

Havalimanlarında Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanılması İle İşletme Maliyetinin Azaltılması

Reducing Operating Cost By Using Solar Energy Systems In Airports

Duygu YILMAZ¹, Fatih KORKMAZ²

^{1,2} Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Çankırı

Doi: 10.51764/smutgd.970851

Geliş Tarihi : 13.07.2021

Kabul Tarihi : 04.08.2021

ÖZET

Gelişmekte olan ülkelerin her geçen gün enerji talebi artmakta ve enerji kaynaklarının gelecek nesillere aktarılması konusu tüm dünyada endişe uyandırmaktadır. Fosil yakıtlar hem yaydığı sera gazı hem de tükenebilir olduğundan ülkeler alternatif enerji kaynağı arayışına girmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, sınırsız ve çevre dostu olmalarından dolayı tüm dünyada tercih edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji tüketiminin yoğun olduğu havalimanlarında enerji maliyetlerini düşürmek ve fosil yakıtlara kıyasla emisyonu azaltmak için oldukça önem taşımaktadır. Havalimanlarında emniyet amacıyla çok fazla boş alan olduğundan modüler yapıdaki fotovoltaik sistemler bu alanlara kurulabilir. Bu çalışmada Yozgat Havalimanında güneş enerji sistemlerinin uygulanabilirliği incelenmiş ve bu sistemlerin havacılık üzerindeki ekonomik, teknik ve operasyonel etkileri sunulmuştur. Yapılan araştırma sonuçlarına göre işletmede PV sistemlerinin kullanılması durumunda yıllık 3.660.000kWh enerji üretilebileceği ve sistemin kendisini amorti etme süresinin 7.35 yıl olduğu hesaplanmıştır. Santrallerin kullanım ömrünün yaklaşık 30 yıl olduğu göz önünde bulundurulduğunda PV sistemlerinin kurulumunun ekonomik olduğu ve işletme maliyetlerini azaltacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Paneli, Havalimanları, Yenilenebilir Enerji

ABSTRACT

The energy demand of developing countries is increasing day by day and the transfer of energy resources to future generations raises concerns all over the world. Since fossil fuels both emit greenhouse gases and are exhaustible, countries are looking for alternative energy sources. Renewable energy sources are preferred all over the world because they are unlimited and environmentally friendly. The use of renewable energy sources is very important to reduce energy costs and reduce emissions compared to fossil fuels at airports where energy consumption is intense. Since airports have a lot of free space for safety purposes, modular photovoltaic systems can be installed in these areas. In this study; The applicability of solar energy systems at Yozgat Airport has been examined and the economic, technical and operational effects of these systems on aviation are presented. According to the results of the research; It has been calculated that if PV systems are used in the enterprise, 3.660.000kWh of energy can be produced annually and the system's payback period is 7.35 years. Considering that the service life of the power plants is about 30 years, it is concluded that the installation of PV systems is economical and will reduce operating costs.

Keywords: Solar Panel, Airports, Renewable Energy

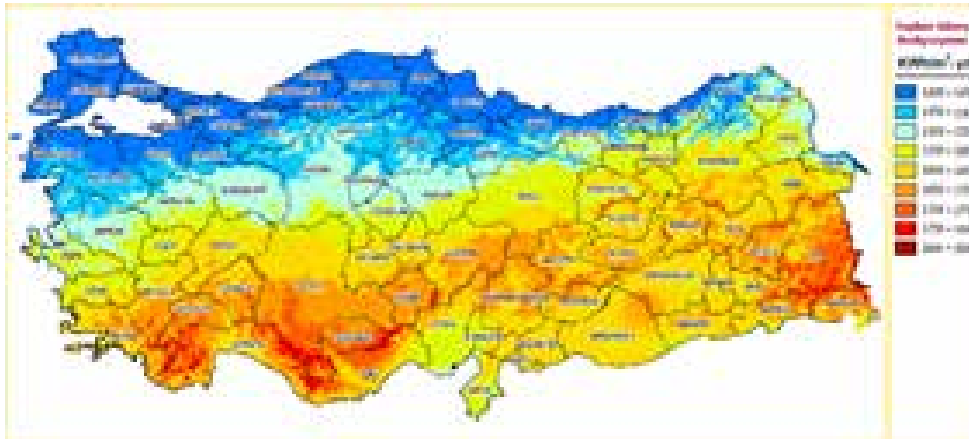
Duygu YILMAZ, Orcid: 0000-0002-0083-4051, duygu.yilmz92@gmail.com

