



Alüminyum Balpeteği Soğurucu Yüzeye Sahip bir Güneş Hava Kollektörünün HAD Analizi

Sharif Eyyublu¹, Mahmut Sami Bükür^{2*}

^{1*} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9700-5187), sharifeyyublu@gmail.com

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Enerji ve Yarı iletkenler Araştırma Grubu, BITAM, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0896-2293), msbuker@erbakan.edu.tr

(Uluslararası Araştırma-Geliştirme ve Tasarım Konferansı – 15-18 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1039534)

ATIF/REFERENCE: Eyyublu, S., BÜKER, M.S. (2021). Alüminyum Balpeteği Soğurucu Yüzeye Sahip bir Güneş Hava Kollektörünün HAD Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 484-490.

Öz

Bu çalışmada, bir güneş hava kollektörü tasarımının hava çekiş yerine göre HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizleri gerçekleştirilmiştir. Güneş hava kollektörünün verimini artırmak için balpeteği geometrisine sahip bir alüminyum soğurucu plaka kullanılmıştır. Isı transferi ve hava akış özelliklerini incelemek için merkez ve kenar hava çekişli güneş hava kollektörünün HAD analizleri yapılmış, farklı ışınım ve kütle debileri altında sistemin optimum çalışma aralıkları belirlenerek merkez ve kenar hava çekişli kollektörlerin tasarım karşılaştırılması yapılmıştır. Alüminyum balpeteği yapıları kollektörlerin, 600-1000 W/m² ışınım, 0.01-0.015 kg/s kütle debileri ve 300K sabit hava giriş sıcaklığı için termal analizleri gerçekleştirilmiş ve çıkan hava sıcaklık artış değerleri ve karşılık gelen termal verimlilikler bulunmuştur. Bulgular, kenar çekişli ve merkez çekişli güneş hava kollektöründen en yüksek hava sıcaklık çıkışının, 1000 W/m² ışınım ve 0.01 kg/s kütledebide sırasıyla 312K ve 310K olduğunu göstermiştir. En yüksek termal verimlilikler ise benzer şekilde her iki konfigürasyon için 600 W/m² ışınım ve 0,015 kg/s debide, kenar çekişli kollektör için yaklaşık %45, merkez çekişli kollektör için ise %42 olarak gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş hava kollektörü, HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizi, Balpeteği soğurucu plaka.

CFD Analysis of a Solar Air Collector with Aluminum Honeycomb Absorber Plate

Abstract

In this study, CFD (Computational Fluid Dynamics) analyses of two different solar air collector configurations according to the air intake spot were performed. An aluminum absorber plate with honeycomb geometry is used to increase the efficiency of the solar air collector. In order to examine the heat transfer and air flow properties, simulation analyses were carried out on the solar air collector with air-draught from the center and side. The optimum operating ranges of the system under different radiation and mass flow rates were determined and the design comparison of the center and side aspirated collectors was performed. Thermal analysis of collectors with aluminum honeycomb absorber plate were carried out for 600-1000 W/m² radiation, 0.01-0.015 kg/s mass flow rates and constant 300K inlet air temperature. Temperature rise in outlet air and corresponding thermal efficiencies were found. The findings show that the highest temperature output is approximately 312 and 310K at 1000 W/m² irradiance and 0.01 kg/s mass flow rate for edge and center air draught type solar air collectors, respectively. The highest thermal efficiencies, on the other hand, were approximately 45% for the side air intake collector and 42% for the center air intake collector both at 600 W/m² irradiance and 0.015 kg/s flow rate for both configurations,.

Keywords: Solar air collector, CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis, Honeycomb absorber plate.

* Sorumlu Yazar: msbuker@erbakan.edu.tr, msbuker@gmail.com

Giriş

Güneş hava kolektörleri, basit tasarımı, düşük imalat ve işletme maliyeti nedeniyle güneş enerjisinden faydalanmak için yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Güneş hava kolektörü, güneş ışınımını toplayan ve ısıyı havaya aktaran bir ısı eşanjörüdür. Isıtılmış hava, mahsul kurutma, çamaşır kurutma ve alan ısıtma gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır [1]. En yaygın kullanılan güneş hava kolektörü tipi, düz plakalı hava kolektörüdür. Bu tip kolektörler hem doğrudan hem de yayılmış (difüze) güneş ışınımını emebilir ve ısıyı, alan ısıtma amacıyla dış ortamdan iç ortama iletebilir [2].

Bununla birlikte, havanın düşük ısı transfer katsayısı nedeniyle, ısı toplama verimlilikleri oldukça düşüktür. Hava, suya veya güneş enerjisi sistemlerinin diğer çalışma sıvılarına göre nispeten daha küçük bir yoğunluğa ve daha düşük ısı transfer katsayısına sahiptir, bu da daha büyük ısı kayıplarına ve dolayısıyla sıvı kolektörlere kıyasla düz plakalı hava kolektöründe daha düşük bir termal verimliliğe neden olur [3]. Özellikle doğal sirkülasyonlu güneş hava kolektörlerinde, yavaş hava sirkülasyon hızı, hava ile soğurucu plaka arasında daha düşük ısı transfer hızına neden olur. İçeriye yeterli miktarda ısı sağlamak için ya hava akış hızı ya da ısı toplama kabiliyeti artırılmalıdır [4].

