

## FARKLI KAPAK AÇILARINDA ÇALIŞAN PROTOTİP BİR GÜNEŞ HAVUZUNUN DENEYSEL İNCELENMESİ

**Erkan DİKMEN**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Isparta  
erkan@tef.sdu.edu.tr

**Nalan Ç. BEZİR**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Isparta

**Arzu ŞENCAN\***

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Isparta

**Nuri ÖZEK**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Isparta

**Refik KAYALI**

Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Fizik Böl. Niğde  
refikkayali@nigde.edu.tr

**E. Ebru GÖKGÖZ**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Isparta

### ÖZET

Bu çalışmada, yüzey alanı  $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$  ve derinliği 1.5 m olan deneysel tuz gradyentli bir güneş havuzu tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. Gece boyunca havuz yüzeyinden dışarıya olan ısı kayıplarını azaltmak ve gün boyunca güneş havuzu enerjisinin artan ısı verimliliğini saklamak için yansıtıcı özelliğine sahip katlanabilir iki kapak kullanılmıştır. Bu kapaklar elektrik motoruyla kontrollü olarak 0 ile 180 derece arasında dönebilen, yansıtma özelliğine sahip ve herhangi bir açıda otomatik olarak değişebilmektedir. Kapakların farklı açılarda çalışması durumunda havuzdan elde edilen sıcaklık değerleri ölçülmüş ve grafikler halinde verilmiştir. Böylece havuzdan elde edilecek maksimum sıcaklığı sağlayan kapak açısının değeri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş havuzu, güneş radyasyonu, ısı transferi, güneş kolektörleri

## Experimentally Investigation of Prototype A Solar Pond at Different Cover Angles

### ABSTRACT

In this study, a solar pond with salt gradient having a surface area  $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$  and depth of 1.5 m has been designed and made. Two covers, which are collapsible, have been used for reducing the thermal energy losses from the surface of the solar pond during the night and increasing the thermal efficiency of the pond solar energy harvesting during daytime. These covers having reflective properties can be rotated between  $0^\circ$  and  $180^\circ$  by an electric motor and they can be fixed at any angle automatically. It has been measured temperature values obtained from pond in the case of work in different angles of the cover and has been given in graphics. Thus, the value of the cover angle providing the maximum temperature to be obtained from the pond has been identified.

