

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد بوضياف - المسيلة



ميدان: علوم المادة
فرع: فيزياء
تخصص: فيزياء الطاقة و الطاقات المتجددة

كلية: العلوم
قسم: الفيزياء
رقم: Ph/ENR/15/2020

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمي إعداد الطالبتين:

بن داود دنيا

عمرون آمنة

تحت عنوان

محاكاة عددية لتأثير الشكل الهندسي للمدخنة الشمسية على تدفق
الهواء عبر عنفة تحويل الطاقة.

تمت المناقشة يوم 22 / 06 / 2020 أمام اللجنة المكونة من:

رئيسا	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	ضبابي مراد
مشرفا و مقرر	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	بولشفار هشام
مناقشا	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	سالمي محمد

السنة الجامعية: 2019/2020

إهداء

أحمد الله عز وجل على منه و عونه لإتمام هذا البحث.

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آمالي، إلى من أحمل اسمه بكل افتخار، إلى من كان نور دربي و ذخري ومن علمني دون انتظار أبي العزيز؛

إلى أهلي في الحياة وقرّة عيني إلى من كان دعائها سر نجائي، إلى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها في وجهي نبع العنان أهني أعز ملاك على القلب و العين جزاها
الله عندي خير الجزاء في الدارين؛

أرجو من الله أن يمد في عمرهم ليروا ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتهم نجوم أهدى بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد، إليهما أهدي هذا العمل المتواضع لأدخل على قلبهما شيئا من السعادة؛

إلى أخواتي الذين تقاسموا معي عبء الحياة، وأهلي وأصدقائي؛

إلى كل أساتذة قسم العلوم الفيزيائية، إلى كل من نسيه قلبي ولم ينسه قلبي...

دنيا بن داود

إهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

" وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون " التوبة ، الآية 105

صدق الله العظيم

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة إلى نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا محمد ﷺ.

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار، إلى من علمني العطاء بدون انتظار، إلى من أحمل اسمه بكل افتخار، أبي الغالي على قلبي أطل الله في عمره.

إلى ملاكي في الحياة إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني إلى بسمه الحياة وسر الوجود إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي أُمي الحبيبة.

إلى شموع البيت المنيرة إخوتي وأخواتي الأعزاء.

إلى الأخوات اللواتي لم تلدهن أُمي إلى من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء إلى ينباع الصديق الصافي إلى من معهم سعدت وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير صديقاتي في الدراسة.

إلى كل من نسيم القلم ولم ينسأهم القلب.

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل.

أمنة عمرون

شكر و تقدير

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت عليّ وعلى والديّ وأن أعمل صالحا ترضاه

وأدخلني برحمتك في عبادك الصالحين". النمل، الآية 19

صدق الله العظيم

الشكر لله سبحانه وتعالى الذي وفقنا لإتمام هذا العمل، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين وعلى آله وصحبه أجمعين.

نتقدم بجزيل الشكر إلى الوالدين العزيزين الذين أعانونا وشجعونا على الاستمرار في مسيرة العلم والنجاح، و نتوجه بالشكر وعظيم التقدير لإدارة جامعة محمد بوضياف التي منحتنا هذه الفرصة، كما نتقدم بالشكر والتقدير و الاحترام للسادة الأفاضل في لجنة المناقشة و على رأسها رئيس اللجنة الأستاذ الفاضل مراد ضبابي على تشریفنا برئاسة لجنة المناقشة و كذلك الأستاذ الفاضل محمد سالمی رئيس قسم الفيزياء على تشرفنا بمناقشة هذه المذكرة. كما نخص بالشكر أستاذنا هشام بولشفار الذي تفضل مشكورا بقبول الإشراف على هذه المذكرة التي لن تكفي حروفها لإيفائه حقه بصبره الكبير علينا، ولتوجيهاته العلمية التي لا تقدر بثمن، والتي ساهمت بشكل كبير في إتمام واستكمال هذا العمل.

كما نتقدم بالشكر والتقدير لكل من ساهم ومد يد العون بشكل مباشر أو غير مباشر لاكتمال هذا العمل.

الفهرس

إهداء

شكر وتقدير

i.....	الفهرس
v.....	المصطلحات
vii.....	قائمة الأشكال
01.....	المقدمة

الفصل الأول: العموميات والبحث البيبليوغرافي

05.....	1. عموميات حول المدخنة الشمسية
05.....	1.1 مقدمة
06.....	2.1 الطرق المختلفة لتحويل الطاقة الشمسية
10.....	3.1 تاريخ المداخل الشمسية
10.....	4.1 تعريف المدخنة الشمسية
11.....	5.1 مكونات المدخنة الشمسية
11.....	1.5.1 المجمع
12.....	2.5.1 المدخنة
13.....	3.5.1 التوربينات

13.....	6.1 مبدأ عمل المدخنة الشمسية.....
14.....	7.1 ظاهرة الحمل الحراري داخل المدخنة الشمسية.....
14.....	1.7.1 مفهوم الحمل الحراري الطبيعي.....
15.....	2.7.1 آليات الحمل الحراري الطبيعي.....
16.....	3.7.1 التخزين الحراري داخل المدخنة.....
17.....	8.1 سلبيات وإيجابيات المدخنة الشمسية.....
17.....	1.8.1 الإيجابيات.....
17.....	2.8.1 السلبيات.....
17.....	9.1 بعض النماذج للمداخن الشمسية التي أنجزت عبر العالم.....
17.....	1.9.1 نموذج اسبانيا.....
18.....	2.9.1 نموذج ناميبيا.....
19.....	3.9.1 نموذج أمريكا (أريزونا).....
20.....	4.9.1 المدخنة الشمسية في مصر (أسوان).....
22.....	10.1 تطبيقات المدخنة الشمسية.....
22.....	1.10.1 انتاج الكهرباء.....
22.....	2.10.1 التجفيف الشمسي بواسطة تقنيات المداخن الشمسية (المجففات).....
24.....	3.10.1 الراحة الحرارية بواسطة تقنيات المداخن الشمسية.....
25.....	2. البحث البيلبوغرافي.....

الفصل الثاني: النمذجة والمعادلات الرياضية

- 1.2 وصف النموذج الفيزيائي.....32
- 2.2 النمذجة الرياضية.....34
- 1.2.2 الصياغة الشعاعية.....34
- 2.2.2 صياغة المعادلات العامة في الإحداثيات الأسطوانية.....35
- 3.2.2 فرضيات التبسيط.....36
- 4.2.2 تبسيط المعادلات في الإحداثيات الأسطوانية.....37
- 3.2 المعادلات اللاعديّة.....38
- 4.2 الشروط الحدية.....39

الفصل الثالث: المحاكاة العددية

- 1.3 المقدمة.....42
- 2.3 نظرة عامة حول برنامج COMSOL.....42
- 1.2.3 التعريف ببرنامج COMSOL.....42
- 1.1.2.3 طريقة العناصر المنتهية (المحددة).....42
- 2.2.3 ميزات برنامج COMSOL.....43
- 3.2.3 خطوات العمل على برنامج COMSOL.....43

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

49.....	1.4 المقدمة.....
49.....	2.4 دراسة تأثير عدد رايلي Ra.....
49.....	1.2.4 بالنسبة للمدخنة ذات رابط عمودي بزاوية ميل $\alpha_1=0^\circ$
56.....	2.2.4 بالنسبة لمدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_2=26.5^\circ$
63.....	3.2.4 بالنسبة لمدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_3=56^\circ$
69.....	4.2.4 مقارنة السرعات العمودية على محور التناظر للمدخنة الشمسية.....
71.....	الخاتمة.....
74.....	المراجع و المواقع الإلكترونية.....
	الملخصات

المصطلحات

الحروف اللاتينية:

الوحدة	الاسم	الرمز
[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	السعة الحرارية الكتلية للمائع عند ضغط ثابت	C_p
[m]	قطر المدخنة	d
[m]	قطر المجمع	D
[m.s ⁻²]	تسارع الجاذبية	g
[m]	ارتفاع المجمع	h
[m]	ارتفاع المدخنة	H
	مصفوفة الإجهادات	k
[Pa]	ضغط المائع	p
[s]	الزمن	t
[K]	درجة حرارة المائع	T
[K]	درجة الحرارة الساخنة	T_c
[K]	درجة الحرارة الباردة	T_f
[K]	درجة الحرارة المرجعية	T_0
[K]	درجة حرارة الأرضية	T_{sol}
[K]	الفرق في درجة الحرارة بين مدخل ومخرج المجمع	ΔT
[m.s ⁻¹]	سرعة المائع	v

الحروف اليونانية :

[kg.m ⁻³]	الكتلة الحجمية للمائع	ρ
[kg.s ⁻¹ .m ⁻¹]	اللزوجة الديناميكية	μ
[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	الناقلية الحرارية للمائع	λ

	الاحداثيات الأسطوانية	(r, θ, z)
$[m.s^{-1}]$	مركبات السرعة في الاحداثيات الأسطوانية	(v_r, v_θ, v_z)
$[K^{-1}]$	معامل التمدد الحراري في ضغط ثابت	β_T
$[kg.m^{-3}]$	الكتلة الحجمية المرجعية عند (T_0)	ρ_0
$[m^2.s^{-1}]$	اللزوجة الحركية	ν
$[m^2.s^{-1}]$	معامل الانتشار الحراري	α
	مركبات السرعة بلا أبعاد	(v_r^+, v_z^+)

الأعداد اللابعديّة :

عدد كراشوف	G_r
عدد براندتل	P_r
عدد رايلي	R_a

دلائل :

ساخن	c
بارد	f
الأرضية	sol
رمز لا بعدي	$+$

قائمة الأشكال

الفصل الأول:

- الشكل (1.1): الطبقات المكونة للشمس.....05
- الشكل (2.1): الألواح الشمسية.....07
- الشكل (3.1): سخان المياه.....08
- الشكل (4.1): مجمع قطع مكافئ.....08
- الشكل (5.1): المدخنة الشمسية.....08
- الشكل (6.1): مخطط طرق تحويل الطاقة.....09
- الشكل (7.1): المدخنة الشمسية.....10
- الشكل (8.1): مجمع شمسي من الخارج.....11
- الشكل (9.1): مجمع شمسي من الداخل.....12
- الشكل (10.1): المدخنة.....12
- الشكل (11.1): توربين كبير.....13
- الشكل (12.1): مبدأ عمل المدخنة الشمسية.....14
- الشكل (13.1): الحمل الحراري الطبيعي في الغلاف الجوي.....15

- الشكل (14.1): آلية الحمل الحراري.....15.....
- الشكل (15.1): مبدأ تخزين الحرارة خلال النهار تحت البيت الزجاجي باستخدام أنابيب سوداء مملوءة بالماء.....16.....
- الشكل (16.1): نموذج اسبانيا للمدخنة الشمسية.....18.....
- الشكل (17.1): نموذج ناميبيا.....19.....
- الشكل (18.1): نموذج أمريكا (أريزونا).....20.....
- الشكل (19.1): مدخنة أسوان في مصر.....21.....
- الشكل (20.1): نماذج إختبارية للمداخن الشمسية.....21.....
- الشكل (21.1): المجفف الشمسي المباشر.....23.....
- الشكل (22.1): المجفف الشمسي غير المباشر.....24.....
- الشكل (23.1): عملية التهوية الطبيعية.....24.....

الفصل الثاني:

- الشكل (1.2): التمثيل الهندسي المبسط للمدخنة الشمسية مفرق عمودي (جزء من المدخنة) α_132.....
- الشكل (2.2): التمثيل الهندسي للمدخنة الشمسية حيث يكون المفرق على شكل مخروطي α_233.....

الشكل (3.2): التمثيل الهندسي للمدخنة الشمسية حيث يكون المفروق على شكل مخروطي α_3
33.....

الشكل (4.2): الشروط الحدية.....
40.....

الفصل الثالث:

الشكل (1.3): الواجهة Model Navigator.....
43.....

الشكل (2.3): مراحل تحديد بعد ونمط التطبيق للنموذج.....
44.....

الشكل (3.3): هندسة المجال الفيزيائي.....
44.....

الشكل (4.3): أمر خاص بإدخال الثوابت.....
45.....

الشكل (5.3): تحديد المعلومات الخاصة بالمجال الفيزيائي لكل نمط.....
45.....

الشكل (6.3): تحديد الشروط الحدية.....
46.....

الشكل (7.3): إنشاء شبكة تقسيمات المجال الهندسي (Maillage).....
46.....

الشكل (8.3): بداية الحساب و المعالجة.....
47.....

الشكل (9.3): اختيار و إظهار النتائج المختلفة للمحاكاة.....
47.....

الفصل الرابع:

الشكل (1.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$
51.....

الشكل (2.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$
51.....

- الشكل (3.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$52
- الشكل (4.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$52
- الشكل (5.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 5 \times 10^5$53
- الشكل (6.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$53
- الشكل (7.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 7.5 \times 10^5$54
- الشكل (8.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$54
- الشكل (9.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 10^6$55
- الشكل (10.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$55
- الشكل (11.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$58
- الشكل (12.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$58
- الشكل (13.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$59
- الشكل (14.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$59
- الشكل (15.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 5 \times 10^5$60
- الشكل (16.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$60
- الشكل (17.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 7.5 \times 10^5$61

- الشكل (18.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$ 61.....
- الشكل (19.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$ 62.....
- الشكل (20.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$ 62.....
- الشكل (21.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$ 65.....
- الشكل (22.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$ 65.....
- الشكل (23.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$ 66.....
- الشكل (24.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$ 66.....
- الشكل (25.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$ 67.....
- الشكل (26.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$ 67.....
- الشكل (27.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$ 68.....
- الشكل (28.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$ 68.....
- الشكل (29.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$ 69.....
- الشكل (30.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$ 69.....
- الشكل (31.4): منحنى بياني لتغير السرعة اللابعدية العمودية داخل المدخنة بدلالة زاوية الرباط، عدد رايلي $Ra=10^6$ 70.....

المقدمة

يحظى موضوع الطاقة بالاهتمام البالغ منذ العقود الماضية لما يحمله من أهمية اقتصادية تتمثل في تشغيل وسائل الانتاج والمشاريع الاقتصادية التنموية، وأهمية سياسية تتمثل في امتلاك النفوذ والهيمنة والسيطرة. لذلك ولا شك في أن العالم أصبح مقتنعا تمام الاقتناع بالبحث عن طاقات حديثة وبديلة للطاقات التقليدية (الوقود الأحفوري من غاز وبنفط وفحم) و بأهمية معالجة المشاكل البيئية خصوصا في مجال حماية البيئة من مخاطر التلوث الناتج عن المصانع الكبرى و أغلب الأنشطة الإقتصادية التي ينتج عنها آثار سلبية على كافة مكونات البيئة و خاصة انبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري و الذي أصبح هاجسا على دول العالم. حيث تصاعد الحديث في الآونة الأخيرة عن الأمن الطاقوي وعن الطاقة المتجددة كطاقة بديلة مستمرة تغطي العجز الذي تعانيه الطاقة التقليدية باعتبارها طاقة بديلة نابعة من مصادر طبيعية دائمة ومستمرة ومتجددة ومتاحة للبشرية جمعاء كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمياه وغيرها.

وفي دراستنا هذه سنعمل على استغلال الطاقة الشمسية بواسطة المدخنة الشمسية لتحويلها إلى طاقة كهربائية، حيث يعتمد مبدأ عمل المدخنة على الحمل الحراري الطبيعي الناتج من تأثير التدرج في كثافة المائع نتيجة للتدرج في درجات الحرارة بين الأرضية و المجمع داخل هذا النظام وبهذه الكيفية ينتج تيار هوائي ويتحكم في حركته عبر مروره بعنفة دوارة تقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية بطريقة طبيعية واقتصادية.

يهتم عملنا بدراسة تأثير الشكل الهندسي للمدخنة الشمسية على تدفق الهواء عبر عنفة تحويل الطاقة، و تهدف هذه الدراسة إلى معرفة نسبة الزيادة في سرعة الهواء داخل المدخنة بتغيير شكل المفرق أو الرابط الذي يجمع بين أنبوب المدخنة و بين المجمع، وهذا بغرض زيادة مردودية المدخنة الشمسية.

ينقسم هذا العمل الى أربعة فصول يمكن تلخيصها كالتالي :

الفصل الأول يتضمن عموميات حول المدخنة الشمسية بما فيها تعريفها، مبدأ وطريقة عملها، أهم مكوناتها وبعض نماذجها التي أنجزت عبر العالم بالإضافة إلى تطبيقاتها ثم يليها البحث البيبليوغرافي.

ويتضمن الفصل الثاني طرح الإشكال ووصف النموذج الفيزيائي الذي يتناوله موضوعنا هذا وصياغة المعادلات رياضيا مع تحديد فرضيات التبسيط ووضع الشروط الحدية.

كما تطرقنا في الفصل الثالث إلى المحاكاة العددية باستعمال برنامج Comsol Multiphysics والذي يستخدم طريقة العناصر المنتهية.

أما الفصل الرابع والأخير خصصناه إلى عرض ومناقشة النتائج المتحصل عليها من خلال عملية المحاكاة.

وأخيرا الخاتمة تليها المراجع والمواقع الإلكترونية المذكورة و المستغلة في هذا العمل.

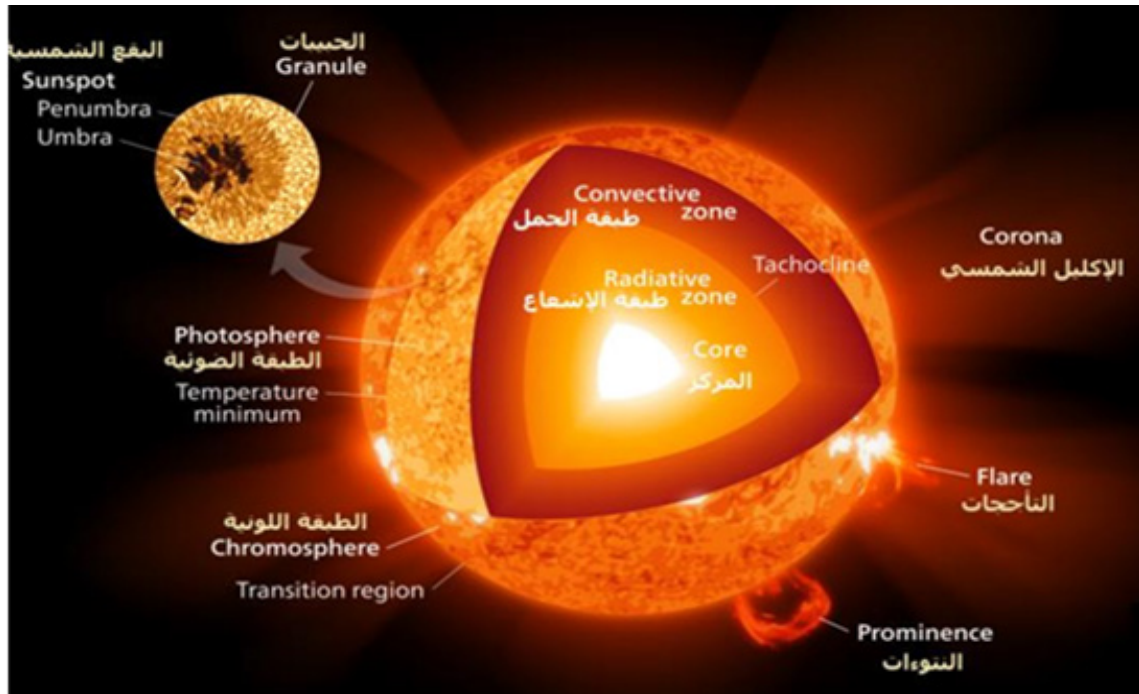
الفصل الأول:
العموميات والبحث البيبليوغرافي

1. عموميات حول المدخنة الشمسية:

1.1 مقدمة:

الشمس هي المصدر الرئيسي لجميع أنواع الطاقة سواء التقليدية وغير التقليدية. كما أنها تعتبر النجم الأقرب إلى الأرض و تتميز بالخصائص المبينة في الجدول (1.1). تحتوي الشمس على عدّة عناصر أهمّها الهيدروجين الذي تعادل نسبته ثلاثة أرباع العناصر الموجودة فيها، ويوجد ما يعادل 23.8% من الهليوم، وهذه النسبة في تزايد مستمر نتيجة للاندماج النووي الذي يحدث في مركز الشمس حيث يحول الهيدروجين إلى هليوم الذي يولد الطاقة و هي مكونة من طبقات مختلفة مبينة في الشكل(1.1).

الطاقة الشمسية طاقة نظيفة ومجانية، لا تتضب ولا تنبعث منها الغازات الناتجة عن الاحتباس الحراري ومتاحة في جميع أنحاء العالم.



الشكل(1.1): الطبقات المكونة للشمس.[1]

جدول (1.1) يوضح بعض خصائص الشمس

العمر	4.5 مليار سنة	
القطر	1.4 مليون كيلومتر	
الكتلة	$1.9891 * 10^{30}$ كيلوغرام	
مساحة السطح	أكثر من 12000 مرة من مساحة الأرض	
المسافة بالنسبة للأرض	150 مليون كيلومتر	
درجة حرارة	السطح	5500°C
	النواة	15000000K
	الطبقة الإشعاعية	1500000 K
	طبقة الحمل الحراري والفوتوسفار	6000K

2.1 الطرق المختلفة لتحويل الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية تتكون من الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس. وتضم تقنيات تحويل الطاقة الشمسية عدة طرق من بينها استخدام الطاقة الحرارية للشمس سواء للتسخين المباشر أو لتحويلها ديناميكيا إلى حركة ثم إلى طاقة كهربائية، أو لتوليد الكهرباء مباشرة عن طريق استعمال ألواح الخلايا الضوئية المبينة في الشكل (2.1).



الشكل (2.1): الألواح الشمسية. [2]

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية أو طاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئي والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية)، التي يمكن تثبيتها على أسطح المباني ليستفيد منها في إنتاج الكهرباء. كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الاتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها.

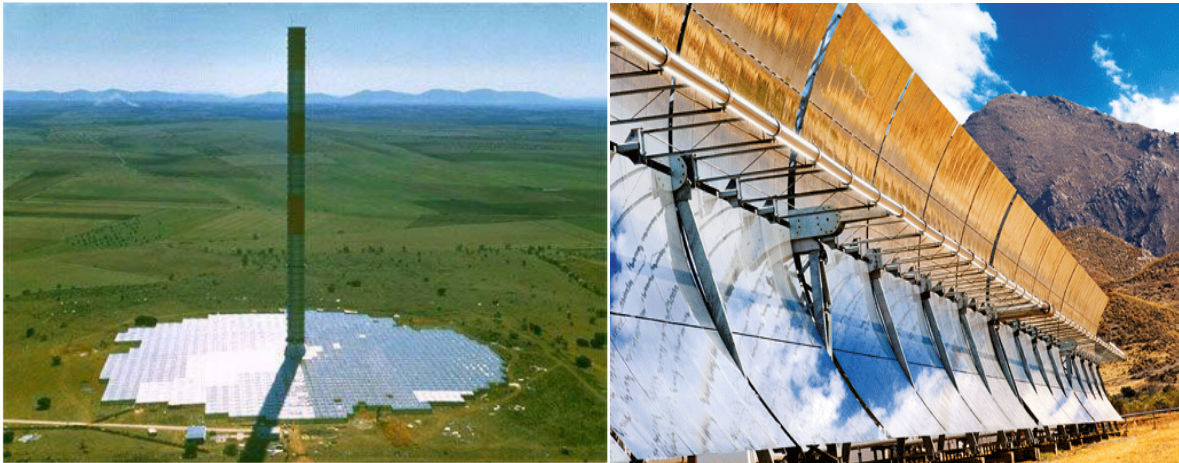
أما التحويل الحراري للطاقة الشمسية فيعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية بطريقة مباشرة وغير مباشرة.

➤ الطريقة المباشرة: وذلك باستغلال الأشعة الشمسية مباشرة في التدفئة والإضاءة الطبيعية من خلال هندسة البيوت أو بواسطة اللواقط الشمسية لتسخين المياه
الشكل (3.1) حيث تكون درجة الحرارة متوسطة.



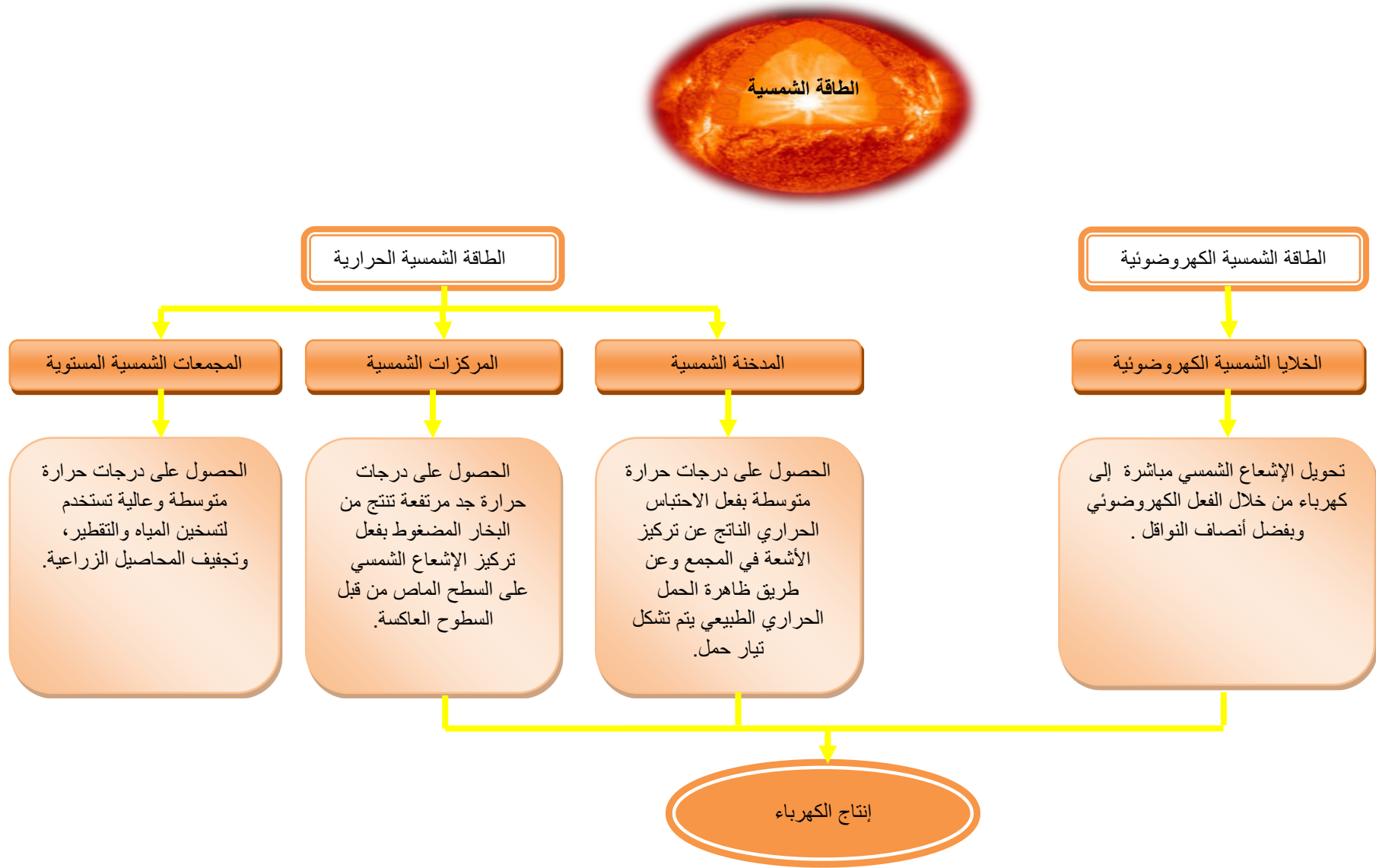
الشكل (3.1): سخان المياه. [3]

➤ الطريقة غير المباشرة: تعتمد على تركيز أشعة الشمس لإنتاج الكهرباء بواسطة
المركزات الشمسية مبينة في الشكل (4.1) و المدخنة الشمسية كما هو مبين في
الشكل (5.1):



الشكل (5.1): المدخنة الشمسية [5]

الشكل (4.1): مجمع قطع مكافئ. [4]



الشكل (6.1): مخطط طرق تحويل الطاقة.

