

Çatı Ges Sistemlerinde Örnek Portal Uygulaması ve Verimli Panel Seçimi

Muhammed Said Ulaş¹, Serdal Damarseçkin², Edip Taşkesen² ve Ahmet Turşucu³

¹Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak Üniversitesi Şırnak, Türkiye

²Enerji Sistemleri Mühendisliği, Şırnak Üniversitesi, Türkiye

³Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Şırnak Üniversitesi, Türkiye

*muhammedsaidulas07@gmail.com

Özet – Teknolojik imkânlar ve hayat standartları geliştikçe buna insan nüfusu da eklendiğinde enerji tüketimi aynı oranda büyüme göstermektedir. Dünya üzerinde fosil yakıtların uzun süredir kullanılmasından kaynaklı bundan sonraki zaman aralığında tüketim ömürlerinin kısıtlılığı ve ayrıca bu tür yakıtların her geçen gün karbon salınımını arttırmaları ile küresel anlamda iklim dengesine zarar vermektedir. Haliyle bu durum insan hayatını olumsuz etkileyerek toplumların enerjiye olan ihtiyaçlarını temin etmede yenilenebilir enerji kaynaklarını (YEK) tercih etmelerini kaçınılmaz kılmıştır. Bu kaynaklar, hayatın devamı boyunca süregelen ve bitmeyen olarak adlandırdığımız güneş, rüzgâr, su, dalga, atık dönüşümü vb. olmaktadır. Solar enerji olarak adlandırılan güneş enerjisi de bu kapsamda önemli bir yer kaplamaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi santrallerinin (GES) toplam kurulu güç içerisindeki payı çok yüksek olmasa da son yıllarda kurulum maliyetlerinin de düşmesi ile beraber birçok zeminde uygulanabilirliğinin kolay olması bu payı hızla arttırmaktadır. Bu çalışmada Diyarbakır ili organize sanayi bölgesinde (OSB) yer alan örnek bir fabrikanın çatı yüzeyinde GES kurulumunun nasıl yapıldığı ile ilgili simülasyon taslağı oluşturulmuş (PV*SOL Uygulaması kullanılarak) ve maliyet hesabı yapılmıştır. Sonrasında kullanılan panellerden hangilerinin ne kadar oranda verimlilik sağladığı konusuna değinilmiştir. Sonuç olarak çalışma yapılan alanın sahip olması gereken fotovoltaik panel sayısı hesaplaması, kurulum şeması, maliyet hesabı, ürettiği enerji miktarı ve aylara göre verim kıyaslaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Fotovoltaik Hücreler, Panel Çeşitleri ve Verimi, Uygulama Tasarımı

I. GİRİŞ

Dünya üzerinde bulunan konvansiyonel enerji kaynaklarının uzun süredir kullanılmasından dolayı gelecekteki tüketim ömürleri kısıtlıdır. Ayrıca bu konvansiyonel yakıtların her geçen gün karbon salınımını arttırmaları nedeni ile küresel ısınmaya neden olmakta ve iklim dengesini bozmaktadır. Bu nedenlerden dolayı YEK'na yönelim kaçınılmaz olmaktadır. Bu YEK'nın en önemlilerinden biri de güneş enerjisidir. Bu enerjinin yaklaşık %50'si yeryüzüne ulaşırken, %30'u geri yansır ve kalan kısmı ise atmosfer tabakalarında soğurulur [1].

Avrupa, dış etmen olarak yakın zamanda meydana gelen savaş sebebiyle enerji krizi ile karşı karşıya kalmıştır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için alternatif enerji yollarına başvurma zorunluluğu meydana gelmiştir. Bunlardan biri ise GES olarak göze çarpmaktadır. Örnek olarak Yunanistan, 2022 yılı içerisinde muadillerine oranla çerçevesiz ve ışık geçirgenlik özelliğiyle Avrupa'nın en büyük çift yüzey panelli (Bifacial) GES santralini açmıştır.

