


Değişken Manyetik Alan ve Diyamanyetik Malzemeler ile Isı Eldesi

¹Arda Zaim, ^{*2}Agah Aygahoğlu

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, arda.zaim@gmail.com, 

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, agah.aygahoglu@dpu.edu.tr, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 25.01.2018

Kabul Tarihi: 29.08.2018

Öz

Bu çalışmada, hareket enerjisiyle değişken manyetik alan oluşturularak verimli bir şekilde ısı elde etmek amacıyla N35 neodyum mıknatıs ve diyamanyetik bir malzeme olan C1020 bakır alaşımını içeren düzenekle deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan deneylerde değişken manyetik alan etkisinde kalan bakırın, manyetizmanın temel kanunları olan Lenz ve Faraday Kanunları ve bunlara bağlı olarak meydana gelen Eddy Akımları sayesinde ısındığı gözlenmiştir. Devir sayısı ve mıknatıs ile malzeme arasındaki mesafe değiştirilerek, verimli ısı enerjisi elde etmek için optimum parametreler belirlenmiştir. Düzenekte 2400 d/dk hız ve 2 mm mıknatıs olan uzaklık parametrelerinde %75,8 verime ve 54,7 °C su sıcaklığına ulaşılmıştır. Sistem verimi de göz önünde bulundurularak, yöntemin alternatif enerji kaynaklı ve ekonomik bir ısıtma sistemi olarak değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Alternatif Enerji Kaynakları, Bakır Alaşımları, Isı Enerjisi, Manyetik Alan.

Heat Obtain with Variable Magnetic Field and Diamagnetic Materials

¹Arda Zaim, ^{*2}Agah Aygahoglu

¹Kütahya Dumlupınar University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, arda.zaim@gmail.com

²Kütahya Dumlupınar University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, agah.aygahoglu@dpu.edu.tr

Abstract

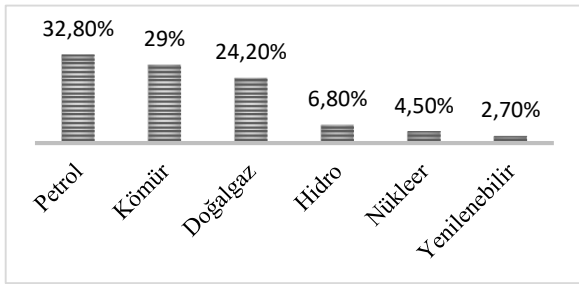
In this study, experimental studies were carried out by setting a mechanism that includes N35 neodymium magnet and diamagnetic material such as C1020 copper alloy to obtain heat with variable magnetic field from motion energy efficiently. In the experiments performed, the material exposed to the variable magnetic field were observed to be heated by the Lenz and Faraday Laws, which are the basic laws of magnetism, and the Eddy Currents formed by it's. Optimum parameters have been determined by changing the speed and the distance between the magnet and the material. In the mechanism, a speed of 2400 rpm, %75,8 of efficiency in the distance parameter to the 2 mm, and also 54,7 °C of water temperature are achieved. With taking the system efficiency into consideration, this system can be considered as an alternative energy source and an economical way of heating.

Keywords: Alternative Energy Sources, Copper Alloys, Heat Energy, Magnetic Field.

1. GİRİŞ

Artan nüfus ve gelişen teknoloji daha fazla enerji talebini gerektirmekte, bu durum ise enerji temini için yeni teknolojik yöntemlerin gerekliliğini doğurmaktadır. Yeni yöntemlerin asıl amacı; üretim ve işletme maliyetleri düşük, çevre dostu, sosyal değerlere duyarlı ve efektif bir biçimde enerjinin tedarik edilmesidir [1]. Dünya enerji gündemindeki konular şöyle sıralanabilir; enerjinin verimli kullanımı, etkin enerji yönetimi, alternatif yakıt seçenekleri ve uygulanabilirliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji kullanımının neden olduğu çevre sorunları.

