعادة توزيع الإشعاع في جميع الاتجاهات، مما يؤدي إلى وصوله إلى سطح الأرض بشكل غير مباشر ومن مختلف الزوايا.

3-4-1 الإشعاع الشمسي الكلي (G):

الإشعاع الشمسي الكلي هو مجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر، وهو يمثل إجمالي الطاقة الشمسية التي تصل إلى وحدة المساحة من سطح الأرض. ويُعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$G = S + D \quad [W/m^2]$$

حيث:

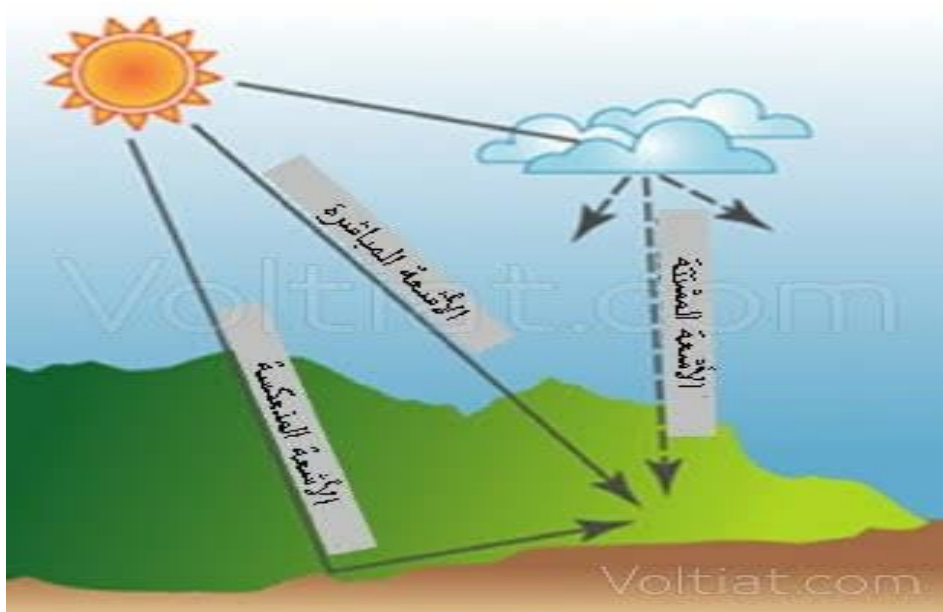
G: الإشعاع الشمسي الكلي

S: الإشعاع الشمسي المباشر

D: الإشعاع الشمسي المنتشر

يُعد هذا المفهوم أساسياً في دراسة أنظمة الطاقة الشمسية، لأنه يحدد كمية الطاقة المتاحة

للاستغلال في التطبيقات المختلفة مثل توليد الكهرباء أو تسخين المياه [1]

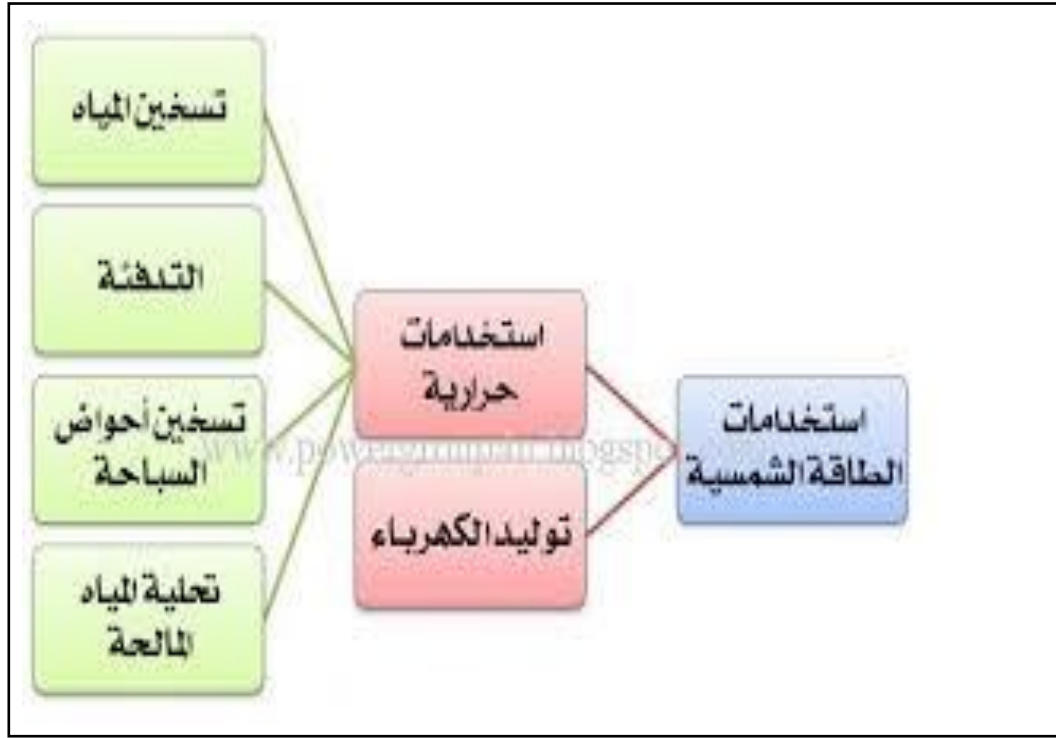


الشكل (1-1) مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى الأرض [8]

5-1 إستخدامات الطاقة الشمسية:

تُعدّ الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة، حيث تتميز بكونها طاقة متوفرة بشكل واسع ويمكن استغلالها في مختلف المناطق، خاصة تلك التي تتمتع بإشعاع شمسي مرتفع. كما تُعتبر مصدرًا نظيفًا وصديقًا للبيئة، إذ لا ينتج عنها ملوثات ضارة، مما يجعلها بديلاً مثاليًا لمصادر الطاقة التقليدية.

وتتعدد استخدامات الطاقة الشمسية، حيث يمكن تصنيفها إلى نوعين رئيسيين، يتمثلان في الاستخدامات الحرارية والاستخدامات الكهربائية، إذ تُستغل في العديد من المجالات الحيوية مثل تسخين المياه، التدفئة، تحلية المياه المالحة، إضافة إلى توليد الطاقة الكهربائية.



الشكل (1-2) مخطط يبين إستخدامات الطاقة الشمسية [1]

1-5-1 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية

تعتمد عملية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية على التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الكهروضوئية (Photovoltaic Cells)، والتي تُصنع عادة من مواد شبه موصلة مثل السيليكون. وتقوم هذه الخلايا بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية نتيجة لما يُعرف بالظاهرة ينتج عنه توليد تيار كهربائي.

وتُستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في العديد من التطبيقات، بدءًا من الأنظمة الصغيرة لتشغيل الأجهزة البسيطة، وصولًا إلى المحطات الكبيرة لإنتاج الكهرباء وربطها بالشبكات الكهربائية، مما يعزز من دورها في تحقيق التنمية المستدامة.

يمكن استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء بطريقتين رئيسيتين، الأولى باستخدام الأنظمة الكهروضوئية (PV) التي تقوم بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، والثانية باستخدام تقنيات الطاقة الشمسية المركزة (CSP) التي تعتمد على تركيز الأشعة الشمسية لإنتاج حرارة تُستخدم لاحقًا في توليد الكهرباء.

وتُعتبر الأنظمة الكهروضوئية من أكثر الأنظمة انتشارًا، حيث تُستخدم بشكل أساسي في تغذية الأجهزة الصغيرة والمتوسطة بالطاقة الكهربائية، سواء في المناطق الحضرية أو النائية.[9]

1-5-2 الإستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية:

تشمل الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية مجموعة واسعة من التطبيقات التي تعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية، والتي يمكن استغلالها في العديد من المجالات اليومية والصناعية.

1-2-5-1 تسخين المياه:

يُعد تسخين المياه من أكثر التطبيقات شيوعًا للطاقة الشمسية، حيث تُستخدم السخانات الشمسية لتوفير المياه الساخنة للاستخدامات المنزلية، مثل الاستحمام وغسل الأواني، إضافة إلى استخدامها في تسخين مياه المسابح.[9]

وتعتمد هذه الأنظمة على استخدام مجمعات شمسية، غالبًا ما تكون مسطحة ومنخفضة التكلفة، يتم تركيبها على أسطح المباني لتجميع أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي. وتتميز هذه المجمعات ببساطة تصميمها وسهولة تشغيلها، حيث تقوم بامتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى حرارة تُنقل إلى الماء داخل الأنابيب.

كما يمكن أن تصل درجة حرارة الماء المسخن إلى أقل من 100 درجة مئوية، مما يجعلها مناسبة لمختلف الاستخدامات المنزلية. وتُستخدم هذه الأنظمة بشكل واسع في المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع، نظرًا لكفاءتها العالية وتكلفتها المنخفضة مقارنة بالأنظمة التقليدية.

ويُعرف السطح الذي يتم فيه تجميع الإشعاع الشمسي باسم "المجمع الشمسي"، والذي يتكون عادة من صفيحة معدنية داكنة اللون تعمل على امتصاص أكبر قدر ممكن من الأشعة الشمسية، إضافة إلى أنابيب لنقل الحرارة، وغطاء زجاجي يساعد على تقليل الفاقد الحراري من خلال حبس الهواء الساخن داخل المجمع، مما يساهم في رفع كفاءة النظام.[10]

1-5-2-2 التدفئة بالطاقة الشمسية:

تُعرف التدفئة بالطاقة الشمسية على أنها عملية استغلال الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي من أجل رفع درجة حرارة الفضاءات الداخلية للمباني، بما يضمن توفير الراحة الحرارية داخلها، خاصة خلال الفترات الباردة. وتُعد هذه التقنية من الحلول الفعالة والاقتصادية، نظرًا لاعتمادها على مصدر طاقة مجاني ومتجدد.

تتم عملية التدفئة الشمسية من خلال امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة مجمعات شمسية، حيث يتم تحويل هذه الأشعة إلى طاقة حرارية تُنقل إما بواسطة الهواء أو الماء. ففي أنظمة التدفئة الهوائية، يتم تسخين الهواء داخل المجمع الشمسي ثم ضخه إلى داخل الغرف باستخدام مراوح خاصة. أما في الأنظمة المائية، فيتم تسخين الماء داخل الأنابيب، ثم يُنقل عبر نظام توزيع ليقوم بتدفئة الفضاءات الداخلية.

وتختلف أنظمة التدفئة الشمسية حسب طبيعة الوسط الناقل للحرارة، إلا أنها تشترك جميعًا في الاعتماد على المجمعات الشمسية كعنصر أساسي لانتقاط الطاقة. كما تُستخدم هذه الأنظمة بشكل واسع في المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع، حيث تساهم في تقليل استهلاك الطاقة التقليدية وخفض التكاليف [10]

1-5-2-3 الطهي الشمسي:

يُعد استخدام الطاقة الشمسية في الطهي من الحلول الفعالة والمستدامة، خاصة في ظلّ السعي إلى التقليل من استهلاك الوقود التقليدي كالحطب، الذي قد يكون مكلفًا أو صعب الحصول عليه في بعض المناطق. ويعتمد الطهي الشمسي على مبدأ استغلال الإشعاع الشمسي وتحويله إلى طاقة حرارية داخل حيزٍ معزول.

يتكوّن الطبخ الشمسي عادةً من صندوق معزول حراريًا من جميع الجوانب، مع وجود سطح علوي شفاف (زجاجي أو بلاستيكي) يسمح بمرور أشعة الشمس إلى الداخل، مع تقليل فقدان الحرارة. كما يتم طلاء الأسطح الداخلية بمواد داكنة اللون لزيادة امتصاص الإشعاع الشمسي وتحسين الكفاءة الحرارية.

تختلف مدة الطهي حسب نوع الطعام وظروف الإشعاع الشمسي، حيث قد يستغرق طهي بعض الأطعمة مثل الأرز ما بين ساعة إلى ساعتين. ولتحسين أداء الطباخ الشمسي، يمكن تعديل زاوية الميل بما يتناسب مع اتجاه أشعة الشمس، مما يسمح بزيادة كمية الإشعاع الممتص وتقليل زمن الطهي.

وقد شهدت هذه التقنية تطوراً ملحوظاً من خلال إضافة مرايا عاكسة لزيادة تركيز الإشعاع الشمسي، مما يساهم في رفع درجة الحرارة داخل الصندوق، والتي قد تتجاوز 150 درجة مئوية في بعض التصاميم المتقدمة. [11]

1-5-2-4 تحلية المياه:

تُعدّ عملية تحلية المياه من أهم التطبيقات الحديثة للطاقة الشمسية، حيث تهدف إلى تحويل المياه المالحة أو غير الصالحة للشرب إلى مياه عذبة قابلة للاستهلاك البشري. وتتم هذه العملية عبر تقنيات مختلفة تعتمد أساساً على استغلال الإشعاع الشمسي كمصدر نظيف ومتجدد للطاقة.

