

FOTOVOLTAİK GÜÇ İLE ÇALIŞAN BİR DC-BUZDOLABI SİSTEMİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Mehmet Azmi Aktacir¹, Yusuf İşiker² ve Bülent Yeşilata³

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1121, fax:0.414.3440031, aktacir@harran.edu.tr

² Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1124, fax:0.414.3440031, yusuf47@harran.edu.tr

³ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1096, fax:0.414.3440031, byesilata@harran.edu.tr

ÖZET

Sağlık sektöründe; ilaç, aşı ve kanın istenilen düşük sıcaklıkta muhafazası için kesintisiz güç kaynağına şiddetle gereksinim vardır. Bu sektörde, Fotovoltaik (PV) destekli soğutma uygulamalarına son yıllarda ilgi artmaktadır. Bu çalışmada medikal alanda kullanılan soğutma sisteminin enerji ihtiyacı fotovoltaik enerji sistemi ile karşılanması amaçlanmıştır. Buna yönelik olarak prototip bir Fotovoltaik-Buzdolabı Sistemi kurulmuştur. Sistemin en önemli avantajları; yerel elektrik şebekesinden bağımsız, kurulumunun ve taşınmasının kolay olmasıdır. Bu çalışmada, günlük periyotta kesintisiz olarak çalışması sağlanan PV-buzdolabı sisteminin çalışmasında etkili olan parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimleri deneysel olarak araştırılmış olup elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjili Buzdolabı; Fotovoltaik, Medikal Cihaz; Aşı ve Kan Muhafaza; Deneysel Analiz.

ABSTRACT

In health sector, there is critical need to have reliable continuous power supply for low-temperature storages of medicine, vaccine and blood, which in particular, only remain safe to use for a few hours without reliable cooling. There has been growing interest in last years to use photovoltaic (PV) powered refrigeration in this sector. Such a system is considered in this study easily installable. The system is provided to operate uninterrupted during day-long. We present here results of some experiments performed with this system. Variations in instantaneous and averaged values of the PV-refrigerator system parameters that are

effective on operational performance are briefly discussed.

Keywords: Solar Powered Refrigerators, Photovoltaic; Medical Equipment; Vaccine and Blood Storage; Experimental Analysis.

1. GİRİŞ

Aşilar, ışığa, sıcağa ve donmaya karşı hassas olduklarından dolayı üretildiği andan kullanıldığı ana kadar “soğuk zinciri” kırılmadan saklanmaları ve nakledilmeleri zorunludur. Türkiye’de yürürlükte olan ‘Aşı Saklama ve Soğuk Zincir Yönergesi’nde “Soğuk Zincir”; bir aşının etkinliğini üretimden kişiye verilene kadar koruyan ve ihtiyacı olanlara yeterli miktarda etkin aşının ulaşmasını sağlayan insan ve malzemedan oluşan sistem olarak tanımlanmaktadır. Yönergenin 5.maddesine göre aşilar, aşı saklama dolabında +2 ile +8 dereceler arasında korunmalı ve özellikle +4 derecede kalması sağlanmalıdır. Tablo 1’de Sağlık Bakanlığına bağlı birimlerde aşiların stok süreleri ve depolama sıcaklıkları verilmiştir (Yıldırım, 2005; Özdemir, 2007) Yönergede uzun tatillerde ve elektrik kesintilerinde, soğuk zincir sorumluları dolap ısısını kontrol ederek gereken önlemi alması önerilmektedir. Saha transportu gerektiğinde aşilar aşı nakil kabı ile ve +2 ile +8 derecelik ısıyı koruyacak şekilde nakledilmelidir (Madde 11). Aksi halde, sağlık açısından tafisi mümkün olmayan sonuçlarla karşılaşılabilir. Son zamanlarda kamuoyunda benzeri haberler yer almaktadır. Ülkemizde Aşı ve soğuk zincir malzemelerine ayrılan 2007 bütçesi 156 Milyon YTL’dir (Akdağ, 2007). Bu kaynağın doğru ve etkin bir biçimde kullanılması gerekmektedir.

