

KUSURLU GÜNEŞ PANELİNDE (PV) VERİMLERİN ÖLÇÜLMESİ

Onur TAŞKIN *

Alınma: 12.01.2019 ; düzeltme: 22.02.2019 ; kabul: 26.03.2019

Öz: Bu çalışmada, farklı yönlerde ve açılarda incelenen fiziksel hasarlı güneş panelinden üretilen toplam güç miktarları araştırılmıştır. Ayrıca, incelenen panelde yaşanan ısınmanın tanımlanması için termal kamera kullanılmıştır. Panelin performansının belirlenmesi amacıyla iklimsel veriler de eşzamanlı olarak ölçülmüştür. Güney yönde en yüksek güç üretimleri gerçekleşirken, kuzey yönde %34,13, batı yönde %17,07, doğu yönde ise %14,92 azalma belirlenmiştir. Tüm yönlerde açının artırılması ile güç çıkışının artmasına rağmen, güney yönde 70°'den sonra düşüş tespit edilmiştir. Panel en verimli çalışma konumunda (güney yön - 72°) toplam kapasitenin %9,34'ünü dönüştürmüştür. Diğer taraftan, en sıcak ve fiziksel hasarlı noktaları sırasıyla 43,2 °C ve 41,3 °C sıcaklıklara ulaşmıştır. Panel yüzeyinde ise ortalama 38,6 °C homojen olmayan dağılım belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş paneli, Kırık cam, Termal görüntüleme, Verimlilik

Efficiency Measurements on Defective Solar Panel (PV)

Abstract: This study investigates the impact of physical damage on the total amount of power generated by the solar panel in various directions and angles. Moreover, thermal camera was used for identification of heating in the examined PV panel. Climatic data were measured simultaneously to determine the performance of the panel as well. The produced power from PV panel was decreased 34.13% in north, 17.07% in west and 14.92% in east comparing to the south faced. Although the increase of the angle in all directions increased the energy output, only decrease was determined after 70° in the south facing. The physically damaged PV panel was convert 9.34% of total capacity in the most efficient working position (south faced - 72°). On the other hand, an average heating of PV panel surface area was 38.6 °C with no uniform heating distribution where the hottest and physically damaged spots were 43.2 °C and 41.3 °C, respectively.

Keywords: Solar panel, Broken glass, Thermal image, Efficiency

1. GİRİŞ

Günümüzde, yaşam standartlarının yükselmesi ile enerji kullanımında belirgin bir artış olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları bu talepleri karşılamak için önemli bir rol oynayabilecektir. Bu kaynaklardan enerji üretim teknolojisi hızla gelişen ve gelecek vaat eden uygulamalarından birisi güneş paneli sistemleridir (Li ve Lam, 2007; Taherbaneh ve diğ., 2010). Güneş paneli sistemleri çevresel koşullara bağlı olarak doğrusal olmayan akım-gerilim eğrileri ile güç üretirler. Bu nedenle, kullanıcıların güç ve ekonomik fayda beklentilerinin gerçekçi olması gerekmektedir. Aksi takdirde, güneş elektriği pahalı bir kaynak haline gelmektedir (Ancuta ve Cepisca, 2011; Taherbaneh ve diğ., 2010). Diğer yandan, teknolojik yeniliklerin bir sonucu olarak güneş panellerin verimliliğini artırmak için birçok çalışma bulunmaktadır (Purvis, 2013).

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Bursa
İletişim Yazarı: Onur Taşkın (onurtaskins@gmail.com)

Kurulu güneş panelleri verimliliklerini bazı bozulmalar sonucunda kaybederler. Hata veya kusurlar; EVA kahverengileşmesi, EVA’da delaminasyon ve kabarcık oluşumu, arka tabaka polimer çatlakları, ön yüzey kirlenmesi, panelin alt kenarında kararma, bağlantı kutusu korozyonu, akım çubuğu oksidasyonu ve solması, bağlantı kablolarında yalıtım bozulması, cam kırılması, salyangoz izleri, hızlı performans düşüşü ve hızlı yapısal bozulma vb. şekilde sınıflandırılabilir (Djordjevic ve diğ., 2014). Tek bir panel kusuru sonucunda diziyeye bağlı tüm panellerin kullanım ömrü etkilenebilir ve yüksek değiştirme maliyetlerine yol açabilir (Ding, 2012). Panel performansı yukarıdaki faktörler dışında yön, açı, gölgelenme, panel tipi, bakım, temizlik ve arka sıcaklıktan doğrudan etkilenmektedir (Turhan ve Çetiner, 2012). Güneş takip sistemi ve temizlik robotunun iyi bir planlama ile kullanılması maksimum günlük enerji elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak bu sistemler pahalı olup, işletimi için enerjiye ihtiyaç duyarlar ve her zaman uygulanabilir değildir (Benghanem, 2011).