يُعتبر المقطر الشمسي من أبسط وسائل التحلية، إذ يتكون عادةً من حوض يحتوي على مياه مالحة ذات لون داكن لزيادة امتصاص الحرارة، ويُغطّى بسطح شفاف مائل (زجاجي أو بلاستيكي). عند تعرضه لأشعة الشمس، ترتفع درجة حرارة الماء فيتبخر، ثم يتكاثف البخار على السطح الداخلي للغطاء، ليتم جمعه لاحقاً كماء نقي خالٍ من الأملاح والشوائب.

تاريخياً، تُعدّ هذه التقنية من أقدم طرق تحلية المياه، حيث استُخدمت منذ قرون، خاصة في المناطق الساحلية والجافة التي تعاني من ندرة الموارد المائية العذبة، رغم توفر المياه المالحة بكثرة. وقد أثبتت فعاليتها كحل بسيط ومنخفض التكلفة في مثل هذه البيئات.

توجد عدة طرق لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية، يمكن تصنيفها إلى طريقتين رئيسيتين: التحلية غير المباشرة: تعتمد على استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية أو الحرارية، والتي تُستغل لاحقاً في تشغيل تقنيات التحلية التقليدية مثل التناضح العكسي، التقطير الومضي، أو التجميد.

التحلية المباشرة: تعتمد على استغلال أشعة الشمس مباشرة لتسخين المياه المالحة حتى التبخر، ثم تكثيف البخار للحصول على ماء نقي، كما هو الحال في المقطرات الشمسية.

تتميز الطريقة المباشرة ببساطتها وانخفاض تكلفتها، حيث لا تتطلب تجهيزات معقدة، بينما تمتاز الطرق غير المباشرة بكفاءتها العالية وقدرتها على إنتاج كميات أكبر من المياه، لكنها تحتاج إلى تجهيزات وتقنيات أكثر تطوراً. [1]

2- المقطر الشمسي:

1-2 تمهيد:

أدرك الإنسان منذ القدم أن الشمس تمثل مصدراً هائلاً للطاقة، فهي ليست فقط مصدراً طبيعياً ومتجدداً، بل تُعد أيضاً من أهم الركائز التي يمكن الاعتماد عليها لتلبية احتياجات الطاقة المختلفة. وتتمثل الطاقة الشمسية أساساً في الضوء والحرارة المنبعثين من الشمس، واللذين يمكن استغلالهما بطرق متعددة ومتطورة.

ومع التقدم التكنولوجي، عمل الإنسان على تطوير وسائل عديدة لتحويل هذه الطاقة إلى أشكال قابلة للاستخدام، مثل تحويلها إلى طاقة حرارية تُستعمل في التسخين المباشر، أو إلى طاقة ميكانيكية لتحريك الآلات، أو حتى إلى طاقة كهربائية عبر الألواح الكهروضوئية. وقد أدى هذا التطور إلى توسيع مجالات استخدام الطاقة الشمسية في مختلف القطاعات.

ومن بين أهم التطبيقات التي حظيت باهتمام كبير، نجد تحلية المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب. إذ تواجه العديد من الدول صعوبات في توفير المياه العذبة، مما دفعها إلى البحث عن حلول مستدامة، وكان من أبرزها الاعتماد على التقطير باستخدام الطاقة الشمسية.

وتوجد عدة أنواع من المقطرات الشمسية، منها البسيطة والمعقدة، مثل المقطر الشمسي أحادي الميل، والمقطر ثنائي الميل، والمقطرات متعددة الطوابق. وفي هذا الفصل سيتم التركيز على دراسة المقطر الشمسي البسيط أحادي الميل، مع التطرق إلى مبدأ عمله وأهم خصائصه.

2-2 تعريف المقطر الشمسي :

المقطر الشمسي هو جهاز يُستخدم لتحلية المياه المالحة أو غير الصالحة للشرب، حيث يعتمد في عمله على استغلال الطاقة الشمسية لتبخير الماء ثم تكثيفه للحصول على ماء نقي خالٍ من الأملاح والشوائب.

يتكون هذا الجهاز عادة من حوض معزول يُوضع فيه الماء المراد تقطيره، ويكون مزودًا بغطاء شفاف ومائل، غالبًا ما يكون مصنوعًا من الزجاج أو مادة بلاستيكية شفافة. يسمح هذا الغطاء بمرور أشعة الشمس إلى داخل الحوض، مما يؤدي إلى تسخين الماء وارتفاع درجة حرارته حتى يبدأ في التبخر. وعند ملامسة بخار الماء للسطح الداخلي البارد نسبيًا للغطاء، يتكثف على شكل قطرات صغيرة تنزلق بفعل الميل نحو قناة تجميع مخصصة، ليتم في النهاية الحصول على ماء مقطر صالح للاستعمال. [3]

ولتحسين كفاءة هذا النظام، يتم اتخاذ عدة إجراءات، مثل:

✍ عزل الحوض حراريًا لتقليل فقدان الحرارة.

✍ طلاء قاع الحوض باللون الأسود لزيادة امتصاص الإشعاع الشمسي.

✍ إحكام غلق الجهاز لمنع تسرب الحرارة أو البخار.

2-3 مبدأ عمل المقطر الشمسي:

يعتمد المقطر الشمسي في عمله على ظاهرة طبيعية بسيطة تتمثل في التبخر والتكاثف، وهي نفس الآلية التي تحدث في دورة الماء في الطبيعة. فعند سقوط أشعة الشمس على سطح الماء المالح داخل الحوض، تمتص الطاقة الحرارية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الماء تدريجيًا. نتيجة لذلك، يبدأ الماء في التبخر، حيث تتحول جزيئاته من الحالة السائلة إلى بخار، بينما تبقى الأملاح والشوائب في قاع الحوض لأنها لا تتبخر. بعد ذلك، يرتفع بخار الماء إلى الأعلى حتى يلامس السطح الداخلي للغطاء الزجاجي، الذي يكون أبرد نسبيًا. عند ملامسة هذا السطح، يفقد البخار حرارته ويتحول إلى قطرات ماء نقية بفعل عملية التكاثف. وبسبب ميلان الغطاء الزجاجي، تنزلق هذه القطرات نحو قناة مخصصة لتجميعها، ليتم في النهاية الحصول على ماء مقطر خالٍ من الأملاح وصالح للاستعمال. وهكذا، يحاكي المقطر الشمسي دورة الماء الطبيعية بشكل مبسط وفعال، معتمدًا فقط على الطاقة الشمسية كمصدر نظيف ومتجدد. [13]

في شكل منتج جاهز: حيث يكون عبارة عن حاوية بلاستيكية أو صفائح معدنية أو خشبية، تكون معزولة من الأسفل ومغطاة بالزجاج، ويُستخدم هذا النوع عادة في الساعات الصغيرة جدًا، حيث ينتج كميات محدودة من الماء يوميًا.

في حالة الاحتياجات الكبيرة: يتم تصنيع المقطرات عن طريق البناء (الخرسانة)، حيث تُنشأ تحت أحواض زجاجية كبيرة لتلبية إنتاج أكبر. [14]

2-5 العوامل المؤثرة على المقطر الشمسي:

2-5-1 تأثير شدة الإشعاع الشمسي:

تُعد شدة الإشعاع الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على أداء المقطر الشمسي، حيث تنخفض إنتاجيته عند ضعف الإشعاع، وتزداد بزيادته. [15]

2-5-2 تأثير درجة الحرارة المحيطة:

يساهم ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط في تحسين إنتاجية المقطر، ويكون تأثيره أكثر وضوحًا في المقطرات ذات العزل الجيد. [15]

2-5-3 تأثير سرعة الرياح:

تلعب سرعة الرياح دورًا مهمًا في إنتاجية المقطر، حيث تزداد الإنتاجية عند السرعات المعتدلة، بينما تنخفض عند السرعات العالية. [15]

3- تحلية المياه:

3-1 تعريف:

تُعرف تحلية المياه بأنها مجموعة من العمليات والتقنيات التي تهدف إلى إزالة الأملاح الذائبة والمواد غير المرغوب فيها من المياه، سواء كانت مياه بحر أو مياه جوفية مالحة، وذلك من أجل تحويلها إلى مياه صالحة للاستخدام البشري. ويشمل هذا الاستخدام الشرب، أو تلبية الاحتياجات المنزلية، أو الاستعمالات الزراعية والصناعية، حسب درجة المعالجة وجودة المياه الناتجة.

وتختلف جودة المياه المحلاة باختلاف الغرض من استعمالها، حيث يتم تحديد مستوى المعالجة بناءً على المعايير المطلوبة لكل استخدام. فمثلاً، تحتاج مياه الشرب إلى درجة نقاء عالية، بينما قد تكون المتطلبات أقل في الاستخدامات الزراعية أو الصناعية. ولهذا، يتم التحكم في نسبة الأملاح المتبقية داخل المياه بعد عملية التحلية وفق معايير محددة تضمن سلامة الاستخدام.

وتعتمد عملية تحلية المياه على عدة تقنيات، من أبرزها التقطير الحراري الذي يقوم على تبخير الماء ثم تكثيفه لفصل الأملاح، إضافة إلى تقنية الأغشية مثل التناضح العكسي، التي تعتمد على تمرير الماء عبر أغشية شبه نافذة تعمل على حجز الأملاح والشوائب. كما يمكن استخدام مصادر طاقة مختلفة لتشغيل هذه العمليات، مثل الطاقة التقليدية أو الطاقات المتجددة كالشمس، بهدف تقليل التكاليف والآثار البيئية.

وبشكل عام، تساهم تحلية المياه في تقليل ملوحة المياه بدرجات متفاوتة، حيث يمكن خفض نسبة الأملاح من مستويات مرتفعة في مياه البحر إلى نسب منخفضة جداً تجعلها صالحة للاستعمال. لذلك، تُعد تحلية المياه من أهم الحلول الحديثة لمواجهة أزمة نقص المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من شح الموارد المائية الطبيعية. [20]

3-2 مشكلة ندرة المياه عالمياً:

تلعب المياه النظيفة دوراً أساسياً في حياة الإنسان، فهي ضرورية ليس فقط للبقاء، بل أيضاً للحفاظ على التوازن البيئي وتحقيق التنمية المستدامة. وتعتمد معظم الأنشطة البشرية الحيوية، مثل الزراعة والصناعة وإنتاج الطاقة، على توفر كميات كافية ونوعية جيدة من المياه. وعلى الرغم من أن المياه تُعد من أهم الموارد الطبيعية على سطح الأرض، إلا أن الكميات الصالحة للشرب والاستخدام البشري تبقى محدودة.

ورغم وجود مصادر مائية متعددة، إلا أن العديد من سكان العالم لا يستطيعون تلبية احتياجاتهم الأساسية من المياه، سواء بسبب نقص الكمية أو تدهور الجودة، مما يؤدي إلى تفاقم الأزمات المائية خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. كما أن تزايد عدد السكان، إلى جانب التغيرات المناخية والتلوث، أدى إلى اختلال التوازن بين العرض والطلب على المياه، وهو ما يزيد من حدة المشكلة عالمياً.

ولا تقتصر آثار نقص المياه على الجانب البيئي فقط، بل تمتد لتشمل الجوانب الاقتصادية والاجتماعية، حيث تعيق التنمية وتزيد من احتمالية حدوث توترات ونزاعات، كما تساهم في تدهور النظم البيئية وانتشار ظاهرة التصحر. وتشير الإحصائيات الحديثة إلى أن نحو 40% من سكان العالم يعانون من ندرة حادة في المياه. [19]

3-3 تقنيات تحلية المياه:

تُعَدّ تحلية المياه من أبرز الحلول التكنولوجية لمواجهة أزمة الندرة المائية، خاصة في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد الطبيعية للمياه العذبة. وتقوم هذه العملية على إزالة الأملاح الذائبة والشوائب من مياه البحر أو المياه المالحة، اعتمادًا على مبادئ فيزيائية وكيميائية متقدمة ترتبط بمجالات مثل الكيمياء والهندسة البيئية. وقد شهدت هذه التقنيات تطورًا كبيرًا في العقود الأخيرة، حيث لم يعد الهدف مقتصرًا على إنتاج مياه صالحة للشرب فقط، بل أصبح يشمل تحسين الكفاءة الطاقوية، تقليل التكاليف، والحد من الآثار البيئية المصاحبة لهذه العمليات، وهو ما جعل تحلية المياه تدخل ضمن الاستراتيجيات الكبرى لتحقيق الأمن المائي والتنمية المستدامة.