Fatih KORKMAZ, Orcid: 0000-0001-8524-2831, fkorkmaz@karatekin.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeyinin artması ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak yaşam standartlarının yükselmesi paralelinde enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Son yıllarda karbon emisyonunun çevresel ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri toplumlar üzerinde bir farkındalık yaratmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır (Banda vd. 2019; Güner, 2020). Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılacağı bölgede coğrafi ve fiziki koşulların fizibil olup olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğadaki kaynaklardan elde edilebilen ve kullanılmasına rağmen azalmayan enerjiye verilen isimdir (Koç, 2015; Wikipedia, 2021). Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgar, hidrolik (hidroelektrik), jeotermal, biyokütle, hidrojen, dalga ve gelgit enerjisidir (Koç, 2015). Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile meydana gelen enerjidir (Wikipedia, 2021). Yarı iletken maddeden yapılan güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Yaklaşık olarak 25-30 cm²lik kare bir güneş pilinden 1W enerji üretilebilmektedir (Yıldız vd. 2019).



Şekil 1. Türkiye GEPA Haritası (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Türkiye güneş enerji potansiyeli açısından verimli bir coğrafi konuma sahip olduğundan güneş ışınlarından yüksek verimde fayda sağlanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre Türkiye'de ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2741.07 saat (ortalama günlük toplam 7.5 saat), yıllık ortalama toplam ışınım şiddetinin ise 1527,46 kWh/m² (ortalama günlük toplam 4.18 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Şekil 1'deki haritada görüldüğü üzere ülkemizin kuzeyde kalan bölgelerinde yağmurlu gün sayısı fazla olduğundan güneş enerji potansiyeli düşük, güney ve güneydoğu bölgelerinde ise güneş enerji potansiyeli oldukça fazladır (Güner, 2020; Özgür, 2020). Dolayısıyla güneş enerjisine yapılacak yatırım maliyetlerinin geri dönüş süresi göz önünde bulundurulduğunda güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır (Özgür, 2020).

Türkiye'de güney ve güneydoğu bölgelerinde arazi fiyatlarının büyükşehirlerle kıyasla daha ucuz olması güneş enerji sistemlerinin kurulumunu artırmıştır (Güner, 2020). Türkiye'de 2021 yılı itibarıyla 7702 adet santral kurulmuş olup, 6.869,4 MW kurulu güce ulaşılmıştır (Güner, 2020; TEİAŞ, 2021). Büyükşehirlerde arazi fiyatlarının yüksek olmasından dolayı fotovoltaik sistemlerin yatırım maliyetleri artmakta ve bu sistemlerden faydalanımı güç hale getirmektedir. Bu noktada kamusal alanların atıl bölgelerinin değerlendirilmesi hem yatırım maliyetlerini azaltacak hem de karbon emisyonunun azalması hususunda farkındalığı artıracaktır (Güner, 2020). Yüksek enerji talebine sahip olan havalimanları geniş araziler üzerinde inşa edilirler ve uçuşların güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için fiziksel olarak engelden korunaklı hale getirilirler. Bu alanların, mevcut tasarım protokolleri nedeniyle başka herhangi bir kullanım değeri olmadığından güneş santrallerinin kullanımı için uygun yerlerdir (Anurag vd. 2017).

Bu makalede, havalimanlarında fotovoltaik sistemlerin kullanıldığı mevcut çalışmalar ışığında, Yozgat Havalimanı özelinde uygulanabilirliği ile yatırım maliyetleri araştırılmıştır. Güneş enerji santrallerinin kurulumu ile ilgili bazı güvenlik kaygılarına yer verilmiş ve alınması gereken önlemler açıklanmıştır.

DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANAN HAVALİMANLARI

Fotovoltaik Sistemler, modüler yapıya sahip olmasından dolayı mevcut araziye kolayca entegre edilebildiğinden dünya üzerinde 100'den fazla havalimanına elektrik enerjisinin tamamını veya bir kısmını karşılaması için güneş panelleri kurulmuştur (Moştafa vd. 2016a; Yıldız vd. 2020). Dünyada havalimanlarında uygulaması gün geçtikçe artan güneş paneli sistemlerinin otopark sundurmasına, bina yüzeyine, araziye monte edilmesi gibi farklı kullanım alanları mevcuttur. Bu havalimanlarından bazıları aşağıda incelenmiştir.



