الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاعات وطاقة

من إعداد: مريم حميدي

الموضوع

إنتاج الطاقة الكهربائية باستعمال المدخنة الشمسية

نوقشت: 20 /2019/06

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

السعيد محلو	**أستاذ مساعد ـ أ ـ**	رئيسا
عبد القادر اللبي	**أستاذ محاضر ـ ب ـ**	مناقشا
محمد الصالح مفتاح	**أستاذ مساعد ـ أ ـ**	مؤطرا

الموسم الجامعي 2019/2018

الإهداء :

أهدي ثمر هذا العمل إلى من اقترن اسمهما

باسم الجلالة والدي الكريمين .

أبي على تحفيزه الدائم وأمي الغالية .

وإلى كل أفراد أسرتي سندي في دنيا .

وإلى كل الاصدقاء والزملاء .

مريم .ح

التشكرات :

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله، بداية

نشكر الله تعالى أن وفقنا لإعداد هذه المذكرة

كما نتقدم بالشكر إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد

في إنجاز هذا العمل وتذليل الصعوبات، وأخص

الذكر الاستاذ المشرف **محمد الصالح مفتاح** على العمل الذي قدمه، وفائق

الشكر للجنة المناقشة أستاذ **محلو السعيد** وأستاذ **اللبي عبد القادر** وكل

أساتذة كلية العلوم الدقيقة .

مريم ح

فهرس المحتويات

الاهداء	I
التشكرات	II
فهرس المحتويات	III
فهرس الاشكال	V
فهرس الجداول	VII
فهرس الرموز	VIII
مقدمة عامة	01
الفصل الاول :بحث مكتبي على مختلف المداخن الشمسية	
1- 1 مقدمة	04
1- 2 تعريف المداخن الشمسية	04
1- 3 تاريخ المداخن الشمسية	04
1- 4 مكونات هيكل المدخنة الشمسية	05
1-4 -1 المجمع	05
1-4-2 التربينات	06
1- 4-3 المدخنة	08
1-5 مبدأ عمل المدخنة الشمسية	09
1-6 الظواهر المتحكمة في المدخنة الشمسية	09
1-7 التخزين الحراري	10
1-8 السلبيات والايجابيات المدخنة الشمسية	10
1-8-1 السلبيات	10
1-8-2 الايجابيات	10
1-9 المشاريع الأولية وتطورات الأخيرة	11
1-10 المشاريع و نماذج المدخنة الشمسية	11
1-10 -1- نموذج مانازاريس	11
1-10-2 محطة الطاقة الشمسية في مصر	12
1-10-3 نموذج تونس	13
1-10-4 نموذج المدخنة الشمسية العائمة	14
1-10-5 المدخنة الشمسية في بوتسوانا	14
1-10-6 نموذج ايران	15
1-10-7 نموذج استراليا	15
1-10-8 مدخنة شمسية في تايلند	16
1-10-9 نموذج الصين	16
1-10-10 جبال الطاقة الشمسية ELIOTH	17
1-10-11 المدخنة الشمسية في اسبانيا	18
1-11 الخاتمة	18
مراجع الفصل الأول	19

الفصل الثاني :التحليل الرياضي للمدخن الشمسية

2-1 المقدمة 22
2-2 الافتراضات المعتمدة في نموذج التحليلي الرياضي 22
2-3 النموذج الرياضي للمدخنة الشمسية 23
2-3-1 الكفاءة الكلية للمدخنة الشمسية 23
2-3-2 المجمع 23
2-3-3 المدخنة (البرج) 25
2-3-4 التربينات 26
2 -4- معادلة التوازن الطاقة 26
2-4-1 معادلات التوازن الحراري 27
2-5 الخاتمة 28
مراجع الفصل الثاني 29

الفصل الثالث : التجربة ومناقشة النتائج

3- 1 المقدمة 31
3 -2 - موقع وخصائص منطقة الدراسة (الوادي) 31
3 -3- هدف من اختيار منطقة الدراسة 31
3 -4 الهدف من الدراسة 31
3-5- الابعاد الهندسية لنموذج التجريبي 32
3 -6 خصائص مواد المستعملة في نموذج التجريبي للمدخنة الشمسية 34
3-7 - اجهزة القياس المستعملة في التجربة 34
3-7- 1- جهاز قياس الاشعاع الشمسي 34
3-7 2 المولد الكهربائي 35
3 -7-3جهاز الانومومتر 36
3-7-4 جهاز التارموكوبل 36
3-7- 5 لاقط الحرارة 36
3-7-6 لوح الاوردينو 37
3-7-7 دينامومتر 38
3-8 البرامج المستعملة 38
3-8-1 برنامج الاوروجين 38
3-8 2 برنامج الماطلاب 38
3-8 -3 برنامج الاردوينو 39
3-9 الظروف الجوية التي تمت فيها التجربة 40
3-10التجربة (3,4,5/ماي/ 2019) 41
3-11النتائج التجريبية 42
3-11-1تأثير درجة حرارة الجو والإشعاع الشمسي على كمية الكهرباء المنتجة 42
3-11-2 تأثير ارتفاع المدخنة وقطر المجمع على كمية الكهرباء المنتجة 43
3-11-3 توزيع درجات الحرارة 44

3-11-4 درجات الحرارة في غياب ووجود العازل الحراري 46
3-11-5- تأثير العزل الحراري على أنتاج الكهربائي 48
3-12 أهم استنتاجات 49
3-13 خاتمة 49
مراجع الفصل الثالث 50
الخاتمة العامة 52

فهرس الأشكال

ترتيب الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الاول	
(1-1)	رسم تخطيطي لأحد اشكال المدخنة الشمسية	04
(2-1)	صورة توضح المجمع في مدخنة الشمسية	06
(3-1)	بصورة تبين تتربين مدخنة الشمسية ذات قطر كبير	07
(4-1)	صورة تبين تربينات عمودية	07
(5-1)	صورة تبين تربينات افقية	07
(6-1)	صورة تبين المدخنة (برج شمسي)	08
(7-1)	يبين المدخنة القائمة بذاتها	09
(8-1)	المدخنة المدببة	09
(9-1)	المدخنة الشمسية كما تصورها Leonardo da Vinci	11
(10-1)	صورة توضح نموذج منازناريس	12
(11-1)	صورة تبين مدخنة الشمسية في مصر	13
(12-1)	صورة يبين نموذج تونس للمدخنة الشمسية	13
(13 -1)	يظهر مدخنة شمسية عائمة	14
(14 -1)	نموذج المدخنة الشمسية في ايران	15
(15 -1)	نمودج المدخنة الشمسية في الصين	17
(16-1)	جبال الطاقة الشمسية	17
	الفصل الثاني	
(**1** -2)	الشكل يمثل رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية	22
(2-2)	رسم تخطيطي لمختلف التبادلات الطاقوية في المجمع	23
	الفصل الثالث	
(1-3)	منحنى توزيع استهلاك الكهرباء السنوي في ولاية الوادي بالجزائر	32
(2-3)	صورة تبين نموذج التجريبي للمدخنة الشمسية في ولاية الوادي	23
(3- 3)	صورة تبين جهاز قياس الاشعاع الشمسي	35
(4-3)	صورة تبين المولد الكهربائي	35
(5-3)	صورة تبين جهاز لقياس سرعة الهواء	36
(6-3)	صورة جهاز التارموكوبل	36
(7 -3)	صورة تبين لاقط الحرارة	37
(8 - 3)	يبين صورة لوح الاردوينو	37
(9 -3)	صورة يبن برنامج الاوروجين	38
(10 - 3)	صورة تبين برنامج الماطلاب	39
(11 - 3)	صورة تبين البيئة التطويرية في الاردوينو	39
(12-3)	مخطط برنامج العمل مخصص لقياس درجة الحرارة بالاردوينو	40

(13-3)	كيفية القياس بالاردوينو لقياس درجة الحرارة	40
(14-3)	صورة تبين المدخنة الشمسية لاستعمال الكهرباء	41
(15-3)	منحنى تغيرات الناتج الكهربائي بدلالة حرارة الجو وإشعاع الشمسي	42
(16-3)	منحنى تغيرات الانتاج الكهربائي بدلالة ارتفاع المدخنة وقطر المجمع	43
3 -17)	توزيع درجات الحرارة على المدخنة في غياب عازل حراري أسفل المجمع	45
(18-3)	**:**توزيع درجات الحرارة على المدخنة في وجود عازل حراري أسفل المجمع	45
(19-3)	منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن في غياب العازل الحراري	46
(20-3):	منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن في وجود العازل الحراري	46
(21-3)	منحنى تغيرات الاستطاعة الكهربائية بدلالة درجة حرارة الجو في وجود وغياب حراري أسفل المجمع	48

فهرس الجداول

ترتيب الجدول	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الاول	
(1-1)	يوضح الأبعاد التصميم لنموذج مانزاناريس	12
(2-1)	بيانات فنية للنمودج الاولي الاسترالي	16
	الفصل الثالث	
(1-3)	قياسات الهندسية لنموذج المدخنة الشمسية لولاية الوادي	33
(2-3)	المواد المستعملة في مدخنة الشمسية وخصائصها	34

فهرس الرموز

الرمز العادي	التعريف	الوحدة
A	المساحة	m^2
G	الاشعاع الشمسي	W/m^2
$\dot{Q}$	كمية الحرارة	W
c_{p}	الحرارة النوعية	$J/\mathrm{kg\ k}$
P	الاستطاعة	W
ΔT	الفرق في درجة حرارة	K
h	معامل انتقال الحمل الحراري	$\mathrm{W/\ k\ m^2}$
F_R	معامل الازالة الحراري	
F''	كفاءة المجمع	
H	الارتفاع	m
V	السرعة	m/s
T	درجة الحرارة	K
P	الكتلة الحجمية	kg/m^3
g	الجاذبية	m/s^2
P	الضغط	P_{a}
ΔP	فرق الضغط	P_{a}
E	الطاقة	J
R	نصف القطر	m
$\dot{m}$	معدل تدفق الكتلة	kg/s

رمز الدليل	التعريف
Coll	المجمع
Ch	المدخنة
Tur	التربين
Tot	الكلي
out	الخارج
in	الداخل
0	المحيط
air	الهواء
MAX	الأعظمي
Elec	الكهربائية
S	المخزنة
Sch	مخرج مدخنة
ecol	مدخل المجمع
amp	الجوية

الرمز الروماني	التعريف
τ	المردود
ρ	كثافة الهواء
$\tau\alpha$	معامل النفاذية والامتصاصية

المقدمة العامة

المقدمة العامة

مع التناقص الواضح في موارد الطاقة المتاحة تفاقما نتيجة لزيادة الكبيرة وكذلك الحاجة إلى الطاقة على نطاق عالمي، إضافة إلى ذلك فإن أساليب توليد الطاقة حاليا والتي تستخدم الفحم الحجري والنفط مضر للبيئة كما أنها مصادر غير متجددة ، لذلك كان من ضروري تطوير تقنيات تستفيد من موارد الطاقات المتجددة والنظيفة لحل هذه المشاكل، توفر محطة الطاقة ذات المدخنة الشمسية فرصة مناسبة لاستخدام مصادر نظيفة لا تلوث البيئة و صممت التقنية توليد الطاقة، المكونة من مجمع ومدخنة وتربين التي تسمح بتدفق الهواء والحرارة الذي يتحكم فيه الطاقة الشمسية كما يمكن تحويل الطاقة الحركية للهواء بتسييره عبر التربين وبتالي تنتج طاقة كهربائية [1].

لذلك فإن الطاقة الشمسية وطاقات المتجددة هي حل لتحديات الطاقة متزايد، فمن شأن هذه التكنولوجيا أن تساعد العديد من بلدان في تحسين مدا خيلها ولكونها أكثر أشكال طاقات وفرة وواسعة التوزيع، فإنها تشكل رصيد كبير للمناطق القاحلة وشبه قاحلة التي تمتلك الجزائر حوالي 85 % ، منها لهذا فإنها تعد البيئة المثالية لتنفيذ مثل هذه الانظمة الطاقوية [2].

حيث بدا تاريخ هذا مجال بتصميم أول نموذج تجريبي لمحطة الطاقة الشمسية من قبل schlaich ،وأقترح بناء هذا النموذج في منزناريس مدينة إسبانية وأكتمل بناء النموذج في عام 1982 واستمر لأكثر من 7 سنوات، حيث يبلغ ذروة إنتاج المصنع 50 كيلو واط ، وكان الهدف من هذا المشروع البحث والتحقق من خلال قياسات الميدانية للاداء متوقع من حسابات النظرية، حيث أن مصنع منزناريس حقق كفاءة في مجال الكهرباء واثبت الجدوى التقنية لتوليد القدرة الكهربائية باستخدام محطات توليد الطاقة شمسية، وأثبت أن المفهوم كان سليم من الناحية العلمية [3].

وقد تم إختيار الموضوع لعدة أسباب من بينها توفر الإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة، وإبراز ثرواتها والحصول على طريقة بديلة لاستخدام الطاقة الشمسية، كما نهدف لتحسين فعالية هذه الأنظمة ورفع من مردودها الإنتاجي الكهربائي وذلك بدراسة العوامل المؤثرة عليه.

سوف يكون عملنا في هذه المذكرة مقسم إلى ثلاثة فصول وهي على النحو التالي :

- ✓ الفصل الاول تحت عنوان بحث مكتبي عن مختلف المداخن الشمسية، سنقدم دراسة عامة عن المداخن الشمسية ومفهومها ومبدأ وطريقة عملها وأهم المكوناتها الرئيسة وأهم الظواهر الفيزيائية التي تحدث فيها و وتقديم أبرز النماذج للمداخن الشمسية في حول العالم.
- ✓ الفصل الثاني تحت عنوان التحليل الرياضي للمدخنة الشمسية ،الذي سنتناول فيه أهم المعادلات المتحكمة باداء العمل لكل من المدخنة والمجمع والتربين و أبرز الافتراضات المعتمدة في نموذج الرياضي مما منحنا فرصة لتحقق من صحة نتائج معينة في دراستنا.
- ✓ الفصل الثالث تحت عنوان التجربة ومناقشة النتائج، يتم فيه تطرق إلى أهم الأجهزة والبرامج المستعملة في التجربة وكذلك عرض نتائج و ابراز تأثيرات لعدة متغيرات على الخرج الطاقوي الكهربائي ومناقشتها واستنتاج يلخص أبرز النتائج التي تم الحصول عليها في عملنا مع بعض التوصيات.

وفي الأخير خاتمة عامة يعرض فيها حوصلة لنتائج متحصل عليها من العمل التجريبي .

مراجع المقدمة العامة:

- **المراجع العربية :**

[1] عبد الله عبد الدائم و عيسى سلوم، تحليل التوازن الطاقي وتوازن الإكسيرجي لمحطة طاقة شمسية ذات مدخنة عائمة ، مجلة جامعة البعث، المجلد38 ، العدد 24 ،عام 2016 .

- **المراجع الاجنبية** :

[2]chergui t , les techniques cheminées solaires , une revue unité de recherche appliquée en energies renouvelables, ghardaïa – algeria 24 - 25 Octobre 2016 .

[3] Amel dhahri, ahmed omri , a review of solar chimney power generation technology ,international journal of engineering and advanced technology (IJEAT) , ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-3, February 2013 .

الفصل الأول:

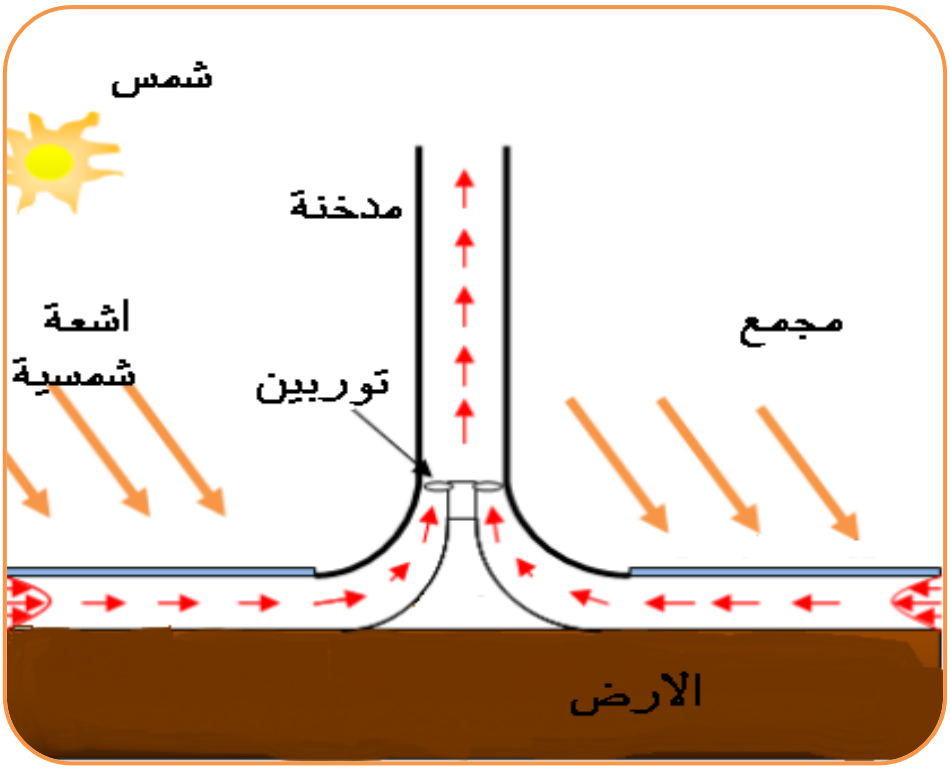
بحث مكتبي حول مختلف المداخن الشمسية

1-1 مقدمة:

يتزايد الطلب على استهلاك الطاقة العالمي مع تسارع عجلة التطور التقني لابد من التفكير بحلول مستدامة وزيادة إنتاج الطاقة باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة للحفاظ على البيئة، والحد من التلوث البيئي الناشئ من الوقود الاحفوري في استخدام الطاقة الكهربائية، والذي لاشك فيه أن العالم أصبح مقتنع بالبحث عن بديل لطاقات تقليدية وبأهمية معالجة هذه المشاكل وعثور على وسائل أخرى لإنتاج الكهرباء، والطاقة الشمسية أحد تلك موارد طاقة غير قابلة للنفاذ، وغير مضرة، والتي يمكن أن تستعمل لتلبية احتياجات الأفراد، لذلك تعتبر المدخنة الشمسية أحد التقنيات الواعدة لتوليد الكهرباء من الحرارة الشمسية.

1 - 2 تعريف المدخنة الشمسية :

هي التقنية توليد الطاقة الكهربائية وذلك باستخدام الطاقة الشمسية ،وتتم بتوجيه الهواء الساخن عبر تربينات لتحولها بدورها الى قدرة كهربائية [1] ،كما تتكون من قناة هوائية ساخنة مربوطة على سطح دائري شفاف و مفتوح مع المحيط هذا السطح والأرضية التحتية يشكلان مجمع شمسي [2]، كما هو واضح في شكل التالي :



الشكل (1.1): رسم تخطيطي لأحد اشكال المدخنة الشمسية [3] .

1 - 3 تاريخ المداخن الشمسية :

✓ وصف Haf et all المبادئ الاساسية لتوليد الكهرباء بمحطات التوليد الطاقة الشمسية ،وفي عام 1982 في مانزاناريس أكدت النتائج التجريبية الاولى والافتراضات رئيسية لنموذج الاصلي ،وفي وقت لاحق تم على أساس البيانات التجريبي في يوليو 1983 إلى يناير 1984 اقتراح النموذج الشبه تجريبي لتنبؤ بمتوسط الشهري لإنتاج الكهربائي للمصنع التجريبي كدالة للإشعاع الشمسي[3] .

✓ اتفقت التوقعات مع النموذج ومع بيانات التجريبية للأشهر الجافة في أكتوبر 1983، لكن النموذج فشل في المحاكاة الاشهر الرطبة بعد هطول الامطار ودخولها للجامع الذي لديه تأثير على الاداء [4] .

✓ وضع ليوناردو دافينشي رسومات تخطيطية لبرج الشمسي يسمى smok jack [3] .

