

## **Farklı Açılı ve Sayılardaki Dikdörtgen Prizma Modelinde Kanatçıkların Güneş Hava Kolektörü Performansına Etkisinin Sayısal Analizi**

Murat ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Erdem ÇİFTÇİ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*Makine Mühendisliği Bölümü, Milli Savunma Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

<sup>2</sup>*Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

*\*(erdemciftci@gazi.edu.tr)*

**Özet** – Dünyada artan enerji talebi doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyaçların doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalı enerji üretebilen sistemler üzerinde performans artışı sağlamak için pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmada da güneş enerjisinden faydalı enerji elde etme noktasında en temel sistemlerden biri olan güneş hava kolektörlerinin performansında artış sağlamak için farklı modifikasyonlar uygulanmış ve ANSYS Fluent yazılımı aracılığıyla Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılarak geliştirilen sistemin sayısal analizi yapılmıştır. Geliştirilmiş olan bu sistem dikdörtgen prizma modelindeki kanatçıkların düz saç plaka şeklindeki emici yüzeye, akış yönüne göre 45° ve 90°'lik açılar ile entegrasyonuna sahiptir. Ayrıca 6 ve 12 adet kanatçık sayıları ile de sistem performansındaki değişimler incelenmiştir. Bu bağlamda düz saç plakalı emici yüzeye sahip güneş hava kolektöründe 317,37 K hava çıkış sıcaklığı elde edilirken, 90 derece açı ile konumlandırılmış 6 adet kanatçıklı sistemden 321,57 K, 12 adet kanatçıklı sistemden 308,14 K hava çıkış sıcaklığı elde edilmiştir. Bunun yanı sıra akışa 45° açı ile konumlandırılmış sistemden 6 kanatçıklı emici yüzeyde 314,43 K, 12 kanatçıklı emici yüzeyde 326,18 K hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir. 2,7 m/s hava akış hızı ile yapılan bu analizler de maksimum performans 12 adet kanatçığa sahip 45° açı ile konumlandırılmış olan güneş hava kolektöründen elde edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler – Kanatçık, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Güneş Kolektörü, Termal Sistemler, Performans*

### **1. GİRİŞ**

Artan nüfus ile dünyada enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Bu anlamda mevcut enerji kaynakları yetersiz kalmakta ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi temiz enerji sağlayabilecek kaynak arayışları ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini oluşturan güneş enerjisinden halihazırda elektrik üretimi, ısıtma ve kurutma gibi farklı alanlarda yararlanılmaktadır. Ek olarak popülerliği giderek artan güneş hava kolektörleri de bu sistemlerin en yaygın olarak kullanılan biçimlerindedir. Güneş hava kolektörlerinin performansının değerlendirilmesini ve bu sistemlerin performans iyileştirmesini sağlamayı amaçlayan pek çok çalışma bulunmaktadır.

Borah ve ark. (2023), dişli pim şeklindeki kare kanatların güneş hava kolektörü performansı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu deneysel analizlerin sonucunda dişli pinli kanatlara sahip kolektörün enerji verimliliği 53,35%, ekserji verimliliği 31,23% olarak bildirilmiştir [1]. Chand ve ark. (2022), panjurlu kanatçıkların entegre edildiği bir güneş hava kolektörü üretmişler ve performans analizini yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada kanatçıkları farklı aralıklar ile emici plakanın alt yüzeyine konumlandırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda, 2 cm aralıklarda konumlandırılan kanatçıklı sistemin termal verimini 106,7% olarak bulmuş iken ve 5 cm aralıklar ile yerleştirilmiş kanatçıklı sistemin termal verimini 59,45% olarak belirtmişlerdir [2]. Alta ve ark. (2010), iki tanesine

