

Havalı Güneş Kolektörlerinde Farklı Bağlantı Şekillerinin Isıl Performansa Etkisinin Deneysel Analizi

Öğr. Göv. İbrahim SANCAR¹, Prof. Dr. Hüsamettin BULUT²

¹ *Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 02040-Adıyaman.*

isancar@adiyaman.edu.tr

² *Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63190-Şanlıurfa. hbulut@harran.edu.tr*

ÖZET

Güneş enerjili mahal ısıtma ve kurutma sistemlerinde temel eleman havalı güneş kolektörleridir. Bu çalışmada, 4 adet havalı güneş kolektörünün farklı şekillerde (2 seri 1 paralel, 2 paralel 1 seri, 4 paralel ve 4 seri) bağlantısı yapılarak oluşturulan kollektör gruplarının ısı performansını deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel sistem üzerinde hava sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışıyım miktarı ölçülerek kolektör gruplarının ısı verimi hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, kolektör ısı performansının güneş ışıyımı, hava debisi ve bağlantı şeklinin bağlı olduğu görülmüştür. Güneş ışıyımının ve hava debisinin yüksek olduğu durumlarda kollektör ısı veriminin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bağlantı şekillerine göre, en yüksek günlük ortalama kolektör verimi 2 seri 1 paralel bağlantı şeklinde 7.5 m/s hava akış hızında % 82 olarak gerçekleşmiştir. Paralel bağlantılarda kolektör çıkış sıcaklığının çok fazla değişmediği sadece kullanılan kolektör alanı arttığı için sistem veriminin düştüğü görülmüştür. Belirtilen kolektörler için en ideal bağlantı şeklinin seri bağlantı olduğu, paralel bağlantı şeklinin kollektör performansına çok fazla bir katkısının olmadığı ve ideal hava akış hızının 7.5 m/s olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş havalı kolektörü, ısı verim, güneş ışıyımı, bağlantı şekli.

Experimental Analysis of the Effect of Connection Configurations on Thermal Performance in Solar Air Collectors

Abstract

One of the basic elements in solar-powered space heating and drying systems is the solar air collector. In this study, the thermal performances of four solar air collectors which were connected in different configurations (2 series 1 parallel, 2 parallel 1 series, 4 parallel and 4 series) in order to form the collector groups were investigated experimentally. The air temperature, the air velocity and the amount of solar radiation were measured in the experimental system and the thermal efficiency of each collector and configuration was calculated. As a result of the measurements made, it is seen that the thermal performance of the collector depends on the solar radiation, air flow and connection configuration. It has been determined that the thermal efficiency of the collector is high when the solar radiation and air

flow are high. According to the connection configuration, the highest daily average collector efficiency was realized as 82 % in 2 series 1 parallel configuration at 7.5 m/s air velocity. In parallel connections, the collector output temperature does not change very much, but the system efficiency decreases due to increase in collector surface area. It has been determined that the ideal connection configuration for the specified collectors is a series connection, the parallel connection does not contribute much to the collector performance, and the ideal air flow rate is 7.5 m/s.

1. GİRİŞ

Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel uygulamalar, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin kullanıldığı alanlardır [1].

Güneş enerjili ısıtma sistemleri üzerine yurtiçi ve yurtdışında önemli çalışmalar yapılmıştır. Fakat çalışmalar daha çok sulu ısıtma sistemleri üzerinedir. Havalı güneş kolektörleri ile ilgili yapılan çalışmalar temelde, kurutma uygulamaları, yapısı ve ısı performansının artırılması ile ilgilidirler [2].

Kurtbaş ve Durmuş (2004), çeşitli yüzey geometrilerine sahip havalı kolektörlerde deneyler yapmış ve beş farklı havalı kolektörlerin ısı transferi, basınç kaybı ve ekserji kaybı yönünden incelemiştir. Araştırmanın sonucunda basınç kaybı, ekserji ve ısı transferi için deneysel bağıntılar verilmiştir [3].

Karım ve ark. (2006), düz plakalı, kanatçıklı oyuklu ve V-kıvrımlı güneş hava kolektörlerinin performansını hem deneysel hem de teorik olarak incelemişlerdir. Sonuçlar göstermiştir ki V-kıvrımlı kolektörün verimi en iyidir, bunun yanında düz tabaka kolektörler daha az verime sahiptir. V-kıvrımlı kolektörler, düz tabakalı kolektörlere göre, tek geçişli ve çift geçişli modeller için sırasıyla % 10-15 ve %5-11 daha fazla verime sahiptir [4].

Yeh ve Lin (1996) düz plakalı hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin verimleri üzerinde birbirine paralel olan engellerin etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Engelleri üniform aralıklarla yerleştirerek, deneysel çalışmaları engellerin farklı bölgelerinde yapmışlardır. Maksimum kolektör verimi için, en uygun engel yerinin kolektörün merkezi olduğu ve engel sayısının, artışıyla kolektör veriminin arttığı gözlenmiştir [5].

Ben Slama (2006), yaptığı çalışmada havalı güneş kolektörlerinde küçük kanatlar ve uygun akış yolları oluşturarak türbülanslı akış şartlarında kolektör içi sıcaklığı 70 °C ve verimi %80 bulmuştur. Basınç düşümü ve ekserji analizini hesaplamıştır [6].

Kreith ve Kreider (1978), güneş enerjili hava ısıtıcılarındaki performansı daha fazla arttırmanın, kolektördeki kanatçıkların hava türbülansını yaratmak için akış yönünü şaşırtıcılarla ve büyütülmüş ısı transfer alanları ile donatılmasının sağlanabileceğini belirtmişlerdir [7].

