

22 Ekim 2020

GTC Çift Yüzlü ve Tek Yüzlü Panellerin Karşılaştırmalı Tekno-Ekonomik Analizi

Prof. Cem Avcı & Prof. Gürkan Kumbaroğlu

Boğaziçi Üniversitesi Enerji Politikaları Araştırma Merkezi

Yönetici Özeti

Birçok bilimsel çalışma kapsamında çift yüzeyli güneş panellerinin enerji kazancı farklı sistem konfigürasyonları, iklim ve yüzey yansıtma koşulları altında test edilmiştir. Koşullara bağlı olarak çift yüzeyli güneş panellerinin enerji Kazancı %10-45 seviyesinde olduğu görülmüştür. GTC çift yüzeyli güneş panellerinin uluslararası akreditasyonu olan laboratuvarlar tarafından yapılan test sonuçları incelenerek bilimsel literatürdeki bulgularla uyum içinde tek standart yüzeyli panellere kıyasla performans üstünlüğü görülmüştür. Bağımsız labortuvar sonuçlarına göre GTC panellerinin güvenlik ve tasarım vasıflarına ilişkin uluslararası standartların gereksinimlerini sağladığı, yanma derecesi ve alevin yayılmasında A sınıfına girdiği, uzun ömrü ve yüksek verimleri ile yüksek enerji kazanımları sağladıkları görülmüştür.

35 MWe kurulu güce sahip bir çift yüzeyli cam-cam GTC Mono-PERC güneş enerjisi santrali için ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir. Üretimin ilk 10 yılı için YEKDEM mekanizmasındaki alım fiyatları varsayılırken devamında Monte Carlo simülasyonu ile geçmiş verilere dayalı olarak farklı olasılık dağılımları ile alternative senaryolar altında geliştirilen fiyat projeksiyonları kullanılmıştır.

1

Ekonomik analiz kapsamında bir çift yüzeyli cam-cam GTC Mono-PERC panellerinin değerleri aynı Kurulu güce sahip standart tekyüzeyli Mono-PERC panelleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu çift yüzeyli panel yatırımının proje ömrü boyunca önemli getirisi olduğu görülmüştür. Net Bugünkü Değer olarak hesaplandığında tek yüzeyli panellerden oluşan santral 100.3 milyon dolar rakamına ulaşırken çift yüzeyli GTC panellerinden oluşan santralde 112.6 milyon dolar getiri elde edildiği hesaplanmıştır. 3.5 milyon dolarlık ilave yatırımın 12.3 milyon dolar ilave kazanç sağladığı görülmüştür. Karşılaştırmalı iç verim oranları analizi yapıldığında, çift yüzeyli GTC panellerine yapılan ilave yatırımın tek yüzeyli panellere kıyasla %45.2 ilave getiri sağladığı görülmüştür.

Duyarlılık analizi kapsamında farklı indirgeme oranı, elektrik fiyatı ve ekonomik ömür varsayımları alınmıştır. Sonuçların indirgeme oranına ve ömre daha duyarlı olduğu, elektrik fiyatlarına duyarlılığın düşük olduğu görülmüştür. Aynı indirgeme oranı ve ömür altında çift yüzeyli GTC panellerinin Net Bugünkü Değerlerinin yaklaşık %10 daha yüksek olduğu, bu durumun GTC panellerinin ürettiği elektrik düşük fiyattan satılsa bile geçerliliğini koruduğu görülmüştür. GTC çift yüzeyli panellerin tek yüzeyli panellerle karşılaştırması indirgeme oranı, elektrik fiyatı ve ekonomik ömre ilişkin farklı varsayımlar altında tüm hesaplamalar yinelenerek teyit edilmiştir.

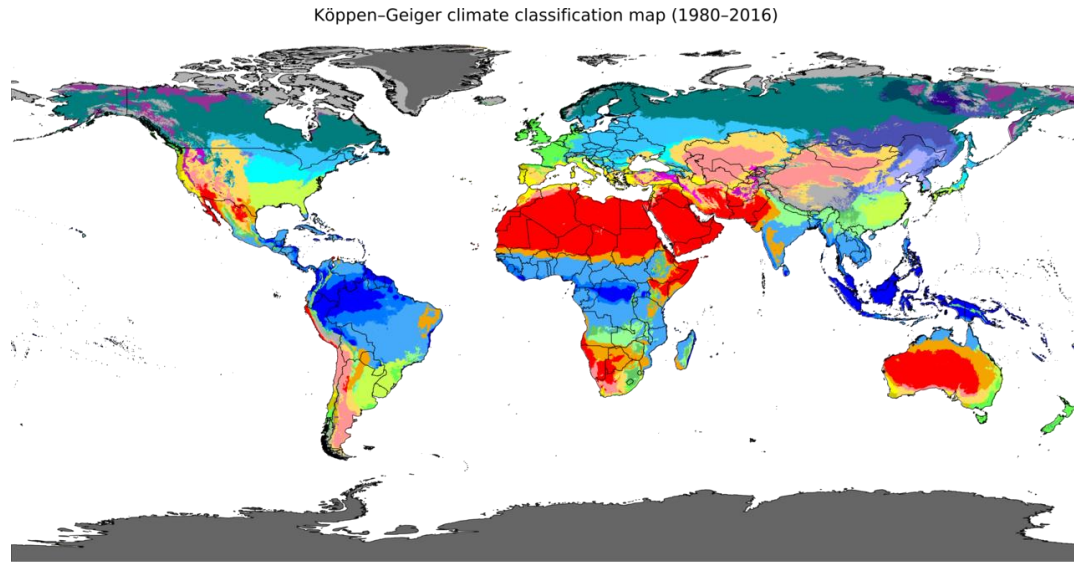
Özetle, yapılan çalışma sonucunda çift yüzeyli GTC panellerinin birçok yönden tek yüzeyli standart panellere üstün olduğu görülmüştür. Özellikle dayanıklılıkları, uzun ömürleri, düşük bakım gereksinimi, yüksek yangın direnci ve en önemlisi yüksek üretim kapasitesi dikkat çekmektedir. GTC panelleri

Adıyaman'daki mühendislik ekibi ile geliştirilen teknolojisi ve 2020 sonbaharında Bor, Niğde'de faaliyete geçmesi beklenen hücre üretim tesisi ile birlikte "YERLİ ve MİLLİ" bir ürün olarak değerlendirilmektedir.

1. Literatür İncelemesi

The International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV, 2020) çift yüzlü fotovoltaik (PV) modüllerin pazardaki payının 2030 yılına kadar %70 olacağı tahmininde bulunuyor. Bilimsel literatür dünya çapında çeşitli sahalardaki çift yüzlü güneş paneli dizilerinin performansı hakkında çok sayıda araştırma içermektedir. Bununla birlikte, iklimsel parametreler güneş enerjisi üretimini önemli ölçüde etkilediğinden, bu araştırmaların bulguları bulundukları konuma bağlı olarak değişmektedir.

Türkiye'de iklim koşulları bir bölgeden diğerine oldukça değişkenlik gösterse de Güney Anadolu'da güneş ışınımı 1600 kWh/m²-yıl iken, Şekil 1'de görüldüğü üzere özellikle Akdeniz'e kıyısı olan bölgeler Köppen-Geiger ılıman iklim sınıflandırmasında Csa/Csb sınıfında bulunmaktadır.



Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

Tropical	Arid (dry)	Temperate	Cold (continental)	Polar
Af	BWh	Cwa	Dsa	ET
Am	BWk	Cfa	Dsb	
Aw	BSh	Csb	Dsc	EF
As	BSk	Csc	Dsd	
		Cwb	Dwc	
		Cwc	Dwd	
		Cfb	Dfb	
		Cfc	Dfd	

Kaynak: Beck, Hylke E.; Zimmermann, Niklaus E.; McVicar, Tim R.; Vergopolan, Noemi; Berg, Alexis; Wood, Eric F. (30 October 2018). "Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution". *Bilimsel Veri*. 5: 180214. ISSN 2052-4463.

