



Photovoltaic System Design And Analysis: The Case Of Sivas Technology Development Zone

Nazile Yılkırkan^{1,a,*}, Dilara İsaogulları^{2,b}

¹Faculty of Technology, Department of Mechatronics Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas/Turkey

²Sivas Republic University Institute of Science Sivas Cumhuriyet University, Sivas /Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 04/04/2024

Accepted: 10/06/2024

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

ABSTRACT

Greenhouse gases caused by fossil fuel consumption lead to global warming, which adversely affects life on earth. In order to first slow down and then prevent global warming, it is aimed to reduce fossil fuel consumption worldwide. For this reason, the importance of energy production from renewable energy sources and the share of the energy produced in the total amount of energy is increasing day by day. In this context, studies and investments in the field of solar energy, which is one of the leading renewable energy sources, continue to increase in Turkey. In this study, the rooftop application of solar energy systems was simulated using PV*SOL software program. In the simulation, a solar power plant (SPP) with a total power of 108,29 kWp was designed using 238 modules of 455 Wp. The SPP design was made for both south facade and north facade and the payback period of the designed systems was calculated as 2,9 years for the south facade and 3,1 years for the north facade.

Keywords: Photovoltaic, PV*SOL, Rooftop SPP, Technology Development Zone

Fotovoltaik Sistem Tasarımı ve Analizi: Sivas Teknoloji Geliştirme Bölgesi Örneği

Araştırma Makalesi

Süreç

Geliş: 04/04/2024

Kabul: 10/06/2024

ÖZ

Fosil yakıt tüketiminin sebep olduğu sera gazları küresel ısınmaya yol açmakta olup, bu durum dünya üzerindeki canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınmanın öncelikle yavaşlatılabilmesi devamında ise önlenmesi amacıyla dünya genelinde fosil yakıt tüketiminin azaltılması hedeflenmektedir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin önemi ve üretilen enerjinin toplam enerji miktarı içerisindeki payı her geçen gün artmaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisi alanında Türkiye’de de çalışmalar ve yatırımlar artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, güneş enerjisi sistemlerinden çatı tipi uygulamasının, PV*SOL yazılım programı kullanılarak simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonda, 238 adet 455 Wp gücünde modül kullanılarak toplamda 108,29 kWp gücünde güneş enerjisi santrali (GES) tasarlanmıştır. GES tasarımı hem güney cephe hem de kuzey cephe için yapılmış olup tasarlanan sistemlerin geri ödeme süresi güney cephe için 2,9 yıl kuzey cephe için 3,1 yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, PV*SOL, Çatı Tipi GES, Teknoloji Geliştirme Bölgesi

^a nyilankirkan@cumhuriyet.edu.tr

^b 0000-0002-8274-186X

^a disaogullari@gmail.com

^b 0000-0002-5048-1055

How to Cite: Yılkırkan N, İsaogulları D (2024) Photovoltaic System Design And Analysis: The Case Of Sivas Technology Development Zone, Journal of Science and Technology, 3(1): 14-20.

Giriş

Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem artmakta, bireysel yatırımların yanında devlet teşvik ve destekleri ile bu temiz enerji kaynaklarından enerji üretimi yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi önemli bir paya sahiptir. Türkiye, coğrafik konumu nedeniyle güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli yüksek bir ülkedir. Enerji ihtiyacını karşılama hususunda ithal kaynaklara bağımlı olan Türkiye'nin bu potansiyeli değerlendirmesi ekonomik açıdan önemlidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ve termal enerji üretimi amacıyla yararlanılmakta olup özellikle elektrik enerjisi üretimine her geçen gün ilgi artmaktadır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi projeleri maliyeti, geri ödeme süreleri ve üretilecek enerji miktarının önceden belirlenebilmesi amacıyla bazı paket programlar kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan programlardan biride PV*SOL programıdır. Literatürde, PV*SOL programı kullanılarak Türkiye'nin farklı bölgelerinde güneş enerjisi santralleri tasarlanmış, bu santrallerde üretilecek enerji miktarları, geri ödeme süreleri önlenen CO₂ emisyonu gibi hususların hesaplandığı çalışmalar mevcuttur.

