

Çukur ve Tümsek Ayna Geometrisinde Emici Yüze Sahip Güneş Hava Kolektörlerinin Sayısal Analizi

Murat ÖZTÜRK¹, Erdem ÇİFTÇİ^{2*}

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Milli Savunma Üniversitesi, Ankara, Türkiye

²Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

*(erdemciftci@gazi.edu.tr)

Özet – Sürdürülebilir bir gelecek anlamında yenilenebilir enerji kaynakları oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak için farklı sistemler üretilmiştir. Güneş hava kolektörleri de yenilenebilir enerji kaynaklarının en temeli olan güneş enerjisinden faydalı enerji elde etmek amacıyla üretilmiş olan bir sistemdir. Günümüzde güneş hava kolektörlerinin performansının iyileştirilmesi amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada da güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak amacıyla çukur ayna, tümsek ayna ve çukur-tümsek ayna şeklindeki emici yüzeylere sahip güneş hava kolektörleri geleneksel düz plakalı kolektör ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sayısal olarak gerçekleştirilen bu analizlerin yapılmasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımından yararlanılmıştır. Her bir sistemde giriş noktası için hava akış hızı 2.5 m/s belirlenmiş olup laminer akış modeli altında analizler yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda düz plakalı sistemden yaklaşık olarak 47.35 °C, çukur ayna modeline sahip sistemden 50.60 °C, tümsek ayna modeline sahip sistemden 39.75 °C ve çukur-tümsek ayna modeline sahip sistemden 53.54 °C hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir. Bunun yanı sıra hava akış hızında maksimum düşüş çukur ayna modelinde elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak maksimum performans çukur-tümsek ayna modeline sahip güneş hava kolektöründen elde edilirken, düz plakalı güneş hava kolektörü ile çukur ayna modeline sahip güneş hava kolektörü benzer karakteristikler sergilemiştir. Buna bağlı olarak mevcut çalışmada sayısal olarak incelenen güneş hava kolektörlerinin farklı modifikasyonlar ile daha olumlu sonuçlar verebileceği bulgusuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Güneş Enerjisi, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Termal Sistemler, Hava Kolektörü, Emici Plaka

I. GİRİŞ

Günümüzde aktif olarak kullanılan fosil yakıtların, içinde bulunduğumuz Dünya'ya çeşitli gazlar ile verdiği zarar pek çok problem ortaya çıkarmaktadır. Bu problemlerin doğrultusunda farklı enerji kaynakları arayışları zamanla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları temiz enerji elde etme amacıyla pek çok alanda aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri de bu enerji kaynakları arasında en yaygın kullanılan sistemler arasında yer almaktadır. Bu sistemlerin en temeli olan güneş enerjisi hava ısıtıcıların performansının artırılması için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Emici plaka üzerine

uygulanan çeşitli modifikasyonlar da bu yöntemlerden biridir. Sistemin performansını arttırmak amacıyla emici yüzeye çeşitli geometriler uygulanarak ısıl iletkenlik üzerinde değişimler elde edilmiştir. Bu alanda literatürde pek çok çalışma yer almaktadır.

Chaudhri ve ark. (2022), Güneş enerjili hava ısıtıcıların performansını arttırmak amacı ile enine kama biçimli nervür pürüzlü yeni bir güneş enerjili hava ısıtıcı geliştirmişler ve deneysel olarak analizini yapmışlardır. Pürüzlü sistemde meydana gelen sürtünme etkisi ile düz kanala kıyasla sistemin ekserjetik veriminde %316-488 arasında bir artış gözlemlenmiştir [1]. Tuncer ve ark.

