

Parabolik Oluklu Güneş Kolektörü Tasarımları

S.C. Ulucan¹ ve O. Özsolak^{2*}

¹İmalat Mühendisliği Bölümü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye

²Elektrik ve Enerji Bölümü, Kayseri Üniversitesi, Türkiye

*(onurozsolak@kayseri.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 21 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

ATIF/REFERENCE: Ulucan, S. C. & Özsolak, O. (2023). Parabolik Oluklu Güneş Kolektörü Tasarımları. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 459-463.

Özet – Güneş enerjisi çevre dostu bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Sürdürülebilir enerji üretimi için kullanılacak çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri arasında güneş enerjisi, kaynak potansiyeli nedeniyle en uygun seçeneklerden biri olarak kabul edilebilir.

Parabolik oluklu güneş kolektörü (PTC), 80–400 °C'de çalışan yüksek sıcaklık üreten bir teknolojidir. PTC sistemi genellikle aynalardan yapılmış ve parabol şeklinde tasarlanmış bir oluk içermektedir. Parabolik oluk odak çizgisinde, bir cam zarfla çevrili metalik ısı toplama elemanı emici tüp bulunur. Bu emici tüp çeşitli seçici kaplamalarla kaplanabilir. Bir parabolik oluklu güneş kolektörü, emici boruya ulaşan doğrudan normal ışınımı kullanarak bunu termal enerjiye dönüştürür. Tipik bir PTC, güneş ışınımını odak çizgisinde bulunan bir emici tüpe odaklayan parabolik bir ayna içerir. Emici tüp, genellikle güneş radyasyonu emilimini artırmak için dış yüzeyinde bir kaplama bulunan metalik bir tüpten oluşur. Soğurulan enerji, boru kalınlığının içine doğru iletimle ve ardından konveksiyon yoluyla borunun içinde akan bir ısı transfer sıvısına (HTF) aktarılır.

PTC'nin etkinliğini artırmak için birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada PTC'nin etkinliğini artırmak için çeşitli emici boru tasarımları incelenerek bu tasarımların toplayıcı termal verimine etkisi araştırılmıştır. PTC'lerin performanslarının iyileştirilmesi için çeşitli tasarım örnekleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Parabolik Oluklu Güneş Kolektörleri, Verim, Enerji, Güneş Kolektörleri, Güneş Enerjisi

I. GİRİŞ

Günümüzün en güvenilir, en temiz ve ulaşılabilir alternatif enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin alternatif biçimleri çevreye en az zararı verir. Bu dönemde fosil yakıtların tükenmesi ve elektrik maliyetlerinin artması nedeniyle yenilenebilir kaynakların kullanılmasını talep edilmektedir. Ayrıca, bu yenilenebilir kaynakların aksine, fosil yakıtlar CO₂ yayar. Bu nedenle alternatif kaynakların kullanılması sera gazlarının azaltılmasına ve iklim ısınmasının önlenmesine yardımcı olur [1].

Küresel enerji tüketim oranına dayalı olarak, küresel enerjinin %86'sı fosil yakıtlara olan gereksinimde sürekli bir artış gerektiren fosil yakıtlardan üretiliyor. Sonuç olarak, fosil yakıtlardan kaynaklanan CO_x ve NO_x emisyonları küresel ısınmayı önemli ölçüde etkiler. Bu durum, eş zamanlı olarak sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltmak için yenilenebilir enerji teknolojisinin geliştirilmesini gerektirmektedir [2].

Ekolojik tahribat ve çevre kirliliği acilen alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasını ve yenilenebilir enerjilere odaklanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Yenilenebilir enerji, fosil yakıtların tükenmesi ve küresel ısınma gibi güncel sorunları çözmek için en gerçekçi alternatif kaynaklardan biridir. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerjinin en önemli ve bol olanlarından biridir. Bu nedenle güneş enerjisi, yaklaşan enerji krizi nedeniyle daha fazla ilgi görmektedir [3].

