ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: http://www.tj-es.com



Maki Haj Zedan *

College of Engineering

Hameed Jasam Khalaf

Ahmed M. Shaker

Mechanical Engineering Department Tikrit University Salahuddin Iraq

Keywords:

Solar energy parabolic trough collector exergy analysis

ARTICLE INFO

Article history:

Received09 March 2016Accepted22 March 2016Available online01 December 2017

Optimum Design of Parabolic Solar Collector with Exergy Analysis

ABSTRACT

Tikrù.

This research deals with optimum design of parabolic solar collector with exergy analysis, a mathematical model built to reach the optimum design for the parabolic trough solar collector by three main parts. The first part concentrated on optimal design depends on the measured values of the solar intensity radiation fell on the city of Kirkuk and to obtain solar absorbed radiation, while the second part revolves on energy analysis of parabolic solar collector, and the final part was carried out exergy analysis of parabolic trough solar collector. The exergy efficiency took as a measurement to found the optimum operation condition (inlet water temperature and mass flow rate) and design parameter (concentration ratio, length solar collector and width solar collector). The design depended on the climatic conditions of the city of Kirkuk after it measured, also it show's the importance of using exergy analysis in the design by studying the impact of some of the basic transactions of the solar system.

© 2017 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: http://dx.doi.org/10.25130/tjes.24.4.06

التصميم الأمثل لمنظومة طاقة شمسية من نوع القطع المكافئ باستخدام طريقة تحليلات الطاقة المتاحة

الخلاصة

يتناول هذا البحث در اسة التصميم الأمثل لمنظومة الطاقة الشمسية من القطع المكافئ باستخدام تحليلات الطاقة المتاحة، وقد تم بناء نموذج رياضي لتصميم المنظومة الشمسية وعلى ثلاث مراحل رئيسية، المرحلة الأولى: تركزت على التحليل البصري للمجمع الشمسي بالاعتماد على بيانات قيم شدة الإشعاع الشمسي لدائرة الانواء الجوية لمدينة كركوك ومقارنتها مع البيانات المقاسة للظروف الجوية والتي تم الحصول منها على قيم الإشعاع الشمسي المنظومة الشمسية الحراري للمجمع الشمسي، وبينما تضمنت المرحلة الثالثة تحليلات الطاقة المتاحة للمنظومة الشمسي المتص من الانبوب الماص. أما المرحلة الثانية فتضمنت التحليل الحراري للمجمع الشمسي، وبينما تضمنت المرحلة الثالثة تحليلات الطاقة المتاحة للمنظومة الشمسية. تم أخذ كفاءة الطاقة المتاحة بوصفها مقياسا للحصول على أفضل قيم لكل من معاملات التشغيل من حيث درجة حرارة دخول الماء ومعدل التدفق الكتلي والحصول على أفضل قيم لمعاملات التصميم من اللاقط الشمسي و عرض اللائط الشمسي عند زحبة حرارة دخول الماء ومعدل التدفق الكتلي والحصول على أفضل قيم و على معاملات التشغيل من حيث درجة حرارة دخول الماء ومعدل التدفق الكتلي والحصول على أفضل قيم المعاملات الشمسية و اللاقط الشمسي و عرض اللائط الشمسي عند أخذ و الماء ومعدل التدفق الكتلي والحصول على أفضل قيم المعاملات التصميم من حيث تركيز الاشعاع الشمسية، و الفضل قيم اللاقط الشمسي و عرض اللائط الشمسي عند أفضل قيمة لنسبة التركيز، وقد تم اعتماد على الظروف المناخية المقاسة لمدينة كركوك في تصميم المنظومة الشمسية، وتبين أيضا أهمية استخدام تحليلات الطاقة المتاحة ي من طريق در اسة تأثير بعض المعاملات الأساسية المنمسي المناهم الشمسي م

1. المقدمة

بسبب الاستهلاك السريع للطاقة، أصبح الحفاظ على الطاقة (ترشيد الطاقة) من الأمور البالغة الأهمية. وللبدء في اي بر نامج لترشيد الطاقة من الضروري تحديد نوعية الطاقة المفقودة بالإضافة إلى كميتها، لأن الطاقة لا تقيم على اساس كميتها فقط وإذما على نوعيتها أيضا. وتقاس نوعية الطاقة بواسطة كمية الشعل الممكن استخراجه منها. وهو ما يعرف بالطاقة المتاحة (Exergy). تتجه البحوث الحديثة في تحليل الطاقة المتاحة لأنظمة الطاقة الحرارية المحددة مجمع شمسى مركز من نوع القطع المكافئ كأساس لإجراء