Gündoğdu R. Bursa Gemlik bölgesinde alışveriş merkezi ile aynı araziyi kullanan bir binanın çatısına, enerji ihtiyacı olduğunda şebekeden ihtiyacı karşılayan, üretim fazlası olduğunda ise şebekeyi besleyen çatı tipi güneş enerjili elektrikli şarj istasyonu sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin simülasyonu PV*SOL programında gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik (PV) modül enerjisi 219,6 kWh, yıllık özgül kazanç 1.132,95 kWh/kWp olarak, önlenen karbondioksit (CO₂) emisyonu ise 116.934 kg/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam tüketimin %67,9 kadarının güneş panellerinden sağlandığı görülmüştür (Gündoğdu R.2022).

Çatı tipi güneş santrali ile beslenen elektrikli şarj istasyonu tasarımı yapılan tez çalışmasında ise güneş sistemini tek eksenli takip eden motorlu ve motorsuz olmak üzere iki farklı sistemde inceleme yapılmıştır. Tezin tasarımında PVsyst, PV*SOL, AutoCAD, ETAP, SAP2000, Probing ve Excel programları kullanılmıştır. Aylık üretimlerine göre sabit sistem 33.893,90 kWh/yıl, ayarlanabilir sistem 36.898,82 kWh/yıl, takip sistemi ise 40.710,61 kWh/yıl enerji üreteceği hesaplanmıştır (Boytekin T.2020).

Yapılan başka bir çalışmada, bir endüstriyel binada çatı üstü güneş enerjisi üretim sisteminin uygulanabilirliğini PV*SOL yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Simülasyon çalışmasında 375 Wp gücünde 1.530 adet fotovoltaik panel seçilmiştir. Binanın çatısına 573,75 kWp güneş enerjisi sistemi kurulması planlanmıştır. Sistemin yıllık 874.183 kWh enerji üretmesi hesaplanmış olup yıllık elektrik maliyetinin %22,34 oranında azalmasının beklenildiği ifade edilmiştir. Amortisman süresi 3,4 yıl olacağı sonucuna varılmıştır (Sürücü B. ve ark 2022).

Bağrıaçık ve arkadaşları tarafından Muğla'da bir evin çatısına kurulması planlanan güneş enerjisi sisteminin simülasyonu PV*SOL programında gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonda Monokristal, polikristal ve yarım kesilmiş monokristal hücreler kullanılmış ve bunların enerji üretimi karşılaştırılmıştır. Evin günlük enerji ihtiyacı 6,4 kWp olarak hesaplanmış olup bu panellerden Mono-c'nin üretimi; 10.639 kWh, Poly -c' üretimi;

10.607 kWh ve Half-cut'ın üretimi ise: 10.932 kWh olarak bulunmuştur. Bu PV'lerin enerji üretiminden oluşan önlenen CO₂ emisyonları ise sırasıyla CO₂: 5.000 kg/yıl, CO₂: 4.964 kg/yıl ve CO₂: 5.138 kg/yıl olarak hesaplanmıştır (Bağrıaçık N. ve ark 2024).

Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin çatısına PV*SOL programı kullanılarak güneş enerjisi santrali tasarlanan çalışmada, PV sisteminin yılda 138.054 kWh enerji üreteceği ve önlenen CO₂ emisyonunun yıllık 65.105 kg olacağı sonucuna varılmıştır. Bu sistemin geri ödeme süresi yaklaşık 7,1 yıl olarak bulunmuştur (Altinkök S. Ve ark 2022).

PV*SOL programı kullanılan başka bir çalışmada ise şebeke bağlantısı olan ve olmayan güneş panelleri kullanılarak bir evin ortalama enerji tüketimi incelenmiştir. Aylık bazda ortalama 594 kW elektrik üretimi gerçekleştirileceği ve maliyetin 67.449,79 TL olacağı sonucuna varılmıştır (Çakmak E. ve ark.2023).

Bursa'da bulunan hayvan barınağının dört farklı yönde fotovoltaik paneller yerleştirilmesiyle elektrik enerji ihtiyacını karşılaması planlanan çalışmada PV*SOL programı kullanılmıştır. PV panel kapasitesi 320 kWp güç olarak ele alınmış olup, enerji ihtiyacı tüm aylar için sabit 25.200 kWh olarak kabul edilmiştir. En yüksek üretim Kuzey-Güney yöneliminden elde edilmiş olup amortisman süresi 11 yıl olarak bulunmuştur (Delice H. ve ark. 2021).