Günümüzde, enerji talepleri ve çevresel kaygılar artmaktadır. İnsanlar, fosil yakıtlara alternatifler arıyor. Bu alternatiflerden biri güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin doğası gereği, güneş ışınımını toplamak ve onu diğer enerji biçimlerine dönüştürmek için toplayıcı ve depolama sisteminin iki ana bileşenine ihtiyaç vardır. Lineer parabolik oluklu kollektör bir parabolik yoğunlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı boyunca yerleştirilmiş bir soğurucu tüpten oluşur. Güneş ışınları ayna tarafından tüp içinde yoğunlaştırılır ve tüp içinden akan sıvı ısıtılır. Bu kollektör tipi, sıcaklık sınıflandırmasında yüksek sıcaklık kollektörü olarak sınıflandırılır ve 50 ile 400 °C arasında ısı üretebilir [4].

Mustafa, J. vd., çalışmalarında üç ve dört kanallı bükümlü bant ve su-bakır oksit (CuO) nanoakışkan kullanılan parabolik güneş kollektörünün emici tüpünü analiz etmişler [5].

Aghaei, A. vd., lineer parabolik kollektörlerin soğurucu tüplerinde kanatçıklar ve sarmal şeritlerin aynı anda kullanımını incelenmiştir. Bu parametrelerin kullanılmasının parabolik kollektör yutucu boru içerisindeki akışkanın termal ve hidrolik bileşenleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Parabolik güneş kollektörlerinin soğurucu tüplerinde sarmal bantlar (türbülötörler) ve dikdörtgen kanatçıklar kullanımının etkisini sayısal olarak simüle etmişler [6].

Mustafa, J. vd., çalışmalarında enerji verimliliği bakış açılarıyla parabolik oluklu güneş kollektörü (PTSC)'ler için optimum bir konfigürasyon elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu araştırmada, nanoakışkan kullanımının farklı etkileri, yeni bir PTSC için analiz edilmiştir [7].

Vengadesan, E. vd., çalışmalarında alıcı ile ısı transfer akışkanı (HTF) arasındaki ısı transfer yüzey alanını arttırmak, akışkanın daha uzun süre akmasını sağlamak ve akış türbülansı oluşturmak için ince kanatçıklar oluşturulmuştur. Daha fazla ısı transferi ve yüzey teması nedeniyle toplam ısı absorpsiyonu daha yüksek olabilir. Dolayısıyla bu çalışma, maksimum ısı transferi için akışkan akış kalış süresini arttırmayı, akışkanın alıcının alt yüzeyi ile daha fazla yüzey temasına sahip olmasını

ve ısı transfer alanını arttırmayı amaçlamaktadırlar [8].

Abidi, A. vd., bir parabolik oluklu güneş kollektörünün termal ve hidrolik verimi araştırmışlar. Toplayıcı emici tüp, %1, %2 ve %4'lük üç nanoparçacık hacim fraksiyonuna sahip su-bakır oksit nanoakışkan içeren dairesel deliklere sahip bükümlü bant ile donatılmıştır. Üç modda ($d/W = 0.5, 0.7, 0.9$) daire çapının bükümlü bantın genişliğine oranı için dairesel delikler oluşturulmaktadır [9].

Shaker, B. vd., lineer bir parabolik kollektörün performansını iyileştirmek için, farklı konsantrasyonlarda Al_2O_3 -syltherm yağ nanoakışkanı ve yeni flanş şekilli türbülötörlerin kullanılmasının termal etkilerini araştırmışlar [10].

Almitani, K.H. vd., bükümlü türbülötör ve su bazlı MWCNT-MgO hibrit nanoakışkanın termal-hidrolik performansını incelenmişler [11].

Abidi, A., çalışmasında Therminol 66- Fe_3O_4 nanopartikül hacim oranı (NPVF)'si %1, %2 ve %4 olan nanoakışkan (NF)'ler kullanmış. Türbülanslı akış simülasyonları, 15000, 25000 ve 35000'lik üç Re'de RNG k- ϵ modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir [12].