3.1 تاريخ المدخن الشمسية:

تم اقتراح فكرة مدخنة الطاقة الشمسية في الأصل من قبل اثنين من المهندسين الألمان، جورج شلايش ورودولف بيرجمان في عام 1976.

في عام 1979، طور أول نموذج بقدره قصوى قدرها 50 كيلو واط تم إنتاجها في مانزاناريس، جنوب مدريد، في إسبانيا. كانت تتألف من مدخنة نصف قطرها 5 أمتار وارتفاعها 195 مترًا ومجمع يبلغ نصف قطره 120 مترًا وارتفاعًا متغيرًا بين 2 مترًا عند المدخل و 6 أمتار عند التقاطع مع المدخنة. تم تشغيلها من عام 1982 حتى عام 1989 وقد أظهرت الاختبارات أنها تعمل بشكل موثوق وبالتالي فإن المفهوم قابل للتطبيق تقنيًا.

4.1 تعريف المدخنة الشمسية :

المدخنة الشمسية هي وسيلة لإنتاج الكهرباء من الإشعاع الشمسي من خلال ظاهرتي الاحتباس الحراري والحمل الحراري الطبيعي وتتكون من ثلاثة أجزاء أساسية (المجمع، المدخنة، التوربينات) الشكل (7.1).

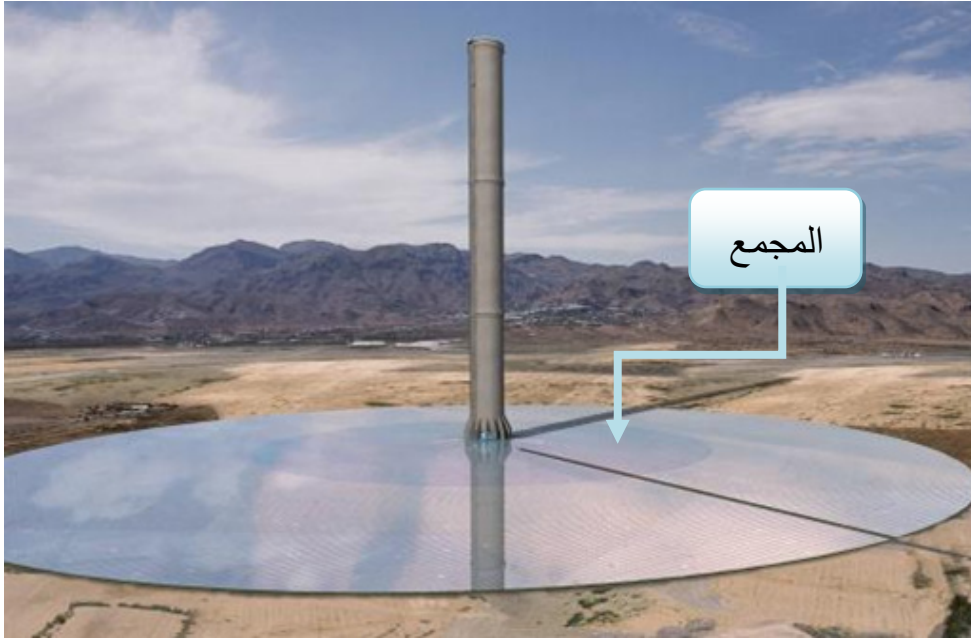


الشكل (7.1): المدخنة الشمسية. [6]

5.1 مكونات المدخنة الشمسية :

1.5.1 المجمع :

المجمع هو الجزء الذي يستخدم لإنتاج الهواء الساخن من خلال تأثير الاحتباس الحراري، يتكون من أرضية وغطاء شفاف مصنوع من الزجاج أو الأفلام البلاستيكية أو غيرها من المواد الأخرى ، طوله يتراوح عادة بين 2 إلى 6 أمتار ويغطي مساحة واسعة، فكلما كانت المساحة أكبر كانت كمية الطاقة التي ينتجها البرج الشمسي كبيرة. ويزداد الارتفاع تحت السقف الزجاجي تدريجيا من الخارج إلى المركز لتقليل ضياعات الاحتكاك، والأكثر كفاءة هو مجمع الزجاج، بالنظر إلى كفاءة تحويل الطاقة، يمكن أن يصل عمره إلى 60 عامًا أو أكثر.



الشكل (8.1): مجمع شمسي من الخارج. [7]



الشكل (9.1): مجمع شمسي من الداخل. [8]

2.5.1 المدخنة :

هي الجزء الأكثر أهمية في برج الطاقة الشمسية حيث يعمل مثل أنبوب الضغط وذلك بتوجيه الهواء الساخن بالأشعة الشمسية في المجمع عبره وكلما ارتفع كلما تم إنتاج المزيد من الطاقة. كفاءة المدخنة لا تعتمد على درجة حرارة الهواء الداخلي فقط لكن على الفرق الموجود بينها وبين الهواء الخارجي في الجزء العلوي من المدخنة وتتناسب مع ارتفاع المدخنة أيضا الشكل (10.1).



الشكل (10.1): المدخنة. [9]

3.5.1 التوربينات:

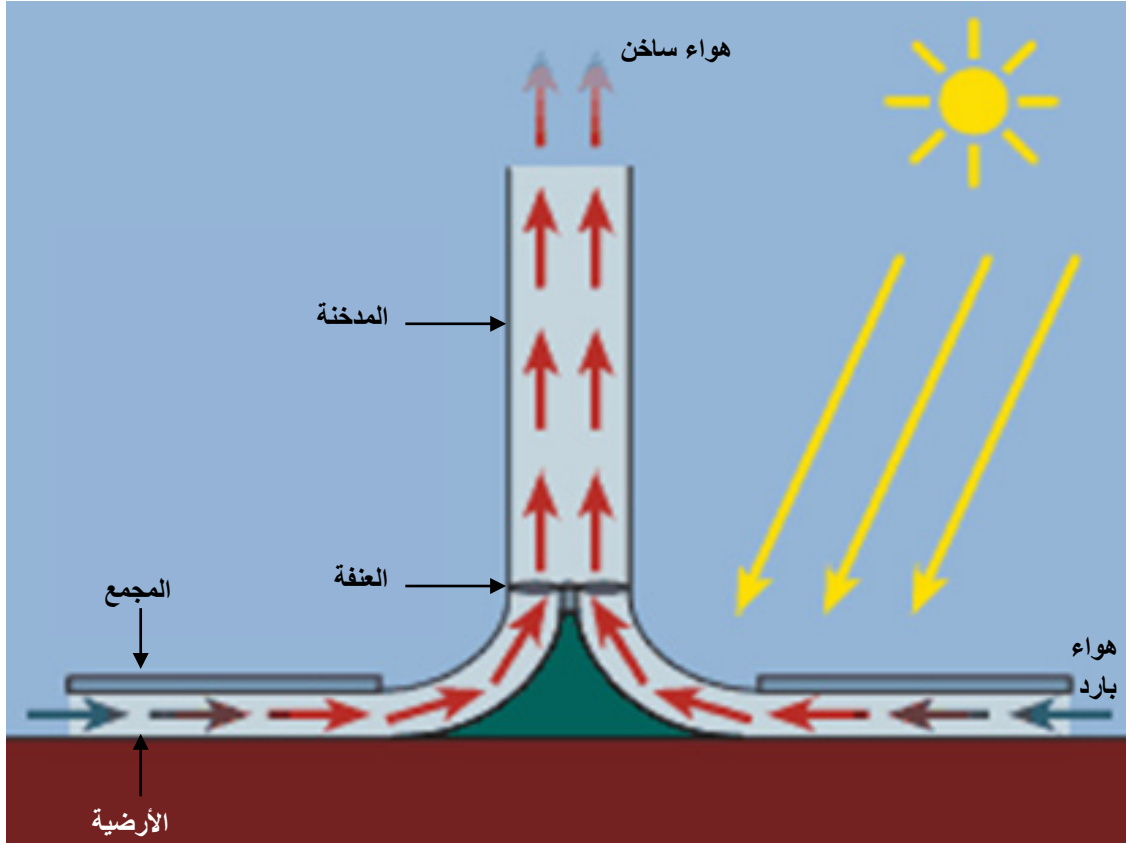
توضع التوربينات دائماً في قاعدة المداخن حيث توجد بها سرعة تدفق الهواء أعلى و هذا لتحويل أقصى كمية من الطاقة الحركية إلى طاقة ميكانيكية ثم إلى طاقة كهربائية. يمكن استخدام إما توربين له قطر كبير تغطي شفراته المقطع العرضي من المدخنة، أو توربينات صغيرة موزعة على كامل القسم من المدخنة الشكل(11.1).



الشكل(11.1): توربين كبير. [10]

6.1 مبدأ عمل المدخنة الشمسية:

يعتمد مبدأ العمل على تسخين طبقة من الهواء، تحت السطح الأفقي بتأثير الاحتباس الحراري الذي يكون كبير داخل المدخنة، مما يؤدي إلى تدرج ضغط بين الهواء الموجود الأكثر دفئاً تحت المجمع بحيث يكون أقل كثافة من الهواء الموجود عند مخرج المدخنة و هذا الفارق في درجة الحرارة تنتج عنه تيارات هوائية تحت تأثير الحمل الحراري الطبيعي فيتوجه هذا التيار عبر المدخنة العمودية حيث يتم تشغيل التوربينات بواسطة الهواء المتدفق ويؤدي هذا إلى إنتاج الكهرباء الشكل(12.1).



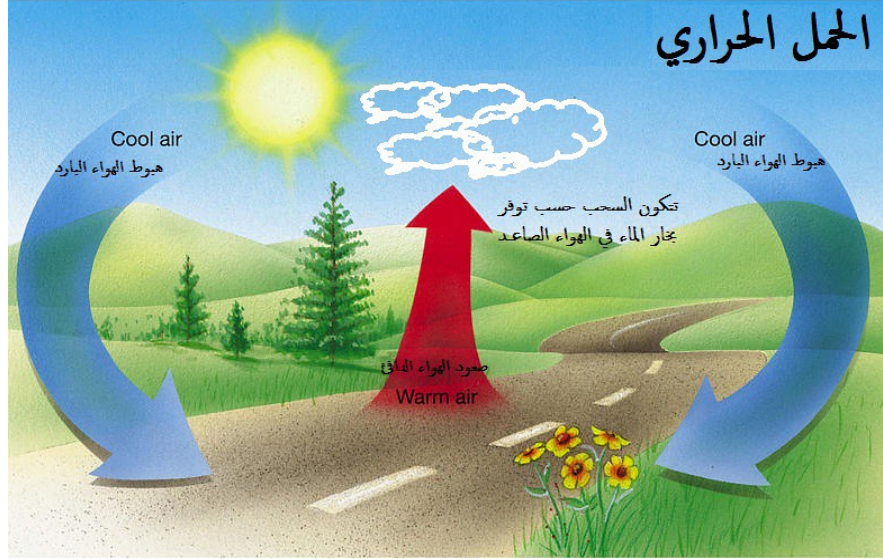
الشكل (12.1): مبدأ عمل المدخنة الشمسية. [11]

7.1 ظاهرة الحمل الحراري داخل المدخنة الشمسية :

1.7.1 مفهوم الحمل الحراري الطبيعي:

يتم الحمل الحراري الطبيعي في حركة الموائع بفعل الطبيعة و ينتج عن طريق الاختلاف في الكثافة بين الجسيمات الساخنة والباردة في المائع، وتغير الكثافة يسببه التباين في درجة الحرارة و خير مثال هو الحمل الحراري في الغلاف الجوي الذي يحدث باستمرار، ذلك لأن بعض المناطق من الأرض تكتسب طاقة حرارية من الشمس بشكل أكبر من مناطق أخرى، بسبب التضاريس (منخفضة أو مرتفعة)، أو بسبب تركيبة سطح الأرض (بحر، عشب، رمل أو صخور)، فعندما يسخن سطح الأرض يسخن الهواء المجاور له فيتمدد ويصبح أخف وزناً و يصعد إلى الأعلى وعند وصوله إلى طبقات باردة يثقل ثم يهبط ويتجه مرة أخرى نحو

المكان الساخن ليصعد مرة أخرى وهذه الحركة العمودية للهواء تنتج عن الحمل الحراري الطبيعي، كما هو موضح في الشكل (13.1):



الشكل (13.1): الحمل الحراري الطبيعي في الغلاف الجوي. [12]

2.7.1 آليات الحمل الحراري الطبيعي:

الحمل الحراري الطبيعي ينتج تحت تأثير قوتي الجاذبية الأرضية ودافعة أرخميدس، بحيث تنخفض كثافة المائع الساخن ويرتفع للأعلى تحت تأثير دافعة أرخميدس أما المائع البارد ينزل تحت تأثير الجاذبية.



الشكل (14.1): آلية الحمل الحراري. [13]

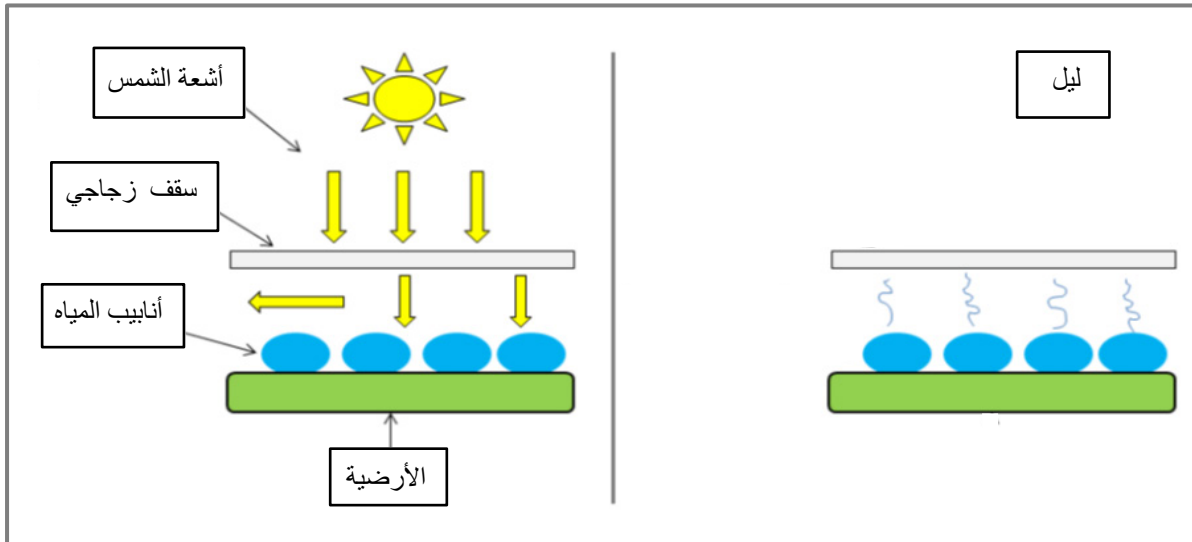
3.7.1 التخزين الحراري داخل المدخنة [14]:

تعمل المداخن الشمسية في وجود الإشعاع الشمسي وسبب غياب هذا الإشعاع ليلا يؤدي إلى توقفها، ولهذا نلجأ للتخزين الحراري عن طريق عدة أشكال مختلفة نذكر منها:

✓ **عن طريق تسخين الرمال:** تمتص الرمال حرارة الشمس وتضمن تدفق الهواء الساخن حيث أن هذه الطاقة المخزنة في الرمال يتم استخدامها أثناء الليل ليستمر تشغيل التوربينات.

✓ **عن طريق تسخين الحصى:** خلال النهار تتعرض الحصى باستمرار لأشعة الشمس وبالتالي تخزن هذه الحرارة لاستعادتها أثناء الليل.

✓ **عن طريق تسخين المياه:** يتم وضع أنابيب سوداء جنباً إلى جنب تحت المجمع لتملئ بالماء مرة واحدة وتغلق بإحكام لكي لا يتبخر حيث يتم تسخين المياه بواسطة أشعة الشمس خلال النهار ليعاد استخدامها أثناء الليل وهي تعتبر أكثر كفاءة من نظام تخزين التربة لأن السعة الحرارية للمياه أكبر من التربة.



الشكل (15.1): مبدأ تخزين الحرارة خلال النهار تحت البيت الزجاجي باستخدام أنابيب

سوداء مملوءة بالماء. [14]

8.1 سلبيات وإيجابيات المدخنة الشمسية:

1.8.1 الإيجابيات:

- توفير الطاقة من مصدر مستدام وغير ملوث .
- توفر المواد اللازمة لبناء المدخنة في جميع مناطق العالم.
- استمرارية إنتاج الطاقة الكهربائية ليلا بفضل آلية تخزين الطاقة.
- محطات المداخل الشمسية الكهربائية لا تتطلب مياه التبريد.
- لا يتطلب عمليات صيانة تقريبا.
- لا تحتاج إلى وقود.
- البرج لا يولد أي ملوثات أثناء تشغيله.

2.8.1 السلبيات:

- تكلفة الاستثمار الأولي مرتفعة.
- الانتاج غير ثابت خلال اليوم و السنة.
- التأثير البصري السلبي (يرى البعض أنه تدهور للمنظر الطبيعي).
- تتطلب مساحة كبيرة جدا.

9.1 بعض النماذج للمداخل الشمسية التي أنجزت عبر العالم:

1.9.1 نموذج اسبانيا:

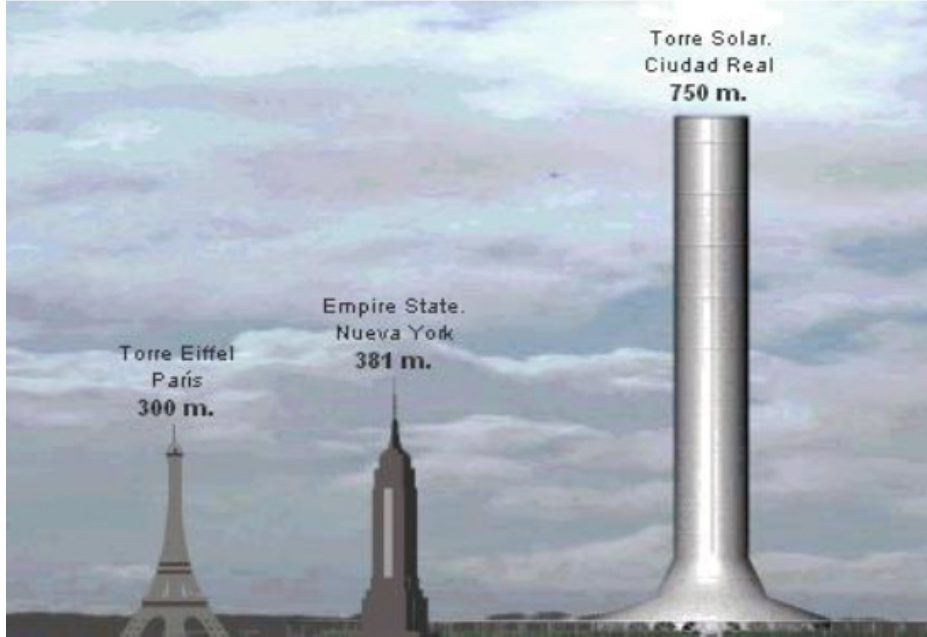
تم الإعلان عنه في عام 2006 و كان من المفترض أن يبدأ في تشييده في عام 2010 في

إسبانيا في منطقة فوينتي ال فريسنو. [15]

خصائصه:

- مدخنة ارتفاعها 750 متر .

- قطر المجمع 3 كلم ويغطي 350 هكتار.
- سرعة الهواء في المدخنة 43 كلم /ساعة.
- قوة التثبيت 40 ميغاواط.
- تكلفة المشروع 240 مليون يورو.



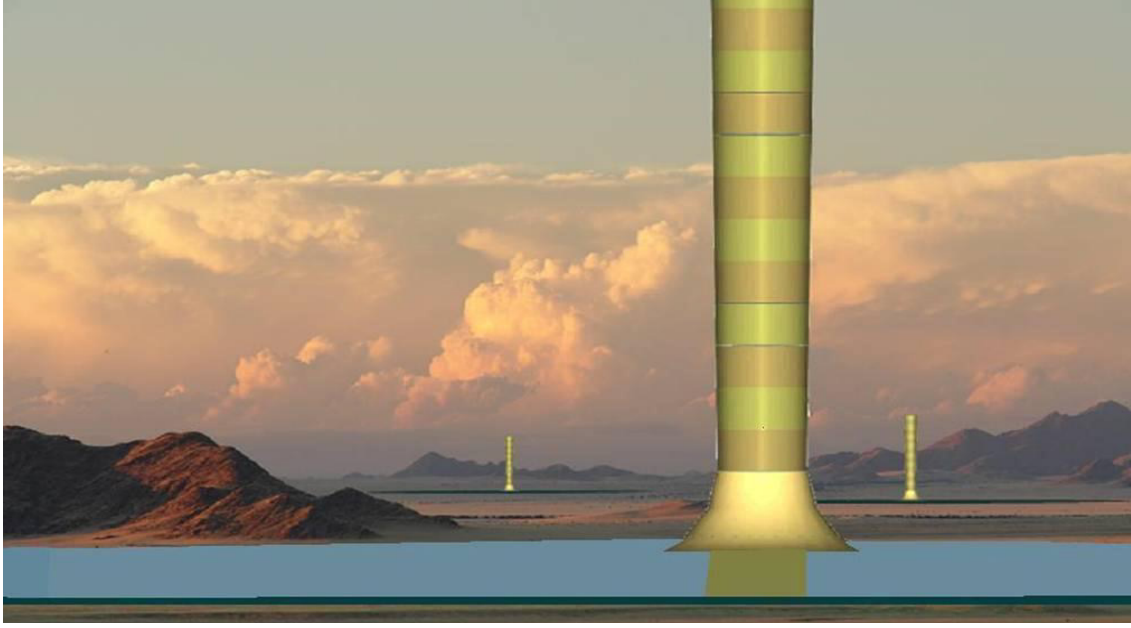
الشكل (16.1): نموذج اسبانيا للمدخنة الشمسية. [15]

2.9.1 نموذج ناميبيا:

في منتصف عام 2008، وافقت الحكومة الناميبية على اقتراح بناء مدخنة شمسية بقوة 400 ميغاوات، تسمى " البرج الأخضر " .

خصائصه: [16]

- يبلغ ارتفاع البرج 1.5 كم وقطره 280 متر.
- ينتج 400 ميغاواط من الكهرباء.
- تبلغ مساحة السقف الزجاجي 38.5 كم² (بقطر 7 كم).
- التكلفة الإجمالية المتوقعة هي 1 مليار دولار.



الشكل (17.1): نموذج ناميبيا. [16]

3.9.1 نموذج أمريكا (أريزونا) : [16]

خصائصه:

- يبلغ قطر البرج 130 متراً وارتفاعه 800 متر.
- قدرة الطاقة المثبتة 200 ميغاواط، ما يكفي من الكهرباء لتشغيل 100,000 إلى 150,000 منزل أمريكي لكن في المقابل، هذا المشروع سيتطلب أيضاً ميزانية تبلغ 750 مليون دولار.
- ارتفاع البرج مثير للإعجاب ويرجع ذلك إلى أن الفرق في درجة حرارة الهواء هو الأكثر أهمية حيث يتم رفع المدخنة، ونتيجة لذلك زيادة كبيرة في إنتاج الطاقة.
- الميزة الرئيسية للبرج هي توليد الطاقة المستمر لمدة 80 عامًا، دون الحاجة إلى الصيانة.



الشكل (18.1): نموذج أمريكا (أريزونا). [16]

4.9.1 المدخنة الشمسية في مصر (أسوان):

بدأت فكرة إنشاء المداخن الشمسية في أسوان منذ 2012 وتم قبول نتائج ومخرجات هذا المشروع بشكل نهائي في 14 فيفري 2018 حيث جرى تنفيذ هذا المشروع في كلية هندسة الطاقة بجامعة أسوان لذا فهو صناعة مصرية 100 % ما عدا المولد الكهربائي فقط.

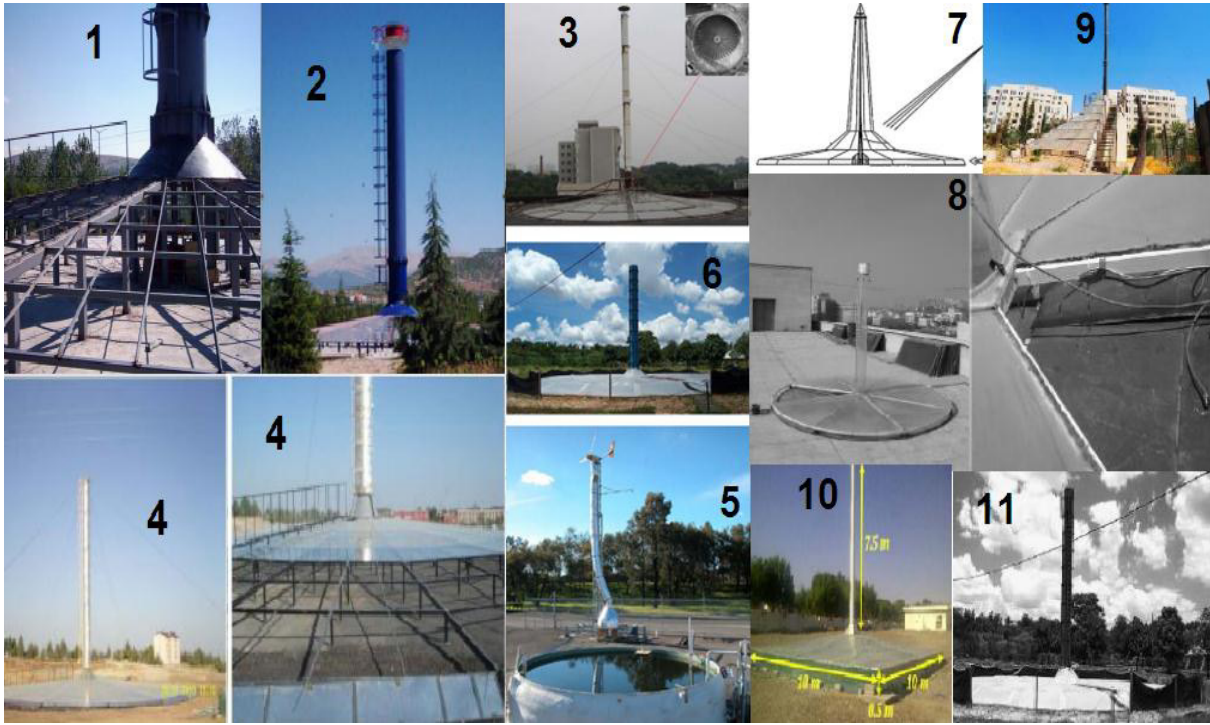
خصائصه :

- مساحة المجمع الشمسي 28 متر مربع ويرتفع عن الأرض ب 1.5 متر تقريبا.
- طول المدخنة 20 متر.
- التكلفة الإجمالية للمدخنة 250 ألف جنيه.
- عمرها الافتراضي من 50 إلى 100 سنة.
- تولد 300 واط يوميا من الكهرباء.



