

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:



جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة



ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاعات وطاقة

من إعداد:

عمان سمية - باي وصال

الموضوع

تحسين الكفاءة الطاقوية للمقطر الشمسي المقترن
بالمكثف الاسطوانى المكافئ

نوقشت يوم: 2025/05/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيساً	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	أستاذة محاضرة - أ -	- بديدة نصيرة
مناقشاً	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	أستاذ مساعد - ب -	- مفتاح محمد الصالح
مشرفاً	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	أستاذ تعليم العالي	- عطية محمد الهادي

الموسم الجامعي 2025/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي:

الى من كلله الله بالوقتار وعلمني العطاء بدون إنتظار أرجو أن يمد الله في عمره لتري
ثمارا قد حان قطفها وستبقي كلماتك نجوم امتدي بها اليوم وفي الغد والى الأبد والدي

العزیز

"عمان عبد اللطيفه".

الى نبع المحبة والحنان، الى أغلى ما في الوجود الى من كان دعاءها سر نجاحي أمي

الحبيبة الغالية

"ليفه ليلي"

الى زوجي رفيق دربي الذي كان سندا في مشواري

"حسين"

الى سدي في الحياة وأجزاء روحي وذاتي أخوتي.

هشام، صلاح الدين، نورالهدى، أسماء، سارة، رقية، إيمان

الى جميع العائلة أخص بالذكر عائلة زوجي لتفهمهم ورعاية صدرهم.

الى صديقاتي اللاتي تقاسمت معهن مشواري الجامعي واحلى الذكريات رفيقات العمر.

الى صديقتي التي شاركت معي مذكرتي باي وصال.

عمان سمية



الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة سنوات دراستي:

إلى من تَوَجَّه اللهُ بالوقار، وعلَّمَنِي العطاء دون انتظار، إلى من كانت كلماته نوراً أستدلُّ به في دروبي، واليوم أقطع ثمرة غرسه، وأسأل الله أن يمدَّ في عمره لأهديه نجاحي
والذي العزيز "**باي مصطفى**"

إلى نبع الحنان ومصدر الدعاء الصادق، إلى من كان دعائها سرّاً توفيقِي، إلى أعمز وأعلى الناس، أمي الحبيبة الغالية "**حَوْكَة حبيبة**"
إلى شريك دربي، وسندي في مسيرتي، من دعم خطواتي وأمن بقدرتي زوجي العزيز.
"**خريسي طلال**"

إلى إخوتي، من كان وجودهم عزوة وقوة، وأنتم روعي الثانية.

"**نور الهدى، نسبية، سمية، علاء الدين**"

إلى عائلتي، ولا أنسى بالذكر عائلة زوجي التي غمرتني بتفهمها وطيبة قلبها.
إلى صديقاتي اللاتي شاركني مشواري الجامعي، وصنعن معي أجمل الذكريات رفيفات
العمر.

وإلى صديقتي الوفية، التي تقاسمت معي المذاكرة واللحظات الدراسية... "**ثمان سمية**".

باي وصال



شكر و تقدير

"كن عالما فإن لم تستطع فكن متعلما، فإن لم تستطع فأحبه العلماء،

فإن لم تستطع فلا تبغضهم "

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد

وعلى آله وصحبه أجمعين المبعوث رحمة للعالمين

فإننا نشكر الله وافر الشكر أن وفقنا وأعاننا على إتمام هذي المذكرة، ثم الى أهلنا الذين كانوا سندا لنا طيلة مشوارنا الدراسي كما لايسعنا إلا أن نخص بأسمى عبارات الشكر والتقدير للأستاذ المشرف **"عطية محمد المادي"** على ماقدمه لنا من جهد ونصح ومعرفة طيلة انجاز هذا البحث، ونخص كذلك بالشكر الأستاذ **"عوقالي مبروك"** على مساعدته لنا فجزاكم الله ألفه خير.

ونخصو كذلك في شكرنا الى الاساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة مذكرتنا:

الأستاذة **"بديعة نصيرة"** رئيساً وكذلك الأستاذ **"مفتاح محمد الصالح"** مناقشاً.

كما نتقدم بالشكر الجزيل لكل من كان له يد المساعدة من قريب او بعيد على إتمام

هذا العمل ونشكر كل الزملاء والاصدقاء طيلة سنوات الدراسة الجامعية خاصة الى

صديقتنا **"فايزي رمياء"**.

وفي لاخير إلى كل من زرعوا التفاؤل في دربنا جميع اساتذتنا الكرام الذين

قدموا لنا المساعدات والتسهيلات والافكار والمعلومات لهم منا كل الشكر.

باي & عمان



فهرس المحتويات

I.....	الإهداء
III.....	شكر وتقدير
IV.....	فهرس المحتويات
VIII.....	فهرس الأشكال
X.....	فهرس الجداول
XI.....	فهرس الرموز
2.....	المقدمة العامة
5.....	قائمة مراجع المقدمة العامة

الفصل الأول: المقطرات الشمسية

8.....	1.I. مقدمة
8.....	2.I. لمحة تاريخية
8.....	3.I. مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في العالم
9.....	4.I. التقطير الشمسي
9.....	1.4.I. تعريف التقطير الشمسي
9.....	2.4.I. أنواع المقطرات الشمسية
9.....	1.2.4.I. المقطر الشمسي أحادي الميل (البسيط)
10.....	2.2.4.I. المقطر الشمسي بميلين
10.....	3.2.4.I. المقطر الشمسي أرض-ماء
11.....	4.2.4.I. المقطر الشمسي الكروي
11.....	5.2.4.I. المقطر الشمسي الأسطواني
12.....	6.2.4.I. المقطر الشمسي متعدد الطوابق
12.....	7.2.4.I. المقطر الشمسي الذي يعمل بالخاصية الشعرية
13.....	5.I. المقطر الشمسي البسيط
13.....	1.5.I. مبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط

14	2.5.I. العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي البسيط
14	1.2.5.I. تأثير شدة الإشعاع الشمسي
14	2.2.5.I. تأثير درجة الحرارة المحيطة
14	3.2.5.I. تأثير سرعة الرياح
15	4.2.5.I. تأثير عمق الماء المالح
15	5.2.5.I. تأثير إحكام عزل البخار
15	6.2.5.I. تأثير تسرب الماء المُنتَج
15	7.2.5.I. تأثير زاوية إمالة الغطاء
15	3.5.I. مراحل صنع المقطر الشمسي البسيط
15	1.3.5.I. الأدوات المستعملة
16	2.3.5.I. مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط
18	4.5.I. مزايا المقطر الشمسي البسيط
18	5.5.I. عيوب المقطر الشمسي البسيط
19	6.I. الخاتمة
20	قائمة مراجع الفصل الأول
الفصل الثاني: المركز الاسطواناني القطع مكافئ	
22	1.II. مقدمة
22	2.II. نسبة تركيز الإشعاع الشمسي
22	1.2.II. نسبة التركيز الخطي
22	2.2.II. نسبة التركيز النقطي
23	3.II. نظام المجمع الشمسي
24	4.II. هندسة المركز الأسطواناني القطعي المكافئ (PTC)
24	1.4.II. زاوية الحافة φ_r
24	2.4.II. زاوية القبول
26	3.4.II. حساب نصف قطر العاكس
26	4.4.II. حساب عرض الفتحة

26	5.4.II مساحة الفتحة
26	6.4.II التركيز الهندسي
27	7.4.II مساحة سطح العاكس
27	8.4.II حساب طول المركز القطعي
27	5.II التتبع الشمسي
28	1.5.II التتبع الشمسي بمحوري دوران
28	2.5.II التتبع الشمسي بمحور دوران واحد
30	6.II المكونات الأساسية لنظام PTC
30	1.6.II العنصر الجامع للحرارة
30	2.6.II ال عاكس
31	3.6.II سائل نقل الحرارة
31	7.II مميزات المقطر الشمسي الإسطواني
31	8.II استخدامات المقطر الشمسي الإسطواني PTC
32	9.II الخاتمة
33	قائمة مراجع الفصل الثاني

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية

36	1.III مقدمة
36	2.III الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة
37	3.III المقطر الشمسي البسيط
37	1.3.III مكوناته
39	4.III القطع المكافئ
40	5.III أجهزة القياس المستعملة في التجربة
40	1.5.III جهاز متعدد القياسات
40	2.5.III جهاز بيرانومتر
41	3.5.III جهاز ال PH متر
41	4.5.III جهاز قياس الناقلية الكهربائية

42	..... 5.5.III الأنبوب المدرج
42	..... 6.5.III جهاز قياس سرعة الرياح
42	..... 6.III الخطوات التجريبية
44	..... 7.II النتائج التجريبية
45	..... 8.III تحليل ومناقشة النتائج
45	..... 1.8.III تطور شدة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الجو
46	..... 2.8.III تطور درجة حرارة الماء
46	..... 3.8.III تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي
47	..... 4.8.III تطور درجة حرارة القطع مكافئ والماء الداخل والخارج من المقطر المحسن
48	..... 5.8.III تطور كمية الماء
49	..... 9.III خاتمة
51	..... خاتمة عامة

فهرس الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
الفصل الأول		
9	المقطر الشمسي احادي الميل	(1-I)
10	المقطر الشمسي بميلين	(2-I)
10	المقطر الشمسي ارض-ماء	(3-I)
11	المقطر الشمسي الكروي	(4-I)
11	المقطر الشمسي الاسطواني	(5-I)
12	المقطر الشمسي متعدد الطوابق	(6-I)
13	المقطر الشمسي بالخاصية الشيعرية	(7-I)
14	رسم تخطيطي لمبدا عمل المقطر الشمسي البسيط	(8-I)
16	الادوات المستعملة في صنع المقطر الشمسي البسيط	(9-I)
الفصل الثاني		
23	المركز الإسطواني القطع مكافئ	(1-II)
24	مقطع عرضي للمجمع حوض المكافئ	(2-II)
25	العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد البؤري إلى عرض الفتحة	(3-II)
25	زاوية الحافة كدالة لنسبة البعد البؤري إلى فتحة المجمع	(4-II)
27	أشكال التتبع الشمسي	(5-II)
28	التتبع الشمسي (شرق – غرب)	(6-II)
29	التتبع الشمسي (شمال – جنوب)	(7-II)
29	زاوية الورود الشمسي على سطح الفتحة	(8-II)
30	مخطط للشكل العام لل PTC	(9-II)

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
الفصل الثالث		
36	الموقع الجغرافي لولاية الوادي	(1-III)
37	مقطر شمسي بسيط بميل واحد	(2-III)
38	رسم تخطيطي للهيكل الخارجي	(3-III)
38	طلاء المقطرين	(4-III)
39	تثبيت انبوب تجميع المياه	(5-III)
39	صورة للمقطر الشمسي	(6-III)
40	القطع المكافئ	(7-III)
40	جهاز متعدد القياسات	(8-III)
41	جهاز بيرانومتر	(9-III)
41	جهاز ال PH متر	(10-III)
41	جهاز قياس الناقلية الكهربائية	(11-III)
42	الأنبوب المدرج	(12-III)
42	جهاز قياس سرعة الرياح	(13-III)
44	صورة للتجربة	(14-III)
45	التغير في درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن	(15-III)
45	التغير في شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن	(16-III)
46	التغير في درجة حرارة الماء المالح	(17-III)
47	التغير في درجة حرارة الزجاج من الداخل بدلالة الزمن	(18-III)
47	تطور درجة حرارة اللاقط والماء الداخل والخارج من المقطر المحسن	(19-III)
48	مدرج تكراري يبين كمية الماء المنتجة خلال كل ساعة	(20-III)
48	التغير في كمية الماء المنتجة بدلالة الزمن	(21-III)

فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
الفصل الأول		
16	يوضح مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط (أحادي الميل)	(1-I)
الفصل الثالث		
44	الأحوال الجوية للتجربة	(1-III)
44	نتائج تحليل للماء المستعمل	(2-III)

فهرس الرموز

❖ الرموز

الرمز	الإصطلاحات	الوحدة
φ_r	زاوية الحافة	الدرجة °
r_r	القطر الأعظمي للعاكس	m
R	نصف قطر حافة العاكس	m
θ_m	نصف زاوية القبول	الدرجة °
D	قطر المجمع	m
φ	الزاوية بين محاور والشعاع المنعكس عند البؤرة	الدرجة °
W_a	عرض الفتحة	m
L	طول المجمع الشمسي	m
A	المساحة	m ²
C	التركيز الهندسي	/
S	طول المركز القطعي	m
ρ	معامل الإنعكاس	/
I	زاوية ورود الإشعاع الشمسي	الدرجة °
F	البعد البؤري	m
H	زاوية الإرتفاع الشمسي	الدرجة °

❖ الإختصارات

الإختصار	المعنى بالعربية	المعنى بالإنجليزية
PTC	المجمع الإسطواناني القطع مكافئ	Parabolic Trough Collector
HTF	المائع الناقل للحرارة	Heat Transfer Fluid
CSP	مركزات الطاقة الشمسية	Concentrating Solar Power
PV	الكهروضوئية	Photovoltaic
CRS	نظام المستقبل المركزي	Central Receiver Systems

المقدمة العامة

مقدمة عامة

تُعدّ الطاقة من أبرز المواضيع التي حظيت باهتمام واسع من قبل الباحثين، نظراً لتعدد استخداماتها وتنوعها، إذ أدّى التقدم الصناعي السريع والنمو السكاني المتزايد إلى ارتفاع كبير في الطلب العالمي على الطاقة، وتزايد معدل استهلاك الفرد لها سنوياً. ويُعزى تلوث البيئة بدرجة كبيرة إلى الاعتماد المفرط على مصادر الطاقة التقليدية، لا سيما الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز، في تشغيل المصانع والمنازل ووسائل النقل.

وقد كشفت أزمة الطاقة العالمية الأولى عام 1973 عن هشاشة الاعتماد على المصادر التقليدية، إذ تسببت في ارتفاع حاد في أسعار الطاقة، وأدت إلى إغلاق عدد من المصانع وتعطّل العديد من وسائل النقل حول العالم. على إثر ذلك، بدأت الحكومات تسعى لتطوير مصادر طاقة بديلة، تتميز بكونها متجددة ونظيفة وغير ملوثة وأمنة، فضلاً عن انخفاض تكلفتها، مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية. وتُعدّ الطاقة الشمسية المصدر الأساسي لباقي الطاقات المتجددة، ولها استخدامات متعددة، من أبرزها تحلية المياه المالحة، وهو ما يتناوله هذا البحث.

المياه هي جوهر الحياة، وعماد الزراعة وقيام الحضارات، كما قال تعالى في سورة "ق": ﴿وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبَارَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جِبَاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ﴾. ولا يمكن لأي نشاط بشري أو اقتصادي أن يزدهر دون وجود الماء، إذ يُعدّ أساساً للزراعة، والصناعة، والحياة بوجه عام.

رغم وفرة المياه على سطح الأرض، فإن ما يُقدر بـ 0.014% فقط من تلك المياه صالحة للشرب ويسهل الوصول إليها، بينما نحو 97% منها مالحة. ورغم أن الكمية الإجمالية من المياه العذبة تُعدّ كافية نظرياً لتلبية حاجات البشرية، إلا أن التوزيع غير العادل لها، إلى جانب الطلب المتزايد نتيجة النمو السكاني والتطور الصناعي، خلق أزمة مائية عالمية.

وتُعدّ ندرة المياه من أبرز التحديات التي تواجهها معظم دول العالم، بما فيها الجزائر، حيث يُعزى هذا النقص إلى التوزيع غير المتكافئ للموارد المائية، والتغيرات المناخية، إلى جانب الزيادة السكانية واتساع رقعة البلاد الجغرافية، التي تشكل الصحراء ثلثي مساحتها، بما فيها مدينة الوادي.

في المناطق الصحراوية، يُعدّ الماء عنصراً حيوياً لاستقرار السكان وتنمية أنشطتهم الاقتصادية والاجتماعية، في ظل ظروف مناخية قاسية ونقص حاد في الموارد المائية العذبة. ولمواجهة هذا التحدي، اعتمدت الجزائر منذ عام 2005 استراتيجية لتحلية المياه المالحة، فأُنشأت عدة محطات تصل طاقتها الإنتاجية اليومية إلى حوالي مليوني متر مكعب، وتواصل حالياً بناء خمس محطات أخرى. ومع ذلك، لم تسد هذه المحطات سوى احتياجات 25% فقط من السكان.

تتميّز الجزائر بامتلاكها لأكثر مخزون من الطاقة الشمسية في حوض البحر الأبيض المتوسط، وهو ما يمثل فرصة كبيرة لاستغلال هذا المورد المتجدد والنظيف في تحلية المياه، خاصة في المناطق الصحراوية والنائية. ويتم ذلك عبر استخدام المقطر الشمسي، الذي يعتمد على الطاقة الشمسية في تبخير المياه المالحة ثم تكثيف البخار لإنتاج مياه نقية صالحة للاستخدام.

التقطير الشمسي هو إحدى الطرق السهلة والمباشرة لاستخدام الطاقة الشمسية لتنقية المياه. يُستخدم في هذه العملية جهاز بسيط يُعرف باسم "المقطر الشمسي"، يعمل من خلال تبخير الماء باستخدام حرارة الشمس، ثم تكثيف البخار للحصول على ماء نقي. الماء الناتج من هذه العملية يكون صالحًا للشرب، خاصةً إذا أُضيفت إليه كمية من الماء الجوفي تعادل ضعف كمية الماء المقطر. وتُستخدم هذه الطريقة في منطقة الوادي لتلبية المياه. كما يدخل الماء المقطر في عدة استخدامات صناعية، مثل صناعة الأدوية، مواد التجميل، والبطاريات تُستخدم أيضًا في تعقيم الأدوات الطبية والمخبرية، مما يساهم في تقليل التكاليف المرتفعة المرتبطة بطرق التقطير الحديثة، حيث تُعد الطاقة الشمسية مصدرًا مجانيًا، كما أن تكلفة تصنيع أجهزة التقطير الشمسية منخفضة نسبيًا [1].