Aşı saklamada kullanılan soğutma cihazları (buzdolabı ya da derin dondurucu) elektrige bağımlı sistemlerdir. Özellikle kırsal kesimde, yaz aylarında hava sıcaklığının artması ve uzun süreli elektrik kesintilerinin görülmesi depolama işlemini zorlaştırdığı gibi, bazen de depolanan tıbbi malzemeler kullanılamaz hale gelmektedir. Dolayısıyla güvenilir ve kesintisiz elektrik temini önem arz etmektedir. Son yıllarda, klasik

yöntemlerle elektrik enerjisi üretimindeki maliyetlerin yükselmesi, fosil yakıtlardan olan çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi çeşitli sebepler; tükenmez, yenilenebilir ve yerel özellik taşıyan güneş enerjisine olan ilgiyi artırmaktadır. Güneş enerjisinin termal ve fotovoltaik (PV) uygulamalarının soğutma sistemlerinde kullanılması mümkün olmakla birlikte, termodinamik ve ekonomik açıdan en iyi uygulamanın fotovoltaik sistemler ile elde edilmektedir (Kim and Infante Ferreira, 2008). Fotovoltaik paneller ile güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi üretilir. Günümüzde PV panel maliyetlerinin artan taleple birlikte giderek azalan trendte olması ve buna paralel olarak PV panellerinin kullanım ömründeki artış, bu sistemlere olan talepleri artırmaktadır. Sağlık sektöründe de, fotovoltaik destekli soğutma uygulamaları son yıllarda görülmektedir. Özellikle az gelişmiş ülkelerde, PV-buzdolabı sistemleri 'Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO)' desteğiyle yoğun olarak kullanılmaktadır

(Yesilata ve Işiker, 2006). PV-buzdolabı sistemlerinin, ülke gelişmişlik düzeyinden bağımsız olarak, kırsal yöreler için ekonomik ve güvenilir bir çözüm olduğu konusunda da yaygın bir görüş birliği vardır. Sağlık sektörü dışında PV-buzdolabı sistemleri, mevsimlik ve seyrek kullanımda olan yazlık, villa ve sayfiye yerlerinde de tercih edilmektedir (Kattakayam and Srinivasan, 1998; Yesilata ve Işiker, 2006).

Bu çalışmada, medikal alanda kullanılan soğutma sisteminin enerji ihtiyacı fotovoltaik enerji sistemi ile karşılanması amaçlanmıştır. Buna yönelik olarak prototip bir Fotovoltaik-buzdolabı sistemi kurulmuştur. Doğru akım (DC) ile çalışan sistemin en önemli avantajları, yerel elektrik şebekesinden bağımsız, kurulumunun ve taşınmasının kolay olmasıdır. Sistemin günlük çalışması sırasında etkili olan parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimleri deneysel olarak araştırılmış olup, elde edilen sonuçlar bu çalışmada sunulmuştur.

Tablo 1. Sağlık Bakanlığına bağlı birimlerde aşıların stok süreleri, depolama ısıları

Aşı Türü	Merkez Depo	Bölge/Ecza Depoları		Sağlık Ocağı	Sağlık Evi	Gezici Ekip
		Bölge	İl merkezi			
		3 ay	3 Ay			
Oral polio	-15 ile 25 °C arası			1 Ay	1 Hafta	Günlük
Kızamık	Liyolifize aşıları dondurarak saklamak şart değildir.					
BCG	Dondurmak zararlı olmakla birlikte +2°C ile +8 °C arası muhafaza edilmelidir					
DT						
DBT						
HepB						
Td(erişkin Tip)						
TT						
Kuduz Aşısı						
Kuduz antiserum						
Yılan antiserum						
Akrep antiserum						
PPD						