الشكل (19.1): مدخنة أسوان في مصر. [17]

• النماذج الاختبارية الأخرى للمدخنة الشمسية كما يوضح الشكل (20.1)



الشكل (20.1): نماذج إختبارية للمداخن الشمسية. [15]

1. نماذج أولية (2004)، ارتفاع 15 متر، في اسبرطة، تركيا.
2. نموذج koyun et al.
3. نموذج zhou وآخرون.
4. النموذج الأولي (2010) بارتفاع 17.5 متر في اديامان، تركيا.
5. نموذج golder's.
6. نموذج ferreira وآخرون.
7. شريف وآخرون.
8. نماذج أولية (2013)، ارتفاعها 2 متر، في طهران، إيران.
9. النماذج الأولية (2011)، ارتفاع 9م، داماكوس سوريا.
10. النماذج الأولية (2011)، ارتفاع 8.25 متر في العين، الامارات العربية المتحدة.
11. النماذج الأولية (2008) بارتفاع 12.3 متر في بيلو، البرازيل.

10.1 تطبيقات المدخنة الشمسية:

1.10.1 إنتاج الكهرباء:

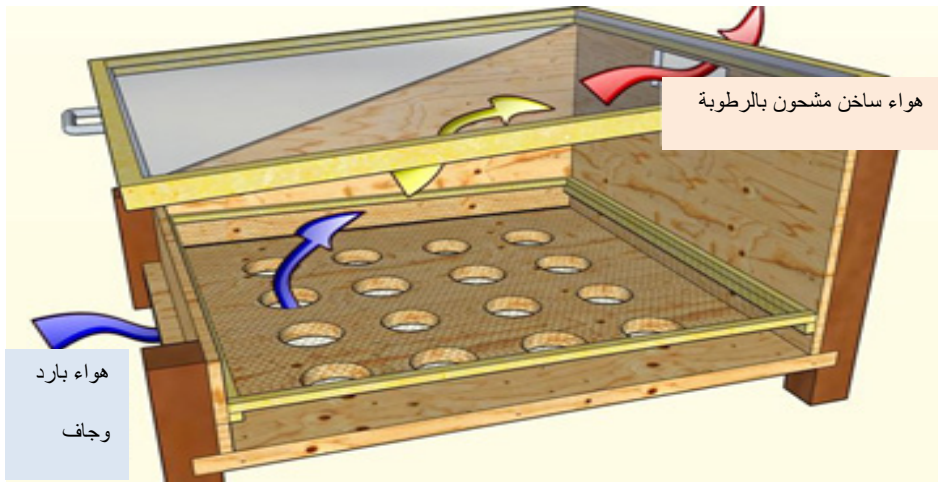
يتم إنتاجه من خلال محطة المدخنة الشمسية وذلك بتحويل الطاقة الشمسية التي تصل إلى المجمع إلى طاقة حرارية بفضل الاحتباس الحراري الذي يحدث في داخله ثم إلى طاقة ميكانيكية بفعل الحمل الحراري الطبيعي الذي يولد تيار يقوم بتدوير التوربين ومن ثم يتم إنتاج الكهرباء.

2.10.1 التجفيف الشمسي بواسطة تقنيات المداخن الشمسية (المجففات): [18]

يتم التجفيف الشمسي عن طريق مجففات الطاقة الشمسية التي تخزن الطعام عن طريق تعريضه لحرارة الشمس. هناك نوعان من أنظمة مجففات الطاقة الشمسية، الأنظمة المباشرة وغير المباشرة.

• النظام المباشر:

يسمح المجفف الشمسي المباشر بتجفيف الطعام من خلال وضعه تحت زجاج أو لوحة بلاستيكية شفافة مقاومة للشمس في إطار يحتوي على فتحات تهوية (الهواء ضروري) لمنع التكثيف، وبفعل تأثير الاحتباس الحراري يتم التقليل من محتوى الرطوبة في الطعام.



الشكل (21.1): المجفف الشمسي المباشر. [19]

• النظام غير المباشر:

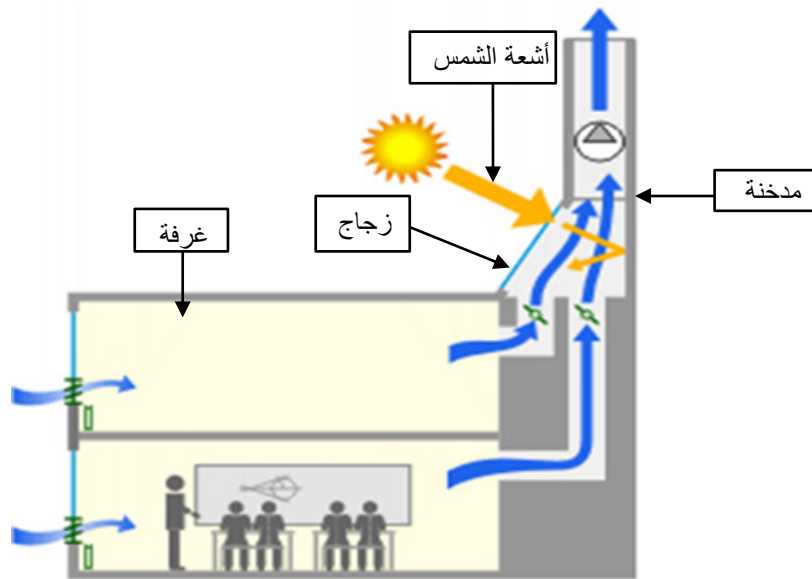
المجفف الشمسي غير المباشر يسمح بتعميم الهواء الساخن بين الطعام في إطار. بحيث يدخل الهواء الساخن عبر الجزء السفلي، مما يؤدي إلى تسخين الطعام الموجود على الشبكات ويتم إخلائه من الجزء العلوي. يتم تثبيت الإطار بواسطة لوحة زجاجية أو زجاج شبكي مائلة عند 45 درجة، لضمان أقصى قدر من التعرض للشمس، مع لوحة سوداء (امتصاص الحرارة) لرفع الهواء إلى الطعام.



الشكل (22.1): المجفف الشمسي غير المباشر. [20]

3.10.1 الرفاهية الحرارية بواسطة تقنيات المداخن الشمسية:

تنتج الرفاهية الحرارية من التهوية الطبيعية وترتبط بأربع متغيرات فيزيائية (درجة حرارة الهواء، شدة الإشعاع الشمسي، الرطوبة وسرعة الهواء) هذه المتغيرات تتفاعل مع جسم الإنسان لتحقيق هذه الرفاهية من خلال وسائل طبيعية تعمل على استبدال الهواء الداخلي المستخدم بهواء نقي من الخارج مثل المداخن الشمسية التي تستخدم في المباني.



الشكل (23.1): عملية التهوية الطبيعية. [21]

البحث البيبليوغرافي:

[22] تتمثل هذه الأطروحة في محاولة تحليل أداء محطات المداخن الشمسية لتوليد الطاقة من خلال تطوير نماذج رياضية مختلفة. الدراسة التحليلية للنتائج المحصل عليها من خلال المقارنة بين النماذج النظرية المختلفة مكنهم من التنبؤ على نحو أفضل بأداء هذه المحطات، كما سمح لهم بدراسة الخصائص الطاقوية للنظام، مردوديتها والاستطاعة المنتجة، أيضا بدراسة تأثير بعض العوامل الهندسية و الفيزيائية كارتفاع المدخنة و الإشعاع الشمسي على الأداء الطاقوي و الديناميكي.

[23] الهدف من هذا البحث هو تقديم نتائج عملية لنموذج مدخنة شمسية ذات كتلة حرارية، إذ تم استبدال السطح الزجاجي بغطاء بلاستيكي شفاف، تركزت الدراسة على تأثير نوع قاعدة المدخنة على درجات حرارة الهواء، ولقد استخدمت ثلاثة أنواع من القواعد. لقد تم الوصول لزيادة كبيرة في درجات حرارة الهواء المجمع مقارنة مع درجات حرارة الهواء الجوي للقواعد الثلاثة المدروسة، وأعلى فرق في درجات الحرارة أمكن الوصول له كان 22°C بأرضية من الحصى الأسود.

[24] قاموا في هذه الأطروحة بتطوير نماذج جديدة من أجل تقييم أداء محطات الطاقة الشمسية مع أجهزة الاستقبال المركزية، سواء أبراج مركزية أو مراكز شعاع أسفل " beam down"، بدعوا بتقدير الطاقة الحرارية التي جمعوها من قبل هذه المرافق، قاموا أولا ببناء خوارزمية " مونت كارلو " لتقدير متوسط الطاقة الحرارية السنوية التي جمعوها من مصنع لمدة تشغيله، استعملوا طريقة مونت كارلو للوظائف غير خطية، توصلوا إلى أنه أصبح من الممكن تقدير أداء محطة للطاقة الشمسية من خلال الطاقة المنتجة.

[25] يتضمن هذا البحث دراسة عددية لمجمع مدخنة شمسية بشكل مخروطي وبأبعاد معينة، وضع لولب مصنوع من الزجاج وبمقطع عرضي مربع بتماس مع الجدار الداخلي للمجمع للبحث عن التأثير على توزيع سرعة الهواء داخل المجمع، تم استحصال النتائج النظرية وقد بينت أن استخدام اللولب يزيد من توزيع السرعة بمقدار (11.57 % و 12.82 %) لسرعة دخول الهواء للمجمع وبقيم عدد رينولد (99945 و 499729) بالمقارنة مع حالة عدم استخدام اللولب وهذه الزيادة سوف تنعكس على زيادة القدرة المنتجة في التوربين

المدار بتأثير حركة الهواء إلى الأعلى وقد استخدم برنامج فلوينت لكافة الحسابات باستخدام نموذج $\epsilon - k$.

[26] في هذه الدراسة، تم تقديم تقنية تسمح بتحسين التهوية الطبيعية والتبريد في المناطق ذات المناخ الحار، حيث تم إنشاء حركة الهواء داخل الوسط باستعمال المدخنة الشمسية، ومن أجل تحديد الخصائص المتعلقة بالنظام المقترح قاموا بدراسة تجريبية، وأخرى باستعمال المحاكاة العددية على المدخنة الشمسية، مع التغيير في أبعادها وزاوية الميل، كما قاموا بتطبيق النموذج على غرفة مكعبة الشكل ذات الأبعاد (1م. 1م. 1م) الجزء العلوي من الغرفة جهز بمدخنة شمسية بزاوية ميل 45 درجة عن المستوى الأفقي، لتحسين التهوية والوصول إلى مستوى من الراحة الحرارية معاً للتقليل من استهلاك الطاقة، حيث تم إدخال مبادل جو - أرض، لاحظوا انخفاض في درجات الحرارة عند مدخل الغرفة، سمحت بتقديم تقدير للمبادل جو - أرض.

[27] يركز هذا المشروع على دراسة النظام الشمسي الهجين المتجدد حيث يتكون من توربين هواء كهربائي مدفوع بحركة الحمل الحراري الطبيعي داخل المدخنة التي ستزود بكهرباء المكثف النشط الذي ينتج الماء، بالإضافة إلى ذلك، فإن مجمع المدخنة الشمسية سيكون بمثابة مكثف سلبي. الغرض من هذا النظام هو إنتاج الماء أولاً من خلال الجمع بين كل من التكتيف النشط والسلبي. كانت الدراسة موجهة نحو محاكاة تدفق الهواء في مدخنة شمسية للحصول على القوة الحركية للهواء القابل للاسترداد.

[28] استعملوا في هذه الدراسة التحليل البعدي للتدفق داخل مدخنة شمسية، قاموا بنمذجة التدفق بالحل العددي للمعادلات والحفاظ على الكتلة، والطاقة، تطور السرعة مهم في وسط المدخنة له حد أقصى توصلوا إليه عند التقاطع. أظهر التحليل أن زيادة ارتفاع المدخنة يزيد في إنتاج الطاقة، زيادة قطر المدخنة يسمح بزيادة تدفق الكتلة، لاحظوا أن أهم المتغيرات المادية لمدخنة شمسية هي الأبعاد التي تسمح لمعظم الاختلافات في مسار التدفق، الزيادة في ارتفاع وقطر المدخنة ينتج عنه زيادة في السرعة وانخفاض في درجة حرارة التدفق.

[29] الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تقييم عمل المدخنة الشمسية داخل البناء وأدائها الحراري داخل السكن، لذلك تم وضع منهجية لتحليل عمل المدخنة الشمسية المقدمة في

حامل وإيجاد السمك، الميل وكثافة الشعاع الشمسي التي تضمن تدفق كبير للهواء، ولتحقيق ذلك قاموا بالتحقق من صحة هذا العمل وذلك بمقارنة النتائج، وقد توصلوا إلى اتفاق جيد.

استعملوا برنامج fluent من أجل محاكاة عددية لتدفق الحمل.

[30] قاموا بدراسة عددية عن منطقة الانخفاض في المجمع الشمسي. منطقة الانخفاض تعني تغير الارتفاع بين سقف المجمع الشمسي وبين صفيحة الامتصاص (قاع المجمع الشمسي) التي تكون ذات بعد معين عن مركز المجمع وهذا البعد يعتمد على حجم النموذج المستعمل. درسوا تغير ارتفاعات منطقة الانخفاض عمليا وعدديا حيث تم استخدام ثلاثة ارتفاعات و كان الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير ارتفاعات منطقة الانخفاض على السرعة التصميمية (السرعة التي تقوم بتحريك ريش التوربين الموجودة عند مدخل المدخنة) بينت النتائج أن استخدام الارتفاع 1.28 سم هو الأفضل والسبب في ذلك عند تقليل الارتفاع بين السقف والأرضية تعني التقليل من مساحة الجريان داخل المجمع الشمسي مما يؤدي إلى زيادة في سرعة الجريان ومنه زيادة كفاءة المدخنة الشمسية.

[31] الهدف الرئيسي لهذا العمل هو إجراء محاكاة عددية للتدفق في المدخنة الشمسية باستعمال برنامج fluent من أجل دراسة تأثير تباين بعض المتغيرات الهندسية مثل نسبة ارتفاع برج المدخنة و نصف قطر المجمع لتحسين تصميم المدخنة الشمسية. هذه الدراسة تجعل من الممكن فهم السلوك الديناميكي والحراري للتدفق عبر المداخل الشمسية، خاصةً عندما تتنوع بعض المتغيرات الهندسية. حيث تم تقديم تحليل للتدفق داخل المداخل الشمسية.

[32] قاموا في هذه الأطروحة بمحاولة وضع قاعدة مبدئية للدراسات الديناميكية لما يسمى بالمدخن الشمسية المستعملة في توليد الكهرباء فقسّموا عملهم إلى جزئي حيث أنشؤوا خوارزمية للحسابات لدراسة جريان الهواء عبر جهاز يشبه هندسيا وحدات المداخل الشمسية قصد إيجاد الحقل الحركي و التوزيع الحراري و استعملوا طريقة عددية متركزة أساسا على مفهوم الحجم المنتهية و ذلك لمعالجة المعادلات الرياضية المترجمة لظاهرة الحمل الطبيعي مع فرضية كون الجريان ذا بعدين.

[33] تم العمل في هذه الأطروحة على دراسة النمذجة العددية للتدفقات المفتوحة للحمل الحراري داخل قناة عمودية ساخنة غير متماثلة مع تدفق مستمر، خصوصية هذا النوع من

التدفق في حقيقة أن المحرك للحركة يقع داخل التدفق، مما يجعل من الصعب نمذجة الواجهات، وبالتالي يجب معرفة الشروط الحدية الواجب تطبيقها على الحدود المفتوحة للمجال الحسابي.

[34] قاموا في هذا البحث على تطوير نظام المداخل الشمسية المنحدرة من خلال حل معادلات الاستمرارية وكمية الحركة والطاقة ونقل الإشعاع (المعادلات المتكاملة) باستعمال تقريب بوسينسك تقريبا، وتقييم أدائها في مدينة بغداد في العراق عددياً بواسطة برنامج فلوينت. حيث أظهرت النتائج أن تغيير زاوية المجمع له تأثيرات كبيرة على أداء النظام، من خلال زيادة السرعة عندما تزيد زاوية المجمع وتصل إلى الحد الأقصى لقيمة زاوية المجمع (30 درجة)، وزيادة درجة الحرارة أيضا في أوقات الشدة الحرارية صباحا ولكنها تتخفف في المساء، حيث توصلوا إلى أن الجو العراقي مناسب لهذا النظام.

[35] درس بحثهم مدخنة شمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وذلك باستخدام حقل جريان متماثل، لا انضغاطي واضطرابي لتيارات الحمل الطبيعي وحلها عدديا باستخدام طريقة العناصر المحددة لحل معادلة Navier–Stokes ومعادلات الطاقة وذلك لحساب مكونات السرعة وتوزيع درجة الحرارة، لجدار المدخنة الاسمنتي والأرضية الممتصة للمجمع الشمسي ولقد تم الاستعانة بالموديل الإضطرابي $(k - \epsilon)$ الذي ترافق حسابه مع قوانين الجدار على طول الحدود الصلبة، مع الأخذ بالاعتبار تدابير خاصة للتعامل مع الشكل المعقد للحقل. ولاختبار صلاحية الدراسة فقد تم مقارنتها مع دراسة عملية سابقة ولنفس الظروف المحيطة، حيث كان هناك توافق مقبول ما بينهما. ولقد اختبر أداء المدخنة الشمسية خلال أعلى سرعة للهواء في مدخل المدخنة وأعلى درجة حرارة في الأرضية حيث جرى تحديد العوامل المثالية ضمن المدى المدروس.

[36] قاموا بدراسة عددية لأداء المداخل الشمسية للتهوية والتبريد في المباني التي تم فيها ملاحظة تغيرات درجات الحرارة لمختلف المكونات، وتأثير بعض العوامل على مكونات المدخنة وسرعة الهواء عند مخرج المدخنة. قارنوا النتائج التي تم الحصول عليها لزوايا الميل المختلفة للمدخنة حيث تبين أن الزاوية المثلى لحسن سير العمل تتراوح بين 45 درجة و 75 درجة. وأن أداء المدخنة الشمسية يزداد مع تزايد التدفق الشمسي الذي يؤدي إلى زيادة درجة حرارة (Absorbeur)، وهذا الأخير يؤثر على درجة حرارة الهواء في المدخنة

وبالتالي يخلق فرق في درجة الحرارة بين الهواء في الغرفة والهواء في المدخنة وهذا هو هدف دراستهم.

[37] اقترحوا في هذا العمل الدراسة العددية لانتقال الحرارة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي داخل برج شمسي، المائع المحمول هو الهواء ($Pr = 0.702$) والذي يعتبر نيوتوني غير قابل للانضغاط يتدفق بصفة رقائقية، المعادلات المتحكممة في السريان تأخذ بصيغ التدويم - دوال التيارات في جملة للإحداثيات، باستعمال تقريب بوسينسك بالنسبة لشروط التسخين، حيث افترضوا درجات حرارة ثابتة لجدران مجمع البرج T_c بالنسبة للأرض و T_f بالنسبة لسقف المجمع حيث ($T_f < T_c$) ولحل هذه المعادلة استعملوا طريقة الحجم المنتهية، فحسوا تأثير هندسة النظام على ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي داخل البرج.

[38] قاموا بدراسة تدفق السائل المضطرب تحت تأثير الحمل الحراري الطبيعي في المدخنة الشمسية لتوليد الطاقة يتم تنفيذ هذه الدراسة عن طريق المحاكاة العددية باستخدام برمجيات صاتورن للمحاكاة (Code_Saturne) وقد أجريت الدراسة على نوعين من محطات الطاقة الشمسية للمدخنة. في النموذج الأول أخذوا الجزء الأرضي والذي يقع تحت المجمع كنظام التخزين للحرارة في النموذج الثاني اعتبروا نظام التخزين (سطح الأرض وحوض مملوء بالماء يغطي كامل سطح الأرضية السفلية). كما تم إجراء تعديلات هندسية على اللاقط في حالة الميل للسطح الخارجي للمجمع بالمقارنة مع المستوى الأفقي كما تم دراسة مفهوم الأنثروبي لهدف تحسين الاستفادة من التغييرات الهندسية وتأثير هذه الأخيرة على فعالية المدخنة.

[39] عملهم يتعلق بدراسة ظاهرة الحمل الطبيعي الحراري، داخل مدخنة شمسية حيث قاموا بفحص تأثير الفارق في درجة الحرارة بين أرضية المدخنة الشمسية ودرجة الحرارة الخارجية على الانتقال الحراري داخل المدخنة، وأنجزوا محاكاة عددية للانتقال الحراري، وذلك باستعمالهم لبرنامج، "Fluent" وكذلك أنجزوا مقارنة نوعية مع بعض الأعمال المنجزة سابقا، حيث كانت نتائجهم مقارنة جدا للنتائج المتوفرة في المراجع التي تم التنويه إليها في هذا العمل.

[40] أجري في هذا البحث دراسة نظرية للتحقق من أداء محطة طاقة للمدخنة الشمسية من خلال نموذج مصغر من محطة طاقة للمدخنة الشمسية وتحليل النظام باستخدام برنامج

FLUENT وحل المعادلات المتحكمة مثل معادلات حفظ الكتلة، كمية الحركة، الطاقة بطريقة الحجم المنتهية، النتائج بينت أن الشكل الهندسي لمنطقة الدخول (نوع توصيلة الارتباط بين المجمع الشمسي والمدخنة) لها تأثير على معاملات الأداء وخصوصا على سرعة تدفق الهواء، استخدام الوصلات المنحنية أو المدورة مع الموجه سيحسن من التدفق الكلي بنسبة 38% مقارنة بالوصلة المستقيمة.

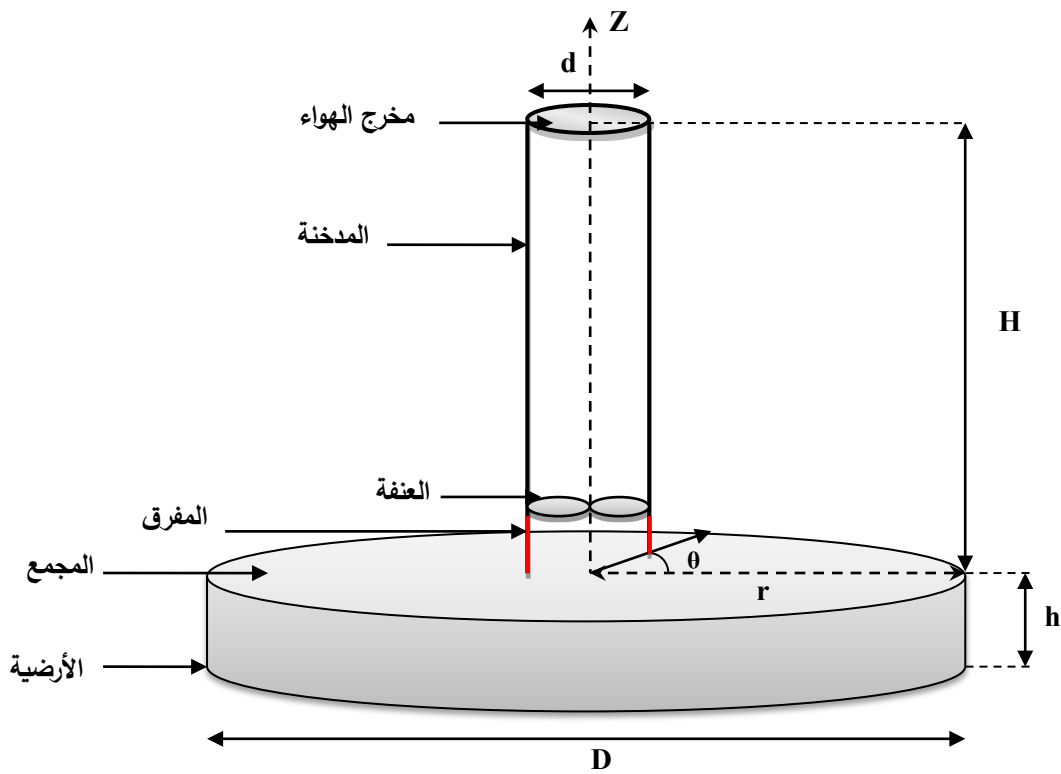
[41] عملهم يتعلق بدراسة أحد العوامل المؤثرة في عملية التهوية الطبيعية، حيث قاموا بدراسة تأثير المدخنة الشمسية في مسرى تدفق الهواء داخل نموذج سكني مزود بمدخنة شمسية مائلة بزاوية $\theta = 54^\circ$ وبوجود مدخل للهواء ذلك من خلال اجراء محاكاة عددية للانتقال الحراري الطبيعي باستخدامهم للبرنامج العددي "Fluent" المبنى بطريقة الحجم المنتهية. المعادلات التفاضلية للحمل الحراري الطبيعي هي معادلة الاستمرارية، معادلة الحركة ومعادلة الحرارة في الإحداثيات الديكارتية مع إدخال تقريب Boussinesq حيث أظهرت نتائج المحاكاة أن دور المدخنة الشمسية لا يكون فعالا في حالة قيمة تدرج درجة الحرارة ضعيفة وكذلك في حالة المساكن الفردية حيث لا تتوفر على مساحة كبيرة.

الفصل الثاني:
النمذجة و المعادلات الرياضية

في هذا الفصل نقوم بصياغة الإشكالية الفيزيائية مع وصف الحيز الهندسي أين يتم إجراء المحاكاة و كذلك المعادلات التفاضلية الواصفة للظاهرة الفيزيائية التي يتم دراستها و هي الحمل الحراري الطبيعي.

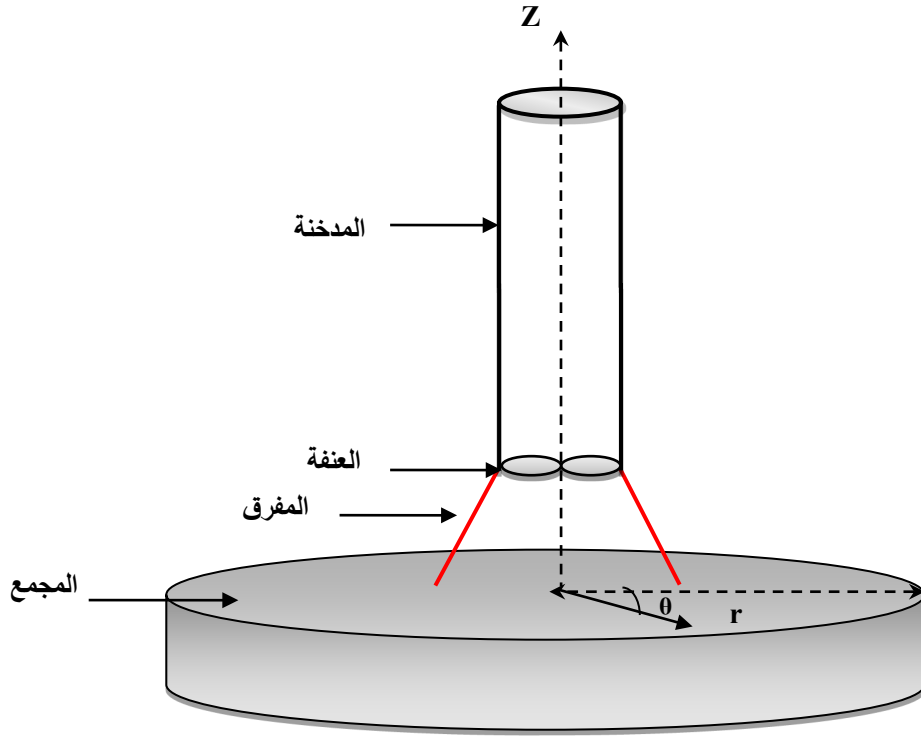
1.2 وصف النموذج الفيزيائي:

نقوم في هذا العمل بدراسة تأثير الشكل الهندسي للرابط بين المجمع والمدخنة على حركة الهواء الناتجة عن الحمل الحراري الطبيعي داخل المدخنة الشمسية المبينة في الأشكال (1.2)، (2.2) و (3.2). حيث نغير الزاوية المحصورة بين ميل الرابط أو المفرق و أنبوب المدخنة.