Bu çalışma ile cam kırığı kusurlu polikristal güneş panelin yön ve açı etkilerine bağlı olarak performansının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, optimum eğim açısında alınan termal görüntüler incelenmiş ve sunulmuştur.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Denemeler, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma Uygulama merkezinde gerçekleştirilmiştir (40°23’N, 28°86’E). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan uzun vadeli güneş enerjisi verilerine göre Bursa için elde edilen maksimum toplam ışınım değerlerinin Haziran ayında olduğu belirlenmiştir (YEGM, 2018). Bu sebeple denemeler 2017 yılı Haziran ayında saat 10:30 ile 15:30 arasında yapılmıştır (Ding, 2012). Test düzeneğinde 125 W (150 × 68 cm) gücündeki cam kırığı kusuru bulunan polikristal güneş paneli (Türksun, TS125P6-18, Türkiye) kullanılmıştır.

İklimsel verilerden toplam ışınım (CM11, Kipp&Zonen, Hollanda), sıcaklık (41342, Young, A.B.D.), nem (41003, Young, A.B.D.) ve rüzgar hızı (AM4836C, Landtek, Çin) eşzamanlı olarak ölçülmüş ve veri kayıt cihazı (Cr1000, Campbell Scientific, A.B.D.) ile kaydedilmiştir. Güneş panelinin farklı yönlerde ve açılardaki güç değerlerinin belirlenmesinde güneş paneli analizörü (Prova 210, Tayvan), panel üzerindeki sıcak noktaların ve çatlakların belirlenmesinde ise termal kamera (885-2, Testo, Almanya) kullanılmıştır (Djordjevic ve diğ., 2014).

Güneş panellerinin kurulduğu enlemler ve yüzey eğim açıları üretilen enerji miktarını etkilemektedir. Bu bağlamda, deklinasyon açısının değeri (δ) Cooper denklemi ile hesaplanabilmektedir (Strebkov ve diğ., 2008). Eşitlikte n yılın gün sayısını ifade etmektedir.

$$\delta = 23,34 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{n+284}{365}\right) \quad (1)$$

Optimum eğim açısını (β) bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır ve burada Φ enlem değeridir (Benghanem, 2011). Bu çalışmada 90° zemine paralelliği, 0° ise zemine dikliği ifade etmektedir.

$$\beta = \phi - \delta \quad (2)$$

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

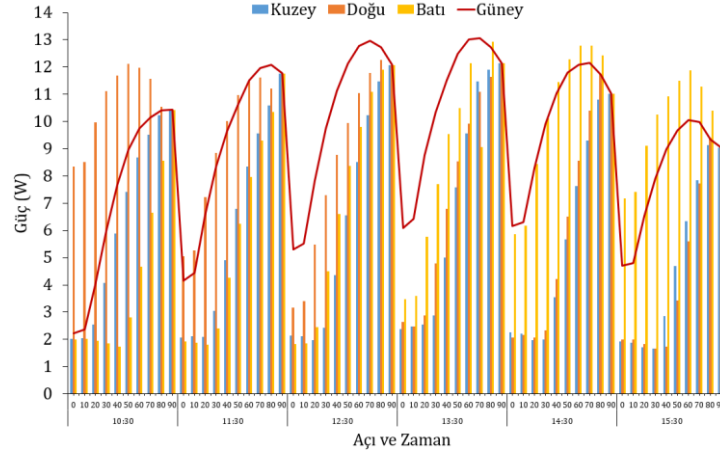
Cam kırığı kusurlu güneş panelinin farklı yönlerde ve açılardaki performansı açık alan iklim koşullarında testi gerçekleştirilmiştir. Tablo 1’de saatlik olarak ölçülen iklimsel değerlerin sonuçları verilmiştir. Sonuçların ortalamasına göre deneme günlerinde toplam ışınım 495,34