Şekil 2. Dünyada güneş enerji santrallerinin kullanıldığı havalimanları (Moştafa vd. 2016a)

Hindistan'da bulunan Cochin Uluslararası Havalimanı, ihtiyacı olan elektrik enerjisinin tamamını yenilenebilir enerji olan güneş enerjisinden karşılamaktadır (URL-1, 2020). Cochin Uluslararası Havalimanında, tamamı apron alanında olmak üzere yaklaşık 4000 m² alan üzerinde 12MW kurulu güce sahip 46.150 adet güneş paneli bulunmaktadır (Yıldız vd. 2020). Bu projenin 9.3 milyon dolar maliyeti olup santralin kendisini 6 yılda amorti edeceği düşünülmektedir (URL-1, 2020). Ayrıca tarım alanında kullanılan damla sulama sisteminin ihtiyacı olan enerji, havalimanında bulunan bu güneş panellerinden sağlanarak sebze üretimi yapılmaktadır (URL-2, 2021).



Şekil 3. Cochin Havalimanı Güneş Santrali (URL-3, 2021).

Bir benzeri örnek olan Amerika'nın Indianapolis eyaletinde yer alan Indianapolis Uluslararası Havalimanında 75 dönümlük araziye her biri 280W gücünde, 41.000 güneş paneli kurularak 12,5 MW kurulu güce ulaşılmıştır (URL-4, 2021).

Almanya'nın başkenti Berlin'de 1934 yılında askeri havalimanı olarak inşa edilen Neuhardenberg Havalimanı, 2012 yılında başlatılan projeye Avrupa'nın en büyük güneş enerjili park alanına dönüştürülmüştür. Havalimanının arazisine yerleştirilmiş olan toplam 600.000 güneş paneliyle 145 MW'lık üretim hacmi olan solarpark oluşturulmuştur (Yıldız vd. 2020; URL-5, 2021).

Helsinki Havalimanında üretilen enerjinin büyük bir bölümü rüzgar enerjisinden elde edilmekle birlikte mevcut güneş panellerine yapılacak olan ilavelerle Kuzey Avrupa'nın en yüksek kapasiteli havalimanı olmayı hedeflemektedir. Havalimanındaki yeni otoparkın cephesi güneş panelleriyle kaplanarak buradan elde edilecek enerjiyle elektrikli araçların şarj edilmesi planlanmaktadır (URL-6, 2021).

Türkiye’de de benzer çalışmalar mevcut olmakla birlikte ilk güneş enerji santrali Erzincan Havalimanında kurulmuştur. Yapımı 7 ay süren anahtar teslim proje için her biri 325W gücünde 3779 adet panel, 6310 m²’lik araziye konumlandırılarak 2.09 MW’lık güç elde edilmiştir (URL-7, 2021; URL-8, 2021). Bu proje ile havalimanının toplam enerji ihtiyacının yarısına yakın kısmı karşılanacak ihtiyaç fazlası ise şebekeye geri kazandırılacak şekilde tasarlanmıştır (Yıldız vd. 2020).

Milas Bodrum Havalimanında bulunan otopark sundurması araçlara gölge sağlamakta olup aynı zamanda da üzerinde monte edilmiş olan güneş panelleri sayesinde enerji üretmektedir (URL-9, 2021).



Şekil 4. Milas Bodrum Havalimanı Güneş Santrali (URL-9, 2021).

TAV Havalimanları tarafından işletilen İzmir Adnan Menderes Havalimanı, enerji verimliliğini kullanarak iklim değişikliğinin en büyük sebeplerinden olan karbon salınımını en az seviyeye indirmiş olup kalan kısmını da nötralize ederek Avrupa’daki en çevreci 20 havalimanı arasına girmiştir. Türkiye’de ilk defa Enerji ve Çevre Dostu Tasarımında Liderlik sertifikası alan Adnan Menderes Havalimanı yeni iç hatlar terminali, Dünya’da ise bu sertifikayı almayı başaran 10 havalimanından birisi olmuştur. Yeni terminalde 5200 m²’lik alana monte edilmiş fotovoltaik panellerden yılda 450 MW’lık elektrik enerjisi üretilmektedir (Yıldız vd. 2020; Tav Havalimanları, 2021).

Dalaman ve Antalya Havalimanına kurulu gücü toplam 500 kWp olan güneş enerjisi santrali her projede 260W gücünde 962 adet olmak üzere toplam 1924 adet fotovoltaik panel kullanılarak 2013 yılında kurulumu tamamlanmıştır (URL-10, 2021).