**Keywords :** Solar pond, solar radiation, heat transfer, solar collectors

\* İletişim yazarı

\* Bu makale, 6-7 Kasım 2009 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Mersin’de düzenlenen 4. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi’nde bildiri olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Güneş havuzlarına ilk kez Kalecsinsky tarafından doğada rastlanmıştır. Kalecsinsky Macaristan'ın Karpat dağlarının eteklerindeki, tuzlu bölgede bulunan göllerin derinliklerinde, kışın soğuk aylarında bile sıcaklığın 65 °C olduğunu gözlemiş ve bu olayın nedenini araştırmıştır. Bu göllerde ilk kez tuz yoğunluğu ölçümlerini yapmış ve derişimin yukarıdan aşağıya doğru arttığını saptamıştır (Tabor, 1981). Kalecsinsky'nin doğal güneş havuzlarının keşfinden sonra, güneş havuzlarını yapay olarak oluşturma fikri ilk defa 1954'te Dr. R. Bloch tarafından ortaya atıldı ve 1958'de Tabor İsrail'de bu konuda ilk ciddi araştırmayı başlattı (Tabor, 1981). Tabor'un Ölü Deniz'in kıyılarında yakın bir yerde, 25x25 m<sup>2</sup> alanlı ve 1m derinliğinde olan ilk tuz gradyentli deneysel yapay güneş havuzunu inşa ettiği bilinmektedir. Bu çalışmadan sonra ikinci büyük güneş havuzu da bir tuzlu su çalışma alanı olan Atlith'de inşa edilmiştir (Tabor, ve Matz, 1965). Ülkemizde güneş havuzları üzerine ilk bilimsel çalışma 1978 yılında Kayalı tarafından boyutları 4,5m x 4,5m x 1,5 m olan yalıtımsız küçük bir güneş havuzu ile başlatılmıştır (Kayalı, 1980). Kayalı yalıtımsız güneş havuzları için geliştirmiş olduğu bilgisayar modelinde, havuzdaki sıcaklık dağılımını, güneş havuzunun fizigini, modellemesini, ekonomik analizini ve havuzun performansını hesaplarken, Çukurova bölgesi yerel meteoroloji istasyonundan aldığı verileri kullanarak elde ettiği saatlik hava ve günlük toprak sıcaklıklarını veren analitik fonksiyonları kullanmış ve sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırmıştır (Kayalı, 1993). Modelin yalıtımlı ve yalıtımsız her çeşit güneş havuzu için geçerli olduğunu belirtmiştir (Bozdemir ve Kayalı, 1982). Türkiye'de yapılan bir diğer çalışma ise Özek tarafından gerçekleştirilmiştir. 2.6m x 2.6m x 1.6 m boyutlarında bir havuz inşa etmiş ve bu havuzda yazın 54.4 °C ve kış aylarında da 29.0 °C sıcaklığa ulaşmıştır. Depolama bölgesinden şehir suyu kullanarak eşanjör sistemiyle çekilen ısı enerjisi; %17 kayıpla dışarı alınmış ve bu önerilen modelle binde altı kayıpla uyum sağlamıştır (Özek, 1985). 3.5 x 3.5 x 2 m boyutlarında yalıtımlı aynı zamanda yansıtıcı ve yalıtımlı kapakları olan bir güneş havuzu Yalvaç Meslek Yüksek Okulu kampusu içinde dericilik atölyesine sıcak su sağlamak amacıyla inşa edilmiştir. Kapakların havuzun performansına etkisi çalışılmıştır (Bezir, 2002). Güneş havuzları çoğunlukla büyük boyutlu düzlemsel güneş enerjisi toplayıcılarıdır. Geliştirilen güneş havuzları tiplerine göre yaklaşık olarak beş gruba ayrılabilir. Bunlar tuz gradyentli güneş havuzları, zar örtülü güneş havuzları, jel örtülü havuzlar, bal peteği örtülü güneş havuzları ve sıg güneş havuzlarıdır. Bu güneş havuzlarında güneş enerjisi su tarafından doğrudan soğurulur. Sıg güneş havuzlarında depolanan enerji anında

kullanılırken, diğer dört güneş havuzunda depolanan enerji uzun süre saklanıp daha sonra da kullanılabilir (Sokolov ve Arbel, 1990).

Bu çalışmada, 1.5mx1.5mx1.5m boyutlarında bir güneş sistemi havuzu SDÜ kampus alanına kurulmuştur (Bezir, 2008). Sistem, otomatik olarak 0 ile 180 derece arasında dönebilen, yukarı aşağı hareket ederek karşılıklı açılıp kapanabilen, yalıtım ve yansıtma özelliği bulunan iki kapaktan oluşmaktadır. Kapaklar kapatıldığında yalıtım, açıldığında ise güneş enerjisini havuza yansıtma görevini yapmaktadır. Kapakların gündüz güneş ışığını havuz içine en iyi şekilde yansıtacağı konumu belirlemek için güneşin geliş açısına göre yansıtıcı kapağın yatayla yapacağı optimum açısı saptanmıştır. Havuzdaki sıcaklık dağılımını sürekli olarak ölçebilen bir data logger ve yazılım kullanılmıştır. Bu sistem ile havuzda meydana gelen sıcaklık dağılımı sıhhatli ve istenilen zaman aralıklarında (sn, dak, saat ve günlük) ölçülebilmektedir. Bu ölçümlerle birlikte havuzun bulunduğu bölgeye ait birim yüzey alana gelen güneş enerjisi, çevre sıcaklığı, güneşlenme süresi verileri de ölçülebilmektedir. Bu verileri kullanarak daha önce Kayalı tarafından geliştirilen bir bilgisayar programına yansıtıcıların da katkılarını göz önüne alan bir alt program eklemek suretiyle havuzun performansı belirlenmiştir. Ayrıca havuzun performansını artırmak amacıyla yapılan yansıtıcı ve yalıtımlı kapak ile ilgili bir bilgisayar programı yapılarak kapak için en optimum açı belirlenmiştir.

## DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada, yüzey alanı 1.5m x 1.5m x 1.5m boyutlarında yalıtımlı prototip bir güneş havuzu SDÜ kampus alanına



Şekil 1. Güneş Havuzunun İç Yapısı ve Yansıtıcı Kapaklar

kurulmuştur. Havuzun ısı enerji kayıplarını önlemek için tabanı ve yan duvarları yalıtılmıştır. Ayrıca havuzun üzeri gece gündüz sıcaklık farklılıkları nedeniyle oluşabilecek önemli derecedeki ısı kayıplarını ortadan kaldırmak için güneşin olmadığı zamanlarda havuz yüzeyinin örtülmesi ve gündüzleri güneş ışığını havuza yönlendirerek havuza giren güneş enerjisi miktarının artırılması gibi iki amaçlı bir kapak sistemi şekilde görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.

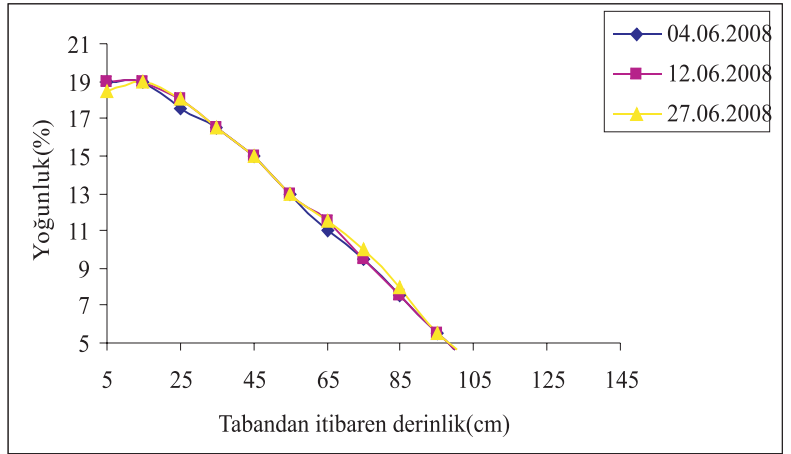
Kapakların bir yüzü alüminyum levha ile ve yansıtıcı yüzleri de daha önce bahsedildiği gibi krom nikel levha ile kaplandı. Levhaların arasına yalıtımı sağlamak için strafor yerleştirildi. Havuz yüzeyi kapaklarının güneş ışığını havuza yansıtmak için kullanılması sırasında, Şekil 1'de görüldüğü gibi, kapakların yatayla yaptığı açı istenildiği şekilde ayarlanabilmektedir. Fakat kapaklar genellikle belli zaman aralıklarında belli açıda tutulurlar. Sistem, Şekil 1'de görüldüğü gibi, iki yansıtıcı kapağı havuza güneş ışınlarını değişik açılarla gönderen iki ayrı ışın kaynağı gibi düşünüldü ve matematiksel modelleme ona göre yapıldı.

