



# Academic Research Journal of Technical Vocational Schools

artes@cumhuriyet.edu.tr

Founded: 2022

Available online, ISSN: 2822-5880

Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

## Fault Detection in Solar Energy System with Electroluminescence (EL) Images

Hale Bakır<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Electricity and Energy, Sivas Vocational School of Technical Sciences, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

\*Corresponding author

### Research Article

#### History

Received: 10/10/2022

Accepted: 30/11/2022

### ABSTRACT

Solar energy is one of the most important renewable energy sources, but some malfunctions and problems arise day by day during the installation phase. These problems and problems cause a decrease in efficiency and losses in production. There are some methods for fast and on-site detection of faults. In this study, the faults occurring in the panels were examined using the EL test method and a total of 8 faults were detected as a result of the test. The detected faults were determined as 6 crack faults and 2 soldering faults. With rapid fault detection, faults were intervened in the field and energy losses were prevented. Sustainable energy is important in developing countries like Turkey and these losses can be minimized with an appropriate and accurate fault detection method.

**Keywords:** Electroluminescence, Fault detection, Solar energy, Energy losses

## Elektrolüminesans (EL) Görüntüleri ile Güneş Enerjisi Sisteminde Arıza Tespiti

#### Süreç

Geliş: 10/10/2022

Kabul: 30/11/2022

### Öz

Güneş enerjisi en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir, ancak gün geçtikçe kurulum aşamasında bazı arızalar ve sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorun ve problemler verimin düşmesine ve üretimde kayıplara neden olmaktadır. Arızaların hızlı ve yerinde tespiti için bazı yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada panellerde meydana gelen arızalar EL test yöntemi kullanılarak incelenmiş ve test sonucunda toplam 8 adet arıza tespit edilmiştir. Tespit edilen hatalar 6 adet çatlak hatası ve 2 adet lehim hatası olarak saptanmıştır. Hızlı arıza tespiti ile sahada hatalara müdahale edilmiştir ve enerji kayıplarının önüne geçilmiştir. Sürdürülebilir enerji Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde önemlidir ve bu kayıplar uygun ve doğru bir arıza tespit yöntemi ile en aza indirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrolüminesans, Arıza tespiti, Güneş enerjisi, Enerji kayıpları

#### Copyright



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

<sup>a</sup> halebakir@cumhuriyet.edu.tr

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5580-0505>

**How to Cite:** Bakır H. (2022) Fault Detection in Solar Energy System with Electroluminescence (EL) Images, Academic Research Journal of Technical Vocational Schools, 1(2): 41-44

## Giriş

Fotovoltaik (PV) modüller, her PV sisteminin özüdür ve güç üretimini temsil eden bu panellerin sorunlu çalışması genel tesis performansını etkilemektedir. Güvenilir, verimli ve güvenli enerji üretmek için gerekli olan, daha yüksek arıza görünümüne sahip bir PV sistemindeki unsurlardan biridir. Büyük ölçekli PV enerji santrallerinin bakımı, yıllardır olağanüstü bir zorluk olarak görülmüştür. İmalat, lehimleme ve PV kusurlarının kantitatif analizi ve karakterizasyonu, elektrolüminesans (EL) görsel incelemesi ile gerçekleştirilir (Saavedra ve ark., 2020). EL görüntüleme, üretim, kurulum ve işletim aşamaları boyunca güneş enerjisi modüllerinin arıza tespiti için standart test prosedürü haline gelmiştir. Bu test kullanılarak, k-modüllerindeki mikro çatlaklar, kırık hücreler ve parmak kesikleri gibi kusurlar kolayca tespit edilebilir ve PV potansiyel güç kaybı sorunları etkin bir şekilde ele alınabilir. EL testi çok güçlü bir inceleme yöntemidir (Demirci ve ark., 2021). PV modüllerinin arızasında gömülü, tahribatsız bir teknoloji olan EL görüntüleme, güneş modüllerini çok daha yüksek bir çözünürlükte görüntüleme yeteneğine sahiptir (Fuyuki ve ark., 2005). EL görüntülerinde bağlantısı kesilmiş parçalar ışınlama yapmadığı için hatalı hücreler koyu renktedir. EL emisyonunu indükleyen bir PV modülüne 1150 nm dalga boyunda bir akım uygulanır ve görüntü elde edilir. Emisyon, silikon şarj bağlantılı cihaz sensörleri ile izlenebilir. Yüksek uzaysal görüntü çözünürlüğü ile kızılötesi termal teste (IRT) göre mikro çatlakların (Breitenstein ve ark., 2011) tespitinde daha güveniliridir. Kusurların özelliklerine ilişkin kapsamlı bilgi, fiziksel köken, uzaysal dağılım veya kusur konsantrasyonu hakkında bilgiler sağlayarak elektriksel verileri çıkarma teknikleri gerektirir (Duenas ve ark., 2013).