الدر اسات التحليلية، وبتقليص مدى للانعكاسية في أي من مكونات مجمع شمسي مركز من نوع القطع المكافئ يمكن تحقيق زيادة في الكفاءة الإجمالية للمنظومة. يمكن تحليل الطاقة المتاحة (المبني على اساس القانون الثاني للديناميكا الحرارية) من حساب أقصى شغل ممكن توقعه من مجمع شمسي مركز من نوع القطع المكافئ، ويقاس بدقة الخسائر الحقيقية والمواقع الصحيح لهذه الخسائر.

نظرا للتوجه الحديث لاستخدام الطاقات المتجددة بسبب ارتفاع اسعار الطاقات الاعتيادية والتأثير السلبي في البيئة لذلك جاءت فكرة اجراء در اسة نظرية للحصول على التصميم الامثل لمجمع طاقة شمسية ذي قطع مكافئ لأنظمة تحويل الطاقة الحرارية, حيث سيتم استخدام تحليل الطاقة المتاحة لتقييم الأداء الحراري

^{*} Corresponding author: E-mail : makihag_29@yahoo.com

	الرموز
الطاقة الحرارية المفيدة (W)	0
(W/m^2)	Q_u
	т _b
	Aape
مساحة البوب المسلم (m ²)	$A_{\rm r}$
الطافة الشمسية الممتصة (W/m ²)	H_{ab}
الفطر (m)	D
الطاقة المتاحة	E
الطاقة المتاحة الداخلة (W)	E _{in,f}
الطاقة المتاحة الخارجة (W)	E _{out,f}
الطاقة المتاحة المنتقلة بواسطة الإشعاع الشمسي	F
(W)	$E_{in,r}$
الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من	Г
انبوب الي الجو (W)	E _{l,th}
الطاقة المتاحة المسربة بسبب الاخطاء البصرية	
(W)	E _{l,opt}
الطاقة المتاحة المشنتة الناتجة اختلاف درجة	
حر ار ة انبوب و الشمس (W)	E _{des,abs}
المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من	Edea
اختلاف الضغط (W)	-ues,∆p
الطاقة المتاحة المشتتة الناتحة من اختلاف	Easterna
الحداد قيبن المائع والإنبوب (W)	Laes,cona
الطاقة المتاحة المنتقلة بواسطة الإشعاع ال	F.
راخل المنظومة الشمسية (IM)	Lrad
عامل كفاءة الزعنفة	F
معادل كفامة المرجم والشوس	۲۰ ۲
معامل حاوة المجمع الشمسي	г Б
معامل إراكة الحرارة للمجمع السمسي	Γ _R
معامل النقال الكرارة للسطح الكارجي للانبوب	hw
$(W/m^{2s}C)$	
	V
معامل انتقال الحرارة بالإسعاع بين الانبوب	n _{r,rt-sky}
المسئلم والمحيط (W/m ² °C)	T
درجه الحرارة (J ^o)	1
معدل ندفق الكتلة (kg/s)	m^{\cdot}
الحرارة النوعية للانبوب المستلم بنبوت الضغط	Cn
(J/kg °C)	p
معامل انتقال الحرارة داخل الانبوب المستلم	$h_{c,i}$
$(W/m^2 \circ C)$	
طول اللاقط الشمسي (m)	L
الموصلية الحرارية (W/m ² °C)	K
رقم رينولدز	Re
الإشعاع الشمسي الممتص من لوحة الامتصاص	c
(W/m ²)	3
عرض اللاقط الشمسي (m)	W
نسبة التركيز الاشعاع الشمسي	С
	V_f
سرعة المائع (الماء) (m/s)	
سرعة المائع (الماء) (m/s) معامل الفقدان الحر ارى الكلى (W/m ² °C)	Ū,
سرعة المائع (الماء) (m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m)	U_L f
سرعة المائع (الماء) ((m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) ية	<i>U_L</i> f الرموز الاغريق
سرعة المائع (الماء) ((m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) ية	U ^L f الرموز الاغريق
سرعة المائع (الماء) ((m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) ية معامل النفاذية	ل ل الرموز الاغريق ت
سرعة المائع (الماء) (m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) معامل النفاذية الامتصاصية للأنبوب المستلم	U _L f الرموز الاغريق τ α
سرعة المائع (الماء) (m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) معامل النفاذية الامتصاصية للأنبوب المستلم الانعكاسية للسطح العاكس	U _L f الرموز الاغريق τ α ρ
سرعة المائع (الماء) ((m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) للبعد البؤري (m) معامل النفاذية الامتصاصية للأنبوب المستلم معامل الاعتراض للأنبوب المستلم	U _L f الرموز الاغريق π α γ
سرعة المائع (الماء) ((m/s) معامل الفقدان الحراري الكلي (W/m ² °C) البعد البؤري (m) معامل النفاذية الامتصاصية للأنبوب المستلم معامل الاعتراض للأنبوب المستلم انبعاثيه الانبوب المستلم	ل f الرموز الاغريق τ α ρ γ ε _{rt}