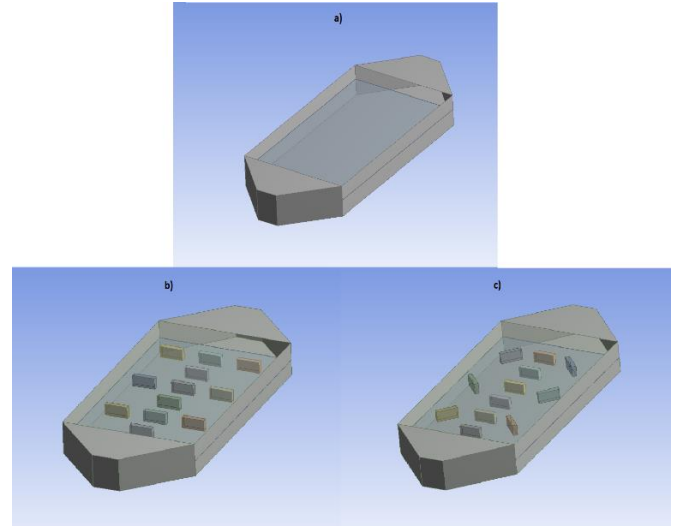
kanatçıkların entegre edildiği üç farklı modelde güneş hava kolektörü geliştirmişlerdir. Bunun yanı sıra emici plakalar üzerine 17 adet kanat uygulandığını belirtmişler ve hava ısıtıcılardan birinin de çift katlı cam örtüye sahip olduğu belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda kanatçıklar ile termal performansın arttığını belirtmişler ve çift katlı cam örtünün de termal kayıpları en aza indirgeyebileceğini vurgulamışlardır [3]. Çiftçi ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada dikey güneş enerjili kurutucunun kanatçıklar ile performansındaki değişimi incelemişlerdir. Elde edilen bulgular ve sayısal analiz sonuçlarında kanatçıklar ile sistem performansının arttığı gözlemlenmiş, atık ekserji oranlarında da kanatçıklı ve kanatçiksiz durumlar için 0,47-0,58 ve 0,43-0,56 olarak belirtilmiştir [4]. Kabeel ve ark. (2018), bölmeli cam kanatçıklara sahip bir güneş hava kolektörünü geleneksel tipteki bir güneş hava kolektörü ile kıyaslamışlardır. Sisteme toplamda 19 boyuna kanatçık entegre edilmiştir. 170, 410 ve 800 bölme sayısına göre analiz edilmiş olan bu sistemin performansı bölme sayısı ile doğru orantılı olarak arttığını belirtmişlerdir [5]. Afshari ve ark. (2021), kanalizasyon çamurundan nemi uzaklaştırmak amacıyla dikdörtgen, quonset ve kanatlı quonset olmak üzere üç farklı tip güneş kurutucu tünel dizayn etmişler ve CFD analizini yapmışlardır. Yapılan analiz sonucunda kanatlı quonset tipindeki güneş tünelinin deneysel olarak incelemişler. Elde edilen sonuçlarda kanatçıkların performansı 17.2% oranında iyileştirdiğini belirtmişlerdir [6]. Bunun yanı sıra güneş hava kolektörlerinin performansının artırılması amacıyla emici yüzey modifikasyonunun dışında farklı geometrilerdeki emici plakalar da geliştirilmiş ve analizleri yapılmıştır [7-9].

Bu çalışmada geleneksel olarak kullanılmakta olan düz saç plakalı güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak amacı ile farklı modifikasyonlar emici yüzeye uygulanmıştır. Genel anlamda akışa karşı 90 derece ve 45 derece açılıya sahip olan dikdörtgen kanatçıkların sistem performansına etkisi incelenmiş, bunun yanı sıra kanatçık sayısının da sistem performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sayısal olarak yapılan bu analizlerin gerçekleştirilmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) faydalanılmıştır. Yapılan her analiz sonuçları