Görüldüğü gibi yapılan deneysel çalışmaların hemen hemen hepsinde, kolektör ısı verimini arttırmak için kolektör yapısı üzerine farklı tasarımlar geliştirilmiştir. Ancak kolektörlerin montajı ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada 4 adet kolektörün farklı şekilde montajı yapılarak ısı performansı deneysel olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

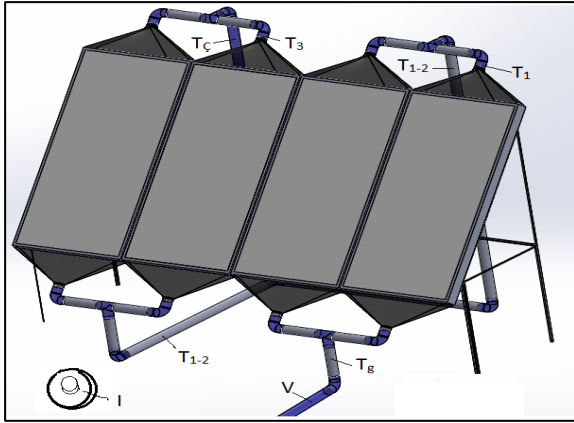
2.1. Materyal

Bu çalışmanın temel amacı havalı tip güneş kolektörlü bir ısıtma sisteminin kolektörlerin farklı bağlantı şekillerinde ısı veriminin deneysel olarak araştırılmasıdır. Bu amaç için 4 adet havalı tip güneş kolektörü kullanılmıştır. Şekil-1' de imalatı tamamlanmış ve Adıyaman iklim şartlarında kış mevsiminde 52° eğime (enlem derecesi + 15°) montajı yapılmış kolektör grubu ve 52° eğime yerleştirilmiş güneş ışıyım ölçüm cihazı piranometre görülmektedir.

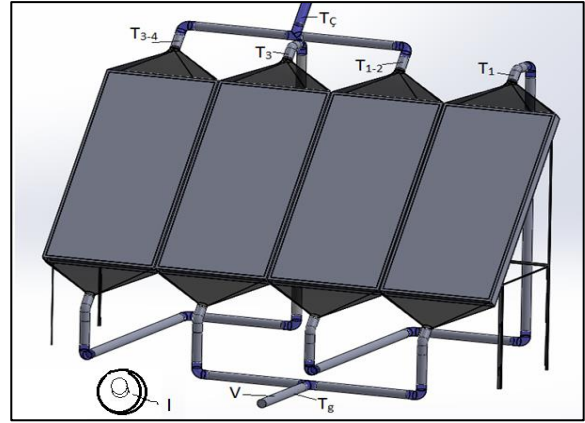


Şekil-1 52° Eğimde Kolektör Grubu ve Piranometre

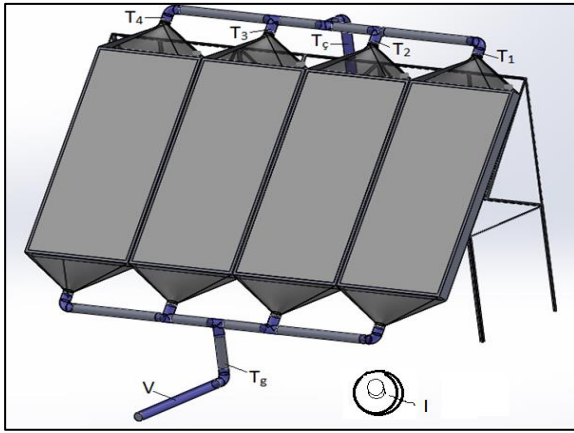
Aşağıda imalatı tamamlanmış ve kendi aralarında farklı şekillerde bağlanan 4 adet güneş kolektörü şematik olarak görülmektedir. İmalatı yapılan havalı güneş kolektörlerin özellikleri Tablo-1' de verilmiştir.



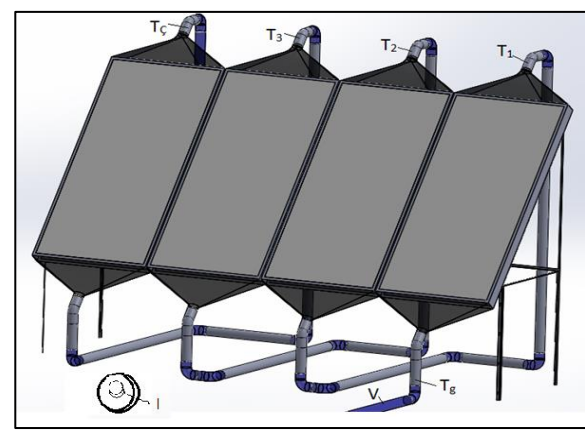
Şekil-2 2 paralel bir seri (2P1S) Bağlantı Şematik Görünümü



Şekil-3 2S1P Bağlantı Şematik



Şekil-4 4P Bağlantı Şematik Görünümü



Şekil-5. 4S Bağlantı Şematik Görünümü

Tablo-1 İmalatı yapılan havalı güneş kolektörlerinin teknik özellikleri

Hava akış kanalı	Düz
Geçirgen üst örtü	Tek cam
Kasa boyutu	2000x1000x100 mm
İzolasyon malzemesi	Cam yünü
Yutucu plaka	1900x900x0.5 mm siyah mat boyalı galvaniz sac
Kasa malzemesi	2 mm sac