Fosil yakıt rezervlerinin hızlı bir şekilde tükenmesi ve nüfus artışıyla birlikte alternatif enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır [2,3].



Şekil 1. 2015 Dünya birincil enerji tüketim oranları [3].

Şekil 1.'de görüldüğü gibi günümüzde kullanmakta olduğumuz enerjinin büyük kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Ancak fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan CO₂ gazı ciddi ve tehlikeli boyutlarda çevre sorunlarına yol açmaktadır. CO₂ gazının neden olduğu küresel ısınmanın önüne geçmek için CO₂ emisyon miktarının azaltılması gerekmektedir.

Çevreye zararlı etkisi olan ve rezervleri sınırlı olan fosil yakıtların yerine yakın gelecekte alternatif olarak kullanılacak enerji kaynaklarının bulunması bir zorunluluk haline gelecektir [4]. Bu çalışmada sonuç olarak bir sıvıyı ısıtmak amaçlanmıştır ve literatürde bir akışkanı ısıtmak amacıyla, konvansiyonel enerji kaynaklarına alternatif olarak onlarca çalışma mevcuttur. Örneğin; Chow ve arkadaşları hibrit fotovoltaik – termosifon su ısıtma sisteminin konutlarda uygulanabilirliği üzerine çalışmıştır [5].

Diğer bir çalışmalarında ise fotovoltaik su ısıtma sisteminin deneysel performansını belirlemiştir [6]. Hawlader ve arkadaşları güneş enerjisi destekli ısı pompalı su ısıtma sisteminin performansını araştırmıştır [7]. Altıntaş ve arkadaşları indüksiyon ısıtma prensibi ile çalışan mikrokontrol denetimli bir sıvı ısıtıcısı tasarlamış ve deneysel çalışmalar yapmıştır [8].

Manyetik enerji; kaynağının kısıtlı olmaması, çevreye duyarlı olması ve kullanımının tehlike oluşturmaması gibi

özellikleri sebebiyle alternatif enerji kaynakları arasında sınıflandırılmaktadır. Günümüze kadar manyetik enerji üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yuan ve arkadaşları, DZ483 alaşımına manyetik ısı işlem uygulayarak alaşımın mikroyapısını ve mekanik özelliklerini incelemiştir [9]. Teyber ve arkadaşları manyetik ısı pompalarının maliyetini düşürmek için yeni bir kalıcı mıknatıs tasarlamıştır [10]. Jacobs ve arkadaşları 2 kW soğutma gücüne sahip bir döner manyetik soğutucunun farklı akış miktarlarındaki performansını araştırmıştır [11]. Eriksen ve arkadaşları yeni bir döner manyetik soğutucu tasarlamış ve üretilen prototiple deneysel çalışmalar yapmıştır [12]. Bahl ve arkadaşları kesintisiz çalışabilen döner manyetik rejeneratör tasarlamış ve deneysel çalışmalar yapmıştır [13].

Özet olarak sunulan literatür araştırmasından, değişken manyetik alan ve bununla etkileşim altında olan diyamanyetik malzeme ile ısı elde eden ve bu ısıyı bir akışkanı ısıtmak için kullanan sistemin deneysel performans analizlerinin konu edildiği bilimsel anlamda bir araştırma olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada değişken manyetik alan ve diyamanyetik malzeme kullanılarak hareket enerjisinden ısı enerjisi elde eden ve bu ısı enerjisini bir akışkanı ısıtmak için kullanan sistemin çeşitli durumlardaki performans parametreleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