Ülkemiz güneş paneli üretiminde Avrupa'da birinci dünyada ise dördüncü sırada yer almaktadır. Konya ili Karapınar ilçesinde yapımı devam eden ve

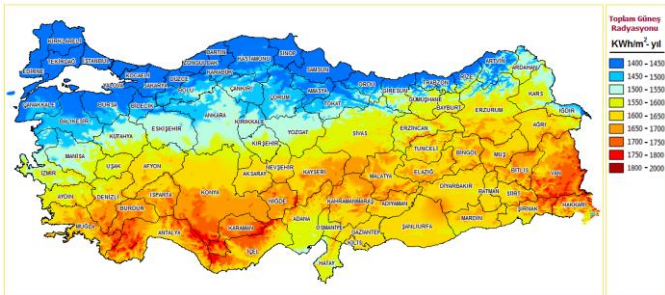
ülke içerisinde en büyük GES haline gelecek büyük proje tamamlandığında 2,5 milyon kişinin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ve aynı zamanda ülkenin elektrik üretimi içerisinde GES payını yüzde 20 seviyesine çıkarmış olacaktır[2]. Mevcut durumda 2022 yılı itibarıyla ülkemizdeki GES kurulu gücü 8.479 MW olarak bilinmektedir ve toplam güç içerisinde yaklaşık %8'lik bir paya sahiptir [3]. Güneş enerjisinin üç yıl içerisindeki verileri, 2023 yılına ait hedefi ve diğer kaynakların üretim güçleri ile birlikte Tablo 1'de karşılaştırma yapılarak verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Konusunda 2013, 2017, 2021 verileri ve 2023 Hedefleri [4].

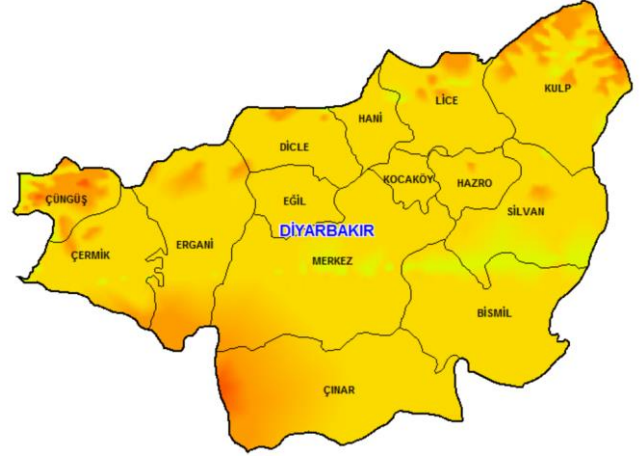
Yıllar	Kurulu Elektrik Üretimi Gücü	Hidroelektrik	Rüzgâr	Jeotermal	Güneş	Biyokütle
2013	MW	22289	2759	310	0	224
2017	MW	27000	6300	1000	1500	500
2021	MW	31492	10607	1676	7815	1642
2023	MW	35000	20000	1900	9010	1825

Lisanslı ve lisanssız olmak üzere iki şekilde üretim yapma seçeneği bulunan ülkemizde küçük çapta GES'ler genellikle lisanssız üretim anlaşması üzerinden yürütülmektedir. İlgili yönetmelikler, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından belirlenmekte, gerekli şartnameleri içermekte ve güncel durumda lisanssız üretim için sayaç başına maksimum 25 KW'a kadar GES üretim izni bulunmaktadır [5].

Türkiye ve Diyarbakır ili için yıl bazında güneşlenme haritası ve değerleri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Yüksek güneşlenme potansiyeline sahip bölgelerimizden biri de Güney Doğu Anadolu Bölgesi olarak görülmektedir. Ülkemizde en düşük güneş potansiyeline sahip yerlerden biri olan Karadeniz Bölgesi'nde düşük güneşlenme olmasına rağmen Almanya'nın en iyi güneş alan bölgelerinden bile fazladır [4].



Şekil 1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) [6]



Şekil 2. Diyarbakır ili güneşlenme haritası [6].

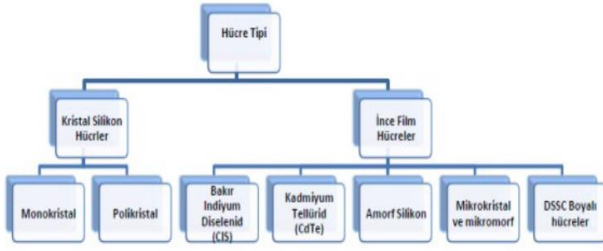
Şekil 1'de verilen tablo incelendiğinde Diyarbakır iline ait yıllık m² başına düşen toplam güneş radyasyonu 1600 – 1700 KWh aralığında olduğu görülmektedir.