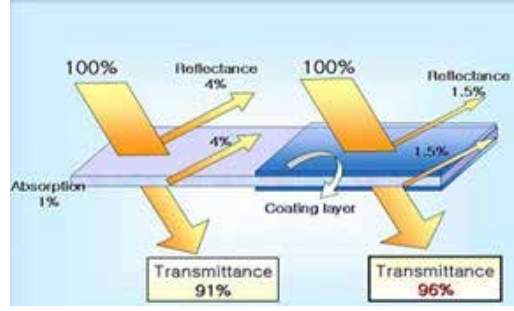
GÜNEŞ PANELLERİNİN HAVALİMANLARINDA OLUŞTURDUĞU GÜVENLİK KAYGILARI

Bazı kısıtlamaları tanımlayan uçuş emniyeti yönetmelikleri, havalimanlarında her türlü yeniliğin uygulanabilirliği konusunda dikkate alınması gereken bir husustur (Janssen vd. 2010). Güvenliğin ön planda tutulduğu havalimanlarında güneş panelleri ile kaplı alanların kurulmasının yansıma, elektromanyetik dalga ve fiziksel penetrasyon konularında uçuş emniyetini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir (Yıldız vd. 2020).

Yansıma

Güneş paneli sistemleri havalimanlarında kullanıldığında kuleye ya da uçağa doğru yansıyan parıltı üretmeleri sebebiyle pilotları ve hava trafik kontrolörlerini görsel olarak etkileyebilirler (Yıldız vd. 2020). Bu parlama pilotların hava trafiğini kontrol etmelerini zorlaştırılabilir. Ancak havalimanlarında güneş paneli kurulumu yapılmadan önce aşağıdaki önleyici tedbirler alındığında panellerden kaynaklı oluşan yansımanın kabul edilebilir seviyede olacağı düşünülmektedir (Moştafa vd. 2016a).

- İlk olarak Federal Havacılık Kurulu (FAA) tarafından parlamayı analiz etmek için geliştirilen Güneş Parlama Tehlikesi Analiz Aracı’nı (SGHAT) kullanarak panellerin üreteceği parlama yoğunluğu belirlenmelidir (Moştafa vd. 2016a; Yıldız vd. 2019).
- Seçilen modüllerin ışığı emen ve koyu renkli malzemedan yapılmış olmasına dikkat edilmelidir (Moştafa vd. 2016a).
- Panelden yansıyan ışığın minimum seviyede olmasını sağlamak için panelin yüzeyi pürüzlendirilmeli ve yansıma önleyici kaplama kullanılmalıdır (Moştafa vd. 2016a).



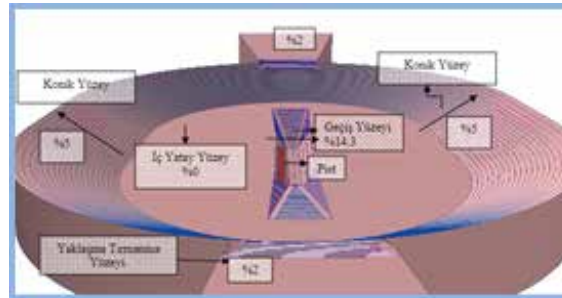
Şekil 5. Yansıma önleyici kaplamalı panel (URL-11, 2021).

Elektromanyetik Dalga

Havalimanlarında uçuş emniyetini sağlamak amacıyla seyrüsefer yardımcı sistemleri kullanılmaktadır. Seyrüsefer yardımcı sistemleri hassas ve kritik işaretler olduğundan (Mostafa vd. 2016a), fotovoltaik sistemlerin metal bileşenlerinden yansıyan sinyallerden etkilenebilir ve radar karışıklığına sebep olabilir. Fotovoltaik panel kurulumundan dolayı havalimanlarında oluşabilecek radar karışıklığını önlemek için korumalı çerçeve kullanılmalı ve güneş enerji sistemleri ile seyrüsefer yardımcı sistemleri arasında 250-500 feet'lik mesafe bırakılmalıdır (Mostafa vd. 2016b).