Bu çalışmada ise Sivas Teknoloji Geliştirme Bölgesi Kurucusu ve İşletici A.Ş. (Cumhuriyet Teknokent) binasının çatısına yine PV*SOL programı kullanılarak çatı tipi güneş enerjisi santrali tasarımı yapılmıştır. Simülasyonda 238 adet modül kullanılmış, 108,29 kWp gücünde bir GES elde edilmiştir. GES'in geri ödeme süresi güney ve kuzey cepheler için sırasıyla 2,9 ve 3,1 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın amacı, günlük ortalama ışınım süresi 7,2 saat olan Sivas ilinde yapılacak güneş enerjisi yatırımlarının projelendirmeden önce ne kadar mal olacağı, geri ödeme süresi ve elde edilecek elektrik enerjisi gücünün önceden hesaplanabileceğinin görülmesidir.

Fotovoltaik Teknolojisi

Fotovoltaik etki, fotovoltaik bir hücre tarafından güneş ışınımının elektrığe dönüştürüldüğü temel bir fiziksel işlemidir. Güneş ışınımındaki fotonların, silikon gibi yarı iletken malzemelerin yüzeyine çarparak, atomlardan elektronları serbest bırakmaları ile ortaya çıkar. Güneşten gelen ışınım spektrumundaki farklı dalga boylarına bağlı olarak, farklı miktarda enerji içerirler. Fotonlar, fotovoltaik bir hücre üzerine geldiğinde; bir kısmı hücre tarafından soğrulur, bir kısmı yansıtılır, kalan kısmı da hücre içerisinden geçer. Fotovoltaik hücre tarafından soğrulan fotonlar elektrik üretir. Fotonun enerjisi, yarı iletken bir malzemenin atomundaki elektrona transfer edilir (Öztürk vd. (2013:59)).

Elektron, yeni kazandığı bu enerji sayesinde, bir elektrik devresindeki akımın bir parçası olabilmek için yarı iletken malzemedeki bir tek atomun normal durumundan kurtulma yeteneği kazanır. Bir elektrik alanındaki PV hücrenin belirli elektriksiz özellikleri, dış bir yükten gelen akımı karşılamak için gerekli gerilimi sağlar.

Fotovoltaik paneller yapısında bulunan fotovoltaik hücreler yardımıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini sağlayan panellerdir. Normal şartlarda fotovoltaik hücreler düşük gerilim ve akımda elektrik enerjisi üretirler. Ürettikleri

elektrik enerjisini kullanılabilir hale getirebilmek için, fotovoltaik hücreler birbirleri arasında paralel ve seri bağlantılar yapılarak modüller, modüllerden PV panelleri, PV paneller ise yapılan seri, paralel bağlantılar sonucu dizileri oluştururlar (EO, 2024). Şekil 1'de PV hücre yapısı görülmektedir.

Güneş enerjisi sistemleri

Güneş panellerinin endüstriyel ve evsel uygulamaları, şebekeye paralel (on-grid), ve şebekeden bağımsız (off-grid) olmak üzere iki ana başlık altında toplanır. Şebekeye paralel sistemler (şebekeye bağlı) depolama gerektirmeyen sistemler olup maksimum güç elde etmek için tasarlanırlar.

Şebekeden bağımsız sistemler ise şebekenin olmadığı veya şebekenin getirilmesi için alt yapı masraflarının olacağı yerler için kullanılmaktadır. Ayrık sistemlerin tasarımı belirli bir güce göre yapılmaktadır ve depolama gerektirir (Ceylan vd. (2018:91-97)).

Şebekeye bağımlı sistemler ise dünyada en popüler fotovoltaik elektrik üretimi uygulamasıdır. Binaların çatılarındaki ve cephelerindeki PV panellerden elde edilen güç elektrik şebekesine aktarılır. Bu uygulamada fotovoltaik elektrik üretim sistemi adeta bir mini elektrik santrali gibi çalışır. Fotovoltaik panellerden üretilen elektrik ayrı bir sayaç üzerinden ayrı bir tarife ile şebekeye satılır. Şebeke bağlantılı sistemlerin konut gibi olanları, çift saat ya da yönlü sayaç ile şebekeye bağlanılır. Çatılarda PV panellerin yerleştirilmesinde gerekli alan hesabının yapılması gerekir (Yiğit vd. (2018:192)).