GES'lerde yer seçimi konusunda uygun bir ortamın değerlendirilmesi enerji üretim miktarı ve maliyetini doğrudan etkiler. Kurulum yapılacak bölgenin güneş potansiyeli, gerekli yönetmelikler çerçevesinde kurulacak yer arazi ise kullanım durumu, tüketim yerlerine olan mesafe, yine arazi ise jeolojik yapısı vb. kıstaslar bulunmaktadır [7].

Bu çalışmada Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesinde (OSB) yer alan örnek bir fabrikanın çatı yüzeyinde modül panel kurulumu, tahmini tüketim belirlenmesi ve bunun sonucunda gerçekleşecek yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır.

A. Fotovoltaik Panel Sistemi

Atmosferden direkt gezegenimize gelen güneş ışığını doğru akım (DC) elektrik enerjisine dönüştüren p-n yarı iletken malzemeler fotovoltaik hücreler olarak adlandırılmaktadır. Farklı çeşitlerde üretilen bu panel hücreleri monokristal, polikristal ve ince film hücreler şeklinde bilinmektedir. Şekil 3'te şematik gösterimi ve Şekil 4'te ise hücreden diziye bağlantı görseli verilmiştir.



Şekil 3. Fotovoltaik hücre çeşitleri [4].

PV hücrelerinin devresi, paralel diyot bağlı akım kaynağı ile seri ya da paralel bağlı dirençlerden meydana gelmektedir. Bu hücreler çok sayıda seri ya da paralel bağlanarak panelin gücü artırılır [8].

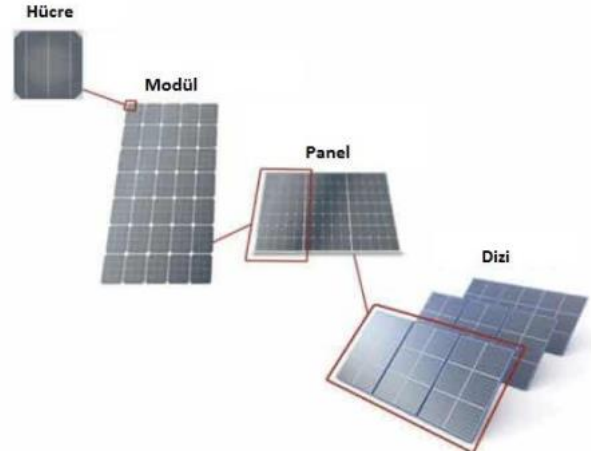
Çatı yüzeylerinde, mono-facial solar yani tek yönlü ışık alan paneller genel olarak kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde ise en çok yapısı itibariyle benzerlerine kıyasla daha verimli bilinen monokristal tipte olanlar tercih edilir. Bifacial solar hücreler, bu alanın dışında bulunan yerlerde kullanılmaktadır [9].

Bifacial solar hücreli paneller yapısı itibariyle ince, hücre aralıkları şeffaf ve çerçevesizdir. Bu paneller, güneşten gelen ışığı her iki yüzeye yansıtılabilir özelliği ile verimlilik oranını daha yukarıya taşımaktadır. Normal bir tek yönlü panelin ürettiği güç örneğin 100 KW ise aynı boyutlarda bir çift yönlü panelin üreteceği güç 140 KW'a kadar çıkabilmektedir. Bu tip hücrelerde ışığın arka yüzeye geçişini engellemeyecek şekilde var olan ortamlarda kurulumu gerçekleştirilmektedir. Çatı yüzeylerinde tercih edilmemelerinin sebebi ise böyle bir ortamın varlığının zorluklarından kaynaklanmaktadır. Fakat yüzeyin renk olarak beyaz olması böyle bir uygulamanın gerçekleştirilmesine engel teşkil etmemektedir. Beyaz rengin güneş ışığını yüksek oranda geri yansıtması yani soğurmaması, ilgili sorunu ortadan kaldırmaktadır.

Fotovoltaik dizilerde zaman içerisinde arızalar meydana gelebilmektedir. Bunlardan bazıları FV dizi bozulmaları yani cam ve hücreler arasında kullanılan yapışkan malzemenin renginin değişmesi, panel üzerine gölge yapan nesnelere aynı şekilde üretim verimini düşürmesi, noktasal ısınma arızaları (panel üzerine düşen yapışkan kirlilik gibi) ve bağlantı hataları (sigorta, kablo

bağlantı sorunu gibi) sebebiyle güçte düşüşler oluşabilir[10].