3-3-1 التقنيات الحرارية :

تعتمد هذه التقنيات على مبدأ التبخير ثم التكثيف، حيث يتم تسخين المياه المالحة إلى درجات حرارة مرتفعة لتتحول إلى بخار، ثم يُعاد تكثيف هذا البخار للحصول على ماء نقي خالٍ من الأملاح والشوائب. وتُعتبر هذه الطرق من أقدم تقنيات التحلية وأكثرها موثوقية، إذ تعتمد على مبادئ بسيطة لكنها فعالة، غير أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة الحرارية، مما يجعلها مرتبطة غالبًا بالدول التي تمتلك موارد طاقوية كبيرة. وتشمل [20]

- التقطير الوميضي متعدد المراحل
- التقطير متعدد التأثير
- التقطير بالبخار المضغوط
- التقطير الشمسي

3-2-3 التقنيات الغشائية :

تعتمد هذه التقنيات على استخدام أغشية شبه نافذة تعمل على فصل الأملاح عن الماء عبر تمرير المياه تحت تأثير الضغط أو المجال الكهربائي، وهي من أكثر التقنيات تطوراً وانتشاراً في الوقت الحالي نظراً لكفاءتها العالية وانخفاض استهلاكها للطاقة مقارنة بالتقنيات الحرارية. وتشمل [20]

- التناضح العكسي
- التحليل الكهربائي الغشائي
- الترشيح النانوي

4- خاتمة:

خلال هذا الفصل تم التطرق إلى الجوانب النظرية المتعلقة بالطاقة الشمسية باعتبارها أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة القادرة على المساهمة في تلبية الاحتياجات الطاقوية بطريقة نظيفة ومستدامة. كما تم استعراض أهم خصائص الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة عليه، إضافة إلى التعريف بالأنظمة الشمسية المختلفة ومجالات استخدامها.

كما تم تناول إشكالية ندرة المياه وضرورة اللجوء إلى تقنيات تحلية المياه، مع التركيز على التقطير الشمسي كحل بسيط وفعال لاستغلال الطاقة الشمسية في إنتاج مياه عذبة. وتم عرض مبدأ عمل المقطر الشمسي ومكوناته الأساسية وأنواعه المختلفة، إلى جانب أهم العوامل المؤثرة في مردوبيته وإنتاجيته.

وقد سمحت هذه الدراسة الببليوغرافية بتكوين قاعدة معرفية حول الطاقة الشمسية وتقنيات التقطير الشمسي وتحلية المياه، مما يوفر الأساس العلمي اللازم لفهم الجوانب التقنية للدراسة. وانطلاقاً من هذه المعارف سيتم في الفصل الموالي التطرق إلى الدراسة النظرية للمنظومة المقترحة، بما في ذلك نمذجة المقطر الشمسي وتحديد أبعاد النظام الكهروضوئي المستخدم لدعمه.

الفصل الثاني
التصميم و النمذجة النظرية

1-تصميم النظام الكهروضوئي:

1-1تمهيد:

يُعدّ دمج النظام الكهروضوئي مع جهاز التقطير الشمسي من الحلول الفعّالة لتحسين مردودية النظام وضمان توفير الطاقة اللازمة لعملية التسخين والتبخّر، خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع. فالنظام الكهروضوئي يسمح بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية تُستعمل لتغذية العناصر الكهربائية المساعدة مثل مقاومة التسخين، مما يساهم في رفع درجة حرارة الماء وتسريع عملية التبخّر وبالتالي زيادة كمية الماء المقطر المنتَج.

ومن أجل ضمان عمل النظام بكفاءة واستقرار، يصبح من الضروري القيام بعملية التصميم، أي تحديد واختيار مكوّنات النظام الكهروضوئي بشكل مناسب وفق الاحتياجات الطاقوية لجهاز التقطير. وتشمل هذه العملية حساب القدرة المطلوبة، اختيار الألواح الشمسية المناسبة، تحديد سعة البطارية عند الحاجة، واختيار المنظمّ والعاكس الكهربائي بما يتوافق مع خصائص الحمل الكهربائي وظروف التشغيل.

1-2 تحديد زمن تشغيل النظام:

تم تحديد زمن تشغيل الجهاز تجريبياً وفق منهجية عملية دقيقة اعتمدت على مجموعة من المراحل المتتالية لضمان الحصول على نتائج موثوقة ودقيقة. في البداية، تم قياس كمية الماء المالح المراد معالجته وتحضيرها بعناية، حيث وُضع حجم قدره 1.5 لتر داخل وعاء الطهي المخصص للتجربة. بعد ذلك، تُبُنّت المقاومة الكهربائية أسفل الوعاء بطريقة هندسية تسمح بانتقال الحرارة بشكل مباشر ومنظم إلى الماء، مما يضمن تحسين كفاءة التسخين وتقليل الفواقد الحرارية. ثم جرى ربط المقاومة الكهربائية بالشبكة الكهربائية ذات التوتر 220 فولط مع التحقق من سلامة التوصيلات الكهربائية واحترام شروط الأمن والسلامة أثناء التشغيل. عقب ذلك، تم تشغيل المقاومة الكهربائية وبدء عملية التسخين، مع تسجيل لحظة الانطلاق باستخدام ساعة توقيت لقياس المدة الزمنية بدقة. وقد تمت متابعة عملية التسخين بشكل مستمر من خلال مراقبة تطور درجة حرارة الماء وتحوله التدريجي من الحالة السائلة إلى البخار إلى غاية التبخر الكامل لكمية الماء الموضوعة داخل الوعاء. وفي نهاية التجربة، تم تسجيل

الزمن الكلي اللازم لإتمام عملية التبخر الكامل منذ بداية التشغيل حتى نهايته، حيث قُدِّر بحوالي ساعتين، وهو ما يعكس الأداء الحراري للجهاز وكفاءة نظام التسخين المستعمل في التجربة.

3-1 تحديد الحمل الكهربائي لجهاز التقطير:

$$E_c = P \times t$$

حيث:

E_c : الطاقة الكهربائية المستهلكة (Wh)

P : القدرة الكهربائية (W)

t : زمن التشغيل (h)

$$E_c = 2 \times 500$$

$$E_c = 1000 \text{ Wh}$$

4-1 تحديد قدرة الألواح الشمسية:

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{G \times K}$$

حيث:

P_c : قدرة الألواح الشمسية المطلوبة

E_c : الطاقة المستهلكة يوميًا

K : معامل الضياعات

G : الإشعاع الشمسي أو عدد ساعات الذروة الشمسية

Pi: القدرة المطلوبة

$$P_c = \frac{1000 \times 1}{700 \times 0,9}$$

$$P_c = 1587 \text{ w}$$

1-5 تحديد عدد الألواح:

$$N = \frac{P_c}{P_m}$$

حيث:

N: عدد الألواح

Pc: قدرة الألواح الشمسية المطلوبة

Pm: قدرة اللوح الواحد

$$N = \frac{1587}{300}$$

$$N = 5,29 = 6 \text{ moudel}$$

تم ربط الألواح الشمسية بطريقة مختلطة تجمع بين التوالي والتوازي، حيث تم توصيل كل لوحين على التوالي للحصول على توتر أعلى، ثم ربط ثلاث مجموعات على التوازي لزيادة شدة التيار والقدرة الإجمالية للنظام. ويسمح هذا النوع من الربط بتحسين مردودية النظام الكهروضوئي وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل جهاز التقطير.

1-6 تحديد سعة و تصميم البطاريات:

$$C = \frac{E_c \times N}{U \times D}$$

حيث:

U : توتر البطارية أو توتر النظام الكهربائي.

N : عدد أيام الاستقلالية.

Ec : الطاقة الكهربائية المستهلكة يوميًا.

D : عمق تفريغ البطارية..

$$C = \frac{1000 \times 0,086}{24 \times 0,8}$$

$$C = 4,47 Ah$$

من أجل الحصول على توتر تشغيل مناسب للنظام الكهروضوئي، تم استعمال بطاريتين بجهد 12 فولط موصولتين على التوالي، وذلك للحصول على توتر إجمالي قدره 24 فولط ، مما يسمح بتقليل شدة التيار وتحسين مردودية النظام الكهربائية.

7-1 اختيار المنظم:

حساب التيار المطلوب

$$I = \frac{p}{U}$$

$$I = \frac{1800}{24}$$

$$I = 75A$$

لكن لازم نضيف هامش أمان (20% تقريبًا):

$$I = 90 A$$

الاختيار:

منظم شحن MPPT

قدرة: A100

توتر: V24

- النمذجة النظرية:

1-2 الانتقالات والتدفقات الحرارية:

1-1-2 أشكال انتقال الحرارة: توجد ثلاث آليات رئيسية لانتقال الحرارة، وهي: التوصيل،

والحمل، والإشعاع، وكل واحدة منها تلعب دوراً مهماً في الأنظمة الحرارية المختلفة. [14]

1-1-1-2 التوصيل الحراري: هو انتقال الطاقة الحرارية عبر المواد الصلبة نتيجة انتقالها من

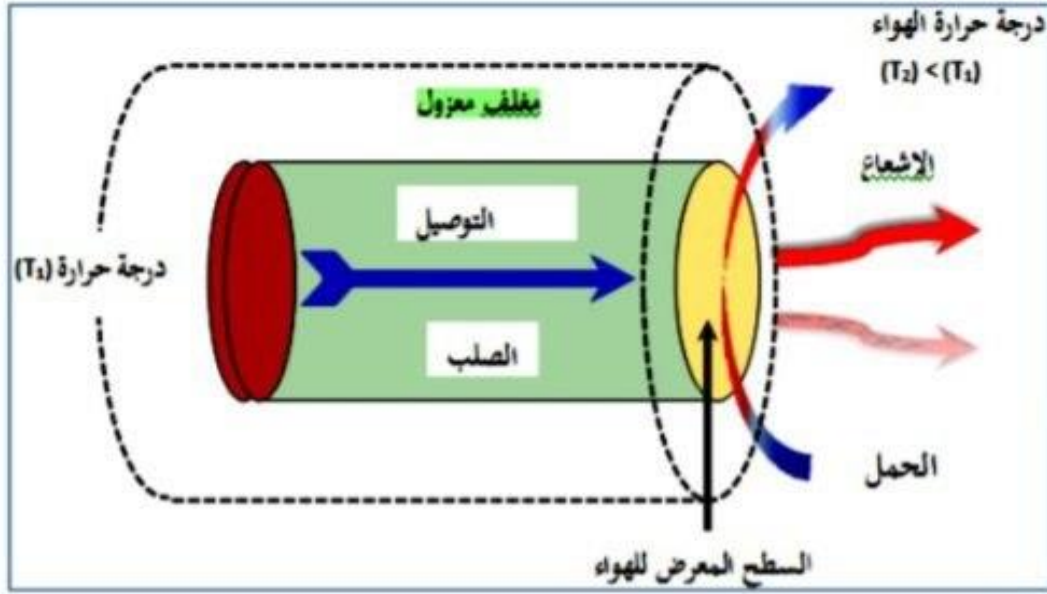
الجزيئات ذات الطاقة العالية إلى الجزيئات ذات الطاقة الأقل. ويحدث هذا النوع من الانتقال بشكل فعال عند وجود تلامس مباشر بين جسمين صلبين، حيث تزداد فعاليته كلما كان التلامس أكبر. وتُعد المواد الصلبة عموماً أفضل ناقل للحرارة مقارنة بالسوائل والغازات. [14]

2-1-1-2 الحمل الحراري: يتمثل في انتقال الحرارة نتيجة حركة المائع، سواء كان سائلاً أو

غازاً، من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة أقل حرارة. وتلعب حركة المائع دوراً أساسياً في هذه العملية، حيث يتم نقل الطاقة الحرارية مع انتقال الجزيئات نفسها. ويُستخدم الحمل الحراري في العديد من التطبيقات الهندسية التي تعتمد على تدفق السوائل. [14]

3-1-1-2 الإشعاع الحراري: هو انتقال الطاقة الحرارية على شكل موجات كهرومغناطيسية

دون الحاجة إلى وسط مادي ناقل، حيث يمكن أن يحدث حتى في الفراغ. وجميع الأجسام، سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية، تشع طاقة حرارية عندما تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر المطلق (0 كلفن). [14]



الشكل (1-2) مخطط ظاهرة نقل الحركة [3]

2-2 الانتقالات والتدفقات الحرارية على مستوى المقطر الشمسي:

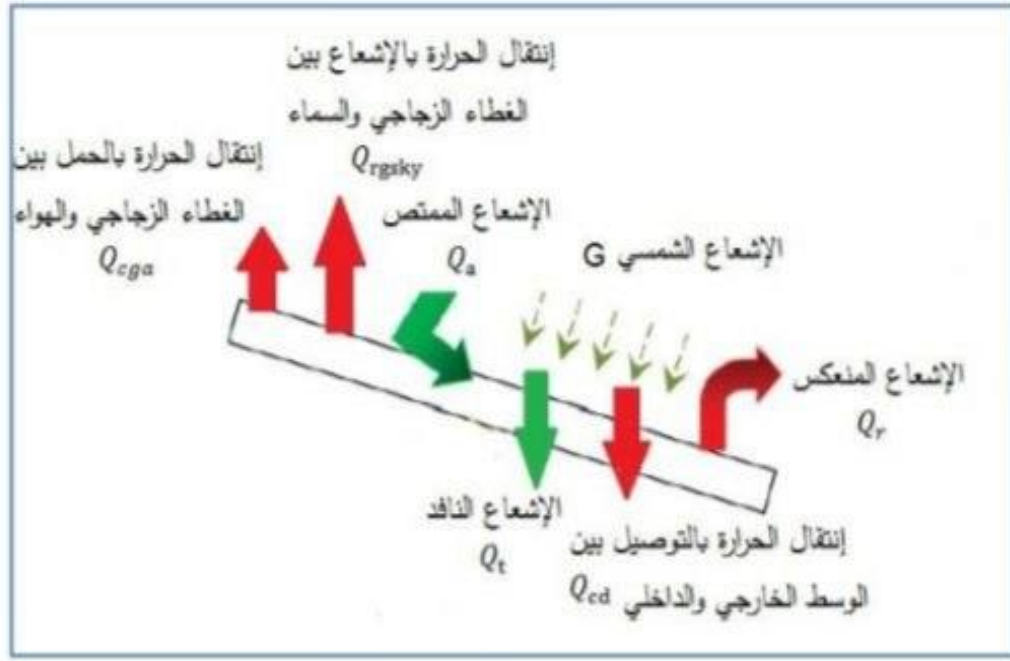
تحدث داخل المقطر الشمسي مجموعة من الظواهر الحرارية المعقدة، حيث تتداخل آليات انتقال الحرارة المختلفة (إشعاع، حمل، وتوصيل) على مستوى مكوناته، خاصة عند السطح الزجاجي الذي يلعب دورًا أساسيًا في هذه العمليات.

1-2-2 الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي:

عند سقوط الإشعاع الشمسي المباشر G على الغطاء الزجاجي، فإن هذا الإشعاع لا يُستفاد منه بالكامل بشكل مباشر، بل يتوزع إلى عدة أجزاء. حيث ينعكس جزء منه إلى الخارج ويُرمز له بـ Q_r بينما يُمتص جزء آخر داخل الزجاج ويتحول إلى طاقة حرارية تُرفع من درجة حرارة الغطاء الزجاجي، ويُرمز له بـ Q_a . أما الجزء المتبقي، وهو الأكبر غالبًا، فيخترق الغطاء الزجاجي وينتقل إلى داخل الحوض الشمسي.

يساهم هذا الجزء النافذ من الإشعاع في تسخين المياه داخل الحوض، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارتها تدريجيًا، وبالتالي تحفيز عملية التبخر. وتُعد هذه العملية المصدر الأساسي للطاقة الحرارية اللازمة لتحويل الماء المالح إلى بخار، والذي يتكاثف لاحقًا ليعطي ماءً عذبًا.

كما أن الغطاء الزجاجي لا يقتصر دوره على السماح بمرور الإشعاع فقط، بل يشارك أيضًا في تبادل حراري مع الوسط الخارجي، سواء عبر الإشعاع نحو السماء أو بالحمل الحراري مع الهواء المحيط، بالإضافة إلى انتقال الحرارة بالتوصيل بين وجهيه الداخلي والخارجي.[3]



الشكل (2-3) رسم تخطيطي يوضح الإنتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي[3]

2-1-2-2 الإشعاع الشمسي الوارد إلى الزجاج:

يمثل هذا الإشعاع كمية الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الزجاجي المائل بزاوية θ ، ويتم حسابه من خلال تكامل شدة الإشعاع الشمسي مع الزمن، وفق العلاقة:

$$G = \int q_{\{s\}}(t), dt \quad (W/m^2)$$

حيث، $q_{\{s\}}$ تمثل شدة الإشعاع الشمسي المتغير مع الزمن على سطح أفقي خلال ساعات سطوع

الشمس.[14]

2-1-2-2 الإشعاع المنعكس على مستوى الزجاج:

عندما يصل الإشعاع الشمسي إلى سطح الزجاج، فإن جزءًا منه لا ينفذ ولا يُمتص، بل ينعكس إلى الخارج، ويُعطى بالعلاقة:

$$Q_r = \rho_g G \quad (W\backslash m^2)$$

حيث ρ_g هو معامل الانعكاس الخاص بالغطاء الزجاجي، ويعبر عن نسبة الإشعاع المرتد مقارنة بالإشعاع الساقط. [14]

3-1-2-2 الإشعاع الممتص من طرف الزجاج:

يمتص الغطاء الزجاجي جزءًا من الإشعاع الساقط عليه، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته، وهذا الجزء الممتص يُعبر عنه بالعلاقة: [14]

$$Q_a = \alpha_g G \quad (W\backslash m^2)$$

حيث α_g هو معامل الامتصاص للزجاج، ويعكس قدرة الزجاج على امتصاص الطاقة الإشعاعية وتحويلها إلى حرارة.

4-1-2-2 الإشعاع النافذ عبر الغطاء الزجاجي:

أما الجزء المتبقي من الإشعاع الشمسي، فهو الذي ينفذ عبر الزجاج إلى داخل المقطر، ويُعتبر الأكثر أهمية، لأنه المسؤول المباشر عن تسخين الماء داخل الحوض، وبالتالي تعزيز عملية التبخر وإنتاج الماء المقطر. [14]

$$Q_t = \tau_g G \quad (W\backslash m^2)$$

حيث تمثل τ_g معامل النفاذية للغطاء الزجاجي، وهو يعبر عن نسبة الإشعاع الذي يتمكن من اختراق الزجاج مقارنة بالإشعاع الكلي الساقط عليه.

5-1-2-2 انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (الهواء):

تلعب حركة الهواء الخارجي دورًا أساسيًا في عملية تبادل الحرارة بالحمل بين السطح الخارجي للغطاء الزجاجي والهواء المحيط. إذ يؤدي اختلاف درجات الحرارة بينهما إلى انتقال الطاقة الحرارية من السطح الأكثر سخونة إلى الوسط الأبرد.

ويُعطى التدفق الحراري بالحمل بالعلاقة: [14]

$$Q_{\{cga\}} = h_{\{cga\}}(T_{\{gext\}} - T_a) \quad (W\backslash m^2)$$

حيث:

$h_{\{cga\}}$: معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الزجاج والهواء الخارجي

$T_{\{gext\}}$: درجة حرارة السطح الخارجي للغطاء الزجاجي

T_a : درجة حرارة الهواء الخارجي

6-1-2-2 انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (السما):

إلى جانب الحمل الحراري، يحدث أيضًا انتقال للحرارة بالإشعاع بين السطح الخارجي للغطاء الزجاجي والسما، نتيجة الفرق في درجات الحرارة الإشعاعية بينهما.

ويعبر عن هذا التدفق بالعلاقة: [14]

$$Q_{\{rgsky\}} = \varepsilon_g \sigma (T_{\{gext\}}^4 - T_{\{sky\}}^4) \quad (W \setminus m)$$

حيث:

ε_g : معامل الإشعاعية للزجاج

σ : ثابت ستيفان-بولتزمان

$T_{\{sky\}}^4$: درجة حرارة السما

ونُقَدَّر درجة حرارة السما تقريبًا بالعلاقة:

$$T_{\{sky\}} = T_a - 6 \quad (K)$$

كما يمكن استعمال علاقة عامة أكثر دقة:

$$T_{\{sky\}} = 0.0552 T_a^{\{1.5\}}$$

ويمكن كذلك تعريف معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الزجاج والسما كما يلي:

$$h_{\{rgsky\}} = \sigma \varepsilon_g \frac{T_{\{gext\}}^4 - T_{\{sky\}}^4}{T_{\{gext\}} - T_a}$$

7-1-2-2 الانتقال الحرارة بالتوصيل بين الوسط الداخلي والخارجي:

إضافةً إلى الحمل والإشعاع، تنتقل الحرارة أيضًا عبر الغطاء الزجاجي بواسطة التوصيل الحراري، نتيجة فرق درجات الحرارة بين السطح الداخلي والخارجي للزجاج.

ويُعطى هذا الانتقال بالعلاقة: [14]

$$Q_{\{cd\}} = \frac{\lambda}{E} (T_{\{gint\}} - T_{\{gext\}})$$

حيث:

λ : الناقلية الحرارية للزجاج

E : سماكة الغطاء الزجاجي

$T_{\{gint\}}$: درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج

$T_{\{gext\}}$: درجة حرارة السطح الخارجي

ويمثل هذا النمط من الانتقال أحد العوامل المهمة التي تؤثر على توازن الطاقة داخل المقطر الشمسي وكفاءته.

3-2 الطاقة الشمسية المقدمة للنظام:

$$Q_s = G \times A \times t$$

Q_s الطاقة الشمسية المقدمة (J)

G : شدة الإشعاع الشمسي (W/m^2)

A : المساحة المعرضة للشمس (m^2)

t : الزمن (s)

2-4 الطاقة الكهربائية المقدمة للنظام:

$$Q_{elec} = P \times t$$

Q_{elec} : الطاقة الكهربائية (J)

P: قدرة المقاومة (W)

t: الزمن (s)

2-5 الطاقة المفيدة:

$$Q_{utile} = m \times L$$

Q_{utile} : الطاقة المفيدة (J)

m: كمية الماء المتبخر (kg أو $\approx$ لتر)

L: الحرارة الكامنة للتبخير $\approx 2,26 \times 10^6$ جول/الكيلوغرام

2-6 كفاءة النظام:

$$\eta = \left(\frac{Q_{utile}}{Q_{in}} \right) \times 100$$

η : الكفاءة (%)

Q_{utile} : الطاقة المفيدة (طاقة التبخر)

Q_{in} : الطاقة المقدمة (شمس أو كهرباء أو معا)

3- خاتمة:

في ختام هذا الفصل، تم التوصل إلى تصميم نظام كهروضوئي مدعم لجهاز التقطير الشمسي، وذلك من خلال دراسة الاحتياجات الطاقوية للحمل الكهربائي وتحديد

مختلف مكّونات النظام بشكل علمي ومنهجي. شملت عملية التّدميسيونار حساب القدرة المطلوبة، اختيار عدد الألواح الشمسية المناسبة، تحديد سعة البطاريات بما يضمن الاستقلالية الطاقوية، بالإضافة إلى اختيار منظم الشحن ومقاطع الكابلات بما يتوافق مع معايير الأمان والكفاءة.

وقد أظهرت النتائج أن اعتماد نظام كهروضوئي بقدرة إجمالية مناسبة يساهم بشكل فعال في تحسين أداء جهاز التقطير، من خلال تسريع عملية التسخين والتبخّر، وبالتالي رفع كمية الماء المقطر المنتج. كما أن اختيار المكّونات بطريقة مدروسة يسمح بتقليل الضياعات الطاقوية وضمان استقرار التشغيل في مختلف الظروف.

وبناءً على ذلك، يمكن اعتبار هذا التصميم خطوة أساسية نحو تطوير نظام تقطير شمسي أكثر كفاءة واستدامة، يجمع بين الطاقة الشمسية الحرارية والكهربائية لتحقيق مردودية أفضل وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة.

كما تم تقديم الدراسة النظرية للمقطر الشمسي من خلال التطرق إلى مختلف آليات انتقال الحرارة داخله والمتمثلة في التوصيل والحمل والإشعاع، باعتبارها الظواهر الأساسية المتحكمّة في عمليتي تبخّر الماء وتكاثف البخار. وقد ساهمت دراسة هذه الظواهر في توضيح كيفية انتقال الطاقة الحرارية داخل المقطر وتأثيرها المباشر على كمية المياه المنتجة وكفاءة النظام.

بالإضافة إلى أهم العلاقات الرياضية المستعملة في توصيف الأداء الحراري للمقطر الشمسي، من خلال حساب الطاقة الشمسية المستقبلية والطاقة المفيدة والكفاءة الحرارية، إضافة إلى إبراز العلاقة بين هذه المؤشرات ومختلف العوامل التشغيلية مثل شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة السائدة داخل وخارج المقطر. وتسمح هذه العلاقات بتقدير مردودية الجهاز نظرياً وفهم سلوكه الحراري في ظروف التشغيل المختلفة.