Materyal -Metot

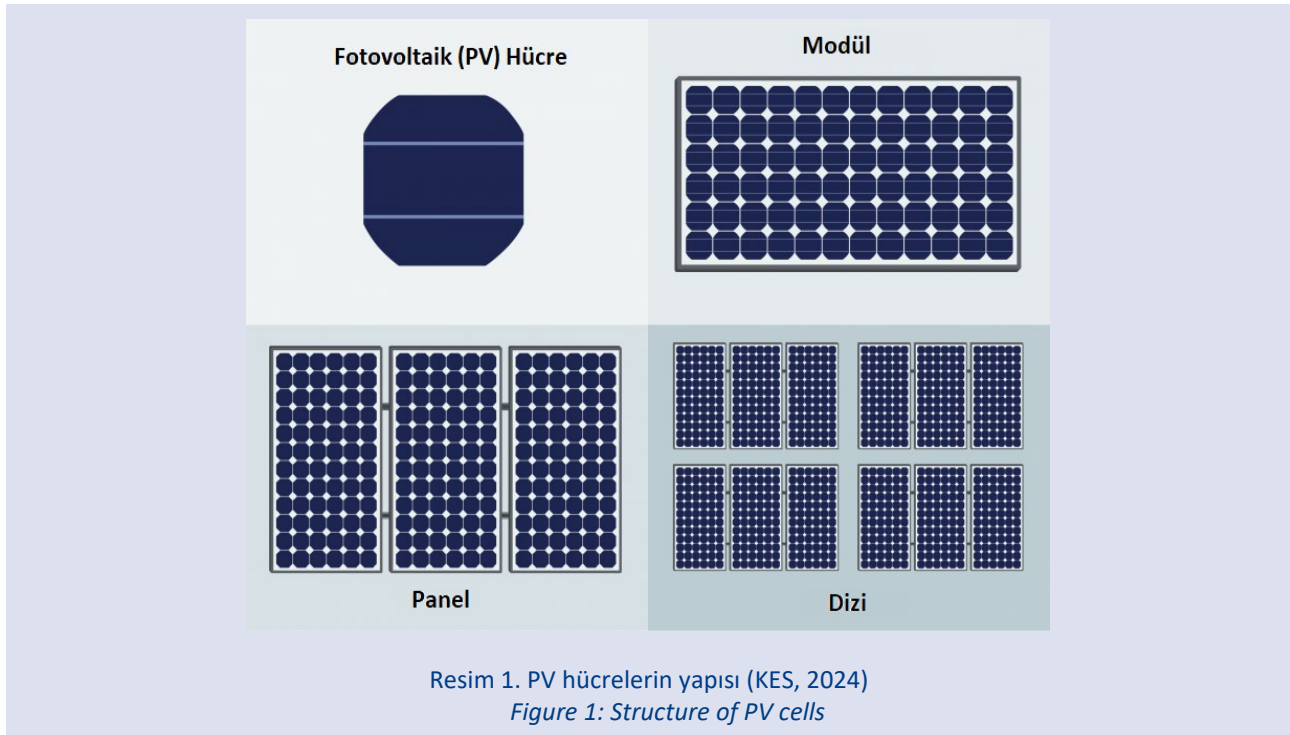
Bu çalışma kapsamında Sivas ilinde faaliyet gösteren Cumhuriyet Teknokent binasının çatısına PV*SOL programı kullanılarak çatı tipi GES tasarımı yapılmış, mevcut fiziksel tasarım verileri ile kıyaslanarak yapılacak yeni tasarımların verimliliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında programda Sivas ili coğrafik ve güneş ışınım verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Sivas ili Türkiye'nin güneşlenme süresi ve ışınım miktarı açısından değerlendirildiğinde kaydadeğer miktarda güneş enerjisi potansiyeli olan bir şehirdir. Sivas ilinin aylara göre küresel ışınım değerleri Şekil 2'de, aylara göre güneşlenme süreleri ise Şekil 3'te görülmektedir.