✓ اخد الفريق بقيادة المهندس الالماني Jörg schlaich زمام مبادرة وقام ببناء نموذج أولي في منزاناريس في إسبانيا مع ارتفاع 200 متر وطاقة تقدر ب 50 كيلوواط، في عام 2002 حددت على أنه المشروع أفضل إختراع في هذا العام ويعتبر مبدأ التشغيل ثوريا، حيث يقوم البرج بتحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء [4] .

✓ تم وضع بحث وجهد كبير في بناء ومحاكاة التشغيل مجمع الشمسي وتم إخيار نوعين من الأجهزة تجميع بواسطة شريف في 1997، وتم توسيع قاعدة المجمع وإدراج جهاز امتصاص [3] .

✓ تم تقديم نموذج تحليلي من قبل schlaich 1995، وقدم نماذج عددية مبتكرة من قبل kroger وbuys 1999 عرضوا تحليلا مفصلا للنبات مع الجامع للمدخنة الشمسية [5] .

✓ في 2002 lambard et all تم قياس درجة حرارة لوح مجمع معزول لغطاء الزجاجي للمجمع، ومقارنة القيم المتوقعة نظريا لمختلف الظروف محيطية من خلال معادلة مناسبة للتنبؤ بنقل الحرارة بين الغلاف البيئة محيطة، وتم وجود توافق بين القيم متنبئ بها ونظريا وتجريبيا [3] .

✓ 2005 اقتر الكندي E.bilgen و Reault بناء مجمع الشمسي ذا الارتفاع عالي وكانت ا لفكرة جديدة لان الزاوية ميل ستساعد في توفير مساحة كافية في المجمع لتلقي الاشعاع وبالتالي تحسين اداء كفاءة تجميع الطاقة [5] .

✓ قام كل من pretorius و kroger 2006 بدراسة تأثير معادلة ضياع نقل الحرارة بالحمل ومعامل ضياع لمدخل تربين وزجاج السقف والجامع وأنواع مختلفة من تربة على اداء محطة الطاقة الشمسية ممتد في نطاق واسع [3] .

✓ Ninic 2006 تم تحليل أنواع المجمعات مختلفة باستخدام الهواء الجاف ورطب [6] .

✓ Bernard et all تطوير نموذج رياضي شامل لتحليل نضام محطة توليد الطاقة الشمسية على نطاق واسع بمظلة تجميع مزدوجة [6] .

✓ اقترح في 1994 schliach خرسانة مسلحة باعتبارها البديل الاكثر استدامة وفاعلية من حيث تكلفة وذلك لبناء مدخنة شمسية [7] .

✓ 2005 Liu et all أجرى محاكاة عددية لمحطة توليد لطاقة الشمسية موضحا تأثير انخفاض الضغط عبر التربين وعلى المخرج الطاقة الخاصة بالنظام [7] .

✓ Von backstrome et all 2006 قام وبتحليل لإيجاد النسبة المثلى من انخفاض الضغط تربينات إلى انخفاض الضغط متوفر في محطة الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة القصوى من مائع[3] .

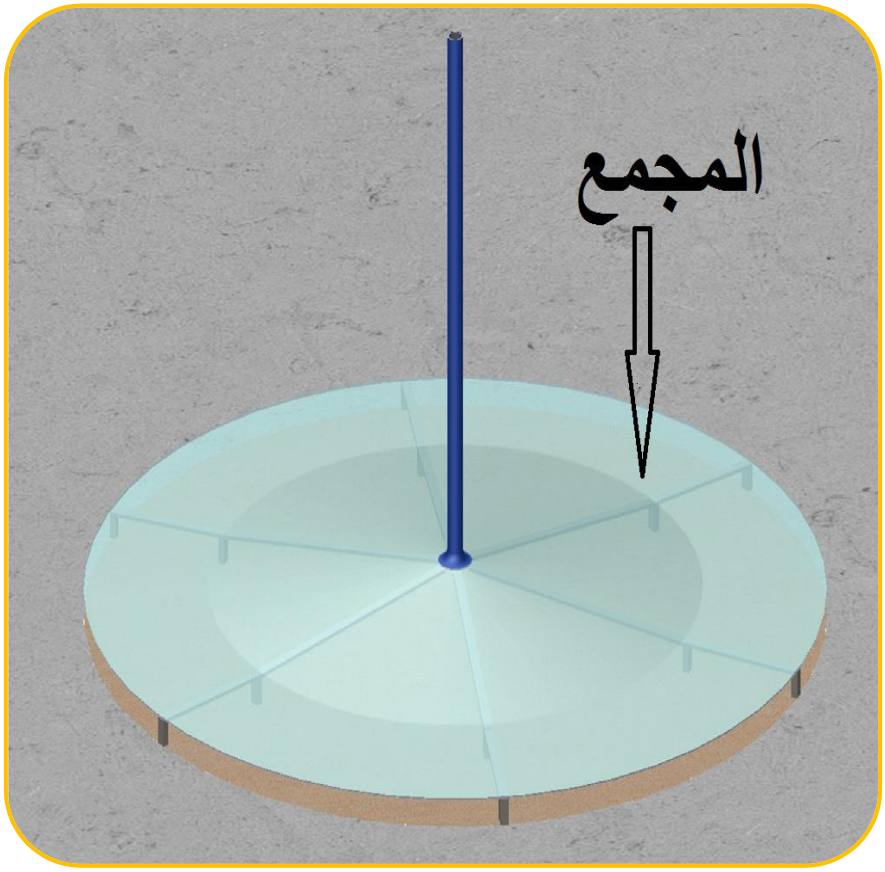
4-1 مكونات هيكل المدخنة الشمسية:

تتكون هذه المنظومة من الأجزاء الرئيسية التالية وهي :مجمع، تربينات، المدخنة .

1-4-1 المجمع:

هو المكون الرئيسي للمدخنة الشمسية، كما أن مجمعات الطاقة الشمسية هي نوع خاص من مبادلات حرارية التي تحول طاقة الاشعاع الشمسي إلى طاقة داخلية للوسيط الناقل [6]، فهو الجزء الذي يستخدم لإنتاج الهواء الساخن وضمان الإحتباس الحراري، وكما يملك سقف مكون من بلاستيك أو زجاج [8]،

حيث يمكن أن يمتد هذا السقف أفقيا أو عدة أمتار فوق سطح الارض و كما يزيد ارتفاع المجمع بالقرب من قاعدة المدخنة، بحيث يتم تحويل هواء إلى القاعدة المدخنة، إن الغلاف مكون للمجمع شفاف للإشعاع الموجي القصير بينما يمكنه أن يحتفظ بالإشعاع الموجي الطويل، وذلك ما يسمح بتسخين الأرض تحت السقف [7] كما يوضح الشكل (1-2):

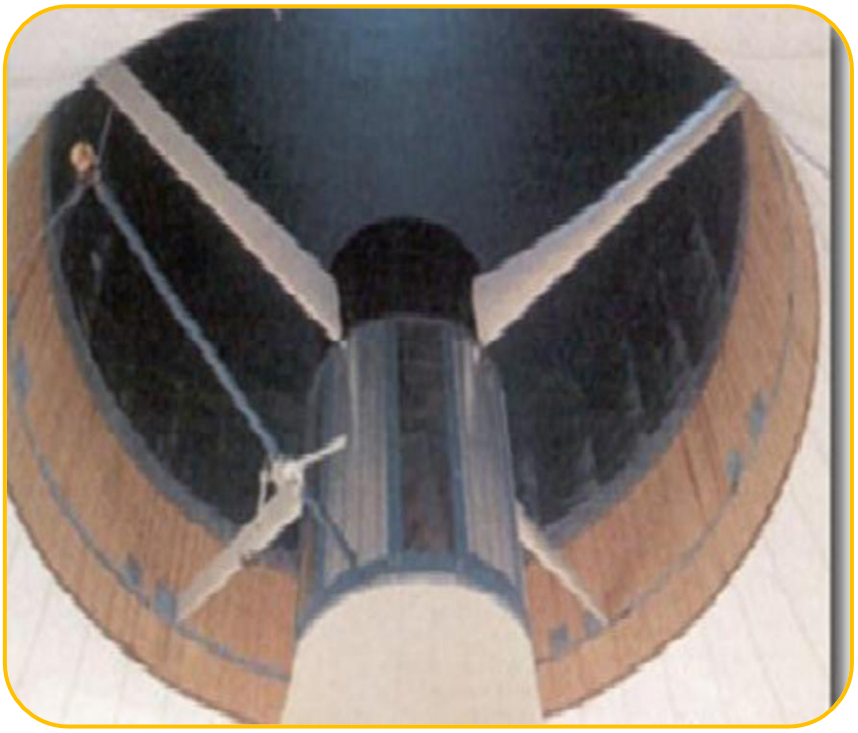


الشكل (1-2) : صورة توضح المجمع في مدخنة الشمسية .

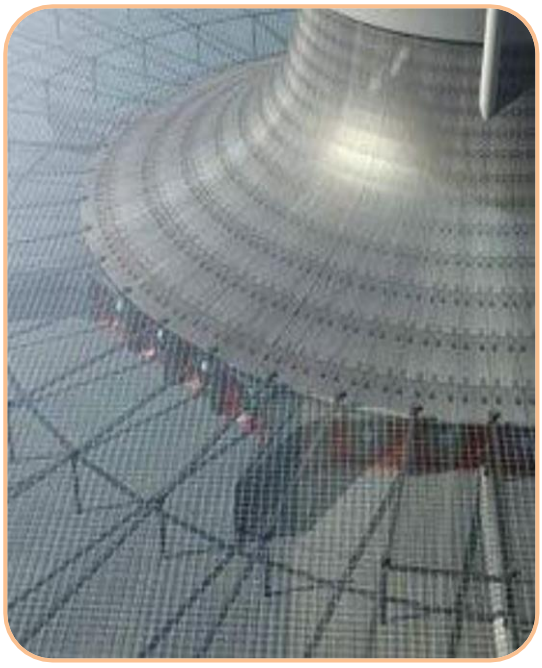
2-4-1 التربينات:

تستخدم للاستخراج الطاقة من الهواء ونقلها الى المولد، بصفة أبسط هي تحويل الطاقة ميكانيكية إلى طاقة كهربائية [9][3]، كما يمكنها تعديل انخفاض الضغط ومعدل التدفق من خلال تغيير زاوية ميل شفرات التوربين، إن الكميات الكبيرة من المجمعات والمداخن تعمل كمنطقة عازلة تمنع التقلبات الكبيرة في سرعة تدفق الهواء، أي الأحمال الديناميكية على شفرات التوربين وجميع المكونات الدوارة [3] .

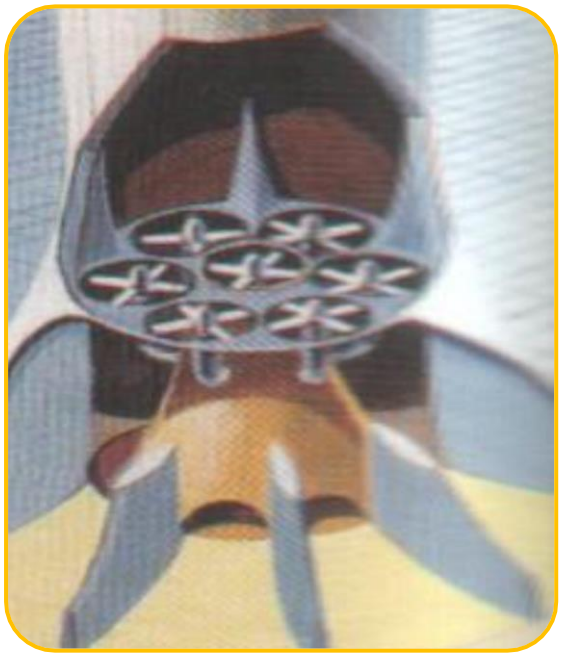
يتم وضع التربين أما عمودي في المجمع كما في الشكل (1.4) أو افقيا في المدخنة كما في الشكل (1.5)، من أجل حصول على الطاقة القصوى من الهواء الساخن، ويجب أن تكون الريشة التربينات تغطي الجزء الكامل من المدخنة لذلك يجب استخدام توربين كبير أو عدة تربينات صغيرة عند سفح المدخنة [10] .



الشكل (3.1): صورة تبين تتربين مدخنة الشمسية ذات قطر كبير [10] .



الشكل (4.1): صورة تبين تربينات عمودية [10]

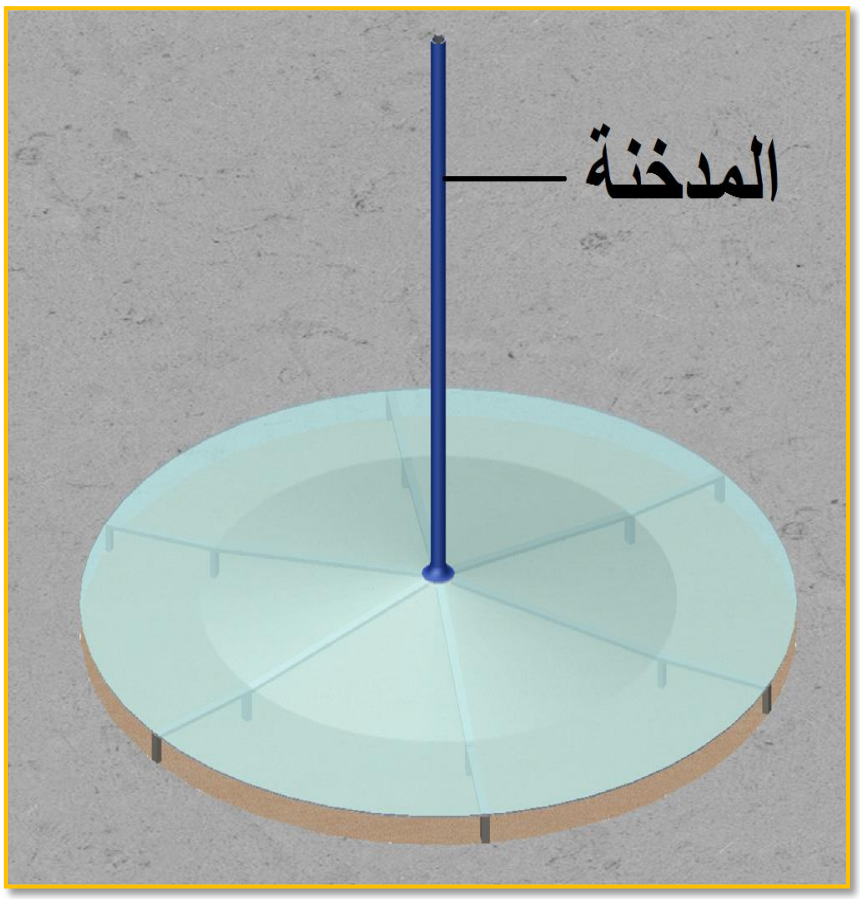


الشكل (5.1) : صورة تبين تربينات افقية[10]

3-4-1 المدخنة:

هي أهم جزء في محطة الطاقة تعمل كآلة حرارية، كما يمكن أن تعمل بمثابة أنبوب الضغط، حيث كلما زاد ارتفاع المدخنة كلما كانت كمية الطاقة المنتجة أكثر إن كفاءة المدخنة لا تعتمد على درجات الحرارة الهواء الداخل بقدر ما تعتمد على التناسب الطردي مع نسبة الارتفاع مدخنة ودرجة حرارة خارجة [10]، أيضا نعتبر المدخنة المحرك الحراري للتكنولوجيا، والذي يخلق فارقًا في درجة الحرارة

بين الهواء البارد في الأعلى والهواء الساخن في الأسفل، وهذا يخلق ما يسمى تأثير المدخنة، الذي بدوره يمتص الهواء من أسفل البرج إلى أعلاه [5] .



الشكل (6.1) :صورة تبين المدخنة (برج شمسي).

على الرغم من أن الكفاءة تتناسب مع ارتفاع المدخنة إلا أنه من الناحية العملية هناك قيود أخرى، لذلك وجد نوعان رئيسيان منها التي تعتمد على طرق بناء هذه المداخن [10]:

- **المداخن القائمة بذاتها** :وتكون مبنية من خرسانة الصلبة وتمتاز بعمر وضيفي أكبر كما في شكل (7.1) .
- **مداخن مدببة** :هياكل أخف وتكون عبارة عن أنابيب جوفاء ذات قطر كبير كما في الشكل(7.2) .

الشكل (7.1): يبين المدخنة القائمة بذاتها [10]

الشكل (8.1): المدخنة المدببة [10]

5-1 مبدأ عمل المدخنة الشمسية :

يقوم الاشعاع الشمسي بخلق هواء ساخن تحت سقف المجمع وتكوين تيارات حمل، حيث يتم امتصاص جزء من هذه الطاقة في حين ينعكس الجزء أخر إلى السطح، في حين يقوم سطح الأرض الدافئ بتسخين الهواء من خلال أليه الحمل الحراري الطبيعي ،مما يؤدي الى ارتفاعه إلى المدخنة بسبب الحرارة داخلية أعلى منها الخارجية، لذلك فإن الهواء الساخن يصعد وينزل الهواء البارد بدوره، وفي حين تدفق الهواء تزداد درجة حرارته وتبقى سرعته ثابتة تقريبا (بسبب ارتفاع المجمع متزايد)، هذا الهواء المتدفق والمتجمع يعبر على التربين، بحيث تحول الطاقة الحركية للهواء شفرات التربين الذي بدوره ينقلها لمولدات الطاقة كهربائية [3] .

6-1 الظواهر المتحكمة في المدخنة الشمسية :

✓ **تأثير الدفيئة** : الغطاء البلاستيكي أو الغطاء الزجاجي المكون للمدخنة الشمسية يكون نافذ لطول الموجي القصير ولكنه معتم لطول الموجي الطويل مما يسمح بتحقيق الإحتباس الحراري [9].

✓ **تأثير الحمل الحراري الطبيعي** :هي أمر ضروري لتشغيل المدخنة الذي يتميز بتنوع الكثافة وبما أن هواء الساخن وبارد مختلفان في الكثافة وهواء الساخن أخف من البارد يتم دفع الساخن الى المدخنة عن طريق الهواء البارد [10].

✓ **تأثير فينتوري**: وتحدث لما يحصل تضييق منطقة الدوران فان الجسيمات الهواء تتسارع [9].

1-7 التخزين الحراري:

تعمل المداخن الشمسية في وجود الاشعاع الشمسي الذي يعني أنه خلال نهار فقط وإن غياب هذا الإشعاع ليلا سيخلق توقف المدخنة، ولهذا السبب نستخدم إشعاع النهار لتشغيل المدخنة اثناء الليل بواسطة طرق التخزين الحراري والتي تكون على عدة أشكال مختلة نذكر منها :

- **التخزين عن طريق الرمل** : يسخن الرمل حرارة الشمس ويمتصها ويضمن تدفق الهواء الساخن حيث أن هذه الطاقة المخزنه في الرمال يتم إطلاقها أثناء الليل ليستمر تشغيل التربين [10] .
- **التخزين عن طريق التربة** :يضل المصنع قيد التشغيل لفترات طويلة لان تربة لديها القدرة على التخزين الحراري المتلقاة أثناء النهار وإطلاقها في ما بعد [11]، وتستخدم عادة أرض رخيصة أو مجانية كالمناطق الصحراوية كما يمكن استعمالها كمنشة دفيئة لإغراض زراعية [3] .
- **التخزين عن طرق المياه** :يتم وضع انابيب سوداء جنبا الى جنب على الارض المغطاة بالأسود أو بالتربة تحت المجمع، لتملئ الانابيب مرة واحدة وتغلق لكي لا تتبخر ويتم اختيار حجم المياه في أنابيب لتتوافق مع خرج الطاقة مرغوب[3] ،وهي تعتبر اكثر كفاءة من ون نضام تخزين التربة للان سعة حرارية للمياه أكبر من التربة [12] .