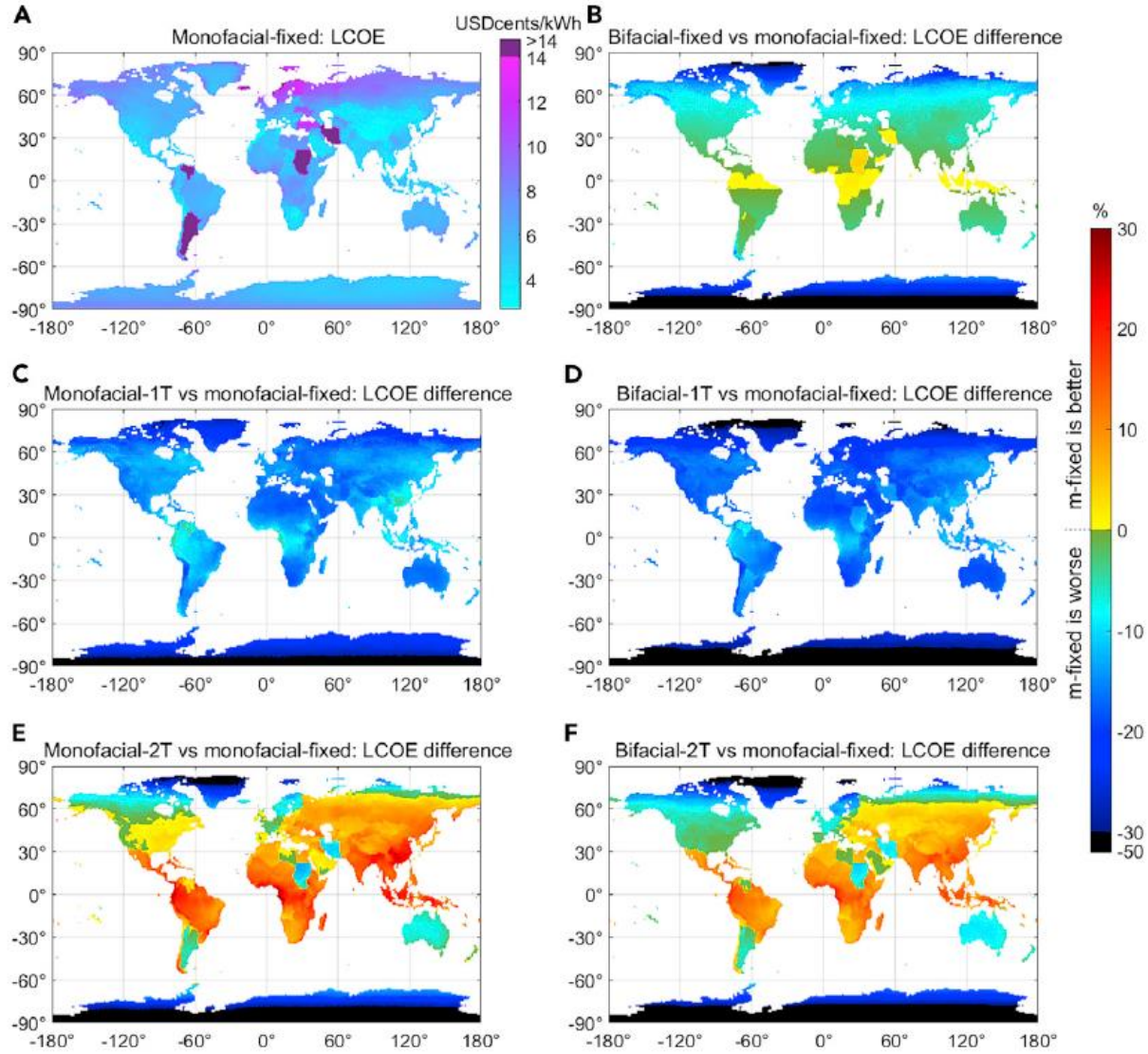
Şekil 1. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması

Tillman et al. (2020) değişik iklimli dört farklı bölgedeki çift yözlü güneş panel dizilerinin enerji verimi ve seviyelendirilmiş elektrik üretim bedelini (LCOE) hesapladılar. Bu bölgelerden biri, Koppen-Geiger sisteminde Csb olarak sınıflandırılan, yazları kuru kışları serin ve nemli geçen, ılıman Akdeniz iklimine sahip Seattle, Washington (WA)'dır. Bu bölgede, eğimi optimize edilmiş çift yözlü modüllerle LCOE değerinde tek yözlü modüllere kıyasla %23,7 azalma elde edilirken, enerji verim kazancı ise %13,6'ya ulaştı.

Rodríguez-Gallegos et al. (2020) tek yözlü, sabit eğimli, tek/çift takipçi sistemli ve aynı sistemin çift yözlü versiyonundan oluşan PV çiftlikleri hakkında, verim potansiyeli ve maliyet etkenliğini konu alan, tüm kıtalarda 10 bölgeye yoğunlaşan küresel bir çalışma sundular. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, çift yözlü-1T kurulumlar enerji verimini %35 arttırırken, bölgelerin çoğunluğu için (toplam arazi alanının %93,1'i) en düşük LCOE değerlerine ulaşmıştır. Tek yözlü ve çift yözlü sistemlerin, takipçi sistemi seçeneklerine göre LCOE değişiklikleri Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, Türkiye'de çift yözlü-sabit ve çift yözlü-1T sistemlerin rakiplerine göre %10-20 civarında daha az LCOE değerleri ortaya koyarak daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Shoukry et al. (2016), hem dik ve takipçi sistemli bağımsız çift yözlü modül kurulumları hem de çeşitli coğrafi lokasyonlarda sahada kurulumu gerçekleştiren sistemleri modelleyebilen bir simülasyon aracı geliştirdi. Buna göre, sabit çift yözlü modüllerin takip sistemli tek yözlü modüllere göre daha verimli olduğu görüldü. Sonuçlara bakıldığında, Güneş kuşağında bulunan bölgelerde çift yözlülük özelliğinin basit takip sistemlerine göre, çift yözlülüğün yararlarının yüksek rakımlı bölgelerdeki aklık derecesi katsayılarında daha etkili olmasından ötürü, daha avantajlı olduğu görülmektedir. Simülasyonlara göre, yüksek rakımlı bölgelerde, dikey monte edilmiş çift yözlü modüller güneye yönelen tek yözlü modüllere göre daha yüksek yıllık enerji verimi performansı göstermektedir. Bir simülasyon sonucuna göre ise, optimum kurulumu bağımsız bir modül %33,9 çift yüz kazancı sağlarken, aynı modülün çift yüz kazancı en iyi saha kurulumunda %31,4, en kötü saha kurulumunda ise %27,7 olmaktadır.

Çift yüz teknolojisi simülasyonlarının tahmin kesinliği üzerinde çalışan Nussbaumer et al. (2020), değişen farklı simülasyon araçlarının değişken ışıma koşulları ve eğim açılarındaki sonuçlarını karşılaştırmıştır. 30° ve 45° eğim açıları simülasyon sonuçları arasındaki sapmalar $\pm 2\%$ 'den az, çoğunlukla $\pm 1\%$ 'in epey altında olmuştur. Halihazırda var olan modellerin, gözlemlenen çift yüz kazançları ve ölçülen toplam elektrik üretimini doğru şekilde tahmin edebilmesiyle, çift yüz kazanç modellemesinin olgunlaşma dönemine ulaştığı görülmüştür.



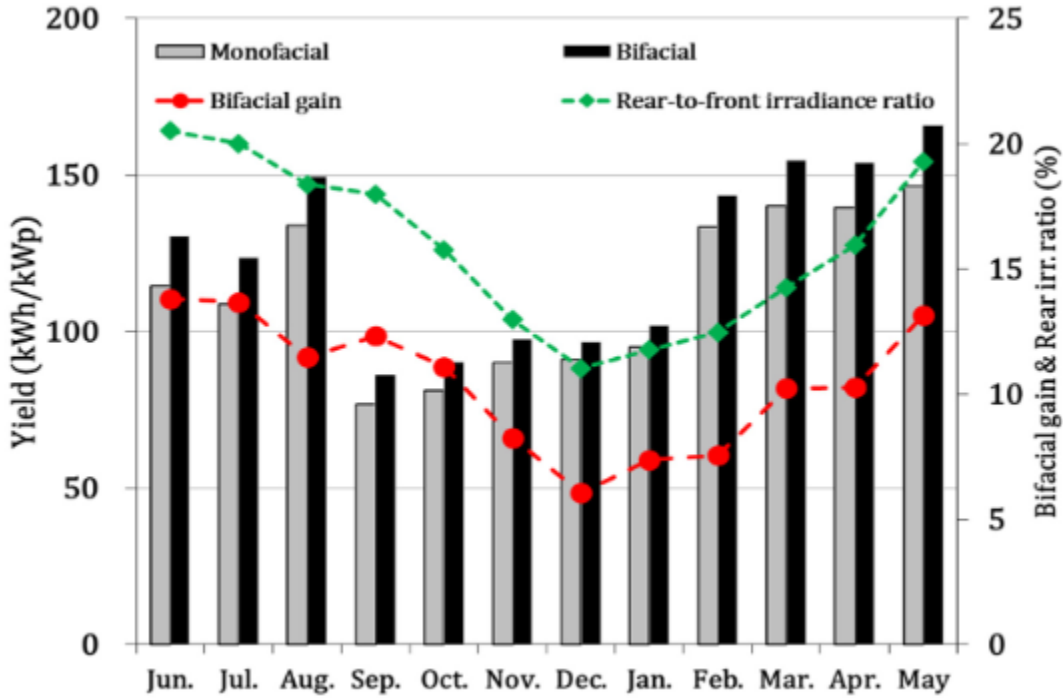
Kaynak: Rodríguez-Gallegos' C.D., Liu, H., Gandhi, O., Singh, J.P., Krishnamurthy, V., Kumar, A., Stein, J.S., Wang, S., Li, L., Reindl, T., Peters, I.M., 2020. Global Techno-Economic Performance of Bifacial and Tracking Photovoltaic Systems, *Joule*, Article In Press.

Şekil 2. Küresel LCOE Sonuçları

(A) Tek yüzlü sabit eğimli (m-sabit) kurulumların tahmini LCOE değerleri.