Fiziksel Penetrasyon

Uçakların piste inişlerini emniyetli bir şekilde gerçekleştirebilmesi ve çevresindeki cisimlerin hava sahasına taşabileceği sınırları tanımlamak için havalimanlarında mania sınırlama yüzeyleri oluşturulur. Maniadan arındırılmış bölgenin dışında kalan alan, fiziksel olarak hava sahasına nüfus etmeyeceğinden dolayı güvenli bir şekilde kullanılabilir (Annex-14, 2009). Şekil 6'da havalimanlarında kullanılan genel mania planı verilmiştir. Güneş paneli sistemleri mania teşkil edecek kadar fazla yüksekliğe sahip olmadığından, havalimanlarında fiziksel penetrasyon oluşturmadan konumlandırılabilir (Yıldız vd. 2019).



Şekil 6. Genel Mania Planı (Ulubay, 2013)

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN YOZGAT HAVALİMANINDA UYGULANABİLİRLİĞİ

2017 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığınca ihale edilen Yozgat Havalimanının Yozgat ili ve çevresinin hava ulaşım ihtiyaçlarını karşılaması planlanmaktadır (T.C. Yozgat Valiliği, 2021). 2018 yılında altyapı çalışmalarına başlanılan Yozgat Havalimanında projeye göre 206.604m² inşaat alanı bulunmaktadır (Wikipedia, 2021). Proje 2600x45m'lik pist, 300x120m'lik Apron ve 265x24m'lik Taksirut ve yaklaşık 20.000 m²'lik Terminal ve VIP Terminal Binası bulunacak şekilde tasarlanmıştır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021). Şekil 7'de Yozgat Havalimanına ait Vaziyet Planı verilmiştir.



Şekil 7. Yozgat Havalimanı Vaziyet Planı (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021).

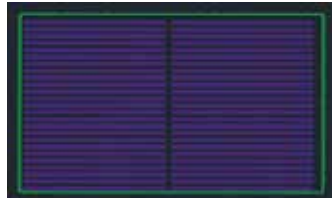
Yozgat Havalimanı için kullanılması planlanan güneş panellerinin Vaziyet Planı üzerindeki tasarımı Şekil 8’de verilmiştir. Yozgat Havalimanı hem güvenlik sebebiyle geniş atıl arazilere sahip olması hem de bulunduğu konum nedeniyle yeterli ışınım ve radyasyon miktarı gibi fiziksel koşulları karşılamasından dolayı fotovoltaik enerji üretimi için uygun bir alandır.



Şekil 8. Yozgat Havalimanı Vaziyet Planı

Kaynağını güneşten alan fotovoltaik sistemlerin çalışma prensibi, panel yüzeyine düşen güneş ışığının elektrik enerjisine dönüştürülmesine dayanır. Güneş panelinin üzerine gelen fotonların tamamı elektrik enerjisi üretmez. Fotonların bir miktarı panel tarafından emilir, bir miktarı yansıtılır, bir miktarı ise soğurulur. Fotovoltaik hücreler üzerinden soğurulan bu fotonlar enerji üretir (URL-12, 2021).

Yozgat Havalimanı için planlanan güneş enerji sistemi, ileriki dönemlerde pist uzatımı ya da yeni bir bina kurulmasına engel teşkil etmemesi amacıyla gelişim bölgesinin dışında seçilmiştir. İşletme henüz faaliyete geçmediğinden hali hazırda çalışmakta olan benzer havalimanlarından yola çıkılarak 3.660.000 kWh enerji üretebilecek kapasitede tasarlanmıştır. Küçük bir alanda daha fazla enerji üretilebildiği ve daha yüksek verimlilik elde edilebildiği için monokristal güneş panelleri tercih edilmiştir. Fotovoltaik sistemler, 330W gücünde 5000 adet monokristal güneş panelinden 1650 kW kurulu güç elde edilecek şekilde dizayn edilmiştir. Paneller 30° açıyla güneşe bakacak şekilde tasarlanmıştır. Vaziyet Planı üzerinde konumlandırılmış olan güneş panellerinin detayı Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Detay A

YOZGAT HAVALİMANINDA KULLANILMASI PLANLANAN PV PANELİN ÖZELLİKLERİ

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası’na (GEPA) göre Türkiye’de yıllık ortalama toplam ışınım şiddetinin 1527, 46 kWh/m² (ortalama günlük toplam 4.18 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Yozgat ili için Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün verileri baz alınarak yıllık güneşlenme süresi 2465,90 saat kabul edildiğinde ortalama günlük güneşlenme süresi 6.75 saat olarak hesaplanmıştır. Buna göre Yozgat ilinin günlük ortalama ışınım şiddetinin 3,76 kWh/m², yıllık ortalama ışınım şiddetinin ise 1372.44 kWh/m² olduğu görülmektedir. Yozgat Havalimanındaki toplam güneş paneli ihtiyacının belirlenmesine ait elde edilen sayısal değerler Çizelge 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yozgat Havalimanında Toplam Panel İhtiyacının Belirlenmesine Ait Elde Edilen Sayısal Değerler

