



## V TİPİ HAVALI BİR GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN ISIL PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

Doğan Burak SAYDAM<sup>1,2\*</sup>, Kamil Neyfel ÇERÇİ<sup>3</sup>, Ertaç HÜRDOĞAN<sup>1,2</sup>

<sup>1,2</sup> Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye

<sup>2</sup> Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Enerji Eğitim-Etüt Uygulama ve Araştırma Merkezi, Osmaniye, Türkiye

<sup>3</sup> Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tarsus, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Havalı Güneş Kolektörü,  
V tipi,  
Isıl Verim,  
Tahminleme,  
Yapay Sinir Ağlar.*

### Öz

Bu çalışmada, V tipi emici plaka yüzey geometrisine sahip çift geçişli havalı bir güneş kolektörü tasarlanarak imal edilmiş ve kolektörün performansı Osmaniye ili iklim koşullarında deneysel olarak incelenmiştir. Deney düzeneğinde sıcaklık, nem, ışınım ve hava hızı gibi farklı parametreler ölçülmüş ve elde edilen veriler kullanılarak termodinamiğin birinci yasasına göre kolektörün enerji analizi yapılmıştır. Çalışmada ayrıca deneysel olarak elde edilen kolektör çıkış sıcaklığı, üç farklı Yapay Sinir Ağı modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda kolektör giriş ve çıkış sıcaklığı arasında maksimum 36,07°C'lik bir fark olduğu tespit edilmiştir. Isıl verim deney süresince maksimum %71,42 değerine ulaşmış ve ortalama ısı verim ise %56,21 olarak hesaplanmıştır. Çıkış sıcaklığının tahminlenmesi için oluşturulan her üç model (YSA-1,2,3) için de yakınsamanın çok iyi olduğu fakat LevenbergMarquardt eğitim algoritmasının kullanıldığı YSA-1 modelinin diğer modellere göre deneysel sonuçların tahmininde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Tahminlenen kolektör çıkış sıcaklığı değerleri kullanılarak hesaplanan kolektör ısı verimi, deneysel verilerle hesaplanan ısı verim ile uyum içerisinde.

## INVESTIGATION OF THERMAL PERFORMANCE OF V TYPE SOLAR AIR COLLECTOR AND MODELING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

### Keywords

*Solar Air Collector,  
V type,  
Thermal Efficiency,  
Estimation,  
Artificial Neural Networks.*

### Abstract

A double pass air solar collector with V type absorber plate surface geometry was designed and manufactured in this study. The performance of the collector was experimentally investigated in the climatic conditions of Osmaniye. In the experimental setup, different parameters such as temperature, humidity, radiation, and air velocity were measured. The energy analysis of the collector was made according to the first law of thermodynamics using the obtained data. In addition, the experimentally obtained collector outlet temperature was estimated using three different Artificial Neural Network models. As a result of the study, it was determined that there is a temperature difference between the collector inlet and outlet with maximum value of 36,07 °C. Thermal efficiency reached a maximum value of 71,42% during the experiment, and the average thermal efficiency was calculated as 56.21%. It was determined that the convergence was very good for all three models (ANN-1,2,3) created to predict the outlet temperature but, the ANN-1 model, which use LevenbergMarquardt training algorithm, was more effective in predicting the experimental results compared to the other models. The collector thermal efficiency calculated using the estimated collector outlet temperature values follows the thermal efficiency calculated with experimental data.

### Alıntı / Cite

Saydam, D. B., Çeçi, K. N., Hürdoğan, E., (2021). V Tipi Havalı Bir Güneş Kolektörünün Isıl Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(4), 1212-1223.

\* İlgili yazar / Corresponding author: doganburaksaydam@osmaniye.edu.tr, +90-328-827-1000/2304

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
D. B. Saydam, 0000-0001-8453-2917	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	09.05.2021
K. N. Çerçi, 0000-0002-3126-707X	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	17.07.2021
E. Hürdoğan, 0000-0003-1054-9964	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	31.08.2021
	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	20.12.2021

## 1. Giriş (Introduction)

Son yıllarda, yaşam kalitesindeki iyileşme ve sanayileşme süreci ile enerji tüketimi önemli ölçüde artmış ve bu durum, yenilenemez enerji kaynakları tüketimini hızlandırmıştır. Fosil yakıt kullanımının sera gazları oluşumu ve çevreye verdiği zararlar dikkate alındığında daha sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelim artmaktadır (Leong vd., 2016). Güneş enerjisi, dünyada kullanılan enerji türleri arasında önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Farklı ülkeler güneş enerjisi ile doğrudan elektrik üretimi için teknolojiler geliştirmiş olsalar da evsel sıcak su veya hava sistemlerinde bir ısı kaynağı olarak kullanımında teknoloji gelişiminde yetersiz kalmıştır (Garcia vd., 2019). Güneş enerjisini kullanmanın en basit ve en verimli yolu, güneş kolektörlerinin kullanıldığı ısıtma uygulamaları için onu termal enerjiye dönüştürmektir. Havayı bir iş akışkanı olarak kullanan güneş enerjili hava ısıtıcıları (kolektörleri), ucuz olması, kolay üretilebilmesi, basit kurulumu sahip olmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma esnasında gürültü açığa çıkartmamaları, radyoaktif maddeler gibi istenmeyen atıklar üretmemeleri, havalı güneş kolektörlerini temiz ve yenilenebilir teknolojilerden biri yapmaktadır. Güneş kolektörü temelde güneş ışınımını ısıya dönüştüren bir ısı eşanjörüdür (Oztop vd., 2013; Jafarkazemi ve Ahmadifard, 2013; Acir vd., 2017). Güneş kolektörleri içerisinde, örtü ve soğurucu tabaka arasında sıcaklık farkından dolayı doğal konveksiyon yolu ile veya bir fan yardımı ile zorlanmış taşınım ile ısı transferi gerçekleştirilebilir. Güneş kolektörleri genellikle düz tabaka olarak tasarlanmakta, ancak emici yüzey farklı geometrik (oluklu, dalgalı vb.) yapılarda da olabilmektedir. Ayrıca, kolektörlerin daha fazla güneş radyasyonu alabilmesi için eğik olarak kurulumları yapılabilmektedir (Varol ve Oztop 2008; Saxena vd., 2013). Özellikle düz yüzeylere sahip emiciden havaya ısı geçişinin düşük olması nedeniyle, havalı güneş hava kolektörlerinin verimi düşüktür. Güneş kolektörlerinin ısı performansını iyileştirmek için çeşitli ısı transfer iyileştirme teknikleri geliştirilmiştir (Alta vd., 2010; Kumar vd., 2016; Colangelo vd., 2016). Emici plaka üzerinde oluşturulan yapay pürüzlülük elemanları (kanat yapıları, engeller, türbülötörler vb.) tasarımlarının basitliği sebebiyle ısı transferini arttırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Manjunath vd., 2018; Sharma vd., 2017). Bu uygulamalardaki temel amaç türbülanslı akış yaratarak, ısı transfer katsayısını arttırmaktır (Deo vd., 2016).