Samiezadeh, S. vd., hibrit Cu- Al_2O_3 nanoparçacık ilavesinin alıcı tüpü tamamen gözenekli malzemelerle dolu olan kanatlı parabolik oluklu kollektör (PTC)'lerin ısı transferi ve sürtünme özellikleri üzerindeki etkisini incelemektedir. Kollektör tüpünün alt tarafında (maksimum termal akı olan taraf) $45^\circ, 0^\circ$ ve 315° 'de üç uzunlamasına kanatçık yerleştirilmesinin, sürtünmeyi önemli ölçüde arttırmadan PTC'nin termal performansı üzerinde belirgin bir etkisi olduğu bulunmuştur [13].

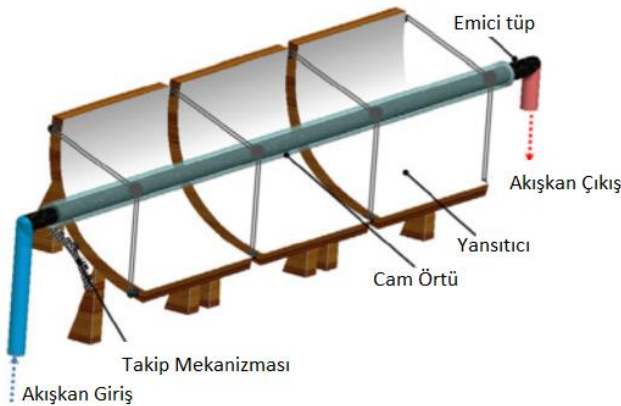
Bu çalışmada parabolik oluklu güneş kollektörü tasarımları incelenerek farklı parametrelerin kollektör verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca PTC'nin etkinliğini artırmak için çeşitli emici boru tasarımları incelenerek bu tasarımların toplayıcı termal verimine etkisi araştırılmıştır. PTC'lerin performanslarının iyileştirilmesi için çeşitli tasarım örnekleri incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemlerdir. Yansıtıcı yüzey üzerine düşen direkt güneş ışınları, yansıtıcı yüzey malzemesinin güneş ışınları soğurma, yansıtma ve yansıtma katsayısı, yansıtıcı yüzeyin

tasarım (geometrik) hataları gibi nedenlerle optik kayıplara uğrayarak yansıtılır [14].

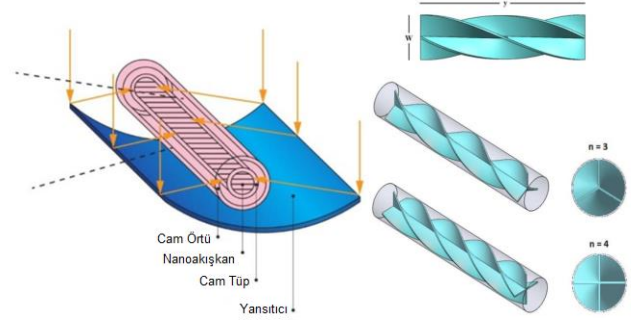
Yansıtıcı yüzeyden yansıtılan (yoğunlaştırılan) ışınlar, sistemin odağında yer alan ve kollektör boyunca uzanan emici kısma gelir. Emici kısım cam örtü ve emici borudan oluşur. Cam örtü, yoğunlaştırma işlemi sonucunda sıcaklığı yükselmiş emici borudan çevre ortama ısı transferini azaltmak amacıyla emici boru çevresini kaplayacak şekilde yerleştirilir. Cam örtü malzemesinin güneş ışınları geçirgenliği yüksek, güneş ışınlarını yansıtıcılığı düşük olmalıdır. İç kısmında emici borudaki sıcaklık artışından dolayı yüksek ısılarla ve emici boruyu çevrelediğinden onu dış ortamlara karşı (toz, dolu...) koruma görevi de görür. Bu yüzden darbelere dayanıklı olmalıdır. Emici boru malzemesi yansıtıcılığı düşük geçirgenliği yüksek ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Emici borunun yansıtıcılığını düşürmek için üzeri selektif yüzey malzemesi ile kaplanır [14]. Şekil 1’de bir parabolik oluklu güneş kollektörü tasarımı görülmektedir.