وقد أُجريت العديد من الدراسات والتجارب على المقطرات الشمسية بهدف تحسين أدائها وزيادة كفاءتها. ومن أبرز هذه الدراسات:

- Attia وآخرون (2021) [2]: قاموا بدراسة استخدام مادة الجرافيت ذات التوصيلية الحرارية العالية كمادة تخزين حراري داخل المقطر الشمسي نصف الكروي. ووجدوا أن تركيز 35 g/L من الجرافيت هو الأنسب، حيث أدى إلى تحسين الأداء بنسبة 93.94% مقارنة بالمقطر التقليدي.
- Kabeel وآخرون (2022) [3]: بحثوا تأثير استخدام زعانف أسطوانية معدنية بأقطار 1.2 cm وبمسافات مختلفة داخل الحوض، وأظهرت النتائج أن تقليل المسافة إلى 0 cm أدى إلى أفضل تحسن في الكفاءة بنسبة 31.25%.
- Attia وآخرون (2022) [4]: قارنوا بين عدة أشكال لأحواض التقطير (موجي على شكل V، نصف أسطواني، ومسطح)، وأظهرت النتائج أن الحوض المموج على شكل V كان الأعلى في الإنتاجية بنسبة تحسين وصلت إلى 42.85%.
- Vembu وآخرون (2023) [5]: أضافوا أسطوانات معدنية لتخزين الطاقة داخل المقطر، ما أدى إلى رفع الإنتاجية بنسبة 44.44%.
- Attia وآخرون (2023) [6]: درسوا تأثير إضافة مرآة عاكسة (دائرية ومخروطية) بزوايا مختلفة، ووجدوا أن أفضل أداء سُجل عند استخدام مرآة مخروطية بزاوية 25°، حيث زادت الكفاءة بنسبة 42.74%.
- Attia وآخرون (2022) [7]: أجروا تجربة باستخدام كرات ملح داخل حوض المقطر بعمق ماء مختلف، وأظهرت النتائج أن استخدام هذه الكرات بعمق 1.5 cm رفع الكفاءة بنسبة 17.45% مقارنة بالمقطر التقليدي.
- Baggas وآخرون (2023) [8]: استخدموا نفايات الألمنيوم كمادة لتخزين الحرارة، مما أدى إلى تحسين الإنتاجية بنسبة 48.19%.
- Attia وآخرون (2022) [9]: قارنوا بين ثلاث نماذج لمقطرات شمسية نصف كروية (أحدها تقليدي، والثاني مزود بزعانف إسطوانية مجوفة، والثالث بزعانف مملوءة بمواد تغيير الطور)، بهدف اختيار التصميم الذي يحقق أفضل أداء، وتمت الدراسة باستخدام أربعة مسافات مختلفة (0 سم، 2 سم، 3 سم

و4 سم) أظهرت النتائج أن استخدام الزعانف الإسطوانية المملوءة بمسافة فجوة صفيرية يمثل التكوين الأمثل الذي يحقق أعلى مردود للمقطر بلغ %80.4 مقارنة بالمقطر الشاهد.

- Attia وآخرون (2021) [10]: درسوا تأثير استخدام حصى سوداء بأحجام مختلفة (4 مم، 8 مم، 11 مم، 16 مم) في مقطر شمسي نصف كروي. أظهرت النتائج أن الكفاءة تحسنت مقارنة بالمقطر التقليدي بنسبة 57.1%، 40.8%، 31.6%، و16.3% على التوالي.
- Kabeel وآخرون (2016) [11]: أجروا تجربة على مقطر شمسي معدل مزود بهيكل شمسي ومادة تغيير الطور، فوجدوا أن الإنتاجية تحسنت بنسبة 108% مقارنة بالمقطر التقليدي.
- Kabeel وآخرون (2022) [12]: استخدموا ألياف كتان طبيعية في مقطرين نصف كرويين، أحدهما بألياف صفراء طبيعية والآخر مصبوغ بالأسود. النتائج أظهرت تحسناً بنسبة 29.7% للأول و39.6% للثاني.

يساهم بحثنا ولو بشكل بسيط في معالجة مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في صحراء الجزائر وخصوصاً في المناطق النائية وذلك بدراسة وتصنيع مقطر شمسي بسيط يعمل بالطاقة الشمسية المتجددة. أما الهدف من هذه التجربة هو تحسين الكفاءة الطاقوية للمقطر الشمسي المقترن بالمكثف الاسطواني المكافئ.

تحتوي هذه المذكرة بالإضافة للمقدمة العامة والخاتمة العامة ثلاثة فصول مقدمة على النحو التالي:

- **الفصل الأول:** المقدمة، لمحة تاريخية مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في العالم. التقطير الشمسي وأنواع المقطرات ومبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط، العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي البسيط ومرحلة صنعه بالإضافة إلى مميزات وعيوب المقطر الشمسي البسيط.
- **الفصل الثاني:** سنتطرق فيه إلى المكثف الاسطواني المكافئ.
- **الفصل الثالث:** الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي المقترن بالمكثف الاسطواني المكافئ.

قائمة مراجع المقدمة العامة

- [1] Boualat, Y.(2004), "Investigation sur la performance d'un distillateur solaire " Thèse Magister, Université de Ourgla, P.38-44, Algérie.
- [2] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Bellila, A., & Abdel-Aziz, M. M. (2021). "Optimal concentration of high thermal conductivity sensible storage materials (graphite) for performance enhancement of hemispherical distillers ."Desalination and Water Treatment, 231, 263-272 . <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26756>
- [3] Kabeel, A. E., Attia, M. E. H., Abdelgaied, M., Abdullah, A. S., Bellila, A & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Performance assessment of the hemispherical solar distillers with the extended cylindrical iron fins: An experimental investigation ."Alexandria Engineering Journal, 61(12), 11149-11157 . <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.04.018>
- [4] Attia, M. E. H., Zayed, M., Abdelgaied, M., Sharshir, S., Kabeel, A. E & Abdalla, A. (2022). "Experimental investigation on a modified design of hemispherical solar distiller with v-corrugated iron trays and wick materials for improving freshwater production". Environmental Science and Pollution Research ,29 .83769-83756 <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21693-x>
- [5] Vembu, S., Attia, M. E. H., Thangamuthu, M., Abdelgaied, M., Kabeel, A. E & Abdel-Aziz, M. M. (2023). "Energy, exergy, and economic analysis of solar still using coal cylinder fins: an experimental study". Environmental Science and Pollution Research, 30, 2597-2606. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22325-0>
- [6] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Elbar, A. R. A., Abdelgaied, M., & Abdallah, A. E. (2023). "Hemispherical solar distiller with truncated circular cone-shaped reflector mirrors (TCC-RM): optimum inclination of reflector mirrors ." Environmental Science and Pollution Research International, 30(13), 36769-36781 .<https://doi.org/10.1007/s11356-022-24774-z>
- [7] Attia, M. E. H., Hussein, A. K., Abdul-Ammer, H. J., Abdelgaied, M., Kabeel , A. E., & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Experimental investigation of spherical salt balls effect on solar distillers' thermal performance at various water depths ."International Journal of Environmental Science and Technology . <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04724-5>

- [8] Beggas, A., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Attia, M. E. H., Abdullah, A. S & Abdel-Aziz, M. M. (2023). "Improving the freshwater productivity of hemispherical solar distillers using waste aluminum as store materials". *Journal of Energy Storage*, 60, 106692. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106692>
- [9] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdo, A., Abdelgaied, M., Bellila, A & Abdullah, A. S., & Abdullah, A. (2022). "Optimal configurations of hemispherical solar distillers using the higher conductivity extended hollow cylindrical fins filled with latent heat storage materials". *Journal of Energy Storage*, 50, 104706. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104706>
- [10] Attia, M. E. H., Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Abdel-Aziz, M. M., Bellila, A., & Abdullah, A. (2021). "Optimal size of black gravel as energy storage materials for performance improvement of hemispherical distillers". *Journal of Energy Storage*, 43, 103196. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103196>
- [11] Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., & Mahgoub, M. (2016). "The performance of a modified solar still using hot air injection and PCM". *Desalination*, 379, 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.11.007>
- [12] Kabeel, A. E., Abdelgaied, M., Attia, M. E. H., Arıcı, M., & Abdel-Aziz, M. M. (2022). "Enhancing the productivity of hemispherical solar distillers using dyed flax fibers as natural inexpensive porous materials". *Journal of Cleaner Production*, 379(Part 1), 134674. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134674>

الفصل الأول

المقطرات الشمسية

1.I. مقدمة:

تُعد ندرة المياه الصالحة للشرب واحدة من أبرز التحديات العالمية، لا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تفاقم التغيرات المناخية والضغط السكانية من حدة الأزمة. وفي هذا السياق، تبرز المقطرات الشمسية كحلٍ مستدامٍ يعتمد على الطاقة المتجددة لتحلية المياه المالحة أو المعالجة، عبر آليات فيزيائية بسيطة وفعالة. تعتمد هذه التقنية أساسًا على مبدأ التبخير الشمسي والتكثيف لفصل الأملاح والمواد المذابة عن المياه، مُنتِجةً مياهًا عذبةً دون الحاجة إلى مدخلات طاقة خارجية سوى الإشعاع الشمسي.

2.I. لمحة تاريخية:

استعان الإنسان منذ العصور القديمة بالطاقة الشمسية في عمليات التبخير لاستخراج ملح الطعام، كما استخدم الأحواض والمرايا المركزة لتقطير مياه البحر في المناطق النائية الساحلية. تعتمد المبادئ الأساسية لتقطير المياه بالطاقة الشمسية على محاكاة الدورة الطبيعية لهطول الأمطار، مما يجعلها تقنية بسيطة وفعالة. في هذا السياق، شهد عام 1872 إنشاء أول محطة عملية لتقطير المياه بالطاقة الشمسية على يد المهندس السويدي تشارلز ويلسون في مجمع تعدين لاس سليناس (شمال تشيلي حاليًا). اعتمدت المحطة على نظام الأحواض الواسعة، الذي لا يزال مُستخدمًا حتى اليوم لتحلية المياه المالحة في الموقع. بلغت المساحة الإجمالية للمحطة 4700 مترًا مربعًا، وكانت تنتج ما يقارب 4.9 لتر/م² من الماء المقطر يوميًا، بإجمالي يتجاوز 23,000 لتر يوميًا. وقد ظلت هذه المحطة قيد التشغيل لمدة أربعين عام [2,1].

من الجهود البحثية البارزة في هذا المجال، تُعد العالمية الأمريكية ماريبا تيليكس من الرواد في تصميم الأجهزة الشمسية. حيث قامت بتحسين نموذج مقطر ويلسون عبر إضافة مرايا عاكسة مصنوعة من الألمنيوم اللامع، موزعة حول الأحواض من جميع الاتجاهات لزيادة كفاءة تجميع الإشعاع الشمسي طوال النهار. كما أسهمت الأبحاث المتطورة في اكتشاف مواد بوليمرية تشبه الزجاج في خصائصها الحرارية، ولكنها تفوقه بمقاومة أعلى للتقلبات الجوية وتكلفة أقل. وقد مكّن ذلك من إنشاء محطات تقطير شمسية متكاملة باستخدام ألواح شفافة تُعرف باسم التيتلون، إلى جانب أحواض مصنوعة من المطاط الصناعي وطبقات سوداء من الألياف الصناعية لتعزيز امتصاص الأشعة وتسريع التبخير [2].

3.I. مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في العالم:

وفقًا لتقرير صادر عن الأمم المتحدة، فإن نسبة السكان الذين يعتمدون على موارد مائية مستدامة للشرب قد تصل إلى 30%. ولا تقتصر هذه المشكلة على الدول النامية فحسب، بل تشمل أيضًا الدول المتقدمة. وتشير دراسة أجرتها المفوضية الأوروبية إلى أن غالبية الدول الأوروبية تستهلك كميات من المياه تفوق مخزونها المتاح، مما قد يؤدي على المدى الطويل إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية.

تمثل تحلية المياه في الوطن العربي حوالي 60% من إجمالي تحلية المياه في العالم، إلا أنها عملية مكلفة ولا تزال الدول العربية في حاجة إلى المزيد من هذه التقنيات. يعتبر نصيب الفرد العربي من المياه الأدنى في العالم بسبب التزايد السكاني، وقد انعكست أزمة نقص المياه على القطاع الزراعي في الوطن العربي، حيث أن 23.5% فقط من الأراضي الصالحة للزراعة مزروعة.

تنقسم مصادر المياه في الجزائر إلى قسمين رئيسيين: الأول يتمثل في مياه السدود، والتي تعتمد على الأمطار الموسمية. حيث أن 85% من هذه المياه تتبخّر، و3.5% فقط يتم استغلالها في شمال الجزائر، حيث يعيش ثلاثة أرباع السكان. أما النسبة المتبقية فتجري في البحر [3]. والقسم الثاني يتمثل في المياه الجوفية، التي تعتبر مصدرًا مهمًا، إلا أن الجزائر تعاني من أزمة نقص المياه بسبب التوزيع غير المتكافئ للمياه وعدم انتظام سقوط الأمطار موسميًا وسنوياً، بالإضافة إلى تراكم الرواسب في الخزانات.

4.I. التقطير الشمسي:

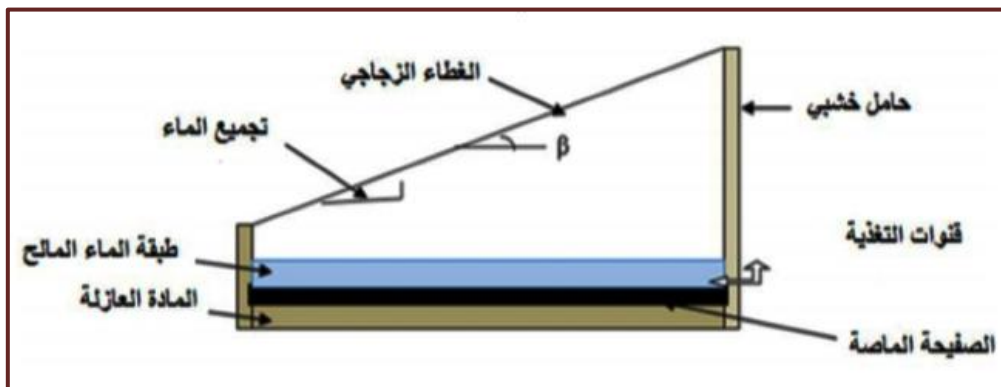
1.4.I. تعريف التقطير الشمسي:

التقطير الشمسي هو عملية تحويل المياه الملوثة أو المالحة أو غير الصالحة للشرب إلى ماء نقي وصالح للاستخدام البشري باستخدام الطاقة الشمسية. تتم هذه العملية من خلال تعريض المياه لأشعة الشمس، مما يؤدي إلى تبخرها وتحويلها إلى بخار ماء. يتم بعد ذلك تجميع البخار وتكثيفه للحصول على ماء نقي. تستخدم في هذه العملية أجهزة خاصة تتكون من حوض ذو قاعدة سوداء تمتص الحرارة، وغطاء زجاجي شفاف يسمح بمرور أشعة الشمس وتكثيف البخار، وقناة لتجميع الماء المقطر. يُعد التقطير الشمسي تقنية مفيدة بشكل خاص في المناطق النائية أو الصحراوية التي تفتقر إلى مصادر مياه نظيفة، حيث يمكن استخدامه لتحلية المياه المالحة أو إزالة الشوائب والملوثات من المياه العذبة. بالإضافة إلى ذلك، يعتبر التقطير الشمسي وسيلة فعالة وبسيطة لتوفير المياه النقية في المجالات الزراعية والصناعية، مما يساهم في تحسين إدارة الموارد المائية في المناطق التي تعاني من ندرة المياه.

2.4.I. أنواع المقطرات الشمسية:

1.2.4.I. المقطر الشمسي أحادي الميل (البسيط):

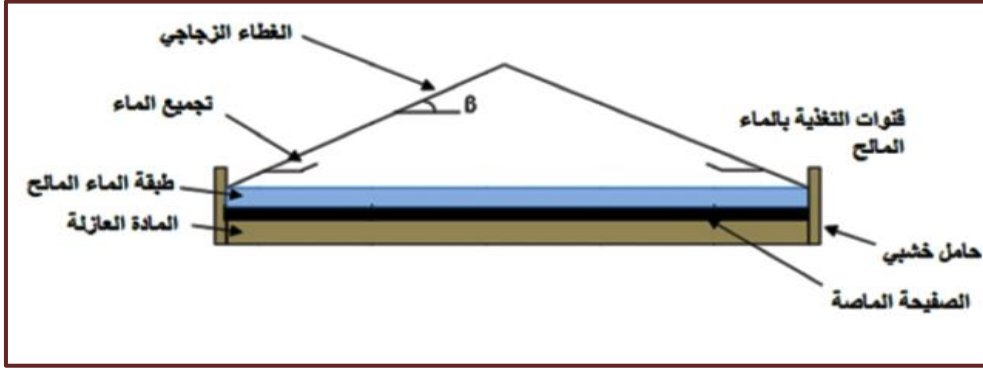
يُعتبر هذا النوع من المقطرات الشمسية الأكثر شيوعًا على مستوى العالم، ويتميز بتصميم بسيط وفعال. يتكون المقطر من حوض يتم ملؤه بالماء المالح، ويُطلّى سطحه الداخلي باللون الأسود لتعزيز امتصاص الإشعاع الشمسي. يُغطى الحوض بلوح زجاجي شفاف مائل، مما يسمح بتكثيف بخار الماء المتصاعد على السطح الداخلي للزجاج، ثم انزلاقه ليتم جمعه. كما موضح في الشكل (1-I).