birbiri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

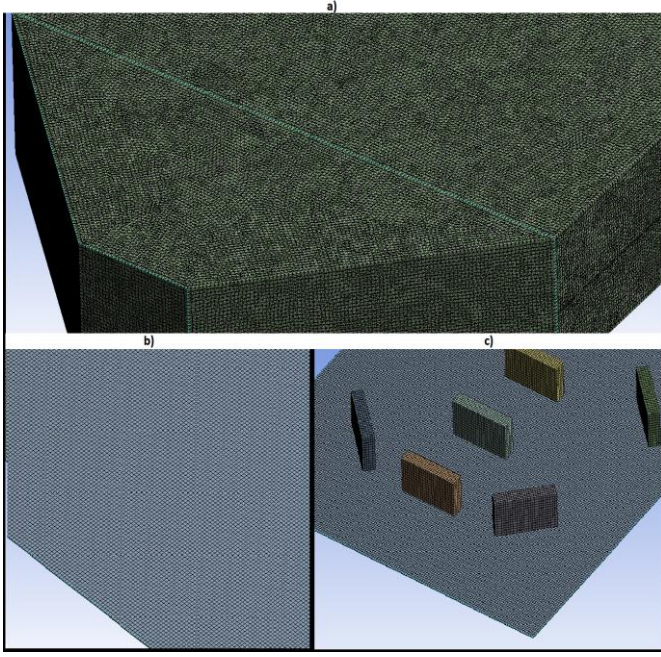
Bu çalışmada geleneksel düz plakalı güneş hava kolektörü, akışa karşı 90° açı ile konumlandırılmış kanatçıklara sahip güneş hava kolektörü (6 ve 12 adet kanatçık) ve akışa karşı 45° açı ile konumlandırılmış kanatçıklara sahip güneş hava kolektörü (6 ve 12 adet kanatçık) sayısal olarak analiz edilmiştir. Yapılmış olan analizler ANSYS Fluent yazılımı aracılığı ile yapılmış ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılmıştır. Analizi yapılan güneş hava kolektörleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. a) Düz plakalı güneş hava kolektörü  
b) 90° açılı kanatçıklı güneş hava kolektörü  
c) 45° açılı kanatçıklı güneş hava kolektörü

Yapılmış olan çalışmada başlangıçta düz plakalı sistem ile 90° derece açılıya sahip kanatçıklı güneş hava kolektörü 6 ve 12 kanatçık ile sırasıyla incelenmiştir. Daha sonra kanatçıklara 45°'lik bir açı uygulanmış ve benzer şekilde incelemeler yapılmıştır. Sistemde tasarlanmış kolektör kasası uzunluğu 740 mm, genişliği 300 mm ve boyu da 75 mm olarak uygulanmıştır. Bunun yanı sıra her bir sistemde kullanılan emici plaka da 500 mm uzunluğunda ve 300 mm genişliğindedir. Tercih edilmiş olan kanatçıkların genişlikleri 50 mm olup uzunlukları da 10 mm'dir. Ayrıca boyu da 25 mm olarak alınmıştır. Bunun yanı sıra kanatçıklar arasında da eşit uzunluklarda boşluklar bırakılmıştır. Ek olarak her bir kolektörün yapı malzemesi olarak çelik kullanılmış ve yalıtılmış

olarak tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra emici yüzeyler ve kanatçıklar siyah mat boya ile kaplı alüminyumdan oluşurken cam örtü de 4 mm standart cam yüzey tercih edilmiştir.



Şekil 2. a) Düz plakalı güneş hava kolektörü mesh yapısı b) 90° açılı kanatçıklı güneş hava kolektörü mesh yapısı c) 45° açılı kanatçıklı güneş hava kolektörü mesh yapısı

Güneş hava kolektörlerine uygulanan mesh yapısı şekil 2’de gösterilmiştir. Mesh için standart tetrahedrons mesh sistemi kullanılmış olup; düz plakalı güneş hava kolektörü, 90° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü, 90° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü, 45° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü ve 45° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü için uygulanan mesh sayısı sırasıyla 5452890, 5464115, 4150332, 5466859 ve 5480079’dur.

