

## Üçgen Prizma Modelindeki Güneş Hava Kolektörünün Nümerik 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](mailto:erdemciftci@gazi.edu.tr))

**Özet** – Her geçen gün artan enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi büyük oranda arttırmaktadır. Bu anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini oluşturan olan güneş enerjisi, dünyanın geleceği için oldukça büyük öneme sahiptir. Buna bağlı olarak güneş enerjisinde hem elektrik üretimi hem de ısıl uygulamalar gün geçtikçe daha popüler hale gelmektedir. Bu çalışmada güneş enerjisinin aktif bir şekilde kullanıldığı güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak için yeni bir güneş hava kolektörü tasarlanmış ve nümerik olarak analiz edilmiştir. Tasarlanan güneş hava kolektörü üçgen prizma yapısında olup geleneksel sistem ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan sayısal analiz için ANSYS Fluent yazılımı kullanılmış ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımından yararlanılmıştır. Her bir kolektör aynı şartlar altında incelenmiş ve sıcaklık ile hava akış hızları analiz edilmiştir. 3 m/s hava akış hızında yapılan bu incelemeler için 1100 W/m<sup>2</sup> güneş ışınımı tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda geleneksel tip güneş hava kolektörünün üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörüne kıyasla yaklaşık olarak 2 °C daha fazla hava çıkış sıcaklığı sağladığı görülmüştür. Bunun yanı sıra üçgen prizma modeline sahip güneş hava kolektöründeki hava akış hızında daha keskin bir düşüş gözlemlenmiştir.

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

### I. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu enerjiye olan taleplerin gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Dünyanın doğal gaz gibi çeşitli enerji kaynakları nedeniyle sürdürülebilirliğinin tehlikeye girmesi ve bu enerji kaynaklarının zaman içerisinde tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması çeşitli arayışlara sebep olmuştur. Oluşan bu arayışlar doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynakları, büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi ve ısıtma uygulamalarında kullanılması sürdürülebilir bir dünya için temel işlemlerden biri haline gelmiştir. Bu anlamda ısıtma uygulamalarında kullanılan güneş hava ısıtıcılarının performansının artırılması amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır.

Çiftçi ve ark. (2021), geliştirmiş oldukları dikey eksenli güneş hava kolektörlerinin performansını incelemek amacıyla kanatlı ve kanatsız olarak iki farklı tip sistem hem deneysel hem de sayısal analizini yapmışlardır. Geliştirmiş oldukları bu sistemin termal verimini kanatlı ve kanatsız sistem için sırasıyla 47.46%-54.86% ve 50.25%-58.16% arasında elde etmişlerdir [1]. Shetty ve ark. (2021), dairesel delikli soğurucu plakaya sahip bir güneş hava kolektörünün performansını incelemek amacıyla, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaklaşımını kullanarak sayısal bir analiz yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada dairesel geometrinin girdap oluşumuna neden olarak daha yüksek ısı transferine ve daha yüksek termal verime neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır [2]. Khanlari ve ark. (2020), üç geçişli ve dört geçişli güneş hava

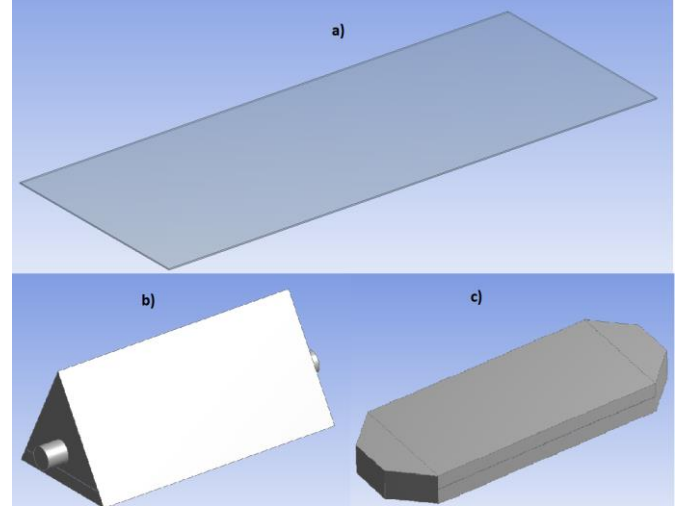
kolektörlerinin performanslarını incelemek amacıyla hem sayısal hem de deneysel bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda dörtlü akışlı sistemin üçlü akışlı sisteme göre daha yüksek performans sergilediğini belirtmişler, havanın kolektör içerisinde kalma süresinin artması ile performans artışı sağlanabileceğini vurgulamışlardır [3].

