

## **Solar Energy Potential in the World and Turkey, Current Status, Incentives, Installation Cost Analysis-Karabuk Province Sample**

Ediz DELİHASANLAR<sup>1\*</sup>, Ersagun Kürşat YAYLACI<sup>1</sup>, Adem DALCALI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical-Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Karabuk University, Karabuk / Turkey

<sup>2</sup>Department of Electronics and Communication Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandirma Onyedi Eylül University, Bandirma, Balıkesir / Turkey

**Abstract:** Increasing energy demand and environmental concerns resulting from the use of fossil fuels have increased the tendency towards renewable energy sources in electricity generation. Solar energy is one of the renewable energy sources and share of it's in energy production is increasing day by day. It has important potential in energy production. In this study, literature studies on the topic of solar energy have been examined and the studies have been classified according to their fields. The potential of solar energy has been examined and it has been evaluated in terms of Turkey and the World. In addition, future term forecasts for solar energy usage are emphasized in terms of Turkey and the World. The incentives related to solar energy in Turkey have been examined and cost analysis has been carried out for the installation of an unlicensed small-scale solar power plant for Karabuk. In the cost analysis, the changes in the amortization period have been evaluated before and after the change in the purchase prices in 2018.

**Keywords:** Solar power plant, cost analysis, Karabuk

## **Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli, Mevcut Durumu, Teşvikleri, Kurulum Maliyeti Analizi-Karabük İli Örneği**

**Özet:** Artan enerji talebi ve fosil yakıt kullanımından kaynaklanan çevresel kaygılar, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan ve enerji üretimindeki payı gün geçtikçe artan güneş enerjisi, enerji üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, güneş enerjisi alanındaki literatür çalışmaları incelenerek, çalışmaların hangi alanlarda yoğunlaştığı belirlenmiştir. Güneş enerjisi potansiyeli incelenerek bu potansiyelin Dünya ve Türkiye'de ne kadar karşılık bulunduğu değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra güneş enerjisi kullanımına ilişkin Dünya ve Türkiye'deki gelecek dönem tahminleri üzerinde durulmuştur. Türkiye'deki güneş enerjisine ilişkin teşvikler incelenmiş ve Karabük ili için lisanssız küçük güçlü bir güneş enerjisi santralının kurulumu için maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Maliyet analizinde, 2018 yılında yapılan alım fiyatları değişikliğinin öncesi ve sonrası değerlendirilerek amorti süresinde meydana gelen farklılık ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerji santrali, maliyet analizi, Karabük,

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

E. Delihasanlar, E.K. Yaylacı, A. Dalcalı 'Solar Energy Potential in the World and Turkey, Current Status, Incentives, Installation Cost Analysis-Karabuk Province Sample', Elec Lett Sci Eng , vol. 15, no. 1 , (2019), 12-20

### **1. Giriş**

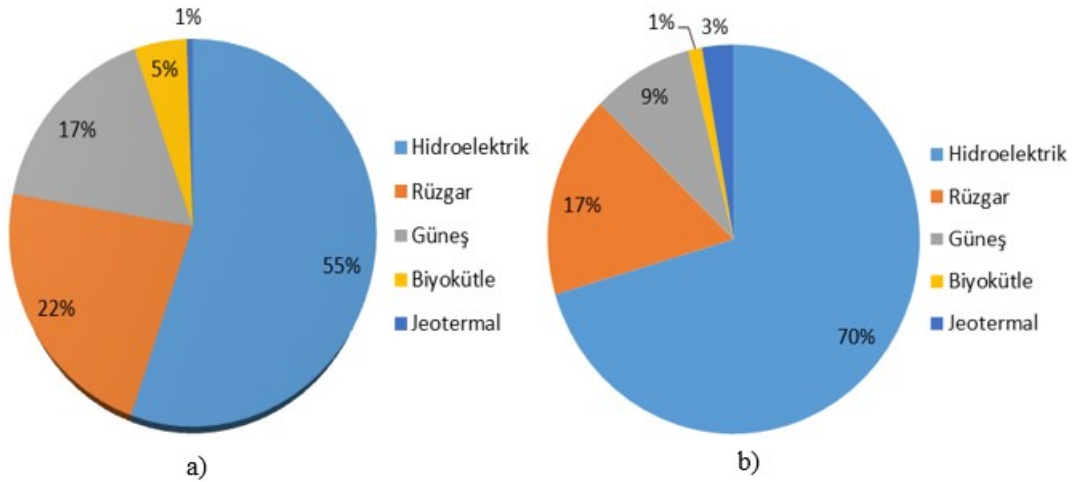
Azalan fosil yakıt kaynakları ve buna karşın artan çevresel endişeler nedeniyle elektrik enerjisinin arzı günümüzde en önemli konulardan birisi haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) bu sorunlar karşısında önemli bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir enerji diye de adlandırılan yenilenebilir enerji; zamanla kendi kendini yineleyen enerji olarak düşünülmektedir. Başlıca YEK'ler hidroelektrik, biyokütle, jeotermal, hidrojen, dalga, gelgit, güneş ve rüzgâr olarak verilebilir. 2017 yılsonu itibariyle dünyada YEK'ler Kurulu güçlerine göre Şekil-1a'da verilmiştir.