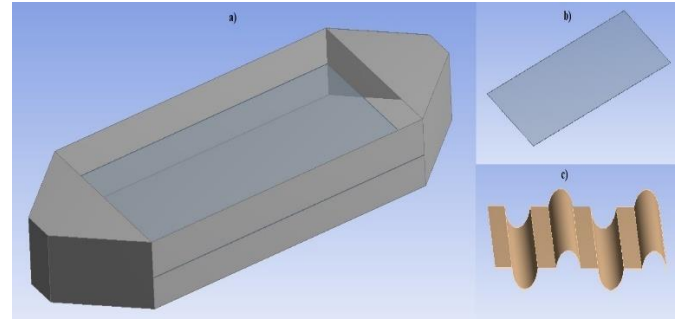
(2020), paralel geçişli, çift geçişli ve V oluk tipi bir emici yüzeye sahip güneş hava kolektörleri üretmişlerdir. Üretilmiş olan bu güneş hava kolektörlerin analizleri sonucunda termal verimlerde V-oluk tipi sistemin daha yüksek noktalara ulaştığı görülmüştür. Ancak ekserji verimliliğinde ise paralel geçişli sistem daha iyi bir karakteristik sergilemiştir [2]. Öztürk ve Çiftçi (2023), çift geçişli esnek alüminyum hava kanallı bir güneş hava kolektörü geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu sistemin, geleneksel düz saç plakalı sistem ile benzer bir performans sergilediğini belirtmişler, ayrıca nano malzeme kaplama ile sistemde önemli iyileştirmeler elde edilebileceğini vurgulamışlardır [3]. Akhbari ve ark. (2020), U-dönüşü hava akış desenli üçgen kanallı bir emici yüzeye sahip güneş hava kolektörü geliştirmişler ve hem deneysel hem de sayısal olarak termal analizini yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada 60 tepe derecesinde debi 0,005 kg/s'den 0,045 kg/s'ye yükseltildiğinde, termal performans %45,27 oranında artış sergilediğini gözlemlemişlerdir [4].

Mgbemene ve ark. (2022), düşük maliyetli bir güneş hava kolektörü için çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada 16 adet atık alüminyum soda kutusunu kullanmışlar ve her bir kutuyu siyah mat boya ile kaplayıp, tek geçişli ile dört geçişli olmak üzere iki sistem tasarlamışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda tek geçişli sistemin daha verimli çalıştığı belirtilmiş ve geliştirilen bu sistemin uygun maliyetlerde farklı uygulamalarda kullanılabileceği belirtilmiştir [5]. Benzer şekilde Widyolar ve ark. (2020), çok düşük maliyetlerde bir PV-T geliştirmek amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Geliştirdikleri bu sistemde alüminyum mini kanallar ve görüntülemesiz optikler kullanmışlardır. Yapılmış olan analizler sonucunda, PV-T'den %57,4 termal verimlilik ve %12,3 elektrik verimlilik elde ettiklerini belirtmişlerdir [6]. Kumar ve ark. (2020), üçgen emici plaka geometrilerine sahip bir güneş hava kolektörünün performansını arttırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada geliştirilen emici plakaların bir tanesini siyah mat boya ile kaplarken diğerini %1 grafen nano malzeme ile karıştırılmış siyah mat boya ile kaplamışlar ve sistem performansını analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda grafen kullanımı ile sistem performansının yaklaşık %5 daha yüksek bir davranış sergilediği görülmüştür [7].