## TUZ YOĞUNLUKLARI VE SICAKLIK DAĞILIMI

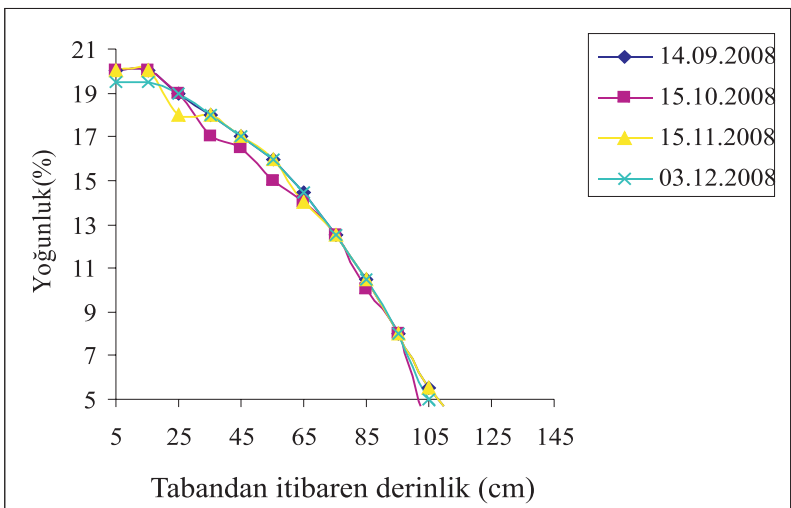
Yalıtımlı güneş havuzu modelinde tuz yoğunluğu eğiminin oluşturulması 8 Haziran 2008 tarihinde tamamlandı ve tuz yoğunluğu eğimini koruma sistemi çalıştırılmaya başlandı. Havuz çalışmaya başladıktan bir ay sonra havuzun depolama bölgesinden difüzyon yoluyla eksilen tuzu tamamlamak üzere sistemin haznesine bir hafta boyunca yeterli kadar tuz ilave edildi. Bu işleme yaz ayları boyunca devam edildi. Bu sırada yoğunluk ölçümleri yapıldı. Şekil 2 ve Şekil 3'te değişik tarihlerde yapılan yoğunluk ölçümleri verileri kullanılarak güneş havuzundaki tuz gradyentinin derinlikle değişimi verilmektedir.

Şekil 2 ve 3'te görüldüğü gibi, havuzdaki tuz gradyenti eğimi oldukça iyi ve masrafsız bir şekilde korunabildiği görülmektedir.

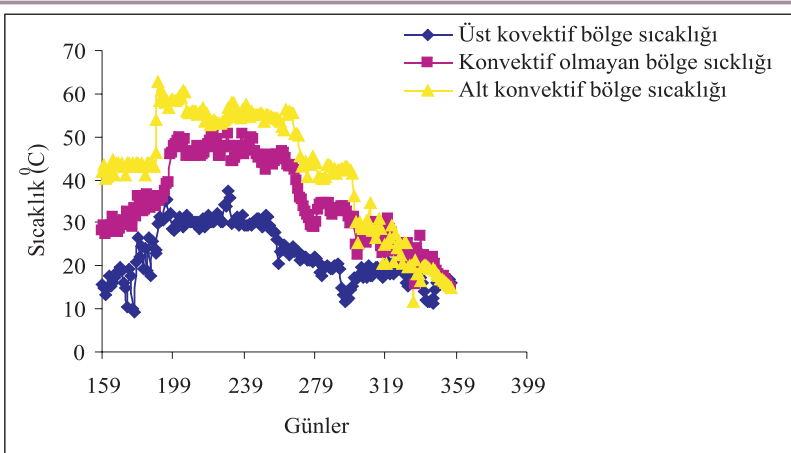
Havuz verimliliğini, nasıl çalıştığını, çeşitli parametrelerin havuzun çalışmasını nasıl etkilediğini ve birbirleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu saptamak amacı ile havuzda sıcaklık



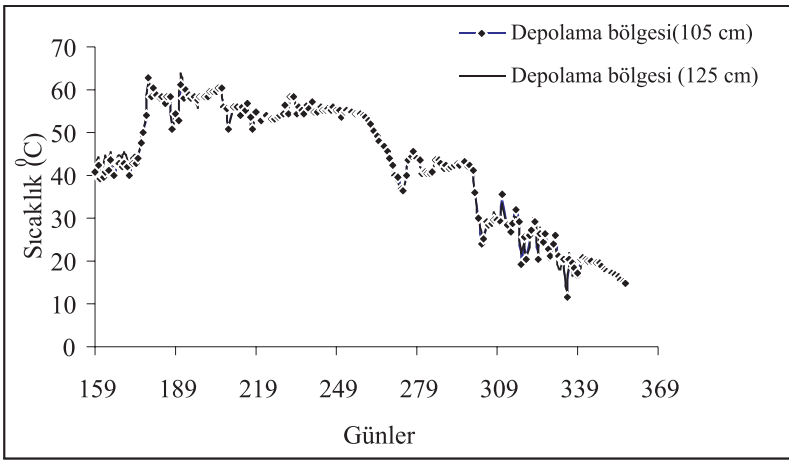
Şekil 2. Haziran ayında Güneş Havuzunda Ölçülen Yoğunluk Değişimi