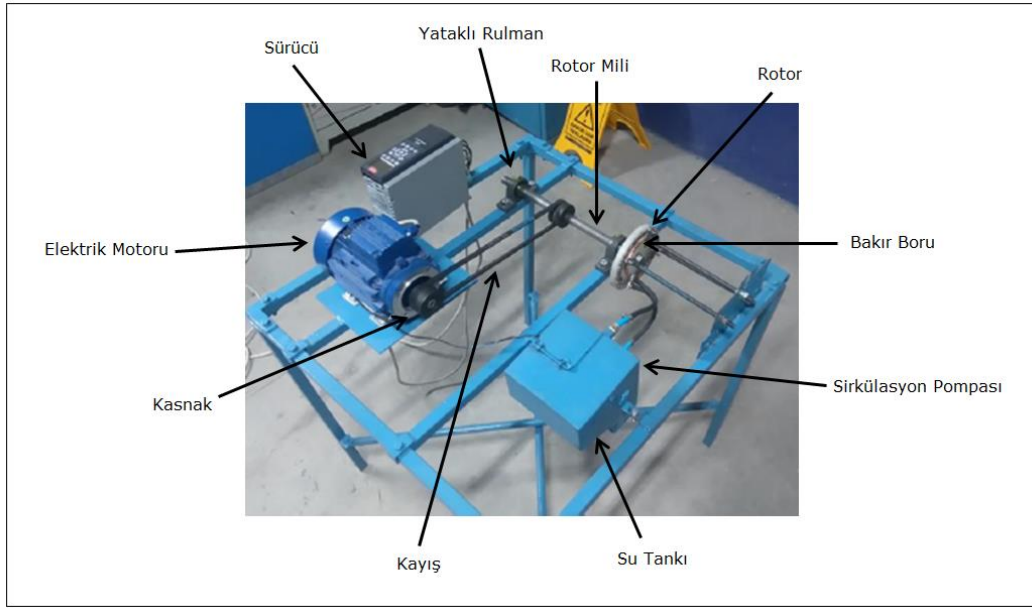
2. MATERYAL VE METOT

Değişken manyetik alan kullanılarak ısı üretilen deney düzeni Şekil 2.'de gösterilmektedir. Düzenek; Şekil 3.'te çizimi gösterilen ters kutuplu (S - N) N35 neodyum mıknatısların dizili olduğu rotor, C1020 alaşımından imal edilmiş $1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ kesit alanına sahip bakır boru, 16 lt/dk debiye sahip sirkülasyon pompası ve su tankından oluşmaktadır. Düzenek 1.1 kW gücündeki trifaz asenkron bir elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir. Elektrik motoru ise Danfoss marka frekans invertörüyle kontrol edilmektedir.

Deneysel çalışmalara başlamadan önce sisteme 2.5 lt hacminde saf su şarj edilmiştir. Sistem sırasıyla 1800, 2100 ve 2400 d/dk hızlarda çalıştırılmıştır. Sistem hızı stabil hale geldikten sonra sıcaklık ve enerji tüketim ölçümleri yapılmıştır. Bu ilk testin ardından rotor ile bakır boru arasındaki uzaklık sırasıyla 2, 4 ve 6 mm olacak şekilde testlere devam edilmiştir. Oda sıcaklığı koşullarında; sistemin hızı, elektrik motorunun enerji tüketimi, tanktaki suyun testlerden önceki ve sonraki sıcaklıkları, test süreleri kayıt edilmiştir. Sistemin hızı her testten önce invertör aracılığıyla ayarlanmıştır. Sıcaklık ölçümlerinde Loyka marka saplama problu termometre kullanılmıştır. Güç ve akım değerleri invertör üzerinde bulunan voltmetre ve ampermetrelerden okunmuştur. Testlerde kullanılan mıknatısların manyetik alan şiddetlerinin ölçümü WT-10A model teslametre ile yapılmıştır.

Sistemin performansını hesaplayabilmek için aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir;

- 12 watt gücündeki sirkülasyon pompasının enerji tüketimi ihmal edilebilir.
- Kayış – kasnak mekanizmasındaki sürtünme kayıpları ihmal edilebilir.
- Elektrik motoru %100 verimle çalışmaktadır



Şekil 2. Deney düzeneği

Sistem performansı ile ilgili parametreler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Sistemin tükettiği elektrik enerjisi (Q_E) 1 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_E = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\Phi \cdot 860 \cdot 0,33 \quad (1)$$

Burada U; iki faz iletkeni arasında ölçülen etkin gerilimi, I faz iletkeninden ölçülen etkin akımı, $\cos\Phi$; elektrik motorunun güç faktörünü, 860; kWh – kcal dönüşüm katsayısını ve 0,33; 20 dakika olan deney süresinin saat olarak değerini ifade etmektedir.