Şekil 1. Parabolik oluklu güneş kollektörü tasarımı [15]

Literatürde bulunan emici boru tasarımlarından bazıları aşağıda sunulmuştur.

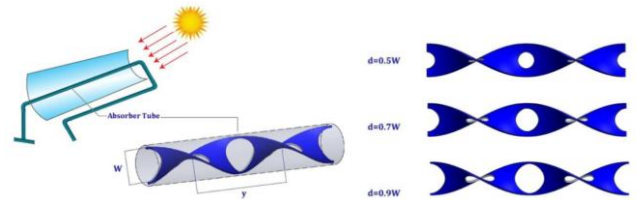
Mustafa, J. vd., çalışmalarında üç ve dört kanallı bükümlü bant ve su-bakır oksit (CuO) nanoakışkan kullanılan parabolik güneş kollektörünün emici tüpünü analiz etmişler [5]. Şekil 2’de Doğrusal parabolik güneş kollektörü, üç ve dört kanallı bükümlü bantla donatılmış emici tüp tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 2. Doğrusal parabolik güneş kollektörü, üç ve dört kanallı bükümlü bantla donatılmış emici tüp tasarımı[5]

Abidi, A. vd., çalışmalarında bir parabolik oluklu güneş kollektörünün termal ve hidrolik verimini araştırmışlar. Toplayıcı emici tüp, %1, %2 ve %4'lük üç nanoparçacık hacim fraksiyonuna sahip su-bakır oksit nanoakışkan içeren dairesel deliklere sahip bükümlü bant ile donatılmıştır. Üç modda ($d/W = 0.5, 0.7, 0.9$) daire çapının bükümlü bantın genişliğine oranı için dairesel delikler oluşturulmaktadır [9].

Bu çalışmada amaç, bükümlü bant kullanılarak güneş kollektörünün verimini ve termal-hidrolik davranışını arttırmaktır. Bükümlü bant uygulamasının artan basınç düşüşü üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için bükümlü bant geometrisinde delikler kullanılmıştır [9]. Delikli bükümlü bantın şekli Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. Soğurucu tüpte çeşitli çaplarda üç delikli bükümlü bantlı güneş kollektörü [9]

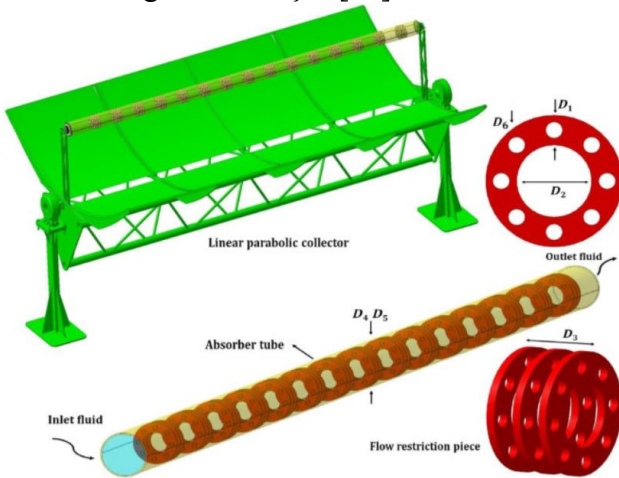
Shaker, B. vd., lineer bir parabolik kollektörün performansını iyileştirmek için, farklı konsantrasyonlarda Al_2O_3 -syltherm yağ nanoakışkanı ve yeni flanş şekilli türbülatorlerin kullanılmasının termal etkilerini araştırmışlar [10].