W/m^2 , sıcaklık $27,75\text{ }^\circ\text{C}$, nem %45,05, rüzgar hızı $0,5\text{ m/s}$ olarak bulunmuştur. En yüksek toplam ışınım, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı sırasıyla 15.06.2017 tarihinde saat 13:30'da $1015,62\text{ }W/m^2$, 08.06.2017 tarihinde saat 13:30'da $31,13\text{ }^\circ\text{C}$, 22.06.2017 tarihinde saat 10:30'da %64,58 ve 15.06.2017 tarihinde saat 15:30'da $3,5\text{ m/s}$ olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1. İklimsel ölçüm sonuçları

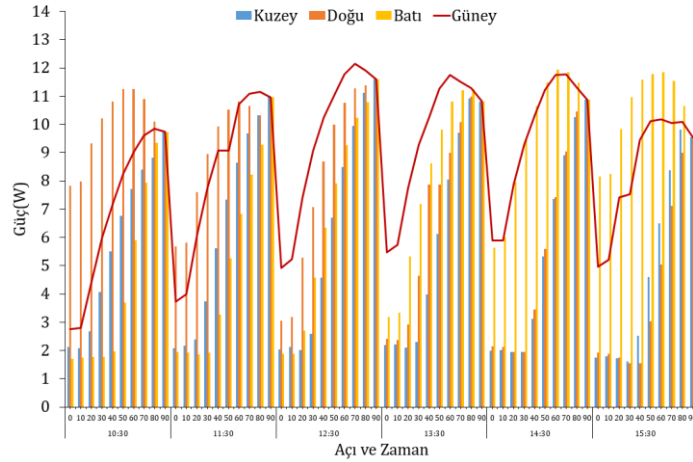
	Saat	01.06.17	08.06.17	15.06.17	22.06.17	29.06.17
Toplam Işınım (W/m^2)	10:30	777,83	751,50	795,97	755,70	770,25
	11:30	884,02	844,79	924,23	899,10	888,03
	12:30	939,66	935,52	987,96	980,49	960,90
	13:30	965,79	962,71	1015,62	1004,03	987,03
	14:30	926,37	912,28	936,40	953,47	932,13
	15:30	834,79	847,93	837,04	870,46	847,55
Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	10:30	25,62	26,85	26,94	24,31	25,93
	11:30	27,41	28,63	27,55	26,55	27,53
	12:30	29,04	30,05	27,87	28,01	28,74
	13:30	31,27	31,13	28,92	28,56	29,97
	14:30	30,98	30,89	29,23	28,63	29,93
	15:30	28,36	32,40	28,85	29,10	29,67
Nem (%)	10:30	61,56	57,90	48,05	64,58	58,02
	11:30	57,10	53,30	47,58	48,20	51,54
	12:30	48,01	48,37	38,12	46,81	45,32
	13:30	40,48	50,65	30,05	40,01	40,29
	14:30	42,71	47,83	32,76	38,18	40,37
	15:30	48,98	42,33	32,22	41,33	41,21
Rüzgar Hızı (m/s)	10:30	1,5	1,6	0,9	0,2	1,4
	11:30	0,3	1,3	0,3	0,2	1,1
	12:30	2,5	1,6	3,3	2,1	1,3
	13:30	0,4	1,3	2,6	0,8	0,9
	14:30	1,4	2,4	2,3	0,5	0,8
	15:30	1,5	1,7	3,5	2,4	1,4

Şekil 1-5'de 2017 yılı haziran ayında farklı günlerde yapılmış denemelerin farklı yönlerde ve açılardaki etkilerini göstermektedir.