Toplam Güneş Paneli İhtiyacının Belirlenmesi	
PV Kurulması Planlanan Alan	35 Dönüm
PV Gücü (W)	330W
PV Sayısı (Adet)	5000
Toplam PV Kurulu Gücü (kW)	1650kW
Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyacı (kWh)	3.660.000kWh
Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi (saat/gün)	6.75 saat
Ortalama Günlük Işınım Şiddeti (kWh/m ² -gün)	3.76 kWh/m ²
Güneş Panelinin Eğim Açısı	30°

Yozgat Havalimanı için yıllık üretilen güç hesaplanarak detayları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Yozgat Havalimanı Güç Hesabı

Yozgat Havalimanı Güç Hesabı						
Aylar	Kurulu Güç (kW)	Verimlilik %	Öngörülen Güç (kW)	Gün Sayısı	Güneşlenme Süresi/Gün	Üretilen Güç (kWh)
Ocak	1.650	0,9	1.485,00	31	3.0	138.105,00
Şubat	1.650	0,9	1.485,00	28	4.1	170.478,00
Mart	1.650	0,9	1.485,00	31	5.2	239.382,00
Nisan	1.650	0,9	1.485,00	30	6.4	285.120,00
Mayıs	1.650	0,9	1.485,00	31	8.0	368.280,00
Haziran	1.650	0,9	1.485,00	30	9.7	432.135,00
Temmuz	1.650	0,9	1.485,00	31	10.9	501.781,50
Ağustos	1.650	0,9	1.485,00	31	10.5	483.367,50
Eylül	1.650	0,9	1.485,00	30	8.8	392.040,00
Ekim	1.650	0,9	1.485,00	31	6.5	299.227,50
Kasım	1.650	0,9	1.485,00	30	4.8	213.840,00
Aralık	1.650	0,9	1.485,00	31	3.0	138.105,00
Toplam						3.661.861,50

Yapılan araştırmalara göre 1MW kurulu gücün yaklaşık olarak 900.000,00\$= 6.750.000,00 TL (Dolar kuru 7.5TL alınmıştır.) kurulum maliyeti olduğu görülmüştür. 1650 kW kurulu güç bedeli 1.485.000,00\$ = 11.137.500,00 TL olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Yozgat Havalimanı GES Maliyet Hesabı

GES Maliyet Hesabı			
Kurulu Güç (kW)	1MW Güneş Enerjisi Sistem Bedeli (\$)	Kurulu Güç Bedeli (\$)	Amortisman süresi (yıl)
1,65	900.000,00	1.485.000,00	7,35

Elektrik kWh bedeli Bodrum Milas Havalimanındaki fatura bedelinden yola çıkılarak 0.414 TL olarak kabul edilmiştir. Buradan yılda üretilen toplam enerji bedeli 1.515.240 TL = 202.032\$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Yozgat Havalimanı Yıllık Üretilen Enerji Bedeli

Yıllık Üretilen Enerji Bedeli				
Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretilen (kWh)	kWh Bedeli (TL)	TL Tutarı	\$ Tutarı
1.650,00	3.660.000,00	0,414	1.515.240,00	202.032

Çizelge 5'de karakteristik özellikleri verilen güneş paneli sistemlerinin yaklaşık 30 yıl kullanım ömrü olduğu ve sistemin kendisini 7.35 yılda amorti edeceği yapılan hesaplamalar neticesinde belirlenerek sistemin kurulumunun işletme için ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5. Yozgat Havalimanında Kullanılması Tasarlanan Fotovoltaik Sistemlerin Karakteristik Özellikleri

PV Modülün Karakteristik Özellikleri	
PV Hücre Tipi	Monokristal
PV Gücü (W)	330W
PV Hücre Boyutu (mm)	1668x1007x35
PV Sayısı (Adet)	5000
Toplam PV Kurulu Gücü (kW)	1650
PV Verimliliği (%)	0,9
Maksimum Güç Akımı (A)	9,68
Maksimum Güç Voltajı (V)	34.11
PV Hücrelerinden Üretilen Toplam Enerji (kWh)	3.660.000