كفاءة الطاقة المتاحة	η_{ex}
الكفاءة البصرية	η_o
كفاءة بتلا	η_p
الزوجة الديناميكية (N.s/m ²)	μ
الكثافة (kg/m ³)	ρ
ثابت سنيفان-بولتسمان (W/m ² .K ⁴)	σ
	الرموز السفلية
المحيط	а
المباشر	b
المجمع الشمسي	С
المنتشر, المقدار المشتت	des
الطاقة المتاحة	ex
المائع	f
دخول المائع	fi
خروج المائع	fo
داخلي	i
الكلي	L
بصري	0
الفيمه المتلي للمعاملات المتغيرة	opt
خ <i>ار جي</i>	out
الشمس	S
اختلاف الضغط	Δp

للمجمع الشمسي عند ظروف تشغيلية قياسية للحصول على اعلى طاقة حرارية من المجمع الشمسي، وفي هذا التحليل سيتم اخذ بعض المعاملات الهندسية كدرجة حرارة دخول الماء الى المجمع الشمسي ونسبة التركيز الاشعاع الشمسي ومعدل التدفق الكتلي كمتغيرات داخلة في نظام المجمع الشمسي، كما سيتم في هذه الدر اسـة حسـاب كفاءة الطاقة المتاحة وفق المتغيرات الداخلة الى النظام للإيجاد القيم المثلى لكفاءة الطاقة المتاحة للوصول الى التصميم الامثل المجمعات الشمسية ذي القطع المكافئ.

2. المعادلات الرياضية والتحليل الفيزيائي

يعتمد وضع النماذج الأساسية للمجمع الشمسي على معادلات توزان الطاقة والكتلة وتحليل الطاقة المتاحة، وبعدها يتم اختبار أداء المجمع الكلى بدمج جميع النماذج الرياضية للأجزاء للحصول على اعلى كفاءة طاقة متاحة ممكنة للمجمع الشمسى. ويتطلب التحليل الرياضي الفرضيات الاتية:

- أداء المنظومة يكون مستقرا.
- جريان المائع في الأنابيب يكون منتظماً ورقائقي.
- اعتبار السماء كجسم اسود لطول موجي طويل الإشعاع عند درجة حرارة السماء.
 - إهمال تأثير الغبار على السطح العاكس للإشعاع.

1.2 حساب الكفاءة البصرية للاقط الأسطواني

هي النسبة بين كمية الأشعاع الشمسي الممتص من قبل الانبوب الماص الى كمية الاشعاع الشمسي الساقط عمودياً على مساحة اللاقط الشمسي. وتحسب من المعادلة الآتية [1]:

$$\eta_0 = \frac{S}{I_b} \tag{1}$$

ويحسب الاشعاع الشمسي الممتص من قبل الانبوب الماص(S) من العلاقة الآتية [2,3]:

 η_{th}

$$S = I_b \rho \gamma(\tau \alpha)_b + I_b(\tau \alpha)_b \left(\frac{D_{r,o}}{(W - D_{r,o})}\right)$$
(2)