Şekil 1:
01.06.2017 tarihli ölçüm sonuçları

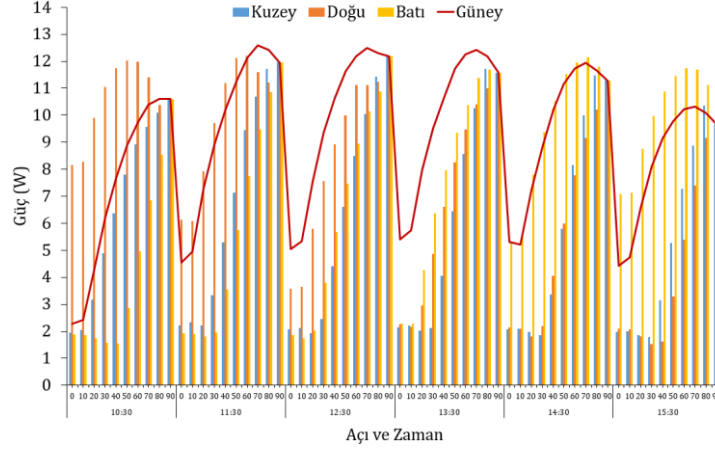
Güney yön sonuçlarına kıyasla kuzey, batı ve doğu yönlerinden üretilen güç değerleri sırasıyla %34,13, %17,07 ve %14,92 azalmıştır. Ancak sabahları doğu yönden, öğleden sonra ise batı yönden daha fazla güç elde edilmesi nedeniyle tek eksenli güneş takip sistemlerinin kullanımı panelin verimini artıracaktır. Chang (2009) tek eksenli takip sistemine optimum açı ile monte edilen panelin, geleneksel sabit panele göre kazancını analiz etmiştir ve kazancı %18,7 gözlemlemiştir. Benzer biçimde Chin ve diğ. (2011) tek eksenli takip sistemi ile sabit panelin çıkış güçlerini karşılaştırmıştır. Deneysel sonuçlara göre hareketli paneli statik panele göre yaklaşık %20 daha verimli bulmuşlardır.



Şekil 2:
08.06.2017 tarihli ölçüm sonuçları

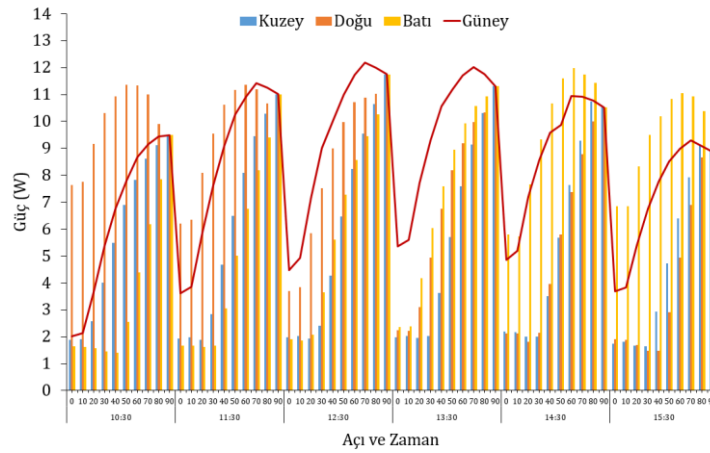
Güneş paneli deneysel olarak 0 ila 90 arasında 10° aralıklarla analiz edilmiştir. Tüm yönlerde açının artması ile güç çıkışını artmıştır, ancak güney yönde 70°'den sonra bir düşüş gözlemlenmiştir. En yüksek kayıp (%81,92) kuzey yöne bakan 0° sabit açıda belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda, Abdallah ve Nijmeh (2004) güneş enerjisi üzerindeki iki eksen takip sisteminin etkisinin araştırılması için deneysel bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak iki eksen takip sisteminde toplanan enerji, sabit açılıya kıyasla %41,34 artışla daha iyi performans göstermiştir. Cruz-Peragón ve diğ. (2011) alternatif bir yöntem sunmak amacıyla iki eksenli takip sisteminin enerji avantajını belirlemek ve İspanya'daki ekonomik karlılığı analiz

etmişlerdir. Yıllık enerji sonuçlarına göre iki eksenli takip sistemi ulusal bölgelerin çoğu için enerji avantajı (%20'den yüksek) göstermiştir.



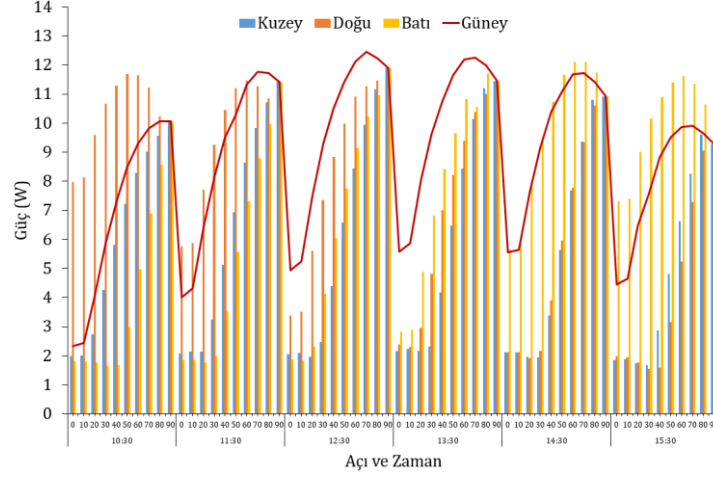
Şekil 3:
16.06.2017 tarihli ölçüm sonuçları