الشكل (1-I): المقطر الشمسي أحادي الميل [4].

2.2.4.I. المقطر الشمسي بميلين:

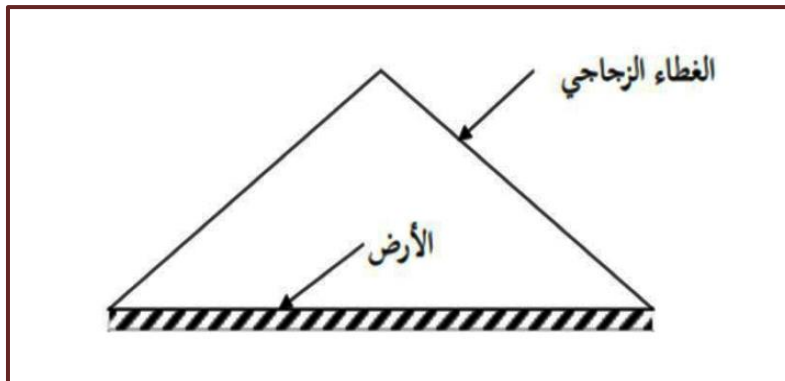
المقطر الشمسي بميلين هو نوع من المقطرات التي تعتمد على تصميم مزدوج، حيث يتم توجيه أحد الجانبين نحو الشمس بينما يُوجه الجانب الآخر نحو الظل لتسريع عملية التكثيف. يتميز هذا النوع من المقطرات بزوايا ميل محددة لكل جانب، مما يعزز كفاءة عملية التقطير [5]. كما هو موضح في الشكل (2-I).



الشكل (2-I): المقطر الشمسي بميلين [5].

3.2.4.I. المقطر الشمسي أرض-ماء:

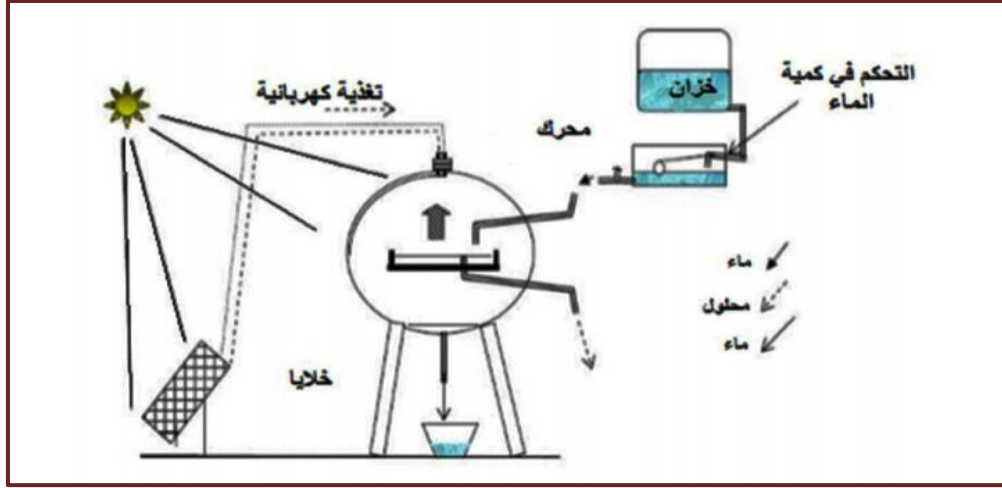
تُخزن كميات كبيرة من الرطوبة في التربة، وتُعاد هذه الرطوبة إلى الغلاف الجوي عبر التبخر، خاصةً في المناطق الجافة خلال الفصول الحارة. هذه العملية تُساهم في إتمام الدورة الهيدرولوجية الطبيعية. بناءً على هذا المفهوم، تم تطوير المقطر الشمسي "أرض-ماء"، والذي يُشبه في تصميمه المقطر الشمسي ذو الميلين. الاختلاف الرئيسي يكمن في استبدال الحوض الأسود المستخدم في المقاطر التقليدية بالتربة [5]. كما هو موضح في الشكل (3-I).



الشكل (3-I): المقطر الشمسي أرض_ماء.

4.2.4.I. المقطر الشمسي الكروي:

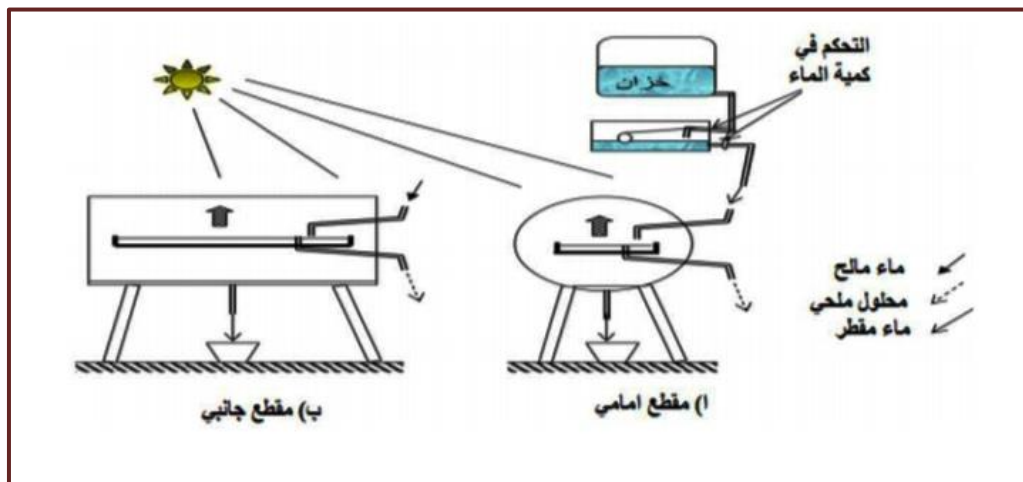
المقطر الشمسي الكروي يتكون من كرة زجاجية شفافة تحتوي على حوض دائري أسود اللون يعمل كماص للإشعاع الحراري. يوضع الماء المالح داخل الحوض لتبخيره بواسطة الطاقة الشمسية. يتكاثف البخار المتصاعد على السطح الداخلي للزجاج، ثم يتم تجميعه في الجزء السفلي من الكرة. لتعزير شفافية الزجاج، يتم استخدام ماسح دوار يعمل بواسطة محرك كهربائي في الجزء العلوي من المقطر [6]. كما موضح في الشكل (4-I).



الشكل (4-I): المقطر الشمسي الكروي [6].

5.2.4.I. المقطر الشمسي الأسطواني:

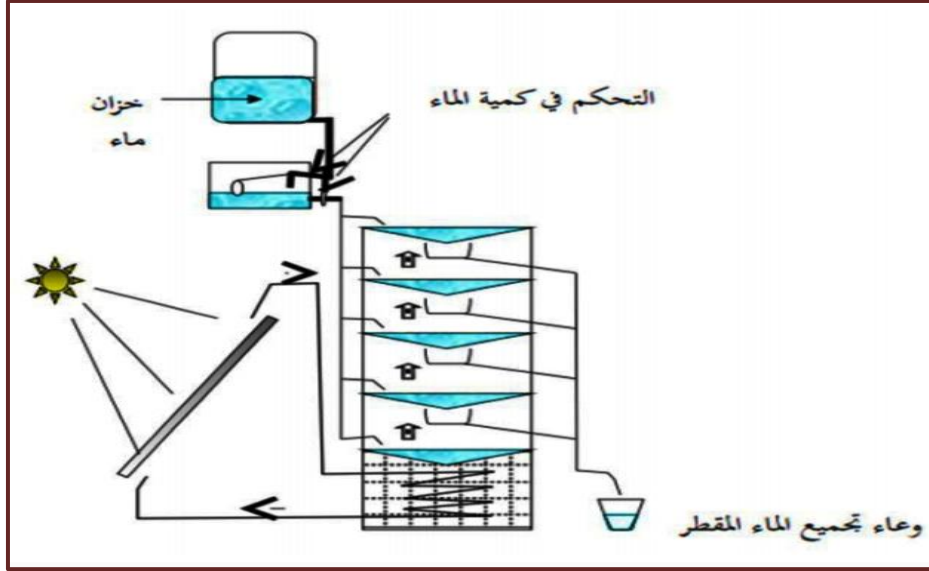
يعمل بنفس مبدأ المقطر الكروي، إلا أن نظام منح الماء المكثف على الجدار الداخلي للزجاج غير مستعمل [6] كما هو موضح في الشكل (5-I).



الشكل (5-I): المقطر الشمسي الأسطواني [6].

6.2.4.I. المقطر الشمسي متعدد الطوابق:

يعتمد هذا النوع من المقاطر الشمسية على مبدأ التسخين غير المباشر للإشعاع الشمسي. يتم تجميع الطاقة الشمسية بواسطة لاقط شمسي، وتسخين مائع حراري ينقل هذه الحرارة إلى مبادل حراري. يقوم المبادل الحراري بنقل الحرارة إلى حوض يحتوي على الماء المالح، مما يؤدي إلى تبخر الماء. يتكثف بخار الماء الناتج على السطح السفلي لحوض آخر يحتوي أيضاً على الماء المالح [6]. كما موضح في الشكل (6-I).

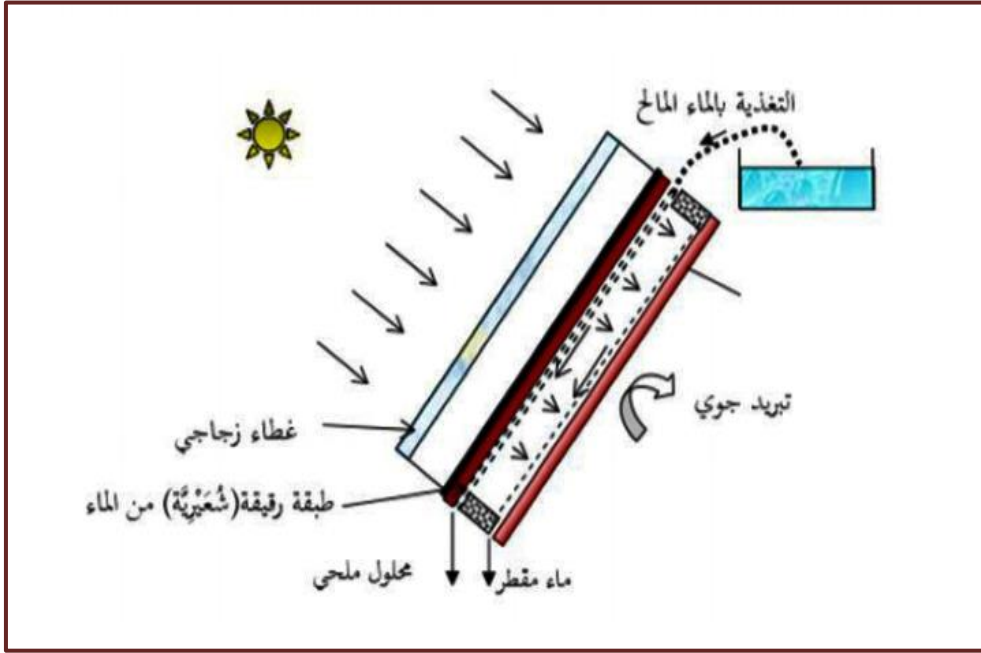


الشكل (6-I): المقطر الشمسي المتعدد الطوابق [6].

7.2.4.I. المقطر الشمسي الذي يعمل بالخاصية الشعيرية:

تم اقتراح تصميم هذا النوع من المقطر لأول مرة من قبل البروفيسور "Pr.P.Legofe" في مختبر العلوم والهندسة الكيميائية بمنطقة نانسي في فرنسا، وذلك بالتعاون مع البروفيسور "Pr.Ouahes" من جامعة الجزائر [6، 7]. يعتمد هذا التصميم على سلسلة من الطوابق المعدنية المتوازية والمتقابلة (مصنوعة من الألومنيوم، الفولاذ، أو النحاس) والمرتببة عمودياً داخل إطار خشبي معزول حرارياً من الجوانب. يتم تغطية الهيكل العلوي بغطاء زجاجي.

يتميز الطابق الأول بطلاء أسود لزيادة امتصاص الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى تبخير الماء. يتكثف بخار الماء على السطح البارد المقابل، ويتم استخدام الحرارة الناتجة عن التكثيف لتسخين الماء السائل الملامس للشاش المثبت خلف سطح التكثيف. تتكرر هذه العملية في الطوابق اللاحقة حتى الوصول إلى الطابق الأخير [7]، كما هو موضح في الشكل (7-I).



الشكل (7-I): المقطر الشمسي بالخاصية الشعيرية [7].

5.I المقطر الشمسي البسيط:

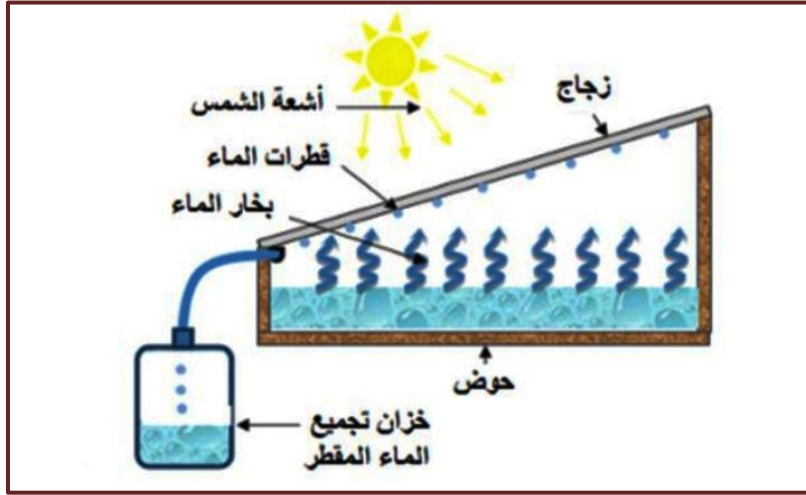
1.5.I مبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط:

يعتمد المقطر الشمسي البسيط على استغلال الطاقة الشمسية لتحلية المياه من خلال عملية التبخير والتكثيف. يتم تعبئة المقطر المبين أدناه (8-I) بكمية من الماء المالح عبر قناة التغذية، حيث تعمل أشعة الشمس التي تخترق الغطاء الزجاجي على تسخين الماء. نتيجة لظاهرة الاحتباس الحراري، ترتفع درجة حرارة الماء إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي والهواء المحيط داخل الحوض، مما يؤدي إلى تبخر الماء.

بسبب ارتفاع ضغط البخار الناتج عن زيادة درجة الحرارة، يحدث فرق في الضغط بين طبقة البخار الملاصقة لسطح الماء والبخار الموجود في الهواء، مما يعزز عملية التبخر. يتكثف بخار الماء على السطح الداخلي للغطاء الزجاجي، مشكلاً قطرات ماء عذب تنزلق بفعل الجاذبية إلى وعاء تجميع المياه المقطر.

هناك نظامان رئيسيان لتغذية المقطر الشمسي الأول نظام متقطع يتم فيه تغذية الماء المالح على دفعات وفي فترات زمنية محددة، أما الثاني نظام مستمر حيث يتم فيه تغذية الماء المالح بشكل مستمر وبكميات محددة [8].

هذه العملية توفر طريقة فعالة لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية، مما ينتج ماءً نقيًا خاليًا من الملوثات.



الشكل (8-I): رسم تخطيطي لمبدأ عمل المقطر الشمسي البسيط [8].

2.5.I. العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي البسيط:

1.2.5.I. تأثير شدة الإشعاع الشمسي:

يُمثل الإشعاع الشمسي طيفاً من الموجات الكهرومناطيسية المنبعثة من الشمس، حيث يصل جزء منه إلى سطح الأرض ليتمتصه، بينما ينعكس الجزء الآخر.

تُعد شدة الإشعاع الشمسي عاملاً حاسماً في تحديد أداء المقطرات الشمسية، إذ تتناسب الإنتاجية طردياً مع شدة الإشعاع الطاقة الشمسية المتاحة [9].

2.2.5.I. تأثير درجة الحرارة المحيطة:

تشير درجة الحرارة إلى مقياس طاقة الحركة للجسيمات المجهريّة، وتقاس في هذه الدراسة بالدرجة (C°). تُسهم الزيادة في درجة الحرارة المحيطة في تحسين إنتاجية المقطر الشمسي، خاصةً في النماذج ذات العزل الحراري الرديء، حيث تعمل الحرارة الخارجية على تعويض الفاقد الحراري. أما في المقطرات ذات العزل الجيد، فإن تأثير درجة الحرارة المحيطة يصبح ضئيلاً ولا يُعتد به إحصائياً [9].

3.2.5.I. تأثير سرعة الرياح:

تنشأ الرياح نتيجة حركة الكتل الهوائية الناجمة عن التوزيع غير المكافئ للإشعاع الشمسي على سطح الأرض، إضافةً إلى دوران الكوكب.

لا تؤثر التقلبات الطيفية في سرعة الرياح على إنتاجية المقطر بشكل ملحوظ، إلا في حالات التغيرات الكبيرة، حيث تؤدي السرعات العالية إلى زيادة فقدان الحرارة من سطح المقطر، مما يقلل كفاءته الإنتاجية [9]. يُوصى بتصميم هياكل عازلة أو واقية عند استخدام المقطر في مناطق عالية الرياح.