1-8 السلبيات والايجابيات المدخنة الشمسية :

1-8-1 السلبيات :

✓ خلال البناء يتطلب هذا الهيكل الضخم الكثير من الخبرات الهندسية **[9]** .
✓ لا يمكنها التنافس مع الطاقة نووية من حيث القوة حيث أنها أقوى منها بسبعة مرات **[9]** .
✓ تشوه المنظر الطبيعي **[9]** .
✓ تتطلب مساحة كبيرة جدا وفي المناطق المشمسة المناسبة والمحددة كالمناطق الصحراوية [11] .
✓ تكلفة الاستثمار الأولية مرتفعة [11] .
✓ مشكلة حدوث العواصف الرملية بالنسبة للمناطق الصحراوية مما يعيق سير العملية بالكفاءة مطلوبة [11] .

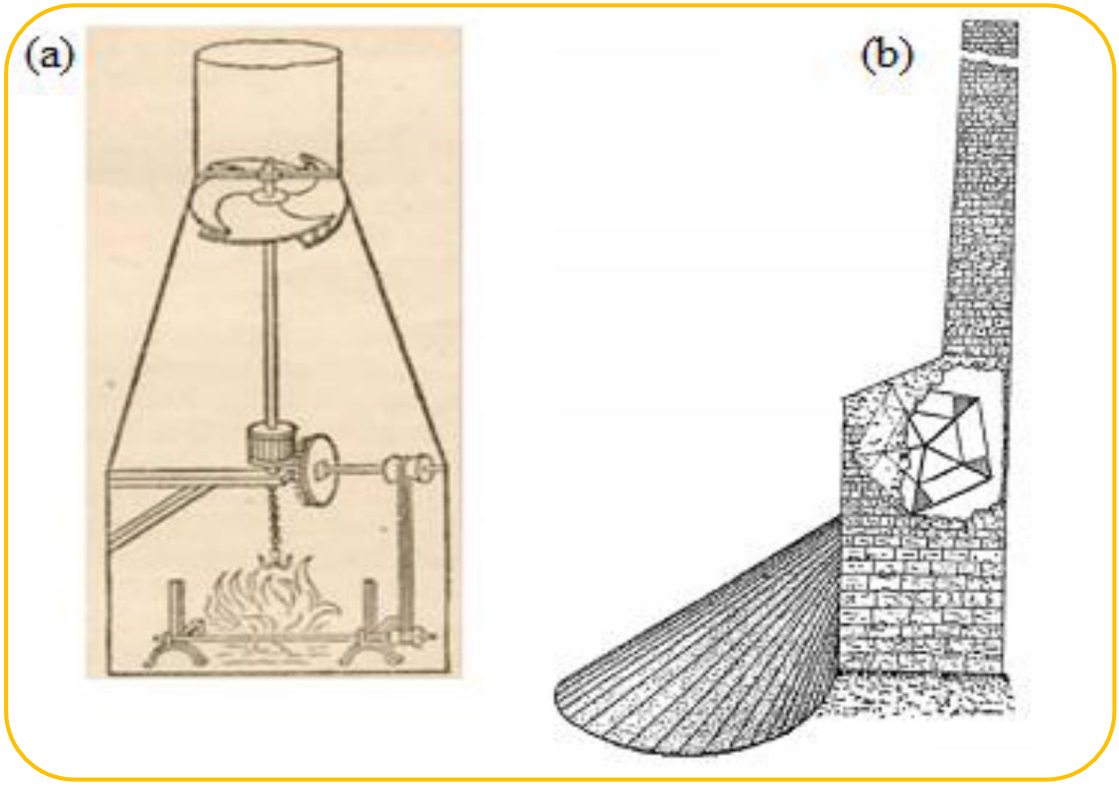
1-8-2 الايجابيات [9] :

✓ هيكل لا يحتاج تغذيته بالوقود لينتج طاقة .
✓ لا تعتبر الصيانة ضرورة مهمة ولا يكون للهيكل أي تأثيرات أيكولوجية .
✓ توفر المواد الازمة لبناء هذه الهياكل في جميع مناطق العالم ولدى الجميع وبكثرة .
✓ استمرارية إنتاجية الطاقة الكهربائية ليلا ونهارا بفضل الية تخزين الطاقة .
✓ مصدر امن بيئيا ونضيف مقارنة مع غيره من طاقات كالطاقة نووية مثلا .
✓ إمكانية صنعها في مناطق الصحراوية النامية مما يمكنها من توفير فرص العمل في هذه المناطق .
✓ تكنولوجيا طاقية لدها مستقبل زاهر وواعد .

1-9 المشاريع الأولية وتطورات الأخيرة:

من المصانع الاولى للمدخنة الشمسية كانت في عام 1903 لإسباني cabanyes isido الجهاز مكون من سخان الهواء أو مجمع مع مدخنة، كما تم وضع نوع من مروحة الرياح لغرض توليد الكهرباء [9] .

في عام 1926 أقترح أستاذ الهندسة برنارد دبوس في الأكاديمية الفرنسية للعلوم بناء محطة للطاقة الشمسية في شمال إفريقيا، المدخنة الشمسية على منحدر الجبل المرتفع سرعة الهواء الصاعد التي يمكن الوصول إليها 50 م / ث في المدخنة ولذلك كمية كبيرة من الطاقة يمكن إستخراجها بواسطة وتربينات الرياح [3].



الشكل(9.1) : **(a)** يبين المدخنة الشمسية كما تصورها Leonardo da Vinci

(b) مشروع المقترح من قبل .Isodoro Cabanyes [3]

1-10 المشاريع و نماذج المدخنة الشمسية :

1-10-1 نموذج مانزاناريس:

تم تصميم أول نموذج تجريبي لمحطة الطاقة الشمسية من قبل bergerman و schlaich partner، وإقترحت شركة توزيع الكهرباء الإسبانية بناء هذا النموذج في مانزاناريس (مدينة اسبانية تقع على بعد 150 كيلومتر جنوب مدريد)، وقامت وزارة الأبحاث الألمانية بتمويل هذا المشروع، وأكتمل بناء النموذج في عام 1982 وأستمر لأكثر من 7 سنوات [4]، حيث يبلغ ذروة انتاج المصنع 50 كيلو واط وكان الهدف من هذا المشروع البحث والتحقق من خلال قياسات الميدانية للاداء متوقع من حسابات النظرية، حيث أن مصنع مانزاناريس حقق كفاءة في مجال الكهرباء وأثبت الجدوى التقنية لتوليد القدرة الكهربائية باستخدام

محطات توليد الطاقة شمسية، وأثبت أن المفهوم كان سليم من الناحية العلمية [3] والجدول التالي يلخص أهم قياسات النموذج.

الجدول (1.1): يوضح الأبعاد التصميم لنموذج مانزاناريس [11].

سطح جامع الزجاج	6000 م
ارتفاع مدخنة	194.6 م
قطر المدخنة	10.16م
الطاقة الكهربائية القصوى	50 كيلو واط
فرق في درجة حرارة في مجمع	$\Delta T = 20$ درجة مئوية

الشكل (10.1): صورة توضح نموذج مانازناريس [10] .

1-10-2 محطة الطاقة الشمسية في مصر:

تم تقييم اداء محطات توليد الطاقة المدخنة الشمسية في بعض المواقع في مصر نظرياً، وجعل قيم تقريبية لنوعية الطاقة الكهربائية المولدة، ثم تم تطوير نموذج رياضي بسيط 2012 إستنادا إلى رصيد الطاقة لتقدير إنتاج الطاقة الشمسية للمداخن، وكذلك فيما يتعلق بمراقبة تأثير مختلف الظروف المحيطة والأبعاد الهيكلية في توليد الطاقة، ووجد أن سرعة الرياح داخل مدخنة يصل إلى أكثر من 7 مرات من قيمة سرعة الرياح الحرة خارج المدخنة، محطة توليد الكهرباء للمدخنة الشمسية مع ارتفاع البرج 500 متر وقطر المدخنة 50 مترا وقطر الجامع 3000 متر، قادر على إنتاج سنوي بين $1.6\,10^{8}$ -1.7 كيلو واط الساعي .kW hr في المواقع المختارة في مصر، ولذلك سوف يكون استخدام محطات الطاقة المدخنة

الشمسية في العديد من المواقع في مصر مفيد، يمكن أن تغطي قسما كبيرا من الطلب المتزايد على الطاقة، لذلك فإنه يمكن إنقاذ استخدام المصادر التقليدية [13] .

الشكل (11.1): صورة تبين مدخنة الشمسية في مصر[13] .

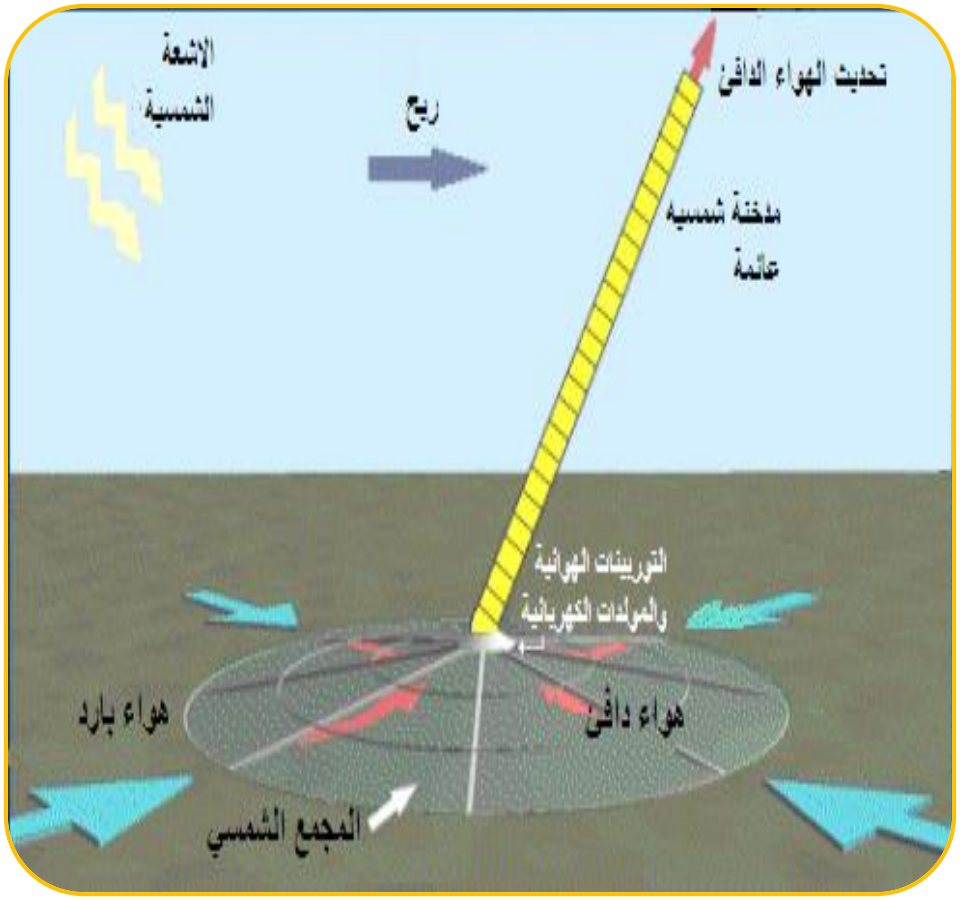
1-10-3 نموذج تونس:

بناء أول نموذج للبرج أختاره مركز الابحاث وتكنولوجيا والطاقة شمال تونس، لنموذج stpp كشف عن نتائج أنه عندما تكون درجات الحرارة 45 درجة مؤوية تصل طاقة الكهربائية قيمة المتوسطة قدرها 3.5 واط، بالنسبة لهذا النموذج الأولي يحوي مجمع قطره 8 أمتار و ارتفاع المدخنة 4 م، و تتكون من تربينات ريح وغطاء شفاف وقضبان للامساك الهيكل المعدني، نشأة هذا لنموذج لتغطية الحاجيات المستمرة على الطاقة الكهربائية التي تقدر في 2014 ب 4799 ميجا واط، وكما جاءت لتعزيز وتطوير استخدام الطاقة المتجددة، حيث أن هذا المصنع لطاقة الشمسية يعمل بشكل أساسي مثل محطة الكهرومائية [14] .

الشكل (12.1): صورة يبين نموذج تونس للمدخنة الشمسية [14] .

4-10-1 نموذج المدخنة الشمسية العائمة :

اقترح العالم اليوناني باباجورجوا كريستوس استخدام تقنية المدخنة الشمسية العائمة، التي يمكن أن تصل لارتفاع شاهق بالنسبة للمدخن (ارتفاع يزيد عن 300 متر نظريا)، الأمر الذي يساعد على إنتاج المزيد من الطاقة ويعيد النظر في هذا المجال، حيث إن الباحث مذكور أعلاه حصل على براءة اختراع من أمريكا سنة 2010 وأطلق على هذه المحطة هذا الاسم لتشابهها مع محطة توليد الهيدروكهربائية، حيث إنه يتم تشغيل تلك المحطات بفعل الماء وهنا بفعل تدفق الهواء للأعلى بمبدأ الطفو، وفي المحطتين تربط العنفة بمولد كهربائي، كما أنها تقنية أخترعت لبناء المداخن الشمسية العالية جدا ومن أجل الحصول على طاقات كبيرة، ويمكن لها أن تطفو بذاتها وفقا لبنيتها ذات الجدران مزدوجة والمصنوعة من الالياف الخفيفة [1] .



الشكل (13.1): يظهر مدخنة شمسية عائمة [1] .

5-10-1 المدخنة الشمسية في بوتسوانا :

إن إستيراد نسبة كبيرة من الطاقة الكهربائية في جنوب أفريقيا وكذلك الموقع الجغرافي والتوزيع السكاني لبوتسوانا، حفزت هذه الحاجة إلى النظر في الطاقة المتجددة كبديل للطاقة المستوردة، في 2008 تم دراسة تجريبية منهجية على نظام مدخنة شمسية، وهو إعطاء إهتمام خاص لقياس سرعة الهواء ودرجة الحرارة والإشعاع الشمسي، وتعرض النتيجة أيام واضحة 5 و 6 أكتوبر ونوفمبر على التوالي، كما تتيح نتائج هذه العلاقة بين متوسط إشعاعات والفرق في درجة الحرارة وسرعة ،للأيام الواضحة والمحددة [13]

6-10-1 نموذج إيران:

يبلغ متوسط كثافة الاشعاع في منطقة إيران كرمان (خط عرض 30 ،17 شمالا وخط طول 57 5 شرقا) أكثر من 2000 واط لكل متر مربع وشمس مشرقة 2800 ساعة في العام، لذلك تم بناء مصنع في هذه المنطقة الصحراوية كان هدف منه خلق مادة صناعية قائمة من تخزين الكربون(هواء) وجعله كمصدر للطاقة قابل للاستخدام، إن مصنع كارمان التجريبي للبرج البالغ من الارتفاع والي 60 متر قطر 3 متر مع وجود مجمع أحادي الطبقة بقطر 40 متر ،الذي يكون قادر على إنتاج 400 واط من الطاقة الكهربائية وذلك عند الاشعاع 800 واط للمتر مربع [15] .

الشكل (14.1) : نموذج المدخنة الشمسية في إيران [18].

7-10-1 نموذج أستراليا :

تم تصميم هذا النموذج و تطويره من طرف enviromission بالتعاون مع مكتب الهندسة المدنية بألمانيا sbp في مدينة برونجا الاسترالية، وهو عبارة عن محطة توليد الطاقة الكهربائية وهي تحتوي على برج من 100متر مصنوعة من الخرسانة المسلحة وقطر للمجمع يبلغ 7000متر ،وتستطيع أن تقدم لنا طاقة كهربائية بمتوسط 200ميغاواط ،وتقدر تكاليف انتاج الاجمالي لهذه المنشئة بمبلغ 4000مليون يورو. والجدول أدناه يوضح ذلك [11] :

جدول (1.2): بيانات فنية للنموذج الاولي الأسترالي[11] .

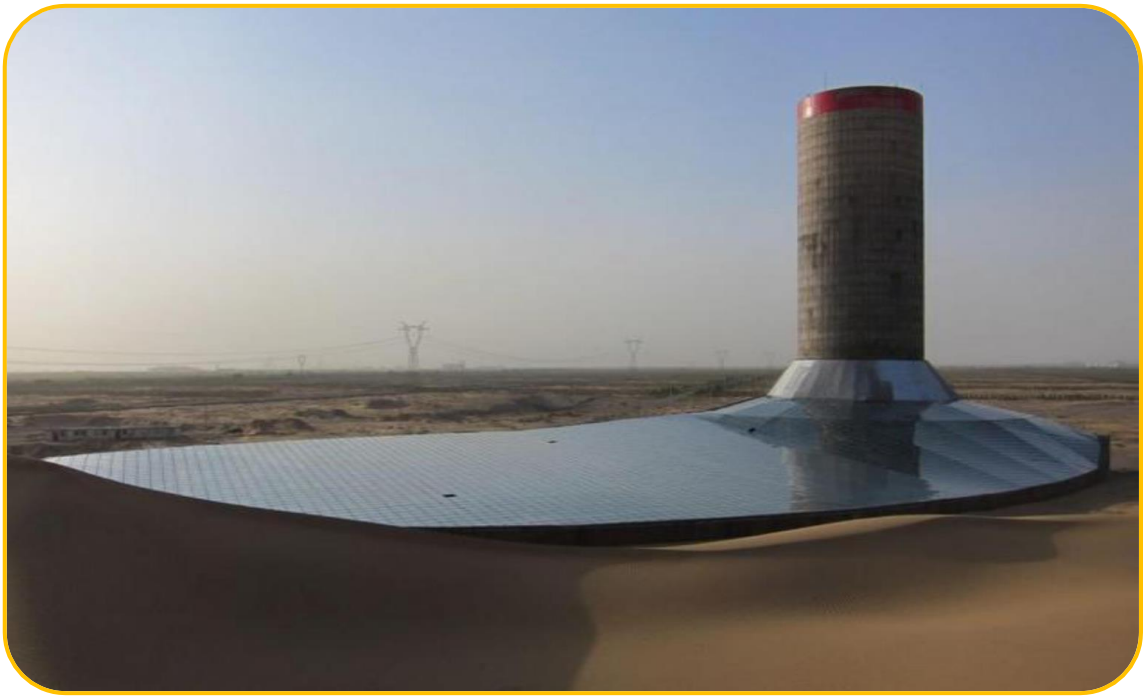
ارتفاع المدخنة	1000 م
قطر المدخنة	120 م
متوسط ارتفاع الغطاء	1.85 م
جامع القطر	7000 م
درجة الحرارة الهواء الساخن	70 درجة مئوية
قدرة الكهرائية	200 ميغاوات
طاقة مقدرة لتربينات	32.225 ميغاوات
سعر انتاج الكهرباء	€0,08 كيلواط ساعي
سعر الاستثمار	€2 لكل واط

1-10-8 مدخنة شمسية في تايلاند:

تمت إجراءات تجريبية وعددية للاستفادة السقف باردة للمدخنة الشمسية في تايلاند 2009 ،ودراسة فوائد تطبيق المدخنة الشمسية على وسقف معدني ثم تم تصميم وبناء النظام التجريبي و استخدامه لدراسة درجات الحرارة والسرعة داخل المدخنة الشمسية، كما تم تطوير نموذج رقمي لكل نبات ومقارنة النتائج المحاكاة مع الملاحظات التجريبية، المجموعة التجريبية الاولى لديها سقف مع ارتفاع مدخل قابل للتعديل ومدخنة القطر الثابت [2]، من خلال التجربة في مبنى منفصل يسمى خلية الخاضعة لمراقبه ونموذج عددي ذات الصلة التي شيدت من برنامج ديناميكيات الموائع حسابية (CFD)، وتستخدم النتائج التجريبية لحساب قيم معامل نقل الحرارة من السقف بارد. إن استخدام النماذج العددية الأبعاد التي تم إنشاؤها بواسطة برنامج CFD في قيم المتوسط الحسابي لدرجة حرارة الجدار في تطبيق المدخنة الشمسية في الخلية التي تسيطر عليها كشروط حدودية، تجري الدراسة لتحقق من الحد الأقصى لمعدل درجة الحرارة وسرعة تدفق الهواء في الخلية التي تسيطر عليها من خلال نموذج عددي [13] .