Günlük performanslar arasındaki farklılıklar %1,35-7,73 arasında değişmiştir. Ancak panelden en yüksek güç verimi 15.06.2017 tarihinde elde edilmiştir. Bu sonuç muhtemelen yüksek toplam ışınım ve düşük nem seviyesinden kaynaklanmıştır. Günlük performanslara dayalı önceki çalışmalarda, Li ve diğ. (2005) günlük güneş ışınımı, güneş paneli çıkış gücü ve sistem verimliliği ölçümlerine dayalı yaz aylarında analiz gerçekleştirmiştir. En yüksek güneş ışınımı sırasıyla haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları için 10,700, 12,700, 12,500 ve 12,200 Wh/gün olarak ölçülmüştür. Çıkış gücü ise haziran ayında 55 Wh/gün, temmuz ayında ise 505 Wh/gün olarak bulunmuşlardır. Sistem verimliliği çok fazla farklılık göstermemiştir. Ortalama değerler Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sırasıyla %5, %4,4, %4,6 ve % 4,7 olarak belirlenmişlerdir. Ayrıca sistem veriminin ortam sıcaklığından etkilendiği bildirilmiştir. Sharma ve Chandel (2013) Hindistan'ın Khatkar-Kalan şehrinde kurulu olan şebeke bağlantılı 190 kWp güneş enerjisi santralini analizini yapmıştır. Analizin sonuçlarına göre santral performansının mevcut güneş ışınımına bağlı olduğu ve maksimum enerjinin eylül ve ekim günlerinde gerçekleştiği gösterilmiştir.



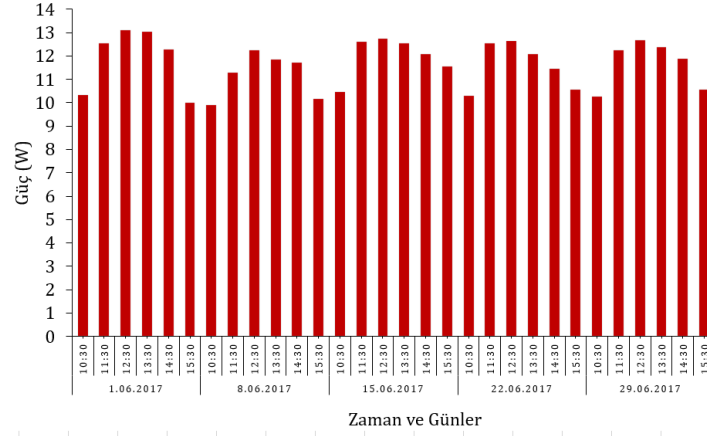
Şekil 4:
22.06.2017 tarihli ölçüm sonuçları

Tüm açı değerlerinin ortalamasına göre doğu yönde güç düzeyinin saatler ilerledikçe azaldığı ve batı yönde ise yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca, güç düzeyi kuzey yönde 12:30'a, güney yönde ise 13:30'a kadar yükselmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalarda, Denholm ve Margolis (2007) günlük enerji eğrisinin “değişken” olduğunu belirtmiş ve en yüksek seviyeye saat 13:00'de ulaştığını sunmuşlardır. Redweik ve diğ., (2013) zemine, cephelere ve çatılara farklı zamanlarda gelen güneş ışınımını hesaplamış ve en yüksek güneş elektriği potansiyelini saat 12:00'da, en düşük ise saat 08:00'da bulmuşlardır.