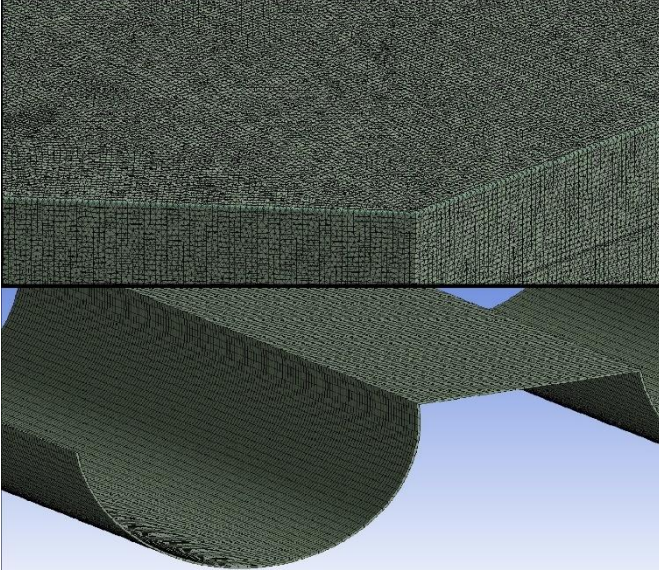
Bu çalışmada farklı bir emici yüzeye sahip güneş hava kolektörünün performansı sayısal olarak analiz edilmiştir. Geliştirilmiş olan sistemin analizinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımından yararlanılmış olup, Ansys Fluent yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca geliştirilmiş olan sistem geleneksel düz plaka ile karşılaştırılmış olup, sıcaklık ve hız profilleri mevcut çalışmada sunulmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada güneş hava kolektörlerinin performansını geliştirmek amacıyla farklı geometrik modellere sahip emici yüzeylerin ısı performanslarına etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Yapılmış olan bu analizler Ansys Fluent yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapılan analizlerde de Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılmıştır. Başlangıçta düz plaka modelindeki geleneksel olarak kullanılan emici plaka üretilmiş olup sırasıyla çukur ayna, tümsek ayna ve çukur-tümsek ayna modelindeki emici plakalara sahip kolektörler ile karşılaştırılmıştır. Geliştirilmiş olan her bir emici plaka siyah mat boya ile kaplanmıştır. Şekil 1 geliştirilmiş olan sistemin temel olarak yapısını ve emici yüzeyleri göstermektedir.



Şekil 1. a) Güneş hava kolektörü kasası b) Düz plaka emici yüzey c) Çukur-tümsek ayna modelindeki emici plaka



Şekil 2. Kolektör ve emici plaka mesh yapısı

Geliştirilmiş olan kolektörlerin hepsi eşit boyutlarda tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra her bir kolektörün boyu 75 mm olup, 300 mm genişliğe ve 500 mm uzunluğa sahiptir. Bunun yanı sıra kullanılmış olan emici plakaların da uzunlukları 500 mm'dir. Ayrıca hem tümsek ayna hem de çukur ayna modelindeki yapıların çapları 75 mm olmasıyla beraber 40 mm boyutlarındaki plakalar ile bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Her bir kolektörün kalınlığı 2 mm, emici plakaların kalınlığı 0.5 mm ve kullanılmış olan standart cam örtünün kalınlığı 4 mm'dir. Kolektör kasası malzemesi için çelik seçilirken, emici plakalar için siyah mat boya ile kaplı alüminyum seçilmiştir.