Bunun yanı sıra güneş hava ısıtıcılarının performansının artırılması için emici yüzey modifikasyonları da uygulanabilmektedir. Öztürk ve Çiftçi (2023), esnek alüminyum hava kanallarından oluşan emici yüzeye sahip bir güneş hava kolektörü geliştirmişler ve deneysel olarak analizini yapmışlardır. Ek olarak nano malzemelerin sistem performansına etkisini incelemek amacıyla nano katkılı sistemi de incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda nano malzemelerin sistem performansını önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir [4]. Abuşka ve ark. (2017), alüminyum ve bakırdan oluşan, düz ve V oluk modelindeki emici plakalara sahip güneş hava ısıtıcılarının performansını analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda V oluk tipi modele sahip güneş hava ısıtıcısının termal veriminde %6'lık bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir [5]. Benzer şekilde pek çok farklı emici plaka modelinin sistem performansına etkisi literatürde araştırılmıştır ([6-9]).

Bu çalışmada üçgen modelindeki kolektörden oluşan bir güneş enerjili hava ısıtıcı tasarlanmış ve sayısal olarak analiz edilmiştir. Yapılan bu analizler için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılmıştır. Her bir kolektör için hava akış hızı ve kolektör çıkış sıcaklıkları incelenmiş, sistem performansı analiz edilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

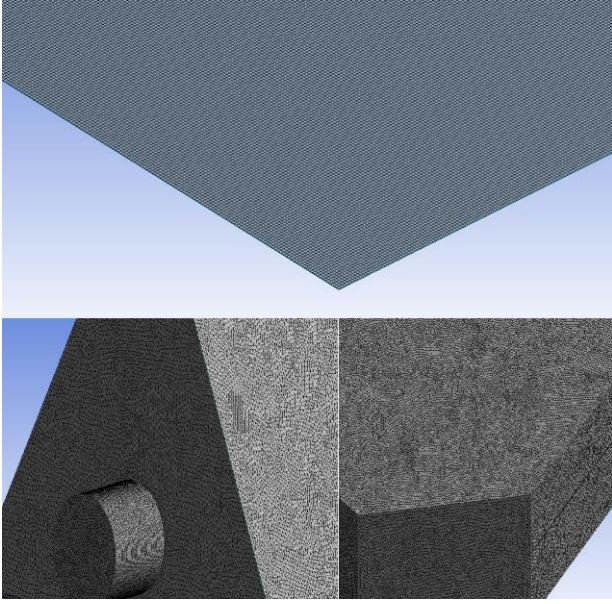
Bu çalışmada yeni bir tek geçişli üçgen prizma modelindeki güneş hava ısıtıcısı tasarlanmış ve sayısal olarak analiz edilmiştir. Yapılan çalışmanın sayısal analizi için ANSYS Fluent yazılımından yararlanılmıştır. Kullanılan bu yazılımda sistem analizi için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımından yararlanılmıştır. Geliştirilmiş olan güneş hava ısıtıcısı geleneksel olarak kullanılan güneş hava ısıtıcısı ile aynı koşullarda analiz edilmiş olup karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Şekil 1 her bir kolektör ve emici plakaların şekillerini göstermektedir.



Şekil 1. a) Kullanılan emici plaka b) Geliştirilmiş olan üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörü c) Geleneksel tip güneş hava kolektörü

Tasarlanan geleneksel güneş hava kolektörünün genişliği 400 mm, uzunluğu 1040 mm ve boyu da 75 mm olarak tasarlanmıştır. Benzer şekilde üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün de genişliği 400 mm, uzunluğu 800 mm ve boyu da 346.41 mm olarak tasarlanmıştır. Ek olarak üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün hava giriş ve çıkışları 70 mm çapındaki silindirik borulardan gerçekleştirilmektedir ve bu kolektörün eğik düzlemleri cam yüzeyden oluşmaktadır. Kullanılmış olan emici plakalar da 800 mm uzunluğunda, 400 mm genişliğindedir. Ayrıca her bir kolektör tek geçişli olarak tasarlanmış olup eşdeğer koşullarda analiz edilmiştir. Her bir kolektörün malzemesi için çelik tercih edilmiş ve yalıtımı yapılmıştır. Ek olarak emici plakalar için siyah mat boya ile kaplı olan alüminyum tercih edilmiş ve cam örtü de 4 mm standart cam yüzey tercih edilmiştir.

Analizi yapılan kolektörlerin ağ yapısı (mesh) için tetrahedrons mesh yapısı kullanılmıştır. Geleneksel tip sisteme uygulanan mesh sayısı 7847454 iken üçgen prizma modelindeki sisteme uygulanan mesh sayısı 3398120 olarak belirlenmiştir. Şekil 2 geliştirilen modellerin ağ yapısını göstermektedir.