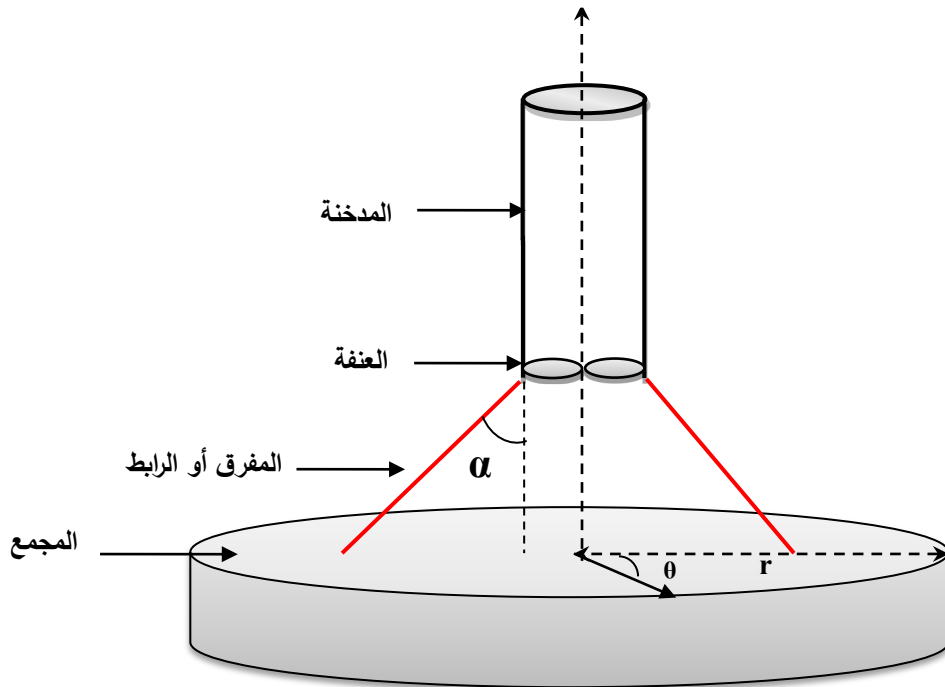


الشكل (1.2): التمثيل الهندسي المبسط للمدخنة الشمسية

مفرق عمودي (جزء من المدخنة) α_1



الشكل (2.2): التمثيل الهندسي للمدخنة الشمسية
حيث يكون المفرق على شكل مخروطي α_2



الشكل (3.2): التمثيل الهندسي للمدخنة الشمسية
حيث يكون المفرق على شكل مخروطي α_3

هندسة المدخنة الشمسية عبارة عن تراكب جزئيين مختلفين في الارتفاع والقطر بثلاثة أشكال مختلفة، ويكمن هذا الاختلاف في الشكل الهندسي للرابط (المفرق) الموجود بين المجمع والمدخنة.

نعتبر درجة الحرارة للجدران الخارجية للمدخنة والمجمع ثابتة و متساوية T_f ودرجة حرارة الأرضية كذلك ثابتة T_c ، مع $T_f < T_c$.

2.2 النمذجة الرياضية:

معادلات النموذج الرياضي يتم التعبير عنها في البداية في شكلها الشعاعي ثم يتم كتابتها في الإحداثيات الأسطوانية مع أخذ بعين الاعتبار الفرضيات التبسيطية.

1.2.2 الصياغة الشعاعية:

❖ معادلة الاستمرارية:

المعادلة التي تعبر عن قانون انحفاظ الكتلة هي كالتالي:

$$(2.1) \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot \vec{v}) = 0$$

حيث:

ρ : الكتلة الحجمية للمائع.

\vec{v} : مركبات سرعة المائع.

❖ معادلة كمية الحركة:

مبدأ انحفاظ كمية الحركة يسمح بكتابة المعادلة التالية:

$$(2.2) \quad \rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} v) \right) = -\vec{\nabla} p + \rho \vec{g} + \mu \Delta \vec{k}$$

\vec{g} : تسارع الجاذبية.

μ : اللزوجة الديناميكية

\vec{k} : مصفوفة الإجهادات.

p : ضغط المائع.

❖ معادلة الطاقة:

يتم الحصول على معادلة انحفاظ الطاقة من المبدأ الأول للديناميكا الحرارية:

$$(2.3) \quad \frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} T) = \frac{\lambda}{\rho c_p} \Delta T$$

T : درجة حرارة المائع.

λ : الناقلية الحرارية للمائع.

C_p : السعة الحرارية للمائع عند ضغط ثابت.

2.2.2 صياغة المعادلات العامة في الإحداثيات الأسطوانية:

❖ معادلة الاستمرارية:

$$(2.4) \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \left(\frac{1}{r} \frac{\partial (rv_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \left(v_r \frac{\partial \rho}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial \rho}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial \rho}{\partial z} \right) = 0$$

❖ معادلة كمية الحركة:

✓ وفق الإحداثية r :

$$(2.5) \quad \rho \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial r} + \rho g_r$$

$$+ \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{v_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right)$$

✓ وفق الإحداثية θ :

$$(2.6) \quad \rho \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_\theta v_r}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \rho g_\theta$$

$$+ \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} \right) - \frac{v_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right)$$

✓ وفق الإحداثية z:

$$(2.7) \quad \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z$$

$$+ \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right)$$

❖ معادلة الطاقة :

$$(2.8) \quad \frac{\partial T}{\partial t} + \left(v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{\lambda}{\rho c_p} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

$$+ \frac{\beta_T}{\rho c_p} \frac{\partial p}{\partial t}$$

3.2.2 فرضيات التبسيط:

من أجل تبسيط النموذج الرياضي، اخترنا بعض الفرضيات وهي كالتالي:

- المائع (الهواء) نيوتوني وغير قابل للضغط.
- تدفق المائع ثنائي الأبعاد، دائم و صفيحي.
- نعتبر تبديد الزوجة وعمل قوى الضغط مهملان في معادلة الطاقة.
- لدينا تناظر بالنسبة للمحور العمودي (z) حيث $\left(\frac{\partial}{\partial \theta} \right) = 0$
- كثافة المائع في الجزء المتعلق بالقوى الحجمية في معادلة كمية الحركة تتغير خطيا مع درجة الحرارة T وفقا لتقريب بوسينسك .
- الخصائص الفيزيائية للموائع في المعادلات الأخرى ثابتة وتحدد بدرجة الحرارة المرجعية T_0 .

يعطى تقريب بوسينسك على الشكل التالي:

$$(2.9) \quad \rho(T) = \rho_0 [1 - \beta_T (T - T_0)]$$

حيث: ρ : الكتلة الحجمية للمائع.

β_T : معامل التمدد الحراري في ضغط ثابت.

T_0 : درجة الحرارة المرجعية.

ρ_0 : الكتلة الحجمية عند T_0 .

4.2.2 تبسيط المعادلات في الإحداثيات الأسطوانية :

باستعمال فرضيات التبسيط، تصبح المعادلات السابقة (2.4)، (2.5)، (2.6)، (2.7) و

(2.8) على النحو التالي:

❖ معادلة الاستمرارية:

$$(2.10) \quad \frac{1}{r} \frac{\partial(rv_r)}{\partial r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

❖ معادلة كمية الحركة:

اسقاط المعادلات (2.5)، (2.7) يعطي المعادلات التالية:

✓ وفق الإحداثية r :

$$(2.11) \quad \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \nu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{v_r}{r^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right)$$

✓ وفق الإحداثية z :

$$(2.12) \quad \left(v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + g_z \beta_T (T - T_0) + \nu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right)$$

ν : اللزوجة الحركية.

❖ معادلة الطاقة:

$$(2.13) \quad v_r \frac{\partial T}{\partial r} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\lambda}{\rho C_P} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_P}$: معامل الانتشار الحراري

3.2 المعادلات اللابعديّة:

يمكننا كتابة النموذج الرياضي المتمثل في المعادلات السابقة في الشكل اللابعدي حتى يتسنى لنا إظهار الأعداد اللابعديّة التي من خلالها يتم التحكم في الظاهرة الفيزيائية و هذا باستعمال معايير مرجعية مختارة تعطى كالتالي:

$$\begin{aligned} r^+ &= \frac{r}{D}; & z^+ &= \frac{z}{D}; & v_r^+ &= \frac{v_r}{\left(\frac{\alpha}{D}\right)}; \\ T^+ &= \frac{T-T_f}{T_c - T_f}; & P^+ &= \frac{P}{\rho \left(\frac{\alpha}{D}\right)^2}; & v_z^+ &= \frac{v_z}{\left(\frac{\alpha}{D}\right)}; \end{aligned}$$

نتحصل على الأعداد اللابعديّة التالية:

$$P_r = \frac{\nu}{\alpha}; \quad \text{عدد براندتل (Prandtl):}$$

$$G_r = \frac{\rho^2 g \beta_T D^3 \Delta T}{\mu^2}; \quad \text{عدد كراشوف (Grashof):}$$

$$R_a = G_r \cdot P_r; \quad \text{عدد رايلي (Rayleigh):}$$

❖ معادلة الاستمرارية:

$$(2.14) \quad \frac{1}{r^+} \frac{\partial (r^+ \cdot v_r^+)}{\partial r^+} + \frac{\partial v_z^+}{\partial z^+} = 0$$

❖ معادلات كمية الحركة:

$$(2.15) \quad v_r^+ \frac{\partial v_r^+}{\partial r^+} + v_z^+ \frac{\partial v_r^+}{\partial z^+} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P^+}{\partial r^+} + P_r \left(\frac{\partial^2 v_r^+}{\partial r^{+2}} + \frac{\partial^2 v_r^+}{\partial z^{+2}} \right)$$

$$(2.16) \quad v_r^+ \frac{\partial v_z^+}{\partial r^+} + v_z^+ \frac{\partial v_z^+}{\partial z^+} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P^+}{\partial z^+} + P_r \left(\frac{\partial^2 v_z^+}{\partial r^{+2}} + \frac{\partial^2 v_z^+}{\partial z^{+2}} \right) + R_a \cdot P_r \cdot T^+$$

❖ معادلة الطاقة:

$$(2.17) \quad v_r^+ \frac{\partial T^+}{\partial r^+} + v_z^+ \frac{\partial T^+}{\partial z^+} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T^+}{\partial r^{+2}} + \frac{\partial^2 T^+}{\partial z^{+2}} \right)$$

4.2 الشروط الحدية:

يتم الانتقال من الشكل ثلاثي الأبعاد إلى ثنائي الأبعاد من خلال التناظر المحوري كما يوضح الشكل (4.2) الشروط الحدية.

الشروط الحدية عند مدخل الهواء:

$$T = T_f, v_r = 0, v_z = 0$$

الشروط الحدية عند مخرج الهواء:

$$\frac{\partial v_r}{\partial z} = \frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة للأرضية:

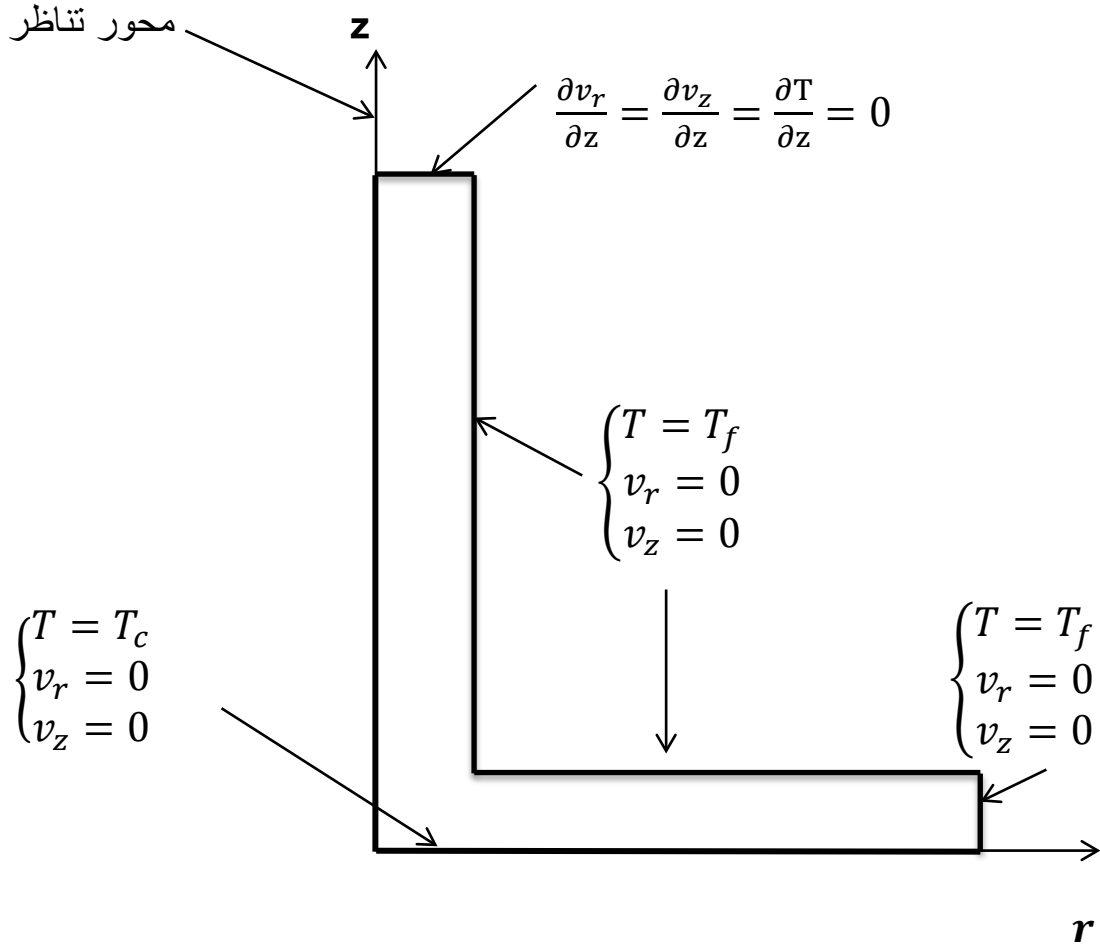
$$T_{sol} = T_c, v_r = 0, v_z = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة لسطح المجمع:

$$T = T_f, v_r = 0, v_z = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة للزجاج وللسطوح الثابتة الحرارة:

$$T = T_f, v_r = 0, v_z = 0$$



الشكل (4.2): الشروط الحدية.

الفصل الثالث:
المحاكاة العددية

1.3 المقدمة:

لحل المشاكل المتعلقة بالظواهر الفيزيائية التي يصعب حل معادلاتها تحليلياً نلجأ إلى استعمال المحاكاة العددية كحل تقريبي باستخدام البرمجة المباشرة أو أحد البرامج المتاحة والمستعملة في تطبيقات الموائع وحركتها مثل: Ansys Fluent ، OpenFOAM ، Cmsol Multiphysics حيث استعملنا هذا الأخير لإجراء المحاكاة العددية لظاهرة الحمل الحراري الطبيعي للهواء داخل المدخنة الشمسية.

2.3 نظرة عامة حول برنامج COMSOL:**1.2.3 التعريف ببرنامج COMSOL:**

هو برنامج محاكاة عددية يعتمد على طريقة العناصر المنتهية (FEM) حيث يسمح بالمحاكاة للعديد من التطبيقات الفيزيائية والهندسية، ولا سيما الظواهر المقترنة أو المحاكاة متعددة الظواهر الفيزيائية و هذا ما جعله يعد كبيئة تفاعلية قوية لنمذجة وحل جميع أنواع المشكلات العلمية والهندسية القائمة على المعادلات التفاضلية الجزئية (PDEs) من خلال تقسيم المجال إلى عدد كبير من العناصر لتتحول المعادلات التفاضلية إلى معادلات جبرية يسهل حلها بالطرق الحسابية عن طريق عدد كبير من التكرار، يستخدم هذا البرنامج في عدة مجالات من بينها النقل الحراري، الجيوفيزياء، تدفق الوسائط المسامية، انتشار الموجات، ديناميكيات الموائع...إلخ.

1.1.2.3 طريقة العناصر المنتهية (المحددة):

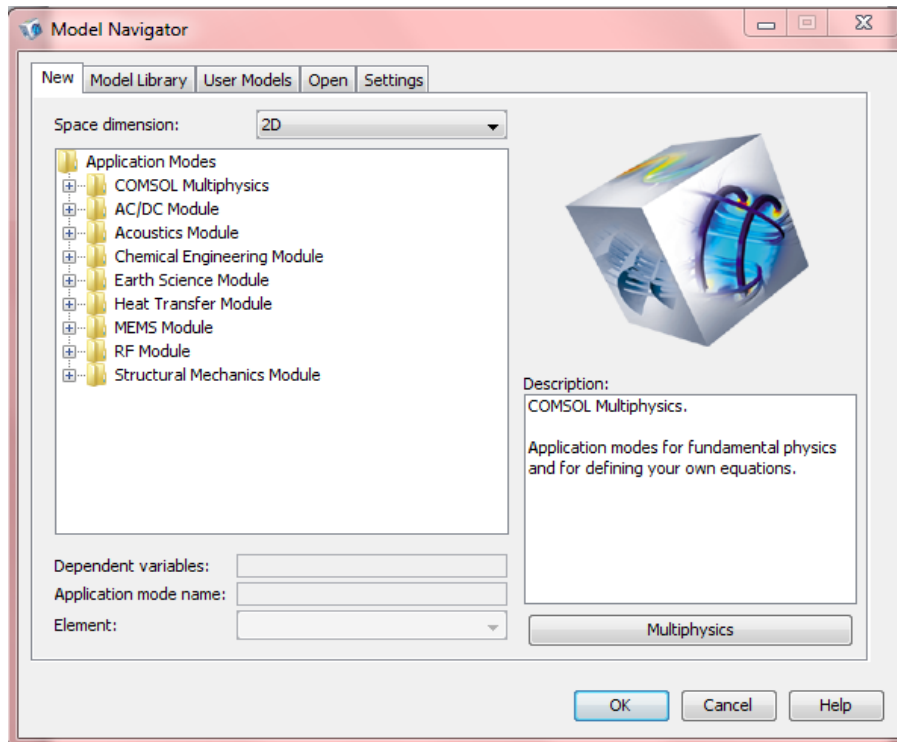
هي طريقة تحليل عددي لإيجاد الحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية الجزئية بالإضافة إلى الحلول المتكاملة حيث يعتمد الحل إما على إلغاء المعادلات التفاضلية الجزئية نهائياً (في الحالات الساكنة) أو تقريبها إلى معادلات تفاضلية نظامية والتي يكون من الممكن حلها باستخدام عدة طرق كطريقة أويلر Euler أو رونجي كوتا Runge-Kutta .

2.2.3 ميزات برنامج COMSOL:

- ✓ حل الأنظمة الأحادية، الثنائية والثلاثية الأبعاد.
- ✓ قدرته على جعل اقتران المجالات ذات الأبعاد المختلفة للمساحة في نفس المشكلة ممكن و هذه المرونة لا تبسط النمذجة فحسب بل تقلل من وقت التنفيذ كذلك.
- ✓ توسيع النماذج التقليدية لنوع واحد من الفيزياء إلى نماذج متعددة الفيزياء.
- ✓ البنية الرياضية الأساسية فيه هي نظام من المعادلات التفاضلية الجزئية.

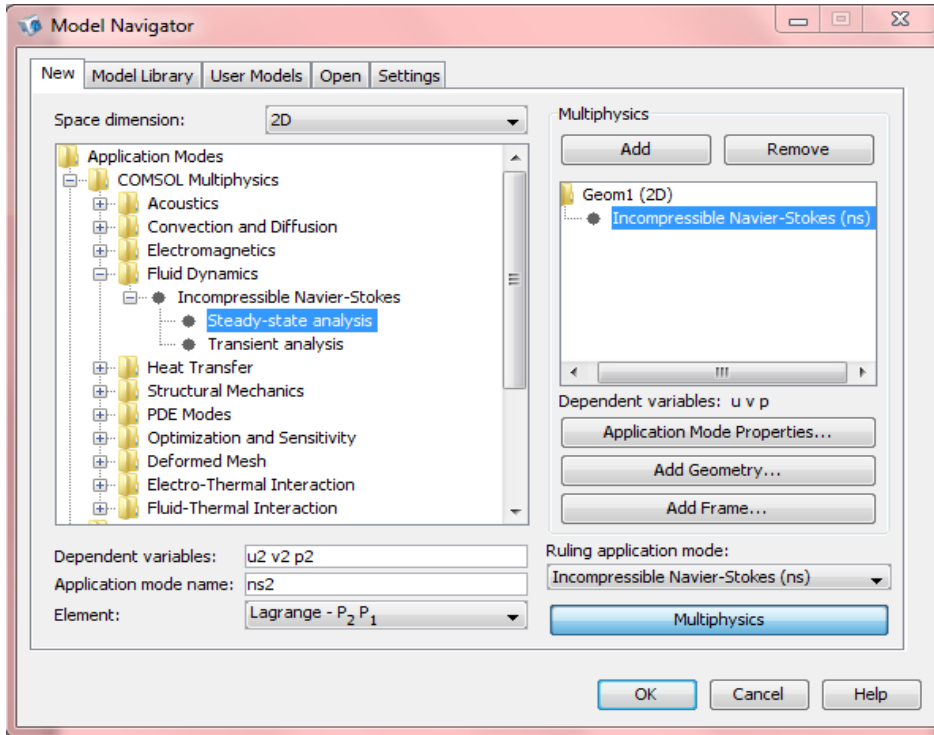
3.2.3 خطوات العمل على برنامج COMSOL:

الخطوة 01: تشغيل برنامج COMSOL حيث عند بدء تشغيله يتم الاستقبال بواسطة واجهة Model Navigator هنا تبدأ عملية النمذجة والتحكم في جميع إعدادات البرنامج، تتيح لنا تحديد البعد وأنماط التطبيق للبدء في العمل على نموذج جديد، أو فتح نموذج موجود سابقا.



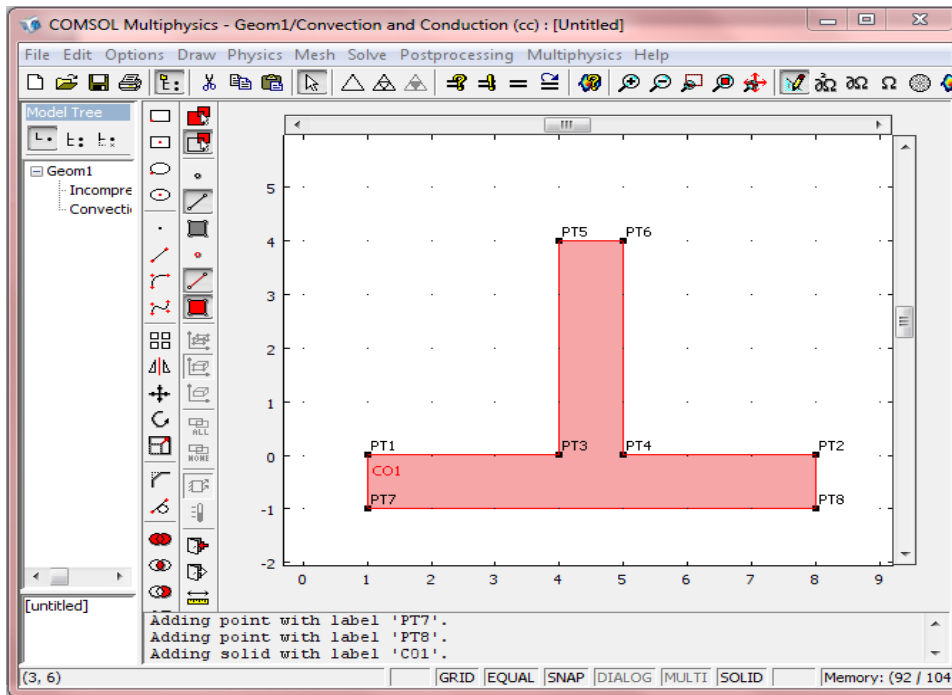
الشكل (1.3): الواجهة Model Navigator.

الخطوة 02: تحديد بعد و نمط التطبيق للنموذج.



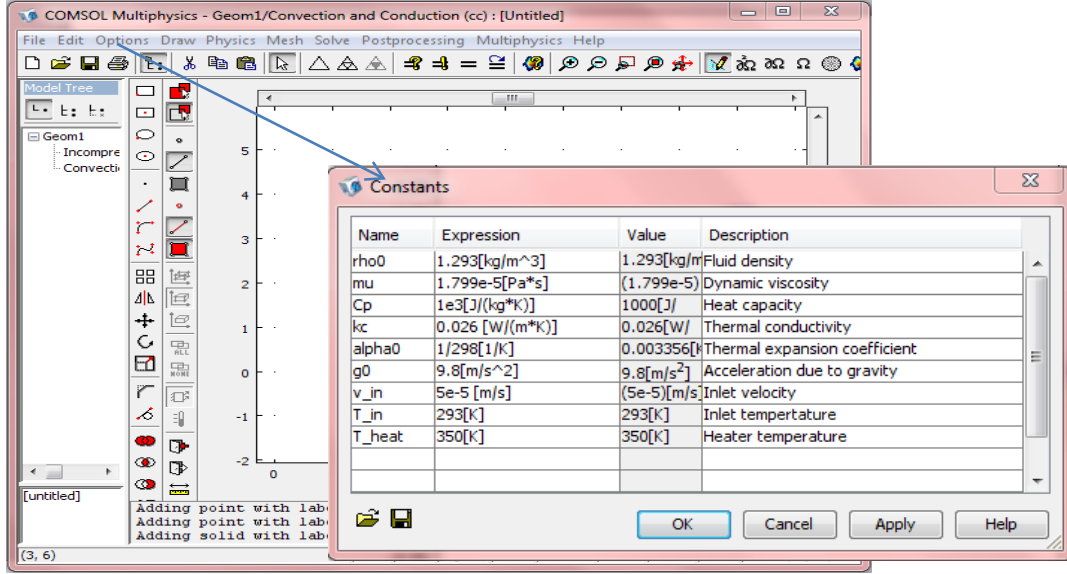
الشكل (2.3): مراحل تحديد بعد ونمط التطبيق للنموذج.

الخطوة 03: إنشاء الشكل الهندسي.