2.2. Metod

Deneysel çalışmada, Adıyaman iklim şartlarında kış mevsiminde 52° eğime (enlem derecesi + 15°) yerleştirilmiş ve kendi aralarında seri- paralel bağlanmış havalı güneş kolektörleri grubunun giriş çıkış sıcaklıkları (T_g) ve (T_φ) , hava hızı (V) ve güneş ışınlımı (I) gibi parametreler ölçülerek kayıt altına alınmıştır. 2 paralel 1 seri bağlantılı kolektör grubu için 1. kolektör çıkış sıcaklığı (T_1), 1. paralel çıkış sıcaklığı (T_{1-2}) ve 3. kolektör çıkış sıcaklığı (T_3) ölçülmüştür. 2 seri 1 paralel bağlantılı kolektör grubu için 1. kolektör çıkış sıcaklığı (T_1), 1. seri çıkış sıcaklığı (T_{1-2}), 3. kolektör çıkış sıcaklığı (T_3) ve 2. seri çıkış sıcaklığı (T_{3-4}) ölçülmüştür. 4 paralel bağlantılı kolektör grubu için 1. kolektör çıkış sıcaklığı (T_1), 2. kolektör çıkış sıcaklığı (T_2), 3. kolektör çıkış sıcaklığı (T_3) ve 4. kolektör çıkış sıcaklığı (T_4)

ölçülmüştür. Ayrıca 4 seri bağlantılı kolektör grubu için 1. kolektör çıkış sıcaklığı (T_1), 2. kolektör çıkış sıcaklığı (T_2) ve 3. kolektör çıkış sıcaklığı (T_3) ölçülmüştür.

Sıcaklık ölçümlerinde K tipi ısı çiftler ve veri kaydı için dataloger kullanılmıştır. Güneş ışınlam şiddetini ölçmek için bir piranometre ve veri kaydı için dataloger kullanılmıştır. Sistem hava hızını ölçmek için pervane tipi hızölçer kullanılmıştır.

2.2.1. Kolektör Grubu Isıl Verimi

Isıl verim, kolektörden toplanan kullanılabilir enerjinin, aynı sürede kolektör yüzeyine gelen güneş enerjisine oranı olarak tarif edilir. Havalı güneş kolektör grubunun ısı verimi η , aşağıdaki denklemler (1-2) ile hesaplanmıştır.

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T)}{I \cdot A} \quad (1)$$

Burada;

$\dot{m}$: Kolektörden geçen havanın kütleli debisi (kg/s),

C_p : Havanın sabit basınçta özgül ısısı (J/kg °C),

I : Kolektör yüzeyine gelen ışınlam miktarı (Watt/m²)

A : Kolektör alanı (m²)

ΔT : Kolektörden çıkan ve kolektöre giren havanın sıcaklık farkı (°C)' dir.

Kütleli debi;

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad (2)$$

ile hesaplanır. Burada;

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³),

V : Hava akış hızı (m/s),

A : Havanın kolektör çıkış kesit alanıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı tarihlerde ölçülen parametrelere ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Tablo-2' de 2 paralel 1 seri bağlantı şeklinde, Tablo-3' de 2 seri 1 paralel bağlantı şeklinde, Tablo-4' de 4 paralel bağlantı şeklinde ve Tablo-5' de 4 seri bağlantı şeklinde ölçülen parametrelerin istatistiksel değerleri ve farklı bağlantı şeklinde hesaplanan ortalama kolektör verimleri görülmektedir.

Tablo-2 2 paralel 1 seri bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında sistem çıkış sıcaklıkları ve kolektör verimleri

Hava hızı	ΔT_1	ΔT_2	ΔT	η_1	η_2	η_k
5 m/s	2,5	0,6	3,2	21,0	7,0	13,0
7.5 m/s	9,8	0,0	9,8	63,0	2,0	34,0
10 m/s	5,6	0,0	5,6	63,0	3,0	37,0

Tablo-3 2 seri 1 paralel bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında sistem çıkış sıcaklıkları ve kolektör verimleri

Hava hızı	ΔT_1	ΔT_3	ΔT_{1s}	ΔT_{2s}	ΔT	η_1	η_2	η_{1s}	η_{2s}	η_k
5 m/s	3,7	3,4	5,9	4,4	7,9	34,0	34,0	28,0	20,0	18,0
7.5 m/s	6,6	7,1	6,6	4,2	12	78	82	40	28	37
10 m/s	9,0	9,6	6,2	5,5	13,4	71,0	73,0	52,0	46,0	56,0