Hesaplama tekniklerinin kullanıldığı deneysel ve analitik çalışmalarda doğru bir sonuca ulaşmak için çok zaman alan karmaşık diferansiyel denklemlerin çözümü ve kapsamlı bilgisayar kodları gereklidir. Yapay Sinir Ağlarının (YSA) kullanımı zamandan tasarruf ve ayrıca çok boyutlu bir bilgi alanında anahtar bilgi kalıpları sağlamaktadır. YSA, verilerden yararlanarak, öğrenme, bağlantı kurma, gruplandırma vb. farklı birçok işlemleri yapmak için kullanılan modellerdir. Bu nedenle YSA kullanımı, bilim ve mühendislik alanlarında giderek daha popüler bir hale gelmektedir. Farklı sistemlerde (rüzgâr, PV sistemlerinin boyutlandırılması ve tahminlenmesi, klima ve ısı pompası sistemleri, farklı termal sistemler vb.) tahminleme amacıyla YSA kullanılmaktadır (Ghritlahre ve Prasad 2018a; Ghritlahre ve Prasad 2018b; Abu Salam ve Keskin 2018; Ghritlahre vd., 2020; Aylak vd., 2021).

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Literatürde havalı güneş kolektörlerinde emici plaka üzerinde farklı yüzey pürüzlülüklerinin ve yüzey geometrilerinin kullanıldığı ve aynı zamanda YSA ile tahminlemenin yapıldığı farklı çalışmalar yer almaktadır. Karsli (2007), kolektör içerisinde yer alan soğurucu levha üzerine farklı açılarda kanatlar yerleştirilerek havalı güneş kolektörünün performansını termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına göre incelemiştir. Çalışma sonunda araştırmacı, ısı veriminin %20 ile %80 arasında değiştiğini ve maksimum ısı veriminin ise 75° kanat açısına sahip kolektörde elde edildiğini göstermiştir. Ucar ve Inallı, M. (2006), havalı güneş kolektörlerinde ısı transferinin iyileştirilmesi amacıyla kolektör emici plakası üzerinde farklı yüzey geometrileri kullanarak kolektörlerin performansını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda araştırmacılar, emici plakanın farklı bölmelere ayrılması, emici yüzeye kanatçıklar eklenmesi, emici levha yüzeyine belirli bir açı (2°) verilmesi gibi işlemlerin güneş kolektörünün verimini, geleneksel güneş kolektörlerine göre yaklaşık %10-30 oranında artırabileceğini tespit etmişlerdir. Özkaya vd., (2007), düzlemsel güneş kolektörlerinde farklı emici plakaların kullanıldığı durumlar için sistemin performansını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yazarlar, düz yüzeyli kolektörün, zikzak kanallı boru birleşimi üstteki emici plakanın, zikzak kanallı boru birleşimi ortadaki emici plakanın, parabolik kanallı kolektörün ortalama verimi sırasıyla %32,9, %32,1, %36,3 ve %26,7 olarak hesaplamışlardır. Kavak Akpınar ve Daş (2018), mantar ürününün kuruma karakteristiğini incelemek için havalı güneş kolektörlü bir kurutma sistemi tasarlamışlar ve deneylerden elde edilen veriler doğrultusunda hesaplanan nem içeriği (Nİ), ayrılabilir nem oranı (ANO) ve kurutma hızı (KH) parametrelerini farklı yapay sinir ağı (YSA) modelleri kullanarak modellemişlerdir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçlar doğrultusunda, deneysel verilerin YSA modelleri sonucunda elde edilen

veriler ile tutarlı olduğunu açığa çıkartmışlardır. Abuşka, vd., (2017), yeni bir yutucu plaka geometrisi (yüzeyle konik yayların çapraz sıralı yerleşimi) tasarlamışlar ve düz yutucu yüzeyle sahip güneş kolektörü ile kıyaslamışlardır. Yazarlar ayrıca deneysel veriler ile sistemin bulanık mantık modelini oluşturarak kolektör çıkış sıcaklığı ve ısı verimi modellemişlerdir. Çalışma sonucunda bulanık mantık ile üçgen üyelik fonksiyonu yöntemine göre incelenen modellemelerin sıcaklık için %96, ısı verim için ise %94-95 mertebesinde deneysel verilere yakınsadığını tespit etmişlerdir. Caner vd. (2011), iki farklı emici yüzeyle (zikzak ve düz) sahip havalı güneş kolektörlerinin ısı performansını karşılaştırmışlar ve kolektörlerin ısı performanslarını yapay sinir ağı (YSA) modeli kullanarak tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda araştırmacılar, hesaplanan performans değerleri ile tahmin edilen değerlerin birbirleri ile tutarlı olduğunu göstermişlerdir. Daş ve Kavak Akpınar (2020), güneş enerji destekli bir kurutucuda elmanın kurutulmasını ve kurutma işleminin ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca ekserji analizleri doğrultusunda elde edilen ekserji oranını (AEO) tahmin etmek için yapay sinir ağı kullanarak tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda araştırmacılar, kuruma süresi ile paralel bir şekilde AEO'nun arttığını tespit etmişler ve YSA kullanılarak oluşturulan modelin AEO'nun tahminlenmesinde başarılı sonuçlar açığa çıkarttığını öne sürmüşlerdir.