Son çalışmalarda EL ile bazı ölçüm tekniklerinin kombinasyonu kullanılmıştır (Ebner ve ark., 2010). Bu tür ölçüm teknikleri, yüksek çözünürlüklü modüllerin özelliklerinin iki boyutlu dağılımı ile hızlı, gerçek zamanlı görüntüler sağlar (Ebner ve ark., 2015; Pvpvs ve ark., 2018). EL, seri direnç izleme, ömür boyu haritalama, bağlantı arıza bölgesi izleme için mükemmeldir (Warta ve ark., 2011). EL, mikro çatlakları, kesintili temasları veya bir dizi çalışma hatasını tespit etmek için etkili bir tekniktir ve bu kusurların modül güç çıkışı üzerindeki etkisini belirlemede etkin bir yöntemdir (Deitsch ve ark., 2019).

Üretim sürecinde kullanılabilir modüller sahadan gece santrale gidilerek ölçüm yapılır ya da sahadan demonte edilerek laboratuvara sevk edilir, bir yapı veya özel bir tripod ile üzerine EL kameraları monte edilerek, bu kamera vasıtasıyla test edilir. Bu durumda, bu teknik sayesinde, yük taşıyıcıların ısınım re-kombinasyonu, bir EL kamera tarafından yakalanan güneş pillerinde emisyon yoğunluğu, güneş pilinin arızalı olup olmadığını gösterir ve buna göre işlev görür. EL testi mikro çatlak hataları tespit etmede IRT testinden daha iyi sonuçlar verebilir (Bakır, 2022).

## Materyal ve Yöntem

### Güneş Enerji Santrali

Güneş enerjisi santralleri, enerji parçacıklarını güneş ışığından elektrik enerjisine dönüştüren santrallerdir. Güneş pilleri, enerji santrallerinde, hesap makinelerinde olduğu gibi, ancak daha büyük boyutlarda kullanılır. Güneş pilleri fotovoltaiktir. Gelen güneş ışığını elektrige dönüştürürler. Bu pillerin ana bileşenleri kristal silikon ve galyum arsenittir. Güneş enerjisi santralleri inşaat-işletme maliyetleri ve verimlilik açısından karlı bir enerji yoludur. Bu nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğaya verilen zararın en aza indirilmesi açısından geleceğin enerji üretim sistemlerinden biridir. Resim 1'de 1 MW'lık bir güneş enerjisi santrali gösterilmektedir.