2.2. حساب الخسائر الحرارية

تحسب الكفاءة الحرارية الانية للمجمع الشمسي عن طريق حساب النسبة بين الطاقة التي تم الاستفادة منها الى الطاقة الواصلة الى اللاقط الشمسي وكما يأتي [4]:

$$\eta_{th.} = F_R \left[\eta_o - \frac{U_L (T_{f,i} - T_a)}{I_b.C} \right]$$
(3)

وان القيمة الحقيقة للطاقة الحر ارية النافعة المكتسبة من المجمع الشمسي موضح في المعادلة الأتية[5]:

$$Q_u = A_a F_R \left[S - U_L \frac{A_r}{A_a} \left(T_{fi} - T_a \right) \right]$$
(4)

ويمكن حساب كمية الحرارة هذه عن طريق حساب معامل انتقال الحرارة الكلي والذي يحسب من المعادلة الآتية [5]:

$$U_L = h_w + h_{rad, r-sky} \tag{5}$$

يحسب (h_w) من المعادلة الآتية [6]:

$$h_w = 5.7 + 3.8 V \tag{6}$$

ويحسب معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الأنبوب الماص الى المحيط الخارجي من المعادلة الآتية [6]:

$$h_{rad,r-sky} = \varepsilon_r \cdot \sigma (T_r + T_{sky}) (T_r^2 + T_{sky}^2)$$
(7)
crewe (T_{sky}) (7)

$$T_{sky} = 0.055 \, T_a^{1.5} \tag{8}$$

$$T_r = T_{m,f} + \frac{m^{\circ} C p_r (T_{f,o} - T_{f,i})}{h_{c,i} \cdot A_{r,i}}$$
(9)

$$T_{m,f} = \frac{(T_{f,i} + T_{f,0})}{2} \tag{10}$$

$$T_{f.o} = T_{f,i} + \frac{Q_u}{m^\circ cp} \tag{11}$$

يحسب معامل انتقال الحرارة داخل الانبوب الماص (h_{c,i}) من المعادلة الأتية[5]:

$$h_{c,i} = \frac{K_f}{D_{r,i}} \left[3.6 + \frac{0.668 \left(\frac{D_{r,i}}{L}\right) Re_f Pr_f}{1 + 0.04 \left[\left(\frac{D_{r,i}}{L}\right) \cdot Re_f Pr_f \right]^{2/3}} \right]$$
(12)

$$F' = \frac{1/U_L}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_{r,o}}{h_{c,i}.D_{r,i}} + \frac{D_{r,o}\ln(D_{r,o}/D_{r,i})}{2K_r}}$$
(13)

يحسب معامل از الة الحرارة من المعادلة الأتية[7,4]:

$$F_R = \frac{m_f^\circ Cp_f}{A_r. U_L} \left[1 - exp\left(-\frac{A_{r,i}U_L F'}{m_f^\circ. Cp_f} \right) \right]$$
(14)

3.2. تحليلات الطاقة المتاحة للمجمع الشمسي

تُعَرف الطاقة المتاحة بالمعنى الديناميكي للحرارة بأنها الطاقة المتوفرة لإنجاز الشغل، وتمتلك كل منظومة عند درجة حرارة اعلى من الصفر المطلق مقداراً من الطاقة. معادلة الطاقة المتاحة الداخلة للنظام عبر المائع وهي [8]:

$$E_{in,f} = m_f C p \left(T_{in} - T_a - T_a \ln \frac{T_{in}}{T_a} \right) + \frac{m_f \Delta P_{in}}{\rho} \quad (15)$$

كمية الطاقة المتاحة الخارجة من المجمع الشمسي عبر المائع[8]:

$$E_{out,f} = m_f C p \left(T_{out} - T_a - T_a \ln \frac{T_{out}}{T_a} \right) + \frac{m_f \Delta P_{out}}{\rho}$$
(16)

قيمة الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي يمكن التعبير عنها بالمعادلة الأتية[8]:

$$E_{in,r} = A_{ape} I_b \eta_p \tag{17}$$

[8]: حيث ان كفاءة بتلا يوضح في المعادلة الاتية

$$\eta_p = 1 - \frac{4 T_a}{3T_s} + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T_s}\right)^4 \tag{18}$$

نسبة الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من الانبوب

$$\dot{E}_{l,th} = \frac{U_l A_r}{A_{ape} I_b \eta_p} \left(T_r - T_a \right) \left(1 - \frac{I_a}{T_r} \right)$$
(19)