\*Corresponding author; Tel.: 0 370 418 7050 [edizdelihasanlar@karabuk.edu.tr](mailto:edizdelihasanlar@karabuk.edu.tr)

Şekil 1a'dan görüleceği üzere, YEK'ler arasında temel yaşam kaynağı olarak da bildiğimiz güneş enerjisi %17 ile önemli bir potansiyele sahiptir [1].

Çevresel kaygıların yanı sıra, enerji talebini büyük oranda ithalat ile gerçekleştiren Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için enerjide bağımsızlık önem arz etmekte ve ülkelerin kendi kendine yetebilme kabiliyetini büyük oranda belirleyebilmektedir. Bu anlamda değerlendirildiğinde Türkiye gibi ülkeler için YEK'ler büyük önem taşımaktadırlar. 2018 yılında Türkiye özelinde bu konu ile ilgili bir çalışma yapılmış ve detaylı bir inceleme sunulmuştur [2].

Geçtiğimiz on yılda Türkiye ekonomisi ortalama %5 oranında büyüme kaydetmiş ve bu durum enerji talebine de yansımıştır. Türkiye'de 1970-2017 yılları arasındaki elektrik üretimi incelendiğinde 2001 ve 2009 kriz yılları haricinde sürekli bir yükseliş eğiliminde olduğu görülmektedir. 2017 yılına ait üretim ise 295 TWs olarak gerçekleşmiştir. Ocak 2017-Temmuz 2018 döneminde gerçekleşen elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde doğalgaz %35, hidroelektrik %21, ithal kömür %18,3 ve rüzgârın %6,22 olduğu görülmektedir [3], [4]. Ayrıca 2017 yıl sonu itibarıyla Türkiye'de YEK'lerin kendi aralarında kümülatif kurulu güç paylaşım oranları Şekil-1b ile sunulmuştur.



Şekil-1. a) Dünya'da, b) Türkiye'de YEK'lerin kaynaklara göre kurulu güç paylaşım oranı

Hem Dünya hem de Türkiye açısından YEK'ler içerisindeki güneş enerjisinin önemi akademik çalışmalarda da karşılık bulmuştur. Literatürde yapılan 2018 yılı değerlendirme (review) çalışmalarına bakıldığında güneş enerjisi üzerine yapılan birçok çalışmanın olduğunu görmek mümkündür. Bu çalışmaları genel olarak; boyutlandırma ve fizibilite [5]–[7], depolama sistemleri [6]–[8], güneş ışınımı kestirimi [9]–[11], değişik tipteki güneş enerjisi uygulamalarının enerji ve ekserji analizleri [12]–[14], güneş takip sistemleri [15]–[19], politik çerçeveler ve gelecek beklentileri [7], [20]–[22], güneş enerjisi panellerinin verimleri [23]–[25] ve maksimum güç noktasının takibi [26] konuları olarak sınıflandırmak mümkündür.