SONUÇLAR

Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber artan enerji talebini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmaktadır. Terminal binasının büyüklüğü ve kullanım sıklığı, yolcu sayısına bağlı olarak uçak sefer sayısındaki artış, ısıtma-soğutma sistemleri havalimanının ihtiyacını belirleyen faktörlerdendir. Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı havalimanlarında, binalar gölgelemesiz ve birbirinden ayrık yapıda olduğundan yenilenebilir enerji kaynaklarından olan fotovoltaik sistemlerin kurulumu için oldukça uygun yerlerdir. Bu çalışmada Yozgat Havalimanındaki kamulaştırılmış atıl alanlar için fotovoltaik sistemlerin uygulanabilirliği, panellerin kurulumunun ekonomik etkileri ve olası güvenlik kaygıları değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde yansıma, elektromanyetik dalga ve fiziksel penetrasyon gibi konuların tesise güneş paneli kurulumuna engel olacak kadar yüksek risk taşımadığı ancak kurulum esnasında bu hususlara dikkat edilerek tasarım yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Yapımı devam eden Yozgat Havalimanında, güvenlik amacıyla boş bırakılan atıl alanlar güneş panelleriyle değerlendirildiğinde 1650 kW kurulu güçten yılda 3.660.000 kWh enerji üretilebilmektedir. Yapılan hesaplama sonuçlarına göre bu sistemin kendisini 7,35 yılda amorti edeceği görülmüştür. Fotovoltaik sistemlerin kurulumu yapıldığında işletme maliyetlerinin azalacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anurag A., Zhang J., Gwamuri J. and Pearce J.M. General Design Procedures For Airport-Based Solar Photovoltaic Systems. 2017, 1–19.
- Banda M. H., Nyeinga K. and Okello D. Performance Evaluation of 830 kWp GridConnected Photovoltaic Power Plant at Kamuzu International Airport-Malawi. Energy for Sustainable Development 2019; 50-55.
- Güner, S., Muharremoğlu, A. Bir Havalimanı Otoparkına Kurulabilecek Fotovoltaik Üretim Sisteminin Tasarımı ve Enerji Analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 2020; 182-188.
- ICAO. (2009). Annex-14: Aerodromes, Volume I–Aerodrome design and operations (Fifth Edition). International Civil Aviation Organisation.
- Janssen P, Myrzik J, Kling W and Reinders L. Technical Feasibility Study For a Solar Energy System at Amsterdam Airport Schiphol (AAS). In International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), March 23–25, 2010; Granada, Spain; 909-914.
- Koç, E., Kaya, K. Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. Mühendis ve Makina 2015; Cilt 56, Sayı 668, 36-47.
- Mostafa M.F.A., Abdel Aleem S.H.E. and Ibrahim A.M. Using Solar Photovoltaic At Egyptian Airports: Opportunities And Challenges. In Proceedings Of The Power Systems Conference (MEPCON), December 27-29, 2016; Eighteenth International Middle East, Cairo, Egypt, 73-80.
- Mostafa, M.F., Aleem, S.H.A., and Zobaa, A.F. Risk Assessment and Possible Mitigation Solutions For Using Solar Photovoltaic at Airports. In Power Systems Conference (MEPCON), December 2016 Eighteenth International Middle East; IEEE: New Jersey, NJ, USA; 81–88.
- Özgür E. Türkiye’de Güneş Enerjisi. Makine Mühendisleri Odası. 297-316.
- TAV HAVALİMANLARI, İzmir Adnan Menderes Havalimanı. <http://www.tavhavalimanlari.com.tr/tr-TR/basin-odasi/basin-bultenleri/pages/izmir-dunyanin-en-cevre-ci-havalimanlari-arasinda> (Erişim Tarihi: 15-Şubat-2021)
- TEİAŞ, Santral Kurulu Güç Raporları. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari> (Erişim Tarihi:12-Mart-2021)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> (Erişim Tarihi:5-Nisan-2021)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye GEPA Haritası. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> (Erişim Tarihi:10-Mart-2021)
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Yozgat Havalimanı. <https://aygm.uab.gov.tr/hava-meydanlari-daire-baskanliklari>(Erişim Tarihi: 19- Şubat-2021)
- T.C. Yozgat Valiliği, <http://www.yozgat.gov.tr/yo-zgat-havalimani> (Erişim Tarihi: 19- Şubat-2021)
- Ulubay A., Varol M.B. Havaalanları Etrafında Emniyetli Sahaların Oluşturulması ve Sunulması. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Ocak 2013; Cilt 6, Sayı 1, 113-122.
- URL-1, Cochin Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.enerjigunlugu.net/hindistanin-cochin-havalimani-elektrigini-gune-sten-karsiliyor-30906h.htm> (Erişim Tarihi: 25- Aralık-2020).
- URL-2, Cochin Havalimanında Güneş Enerjili Tarım. <https://www.tarlasera.com/haber-11434-havaalaninda-gunes-enerjili-tarim/> (Erişim Tarihi: 21-Ocak-2021)