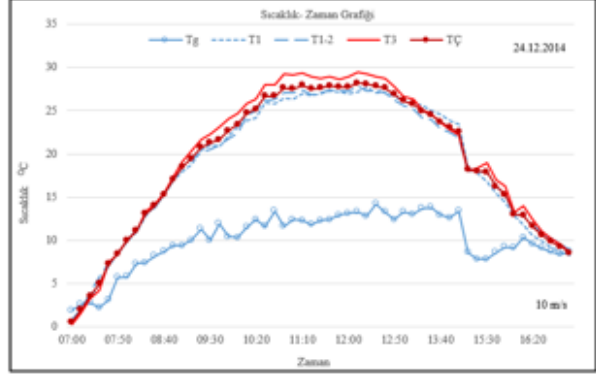
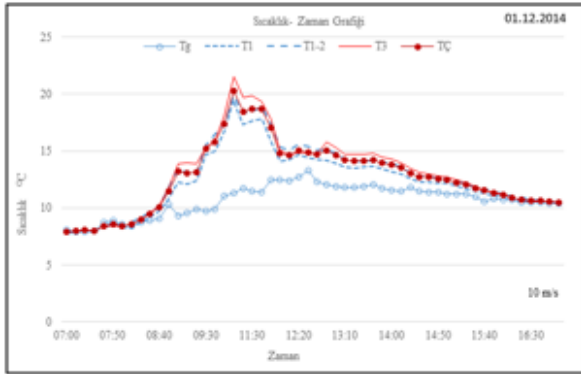
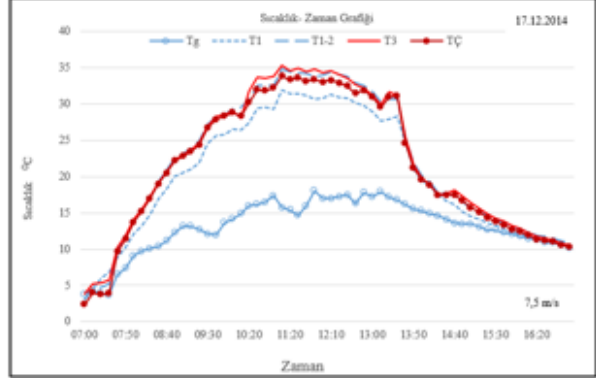
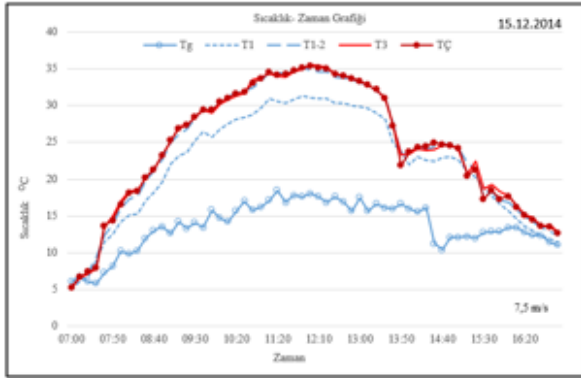
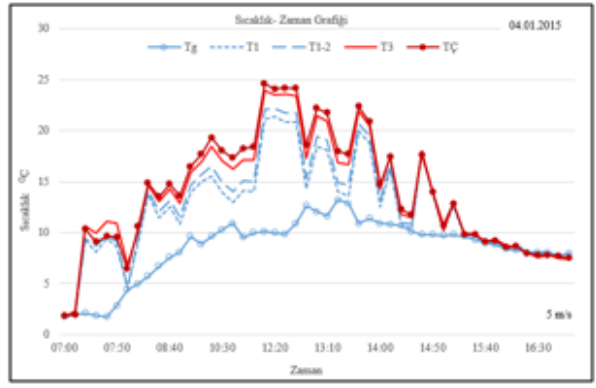
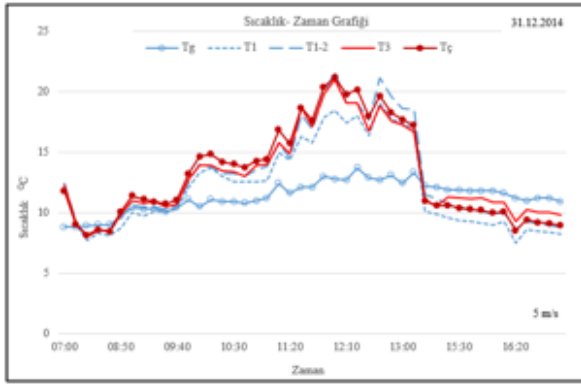
Tablo-4 4 paralel bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında sistem çıkış sıcaklıkları ve kolektör verimleri

Hava hızı	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	ΔT	η_1	η_2	η_3	η_4	η_k
5 m/s	9,4	11,0	8,2	7,3	9,0	63,0	73,0	55,0	49,0	15,0
7.5 m/s	11	12	11	12	12	78	77	80	78	31
10 m/s	8,0	8,5	9,0	8,2	8,4	76,0	78,0	78,0	69,0	30,0

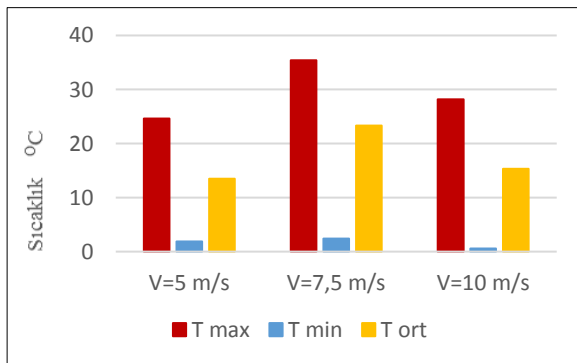
Tablo-5 4 seri bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında sistem çıkış sıcaklıkları ve kolektör verimleri

Hava hızı	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	ΔT	η_1	η_2	η_3	η_4	η_k
5 m/s	4,1	4,7	1,5	1,2	11,6	25,0	41,0	15,0	12,0	30,0
7.5 m/s	5,4	1,5	2	1,2	10	42	20	25	15	31
10 m/s	1,3	1,4	0,5	0,1	3,4	28,0	21,0	7,0	16,0	13,0

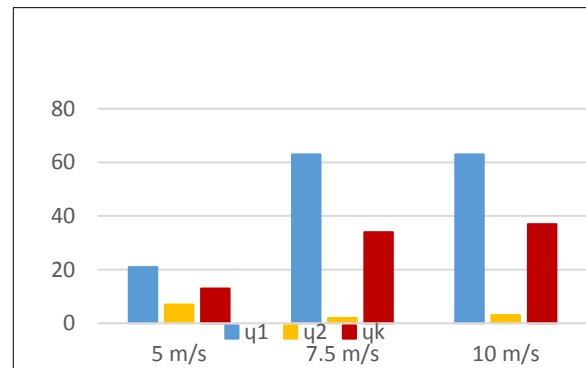
Şekil- 6' da 2 Paralel 1 Seri Bağlantılı Kolektör Grubunun farklı gün ve hava hızlarında sıcaklığın gün içinde değişimi görülmektedir. Şekil-7' de 2 Paralel 1 Seri Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları ve Şekil-8'de 2 Paralel 1 Seri Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri görülmektedir.