4.2.5.I. تأثير عمق الماء المالح:

أظهرت الدراسات أن ارتفاع درجة حرارة الماء المالح يرتبط طردياً بزيادة معدل التبخير، حيث تزداد الحرارة مع نقصان عمق الماء. كما لوحظ تراكم رواسب جافة على السطح الداخلي لقاعدة المقطر الشمسي، مما يستلزم ضبط عمق الماء في القاعدة عند 5 cm لتحقيق أقصى كفاءة إنتاجية [9].

5.2.5.I. تأثير إحكام عزل البخار:

يُعتبر إحكام عزل البخار عاملاً محورياً في تحسين أداء المقطر الشمسي. ولتعزيز الكفاءة، يُوصى باستخدام غطاء مُحكم التصميم مع تطبيق مواد عازلة عالية الجودة مثل مطاط السيليكون، والذي يُقلل من تسرب البخار إلى البيئة الخارجية. كما تُؤكد الدراسات على أهمية الصيانة الدورية للكشف عن أي تسربات وضمان الحفاظ على الإنتاجية القصوى للمقطر [9].

6.2.5.I. تأثير تسرب الماء المُنتج:

تتأثر إنتاجية المقطر سلبيًا مع زيادة تسرب الماء المُقطر، والذي قد ينتج عن عوامل مثل تآكل قنوات التجميع أو فشل المواد العازلة في الوصلات. وللتخفيف من هذه المشكلة، يُفضل استخدام مواد مقاومة للتآكل (مثل الفولاذ المقاوم للصدأ) وتصميم قنوات التجميع بدون وصلات لتقليل احتمالية التسرب [9].

7.2.5.I. تأثير زاوية إمالة الغطاء:

تعتمد الكفاءة القصوى للمقطرات الشمسية على الزاوية الأمثل لإمالة الغطاء، والتي تُحدد بناءً على الموقع الجغرافي والظروف الزمنية والمحيطية. وقد أظهرت التجارب أن تصميم الغطاء بزاوية إمالة تتراوح من 20 إلى 25 درجة يُحقق توازناً بين امتصاص الطاقة الشمسية وتقليل الفاقد الحراري، مما يجعله معياراً فعالاً لمعظم التطبيقات العملية [9].

3.5.I. مراحل صنع المقطر الشمسي البسيط:**1.3.5.I. الأدوات المستعملة:**

هذه المكونات تم إختيارها بناءً على مواد متوفرة في السوق المحلية وذلك لخفض تكلفتها كما موضح في الشكل (9-I).






الشكل(9-I): الأدوات المستعملة في صنع المقطر الشمسي البسيط[10].

2.3.5.I. مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط:

الجدول التالي (1-I) يبين أهم مراحل المتبعة في صناعة المقطر الشمسي البسيط (أحادي الميل).

الجدول (1-I): يوضح مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط (أحادي الميل)[11].

الشرح	الصورة
بعد قطع الأخشاب وفق القياسات المطلوبة نقوم بتركيبها بالمسامير لتشكيل الصندوق الخشبي الموضح في الشكل المقابل	
تُطلى القاعدة السفلية والجوانب الداخلية للصندوق الخشبي بطلاء أسود لتعظيم امتصاص الإشعاع الشمسي	

<p>يتم إحداث ثقوب نصف دائرية في الجوانب الأمامية للصندوق باستخدام مثقاب الخشب الكهربائي، وذلك لتركيب أنبوب تجميع الماء</p>	
<p>يتم وضع الأنبوب في موضعه ونزيع إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه</p>	
<p>يتم ثقب الأنبوب البلاستيكي لتسهيل دخول الماء المتكاثف من السطح الداخلي للغطاء الزجاجي</p>	
<p>يتم تركيب الغطاء الزجاج داخل الأنبوب البلاستيكي، مما يسمح لقطرات الماء بالإنزلاق والسقوط داخل الأنبوب بفعل الجاذبية</p>	
<p>نقوم بثنبيت كوع في نهاية الأنبوب، بالإضافة إلى أنبوب آخر صغير لتوجيه الماء المقطر إلى الوعاء التجميع</p>	
<p>توضع طبقة رقيقة من السيليكون على الجوانب والقاعدة باستخدام ملصقة، لضمان العزل ومنع التسرب</p>	

<p>نقوم بطلاء المقطر من الخارج باللون المرغوب، وذلك لتحسين المظهر</p>	
<p>في الأخير يتم الحصول على مقطر شمسي بسيط ذو ميل واحد قادر على إنتاج ماء مقطر باستخدام طاقة الشمسية</p>	

4.5.I. مزايا المقطر الشمسي البسيط:

المقطر الشمسي البسيط يتميز بعدة خصائص تجعله مثالياً لتحسين جودة المياه بشكل مستدام وفعال. فيما يلي بعض هذه الخصائص:

- ✓ صديق للبيئة [12].
- ✓ يقلل من نقص مشاكل المياه الصالحة للشرب.
- ✓ إنشائه وصيانته وثمانه منخفض نوعاً ما.
- ✓ سهل التنظيف وإعادة الاستخدام.
- ✓ يعتمد على الطاقة الشمسية مباشرة في تسخين الماء الموجود داخل حوض.
- ✓ تحسين جودة المياه.
- ✓ تحسين الوضع الإقتصادي.
- ✓ لا يتطلب مهارة في العمل أو إلى تقنيات معقدة وآلية عمله بسيطة.

5.5.I. عيوب المقطر الشمسي البسيط:

- ✗ ضعف إنتاجه للماء المقطر [13].
- ✗ يحتاج إلى كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي لذا في فصل الشتاء ينخفض إنتاجه [9].
- ✗ تغير في المناخ ودرجات الحرارة ينعكس سلباً على كفاءة إنتاج المياه المقطرة.
- ✗ يعتمد في تصميمه على الموقع الجغرافي والزمن خلال السنة حيث أن زاوية ميل الشمس تختلف بين فصل الشتاء وفصل الصيف.

6.I. الخاتمة:

تطرق هذا الفصل إلى مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب وإلى التقطير الشمسي كحل لهذه المشكلة ومختلف أنواع المقطرات الشمسية، وخصصنا بالذكر المقطر الشمسي البسيط حيث بينا طريقة صنعه والعوامل المؤثرة عليه وكذا مبدأ عمله.

قائمة مراجع الفصل الأول

- [1] رمضان محمد رأفت وعلي جمعان التشكيل (1988)، "الطاقة المتجددة"، الطبعة الثانية، دار الشروق، القاهرة، بيروت.
- [2] أ.د.مصطفى يسري، د.الطاهر الحسيني، أ.د.الشهاوي محمد سرور (2020)، "الطاقات المتجددة الموارد والتكنولوجيا"، دار عبيد للنشر والتوزيع والطباعة، الطبعة الأولى.
- [3] Kehel, S. (2001), "Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie ", Algérie Elsevier Deasliation 136 P.35-42.
- [4] محمد تخة (2004)، "دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة والصحراوية"، مكرة ماجيستر، جامعة ورقلة الجزائر، 20-22.
- [5] Smakdji, N. (2002), " Impact de l'écart de température (eau - capteur) sur l'efficacité Globale d'un distillateur solaire ", Thèse de Magistère, Université de Constantine, Département Génie Climatique, P.41-48, Algérie.
- [6] محمد بالحاج (2004)، "مساهمة في تحسين المقطر الشمسي بواسطة المقطر المزدوج بمنطقة ورقلة"، مذكرة ماجيستر جامعة ورقلة، كلية العلوم والعلوم الهندسة.
- [7] Marif, Y. (2008), " Contribution à l'amélioration du rendement d'un distillateur à film capillaire multi étage ", Mémoire de magister, Université Ouargla, Département of Physical Sciences.
- [8] E-Deoja, et al. (2013), "Investigation of the effect of angle of cover inclinations on the yield of a single basin solar still under Makurdi climate", the International Journal of Engineering and Science (IJES), vol2, P.131-138.
- [9] مهندس محمد الشيخ (2010)، "المقطرات الشمسية" www.kawngroup.com
- [10] مومن مسعود سارة، بن علي لويضة (2023)، "دراسة مقارنة بين تأثير الزعانف العمودية والمائلة على أداء المقطر الشمسي.
- [11] سمية نفيذي، أسماء صوالح (2017)، "تأثير تراب الكثبان الرملية على التقطير الشمسي"، مذكرة ماستر، جامعة الوادي-الجزائر.
- [12] جاسم مهدي الأسدي، أحمد جاسم محمد، عقيل يوسف هاشم (2013)، "أنواع المقطرات الشمسية السلبية"، مجلة أبحاث ميسان، المجلد9، العدد18.
- [13] Boudjerir, H. (2010), "Etude de l'impact de l'écart de température (Ambiance - Eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre", Thèse Magister, University of Constantine, P.33-35, Algérie.

الفصل الثاني

المركز الاسطواني

القطع مكافئ

1.II. مقدمة:

بينما تُستخدم **المجمعات الشمسية المستوية** (Flat Plate Collectors) لتلبية الاحتياجات المنزلية بدرجات حرارة متوسطة، تتطلب التطبيقات الصناعية درجات حرارة عالية تُحققها **المركزات الشمسية** عبر تركيز الإشعاع الشمسي على سطح استقبال، مما يرفع حرارة المائع الناقل (HTF) لإنتاج بخارٍ قادر على تدوير توربينات توليد الكهرباء. يركز هذا الفصل على **المجمع الأسطواني القطعي المكافئ** (PTC) كأحد أبرز تقنيات التركيز الشمسي، مع استعراض موجز لأنواع المركزات الأخرى ومقارنتها وفقاً لمعايير: درجة حرارة التشغيل، نسبة التركيز الهندسية، والمردود الحراري. كما يُناقش التصميم الهيكلي لـ PTC وآلية عمله، وتأثير أنظمة التتبع الشمسي على كفاءة تجميع الطاقة، مع مراعاة العوامل الاقتصادية المُصاحبة لاختيار نظام التتبع الأمثل.

2.II. نسبة تركيز الإشعاع الشمسي:

يمكن تحويل الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض إلى طاقة كهربائية باستخدام طريقتين رئيسيتين: الأولى تتمثل في التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى كهرباء عبر امتصاص الفوتونات الضوئية باستخدام الألواح الشمسية الكهروضوئية (PV)، والثانية تعتمد على تقنية الطاقة الشمسية المركزة (CSP)، حيث يتم امتصاص الحرارة الناتجة عن تركيز الإشعاع الشمسي على سطح امتصاص خاص، ثم نقلها إلى مائع ناقل للحرارة. في هذه الحالة، يمكن الوصول إلى درجات حرارة عالية تتناسب مع نسبة تركيز الإشعاع الشمسي [1]. توجد طريقتان رئيسيتان لتركيز الإشعاع الشمسي المباشر:

1.2.II. نسبة التركيز الخطي:

في هذه الطريقة، يتم تركيز الإشعاع الشمسي المباشر بشكل خطي باستخدام عاكس يعكس الأشعة نحو أنبوب ماص مثبت عند المحور البؤري. يتم تعزيز كفاءة النظام من خلال نظام تتبع شمسي يعمل على محور دوران واحد. من أبرز الأمثلة على هذه الأنظمة المجمع الأسطواني القطعي المكافئ (PTC) والعاكس الخطي لفرينل (LFR). تتراوح نسبة تركيز الإشعاع الشمسي في هذه الأنظمة بين 30 و80، مما يسمح بوصول درجة حرارة المائع إلى حوالي 400 درجة مئوية.

2.2.II. نسبة التركيز النقطي:

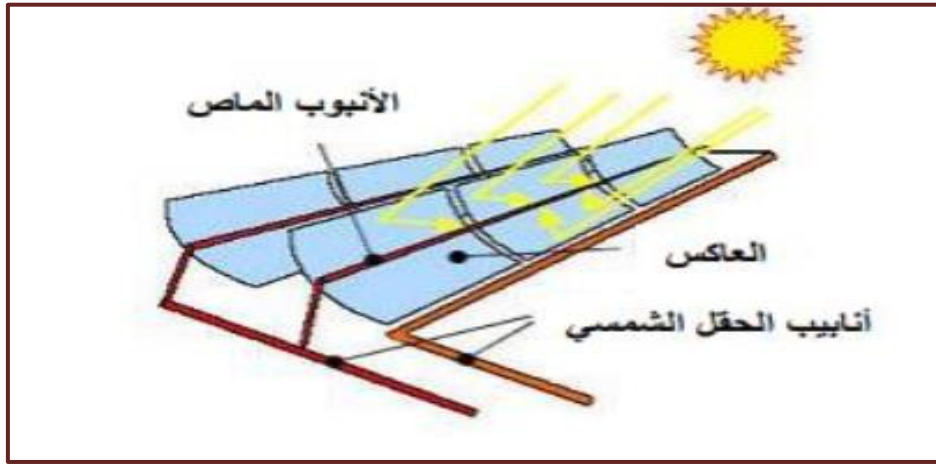
في هذه الطريقة، يتم تركيز الإشعاع الشمسي المباشر في نقطة بؤرية واحدة باستخدام عاكس على شكل صحن قطعي مكافئ (DP) تصل نسبة تركيز الإشعاع الشمسي في هذه الأنظمة إلى ما بين 1000 و4000، ويتم استخدام نظام تتبع شمسي يعمل على محورين دوران لضمان تركيز الأشعة في النقطة البؤرية بشكل دقيق. يستخدم الصحن القطعي المكافئ (DP) في توليد الكهرباء مباشرة عبر محركات ستيرلينغ أو توربينات الغاز الموضوعة في البؤرة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام نظام المستقبل المركزي (CRS)، الذي يتكون من حقل كبير من المرايا العاكسة (heliostats) تعكس الإشعاع الشمسي نحو جهاز استقبال مثبت في أعلى برج مركزي. تتراوح نسبة التركيز في هذا النظام بين 1500 و2000، حيث يمتص المائع (مثل الهواء، البخار، الملح المنصهر، أو الصوديوم السائل) الحرارة وينقلها لتوليد الطاقة وتخزينها.

3.II. نظام المجمع الشمسي:

يُعد نظام المجمع الأسطواني القطعي المكافئ أحد الأنظمة الحرارية الشمسية التي تعتمد على عواكس أسطوانية طويلة ذات مقطع عرضي قطعي مكافئ، مصممة لتركيز الإشعاع الشمسي على محور بؤري خطي. يُنبت على طول هذا المحور أنبوب امتصاص مصنوع من مواد متينة كالنحاس أو الفولاذ المقاوم للصدأ، مغطى بطبقة انتقائية لتعزيز امتصاص الأشعة الشمسية وتقليل الانعكاسية. يُحاط هذا الأنبوب بغلاف زجاجي عالي الشفافية، قد يُصنع أحياناً بشكل مفرغ من الهواء (Vacuum-sealed) لتقليل الفقد الحراري الناتج عن التوصيل أو الحمل. بالإضافة إلى ذلك، يُزوّد النظام بآلية تتبع شمسي تعمل على محور دوران أحادي لضمان توجيه العواكس باستمرار نحو الشمس، مما يزيد من كفاءة تجميع الطاقة طوال اليوم. يُظهر الشكل (1-II) التصميم الهيكلي والتركيب الوظيفي لهذا النظام. التوصيل أو الحمل.

تعتمد آلية التشغيل على نظام **تتبع شمسي** (Solar Tracking System) يحرك العواكس والأنبوب الماص تزامناً مع حركة الشمس، مما يضمن تركيزاً مستمراً للإشعاع الشمسي طوال اليوم. في التطبيقات التجارية، يُستخدم **زيت اصطناعي** كمائع ناقل للحرارة (Heat Transfer Fluid - HTF) لنقل الطاقة الحرارية من الأنابيب الماصة إلى المبادلات الحرارية لإنتاج بخارٍ عالي الضغط، يُستخدم لتدوير التوربينات البخارية وتوليد الكهرباء. بعد تكثيف البخار وإعادة تبريده، يُعاد تدوير الماء إلى المبادلات الحرارية لإغلاق الدورة.

تُعد تقنية (PTC) أكثر تقنيات الطاقة الشمسية المركزة نضجاً، حيث تبلغ نسبة نضجها التقني **94%**، وتُهيمن على **90%** من السعة التراكمية المنفذة عالمياً في هذا القطاع، والتي تُقدر بحوالي **1.18 جيجاوات**. كما تُشكل حالياً العمود الفقري للمشاريع التجارية العاملة بالطاقة الشمسية المركزة (CSP) [2].