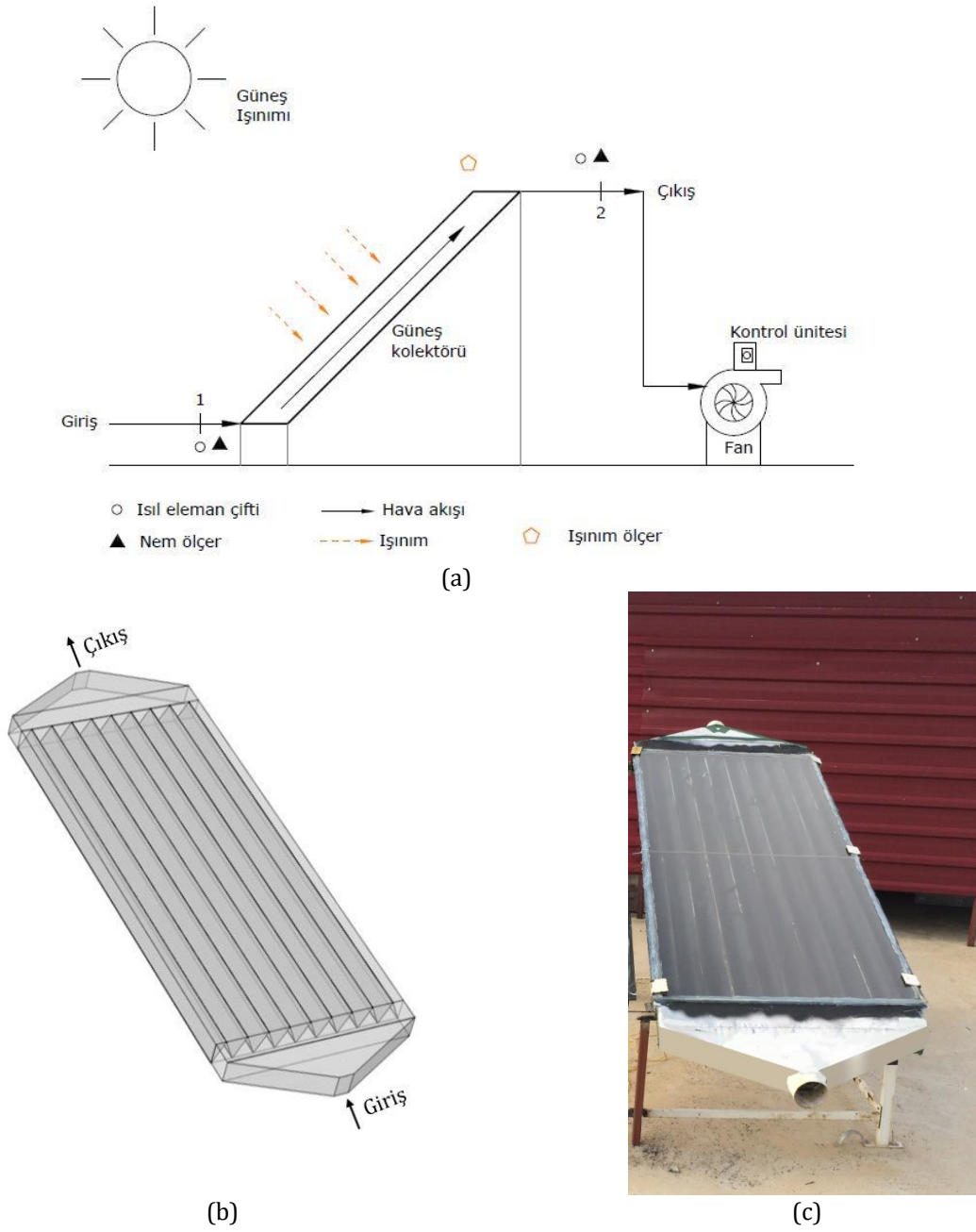
Havalı güneş kolektörlerinde V-oluk tasarımları (V tip), ısı transfer yüzey alanını artırarak hava ile emici arasındaki ısı geçişini arttırmak ve dolayısıyla ısı performansı iyileştirilebilmek için kullanılmaktadır (Karim ve Hawlade 2006; Naphon ve Kornkumjayrit 2008). V tip tasarıma sahip havalı güneş kolektörleri havanın kolektör içerisinde dolaşma şekline göre tek geçişli (Zulkifile vd., 2018), çift geçişli (Karim vd., 2014), üç ve dört geçişli (Khanlari vd., 2020) olarak sınıflandırılabilir. Bu uygulamalarda temel amaç, kolektör geçiş sayısı veya oluk geometrisi ile emici plaka üzerinden daha uzun süre hava akışı sağlanarak ısı transferinin artırılmasıdır.

V tipi havalı güneş kolektörleri ilgili literatür incelendiğinde, kolektör emici plakasında hava akışına dik yönde olukların oluşturulduğu kolektörlerle ilgili çalışmaların yaygın olduğu, olukların hava akışına paralel olduğu kolektör çalışmalarının ise çok az olduğu ve bu tip kolektörlerin gelişime ihtiyacı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, V tipi emici plaka yüzey geometrisine sahip çift geçişli havalı bir güneş kolektörü tasarlanarak imal edilmiş ve Osmaniye ili iklim koşullarında test edilmiştir. Çalışmada ayrıca kolektör çıkış sıcaklığını tahmini için Yapay Sinir Ağı (YSA) tekniği kullanılmıştır. Çalışma bu yönüyle yapılacak olan bilimsel araştırmalara ve mühendislik uygulamalarına özgün bir örnek teşkil etmeyi hedeflenmektedir.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. Deneysel Sistemi (Experimental System)

Şekil 1'de, tasarımı yapılan V tipi havalı güneş kolektörünün teknik çizimi, gerçek resmi ve deneylerin gerçekleştirildiği düzeneğin şematik resmi yer almaktadır. 190x90x10 cm ölçülerindeki kolektörün kasası pleksiglastan yapılmış olup kolektörün alt ve yan yüzeyleri, ısı kayıplarının azaltılması için alüminyum kaplı camyünü ile yalıtılmıştır. Havanın kolektör içerisinde daha fazla dolaşmasını sağlayarak plaka ve akışkan arasında ısı transferini artırmak için alüminyum plaka üzerine yine alüminyumdan imal edilen V şeklinde oluklar (engel, kanatçık) yerleştirilmiştir. Kolektör camı ve bağlantı yerleri de hava kaçakları nedeniyle oluşabilecek kayıpların önüne geçilebilmesi için silikon ile yalıtılmış ve sızdırmazlık sağlanmıştır. Tüm iç yüzeyler, yutucu plaka emiciliği yüksek kolektör boyası ile boyanmış bu sayede kolektör yüzeyine düşen ışımdan maksimum oranda faydalanmak hedeflenmiştir (Saydam vd., 2019). Deneysel düzeneğine (Şekil 1-a) bir fan vasıtasıyla (zorlanmış taşınım) 1 noktasından giren hava ısınarak (2 noktası) kolektörden çıkarak sistemi terk etmektedir. Deneysel çalışmalarda, elde edilen sonuçlar kadar önemli bir başka nokta ise ölçülen değerlerin doğruluğudur. Doğruluğu etkileyen en önemli etken ise, deneyler sırasında farklı nedenlerden (cihazlardan, deneyleri gerçekleştiren personelden kaynaklı, vb.) ortaya çıkabilecek hatalardır. Hata analizi Holman (Holman 2001) tarafından önerilen metod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de deneysel çalışmada kullanılan cihazlara ait özellikler ve hesaplanan değerlere ait hata analizleri yer almaktadır. Yapılan analizler sonucunda sıcaklık ve ısı verim için hata oranları sırasıyla %1,41 ve %5,01 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 1.** Deneysel düzeneğin şematik gösterimi (a), kolektörün teknik çizimi (b) ve gerçek resmi (c) (Schematic view of the experimental setup (a), the technical drawing (b) and the real picture of the collector (c))

**Tablo 1.** Deneysel çalışmada kullanılan cihazlara ait özellikler (Properties of the devices used in the experimental study)

Ölçüm Parametresi	Cihaz	Hassasiyet
Sıcaklık	COLE PARMER K tipi Isıl Eleman Çifti	0,1 °C
Rölatif nem	EPLUSE nem ölçer	%2-3
Hava hızı	TESTO 435 hava hızı ölçüm probu	0,1 m/s
Işınım	TRITEC ışınım sensörü	%±5
Veri kayıt	IOTECH PD3001	16 bit
<b>Hesaplanan Parametreler</b>		<b>Hata (%)</b>
Sıcaklık		1,41
Isıl verim		5,01

### 3.2. Enerji Analizi

İmalatı yapılan V tipi emici plakaya sahip havalı güneş kolektöründe, havaya aktarılan enerji miktarı faydalı enerji olarak adlandırılmakta ve Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_g - T_c) \quad (1)$$

Eşitlikte,  $\dot{m}$ , iş akışkanı olarak kullanılan havanın kütle debisini (kg/s),  $C_p$  havanın özgül ısısını (J/kgK),  $T_g$  ve  $T_c$  sırasıyla kolektör hava giriş ve çıkış sıcaklıklarını (°C) ifade etmektedir. Havanın kütle debisi Eşitlik 2 ile belirlenmiştir.