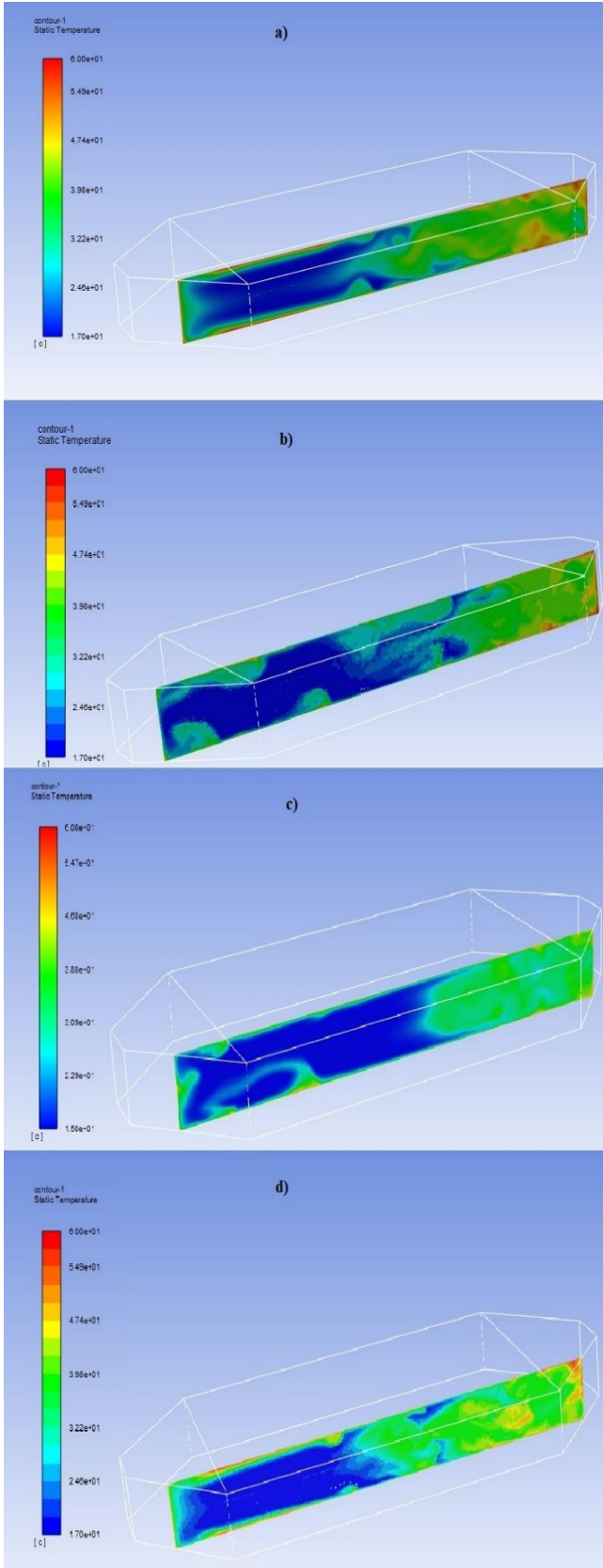
Sistem mesh yapıları Şekil 2' de paylaşılmıştır. Her bir kolektör için tetrahedrons mesh sistemi uygulanmıştır. Yapılan işlemler sonucunda standart düz plakalı kolektörde 4242141 mesh ile çalışılmıştır. Bunun yanı sıra çukur ayna modelinde 3318994, tümsek ayna modelinde 4144344 ve çukur-tümsek ayna modelinde 4140144 mesh uygulanmıştır.

Sistem simülasyonu için laminer akış modeli kullanılmıştır. Ek olarak P-1 güneş radyasyon modeli altında 39.9 enlem ve 32.8 boylam şartlarında incelemeler gerçekleştirilmiştir. 1250 W/m² güneş ışınım şiddeti altında simülasyon gerçekleştirilmiş olup hava akışı için giriş hava hızı 2.5 m/s olarak seçilmiştir. Bunun yanı sıra hava giriş sıcaklığı 17 °C olarak belirlenmiştir. Belirlenmiş olan şartlar altında 4 farklı modeldeki güneş hava kolektörü analizleri yapılmıştır.

III. TARTIŞMA

Bu bölümde geliştirilmiş olan farklı tip güneş hava kolektörlerinin sayısal analizleri sonucu elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Her bir güneş hava kolektörünün hava sıcaklık değişimleri ile kolektör içerisindeki hava sıcaklıklarının değişimleri incelenmiştir.

Şekil 3, geliştirilmiş olan güneş hava kolektörlerinin hava çıkış sıcaklıklarındaki değişimleri göstermektedir. Sıcaklık değişimleri incelendiğinde tümsek ayna modelinde en düşük hava sıcaklıklarına ulaşıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra çukur ayna ile geleneksel düz plakalı sistemde birbirine oldukça yakın hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir.