Sistemde üretilen ısı enerjisi (Q_I) 2 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_I = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2)$$

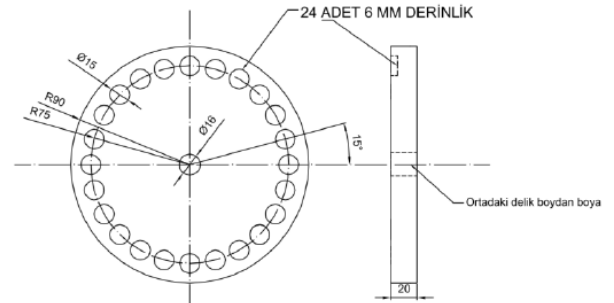
Eşitlikte m; akışkan kütleini, c; akışkanın özgül ısısını, Δt ise akışkandaki sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Sistemin verimi (η) 3 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Q_E sistemin tüketmiş olduğu elektrik enerjisini, Q_I ise sistemde üretilen ısı enerjisini belirtmektedir.

$$\eta = \frac{Q_I}{Q_E} \quad (3)$$

Tüm ekipmanlar ve ölçümler belirli teknik özelliklere sahiptir. Bu özellikler doğru bir ölçüm yapabilmek için hassas olmalıdır. Hatalar ve belirsizlikler; deney

cihazlarının seçiminden çevreye, gözlem ve okumaya kadar değişik etkilerden kaynaklanmaktadır [14].



Şekil 3. Miknats dizili rotorun çizimi

Çalışmada kullanılan ölçüm cihazlarının hata oranları Tablo 1.'de gösterilmektedir. Bu deneysel çalışmada kullanılan ölçüm cihazları tarafından tespit edilen değerlerin az da olsa hatalı olduğu unutulmamalıdır.

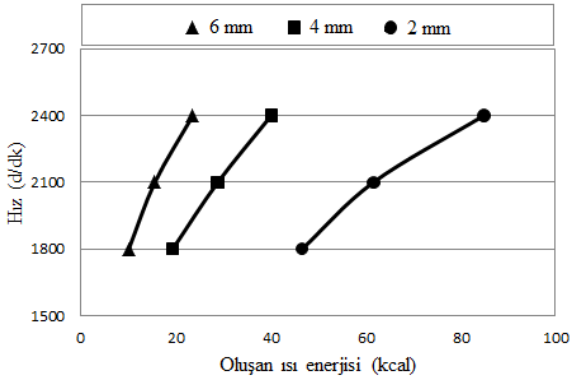
Tablo 1. Ölçü aletleri hata oranları

Ölçü Aleti	Hata Oranı
Termometre	± 0.6 %
Voltmetre	± 1 %
Ampermetre	± 1 %
Takometre	± 1.2 %
Teslametre	±0.8 %

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

DeneySEL verilere dayanılarak çeşitli varyasyonlar için (farklı hızlar ve rotor ile boru arasındaki farklı uzaklıklar) sistemde üretilen ısının, hız ile değişimi Şekil 4.'te gösterilmektedir. Şekil 4.'teki karakteristik eğrilerden görüldüğü üzere sistemde üretilen ısı, hız ile orantılı olarak artmaktadır.

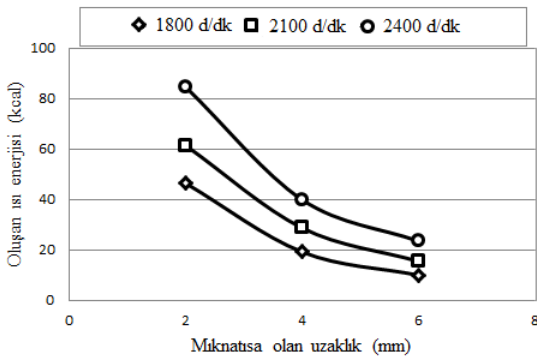
1800 d/dk hızdan 2400 d/dk hıza çıktığında sistemde üretilen ısı enerjisi 2, 4 ve 6 mm parametrelerinde sırasıyla %80,6, %107, %135 artış göstermiştir. 2400 d/dk hız ve 2 mm mknatsa ile boru arasındaki mesafe parametrelerinde üretilen ısı miktarı 84,75 kcal ile maksimumdur.