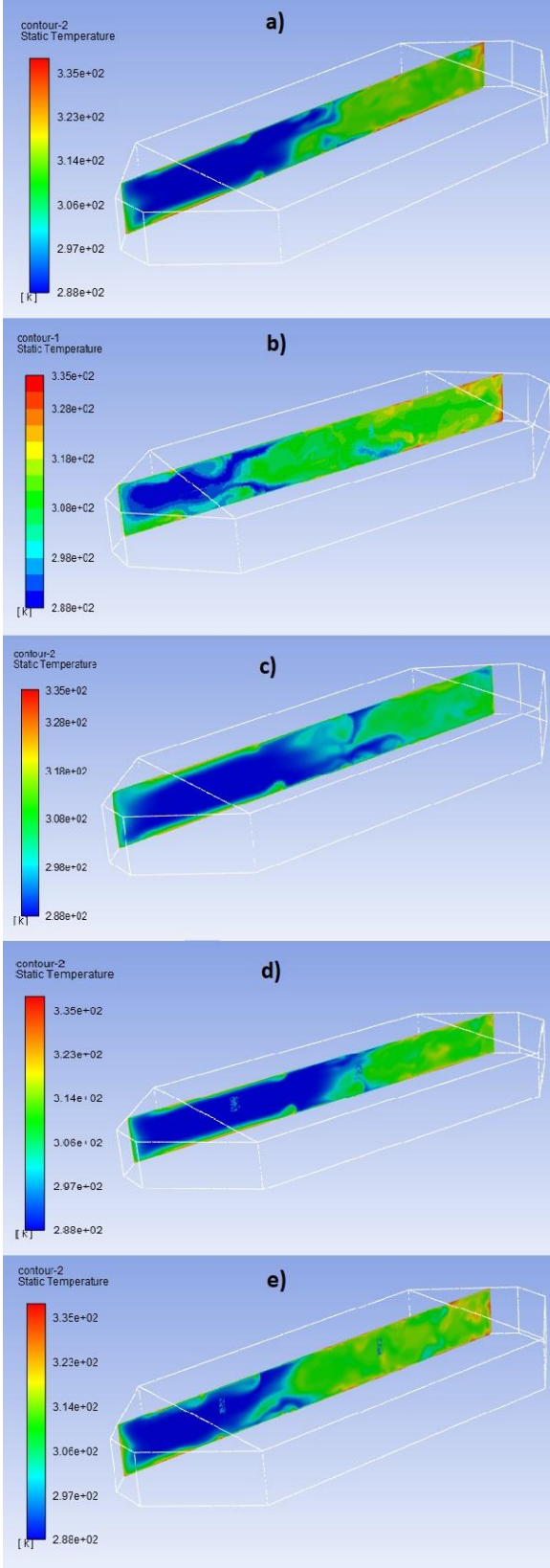
Sistemin akış simülasyonu için laminar akış modeli seçilmiş olup, 1150 W/m<sup>2</sup> güneş ışınım şiddeti tercih edilmiştir. Ayrıca P-1 solar radiations modeli kullanılmış ve konum için de 32,82-39,93 enlem-boylam kullanılmıştır. Kolektör içerisine akış girişi 2,7 m/s şartlarında sağlanmış olup giriş sıcaklığı 290 K’dir. Bunun yanı sıra kolektör kasası malzemesi güneş ışınımına karşı yalıtılmış olan çeliktir. Emici plaka ve kullanılmış olan kanatçıklar da siyah mat boya ile kaplı alüminyumdur. Son olarak cam örtü için de 4mm şeffaf cam kullanılmıştır. Her bir sistem aynı

şartlar altında incelenmiş ve sıcaklık-akış hızı parametreleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