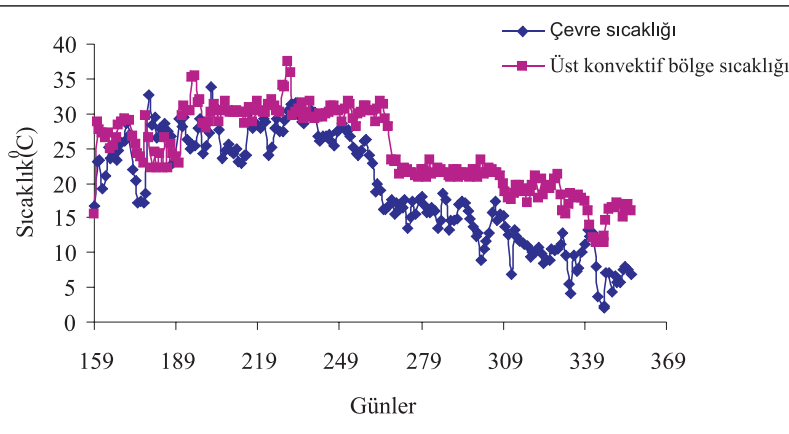
Şekil 3. Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında Güneş Havuzunda Ölçülen Yoğunluk Değişimi



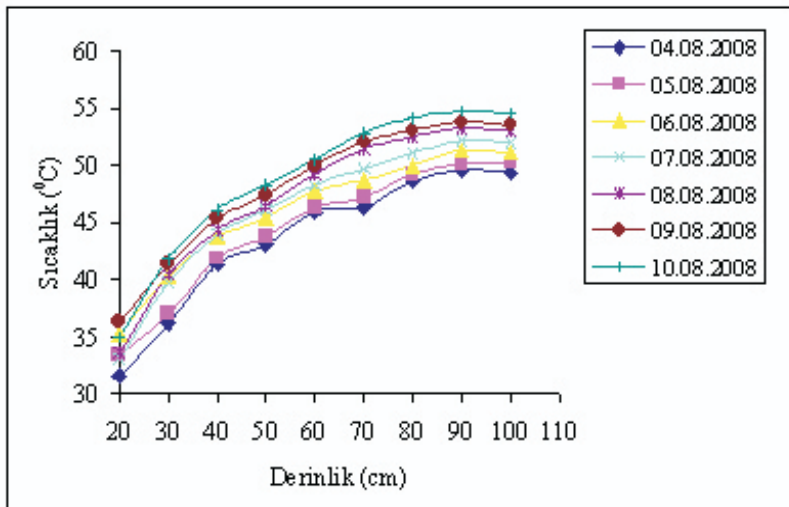
Şekil 4. Kapak ve Reflektör Varken Güneş Havuzunda Değişik Tarihlerde Değişik Derinliklerdeki Sıcaklıklar



Şekil 5. Havuzun Depolama Bölgesinde Tabandan 25 ve 45 cm Yükseklikte Bulunan Noktalardaki Günlere Göre Sıcaklık Değişimi



Şekil 6. Güneş Havuzu Yüzey Tabakasının ve Ortam Sıcaklığının Günlere Göre Sıcaklık Değişimi



Şekil 7. Konveksiyonsuz Bölgede Değişik Zamanlarda ve Değişik Tabakalarda Sıcaklık Değişimi