Bu faktörler, geleneksel güneş hava kolektörlerinin yaygın kullanımını büyük oranda kısıtlamaktadır. Dolayısıyla, güneş hava kolektörü uygulamalarında ısı transferini artırmak için çeşitli teknikler uygulanmıştır. Çalışmalarda, soğurucu plaka ve hava akışı arasındaki ısı transfer katsayısını iyileştirmek amacıyla güneş hava kolektörlerinin soğurucu levhalarının tasarımında çeşitli konfigürasyonlar önerilmiştir [5]. Bu tasarımların prensibi, plakanın temas alanını olabildiğince genişletmek ve plakanın etrafında türbülans oluşturarak ısı transfer katsayısını büyütmek, böylece plaka tarafından emilen ve havaya aktarılan ısı miktarını artırmaktır [6].

Literatürdeki bazı çalışmalara bakıldığında, basit kanatçıklar [7], V-oluklu [8], dört geçişli [9], çapraz oluklu [10] gibi yöntemlerle soğurucu plaka alanlarında artış elde edilmiştir. Priyam ve Chand [11] dalgalı kanatlı bir güneş hava kolektörünün termal performansı üzerindeki kütle akış hızı, genişlik ve dalga boyu varyasyonunun etkisini analiz etmiştir. Sonuçlar, sıradan hava kolektörleri ile karşılaştırıldığında, modifiye oluklu kanatlı yapıdaki kolektörün daha yüksek termal verimliliğe ve etkili sıcaklık artışına sahip olduğunu göstermiştir. En büyük verim artışı, genişlik en yüksek ve dalga boyu en küçük olduğunda %17,56 olarak bulunmuştur. Jing ve ark. [12] ışınım ve PV panel kaplama oranının, alüminyum balpeteği soğuruculu güneş hava kolektörünün genel termal verimliliği üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Sistem, %15, %30, %45, %60, %75 ve %90 PV kaplama oranı ile 200 W/m² ila 600 W/m² ışınım altında deneysel olarak test edilmiş ve sistemin termal davranışı analiz edilmiştir. Deneysel koşullar aralığında, PV kapsama oranı %45 olduğunda maksimum anlık verimliliğin %64'e ulaştığı tespit edilmiştir. Alüminyum balpeteği ayrıca, gizli termal enerji depolama ve dolayısıyla termal verimliliği artırmak için faz değiştiren malzemelerle (PCM'ler) birleştirilerek, güneş hava kolektöründe kullanılmıştır [13]. Zülkifle ve ark. [14] deneysel çalışmalarında V-oluğunun konvektif ısı transferini artırdığını ve daha iyi termal verim elde edildiğini, elde edilen en yüksek sıcaklığın 38.39°C olduğunu belirtmiştir. Fudholi ve ark. [15], PV/T SAC ile donatılmış v-

oluklu bir soğurucuyu deneysel ve teorik olarak değerlendirmiştir. Ekserji verimi deneylerde %13,36, teorik analizlerde %12,89 olarak bulunmuştur. Kerem ve ark. [16], çok geçişli hava akışı oluşturmak için emici plaka üzerine gözenekli malzemeler eklemiştir. Bu çalışmada, güneş hava kolektörünün performanslarının belirgin bir şekilde iyileştiğini uyumlu bir şekilde göstermiştir. Kolektör soğurucu bölmesine delikli ve deliksiz bölmeler eklemek, hava akışı düzenini değiştirmek için başka bir uygulamadır.

Bu çalışmada, güneş hava kolektörlerinin düşük verimlilik sorununu çözmeyi amaçlayan yeni bir soğurucu katman türü olarak alüminyum balpeteği önerilmiş, hava giriş yerinin kolektör performansına olan etkisini belirlemek için HAD analizi yapılmıştır. Alüminyum balpeteği dikey olarak metalik (alüminyum) petek plakanın merkeze, hava kanalının bir parçası ve soğurucu katman olarak yerleştirilmesi önerilmiştir. Literatürde çalışmaları yapılmış yapay pürüzlülük, hava akış bölmeleri veya çoklu geçişler oluşturmak gibi bilinen teknikler yerine, önerilen soğurucu katmanın petek delikleri sadece yüzey alanını büyütüp daha fazla termal enerji emmekle kalmaz, aynı zamanda türbülans oluşturur ve havanın kolektörde kalma süresini uzatır. Bu da ısı transfer miktarını daha da artıracaktır. Ayrıca, bir elektrikli fan da, iç hava akışının doğal konveksiyonu yerine zorlanmış taşınım sağlamak ve termal verimliliği daha da artırmak için kolektör sistemine eklenmiştir.

Kolektörün tasarım optimizasyonu, sistemin farklı konfigürasyonlarını karşılaştırmayı ve en uygun çözümü bulmayı gerektirir. Bu nedenle araştırmanın temel amacı, kolektörün hava giriş yerlerine göre termal performansının HAD analizi aracılığıyla araştırılmasıdır. HAD analizi, çeşitli radyasyon seviyeleri altında farklı debiler için ve farklı hava giriş yerlerine göre gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları karşılaştırmış, hava giriş yerinin, farklı ışınım ve debiler için kolektörün termal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Akış Koşulları, Türbülans ve Radyasyon Modelinin Seçilmesi