Fotovoltaik sistemlerinde hata tespitleri ve arızaların doğru bir şekilde yapılması, işletme maliyetlerini ve arıza sonucunda sistemin kullanılmama süresini azaltıp verimliliği arttıracaktır [11].



Şekil 4. Fotovoltaik Hücrelerin Bağlanması [12].

PV sistemlerinde gerçekleşen arızalar dışında güç üretim verimini düşüren başka sebepler de bulunmaktadır. Panel temizleme işlemlerinde doğru yöntemler uygulanmadığında zarar görebilmeleri buna örnektir. Toplam üretimle kıyaslandığında yüzdesel bazı kayıp oranları belirtilmektedir. Örneğin gölgeleme %7, tozlanma %2, uyumsuzluk %0.7, DC kablo %1, AC kablo %0.5 gibi kayıplar söz konusudur [13].

B. Çatı Ges Uygulama Tasarımı

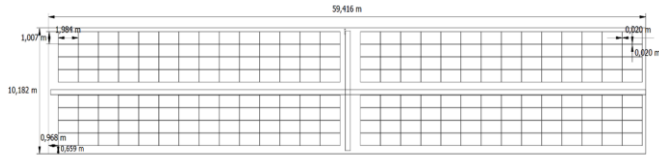
Diyarbakır ilinde yer alan fabrika çatı örneği için PV*SOL uygulama sisteminde, ilgili yerin koordinatları belirlenerek Şekil 5'te görüldüğü gibi üç boyutlu çizim için hazır hale getirildi.



Şekil 5. Örnek Fabrika Çatısı

C. Boyutlandırma Planı

Tüm cepheler için gerekli boyutlandırma işlemi yapıldı, arıza – bakım ve onarım işlemlerinin sürdürülebilirliğinin kolay aynı zamanda ulaşılabilir gerçekleştirilmesi adına ara hareket alan mesafeleri çizildi. İlgili cephelerde maksimum ne kadar panel yerleştirilebileceği konusunda yatay ve dikey seçimleri denenerek yatayda daha fazla sayıda olduğu belirlendi. Her bir cepheye 224 adet modül düştü. Şekil 6 Kuzeydoğu tarafı taslak planını göstermektedir.



Şekil 6. Bina 01-Çatı Alanı Kuzeydoğu

D. Projeye Genel Bakış

Harita üzerinde yakın merceğe alınan çatı yüzeylerinin her bir köşe noktasının uzantıları çekilip eğim açısı 15 derece ve yükseklik girilerek yeni bir üç boyutlu (3D) görüntü elde edildi. Kuzeydoğu yerleşim yönü 50 derece, Güneybatı yönü 230 derece konumlu binada PV jeneratör tek yön cephe yüzey alanı 447,5 m²'dir. Buradaki amaç yüzeylere yerleştirilecek paneller ve hesapları ile ilgili doğru çıktı elde etmektir. Şekil 7 yüzeylere konumlandırılan PV modüllerini göstermektedir.



Şekil 7. 3D Genel Tasarım

Bir cephesinde 224 adet olan monokristal PV modülleri, Tablo 2'de görüldüğü gibi dört cephede toplamda 896 adet olmuştur. Her bir panel 400 Wp

gücündedir, toplam adetle çarpılması ile 358,4 KWp gücü elde edilir. Toplam yüzey alanı 1790,1 m²'dir. Tablo 3'te gerekli parçalar, üretici firma ve modelleri yer almaktadır.

Tablo 2. İntertör, PV Modül Adetleri, PV Jeneratör Toplam Yüzey Alanı

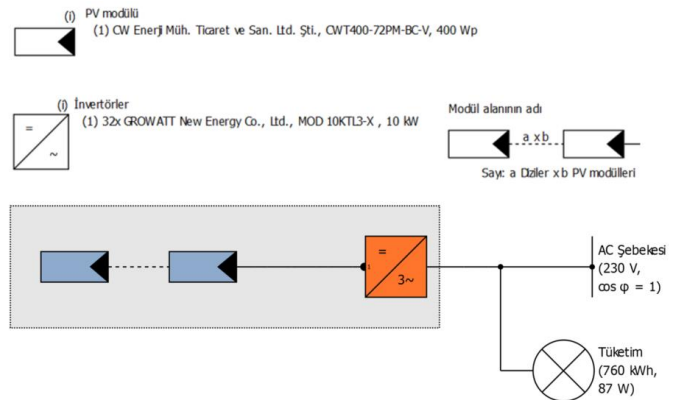
İklim verileri	Yenişehir, TUR (1991 - 2010)
PV jeneratör çıkışı	358,4 kWp
PV jeneratör yüzeyi	1.790,1 m ²
Sayı PV modülleri	896
Evirici Sayısı	32