Bu çalışmada güneş enerjisinin elektrik enerjisi olarak kullanımı göz önüne alınmış ve termal ya da diğer tip uygulamaları kapsam dışı tutulmuştur. Öncelikle, güneş enerjisinin potansiyeli incelenerek bu potansiyelin Dünya ve Türkiye'de ne kadar karşılık bulduğu değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra güneş enerjisi kullanımına ilişkin Dünya ve Türkiye'deki gelecek dönem tahminleri üzerinde durulmuştur. Türkiye özelinde güneş enerjisine ilişkin teşvikler incelenmiş ve Karabük ili için lisanssız küçük güçlü bir güneş enerjisi santralının kurulumu için maliyet

analizi gerçekleştirilmiştir. Maliyet analizinde, 2018 yılında yapılan alım fiyatları değişikliğinin öncesi ve sonrası değerlendirilerek amorti süresinde meydana gelen farklılık ortaya konulmuştur.

## 2. Dünya’da ve Türkiye’de Mevcut Durum

Dünyada elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımı %76 iken YEK’lerin kullanımı %24 ile sınırlı kalmaktadır. Güneş enerjinin kullanımı ise bu %24’lük dilimin sadece %2’lik kısmını oluşturmaktadır [27]. Dünyada güneş enerjisi ile elektrik üretimi şebeke bağlantılı sistemler dikkate alındığında Çin Halk Cumhuriyeti 102470MW (Haziran 2017) kurulu gücü ile lider konumdadır. İkinci Japonya 42750MW (Aralık 2016) ve üçüncü Almanya 42710 MW (Ekim 2017) kurulu güce sahiptir. Türkiye ise 2246 MW (Kasım 2017) kurulu gücü ile 15. sırada yer almaktadır [28].

Türkiye’de mevcut ve devreye alınan güneş enerji santralleri ile elektrik üretimi artarak devam etmektedir. Güneş enerjisinden 2014 yılı Ocak-Mayıs döneminde 4,5 GWs üretim yapılırken 2015’in aynı döneminde 32,3 GWs, 2016’nın aynı döneminde 266,6 GWs ve 2017’nin aynı döneminde 844,56 GWs üretime ulaşılmıştır [29]. Güneş enerji santralleri sayısı incelendiğinde 2014 yılında işletmeye alınan santral sayısındaki büyüme oranı bir önceki yıla göre %223 olarak gerçekleşirken, bunların tamamı lisanssız üreticiler tarafından oluşmuştur [30]. 2018 yılı Mayıs ayı sonu itibariyle lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı Çizelge 1’de verilmiştir [31].

**Çizelge 1.** Lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Kaynak türü	Kurulu güç (MW)	Oran (%)
Güneş (Fotovoltaik)	4358,51	96,64
Doğalgaz	121,92	2,54
Biyokütle	79,18	1,65
Rüzgâr	46,20	0,96
Hidrolik	8,69	0,18
Güneş (Yoğunlaştırılmış)	1	0,02

Türkiye’de 2016 yılında cari açık 33,1 milyar dolar ve 2017 yılı cari açığı 47,1 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu cari açıkların büyük bir bölümünü enerji ithalatı oluşturmaktadır [32]. Ülkemizde enerji ithalatında kullanılan yakıtlar ise petrol, doğalgaz ve ithal kömür gibi fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Diğer taraftan Türkiye’de karbondioksit yayılımları 1990 yılından bu yana %141,6 artmış ve büyük şehirlerde yerel hava kirliliğine neden olabilecek düzeylere ulaşmıştır [33]. Hem cari açığın azaltılması hem de karbon yayılımının azaltılması ülkemizde YEK’lerin kullanımını oldukça önemli kılmaktadır.

Ülkemizde, enerji sektöründe özel sektör tarafından gerçekleştirilen enerji üretim tesisleri sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Özel sektörün elektrik üretimindeki payı 2002’de %40,2 iken 2016 yılı sonunda yaklaşık %83 düzeyindedir [34]. Bu yatırımlarda verilen devlet teşviklerin payının büyük olduğu kaçınılmazdır. Bu yatırımlarla enerji kaynaklarındaki çeşitlilik artırılmış, enerji güvenliği sağlanmış ve enerji ithalatı önlenerek cari açığın daha fazla büyümesi engellenmiştir. Ülkemizde 2018 yılında gerçekleştirilen enerji yatırımları incelendiğinde yatırımların %55 civarında hidroelektrik santrallere, %15’nin rüzgâr enerjisine ve %0,54’nün de güneş enerjisi üzerine olduğu görülmektedir [35].