Resim 1. 1 MW güneş enerji santrali

### Electrolüminesans (EL) Testi

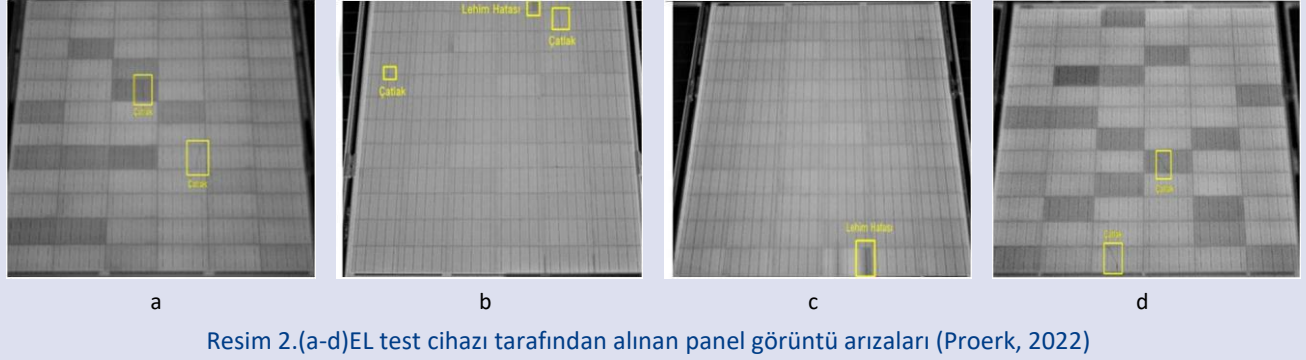
C-Si yarıiletkeni ileri polarize durumunda elektronun rekombinasyonu ile elde edilen enerjinin foton yayması ve bu fotonların uygun dijital kameralar tarafından yakalanması ilkesine elektrolüminesans görüntüleme tekniği denir (Fuyuki ve ark., 2005). Bu yöntemde modülden veya hücreden bir miktar akım geçerek yayılan radyasyon bir EL kamera ile yakalanır ve bu 1100 nm dalga boyuna sahip bu radyasyon görünmez spektrumdadır (Evans, 2014).

### Bulgular ve Tartışma

Elektrolüminesans test cihazı ile çekilen EL görüntüleri Resim 2'de gösterilmiştir. EL görüntülerde Resim 2(a)'da 2 adet çatlak ve Resim 2(b)'de 1 adet lehim hatası ve 2 adet çatlak hatası tespit edilmiştir. Resim 2(c)'de 1 adet lehim hatası ve son olarak Resim 2(d)'de 2 adet çatlak hatası daha tespit edilmiştir. Mikro çatlaklar, panellerde oluşan ve çıplak gözle görülmesi zor olan çatlaklardır. Panelin mikro çatlakları; üretim, nakliye ve kurulum aşamalarında ortaya çıkabilir. Bu çatlaklar ilk kurulum ve elektrik üretimi sırasında etkisini göstermese de ilerleyen dönemlerde çatlak boyutlarının artmasıyla pano veriminin düşmesine neden olabilir. Güneş pillerindeki çatlaklar, kötü lehimlenmiş bağlantılar ve uyumsuzluklar gibi herhangi bir kusur, daha yüksek dirence neden olur ve uzun vadede

sıcak noktalar haline gelir. Geceleri elektrolüminesans kameralarla tipik bir EL test uygulaması Resim 3'te gösterilmektedir. Resim 4'te hata dağılımları gösterilmiştir, bu çalışma için 6 adet çatlak hatası, 2 adet lehimleme hatası tespit edilmiştir, diğer hatalar 0 adettir. Elektrolüminesans görüntüleme, PV modüllerin yaydığı üst kızılötesi dalga boyundaki ışığı analiz ederek modülü

oluşturan hücreler üzerindeki kristal yapı hakkında bilgi sağlayan bir yöntemdir. Modül üzerindeki mikro çatlaklar, hücre ve modül üretimi sırasındaki sorunlar (lehim hataları, omik kontaklar vb.), modül montajındaki arızalar ve çalışmayan alanlarda kolaylıkla tespit edilir (Proerk, 2022).



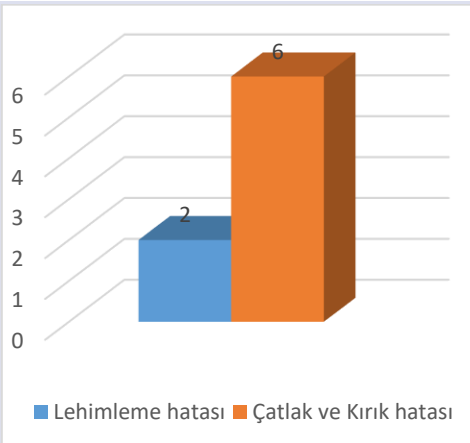
### Sonuç

Gece şartlarında santrale gidilerek, bir yapı veya özel bir tripod ile ölçümler yapılmaya da paneller sahada demonte edilerek laboratuvara sevk edilir. Bu durumda, bu teknik sayesinde, EL kamera tarafından yakalanan güneş pillerinde ışık emisyonuna neden olur ve emisyon yoğunluğu, güneş pilinin durumu hakkında bilgi verir. Işık yoğunluğunun yani parlaklığın en yoğun olan kısımları arızalı modülleri gösterir. EL testi, bazı hataları tespit etmede IRT testinden daha iyi sonuçlar verebilir. Ancak bazı arızaları tespit etmede zayıf da kalabilmektedir.