(B–F) Belirtilen kurulumların tek yüzlü-sabit eğimli kurulumla göre yüzdesel LCOE farkları (B) çift yüzlü-sabit, (C) tek yüzlü-1T, (D) çift yüzlü-1T, (E) tek yüzlü -2T ve (F) çift yüzlü-2T.

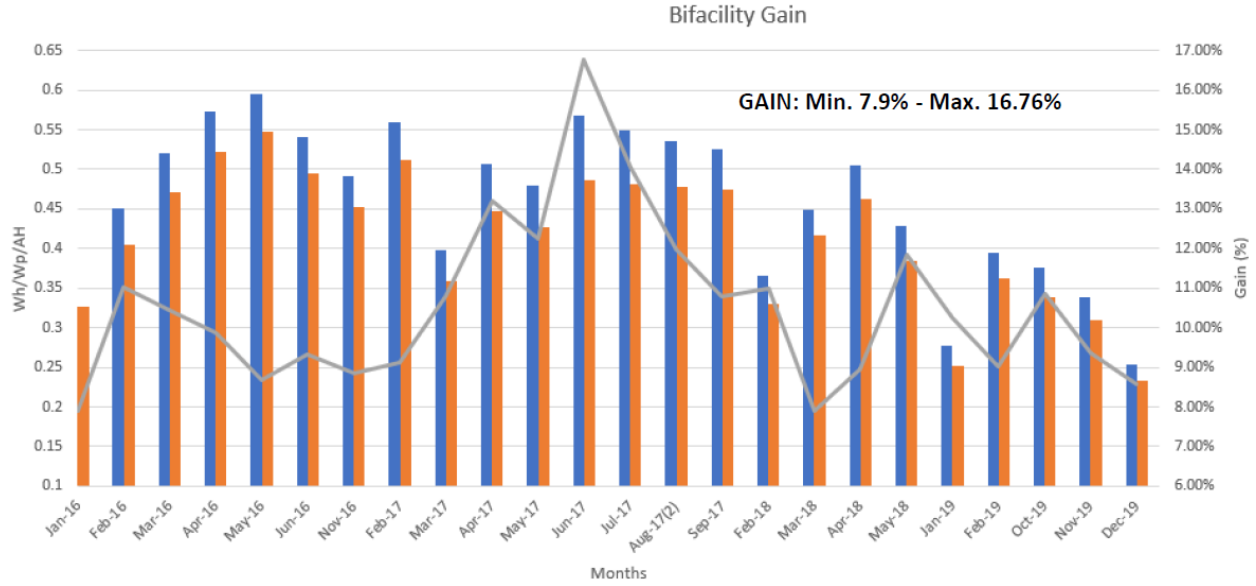
Park et al. (2019), değişik zemin yansımada koşullarında çift yüzöl PV modüllerinin ve dizi sistemlerinin dış mekân performanslarını değerlendirdiler. Buna göre, aylık ortalama çift yüzöl verimi, %21 zemin yansımada özellikli modüllerde, %6,1 (Aralık) ile %13,8 (Haziran) arasında değışkenlik göstermiştir. %79 zemin yansımada özellikli modülde ise verimin %26 (Şubat) ile %45,1 (Ağustos) arasında değışkenlik gösterdiği görülmüştür. Takip sistemi veriminin ise -%12,7 (Ocak) ile %31,5 (Mayıs ve Haziran) gibi oranlar ile gözle görülür biçimde değışkenlik gösterdiği belirtilmiştir.



Kaynak: Park, H., Chang, S., Park, S., Kim, W.K., 2019. Outdoor Performance Test of Bifacial n-Type Silicon Photovoltaic Modules, *Sustainability*, 11, 6234.

Şekil 3. Tek yüzöl ve çift yüzöl PV dizi sistemlerinin aylık enerji verimi (sol) ve çift yüzöl kazancı (sağ)

Panel verimliliği; hücre düzeni, kurulumu, panel büyüklüğü ve hücre verimliliğine göre belirlenmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere, GTC çift yüzöl modüllerinin 4 yıllık ölçüm verilerine göre toplam panel verimliliğinden elde edilen çift yüzöl kazancı aylık verime bağılı olarak %7,9-16,8 arasında değışmektedir.



Şekil 4. Tek yüzlü ve çift yüzlü PV dizi sistemlerinin aylık enerji verimi (sol) ve GTC/Bostan'ın çift yüz kazancı (sağ)

Park et. al.'ın (2019) sonuçları GTC çift yüzlü panellerinin performansı ile kıyaslandığında, GTC çift yüz kazancının hem minimum hem de maksimum değerlerde daha fazla olduğu görülmektedir.

Libal/Kopecek (2019) yıllar önce takip sistemlerinde olduğu gibi, çift yüz sistemlerinin de, 2020 yılından itibaren finansman sektörünün güven kazanmasıyla ABD PV pazarına büyük bir etki ile gireceğini öngörmektedir. Çeşitli sistemler ve zemin yansıma koşullarına göre çift yüz enerji kazancı gözlemlenmiştir. Bir aykırı değer dikkate alınmadığında, gözlenen en küçük değer %10 olduğu görülürken, çeşitli çift yüz değerlerinde bu oranın %25-30'a kadar çıktığı belirlenmiştir. Bu hesaplamalara göre; 25 yıllık sistem ömrü, %6 iskonto oranı ve %16 takip kazancı varsayımıyla, çift yüzlü sistemlerin tek yüzlü sabit eğimli sistemlere göre %20 daha az LCOE'ye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2. Teknik Özellikler

2.1 Sertifikasyon

PV modülleri, Almanya'nın Saarland eyaleti merkezli TÜV Intercert Sertifikasyon Kurtuluşu tarafından belirlenen güvenlik ve tasarım yeterliliklerini karşılandığını tescillemek adına, A2LA tarafından akredite edilmiş RETC Laboratuvarları'nda test edilmiştir. Kristal silikon karasal PV modüllerinin TÜV tarafından sertifikalandırma süreci, fabrika denetimi dahilindeki gönüllü ürün testi kapsamında gerçekleşmiştir. Alman akredite kuruluşu DAKKS tarafından akredite edilmiş TÜV Intercert GmbH tarafından sertifikalandırılan GTC modüllerinin test sonuçları, modüllerin Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'nun (IEC) kalite standartlarına uygunluğunu tescillemiştir. Açık havada uzun dönem kullanılan karasal PV modüllerinin tasarım yeterliliklerini ortaya koyan IEC 61215 standardı ile uygunluğu, işbu sertifika ile onaylanmıştır. Dünyanın önde gelen organizasyonlarından olan ve merkezi İsviçre'de bulunan IEC, elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler ile ilgili Uluslararası Standartları hazırlayan ve yayımlayan komisyondur.

Teknik ve kullanım ömrü karakteristikleri, merkezi ABD'nin Fremont şehrinde bulunan Yenilenebilir Enerji Test Merkezi (RETC) tarafından tescillenmiştir. Islak Akıntı Akımı, Islaklık Yalıtımı, Rutubet Isısı, Elektriksel Işıma ve Maksimum Güç Tayini gibi testlerden oluşan Uzatılmış Oda Testi uygulanmıştır. Maksimum güç seviyeleri modül tipine göre %95 güven aralığında belirlenmiş, GTC modülleri standart laboratuvar prosedürlerince uluslararası standartlarda A sınıfı olarak sınıflandırılmıştır. Bypass diyot termal testi sonrasında gerçekleştirilen ve minimum gerekliliği 24.24 MΩ olan yalıtım testinde, GTC modüllerinin test sonuçlarından biri 2106 MΩ olmuştur. UV ön hazırlığının ardından gerçekleştirilen yalıtım testlerinde, nem donma 10, bitiş sağlamlığı, termal çevrim 200, nem ısı 1000, mekanik yük ve dolu etkisi testlerinde sırasıyla 2105 MΩ, 1702 MΩ, 1904 MΩ, 2285 MΩ, 1702 MΩ, 1509 MΩ and 1455 MΩ gibi sonuçlar vererek, 24.24 MΩ olan gerekliliğin oldukça üstüne çıkmıştır. Testlerden sonra yapılan gözle kontrollerde önemli bir görsel sorun ile karşılaşmamıştır. Bu sonuçlar, GTC panellerinin tüm su üstü ve zorlu hava koşulları içeren projelerdeki potansiyelinin üst düzey olduğunu ortaya koymaktadır.

GTC modülleri, ıslak akıntı akımı, bypass diyot termal, sıcak nokta dayanıklılık, UV ön hazırlık, nem donma 10, termal çevrim 200, nem ısı 1000 ve dolu etkisi testlerinde başarılı olmuş, maksimum güç yıpranması, yalıtım ve görsel kriterlerini sağlamıştır.

2.2 Dayanıklılık Testi & Eskime

İyi ayarlanmış ve ivmelendirilmiş testlerin yapıyor olması, PV sistemlerinde modül başarısızlıklarının önüne geçmek ve yüksek riskli ürünleri düşük risklilerden ayırt etmek açısından oldukça önemlidir. 1970'lerden bu yana yapılmakta olan ivmelendirilmiş PV modül güvenilirlik testleri, sahada görülen hatalar sonucu modüllerin üstüne binen basınçları laboratuvar ortamında, makul sürelerde yeniden oluşturarak sürdürülmektedir. Modül başarısızlıklarını takip edebilmek amacıyla genellikle IEC 61215 standardında belirtilen ivmelendirilmiş testler geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. (Repins et al., 2020).