### **3. Güneş Enerjisinin Geleceği ve Türkiye'deki Teşvikler**

Dünya Enerji Konseyi'nin öngörüsüne göre 2060 yılına kadar YEK'lerdeki gelişim; güneş ve rüzgârın liderliğinde elektrik enerjisi üretimini yönlendirecektir. İyimser senaryoya göre rüzgâr ve güneş sistemlerinden elektrik üretiminin payı %39, kötümser senaryoda ise %20 olarak öngörülmüştür [36].

Türkiye'nin mevcut jeopolitik konumu dikkate alındığında enerji sektöründe Avrupa ile Asya arasında önemli bir enerji kavşağı konumundadır. Dolayısıyla mevcut ekonomik büyümeyi sürdürebilmek, sanayisinin enerji ihtiyacını ve güvenliğini karşılamak için önemli reformlar gerçekleştirmek zorundadır. Bu bağlamda Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti Vizyon 2023 hedeflerini göz önünde bulundurarak 2013 yılında 6446 nolu kanunu çıkarmış ve yenilenebilir enerji yatırımlarının önünü açmıştır. Vizyon 2023'e göre Türkiye enerji alanında yerli enerji kaynaklarının teşvik edilmesini ve yenilenebilir enerjinin payını %30'a çıkarmayı hedeflemektedir [33]. Türkiye'nin 2017 yılı sonunda güneş enerjisi kurulu gücü 1700MW iken 2019 yılında 3000 MW ve 2023 yılında da toplam kurulu gücün 5000 MW çıkması hedeflenmektedir [37]. Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli düşünüldüğünde bu hedefin gayet gerçekçi olduğu aşikârdır. Fakat rüzgar, güneş vb. süreksiz enerji kaynaklarının şebeke entegrasyonu bir diğer problemdir. Bu sebeple artan yenilenebilir enerji üretiminin şebeke ile entegrasyonu konusunda dikkat edilmelidir.

2023 yılında Türkiye'nin enerji yoğunluğunun 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması hedeflenmektedir. Bu amaçla Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığının 2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde belirtildiği üzere YEK'leri kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak stratejik amaç olarak belirlenmiştir [38]. Ayrıca Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planına göre, birincil enerji tüketiminin azaltılması ile 2033 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf 30,2 milyar ABD Doları olup bazı tasarrufların etkisinin 2040 yılına kadar devam etmesi öngörülmüştür [39]. Bu stratejik planlara uygun olarak daha önceden elektrik ihtiyacının büyük bir bölümünü kurduğu 300 kW gücündeki güneş enerji santralinden sağlayan İzmir/Bornova Belediyesi yenilenebilir enerji kaynağı kullanan binalardan her türlü belediye işlerinde %25 vergi indirimini sağlamaktadır [40]. Türkiye'de, YEK'lerin Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin kanun hükümlerince teşvik belgesinde KDV ve gümrük muafiyeti bulunmaktadır. Ek olarak, güneş tarlasının kurulacağı arazi konusunda da devlet teşviki bulunmaktadır. Ayrıca güneş enerjisinden üretilen elektriğin birim kWh için 0,133 \$ bedel ile devlet alım garantisi mevcuttur [30].

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, yerli ve milli üretim hedefleri doğrultusunda hem yerli kaynakların kullanımı hem de yerli üretim teknolojisine sahip olmak için yenilenebilir enerji kaynak alanları kullanım hakkı yarışmaları düzenlenmektedir. Bu yarışmalar ile güneş, rüzgâr gibi YEK'lerin kullanımı arttırılarak enerji arz güvenliği ve çeşitliliği sağlanması amaçlanmaktadır.

### **4. Bulgular ve Tartışma**

Bu çalışmada, Karabük ili için 10 kW kurulu gücünde bir güneş enerjisi tesisinin maliyet analizi yapılmıştır. Aşağıda verilen hesaplamalar bakım maliyetleri göz ardı edilerek ve çok ince hesaplar ile karmaşıklığa neden olmamak için kabaca yapılmıştır. Avrupa Komisyonu fotovoltaiik coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Karabük ili 10 kW'lık şebeke bağlantılı güneş enerjisi tesisi performans analizi alınmıştır ve Çizelge 2'de verilmiştir [41].