Şekil 3. a) Düz plakalı sistemin hava sıcaklığı değişimi
 b) Çukur ayna modelindeki sistemin hava sıcaklığı değişimi
 c) Tümsek ayna modelindeki sistemin hava sıcaklığı değişimi
 d) Çukur-tümsek ayna modelindeki sistemin hava sıcaklığı değişimi

Maksimum hava çıkış sıcaklığı ise çukur-tümsek ayna modelinin birlikte kullanıldığı modelde görülmüştür. Bunun nedeni ise geliştirilmiş model ile sistemde bir kanatçık etkisi yaratılmakta ve sistemdeki ısıl iletkenliğin daha yüksek noktalara ulaşmasını sağlamaktadır. Buna bağlı olarak geleneksel düz plakalı sistemin hava çıkış sıcaklıkları 44.82 °C ile 47.35 °C arasında değişmektedir. Benzer şekilde çukur ayna modelindeki güneş hava kolektörünün hava çıkış sıcaklıkları 46.10 °C ile 50.60 °C arasında değişirken tümsek ayna modelindeki sistemin hava çıkış sıcaklıkları 37.5 °C ile 39.75 °C arasında değişmektedir. Son olarak en iyi hava çıkış sıcaklıklarının elde edildiği çukur-tümsek ayna modelindeki güneş hava kolektörünün hava çıkış sıcaklıkları 51.39 °C ile 53.54 °C arasında değişmektedir.

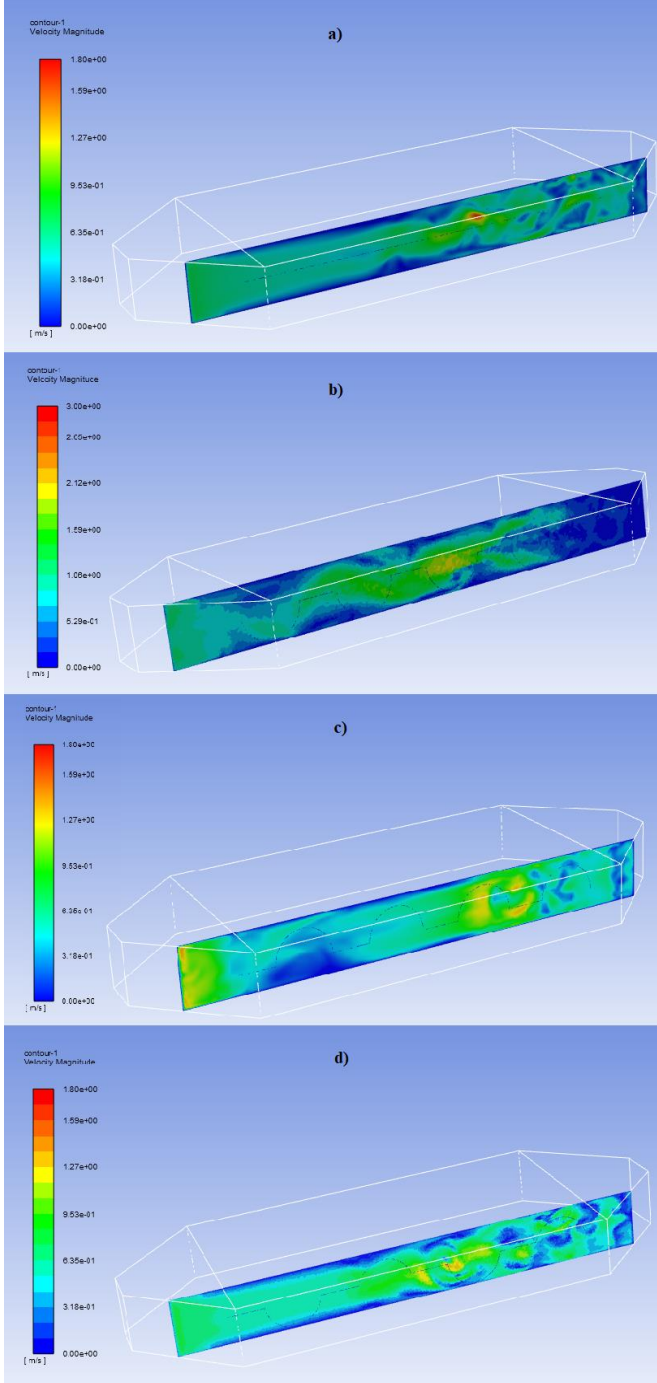
Benzer şekilde şekil 4'te hava akış hızının farklı modellerdeki güneş hava kolektöründe değişimini göstermektedir. Buna bağlı olarak en hava akış hızındaki en büyük değişim çukur ayna modelinde emici yüzeye sahip güneş hava kolektöründe görülmüştür. Bunun yanı sıra diğer sistemlerde daha dengeli bir akış olmakta ve hava akış hızlarındaki değişim daha düşük orandadır. Bu değişimde benzer şekilde güneş hava kolektörlerinin performansında önemli bir etkiye sahiptir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı tip güneş hava kolektörlerinin performansları sayısal olarak incelenmiş ve geleneksel tip düz plakalı güneş hava kolektörü ile karşılaştırılmıştır. Geleneksel düz plakalı, çukur aynalı, tümsek aynalı ve çukur-tümsek aynalı olmak üzere 4 farklı tip emici plakaya sahip güneş hava kolektörü sayısal olarak incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Maksimum hava çıkış sıcaklıkları 51.39 °C ile 53.54 °C arasında olmak üzere çukur-tümsek aynalı güneş hava kolektöründen elde edilmiştir.
- Minimum hava çıkış sıcaklıkları tümsek aynalı emici yüzeye sahip sistemden, 37.5 °C ile 39.75 °C arasında elde edilmiştir. Ayrıca çukur aynalı sistem ile düz plakalı sistem sonuçları birbirine oldukça yakın bulunmuştur.