IEC 61215 testleri silikon ve ince film modüller gibi örnekleri bulunan tüm karasal düz plakalı modül malzemeleri için uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Test dizisinin başlıca amacı, modülün elektriksel ve termal karakteristiklerini belirlemek ve uzatılmış yaygın açık hava koşullarına karşı yeterliliğini ortaya koymaktır.

GTC modüllerinin RETC tarafından gerçekleştirilen IEC 61215 testlerinde tatmin edici sonuçlar verdiği ve gerekliliklerin üstüne çıktığı görülmüştür.

GTC panellerinin 6000 saatlik Nem Isı IEC testlerinde %14 oranında eskimesi, 30 yıl boyunca en az %86 kapasitede çalışabileceğini göstermektedir. Peike et al.'ın (2014) sonuçları açık hava koşulları ve ivmelendirilmiş eskime testleri sonucu oluşan bozunma mekanizmaları için bilimsel referans niteliğindedir. 4000 saatlik eskime testleri ve üç yıl boyunca dört farklı iklimde açık hava koşullarına maruz bırakılan 7 farklı modül tipinin sonuçlarının karşılaştırılması sonucunda; eskimenin ışıma, sıcaklık ve nem gibi faktörler sebebiyle teşhir alanına oldukça bağlı olduğu görülmüştür. En yüksek yoğunluklu sonuçlara kurak ve tropik iklimli ortamlarda ulaşılırken, bunları dağlık ve ılıman iklimli ortamlar takip etmektedir.

GTC panelleri, 60 dönümlü Nem Donma IEC testlerinde maksimum %8,78, 1200 dönümlü Termal Dönüm IEC testlerinde ise maksimum %8,35 oranında eskimiştir. Akredite laboratuvarlar bünyesinde gerçekleştirilen dayanıklılık testlerinde ulaşılan bu düşük oranlar, 30 yıllık dönemde %84 performans taahhüt eden GTC resmi garanti beyanını destekler niteliktedir.

Test raporları; ilerleyen bölümlerde yapılan ekonomik analizlerde kullanılacak olan degradasyon, verimlilik ve ürün ömrü varsayımlarını doğrulamaktadır.

2.3 Yangına Karşı Güvenlik Testi

ABD'nin Washington eyaletindeki Kenso şehrinde bulunan IAS tarafından akredite edilmiş Western Fire Center test laboratuvarları, panellerin hem yanma hem de yangın yayılımı klasmanlarında A sınıfı olduğunu tescillenmiştir. A sınıfı Yangın Yayılımı testi için, panel 10 dakika boyunca $1400 \pm 50^{\circ}\text{F}$ ($760 \pm 28^{\circ}\text{C}$) sıcaklığında aleve maruz bırakılmıştır. A sınıfı Yanma testinde ise, 5 dakika boyunca tutuşturulan A sınıfı kızgın demir, 19,3 km/saat rüzgâr koşulları altında panelin kenarına yaklaşık 38 cm uzaklığa yerleştirilmiştir. Test kızgın demirdeki tüm yanma, parıldama ve duman belirtileri bitene kadar veya panelin başarısızlığına kadar sürdürülmüştür. 16 saatlik periyotta yalnızca en üst katmandaki camı çatlayan ve hafifçe yerinden oynayan modüller testi başarıyla geçmiştir. Sonuç olarak, GTC güneş modüllerinin yangına karşı dayanımının oldukça yüksek olduğu tescillenmiştir.

Ekonomik analizi etkilemeyen yangın yayılımı ve yanma gibi bazı niteleyici özellikler, raporun son kısmında bulunan SWOT analizinde ayrıca belirtilmiştir.

8

Bununla birlikte, yakın dönemde Türkiye'de görülen çatı yangını olaylarında görüldüğü üzere, bu gibi yangın koruma özellikleri fabrika ve konut çatılarına kurulacak olan güneş enerjisi sistemlerinin maksimum güvenlik standartlarını sağlaması açısından oldukça önemlidir. Buna 2020 Mayıs ayında Bursa'da büyükbaş hayvan çiftliğinin çatısındaki güneş panelleri sebebiyle çıkan yangın örnek gösterilebilir. (Milliyet, 2020).

Gerçekleşen güneş paneli yangınları hakkında davalar açıldığından bu konu küresel olarak büyük önem arz etmektedir. ABD'de 2019 Ağustos ayında Tesla tarafından Walmart mağazası çatısına kurulan Tesla Güneş Panellerinin yanması sonucu açılan davalar buna örnek gösterilebilir. (Bloomberg, 2019).

Kır et al. (2019) tarafından ortaya konulduğu üzere, elektrik kaynaklı yangınları önlemek için ulusal ve uluslararası yangın standartlarının ciddiye alınması büyük önem arz etmektedir.

3. Ekonomik Analiz

3.1. Varsayımlar

Ekonomik analiz 35 MWe kurulu güce sahip, çift yüzölçümüne sahip GTC-Mono PERC güneş panelleri kullanılan bir güneş çiftliğinin yansıtılan verilerine dayanılarak yapılmıştır. Aynı kurulu güce sahip hem ülke içinde üretilen hem de ithal edilen tek yüzölçümüne sahip Mono-PERC güneş panellerinin verileriyle kıyaslama yapılmıştır. Ekonomik analiz dahilinde kullanılan yansıtılmış veriler, Tablo 1’de verilen varsayımlarla birlikte kullanılmıştır.

Tablo 1. Ekonomik analizde kullanılan varsayımlar

Lisanslı güneş enerjisi santralinin 3 ayrı senaryoda fizibilite çalışmalarını içeren tablo aşağıda görülebilir;

- Birinci senaryoda; yatırımcı bölgede üretilen 390W Mono-PERC panellerini olabilecek en iyi fiyattan alarak, devletten kWh başına 0.7 cent teşvik almaktadır.
- İkinci senaryoda; yatırımcı, ithal vergisi olmadığı varsayılarak, standart 420W Mono-PERC panellerini satın almaktadır.
- Üçüncü senaryoda; yatırımcı yine bölgede üretilen GTC çift yüzölçümüne sahip 390W (ön yüz) panellerini satın alarak, devletten kWh başına 0.7 cent teşvik almaktadır.

	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
	Tek Yüzlü	Tek Yüzlü	GTC Çift Yüzlü
	Mono PERC	Mono PERC	Mono PERC
	Standart	Standart	Çift Cam
	Çerçevesi	Çerçevesi	(Yerli)/385W
	(Yerli)/390W	(İthal)/420W	
Genel Varsayımlar			
Panel Alanı (m2)	256.446 m2	237.870 m2	262.081 m2
Panel Adedi	128.223	118.935	128.87
Panel Kapasitesi (W)	390 W	420 W	385 W
Maksimum Kapasite (kWp)	50.007 kWp	49.953 kWp	50.000 kWp
Elektrik Kapasitesi (kWe)	35.000 kWe	35.000 kWe	35.000 kWe
DC Birim Maliyeti (\$/Wp)	\$0,130	\$0,130	\$0,127
AC Birim Maliyeti (\$/We)	\$0,154	\$0,154	\$0,154
Panel Birim Maliyeti (\$/Wp)	\$0,250	\$0,220	\$0,295
EPC Maliyeti (\$)	\$24,392,649	\$22,873,445	\$26,489,979
Proje Geliştirme Maliyeti (\$)	\$0	\$0	\$0
Toplam Yatırım Maliyeti (\$)	\$24,392,649	\$22,873,445	\$26,489,979
Proje Süresi (Yıl)	25	25	25
Üretime İlişkin Varsayımlar			
Yıllık Üretim (kWh/kWp/Yıl)	1962	1979	2105
Birinci Yıl Üretim (kWh)	98.113.675	98.856.393	105.249.895
Degradasyon (%/Yıl)	%0.70	%0.70	%0.40
Operasyonel Maliyete İlişkin Varsayımlar			
Bakım & Tamir (\$/MW/Yıl)	\$9.000	\$9.000	\$7.000
Bakım & Tamir Maliyeti (\$/Yıl)	\$315.000	\$315.000	\$315.000
Net Maaş (TL/Çalışan/Ay)	2.020 TL	2.020 TL	2.020 TL
Çalışan Sayısı	9	9	9
Net Maaş Ödemesi (TL/Ay)	18.180 TL	18.180 TL	18.180 TL
Brüt Çarpan	1,75	1,75	1,75
Brüt Maaş Ödemesi (TL/Ay)	31.815 TL	31.815 TL	31.815 TL
Yıllık Maaş Artış Oranı	10%	10%	10%
Sigorta (\$/MW/Yıl)	\$3.000	\$3.000	\$3.000
Risk Oranı (% Gelire göre)	1%	1%	1%