Şekil-6. 2 Paralel 1 Seri Bağlantı Şeklinde Kolektör Çıkış Sıcaklıkları

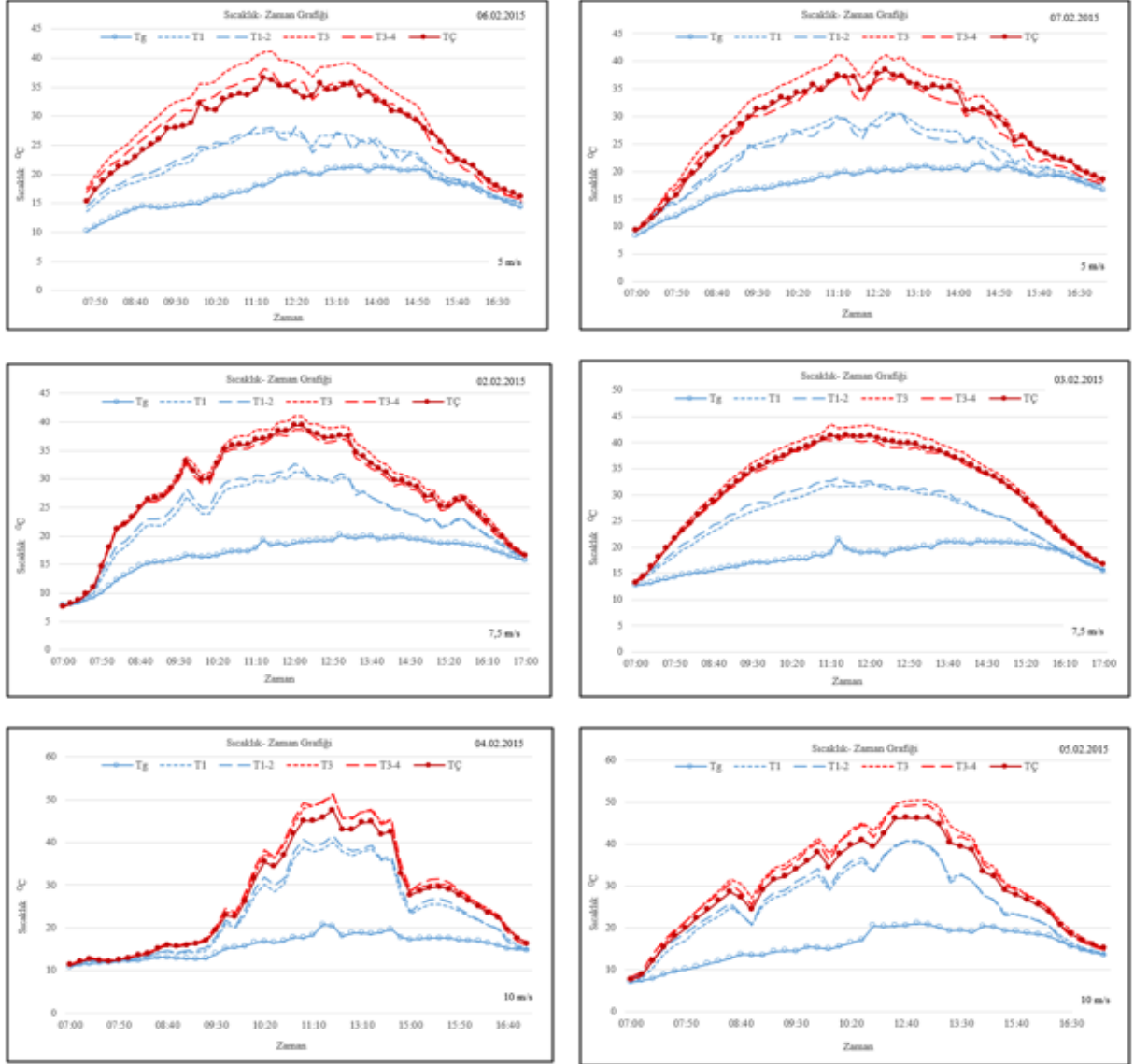


Şekil-7 2P1S Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları

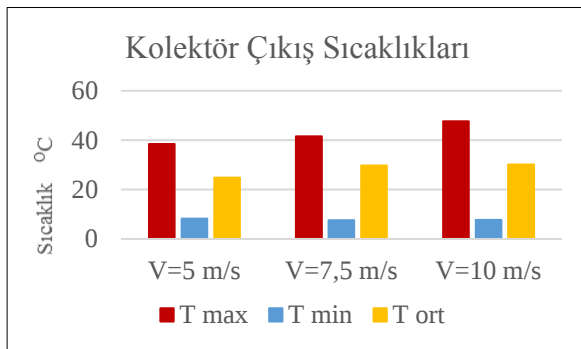


Şekil-8 2P1S Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri

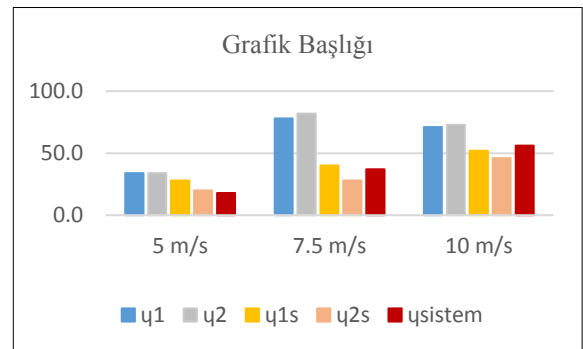
Şekil- 9’ da 2 Seri 1 Paralel Bağlantılı Kolektör Grubunun farklı gün ve hava hızlarında sıcaklığın gün içinde değişimi görülmektedir. Şekil-10’da 2 Seri 1 Paralel Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları ve Şekil-11’de 2 Seri 1 Paralel Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri görülmektedir.