- Hava akış hızındaki maksimum düşüş çukur ayna modelindeki emici yüzeye sahip sistemden elde edilmiştir.
- Geliştirilmiş olan çukur-tümsek ayna modeline sahip sistemden maksimum performans elde edilmiştir.



Şekil 4. a) Düz plakalı sistemin hava akış hızı değişimi
 b) Çukur ayna modelindeki sistemin hava akış hızı değişimi
 c) Tümsek ayna modelindeki sistemin hava akış hızı değişimi
 d) Çukur-tümsek ayna modelindeki sistemin hava akış hızı değişimi

Mevcut çalışmada 4 farklı tip emici plakalı güneş hava kolektörünün performans analizi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu anlamda geliştirilmiş olan çukur-tümsek aynaya sahip olan sistemin en yüksek performans sergilediği bulunmuş ve farklı modifikasyonlar ile performans artışı sağlanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] M. Akhbari, A. Rahimi and M. S. Hatamipour, "Modeling and experimental study of a triangular channel solar air heater," *Applied Therm Eng*, vol. 170, 114902, 2020.
- [5] C. Mgbemene, I. Jacobs, A. Okoani, and N. Ononiwu, "Experimental investigation on the performance of aluminium soda can solar air heater," *Renewable Energy*, vol. 195, pp. 182-193, Aug 2022.
- [6] B. Widyolar, L. Jiang, J. Brinkley, S. K. Hota, J. Ferry, G. Diaz, and R. Winston, "Experimental performance of an ultra-low-cost solar photovoltaic-thermal (PVT) collector using aluminum minichannels and nonimaging optics," *Applied Energy*, vol. 268, 114894, 2020.
- [7] R. Kumar, S. K. Verma, and V. K. Sharma, "Performance enhancement analysis of triangular solar air heater coated with nanomaterial embedded in black paint," *Mat Today: Proceedings*, vol. 26, pp. 2528-2532, 2020.