Tablo 1 devamı

	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
	Tek Yüzlü Mono PERC Standart Çerçevesi (Yerli)/390W	Tek Yüzlü Mono PERC Standart Çerçevesi (İthal)/420W	GTC Çift Yüzlü Mono PERC Çift Cam (Yerli)/385W
Elektrik Fiyatları (\$/MWh)			
Yıl 1-5	\$0,1446	\$0,1374	\$0,1446
Yıl 6-10	\$0,1330	\$0,1330	\$0,1330
Yıl 11-25	Monte Carlo	Monte Carlo	Monte Carlo
TEİAŞ Katkı Oranı (TL)			
TEİAŞ Oranı (Eşit olarak 3 seneye dağıtılmıştır)	30.301.440 TL	30.301.440 TL	30.301.440 TL
Dağıtım Bedeli (TL/kWh)			
Dağıtım Bedeli (TL/kWh)	0,0146 TL	0,0146 TL	0,0146 TL
Fiyat Artışı (%/Yıl)	10%	10%	10%
Döviz Kuru (USD/TL)			
Kur (USD/TL)	6,75	6,75	6,75
Devalüasyon	10%	10%	10%
Vergi			
Kurumlar Vergisi Oranı	22%	22%	22%

3.2. Elektrik Fiyatları – Monte Carlo Simülasyonu

Hesaplamalarda 10 yıllık bir operasyon süresi için, Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması (YEKDEM) bünyesindeki güneş enerjisi için tarife garantisi baz alınmıştır. Güneş enerjisi için tarife kWh başına \$0.1330 iken, ülke içi üretim için ilk 5 yılda ek fiyat tarifi uygulanmaktadır. Buna göre, 10 yıllık operasyon süresi için fiyat bilgisi aşağıdaki gibidir:

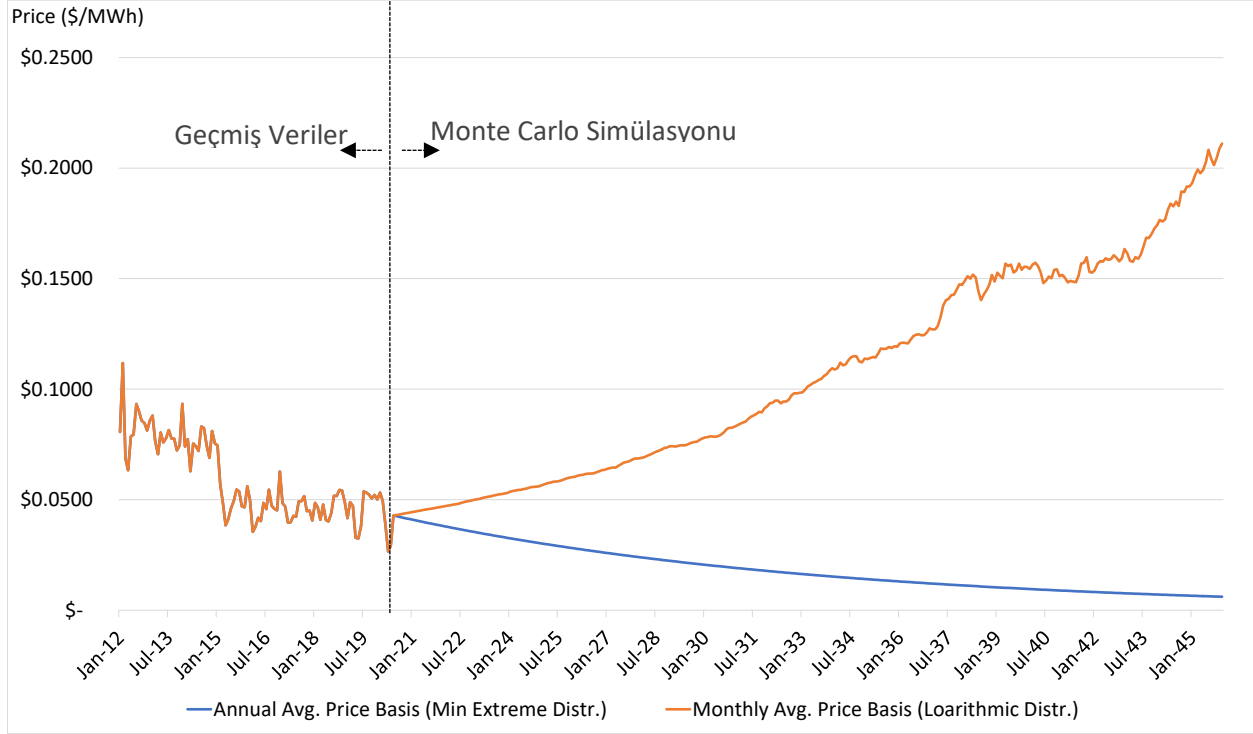
Yıl 1-5 : \$0.1446 / kWh

Yıl 6-10 : \$0.1330 / kWh

10 yıldan sonra üretilen elektrik pazar fiyatından satılacaktır. 11. Yıldan itibaren oluşacak elektrik fiyatlarını belirlemek için Monte Carlo simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon parametrelerini belirlemek adına takip eden prosedür uygulanmıştır:

- ✓ Son 10 yılın piyasa takas fiyatlarının (1 Aralık 2011 – 1 Temmuz 2020) elde edilmesi
- ✓ Yıllık ve aylık ortalama fiyatların hesaplanması
- ✓ Minimum ekstrem dağılım ve logaritmik dağılımların sırasıyla yıllık ve aylık fiyatlar için “best fit” olarak belirlenmesi
- ✓ 10,000 Monte Carlo simülasyon turunun tamamlanması

Monte Carlo simülasyonunun sonuçları, tarihsel veri ile birlikte Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Elektrik Fiyatı: Aylık ve Yıllık Ortalama Elektrik Fiyatlarına Dayalı Monte Carlo Simülasyonu

İki senaryo için 10,000 simülasyonun, (i) fiyat düşüş trendini veren “best fit” minimum ekstrem dağılımlı yıllık ortalama fiyatlar (ii) fiyat yükseliş trendini veren “best fit” logaritmik dağılımlı aylık ortalama fiyatlar, 25 yıllık periyot dahilinde ortalama yıllık fiyatları Tablo 2’de verilmiştir. Tarife garantisi bitiminden hemen sonraki yıl olan 11. Yıl için tahmin düşen fiyat senaryosunda \$0.0179/kWh, yükselen fiyat senaryosunda \$0.0834/kWh olarak verilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, fiyatların uzun dönem ortalama büyüme oranları yıllık kabaca %6,4, uzun dönem düşüş oranları %8,2 olarak belirlenmiştir. Bu oranların nominal olduğu dikkate alınmalıdır. Reel iskonto oranı %5 olarak alınmış, dolayısıyla reel fiyat değişim marjı %2 seviyesinde olmuştur (Tablo 1). Bu oran, bölüm 3.4’teki hassaslık analizinde fiyat değişimlerinin ekonomik analiz üstündeki etkisinde temel olarak alınmıştır. İki senaryonun sağladığı spektrum ve hassaslık analizi, fiyatların ekonomik analiz üstündeki etkilerini anlama konusunda önemli bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte, elektrik fiyatlarının \$0.0428/kWh’te sabit kaldığını varsayan üçüncü senaryo da analize dahil edilmiştir.

Tablo 2. Elektrik Fiyat Tahmini – Monte Carlo Simülasyon Sonuçları

Yıl	Fiyat Düşüş Trendi (\$/MWh)	Fiyat Yükseliş Trendi (\$/MWh)
1	0.0418	0.0394
2	0.0406	0.0487
3	0.0355	0.0516
4	0.0318	0.0547
5	0.0264	0.0577
6	0.0223	0.0613
7	0.0202	0.0650
8	0.0175	0.0691
9	0.0174	0.0732
10	0.0180	0.0786
11	0.0179	0.0834
12	0.0160	0.0906
13	0.0133	0.0987
14	0.0117	0.1090
15	0.0107	0.1111
16	0.0094	0.1390
17	0.0094	0.1382
18	0.0090	0.1477
19	0.0085	0.1542
20	0.0075	0.1528
21	0.0069	0.1522
22	0.0064	0.1586
23	0.0060	0.1646
24	0.0054	0.1839
25	0.0049	0.2023

3.3. Sonuçlar

Her bir varsayımın altında, her bir seçenek için hesaplanan Geri ödeme süresi, iç verim oranı ve Net Bugünkü Değer (NBD) verileri Tablo 3'te görülebilir.