Bu çalışmadaki PTC, güneş ışığını bir hat üzerinde yansıtan bir tür konsantre toplayıcıdır. Bu toplayıcı, parlak ve cam veya metalden yapılmış bir parabolik yansıtıcı levhadan oluşur. Bu parabolik reflektörün odak uzunluğu boyunca, etrafı cam kaplı çelik bir soğurucu tüp yer almaktadır. Isı transfer akışkanı boru içerisinde akar ve absorban tarafından emilen ısı bu akışkana aktarılır ve ısıtılan akışkan çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Ayrıca, bu PTC,

yaklaşık olarak %75.50'lik bir optik verimliliğe sahip olan 22.74'lük bir konsantrasyon faktörüne sahiptir. Bu çalışmada, yutucu tüpte flanş biçimli türbülötörler kullanılmıştır; bu türbülötörler farklı sayılarda 10-15-20 set halinde 3 ilmek şeklinde ve arka arkaya kullanılmaktadır. Bu çalışmada tartışılan bir başka yenilik de Al_2O_3 nanoparçacıklarının Syltherm yağ bazlı sıvıda kullanılmasıdır. Emici tüplerin tasarım detayları Şekil 4'de sunulmaktadır [10].

Lineer parabolik güneş kolektöründeki ısı transferi, nanoakışkanın saf yağ sıvısı ile değiştirilmesiyle sayısal olarak simüle edilmiştir. Bu çalışmadaki ana yenilik, üç sıra ve 10, 15 ve 20 takım türbülötöre yerleştirilmiş emici borunun duvarında özel flanş şekilli türbülötörlerin kullanılmasıdır [10].

Çalışmada emici borunun çalışma sıcaklığı ortam sıcaklığına yakın ise ΔT daha düşük ve verim daha yüksek olacağı belirtilmektedir. Soğurucu duvardaki türbülötör sayısı 10'dan 20'ye çıkarsa, basınç düşüşü yaklaşık %96 artacağı ve türbülötör sayısının ve kütle akış hızının artırılması Nusselt sayısını artıracığı ve daha iyi taşınım ile ısı transfer oranını vereceği bulunmuştur [10].



Şekil 4. Emici tüplerin tasarım detayları [10]

III. SONUÇLAR

Farklı parabolik oluklu güneş kolektörü tasarımlarının termal verime ve performans iyileştirmesine katkıları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

Emici boru içerisine yerleştirilen bükülmüş bandın varlığı ısı transfer yüzeyini yoğunlaştırır, bükülü bantsız boruya kıyasla sıvı çıkış sıcaklığında bir artışa neden olur [5].

Nanopartiküllerin hacim fraksiyonunun artırılması, termal iletkenlikte bir artışa yol açar, bu

da ısı transfer hızını artırır ve sonuç olarak ortalama Nusselt sayısını artırır. Ayrıca, nanoparçacıkların hacim yüzdesindeki bir artış, iletken ısı transferini iyileştirir, böylece Nusselt sayısı artar [5].

Güneş kolektörü emici borusunda dikdörtgen kanatların ve spiral şeritlerin kullanılması, kolektörün güneş enerjisi olduğu zamana kıyasla sürtünme katsayısında önemli bir artışa neden olur. Bunun nedeni, dikdörtgen ince tanelerin ve sarmal şeritlerin yerleştirilmesinin, yüzeyle sıvı temas miktarını artırması ve dolayısıyla sürtünme katsayısını artırmasıdır [6].

Güneş kolektörü alıcı borusunda dikdörtgen kanat ve spiral şeritlerin kullanılması güneş kolektörünün ısı performansını artırmaktadır. Aslında, dikdörtgen kanatçıklar ve spiral şeritler, güçlü dönme akımları oluşturarak termal sınır tabakasını bozabilir. Bu nedenle, bu şiddetli karıştırmaya yol açar ve sonuç olarak ısı transfer katsayısını artırır [6].

Güneş kolektörü alıcı borusunda delikli bükümlü bant uygulamak, bantsız bir tüpe kıyasla Nusselt sayısını artırır. Dairesel deliğin çapı arttıkça, bükülmüş bandın her iki tarafında akış karışır ve basınç düşüşü azalır [9].

Türbülötör sayısının ve kütle akış hızının artırılması Nusselt sayısını artıracak ve daha iyi taşınım ile ısı transfer oranı elde edilecektir [10].