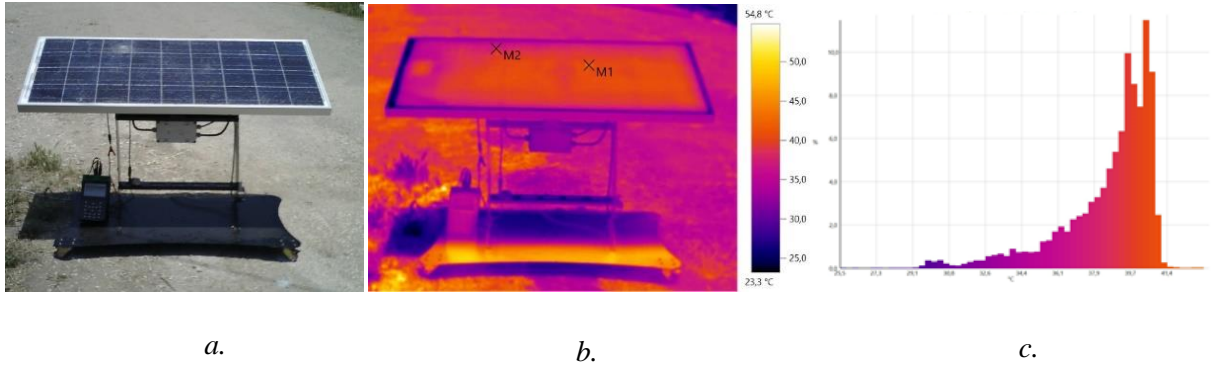
Şekil 5:
29.06.2017 tarihli ölçüm sonuçları

Eşitlik 1 ve 2'ye dayalı hesaplanmalar sonucunda en verimli çalışma pozisyonu güney yönde 72 derecelik açı olarak bulunmuştur. Cam kırığı kusurlu güneş panelinin ortalama güç üretimi sırasıyla saat 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30 ve 15:30'da %8,2, %9,8, %10,16, %9,91, %9,52 ve %8,47 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar önceki çalışmaların sonuçları ile uyum göstermektedir. Dhimish vd. (2017) çatlağı olan güneş panellerini incelemiş ve %60'ının çıkış gücü performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda bazı yazarlarda panel açıları üzerine bazı araştırmalarda bulunmuştur. Benghanem (2011) maksimum güneş ışınımını toplamak için gerekli güneş paneli eğim açısını analiz etmiştir. Madinah (Suudi Arabistan) şehrinde yüksek verimlilik için ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış için sırasıyla 17°, 12°, 28° ve 37° şeklinde dizayn edilmesini önermiştir. Jafarkazemi ve Saadabadi (2013) Abu Dabi şehrindeki güneş panelleri için optimum eğim açısı değerlendirmiştir. Sonuç olarak, açının yılda en az iki kere ayarlanması gerektiğini ve eğer ayarlanamıyorsa 22° olarak montaj yapılmasını uygun bulmuşlardır. Diğer yandan, yatay yüzeyli panele kıyasa, aylık açı ayarlaması ile %12, sezonluk açı ayarlaması ile %11 daha fazla kazanç sağlanacağını bulmuşlardır.



Şekil 6:
Güney yön - 72° ölçüm sonuçları

En yüksek hava sıcaklığının yaşandığı 08.06.2017 gününde çekilen ve panel verimliliğinin en yüksek olduğu (güney yön-72°) termal görüntü Şekil 7a'da gösterilmiştir. Panel yüzey alanının termal görüntüsü incelendiğinde, ortalama 38,6 °C'lik bir ısıtma gözlemlenmiştir (Şekil 7c). Panelin en sıcak noktası (M1) 43,2 °C, cam kırığı noktasında (M2) ise 41,3 °C sıcaklık belirlenmiştir (Şekil 7b). Ek olarak, panel yüzeyinde düzenli bir ısınma gözlemlenmemiştir. Ancuta ve Cepisca (2011) kızılötesi görüntüleme sayesinde dışarıdan görünmeyen panel hasarlarının tahribatsız yöntem ile tespit edilmesi üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır. Sonuçlar, verimliliğin panel sıcaklığına büyük ölçüde bağlı olduğunu ve aşırı ısınmanın üretilen enerjide azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Benzer biçimde, Djordjevic ve diğ., (2014) kızılötesi ölçümlerin kusurlu panel performansı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için kullanılabileceğini vurgulamışlardır.



Şekil 7:
Termal görüntüleme
a. Gerçek görüntü b. Termal görüntü c. Sıcaklık dağılımı

4. SONUÇ

Kusurlu güneş paneli veriminin en yüksek olduğu pozisyon (güney yön-72°), gün (01.06.2017) ve saatte (12:30) dahi kapasitesinin %10,49'u düzeyinde performans gösterdiği belirlenmiştir. Bu sebeple, bağlı olduğu tüm dizeyi etkileyecek olan kusurlu panellerin sistemlerden hemen çıkarılarak, yenileri ile değiştirilmesi gerekmektedir. Her yıl binlerce ton

atık olacağı düşünüldüğünde, güneş panellerinde geri dönüşümün gelecekte büyük bir öneme sahip olacağı öngörülmektedir. Ayrıca dünya çapında en hızlı büyüyen sektörlerden biri olan enerjide geri dönüşüm üzerine yapılan bilimsel çalışma sayısı artarak devam etmelidir.