Şekil 4. Hız ile üretilen ısı enerjisinin değişimi.

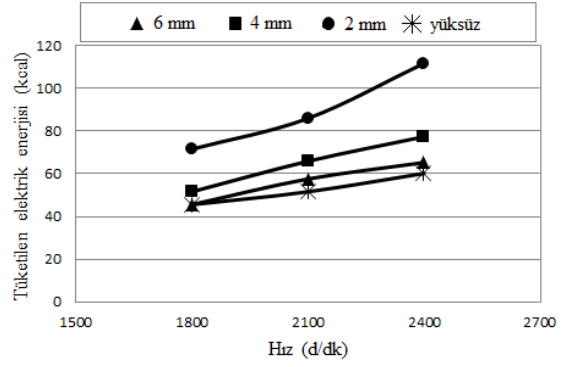
Sistemdeki ısı üretimini etkileyen diğer parametre ise mknatsa ile boru arasındaki uzaktır. Şekil 5.'de sistemde üretilen ısının, mknatsa olan uzaklık ile değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.'te gösterilen karakteristik eğrilerde sistemde üretilen ısının tüm hızlarda artan uzaklık ile azaldığı açıkça görülmektedir. Bu durum boru üzerine etki eden manyetik alan şiddetinin artan uzaklık ile azalmasına bağlanabilir.



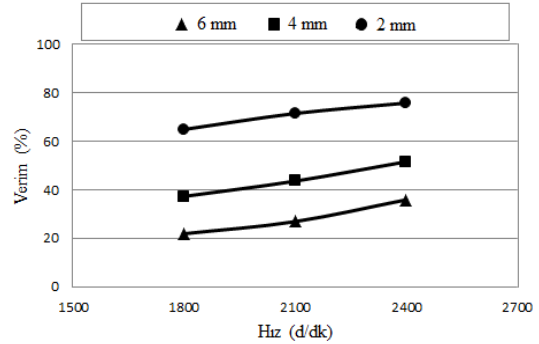
Şekil 5. Mknatsa olan uzaklık ile sistemde üretilen ısı enerjisinin değişimi

Şekil 6.'da hız ile sistemde tüketilen elektrik enerjisinin değişimi gösterilmektedir. Tüm durumlar için artan hız ile tüketilen elektrik enerjisi miktarı da artış göstermektedir. Bu duruma, artan hızla motorun şebekeden çektiği akım artışı neden olmaktadır.



Şekil 6. Hız ile tüketilen elektrik enerjisinin değişimi.

Elektrik motoru yüksüz iken 2400 d/dk hızda 60,2 kcal enerji tüketmektedir. Mknatsa olan uzaklığın 2 mm olduğu durumda ise motorun tükettiği elektrik enerjisi miktarı %85,7 artış göstererek maksimum değer olan 111,8 kcal'e ulaşmaktadır. Şekil 7.'de hız ile sistem veriminin değişimi gösterilmektedir. Karakteristik eğriler incelendiğinde tüm durumlar için hız artışıyla verim de artmaktadır. Bu artış, sistemde üretilen ısı enerjisinin sistemde tüketilen elektrik enerjisine oranla daha fazla olmasıyla açıklanabilir.