- URL-3, Cochin Havalimanı Güneş Santrali. <https://www.digitaltalks.org/2015/08/21/gunes-enerjisi-ile-calisan-dunyanin-ilk-havaalani/> (Erişim Tarihi: 20- Şubat-2021)
- URL-4, Indianapolis Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <http://www.otomopil.com/2015/10/05/gunese-alanaindi/> (Erişim Tarihi: 1- Şubat-2021)
- URL-5, Neuhardenberg Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.airporthaber.com/havacilik-haberleri/bir-zamanlar-havaalaniydi-simdi-52-bin-hanenin-enerji-kaynagi.html> (Erişim Tarihi:10-Şubat-2021)
- URL-6, Helsinki Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.havayolu101.com/2019/05/25/helsinki-havalimani-gunes-enerjisi-kapasitesini-artiriyor/> (Erişim Tarihi:10-Şubat-2021)
- URL-7, Erzincan Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.solar.ist/erzincan-havalimani-gunes-enerjisinden-elektrik-uretimine-basladi/> (Erişim Tarihi: 10- Şubat-2021)
- URL-8, Erzincan Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.enerjigunlugu.net/erzincan-havalimani-ges-uretime-gecti-35679h.htm> [Erişim Tarihi: 12- Şubat-2021]
- URL-9, Milas-Bodrum Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.solar.ist/gtcnin-cift-yuzlu-bifacial-gunes-panelleri-milas-bodrum-havalimaninda-kullaniliyor/> (Erişim Tarihi: 13- Şubat-2021)
- URL-10, Dalaman- Antalya Havalimanı Güneş Enerji Santrali. <https://www.enerjigunlugu.net/antalya-havalimani-gunes-santrali-devrede-6963h.htm> (Erişim Tarihi: 17- Şubat-2021)
- URL-11, Yansıma Önleyici Kaplamalı Panel. http://www.cnbmnj.com/en/product_detail.asp?id=1113&cid=335&bid=334 (Erişim Tarihi: 24- Şubat-2021)
- URL-12, Güneş Pili Çalışma Prensibi. <https://moduled.com.tr/gunes-pili-nedir-nasil-calisir/#:~:text=G%C3%9F%20Pili%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fma%20Prensibi,fotovoltaik%20etki%20ile%20elektrik%20%C3%BCretir.&text=Fotonlar%20g%C3%BCne%C5%9F%20pili%20h%C3%BCresi%20%C3%BCzerine,taaraf%C4%B1ndan%20so%C4%9Furulan%20fotonlar%20elektrik%20%C3%BCretir.> (Erişim Tarihi: 19- Şubat-2021)
- Wikipedia, Güneş Enerjisi. https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi (Erişim Tarihi:14-Mart-2021)
- Wikipedia, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, https://tr.wikipedia.org/wiki/Yenilenebilir_enerji#:~:text=Yenilenebilir%20enerji%20do%C4%9Fadaki%20kaynaklardan%20elde,enerjisi%20biyok%C3%BCtle%20enerjisi%20olarak%20s%C4%B1ralanabilir (Erişim Tarihi:14-Mart-2021).
- Wikipedia, Yozgat Havalimanı. https://tr.wikipedia.org/wiki/Yozgat_Havaliman%C4%B1 (Erişim Tarihi: 19-Şubat-2021)
- Yıldız Ö. F., Yılmaz M. ve Çelik A. Havalimanlarında Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılması. 22th Congress Of Thermal Sciences and Technology 2019, Kocaeli, Türkiye.
- Yıldız Ö.F.,Yılmaz M., Çelik A. Ve İmik E. Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması. Journal Of Aviation 2020. Cilt 4(1), 162-174.