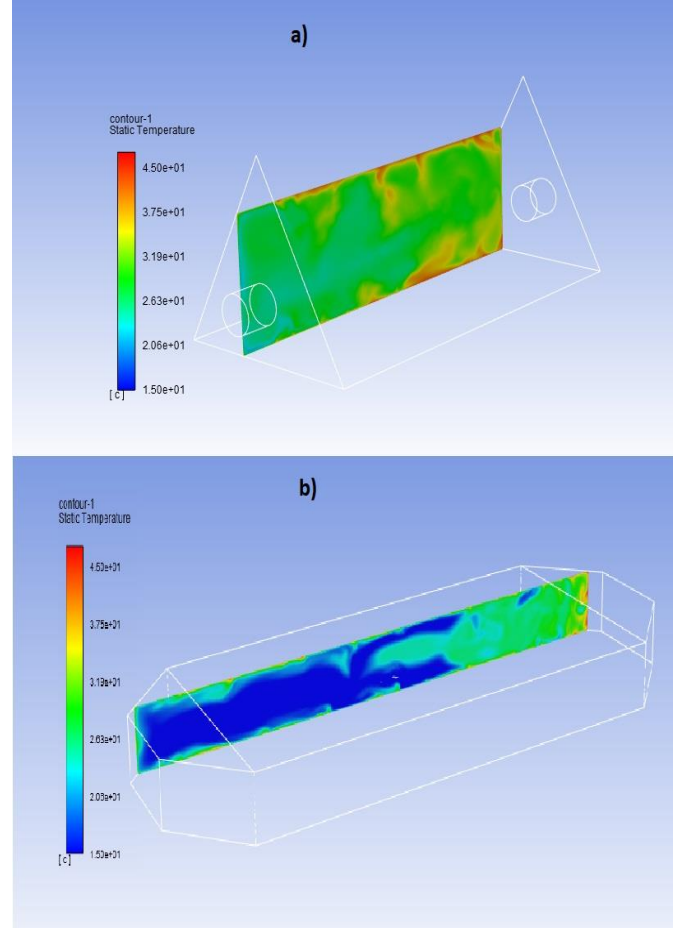


Şekil 2. Geliştirilmiş olan güneş hava kolektörleri ve emici plakaların mesh yapıları

Geliştirilen bu modelin akış analizi için laminar akış modeli seçilmiş olup, P-1 radyasyon modeli ile inceleme yapılmıştır. 32.82-39.93 Enlem-boylam şartları altında yapılan bu analizde güneş radyasyonu  $1100 \text{ W/m}^2$  tercih edilmiş ve  $3 \text{ m/s}$  hava akış hızında simülasyon yapılmıştır. Ayrıca güneş hava kolektörlerine hava giriş sıcaklığı  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiştir. Güneş hava kolektörlerinin kasalarında güneş ışınımına karşı yalıtımı yapılmış olan çelik kullanılmıştır. Emici plakalar için de siyah mat boya ile kaplanmış olan alüminyum tercih edilmiştir. Bu bağlamda her bir kolektör aynı şartlar altında incelenmiş olup sıcaklık ve hız profilleri ele alınarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.

### III. TARTIŞMA

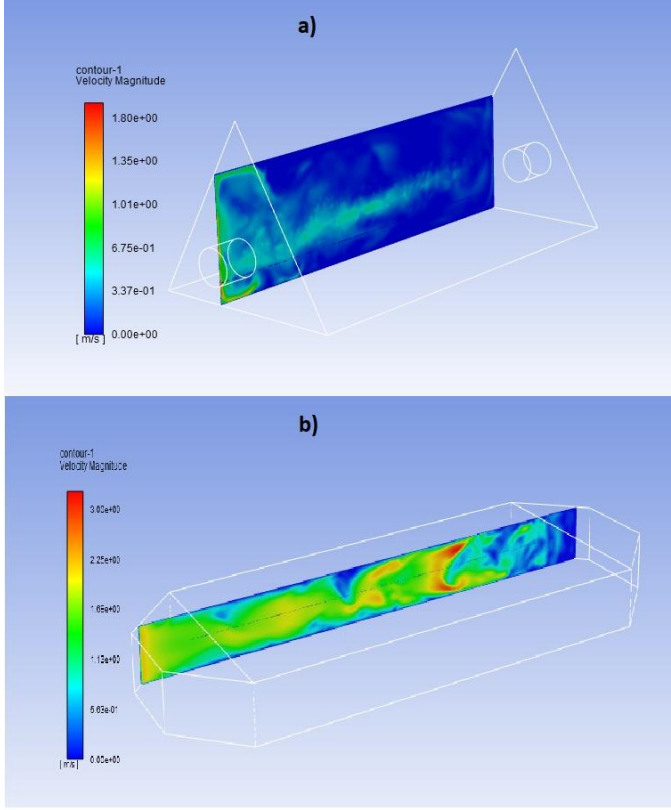
Bu bölümde tasarlanmış olan güneş hava kolektörlerinin ANSYS Fluent yazılımı ile yapılan sayısal analizlerinden elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Yapılan analizler sonucunda geliştirilmiş olan sistemlerin sıcaklık ve hava akış hızlarındaki değişimlerin sıcaklık konturları paylaşılmış ve karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu bağlamda performans değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 3. a) Üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün hava sıcaklıkları değişimi b) Geleneksel tip güneş hava kolektörünün hava sıcaklıkları değişimi