Şekil-9 2 Seri 1 Paralel Bağlantı Şeklinde Kolektör Çıkış Sıcaklıkları

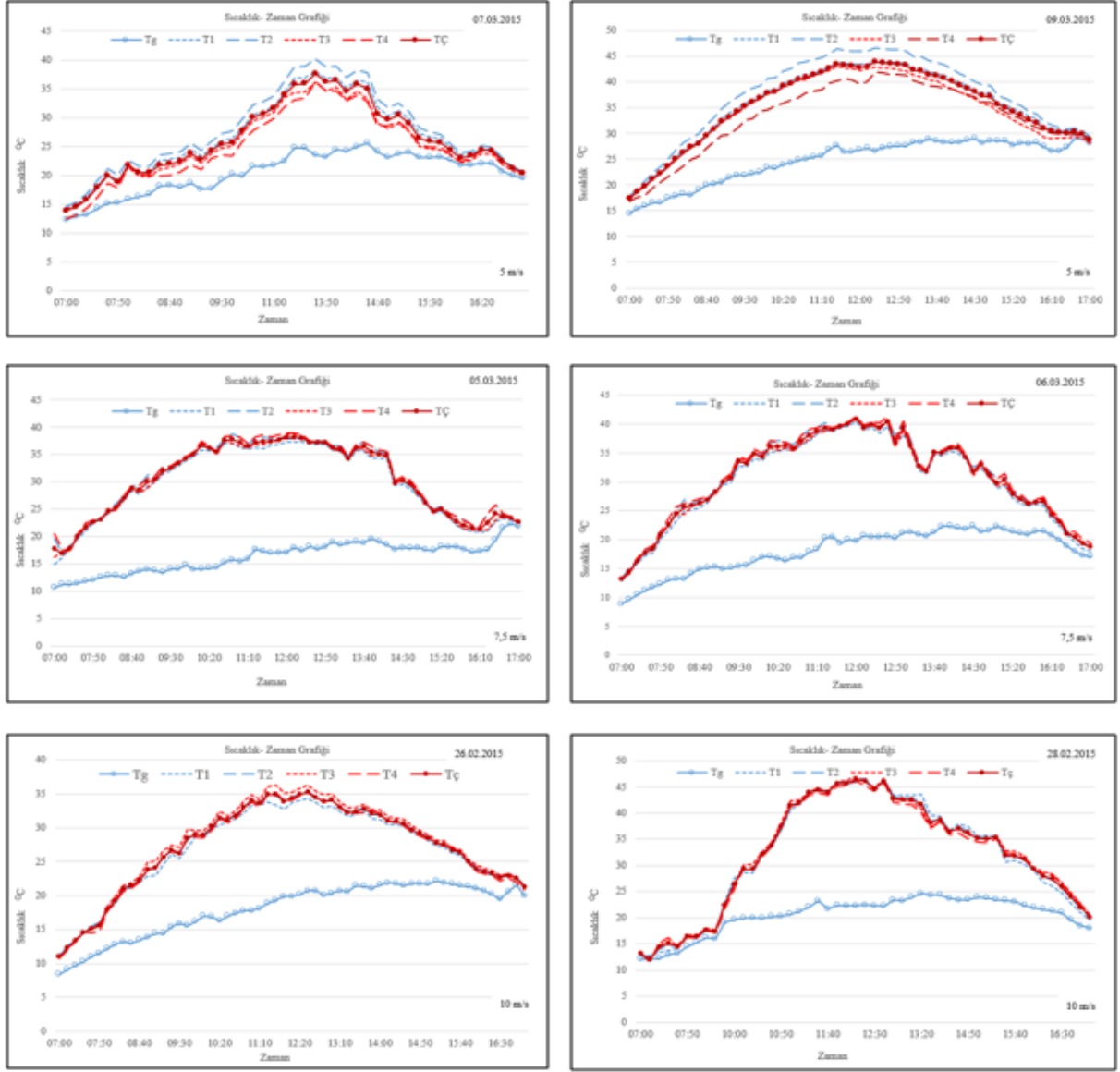


Şekil-10 2S1P Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları

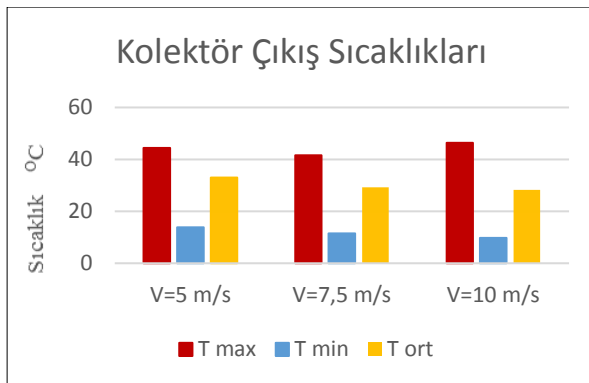


Şekil-11 2S1P Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri

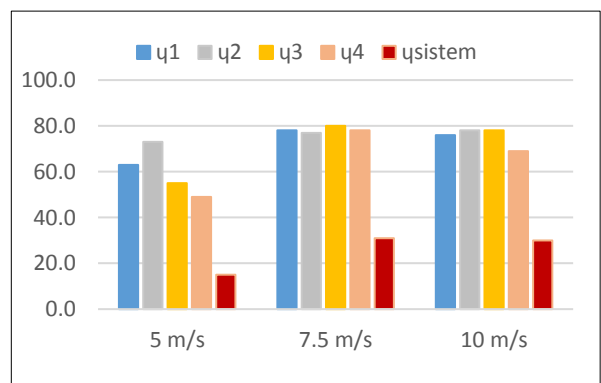
Şekil- 12’ de 4 Paralel Bağlantılı Kolektör Grubunun farklı gün ve hava hızlarında sıcaklığın gün içinde değişimi görülmektedir. Şekil-13’ de 4 Paralel Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları ve Şekil- 14’ de 4 Paralel Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri görülmektedir.