Tablo 3. PV Modül ve İntertör (dönüştürücü) modelleri

Tür	Üretici	İsim	Miktar	Birim
1	PV modülü	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	CWT400-72PM-BC-V	896 Adet
2	İntertörler	GROWAT T New Energy Co., Ltd.	MOD 10KTL3-X	32 Adet

E. Basit Devre Şeması

Ana yük tüketimimiz 760 KWh olarak belirlendi. İntertör gücü adet başı 10 KW, toplamda 320 KW değerindedir. AC şebeke faz adeti üç, tek faz gerilimi 230 V şeklindedir. Şekil 8 bununla ilgili basit bir devre şemasını göstermektedir.




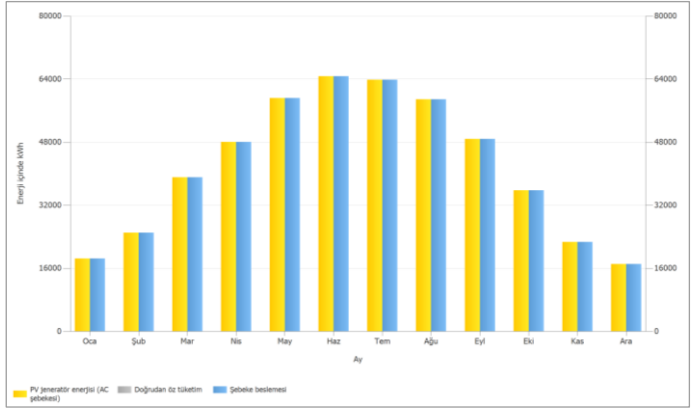
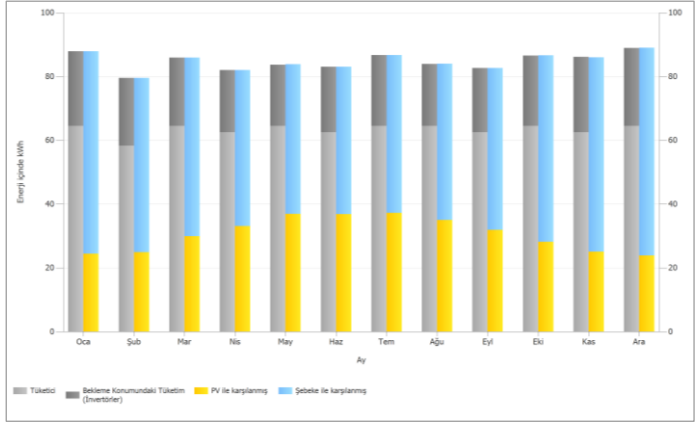
Şekil 8. Örnek Devre Şeması

F. Tüm sistem Çıktısı


PV jeneratör çıkış değerinin yıllık özgül kazanç değeriyle çarpımından elde edilen sonuç yıllık PV jeneratör AC enerjisini vermektedir. Tablo 4 PV

sistemi hakkında çıkış, kazanç ve besleme değerlerini vermektedir. Tablo 5 Tüketici KWh, karşılaştırma ve güneş enerjisi oranını vermektedir.