Tablo 3. Ekonomik Analiz Sonuçları

(a) Fiyat Düşüş Trendi

	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
Geri ödeme süresi	2,37	2,34	2,36
İskontolu geri ödeme süresi	2,42	2,39	2,40
İç verim oranı	40,80%	41,80%	41,11%
Net bugünkü değer	\$56.661.023	\$56.331.774	\$63.196.750

(b) Fiyat Yükseliş Trendi

	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
Geri ödeme süresi	2,37	2,34	2,36
İskontolu geri ödeme süresi	2,42	2,39	2,40
İç verim oranı	41,46%	42,45%	41,77%
Net bugünkü değer	\$100.347.598	\$100.329.055	\$112.625.490

14

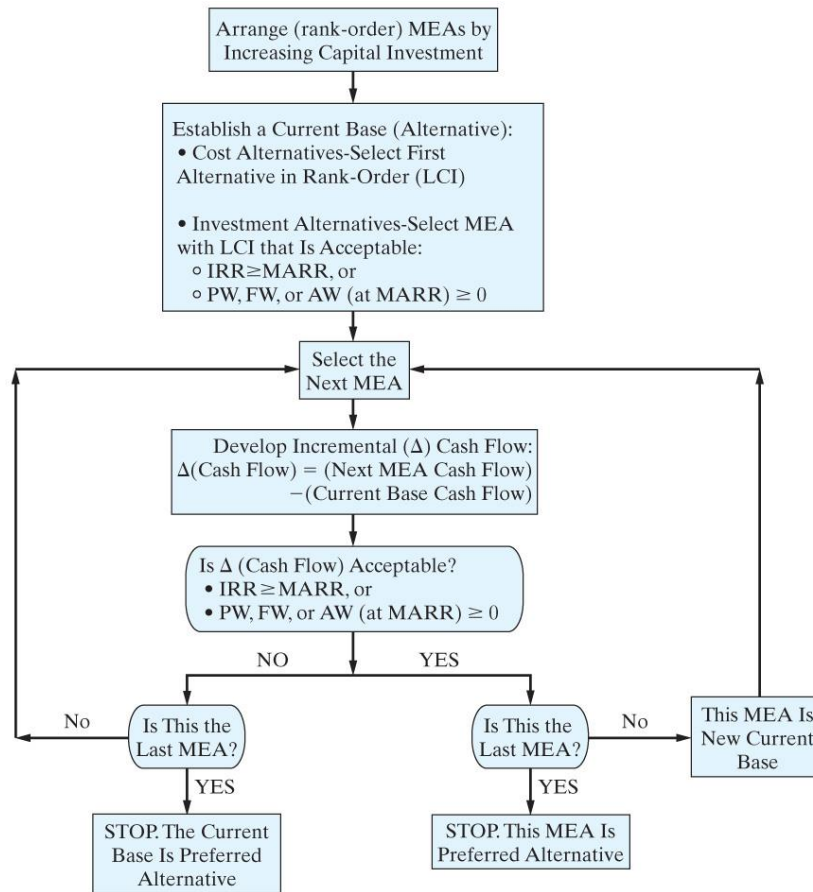
(c) Sabit Fiyat

	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
Geri ödeme süresi	2,37	2,34	2,36
İskontolu geri ödeme süresi	2,42	2,39	2,40
İç verim oranı	40,88%	41,88%	41,19%
Net Bugünkü Değer (NBD)	\$63.963.289	\$63.669.318	\$71.475.006

Tüm senaryolarda, en büyük NBD verisinin üçüncü seçeneğe ait olması, GTC çift yüzlü modüllerin katma değerini ortaya koymaktadır. Yükselen fiyat trendinde GTC çift yüzlü panellerinin NBD'si \$112,6 milyon, tek yüzlü sistemlerin NBD'si ise \$100,3 milyon olmuştur. Düşen fiyat trendinde GTC çift yüzlü panellerin NBD'si \$63,2 milyon olurken, tek yüzlü sistemlerin NBD'si \$56,7 milyon olmuştur. Sabit elektrik fiyatı senaryosuna göre, GTC çift yüzlü panellerinin NBD'si \$71,5 milyon olurken, tek yüzlü sistemlerin NBD'si \$63,9 milyon olmuştur. NBD verilerine göre, ek \$3,5 milyon yatırım sonucunda fiyat düşüş trendi, fiyat yükseliş trendi ve sabit fiyat senaryolarında sırasıyla \$6,9 milyon, \$12,3 milyon ve \$7,8 milyon ek net kazanç sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Farklı fiyat senaryolarının her birinde, Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması tarife garantisine göre sabit fiyattan elektrik satıldığından, 3 yıldan az süreli geri ödeme süreleri pek değişkenlik göstermemiştir.

İç Verim Oranı konusunda, farklı seçeneklerin verileri direkt olarak kıyaslanamaz. Farklı seçenekleri kendi iç verim oranı değerlerine göre kıyaslamak çok büyük bir hata olacaktır. Bu durumun arkasındaki sebep, iç verim oranı metodolojisinin içinde yatan proje süresince elde edilen gelirin, pazar oranlarındansa hesaplanan verim oranları çerçevesinde geri projeye yatırılması varsayımıdır. Bu sebeple, ayrışık yatırım alternatiflerinde, artımlı iç verim oranı analizinin gerekliliği kaçınılmazdır. Artımlı iç verim oranı, her bir projenin ilk yatırım tutarları arasındaki farkın, iki projenin nakit akımları arasındaki farkın bugünkü değerine eşit olduğu durumdaki iskonto oranı olarak tanımlanır. Bu sebeple, artımlı iç verim oranı analizi, ilk yatırım miktarı en düşük olan projeden başlar ve sırayla bir derece daha maliyetli projenin tercih edilebilirliği ile ilgilenir. Artımlı iç verim oranı analizinde kullanılan metodolojinin detayları Şekil 6'da görülebilir.



MEA: Mutually Exclusive Alternative
LCI: Least Capital Investment

Figure: 06-06

From *Engineering Economy*, Thirteenth Edition, by William G. Sullivan, Elin M. Wicks, and James Luxhoj.
ISBN 0-13-186520-X. © 2006 Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ. All rights reserved.

Şekil 6. Artımlı İç Verim Oranı Metodolojisi

Üç fiyat senaryosunun artımlı iç verim oranı analizinin sonuçları aşağıdaki gibidir:

a) Fiyat Düşüş Trendi Senaryosu

Seçenek 1 vs. Seçenek 2: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(1,519,203.60)
1	524,816.04
2	516,043.33
3	507,795.57
4	500,026.95
5	492,695.81
6	(72,543.53)
7	(72,035.72)
8	(71,531.47)
9	(71,030.75)
10	(70,533.54)
11	(21,282.33)
12	(20,496.30)

Yıl	Nakit Akımı
13	(17,664.30)
14	(15,603.80)
15	(12,687.60)
16	(10,482.49)
17	(9,332.75)
18	(7,893.20)
19	(7,787.41)
20	(8,034.02)
21	(7,927.95)
22	(6,932.20)
23	(5,556.89)
24	(4,737.25)
25	(4,219.55)

Artımlı iç verim oranı %16,81 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda artımlı iç verim oranı %5 olan iskonto oranından fazla olduğundan, Seçenek 1'e yatırım yapılabileceği tescillenmiştir. Bu sebeple Seçenek 3 ile Seçenek 1 kıyaslanmıştır:

16

Seçenek 1 vs. Seçenek 3: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(2,097,330)
1	924,073
2	945,706
3	967,689
4	989,961
5	1,012,468
6	907,845
7	933,182
8	958,215
9	982,949
10	1,007,385
11	351,449
12	349,529

Yıl	Nakit Akımı
13	316,596
14	292,962
15	254,063
16	224,078
17	209,670
18	189,297
19	191,001
20	198,952
21	200,641
22	185,450
23	162,025
24	148,347
25	140,038

Artımlı iç verim oranı %44,57 olarak belirlenmiştir. Başka bir deyişle, GTC çift yüzü panellerine yapılacak ek yatırım, bölgede üretilen tek yüzü panellere kıyasla %44,57 oranında ek getiri getirmektedir.

b) Sabit Fiyat Senaryosu

Seçenek 1 vs. Seçenek 2: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(1,519,203.60)
1	524,816.04
2	516,043.33
3	507,795.57
4	500,026.95
5	492,695.81
6	(72,543.53)
7	(72,035.72)
8	(71,531.47)
9	(71,030.75)
10	(70,533.54)
11	(21,816.95)
12	(21,664.23)

Yıl	Nakit Akımı
13	(21,512.58)
14	(21,362.00)
15	(21,212.46)
16	(21,063.98)
17	(20,916.53)
18	(20,770.11)
19	(20,624.72)
20	(20,480.35)
21	(20,336.99)
22	(20,194.63)
23	(20,053.26)
24	(19,912.89)
25	(19,773.50)

Artımlı iç verim oranı %16,52 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda artımlı iç verim oranı %5 olan iskonto oranından fazla olduğundan, Seçenek 1'e yatırım yapılabileceği tescillenmiştir. Bu sebeple Seçenek 3 ile Seçenek 1 kıyaslanmıştır:

Seçenek 1 vs. Seçenek 3: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(2,097,330)
1	924,073
2	945,706
3	967,689
4	989,961
5	1,012,468
6	907,845
7	933,182
8	958,215
9	982,949
10	1,007,385
11	358,906
12	366,335

Yıl	Nakit Akımı
13	373,674
14	380,923
15	388,084
16	395,156
17	402,142
18	409,041
19	415,854
20	422,583
21	429,227
22	435,789
23	442,267
24	448,663
25	454,979

Artımlı iç verim oranı %44,65 olarak belirlenmiştir. Başka bir deyişle, GTC çift yüzölçüm panellerine yapılacak ek yatırım, bölgede üretilen tek yüzölçüm panellere kıyasla %44,57 oranında ek getiri getirmektedir.

c) Fiyat Yükseliş Trendi Senaryosu

Seçenek 1 vs. Seçenek 2: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(1,519,203.60)
1	524,816.04
2	516,043.33
3	507,795.57
4	500,026.95
5	492,695.81
6	(72,543.53)
7	(72,035.72)
8	(71,531.47)
9	(71,030.75)
10	(70,533.54)
11	(19,999.24)
12	(24,796.42)