1-10-9 نموذج الصين:

محطة توليد الطاقة الكهربائية في شمال الصين مدينة جينشاوان منغوليا داخلية منشأ توليد الطاقة التي تجميع بين الطاقة الشمسية الرياح من الناحية الوظيفية أسس منذ 10 ديسمبر 2010، يمكن لوحدة الإنتاج هذه أن تبلغ 200 كيلو واط من الطاقة الكهربائية، وذلك بتوفير ما يقارب 400000 كيلو واط ساعي من الكهرباء سنويا، يحتل هذا المشروع المناطق الصحراوية أي مناطق غير المزروعة ومساحة الإجمالية التي يغطيها المشروع هي 277 هكتار كما، إن تشغيل وصيانة في هذه المنشة في غاية السهولة والبساطة وهو يتكون من المركز الرئيسي من ثلاثة عناصر جامع الطاقة الشمسية والمدخنة وتربينات الرياح تحت الغطاء الزجاجي ،وقد أستغل تأثير الاحتباس الحراري و ارتفاع درجات الحرارة في رمال من خلال إمتصاص الحرارة من الشمس وتدفق الهواء الساخن المنقول من مجمع ليضمن تشغيل التربينات لتوليد الكهرباء عن طريق تدويرها ،حيث تضمن الرمال عميليه التخزين الحراري أسفل المجمع التي سخنت خلال نهار وتحرر في ما بعد طاقة حرارية خلال فترة الليل، لسماح لتربينات باستمرارية في تشغيل ومواصلة العمل [15].



الشكل (15.1): نموذج المدخنة الشمسية في الصين [15]

1-10-10 جبال الطاقة الشمسية ELIOTH :

المشروع الفرنسي هو مبدأ ثوري من محطة الطاقة الشمسية الذي كان موضوع براءة إختراع دولية في 2005 للمخترع رفاييل مينار، وهو كذلك برج شمسي مائل يتوافق مع شكل الجبال مما سمح بدمجها في المشهد الطبيعي، حيث يوفر سطح الكرة الارضية دعامات طبيعية وبالتالي فان الارتفاع 1000او 3000متر لايمثل بعد الان انجازا فنيا كبيرا لطالما أن قناة المدخنة تحملها بانتضام الارض و ELIOTH يستهدف 500 ميغاواط، وهذا يعادل محطة طاقة نووية بتكلفة بناء أقل من 1 يورو لكل واط مثبت، ويهدف كذلك إلى استخدام المنحدرات الطبيعية للجبال لتوجيه الحرارة الشمس إلى محطة الطاقة البيئية، إن هذا المشروع سيكون بالنسبة للبشرية مصدر طاقة فعال ونظيف، وسيتم فك الجبال الشمسية بسهولة شديدة ولن تولد ندوبا على المناظر الطبيعية بفظل أسلوبها في بناء وسيتم إعادة تدويرها بسهولة جدا [16].

الشكل (16.1): جبال الطاقة الشمسية [1]

11-10-1 المدخنة الشمسية في إسبانيا:

في عام 2006 تم اعلان عن مشروع برج الشمسي، حيث كان من المفترض أن يكون قد بدا تشيده في 2010 في إسبانيا، يقدر5جنيه إسرليني في منطقة فوينتي ألفرينو وهي في قرية في مقاطعة سيوداد ريال اذا تم العثورعلى تمويل، وكان من المقرر أن يتم تنفيدهذه الاعمال بالتعاون مع شركة كامبو 3 وأمسا الإسبانية وشركة شلاش بيرجمان الالمانية، هذا البرج ارتفاعه 750 متر ليكون مبنى في أوروبا حيث كانت مواصفاته كالتالي :

- ✓ مدخنة إرتفاعها 750م .
- ✓ قطر الجامع بطول 3 كم ويغطي 350 هكتار منها 250 هكتار يمكن استخدام للخضرات الدفيئة .
- ✓ سرعة الهواء في المدخنة 43كم في ساعة .
- ✓ قوة التثبيت 40 ميغاوات والطلب على الكهرباء من حوالي 120000شخص .
- ✓ تكلفة المشروع 240 مليو ن يورو والتي كانت الشركاء ياملون في جمعها في عام 2007 .
- ✓ ينتج هذا المشروع كيواط ساعي مكلفة جدا لجعل المشروع مربحا دون مصدر دخل[12].

11-1 الخاتمة :

تم في هذا الفصل عرض اهم الضواهر الفيزيائية المتحكمة في عمل المدخن الشمسية ومبدا تشغيلها ومكوناتها وكذلك الانجازات السابقة والحالية من مختلف مناطق العالم واشخاص اللدين قامو بدراسات حول هذه التقنية واهم النتائج التي توصلو لها في جدوى توليد الكهرباء .

مراجع الفصل الأول:

- **المراجع العربية :**

[1] عبد الله عبد الدائم و عيسى سلوم، تحليل التوازن الطاقي والتوازن الإكسيرجي لمحطة طاقة شمسية ذات مدخنة عائمة ، مجلة جامعة البعث، المجلد38 ، العدد 24 عام 2016 .

[2] مقال صباح طارق احمد ومقدام طارق جيجان، دراسة للحمل الحر في نموذج المدخنة الشمسية، مجلةجامعة العراق، 2009.

[16] خولة دقعة، أبعاد وتصميم مدخنة شمسية في الجنوب الشرقي للجزائر (وادي سوف)، مذكرة ماستر،فيزياء وأشعاع ،جامعة الوادي ، الجزائر ،صفحات 15-16 ،2018 .

- **المراجع الاجنبية :**

[3] Amel Dhahri, Ahmed Omri, A Review of solar Chimney Power Generation Technology,International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-3, February 2013 .

[4] SCHLAICH BERGERMANNUND PARTNER**,** The Solar Chimney**,** Germany , 2002 .

[5] A, J Ganon, solar chimney turbine performance, *Journal of Solar Energy Engineering*, vol.125 , pp. 101, 106. 2003 .

[6] N. Ninic, Available energy of the air in solar chimneys and the possibility of its ground-level concentration, Solar Energy, vol. 80, no 7, pp. 804-811, 2006 .

[7] Jorg. Schlaich, Solar Chimney Electricity from the Sun deutsche, vertages anstalt, Stuttgard , p.16,1994.

[8] Mehrdad Ghalamchi et all, An experimental study on the thermal performance of a solar chimney with different dimensional parameters, Renewable Energy ,91 , 477e483 ,2016 .

[9] Tahar. tayebi**,** contribution a l'etude numerique de la convection, naturelle laminaire d'un systeme radial de chauffage solaire , Doctorat en Sciences, faculté des sciences exactes, Université Mentouri Constantine 10/12/2014.

[10] cheloufi Djassem , Réalisation et experimentation d'une cheminée solaire , mémoire master , Génie mécanique **,** universitè kasdi merbah ouargla *,08/06/2014* .

[11]M. SEMAI Hakim, Recherche d'une configuration optimale d'une centrale solaire à cheminée, doctorat en sciences, physique energétique, universite abou-bekr belkaid tlemcen, 09-07-2017

[12] Amin Mohamed El-Ghonemy, Solar Chimney Power Plant with Collector , IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE*)* ,ISSN: 2278-8735.Volume 11, Issue 2, Ver. I PP 28-35 (Mar-Apr .), 2016

[13]P. J. Bansod et all, Solar Chimney Power Plant-A Review , International Journal of modern engineering research (IJMER) ,vol. 4 ,iss.11, nov. 2014 .

[14]Mohamed Ramzi Jemli et all , Experimental investigation of solar tower with chimney effect installed in CRTEn, Tunisia, Research and Technology Center of Energy, P.B N_95, 2050, Hammam Lif, Tunisia 2016.

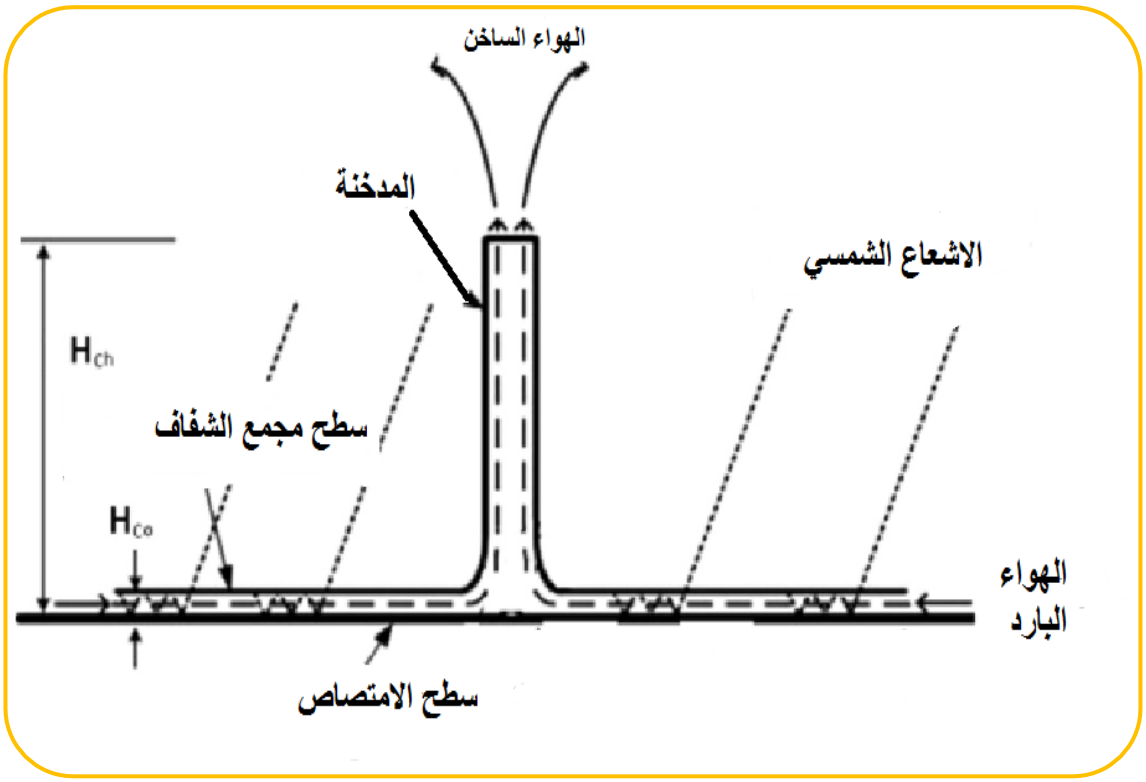
[15]Chergui T , Les Techniques Cheminées Solaires , Une revue Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa – Algeria 24 - 25 Octobre 2016 .

الفصل الثاني:

التحليل الرياضي للمدخنة الشمسية

1-2 المقدمة:

يهدف هذا الفصل بالتعريف بمختلف المعادلات المتحكمة وتحليل المدخنة الشمسية رياضيا، وذلك بوضع بعض الافتراضات التي إعتمدناها، حيث يعتمد اداء النظام على عدة عوامل ومعايير يمكن أن تكون الظروف المحيطة ،كالإشعاع ودرجات الحرارة، وكذلك الموقع والإبعاد الهيكلية لنضام كارتفاع مدخنة و نصف القطر جامع ومواد المستعملة وخواصها الفيزيائية، كما أن طاقة المنتجة تعتمد بشكل مباشر على هذه المعادلات التي تكون مع بعضها وحدة متكاملة لتفسير النظام ، حيث سنقدم هنا دراسة نظرية ومناقشتها لكل من مكونات الثلاثة الرئيسية للمدخنة الشمسية، التي نعرضها بشكل مبسط لكل من التربينات والمجمع والمدخنة أو برج الشمسي.



الشكل (1.2) : رسم تخطيطي لمدخنة شمسية وأبعادها.

2-2 الافتراضات المعتمدة في نموذج التحليلي الرياضي :

- الهواء يتصرف كغاز مثالي .
- التدفق خلال المجمع متماثل.
- التأثير الحراري أو تدفق هواء بسبب قوة الطفو(دافعة ارخميدس) .
- لا وجود لفقدان الحرارة من جدار مدخنة .
- يتم إهمال خسائر احتكاك الهواء المتدفق عبر المدخنة .
- درجة حرارة تحت الطبقة العازلة تساوي درجة حرارة المحيط .
- الضغط في نهاية مخرج المدخنة هو الضغط الجوي .

بناءا على هذه الافتراضات تم إجراء هذا التحليل الرياضي لكل من المدخنة والمجمع والتربين للمدخنة الشمسية، حيث أن مصدر الحرارة المعتمد هنا هو أشعة الشمس خلال النهار بفرض أنها تسخن السطح وتسخن الصفيحة السوداء، وتدفق الهواء هو عن طريق نقل الحرارة بالحمل وكذلك إنباعاثات إشعاعية على سقف المجمع كما يوضح الشكل (1 - 2)وهو لرسم تخطيطي لمدخنة شمسية .

3-2 النموذج الرياضي للمدخنة:

1-3-2 الكفاءة الكلية للمدخنة الشمسية:

هي عبارة عن ناتج لكفاءات الفردية للمدخنة الشمسية وهي كالتالي [1] :

$$\tau_{tot} = \tau_{coll} \cdot \tau_{ch} \cdot \tau_{tur} \quad (1.2)$$

τ_{tur} : كفاءة الخاصة بالتربين .

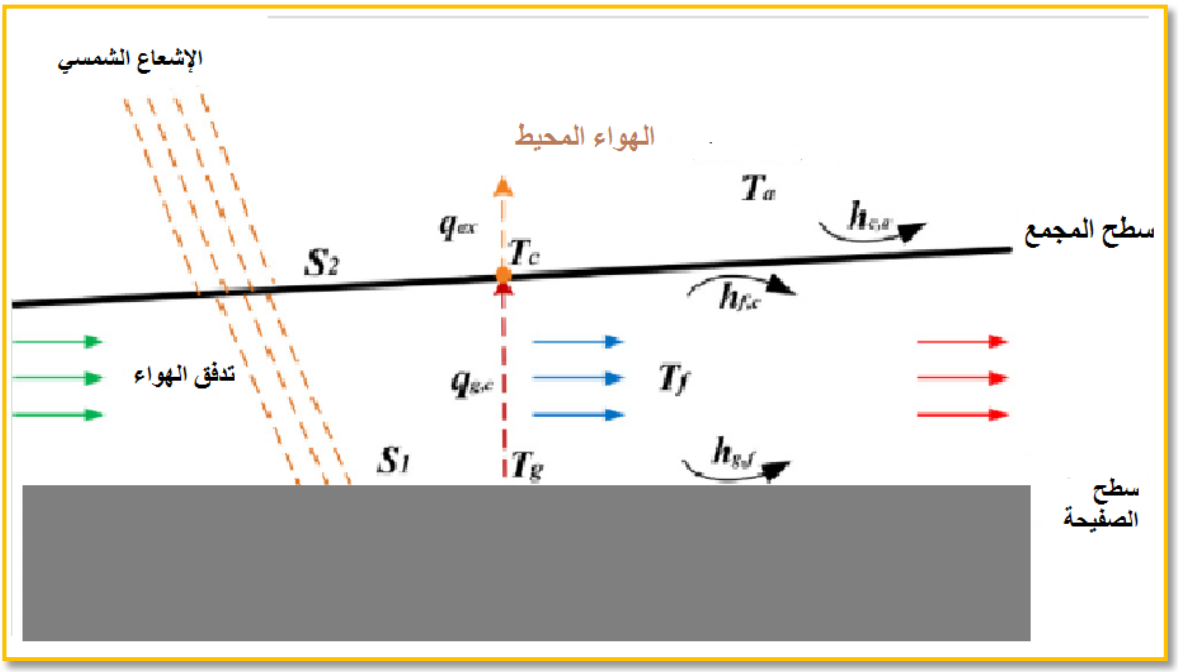
τ_{ch} : كفاءة المدخنة .

τ_{coll} : كفاءة المجمع .

2-3-2 المجمع :

يتكون المجمع من أرضية وغطاء شفاف يقع على ارتفاع معين حيث يستخدم مجمع مبدأ الاحتباس الحراري لتسخين الهواء [2] .

إن الصفيحة السوداء أو الأرض التي تكون مغطاة بالزجاج أو أي مادة شفافة أخرى التي تعمل بمثابة طبقة امتصاص حرارية، و يكون مجمع المتصل مع قاعدة المدخنة شمسية، حيث يعمل هذا الأخير بتحويل الاشعاع الشمسي G (w/m^2) إلى سطح المجمع (m^2) A_{coll} الذي يتحول بدوره الى طاقة حرارية Q (W) كما يوضح الشكل (2 - 2) لمختلف التبادلات الطاقوية في المجمع :



الشكل (2.2): رسم تخطيطي لمختلف التبادلات الطاقوية في المجمع [6].

q_{ex} : التيار الحراري للهواء المحيط	h_{gf} :معامل الحمل الحراري بين سطح صفيحة وهواء مجمع .
q_{gc} : التيار الحراري للهواء داخل المجمع .	h_{fx} :معامل الحمل الحراري بين سطح المجمع وهواء المجمع.
S_1 و S_2 سطح الصفيحة و المجمع على التوالي.	h_{ex} : معامل الحمل الحراري بين سطح المجمع والهواء المحيط.
T_g و T_c و T_a : درجات الحرارة لسطح الصفيحة والمجمع والهواء المحيط على التوالي .	

يمكننا أن نعبر عن كفاءة المجمع τ_{coll} والتي هي عبارة عن نسبة من كمية الحرارة للمجمع كهواء مسخن $\dot{Q}$ والإشعاع الشمسي والمقاس ب(W / m2) كالتالي [1] :

$$\tau_{coll}=\frac{\dot{Q}}{G.A_{coll}} \quad (2.2)$$

كما يمكننا أن نعبر عن $\dot{Q}$ كمية الحرارة باعتبارها تحت ظروف ثابتة بدلالة تدفق الكتلة والسعة الحرارية النوعية للهواء وفرق في درجة الحرارة بين تدفق المجمع وتدفق الهواء .
نعتبر ΔT كتالي :

$$(\Delta T = T_{out} - T_{in}) \quad (3.2)$$

تعطى معادلة التوازن الطاقة للمجمع[1]:

$$\dot{Q} = \dot{m}.c_p.\Delta T = \dot{\tau}\alpha.G.A_{coll} - h.A_{coll}.\Delta T_a = G.A_{coll}.\tau_{coll} \quad (4.2)$$

حيث أن ΔT_a هي الفرق في درجة حرارة المتوسطة للوح المجمع T_p ودرجة حرارة المحيط T_0 وهي وتصاغ كتالي

$$(T_p - T_0 = \Delta T_a) \quad (5.2)$$

حيث أن $\dot{m}$ هو معدل التدفق الكتلي للهواء الساخن الذي يمر عبر مدخنة شمسية ويمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية [8]:

$$\dot{m} = \rho_{air}.A_{ch}.V_{ch} \quad (6.2)$$

تعبر V_{ch} عن سرعة مدخنة (m/s) و A_{ch} عن مساحة مقطع العرضي للمدخنة بm^2 .

ومنه الان نستطيع تعويض في $\dot{Q}$ بـ$\dot{m}$ من المعادلة (4.2)و(6.2) في (2.2) نحصل على العلاقة التالية [1]:

$$\tau_{coll} = \frac{\rho_{air}.V_{ch}.A_{ch}.C_p.\Delta T}{G.A_{coll}} \quad (7.2)$$

كما يمكننا أيضا أن نعبر عن كفاءة مجمع باستخدام العلاقة التالية [8]:

$$\tau_{\text{coll}} = \tau\alpha - \text{h}\frac{\Delta T_a}{G} \qquad (8.2)$$

ومنه نتحصل على سرعة المدخنة[1] :

$$V_{\text{ch}} = \frac{\tau\alpha.\text{A}_{\text{coll}}.\text{G} - \text{h}.\Delta\text{Ta}.\text{A}_{\text{coll}}}{\rho_{\text{air}}.\text{A}_{\text{ch}}.\text{C}_{\text{p}}.\Delta\text{T}} \qquad (9.2)$$

هذه المعادلة مستقلة عن الارتفاع سقف مجمع، بسبب إهمال خسائر الاحتكاك، وتخزين الأرضي في المجمع حيث أن :

A_{ch} :هي مساحة مقطع عرضي للمدخنة شمسية .

G :الاشعاع الشمسي (w/m^2) .