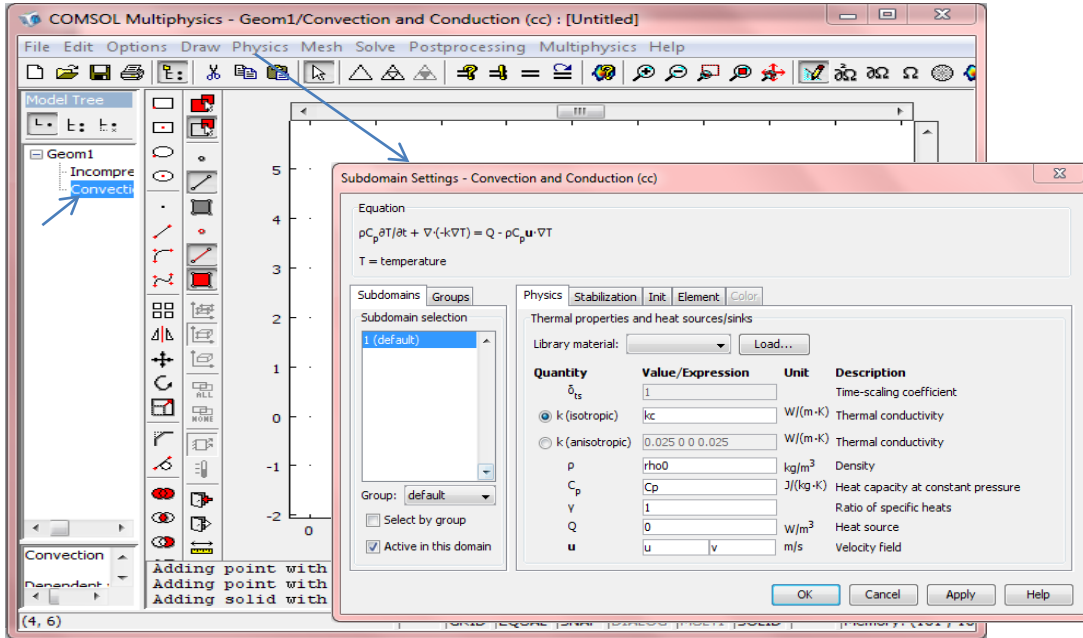
الشكل (3.3): هندسة المجال الفيزيائي.

الخطوة 04: إدخال الثوابت الخاصة بالنموذج.



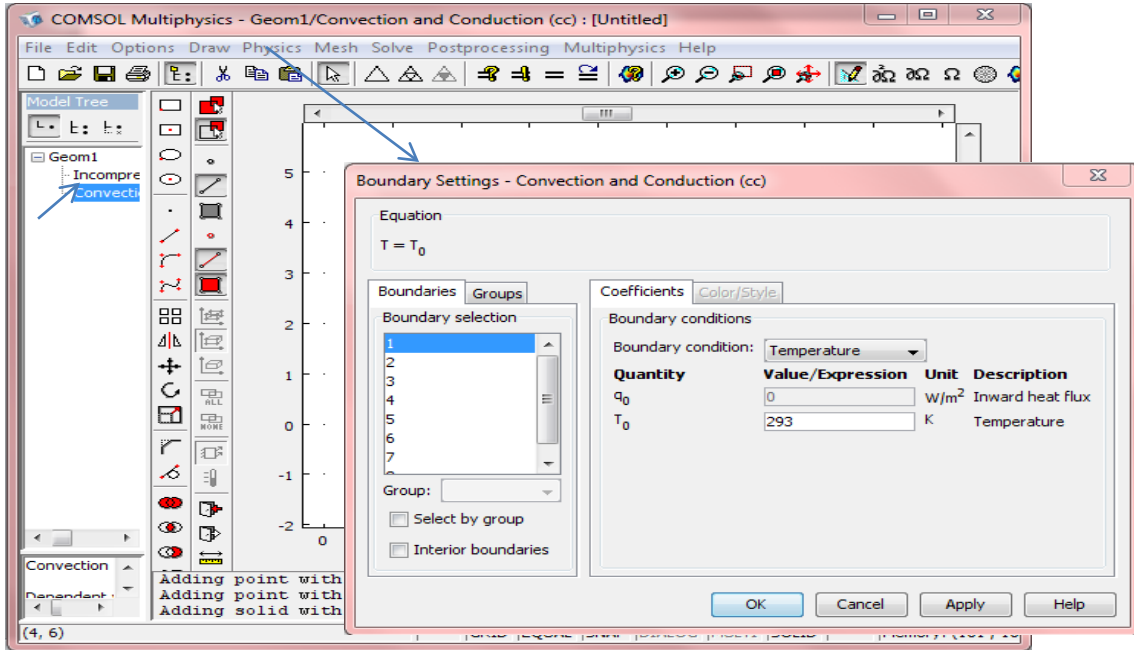
الشكل (4.3): أمر خاص بإدخال الثوابت.

الخطوة 05: تحديد المعلومات الخاصة بالمجال الفيزيائي لكل نمط.



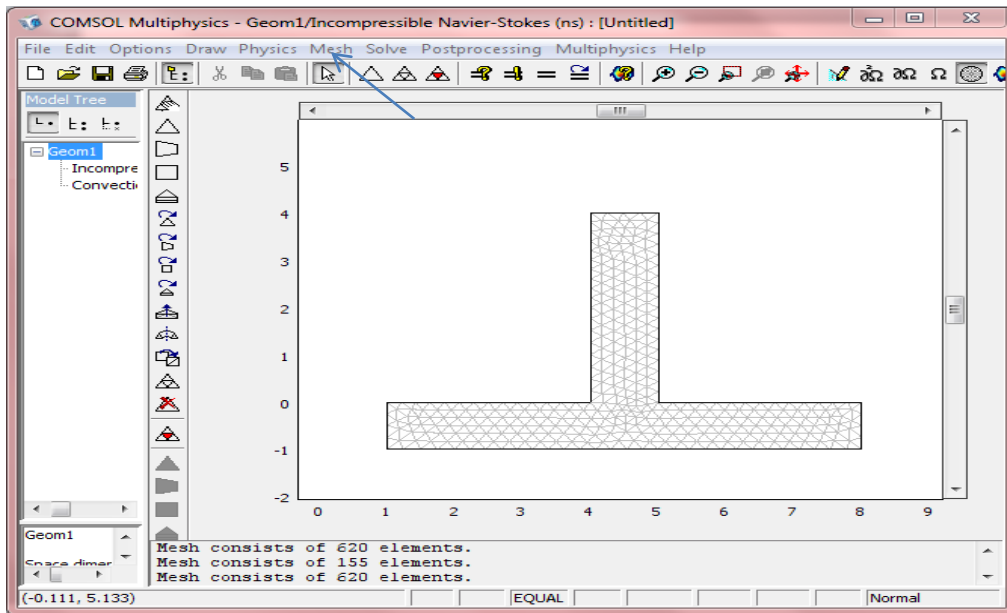
الشكل (5.3): تحديد المعلومات الخاصة بالمجال الفيزيائي لكل نمط.

الخطوة 06: تحديد الشروط الحدية (تحديد وظيفة كل سطح وخصائصه) لكل نمط.



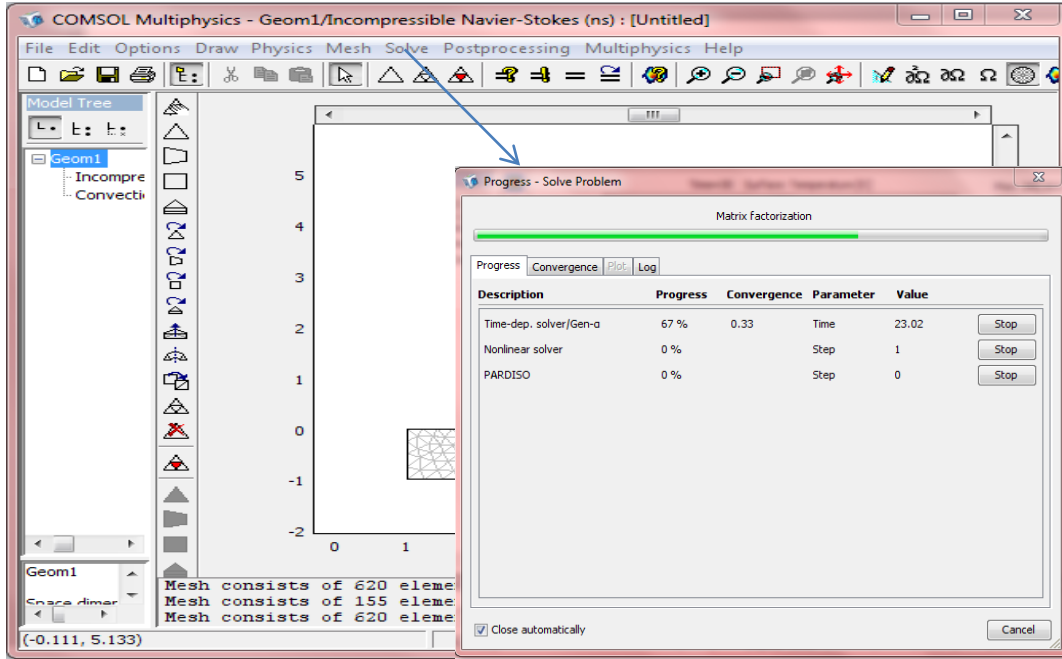
الشكل (6.3): تحديد الشروط الحدية.

الخطوة 07: تقسيم الحيز الهندسي (Maillage).



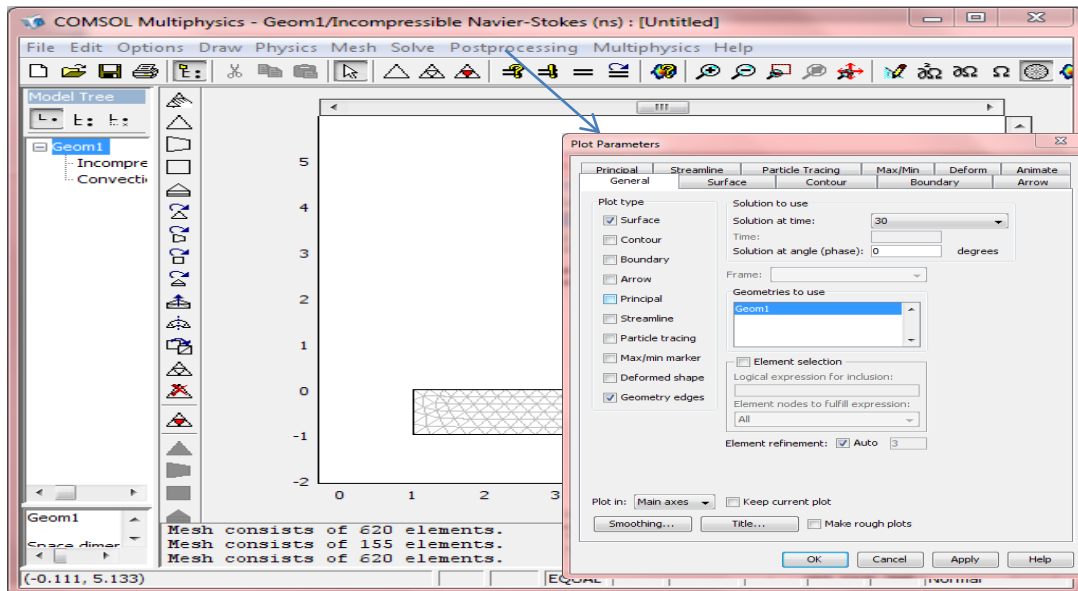
الشكل (7.3): إنشاء شبكة تقسيمات المجال الهندسي (Maillage).

الخطوة 08: حل النموذج (الحساب و المعالجة).



الشكل (8.3): بداية الحساب و المعالجة.

الخطوة 09: نتائج المحاكاة.



الشكل (9.3): إختيار و إظهار النتائج المختلفة للمحاكاة.

الفصل الرابع:
النتائج و المناقشة

1.4 المقدمة:

نذكر أن هدفنا هو دراسة تأثير شكل الرابط الذي يجمع بين المجمع و المدخنة العمودية للمدخنة الشمسية على سرعة الهواء عبر مدخل المدخنة أين يتم تركيب عنفة أو عدة عنفات يتدفق من خلالها الهواء بطاقة حركية ناتجة عن الحمل الحراري المتولد داخل المدخنة الشمسية تحت تأثير الفارق في درجة حرارة بين سطح المجمع و الأرضية. نعتبر تدفق الهواء في وضع دائم ورقائقي داخل المدخنة الشمسية بحيث تتم المحاكاة العددية بواسطة برنامج Comsol Multiphysics ، وظاهرة الحمل الحراري الطبيعي في المدخنة الشمسية تتمثل في المعادلات التفاضلية للحفاظ على الكتلة وكمية الحركة ومعادلة الطاقة مع إدخال تقريب بوسينسك.

يتم أولاً دراسة تأثير عدد رايلي Ra و الذي يمثل التغيير في فارق الحرارة على تدفق الهواء و كذلك على انتقال الحرارة داخل المدخنة الشمسية و هذا بالنسبة للأشكال المختلفة الرابط، بعدها يتم مقارنة سرعات تدفق الهواء عبر مدخل المدخنة لمختلف الأشكال.

2.4 دراسة تأثير عدد رايلي Ra:

يتم تقديم النتائج في شكل خطوط متساوية الحرارة اللابعدية (Isothermes) و حقول لمحصلة السرعة اللابعدية كذلك ومع تغيير لقيمة عدد رايلي من $Ra=10^4$ إلى $Ra=10^6$ و هذا مع تغيير زاوية ميل سطح الرابط إلى ثلاثة قيم مختلفة:

$$\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=26.5^\circ, \alpha_3=56^\circ.$$

1.2.4 بالنسبة لمدخنة ذات رابط عمودي بزاوية ميل $\alpha_1=0^\circ$

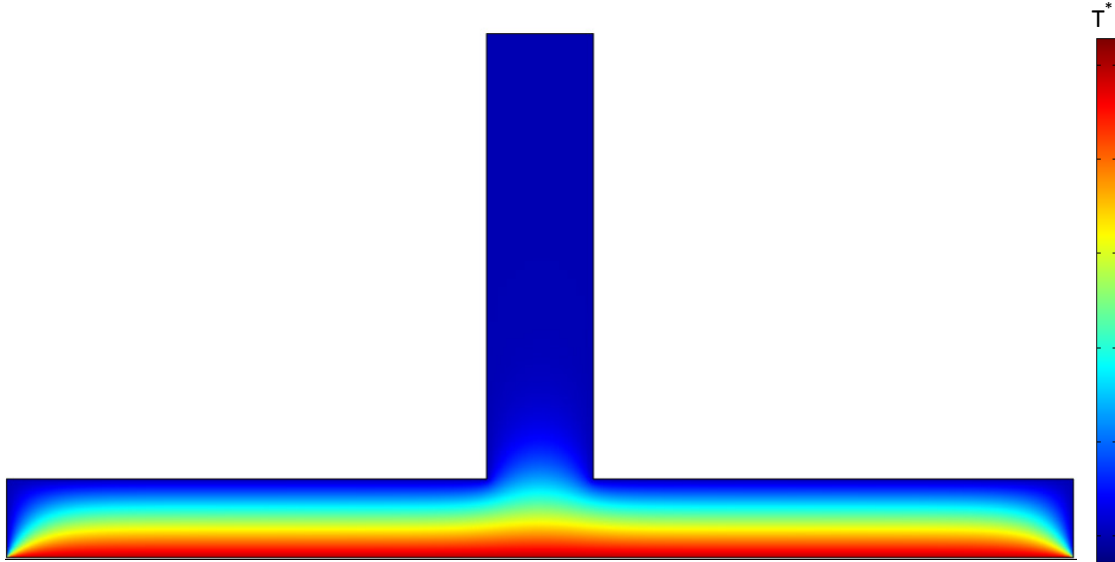
تمثل الأشكال من (1.4) إلى (10.4) تدرجات لخطوط تساوي الحرارة و مجال السرعة اللابعديتين. نلاحظ في الشكل (1.4) أين تكون قيمة عدد رايلي $Ra=10^4$ أن خطوط تساوي الحرارة تمثل صفائح متوازية في منطقة المجمع وتبدأ في التشوه تحت المدخنة . تنخفض درجة الحرارة ببساطة من الأرضية إلى سقف المجمع. يتم التحويل الحراري داخل المدخنة الشمسية في هذه الحالة بشكل رئيسي عن طريق ظاهرة شبه التوصيل الحراري ، مع وجود

حمل حراري طبيعي ولكنه ضعيف جدًا عند مدخل المدخنة و كذلك عند الطرفين بين الأرضية و المجمع حيث تعتبر هذه المناطق بؤر لعدم الاستقرار حيث يتولد الحمل الحراري الطبيعي كما يبينه الشكل (2.4) حيث أن السرعة اللابعدية للهواء غير منعدمة و لكنها تعتبر ضعيفة. في الشكل (3.4) نلاحظ أنه مع زيادة في قيمة عدد رايلي إلى $Ra=10^5$ تبقى خطوط تساوي الحرارة في شكلها المتوازي معبرة عن أن التحويل الحراري داخل المدخنة الشمسية لا يزال غالبا على الحمل الحراري. أما بالنسبة لحقل السرعة في الشكل (4.4) فيتبين لنا أن سرعة تدفق الهواء تضاعفت تقريبا و هذا عند مدخل المدخنة والأطراف إلا أن بقية الهواء في بقية المدخنة يعتبر في حالة ركود.

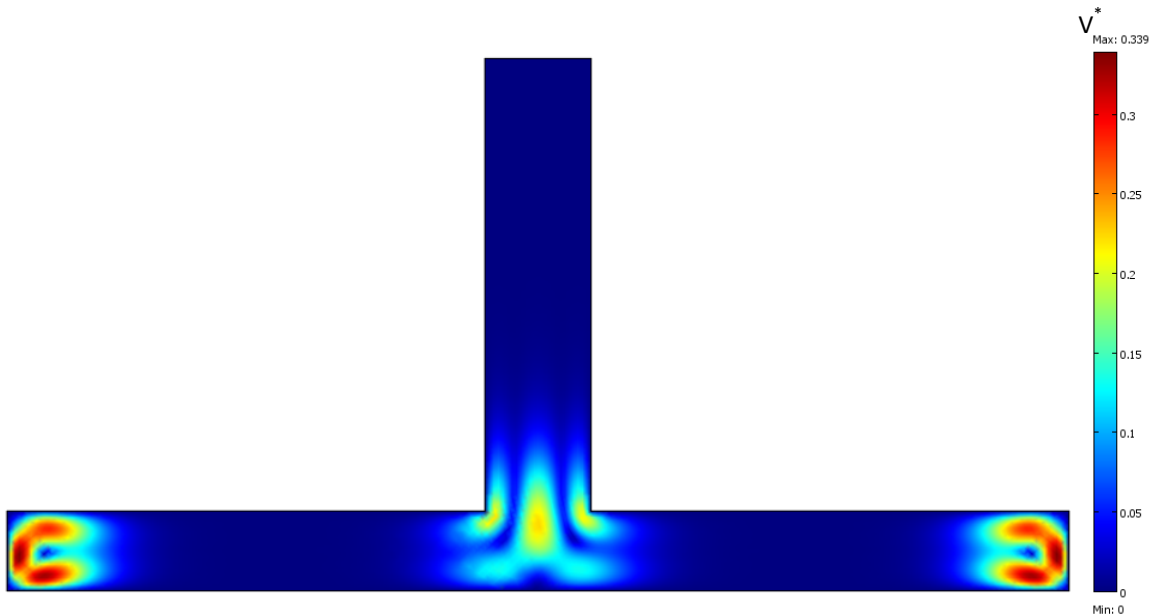
مع زيادة قيمة عدد رايلي إلى $Ra=5 \times 10^5$ نلاحظ في الشكل (5.4) أن خطوط تساوي الحرارة تبدأ في التموج التدريجي بين الأرضية و المجمع كما يزداد تحديدها عند مدخل المدخنة و هذا ما يعبر على أن ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي بدأت تساهم في عملية التحويل الحراري داخل كامل حيز المدخنة الشمسية إلى جانب التوصيل الحراري الذي يبقى عمليا و خاصة بين الأرضية و المجمع. كما نلاحظ في الشكل (6.4) أن حقل تدفق الهواء بدأ في التكون على شكل خلايا دورانية متجاورة ، كما أن الخلية الرئيسية الموجودة عند مدخل المدخنة بدأت في الارتفاع داخل أنبوب المدخنة، كما نلاحظ ان السرعة تضاعفت إلى عشرة أضعاف تقريبا مقارنة بالسرعة بالنسبة لقيمة رايلي السابقة $Ra=10^5$.

يوضح لنا الشكل (7.4) و (9.4) أنه مع الزيادة التدريجية في قيمة عدد رايلي إلى غاية بلوغ $Ra=10^6$ يزداد تموج خطوط تساوي الحرارة بشكل مضاعف داخل كامل الحيز المتواجد بين الأرضية و المجمع و خاصة عند مدخل المدخنة حيث يصبح الحمل الحراري الطبيعي هو المحرك الرئيسي للتحويل الحراري داخل المدخنة الشمسية بعد أن كان يساهم مع التوصيل الحراري فقط. أما من خلال الشكلين (8.4) و (10.4) يتأكد ما تبين فيما سبق مع ارتفاع السرعة اللابعدية و بلوغها قيمتها القصوى عند مدخل المدخنة بعدما كانت عند الأطراف المتباعدة بين الأرضية و المجمع. كما يتجلى لنا بروز الحلقات الدورانية

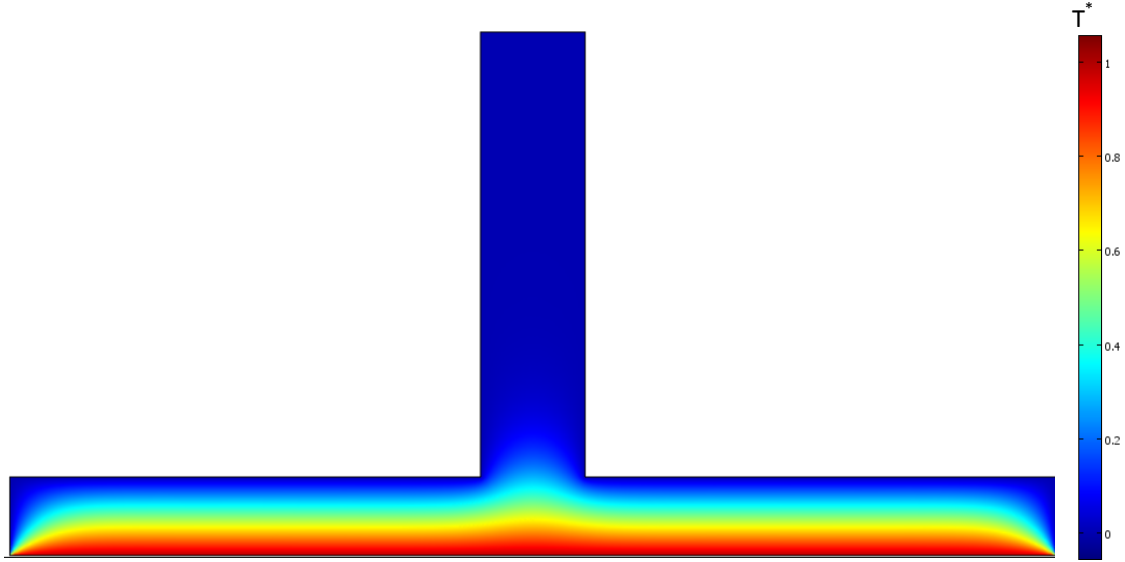
المتجاورة و تكاثفها المتزايد معلنة عن تكوين تدفق للهواء يمثل ظاهرة Rayleigh - Bénard التي تميز الحمل الحراري الطبيعي.



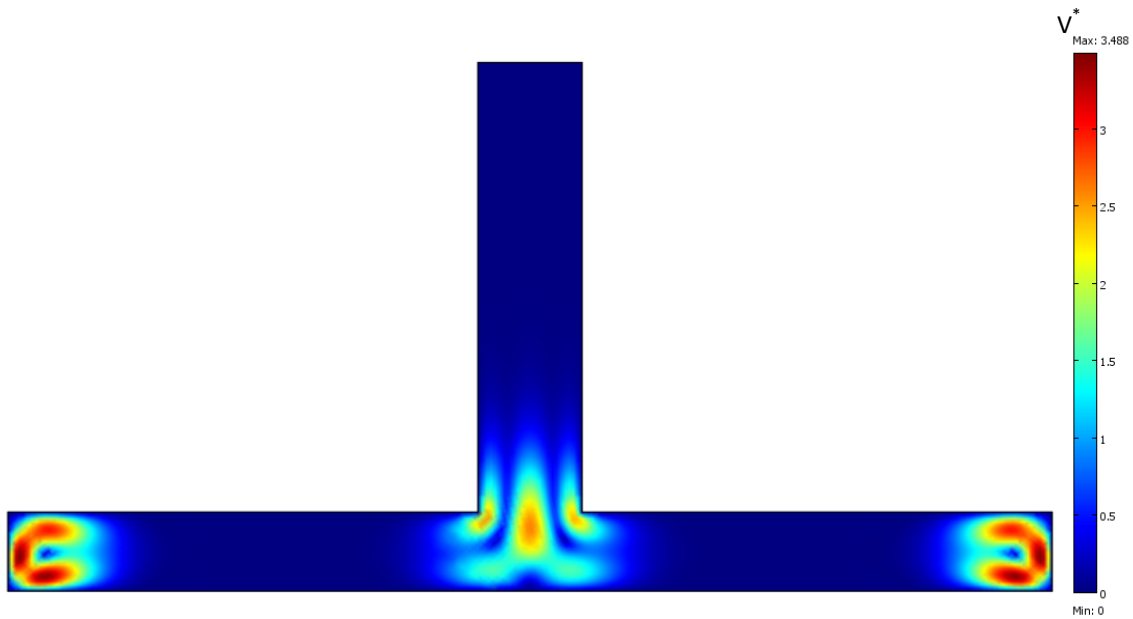
الشكل (1.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



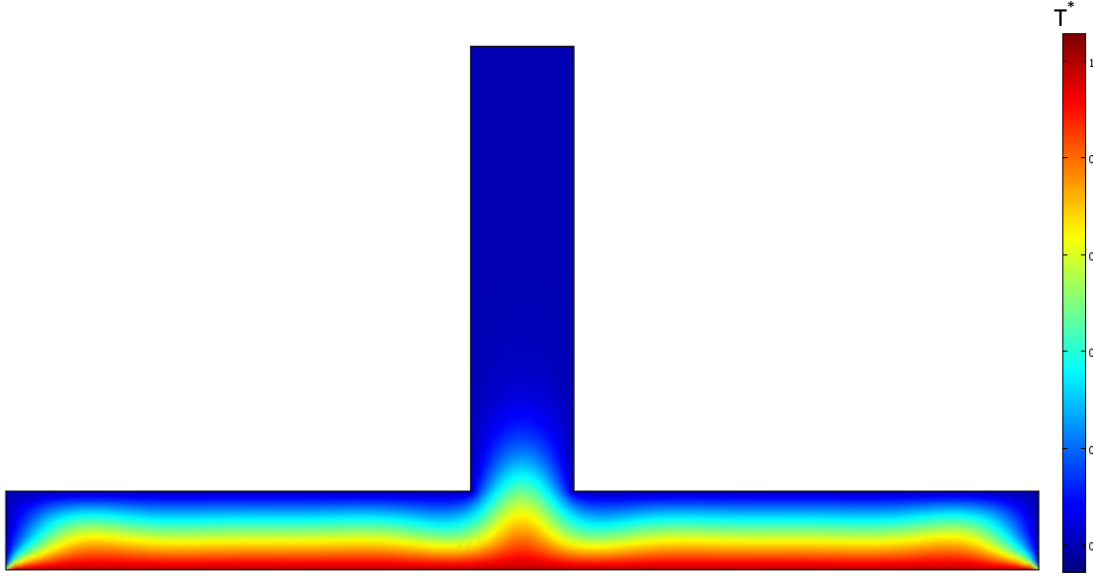
الشكل (2.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