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

Eşitlik 2'de  $\rho$  havanın yoğunluğunu (kg/m<sup>3</sup>),  $V$  hava hızını (m/s),  $A_c$  ise kolektör çıkışı kesit alanını (m<sup>2</sup>) ifade etmektedir.

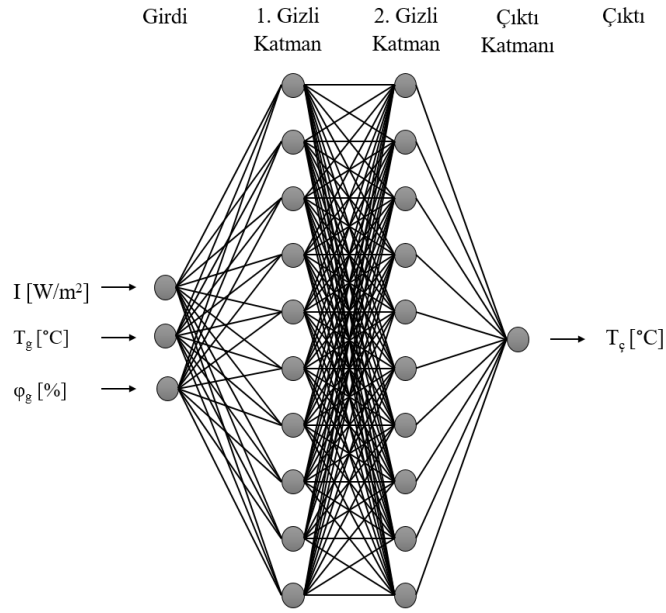
Güneş kolektörün ısı verimi ( $\eta_c$ ) ise Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_c = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_g - T_c)}{I \cdot A_k} \quad (3)$$

Eşitlikte,  $I$  kolektör yüzeyine düşen güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>),  $A_k$  ise güneş kolektörü yüzey alanını (m<sup>2</sup>) ifade etmektedir (Akpınar ve Toraman 2016; Çerçi vd., 2020).

### 3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA) (Artificial Neural Networks (ANN))

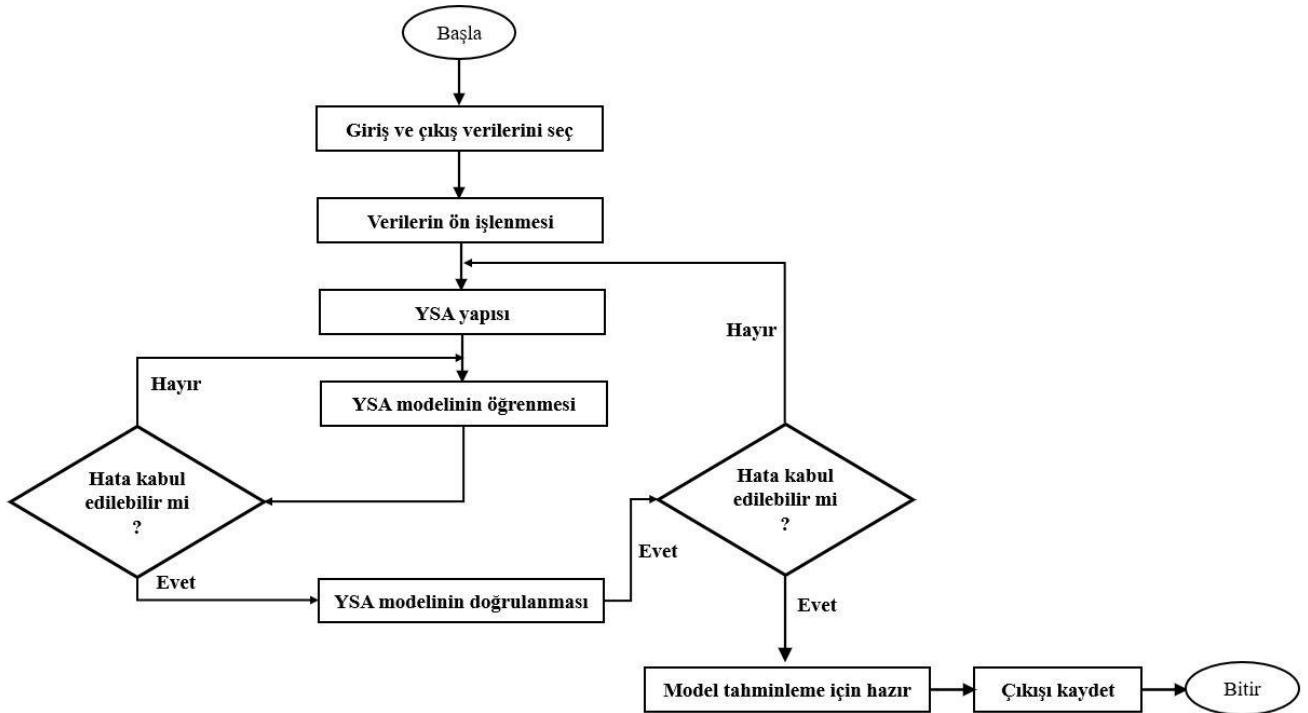
V tipi havalı güneş kolektöründe yapılan testler sonucunda elde edilen kolektör çıkış sıcaklığının YSA ile modellenmesi (tahmin edilmesi) için MATLAB paket programından faydalanılmıştır. Şekil 2 ve 3'te, sırasıyla oluşturulan YSA'ların ağ yapısı ve YSA modelinin akış şeması yer almaktadır. Kolektör çıkış sıcaklığı için yapılan tahminleme çalışmasında, giriş parametreleri olarak ışıma, dış ortam sıcaklığı ve dış ortam rölatif nemi kullanılarak üç farklı eğitim algoritmalarına (YSA-1: LevenbergMarquardt, YSA-2: BFGS Quasi-Newton, YSA-3: Resilient Backpropagation) sahip örnek modeller üretilmiştir. YSA modelleri giriş, çıkış ve iki tane gizli katman olmak üzere toplamda dört katmandan oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan örnek YSA modellerde, logsig aktivasyon fonksiyonuna sahip her biri 10 nörondan oluşan 2 gizli katman bulunmaktadır. Verilerin 573'ü girdi parametresi olarak, 191 adeti ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan YSA modelleri için deneysel verilerin % 60'ı eğitim, % 20'si test ve % 20'si doğrulama işlemine kullanılmıştır. Literatürde yer alan benzer çalışmalar incelendiğinde Levenberg–Marquardt, scaled conjugate gradient (SCG), Pola–Ribiere conjugate gradient (CGP), Jacobien matrix, BFGS quasi-Newton gibi farklı eğitim algoritmalarının kullanıldığı ve çalışmalarda katman sayısının ise 2-13 arasında değiştiği görülmüştür (Esen vd., 2009; Ghritlahre ve Prasad 2018; Elsheikh vd., 2019). Çalışma kapsamında kullanılan katman ve nöron sayılarının literatürde çalışılan aralıklarda olmasına dikkat edilmiştir. Tablo 2'de oluşturulan YSA modellerin detayları verilmiştir. Tahmin edilen değerlerin doğruluğunu belirlemek için çoklu belirlilik katsayısı (multiple coefficient of determination, R<sup>2</sup>), ortalama karesel hata (mean square error, MSE) ve kök ortalama karesel hata (root mean square error, RMSE) kriterlerine bakılmıştır. Bu kriterler Eşitlik 4-6 arasında yer almaktadır.