الفصل الثالث
الدراسة التجريبية

8-تمهيد:

يعتبر الجانب التجريبي من أهم مراحل هذا العمل، حيث يسمح بالانتقال من الدراسة النظرية والتصميم إلى التحقق العملي من أداء المقطر الشمسي تحت ظروف تشغيل حقيقية. يهدف هذا الفصل إلى عرض مختلف التجارب المنجزة على النظام، سواء في حالته التقليدية أو عند دعمه بالتسخين الكهربائي، إضافة إلى تجربة خاصة لتحديد زمن تبخر كمية الماء باستعمال مقاومة كهربائية موصولة بالشبكة.

كما يتناول هذا الفصل ظروف التشغيل المعتمدة خلال التجارب، من حيث كمية الماء المستعملة، ومعطيات الإشعاع الشمسي، ودرجة الحرارة، وكذا خصائص التجهيزات المستعملة. ويُرَكِّز هذا العرض على وصف منهجية التجارب والخطوات المتبعة بدقة، من أجل ضمان إمكانية إعادة التجربة والحصول على نتائج قابلة للمقارنة في مرحلة لاحقة من الدراسة.

9-المكان الذي اجريت فيه التجارب:

تم إجراء الدراسة في جامعة قاصدي مرباح في كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض والكون القطب الجامعي رقم (3) المخبر رقم (15) وبما أن الدراسة التجريبية التي سنقوم بها تكون في ولاية ورقلة وهي تقع في خط الاستواء على 31 و 157 عرضا و 5 و 19 طولاً وبتالي شدة الاشعاع تكون 50.5 كيلو واط لكل واحد متر مربع في اليوم .و قد تتغير تجريبيا بين وقت وآخر. [22]



الشكل (3-1) المكان الذي اجريت فيه التجارب

10- وصف النظام التجريبي:

3-1 وصف المقطر الشمسي التقليدي:

يتكون النظام التجريبي من قدر معدني محكم الغلق يحتوي على كمية محددة من الماء المراد تقطيره. يتم تسخين الماء داخل القدر باستغلال الطاقة الحرارية، مما يؤدي إلى تبخره مع ارتفاع درجة الحرارة. ينتقل بخار الماء الناتج عبر أنبوب نحاسي موصل بالقدر، حيث يتعرض لعملية تبريد تدريجية تؤدي إلى تكاثفه وتحوله من جديد إلى ماء سائل نقي يتم جمعه في وعاء خارجي.



الشكل (3-2) المقطر الشمسي التقليدي المنجر

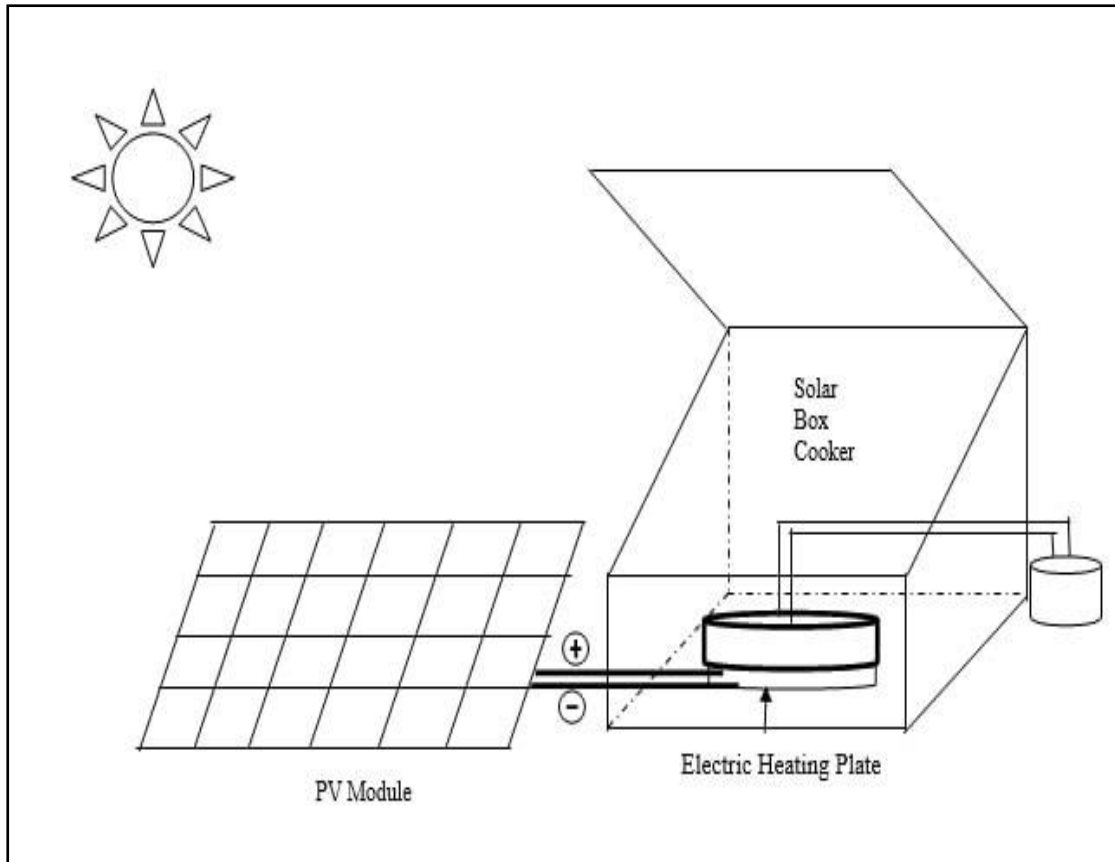
3-2 وصف النظام الكهروضوئي:

يتكون النظام الكهروضوئي من لوح شمسي باستطاعة 300 واط موصل مباشرة بمقاومة كهربائية خاصة بالتسخين دون استعمال بطاريات أو منظم شحن.

تقوم الألواح الشمسية بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية تُغذي المقاومة الكهربائية الموضوعة أسفل القدر المعدني، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء وتسريع عملية التبخر وبالتالي تحسين كمية الماء المقطر المنتج.



الشكل (3-3) المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي المنجز



الشكل (3-4) تصميم المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي

11- التجارب المنجزة:

4-1 دراسة أداء المقطر الشمسي التقليدي:

4-1-1 هدف التجربة

تهدف هذه التجربة إلى دراسة أداء المقطر الشمسي في تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة بالاعتماد على الطاقة الشمسية كمصدر حراري متجدد ونظيف. كما تهدف إلى متابعة تطور درجات الحرارة داخل المقطر وتأثير شدة الإشعاع الشمسي على عملية التبخر والتكاثف، بالإضافة إلى قياس كمية المياه المقطرة المنتجة خلال ساعات التشغيل المختلفة. وتسمح هذه التجربة بتقييم كفاءة المقطر الشمسي ومدى قدرته على استغلال الطاقة الشمسية في تحلية المياه، مع إبراز العوامل المؤثرة في مردوديته التشغيلية مثل درجة الحرارة والإشعاع الشمسي والظروف المناخية المحيطة.

4-1-2 أجهزة القياس المستعملة:

جهاز الانيمومتر:

هو جهاز يعرف باسم الانيمومتر بواسطته نقوم بقياس سرعة الرياح في المكان والزمان

جهاز البيرانومتر :

هو جهاز معتمد لقياس شدة الاشعاع الشمسي (G) الواصل من الشمس ويتم ترجمة ذلك عن طريق مزدوج حراري بقياس الفرق في درجة الحرارة بين الجهاز وسطحه ذو اللون الأسود.

المزدوج الحراري من النوع K :

يتم قياس بواسطته درجات الحرارة اللحظية عبر مختلف الأجهزة المستعملة بقيم دقيقة.

المختبر المدرج :

هو أداة مخبرية تُستعمل لقياس حجم السوائل بدقة، ويكون مزوداً بتدرجات رقمية توضح قيمة الحجم بالميليلتر.



الشكل (3-5) أجهزة القياس المستعملة في التجربة الاولى

3-1-4 خطوات الإنجاز:

وضع كمية مقدارها 1.5 لتر من الماء المالح داخل القدر المعدني للمقطر وإغلاقه بإحكام وربطه بأنبوب نحاسي للتكثيف.

وضع الجهاز في مكان معرض مباشرة لأشعة الشمس لضمان الاستفادة من الإشعاع الشمسي.

تشغيل التجربة من الساعة 10:00 صباحاً إلى الساعة 16:00 مساءً.

قياس كل 10 دقائق، كل من:

- درجة حرارة الماء داخل القدر
- درجة حرارة الهواء داخل المقطر
- درجة حرارة جدار المقطر (الحديد الداخلي)

- درجة حرارة المحيط
- سرعة الرياح
- شدة الاشعاع الشمسي
- كمية الماء النقي المنتجة

4-1-4 طريقة القياس المتبعة :

قياس درجة حرارة المحيط (ambT) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى..

قياس درجة حرارة صفيحة الامتصاص (Tab) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر فوق صفيحة الامتصاص ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى.

قياس درجة حرارة داخل الطباخ الشمسي (Tin) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر يمر عبر ثقب مخصص فقط لأسلاك القياس ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى.

قياس درجة حرارة الماء (T eau) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر يمر عبر ثقب مخصص فقط لأسلاك القياس ويوضع مباشرة في المادة المراد اعدادها ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى

4-2 دراسة أداء المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي:

4-2-1 هدف التجربة:

تهدف هذه التجربة إلى دراسة تأثير دمج نظام كهروضوئي مع المقطر الشمسي على تحسين عملية تحلية المياه وزيادة إنتاج المياه المقطرة. ويتم ذلك من خلال استغلال الطاقة الكهربائية المولدة من الألواح الكهروضوئية لتغذية مقاومة كهربائية تعمل على رفع درجة حرارة الماء داخل المقطر، مما يساهم في تسريع عملية التبخر وتحسين معدل التكاثف. كما تهدف التجربة إلى متابعة تطور درجات الحرارة والجهد والتيار الكهربائي خلال فترة التشغيل، وقياس كمية المياه المنتجة، ثم مقارنة النتائج المتحصل

عليها مع نتائج المقطر الشمسي التقليدي لتقييم مدى فعالية النظام الكهروضوئي في تحسين الأداء العام للمقطر وزيادة مردوبيته.

4-2-2 الاجهزة و الادوات المستعملة:

نفس الاجهزة التي تم استعمالها في التجربة الاولى إضافة الي

لوح شمسي 300 واط

مقاومة كهربائية للتسخين

أسلاك توصيل

جهاز الملتيمتر: هو جهاز وظيفته قياس شدة التيار و التوتر الكهربائي الناتج عن اللوح الشمسي.



الشكل (6-3) اجهزة القياس المستعملة في التجربة الثانية



الشكل (3-7) اللوح الشمسي المستعمل فالتجربة

4-2-4 خطوات الإنجاز

وضع 1.5 لتر من الماء المالح داخل القدر المعدني وإغلاقه بإحكام وربطه بالأنبوب النحاسي.

تنشيت المقاومة الكهربائية أسفل القدر لضمان تسخين الماء.

ربط المقاومة مباشرة مع اللوح الشمسي 300 واط لتغذيتها بالطاقة الكهربائية.

وضع النظام في مكان معرض مباشرة لأشعة الشمس.

تشغيل التجربة من 10:00 صباحاً إلى 16:00 مساءً..

قياس كل 10 دقائق، كل من:

- درجة حرارة الماء داخل القدر
- درجة حرارة الهواء داخل المقطر
- درجة حرارة جدار المقطر (الحديد الداخلي)
- درجة حرارة المحيط
- سرعة الرياح
- شدة الاشعاع الشمسي

- كمية الماء النقي المنتجة
- شدة التيار الكهربائي
- التوتر الكهربائي

4-2-5 طريقة القياس المتبعة :

قياس درجة حرارة المحيط (ambT) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى..

قياس درجة حرارة صفيحة الامتصاص (Tab) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر فوق صفيحة الامتصاص ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى.

قياس درجة حرارة داخل الطباخ الشمسي (Tin) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر يمر عبر ثقب مخصص فقط لأسلاك القياس ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى.

قياس درجة حرارة الماء (T eau) : يتم توصيل اسلاك المزدوج الحراري بجهاز القياس وطرف الآخر يمر عبر ثقب مخصص فقط لأسلاك القياس ويوضع مباشرة في المادة المراد اعدادها ونأخذ القيمة المستقرة ويتم تدوينها في الجدول مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت 10 دقائق بين كل قيمة وأخرى

قياس التيار و التوتر الكهربائي: يتم قياس التوتر الكهربائي بوضع الفولط متر على التوازي بين طرفي العنصر الكهربائي، بينما يُقاس التيار الكهربائي بوضع الأمبير متر على التوالي داخل الدارة. ويتم اختيار مجال القياس المناسب لكل جهاز، ثم تسجيل القيم مباشرة أثناء تشغيل النظام، خاصة عند ربط اللوح الشمسي بالمقاومة.