Bu çalışmada, iç geometrisi altıgen balpeteği olan güneş hava kolektörünün hava akışının hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) simülasyonu ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Alüminyum balpetekli soğurucu yüzeye sahip hava kolektörünün simülasyon çalışması, kütle akış hızı, güneş radyasyonu ve giriş hava sıcaklığı değiştirilerek, farklı giriş koşulları altında gerçekleştirilmiştir. HAD simülasyonunun doğruluğunun belirlenmesi için birçok araştırmacı tarafından doğrulanmış türbülans metotları kullanılmıştır [17], [18], [19]. Çalışmanın nihai amacı analizi yapılacak güneş hava kolektörünün ısı transferi performansını ve termal enerji kullanımını en üst seviyelere çıkaracak tasarım geliştirmek, farklı hava akış hızları altında kolektörün genel termal verimliliğini artırmak ve en yüksek verim elde etmek için optimum radyasyon ve hava akış hız değerlerini bulmaktır. Bu amaçla alüminyum balpeteği geometrisinin (700 x 515 mm) termal özelliklerinin simülasyona dayalı analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı akış koşulları altında gerçekleştirilmiş hesaplamalı çalışmanın sonuçlarının gerçekliğini onaylamak, akışın geometri parametrelerinin termal performans üzerindeki etkisini analiz etmek için uygun bir türbülans modeli seçilmelidir. Tasarım çalışmaları yapılmış,

merkezi ve kenar hava çekişli kollektörün 3 boyutlu sıvı akış analizi için, SST k- ω ve Realizable k- ω türbülans çözücü model olarak seçilmiştir [19].

Modelleme sürecinin önemli aşaması uygun bir radyasyon modeli uygulamaktır. Analiz çalışmasında radyasyon yoğunluğunu hesaplamak, akış ve ısı transferinin çeşitlerini birleştirmek için DO (Discrete Ordinates) radyasyon modeli ve Güneş Işını Takip (Solar Ray Tracing) alt modeli kullanılmıştır [20].

Yönetim Denklemleri

Bir HAD analizinde ısı transferi, hava akışı, enerji ve kütle denklemleri ile nihai bir sonuca ulaşılır. Bunun yanı sıra analiz sonuçları başlangıç ve sınır koşullarına bağlıdır. Bu çalışmada yapılan analizler sonlu hacimler yöntemi kullanılarak ANSYS Fluent 2020 R2 yazılımı üzerinden yapılmıştır.

Süreklilik denklemi genellikle yük, kütle, enerji ve momentumun korunmasını tanımlar ve şu şekilde yazılır [21]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) \quad (1)$$

Kütle korunum denklemi şu şekildedir [21]:

$$\frac{\partial \rho_f u}{\partial x} + \frac{\partial \rho_f v}{\partial y} + \frac{\partial \rho_f w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

Momentum korunumu ise [21]:

$$u \frac{\partial \rho_f u}{\partial x} + v \frac{\partial \rho_f u}{\partial y} + w \frac{\partial \rho_f u}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$u \frac{\partial \rho_f v}{\partial x} + v \frac{\partial \rho_f v}{\partial y} + w \frac{\partial \rho_f v}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

$$u \frac{\partial \rho_f \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \rho_f \omega}{\partial y} + w \frac{\partial \rho_f \omega}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} \right) + \rho_f g \quad (5)$$

Enerji denklemi aşağıdaki gibidir [21]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho E) + \nabla \cdot (\rho E + p) \vec{v} = \nabla \cdot k_{eff} \nabla T + S_h \quad (6)$$

Akışkan bölgesi için enerji korunumu ise [21]:

$$u \frac{\partial \rho_f c_{pf} T_f}{\partial x} + v \frac{\partial \rho_f c_{pf} T_f}{\partial y} + w \frac{\partial \rho_f c_{pf} T_f}{\partial z} = \lambda_f \left(\frac{\partial^2 T_f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_f}{\partial z^2} \right) - \nabla \cdot q_{rad} \quad (7)$$

SST k- ω modeli için taşınım denklemi şöyle ifade edilir [21]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \epsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} C_{3\epsilon} G_b + S_\epsilon \quad (9)$$

$$C_1 = \max \left[0.43, \frac{\eta}{\eta + 5} \right], \rightarrow \eta = S \frac{k}{\epsilon}, \rightarrow S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}} \quad (10)$$

$$(C_{1\epsilon} = 1.44), (C_2 = 1.9), (\sigma_k = 1.0), (\sigma_\epsilon = 1.2)$$

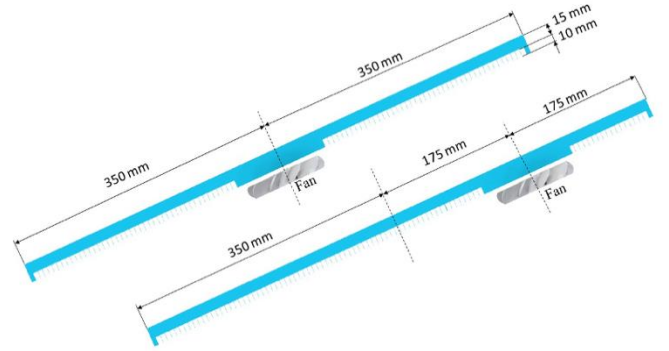
Radyasyon transfer denklemi ise [21]:

$$\nabla \cdot (I_{(\vec{r}, \vec{s})} \vec{S}) = -(a_f + \sigma_{sca}) I_{(\vec{r}, \vec{s})} + a_f n^2 \frac{\sigma T_f^4}{\pi} + \frac{\sigma_{sca}}{4\pi} \int_{4\pi} I_{(\vec{r}, \vec{s}')} \Phi(\vec{s}, \vec{s}') d\Omega \quad (11)$$

Bu denklemler ANSYS Fluent 2020R2 yazılımı ile çözülmüştür.