نسبة الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي وكما هو موضح في المعادلة الآتية[8]:

$$\dot{E}_{l,opt} = (1 - \eta_o) \tag{20}$$

إنَّ نسبة المقدار المشنت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة حرارة انبوب الماص ودرجة الحرارة الشمس الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي الآتية[8]:

$$\dot{E}_{des,abs} = \frac{\eta_o I_b A_{ape} T_a \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_s}\right)}{A_{ape} I_b \eta_p} \tag{21}$$

ونسبة المقدار المشنت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضبغط في الانبوب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي [8]:

$$\dot{E}_{des,\Delta P} = \frac{m_f \Delta P}{A_{ape} I_b \eta_p \rho} \frac{T_a \ln(T_{out}/T_{in})}{(T_{out} - T_{in})}$$
(22)

ونسبة الطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع والانبوب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي [8]:

$$\dot{E}_{des,cond} = m_f C p T_a \left(ln \frac{T_{out}}{T_{in}} - \frac{(T_{out} - T_{in})}{T_r} \right)$$
(23)

حيث ان معادلة انخفاض الضغط في أنبوب الماص كما موضح في المعادلة التالية:

$$\Delta P = \frac{128\,\mu\,L\,m_f}{\pi D i^4 \rho} \tag{24}$$

وان قيمة كفاءة الطاقة المتاحة للمجمع الشمسي، التي تساوي النسبة بين قيمة الطاقة المتاحة للمائع إلى قيمة الطاقة المتاحة الناتجة من الإشعاع الشمسي يمكن التعبير عنها بالمعادلة الأتية[8]: الاشعاع الشمسى وتغير معدل التدفق الكتلى وتأثير تغيير القطر الداخلي للأنبوب الماص ولظروف مناخيو مختلفة. وجد أن أعلى كفاءة طاقة متاحة كانت في شهر أذار كما موضح في الشكل 1 لذلك تم اعتماد الظروف الحديَّة لشهر أذار الأساس في تحليل نتائج البحث الحالي، ويمثل الشكل 2 القيم المثلى لدرجة الحرارة الدخول والخروج وفرق درجة الحرارة الدخول والخروج خلال الأشهر للفترة من شهر كانون الاول الى شهر أيار. حيث ان يمكن ملاحظة من خلال الشكل 3 التحليل البصري للمجمع الشمسي لشهر أذار، وتم تحليل خسائر الطاقة المتاحة لشهر أذار كما موضح في الشكل 4، وقد بينت النتائج تاثير كل من معاملات التشغيل والتصميم والظروف البيئية للمجمع الشمسي كما



الشكل 1: القيم المثلى لكفاءة الطاقة المتاحة خلال الأشهر للفترة من شهر كانون الاول الي شهر أيار.



الشكل 2: القيم المثلى لدرجة الحرارة الدخول والخروج وفرق درجة الحرارة الدخول والخروج خلال الاشهر للفترة من شهر كانون الاول الى شهر أيار



الشكل 3: التحليل البصري لمدينة كركوك للمجمع الشمسي لشهر أذار.

$$\eta_{ex} = 1 - \left[(1 - \eta_o) + \frac{U_l(T_r - T_a)^2}{I_b C \eta_P T_r} + T_a \frac{m_f 512 \,\mu \,\mathrm{L\,m}}{I_b A_{ape} \pi \mathrm{Di}^4 \eta_P \rho} \frac{ln \left(\Delta T + \frac{T_{in}}{T_{in}}\right)}{\Delta T} + \frac{\eta_o T_a}{\eta_P} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_s}\right) + \frac{m_f C p \ T_a}{I_b A_{ape} \eta_P} \left(ln \frac{\Delta T + T_{in}}{T_{in}} - \frac{(\Delta T)}{T_r}\right) \right]$$
(2)

النتائج والمناقشة

بموجب المواصفات الموضحة في الجدول 1، للاشهر (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وأذار ونيسان وأيار) من اشهر السنة بالاعتماد على بيانات التحليل البصري لمدينة كركوك والظروف المناخية لكل شهر، تم حساب كفاءة الطاقة المتاحة للأشهر اعلاه بتغير درجة حرارة الماء الداخل الى المجمع الشمسي وتغير نسبة التركيز



الشكل 4: تحليل خسائر الطاقة المتاحة لمجمع الشمسي ذي القطع ال**شكل 4:** تحليل خسائر المكافئ لشهر أذار.