5-خاتمة:

في هذا الفصل تم عرض الجانب التجريبي للدراسة، حيث تم تقديم التجهيزات المستعملة ووصف المنظومة التجريبية، بالإضافة إلى توضيح خطوات إجراء التجارب وطرق القياس المعتمدة. كما تم جمع مختلف المعطيات المتعلقة بشدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة وحجم المياه المقطرة المنتجة، بهدف تقييم أداء المقطر الشمسي ودراسة تأثير الظروف التشغيلية عليه.

وقد وفرت النتائج المتحصل عليها قاعدة عملية تسمح بفهم سلوك المنظومة وتحديد مدى فعالية استغلال الطاقة الشمسية في تحلية المياه، سواء بالنسبة للمقطر التقليدي أو المقطر المدعم بالنظام الكهروضوئي. وسيتم في الفصل الموالي تحليل هذه النتائج ومناقشتها من أجل تقييم أداء النظام واستخلاص أهم الاستنتاجات المتعلقة بمردوبيته وإنتاجيته.



الفصل الرابع

النتائج و المناقشة

1- تمهيد:

بعد الانتهاء من الجانب النظري وإنجاز مختلف التجارب الخاصة بالنظام المقترح، تأتي مرحلة التحليل والمناقشة التي تُعد من أهم مراحل الدراسة، حيث يتم فيها استغلال النتائج المحصل عليها من أجل تقييم أداء النظام وفهم سلوكه تحت مختلف ظروف التشغيل.

يهدف هذا الفصل إلى تحليل النتائج التجريبية المتعلقة بعملية التقطير الشمسي والنظام الكهروضوئي المرافق له، مع دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل شدة الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، وزمن التشغيل على كمية الماء المنتج وكفاءة النظام. كما سيتم مقارنة النتائج المتحصل عليها في كلتا التجربتين، ومناقشة أسباب الفروقات المسجلة ومدى فعالية النظام المقترح في تحسين مردود عملية التحلية. ومن خلال هذه المناقشة، يمكن استخلاص أهم الملاحظات والاستنتاجات التي تسمح بتقييم أداء المنظومة وإبراز النقاط الإيجابية والقيود العملية، مع اقتراح بعض التحسينات الممكنة لتطوير النظام مستقبلاً.

2- تحليل نتائج التجربة (1):

تبين النتائج تطور درجات الحرارة داخل جهاز التقطير الشمسي مع تغير شدة الإشعاع الشمسي والزمن، حيث نلاحظ وجود علاقة طردية واضحة بين الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة داخل الجهاز. في بداية التجربة على الساعة 10:00 كان الإشعاع الشمسي في حدود 450W/m^2 ، وكانت درجة حرارة الماء 31.6°C ، بينما بلغت درجة الحرارة داخل جهاز التقطير 45.1°C ، وهذا يدل على بداية امتصاص الطاقة الشمسية وتحولها إلى طاقة حرارية داخل المقطر.

ومع تقدم الزمن وارتفاع شدة الإشعاع الشمسي تدريجياً حتى وصلت إلى حوالي 490W/m^2 ، ارتفعت كل من درجة حرارة الماء ودرجة الحرارة الداخلية للجهاز بشكل ملحوظ، حيث بلغت درجة حرارة الماء قيمة قصوى تقارب 89°C ، في حين وصلت درجة الحرارة داخل الجهاز إلى حوالي 89.7°C ويعود ذلك إلى زيادة كمية الطاقة الشمسية الممتصة داخل جهاز التقطير، مما ساهم في تسخين الماء وتسريع عملية التبخر.

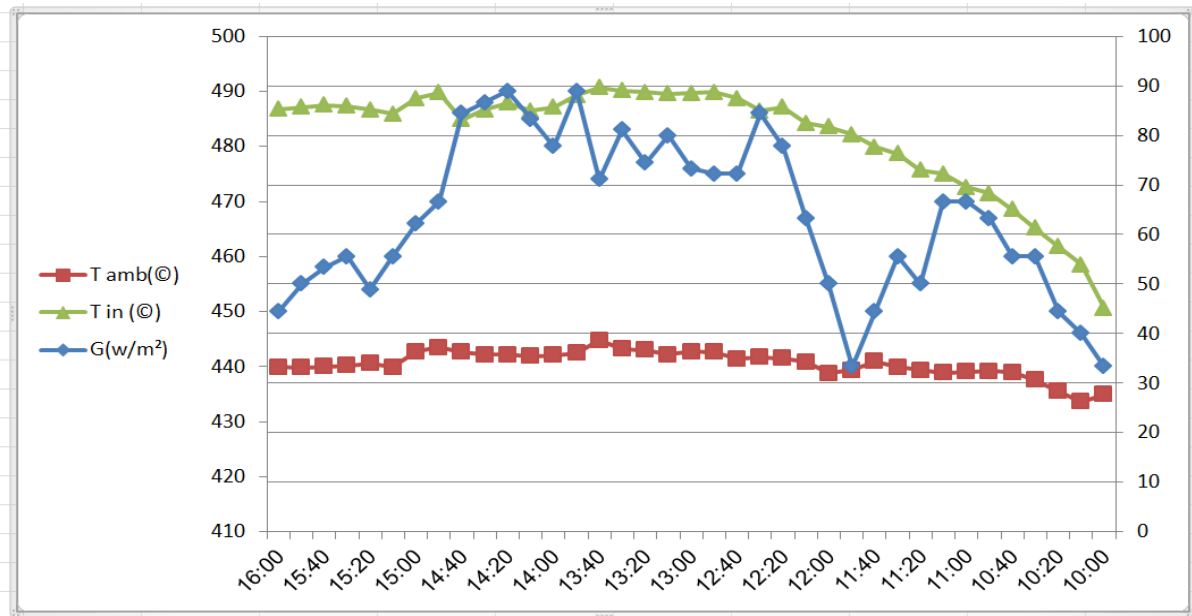
كما نلاحظ أن درجة الحرارة داخل الجهاز T_{in} كانت دائما أعلى من درجة حرارة الجو T_{amb} ، وهذا يؤكد فعالية الغطاء الزجاجي في حبس الحرارة داخل المقطر وتحقيق تأثير البيت الزجاجي، وهو عامل مهم لتحسين مردود التقطير الشمسي.

أما درجة حرارة الجو المحيط فقد تراوحت بين 26.3°C و 38.7°C ، وكان تأثيرها أقل مقارنة بتأثير الإشعاع الشمسي، لكنها ساهمت أيضا في رفع درجات الحرارة داخل الجهاز خلال فترات الظهيرة.

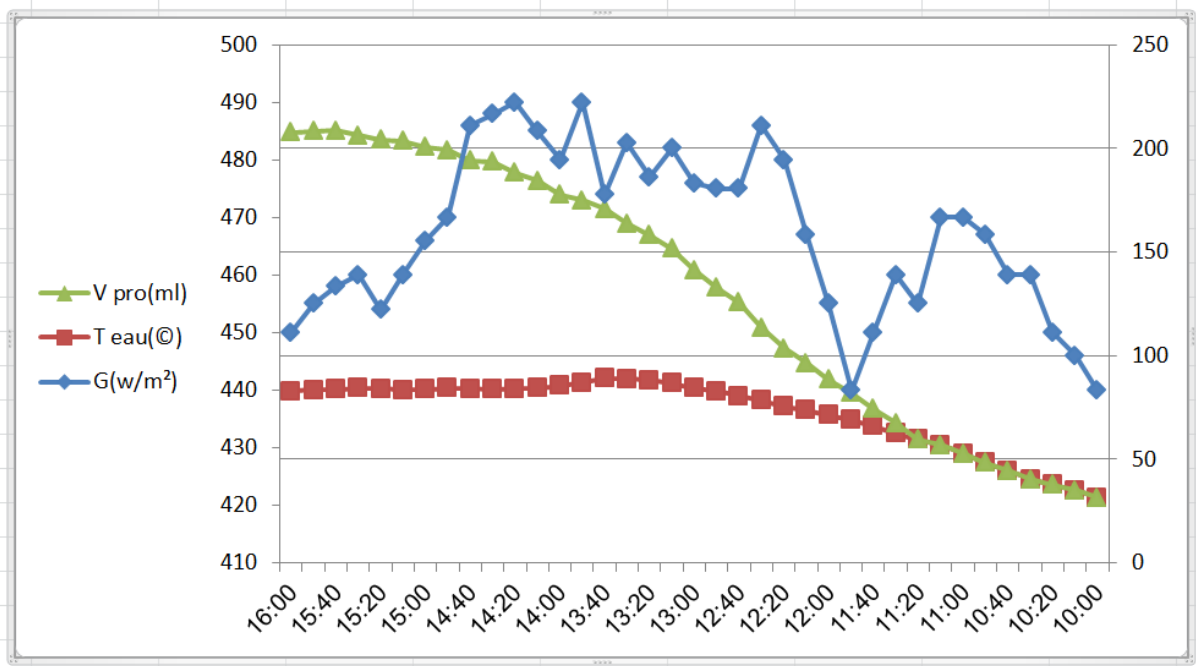
بالنسبة للإنتاجية V_{pro} ، نلاحظ أنها كانت منعدمة في بداية التجربة بسبب عدم وصول الماء إلى درجة حرارة كافية للتبخر والتكاثف، ثم بدأت بالارتفاع تدريجيا مع ارتفاع درجات الحرارة إلى أن بلغت القيمة القصوى حوالي 125ml في نهاية التجربة، مما يدل على أن زيادة درجة حرارة الماء والإشعاع الشمسي تؤدي مباشرة إلى تحسين إنتاج الماء المقطر.

بشكل عام، تؤكد نتائج الجدول أن أداء جهاز التقطير الشمسي يعتمد أساسا على شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة داخل المقطر، حيث يؤدي ذلك إلى زيادة معدل التبخر وبالتالي تحسين كمية المياه المنتجة.

3- تفسير و مناقشة نتائج التجربة (1)



الشكل (1-4) منحني تغيرات درجة حرارة الجو و الهواء داخل المقطر و شدة الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن



الشكل (2-4) منحنى تغيرات درجة حرارة الماء و كمية الماء المنتجة و شدة الاشعاع بدلالة الزمن

1-3 تفسير النتائج:

يبين المنحنى تغير كل من شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة وحجم الماء المنتج مع الزمن. نلاحظ أن زيادة شدة الإشعاع الشمسي أدت إلى ارتفاع درجة حرارة الماء ودرجة الحرارة داخل المقطر، وهو ما ساعد على تنشيط عملية التبخر وبالتالي زيادة كمية الماء المقطر المنتج. وقد سجلت أعلى قيم للإنتاج خلال فترة الظهيرة، حيث بلغت شدة الإشعاع ودرجات الحرارة قيمها العظمى.

كما نلاحظ أن درجة الحرارة داخل المقطر بقيت أعلى من درجة حرارة الوسط الخارجي طوال التجربة، مما يدل على قدرة النظام على احتجاز الحرارة وتقليل الضياعات الحرارية، وهو عامل مهم لتحسين مردود التقطير. أما في نهاية اليوم، فقد أدى انخفاض الإشعاع الشمسي إلى انخفاض درجات الحرارة تدريجياً، فتراجع معدل التبخر وانخفض إنتاج الماء المقطر حتى وصل إلى قيم ضعيفة.

2-3 استنتاجات :

أداء المقطر الشمسي يعتمد بشكل مباشر على شدة الإشعاع الشمسي.

ارتفاع درجة حرارة الماء والحيز الداخلي يؤدي إلى زيادة معدل التبخر وبالتالي زيادة كمية الماء المقطر المنتج.

أفضل مردود للمقطر يتحقق خلال ساعات الذروة الشمسية، خاصة حول منتصف النهار .

المقطر أظهر قدرة جيدة على الاحتفاظ بالطاقة الحرارية، وهو ما ينعكس إيجابياً على كفاءة عملية التحلية.

4-تحليل نتائج التجربة (2):

من خلال بيانات يمكن ملاحظة التطور التدريجي لمختلف المتغيرات الفيزيائية المؤثرة على عملية التقطير الشمسي خلال فترة التجربة الممتدة من الساعة 10:00 إلى 16:00.

فيما يخص الإشعاع الشمسي ، فقد بقيت قيمته مرتفعة وشبه مستقرة طوال مدة التجربة، حيث تراوحت بين حوالي 465W/m^2 و 509W/m^2 هذا الاستقرار في الإشعاع يدل على توفر مصدر طاقي مناسب سمح باستمرار عملية التسخين دون انقطاع، كما أن بلوغ أعلى قيمة قرب منتصف النهار يتوافق مع فترة الذروة الشمسية.

أما درجة حرارة الجو ، فقد ارتفعت تدريجياً من حوالي 34°C في بداية التجربة إلى أكثر من 42°C خلال الفترة الزوالية، ثم بدأت في الانخفاض الطفيف مع نهاية اليوم. ارتفاع درجة حرارة الوسط الخارجي ساهم في التقليل من الفواقد الحرارية داخل جهاز التقطير، مما حسن من مردود عملية التبخر.