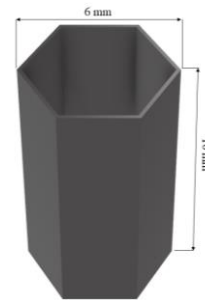
2.3. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Modeli

Bu çalışmada, hava fanının konumuna göre çeşitlendirilmiş 2 tip güneş hava kollektörü tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan tasarımların kesitsel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir. Analizleri gerçekleştirilen tasarımların ölçüleri, yapılan araştırmalar sonucunda (515x700x55 mm) belirlenerek havayı alt taraftan delikli plaka yardımıyla çekek şeklinde tasarlanmıştır. [22]. Kollektörlerin absorber yüzeyini 10 mm yükseklik ve 6 mm petek genişliğinde alüminyum balpeteği oluşturmaktadır (Şekil 2). Alüminyum balpeteği yapısı ısı transfer yüzeyinin artırılması için kullanılmıştır. Kollektörün üst tarafında düşük demirli temperli cam bulunmaktadır. Analiz sürecinde kollektörün kenarlarındaki ısı kayıpları dikkate alınmamıştır. Alüminyum balpeteği, temperli cam, giriş ve çıkış kısımları sayısal analizi yapılmış kollektörün çözüme etki eden kısımlarıdır.



Şekil 1. Güneş hava kollektörünün yan kesit görünümü

Analizi yapılacak tasarımlar çözüm ağı modellemesi ANSYS Meshleme aracı yardımıyla oluşturulmuştur. Kollektörün üst yüzeyi, güneş ışınlanmasının etki alanına girdiği yarı saydam bir sınır duvarıdır. Alüminyum balpeteği ise ona ulaşan ışınımın enerjisini absorbe ederek havaya aktaran etki alanı olarak belirlenmiştir. Analiz süresinin kısaltılması amacı ile alüminyum balpeteğinin sadece dış yüzeyleri çözüme dahil edilmiştir.



Şekil 2. Alüminyum balpeteği hücre ölçüleri

Tablo 1. Malzeme özellikleri

	Yoğunluk kg/m ³	Özgül ısı J/kg·K	Termal iletkenlik W/m·K
Alüminyum	2719	871	202.4
Cam	2530	210	0,937
Hava	1.225	1006	0.0242

2.3.1 Başlangıç ve Sınır Koşulları

Bu çalışmada kabul edilmiş sınır koşulları, analizi kolaylaştırmak ve analiz süresini kısaltmayı amaçlamaktadır. Analiz süresi boyunca kabul edilmiş sınır koşulları bu kısımda belirtilecektir.

Analiz süreci boyunca kullanılan kabul ve sınır koşulları aşağıdaki gibidir:

- Hava akışı 3B kabul edilmiştir,
- Giriş sıcaklığı sabittir (300K),
- Yan duvarlarda ısı kayıpları tamamen izole edilmiştir,
- Türbülans viskozite oranı %10 kabul edilmiştir,
- Türbülans kayıp oranı %5 kabul edilmiştir,
- Analiz süresi sabit durum olarak kabul edilmiştir,
- Giriş ve çıkışlar kütle olarak tanımlanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Alüminyum balpeteği soğurucu yüzeye sahip güneş hava kolektörünün 2 farklı tasarımı için sıcaklık artışına bağlı olarak termal verimlilik ve soğurucu yüzeyin sıcaklık değişim sonuçları bu kısımda açıklanacaktır. Analizleri gerçekleştirilen tasarım 1'de hava çekiş fanı peteğin kenar kısmında, tasarım 2'de ise merkezde konumlandırılmıştır. Tasarım 1 için sıcaklık dağılımı Bölüm 3.1'de, tasarım 2 için ise sıcaklık dağılımı Bölüm 3.2'de sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

3.1. Tasarım 1 için sıcaklık dağılımı

Güneş hava kolektörünün kenar kısmından hava çıkışı olan tasarım 1 için 4 farklı analiz gerçekleştirilmiştir. İki farklı ışıma (600 W/m², 1000 W/m²) ve iki farklı debi (0.001kg/s, 0.015 kg/s) için gerçekleştirilen dört analiz sonucunda ulaşılan güneş hava kolektörünün sıcaklık dağılımları aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 3 incelendiğinde, güneş hava kolektörünün köşe bölgelerinde hava sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmektedir. Soğurucu yüzeyin kenarlarındaki sıcaklık 338K olurken, hava çıkış sıcaklığı 312K olduğu gözlenmiştir. Bunun esas sebebi o bölgelerin fanın çekim alanından uzak mesafede olması, hava akışının daha yavaş olması ve fan tarafından etkin şekilde çekilememesidir. Şekil 4'deki analiz sonuçları incelendiğinde hava debisinin yüksek olması sonucunda soğurucu yüzeyin fandan uzak olan orta kısımlarında hava yüzey sıcaklığını tam olarak soğurmamıştır. Şekil 5 için soğurucu yüzey sıcaklığı köşe kısımlardan fana doğru azalmıştır. Bunun sebebi diğer analiz sonuçlarındaki gibi o kısımların fanın çekim alanından uzak kalmasıdır. Şekil 6 için analiz sonuçlarına bakıldığında ise diğer analiz sonuçları ile neredeyse aynı performans gösterdiği görülmüştür. Kenar kısımlardan fana doğru yüzey sıcaklığındaki düşüş, fanın çekim alanı kapsamındaki havanın ısıyı daha iyi soğurulduğu sonucu çıkarılabilir.

2.4. Termal verimliliğin hesaplanması

Güneş hava kolektöründeki faydalı enerji havanın giriş (T_i) ve çıkış (T_o) sıcaklıklarına bağlı olarak değişir [23].