**Çizelge 2.** Güneş enerjisi üretim tahminleri

Hesaplaması Yapılan Enlem	41.206.037	En Uygun Eğim Açısı	33°
Hesaplaması Yapılan Boylam	32.659.209	Azimut Açısı	0°
PV Teknolojisi	Kristal Silikon	Yıllık PV Enerji Üretimi	13600 kWh
Kurulu Tepe PV Gücü [kWp]	10 kW	Yıllık Düzlem Radyasyon	1750 kWh/m <sup>2</sup>
Sistem Kaybı	%14		

Karabük ili için sabit açılı PV sisteminden aylık enerji çıkışı (kWh) değerleri, aylık m<sup>2</sup> başına düşen ortalama güneş radyasyonu (kWh/m<sup>2</sup>) ve aylık yüzdesel standart sapma değerleri detaylı bir şekilde Çizelge 3'te verilmiştir [41].

**Çizelge 3.** Aylık PV enerjisi ve güneş radyasyonu

Aylar	Aylık Ortalama Elektrik Üretimi (kWh)	Aylık m <sup>2</sup> Başına Düşen Ortalama Güneş Radyasyonu (kWh/m <sup>2</sup> )	Aylık Standart Sapma (%)
Ocak	613	73,4	14,80
Şubat	820	99,6	20,00
Mart	1060	131	6,19
Nisan	1290	165	9,69
Mayıs	1410	185	7,59
Haziran	1420	190	9,15
Temmuz	1620	218	4,52
Ağustos	1600	215	5,06
Eylül	1320	173	10,76
Ekim	1020	130	15,69
Kasım	819	101	12,94
Aralık	586	70,5	13,48

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansı tarafından yapılan çalışmada güneş enerji tesisi için gereken toplam yatırım bedelleri 2010 yılında 4394 \$/kW iken 2017 yılında 1388 \$/kW olarak hesaplanmıştır [42]. 2018 yılında panel hücreleri fiyatlarında yaklaşık %30 düşme meydana gelmiştir [43]. Gelişen teknolojiyle birlikte maliyetin daha da düşeceği öngörülmektedir. 10 kW güneş enerjisi tesisi için toplam yatırım maliyeti, yaklaşık %30 fiyat düşüşü dikkate alınarak hesaplanan 971,6 \$/kW bedel kullanılarak (1) denkleminde verildiği gibi hesaplanabilir.

$$10 \times 971,6 = 9716 \$ \quad (1)$$

Üretilen elektrik enerjisinin tüketim yapılmaksızın tamamının şebekeye verilmesi halinde; eskiden ödenen 0,133 \$/kWh alım bedeli ve Karabük ili yıllık PV enerji üretimi 13600 kWh değerine göre kurulacak sistemin yıllık geliri;

$$0,133 \times 13600 = 1808 \$ \quad (2)$$

olmaktadır. Fakat güneş enerji santrallerinin verimi; sıcaklık ve zamana bağlı olarak değişmektedir. Üretilen elektrik enerjisi verimi, güneş modüllerinin ve dizilerinin bozulması ile azalmaktadır. Literatürde güneş panellerinin ilk 10 yıllık süreçte etiket değerlerinde belirtilen gücün %90'ı ve 10 yıldan sonra 25 yıla kadar da %80'i kadar güç ürettiği kabul edilmektedir [44]. İlk 10 yıl için %90 güç verimliliği esas alındığında yıllık gelir;

$$1808 \times 0,90 = 1627 \$ \quad (3)$$

elde edilmektedir. Buna göre Karabük ili için 10 kW gücünde bir güneş santrali düşünüldüğünde sistemin ürettiği elektrik enerjisinin tüketim olmaksızın sadece şebekeye aktarılması ile birlikte yatırım maliyetini çıkarması için gereken süre;