KAYNAKLAR

1. Abdallah, S. ve Nijmeh, S. (2004) Two axes sun tracking system with plc control, *Energy Conversion and Management*, 45(11), 1931-1939. doi:10.1016/j.enconman.2003.10.007
2. Ancuta, F. ve Cepisca, C. (2011) Fault analysis possibilities for pv panels, *Energetics (IYCE)*, Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on IEEE, 1-5.
3. Benghanem, M. (2011) Optimization of tilt angle for solar panel: case study for Madinah, Saudi Arabia, *Applied Energy*, 88(4), 1427-1433. doi:10.1016/j.apenergy.2010.10.001
4. Chang, T.P. (2009) Output energy of a photovoltaic module mounted on a single-axis tracking system, *Applied Energy*, 86(10), 2071-2078. doi:10.1016/j.apenergy.2009.02.006
5. Chin, C. S., Babu, A. ve McBride, W. (2011) Design, modeling and testing of a standalone single axis active solar tracker using MATLAB/Simulink, *Renewable Energy*, 36(11), 3075-3090. doi:10.1016/j.renene.2011.03.026
6. Cruz-Peragón, F., Casanova-Peláez, P.J., Díaz, F.A., López-García, R. ve Palomar, J.M. (2011) An approach to evaluate the energy advantage of two axes solar tracking systems in Spain, *Applied Energy*, 88(12), 5131-5142. doi:10.1016/j.apenergy.2011.07.018
7. Dhimish, M., Holmes, V., Mehrdadi, B. ve Dales, M. (2017) The impact of cracks on photovoltaic power performance, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 2(2), 199-209. doi:10.1016/j.jsamd.2017.05.005
8. Denholm, P. ve Margolis, R.M. (2007) Evaluating the limits of solar photovoltaics (pv) in electric power systems utilizing energy storage and other enabling technologies, *Energy Policy*, 35(9), 4424-4433. doi:10.1016/j.enpol.2007.03.004
9. Ding, Z. (2012) PV module troubleshooting and measurement, *Doctoral dissertation*, Murdoch University.
10. Djordjevic, S., Parlevliet, D. ve Jennings, P. (2014) Detectable faults on recently installed solar modules in Western Australia, *Renewable Energy*, 67, 215-221. doi:10.1016/j.renene.2013.11.036
11. Jafarkazemi, F. ve Saadabadi, S. A. (2013) Optimum tilt angle and orientation of solar surfaces in Abu Dhabi, UAE, *Renewable Energy*, 56, 44-49. doi:10.1016/j.renene.2012.10.036
12. Li, D. H. ve Lam, T.N. (2007) Determining the optimum tilt angle and orientation for solar energy collection based on measured solar radiance data, *International Journal of Photoenergy*, 1-9. doi:10.1155/2007/85402
13. Li, D. H., Cheung, G. H. ve Lam, J.C. (2005) Analysis of the operational performance and efficiency characteristic for photovoltaic system in Hong Kong, *Energy Conversion and Management*, 46(7), 1107-1118. doi:10.1016/j.enconman.2004.06.029
14. Purvis, M. (2013) Remote data logger for photovoltaic research, *Doctoral Dissertation*, Murdoch University.
15. Redweik, P., Catita, C. ve Brito, M. (2013) Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape, *Solar Energy*, 97, 332-341. doi:10.1016/j.solener.2013.08.036

16. Sharma, V. ve Chandel, S.S. (2013) Performance analysis of a 190 kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India, *Energy*, 55, 476-485. doi:10.1016/j.energy.2013.03.075
17. Strebkov, D.S., Irodionov, A.E., Tarasov, V.P. ve Bazarova, E.G. (2008) Optimum orientation of a nontracking solar concentrator, *Thermal Engineering*, 55(12), 997-1000. doi:10.1134/S004060150
18. Taherbaneh, M., Rezaie, A.H., Ghafoorifard, H., Rahimi, K. ve Menhaj, M.B. (2010) Maximizing output power of a solar panel via combination of sun tracking and maximum power point tracking by fuzzy controllers, *International Journal of Photoenergy*, 1-13. doi:10.1155/2010/312580
19. Turhan, S. ve Çetiner, İ. (2012). Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi, 6. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 1-9.