Güneş enerjisi sistemleri tasarımlarında yazılım programları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan biriside PV*SOL programıdır. PV*SOL Fotovoltaik sistemler için tasarım ve simülasyon yazılımıdır. Fotovoltaik sistemlerin cihazlar, batarya sistemleri ve elektrikli araçlarla birlikte tasarımı ve optimizasyonu için dinamik bir simülasyon programıdır. Programa, sistemde kullanılan PV modül alanı, kapasitesi, jeneratör bilgileri, sistemin kurulacağı bölgenin konum bilgisi gibi veriler girilerek sistemin gücü, sistemin kullanım oranı ve önlenecek CO₂ emisyonu miktarı gibi veriler elde edilmektedir.

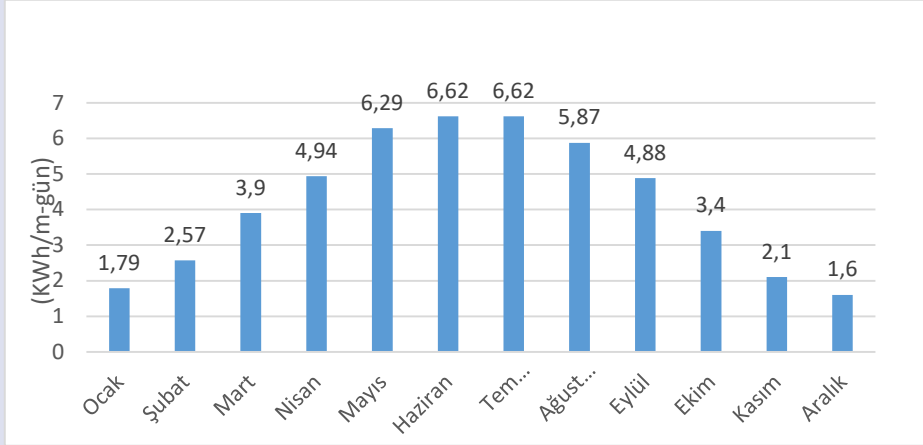
Çalışma kapsamında öncelikle güneş paneli tasarımı yapılacak olan Cumhuriyet Teknokent'in lokasyonunun Google hybrid uydu görüntüsü belirlenmiştir. Şekil 4'te verilen söz konusu görüntü PV*SOL programına yüklenmiştir. Cumhuriyet Teknokent'in çatısının güney cephesinde bir güneş enerjisi kurulumu mevcuttur. Bu çalışmada, hem güney cepheye hem de kuzey cepheye olmak üzere iki ayrı güneş enerjisi sistemi tasarımı yapılmış ve mevcut sistemle kıyaslanması amaçlanmıştır. PV*SOL programında panel yerleşimi hem güney cepheye hem de kuzey cepheye olacak şekilde uygulanmıştır. Güney cephe için yapılan tasarım Şekilde 5'te verilmiştir.

Güneş ışınımı miktarının yanı sıra, üretilecek elektrik enerjisinin hesaplanmasında en önemli faktör fotovoltaik modülün karakteristiğidir. Simülasyonda kullanılan fotovoltaik modül, yazılımın veri tabanında yer alan bir modeldir. Güneş paneli olarak CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti markasının CWT455-144PM-V modülü kullanılmıştır. Şekil 5'te seçilen güney cepheye 238 modülün yerleşimi gösterilmektedir. Kullanılan PV modülün teknik bilgileri Çizelge 1'de mekanik özellikleri de Çizelge 2'de verilmiştir.

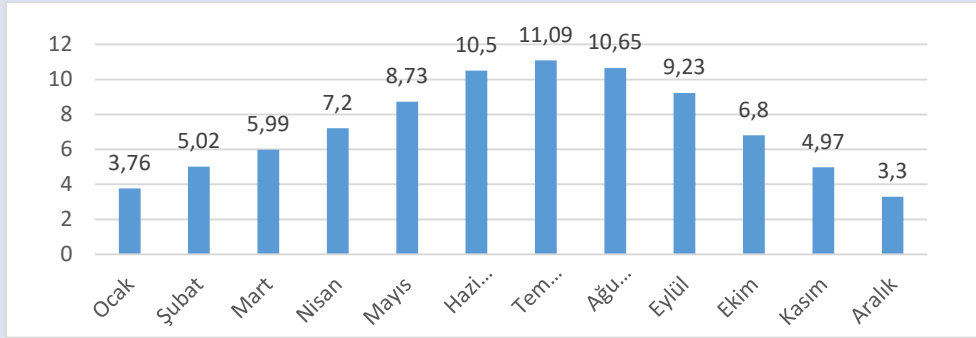


Resim 1. PV hücrelerin yapısı (KES, 2024)