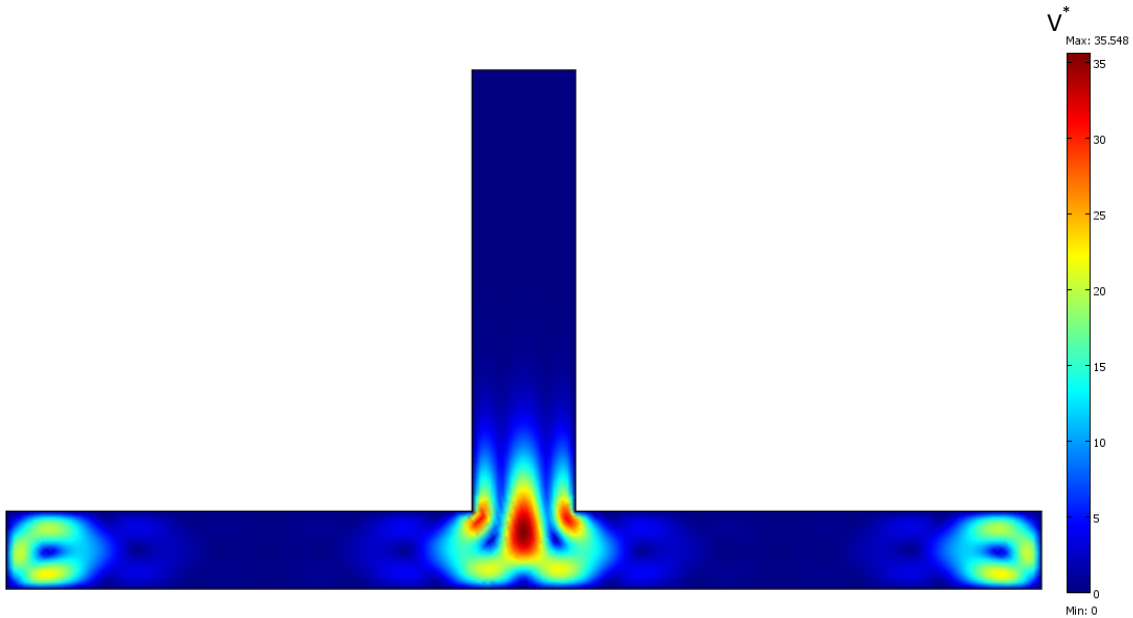
الشكل (3.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



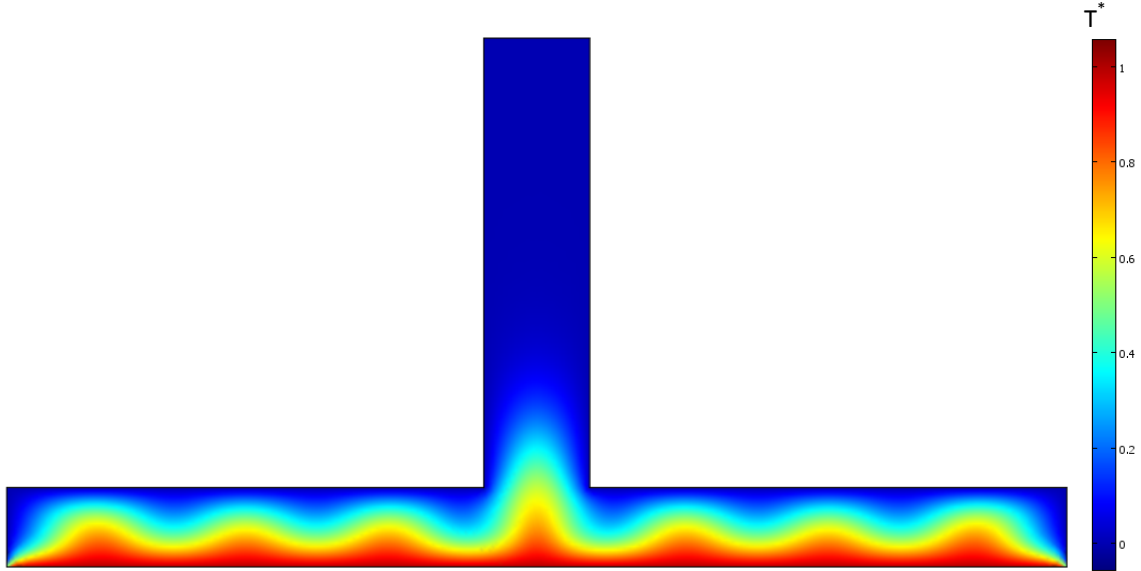
الشكل (4.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



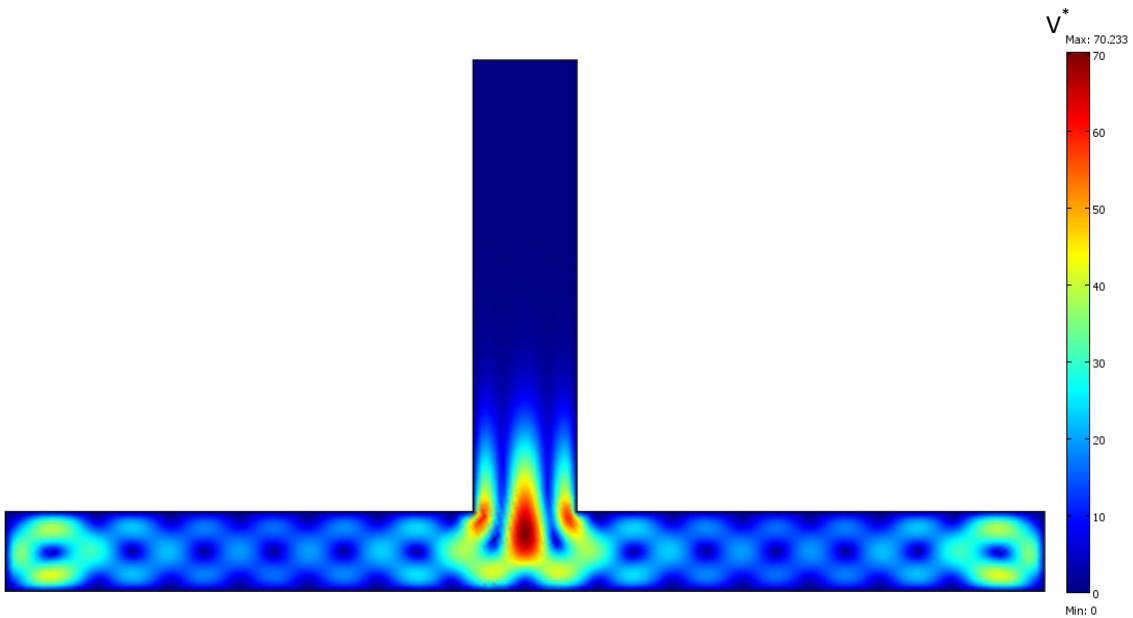
الشكل (5.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



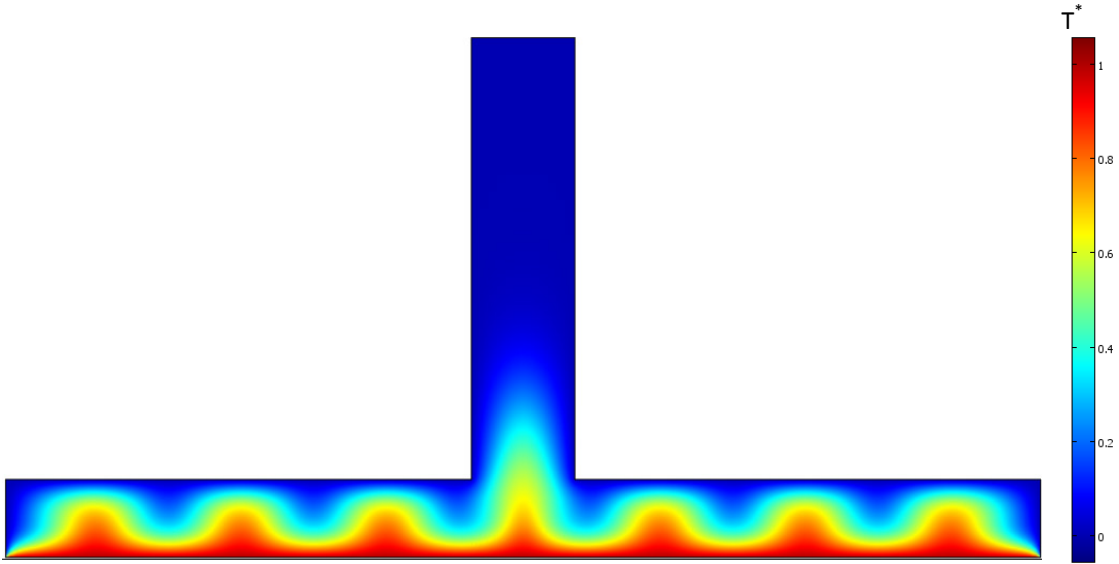
الشكل (6.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



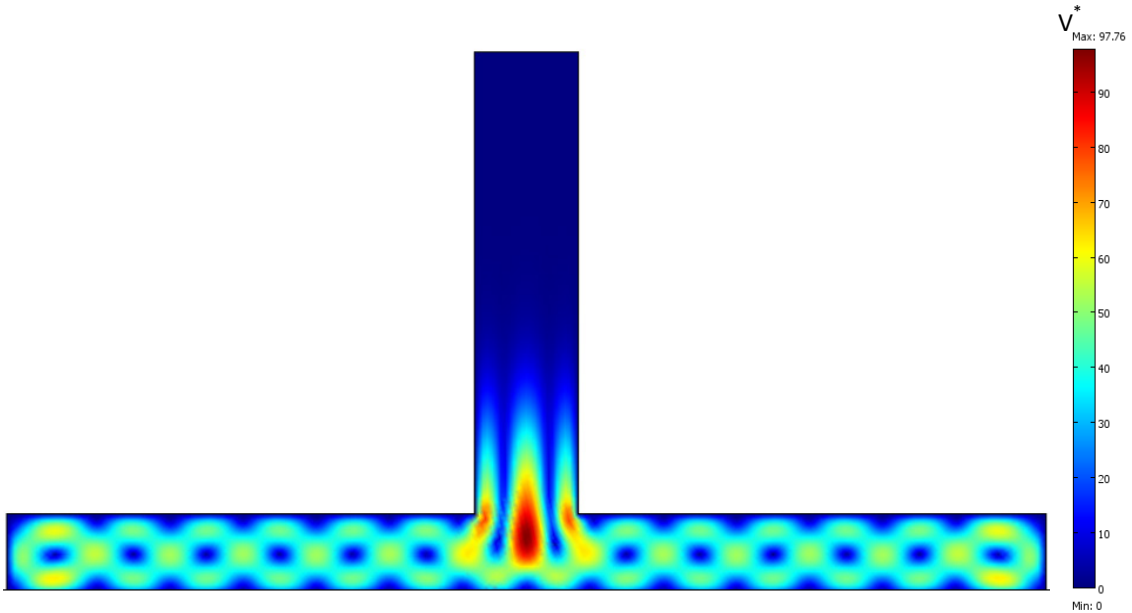
الشكل (7.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra= 7.5 \times 10^5$



الشكل (8.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$



الشكل (9.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$



الشكل (10.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$

2.2.4 بالنسبة لمدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_2 = 26.5^\circ$

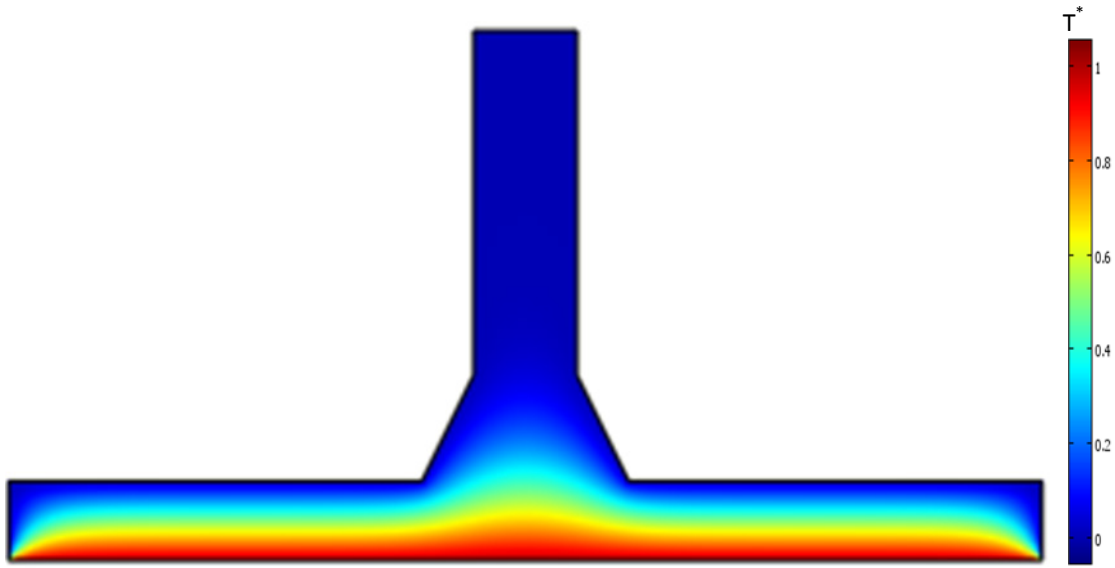
تمثل الأشكال من (11.4) إلى (20.4) تدرجات لخطوط تساوي الحرارة ومجال السرعة اللابعديتين. نلاحظ في الشكل (11.4) أن خطوط تساوي الحرارة عند قيمة عدد راييلي $Ra=10^4$ تمثل صفائح متوازية مختلفة الألوان تتدرج من اللون الأحمر الأعلى حرارة إلى اللون الأزرق الأقل حرارة في منطقة المجمع وهذا يدل على انخفاض درجة الحرارة ببساطة من الأرضية إلى سقف المجمع، وتبدأ في التشوه بشكل أكبر تحت المدخنة مقارنة مع المدخنة ذات الرابط العمودي الموافقة لنفس قيمة راييلي. يتم التحويل الحراري داخل هذه المدخنة الشمسية عن طريق ظاهرة شبه التوصيل الحراري، حيث يتولد حمل حراري طبيعي ضعيف جداً عند مدخل المدخنة و كذلك عند الطرفين بين الأرضية والمجمع كما يبينه الشكل (12.4) حيث أن السرعة اللابعدية للهواء ضعيفة ولكنها تضاعفت مرتين بالمقارنة مع المدخنة ذات الرابط العمودي بزاوية ميل $\alpha_1 = 0^\circ$ لنفس قيمة راييلي $Ra=10^4$.

في الشكل (13.4) نلاحظ أنه مع زيادة في قيمة عدد راييلي إلى $Ra=10^5$ تبقى خطوط تساوي الحرارة في شكلها المتوازي معبرة عن أن شبه التوصيل الحراري داخل المدخنة الشمسية لا يزال غالباً على الحمل الحراري الطبيعي. أما بالنسبة لحقل السرعة في الشكل (14.4) فيتبين لنا أن سرعة تدفق الهواء تضاعفت إلى حوالي 18 مرة مقارنة بالسرعة بالنسبة لقيمة راييلي السابقة $Ra=10^4$ وإلى أربع أضعاف بالنسبة للمدخنة ذات الرابط العمودي الموافقة لنفس قيمة راييلي $Ra=10^5$ و هذا عند مدخل المدخنة والأطراف إلا أن بقية الهواء في بقية المدخنة يعتبر في حالة ركود.

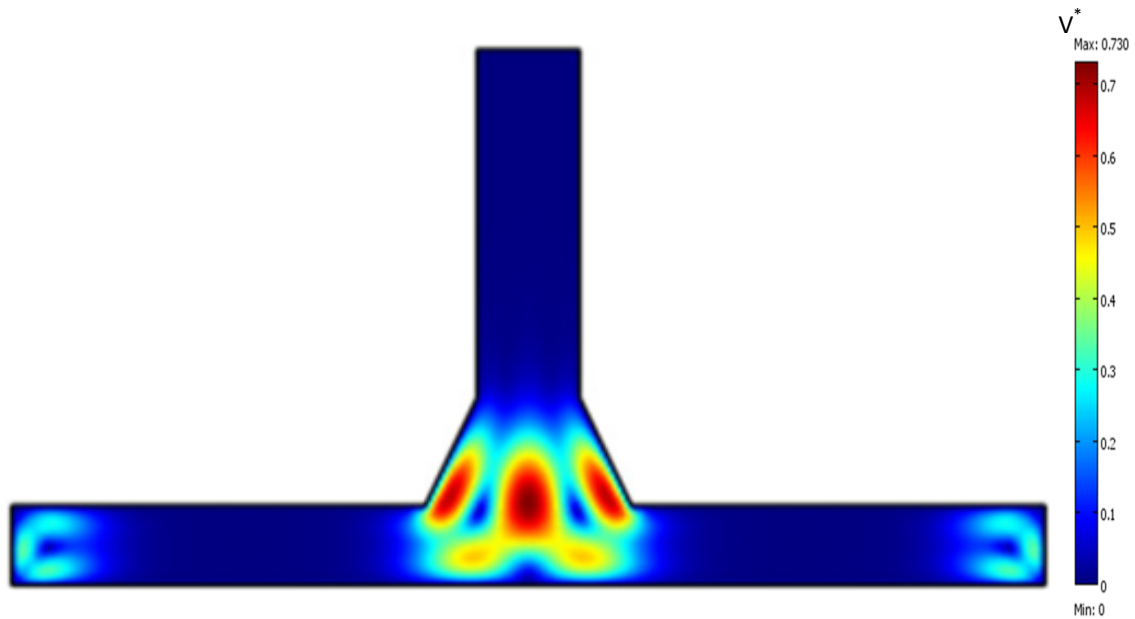
مع زيادة قيمة عدد راييلي إلى $Ra=5 \times 10^5$ نلاحظ في الشكل (15.4) أن خطوط تساوي الحرارة تبدأ في التموج التدريجي بين الأرضية و المجمع كما يزداد تحديدها عند مدخل المدخنة و هذا ما يعبر على أن ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي بدأت تساهم في عملية التحويل الحراري داخل كامل حيز المدخنة الشمسية إلى جانب التوصيل الحراري الذي يبقى

عمليا و خاصة بين الأرضية و المجمع و لكنه يبدأ في التلاشي نسبيا. كما نلاحظ في الشكل (16.4) أن حقل تدفق الهواء بدأ في التكون على شكل خلايا دورانية متجاورة و الخلية الرئيسية الموجودة عند مدخل المدخنة بدأت في الارتفاع داخل أنبوب المدخنة، كما أن السرعة تضاعفت إلى ثمانية أضعاف مقارنة بالسرعة بالنسبة لقيمة رايلي السابقة $Ra=10^5$ وإلى ثلاثة أضعاف بالنسبة للمدخنة ذات الرابط العمودي الموافقة لنفس قيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$.

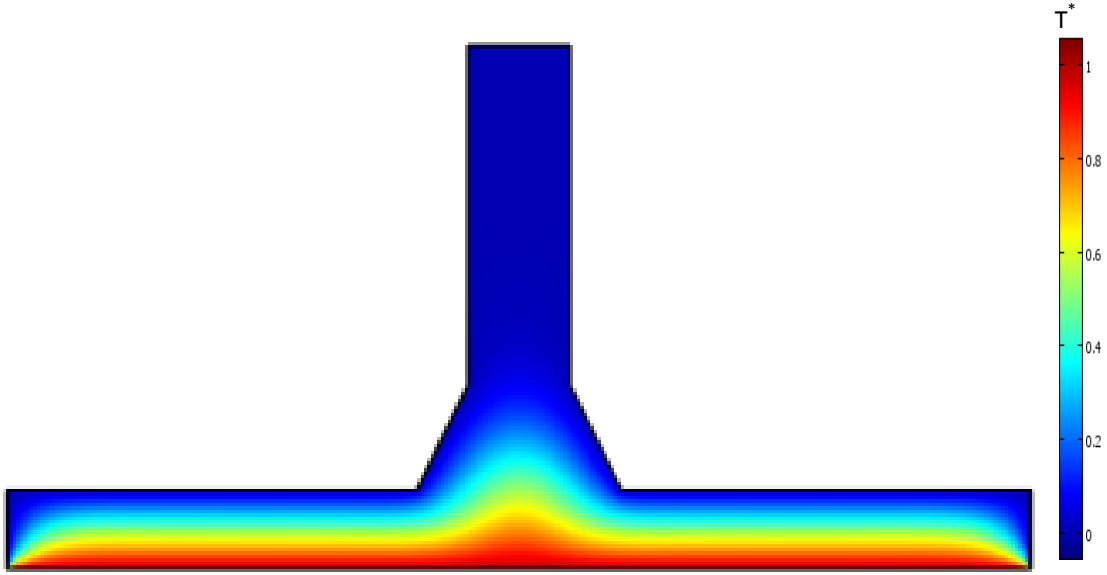
يوضح لنا الشكل (17.4) و (19.4) أنه مع الزيادة التدريجية في قيمة عدد رايلي إلى غاية بلوغ $Ra=10^6$ يزداد تموج خطوط تساوي الحرارة بشكل مضاعف داخل كامل الحيز المتواجد بين الأرضية و المجمع و خاصة عند مدخل المدخنة و هذا يعبر عن تضاعف تأثير الحمل الحراري الطبيعي في التحويل الحراري الطبيعي داخل المدخنة الشمسية. أما من خلال الشكلين (18.4) و (20.4) يتجلى لنا بروز الحلقات الدورانية المتجاورة و تكاثفها المتزايد يعبر عن وجود تدفق كبير للهواء داخل المدخنة الشمسية و ارتفاع السرعة اللابعدية و بلوغها قيمتها القصوى عند مدخل المدخنة. حيث تضاعفت قيمتها مرتين في كل من الحالتين مقارنة بالسرعة بالنسبة للمدخنة ذات الرابط العمودي الموافقة لنفس قيم رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$ و $Ra=10^6$ وهذا التضاعف الناتج في كلتا الحالتين والحالات المدروسة السابقة دليل على أن تغيير زاوية ميل الرابط زاد من سرعة تدفق الهواء عبر مدخل المدخنة وبالتالي على دوران العنفة التي بدورها تجعل أداء المدخنة الشمسية أكثر فاعلية.



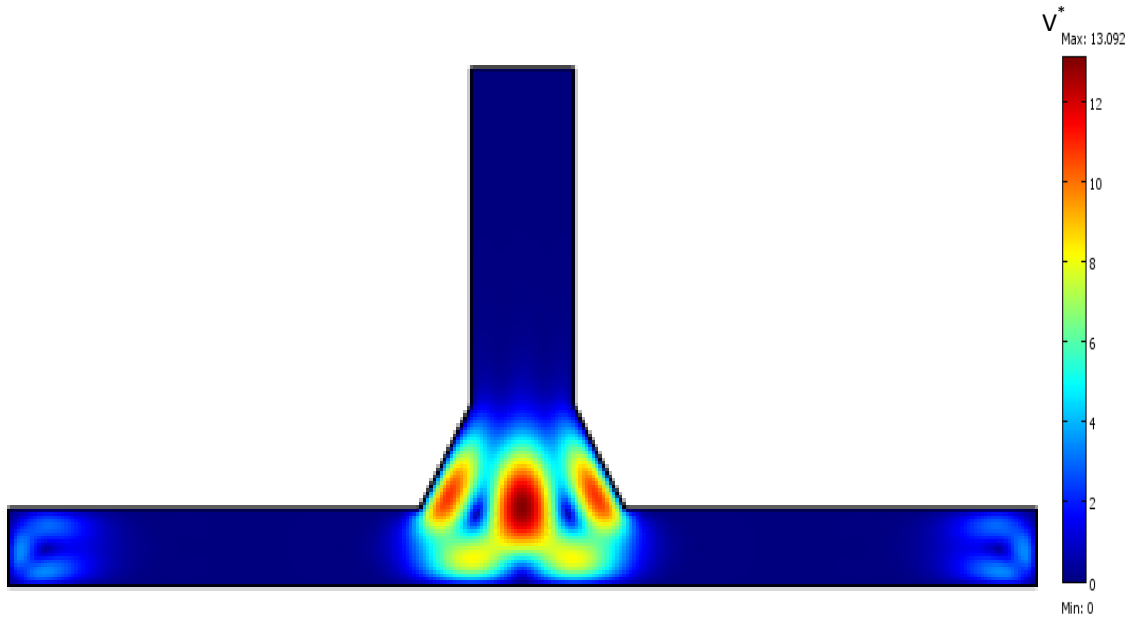
الشكل (11.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



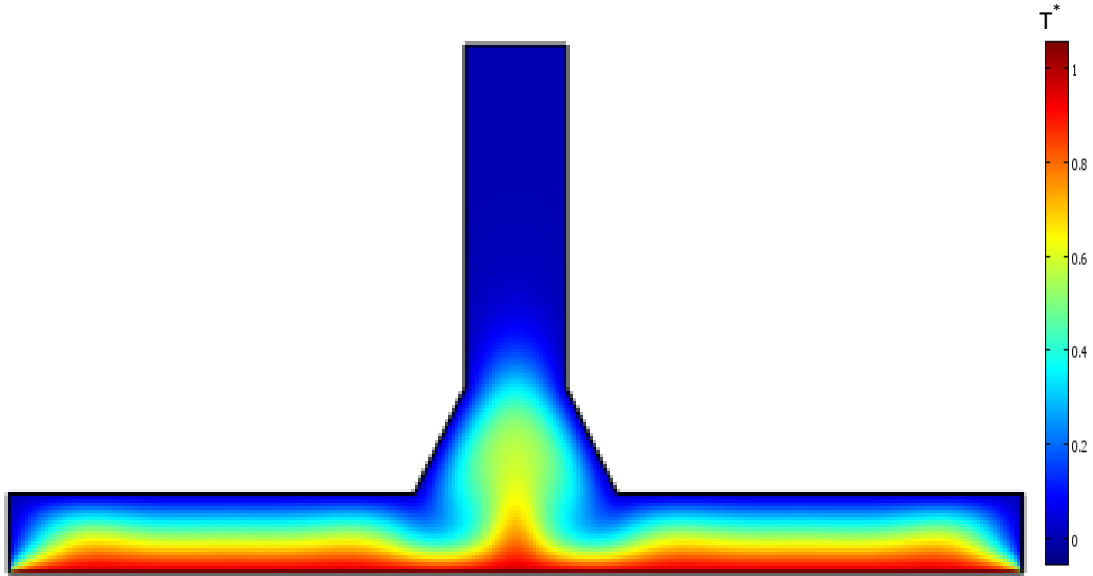
الشكل (12.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



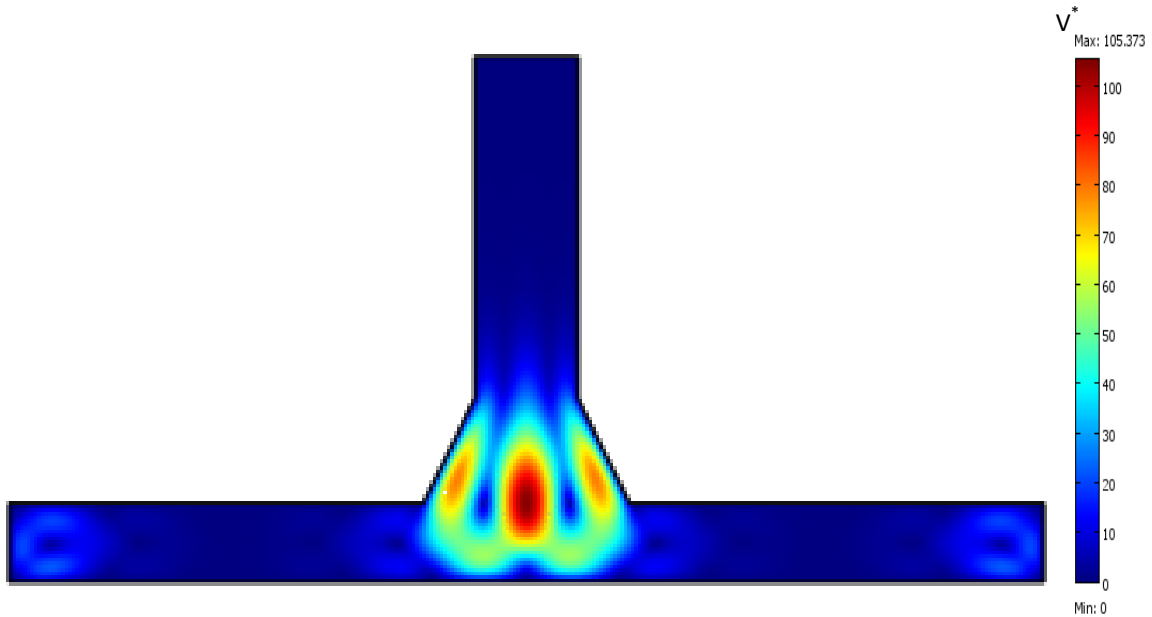
الشكل (13.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