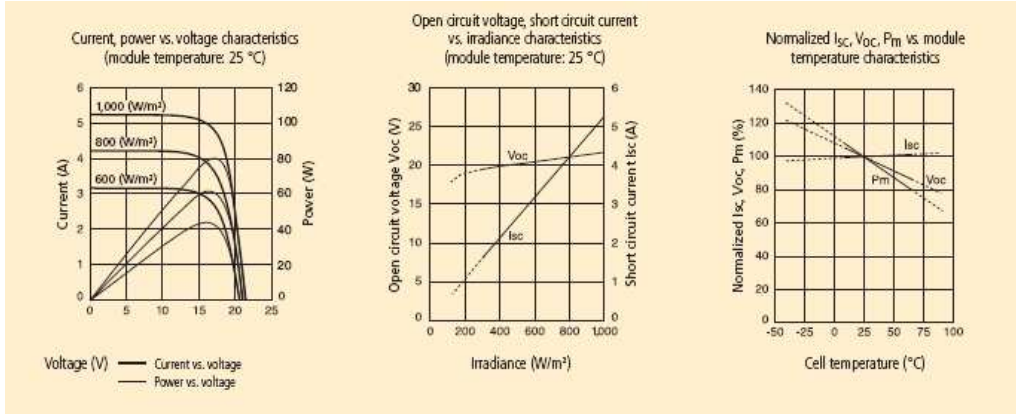
2. PV-BUZDOLABI SİSTEMİ

PV-buzdolabı sistemi, enerji üretim ve kontrol ünitelerinden oluşan enerji grubu, bataryaların oluşturduğu depo grubu (batarya bank) ve soğutma grubundan oluşmaktadır. Enerji grubu, DC 12V-80W'lık polikristal 2 adet PV panelden oluşmuştur. Sistemde kullanılan PV panellerin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Standart test koşullarında elde edilen panel karakteristik grafikleri Şekil 1'de sunulmuştur. PV-buzdolabı sisteminde kullanılan soğutucu depo, 12V veya 24V doğru akımla (DC) çalışabilen ve A++ enerji sınıfı bir soğutucudur. 166 litre hacminde ve üstten açılır kapağı olan soğutucu; 2°C/12°C sıcaklık aralığında buzdolabı

olarak -20°C/-10°C sıcaklık aralığında derin dondurucu olarak kullanılabilir. Sistemde kullanılan buzdolabının DC ile çalışması, PV panellerde DC olarak üretilen elektrik enerjisinin doğrudan kullanımını sağlar. Buda sistemin verimini artırmaktadır. PV-buzdolabı sisteminin güneşin olmadığı zamanlarda kesintisiz olarak çalıştırılması için sistemde depolama grubu (batarya bank) ilave edilmiştir. Batarya bank 2 adet 12V/100 Ah'lik kuru tip aküden oluşmaktadır. Bataryalar, PV panellerden üretilen enerjiyle solar şarj kontrol cihazı tarafından şarj edilmektedirler. Solar şarj kontrol cihazı 6-18 volt ve 3-45 amper aralığında çalışmaktadır. Prototipi oluşturulan sistemin genel görünüşü Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. PV panel özellikleri

Elektriksel Data		Panel Boyutu	
Nominal Güç	80 W	Boy	1200 mm
Panel verimi	%14	Genişlik	500 mm
Maksimum güç Voltajı	17.1 V	Kalınlık	35 mm
Maksimum güç akım	4.67 A	Ağırlık	8.5 kg
Maksimum sistem Voltajı	DC 540 V		
Sigorta oranı	10 A	Hücreler	
Açık Devre Voltajı (V_{oc})	21.3 V	Hücre sayı - bağlantı	36-seri
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	5.31 A	Hücre teknolojisi	Polikristal silikon