Şekil 2. YSA'ların ağ yapısı (Network structure of ANNs)

Tablo 2. YSA modellerinin yapıları (Structures of ANN models)

Gizli katman sayısı	2
Katmanlardaki nöronlar	3-10-10-1
Ağırlık değerleri	Rastgele
Aktivasyon fonksiyonu	Logsig-Logsig-Purelin
Öğrenme Algoritması	İleri Beslemeli Geri Yayılım
Eğitim Algoritması	YSA-1: LevenbergMarquardt YSA-2: BFGS Quasi-Newton, YSA-3: Resilient Backpropagation



Şekil 3. YSA modelinin akış şeması (Flow chart of ANN model)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e_n^2 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e_n^2} \quad (5)$$

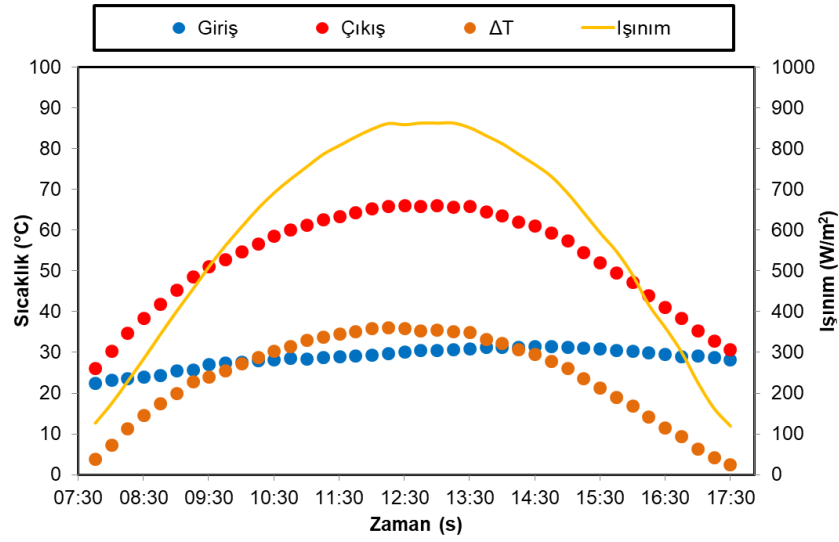
Burada, N veri sayısı, n o anki verinin değeridir.  $e_n$  hata değeri olup, Eşitlik 6 ile ifade edilmektedir.

$$e_n = y_d - y_t \quad (6)$$

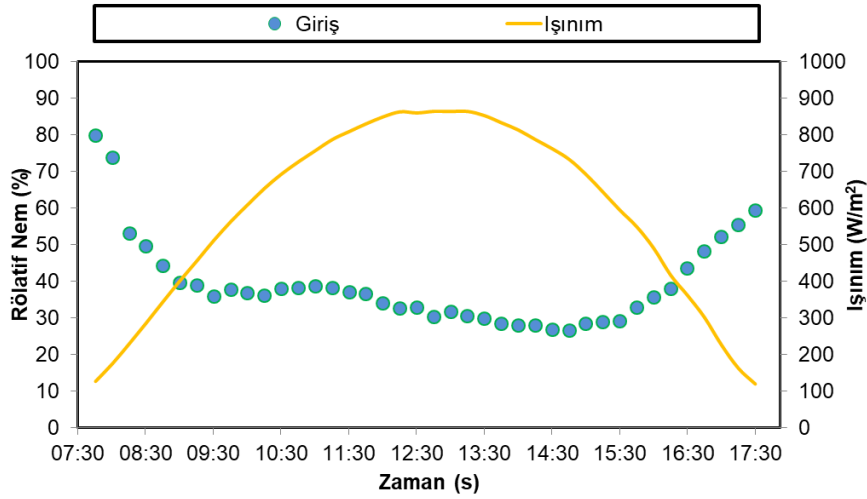
Burada,  $y_d$ , deneysel olarak elde edilen veriler,  $y_t$  ise YSA ile tahmin edilen verilerdir (Chai ve Draxler 2014).