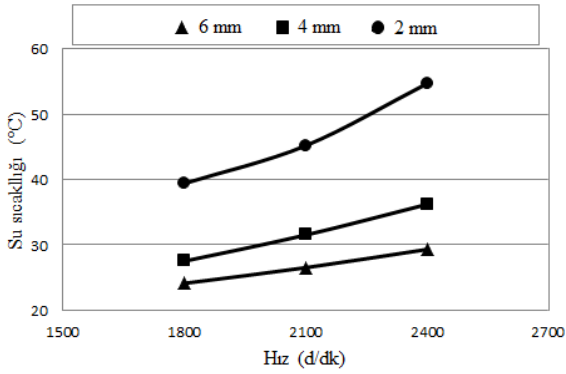


Şekil 7. Hız ile sistem veriminin değişimi.

1800 d/dk hızdan 2400 d/dk hıza çıktığında sistem verimi 2, 4 ve 6 mm mknatsa uzaklık parametrelerinde sırasıyla % 10,9, % 14,3, %14 artış göstermiştir. 4 mm uzaklıkta en yüksek oranda verim artışı olurken, en yüksek verim %75,8 ile 2 mm mknatsa uzaklık ve 2400 d/dk hız parametrelerinde elde edilmiştir.

Şekil 8.'de hız ile belirlenen test süresi (20 dakika) sonunda ulaşılan su sıcaklığının değişimi gösterilmektedir. Sistemde başlangıç sıcaklığı 20°C olan su sıcaklığı 2400 d/dk hız ve 2 mm mknatsa uzaklık parametrelerinde 54,7°C'dir ve kullanılan deney değişkenlerine göre bu sıcaklık maksimum su sıcaklığıdır. Testler sonunda ulaşılan minimum ve maksimum su sıcaklık değerleri arasında 30,6 °C fark vardır.

Şekil 8.'deki karakteristik eğriler incelendiğinde hızın 1800 d/dk'dan 2400 d/dk'ya ulaşmasıyla 2 mm, 4 mm ve 6 mm mknatsa uzaklık parametrelerinde su sıcaklığında sırasıyla % 38,8, %31,6, %21,5 oranında artış meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 8. Hız ile test süresi sonrasında ulaşılan su sıcaklığının değişimi.

Sistemin en verimli olduğu ve maksimum su sıcaklığına ulaşılan varyasyonu olan 2 mm mıknatıs uzaklık ve 2400 d/dk hız parametreleri için spesifik enerji tüketimi 1,28 kcal/°C olarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel rezistanslı bir su ısıtıcısının spesifik enerji tüketimini belirlemek amacıyla 2000 watt gücündeki ısıtıcı ile testler yapılmıştır. Testler sonucunda rezistanslı su ısıtıcısının spesifik enerji tüketimi aynı su miktarı için 1,42 kcal/°C olarak tespit edilmiştir. Değişken manyetik alanla ısı elde ederek su ısıtan sistem, konvansiyonel rezistanslı sisteme göre %10,9 oranla daha az enerji tüketmektedir.

Testlerden önce rotorda kullanılan 24 adet N35 neodyum mıknatıs arasından rastgele seçilen 5 tanesinin ortalama manyetik alan şiddeti 301,2 mT olarak ölçülmüştür. Testlerden sonra yapılan ölçümlerde ise bu değer 300,2 mT olarak belirlenmiştir. Mıknatıs kullanarak değişken manyetik alan oluşturulması ve diyamanyetik bir malzemenin ısıtılması prosesinde kullanılan mıknatısların manyetik alan şiddetlerin önemli bir değişim gözlenmemiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, hareket enerjisiyle değişken manyetik alan oluşturularak verimli bir şekilde ısı elde etmek amacıyla N35 neodyum mıknatıs ve diyamanyetik bir malzeme olan C1020 bakır alaşımını içeren düzeneğe deneysel çalışmalar yapılmıştır. Burada bildirilen pratik çalışmalarda, manyetik enerjiyle su ısıtmak için tasarlanan düzeneğe farklı parametrelerle testler yapılmış olması bu çalışmayı literatürde daha çekici hale getirmektedir. Test sonuçları, sistemde üretilen ısının hız ve mıknatıs uzaklığıyla değiştiğini kanıtlamıştır. Testlerde, belirlenen 20 dakikalık deney süresi içinde ulaşılan maksimum su sıcaklığı olan 54,7°C, 2400 d/dk hız ve 2 mm mıknatıs uzaklığı parametrelerinde elde edilmiştir. Bu durumda sistem verimi %75,8 olarak hesaplanmıştır. Sistem, konvansiyonel rezistanslı su ısıtıcı sistemlerine %10,9 daha az enerji tüketmektedir. Devir daim suyunun sıcaklık değeri prototip sistem için iyi sayılabilecek bir değer olarak yorumlanmıştır. Manyetik alan şiddeti daha büyük ve çok sayıda mıknatıs, devir sayısı yüksek mekanizma ve farklı