Şekil 1. Panel karakteristik grafikleri



Buzdolabı-Solar Kontrol ve Batarya Grubu



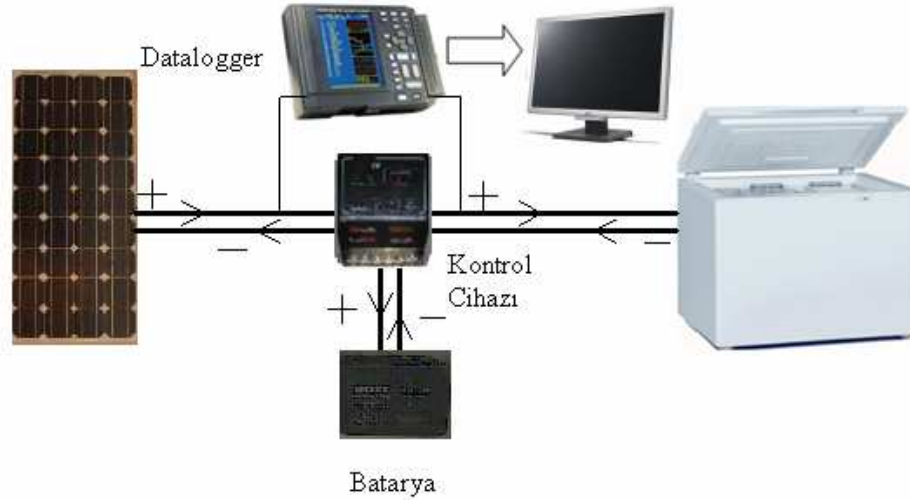
PV-panel

Şekil 2. PV-Soğutma sistemi genel görünüşü

3. DENEY DÜZENEĞİ VE ÖLÇME YÖNTEMİ

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Osmanbey yerleşkesinde kurulan PV-buzdolabı sisteminin performansı, Şanlıurfa yerel koşullarında deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla deney düzeneğine sıcaklık, akım ve gerilim ölçmek için gerekli ölçüm sistemleri ilave edilmiştir. Şekil 3'te PV-buzdolabı deney düzeneği ve ölçüm sistemi şematik olarak gösterilmiştir. Ölçüm sisteminde kullanılan Datalogger 32 kanallı olup ölçümlerde 8 kanal kullanılmıştır. Bu kanallardan 4 tanesi akım ve volt değerini, diğer 4 kanal ise sıcaklık değerlerinin ölçülmesi için kullanılmıştır. Tablo 3'te Datalogger

cihazının ölçüm aralıkları verilmiştir. Bu ölçüm aralıklarına bağlı olarak sıcaklık ölçümünde T tipi ısıl çiftler kullanılarak, soğutucu iç sıcaklığı, panel yüzey sıcaklığı, iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları belirlenmiştir. Panellin ürettiği ve buzdolabının tükettiği enerjiyi belirlemek amacıyla panel çıkışında ve buzdolabı girişinde akım ve gerilim değerleri belirlenmiştir. Akım değerlerini tespiti için sisteme direnç bağlanmıştır. Tüm ölçümler 1 dakika aralıklarla gün boyunca gerçekleştirilerek, datalogger'a kaydedilmiştir. Deneyler Mayıs ayında, buzdolabı iç sıcaklığı 4°C'ye set edilerek yüksüz olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca buzdolabı 12 V çalışabildiği için paneller ve bataryalar birbirlerine paralel bağlanmıştır.



Şekil 3. PV-buzdolabı deney düzeneği ölçme sistemi bileşenleri

Tablo 3. Datalogger cihazının ölçüm aralıkları

Ölçüm parametreleri	Oranlar	Oran ve ölçüm	Hassasiyet
Voltage	100mVf.s.	-100 mV ile +100mV	5µV
	1Vf.s.	-1V ile +1V	50µV
	10Vf.s.	-10V ile +10V	500µV
	100Vf.s.	-60 mV ile +60V	5mV
	1-5 Vf.s.	1V ile 5V	500µV
Sıcaklık	100°C f.s.	-100°C ile 100°C	0.01°C
Isıl çiftler K, E, J, T, N,W (WRe5-26),R, S, B	500°C f.s.	-200°C ile 500°C	0.1°C
	2000°C f.s.	-200°C ile 2000°C	0.5°C