بالنسبة لدرجة حرارة الماء ، فقد سجلت زيادة مستمرة من $34,2^\circ\text{C}$ حتى قاربت 100°C في نهاية التجربة. هذا الارتفاع التدريجي يؤكد أن الطاقة الشمسية الممتصة داخل الجهاز كانت كافية لتسخين الماء بصورة فعالة. كما نلاحظ أن معدل ارتفاع الحرارة يكون أسرع في بداية التشغيل ثم يصبح أبطأ تدريجياً عند الاقتراب من درجة الغليان بسبب ازدياد الفواقد الحرارية واستهلاك جزء كبير من الطاقة في عملية التبخر.

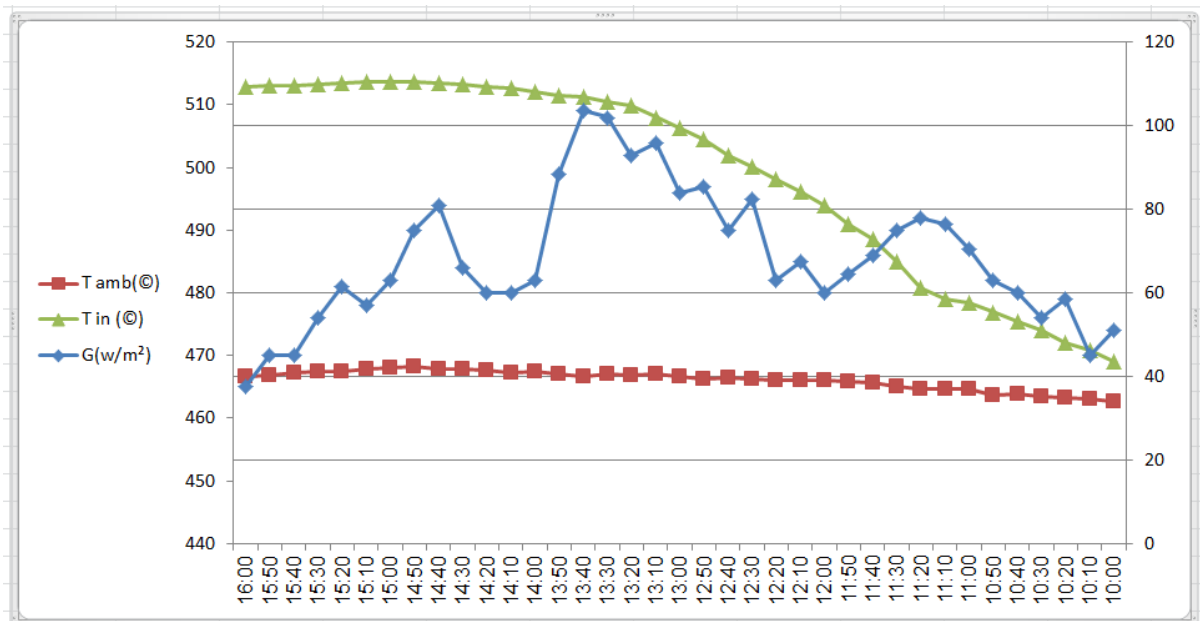
أما درجة الحرارة داخل جهاز التقطير ، فقد كانت دائماً أعلى من درجة حرارة الماء، حيث ارتفعت من حوالي $43,6^\circ\text{C}$ إلى أكثر من 110°C . هذا الفرق الحراري يدل على أن الوسط الداخلي للجهاز احتفظ بطاقة حرارية معتبرة، مما ساعد على تسريع عملية التبخر وزيادة إنتاج البخار داخل الحيز المغلق.

فيما يتعلق بحجم الماء المقطر المنتج ، نلاحظ أن الإنتاج كان منعدماً في البداية، وذلك لأن المرحلة الأولى خُصصت أساساً لتسخين الماء ورفع درجة حرارته. بعد ذلك بدأ الإنتاج تدريجياً ابتداءً من الساعة 10:40، ثم ازداد بشكل منتظم مع ارتفاع درجات الحرارة، إلى أن وصل الحجم النهائي إلى حوالي 240 ml. ويظهر بوضوح أن زيادة كمية الماء المقطر ترتبط مباشرة بارتفاع درجة حرارة الماء ودرجة الحرارة الداخلية للجهاز، حيث تصبح عملية التبخر أكثر فعالية عند الدرجات المرتفعة.

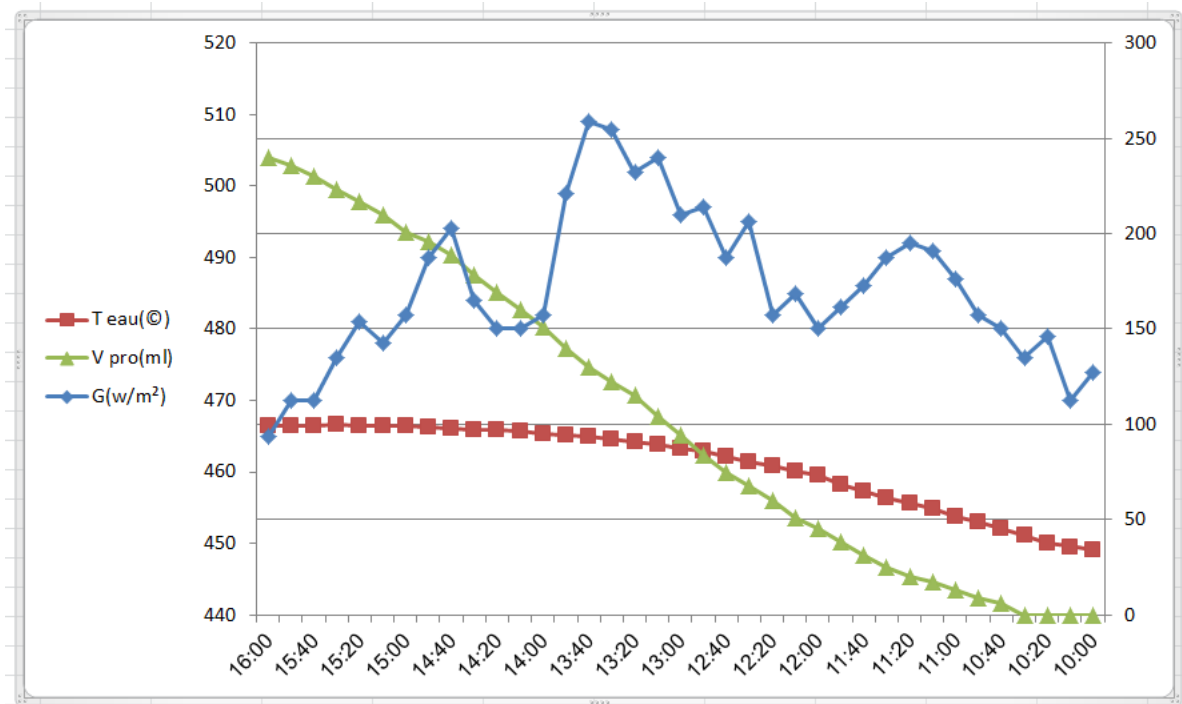
بالنسبة للتيار الكهربائي والتوتر الكهربائي ، نلاحظ من خلال الجدول أن قيمهما بقيت شبه مستقرة طوال مدة التجربة، حيث تراوح التيار بين حوالي 0.59 امبيرو 0.63 امبير ، بينما تراوح التوتر بين 37.5 و 39.8 فولط.

هذا الاستقرار يدل على أن المنظومة الكهروضوئية كانت تعمل في ظروف تشغيل مستقرة دون تقلبات كبيرة، رغم التغير الطفيف في شدة الإشعاع الشمسي أثناء اليوم. كما يشير ذلك إلى أن الألواح الشمسية استطاعت توفير تغذية كهربائية منتظمة للمقاومة الحرارية المستعملة في التسخين.

5- تفسير و مناقشة نتائج التجربة (2):



الشكل (3-4) منحنى تغيرات درجة حرارة الهواء داخل المقطر و درجة حرارة الجو و شدة الاشعاع بدلالة الزمن



الشكل (4-4) منحنى تغيرات درجة حرارة الماء و كمية الماء المنتجة و شدة الاشعاع بدلالة الزمن

تفسير النتائج:

توضح النتائج أن إضافة النظام الكهروضوئي ساهمت بشكل مباشر في تحسين أداء جهاز التقطير الشمسي، حيث وفرت الألواح الشمسية طاقة كهربائية استُعملت لتغذية المقاومة الحرارية داخل الجهاز، مما أدى إلى رفع درجة الحرارة الداخلية ودرجة حرارة الماء بصورة أسرع وأكثر استقراراً.

كما يظهر أن ارتفاع الإشعاع الشمسي أدى إلى زيادة الطاقة المنتجة من الألواح الكهروضوئية، وبالتالي تحسن عملية التسخين. وقد ساعد ذلك على وصول درجة حرارة الماء إلى قيم مرتفعة قاربت درجة الغليان، وهو ما أدى إلى زيادة معدل التبخر داخل المقطر.

كذلك نلاحظ أن درجة الحرارة داخل جهاز التقطير بقيت أعلى من درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الجو طوال مدة التجربة، مما يدل على وجود وسط حراري مناسب لاستمرار عملية التبخر والتكثيف.

أما بالنسبة للماء المقطر المنتج، فقد بدأت الكمية بالارتفاع تدريجياً مع ارتفاع درجات الحرارة، ثم ازدادت بوتيرة أكبر خلال فترة الذروة الحرارية، ما يؤكد أن إنتاج الماء مرتبط مباشرة بارتفاع درجة حرارة الماء والوسط الداخلي للمقطر.

الاستنتاجات:

النظام الكهروضوئي حسن الأداء الحراري لجهاز التقطير الشمسي.

إضافة التسخين الكهربائي ساعدت على رفع درجة حرارة الماء بسرعة أكبر.

ارتفاع درجة الحرارة داخل المقطر أدى إلى زيادة معدل التبخر.

كمية الماء المقطر المنتجة ازدادت بفضل دعم النظام الكهروضوئي.

6-مقارنة أداء المقطر التقليدي و المدعم كهروضوئيا:

5-1 مقارنة النتائج:

من خلال مقارنة نتائج التجريبتين يتضح وجود فرق كبير في أداء المقطر الشمسي التقليدي والمقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي، سواء من ناحية درجات الحرارة أو كمية الماء المقطر المنتجة.

في التجربة الأولى الخاصة بالمقطر الشمسي التقليدي، ارتفعت درجة حرارة الماء تدريجيا حتى بلغت حوالي 84°C إلى 89°C ، كما وصلت درجة الحرارة داخل المقطر إلى حوالي 89°C . أما كمية الماء المقطر المنتجة فقد بلغت في نهاية التجربة حوالي 125 ml.

أما في التجربة الثانية الخاصة بالمقطر المدعم بالنظام الكهروضوئي، فقد لوحظ ارتفاع أكبر في درجات الحرارة، حيث وصلت درجة حرارة الماء إلى حوالي 99°C ، بينما تجاوزت درجة الحرارة داخل المقطر 110°C ، ويرجع ذلك إلى الطاقة الكهربائية الإضافية التي وفرتها النظام الكهروضوئي لتسخين الماء ورفع معدل التبخر.

كما أن الإنتاجية تحسنت بشكل واضح، إذ بلغت كمية الماء المقطر المنتجة حوالي 240 ml، وهي قيمة أكبر بكثير مقارنة بالمقطر التقليدي. وهذا يدل على أن إضافة النظام الكهروضوئي ساهمت في زيادة سرعة التبخر والتكاثف وبالتالي تحسين مردود عملية التقطير.

كذلك نلاحظ أن شدة الإشعاع الشمسي في التجريبتين كانت متقاربة، مما يعني أن التحسن في الأداء يعود أساسا إلى دعم المقطر بالطاقة الكهربائية المولدة من الألواح الشمسية، وليس إلى تغير الظروف المناخية.

5-2 استنتاج:

إجمالاً، يمكن القول إن المقطر الشمسي المدعم بالنظام الكهروضوئي يتميز بكفاءة حرارية وإنتاجية أعلى مقارنة بالمقطر التقليدي، مما يجعله أكثر فعالية في إنتاج المياه المقطرة خاصة في الفترات التي يكون فيها التبخر الطبيعي غير كافٍ.

7-خاتمة

في ختام فصل التحليل والمناقشة، يمكن القول إن النتائج المتحصل عليها من التجارب سمحت بتقييم أداء المقطر الشمسي في حالتيه التقليدية والمدعم بالنظام الكهروضوئي. وقد أظهرت المعطيات اختلافاً واضحاً في كمية الإنتاج وكفاءة العمل حسب تغير الظروف الجوية وشدة الإشعاع الشمسي.