Tablo 4. PV sistemi

PV jeneratör çıkışı	358,4 kWp	PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)
Yıllık Özgül Kazanç	1.398,5 kWh/k	
	5 Wp	
Sistem kullanım oranı (PR)	88,7 %	
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	0,6 %/Yıl	
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	501.49 kWh/Yıl	
Öz Tüketim	367 kWh/Yıl	
Besleme noktasındaki düzenleme	0 kWh/Yıl	
Şebeke beslemesi	501.13 kWh/Yıl	
Kişisel Güç Tüketimi	0,0 %	
Önlenen CO ₂ emisyonu	235.58 kg/yıl	
	3	

Tablo 5. Tüketici

Tüketici	760 kWh/Yıl	Toplam tüketim
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	257 kWh/Yıl	
Toplam tüketim	1.017 kWh/Yıl	
PV ile karşılanmış	367 kWh/Yıl	
Şebeke ile karşılanmış	650 kWh/Yıl	
Güneş Enerjisi Oranı	36,1 %	
Toplam tüketim	1.017 kWh/Yıl	
Şebeke ile karşılanmış	650 kWh/Yıl	

G. PV Enerji Kullanımı ve Tüketim Karşılaştırılması

Bulduğumuz noktada güneşin radyasyon yansımalarının pik seviyede olduğu aylar yaz mevsimi içerisinde, bu mevsimde de Şekil 9'de görüldüğü gibi ışık sürekliliği haziran ve temmuz

ayında en yüksek verimde olmakla birlikte enerji kullanımı en iyi seviyededir. Şekil 10'da ilgili tüketicinin tüketim miktarının yine aylara göre ne kadarının PV ile karşılandığı ve ne kadarının da şebekeden karşılanabildiği gösterilmektedir.

Belirli aylarda PV enerji üretiminin tüketimi karşılama oranı için grafikte meydana gelen düşüş ya da yükseliş barları etkileyen sebeplerden biri de bu aylardaki meteorolojik hava durumudur [14].

Şekil 9. Aylara Göre PV Enerjisi

Şekil 10. Aylık Tüketim Karşılaştırması

H. Ortalama Maliyet Hesabı

Şebeke amortisman süresi 20 yıl ve üzeri, elektrik üretim maliyeti toplam yatırım baz alınarak 0,55 ₺/KWh belirlendi. Her biri 0,4 KWp olan 896 adet panel ile ilgili standart yapılan hesaplamalar ve diğer malzeme bedelleri katılarak toplam sözleşme bedeli elde edilir.

Tablo 6. Malzeme Listesi, Adet ve Ortalama Bedel Miktarları

1	400 WATT PANEL MONO PERC	896	Adet	0,46	\$178	\$159.488
2	10 KW INVERTER	32	Adet		\$703	\$22.500
3	SMART MATER	1	Adet		\$2800	\$2.800
4	JEL AKÜ	0	Adet		\$320	\$0
5	ÇATI MONTAJ SETİ VE MALZEMESİ 7CM	896	Adet		\$16	\$14.336
6	GES PANOSU	1	Adet		\$2.000	\$2.000
7	SOLAR KABLO 1X6mm ²	1.299	Metre		\$1	\$1.299
8	KONEKTÖR	50	Adet		\$1	\$50
9	MUHTELİF MONTAJ MALZEMELERİ	1	Proje		\$250	\$250
10	YANGIN TÜPLERİ	6	Adet		\$40	\$240
11	NAKLIYE BEDELİ	1	Kamyonet		\$400	\$400
12	İŞÇİLİK MONTAJ BEDELİ	896	Panel		\$4	\$3.584
					TOPLAM	\$271.149,65
					KDV	\$48.806,94
					GENEL	\$319.956,59
SÖZLEŞME BEDELİ - 5.151.842,30 ₺						

II. SONUÇ

Bölgemizde Çatı GES uygulamaları için daha sık kullanılan monokristal PV modülleri ile alakalı örnek bir model üzerinden gidilerek yaklaşık hesaplar elde edildi. Bu ortalama hesaplama çıktısı 2022 yılı içerisindeki malzeme maliyeti temel alınarak oluşturuldu.

Maliyet olarak kıyaslandığında daha ya da daha ekonomik geldiği düşünülmesi ya da alışla gelmiş bu tip kullanımın dışına çıkılmak istenmediğinden kurumlar gördüğümüz kadarıyla monokristal PV modelleri üzerinden gitmektedir. Yakın zamanda Diyarbakır ili OSB’nde farklı bir model, çatı üzerinde verimi nedeniyle kullanılması planlanmaktadır. İlgili proje sonucunda ilerleyen zaman aralığında elde edilecek verimin maliyet karşısındaki performansı değerlendirilip istenen geri bildirim alınabilmesi durumunda artırılması gerçekleştirilebilecek.