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Sıcaklık dağılımı

Bu çalışmada gerçekleştirilen deney, 27.05.2008 tarihinde saat 10:05'de başlatılarak 24 saatlik periyotta buzdolabının yüksüz (boş) olması durumunda gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te ölçümü yapılan sıcaklıkların günlük periyottaki değişimi görülmektedir. 4°C'ye set edilen buzdolabının iç sıcaklığı 0.38-6.51°C arasında gözlenmiştir. Bu sıcaklık aralığı aşı saklama için yeterlidir. Buzdolabı iç ortam sıcaklığını kontrol eden otomatik kontrol sistemi ile sıcaklıklar istenilen hassasiyet ve aralıkta kontrol altına alınabilir. Şekilden görüleceği gibi, dış ortam sıcaklığı günlük periyotta 20.02-35.29 °C, iç ortam sıcaklığı 23.58-27.15 °C ve panel yüzey sıcaklığı 19.06-67.00 °C arasında değiştiği gözlenmiştir. Özellikle panel yüzey sıcaklığı güneşin olduğu saatlerde dış hava sıcaklığına paralel olarak yükselmektedir. Yüzey sıcaklığının yüksek olması panel verimini olumsuz yönde etkilemektedir.

4.2. Akım-Gerilim dağılımı

Buzdolabının çalışması için gerekli enerjiyi sağlayan PV panel grubunun gün boyunca ürettiği gerilim (V) ve akımın (I) zamana göre değişimleri Şekil 5'te verilmiştir. Güneşli zamanlarda PV panelde üretilen gerilim 15-20V aralığında olmakta

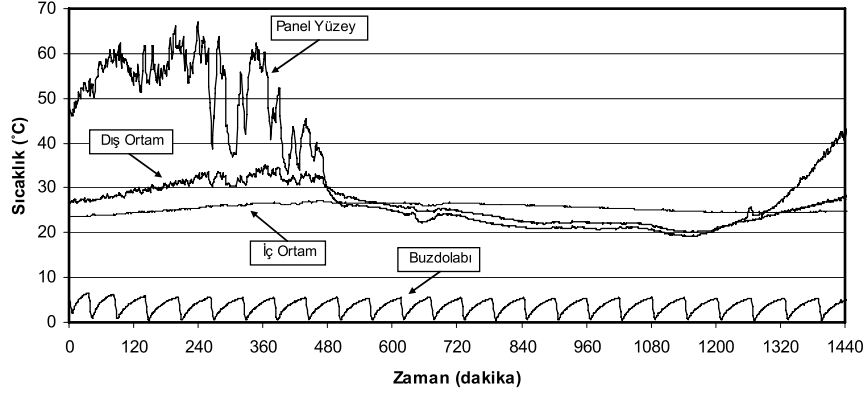
gece periyodunda 0 volta kadar düşmektedir. Gece periyodunda buzdolabının kesintisiz çalışmasını sağlamak için bataryalardan enerji sağlanmaktadır. Şekil 6'da ise buzdolabının harcadığı gerilim ve akımın zamana göre değişimleri görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi, buzdolabı çalışırken yaklaşık olarak 13V gerilim ve 0.12A akım gerekli olmaktadır. Buzdolabında set edilen sıcaklık değeri sağlandığında sistem otomatik olarak elektrik akımını keserek buzdolabının çalışmasını durdurmaktadır. Şekil5 ve 6'da verilen akım grafiklerinde bu durum görülmektedir.

4.3. Güç dağılımı

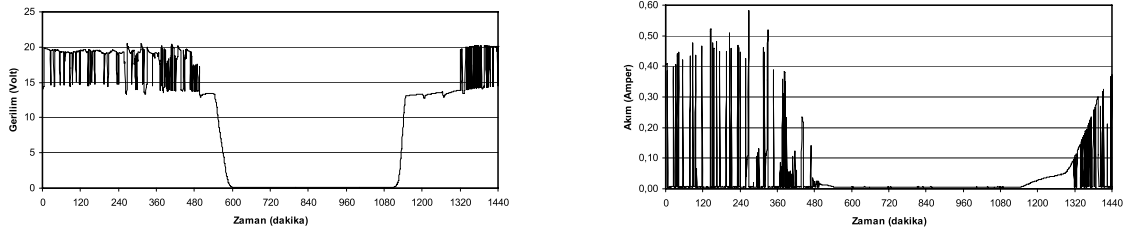
PV-soğutma sisteminin günlük periyottaki güç dengesi Şekil 7'de görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi, buzdolabının çalışması için harcanan ortalama güç yaklaşık olarak 60W civarındadır. Güneşin olduğu zamanlarda gerekli enerji panellerden karşılanmakta, güneşin olmadığı veya yetersiz kaldığı zamanlarda bataryalar devreye girmektedir. Panellerde üretilen enerjinin fazla olması bataryalar şarj edilmektedir. Panelde üretilen maksimum enerji saat 12:30'da 168.22 W, buzdolabının harcadığı maksimum enerji saat 19:21'de 83.32 W olarak tespit edilmiştir. Günlük periyotta panelin ürettiği toplam enerji 10.60 kJ (2.94 kWh) ve buzdolabının tükettiği toplam enerji 7.83 kJ (2.18kWh) olarak