C_{p}: الحرارة النوعية للهواء ($J/\text{kg k}$) .

h: معامل الحمل الحراري ($W/\text{k m}^2$) .

$\tau\alpha$: معامل النفاذية والامتصاصية .

إنه من الضروري معرفة درجة الحرارة لذلك يكمن تقدير القيمة بطريقة مستخدمة من قبل schlaich الذي عبر عنها بالمعادلة التالية [2]:

$$\Delta T = \frac{2.\dot{Q}}{A_{CH}.h_{ch}.F_R}\left(1 - F''\right) \qquad (10.2)$$

حيث أن F_R هي معامل الازالة الحراري (heat removal factor) .

ويعطى بالعلاقة التالية [2]:

$$\text{F}_{\text{R}} = \frac{2.\dot{\text{m}}.\text{c}_{\text{p}}}{2.\dot{m}.F''.C_p + A_{coll}.h_{coll}} \qquad (11.2)$$

كفاءة المجمع F'' .

2-3-3 المدخنة (البرج) :

هو العنصر الذي يعمل كمحرك حراري والذي يتألف من جدران أسطوانية [2] وكما يمكن تحديد كفاءة المدخنة التي تعبر عن تحويل تدفق الحرارة إلى طاقة حركية [1]

يمكن التعبير عن كفاءة بالعلاقة التالية [2] :

$$\tau_{\text{ch}} = \frac{P_{tot}}{\dot{\text{Q}}} = \frac{g.H_{ch}}{\text{C}_{\text{p}}.\text{T}_0} \qquad (12.2)$$

ومنه تصبح العلاقة [2] :

$$P_{tot} = \tau_{ch}.\dot{Q} = g.H_{ch}.\rho_{col}.A_{ch}.V_{ch}.\frac{\Delta T}{T_0} \quad (13.2)$$

حيث أن H_{ch} هي ارتفاع المدخنة الشمسية ب(m) .

كما نلاحظ أنها تتعلق بسرعة المدخنة الشمسية (m/s) V_{ch} وارتفاعها و T_0 حرارة المحيط .

وأيضا من الواضح ان كفاءة المدخنة تعتمد فقط على ارتفاعها H_{ch} في حين لا نجد سرعة التدفق وارتفاع المجمع[1].

نستطيع الان حساب الفرق في الضغط الذي يتم إنتاجه بين قاعدة المدخنة ومناطق المحيطة بها والذي ينشئ من تحويل تدفق الحرارة منتجة من قبل المجمع الى طاقة حركية وكامنة، وبتالي إختلاف الكثافة هواء الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة يعمل كقوة دافعة والذي يمكن حسابه بالعلاقة التالية [2] :

$$\Delta P_{tot} = g.\rho_{coll}.H_{ch}.\frac{\Delta T}{T_0} \quad (14.2)$$

كما نستطيع معرفة سرعة المدخنة كما يلي :

لدينا الفرق في الضغط هو [3] :

$$\Delta P = g.(\rho_{air} - \rho_{coll}).H \quad (15.2)$$

وكذلك علاقة استطاعة التدفق الكلي [3] :

$$P_{tot} = \Delta P.V_{MAX}.A_{coll} \quad (16.2)$$

V هي السرعة لتدفق القصوى (m/s) .

وكذلك الاستطاعة تعطى بالعلاقة التالية [4]:

$$P_{tot} = \frac{1}{2}\dot{m}.V_{MAX}^2 \quad (17.2)$$

ومنة السرعة القصوى المدخنة هي[4]

$$V_{MAX} = \sqrt{2\ g.H_{ch}.\frac{(\rho_{air}-\rho_{ch})}{\rho_0}} \quad (18.2)$$

وكذلك يمكن تعبير عنها بشكل اخر [7] :

$$V_{MAX} = \sqrt{2\ g.H_{ch}.\frac{(\Delta T)}{T_O}} \quad (19.2)$$

4-3-2 التربينات :

يقع التربين في الجزء السفلي من المدخنة الشمسية حيث أن الحد الاقصى لطاقة الميكانيكية التي تستهلكها تربينات الموصى بها من قبل *schlaich* [8] :

$$P_{tur-max} = \frac{2}{3}.V\,A_{ch}.\Delta P_{tot} \quad (20.2)$$

وكذلك الحرارة التي يمتصها (يستقبلها)المجمع الشمسي يكمن كتابتها على النحو التالي[3]:

$$\dot{Q} = G\,.\tau_{coll}.A_{coll} \quad (21.2)$$

ومنه يكمن تعويض كلا من العلاقات (2.12) و (2.19) في (2.18) لنحصل على الاستطاعة العظمى لتربين[3] :

$$P_{tur-max} = \frac{2}{3C_P.T_0} g\,.G.H_{ch}\,.\tau_{coll}.A_{coll} \quad (22.2)$$

اذا كانت كفاءة مولد محددة تصبح الاستطاعة الكهربائية في مدخنة الشمسية كالتالي[3]:

$$P_{elec} = \tau_{elec}\,.P_{tur-max} \quad (23.2)$$

ومنه تصبح العلاقة نهائية كالتالي [3] :

$$P_{elec} = \frac{2}{3C_p.T_0}.g.H_{ch}.G.A_{coll}.\tau_{coll}.\tau_{elec} \quad (24.2)$$

2-4 معادلة التوازن الطاقوية:

تهدف معادلة توازن الطاقة بشكل بسيط الى تمثيل للنظام والى نضر الى الفرق بين مدخول الطاقوي والإنتاج الطاقوي .

يمكن ان نعبر عن معادلة توازن الطاقة بأنها : الطاقة الداخلة = الطاقة الخارجة +الطاقة المخزنة

$$E_{in} = E_{out} + E_s \quad (25.2)$$

هي في الاساس مجرد إعادة تفسير لديناميكا الحرارية الأساسية، حيث أنه لا يمكن خلق الطاقة أو إزالتها، ويجب أن يتم حسابها بشكل أو بآخر بما يعرف بمبدأ إنحفاض الطاقة في هذه الحالة تظهر الاختلافات بين الطاقات الداخلة والخارجة كتغير في الطاقة المخزنة . [9]

2-4-1 معادلات التوازن الحراري:

معادلة التوازن الطاقة لتيار الهواء الساخن داخل المجمع [5] :

$$\rho.V.C_pH_{ch}.\frac{\partial T}{\partial r} = h_c.(T_f - T_c) + h_c.(T_f - T_e) \quad (26.2)$$

نعتبر نقل الحرارة بالحمل لسطح التلامس ومنه نقوم بمكاملة المعادلة السابقة لنحصل على درجة حرارة السطح [5] :

$$T_{f(r)} = \frac{1}{2}\left[T_C + T_e + (2.T_a + T_C + T_e)e^{\frac{2.\pi.h}{cp}(r^2 - r_0^2)}\right] \qquad (27.2)$$

5-2 الخاتمة :

في هذا الفصل تم التعريف بالدراسة النظرية وذلك بإنشاء نموذج رياضي ساعدنا في تحليل المعادلات كمعادلة توازن الحراري والسرعة والاستطاعة الكهربائية ، وهي متحكمة في مختلف الظواهر التي تحدث في المدخنة الشمسية، وهذا مما يسهل علينا لاحقا تفسيرها وإعطاء نظرة اعمق لإمكانية تحقق من صحة نتائج معينة، وبالتالي تحقق من كفاءة من اداء المدخنة الشمسية .

مراجع الفصل الثاني:

[1] Amin mohamed el-ghonemy, solar chimney power plant with collector, iosr journal of electronics and communication engineering (IOSR-JECE*)* ,ISSN: 2278-8735.volume 11, Issue 2, Ver. I PP 28-35 (Mar-Apr .), 2016 **.**

[2]Mohamed Ramzi Jemli et all, Experimental investigation of solar tower with chimney effect installed in CRTEn, Tunisia, Research and Technology Center of Energy, P.B N_95, 2050, Hammam Lif, Tunisia 2016.

[3]Salman hashim hammadi, solar chemney power plant in basrah, basrah journal for engineering sciences,2009 .

[4]mehiri ahmed yacine et ben mazouzia Mohamed Fares, Expérimentation de l'effet des différents paramètres **d**imensionnels sur les paramètres énergétiques d'une cheminée solaire, Mémoire, Génie Mécanique, universitè kasdi merbah ouargla,01/06/2017.

[5]Mehrdad Ghalamchi et all, An experimental study on the thermal performance of a solar chimney with different dimensional parameters, Renewable Energy,91, 477e483 ,2016 .

[6] Penghua Guo et all, Experimental study on an indoor scale solar chimney setup in an artificial environment simulation laboratory, journal Applied Thermal Engineering, VOL107, PP 881, 826 , 2016 .

[7] frank p. incropera et all,fundametalas of heat and mass transfer, sixth edition ,pp. 564,

[8] Jorg. Schlaich, Solar Chimney Electricity from the Sun deutsche , vertages anstalt, Stuttgard, p.16,1994.

الفصل الثالث

التجربة ومناقشة النتائج

1-3 المقدمة

تتم في هذا الفصل الدراسة التجريبية لتحقق من اداء نضام المدخنة الشمسية لنموذج المصغر في ولاية الوادي ، حيث يتم دراسة عدة متغيرات كارتفاع المدخنة وقطر الجامع وكذلك تأثير ظروف المناخية كدرجات الحرارة والإشعاع الشمسي على نسبة الخرج الطاقوي، حيث اخترنا حالتين لدراسة مدخنة الشمسية وجود عازل حراري وحالة نزع العازل.

2-3 موقع وخصائص منطقة الدراسة (الوادي):

مدينة الوادي ولاية الجزائرية تقع في الجهة الشمالية الشرقية من الجنوب الجزائري، تنحصر فلكيا بين دائرتي عرض 31 و 34 شمالا وبين خطي طول 6 و 8 شرقا، يحدها من الشمال ولايات تبسة وخنشلة وبسكرة، ومن الغرب الجلفة و ورقلة ومن الجنوب ورقلة، ومن الشرق الخط الحدودي مع الجمهورية التونسية [1].

كما تمتاز منطقة الوادي فضلا عن موقعها الفلكي والجغرافي بخصائص أخرى التي تساعدها لتكون منطقة مثلى لدراسة، وبذلك تساعدها على استثمار للطاقة الشمسية فكونها تقع ضمن الحزام الشمسي الذي يمتاز[2]:

- ✓ كمية الاشعاع الشمسي : $6100 - 5700\ kWh/m^2$.
- ✓ مدة السطوع الشمسي :حوالي 3900 ساعة في السنة .
- ✓ معدل الطاقة المتحصل عليها تقدر ب: $2650\ kWh / m^2 /ans$.
- ✓ درجات الحرارة المتوسطة $32\ C°$.

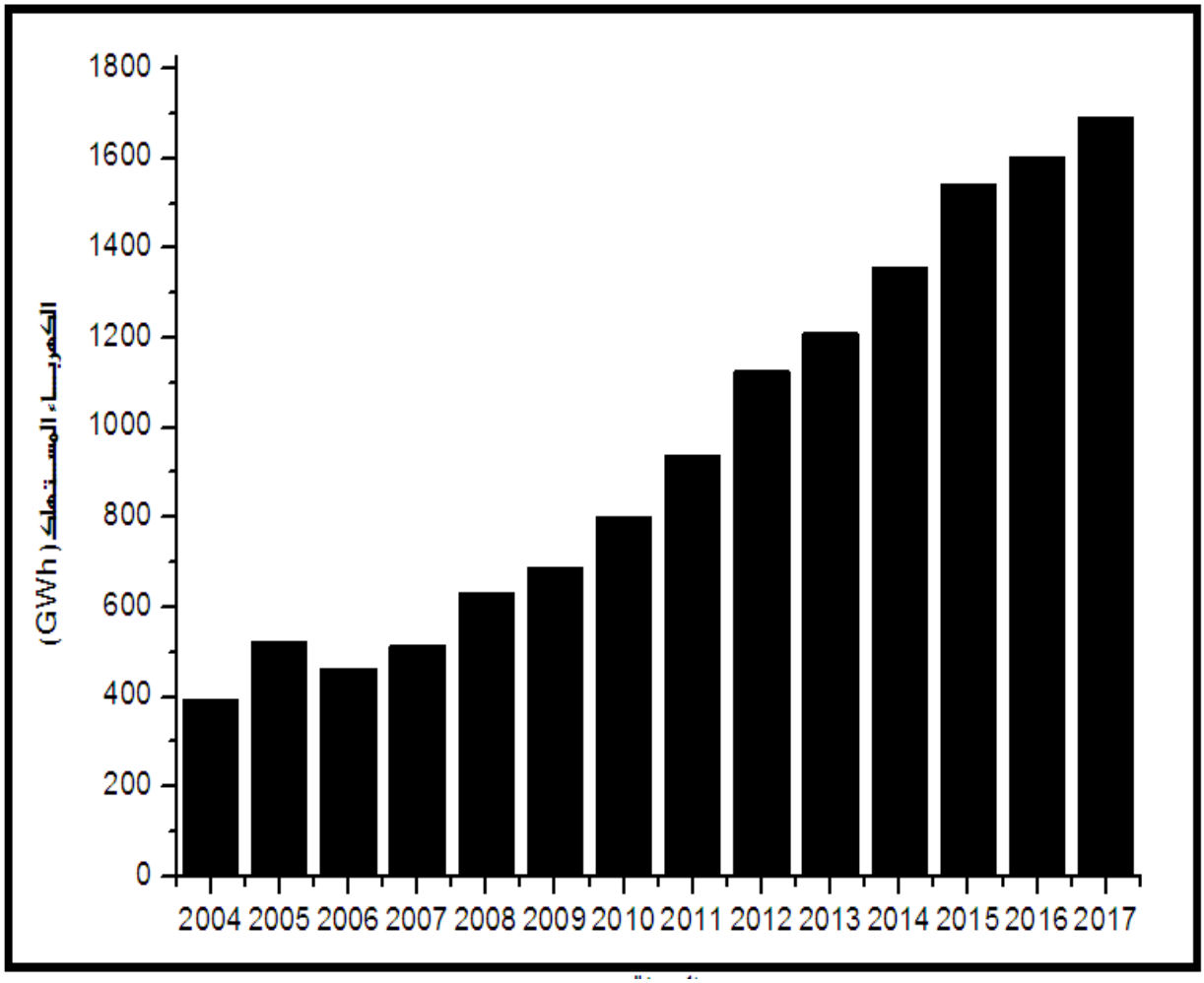
3-3 هدف من اختيار منطقة الدراسة:

- ✓ منقطة ذات إمكانيات هائلة مما تحتويه من طاقة شمسية و توفر الاشعاع الشمسي العالي و أيام مشمسة في معظم أيام السنة .
- ✓ اظهار هذه الامكانية الهائلة الغير مستثمرة قي ولاية الوادي بالنسبة لطاقات الشمسية نضرا لموقعها الفلكي والجغرافي وظروفها المناخية .
- ✓ الكشف عن ثروات المنطقة (الوادي) وإبرازها صناعيا مما تحتويه من خيرات .
- ✓ توفر ما يكفي من الطاقة لتشغيل نضام الدراسة .
- ✓ المعرفة المسبقة للمنطقة وإلمام بها .

4-3 الهدف من الدراسة :

- تحسين فعالية هذه الأنظمة ورفع من مردودها الإنتاجي بالكشف عن العوامل المؤثرة بها .
- تحديد العوامل المختلفة والمتغيرات على اداء محطة الطاقة.
- استغلال التقنيات والتكنولوجيات المتاحة .
- استغلال القدرات الطاقوية غير الاحفورية .
- تقديم تقنية ذات سعر رخيص وذو كفاءة معتبرة و جديدة لإنتاج الكهرباء خاصة بالنسبة للمناطق النائية والبعيدة عن شبكة الكهرباء .
- تقديم حلول بديلة لجملة المشاكل الطاقوية المضرة بالبيئة والمسببة للاحتباس الحراري وغيرها .

مع تزايد المستمر لاستهلاك الكهرباء في ولاية الوادي لتغطية الطلب المتصاعد عليه من عدة قطاعات حيث أن اغلب الكهرباء المنتجة هي من الوقود الاحفوري، حيث أنه سيصل في سنة 2030 إلى 3000GWh، كان من المهم أخذ خطوات تغزز مصادر الطاقات البديلة لهذه الطاقة كالمدخنة الشمسية والمخطط التالي يوضح **الشكل (1.3)** هذا التزايد للاستهلاك للمنطقة



الشكل (1.3): منحنى توزيع استهلاك الكهرباء السنوي في ولاية الوادي بالجزائر[3]

5-3 الأبعاد الهندسية لنموذج التجريبي:

نلخص أهم قياسات هندسية لاداء احسن للمدخنة الشمسية في الجدول التالي :

الجدول (1.3): قياسات الهندسية لنموذج المدخنة الشمسية لولاية الوادي

البيانات	الابعاد
ارتفاع المدخنة	3m
قطر المدخنة (حامل التربين)	10Cm
ارتفاع مدخل المجمع	8cm
قطر المجمع	2 m
بعد المجمع عن الارض	15 cm

الشكل (2.3): صورة تبين نموذج التجريبي للمدخنة الشمسية في ولاية الوادي.

6-3 خصائص مواد المستعملة في نموذج التجريبي للمدخنة الشمسية :

جدول (2.3): المواد المستعملة في مدخنة الشمسية وخصائصها

المجمع	
الإنبعاثية	0.97
توصيل الحرارة	0.2w/m.k
معامل الانكسار	1.591
الكثافة	1200Kg/m^3
السعة الحرارية	1300j/kg.k

المادة	الحديد
الممتص (المادة لاصقة على المجمع)	
الإنبعاثية	0.92
توصيل الحرارة	0.52w/m.k
السعة الحرارية	1840J/kg.k
الخشونة	0.9
الكثافة	2060Kg/m^3
المادة	بولي كربونات
المدخنة	
الإنبعاثية	0.91
توصيل الحرارة	0.14w/m.k
السعة الحرارية	500j/kg.k
الكثافة	1380Kg/m^3
المادة	PVC

7-3 أجهزة القياس المستعملة في التجربة:

1-7-3 جهاز قياس الاشعاع الشمسي (Solari mètre):

وهو جهاز إلكتروني يحول الاشعاع الشمسي الى قراءة مباشرة على الحاسوب و تعطى القيمة الحقيقية للإشعاع الشمسي ب w/m^2 .

الشكل (3.3): صورة تبين جهاز قياس الاشعاع الشمسي

2-7-3 المولد الكهربائي : وتعطى كفاءة الخاصة بالمولد كالتالي [6]: $\tau_{elec} = 0.9$.

الشكل (4.3) :صورة تبين المولد الكهربائي .

3-7-3 جهاز الانيمومتر : هو جهاز لقياس سرعة الهواء داخل نقاط المجمع

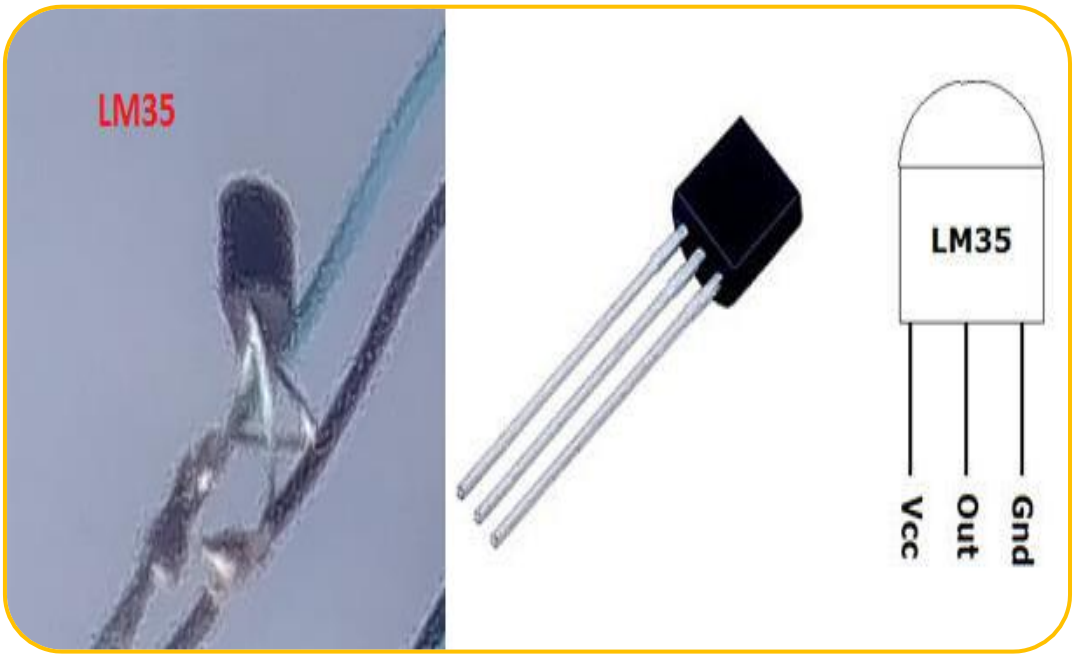
الشكل (5.3): صورة تبين جهاز لقياس سرعة الهواء .