KAYNAKLAR

- [1] Gupta, S.K. and Saxena, A., A progressive review of hybrid nanofluid utilization in solar parabolic trough collector, Materialstoday:proceedings, Available online 28 June 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.204>
- [2] Arun, M., Barik, D., Sridhar, K.P. and Dennison, M.S., Thermal Performance of a Dimpled Tube Parabolic Trough Solar Collector (PTSC) with SiO₂ Nanofluid, International Journal of Photoenergy, Volume 2022, Article ID 8595591, 14 pages, 2022, <https://doi.org/10.1155/2022/8595591>
- [3] Al-Rabeeh, A.Y., Seres, I. and Farkas, I., Experimental investigation of parabolic trough solar collector thermal efficiency enhanced with different absorber coatings, International Journal of Thermofluids, Volume 19, August 2023.
- [4] Esmaeili, Z., Akbarzadeh, S., Rashidi S. and Valipour, M.S., Effects of hybrid nanofluids and turbulator on efficiency improvement of parabolic trough solar collectors, Engineering Analysis with Boundary Elements, Volume 148, March 2023, Pages 114-125
- [5] Mustafa, J., Alqaed, S., Sharifpur, M., Husain, S., The effect of using multichannel twisted tape and nanofluid on the absorber tube's heat transfer and the efficiency of

- a linear parabolic solar collector, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 52, Part D, 2022.
- [6] Aghaei, A., Enayati, M., Beigi, N., Ahmadi, A., Pourmohamadian, H., Sadeghi, S., Dezfulizadeh, A., Golzar, A., Comparison of the effect of using helical strips and fins on the efficiency and thermal-hydraulic performance of parabolic solar collectors, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 52, Part C, 2022.
- [7] Mustafa, J., Alqaed, S., Sharifpur, M., Numerical study on performance of double-fluid parabolic trough solar collector occupied with hybrid non-Newtonian nanofluids: Investigation of effects of helical absorber tube using deep learning, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, Volume 140, Pages 562-580, 2022.
- [8] Vengadesan, E., Thameenansari, S., Manikandan, E.J., Senthil, R., Experimental study on heat transfer enhancement of parabolic trough solar collector using a rectangular channel receiver, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Volume 135, 2022.
- [9] Abidi, A., El-Shafay, A.S., Degani, M., Guedri, K., Sajadi, S.M., Sharifpur, M., Improving the thermal-hydraulic performance of parabolic solar collectors using absorber tubes equipped with perforated twisted tape containing nanofluid, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 52, Part C, 2022.
- [10] Shaker B., Gholinia, M., Pourfallah, M., Ganji, D.D., CFD analysis of Al₂O₃-syltherm oil Nanofluid on parabolic trough solar collector with a new flange-shaped turbulator model, *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, Volume 12, Issue 2, 2022.
- [11] Almitani, K.H., Alzaed, A., Alahmadi, A., Sharifpur M., Momin, M., The influence of the geometric shape of the symmetrical twisted turbulator on the performance of parabolic solar collector having hybrid nanofluid: Numerical approach using two-phase model, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 51, 2022.
- [12] Abidi, A., Improving the efficiency of parabolic solar collector (PSC) containing magnetic nanofluid with absorber pipe equipped with square twisted turbulator, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 52, Part C, 2022.
- [13] Samiezadeh, S., Khodaverdian, R., Doranehgard, M.H., Chehrmonavari, H., Xiong, Q., CFD simulation of thermal performance of hybrid oil-Cu-Al₂O₃ nanofluid flowing through the porous receiver tube inside a finned parabolic trough solar collector, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 50, 2022.
- [14] Şanlı, G., Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörlerinin Teorik Olarak İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [15] Javidan, M., Gorji-Bandpy, M. and Al-Araji, A., Investigation and simulation of parabolic trough collector with the presence of hybrid nanofluid in the finned receiver tube, *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, Available online 7 July 2023, 100465. <https://doi.org/10.1016/j.taml.2023.100465>.