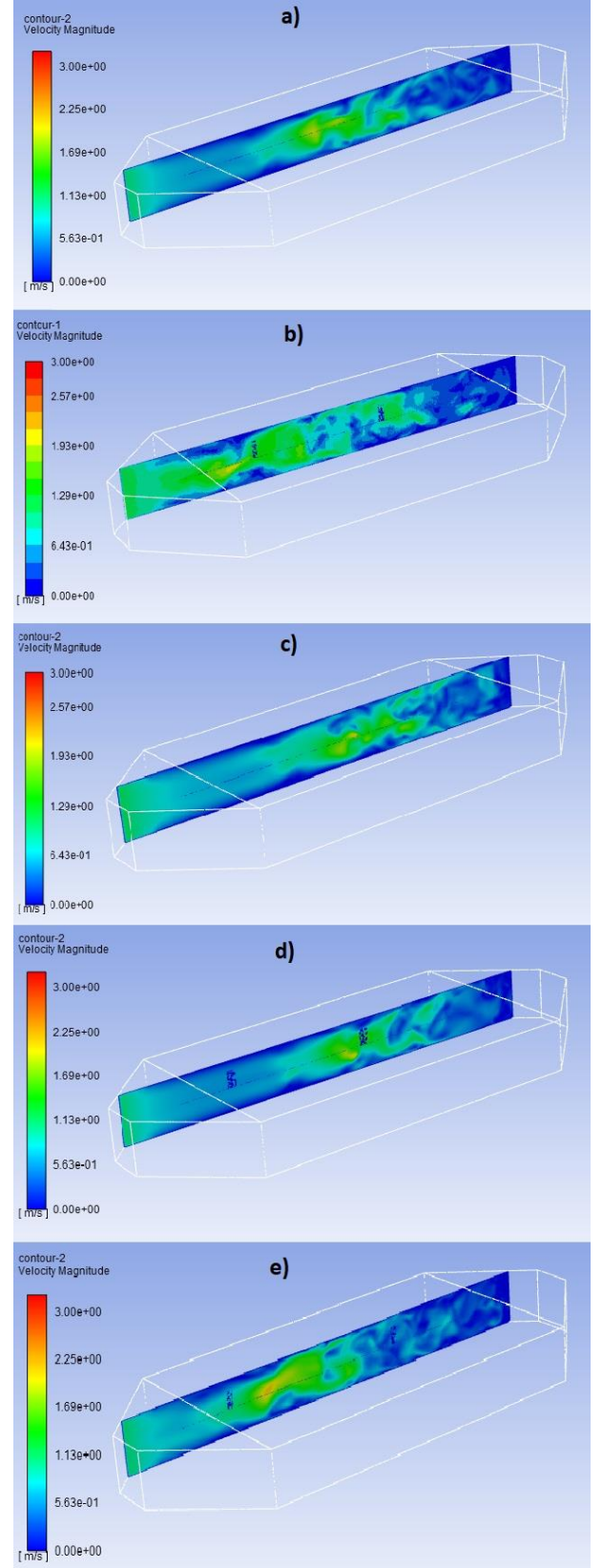
### III. TARTIŞMA

Bu bölümde tasarlanmış olan güneş hava kolektörlerinin ANSYS Fluent yazılımı aracılığı ile yapılan analizlerinin sonuçları paylaşılmıştır. Her bir kolektörde meydana gelen hava sıcaklıkları değişimlerinin yanı sıra hava akış hızlarındaki değişim de paylaşılmıştır.

Şekil 3, geliştirilmiş olan beş farklı tip güneş hava kolektörlerindeki hava sıcaklıklarının değişimlerini göstermektedir. Bu bağlamda elde edilen sıcaklık değerleri geleneksel düz plaka, 90° 6 kanatçık, 90° 12 kanatçık, 45° 6 kanatçık ve 45° 12 kanatçık içeren emici plakalara sahip güneş hava kolektörlerinin hava çıkış sıcaklıkları sırasıyla 317,37 K, 321,57 K, 308,14 K, 314,43 K ve 326,18 K olarak elde edilmiştir. Bu değerlerde de görülebileceği gibi emici plaka üzerine entegre edilen kanatçıklar güneş hava kolektörlerinin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kanatçık sayısının artışı ile birlikte hava akış doğrultusuna 90°’lik açı ile yerleştirilmiş olan kanatçıklı sistemin hava sıcaklıklarında önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra 45° açı ile yerleştirilmiş olan 12 kanatçıklı sistemden ise maksimum hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu anlamda kanatçık sayılarının yanı sıra konumlandırılma açısı da güneş hava kolektörlerinin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. 90° açı ile konumlandırılmış olan 6 kanatçıklı güneş hava kolektöründe, 45° ile konumlandırılmış olan 6 kanatçıklı güneş hava kolektöründen daha yüksek hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir. Ek olarak şekil 4, hava akış hızlarındaki değişimi göstermektedir. Kanatçıkların sayılarındaki artış hava akış hızı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiş olan şekilde görülmektedir. Kanatçıklar hava akışına türbülans etkisi yaratmış ve ısı transferini iyileştirmiştir.