4-7-3 جهاز الترموكوبل (thermocouples) :

الشكل (6.3) : صورة جهاز الترموكوبل لقياس درجة حرارة الجو .

5-7-3 لاقط الحرارة :

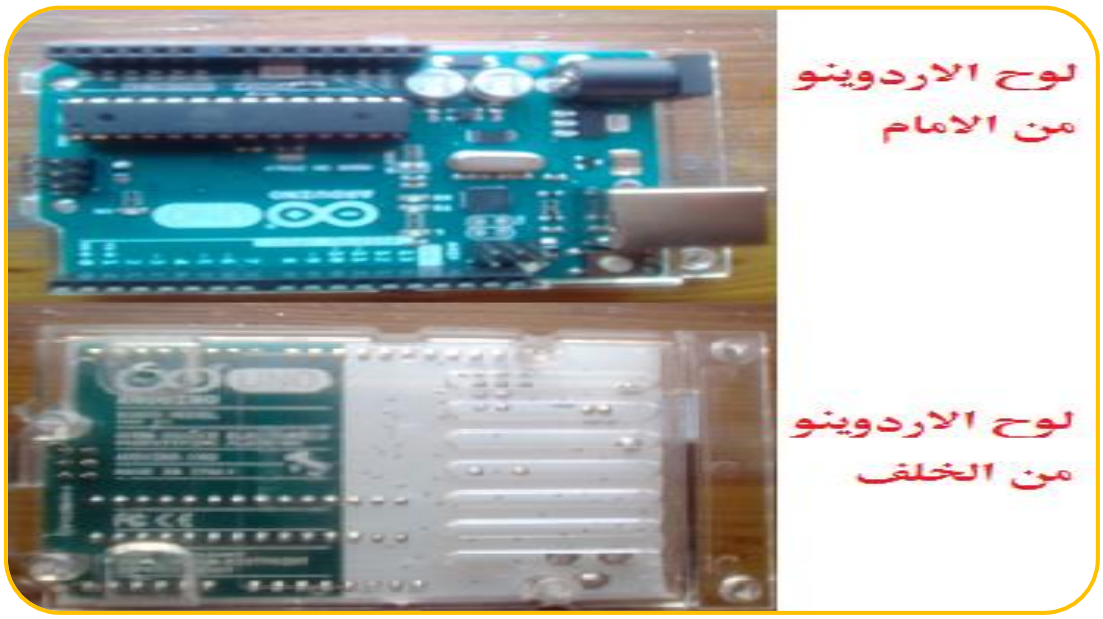
هو عبارة عن مركب إلكتروني يمكنه ترجمة معلومات الوسط الخارجي من ظواهر متعددة إلى إشارة كهربائية قابلة للمعالجة وقد استعملنا الاقط الحراري LM35 الذي يعمل مع الاردوينو.



الشكل (7.3): صورة تبين لاقط الحرارة .

6-7-3 لوح الأوردوينو:

هو عبارة عن لوح الكتروني يسهل عملية برمجة المتحكمات لتسهيل استخدامها في المشاريع الالكترونية المختلفة، كما يتكون من دائرة الكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق يتم برمجتها عن طريق الحاسوب، الذي يوصل به بواسطة USB وهناك عديد من مداخل والمخارج الرقمية وتوجد الكثير من الملحقات المتوفرة له من مجسات الصوت والحرارة والرطوبة وغيرها كلها تعمل كمنظومة لتسهيل تنفيذ الافكار، كما أنه أشبه بحاسوب صغير قادر على التفاعل بشكل أفضل مع معدات مرتبطة به خلاف الحاسوب العادي، وهنا قد استعملنا لوح الاردوينو من نوع Arduino uno [4] كما هو واضح في الصورة التالية :



الشكل (8.3): يبين صورة لوح الاردوينو.

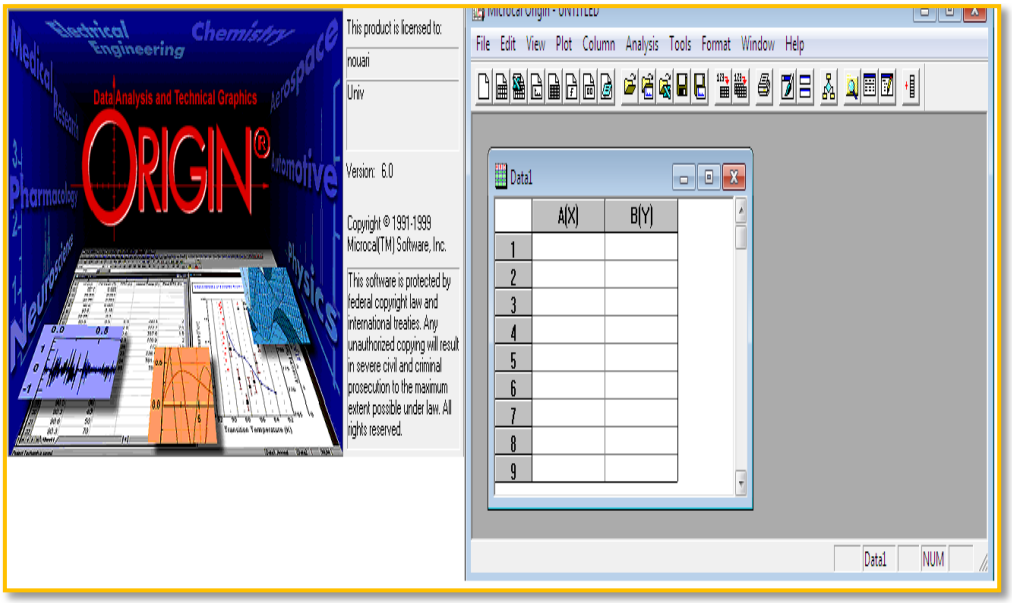
7-7-3 الديناومتر :

هو الة تستخدم لقياس عزم الدوران المحركات وقياس الطاقة وقدرة التي ينتجها الالة أو محرك عن طريق قياس سرعة دوران .

8-3 البرامج المستعملة :

1-8-3 برنامج الاوروجين origin :

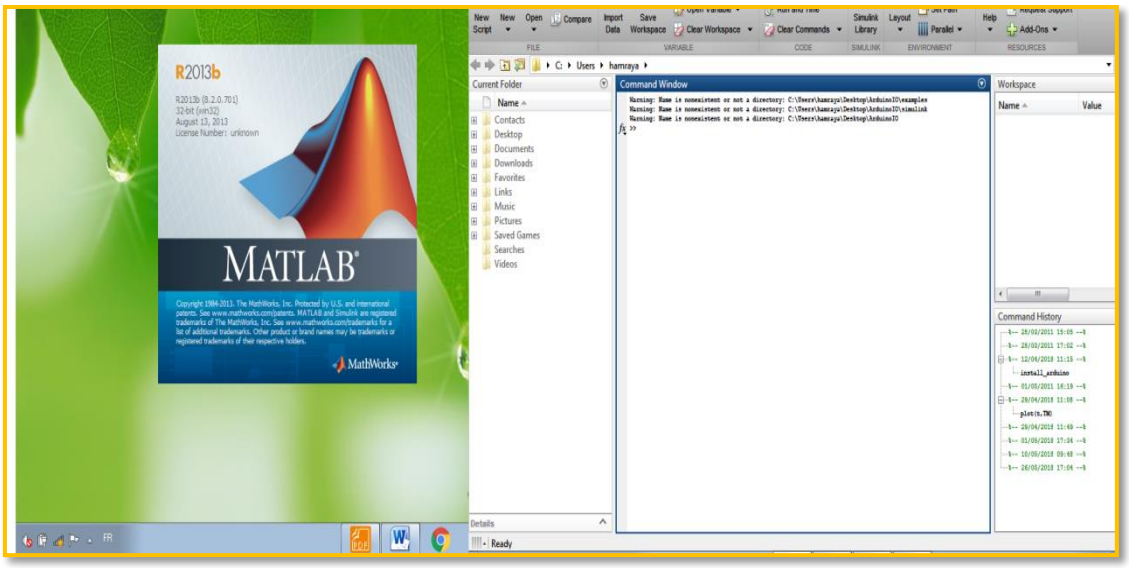
هو برنامج متخصص في رسم وتحليل ومعالجة بيانات مختلقة كما يمتاز بسهولة إستدعاء برامج مختلفة كالماطلاب و الاكسل.



الشكل (9.3): صورة يبن برنامج الاوروجين .

3-8-2 برنامج الماطلاب:

يعتبر الماطلاب أحد أهم البرامج التي تنتج بيئة برمجية عالية المستوى، بالإضافة لبيئة المحاكاة لأنظمة هندسية مختلفة فقد تم مؤخرا إضافة مكاتب خاصة بنظم القدرة وطاقات المتجددة، فهو أحد البرامج التي أساسية لدراسة الأكاديمية والبحث العلمي فلديه العديد من المزايا مقارنة مع لغات الكمبيوتر الاخرى التقليدية منها سهولة التعامل [5] وهنا قد استعملنا الماطلاب لربطه مع الاردوينو .

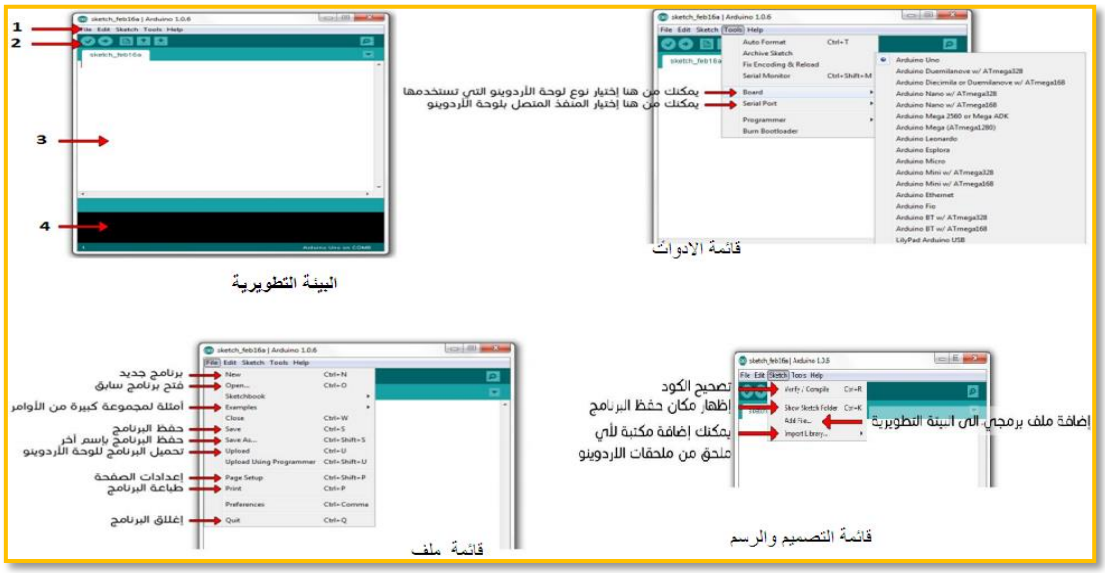


الشكل (10.3) : صورة تبين عمل ببرنامج الماطلاب .

3-8-3 برنامج الاردوينو:

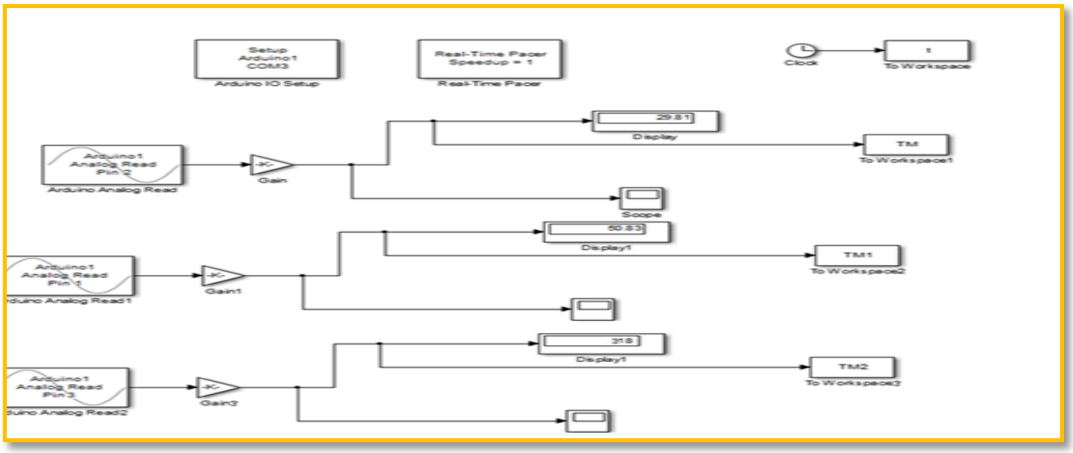
يعتبر من أبسط لغات البرمجة استعمالا ،حيث يتم برمجة لوحة الاوردوينو بلغة Arduino C التي تم اشتقاقها من لغة C ، كما يحتوي بيئة التطوير المتكاملة التي تشمل على أربعة أقسام رئيسة كما في الصورة [4] :

- شريط القوائم .
- شريط الادوات .
- منطقة كتابة الاوامر والبرمجيات .
- منطقة التنبيهات والأخطاء البرمجية .

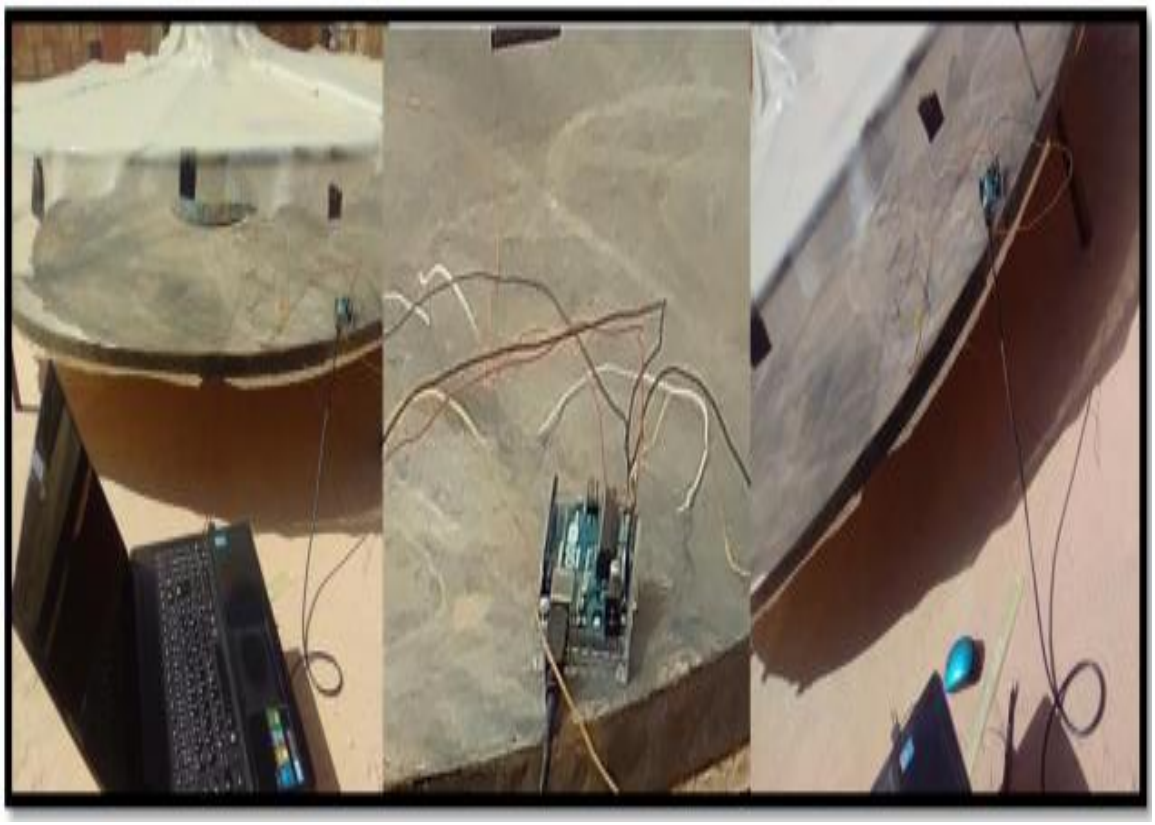


الشكل (11.3):صورة تبين البيئة التطويرية في الاردوينو .

حيث تم قياس درجات الحرارة بالمعدات الخاصة بالاردوينو الذي نستعمل الماطلاب لربط الاردوينو ولاقط والحاسوب عبر التوصيل كالتالي :



الشكل (12.3) :صورة تبين مخطط برنامج العمل مخصص لقياس درجة الحرارة بالاردوينو.



الشكل (13.3): كيفية القياس بالاردوينو لقياس درجة الحرارة

3-9 الظروف الجوية التي تمت فيها التجربة :

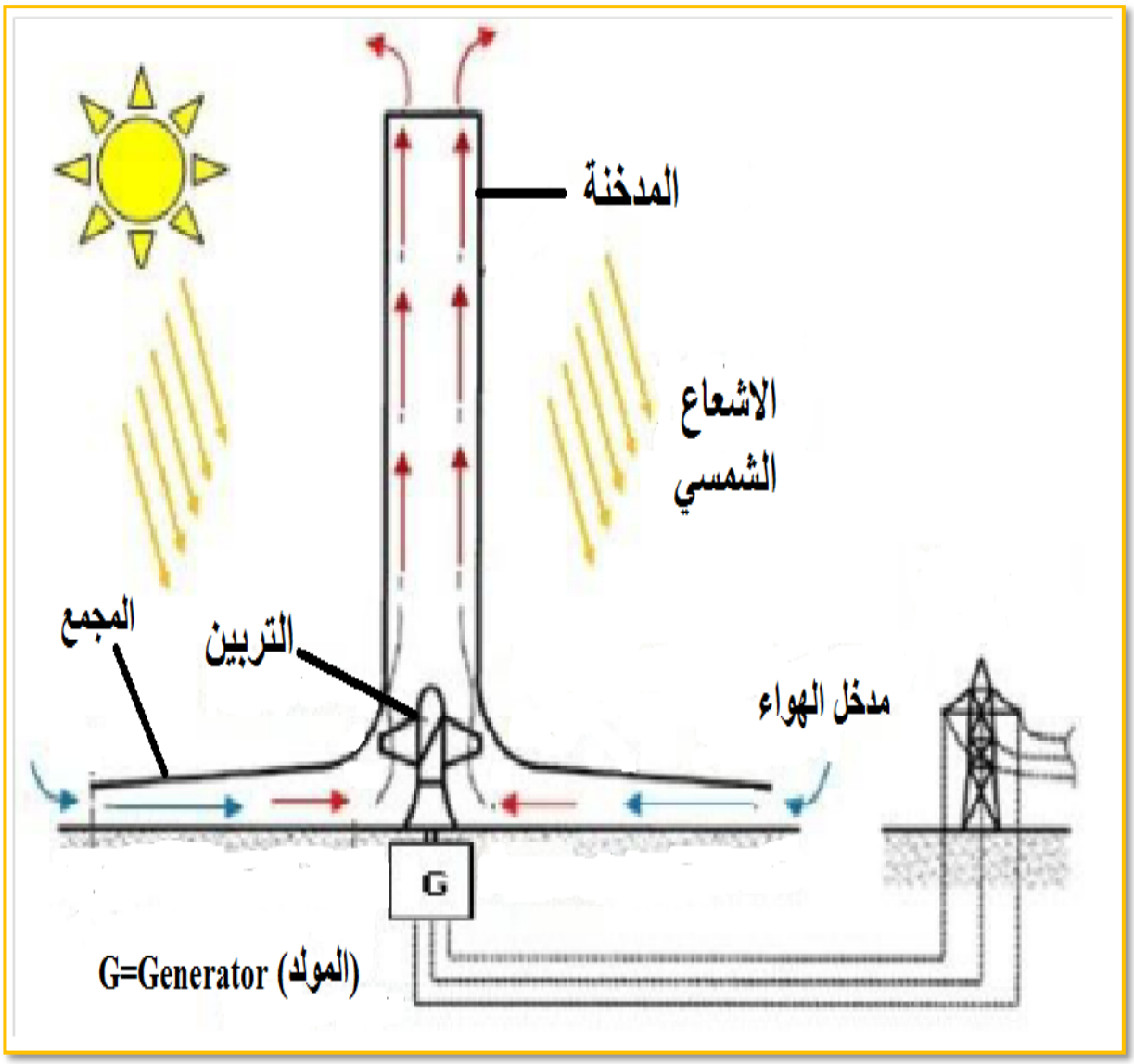
- سرعة الرياح km/h 14 .
- شدة الاشعاع الشمسي w/m2 (1200 - 800) .
- درجات الحرارة المحيطة 305k .