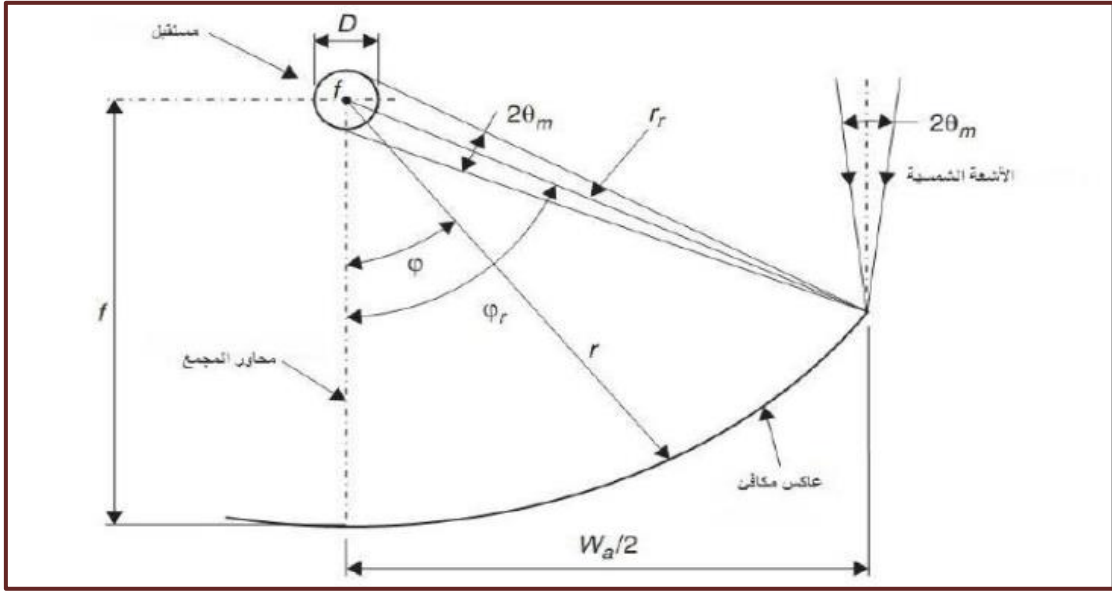
الشكل (1-II): المركز الأسطواني القطع مكافئ [2].

4.II. هندسة المركز الأسطواني القطعي المكافئ (PTC):

يُظهر الشكل (2-II) مقطعاً عرضياً لمجمع القطع المكافئ الأسطواني (PTC) ، حيث يُركز الإشعاع الشمسي الساقط على سطح عاكس قطعي مكافئ نحو جهاز استقبال حراري مُثبت على امتداد الخط البؤري للعاكس. تُوصف معادلة القطع المكافئ في النظام الإحداثي الديكارتي بالعلاقة التالية [3].

$$y = \frac{1}{4F} x^2 \quad (1.II)$$

حيث F البعد البؤري للـ PTC.



الشكل (2-II): مقطع عرضي للمجمع حوض المكافئ [3].

1.4.II. زاوية الحافة ϕ_r :

تُعرّف زاوية الحافة (ϕ_r) بأنها الزاوية المحصورة بين القطر الأقصى للعاكس) أعلى عرض للفتحة (W المحور المركزي للمجمع الشمسي) محور تناظر القطع المكافئ)، كما هو موضح في الشكل (3.II). تُحسب هذه الزاوية وفقاً للعلاقة الهندسية التالية [4].

$$\phi_r = \tan^{-1} \left[\frac{8 \left(\frac{F}{W_a} \right)}{16 \left(\frac{F}{W_a} \right)^2 - 1} \right] = \sin^{-1} \left(\frac{a}{2r} \right) \quad (2.II)$$

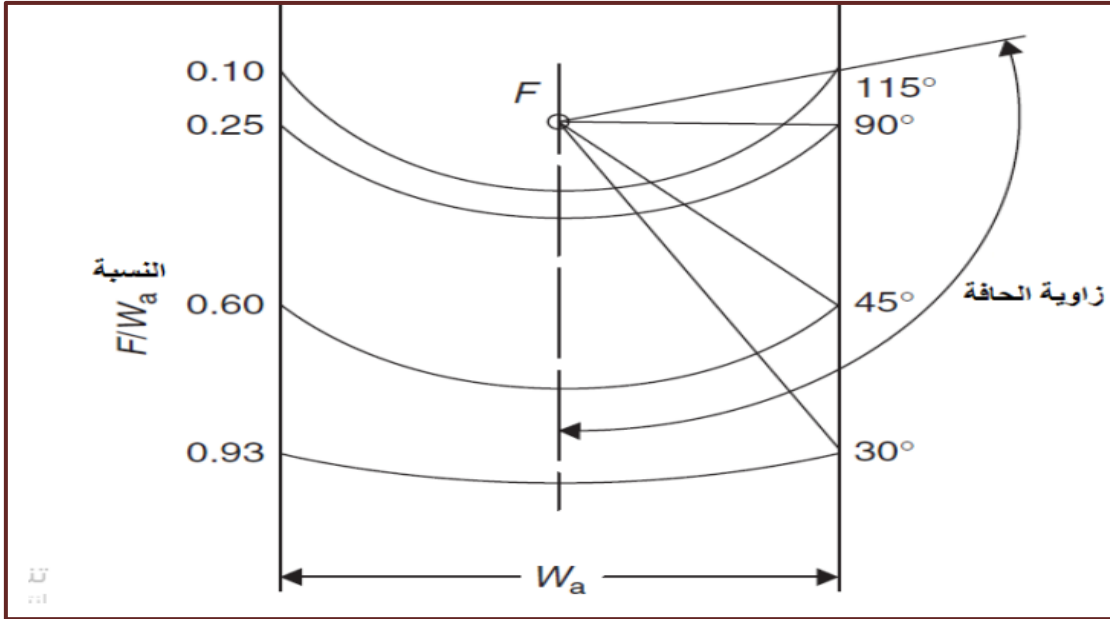
حيث r نصف قطر حافة العاكس.

2.4.II. زاوية القبول:

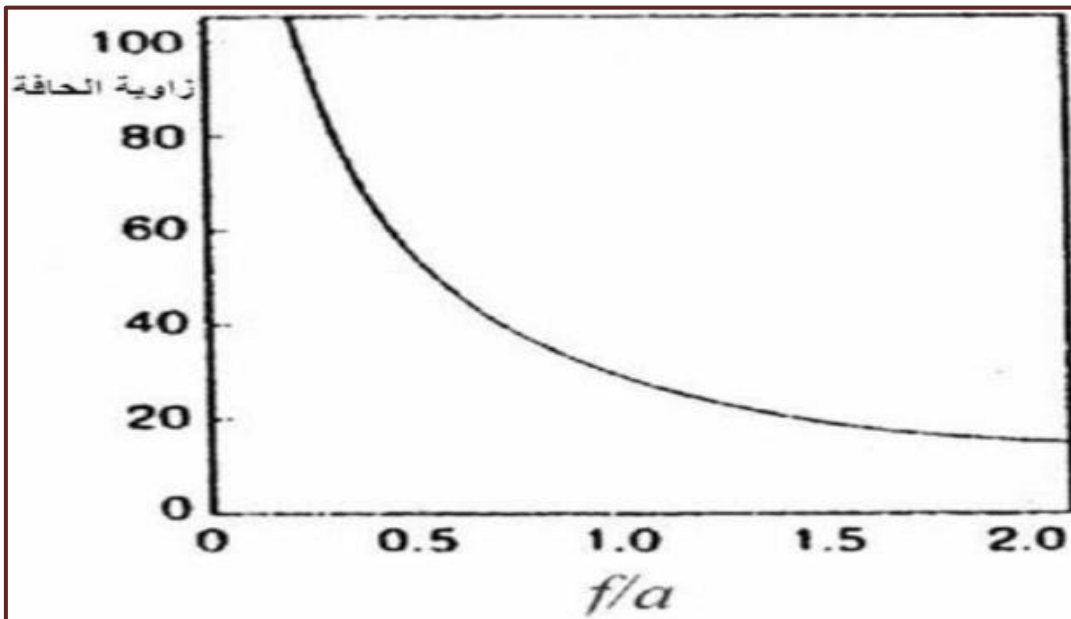
تُعرف زاوية القبول بأنها الزاوية المحصورة بين الأشعة المنعكسة من حافة العاكس نحو البؤرة والمحور المركزي للمركز الشمسي، وتُمثل أقصى انحراف زاوي مسموح به للأشعة المنعكسة ليتم استقبالها

على السطح الماص دون فقدان كبير في الطاقة [5]. ترتبط زاوية القبول عكسياً مع زاوية الحافة (ρ_r)؛ فكلما قلَّت زاوية الحافة، تقلصت مساحة السطح العاكس للمجمع، مما يؤدي إلى خفض التكلفة الإجمالية للمواد العاكسة.

مع ذلك، يؤثر هذا التناقض سلباً على الكفاءة الضوئية للنظام، حيث تقل قدرة التركيز الشمسي مع صغر زاوية الحافة. لذلك تُوجب هذه العلاقة المفاضلة بين تعظيم الكفاءة (باستخدام زوايا حافة كبيرة) وتقليل التكاليف (باستخدام زوايا حافة صغيرة) [6].



الشكل (3-II): العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد البؤري إلى عرض الفتحة [6].



الشكل (4-II): زاوية الحافة كدالة لنسبة البعد البؤري إلى فتحة المجمع [6].

3.4.II. حساب نصف قطر العاكس:

تعطى العلاقة الآتية من اجل عاكس مكافئ نصف قطره r [7]:

$$r = \frac{2F}{1 + \cos \varphi} \quad (3.II)$$

φ : هي زاوية بين محاور المجمع والشعاع المنعكس عند البؤرة وهي تتغير من 0 إلى φ_r

4.4.II. حساب عرض الفتحة:

$$r_r = \frac{2F}{1 + \cos \varphi_r} \quad (4.II)$$

يعطى عرض الفتحة بالعلاقة التالية [1]:

$$W_a = 2r_r \sin(\varphi_r) \quad (5.II)$$

نقوم بتعويض العلاقة (5.II) في العلاقة (6.II) نجد:

$$W_a = \frac{4f \sin(\varphi_r)}{1 + \cos(\varphi_r)} \quad (6.II)$$

بالتبسيط تصبح المعادلة:

$$W_a = 4f \tan(\varphi_r) \quad (7.II)$$

5.4.II. مساحة الفتحة A_{ap} :

هي تلك التي تستقبل الإشعاع المباشر من الشمس وتتعلق بطول المجمع L وعرض الفتحة W .

$$A_{ap} = W_a L \quad (8.II)$$

L : طول المجمع الشمسي.

W : عرض الفتحة.

6.4.II. التركيز الهندسي:

بالنسبة للمستقبل الأنبوبي (Tubular Receiver) في أنظمة المركز الشمسي الأسطواناني القطعي المكافئ (PTC)، تُعرف نسبة التركيز الهندسية C بأنها النسبة بين مساحة فتحة العاكس ومساحة المستقبل الأنبوب الماص. تُعطى هذه النسبة بالعلاقة التالية [8]:

$$C = \frac{A_{ap}}{A_r} = \frac{(W_a - D) L}{\pi D L} \quad (9.II)$$

A_r : مساحة المستقبل.

7.4.II. مساحة سطح العاكس A_{ref} :

$$A_{ref} = L \cdot S \quad (10.II)$$

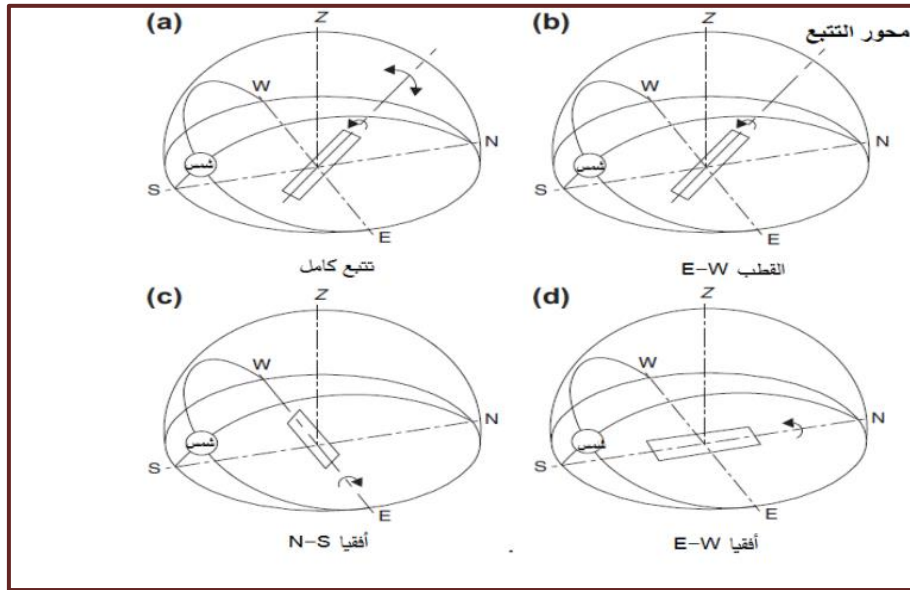
8.4.II. حساب طول المركز القطعي:

يمكن حساب المركز القطعي كما يلي [9]:

$$S = \frac{H_p}{2} \left[\sec\left(\frac{\varphi_r}{2}\right) \tan\left(\frac{\varphi_r}{2}\right) + \ln\left(\sec\left(\frac{\varphi_r}{2}\right) + \tan\left(\frac{\varphi_r}{2}\right)\right) \right] \quad (11.II)$$

5.II. التتبع الشمسي:

بسبب التغير المستمر لموقع الشمس بالنسبة لسطح الأرض على مدار اليوم (من الشروق إلى الغروب) وعلى مدار أيام السنة المختلفة، يصبح من الضروري تتبع موقع الشمس بشكل مستمر لتوجيه سطح الفتحة نحو الإشعاع الشمسي. هذا التتبع يهدف إلى تحقيق أقصى تدفق للطاقة الشمسية على فتحة المجمع الشمسي (PTC) وتعظيم الكفاءة الضوئية (η_{op}). هناك نوعان رئيسيان لأنظمة التتبع الشمسي:



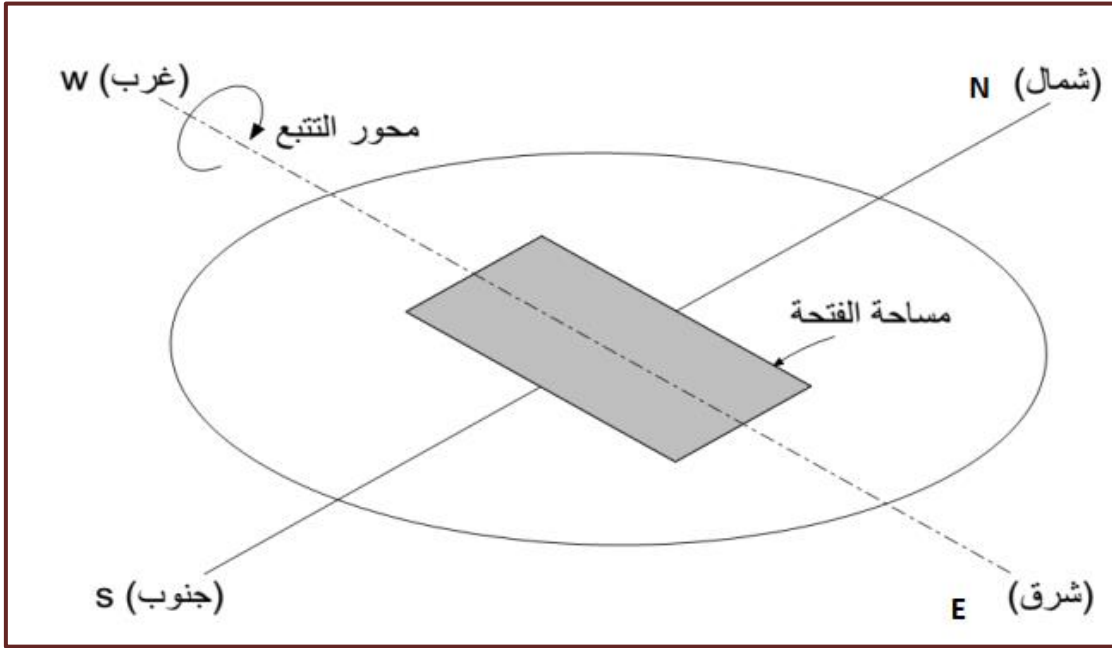
الشكل (II-5): أشكال التتبع الشمسي [10].

1.5.II. التتبع الشمسي بمحوري دوران:

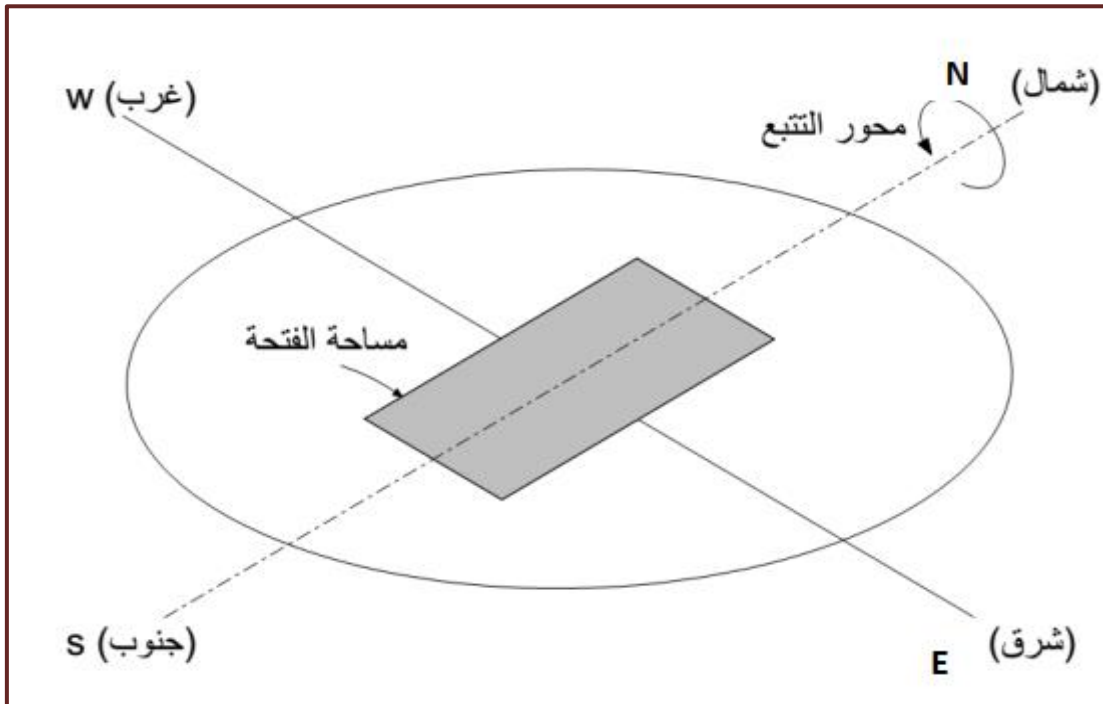
في هذا النوع من التتبع، يتم تحريك المجمع أفقياً نحو سمت الشمس وعمودياً نحو ارتفاع الشمس، بحيث تظل أشعة الشمس دائماً عمودية على سطح الفتحة. نتيجة لذلك، يتم إلغاء معامل التراجع الهندسي (A_f)، مما يؤدي إلى تحقيق الكفاءة الضوئية (η_{op}) في قيمتها القصوى. ومع ذلك، فإن هذا النوع من التتبع غير مستخدم عملياً في أنظمة (PTC) بسبب التصميم الطويل لمحطات (PTC)، مما يعيق إمكانية الحركة الأفقية. بالإضافة إلى ذلك، فإن هذا النوع من التتبع يستهلك طاقة كبيرة دون مبرر [11، 12].