rotor tipleri ile oluşturulacak sistemlerde daha yüksek su sıcaklık değerlerine ulaşılabilir. Elde edilen sıcak su ile konutların ve seraların ısıtılması sağlanabilir. Bu çalışma için tasarlanıp, prototip olarak üretilen düzeneğe oluşturulan ısı enerjisi, endüstrinin birçok kolunda kullanılabilir. Sistemin verimi de göz önünde bulundurularak, yöntemin alternatif enerji kaynaklı ve ekonomik bir ısıtma sistemi olarak değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır. Sistem ile ilgili geliştirme çalışmalarına devam edilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Kubilay Kavak, "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi" Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 2005.
- [2] Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı A.Ş., "Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu" Ankara, 2016.
- [3] British Petroleum, "BP Energy Outlook 2035" 2015.
- [4] M.A. Çukurçayır and H. Sağır "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları" Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, vol. 20, pp. 257-258, 2008.
- [5] T.T.Chow, W.He, J.Ji, "Hybrid photovoltaic – thermosyphon water heating system for residential application", Solar Energy, Volume 80, Issue 3, 2006, 298 – 306.
- [6] T.T.Chow, W.He, J.Ji, "An experimental study of façade – integrated photovoltaic water heating system", Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issue 1, 2007, 37 – 45.
- [7] M.N.A.Hawladar, S.K.Chou, M.Z.Ullah, "The performance of a solar assisted heat pump water heating system", Applied Thermal Engineering, Volume 21, Issue 10, 2001, 1049 – 1065.
- [8] A. Altıntaş, M.N. Yıldız and İ. Kızılkaya, "İndüksiyon Isıtma Prensipleri ile Çalışan Mikrokontrol Denetimli Bir Sıvı Isıtıcısı Tasarımı" Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 29, pp. 45-52, 2012.
- [9] Z. Yuan, C. Li, C. Ma, X. Ren, Z. Zhang, Z. Ren, "Effect of static magnetic heat treatment on microstructures and mechanical properties of DZ483 alloy" Journal of Alloys and Compounds 631 (2015) 86 – 89.
- [10] R.Teyber, P.V. Trevizoli, T.V. Christiaanse, P. Govindappa, I. Niknia, A. Rowe, "Permanent magnet design for magnetic heat pumps using total cost minimization" Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 442, 2017, 87 – 96.
- [11] S. Jacobs, J. Auringer, A. Boeder, J. Chell, L. Komorowski, J. Leonard, S. Russek, C. Zimm, "The performance of a large-scale rotary magnetic refrigerator" International Journal of Refrigeration 37 (2014) 84 – 91.
- [12] D. Eriksen, K. Engelbrecht, C.R.H. Bahl, R. Bjork, K.K. Nielsen, A.R. Insinga, N. Pryds, "Design and experimental tests of a rotary active magnetic regenerator prototype" International Journal of Refrigeration 58 (2015) 14 – 21.
- [13] C.R.H. Bahl, K. Engelbrecht, R. Bjork, D. Eriksen, A. Smith, K.K. Nielsen, N. Pryds, "Design concepts for a

continuously rotating active magnetic regenerator”
International Journal of Refrigeration 34 (2011), 1792 –
1796.

[14] J.P.Holman, “Experimental Methods for Engineers”,
New York. McGraw Hill, 1994.