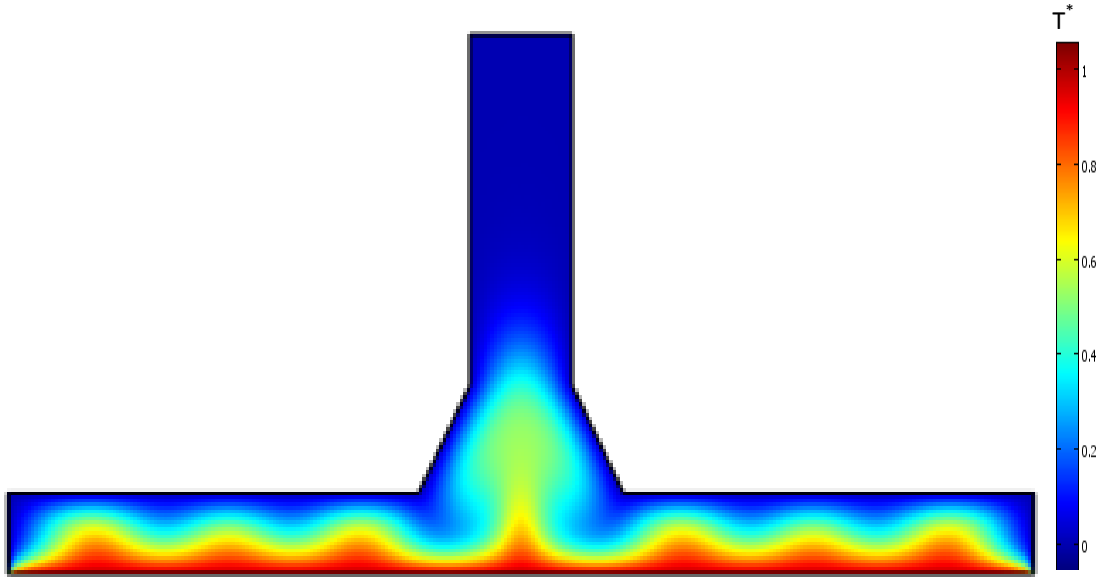
الشكل (14.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



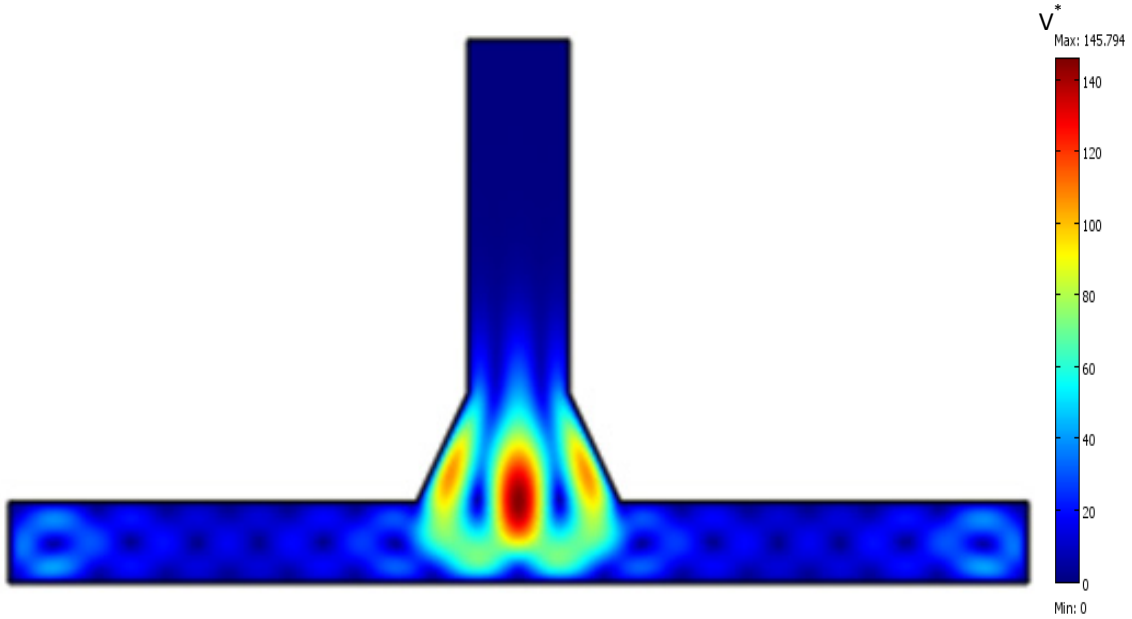
الشكل (15.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



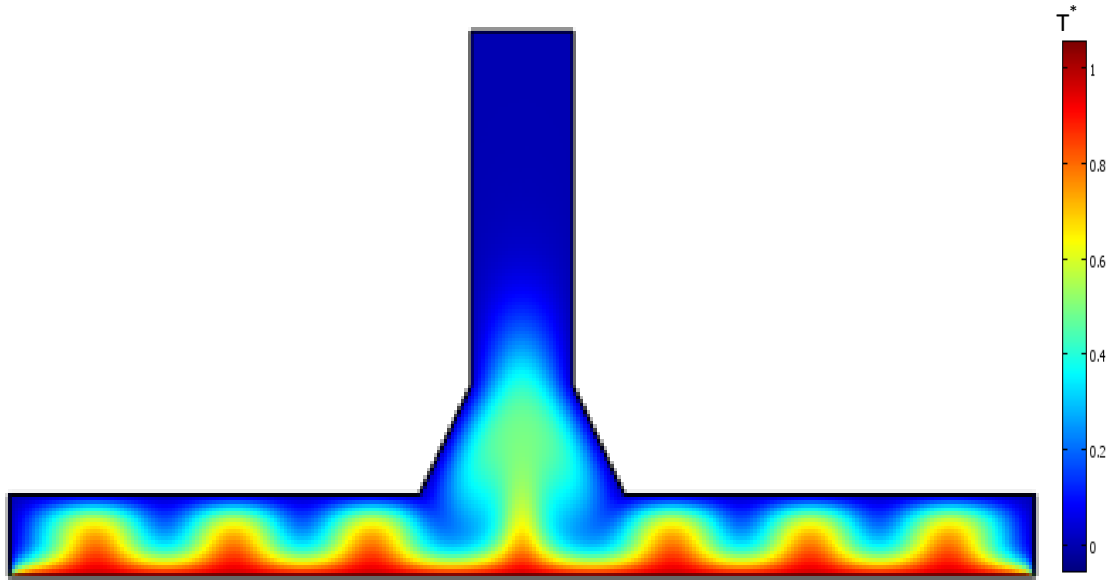
الشكل (16.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



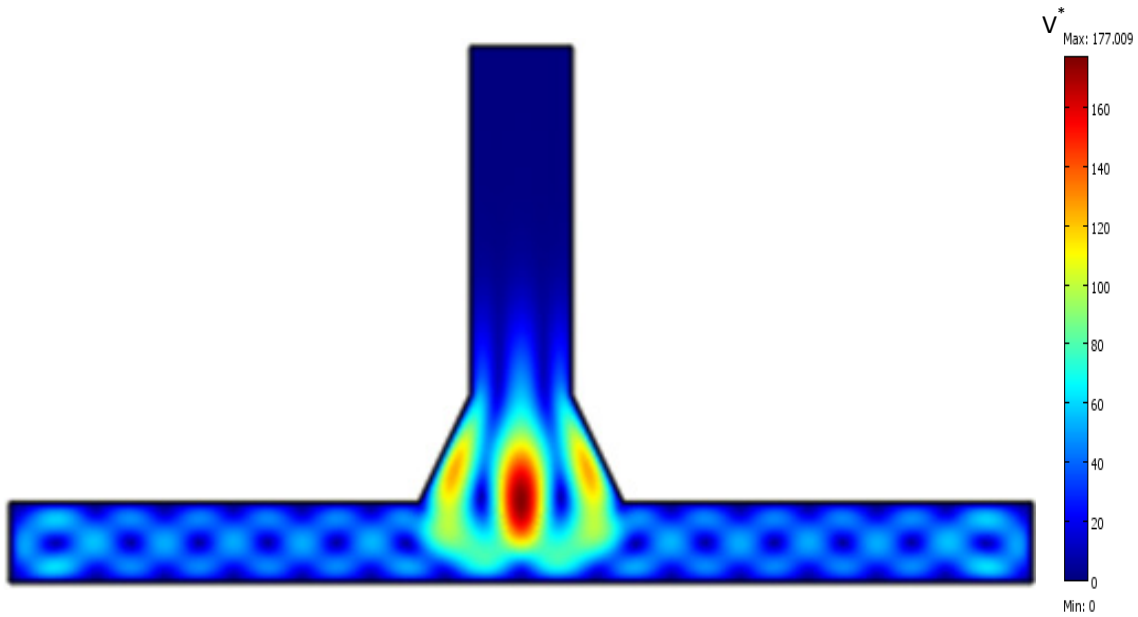
الشكل (17.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$



الشكل (18.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$



الشكل (19.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$



الشكل (20.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$

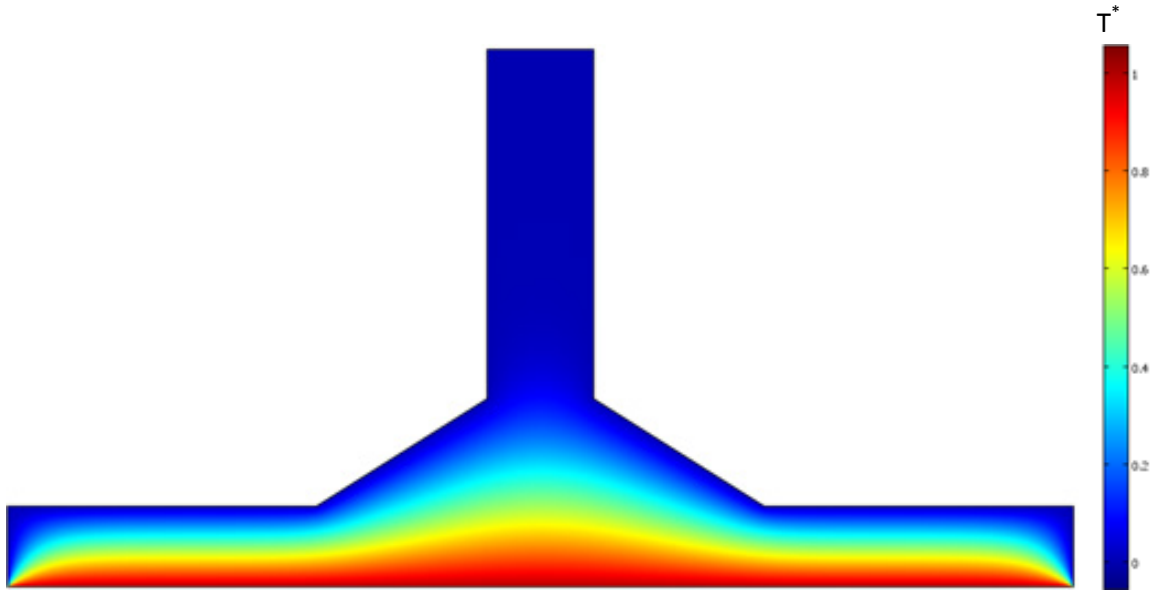
3.2.4 بالنسبة لمدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_3 = 56^\circ$

تمثل الأشكال من (21.4) إلى (30.4) تدرجات لخطوط تساوي الحرارة ومجال السرعة اللابعديتين. نلاحظ في الشكل (21.4) أن خطوط تساوي الحرارة عند قيمة عدد راييلي $Ra=10^4$ تمثل صفائح متوازية في منطقة المجمع ثم تبدأ في التشوه بشكل تدريجي عند مدخل المدخنة. يتم التحويل الحراري داخل هذه المدخنة الشمسية في هذه الحالة عن طريق ظاهرة شبه التوصيل الحراري ، و هذا ما يبينه الشكل (22.4) حيث يتولد حمل حراري طبيعي أقل ضعفا نسبيا مقارنة بالحالات السابقة عند مدخل المدخنة.

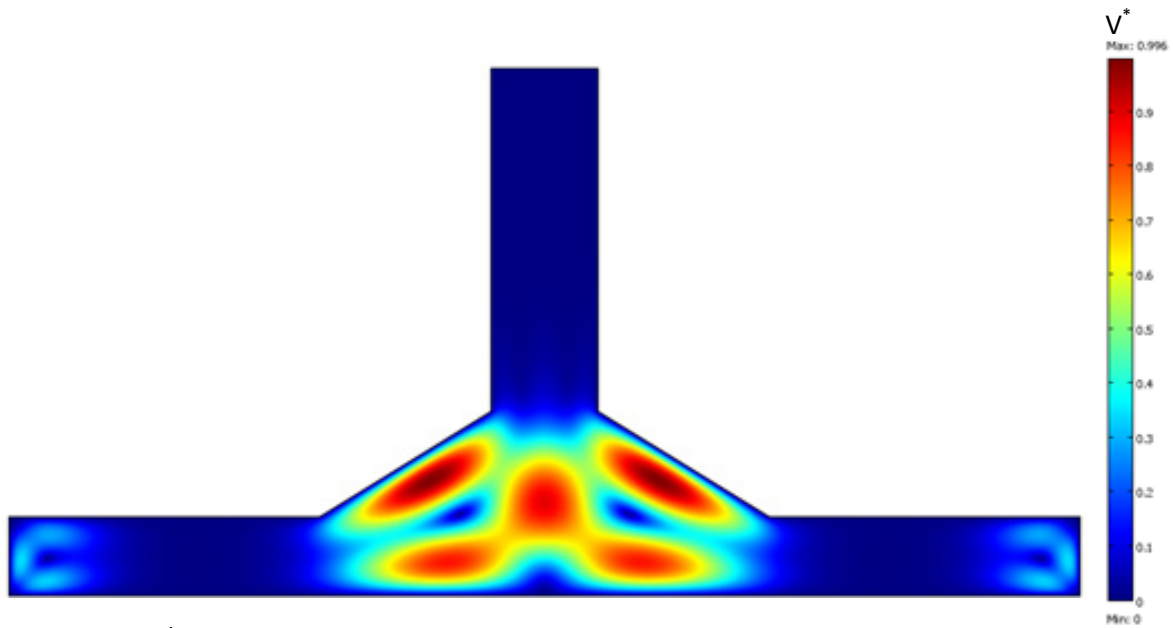
في الشكل (23.4) نلاحظ أنه مع زيادة في قيمة عدد راييلي إلى $Ra=10^5$ تبقى خطوط تساوي الحرارة في شكلها المتوازي معبرة عن أن شبه التوصيل الحراري داخل المدخنة الشمسية لا يزال غالبا على الحمل الحراري الطبيعي. أما بالنسبة لحقل السرعة في الشكل (24.4) فيتبين لنا أن سرعة تدفق الهواء تضاعفت كثيرا مقارنة بقيمتها بالنسبة راييلي السابقة $Ra=10^4$ و رغم ذلك تبقى ضعيفة نسبيا ويبقى الهواء في المدخنة في حالة شبه ركود. لكن و مع زيادة قيمة عدد راييلي إلى $Ra=5 \times 10^5$ نلاحظ في الشكل (25.4) أن خطوط تساوي الحرارة تبدأ في التموج التدريجي بين الأرضية و المجمع كما يزداد تحديدها عند مدخل المدخنة و هذا ما يعبر على أن ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي بدأت تساهم في عملية التحويل الحراري داخل كامل حيز المدخنة الشمسية إلى جانب التوصيل الحراري الذي يبقى عمليا و خاصة بين الأرضية و المجمع و لكنه يبدأ في التلاشي نسبيا. كما نلاحظ في الشكل (26.4) أن حقل تدفق الهواء بدأ في التكون على شكل خلايا دورانية متجاورة و الخلية الرئيسية الموجودة عند مدخل المدخنة بدأت في الارتفاع داخل أنبوب المدخنة، كما أن السرعة تضاعفت إلى خمسة أضعاف مقارنة بالسرعة بالنسبة لقيمة راييلي السابقة $Ra=10^5$.

يوضح لنا الشكل (27.4) و (29.4) أنه مع الزيادة التدريجية في قيمة عدد رايلي إلى غاية بلوغ $Ra=10^6$ يزداد تموج خطوط تساوي الحرارة بشكل مضاعف داخل كامل الحيز المتواجد بين الأرضية و المجمع و خاصة عند مدخل المدخنة و حيث يصبح الحمل الحراري الطبيعي يلعب دورا رئيسيا للتحويل الحراري الطبيعي داخل المدخنة الشمسية. أما من خلال الشكلين (28.4) و (30.4) يتجلى لنا بروز الحلقات الدورانية المتجاورة و تكاثفها المتزايد يعبر عن وجود تدفق كبير للهواء داخل المدخنة الشمسية و ارتفاع السرعة اللابعدية و بلوغها قيمتها القصوى عند مدخل المدخنة. بحيث يتسنى لنا أن نرى هذا التشكل للحلقات الدورانية الذي هو ظاهرة عدم استقرار لرايلي-بينار في حالة الحمل الحراري الطبيعي.

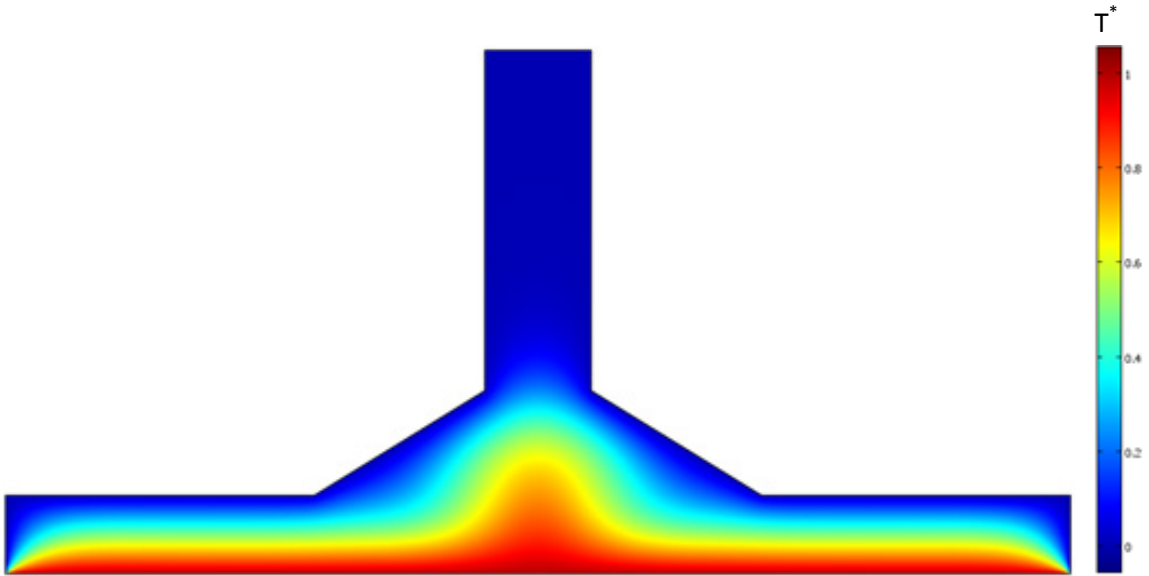
وهذا التضاعف لشدة الهواء الناتج عن الزيادة في قيمة عدد رايلي الذي يعبر عن الفارق في درجة الحرارة بين الأرضية و المجمع و كذلك زيادة زاوية ميل الرابط زاد من سرعة تدفق الهواء عبر مدخل المدخنة أي عبر عنفة تحويل الطاقة التي بدورها تجعل أداء المدخنة الشمسية أكثر فاعلية.



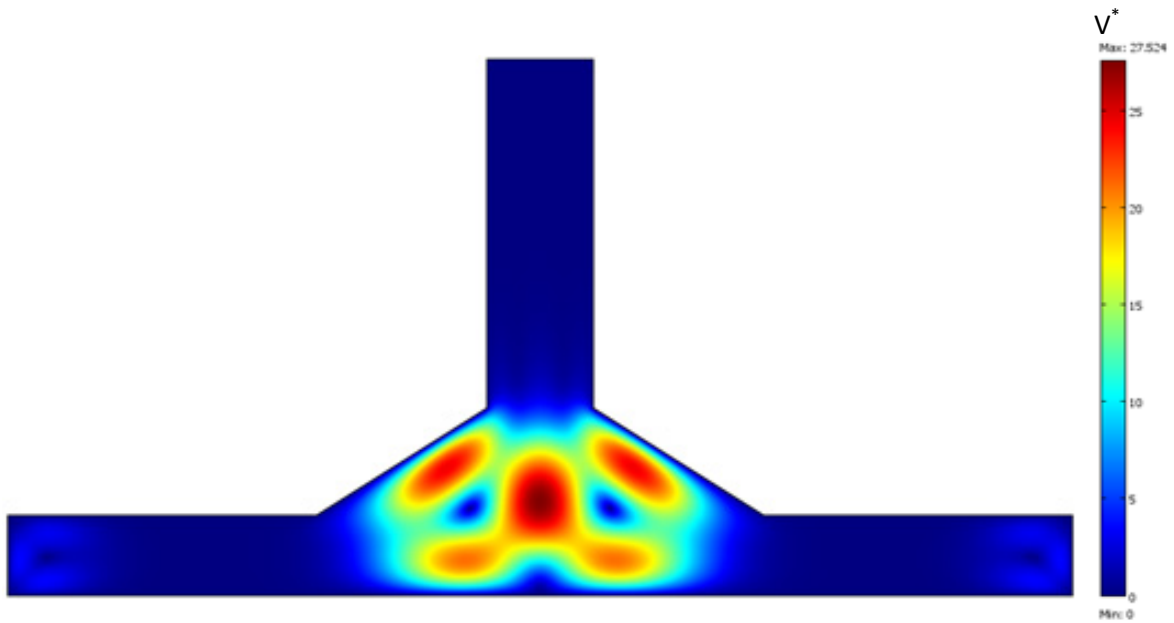
الشكل (21.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



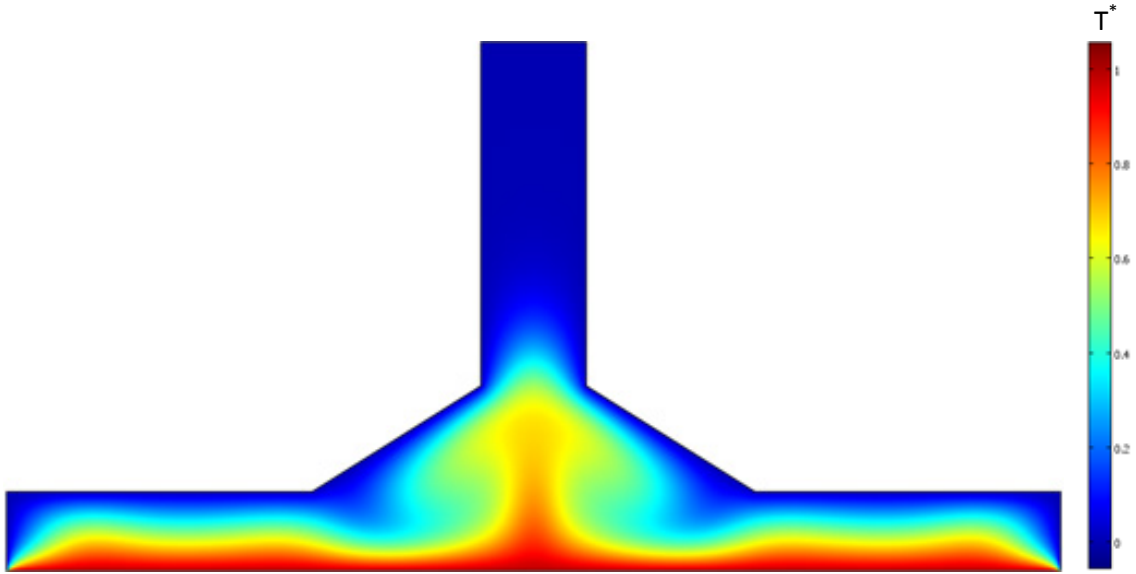
الشكل (22.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^4$



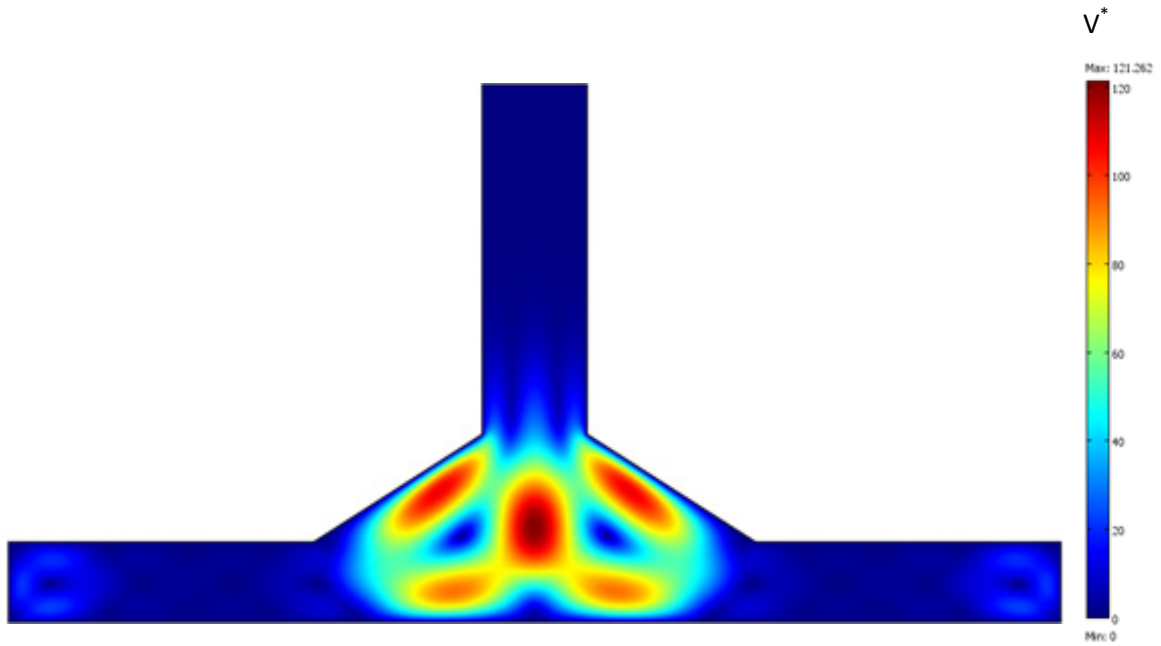
الشكل (23.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