الشكل 5: العلاقة بين درجة حرارة الدحول مع كفاءة الطاقة المناحة لشهر أذار.

1.3. تأثير درجة حرارة دخول الماء للمجمع الشمسي

يوضح الشكل 5 العلاقة بين درجة حرارة دخول الماء وكفاءة الطاقة المتاحة الشهر أذار, ويظهر الشكل 6 ان المقدار المشتت من الطاقة المتاحة والناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين انبوب الماص ودرجة حرارة الشمس تكون عالية عندما تكون درجة حرارة دخول الماء قليلة والسبب هو شدة الانتقال بالحمل من الشمس الى سطح الانبوب الماص, وعند ملاحظة الشكل 7 أن نسبة الطاقة المتاحة المسربة من الانبوب الماص للجو الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي كما في المعادلة (19) تزداد بزيادة درجة حرارة دخول الماء إلى ان تصل الي اعلى قيمة لها, ولكن نسبة الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الضغط في الانبوب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي كما في المعادلة (22) اثناء جريان المائع داخل الانبوب الماص تكون قليلة جدا بحيث لا يؤثر على كفاءة الطاقة المتاحة، وبالتالي يكون لها تاثير أقل على كفاءة الطاقة المتاحة, وكذلك الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع ودرجة حرارة انبوب الماص ينخفض بزيادة درجة حرارة دخول الماء الى ان يصل الى (25) درجة مئوية ومن ثم يكون شبه مستقر بعدها, ولكن الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية تكون ثابتة لا تتغير مع تغير درجة حرارة الدخول الماء كما موضح في الشكل 8.

2.3. تأثير نسبة التركيز الأشعاع الشمسي

يوضح الشكل 9 تأثير نسبة التركيز الاشعاع الشمسي على كفاءة الطاقة المتاحة المتاحة لشهر أذار, فعند زيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي يقل الطاقة المتاحة المسربة الناتجة من انتقال الحرارة من الانبوب الماص الى الجو كما هو موضح في الشكل 10، وكذلك فإن الطاقة المتاحة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية



الشكل 6: العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من اختلاف درجة حرارة انبوب الماص والشمس لشهر أذار.



الشكل 7: العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشنتة الناتجة من انخفاض الضبغط والمقدار المسرب للطاقة من انبوب إلى الجو لشهر اذار.



الشكل 8: العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشنتة الناتجة اختلاف درجات الحرارة بين المائع وانبوب والمقدار المسرب إلى الجو بسبب الاخطاء البصرية لشهر أذار.



الشكل 9: العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر أذار.

يزداد بزيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي, ولكن نسبة المقدار المشتت الناتجة من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الضغط تكون قليلة وبالتالي يكون لها تاثير قليل على كفاءة الطاقة المتاحة كما موضح في الشكل 11، فعند زيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي يقل المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس مع تغير طفيف في نسبة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع ودرجة الحرارة انبوب الماص كما هو موضح في الشكل 12.

3.3. تأثير معدل التدفق الكتلى للماء

يوضح الشكل 13 تأثير معدل التدفق الكتلي للماء على كفاءة الطاقة المتاحة لشهر أذار, ذلك لأن زيادة كتلة الجريان تسبب في نقصان المقدار المسرب من الطاقة المتاحة والناتجة من انتقال الحرارة من انبوب الماص الى الجو, ولكن المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية ثابتة لا ويوضح الشكل 15 تاثير معدل التدفق الكتلي على المقدار المشتت من الطاقة المتاحة، تبين ان بزيادة معدل التدفق الكتلي على المقدار المشتت من المشتت من الطاقة المتاحة معدل التدفق الكتلي على المقدار المشتت من المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضعط اثناء الجريان المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضعط اثناء الجريان المتحاد الناتجة من اختلاف ودرجة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع ودرجة المتلي للمائع فإن المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الكتلي للمائع فإن المقدار المشت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف رجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس تزداد الى ان تصل الى درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس تزداد الى ان تصل الى