Figure 1: Structure of PV cells



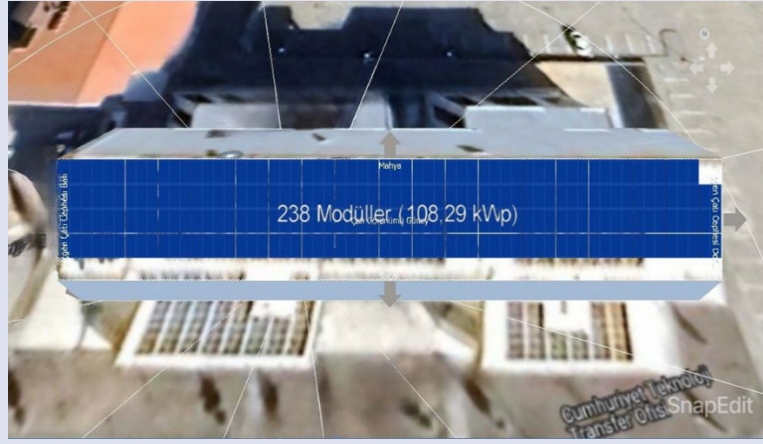
Resim 1. Sivas ilinin aylara göre küresel ışınlımı (EİGM, 2024)
Figure 1: Global radiation of Sivas province by months



Resim 2. Sivas ilinin aylara göre güneşlenme süreleri (EİGM, 2024)
Figure 3: Sunshine hours of Sivas province by months



Resim 4. Seçilen lokasyonun Google hybrid uydu görüntüsü
Figure 4: Google hybrid satellite image of the selected location



Resim 5. Güney cephe modül yerleşimi
Figure 5: South facade module layout

Çizelge 1: CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti, model CWT455-144PM-V teknik bilgileri
Table 1: CW Ener En. Trade and San. Ltd. Şti, CWT455-144PM-V technical information

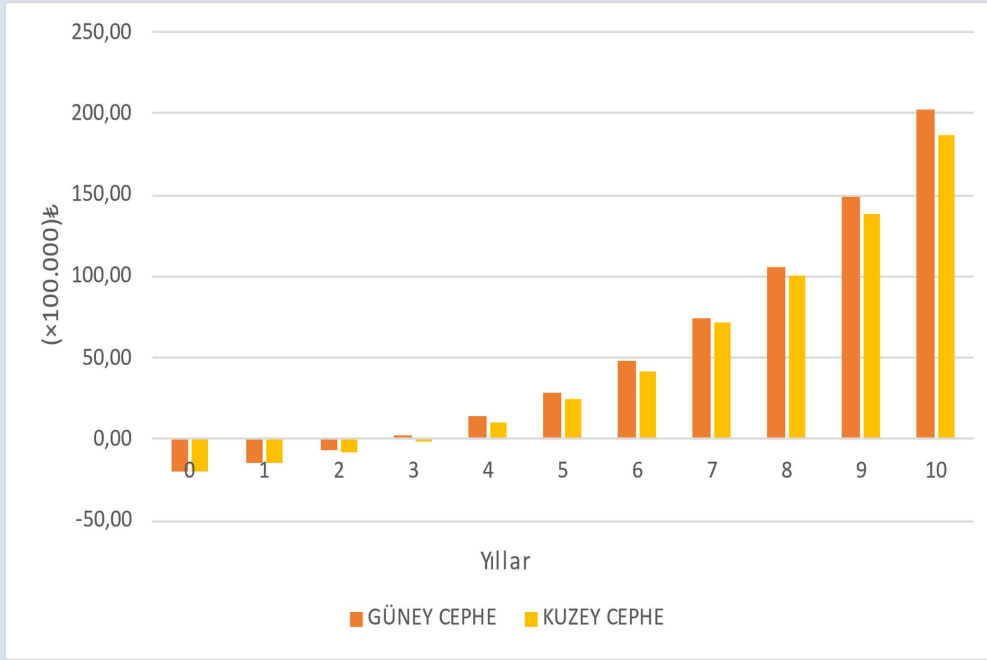
PV Modül Teknik Bilgiler	Değerler
Maksimum Güç (Pmax)(Wp)	455
Modül Verimliliği (%)	20,90
Maksimum Güç Gerilimi (Vmp)	41,60
Güç Akımı (Imp)	10,94
Açık Devre Gerilimi (V)	49,4
Kısa Devre Akımı (A)	11,67
Güç Toleransı (W)	0+5
Maks. Sistem Anma Gerilimi (V DC)	1000/1500
Çalışma Sıcaklık Aralığı (°C)	-40 +85
Güvenlik Sınıfı Maks	C
Maks. Seri Sigorta Akımı (A)	15/20