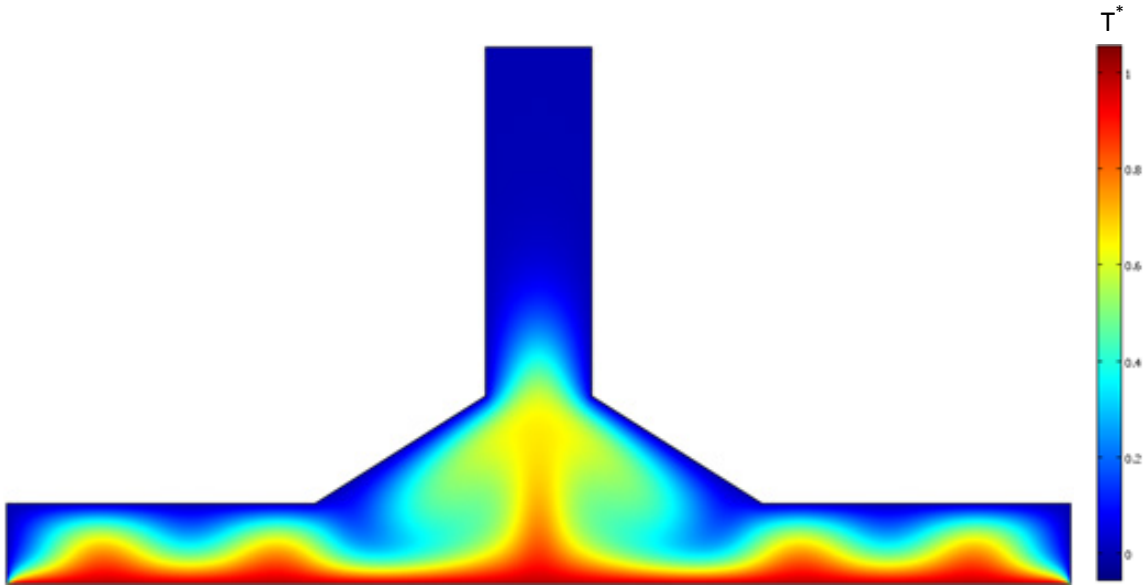
الشكل (24.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^5$



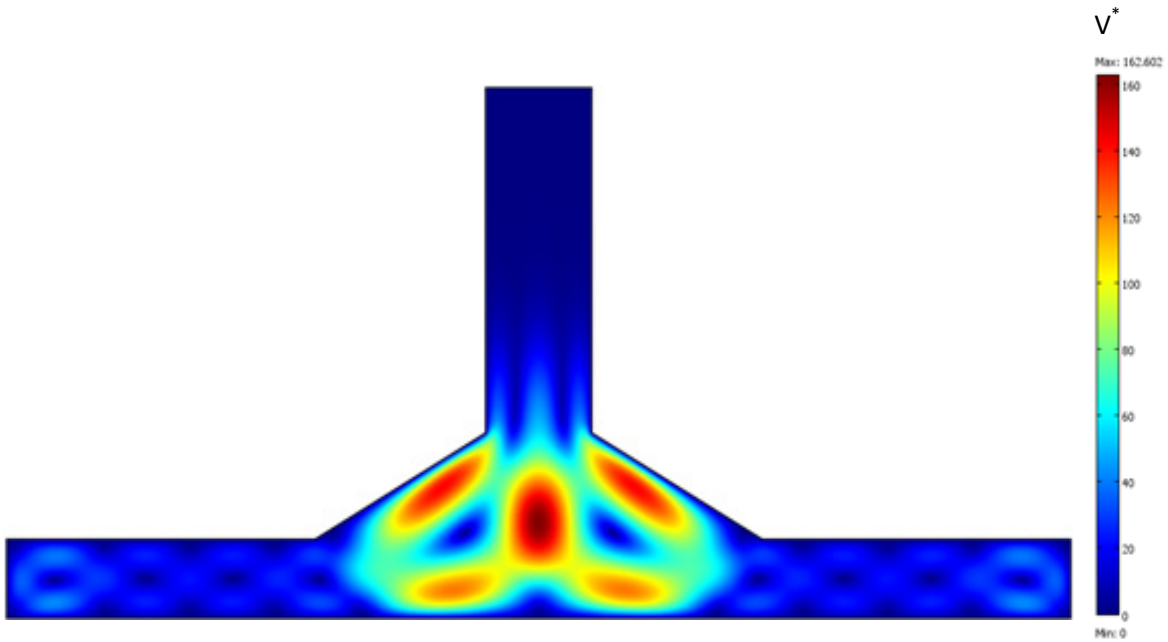
الشكل (25.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



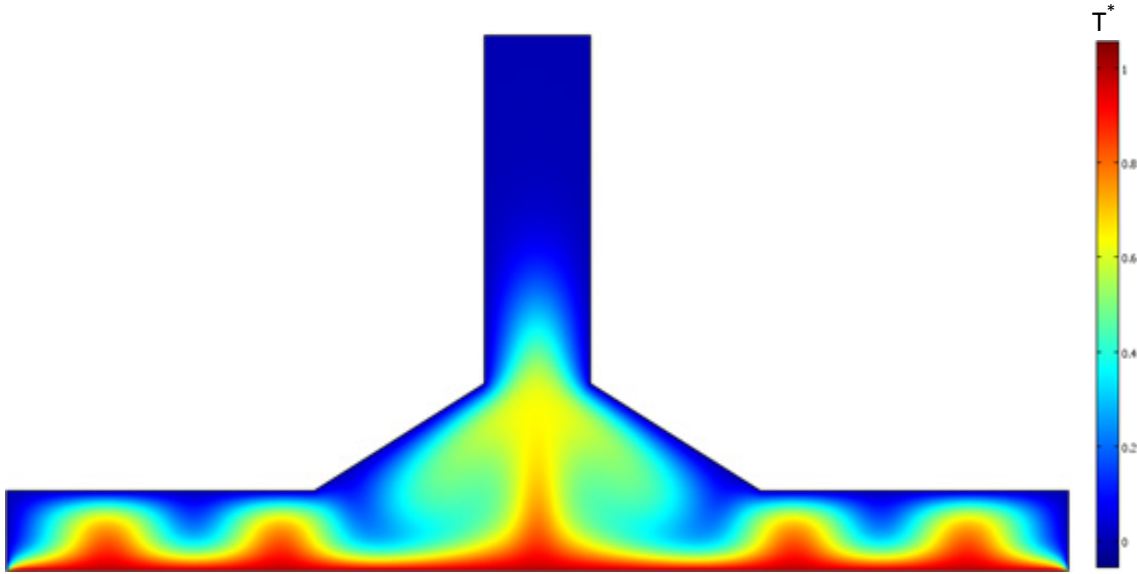
الشكل (26.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=5 \times 10^5$



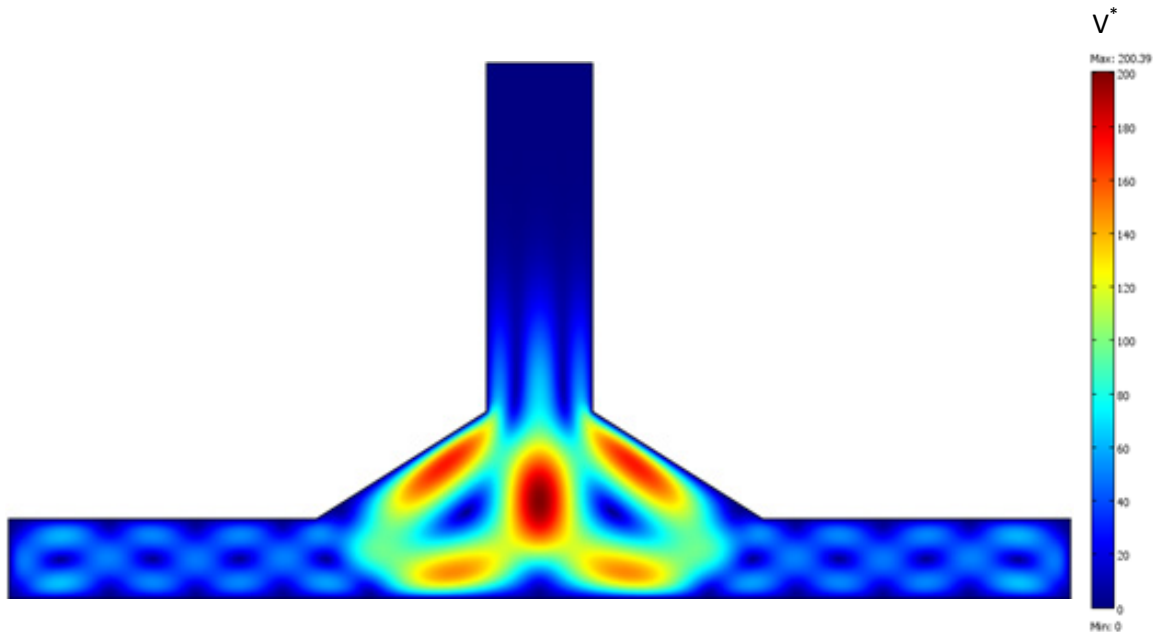
الشكل (27.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$



الشكل (28.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=7.5 \times 10^5$



الشكل (29.4): التوزيع الحراري داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$

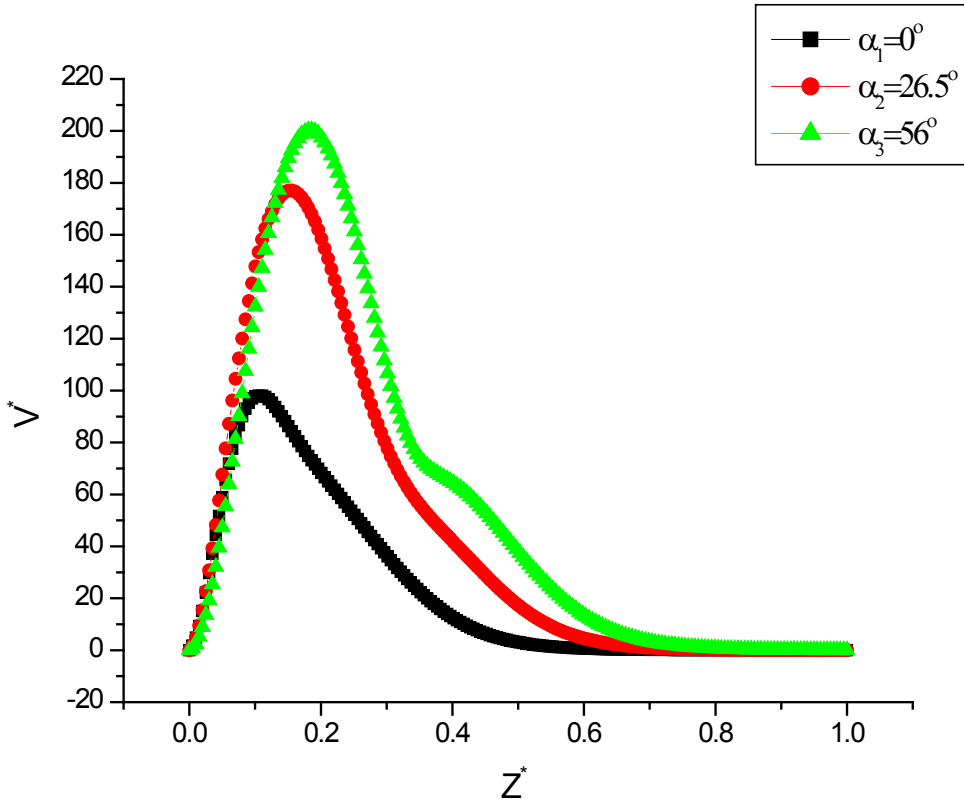


الشكل (30.4): حقل السرعات داخل المدخنة الموافق لقيمة رايلي $Ra=10^6$

4.2.4 مقارنة السرعات العمودية على محور التناظر للمدخنة الشمسية :

يمثل المنحنى البياني المبين في الشكل (31.4) تغيرات السرعة اللابعدية العمودية للهواء داخل المدخنة بدلالة زاوية الرابط لقيمة عدد رايلي $Ra=10^6$. نلاحظ من خلال المنحنيات أن السرعة العمودية في الحالات الثلاثة تبدأ بالتزايد انطلاقاً من أرضية المدخنة الشمسية

مرورا بمدخل المدخنة (عنق الرابط) إلى أن تصل إلى أقصى قيمة لها عند ارتفاع معين من المدخنة العمودية ثم تبدأ تتناقص بعدها إلى أن تنعدم قريبا من فوهة المدخنة. كما يظهر لنا المنحنى أن أقصى قيمة للسرعة كانت داخل المدخنة ذات رابط مخروطي بزاوية ميل α_3 $=56^\circ$ حيث بلغت قيمتها اللابعدية حوالي $V^*=200$ عند الارتفاع $Z^*=0.18$ أما بالنسبة للمدخنة ذات رابط مخروطي بزاوية ميل $\alpha_2 = 26.5^\circ$ فبلغت قيمتها $V^*=177$ عند $Z^*=0.15$ وأدنى قيمة للسرعة كانت في المدخنة ذات الرابط العمودي بزاوية ميل $\alpha=0^\circ$ و التي بلغت قيمتها $V^*=98$ عند الارتفاع $Z^*=0.11$. من خلال هذه المقارنة بين الحالات الثلاثة نلاحظ أن شدة تدفق الهواء تتناسب طرديا مع زاوية الرابط للمدخنة، وهذا راجع لزيادة قطر الرابط و بالتالي زيادة في الحيز الذي يمنح للحمل الحراري الطبيعي فعالية أكبر، كما يزيد من شدة تدفق الهواء وبكمية كبيرة و ينقص ضياع طاقته الحركية عند زوايا الربط.



الشكل (31.4) منحنى بياني لتغير السرعة اللابعدية العمودية داخل المدخنة بدلالة زاوية الرابط، عدد راييلي $Ra=10^6$

الخاتمة:

وختاماً لدراستنا حول تأثير الشكل الهندسي للمدخنة الشمسية على تدفق الهواء عبر عنفة تحويل الطاقة، حيث ركزنا على تأثير شكل الرابط (المفروق) الذي يجمع بين المجمع والمدخنة العمودية للمدخنة الشمسية التي تعمل تحت تأثير الاحتباس الحراري وظاهرة الحمل الحراري الطبيعي. كما تمت دراسة تأثير عدد رايلي Ra على كيفية التحويل الحراري و على شدة و اتجاه تيار الهواء الذي يتولد داخل فراغ المدخنة الشمسية. قمنا بهذه الدراسة عددياً باستعمال برنامج Comsol Multiphysics و الذي يستعمل طريقة العناصر المنتهية لحل المعادلات التفاضلية الواصفة لظاهرة الحمل الحراري الطبيعي و التي هي معادلة الاستمرارية، كمية الحركة ومعادلة الطاقة.

من النتائج المحصل عليها من عملية المحاكاة العددية بتغيير عدد رايلي و كذلك تغيير شكل المدخنة الشمسية (مدخنة ذات رابط عمودي بزاوية ميل $\alpha_1=0^\circ$ ، مدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_2=26.5^\circ$ ، مدخنة ذات رابط مخروطي الشكل بزاوية ميل $\alpha_3=56^\circ$) نستنتج ما يلي:

✓ الزيادة في عدد رايلي الذي يعبر عن الفارق في درجة الحرارة بين الأرضية و سطح المجمع ينتج عنه زيادة في شدة الحمل الحراري الطبيعي داخل المدخنة الشمسية ، حيث تنتقل عملية تحويل الحرارة من ظاهرة شبة التوصيل الحراري عند قيم رايلي التي تقل عن $Ra=10^5$.

✓ مع زيادة قيمة رايلي إلى غاية بلوغ $Ra=10^6$ في كل من الحالات الثلاثة يصبح الحمل الحراري الطبيعي هو المحرك الرئيسي للتحويل الحراري داخل المدخنة الشمسية، وكذلك ارتفاع السرعة اللابعدية وبلوغها قيمتها القصوى عند مدخل

المدخنة ولكن بقيم مختلفة وذلك راجع للفرق الهندسي الموجود بين الأشكال المختلفة الذي يلعب دور مهم على أداء المدخنة الشمسية. كما يتبين لنا ظاهرة هامة و الناتجة عن اشتداد الحمل الحراري الطبيعي حيث يأخذ تدفق الهواء حلقات دورانية متجاورة ومتكاثفة يعرف بظاهرة عدم الاستقرار لرايلي بينار (Rayleigh – Bénard).

✓ شدة تدفق الهواء تتناسب طرديا مع زاوية الرابط للمدخنة وهذا راجع لزيادة قطر الرابط وبالتالي زيادة في الحيز الذي يمنح للحمل الحراري الطبيعي فعالية أكبر وبالتالي يزيد من دوران العنفة التي بدورها تجعل أداء المدخنة الشمسية أكثر فاعلية في إنتاج الطاقة الكهربائية.

✓ كما يمكننا معرفة و بدقة من خلال منحنى السرعة العمودية الموضع الذي تكون فيه السرعة العمودية عند قيمتها القصوى حتى يتسنى لنا أن نختاره لتكوين العنفة و زيادة على ذلك يمكننا أن نجهز المدخنة الشمسية بأكثر من عنفة واحدة و هذا من خلال ما تبين في توزيع حقل السرعات عند مدخل المدخنة خاصة عند زيادة ميل الرابط.

✓ إن فعالية أداء المدخنة الشمسية تعتمد و بنسبة كبيرة على حجم الحيز أو الفراغ الذي يملؤه الهواء داخل المدخنة الذي يسمح ببلوغ قيم قصوى تحت تأثير الحمل الحراري الطبيعي.

✓ كلما كانت حركة الهواء بين المجمع و الأرضية و عبر أنبوب المدخنة سلسلة و بدون زوايا حادة تعرقل و تحد من هذا التدفق كلما كانت الفعالية أكبر.

✓ سمحت لنا هذه الدراسة ليس فقط معرفة التغيرات في حركة و شدة الهواء بل حتى معرفة الموضع الذي يجب أن يتم فيه تركيب العنفة و إمكانية تركيب أكثر من واحدة داخل المدخنة الشمسية.

كان الهدف الأساسي من هذه المذكرة التعريف بأحد العوامل التي تؤثر على أداء المدخنة الشمسية و فعاليتها حيث يمكننا جعله أكثر شمولاً في المستقبل وهذا بدراسة عوامل أخرى مثل تأثير ارتفاع و قطر المدخنة وقطر المجمع و غيرها من العوامل التي تلعب دوراً هاماً في فعالية هذا النظام لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية .

المراجع و المواقع الإلكترونية:

- [1] <https://www.aljazeera.net/file/getcustom/c439e4c4-d2ac-4beb-814a-42cd509a4d2d/cc167e9e-54c7-469e-816f-4582ce7cc92e>
- [2] https://www.fluide-batiment.com/oktThemes/ra130-s2/images/capteurs_solaires/eau_sanitaire_solaire.jpg
- [3] <https://www.giordano.fr/wp-content/uploads/2016/07/KSH-3.jpg>
- [4] http://tpe-si-2011.e_monsite.com/medias/images/cylindroparabolique.gif
- [5] https://www.riam.kyushu-u.ac.jp/windeng/img/aboutus_detail_image/manza.jpg
- [6] https://media1.s-nbcnews.com/j/newscms/2018_12/2369001/180320-largest-air-purifier-mc-13292_bf3eb34ea90a609f7304bed71297fb0f.fit-760w.JPG
- [7] https://image.futurezone.at/images/cfs_landscape_616w_347h/2198361/AWKWAnsicht2b.jpg
- [8] http://www.batimentphotovoltaique.fr/public/img/big/17704511094855jpg_5a840215c6e6a.jpg
- [9] <https://amp.businessinsider.com/images/5c1c06062ab31e387614b2fd-750-563.jpg>
- [10] <https://www.welt.de/img/wissenschaft/mobile101477772/4231355147-ci16x9-w1200/schlaichbig-DW-Wissenschaft-Manzanares-jpg.jpg>
- [11] <https://record-absolu.pagesperso-orange.fr/ecologique/toursolaire/Tour%20solaire.htm>
- [12] https://farm9.staticflickr.com/8235/8478681203_afe23bd929_b.jpg
- [13] <https://www.almrsal.com/wp-content/uploads/2016/09/heat10.jpg>
- [14] Cheloufi Djassem, " Réalisation et expérimentation d'une cheminée solaire ", Mémoire de Mastère , Université Kasdi Merbah – Ouargla , 08/06/2014.
- [15] خولة دقعة ، " دراسة المدخنة الشمسية في الجنوب الشرقي للجزائر (وادي سوف) " ، شهادة الماستر أكاديمي، جامعة حمة لخضر بالوادي، 2018/06/09.
- [16] Mamlouki Mohammed et Boufares Abdelaaziz , " Etude et réalisation d'une cheminée solaire " , Mémoire de Mastère, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2019.
- [17] مريم حميدي، " إنتاج الطاقة الكهربائية باستعمال المدخنة الشمسية " ، شهادة الماستر أكاديمي، جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي، 2019/06/20.
- [18] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-fonctionne-sechoir-solaire-4135/#>
- [19] https://plandejardin-jardinbiologique.com/wa_images/fonctionnement%20dun%20sechoir%20solaire%20direct.jpg?v=1f4kmv0
- [20] <https://www.agriculture-afrique.com/wp-content/uploads/2019/05/sechoir-solaire-afrique.jpg>

- [21] <https://energieplus-lesite.be/wp-content/uploads/2019/03/TangaFct.gif>
- [22] Boualleg Salim Mekki, " Analyse des performances énergétique des centrales cheminées solaires par utilisation de différents modèles mathématiques ", Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique.
- [23] **Miqdam Tariq Chaichan**, " Basement kind effects on air temperature of a solar chimney in Baghdad - Iraq weather " , Al-Khwarizmi engineering journal, vol. 7, No. 1, pp 30-38 , 2011.
- [24] Olivier Farges, " Conception optimale de centrales solaires à concentration : application aux centrales à tour et aux installations « beam down » ", Thèse de doctorat, Ecole des mines d'Albi-Carmaux , 25/03/2015.
- [25] **Farhan Lafta Rashid and Salah Noori Alnomani**, " Effect of spiral rib on solar chimney collector performance " , Al-Qadisiyah journal for engineering sciences, Vol. 9, No. 3,2016.
- [26] M.Akchiche Zineb, " Etude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique " , Mémoire de Magistère, Université Kasdi Merbah –Ouargla, 05/05/2011.
- [27] Sylvain Leroy, " Etude d'un nouveau système solaire hybride : produire de l'eau en utilisant l'énergie solaire " , Stage de fin d'étude, Charles Darwin University, Australia, 2011.
- [28] Ismail Zabat, " Etude numérique de l'efficacité dimensionnelle d'une cheminée solaire " , Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah -Ouargla, 25/06/2011.
- [29] M. khaldi Sabrina, " Etude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire " , Mémoire de Magistère, Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen , 2013.
- [30] **Aseel K. Shyaa , Rafea A. H. Albaldawi, and Maryam Muayad Abbood** , " Experimental and numerical study collector geometry effect on solar chimney performance, Al-Khwarizmi engineering journal, Vol. 12, No. 4, PP. 59- 71, 2016.
- [31] Azerou Belaid et Berrichi Mohamed Hani, " Influence de la hauteur de la tour-cheminée et du rayon du collecteur sur l'écoulement dans les cheminées solaires " , Mémoire de Master, Université M'Hamed Bougara – Boumerdes, 2017.
- [32] Mourad Gahgah, " Influence des régimes d'écoulements sur les performances énergétiques des cheminées solaires" , Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique, 16/12/2008.
- [33] Charles Garnier, " Modélisation numérique des écoulements ouverts de convection naturelle au sein d'un canal vertical asymétriquement chauffé " , Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris, 07/03/2015.

- [34] Arkan k. Al-Taaie, Waheeds S. Mohammad, and Abbas J. Jubea, " Numerical simulation of the collector angle effect on the performance of the solar chimney power plant ", Al-Khwarizmi engineering journal, Vol. 12, No. 2, PP. 79- 89 , 2016.
- [35] Jalal M. Jalil and Rafah A. Najim," Numerical study of a solar chimney power plant ", Eng. Tech. Journal, Vol.30 , No.15, 2012.
- [36] Bouanani Mohammed et Djelaili Abdelbaki, " Performance en été de la cheminée solaire sur toit incliné par la ventilation naturelle" , Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 2012.
- [37] Tayebi Tahar, " Processus de la convection naturelle laminaire dans une cheminée solaire ", Mémoire de Magistère, Université Mentouri Constantine, 06/07/2010.
- [38] Semai Hakim, " Recherche d'une configuration optimale d'une centrale solaire à cheminée " , Thèse de doctorat, Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen, 09/07/2017.
- [39] Bahache Hadjer, " Simulation numérique de la convection naturelle dans une cheminée solaire ", Mémoire de Master Académique, Université Mohamed Boudiaf-M'sila, 2017.
- [40] Arkan Kh. Al-Taie and Ali Hayder Mutib," The effect of entrance region geometry on solar chimney power plant performance " , Al-Muthanna journal for engineering sciences.
- [41] عامر سهير، " محاكاة عددية لدور الحمل الحراري في التهوية الطبيعية للبنىات " ، شهادة الماستر أكاديمي ، جامعة محمد بوضياف – المسيلة ، 2018.

ملخص

عملنا يتعلق بدراسة تخص المدخنة الشمسية و المتمثل في تأثير الشكل الهندسي للرابط الموجود بين المجمع والمدخنة على اتجاه وشدة حركة الهواء عبر عنفة تحويل الطاقة عند مدخل المدخنة والناج عن طريق الحمل الحراري الطبيعي. حيث أجرينا محاكاة عددية للحمل الحراري الطبيعي باستخدام برنامج للمحاكاة العددية Comsol Multiphysics المبني بطريقة العناصر المنتهية. المعادلات التفاضلية للحمل الحراري الطبيعي هي معادلة الاستمرارية، معادلة الحركة ومعادلة الطاقة في الإحداثيات الأسطوانية مع إدخال تقريب Boussinesq. أظهرت نتائج المحاكاة أن تحويل الطاقة للمدخنة الشمسية يكون أكثر فعالية كلما زاد ميل الرابط ، كما تتناسب فعالية المدخنة الشمسية طرديا مع قيمة رايلي Ra و الذي يعبر عن الفارق في درجة الحرارة بين المجمع و الأرضية.

الكلمات المفتاحية: المدخنة الشمسية، الحمل الحراري الطبيعي، المحاكاة العددية، كفاءة تحويل الطاقة.

Abstract

Our work concerns a study of a solar chimney, which is a system to convert the energy from the sun to an electrical power. The effect of the geometrical shape between the collector and the chimney on the mode of heat transfer and the direction and the intensity of air motion is studied. We performed a numerical simulation of natural convection using a Multiphysics Comsol simulation program based on finite element method. The differential equations for natural convection are the continuity equation, the motion equation and the energy equation in cylindrical coordinates with the introduction of Boussinesq approximation. The simulation results showed that the energy conversion of the solar chimney is more effective when the shape of the chimney is smoother and also when the temperature difference is greater.

Keywords: Solar chimney, natural convection, numerical simulation, energy conversion efficiency.

Résumé

Notre travail concerne l'étude d'une cheminée solaire, qui est un système de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. On a étudié l'effet de la forme géométrique entre le collecteur et la cheminée sur le mode de transfert de chaleur et la direction et l'intensité du l'écoulement de l'air. Nous avons effectué une simulation numérique de la convection naturelle en utilisant un programme de simulation Comsol Multiphysics qui est basé sur la méthode des éléments finis. Les équations différentielles pour la convection naturelle sont l'équation de continuité, l'équation de mouvement et l'équation d'énergie en coordonnées cylindriques avec l'introduction de l'approximation de Boussinesq. Les résultats de la simulation ont montré que la conversion d'énergie dans la cheminée solaire est plus efficace lorsque la forme de la cheminée est plus lisse et également lorsque la différence de température est plus grande.

Mots-clés: Cheminée solaire, convection naturelle, simulation numérique, efficacité de la conversion énergétique.