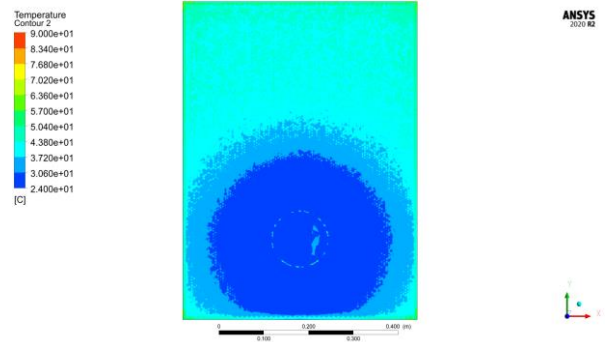
$$Q_u = \dot{m}c_p(T_o - T_i) \quad (12)$$

Burada, \dot{m} kolektörden geçen havanın kütle akış hızı (kg/s), c_p ise havanın özgül ısıdır (J/kgK).

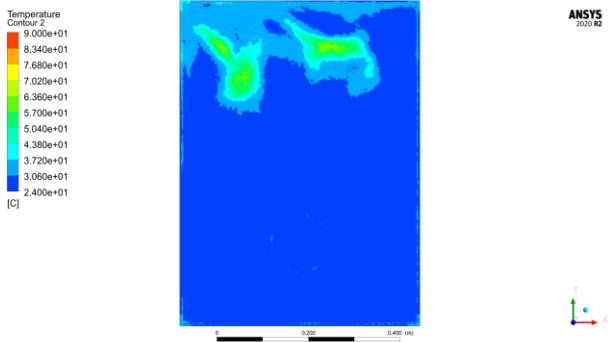
Termodinamiğin birinci yasasına bağlı olarak, güneş hava kolektörünün termal verimliliği aşağıdaki denklem ile hesaplanır [23]:

$$\eta_{termal} = \frac{\dot{m}c_p(T_o - T_i)}{IA_s} \quad (13)$$

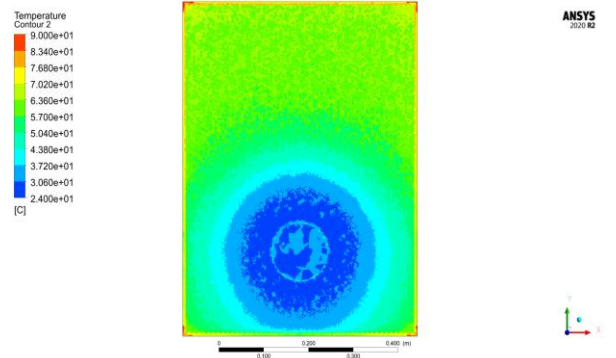
Burada, I toplamı yüzeye gelen güneş radyasyonu (W/m²), A_s ise kolektörün üst şeffaf yüzey alanıdır (m²).



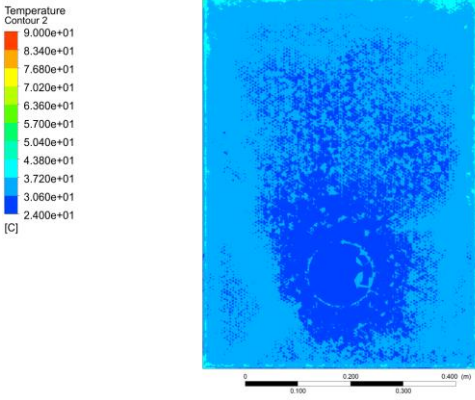
Şekil 3. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (1000 W/m² ışıma ve 0.01 kg/s debi)



Şekil 4. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (600 W/m² ışıma ve 0.01 kg/s debi)

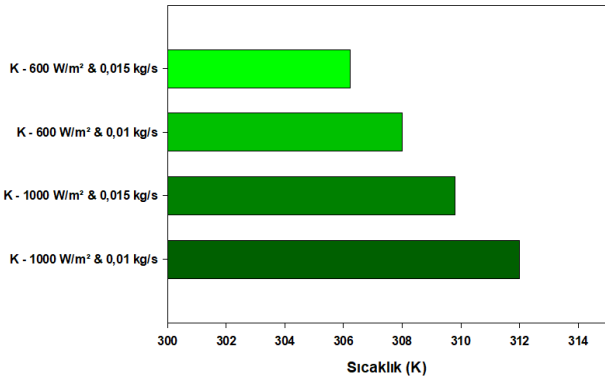


Şekil 5. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (1000W/m² ışıma ve 0.015 kg/s debi)

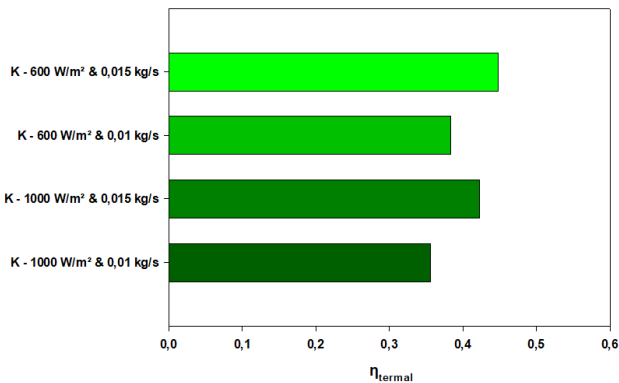


Şekil 6. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (600W/m² ışınlım ve 0.015 kg/s debi)