$$9716/1627=5,97 \quad (4)$$

yıl olarak hesaplanmıştır. 21.06.2018 Resmi Gazetede yayınlanan YEK'lere dayalı üretim faaliyeti gösteren tesisler için uygulanacak fiyat ve süreler ile yerli katkı ilavesine ilişkin kararname değişikliğe gidilmiştir. "Elektrik üretim tesislerinde üretilen ihtiyaç fazlası enerjisi için Enerji Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK) tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli, tesisin işletmeye giriş tarihinden itibaren on yıl ile uygulanır" hükmüyle birlikte destek miktarı ve süresi değişmiştir. Yapılan değişikliklere göre yatırım maliyeti hesaplamasında EPDK tarafından onaylanan 01.01.2019 tarihinden itibaren uygulanacak faaliyet bazlı tarifeler bilgisi ve abone türüne göre hesaplamalar yapılmıştır. Üretilen elektrik enerjisinin tüketilmeden şebekeye aktarımı veya üretilen enerjinin yaklaşık olarak tamamının tüketilmesi şeklinde iki ayrı senaryo düşünülerek maliyet analizi yapılmıştır. İlk olarak üretilen elektrik enerjisinin üretici tarafından yaklaşık olarak hiç tüketim olmaksızın şebekeye verilmesi ve yeni yasa doğrultusunda güncellenen birim kWh alım bedeli dikkate alınarak abone türü bazında amortisman süresi Çizelge 4'te verilmiştir. Hesaplamalarda USD dönüşümü Türkiye Cumhuriyet Merkez bankası 07.03.2019 verileri baz alınarak yapılmıştır (1 USD =5,44 TL).

**Çizelge 4.** Abone Türüne Göre Üretilen Elektrik Enerjinin Sadece Şebekeye Verilmesi Durumunda Amortisman Süresi

Abone Türü	Bedeli (Kuruş)	USD Dönüşümü	İlk 10 Yıllık Gelir (USD)	10 Yıl Sonrası Yıllık Gelir (USD)	Tesis Maliyet (USD)	Amorti Süresi (Yıl)
Sanayi	38,0866	0,0700	856,95	761,73	9716	11,51
Ticarethane	41,5009	0,0763	933,77	830,02	9716	10,46
Mesken	27,9098	0,0513	627,97	558,20	9716	16,16
Tarımsal Sulama	37,4452	0,0688	842,52	748,90	9716	11,72

Diğer senaryoda ise üretilen elektrik enerjisinin tamamının üretici tarafından tüketilmesi durumu değerlendirilerek amortisman süresi hesaplanmış ve Çizelge 5 ile sunulmuştur.

**Çizelge 5.** Abone Türüne Göre Üretilen Enerjinin Tamamının Üretici Tarafından Tüketilmesi Durumunda Amortisman Süresi

Abone Türü	Bedeli (Kuruş)	Kullanım Miktarı Yıllık (kWh)	Yıllık Fatura Miktarı TL (Bütün vergiler ve eklentiler dahil)	USD Dönüşümü	Tesis Maliyet (USD)	Amorti Süresi (Yıl)
Sanayi	0,38087	13600	9072,57	1667,75	9716	5,83
Ticarethane	0,41501	13600	9664,28	1776,52	9716	5,47
Mesken	0,2791	13600	7308,71	1343,51	9716	7,23
Tarımsal Sulama	0,37445	13600	8961,30	1647,30	9716	5,90