bulunmuştur. Şekil 8’de ise günlük periyotta bataryanın güç dengesi görülmektedir. Şekilde gücün pozitif olması durumunda (>0) panellerde üretilen enerji batarya grubunu şarj etmekte, negatif durumunda (<0) ise buzdolabının çalışması için gerekli enerji bataryadan karşılanmaktadır.

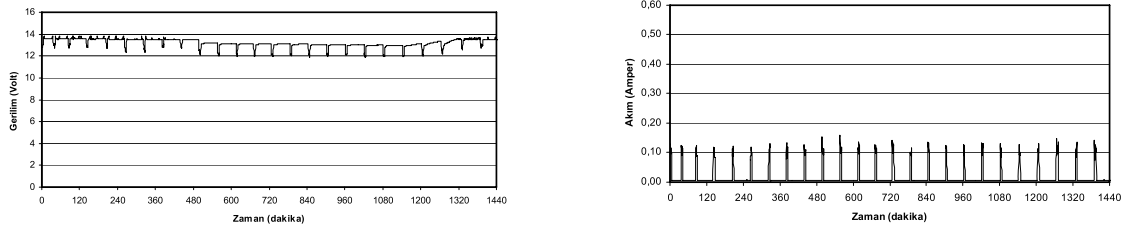
Buzdolabı istenilen sıcaklık aralığında olması durumunda buzdolabı otomatik kontrolü devreye girerek sistemi kapatmakta ve böylece enerji tüketimi olmamaktadır.



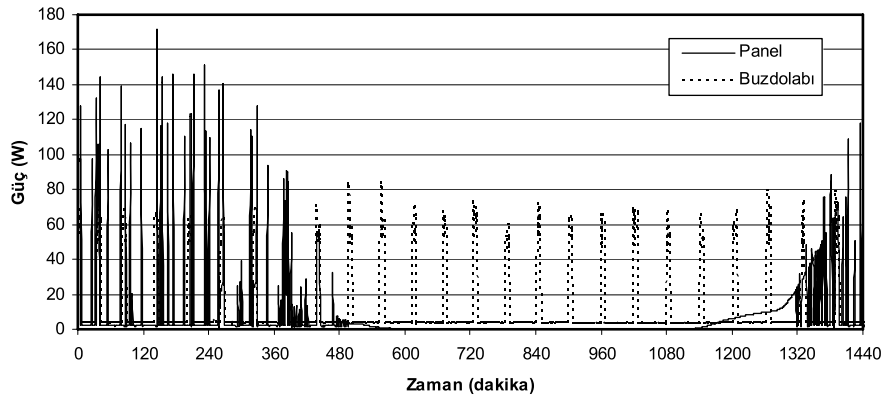
Şekil 4. Ölçülen sıcaklıkların günlük değişimi



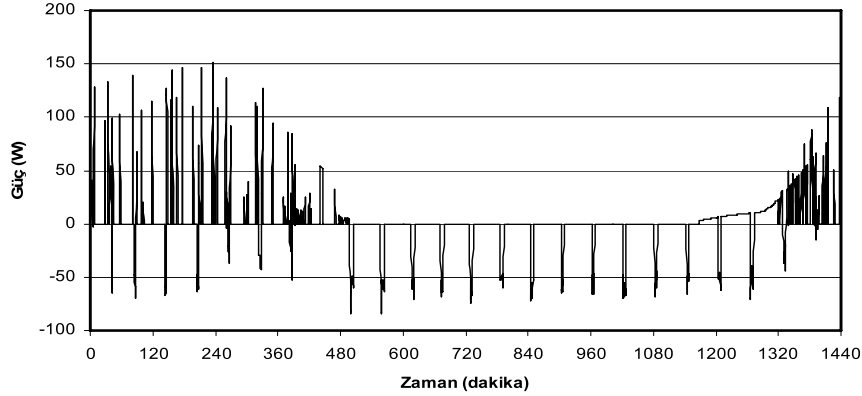
Şekil 5. Panel grubunun ürettiği gerilim ve akımın zamana göre değişimleri