2.5.II. التتبع الشمسي بمحور دوران واحد:

في هذا النوع، يتم تحريك المجمع عمودياً نحو ارتفاع الشمس بحيث تظل أشعة الشمس دائماً في المستوى العمودي على سطح الفتحة. هذا يؤدي إلى تحسين الكفاءة الضوئية (η_{op}). هذا النوع من التتبع هو الأكثر استخداماً في أنظمة (PTC) بسبب تكلفته المنخفضة. يتم تقسيم هذا النوع إلى نوعين رئيسيين: التتبع بمحور (شمال - جنوب) أو (شرق - غرب)، كما هو موضح في الشكلين (6-II) و (7-II).

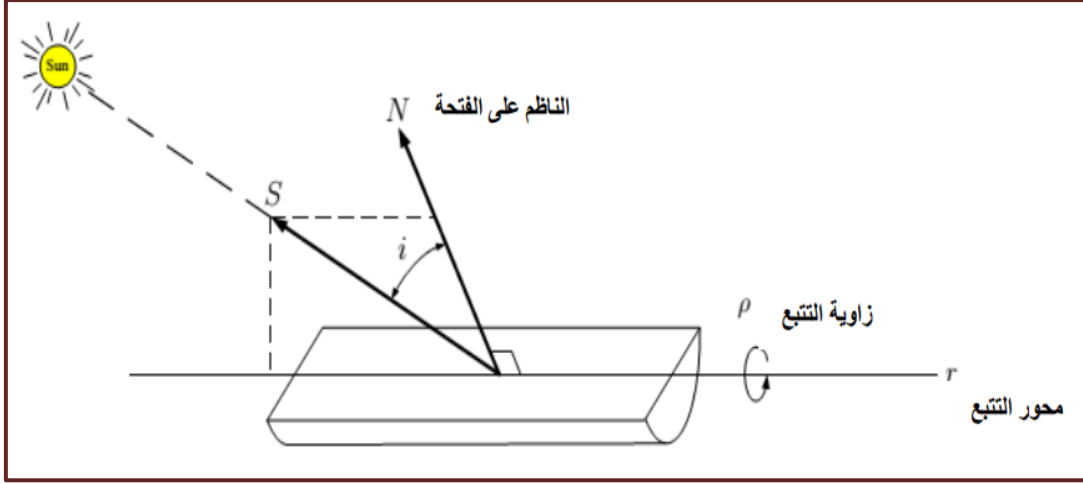


الشكل (6-II): التتبع الشمسي بمحور (شرق - غرب).



الشكل (7-II): التتبع الشمسي بمحور (شمال - جنوب).

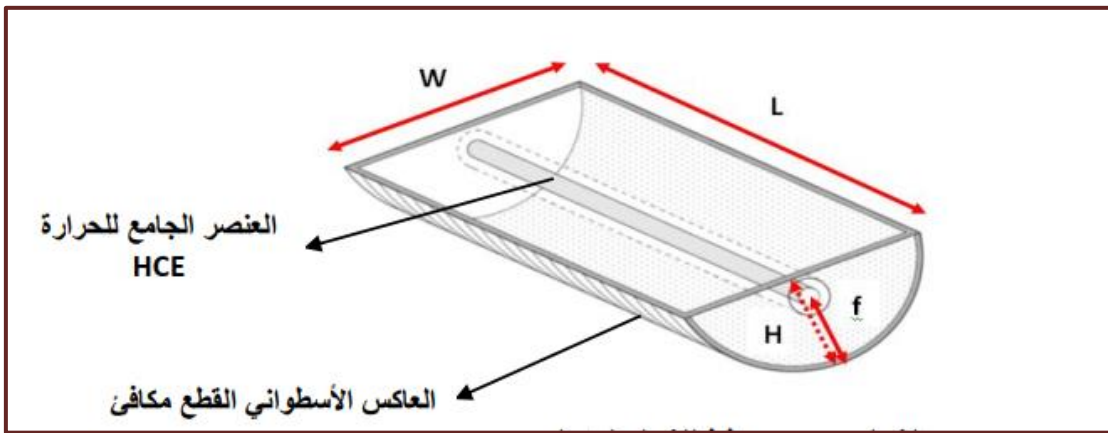
في هذا النوع من التتبع، يتم ضمان وقوع أشعة الشمس في المستوى العمودي على سطح فتحة المجمع، والذي يتضمن محور التتبع. ولتحديد زاوية التتبع (ρ) وزاوية السقوط (i) في كل لحظة، من الضروري التحول إلى نظام إحداثيات يكون فيه محور التتبع (r) أحد المحاور الثلاثة، كما هو موضح في الشكل.



الشكل(II-8): زاوية الورد الشمسي على سطح الفتحة.

6.II. المكونات الأساسية لنظام PTC:

يتألف نظام تركيز الطاقة الشمسية باستخدام المرايا الأسطوانية القطعية (PTC) من سطح عاكس أسطوانى قطعي مكافئ يعمل على تركيز الإشعاع الشمسي نحو العنصر الجامع للحرارة (HCE)، والذي يتم تثبيته عند المحور البؤري للسطح العاكس. يتدفق داخل هذا العنصر مائع ناقل للحرارة (HTF) الذي يقوم بامتصاص الحرارة المولدة ونقلها إلى وسيط التخزين. يوضح الشكل (II-9) التصميم العام لنظام PTC.



الشكل(II-9): مخطط للشكل العام ل (PTC).

1.6.II. العنصر الجامع للحرارة (أنبوب الاستقبال (HCE):

يعتبر أنبوب الاستقبال أو العنصر الجامع للحرارة (HCE) المكون الرئيسي في تقنيات الطاقة الشمسية التي تعتمد على الأحواض القطعية المكافئة. يتكون هذا الأنبوب من أنبوب فولاذي داخلي مغطى بطبقة انتقائية عالية الامتصاص، محاط بأنبوب زجاجي مفرغ مضاد للانعكاس. يتم دمج HCE مع حلقات إغلاق تقليدية تمنع تسرب الهواء بين الزجاج والمعدن، بالإضافة إلى منفاخ معدني لضمان الحفاظ على الفراغ في المنطقة الحلقية بين الأنبوبين. يتم الحفاظ على مستوى فراغ يبلغ حوالي 0.013 باسكال داخل HCE لتقليل فقدان الحرارة الناتج عن الحمل الحراري داخل الحلقة [13].

2.6.II. العاكس:

تتميز عاكسات أنظمة PTC بقدرة عالية على الانعكاس المرآوي (تزيد عن 88%)، مما يسمح لها بعكس أكبر كمية ممكنة من الإشعاع الشمسي. تصنع هذه العاكسات عادةً من زجاج عائم منخفض الحديد (بسمك حوالي 4 مم) يتمتع بنفاذية عالية لأشعة الشمس. يتم طلاء السطح الخلفي للزجاج بطبقة فضية مغطاة بطلاءات انتقائية لتعزيز متانتها وقدرتها على الانعكاس الشمسي. تعتبر المرايا الزجاجية المطلية بالفضة أكثر كفاءة من المرايا المصنوعة من الألمنيوم المصقول أو الأكريليك المعدني، حيث تصل نسبة الانعكاس الشمسي للمرايا الزجاجية إلى حوالي 0.93، بينما تبلغ 0.87 للمرايا المصنوعة من الألمنيوم المصقول [14].

يجب أن يلبي الهيكل الداعم للعاكس عدة متطلبات هيكلية، منها:

- **الصلابة:** يجب أن يكون الهيكل قويًا وقادرًا على الحفاظ على الدقة البصرية والهندسية في جميع الظروف، بما في ذلك تحمل وزن المجمع، تأثيرات الرياح، والتباينات الحرارية في البيئة المحيطة.
- **الوزن:** يفضل أن يكون الهيكل خفيف الوزن لتقليل تكاليف التصنيع والنقل.
- **القدرة على الحركة:** يجب أن يتمتع الهيكل بقدرة عالية على التتبع الزاوي الدقيق لضمان كفاءة النظام في ظل الظروف الجوية المختلفة.

3.6.II. سائل نقل الحرارة (HTF):

تستخدم أنظمة PTC سائل نقل الحرارة (HTF) الذي يتدفق عبر أنبوب الاستقبال لامتصاص ونقل الطاقة الحرارية الشمسية إلى وحدة التخزين. يعتمد اختيار نوع السائل الحراري على درجة الحرارة المطلوبة ونوع تقنيات التخزين المستخدمة. في أنظمة PTC، تُستخدم الزيوت الحرارية بشكل شائع كسائل نقل حرارة لدرجات حرارة تتجاوز 200 درجة مئوية. ومع ذلك، فإن استخدام الماء كسائل نقل حرارة قد يؤدي إلى زيادة الضغط داخل الأنابيب، مما يرفع تكاليف النظام. من بين السوائل الحرارية الشائعة الاستخدام في هذه الأنظمة مركبات مثل ثنائي فينيل أكسيد (المعروفة تجاريًا باسم Dowtherm و Therminol VP-1) والتي أثبتت كفاءتها واستقرارها الحراري [15].

7.II. مميزات المقطر الشمسي الاسطواني:

- تصميم اسطواني يسمح هذا التصميم بتوزيع متساوي للحرارة الشمسية على سطح المقطر.
- تجميع الطاقة الشمسية يستخدم المقطر الشمسي الاسطواني مرايا لتجميع الطاقة الشمسية وتركيزها على سطح المقطر.
- تقطير المياه يعتمد المقطر الشمسي الاسطواني على عملية التقطير حيث يتم تسخين المياه بفعل الطاقة الشمسية.

8.II. استخدامات المقطر الشمسي الاسطواني PTC:

- ❖ توفير المياه النقية يمكن استخدام المقطر الشمسي الاسطواني لتوفير مياه نقية في المناطق النائية او حيث لا تتوفر مياه نقية.
- ❖ تقطير المياه في المناطق الجافة يمكن استخدام المقطر الشمسي الاسطواني لتقطير المياه في المناطق الجافة.
- ❖ توفير مياه نقية في المجالات الطبية يمكن استخدام المقطر الشمسي الاسطواني لتوفير مياه نقية في المجالات الطبية.

9.II. الخاتمة:

تُعد أنظمة تركيز الطاقة الشمسية باستخدام المرايا الأسطوانية القطعية (PTC) واحدة من أهم التقنيات المستخدمة في بناء محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية المركزة (CSP). تمثل هذه الأنظمة بديلاً واعدًا لتوليد الكهرباء مقارنة بالطرق التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري، والتي تسهم بشكل كبير في التدهور البيئي وتشكل تحديًا عالميًا يتطلب حلولاً عاجلة لوقف الآثار السلبية الناتجة عنها. تتمثل هذه الآثار في تدهور صحة الإنسان واضطراب التوازن البيئي، مما يستدعي التحول نحو تقنيات أكثر استدامة.

ونظرًا لأهمية هذه الأنظمة، فقد حظيت باهتمام كبير من قبل الباحثين والمهندسين على مر السنين، حيث ركزت العديد من الدراسات على تحسين الكفاءة الضوئية والحرارية لأنظمة PTC. تم ذلك من خلال تقليل الفقد الضوئي والحراري، وتحسين التصميم الهندسي لتجنب العيوب الفنية، واختيار المواد ذات الخصائص الضوئية والحرارية المتفوقة. بالإضافة إلى ذلك، تم تطوير آليات فعالة للعزل الحراري لتعزيز أداء النظام. كل هذه الجهود تهدف إلى تحقيق توازن بين تحسين الأداء وتقليل تكاليف الإنشاء والصيانة، وهو ما سيتم استعراضه بالتفصيل في الفصل التالي.

قائمة مراجع الفصل الثاني

- [1] Kalogirou, S. A. (2013). Solar energy engineering: processes and systems, Academic Press.
- [2] Lipu, M. S. H. and T. Jamal (2013). "Techno-economic analysis of solar Concentrating power (CSP) in Bangladesh." Int. J. Adv. Renew. Energy Res 2(5):750-762.
- [3] Hallberg, M. and E. Hallme (2019). Introducing a central receiver system for industrial high-temperature process heat applications: A techno-economic case study of a large-scale CST plant system in a South African manganese sinter plant.
- [4] Blanco, M. and L. R. Santigosa (2016). Advances in concentrating solar thermal research and technology, Woodhead Publishing.
- [5] Akhbari, H., M. Bidi, et al. (2019). "Design and Fabrication of a Parabolic Trough Collector and Experimental Investigation of Wind Impact on Direct Steam Production in Tehran." Int. J. Mech. Ind. Eng. 13(2): 140-146.
- [6] Macedo-Valencia, J., J. Ramírez-Ávila, et al. (2014). "Design, construction and evaluation of parabolic trough collector as demonstrative prototype." Energy procedia 57: 989-998.
- [7] Sahoo, S. K. (2016). "Renewable and sustainable energy reviews solar photovoltaic energy progress in India: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 59: 927-939.
- [8] Abdulhamed, A. J., N. M. Adam, et al. (2018). "Review of solar parabolic-trough collector geometrical and thermal analyses, performance, and applications." Renewable and Sustainable Energy Reviews 91: 822-831.
- [9] منيرة ممي، دراسة وتحسين توجيه الضوء الشمسي، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الفيزياء، جامعة الوادي 2013.
- [10] Günther, M., M. Joemann, et al. (2011). "Parabolic trough technology." Advanced CSP teaching materials: 1-106.
- [11] Akhbari, H., M. Bidi, et al. (2019). "Design and Fabrication of a Parabolic Trough Collector and Experimental Investigation of Wind Impact on Direct Steam Production in Tehran." Int. J. Mech. Ind. Eng. 13(2): 140-146.
- [12] Hachicha, A. A. (2013). "Numerical modelling of a parabolic trough solar collector."

- [13] Sukhatme S.P. (2007) principles of thermal collection and storage. McGraw Hill ,New Delhi.
- [14] Mousazadeh ,H. ,Keyhani ,A. ,Javadi ,A. ,Mobli ,H. ,Abrinia ,K. and Sharifi , A. A review of principle and suntracking methods for maximizing solar systems output. Renewable and Sustainable Energy Reviews ,13 ,1800-1818 (2009).
- [15] Koussa ,M. ,Cheknane ,A. ,Hadji ,S. ,Haddadi ,M. and Noureddine ,S. , Measured and modelled improvement in solar energy yield from flat plate photovoltaic systems utilizing different tracking systems and under a range of environmental conditions. Applied Energy ,88, 5 ,1756-1771 (2011)

الفصل الثالث

الدراسة التجريبية

1.III. مقدمة:

يحتوي هذا الفصل على النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية التي أجريت لصناعة مقطرين شمسيين ذو ميل واحد أحدهما مقطر تقليدي والآخر محسن حيث تم تحسينه بتوصيله بالمكثف الاسطواني المكافئ، وكذلك يحتوي على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس، وسنقوم بمقارنة درجات الحرارة وكمية الماء المقطر الناتج من كلا المقطرين، والهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تحسين إنتاجية المقطر الشمسي، وسنترجم النتائج المتحصل عليها على شكل منحنيات ثم نحللها ونناقشها في هذا الفصل.

2.III. الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة:

أجريت التجربة على المقطرين شمسيين ذو ميل واحد على مستوى كلية علوم الدقيقة جامعة الوادي. تقع منطقة وادي سوف في الجنوب الشرقي من الجزائر وهي محاطة بستة ولايات كما مبينة في الشكل (II-1):

- الشمال: ولايات تبسة وخنشلة وبسكرة.
- الجنوب: ولاية ورقلة.
- الشرق: الحدود التونسية.
- الغرب: ولايتي المغير وتقرت.



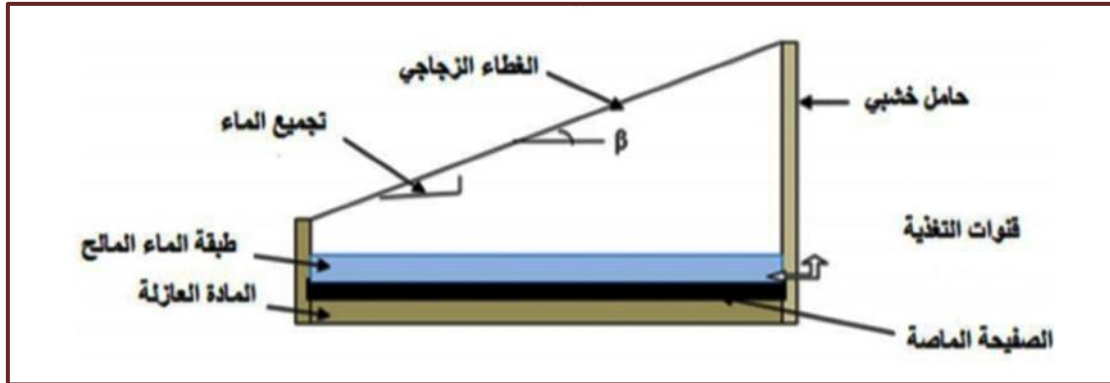
الشكل (III-1): الموقع الجغرافي لولاية الوادي.