Şekil 3. a) Düz plakalı güneş hava kolektörü sıcaklık değişimi b) 90° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü sıcaklık değişimi c) b) 90° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü sıcaklık değişimi d) 45° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü sıcaklık değişimi e) 45° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü sıcaklık değişimi



Şekil 4. a) Düz plakalı güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi b) 90° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi c) b) 90° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi d) 45° açılı 6 kanatçıklı güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi e) 45° açılı 12 kanatçıklı güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada geleneksel olarak kullanılan düz plakalı güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak amacı ile farklı sayılarda ve açılarda kanatçıklar entegre edilmiştir. Yapılan bu analiz ANSYS Fluent yazılımı aracılığı ile yapılmış ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yaklaşımı kullanılmıştır. Her bir sistem karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Tasarlanmış olan güneş hava kolektörlerinden düz plakalı, 90° 6 kanatçıklı, 90° 12 kanatçıklı, 45° 6 kanatçıklı ve 45° 12 kanatçıklı için hava çıkış sıcaklıkları sırasıyla 317,37 K, 321,57 K, 308,14 K, 314,43 K ve 326,18 K olarak elde edilmiştir.
- Elde edilen maksimum hava çıkış sıcaklığı 45° 12 kanatçıklı emici yüzeye sahip güneş hava kolektöründendir.
- Güneş hava kolektörlerinin performans analizinde en temel parametrelerden biri olan hava akış hızı 90° 12 kanatçıklı sistemde maksimum oranda düşüş yaşamıştır.
- En yüksek performans 45° 12 kanatçıklı güneş hava kolektöründen elde edilmiştir.

Yapılmış olan bu çalışmada dikdörtgen prizma modelindeki kanatçıkların sayısı ve konumlandırma açısı üzerine sayısal analiz yapılmıştır. Bu anlamda kanatçıkların sistem performansını önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- [1] P. P. Borah, K. K. Pathak, A. Gupta, S. Roy and B. Das, "Experimental study of a solar air heater with modified absorber plate through square obstacles with threaded pin fins", *Appl Therm Eng*, vol. 228, 120544, 2023.
- [2] S. Chand, P. Chand, and H. K. Ghritlahre, "Thermal performance enhancement of solar air heater using louvered fins collector", *Solar Energy*, vol. 239, pp. 10-24, 2022.
- [3] D. Alta, E. Bilgili, C. Ertekin, and O. Yaldiz, "Experimental investigation of three different solar air heaters: Energy and exergy analyses," *Appl Energy*, vol. 87(10), pp. 2953-2973, 2010.
- [4] E. Çiftçi, A. Khanlari, A. Sözen, İ. Aytaç, and A. D. Tuncer, "Energy and exergy analysis of a photovoltaic thermal (PVT) system used in solar dryer: A numerical and experimental investigation", *Renewable Energy*, vol. 180, pp. 410-423, 2021.
- [5] A. E. Kabeel, M. H. Hamed, Z. M. Omara, and A. W. Kandel, "On the performance of a baffled glazed-bladed entrance solar air heater.", *Appl Therm Eng*, vol. 139, pp. 367-375, 2018.
- [6] F. Afshari, A. Khanlari, A. D. Tuncer, A. Sözen, İ. Şahinkesen, and G. D. Nicola, "Dehumidification of sewage sludge using quonset solar tunnel dryer: An experimental and numerical approach", *Renewable Energy*, vol. 171, pp. 784-798, 2021.
- [7] M. Öztürk, and E. Çiftçi, "Upgrading the performance of a solar air collector with flexible aluminum air ducts and graphene nanoplatelet-enhanced absorber coating," *Therm Sci and Eng Progress*, vol. 40, 101760, 2023.
- [8] A. D. Tuncer, A. Khanlari, A. Sözen, E. Y. Gürbüz, C. Şirin, and A. Gungor, "Energy-exergy and environmental survey of solar air heaters with various air channel modifications," *Renewable Energy*, vol. 160, pp. 67-85, 2020.
- [9] A. Sözen, C. Şirin, A. Khanlari, A. D. Tuncer and E. Y. Gürbüz, "Thermal performance enhancement of tube-type alternative indirect solar dryer with iron mesh modification", *Solar Energy*, vol. 207, pp. 1269-1281, 2020.