#### 4. Deneysel ve Tahminlenen Sonuçlar (Experimental and Predicted Results)

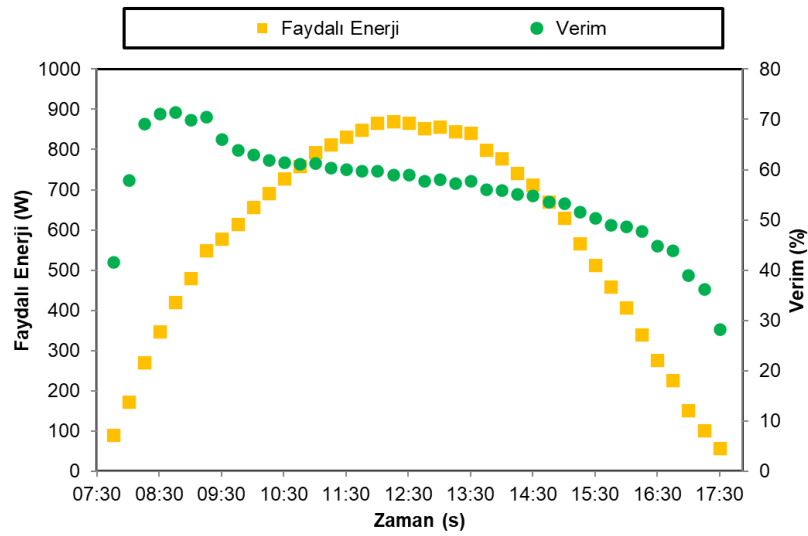
Yapılan çalışmada, V tipi emici plaka yapısına sahip havalı bir güneş kolektörü deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel kapsamında, farklı noktalarda ölçülen parametrelerin deney süresince zamana göre değişimi incelenmiştir. Deneylere sabah 07:30'da başlanmış ve akşam 17:30'da sonlandırılmıştır. Deney süresince hava kütle debisi gıda kurutma uygulamaları da göz önüne alınarak 0,034 kg/s olarak sabit tutulmuştur. Deney süresince dış ortam havası iş akışkanı olarak kullanılmış ve deney sürecince sürekli olarak dış ortamdan çekilmiştir. Hava hızı sabit 3,1 m/s olarak alınmıştır. Isınan hava kolektörden dış ortama atılmıştır. Şekil 4'te havalı güneş kolektörünün giriş (dış hava) ve çıkışında ölçülen sıcaklıkların, kolektörde oluşan sıcaklık farkının ( $\Delta T$ ) ve ışınlam değerlerinin zaman ile değişimi yer almaktadır. Şekilden değerlerin iklim şartlarına bağlı olarak gün içerisinde değişim gösterdiği görülmektedir. Özellikle deney süresince ışınlamın yüksek olduğu 12:00 ile 14:00 saatleri arasında kolektör çıkışında yüksek sıcaklık değerlerine (maksimum 66,06°C) ulaşılmıştır. Şekilden ayrıca  $\Delta T$ 'de ışınlama bağlı olarak öğle saatlerine kadar artış (maksimum 36,07°C) ve ışınlamın düşmesiyle de daha sonra azalış olduğu görülmektedir. Şekil 5'te dış ortam rölatif nemi ve ışınlamın zaman ile değişimine ait grafik yer almaktadır. Deney başlangıcında yaklaşık %80 civarında olan rölatif nemin dış ortamın ısınması ile birlikte yaklaşık %26'ya kadar düştüğü görülmüştür. Şekil 6'te kolektör verimi ve faydalı enerjinin gün içerisindeki değişimi verilmiştir. Şekilden faydalı enerjinin özellikle ışınlamın yüksek olduğu öğlen saatlerinde maksimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Deney süresince kolektörün ısı verimi maksimum %71,42 olarak hesaplanmıştır. Kolektörün günlük ortalama verimi ise %56,21'dir. Kolektör veriminde kütle debisi, yoğunluk, kolektör yüzey alanı sabit değerler olurken, sıcaklık farkı ve ışınlam değişken parametrelerdir. Kolektör verimi 08:15-09:00 saatleri arasında maksimum seviyeye ulaşmıştır. 08:15-09:00 saatleri arasında kolektör giriş sıcaklığı 23,49-25,42°C, ışınlam miktarı ise 286,21-401,66 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Aynı saat aralığında giriş-çıkış sıcaklık farkının 11,25-19,92°C arasında değiştiği görülmektedir. ışınlam değerlerinin gün içerisinde benzer sonuçlar (225,92-360,71 W/m<sup>2</sup>) açığa çıkarttığı 16:30-17:00 saat aralığında ise kolektör giriş-çıkış sıcaklık farkının 6,25-11,49 °C arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum sabah saatlerinde düşük dış ortam sıcaklığına karşın aynı ışınlam değerlerinde kolektörden çıkışında daha yüksek sıcaklık değerlerinin elde edilmesine neden olmuştur. Dolayısıyla sabah saatlerinde, öğle saatlerine göre daha düşük ışınlam değerlerinde giriş-çıkış sıcaklık farkının yükselmesi verim değerini sabah saatlerinde artırmıştır. Şekil 7'da kolektör çıkış sıcaklığının tahmin edilebilmesi için oluşturulan YSA modellerinden elde sonuçların doğrusal bir eğri üzerindeki dağılımları verilmiştir. Tablo 3'te ise tahmin edilen değerlerin doğruluğunu belirlemek için hesaplanan kriterlerin değerleri verilmiştir. Şekil 7 ve Tablo 3'ten her üç model içinde yakınsamanın çok iyi olduğu (yüksek R<sup>2</sup> değeri) tespit edilmiştir. Fakat tüm kriterler dikkate alındığında en iyi modelin YSA-1 olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4'te yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerin literatürde benzer çalışmalardan elde edilen veriler ile kıyaslaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda benzer giriş parametrelerine göre elde edilen sonuçların yakınsamaları değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen R<sup>2</sup> değerleri ile literatürde yer alan R<sup>2</sup> değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir. Şekil 8'de deneysel ve tahminlenen kolektör çıkış sıcaklığının zaman ile değişimi, Şekil 9'de ise deneysel ve tahminlenen çıkış sıcaklığı kullanılarak hesaplanan kolektör veriminin zaman ile değişim grafikleri yer almaktadır. Her iki şekil de incelendiğinde, deneysel ve tahminleme sonucunda elde edilen verilerin birbiri ile tutarlı ve uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Sıcaklık ve ışınım değerlerinin zaman ile değişimi (Variation of temperature and solar radiation with time)

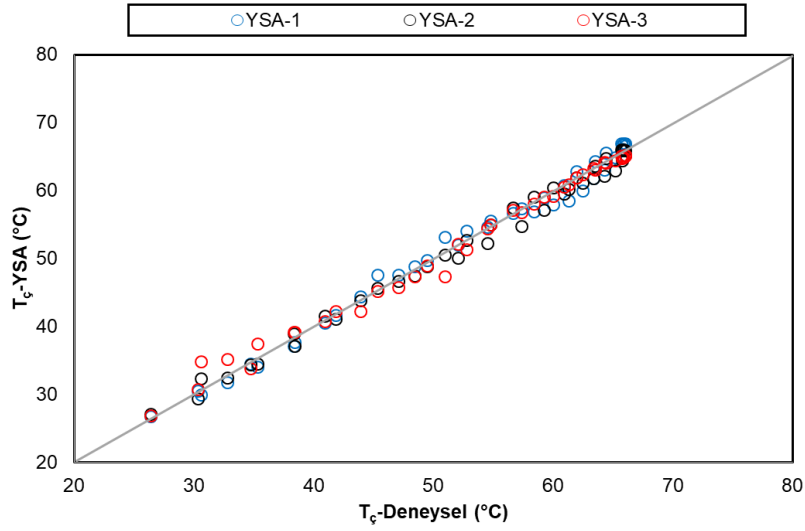


Şekil 5. Dış ortam rölatif nemi ve ışınımın zaman ile değişimi (Variation of ambient relative humidity and solar radiation with time)



Şekil 6. Kolektör verimi ve faydalı enerjinin zaman ile değişimi (Variation of collector efficiency and useful energy with time)