3-10 التجربة (3,4,5/ ماي / 2019) :

من خلال هذه الدراسة التجريبية لقياس اداء المدخنة الشمسية أجريت قياسات في الأيام الاولى لشهر ماي 3,4,5 ، وذلك على نموذج المدخنة الشمسية في الجنوب الشرقي للجزائر (ولاية الوادي) والظروف الجوية لهذه المنطقة ،بالنسبة لهذه التجارب تتم الدراسة وفحص عدة معطيات منها ارتفاع المدخنة وقطر الجامع على كمية الكهرباء المنتجة وقد اختير كذلك دراسة عدة حالات:

دراسة الأولى : تقدير كمية الطاقة الكهربائية المنتجة وتوزيع درجات الحرارة في وجود عازل حراري اسفل المجمع .

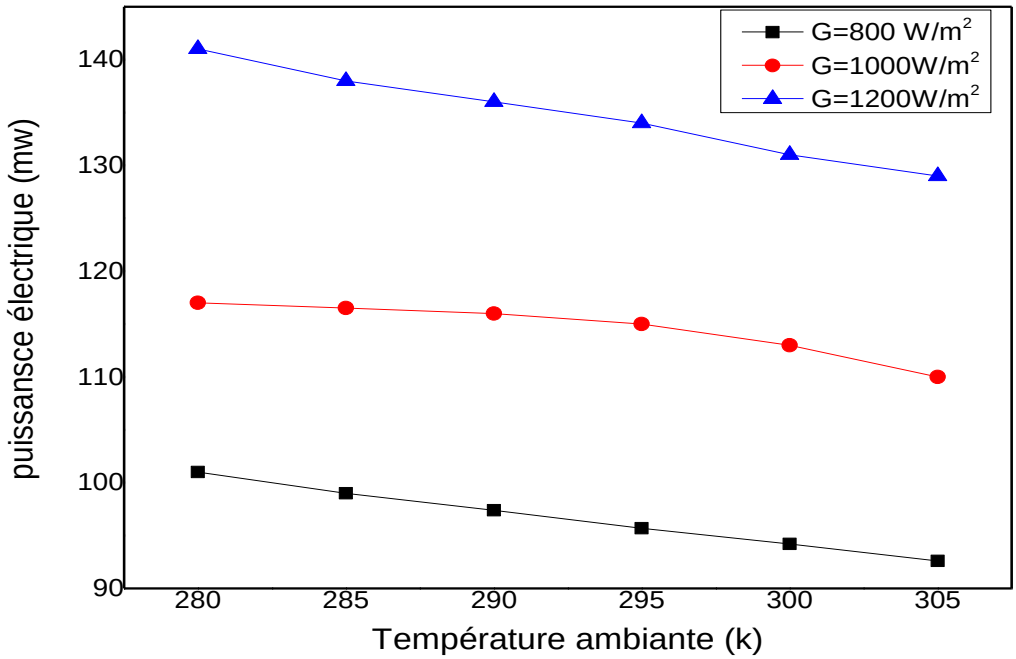
الدراسة الثانية : تقدير كمية الطاقة الكهربائية المنتجة وتوزيع درجات الحرارة في غياب العازل حراري اسفل المجمع .



الشكل (14.3): صورة تبين المدخنة الشمسية لانتاج الكهرباء .

11-3 النتائج التجريبية والمناقشة:

1-11-3 تأثير درجة حرارة الجو والإشعاع الشمسي على كمية الكهرباء المنتجة:



الشكل (15.3) : منحنى تغيرات الناتج الكهربائي بدلالة حرارة الجو والإشعاع الشمسي .

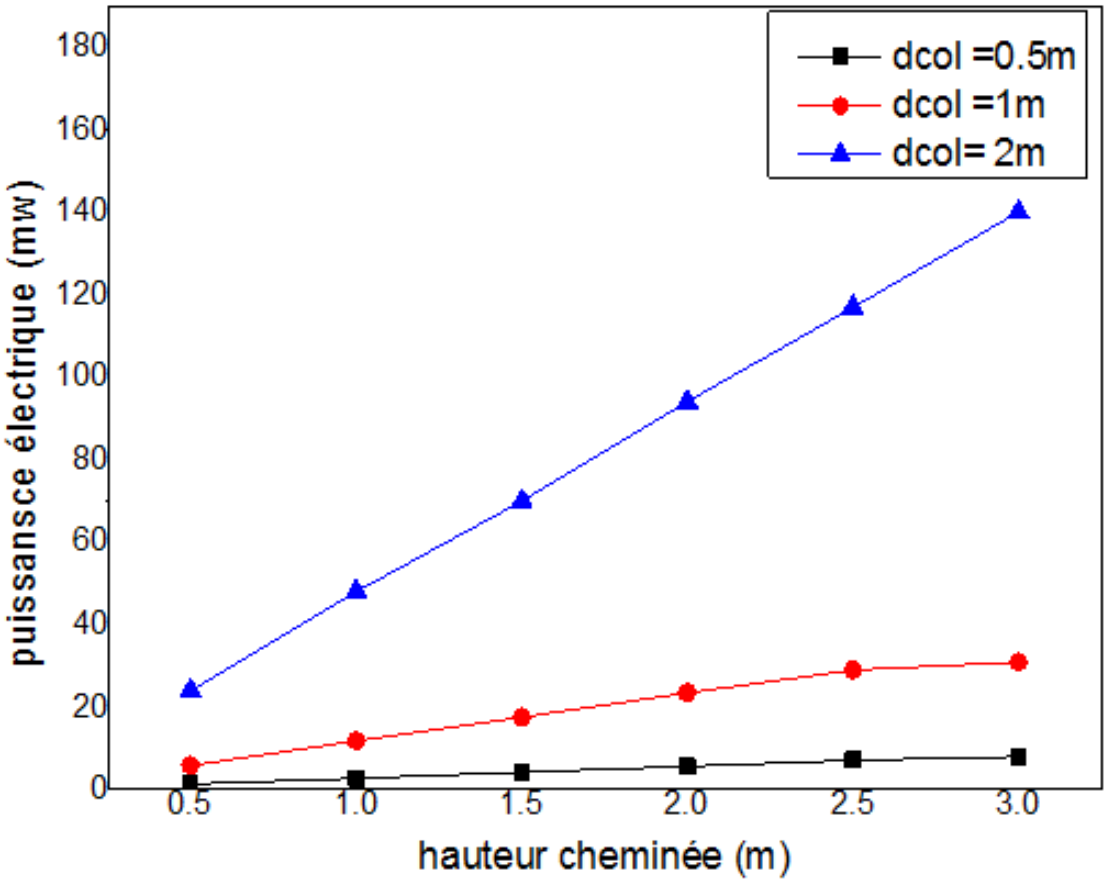
نلاحظ من الشكل (15.3) تغيرات كمية الكهرباء المنتجة بدلالة درجة حرارة الجو والإشعاع الشمسي، حيث سجلت أعلى قيمة لكمية الكهرباء المنتجة (mW) 142عندما كانت قيمة الإشعاع الشمسي $1200W/m^2$، ثم تناقصت هذه الكمية قليلا مع تزايد في حرارة الجو ،حيث يستمر هذا التناقص في كمية الكهرباء المنتجة في حالة اشعاع الشمسي $G=1000W/m^2$ ، حيث سجلت اعلى قيمة له (mW) 117 ،بينما سجلت اقل قيمة لكمية الكهرباء (W) 101وذلك عند الاشعاع الشمس $800\ W/m^2$.

ومنه نستنتج أن كمية الكهرباء المنتجة تتعلق بالإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو، فهي تتناسب طرديا مع الإشعاع الشمسي وعكسيا مع درجات حرارة الجو، وذلك حسب علاقة الإستطاعة الكهربائية

(2- 24)كما في الفصل النظري، وهذا التناقص سببه حرارة الجو التي تؤثر سلبا على الخرج الطاقوي ومنه على كفاءة المدخنة الشمسية، من الواضح إن تأثير الاشعاع الشمسي يكون أكثر منه من درجة الحرارة الجو لأننا نعتبرها في غالب ثابتة.

3-11-2 تأثير ارتفاع المدخنة وقطر المجمع على كمية الكهرباء المنتجة:

قيست كمية الكهرباء المنتجة تجريبيا حيث إنه أخذ قطر المجمع في كل مرة (0.5 m - 1m - 2m)، مع تثبيت لارتفاع المدخنة عند 3m وذلك عند الشروط التجريبية المذكورة سابقا والإشعاع الشمسي $1200W/m^2$ وكفاءة المجمع على نحو التالي [6]: (τ_{coll} =0.5) .



الشكل (16.3): منحنى تغيرات الانتاج الكهربائي بدلالة ارتفاع المدخنة وقطر المجمع .

نلاحظ زيادة مستمرة في كمية الكهرباء المنتجة مع تزايد في إرتفاع المدخنة و قطر المجمع، حيث سجلت أعلى قيمة للكهرباء المنتجة عند قطر المجمع d_{col} = 2m والتي بلغت (142mW)، بينما بلغت القيمة الدنيا (7mW)عند قطر المجمع d_{col} =0.5m، ثم تليها كمية الكهرباء للقطر d_{col} =1m التي بدورها كانت متزايدة مع تزايد ارتفاع المدخنة حيث وصلت أعلى قيمة لها (30.7 mW).

ومنه نستنتج أن كمية الكهرباء المنتجة تتناسب طرديا مع قطر المجمع وارتفاع المدخنة، فكلما زاد قطر المجمع كلما زاد معدل تدفق كتلة الهواء الداخل له، والذي بدوره ينتج طاقة حركية أعلى وبتالي إنتاج أكثر للكهرباء، وأيضا فإن زيادة في ارتفاع المدخنة حسب علاقة الاستطاعة الكهربائية في الجزء النظري تزيد في كمية الكهرباء، وهذا راجع لزيادة في فرق الضغط بين مركز المجمع ومخرج المدخنة.

3-11-3 توزيع درجات الحرارة:

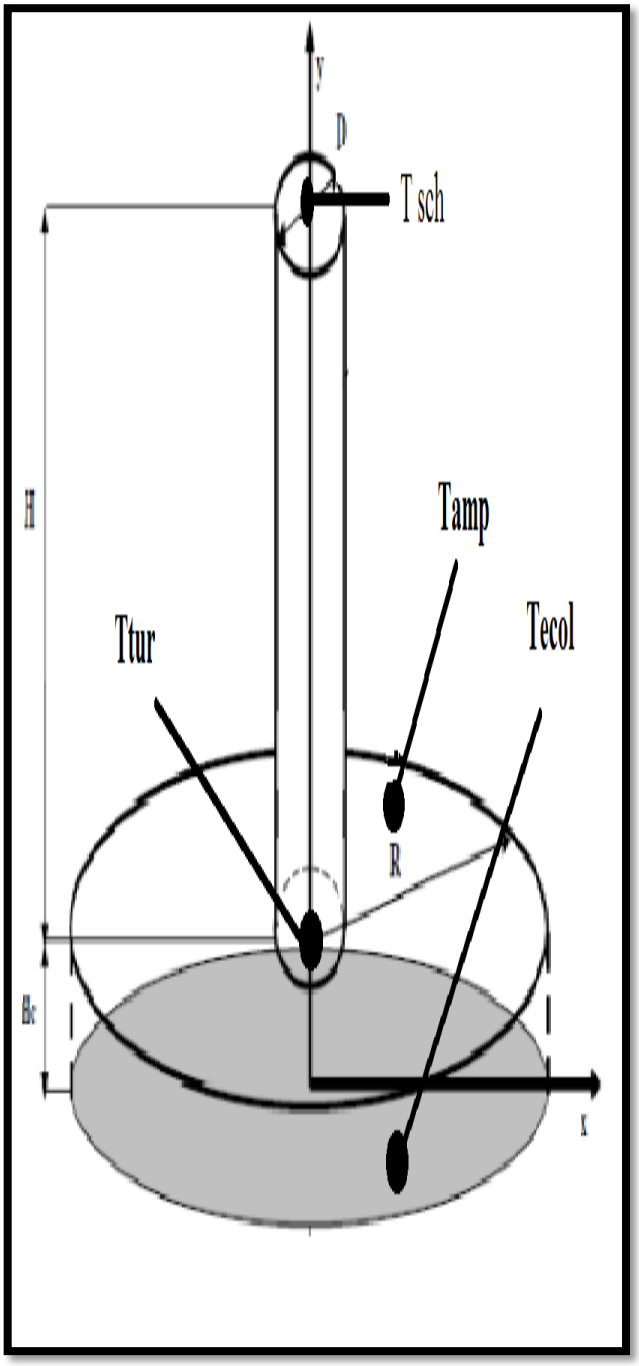
في هذه الدراسة يتم البحث عن إنتاج كمية الكهرباء الأعلى، حيث إن هناك العديد من العوامل التي تؤثر على تباين هذه القيمة، لذلك درسنا توزيع درجات الحرارة في عدة مناطق من للمدخنة الشمسية مع مرور الزمن وقد طبقت هذه التجارب على حالتين:

- التجربة الاولى : غياب العازل الحراري اسفل المجمع .
- التجربة الثانية : إضافة عازل حراري من مادة بولسترين (معامل الحمل الحراري $0.03\ W/m\cdot k$) أسفل المجمع .

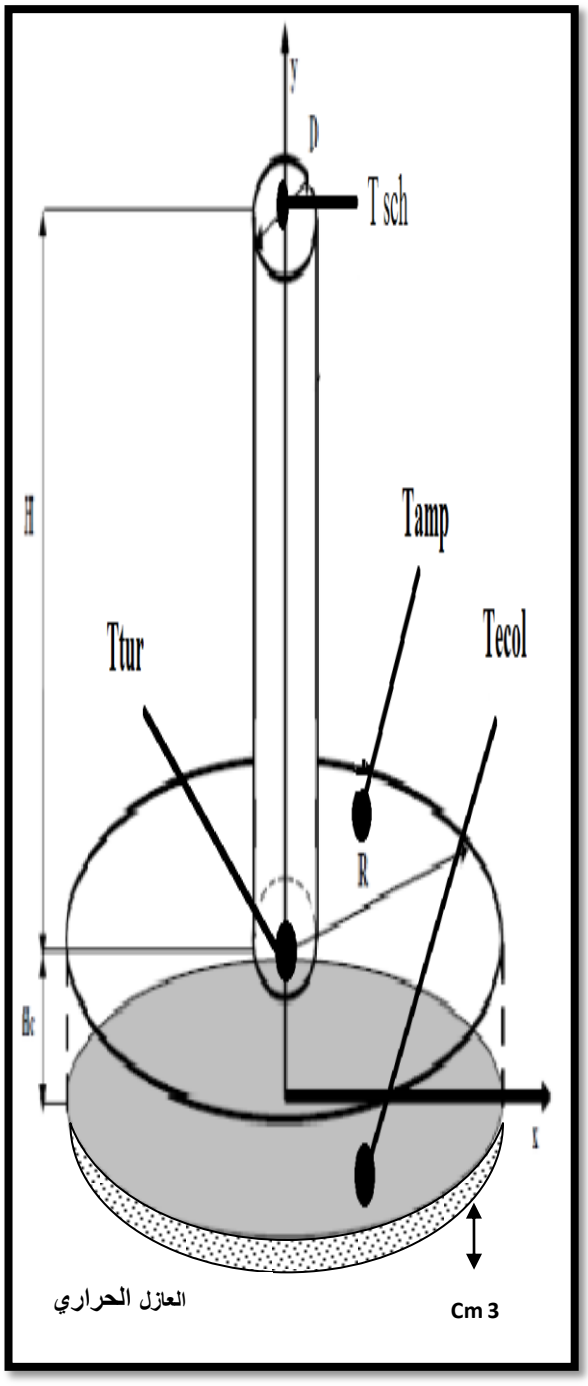
وقد وقع الاختيار على أربعة درجات حرارة موزعة على المدخنة الشمسية :

- ✓ T_{tur}: درجة حرارة مركز المدخنة (C°) .
- ✓ T_{sch} : درجة حرارة مخرج المدخنة (C°) .
- ✓ T_{ecol}: درجة حرارة مدخل المجمع (C°) .
- ✓ T_{amp}: درجة حرارة الجو (C°) .

وقد تم وضع اللواقط حرارية في الاماكن المحددة لها في كافة أرجاء المدخنة، والرسم التالي يبين مخطط توضيحي لوضع هذه اللاقط مع توضيح العازل الحراري الموضوع أسفل مدخنة .

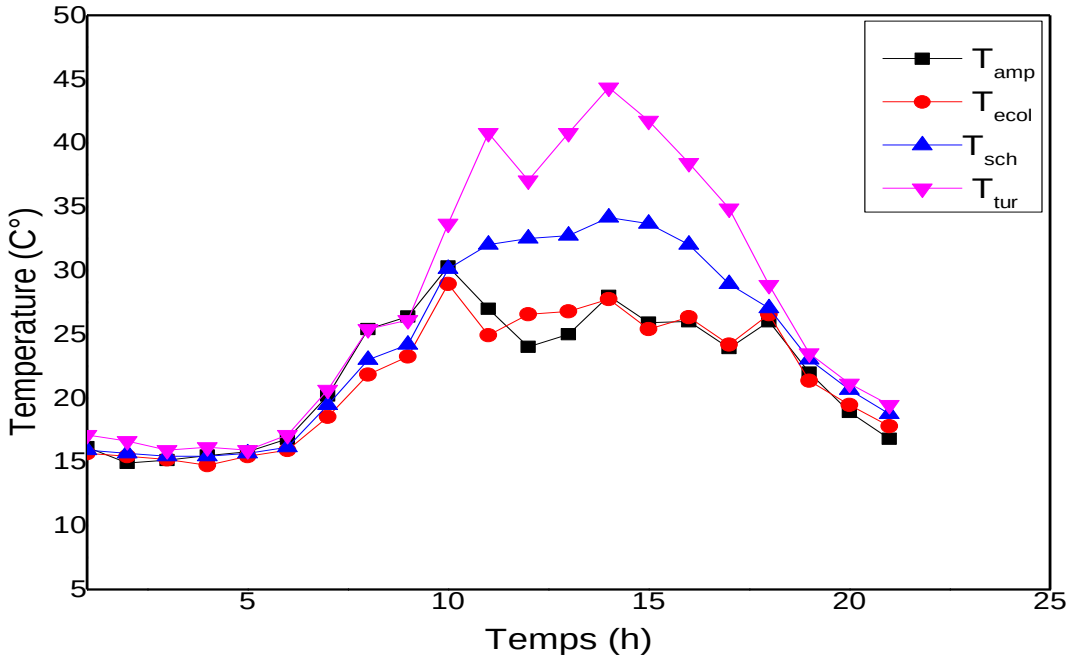


الشكل (3 - 17) :توزيع درجات الحرارة على المدخنة في غياب عازل حراري أسفل المجمع .