Elde edilen bulgular güneş hava kolektöründen en yüksek sıcaklık çıkışına, 1000W/m² ışınlım ve 0.01kg/s kütle debisi için gerçekleştirilen analizde ulaşıldığını göstermektedir (Şekil 7). Ancak termal verimlilik hesaplamaları sonucunda en düşük termal verimliliğin yine 1000W/m² ışınlım ve 0.01kg/s kütle debisi için yapılan analizde olduğu görülürken, en yüksek termal verimliliğin ise 600 W/m² ışınlım, 0,015 kg/s debi için gerçekleştirilen teste ait olduğu görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 7. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe çıkış sıcaklığı değişimi



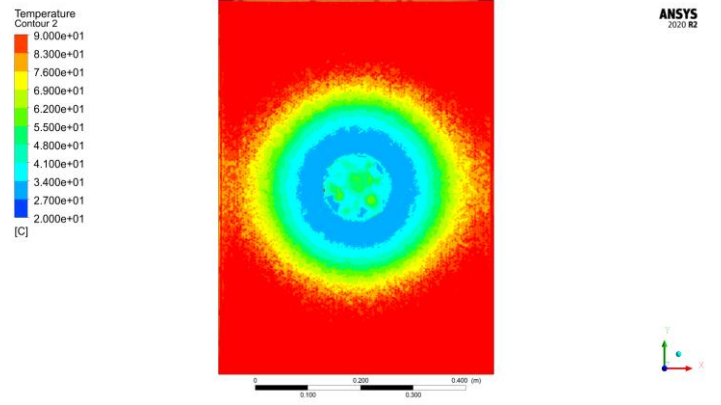
Şekil 8. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe termal verimlilik değişimi

3.2. Tasarım 2 için sıcaklık dağılımı

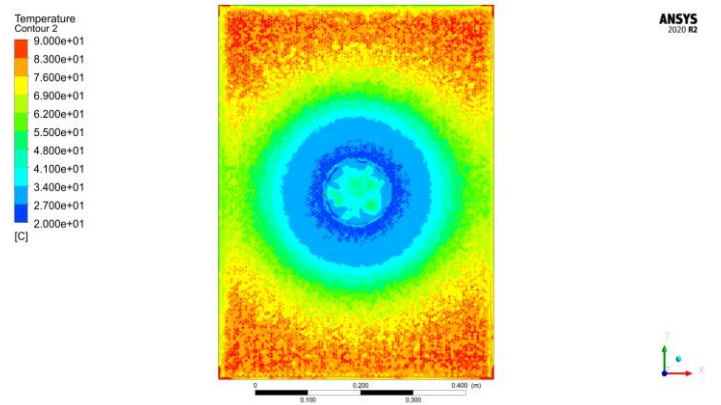
Güneş hava kolektörünün merkez kısmından hava çıkışı olan tasarım 2 için ise, farklı ışınlım (600 W/m², 1000 W/m²) ve farklı debiler (0.001kg/s, 0.015kg/s) için 4 farklı analiz

gerçekleştirilmiş ve bu analizlere ait güneş hava kolektörünün sıcaklık dağılımları aşağıda gösterilmiştir.

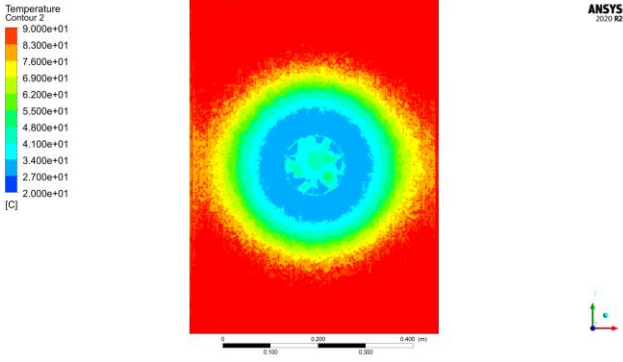
Şekil 9 incelendiğinde özellikle 1000 W/m² ışınlım, 0,01 kg/s debi ve 600 W/m² ışınlım, 0,015 kg/s debi için yapılan analizlerde, kolektörün köşeleri ile fan çevresi arasındaki sıcaklık farkının oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Merkez çekişli kolektörde köşelerdeki havanın neredeyse çıkışa ulaşamadığı yorumu yapılabilir. Şekil 10'daki analiz sonuçları incelendiğinde diğer merkezi fan çekişli kolektörlerle aynı performans değerleri gösterdiği görülmüştür. Fakat 600 W/m² altında soğurucu yüzeyin kenar kısımlarında sıcaklık değerinin 358 K olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda çıkış sıcaklığı 308 K'e ulaşmıştır. Şekil 11 için yapılan analiz sonuçlarında ise 1000 W/m² ışınlım değeri altında kolektörün soğurucu yüzeyinin kenar kısımlarından merkeze doğru büyük bir kısmında sıcaklık değeri 360 K'e ulaşmıştır. Sonuç olarak fanın kapsama alanında çekilen havanın fana yakın yüzeylerde ısıyı daha iyi soğurduğu görülmüştür. Sonuç olarak çıkış sıcaklığı 309K'e ulaşmıştır. Şekil 2'deki analiz sonuçlarından görüldüğü gibi 600 W/m² ışınlım değeri altında soğurucu yüzeyin kenar kısımlarındaki ısı tam olarak soğurulamamıştır. Kenar kısımlarda soğurucu yüzeyin en yüksek sıcaklık değeri 338K iken çıkış sıcaklığının 306K olduğu görülmüştür.