Şekil-12 4 Paralel Bağlantı Şeklinde Kolektör Çıkış Sıcaklıkları

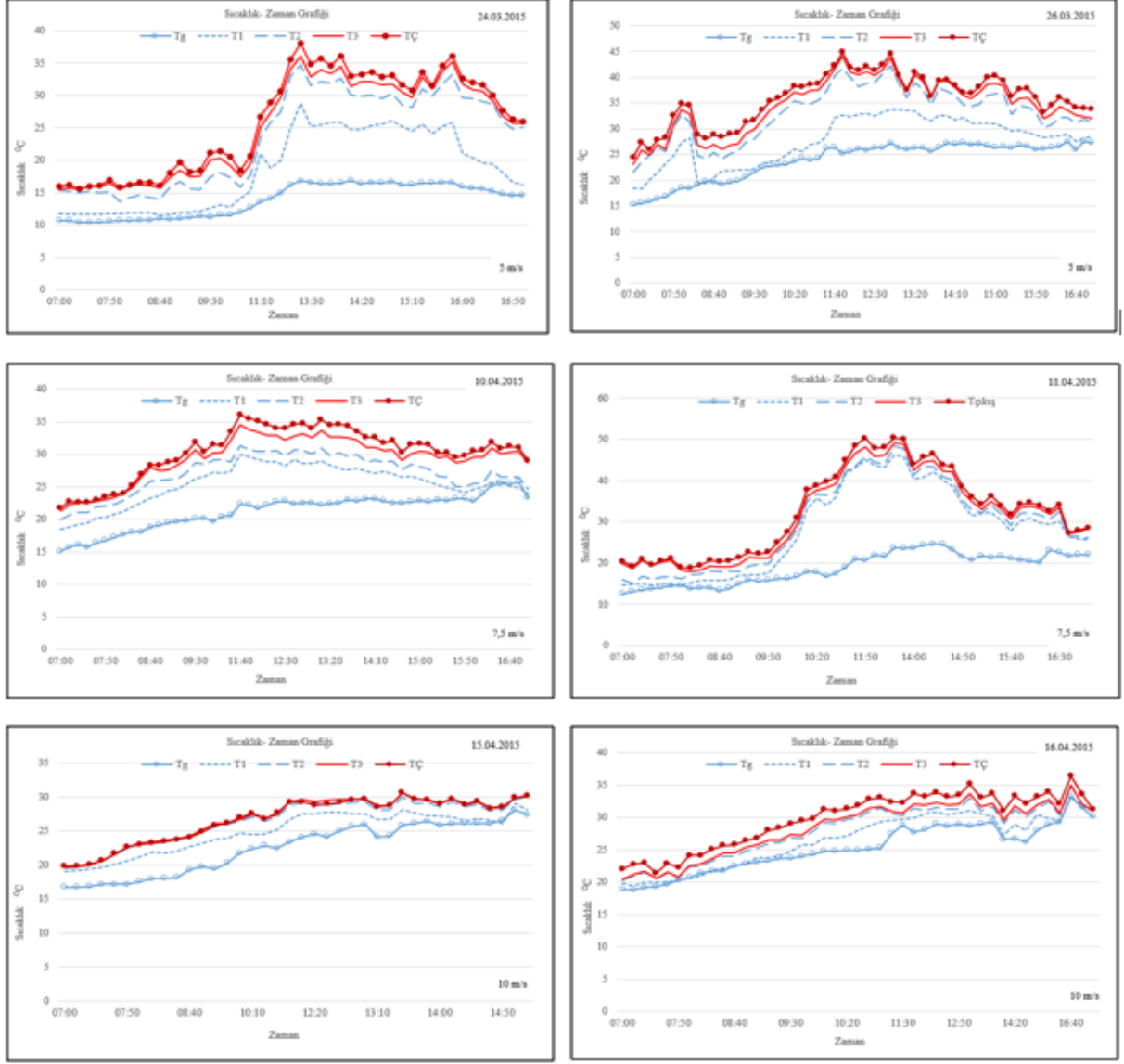


Şekil-13 4P Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları

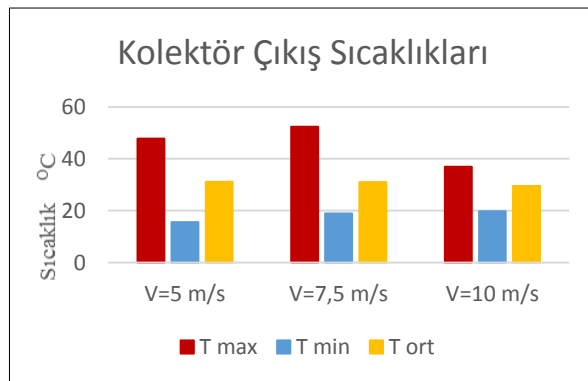


Şekil-14 4P Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri

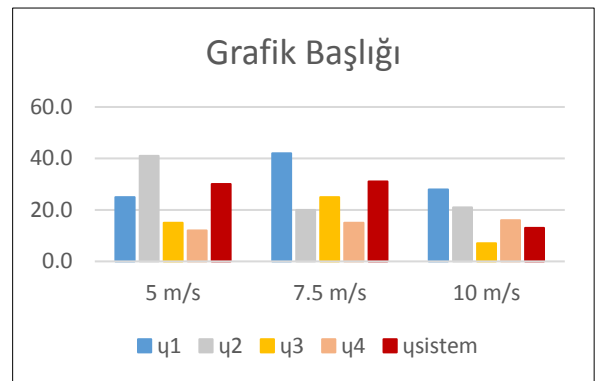
Şekil- 15’ de 4 Seri Bağlantılı Kolektör Grubunun farklı gün ve hava hızlarında sıcaklığın gün içinde değişimi görülmektedir. Şekil-16’ da 4 Seri Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları ve Şekil-17’ de 4 Seri Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri görülmektedir.