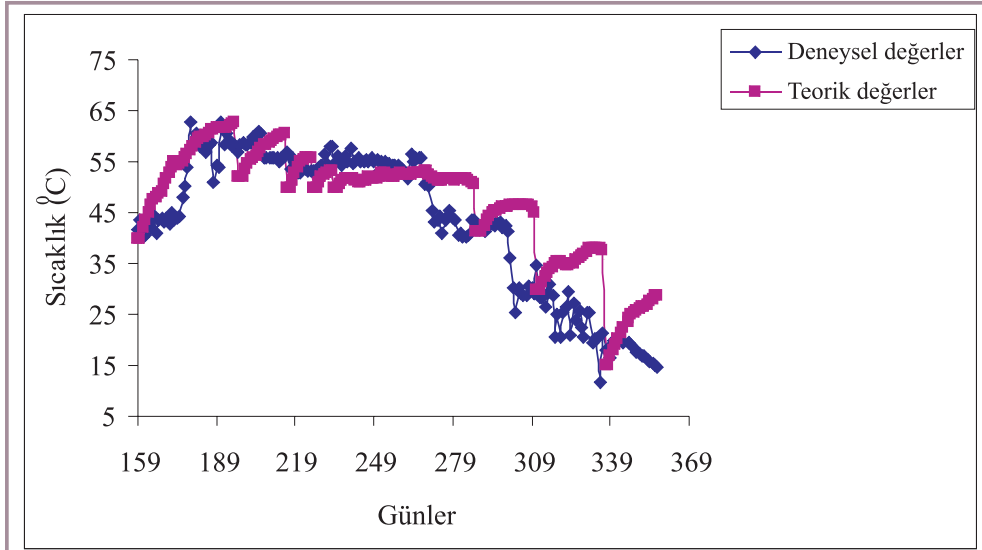
ve yoğunluk ölçümleri sürekli olarak yapılmıştır.

Havuz içi sıcaklık ölçümleri; sensörler ile alınan veriler data logger ve bilgisayar yazılımı sayesinde kolaylıkla toplanabilmektedir. Değişik zamanlarda ve değişik derinliklerde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu süre içerisinde değişik tarihlerde ölçülen sıcaklığın derinliğe göre değişimini veren grafikler elde edilmiştir. Şekil 4'te kapak ve reflektör varken ÜKB, YB ve AKB bölgelerinde günlere göre sıcaklık değişimleri görülmektedir.

Şekil 5'te depolama bölgesinde tabandan 25 ve 45 cm yükseklikte bulunan noktalardaki sıcaklık değişimleri karşılaştırıldığında aralarında beklendiği gibi bir uyum bulunmaktadır.

Şekil 6'da güneş havuzunun yüzey tabakasının (ÜKB) ve dış ortamın günlere göre sıcaklık değişimi görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, yüzey sıcaklığı ve dış ortamın sıcaklığı arasında iyi bir uyum olduğu görülmektedir. Şekil 7'de değişik tarihlerde konveksiyonsuz bölgedeki değişik noktalarda ve değişik zamanlarda ölçülen sıcaklık verileri kullanılarak elde edilmiş eğriler görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, seçilen noktalardaki sıcaklık değişimleri beklenildiği gibidir ve sıcaklıktaki yükseliş oranı yüzeyde az ve depolama bölgesine yaklaşıncı daha fazladır. Bu da beklenen sonuçtur.

Şekil 8'de kapakların yansıtıcı olarak kullanıldığı güneş havuzunun depolama bölgesindeki sıcaklık değişiminin modellenen elde edilen verilerle karşılaştırılması yapılmıştır. Şekilden de görüleceği gibi depolama bölgesinde ölçülen sıcaklık değerleri ile model hesaplamaları beklenildiği gibi oldukça uyumludur. 159-197. günler arası havuzda sıcaklık değerleri yavaş yavaş yükselmeye başlamıştır. Ancak Şekilde 197-216. günler arası havuzun sıcaklığı biraz değişiklik göstermiştir. Bu günlerde havuz kapakları biri yatayla 89 ve diğeri de yatayla 40 derece açı yaptığı durumda çalıştırılmıştır. Yine 216-225. ve 225-234. günler arasında sırasıyla kapaklar 89-60 ve 89-60 derece konumunda çalıştırılmışlardır. Yine bu günlerde hava