4.3. تاثير القطر الداخلي للانبوب الماص للحرارة

يوضح الشكل 17 تاثير القطر الداخلي للانبوب الماص على كفاءة الطاقة المتاحة, إذ يلاحظ از دياد في مقدار الطاقة المتاحة بزيادة القطر الداخلي, وذلك لان المقدار المسرب من الطاقة المتاحة والناتجة من انتقال الحرارة من انبوب الماص الى الجو تقل بزيادة القطر الداخلي للانبوب الماص وتغير طفيف المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع ودرجة حرارة انبوب الماص كما هو موضح في الشكل 18، ان تاثير المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضعط اثناء جريان المائع داخل انبوب الماص لها تاثير قليل على كفاءة الطاقة المتاحة، حيث تقل بزيادة العطر الدخلي للانبوب الماص, تبين ان ثبوت كل من المقدار المشت من الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية والمقدار المشت من الطاقة المتاحة الماحة الماته ورجة حرارة المشت من الطاقة المتاحة المسربة الى المو بسبب الاخطاء المصرية والمقدار المشت من الطاقة المتاحة الماحة الماحة من الخلام الموارة بين من الطاقة المتاحة المسربة الى المو بسبب الاخطاء المصرية والمقدار المشت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين

5.3. تأثير شدة الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على مجمع الشمسي

يوضح الشكل 20 تأثير شدة الإشعاع الشمسي المباشر على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ زيادة كفاءة الطاقة المتاحة بزيادة شدة الإشعاع الشمسي المباشر، فبزيادة قيمة شدة الإشعاع الشمسي المباشر تزداد مقدار الطاقة المتاحة المنتقلة بواسطة الإشعاع الشمسي وكما هو موضح في الشكل 21 كما أن زيادة مقدار شدة الإشعاع الشمسي المباشر يتسبب في زيادة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس وكما هو موضح في الشكل 22.

6.3. تاثير درجة الحرارة المحيط

يوضح الشكل 23 تاثير درجة الحرارة المحيط الجوي على كفاءة الطاقة المتاحة. إذ يلاحظ زيادة درجة الحرارة الجو تتسبب في التقليل من كفاءة الطاقة المتاحة وذلك لان زيادة درجة الحرارة المحيط يتسبب في تقليل كفاءة بتلا (η_p) والذي بدوره يُقلل من الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي والطاقة المتاحة المسربة وكما موضح في



الشكل 10: العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع المقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب الماص إلى الجو لشهر أذار.



ا**لشكل 11:** العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضبغط والمقدار المسرب للطاقة المتاحة إلى الجو بسبب الاخطاء البصرية لشهر أذار.



الشكل 12: العلاقة بين نسبة التركيز مع الطاقة المشنتة الناتجة اختلاف درجة الحرارة بين انبوب والشمس والناتجة من انخفاض الضغط لشهر أذار.



ا**لجدول 1** مواصفات المجمع الشم

الوحدة	القيمة	الخاصية	
الانبوب الماص النحاسي (absorber brass tube)			
mm	41.3	القطر الخارجي (Do)	
	38.1	القطر الداخلي (Di)	
	متغير	الطول (L)	
	متغير	درجة حرارة انبوب الماص (T)	
	0.95	الامتصاصية (α)	
	0.25	$(arepsilon_t)$ انبعاثية	
(reflector concentrator) العاكسة			
m ²	2	(A_c) مساحة اللاقط	
	متغيرة	العرض (W)	
	متغيرة	الطول (L)	
	متغيرة	نسبة التركيز الاشعاع الشمسي	
		(<i>C</i>)	
degree	90	(ψ_r) زاوية الحافة	
	0.85	معامل الانعكاسية (م)	
الظروف البيئية (Environmental conditions)			
Κ	5762	(T_s) درجة حرارة الشمس	
Pa	1×10^{5}	(P_a) الضغط	
	متغيرة	(I_b) شدة اشعاع الشمسي المباشر	
معاملات والاخطاء البصرية (& Optical parameter)			
		errors	
degree	1.0	المحاذات الغير المقبول للعاكسة	
degree	1.0	(β)	
	0.99	معامل الاعتراض (γ)	



الشكل 14: العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع للطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية والمقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب إلى الجو لشهر أذار.