Şekil-5. 4 Seri Bağlantı Şeklinde Kolektör Çıkış Sıcaklıkları



Şekil-16 4S Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör çıkış sıcaklıkları



Şekil-17 4S Bağlantı şeklinde farklı hava hızlarında kolektör verimleri

5. SONUÇ

2 paralel 1 seri bağlantı şeklinde 5 m/s hava akış hızında 1. Paralel kolektör grubunun dış hava sıcaklığını ortalama %13 verimle 2,5- 3 °C arttırdığını ancak 2. Paralel kolektör grubunun bu sıcaklık artışına çok fazla katkısı olmadığı görülmektedir. 2paralel 1seri bağlantıda kolektör yapıları özdeş olduğu için ve aynı hava debisinde olduğundan sıcaklık 1. Paralel gruba 2. Paralel grubun sıcaklığı çok fazla değişmemektedir. Düşük hava hızında oluşan çok küçük sıcaklık farkı imalatı aynı standartta yapılamayan kolektörlerin veriminin farklı oluşudur. 7.5 m/s hava akış hızında 1. Kolektör grubu verimi %63 verimle 9.8 °C kadar dış hava sıcaklığını arttırmıştır. 10 m/s hava akış hızında 1. Kolektör grubu verimi %63 verimle 5.6 °C kadar dış hava sıcaklığını arttırmıştır. Hava akış hızı arttıkça 1. Paralel kolektör grubunda verim artmış ancak özdeş yapı ve bağlantıda olan 2. Paralel kolektör grubunun çıkış sıcaklığına katkısı olmadığı için dolayısıyla kullanılan kolektör alanı arttığı için sistem veriminin düştüğü görülmektedir. Kolektör grubu giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 7,5 m/s hava hızında oluşmuştur.

2 seri 1 paralel bağlantı şeklinde 5 m/s hava akış hızında Seri bağlantıların giriş kolektörlerinde sıcaklığın 4 oC arttığı seri çıkışlarında ise bu farkın 6-8 °C' ye çıktığı görülmüştür 7.5 m/s hava akış hızında serilerin ilk kolektörlerinde verim %80 e kadar çıktığı, hava akış hızının 10 m/s' ye çıktığı durumda verimin %72' ye düştüğü görülmüştür. Hava akış hızı arttıkça Serilerin giriş kolektörlerinde hava çıkış sıcaklığının arttığı, seri çıkışlarında sıcaklığın ortalama 4 °C kadar arttığı, kolektör alanı arttığı için seri verimlerinin düştüğü, her iki serinin paralel bir şekilde birleşmesi sonucunda 2. seri kolektörlerin verimi daha yüksek olduğu için sistem çıkışında sıcaklığın düştüğü görülmüştür. Seri giriş sıcaklıkları aynı olmasına rağmen 2. Seri çıkış sıcaklığı 1. Seriyeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin imalat standardı olmayan 4 adet kolektörde 2. Seride rol alan kolektörlerin veriminin daha yüksek oluşudur. Dolayısıyla 2 seri 1 paralel bağlantı şeklinde hava akış hızı arttıkça sistem veriminin ve çıkış sıcaklığının arttığı ancak çok yüksek hızlarda verimin 7.5 m/s hava hızına göre düştüğü görülmüştür.

4 paralel bağlantı şeklinde hava debisi arttıkça çıkış sıcaklığının ve veriminin arttığı ancak çok yüksek hızlarda verimin değişmediği gözlemlenmiştir. 4 paralel bağlantı şeklinde düşük hızlarda diğer bağlantı şekillerine göre 3 ve 4. Kolektör verimlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin basınç kayıplarından dolayı kullanılan fan gücüne göre yeterli hava debisine erişilemediği düşünülmektedir.

4 seri bağlantı şeklinde ilk kolektördeki sıcaklık farkının serideki diğer kolektörlere göre daha yüksek olduğu, sıcaklık farkının seri kolektörlerde sırayla düştüğü gözlemlenmiştir. Hava debisi arttıkça sıcaklık farkının en az olduğu, en yüksek kolektör veriminin 7.5 m/s hava akış hızında gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

[1] M. A. Karım and M.N. A. Hawlader, "Development of Solar Air Collectors for Drying Applications", *Energy Conversion and Management*, 45: 329-344, 2004.

- [2] K. Karşı, “Performance Analysis of New-Design Solar Air Collectors for Drying Applications”, *Renewable Energy*, 32: 1645–1660, 2007.
- [3] İ. Kurtbaş, and A. Durmuş, “Efficiency and Exergy Analysis of a New Solar Air Heater”, *Renewable Energy*, (29), 1489-1501, 2004.
- [4]. M. A. Karım and M.N. A. “Hawlater, Performance Investigation of Flat Plate, V-corrugated and Finned Air Collector”, *Energy*, 31:, 452-470, 2006.
- [5] H. Yeh and T. Lin, “The Effect of Collector Aspect Ratio on the Collector Efficiency of Upward-Type Flat Plate Solar Air Heaters”, *Energy*, Vol:21, (10), 843-850, 1996.
- [6] R. Ben Slama, “The Air Collectors. Comparative Study, Introduction of Baffles to Favor the Heat Transfer”, *Solar Energy Article in Pres*, 2006.
- [7] F. Kreith and J.F. Kreider, “Principles of solar engineering”, McGraw- Hill, 1978.