Şekil 8. Depolama Bölgesinde Kapak ve Yansıtıcı Varken Ölçülen ve Teorik Değerlerin Karşılaştırılması

şartları hemen hemen aynı olmasına rağmen depolama bölgesi sıcaklık değeri düşmeye başlamıştır. Bu da kapakların optimum olarak sabit tutulmamasından kaynaklanmıştır. En optimum açı olan 89-30 değerinde kapaklar çalıştırılmış olsaydı havuz depolama bölge sıcaklığında bu kadar fazla bir azalma olmayacaktı. Yine Şekilden de anlaşılabileceği gibi 234-287. günler arasında sıcaklık değerleri artmıştır. Bu günler arasında kapakların konumu 30-80 derece değerine getirilmiştir. 287-310, 310-337 ve 337-357. günler sırasıyla kapaklar bu sefer 30-40, 30-50, 30-60 derece değerlerine getirilmiştir. Kapaklar bu değeri aldığı anda depolama bölgesinin sıcaklığının hava şartlarının da etkisiyle oldukça düştüğü görülmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, yüzey alanı 1.5mx1.5mx1.5m boyutlarında yalıtımlı prototip bir güneş havuzu SDÜ Kampus alanına kurulmuştur. Havuzun ısı enerji kayıplarını önlemek için tabanı ve yan duvarları yalıtılmıştır. Yalıtımlı güneş havuzunun üzerine, üst yüzey ısı kayıplarını azaltmak ve daha fazla güneş radyasyonunu havuz yüzeyine odaklamak amacıyla yalıtımlı ve yansıtıcı özelliği olan iki tane yarım yansıtıcı ve yalıtımlı kapak ilave edilmiştir. Depolama bölgesinde elde edilen teorik ve deneysel sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Havuzun kapaklı ve kapaksız olarak işletilmesi durumunda, kapağın havuzun performansına çok büyük bir katkı sağlamadığı görülmüştür. Ancak bu kapaklar bir yansıtıcı olarak kullanıldığında optimum bir açı değerinde tutulduğunda havuzun performansına büyük bir katkı sağladığı görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2003/23 nolu proje kapsamında Süleyman

Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi ve 107M636 nolu proje kapsamında TÜBİTAK Hızlı Destek Programı tarafından desteklenmiştir. Yazarlar mali destek imkanlarından dolayı, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne ve TÜBİTAK Kurumu'na teşekkür eder.

## KAYNAKÇA

1. Bezir N.Ç., Şencan A., Özek N., Yakut A.K., Kayalı R., Dikmen E. 2008. "Deneysel Gradyentli Prototip Bir Güneş Havuzunun Isıl Performansı," Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 23, No 2, 405-411.
2. Bezir, N.Ç. 2002. "Güneş Havuzlarında Güneş Enerjisinin Depolanması ve Uygulamaları," Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Pp:125.
3. Bozdemir, S., Kayalı, R. 1982. "Güneş Havuzlarının Matematik Modeli ve Deneysel Verilerle Karşılaştırılması," Doğa Bilim Dergisi, 7(3).
4. Kayalı, R. 1993. Derivation of Analytic Functions For Air and Soil Temperatures and Usage of These Functions In A Computer Model Developed For Solar Ponds, J.Of Engineering And Environmental Sciences, 17, 65-69.
5. Kayalı, R. 1980. "Çukurova Bölgesi Şartlarında Bir Güneş Havuzu Denemesi ve Çeşitli Parametrelerin Gözlenmesi," Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pp: 63.
6. Sokolov, M., Arbel, A. 1990. "Fresh Water Floating Collector Type Solar Pond," Solar Energy, 44(1), 13-21.
7. Tabor, H. 1981. "Solar Ponds," Solar Energy, 27(3), 181-194.
8. Tabor, H., Matz, R. 1965. "Solar Pond Project," Solar Energy Society Conference, 9(4).
9. Özek, N. 1985. "Bir Tuzlu Güneş Havuzu Tasarımı ve Yapımı," Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Pp:80.