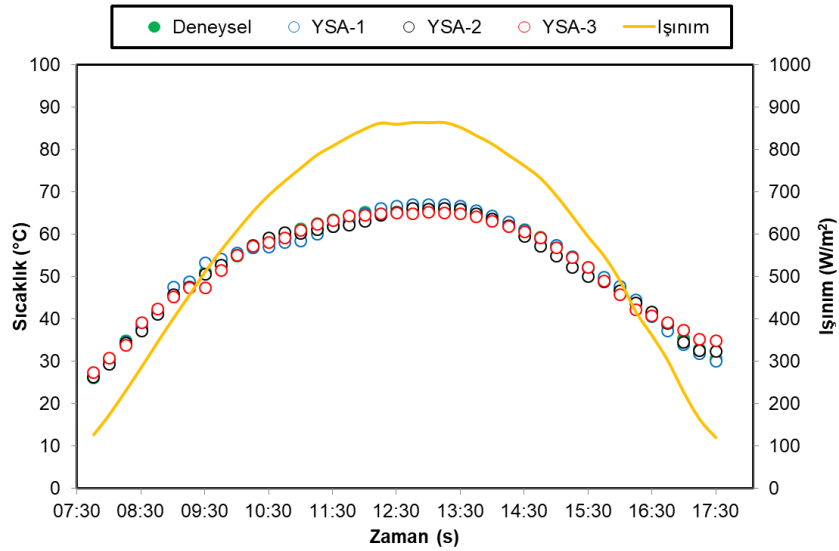




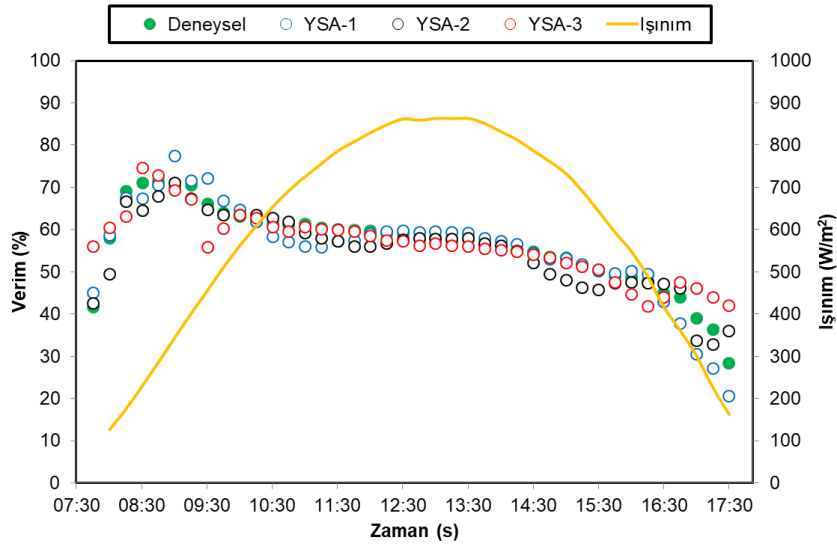
Şekil 7. Elde edilen sonuçların doğrusal eğri üzerindeki dağılımı (Distribution of the obtained results on the linear curve)

Tablo 3. Model sonuçlarının doğrulukları (The accuracy of the results of the model)

Parametre	Model	RMSE	MSE	R <sup>2</sup>
T <sub>çıkış</sub>	YSA-1	1,1329	1,2833	0,9914
	YSA-2	1,1663	1,3603	0,9934
	YSA-3	1,2458	1,5520	0,9916



Şekil 8. Kolektör çıkış sıcaklığının ve ışınımın zaman ile değişimi (Variation of collector outlet temperature and radiation with time)



Şekil 9. Kolektör veriminin ve ışınımın zaman ile değişimi (Variation of collector efficiency and radiation with time)

Tablo 4. Model sonuçlarının literatür ile kıyaslanması (Comparison of model results with literature)

Model	Giriş Parametresi	Çıkış Parametresi	Sonuç	Referans
YSA	Gün Zaman $T_{yüzey}$ Işınım Azimut Açısı Güneşin Eğim Açısı Kolektörün Eğim Açısı	Termal Verim ( $\eta$ )	$R^2=0,983$	(Sözen vd., 2008)
YSA-1	$T_{giriş}$ $T_{emiciplaka}$ Işınım	$T_{çıkış}$	$R^2=0,9986$	(Esen vd., 2009)
YSA-2			$R^2=0,9979$	
YSA-3			$R^2=0,9984$	
YSA	Model numarası Zaman $T_{çıkış}$ $T_{giriş}$ $T_{dışortam}$ $T_{depolanmış su}$ $T_{yüzey}$	Termal Verim ( $\eta$ )	$R^2=0,9995$	(Caner vd., 2011)
YSA-1	Kütle debisi $T_{dışortam}$ $T_{giriş}$ $T_{ortalama}$ $T_{yüzey}$ Rölatif nem Işınım	Termal Verim ( $\eta$ )	$R^2=0,9969$	(Ghritlahre vd., 2020)
YSA-2	$T_{giriş}$ $T_{ortalama}$ $T_{yüzey}$ Rölatif nem Işınım		$R^2=0,8970$	
YSA-1	Işınım $T_{giriş}$ Rölatif Nem	$T_{çıkış}$	$R^2=0,9914$	Bu Çalışma
YSA-2			$R^2=0,9934$	
YSA-3			$R^2=0,9916$	

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada, V tipi emici plaka yapısına sahip havalı bir güneş kolektörünün performansı deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada deney düzeneği üzerinden farklı noktalardan alınan ölçümler ile kolektörün enerji analizi yapılmış ayrıca deneysel veriler doğrultusunda güneş kolektörü çıkış sıcaklığı farklı YSA algoritmaları kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda; özellikle ışınım değerinin yüksek olduğu öğle saatlerinde (12:00-14:00) kolektör giriş-çıkış sıcaklık farkının maksimum olduğu görülmüştür. Bu durum kolektörün ısı verimine de yansımış ve deney süresince maksimum kolektör ısı verimi %71,42, günlük ortalama verimi ise %56,21 olarak hesaplanmıştır. Sabah saatlerinden itibaren hem ışınım hem de ortam sıcaklığının artmaya başladığı, öğle saatlerinde zirveye ulaştığı ve öğleden sonra azalmaya başladığı görülmüştür. Işınımın yüksek olduğu 12:00 ile 14:00 saatleri arasında kolektör çıkış sıcaklığı maksimum 66,06°C ulaşılmıştır.  $\Delta T$  trendinin ışınımına bağlı olarak öğle saatlerine kadar artış gösterdiği ve ışınımın düşmesiyle de azalış eğilimine girdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada, YSA modelleri giriş, çıkış ve iki tane gizli katman olmak üzere toplamda dört katmandan oluşturulmuştur. Sistem performansını doğrudan etkileyen parametreler giriş katmanındaki giriş parametreleri olarak seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda her üç model içinde yakınsamanın çok iyi olduğu ve çıkış sıcaklığını yüksek doğrulukla tahmin edebildiği görülmüştür. Fakat YSA-1 modelinin deneysel sonuçlarına diğer modellerden daha iyi yakınsadığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen hata değerlerinin literatürde yer alan benzer çalışmalar ile kıyaslandığında ortalama kare hatası, hesaplama algoritmaları ve katman sayıları doğrultusunda değerlendirildiğinde sonuçların uyum içinde olduğu görülmüştür. Deneysel verilerin YSA ile tahminlenmesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada farklı parametrelere göre deneyler yapılabilir ve elde edilen sonuçlar yine farklı algoritma ve farklı hesapsal zeka yöntemleri ile tahminlenerek literatüre sunulmak üzere benzer problemlerin çözümlerini kolaylaştırmak için modeller oluşturulabilir.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. There is no conflict of interest between the authors.