Şekil 3'te geleneksel tip ile geliştirilmiş olan üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörlerinin içerisindeki havanın sıcaklık dağılımları görülmektedir. Geleneksel tip güneş hava kolektöründe hava çıkış sıcaklığı  $37.48^\circ\text{C}$  iken, üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün hava çıkış sıcaklığı  $35.625 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Geliştirilen kolektörün geleneksel tipe oldukça yakın performans sergilediği elde edilen sonuçlarda görülmüştür. Bunun yanı sıra kolektör iç hacminin oldukça büyük olması hava çıkış sıcaklıklarının düşük kalmasına neden olur iken, kolektör içerisindeki hava sıcaklığının daha eşit bir dağılıma sahip olmasına neden olmuştur. Şekil 3'te de görülebileceği gibi kolektörün orta bölümlerinde hava sıcaklığı geleneksel sistem için yaklaşık  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  iken üçgen kolektör tipinde bu değer yaklaşık olarak  $28 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Ek olarak tasarlanmış olan üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün iki eğik yüzeyinin de cam örtü ile kaplanması güneş ışınlarından elde edilen enerji oranını maksimuma çıkarabilmektedir.

Şekil 4 tasarlanan güneş hava kolektörlerinin hava akış hızlarını göstermektedir. Hava kış hızı geleneksel tip güneş hava kolektörlerinde çok daha yüksek seviyelerdedir. Üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün iç hacmi hava akış hızında önemli düşümlere neden olmaktadır. Bu da sistem performansı için en temel parametrelerden biridir.



Şekil 4. a) Üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörünün hava akış hızı değişimi b) Geleneksel tip güneş hava kolektörünün hava akış hızı değişimi

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada tek geçişli üçgen prizma yapısındaki güneş hava kolektörünün Ansys Fluent yazılı aracılığı ile Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılarak sayısal analizi yapılmıştır. Geliştirilmiş olan kolektör geleneksel tip güneş hava kolektörü ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

Geleneksel ve üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektörlerinin hava çıkış sıcaklıkları sırası ile 37.48 °C ve 35.625 °C olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra kolektör içerisinde bulunan hava sıcaklığı üçgen prizma modelindeki kolektörde daha uniform bir yapıda dağılmıştır. Hava akış hızları incelendiğinde üçgen prizma modelindeki güneş hava kolektöründe daha keskin düşümler ortaya

çıkılmıştır. Bu da sistem performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan güneş hava kolektöründen geleneksel sisteme oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Tasarlanmış sistemin akış modeli üzerinde değişiklikler yapılarak ya da daha farklı emici plaka modelleri kullanılarak performansının artırılabilceği söylenebilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] S. P. Shetty, A. Paineni, M. Kande, N. Madhwesh, N. Y. Sharma and K. V. Karanth, "Experimental investigations on a cross flow solar air heater having perforated circular absorber plate for thermal performance augmentation", *Solar Energy*, vol. 197, pp. 254-265, 2020.
- [2] E. Çiftçi, A. Khanlari, A. Sözen, İ. Aytac, 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.
- [3] A. Khanlari, A. Sözen, F. Afshari, C. Şirin, A. D. Tuncer, and A. Gungor, "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 Env*, vol. 709, 136198, 2020.
- [4] 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.
- [5] M. Abuşka, and S. Şevik, "Energy, exergy, economic and environmental (4E) analyses of flat-plate and V-groove solar air collectors based on aluminium and copper", *Solar Energy*, vol. 158, pp. 259-277, 2017.
- [6] H. Benli, "Experimentally derived efficiency and exergy analysis of a new solar air heater having different surface shapes", *Renewable Energy*, vol. 50, pp. 58-67, 2013.
- [7] K. Chaudhri, J. L. Bhagoria, and V. Kumar, "Transverse wedge-shaped rib roughened solar air heater (SAH)-Exergy based experimental investigation", *Renewable Energy*, vol. 184, pp. 1150-1164, 2022.
- [8] M. Abuşka, "Energy and exergy analysis of solar air heater having new design absorber plate with conical surface", *App Therm Eng*, vol. 131, pp. 115-124, 2018.
- [9] M. Moghadasi, H. Ghadamian, M. Khodsiani, and M. Pourbafrani, "A comprehensive experimental investigation and dynamic energy modeling of a highly efficient solar air heater with octagonal geometry", *Solar Energy*, vol. 242, pp. 298-311, 2022.