Yıl	Nakit Akımı
13	(26,151.62)
14	(27,591.32)
15	(28,957.61)
16	(30,613.12)
17	(32,295.28)
18	(34,155.99)
19	(35,989.06)
20	(38,447.22)
21	(40,570.20)
22	(43,849.25)
23	(47,522.66)
24	(52,216.02)
25	(52,868.05)

Artımlı iç verim oranı %16,11 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda artımlı iç verim oranı %5 olan iskonto oranından fazla olduğundan, Seçenek 1'e yatırım yapılabileceği tescillenmiştir. Bu sebeple Seçenek 3 ile Seçenek 1 kıyaslanmıştır:

Seçenek 1 vs. Seçenek 3: Artan Nakit Akımı

Yıl	Nakit Akımı
0	(2,097,330)
1	924,073
2	945,706
3	967,689
4	989,961
5	1,012,468
6	907,845
7	933,182
8	958,215
9	982,949
10	1,007,385
11	333,553
12	411,406

Yıl	Nakit Akımı
13	442,480
14	476,082
15	509,846
16	549,544
17	591,207
18	637,470
19	684,970
20	745,405
21	801,943
22	882,287
23	973,302
24	1,087,922
25	1,125,085

Artımlı iç verim oranı %44,74 olarak belirlenmiştir. Başka bir deyişle, GTC çift yüzlü panellerine yapılacak ek yatırım, bölgede üretilen tek yüzlü panellere kıyasla %44,57 oranında ek getiri getirmektedir.

İç verim oranı analizi sonuçlarına göre, GTC çift yüzlü panellerine yapılacak ek yatırımın tüm fiyat senaryolarında, en az %44 olmak üzere, kayda değer oranda ek getiri sağladığı görülmektedir.

3.4. Duyarlılık Analizi

Değişik iskonto oranı, elektrik fiyatı ve ekonomik ömür varsayımlarını içeren bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu analizde, aşağıda belirtilen aralıklar kullanılmıştır:

İskonto Oranı	: Referans %5; Duyarlılık %3 ve %7
Elektrik Fiyatı	: Referans Monte Carlo (MC); Duyarlılık MC-%2 ve MC +%2
Ekonomik Ömür	: Referans 25 yıl; Duyarlılık 30 yıl ve 35 yıl

Duyarlılık analizi, bulgular farklı fiyat trend varsayımları altında değişmeyeceğinden, yalnızca artan fiyat senaryosuna göre yapılmıştır. Analizin sonuçları Tablo 4-6'da özetlenmiştir; buna göre, ayırt edilebilecek kadar yüksek ve düşük değerler ilk bakışta daha iyi anlaşılması hedeflenerek renklendirilmiştir. $NBD < \$90,000$ olan durumlar kırmızı, $NBD > \$140,000$ olan durumlar ise yeşil renk ile belirtilmiştir. \$90 bin ve \$140 bin değerleri özel bir anlam taşımamakla beraber, senaryoların arasındaki farkları daha net görebilmek amacıyla bu aralıklar seçilmiştir.

Tablo 4. Tek yüzlü – yerel panellerin duyarlılık analizi

Elektrik Fiyatları	%3 iskonto oranı			%5 iskonto oranı			%7 iskonto oranı		
	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl
MC-%2	130,030,230	156,788,268	183,100,044	99,268,255	114,593,684	128,284,853	77,150,514	86,027,180	93,244,832
MC	131,591,003	158,916,472	185,783,477	100,347,598	115,998,033	129,978,121	77,907,005	86,971,926	94,341,894
MC+%2	133,151,776	161,044,675	188,466,910	101,426,941	117,402,381	131,671,389	78,663,496	87,916,672	95,438,956

Yeşil: NBD> \$140,000; Kırmızı: NBD<\$90,000

Tablo 5. Tek yüzlü – ithal panellerin duyarlılık analizi

Electrik Fiyatları	%3 iskonto oranı			%5 iskonto oranı			%7 iskonto oranı		
	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl
MC-%2	130,087,757	157,054,264	183,570,318	99,241,542	114,686,373	128,483,840	77,090,286	86,036,113	93,309,804
MC	131,660,345	159,198,578	186,274,065	100,329,055	116,101,353	130,189,926	77,852,503	86,988,011	94,415,171
MC+%2	133,232,932	161,342,892	188,977,811	101,416,569	117,516,332	131,896,011	78,614,721	87,939,908	95,520,537

Yeşil: NBD> \$140,000; Kırmızı: NBD<\$90,000

Tablo 6. Çift yüzlü GTC panellerinin duyarlılık analizi

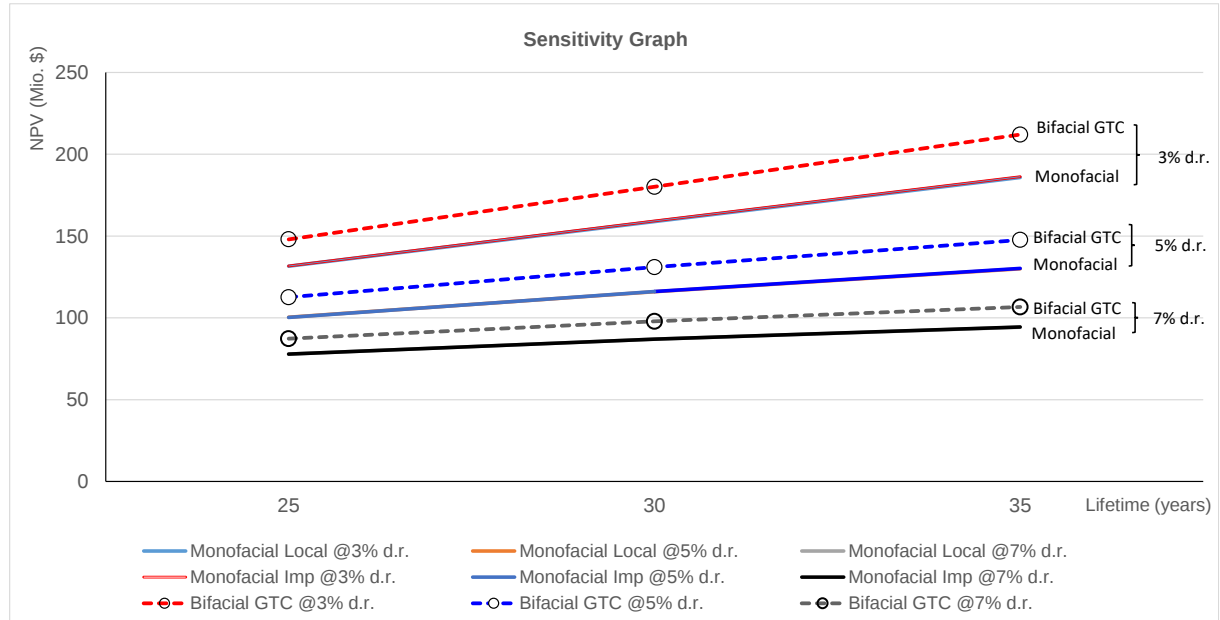
Elektrik Fiyatları	%3 iskonto oranı			%5 iskonto oranı			%7 iskonto oranı		
	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl	25 yıl	30 yıl	35 yıl
MC-%2	146,262,174	177,646,051	208,953,332	111,406,595	129,379,461	145,668,192	86,409,513	96,818,486	105,404,570
MC	148,026,581	180,070,812	212,034,047	112,625,490	130,976,541	147,606,565	87,262,942	97,890,949	106,656,940
MC+%2	149,790,988	181,835,219	215,114,763	113,844,385	132,195,436	149,544,938	88,116,371	98,744,377	107,909,309

Yeşil: NBD> \$140,000; Kırmızı: NBD<\$90,000

Yukarıdaki tabloya bakıldığında sonuçların iskonto oranı ve ekonomik ömüre karşı oldukça duyarlı olduğu görülürken, elektrik fiyatlarına karşı aynı derecede duyarlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı iskonto oranı ve ekonomik ömürde, GTC panelleri diğer alternatiflere oranla %10 daha fazla NBD değerleri sağlamıştır. Bu sonuca, diğer paneller en yüksek fiyattan satılırken ($MC+2\%$), çift yüzü panellerin en düşük fiyat seviyesinden ($MC-2\%$) satılma senaryosunda dahi ulaşılmıştır. Tablodaki renklendirmelere bakıldığında, GTC panellerinin 25 yıllık kullanım ömründe, diğer panellerden farklı olarak yüksek NBD ($> \$140,000$) değerleri sağladığı görülmektedir. Analiz edilen tüm durumlara bakıldığında, tek yüzü paneller için yüksek NBD ($> \$140,000$) ihtimali 6/27 iken, çift yüzü GTC panelleri için bu oran 9/27'dir. Düşük NBD ($< \$90,000$) ihtimali ise tek yüzü paneller için 6/27 iken, çift yüzü GTC panelleri için 3/27 olarak belirlenmiştir.

GTC panel testlerinin, temel hesaplamalarda varsayıldığının aksine 25 yerine 30 yıllık ekonomik ömür sunduğu dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, hesaplamaların daha konservatif olduğundan çift yüzü GTC panellerinin sınırlandırmalarının alternatiflerine kıyasla daha yüksek değerlere izin verebileceği söylenebilir.