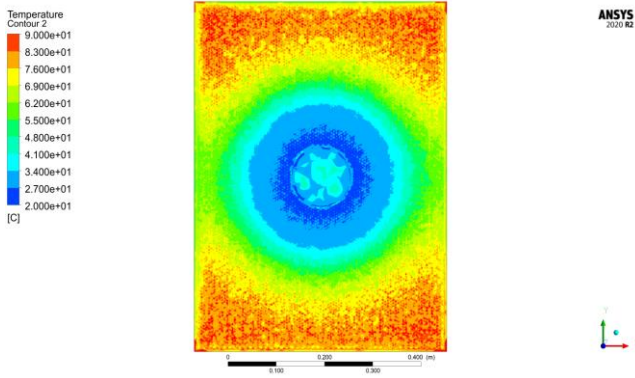
Şekil 9. Merkez hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi(1000W/m² ışınlım ve 0.01 kg/s debi)



Şekil 10. Merkez hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi(600W/m² ışınlım ve 0.01 kg/s debi)

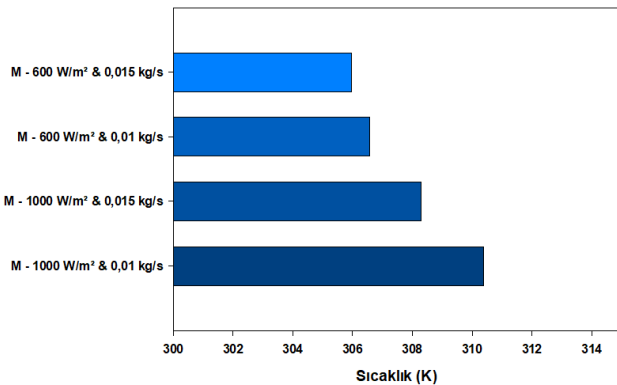


Şekil 11. Merkez hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (1000W/m² ışınım ve 0.015 kg/s debi)

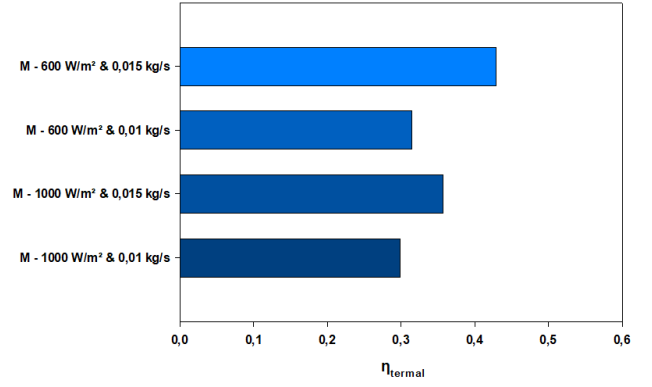


Şekil 12. Merkez hava çekişli güneş hava kolektöründe soğurucu yüzeyin sıcaklık değişimi (600W/m² ışınım ve 0.015 kg/s debi)

Güneş hava kolektörünün hava çıkışının kolektör merkezinden olduğu durumda, kolektörden çıkan havanın en yüksek olduğu sıcaklığın 1000 W/m² ışınım ve 0,01 kg/s debide gerçekleştirilen analize ait olduğu görülmüştür (Şekil 13). En yüksek termal verimde yine tasarım 1 gibi 600 W/m² ışınım ve 0,015 kg/s debi için gerçekleştirilen analizde bulunmuştur (Şekil 14).



Şekil 13. Merkezi hava çekişli güneş hava kolektöründe çıkış sıcaklığı değişimi



Şekil 14. Kenar hava çekişli güneş hava kolektöründe termal verimlilik değişimi

4. Sonuç

Bu çalışmada, bir güneş hava kolektörü tasarımının hava çıkış yerine göre HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizleri gerçekleştirilmiştir. Güneş hava kolektörünün verimini artırmak için balpeteği geometrisine sahip bir alüminyum soğurucu plaka kullanılmıştır. Isı transferi ve hava akış özelliklerini incelemek için merkez ve kenar hava çekişli güneş hava kolektörü üzerine HAD analizleri yapılmış, farklı ışınım ve kütle debileri altında sistemin optimum çalışma aralıkları belirlenerek merkez ve kenar hava çekişli kolektörlerin tasarım karşılaştırılması yapılmıştır.

Farklı ışınım ve hava debileri için analizleri gerçekleştirilen 2 farklı tasarıma sahip güneş hava kolektöründen elde edilen bulgular değerlendirildiğinde;

- En yüksek hava çıkış sıcaklığına, 1000 W/m² ışınım ve 0,01 kg/s debi için kenar kısımdan hava çekişli tasarım 1'de, en düşük hava çıkış sıcaklığına, 600 W/m² ışınım ve 0,015 kg/s debi için merkez kısımdan hava çekişli tasarım 2'de ulaşılmıştır.
- En yüksek termal verimliliğe, 600 W/m² ışınım ve 0,015 kg/s debi için kenardan hava çekişli tasarım 1'de, en düşük termal verimliliğe 1000 W/m² ışınım ve 0,01 kg/s debi için merkezden hava çekişli tasarım 2'de ulaşılmıştır.
- Her iki tasarımda köşe bölgelerde hava akışının yetersiz olduğu ve bu nedenle hem analizde hem de tasarımda optimizasyon yapılabileceği görülmüştür.