وتقع فلكيا ضمن الإحداثيات التالية:

- خط طول: 6.84°
- خط عرض: 33.37°

3.III. المقطر الشمسي البسيط:

هو مقطر تقوم عليه الكثير من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة تركيبه وصيانته، وهو مقطر بسطح زجاجي واحد مائل بزاوية، كما هو موضح في الشكل (III-2).



الشكل (III-2): مقطر شمسي بسيط بميل واحد.

1.3.III. مكوناته:

المقطر الشمسي المستعمل في هذه التجربة هو المقطر ذو التركيب البسيط الذي به ميل واحد، يحتوي على المكونات التالية:

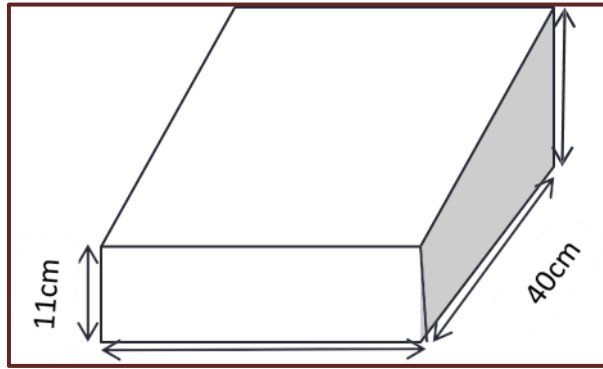
❖ الهيكل الخارجي (الصندوق):

وهو مصنوع من مادة عازلة (الخشب) تشمل كل أوجه المقطر ما عدا الجهة العلوية ويكون شكله كما هو موضح في الشكل (III-3) وقاعدته الداخلية تصنع من الحديد تم تظلي أوجهه الداخلية باللون الاسود وذلك كي يساعد على امتصاص اكبر للاشعة الشمسية كما في الشكل (III-4).

❖ أبعاد المقطر الشمسي:

ان المقطرين الشمسيين الذين استعملناهما في التجربة متماثلين لهما الابعاد التالية:

- الطول: 55 cm
- العرض: 40 cm
- مساحة الحوض: 220 cm²
- السمك: 0.5 cm
- الارتفاع الامامي: 11 cm
- الارتفاع الخلفي: 37 cm
- زاوية الميل: 33°



الشكل (III-3): رسم تخطيطي للهيكل الخارجي.



الشكل (III-4): طلاء المقطرين.

❖ الغطاء الزجاجي:

وهو من الزجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف ذو قرينة انكسار معلومة كما له الخصائص الهندسية والضوئية المعروفة، التي تسمح بمرور أكبر كمية من الأشعة الضوئية وله الأبعاد التالية.

- الطول: 59 cm
- العرض: 50 cm
- السمك: 3 mm

❖ أنبوب تجميع المياه:

هو عبارة على أنبوب بلاستيكي قطره 2.5 cm، مصنوع من البلاستيك، وهو مثقوب طوليا كي يسمح بدخول جزء من الزجاج فيه وكذلك لتنزل به قطرات الماء المتكاثفة على مستوى كامل الأنبوب ثم تتجمع فيه وتعبّر نحو إناء خاص لتجميع الماء المقطر، يثبت هذا الأنبوب في الجهة الأمامية للمقطر كما هو موضح في الشكل (III-5).



الشكل (III-5): تثبيت انبوب تجميع المياه.

❖ تجميع مكونات المقطر:

بعد طلاء الواجهة الداخلية للمقطر وتثبيت انبوب تجميع المياه، نقوم بوضع الغطاء الزجاجي على الواجهة العلوية للمقطر، فأصبح شكله كما في الشكل (III-6).



الشكل (III-6): صورة للمقطر الشمسي.

4.III. القطع المكافئ:

بعد استكشاف ومعاينة مختلف المواد المطلوبة للتصنيع والمتواجدة في السوق المحلي، تم اختبار مدى صلاحية وفعالية هذه المواد، ومن ثم قمنا بتصنيع نموذج PTC، والذي يتكون من الوحدة الميكانيكية (إطار الدعم المعدني)، وقاعدة التثبيت على سطح الأرض، و السطح العاكس الاسطواني القطع مكافئ، وعنصر تجميع الحرارة HCE، ونظام التتبع الشمسي والتحكم في التوجيه. وهذا من اجل تسخين الماء المار في الانبوب النحاس كما يوضح الشكل (III-7). وله الابعاد التالية:

- الطول: 120 cm
- العرض: 50 cm
- الارتفاع: 12.50 cm
- البعد البؤري: 16 cm



الشكل(III-7): القطع المكافئ.

5.III. أجهزة القياس المستعملة في التجربة:

1.5.III. جهاز متعدد القياسات:

يلعب هذا الجهاز دور الفولط متر والامبير متر والاووم متر، وكذلك نستطيع من خلاله قياس درجة الحرارة والى غير ذلك من المهام وله عدة أشكال منها الشكل (III-8).



الشكل(III-8): جهاز متعدد القياسات.

2.5.III. جهاز بيرانومتر:

هو عبارة عن جهاز يستعمل لقياس شدة الاشعاع الشمسي وهو موضح في الشكل (III-9).



الشكل (9-III): جهاز بيرانومتر.

3.5.III. جهاز الـ PH متر:

جهاز يستعمل لقياس درجة الحموضة (PH) للمحاليل المائية، له عدة أشكال منها الشكل (10-III).



الشكل (10-III): جهاز الـ PH متر.

4.5.III. جهاز قياس الناقلية الكهربائية:

جهاز يستعمل لقياس الناقلية الكهربائية للمحاليل، كما هو موضح في الشكل (11-III).



الشكل (11-III): جهاز قياس الناقلية الكهربائية.

III.5.5. الأنبوب المدرج:

استعملناه لقياس كمية الماء المقطر المتحصل عليه اثناء عملية التقطير، له عدة أحجام، اما نحن استعملنا هذا الحجم المبين في الشكل (III-12).



الشكل (III-12): الانبوب المدرج.

III.6.5. جهاز قياس سرعة الرياح:

استعملناه لقياس سرعة الرياح. كما هو موضح في الشكل (III-13).



الشكل (III-13): جهاز قياس سرعة الرياح.

6.III. الخطوات التجريبية:

❖ التجربة:

الهدف من التجربة هو معرفة مدى تأثير دمج القطع المكافئ مع المقطر الشمسي لتحسين مردود المقطر الشمسي.

❖ الأدوات التجريبية:

ماء مالح، مقطر شمسي تقليدي، مقطر شمسي محسن، قطع مكافئ، قارورتين ماء فارغتين، كأس، أنبوب مدرج، جهاز قياس درجة الحرارة الترموكوبل، PH متر، جهاز قياس الناقلية، جهاز قياس سرعة الرياح. المدة الزمنية اللازمة للتجربة يوم واحد.

❖ البروتوكول التجريبي (مراحل التحضير للتجربة):

- نضع المقطرين بنفس الكيفية وفي نفس الجهة نحو الجنوب، ونتحقق انهما في مستوى واحد أي على استقامة واحدة.
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الغبار والأتربة.
- نربط الأنبوب بين المقطر والقطع المكافئ في موضعها وبشكل محكم. نضع اللواقط الحرارية على الزجاج الداخلي وفي ماء الحوض للمقطرين، وفي الماء الداخل والماء الخارج من المقطرين.
- نضع الغطاء الزجاجي على المقطرين.
- نسد المقطرين والقطع مكافئ جيدا لمنع التسربات الحرارية باستعمال الشريط اللاصق ومادة السيلكون.
- بدأنا التجربة عند الساعة 08:00 كما في الشكل (III-14).
- نقيس ونسجل درجة حرارة الماء داخل حوض المقطر التقليدي وحوض المقطر المحسن، ودرجة حرارة الزجاج الداخلي لهما، ودرجة حرارة أنبوب النحاس للقطع مكافئ، ودرجة حرارة الماء قبل وبعد دخوله للمقطر المحسن، وكمية الماء المقطر الناتجة كل ساعة من المقطر التقليدي والمقطر المحسن.
- بعد قياس كمية الماء المنتجة في كأس، نضع مسرى جهاز الـ PH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة الـ PH للماء المقطر ومقارنته مع PH الماء المالح.
- نقيس الناقلية الكهربائية للماء المقطر الناتج ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.
- اكملنا التجربة حتى الساعة 19:00 مساء.



الشكل (III-14): صورة للتجربة.

7.III. النتائج التجريبية:

لقد قمنا بالتجربة يوم الأحد 28/04/2025، على مستوى كلية العلوم الدقيقة، بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (III-1) التالي.

الجدول (III-1): الأحوال الجوية للتجربة.

05:47	شروق الشمس
19:13	غروب الشمس
39°C - 16°C	درجة حرارة الجو
34 %	الرطوبة
0.8-1.6 m/s	الرياح

تم أيضا قياس الـ PH والناقلية الكهربائية للماء المستعمل في التجربة وكذلك الماء المقطر الناتج ومقارنتها ببعضهما كما هو موضح في الجدول (III-2).

الجدول (III-2): نتائج تحليل للماء المستعمل.

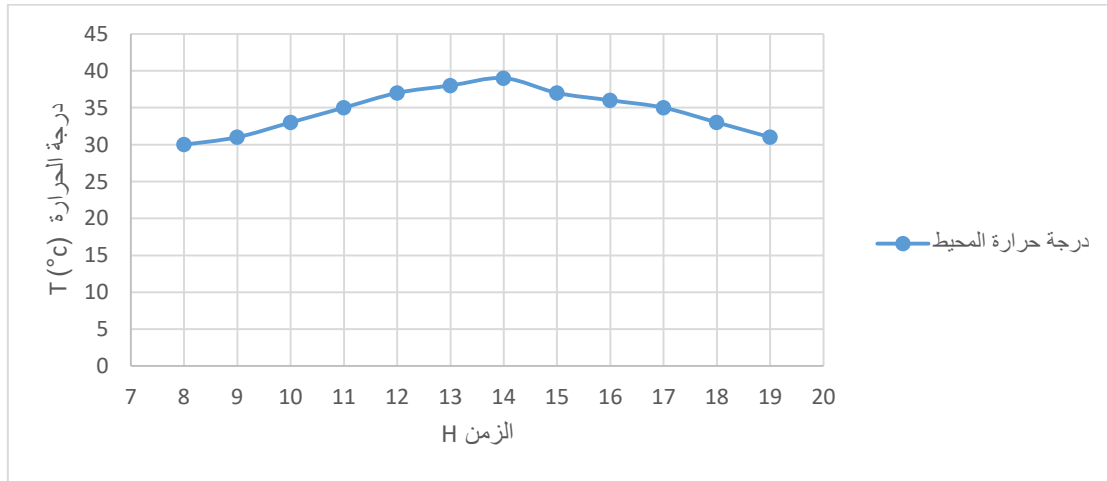
الماء المقطر	الماء المالح
PH = 7	PH = 6.5
$\sigma = 47 \mu\text{s/cm}$	$\sigma = 4720 \mu\text{s/cm}$

لقد أعطت هذه التجربة نتائج مهمة حيث لاحظنا أن هناك فارق ملحوظ في كمية الماء الناتج عن المقطر المحسن بالمقارنة مع المقطر التقليدي وكذلك درجات الحرارة داخل الماء الموجود في حوضي المقطرين، وكذلك بين درجة حرارة الماء الداخل إلى المقطر المحسن والخارج منه، ولهذا وجب علينا تحليل ومناقشة هذه النتائج.

8.III. تحليل ومناقشة النتائج:

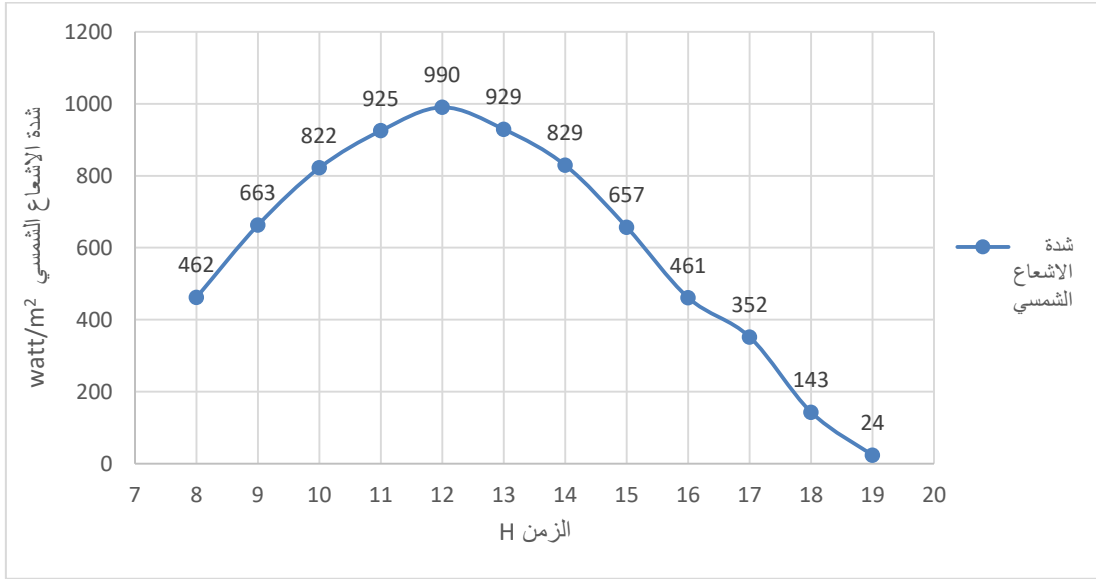
1.8.III. تطور شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الجو:

يوضح الشكل (III-15) التغير في درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن، حيث نسجل تزايد في درجة الحرارة بعد الثامنة صباحا لتبلغ قيمتها القصوى عند الساعة 14:00 والتي تقدر بـ (39 °C). وهاذا يعود الى صحو السماء ونقص سرعة الرياح حيث تقدر بـ (0.8 m/s) في ذلك الوقت، ثم تتناقص تدريجيا الى ان تصل الى (31 °C) عند نهاية التجربة على الساعة 19:00.



الشكل(III-15): التغير في درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن.

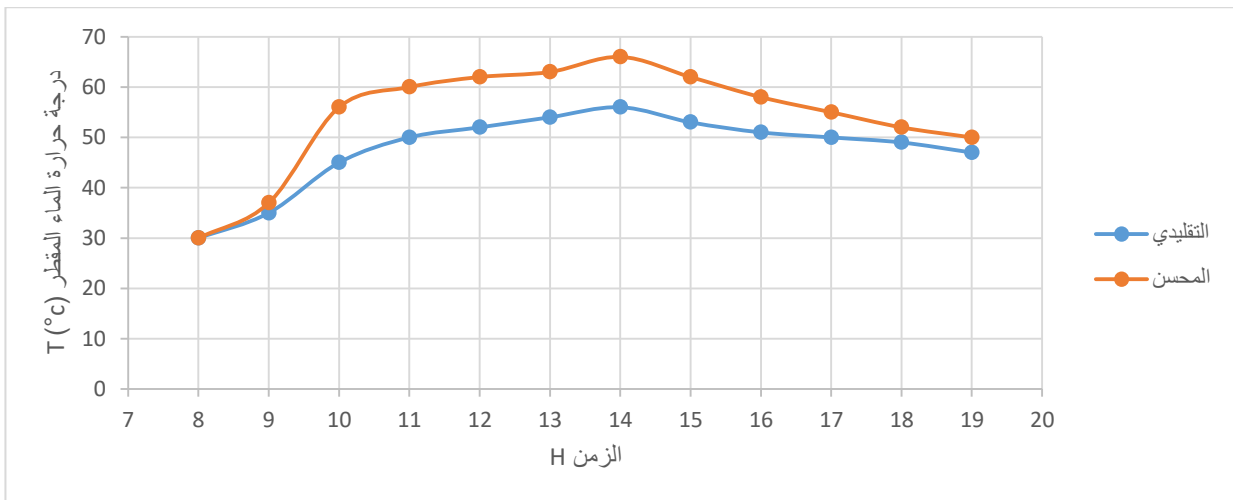
أما شدة الإشعاع الشمسي فتصل الى قيمتها القصوى عند منتصف النهار (990 watt/m^2) ثم تتناقص تدريجيا الى ان تصل عند زمن نهاية التجربة الى (24 watt/m^2) وهاذا ما يوضحه الشكل (III-16).