İskonto oranı ve ekonomik ömür duyarlılığı tanımlandıktan sonra oluşturulan duyarlılık grafiği Şekil 7'de görülebilir. Verilen iskonto oranı ve ekonomik ömür varsayımlarında çift yüzü GTC panellerinin tek yüzü panellere kıyasla üzerindeki etki grafikte görülebilir. İthal edilen ve yerel olarak üretilen tek yüzü panellerin değerleri birbirine çok yakın olduğundan grafikleri üst üste gelmekte (Tablo 4-6) ve ayırt edilememektedir. Son olarak, iskonto oranı düştükçe grafikteki eğimin arttığı görülmekte, bu da duyarlılığın arttığına işaret etmektedir.



Şekil 7. Ekonomik Ömür ve İskonto Oranına göre NBD Duyarlılığı

4. SWOT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER	ZAYIF YÖNLER
Patentli yüksek verimli elektrik üretimi teknolojisi	Ön yüzü aynı DC yüklü tek yüzlü standart panellere kıyasla daha yüksek kümülatif ilk yatırım masrafları
Standart modellerden daha ağır olmayan paneller	Ön yüz gücü bazında watt başına daha yüksek fiyat
Çift yüzlü üretim yapan tek Türk markası	Ön yüzde daha az DC yükü ile ortaya çıkan mühendislik ve kurulum hizmetleri için daha az kâr marjı
Aynı ön yüz DC yükünde tek yüzlü Mono-PERC panellere göre daha yüksek elektrik üretimi	Cam-cam çerçevesiz modüllerin kurulumu için yüksek kalite gereklilikleri sağlamak adına gereken kalifiye mühendislik ve kurulum hizmetleri
IEC standartlarına göre yüksek dayanıklılık seviyelerindeki yüksek kaliteli ürün	Bölgede bilinirliği az olan yeni teknoloji
Tek yüzlü Mono-PERC'lerden daha uzun kullanım ömrü	"İsimsiz ürün", marka bilinirliğinin az olması
Çerçevesiz tasarım sayesinde düşen bakım masrafları	Banka ve yatırımcıların, şirketin birinci kalite yabancı markalar arasında olmaması ve yerli olması sebebiyle gösterdiği güvensizlik
A sınıfı yanma ve yangın yayılımı performansı	Daha geniş müşteri destek hizmetleri ve tanınırlık edinmek için gereken yüksek pazarlama bütçesi
Elektrik yangınlarına karşı yalıtım katmanı	
IEC 61215 TC1200, HF60, DH6000 uzatılmış testlerine göre yüksek dayanıklılık (az eskime) sonuçları	
Tek yüzlü standart panellere kıyasla her koşulda daha düşük LCOE değerleri	
Takip sistemi eşliğinde mükemmel elektrik üretim artırımı	
Sabit sistem kullanıldığında, takip sistemli tek yüzlü standart paneller ile aynı oranda elektrik üretimi kapasitesi	
Beyaz çatı kurulumlarında minimum %6 kazanç	
Yerli Üretim	
Yerli Tasarım	
Yerel kalifiye eleman istihdamına direkt katkı	

Güneş Teknolojileri ARGE Merkezi PVC kullanılmayan Yeşil Üretim Düşük metal içerikli Yeşil Ürün Düşük karbon ayak izi Yerli Mühendislik	
FIRSATLAR Panel/Çatı/Sahaların aynı yüzey alanında daha yüksek elektrik üretim kapasitesi Çatılarda, kızak aparatı dahil 60 hücre panelinin standart panellere göre daha hafif olması LCOE değerlerinin gelecekteki AR&GE teknoloji gelişmeleriyle daha da düşme ihtimali Halihazırda Türkiye’de yeni olan marka ve teknolojinin, doğru pazarlama araçlarıyla gelişebilirliği BIPV pazarında, cam kalınlığı ve boyutlarının kişiye özel ayarlanabilme fırsatı YEKA ve diğer resmi projelerde, potansiyel resmi düzenlemelere göre yerel olarak üretilen hücre ve panel ihtiyacı Sektördeki kötü örnekler sebebiyle özel sektörde daha kaliteli ve güvenli PV yatırım ihtiyacı Diğer tüm enerji yatırımlarında olduğu gibi, güneş enerjisinin de uzun dönem yatırım stratejisine dönüşmesi ve dolayısıyla gereken uzun kullanım ömrü Ön yüzde standart panellerden daha az DC yükü kapasitesi olan panellerin, ilk yılda üretilen elektrik başına eşit miktarda yatırım gerektirirken, takip eden yıllarda daha az eskime oranı neticesinde GTC panellerinin LCOE değerlerinin daha düşük olması	TEHDİTLER Diğer rakiplerin benzer ürün üretme potansiyeli Gelecek yatırımlarda YEKDEM tarife garantisini kaybetme ihtimali Uzak doğu güneş panellerinin alımındaki bariyerlerin kaldırılma ihtimali Mevcut durumu kopyalamaktan daha memnun olan, analitik düşünmeyen yatırımcılar ve kullanıcılar Pazarın Yanlış Bilgilendirilmesi İlgisiz Danışmanlar Kadere İnananlar Uluslararası garantiler hakkında eğitimsizlik Türk Hükümeti tarafından uluslararası üreticilere Serbest Ticaret Alanı kapsamında verilen ticaret avantajları Birinci sınıf oyuncuların, yerel acentalarının know-how’larını satmasıyla Türk pazarına girmesi ve yerel şirketlerin pazar payını kaybetmesi Hükümetin bölgesel endüstriyel üretimlerde yerli üretime karşı ilgisizliği ve kapsamlı destek programlarının eksikliği

Yukarıda verilen Teknik, finansal ve SWOT analizler ve çift yüzlü paneller ve GTC ürünleri hakkında yapılan çalışmalar ışığında, kanaatimizce GTC Çift yüzlü paneller, tek yüzlü panellere birçok konuda üstünlük göstermiştir. Bu doğrultuda, GTC çift yüzlü panellerinin YEKA, YEKDEM ve çatı yatırımlarında kullanılması doğru bir tercih olacaktır.

5. Kaynakça:

Bloomberg, 2019. “Tesla Solar Panels Catch Fire, and the Lawsuits Start Flying”, Business Article by Dana Hull and Brian Eckhouse published on 29 August 2019. Online Erişim: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-29/more-tesla-solar-panel-cases-emerge-in-wake-of-walmart-suit>

ITRPV, 2020. International Technology Roadmap for Photovoltaic, 11. Basım Nisan 2020.

Kır, F, Özdemir, N, Topgaç Y.S., 2019. “Elektrik Kaynaklı Yangınlar ve Korunma Yöntemleri”, Makaleye online erişim: http://www.emo.org.tr/ekler/0a360f25b58644e_ek.pdf

Libal, J. and Kopecek, R., 2019. Bifacial Photovoltaics: Technology, Applications and Economics: Technology, Applications and Economics, The Institution of Engineering and Technology.

Milliyet, 2020. “Bursa'da içinde hayvanların bulunduğu çiftlik yandı”, Günlük gazete makalesi, 29 Mayıs 2020. Online erişim: <https://www.milliyet.com.tr/gundem/son-dakika-bursada-icinde-hayvanlarin-bulundugu-ciftlik-yandi-6222326>

Nussbaumer, H., Janssen, G., Berrian, D., Wittmer, B., Klenk, M., Baumann, T., Baumgartner, F., Morf, M., Burgers, A., Libal, J., Mermoud, A., 2020. Accuracy of simulated data for bifacial systems with varying tilt angles and share of diffuse radiation, Solar Energy, 197, 6-21.

Park, H., Chang, S., Park, S., Kim, W.K., 2019. Outdoor Performance Test of Bifacial n-Type Silicon Photovoltaic Modules, Sustainability, 11, 6234.

Peike, C., Hoffmann, S., Dürr, I., Weiß, K.-A., Bogdanski, N., Köhl, M., 2014. “PV module degradation in the field and in the lab - how does it fit together?”, Paper presented at the 29th European PV Solar Energy Conference and Exhibition. Online Erişim: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/29-eupvsec-2014/Peike_5BV41.pdf

Repins, I.L., F.Kersten, B.Hallam, K.VanSant,,M.B.Koentopp, 2020. Stabilization of light-induced effects in Si modules for IEC 61215 design qualification, Solar Energy, 208, 894-904.

Rodríguez-Gallegos’ C.D., Liu, H., Gandhi, O., Singh, J.P., Krishnamurthy, V., Kumar, A., Stein, J.S., Wang, S., Li, L., Reindl, T., Peters, I.M., 2020. **Global Techno-Economic Performance of Bifacial and Tracking Photovoltaic Systems, Joule, Article In Press.**

Shoukry, I., Libal, J., Kopecek, R., Wefringhaus, E., Werner, J., 2016. Modelling of bifacial gain for stand-alone and in-field installed bifacial PV modules, Energy Procedia, 92, 600-608.

Tilman, P., Jäger, K., Becker, C., 2020. Minimizing the levelized cost of electricity for bifacial solar panel arrays using Bayesian optimization, Sustainable Energy and Fuels, 4, 254-264.