## Kaynaklar (References)

- Abu Salam, Z., Keskin M. E. 2018. Yapay Sinir Ağları ile Dibis Barajı'nın Seviye Tahmini. Mühendislik Bilimleri ve Tasarımı Dergisi, 6(4), 564 - 569.
- Abuşka, M., Akgül, M., Altıntaş, V., 2017. Yutucu Plaka Üzerine Konik Yayların Yerleştirildiği Güneş Enerjili Hava Kolektörünün Bulanık Mantık ile Modellenmesi. Politeknik Dergisi, 20 (4), 907-914.
- Acır, A., Canlı, M. E., Ata, İ., Çakıroğlu, R., 2017. Parametric optimization of energy and exergy analyses of a novel solar air heater with grey relational analysis. Applied Thermal Engineering, 122, 330-338.
- Akpınar, E. K., Toraman, S., 2016. Determination of drying kinetics and convective heat transfer coefficients of ginger slices, Heat Mass Transfer, 52, 2271-2281.
- Alta, D., Bilgili, E., Ertekin, C., Yaldiz, O., 2010. Experimental investigation of three different solar air heaters: Energy and exergy analyses. Applied Energy, 87(10), 2953-2973.
- Aylak, B. L., Özdemir, M. H., İnce, M., Oral, O. 2021. Prediction of Turkey's Electricity Generation by Sources Using Artificial Neural Network and Bidirectional Long Short - Term Memory Mühendislik Bilimleri ve Tasarımı Dergisi,9(2), 425-435.
- Caner, M., Gedik, E., Keçebaş, A., 2011. Investigation on thermal performance calculation of two type solar air collectors using artificial neural network. Expert Systems with Applications, 38(3), 1668-1674.
- Chai, T., Draxler, R. R., 2014. Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in literature. Geoscientific Model Development Discussions, 7: 1247- 1250.
- Colangelo, G., Favale, E., Miglietta, P., de Risi, A., 2016. Innovation in flat solar thermal collectors: A review of the last ten years experimental results. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57, 1141-1159.
- Çerçi, K., Saydam, D., Hürdoğan, E., 2020. Estimation of the Experimental Drying Performance Parameters Using Polynomial SVM and ANN Models. European Mechanical Science, 4 (3), 123-130.
- Daş, M., Akpınar, E. K. 2018. Mushroom drying in air heated solar collector drying system and modeling of drying performance with artificial neural network. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 23-30.
- Daş, M., Akpınar, E. K. 2020. Güneş enerjili bir kurutucudaki ekserjetik faktörlerin hesaplanması ve yapay sinir ağı ile modellenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(2), 593-609.
- Deo, N. S., Chander, S., Saini, J. S., 2016. Performance analysis of solar air heater duct roughened with multigap V-down ribs combined with staggered ribs. Renewable Energy, 91, 484-500.
- Elsheikh, A. H., Sharshir, S. W., Abd Elaziz, M., Kabeel, A. E., Guilan, W., Haiou, Z. 2019. Modeling of solar energy systems using artificial neural network: A comprehensive review. Solar Energy, 180, 622-639.
- Esen, H., Ozgen, F., Esen, M., & Sengur, A. 2009. Artificial neural network and wavelet neural network approaches for modelling of a solar air heater. Expert systems with applications, 36(8), 11240-11248.
- Garcia, R. P., del Rio Oliveira, S., Scalon, V. L., 2019. Thermal efficiency experimental evaluation of solar flat plate collectors when introducing convective barriers. Solar Energy, 182, 278-285.

- Ghritlahre, H. K., Chandrakar, P., Ahmad, A., 2020. Application of ANN model to predict the performance of solar air heater using relevant input parameters. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 40, 100764.
- Ghritlahre, H. K., Prasad, R. K., 2018. Application of ANN technique to predict the performance of solar collector systems-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 84, 75-88.
- Ghritlahre, H. K., Prasad, R. K., 2018. Development of optimal ANN model to estimate the thermal performance of roughened solar air heater using two different learning algorithms. *Annals of Data Science*, 5(3), 453-467.
- Holman J.P., 2001. *Experimental methods for engineers*, McGraw Hill, USA.
- Jafarkazemi, F., Ahmadifard, E., 2013. Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors. *Renewable energy*, 56, 55-63.
- Karim, M. A., Hawlader, M. N. A., 2006. Performance investigation of flat plate, v-corrugated and finned air collectors. *Energy*, 31(4), 452-470.
- Karim, M. A., Perez, E., Amin, Z. M., 2014. Mathematical modelling of counter flow v-groove solar air collector. *Renewable energy*, 67, 192-201.
- Karsli, S., 2007. Performance analysis of new-design solar air collectors for drying applications. *Renewable Energy*, 32(10), 1645-1660.
- Khanlari, A., Sözen, A., Afshari, F., Şirin, C., Tuncer, A. D., Gungor, A., 2020. Drying municipal sewage sludge with v-groove triple-pass and quadruple-pass solar air heaters along with testing of a solar absorber drying chamber. *Science of The Total Environment*, 709, 136198.
- Kumar, R., Kumar, A., Chauhan, R., Sethi, M., 2016. Heat transfer enhancement in solar air channel with broken multiple V-type baffle. *Case Studies in Thermal Engineering*, 8, 187-197.
- Leong, K. Y., Ong, H. C., Amer, N. H., Norazrina, M. J., Risby, M. S., Ahmad, K. K., 2016. An overview on current application of nanofluids in solar thermal collector and its challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1092-1105.
- Manjunath, M. S., Karanth, K. V., Sharma, N. Y., 2018. Numerical investigation on heat transfer enhancement of solar air heater using sinusoidal corrugations on absorber plate. *International Journal of Mechanical Sciences*, 138, 219-228.
- Naphon, P., Kornkumjayrit, K., 2008. Numerical analysis on the fluid flow and heat transfer in the channel with V-shaped wavy lower plate. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 35(7), 839-843.
- Oztop, H. F., Bayrak, F., Hepbasli, A., 2013. Energetic and exergetic aspects of solar air heating (solar collector) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 59-83.
- Özkaya, M. G., Variyenli, H. İ., Korkmaz, M., 2007. Düzlemsel Güneş Kolektörlerinde Farklı Profillerdeki Emici Plakaların Deneysel İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 10(2), 173-177.
- Saxena, A., Agarwal, N., Srivastava, G., 2013. Design and performance of a solar air heater with long term heat storage. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 60, 8-16.
- Saydam, D. B., Çerçi, K. N., Hürdoğan, E., Özalp, C., 2019. Manufacturing of a Finned Type Solar Air Collector and Investigation of Its Performance in Osmaniye Climate Conditions. *UEMK 2019 Bildiriler Kitabı 24-25 Ekim 2019, Gaziantep*, 1239-1247.
- Sharma, A., Chauhan, R., Singh, T., Kumar, A., Kumar, R., Sethi, M., 2017. Optimizing discrete V obstacle parameters using a novel Entropy-VIKOR approach in a solar air flow channel. *Renewable Energy*, 106, 310-320.
- Sözen, A., Menlik, T., Ünvar, S. 2008. Determination of efficiency of flat-plate solar collectors using neural network approach. *Expert Systems with Applications*, 35(4), 1533-1539.
- Ucar, A., Inalli, M., 2006. Thermal and exergy analysis of solar air collectors with passive augmentation techniques. *International communications in heat and mass transfer*, 33(10), 1281-1290.
- Varol, Y., Oztop, H. F., 2008. A comparative numerical study on natural convection in inclined wavy and flat-plate solar collectors. *Building and environment*, 43(9), 1535-1544.
- Zulkifle, I., Alwaeli, A. H., Ruslan, M. H., Ibarahim, Z., Othman, M. Y. H., Sopian, K., 2018. Numerical investigation of V-groove air-collector performance with changing cover in Bangi, Malaysia. *Case studies in thermal engineering*, 12, 587-599.