كما بيّنت الدراسة أن إضافة النظام الكهروضوئي ساهمت في تحسين بعض الجوانب التشغيلية، مما انعكس إيجاباً على مردود التقطير مقارنة بالمقطر التقليدي. ومع ذلك تبقى النتائج مرتبطة بعوامل خارجية مثل درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، وزمن التشغيل.

وبالتالي فإن هذا الفصل يمهد لفهم أعمق لأداء النظامين، ويشكل قاعدة مهمة لاستخلاص استنتاجات عامة حول فعالية هذه التقنية في توفير المياه النقية بطريقة مستدامة

الخاتمة و التوصيات

1-خاتمة:

في ختام هذه الدراسة تم التطرق إلى موضوع المقطر الشمسي باعتباره أحد الحلول الحديثة والفعالة لمعالجة مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب، وذلك بالاعتماد على مصدر طاقة نظيف ومتجدد يتمثل في الطاقة الشمسية. وقد ركزت الدراسة على تصميم وإنجاز مقطر شمسي تقليدي ثم تدعيمه بنظام كهروضوئي بهدف تحسين الأداء الحراري وزيادة مردودية إنتاج المياه المقطرة.

اعتمد الجانب التطبيقي من الدراسة على إجراء سلسلة من التجارب العملية ومتابعة تطور مختلف المتغيرات المؤثرة في عملية التقطير، مثل شدة الإشعاع الشمسي، درجة حرارة الوسط الخارجي، درجة حرارة الماء داخل الحوض، درجة الحرارة الداخلية للمقطر، إضافة إلى كمية المياه المنتجة مع الزمن. وقد سمحت هذه القياسات بفهم سلوك النظام وتحليل تأثير العوامل الحرارية على عملية التبخر والتكاثف.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المقطر الشمسي التقليدي قادر على إنتاج كمية معتبرة من المياه المقطرة اعتمادا على الإشعاع الشمسي فقط، إلا أن مردوده يبقى محدودا نسبيا بسبب الضياعات الحرارية وانخفاض درجات الحرارة في بعض الفترات. وفي المقابل، بينت التجارب أن تدعيم المقطر بنظام كهروضوئي أدى إلى تحسين واضح في الأداء، حيث ساهمت الطاقة الكهربائية المتولدة من الألواح الشمسية في رفع درجة حرارة الماء وتسريع عملية التبخر، مما انعكس مباشرة على زيادة كمية المياه المنتجة وتحسين الكفاءة العامة للنظام.

كما أوضحت الدراسة أن المناطق الصحراوية، مثل منطقة ورقلة، تمتلك إمكانيات كبيرة لاستغلال الطاقة الشمسية نظرا لارتفاع قيم الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع خلال أغلب أيام السنة، وهو ما يجعل تقنيات التقطير الشمسي خيارا مناسباً لتوفير المياه النقية في المناطق المعزولة والبعيدة عن شبكات المياه التقليدية.

ومن خلال هذه النتائج يمكن التأكيد أن دمج النظام الكهروضوئي مع المقطر الشمسي يمثل حلا فعالاً لتحسين إنتاجية أنظمة التقطير الشمسي، كما يساهم في الاستغلال الأمثل للطاقات المتجددة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية. إضافة إلى ذلك، فإن هذا النوع من الأنظمة يتميز

ببساطة التركيب، قلة تكاليف التشغيل، والمحافظة على البيئة لكونه لا ينتج ملوثات أو انبعاثات ضارة.

وفي الأخير، تفتح هذه الدراسة المجال أمام المزيد من الأبحاث والتطبيقات المستقبلية لتحسين تصميم المقطرات الشمسية ورفع كفاءتها، سواء من خلال تحسين مواد التصنيع والعزل الحراري أو باستعمال تقنيات حديثة للتسخين والتخزين الطاقوي، بهدف الوصول إلى أنظمة أكثر فعالية واستدامة قادرة على المساهمة في مواجهة أزمة المياه مستقبلاً.

2-التوصيات:

انطلاقاً من النتائج المتحصل عليها خلال هذه الدراسة، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي من شأنها تحسين أداء المقطر الشمسي وزيادة فعاليته في إنتاج المياه المقطرة، ومن أهمها:

- تحسين العزل الحراري للمقطر الشمسي باستعمال مواد عازلة ذات كفاءة عالية من أجل التقليل من الضياعات الحرارية والحفاظ على درجة حرارة مرتفعة داخل النظام.
- استعمال مواد ذات ناقلية حرارية جيدة في تصنيع الحوض الماص لزيادة سرعة انتقال الحرارة إلى الماء وتحسين عملية التبخر.
- زيادة مساحة سطح التبخر والتكاثف، لأن ذلك يساهم في رفع كمية المياه المنتجة يومياً وتحسين مردودية المقطر.
- تنظيف الغطاء الزجاجي والألواح الشمسية بصفة دورية لتفادي تراكم الغبار والأوساخ التي تقلل من نفاذية الإشعاع الشمسي وكفاءة النظام.
- استخدام ألواح كهروضوئية ذات مردود أعلى وبطاريات تخزين مناسبة لضمان توفير طاقة كهربائية مستقرة وتحسين أداء نظام التسخين الكهربائي.
- إضافة أنظمة تخزين حراري أو مواد متغيرة الطور من أجل الحفاظ على الحرارة واستمرار عملية النقطير حتى بعد انخفاض شدة الإشعاع الشمسي.
- إجراء تجارب إضافية خلال فصول السنة المختلفة ودراسة تأثير الظروف المناخية مثل سرعة الرياح والرطوبة الجوية على أداء المقطر الشمسي.

- تطوير تصميم المقطر الشمسي باستعمال تقنيات حديثة تسمح بتقليل زمن التسخين وزيادة كفاءة التكاثر والإنتاجية اليومية.

الملخص (العربية)

يهدف هذا العمل إلى دراسة وتحليل أداء المقطر الشمسي في حالته التقليدية، ومقارنته بالمقطر الشمسي المدعم بنظام كهروضوئي. تم خلال التجربة قياس عدة معايير أهمها درجة الحرارة، شدة الإشعاع الشمسي، كمية الماء المقطر، والتيار والتوتر في النظام الكهروضوئي. أظهرت النتائج أن إضافة النظام الكهروضوئي ساهمت في تحسين مردود التقطير وزيادة كمية الإنتاج، خاصة خلال فترات الإشعاع المرتفع. كما بينت الدراسة أن كفاءة المقطر مرتبطة بشكل مباشر بالعوامل المناخية. توصي الدراسة بتطوير هذا النوع من الأنظمة للاستفادة منه في توفير المياه الصالحة للشرب بطريقة مستدامة.

Résumé (Français)

Ce travail vise à étudier et analyser les performances d'un distillateur solaire dans sa version traditionnelle, puis à le comparer avec un système amélioré intégrant un système photovoltaïque. Plusieurs paramètres ont été mesurés, notamment la température, l'irradiation solaire, la quantité d'eau distillée ainsi que le courant et la tension du système photovoltaïque. Les résultats montrent que l'ajout du système photovoltaïque améliore le rendement de la distillation et augmente la production, surtout lorsque l'irradiation solaire est élevée. L'étude confirme également que l'efficacité du distillateur dépend fortement des conditions climatiques. Il est recommandé de développer ce type de système pour une production d'eau potable plus durable.

Abstract (English)

This work aims to study and analyze the performance of a solar still in its traditional configuration and compare it with an improved system integrated with a photovoltaic system. Several parameters were measured, including temperature, solar irradiation, distilled water output, as well as current and voltage of the photovoltaic system. The results show that adding the photovoltaic system improves distillation efficiency and increases water production, especially during periods of high solar radiation. The study also confirms that the performance of the solar still strongly depends on climatic conditions. It is recommended to further develop this system for sustainable drinking water production.

قائمة المراجع (العربية)

- [1] رضواني فاطمة الزهراء ،هادية معامير(2017). استعمال الطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة في المناطق الصحراوية (مذكرة ماستر). جامعة الشهيد حمه لخضر — الوادي، الجزائر.
- [2] سوداني محمد البار؛ عرعار لؤي؛ بوتلي سناء (2022). تحلية المياه بواسطة التقطير الشمسي للأغراض الفلاحية في منطقة ورقلة (مذكرة ماستر). جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر.
- [3] بالقاسمي فاطمة ، طهراوي نسبية (2024). تحسين مردود مقطر شمسي بسيط بدمجه بلاقط شمسي مصنوع محليًا: دراسة تجريبية (مذكرة ماستر). جامعة الوادي — الجزائر.
- [4] د. بن حميدة سفيان، د. مبروك غوقالي، ط1، سلسلة الطاقات المتجددة: الطاقة الشمسية، مطبعة الزوار -2009
- [5] ح، ناجي .دراسة و تنفيذ و تحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية مذكرة ماجستير ، جامعة تشرين ،سوريا، (2009).
- [8] د.مهندس، مصطفى محمدالخياط،الطاقة-مصادرها-انوعها-إستخدامتها،القاهرة ،وزارة الكهرباء و الطاقة -مصر.
- [9] [د.نوبي محمد حسن ود. محمود عبد الهادي الاكيابي تقنيات استخدام الطاقة الشمسية في المدن الجديدة، قاعة اقتصادية في عملية التنمية العمرانية المستدامة، بحث منشور في ندوة المدن الجديدة ودورها في التنمية المستدامة، أكادير المملكة المغربية 24-27 نوفمبر 1999
- [10] د بن حميدة سفيان و د. مبروك غوقالي ، 1 ، سلسلة الطاقات المتجددة: الطاقة الشمسية، مطبعة مزوار - 2009

- [11] عبد البار سوداني ،الدراسة النظرية للمركز الشمسي الأسطواناني (CCP) ،مذكرة ماجستير جامعة ورقلة -2009.
- [12] د .سعود يوسف العياش ،تكنولوجيا الطاقة البديلة ،سلسلة كتب ثقافية ،الكويت ،1978.
- [12] ر ،الفهدوي، محاضرات في الطاقات المتجددة ،جامعة الانبار ،كلية التربية للعلوم الصرفة (2014-2015).
- [13] م،شلغام، إستعمال لاقط شمسي لتحسين أداء المقطر الشمسي، اطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، (2010).
- [14] م،غوقالي، إ.خميس، دمج مركز شمسي PTC مع مقطر شمسي بسيط في ورقلة ، مذكرة ماستر ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر،(2011).
- [16] غنايم عبد الباسط، دريدي محمد الطيب، قاسمي الحاج احمد، بن مبارك العيد، دراسة دمج لاقط شمسي مع مبرد لتحسين و إنتاجية المقطر الشمسي ،مذكرة ماستر ، جامعة الوادي، الجزائر، (2024).
- [17] ميلي آسية بن عطاء الله خولة،مقارنة تحلية المياه بين الترسيب والتناضح العكسي، مذكرة ماستر جامعة ورقلة، الجزائر،(2024).
- [18] بن عثمان مروة بالخير نور اليقين ،المقارنة بين عملية الترسيع الرملي و التناضح العكسي لتحلية مياه الشرب،مذكرة تقني سامي،المعهد الوطني المتخصص في التكوين المهني ،توقرت، الجزائر،(2021).
- [19] مخلوفي نعيمى، دراسة تجريبية لتحسين انتاجية المقطر الشمسي من خلالنظام هجين مدمج مع مركز شمسي (PTC) في منطقة ورقلة،أطروحة دكتوراه ، جامعة ورقلة ، الجزائر ، (2025).
- [20] حلالة كوثر، موساوي منال، دراسة نظرية لتحلية مياه البحر، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، الجزائر،(2022).

[21] مرابط عادل، زعطيط زينب، دراسة و تحسين عمل الطباخ الشمسي، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، الجزائر، (2025).

[22] قحيز بلخير، عدة رمز افتخار الدين، دراسة و تحسين عمل الطباخ الشمسي. مذكرة ماستر، جامعة ورقلة. الجزائر، (2024).

قائمة المراجع (الأجنبية)

[6] R. Dambreville, "Prévision du rayonnement solaire global par télédétection pour la gestion de la production d'énergie photovoltaïque", Thèse de doctoat, Université de Grenoble, France (2014).

[7] <http://www.aaea.org.tn/?p=1284>. Accessed 03 June 2024.

[8] https://photokalam.blogspot.com/2022/03/blog-post_27.html

[14] M. H. Sellami, "Etude et amélioration des techniques de distillation solaire

dans la région Sud-est Algérien (Ouargla)". Thèse de Doctorat, Université de Kasdi Merbah - Ouargla, Algérie (2014)

[15]S. S. Kishk, "Enhancement of solar still efficiency by using cellulose cooling pad and water sprinkler", Misr J. Ag. Eng., V. 39, P. 173 - 184 (2022).