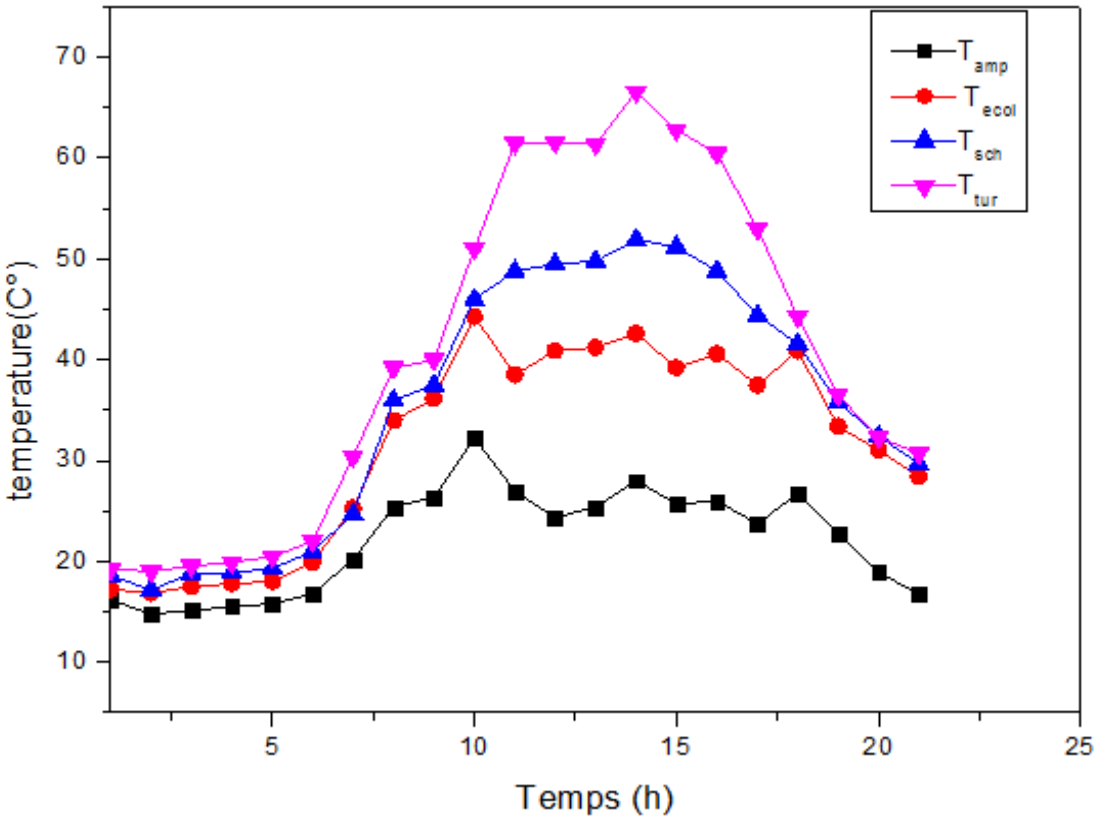


الشكل (3 - 18) :توزيع درجات الحرارة على المدخنة في وجود عازل حراري أسفل المجمع

3 - 11 - 4 درجات الحرارة في غياب ووجود العازل الحراري:



الشكل (3 - 19) : منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن في غياب العازل الحراري



الشكل (3 - 20) : منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن في وجود العازل الحراري

✓ **يظهر الشكل (3 - 19) منحنى تغيرات درجات الحرارة بدلالة الزمن في حالة غياب العازل الحراري**

من الواضح أن المنحنى يمكن تقسيمه إلى قسمين:

(10 h - 5 h): نلاحظ تزايد مستمر في درجات الحرارة مع الزمن لكل من مركز المدخنة ومخرج

ومدخل المجمع وحرارة الجو، وهي تقريبا نفسها على كافة مناطق المدخنة، وهذا راجع للغياب الجزئي لضوء أو الاشعاع الشمسي في هذه الفترة من اليوم .

(20 h - 10 h): نلاحظ وصول درجات الحرارة لقيمها العظمى في هذه الفترة من زمن وهو ما يتناسب مع وجود الاشعاع الشمسي لأقصى قيمه، كما تظهر زيادة خاصة لدرجة حرارة مركز المدخنة T_{tur} التي وصلت (50 C°)، ثم أخذت بالتناقص مع باقي ساعات اليوم بينما سجلت أقل قيمة للحرارة (29C° - 32 C°) لحرارة الجو، ثم تليها حرارة مدخل المجمعT_{ecol} ومخرج المدخنة T_{sch} سجلا زيادة أقل من حرارة مركز المدخنة، وذلك مع وصولهما لقيمها العظمى على التوالي (28,78 C° - 26,16C°) و (30 C° - 33 C°) ثم تناقصا في الفترات الأخرى وهذا راجع لتناقص الاشعاع الشمسي في هذه الفترة الزمنية من اليوم.

✓ **يوضح المنحنى(3-20) تغير درجات الحرارة بدلالة الزمن في حالة وجود العازل الحراري**

يمكننا أن نقسم منحنى إلى مرحلتين زمنيتين :

(10 h - 5 h) : نلاحظ زيادة ضعيفة في درجات الحرارة لهذه الفترة لكل من مركز المدخنة ومخرجها ومدخل المجمع، وهذا راجع لضعف في حرارة الجو التي تأثر على درجات الحرارة باقي عناصر المدخنة الشمسية .

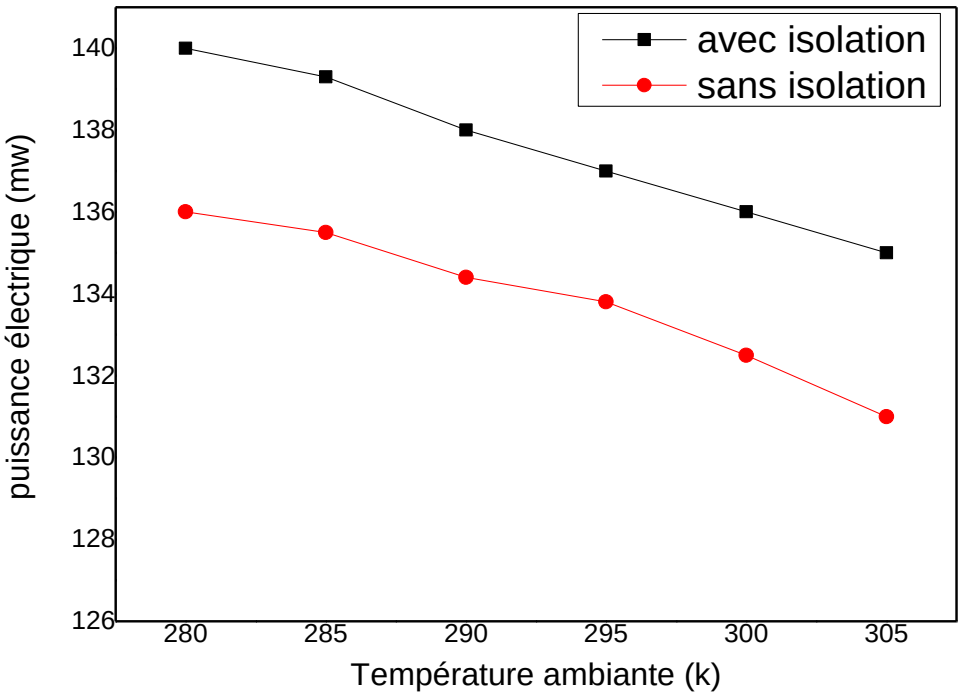
(20 h - 10h):نلاحظ أن حرارة مركز المدخنةT_{tur} وصلت لأقصى قيمها (67 C°)، ثم أخذت بالتناقص تدريجا مع باقي ساعات اليوم وذلك بسبب تأثير الإشعاع الشمسي .

- أيضا نلاحظ أن عرض حرارة مركز المدخنة T_{tur} أكبر بقليل من حرارة مدخل المجمعT_{ecol} ومخرج المدخنة T_{sch} وذلك لأنها أقل تأثيرا بالعوامل الخارجية، فهي تقع في مركز الهواء الساخن للمدخنة بينما أكثر حساسية بنظام العزل، حيث سجلت T_{tur} في وجود العزل زيادة واضحة أكثر منها في حالة تواجد النظام بلا عازل حراري ،وهذا راجع إلى زيادة فرق درجات الحرارة بين الهواء الداخل و الخارج من مدخنة الشمسية و الذي سببه العازل الحراري أسفل المجمع .
- كذلك فإن حرارة الجو لليوم تزايدت في هذه الفترة ووصلت لقيمتها العظمى عند (32 C°)، ثم تناقصت باقي ساعات، لكنها بالنسبة لتغيراتها في الحالتين مع وجود أو غياب العازل الحراري بقيت ثابتة في قيمها نسبيا، ومنه نستنتج أنها لا تتأثر به .
- ثم تليها حرارة مدخل المجمع T_{ecol} التي نلاحظ زيادة في درجات الحرارتها ووصلها لقيمتها العظمى عند (44 C°)، وذلك فارق حراري 10 C° درجات مؤوية كقيمة متوسطة ، وهذا يعود لتقليل من فقدان الحرارة بالتوصيل والحمل بواسطة إضافة العازل الحراري أسفل المجمع .
- كما تليها حرارة مخرج المدخنة T_{sch}التي بدورها سجلت زيادة في فارق حراري أيضا، حيث وصلت أقصاها عند (48 C°)، ومنه نستنتج أن حرارة مخرج المدخنة وحرارة مركزها تتأثر بالحرارة الخاصة بالمجمع، وهذا لان درجات الحرارة بينها روابط تؤثر بها على بعضها البعض ومنه تأثر على كمية كهرباء المنتجة وبتالي على الكفاءة .

3 - 11 - 5 تأثير العزل الحراري على الإنتاج الكهربائي:

بعدما رأينا تأثير العزل الحراري عل توزيع درجات الحرارة في المدخنة الشمسية، سنبحث في هذه الدراسة عن تأثيره على كمية الكهرباء المنتجة وذلك في درجة حرارة الجو (32 C°) وشروط التجريبية مذكورة سابقا والمنحنى التالي يظهر أهم النتائج متحصل عليها

.



الشكل (3 - 21): منحنى تغيرات الاستطاعة الكهربائية بدلالة درجة حرارة الجو في وجود وغياب عازل حراري أسفل المجمع

نلاحظ من الشكل تغيرات الاستطاعة الكهربائية بدلالة درجة حرارة الجو في حالة وجود وغياب عازل حراري أسفل المجمع

- نلاحظ أن قيمة الاستطاعة الكهربائية تأخذ أعلى قيمة لها (mW) 141 في وجود العازل الحراري ثم تناقصت قليلا كلما زادت حرارة الجو، وذلك راجع لتأثير السلبي لحرارة الجو على كمية إستطاعة الكهربائية المنتجة .
- بينما سجلت أقل قيمة لاستطاعة المنتجة في حالة عدم وجود عزل حراري التي وصلت ل (mW) 136 وهنا يظهر تأثير العزل الحراري، ومنه نستنتج أنه كلما زاد فرق في درجة الحرارة بين حرارة المجمع وحرارة الجو زادت قيمة الطاقة الكهربائية المنتجة.
- كما هو مبين إن تأثير حرارة الجو يكون سلبيا على هذا الناتج فهي تنقص من قيمته ،لكن الأكثر تأثيرا هو الفرق الحراري الذي يزداد في حالة العزل الحراري ومنه تزداد الطاقة المنتجة.

3- 12 أهم استنتاجات:

- إن قيمة القدرة الكهربائية المتحصل عليها هي قيمة ضعيفة نسبيا، ويرجع هذا غالبا إلى معدل تدفق الكتلي للهواء الضئيل نسبيا وإلى هبوط في الضغط أثناء تمدد الهواء و هذا ما يفسر الحاجة إلى مساحات هائلة من مجمعات الشمسية وارتفاعات شاهقة للحصول على استطاعات كبيرة .
- كمية الطاقة الكهربائية المنتجة تزداد مع الإشعاع الشمسي وقطر المجمع وارتفاع المدخنة والظروف المناخية مساحة المجمع، فهو يتعلق بشكل مباشر بالإبعاد الهندسية للمدخنة الشمسية .
- يزيد العازل الحراري من قيمة الكهرباء المنتجة وبتالي يرفع كفاء المدخنة الشمسية .

3 - 13 الخاتمة :

في هذا الفصل تم عرض النتائج التجريبية المتحصل عليها وتحليلها ومناقشتها ، حيث تم تعرف على الظروف الجوية المحيطة والأبعاد الهندسية المناسبة لأداء احسن لرفع من كفاءة المدخنة الشمسية ، وكذلك دراسة تأثيرات مواد مستعمل كالعازل الحراري ودوره في رفع درجات الحرارة لتقليل من الضياعات الحرارية في المجمع .

مراجع الفصل الثالث

- **مراجع العربية :**

[1]مباركي إبراهيم ، أثر استصلاح الأراضي الفلاحية على التنمية الريفية بمنطقة واد سوف ، مذكرة مهندس دولة، فلاحة الصحراوية ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، الجزائر، صفحة 9 ، 2014 .

[2] مقال سهيلة واكني ، اثار الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة في الجزائر وآفاقها المستقبلة، جامعة الشلف. جزائر ،صفحة 31 .

[3] الشركة الوطنية للكهرباء والغاز سونلغاز بولاية الوادي .

[4] سعد الرميظي وآخرون ، احتراف الأردوينو في 10 أيام، عمان، صفحة 9 - 28،الطبعة الثانية، 2015.

[5]عدنان شاهين، الماطلاب للمهندسين ، دمشق، صفحة 12، طبعة الثالثة ،2016 .

- **مراجع أجنبية**

[6] atit koonsrisuk, tawit chitsomboon, mathematical modeling of solar chimney power plants, journal energy, 51 (2013) 314-322

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

من الواضح أن الطاقة المتجددة ستكون حاضرة أكثر في المستقبل بفضل خصائصها المتعددة من حيث التكلفة والبساطة والوفرة التي ستفرضها أمام الطاقات التقليدية .

مع العديد من المصادر التى لا تنضب إلا أن الطاقة الشمسية شهدت ولادة العديد من التقنيات من بينها المداخن الشمسية ،هذه الوسيلة التي تنتج الطاقة الكهربائية باستخدام أفعال فيزيائية مختلفة (تأثير حمل حراري وتأثير الدفيئة)، إن برج واحدا ينتج ما يكفي 200000 أسرة لكن بوجود قيود عليها وهي أن تكون في منطقة مشمسة طوال سنة و بها العديد من مساحات غير مأهولة وأكثر الاماكن ملائمة هي شمال افريقيا وخاصة صحراء الجزائر .

كان الهدف الرئيسي من دراستنا هو تحقق من كفاءة المدخنة الشمسية وإنتاج الطاقة الكهربائية لنموذج مصغر في ولاية الوادي ذو الأبعاد التالية :

قطر المجمع 2 m وارتفاع المدخنة 3 m وارتفاع مدخل المجمع 8 cm وقطر المدخنة 10 cm سمك العازل حراري 3cm ، ودراسة عدة المتغيرات كالأبعاد الهندسية مثل ارتفاع المدخنة وقطر المجمع، وذلك عند ظروف الاختبار مختلفة للإشعاع الشمسي ($800W/m^2$ ،$1000W/m^2$ ،$1200W/m^2$)، فبعد عدة تجارب قد ثبتنا ارتفاع المدخنة عند 3 m و وأخذنا اقطار مختلفة للمجمع، لتحقيق من تأثيرها على خرج الطاقوي، فحيث قمنا كذلك بدرسنا توزيع درجات الحرارة وتباينها داخل المدخنة و تأثير العازل الحراري الموضوع أسفل المجمع عليها وعلى القدرة الناتجة ،فنضرا لضيق الوقت اكتفينا بدراسة أهم عوامل ومتغيرات المؤثرة على الكفاءة .

فمن خلال هذه الدراسة توصلنا إلى عدة استنتاجات والعديد من العوامل التي تؤثر على تباين كمية الطاقة الكهربائية المنتجة في هذا نموذج المصغر للمدخنة الشمسية في جنوب الشرقي للجزائر (وادي سوف) وهي كما يلي:

- تؤثر درجة حرارة الجو على كمية الكهرباء المنتجة سلبا بينما يؤثر الفرق بين درجات الحرارة بين هواء الداخل للمجمع الخارج من المدخنة إيجابا مع الخرج الطاقوي فهو يزداد مع زيادة فرق درجات الحرارة.
- إن قيمة القدرة المتحصل عليها هي قيمة ضعيفة نسبيا ،ويرجع هذا غالبا إلى معدل تدفق الكتلي للهواء الضئيل نسبيا وإلى هبوط في الضغط أثناء تمدد الهواء ،و هذا ما يفسر الحاجة إلى مساحات هائلة من مجمعات الشمسية وارتفاعات شاهقة للحصول على استطاعات كبيرة .
- كمية الطاقة الكهربائية المنتجة تزداد مع الإشعاع الشمسي وقطر المجمع وارتفاع المدخنة، فهو يتعلق بشكل مباشر بالإبعاد الهندسية للمدخنة الشمسية .
- تزداد كمية الكهرباء المنتجة كلما قللنا من فقدان الحرارة بالتوصيل والحمل حراري وذلك بوضع عازل حراري في أسفل المجمع للمدخنة الشمسية .
- إن الضياعات في قيمة الاشعاع الشمسي الساقط والضياعات في العنفة بسبب خواص بعض المواد المستعملة مما أثر بشكل سلبي على كفاءة المدخنة .

وبفضل النتائج المتحصل عليها يمكن البناء عليها و إجراء المزيد من الأبحاث على المدخنة الشمسية مع مزيد من المتغيرات مثل :

- زيادة تأثير الدفيئة عن طريق تغيير المواد الاساسية للمداخن كالغطاء زجاجي .
- تغيير قطر وطول المدخنة وعزلها حراريا لأجل زيادة السرعة وتقليل من الضياعات حرارية .
- تغيير مادة المجمع (حديد ، ألمنيوم .....) .
- تغيير نوع العازل الحراري بنوع أخر أقل توصيل حراري .
- استعمال عنفات ذو كفاءة أعلى .

توفر الخصائص المناخية للصحراء الجزائرية ظروفا جيدة تتيح الوصول الى إمكانيات هائلة من إستثمار في طاقة المتجددة وخاصة المدخنة الشمسية .

الملخص :

المدخنة الشمسية هي وسيلة طبيعية لتحريك الهواء المسخن بالإشعاع الشمسي ، ليتسبب في اختلاف لكثافته ليعبر بدوره عبر التربين من ثم يحول إلى كهرباء ،في هذا البحث أجريت الدراسة التجريبية لتقييم اداء وتحديد العوامل المؤثرة على كفاءة المدخنة الشمسية ، وإنتاج الطاقة الكهربائية لنموذج مصغر في ولاية الوادي، حيث تم دراسة عدة متغيرات كدرجات الحرارة المحيطة، و ارتفاع المدخنة ،وقطر الجامع ،وكذلك تحقق من تأثير العازل الحراري على توزيع درجات الحرارة وبالتالي على القدرة الناتجة، وقد أظهرت النتائج أن الأبعاد الهندسية والفرق الحراري هي من العوامل المهمة لتحديد كفاءة الناتج الطاقوي .

الكلمات المفتاحية : المدخنة الشمسية ،الطاقة الكهربائية ،الأبعاد الهندسية، الطاقة الشمسية .

Abstract:
Solar chimney is a natural way to move the air heated، by solar radiation to cause a difference of density to pass through the turbines and then converted to electricity In this research, the experimental study was conducted to evaluate the performance and determine the factors affecting the efficiency of the solar chimney and the production of electric energy، for a miniature model in wilayat al wadi، Where the study of several variables such as ambient temperatures، and the height of the chimney، and the diameter of the collector as well as verify the effect of thermal insulation on the distribution of temperature، and therefore on the ability to result ،The results showed that the engineering dimensions and thermal difference are important factors to determine the efficiency of energy output.

key words : Solar chimney, Electric power, Engineering dimensions, Solar energy