الشكل (III-16): التغير في قيمة شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

III.2.8. تطور درجة حرارة الماء:

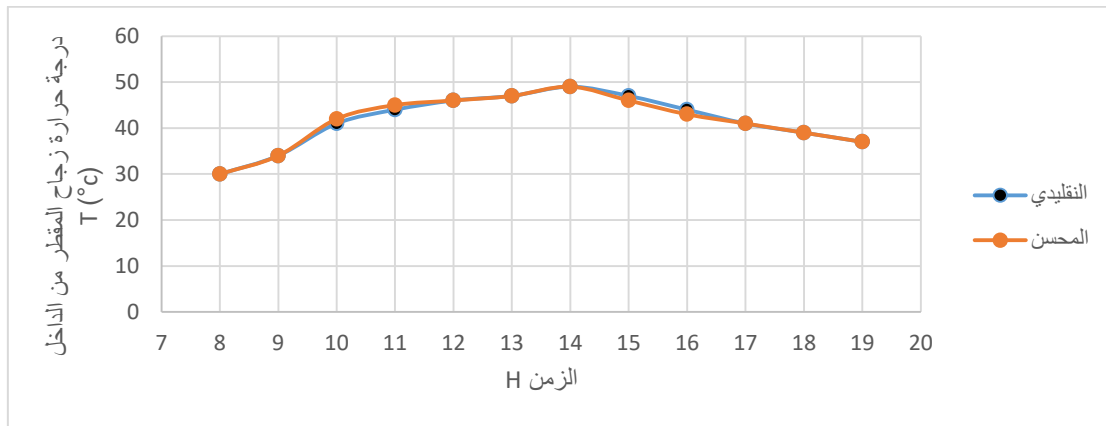
يوضح الشكل (III-17) التغير في درجة حرارة الماء داخل حوض المقطر التقليدي والمقطر المحسن بدلالة الزمن، حيث نلاحظ ان لهما نفس درجة الحرارة في بداية التجربة عند الساعة 8:00، ثم تبدأ في الزيادة تدريجياً حتى تبلغ القيمة القصوى عند الساعة 14:00 والتي تقدر ب(66 °C) بالنسبة للمقطر المحسن، والقيمة (56 °C) بالنسبة للمقطر التقليدي، ويعود هذا الفارق الكبير في درجة حرارة الماء الموجود في المقطرين الى دخول الماء الساخن الى المقطر المحسن، وهو الماء الاتي من المكثف الاسطواني المكافئ الذي ارتفعت درجة حرارة الانبوب النحاسي بسبب ارتفاع شدة الإشعاع الشمسي والتي وصلت عند منتصف النهار الى (990 watt/m²) كما هو موضح في الشكل (III-16)، وبعد انخفاض شدة الإشعاع الشمسي تنخفض معه ايضا درجة حرارة الماء في الحوضين، الى ان تصل في نهاية التجربة الى (50 °C) في المقطر المحسن و(47 °C) في المقطر التقليدي.



الشكل (III-17): التغير في درجة حرارة الماء المالح.

III.3.8. تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي:

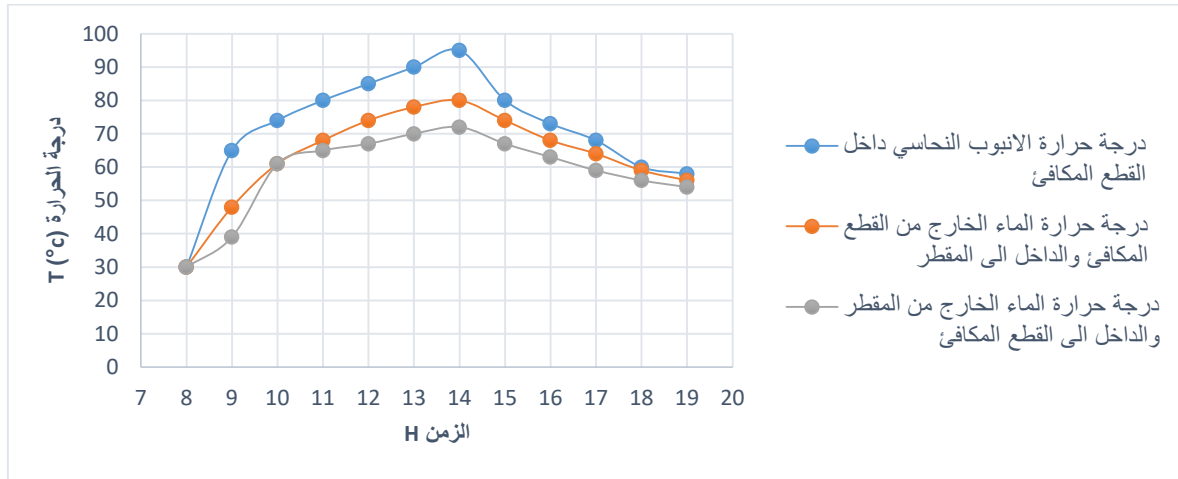
يوضح الشكل (III-18) التغير في درجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطر التقليدي والمقطر المحسن بدلالة الزمن، فنلاحظ ان درجة الحرارة الابتدائية هي نفسها درجة حرارة المحيط، ثم تبدأ في الزيادة تدريجيا حتى تبلغ أقصاها عند الساعة 14:00 والتي قدرت بـ (49 °C) بالنسبة للمقطرين، ومن ثم تبدأ بالتناقص حتى نهاية التجربة، ومن خلال المنحنى نلاحظ أيضا وجود تطابق بينهما، وبالمقارنة هذا المنحنى السابق في الشكل (III-17) نلاحظ ان درجة الزجاج الداخلي دائما اقل من درجة حرارة الماء، وهذا هو السبب الذي يجعل بحار الماء يتكثف عند ملامسته للزجاج، ومن العوامل الاساسية والمهمة التي لاحظناها بحيث تجعل درجة حرارة الزجاج تنخفض أكثر هو زيادة سرعة الرياح.



الشكل (III-18): التغير في درجة حرارة الزجاج من الداخل بدلالة الزمن.

III.4.8. تطور درجة حرارة القطع مكافئ والماء الداخل والخارج من المقطر المحسن:

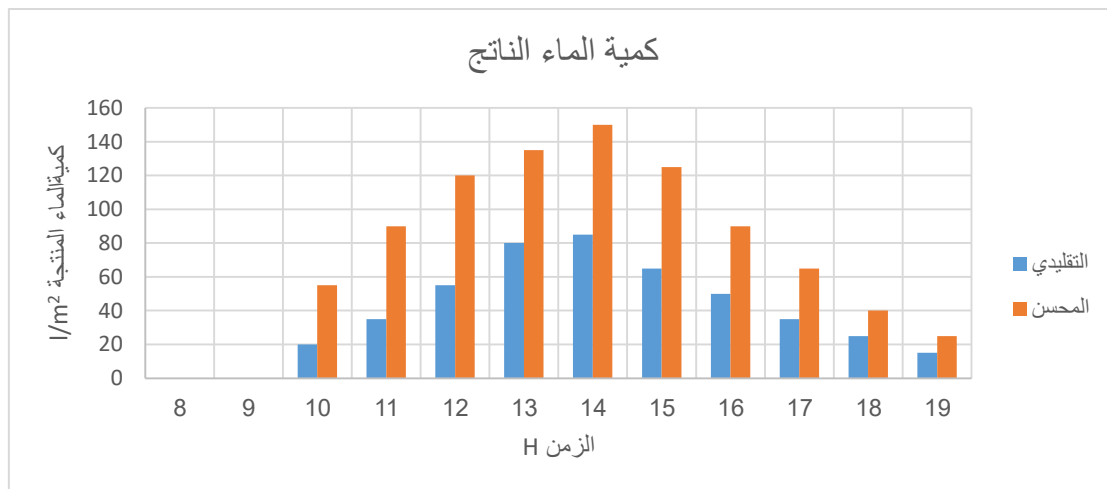
ان الشكل (III-19) يبين تطور درجة الحرارة لأنبوب النحاس الموجودة في القطع مكافئ، ودرجات الحرارة للماء الداخل والخارج من المقطر المحسن، بحيث نلاحظ أن درجات الحرارة متساوية عند بداية التجربة وهي نفسها درجة حرارة المحيط، ثم تبدأ في الارتفاع تدريجيا بحيث تكون الزيادة سريعة بالنسبة لأنبوب النحاس لمكثف الاسطواني المكافئ لأنها تتكون من معدن موصل جيد للحرارة وكذلك ماص جيد للإشعاع الشمسي بسبب طلاءه باللون الأسود، وهذا ما يجعل درجة حرارة أنبوب النحاس تصل إلى (95 °C) عند الساعة 14:00، ثم تتناقص تدريجيا بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي، أما بالنسبة للماء الداخل إلى المقطر المحسن فنلاحظ أن درجة حرارته دائما أكبر من الماء الخارج وهذا طبيعي جدا لأن الماء الداخل فهو آت من القطع مكافئ الذي درجة حرارة أنبوبه النحاسي مرتفعة، ثم تنخفض درجات الحرارة وتتقارب قيمها عند نهاية التجربة.



الشكل (III-19): تطور درجة حرارة القطع المكافئ والماء الداخل والخرج من المقطر المحسن.

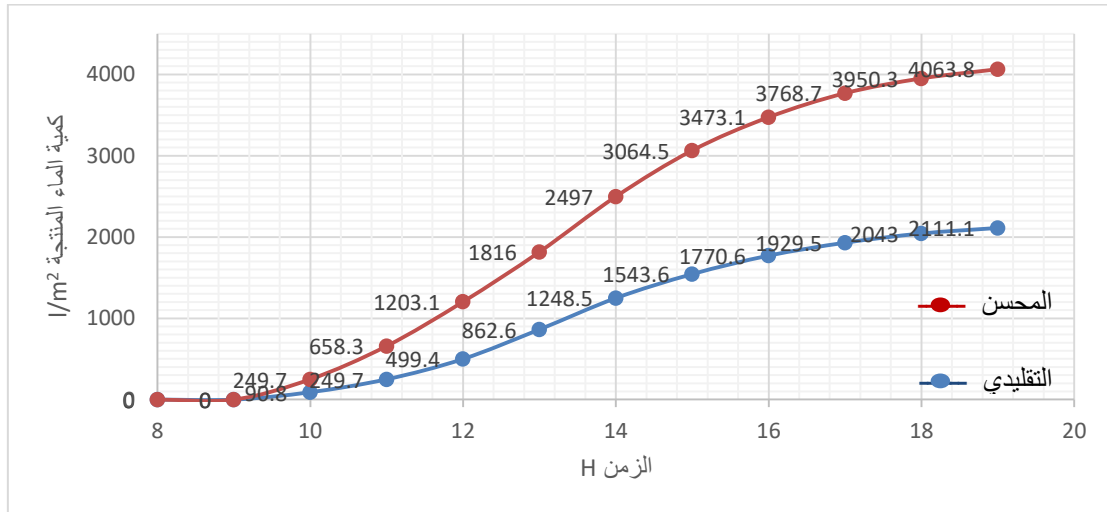
III.5.8. تطور كمية الماء:

يوضح الشكل (III-20) المدرج التكراري لكمية الماء المنتجة خلال كل ساعة من المقطر التقليدي والمقطر المحسن اثناء التجربة، فنلاحظ انه عند الساعة 08:00 حتى ساعة 09:00 لا يوجد ماء مقطر ناتج من المقطرين ثم تتزايد الكمية المنتجة تدريجيا كل ساعة بسبب الارتفاع التدريجي لدرجة حرارة المحيط، كما نلاحظ الاختلاف الكبير في كمية الماء المقطر الناتج بين المقطرين، ويعود هذا الى عملية التحسين المتمثل في دمج المكثف الاسطواني المكافئ مع المقطر، ومنه نستطيع ان نقول هذه الطريقة مهمة جدا في تحسين مردود المقطر.



الشكل (III-20): مدرج تكراري يبين كمية الماء المنتجة خلال كل ساعة.

ويوضح الشكل (III-21) كمية الماء الكلية المتحصل عليها في المقطر التقليدي وفي المقطر المحسن بعد كل ساعة، بحيث نلاحظ تزايد سريع لكمية الماء المنتجة في المقطر المحسن بالمقارنة مع المقطر التقليدي، حيث بلغت عند نهاية التجربة 4.06 L في المقطر المحسن بينما في المقطر التقليدي 2.11 L بفارق 1.95 L، وهو ما يدل على نجاح استعمال المقطر المحسن في عملية التقطير.



الشكل (III-21): التغير في كمية الماء المنتجة بدلالة الزمن.

9.III. خاتمة:

لقد وضحنا في بداية هذا الفصل كيفية صناعة المقطر البسيط وكذلك صناعة القطع مكافئ، ثم شرحنا دمج القطع مكافئ مع المقطر الشمسي لصناعة المقطر المحسن، وكذلك كيفية إجراء تجربة التقطير باستعمال المقطر التقليدي ثم بالمقطر المحسن، وقمنا بتحليل ومناقشة النتائج المتحصل عليها من هذه التجربة، وخلصت النتائج إلى مايلي:

- كمية الماء المقطر اليومية الناتجة من المقطر التقليدي 2.11 L/m^2 .

- كمية الماء المقطر اليومية الناتجة من المقطر المحسن 4.06 L/m^2 .

من خلال هذه النتائج نستطيع القول ان المكثف الاسطوانى المكافئ مع المقطر الشمسي يعتبر الحل الامثل لتحسين عملية التقطير الشمسي.

الخاتمة العامة

خاتمة عامة

يُعد التقطير أحد الحلول الفعالة لمواجهة مشكلة ندرة المياه الصالحة للشرب، وهي مشكلة متفاقمة تهدد العديد من دول العالم. ومن بين تقنيات التقطير، يبرز التقطير الشمسي كخيار بسيط وغير مكلف، يعتمد على استغلال الطاقة الشمسية لتحويل المياه المالحة إلى مياه نقية.

وقد تم تطوير عدة أنواع من المقطرات الشمسية، من بينها: المقطر الشمسي بميل واحد، والمقطر بميلين، والمقطر الكروي، والمقطر العمودي وغيرها، وجميعها تعتمد على نفس مبدأ المقطر الشمسي البسيط الذي يعمل بميل واحد.

لتقييم أداء هذه المقطرات، تُستخدم مجموعة من المؤشرات كالمردود الكلي، وكفاءة الأداء، وفعالية التقطير، وغيرها. وتتأثر مردودية هذه المقطرات بعدة عوامل داخلية وخارجية؛ من أبرز العوامل الخارجية: شدة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح، أما العوامل الداخلية فتشمل زاوية ميل الغطاء الزجاجي، وعمق الماء، وخصائص الغطاء الزجاجي.

وفي سبيل إيجاد حل عملي لمشكلة نقص المياه في صحراء الجزائر، قمنا بتصميم مقطر شمسي تقليدي وآخر محسن، يتميز الأخير بدمجه مع سخان شمسي على شكل مكثف اسطواني مكافئ يعمل على تسخين المياه قبل دخولها إلى المقطر، مما يرفع من كمية البخار المتولد وبالتالي من كمية المياه المقطرة الناتجة.

بعد تنفيذ التجربة ومقارنة الأداء بين المقطر التقليدي والمقطر المحسن من حيث درجات الحرارة وكميات المياه الناتجة خلال اليوم، تبين أن:

- الماء المقطر الناتج عن المقطر التقليدي خلال اليوم 2.11 L/m^2 .
- الماء المقطر الناتج عن المقطر المحسن خلال اليوم 4.06 L/m^2 .

ومنه نستنتج ان مردود التحسين في انتاجية المياه المقطره عند المقطر المحسن %92.41 مقارنة بالمقطر التقليدي.

وقد أثبتت هذه التجربة نجاحها، إذ تمكنا من تحسين مردود التقطير الشمسي بشكل ملحوظ. ورغم هذا النجاح، لا تزال طموحاتنا تتجه نحو تطوير أكبر، مثل استخدام أنواع مختلفة من المكثف الاسطواني المكافئ، أو إدماج مضخة تعمل بالطاقة الشمسية لتسريع حركة المياه، وذلك بهدف رفع فعالية التقطير بشكل أكبر وتوفير كميات أوفر من المياه الصالحة للشرب في المناطق التي تعاني من شحها.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الملخص

في هذه المذكرة تم اجراء دراسة تجريبية وهذا بدمج المركز الشمسي الاسطواني ذو القطع المكافئ مع المقطر الشمسي البسيط أحادي الميل بهدف تحسين الإنتاجية. حيث ان المركز الشمسي الاسطواني ذو القطع مكافئ يقوم بتسخين مياه حوض المقطر وبالتالي تسريع عملية تبخر الماء. أظهرت نتائج البحث التجريبية المنجزة أن دمج المركز الشمسي ذو القطع المكافئ مع المقطر الشمسي تؤدي الى تحسين في إنتاجيته خلال ساعات النهار. كما بينت النتائج المتحصل عليها ان كمية الماء المقطر الناتج من المقطر المحسن اكبر من كمية الماء المقطر الناتج من المقطر الشاهد حيث بلغت كمية الماء المقطر الكلية الناتجة من المقطر المحسن خلال اليوم 4.06 لتر/م^2 مقارنة بالمقطر الشاهد التي بلغت 2.11 لتر/م^2 وهذا ناتج عن الطاقة الحرارية المقدمة من قبل المركز الشمسي الاسطواني.

الكلمات المفتاحية: المركز الاسطواني ذو القطع المكافئ، مقطر الشمسي البسيط، الماء المقطر، الاشعاع الشمسي.

Abstract

In this thesis, an experimental study was conducted by combining a parabolic cylindrical solar concentrator with a simple single-slope solar still to improve productivity. The parabolic cylindrical solar concentrator heats the water basin, thus accelerating the evaporation process. The experimental results showed that combining the parabolic cylindrical solar concentrator with the solar still leads to an improvement in its productivity during daylight hours. The results also showed that the amount of distilled water produced by the improved still was greater than the amount of distilled water produced by the reference still, as the total amount of distilled water produced by the improved still during the day reached 4.06 L/m^2 compared to the reference still, which reached 2.11 L/m^2 . This is due to the thermal energy provided by the parabolic cylindrical solar concentrator.

Keywords: Parabolic cylindrical solar concentrator, simple solar still, distilled water, solar radiation.