Şekil 6. Buzdolabının harcadığı gerilim ve akımın zamana göre değişimleri



Şekil 7. Pannelde üretilen enerji ve buzdolabının tükettiği enerji



Şekil 8. Günlük periyotta bataryanın güç dengesi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, elektrik enerjisi ihtiyacı fotovoltaik sistem ile karşılanan medikal amaçlı Fotovoltaik-buzdolabı Sistemi'nin prototipi kurulmuştur. Yerel elektrik şebekesinden bağımsız olan soğutma sistemi, Şanlıurfa koşullarında kesintisiz olarak çalışması sağlanmıştır. Soğutma sisteminin günlük çalışması sırasında etkili olan parametreler deneysel olarak incelenerek, sistem kapasite ve performansına etkileri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Fotovoltaik sistem ile soğutma sistemi birleştirilerek enerji dengesi sağlanmıştır.
- Soğutma sisteminde DC güç kullanılarak, DC-AC dönüşümünden kaçınılması sistemin daha etkin çalışması sağlanmıştır.
- Sistem için gerekli enerji temiz enerji kaynaklarından sağlanarak çevresel etki minimize edilmiştir.
- Sistemin işletme maliyeti düşürülmüştür. Buzdolabı bedelsiz olarak çalıştırılmıştır.
- Buzdolabı düşük enerji ile (ortalama 60W) çalışması sağlanmıştır.
- Soğutma sisteminin medikal amaç için kullanımı için gerekli soğutma aralığı (+2/+8) sağlanmıştır.
- Elektrik şebekesinin olmadığı kırsal bölgelerde sistemin kullanılabilirliği test edilmiştir.

Sağlık sektöründe büyük öneme sahip aşılarda saklama ve naklinde gerekli olan soğuk zincir, PV-buzdolabı sistemi ile güvenli olarak sağlanabilir. Böylece bu amaç için harcanan kaynaklar daha etkin olarak kullanılabilir. Sistem üzerinde deneysel çalışmalar tüm yıl boyunca ve buzdolabının yüklü (dolu) olması durumu dikkate alınarak sürdürülmesi planlanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Akdağ R., Sağlık Bakanı, Konferans: Türkiye'de Aşılama: Mevcut Durum Ve Son Yıllardaki Gelişmeler. 2. Ulusal Aşı Sempozyumu 30 Ekim-03 Kasım 2007, Ankara.

Kattakayam TA, Srinivasan K. Uninterrupted Power Supply For Autonomous Small Refrigerators. *Energy Conversion and Management* 39(1/2), 21-26, 1998.

Kim D.S. and Infante Ferreira C.A., Solar refrigeration options – a state-of-the-art review, *international journal of refrigeration*, 31 (2008) 3-15.

Özdemir H., Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara, Ekim 2007 Konferans: Enjeksiyon Güvenliği Ve Soğuk Zincir 2. Ulusal Aşı Sempozyumu 30 Ekim-03 Kasım 2007, Sheraton Hotel & Convention Center – Ankara

www.Hssgm.Gov.Tr/Web/KarantinaSayfa/İmages/Sogukzinciryonerge.Doc, Aşı Saklama Ve Soğuk Zincir Yönergesi.

Yıldırım B., Soğuk Zincir Sevk Ve İdaresi Sağlık Bakanlığı, Birinci Ulusal Aşı Sempozyumu 22 Eylül 2005

Yeşilata B. ve Işıker Y., Fotovoltaik Güçle Çalışan Bir Buzdolabı Sisteminin Deneysel Analizi, *Mühendis Ve Makina* 47: 558, sayfa 54-60, 2006.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2006K/120670 DPT projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.