الشكل 15: العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع الطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من انخفاض الضبغط والناتجة من اختلاف درجة الحرارة لشهر أذار.



الشكل 16: العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع الطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس لشهر أذار.



الشكل 17: العلاقة بين القطر الدخلي مع كفاءة الطاقة المتاحة والطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من انخفاض الضغط في انبوب



الشكل 18: العلاقة بين القطر الدخلي مع الطاقة المتاحة المشتنة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة والمقدار المسرب للطاقة المتاحة لشهر أذار.



الشكل 19: العلاقة بين القطر الدخلي مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة والمقدار المسرب بسبب الاخطاء البصرية لشهر أذار.



الشكل 24: العلاقة بين درجة الحرارة المحيط مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين المانع وانبوب الماص لشهر أذار.





ا**لشكل 26:** العلاقة بين سرعة الرياح مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر أذار.







الشكل 23: العلاقة بين درجة الحرارة المحيط مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر أذار.

المعادلة (18) والمعادلة (19) وزيادة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين المائع ودرجة الحرارة انبوب الماص كما موضح الشكل 24، وكذلك فإن زيادة درجة الحرارة الجو تسبب في التقليل من المقدار الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من الانبوب الماص الى الجو كما موضح في الشكل 25.

7.3. تاثير سرعة الرياح

يوضح الشكل 26 تاثير سرعة الرياح على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ انه كلما زادت سرعة الرياح قلت كفاءة الطاقة المتاحة، وعند الرجوع الى المعادلة (19) يلاحظ انه معامل الفقدان الحراري العامل الاكثر تاثيراً على المقدار المسرب من الطاقة المتاحة الى الجو، إذ ان زيادة سرعة الرياح يؤدي إلى زيادة معامل الفقدان الحراري وبالتالي يزداد المقدار المسرب من الطاقة المتاحة بسبب انتقال الحرارة من الانبوب الماص الى الجو كما موضح في الشكل 27.

4. الاستنتاجات

أعد هذا البحث لدراسة مجمع شمسي من نوع القطع المكافئ باستخدام تحليلات الطاقة المتاحة، وبعد الحصول على النتائج تم استنتاج الآتي:

- افضل درجة حرارة دخول للمائع لكل الاشهر تقريباً هي درجة حرارة المحيط الجوي مضافاً أليه (4.7°C).
- المقدار المشنت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط (exergy distracted due to pressure drop) لا تؤثر كثيراً على كفاءة الطاقة المتاحة.
- 3. معظم المقدار المشتت من الطاقة المتاحة تحدث أثناء عملية الامتصاص، الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين انبوب الماص للحرارة والشمس.
- بزيادة حرارة البوب الماص وبنقصان معدل التدفق الكتلي للماء تقل درجة حرارة انبوب الماص للحرارة بزيادة معدل التدفق الكتلي للمائع.

المصادر

- [1] Ngo L, Bello-Ochende T, Meyer JP. Exergetic analysis and optimisation of a parabolic dish collector for low power application. *The Postgraduate Symposium*; 2012.
- [2] Al-Sulaiman FA. Exergy analysis of parabolic trough solar collectors integrated with combined steam and organic rankine cycles. *Energy Conversion and Management* 2014; 77: 441-449.
- [3] Stine WB, Geyer M. Power from the sun: JT Lyle Center for Regenerative Studies; 2001.
- [4] Bergman TL, Incropera FP, DeWitt DP, Lavine AS. Fundamentals of heat and mass transfer. 5th ed: John Wiley & Sons; 2011.
- [5] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes: John Wiley & Sons; 2013.
- [6] García-Valladares O, Velázquez N. Numerical simulation of parabolic trough solar collector: Improvement using counter flow concentric circular heat exchangers. *International Journal* of Heat and Mass Transfer 2009; **52** (3-4): 597-609.
- [7] Padilla RV, Fontalvo A, Demirkaya G, Martinez A, Quiroga AG. Exergy analysis of parabolic trough solar receiver. *Applied Thermal Engineering* 2014; 67 (1-2): 579-586.
- [8] Kahrobaian A, Malekmohammadi HR. Exergy optimization applied to linear parabolic. *Journal of Algorithms and Computation* 2013; **42** (1): 131-144.