Çizelge 2: PV Panel CWT455-144PM-V Mekanik özellikleri
Table 2: PV Panel CWT455-144PM-V Mechanical properties

Mekanik özellikleri	Değerler
Hücre Boyutu (mm)	166x83
Hücre Sayısı (adet)	144 (24x6)
Ağırlık (kg)	24,5
Panel Boyutu (mm)	2095x1039x40
Maks. Rüzgâr/Kar Yüğü Dayanımı (Pa)	2400/5400
Bağlantı Kutusu Koruma Sınıfı	IP68
Bağlantı Kutusu Kablo Boyu (mm)	350-1200

Çizelge 3: Mevcut kurulum ve simülasyon verilerinin karşılaştırılması
Table 3: Comparison of existing installation and simulation data

Karşılaştırılan Değerler	Teknokent GES	Güney GES	Kuzey GES
PV jeneratör çıkışı (kWp)	108,01	108,29	108,29
Eğim	33°	33°	33°
Yerleşim Yönü	Güney	Güney	Kuzey
Kullanılan PV modül sayısı (adet)	238	238	238
Yıllık Özgül Kazanç (kWh/kWp)	126.020	126.000	113.400
Sistem kullanım oranı (%)	90,9	90,3	89,4
Önlenen CO ₂ emisyonu (kg/yıl)	85.750	85.750	85.750
Amortisman süresi (yıl)	4,6	2,9	3,1



Resim 5. Güney ve Kuzey Cephelerin Amortisman Süreleri
Figure 6: Depreciation Periods of South and North Facades

Bu sistemlerde panelden sonra en önemli bileşen invertördür. İntertörlerin daha verimli çalışabilmesi için kurulacak olan fotovoltaik sistemin gücüne yakın güçte bir invertör seçilmesi gerekmektedir. Kurulması tasarlanan sistem için Huawei Technologies SUN2000-60KTL-M0 model 480Vac invertör tercih edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

PV*SOL programı kullanılarak Cumhuriyet Teknokent binasının çatısında fotovoltaik sistemin simülasyonu için gerekli ekipmanlar belirlenerek fotovoltaik modül, invertör gibi sisteme uyumlu proje tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarımda kullanılan bazı veriler ve elde edilen sonuçlarla yapılan hesaplamaların bulguları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'te, PV sisteminin yıllık özgül kazancı güney cephe için 126.000 kWh/kWp, kuzey cephe için 113.400 ve sistemin kurulması ile önlenebilecek CO₂ emisyonunun 85.750 kg/yıl olacağı görülmektedir. Tasarlanan sistemin finansal analizi yapıldığında geri ödeme süreleri güney cephe için 2,9 yıl kuzey cephe için ise 3,1 yıl olarak hesaplanmıştır. Söz konusu çizelge incelendiğinde mevcut sistemin geri ödeme süresinin 4,6 yıl olduğu görülmekte olup, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunun ve kullanımının son yıllarda çok hızlı yaygınlaşması ile birlikte sistem bileşenlerinin(özellikle PV'lerin) maliyetlerindeki düşüşün geri ödeme sürelerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Şekil 6'da güney ve kuzey cepheler için tasarlanan sistemlerin geri ödeme süreleri verilmiştir. Sistemlerin yaklaşık 3 yıl gibi bir sürede kendisini amorti ettiği görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Sivas Teknoloji Geliştirme Bölgesinde yer alan Cumhuriyet Teknokent binasının çatısına PV*SOL programı yardımıyla güneş enerjisi santrali tasarımı yapılmıştır. Tasarımda, uygun çatı alanı, panel ve invertör türü belirlenerek simülasyon yapılmış olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Güneş enerjisi santralinin 108,29 kWp gücünde olması ve güney cephe için 126.000 kWh/kWp, kuzey cephe için ise yıllık 113.400 kWh/kWp enerji üretmesi beklenmektedir.
2. Tasarlanan sistemle yaklaşık olarak yıllık 85.750 kg CO₂ emisyonunun önlenebileceği görülmektedir.
3. Sistemin kendini güney ve kuzey cepheler için sırasıyla 2,9 ve 3,1 yılda geri ödeyeceği hesaplanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri ekonomik açıdan maliyetli olmalarına rağmen, uzun ömürlü olmaları nedeniyle ilk yatırım maliyetlerini ilk birkaç yılda karşılayabildikleri görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranına büyük katkı sağlayan güneş enerjisi sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması açısından yapılan yatırımların ekonomik ve çevre dostu olmasının önemi büyüktür. Bu çalışmada tasarlanan, çatı tipi güneş enerjisi santralinin üreteceği enerji miktarı, önleyeceği CO₂ emisyonu ve geri ödeme süresi incelendiğinde, tasarlanan sistemin ekonomik ve çevre dostu olduğu görülmektedir.