Çizelge 5, üretilen enerjinin tamamının üretici kısmında tüketilmesi sebebiyle hem 2018 alım bedeli değişikliği öncesi hem de sonrası için geçerlidir. Yapılan tüm hesaplamalarda abone türü, vergiler ve bütün eklentiler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada güneş enerjisi alanında yapılan akademik çalışmaların hangi alanda yoğunlaştığını belirlemek için literatürdeki birçok değerlendirme çalışmaları incelenmiş ve konu bazında çalışmalara değinilmiştir. Güneş enerjisinin elektrik enerjisi potansiyeli, Dünya’da ve Türkiye’de kurulu güç oranları ve gelecek dönem için güneş enerjisi kurulu gücünde meydana gelebilecek artış üzerinde incelemeler yapılmıştır. Ayrıca Karabük ili için lisanssız küçük güçlü bir güneş enerjisi santralının kurulumu için maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. 2018 yılında yapılan alım fiyatları değişikliğinin öncesinde yatırım için amorti süresi; üretilen enerjinin tamamının şebekeye satılması durumunda 5,97 yıl olarak hesaplanmıştır. Enerjinin tamamının üretici santral tarafında tüketilmesi durumunda ise abone türüne göre 5,47 ile 7,23 yıl amorti süresi olduğu bulunmuştur. Özellikle mesken abonelikleri için değişiklik öncesi üretilen enerjinin, tüketilmesinden ziyade şebekeye satılması durumunda amorti süresinin yaklaşık 1,26 yıl daha az olacağı hesaplanmıştır. 2018 yılında yapılan alım bedeli değişikliğinin ardından hesaplan amorti süresi ise tamamının şebekeye aktarılması durumunda abone türüne göre 10,46 ile 16,16 yıl olurken üretilen enerjinin tamamının üretici tarafından tüketilmesi durumunda ise 5,47 ile 7,23 yıl arasında olacağı belirlenmiştir. Dolayısıyla yapılan alım bedeli değişikliği sonrasında, amorti süresi bakımından üretilen enerjinin tamamının üretici tarafından tüketilmesi gibi bir zorunluluk ortaya çıkmıştır. Aksi halde amorti süresinin yatırımcı bakımından avantajını kaybedeceği görülmüştür.

## Referanslar

- [1] (IRENA), I. R. E. A., “Renewable capacity statistics 2018”, Abu Dhabi, 2018.
- [2] Ozcan, M., “The role of renewables in increasing Turkey’s self-sufficiency in electrical energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2629–2639, 2018.
- [3] Tanbay, T., Kara, Y. A., Karademir, A., “Türkiye’nin Enerji Yapısı”, in *International Congress of Energy Economy And Security*, 2018, 159–177.
- [4] “<http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/>”, *Türkiye Elektrik Üretimi*, 2018.
- [5] Abdelrazik, A. S., Al-Sulaiman, F. A., Saidur, R., Ben-Mansour, R., “A review on recent development for the design and packaging of hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) solar systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95(December 2017), 110–129, 2018.
- [6] Settino, J., Sant, T., Micallef, C., Farrugia, M., Spiteri Staines, C., Licari, J., Micallef, A., “Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 892–909, 2018.
- [7] Khan, F. A., Pal, N., Saeed, S. H., “Review of solar photovoltaic and wind hybrid energy systems for sizing strategies optimization techniques and cost analysis methodologies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 937–947, 2018.
- [8] Pandey, A. K., Hossain, M. S., Tyagi, V. V., Abd Rahim, N., Selvaraj, J. A. L., Sari, A., “Novel approaches and recent developments on potential applications of phase change materials in solar energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 281–323, 2018.
- [9] Yıldırım, H. B., Çelik, Ö., Teke, A., Barutçu, B., “Estimating daily Global solar radiation with graphical user interface in Eastern Mediterranean region of Turkey”, *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews, 82, 1528–1537, 2018.
- [10] Jadli, U., Thakur, P., Shukla, R. D., “A new parameter estimation method of solar photovoltaic”, IEEE Journal of Photovoltaics, 8(1), 239–247, 2018.
- [11] Scolari, E., Sossan, F., Paolone, M., “Photovoltaic-model-based solar irradiance estimators: Performance comparison and application to maximum power forecasting”, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 9(1), 35–44, 2018.
- [12] Sansaniwal, S. K., Sharma, V., Mathur, J., “Energy and exergy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 1576–1601, 2018.
- [13] Singh, B., Murshid, S., “A grid-interactive permanent-magnet synchronous motor-driven solar water-pumping system”, IEEE Transactions on Industry Applications, 54(5), 5549–5561, 2018.
- [14] Jia, Y., Alva, G., Fang, G., “Development and applications of photovoltaic–thermal systems: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 102, 249–265, 2019.
- [15] AL-Rousan, N., Isa, N. A. M., Desa, M. K. M., “Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 2548–2569, 2018.
- [16] Benda, D., Chu, X., Sun, S., Quek, T. Q. S., Buckley, A., “PV cell angle optimisation for energy arrival-consumption matching in a solar energy harvesting cellular network”, IEEE International Conference on Communications, 2(1), 40–48, 2017.
- [17] Beniwal, N., Hussain, I., Singh, B., “Control and operation of a solar PV-battery-grid-tied system in fixed and variable power mode”, IET Generation, Transmission & Distribution, 12(11), 2633–2641, 2018.
- [18] Pandey, S. K., Kumar, S., Singh, B., “LCO-FLL control for single-phase utility integrated single-stage solar PV system”, IET Renewable Power Generation, 12(16), 1941–1948, 2018.
- [19] Hafez, A. Z., Yousef, A. M., Harag, N. M., “Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 754–782, 2018.
- [20] Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., Kim, K. H., “Solar energy: Potential and future prospects”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 894–900, 2018.
- [21] Gökgöz, F., Güvercin, M. T., “Energy security and renewable energy efficiency in EU”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 96, 226–239, 2018.
- [22] Shahsavari, A., Akbari, M., “Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90, 275–291, 2018.
- [23] Fathabadi, H., “Effect of external AC electric and magnetic fields on the power production of a silicon solar cell”, IEEE Journal of Photovoltaics, 8(6), 1408–1412, 2018.
- [24] Chen, Y., Altermatt, P. P., Chen, D., Zhang, X., Xu, G., Yang, Y., Wang, Y., Feng, Z., Shen, H., Verlinden, P. J., “From laboratory to production: Learning models of efficiency and manufacturing cost of industrial crystalline silicon and thin-film photovoltaic technologies”, IEEE Journal of Photovoltaics, 8(6), 1531–1538, 2018.
- [25] Husain, A. A. F., Hasan, W. Z. W., Shafie, S., Hamidon, M. N., Pandey, S. S., “A review of transparent solar photovoltaic technologies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, 779–791, 2018.
- [26] Ahmad, R., Murtaza, A. F., Sher, H. A., “Power tracking techniques for efficient operation of photovoltaic array in solar applications – A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 101, 82–102, 2019.
- [27] Yildirim, B., Özdemir, M. T., “Turkey and World Trends 2017 in Photovoltaic Applications”, International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, 2, 1–6, 2018.