İlerleyen çalışmalarda, bu çalışma kapsamında önerilen güneş hava kolektörünün HAD analizi, farklı alüminyum balpeteği hücre büyüklükleri ve soğurucu katman kalınlığı, daha geniş ışınım ve debi aralıklarını da içerecek şekilde genişletilecektir. Analiz sonuçlarına göre alüminyum soğurucu katmana sahip güneş hava kolektör prototipleri üretilecektir. Üretilecek güneş hava kolektörlerinin deneysel çalışmaları karşılaştırmalı olarak yapılacaktır. Elde edilen deneysel sonuçlar simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılarak ayrıca model iyileştirmeleri de gerçekleştirilecektir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Birimi tarafından 2113MER03003 No.lu proje ile desteklenmiştir.

Ayrıca, bu makale YTB'nin 'Danışmanınla Tarihe Not Düş!' projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Parlamiş, H., Özden, E., & Büker, M. S. (2021). Experimental performance analysis of a parabolic trough solar air collector with helical-screw tape insert: A comparative study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101562.
- [2] Buker, M. S., & Riffat, S. B. (2015). Building integrated solar thermal collectors—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 327-346.
- [3] Kumar, R., & Chand, P. (2018). Performance prediction of extended surface absorber solar air collector with twisted tape inserts. *Solar Energy*, 169, 40-48.
- [4] Alkilinç, H., & Büker, M. S. (2021, June). Performance Assessment of Partially Shaded PV Modules With Microcracks. In *2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [5] Zhao, Y., Meng, T., Jing, C., Hu, J., & Qian, S. (2020). Experimental and numerical investigation on thermal performance of PV-driven aluminium honeycomb solar air collector. *Solar Energy*, 204, 294-306.
- [6] Hu, J., & Zhang, G. (2019). Performance improvement of solar air collector based on airflow reorganization: A review. *Applied Thermal Engineering*, 155, 592-611.
- [7] Kabeel, A. E., Khalil, A., Shalaby, S. M., & Zayed, M. E. (2016). Investigation of the thermal performances of flat, finned, and v-corrugated plate solar air heaters. *Journal of Solar Energy Engineering*, 138(5), 051004.
- [8] Sudhakar, P., & Cheralathan, M. (2019). Thermal performance enhancement of solar air collector using a novel V-groove absorber plate with pin-fins for drying agricultural products: an experimental study. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1-12.
- [9] Tuncer, A. D., Sözen, A., Khanlari, A., Amini, A., & Şirin, C. (2020). Thermal performance analysis of a quadruple-pass solar air collector assisted pilot-scale greenhouse dryer. *Solar Energy*, 203, 304-316.
- [10] Gao, W., Lin, W., Liu, T., & Xia, C. (2007). Analytical and experimental studies on the thermal performance of cross-corrugated and flat-plate solar air heaters. *Applied Energy*, 84(4), 425-441.
- [11] Priyam, A., & Chand, P. (2018). Effect of wavelength and amplitude on the performance of wavy finned absorber solar air heater. *Renewable energy*, 119, 690-702.
- [12] Zhao, Y., Meng, T., Jing, C., Hu, J., & Qian, S. (2020). Experimental and numerical investigation on thermal performance of PV-driven aluminium honeycomb solar air collector. *Solar Energy*, 204, 294-306.
- [13] Abuşka, M., Şevik, S., & Kayapınar, A. (2019). Experimental analysis of solar air collector with PCM-honeycomb combination under the natural convection. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 195, 299-308.
- [14] 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 *e-ISSN: 2148-2683*
- Bangi, Malaysia. *Case studies in thermal engineering*, 12, 587-599.
- [15] Fudholi, A., Zohri, M., Rukman, N. S. B., Nazri, N. S., Mustapha, M., Yen, C. H., ... & Sopian, K. (2019). Exergy and sustainability index of photovoltaic thermal (PVT) air collector: A theoretical and experimental study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 44-51.
- [16] Kareem, M. W., Habib, K., Sopian, K., & Irshad, K. (2016). Performance evaluation of a novel multi-pass solar air heating collector. *Procedia engineering*, 148, 638-645.
- [17] Afshari, F., Zavaragh, H. G., Sahin, B., Grifoni, R. C., Corvaro, F., Marchetti, B., & Polonara, F. (2018). On numerical methods; optimization of CFD solution to evaluate fluid flow around a sample object at low Re numbers. *Mathematics and Computers in Simulation*, 152, 51-68.
- [18] Sözen, A., Kazancıoğlu, F. Ş., Tuncer, A. D., Khanlari, A., Bilge, Y. C., & Gungor, A. (2021). Thermal performance improvement of an indirect solar dryer with tube-type absorber packed with aluminum wool. *Solar Energy*, 217, 328-341.
- [19] Ahsan, M. (2014). Numerical analysis of friction factor for a fully developed turbulent flow using k-ε turbulence model with enhanced wall treatment. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, 3(4), 269-277.
- [20] Rajarajeswari, K., Alok, P., & Sreekumar, A. (2018). Simulation and experimental investigation of fluid flow in porous and non-porous solar air heaters. *Solar Energy*, 171, 258-270.
- [21] Alic, E., Das, M., & Akpınar, E. K. (2021). Design, manufacturing, numerical analysis and environmental effects of single-pass forced convection solar air collector. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127518.
- [22] Solar Air Collector, Solar Venti, [SV3 Air - Up to 25m² - SolarVenti Ltd.](#) (17.11.2021)
- [23] Kumar, A., & Layek, A. (2019). Energetic and exergetic performance evaluation of solar air heater with twisted rib roughness on absorber plate. *Journal of Cleaner Production*, 232, 617-628.