PV*SOL programı bir binanın enerji ihtiyacının, önlenebilecek CO₂ emisyonu miktarının ve geri ödeme süresinin belirlenmesi için kullanılacak bir program olduğu görülmüş olup bundan sonraki çalışmalarda binaların enerji ihtiyaçlarının belirlenmesinde PV*SOL programı ile birlikte başka güneş enerjisi yazılım programları da kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

Kaynakça

Altınkök S. ve ark 2022. Photovoltaic System Design And Analysis At Faculty Scale Journal of Naval Sciences and Engineering 2022, Vol. 18, No. 1, pp. 91-120.

Bağrıaçık N. ve ark 2024. Design and Simulation of a Solar Powered House in Muğla: Roof Decorated with Half Cut Cells OKU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(2): 485-499.

Boytekin T. 2020. Çatı tip güneş enerjisi santrali ile beslenen elektrikli araç şarj istasyonu, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Ceylan İ., Gürel E. 2018. Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı. Bursa: Dora Yayınları. ISBN:978-975-2447-80-6.

Çakmak E. ve ark. 2023. Meeting Electric Scooter and Home Energy Demand with Renewable Energy Source Journal of Studies in Advanced Technologies, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, Jun 2023, doi: 10.5281/zenodo.8074770 e-ISSN: 2980-2695.

Delice H. ve ark. 2021. The Effect of Building Orientation on Utilization of Solar Energy in Dairy Cattle Barns Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 2021, 18(3) DOI: 10.33462/jotaf.799558.

EİGM, 2024. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) şu adresten erişebilirsiniz: <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-yenilenebilir-enerji> [Erişim Tarihi 29 Mart 2024]

EO, 2024. Elektrik Otomasyon Şu adresten erişilebilir: <https://www.elektricotomasyon.com.tr/blogdetay/pv-fotovoltaik-panellerin-yapisi> [Erişim Tarihi 14 Mart 2024]

Gündoğdu R. 2022. Elektrikli Araçlar İçin Güneş Enerjisi Kullanan Hızlı Şarj İstasyonu Tasarımı Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.

KES, 2024. Kut Enerji Sistemleri, Güneş Enerji Sistemleri şu adresten erişebilirsiniz: <https://www.kutenerjisistem.com/projelerimiz/ges/> [Erişim Tarihi 8 Mart 2020]

Öztürk H.H., Kaya D. 2013. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji Kocaeli: Umuttepe Yayınları .ISBN:978-605-5100-00-1

Sürücü B. ve ark 2022. Software-based solar energy potential assessment for an industrial facility: a case study from Aegean Region of Turkey Int J Energy Studies 2022; 7(2): 99-111 DOI: 10.58559/ijes.1160477 e-ISSN: 2717-7513 (ONLINE).

Yiğit A., Atmaca İ. 2018. Güneş Enerjisi Mühendislik Uygulamaları. Bursa: Dora Yayınları. ISBN:978-605-247-038-1