Son zamanlarda çoğunlukla gündeme gelen karbon ayak izi kavramını; hava kirliliği, sera gazı salınımı, hava sıcaklığının küresel anlamda artışı, atmosferdeki gaz dengesinin değişmesi nedeni ile daha çok anlamaya ihtiyaç duyuyoruz. Bu anlamda toplumsal ve bireysel olarak ilgili zararlara neden olan durumlar daha iyi fark edilip önlemler için sorunlar ile ilgili projeler üretmeye çalışmak gerekir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı bu icraatların başında gelmektedir. YEK’nın kullanımındaki artışın zamanla mevcut hava kirliliğinde azaltmalar meydana getirdiği açık bir şekilde görülecektir.

KAYNAKLAR

[1] E. AKCAN, M. KUNCAN, and M. R. MİNAZ, “PVsyst Yazılımı İle 30 Kw Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu,” *European Journal of Science and Technology*, pp. 248–261, Apr. 2020, doi: 10.31590/ejosat.685909.

[2] E. H. D. ELDER and S. H. İ. Etkinlikler, “ELDER E-Bülten.” Accessed: Apr. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.elder.org.tr/>

[3] M. Bayrak, S. Üniversitesi, E. Elektronik Mühendisliği Bölümü, S. Yazar, and C. Author, “TÜRKİYE’DEKİ LİSANSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ÜRETİM KAYIPLARININ BELİRLENMESİ DETERMINATION OF PRODUCTION LOSSES AT UNLICENSED SOLAR PLANTS IN TURKEY,” 2023. Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <http://jes.ksu.edu.tr/en/download/article-file/2798065>

[4] Nergiz Acet, “FARKLI İKLİM KOŞULLARI İÇİN İŞİNİM DEĞERLERİNE DAYALI GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN TAHMİNİ.” Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://earsiv.batman.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12402/4407/Nergiz%20Acet%20LEE.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

[5] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan: 25 KW’A KADAR GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLER İÇİN USUL VE ESASLAR.” Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-92/elektriklisanssiz-uretim>

[6] Anonim, “TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEP),” <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, 2023.

[7] O. O. YOLCAN and R. KÖSE, “TÜRKİYE’ NİN GÜNEŞ ENERJİSİ DURUMU VE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMUNDA ÖNEMLİ PARAMETRELER,” *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Dec. 2020, doi: 10.34186/klujes.793471.

[8] S. ADAK, H. Cangi, and A. S. Yılmaz, “Mathematical Modeling and Simulation of the Photovoltaic System’s Output Power depends on Temperature and Irradiance,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, pp. 316–327, Jan. 2019, doi: 10.29137/umagd.456988.

[9] ORBİT AKADEMİ, “FOTOVOLTAİK HÜCRE YAPISI,” 2023, Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.orbitenerji.com/orbit-akademi/fotovoltaik-panel-yapisi-nasildir>

- [10] O. Korkut, A. Ü. Fen, B. Enstitüsü, H. Bakir, and M. Tarihçesi, “Çatı Tipi Güneş Enerji Sisteminde Kızılötesi Termal Teşhis ile Arıza Tespiti ve Önemi Araştırma Makalesi ÖZ,” 2023. [Online]. Available: <https://orcid.org/000-0001-5580-0505>
- [11] C. Kapucu and M. Çubukçu, “Fotovoltaik Sistemlerde Topluluk Öğrenmesi Temelli Hata Tespiti,” *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, vol. 12, no. 2, pp. 83–91, Apr. 2019, doi: 10.17671/gazibtd.508475.
- [12] A. ÇELİK and A. N. CELİK, “Polikristal Tür bir Fotovoltaik Panelin I-V Karakteristiğinin Analitik Modellenmesi ve Deneysel Validasyonu,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sep. 2020, doi: 10.29130/dubited.789691.
- [13] D. Erişgin et al., “Fotovoltaik Panel Temizliğinde Yüzey Akustik Dalgaları Kullanımının Fotovoltaik Panel Performansına Etkilerinin İncelenmesi Investigation of the Effects of Using Surface Acoustic Waves in Photovoltaic Panel Cleaning on Photovoltaic Panel Performance”.
- [14] A. Makalesi et al., “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Fotovoltaik Sistemin Güç Üretiminin Meteorolojik Değişkenler ile Modellenmesi: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Örneği.” [Online]. Available: <http://dergipark.gov.tr/yyufbed>