Sürdürülebilir bir yenilenebilir enerji kaynağı, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin yıllar içinde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacağı için önemlidir. Arıza tespiti için her bir tekniğin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (kızıl ötesi termal görüntü ile mikro çatlakların tespiti zor iken EL görüntüleme ile mikro çatlakların hızlı tespitinin kolay olması). Bve bunlara dayanarak, PV santral operatörleri genellikle bakım ve işletme faaliyetlerinde bu tekniklerden sadece birini uygular. Proje sahasının yapısı, ölçülecek parametreler ve diğer faktörler göz önüne alındığında, hata tespiti için en uygun yöntemin kullanılması tavsiye edilir.

### Kaynaklar

- Bakır H. 2022. Thermal image analysis for fault detection of PV systems in Ankara / Turkey, 36, 41-44. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1098973>.
- Breitenstein O, Bauer J, Bothe K, Hinken D, Müller J, Kwopil W, Warta W. 2011. Can Luminescence Imaging Replace Lock-in Thermography on Solar Cells, IEEE Journal of Photovoltaics, 1(2), 159-167. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2011.2169394>



- Deitsch S, Christlein V, Berger S, Buerhop-Lutz C, Maier A, Gallwitz F, Riess C. 2019. Automatic classification of defective photovoltaic module cells in electroluminescence images. *Solar Energy*, 185,455-468. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.067>
- Demirci MY, Bešli N, Gümüşçü A. 2021. Efficient deep feature extraction and classification for identifying defective photovoltaic module cells in Electroluminescence images, *Expert Systems with Applications*, 175, 114810. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114810>
- Dueñas S, Pérez E, Castán H, García H, Bailón L. 2013. The role of defects in solar cells: Control and detection defects in solar cells, *Spanish Conference on Electron Devices*.
- Ebner R, Zamini S, Újvári G. 2010. Defect analysis in different photovoltaic modules using Electroluminescence (EL) and Infrared (IR)-thermography, *25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*.
- Ebner R, Kubicek B, Újvári G, Novalin S, Rennhofer M, Halwachs M. 2015. Optical Characterization of Different Thin Film Module Technologies, *International Journal of Photoenergy*, 159458. <https://doi.org/10.1155/2015/159458>
- Evans R. 2014. Interpreting module EL images for quality control, *Proceedings of the 52nd Annual Conference, Australian Solar Energy Society*, [http://solar.org.au/papers/14papers/%23117\\_final.pdf](http://solar.org.au/papers/14papers/%23117_final.pdf).
- Fuyuki T, Kondo H, Yamazaki T, Takahashi Y, Uraoka Y. 2005. Photographic surveying of minority carrier diffusion length in polycrystalline silicon solar cells by electroluminescence, *Applied Physics Letters*, 86(26), 262108. <https://doi.org/10.1063/1.1978979>
- Proerk M. 2022. Denetim, Test ve Ölçüm Hizmeti, <https://www.proerk.com/ges-denetim-hizmetleri.html>, Son erişim tarihi: 1 Haziran 2022.
- Pvps I, Tsanakas I, Stein JS, Berger KA, Ranta S, Tanahashi T, . . . Bayern Z, 2018. Review on Infrared and Electroluminescence Imaging for PV Field Applications, *Report IEA-PVPS T13-10*.
- Saavedra GS, Callejo LH, Alonso-García, MdC, Santos JD, Aragonés MJ, Alonso-Gómez V, Martínez-Sacristán O. 2020. Nondestructive characterization of solar PV cells defects by means of electroluminescence, infrared thermography, I–V curves and visual tests: Experimental study and comparison. *Energy*, 205, 117930. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117930>
- Warta, W, Schubert MC, Kwopil W, Müller J, Hinken D, Bothe K, Breitenstein O. 2011. Luminescence Imaging versus Lock-in Thermography on Solar Cells and Wafers, *26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*.