- [28] “<http://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>”, *Ülkelere Göre Güneş Enerjisi*.
- [29] “<http://www.enerjiatlası.com/haber/gunes-enerjisi-ile-elektrik-uretimi-3-kat-artti>”, *Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi*.
- [30] SEZAL, L., “Evaluation of the Solar Energy Investments in Turkey from Behavioral Finance”, *The Journal of International Social Research*, 10(51), 1117–1125, 2017.
- [31] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Elektrik Üretim Sektör Raporu”, Ankara, 2018.
- [32] Ertürk, O., Ertürk, A. E., “Türkiye’de Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi ve Cari Açık Üzerindeki Etkisi”, in *International Conference on Economic and Social Impacts of Globalization and Future of Turkey-EU Relations*, 2018, 103–113.
- [33] International Energy Agency, “Energy Policies of IEA Countries, Turkey”, 2016.
- [34] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü”, 2017.
- [35] “<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Yatirimlari>”, 2018.
- [36] Onat, N., “Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi: Mevcut Durum ve Gelecek Beklentileri”, *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 8–15, 2018.
- [37] Alcan, Y., Demir, M., Duman, S., “Sinop province’s Solar Power Generation Potential in comparison with our country and Germany”, *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 5(1), 35–44, 2018.
- [38] T.C. Yüksek Planlama Kurulu, *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi*. Türkiye: Resmi Gazete, 2012, 1–15.
- [39] Enerji, M., “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı”, Türkiye, 2018.
- [40] Belediyesi, B., “<https://www.bornova.bel.tr/yenilenebilir-enerji-kullananlar-belediye-ucetlerini-yuzde-25-indirimli-odeyecek/>”, 2018.
- [41] “[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)”, *Avrupa Komisyonu Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi*, 2019.
- [42] IRENA (2018), “Renewable Power Generation Costs in 2017”, Abu Dhabi, 2018.
- [43] “<https://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-2018-q4>”, *U.S. Solar Market Insight Executive Summary Q4*.
- [44] Mani, M., Pillai, R., “Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3124–3131, 2010.