

Cost of Renewable Energy Based Power Plants

Burak YILDIRIM^a

Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bingöl^a

Abstract: Due to the growing concern about gradual decline of fossil resources and the environmental problems, create a global need to produce cleaner energy from renewable sources. In this context, the number of renewable energy based power plants is increasing day by day. In this study, a comprehensive review of the costs of renewable energy-based power plants has been carried out worldwide. In this study, firstly, giving data of electrical energy consumption in the world, the final status of renewable energy sources in electricity production in the world and Turkey is shown. In the study, lastly, information about installation costs of renewable energy plants, annual operations and maintenance costs and levelized cost of energy are given.

Keywords: Renewable Energy Plants, Electricity Consumption, Power Plants Costs, Levelized Cost of Energy.

Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Elektrik Üretim Santrallerinin Maliyeti

Özet: Çevre sorunları ve fosil kaynakların giderek azalması ile ilgili artan endişeler, yenilenebilir kaynaklardan daha temiz enerji üretmeye yönelik küresel bir ihtiyaç doğurmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerjiye dayalı enerji santrallerinin sayısı dünya genelinde her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, dünya genelinde yenilenebilir enerjiye dayalı enerji santrallerinin maliyetleri hakkında kapsamlı bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilk olarak dünyadaki elektrik enerjisi tüketimine ait veriler verilerek Dünyada ve Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının son durumu gösterilmiştir. Çalışmada son olarak yenilenebilir enerji santrallerinin kurulum maliyetleri, yıllık işletme ve bakım maliyetleri ve seviyelendirilmiş enerji maliyetleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Santralleri, Elektrik Enerjisi Tüketimi, Enerji Santralleri Maliyetleri, Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti

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

Burak YILDIRIM, ‘Cost of Renewable Energy Based Power Plants’, Elec Lett Sci Eng, vol. 14(3), (2018), 10-19

1. Giriş

Enerji iş yapabilen bir sistemin ya da cismin kapasitesi olarak tanımlanır. Enerji türlerini ısı enerjisi, mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi birçok şekilde sıralayabiliriz. Enerji kaynaklarının hepsi insanlara yaşantılarını devam ettirmek için ihtiyaç duydukları enerjiyi sağlarlar. Enerji kaynakları genellikle yenilenebilir (güneş, su, rüzgar, jeotermal, biokütle, okyanus, v.b.) ve yenilenebilir olmayan (kömür, petrol, doğal gaz, nükleer enerji, v.b.) şeklinde iki gruba ayırabiliriz [1].

Enerji kaynakları kullanılışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Enerji herhangi bir dönüşüme uğramamış ise bu şekline birincil enerji kaynağı adı verilir. Birincil enerji kaynağı dönüştürülerek oluşturulan enerjiye ise ikincil enerji kaynağı adı verilir. Birincil enerji kaynaklarına örnek verecek olursak kömür, petrol, doğal gaz, hidrolik, biokütle, dalga, nükleer, güneş, rüzgar, vb. şeklinde sıralayabiliriz. İkincil enerji kaynaklarını ise elektrik, mazot, benzin, kok kömürü, petrokok, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hava gazı, vb. şeklinde sıralayabiliriz [2].

Enerji teknolojileri günümüz dünyasında insanoğlunun ekonomik ve toplumsal gelişmesinde merkezi bir role sahiptir. Fosil kaynaklara dayanan enerji üretimleri yaşam kalitemizi

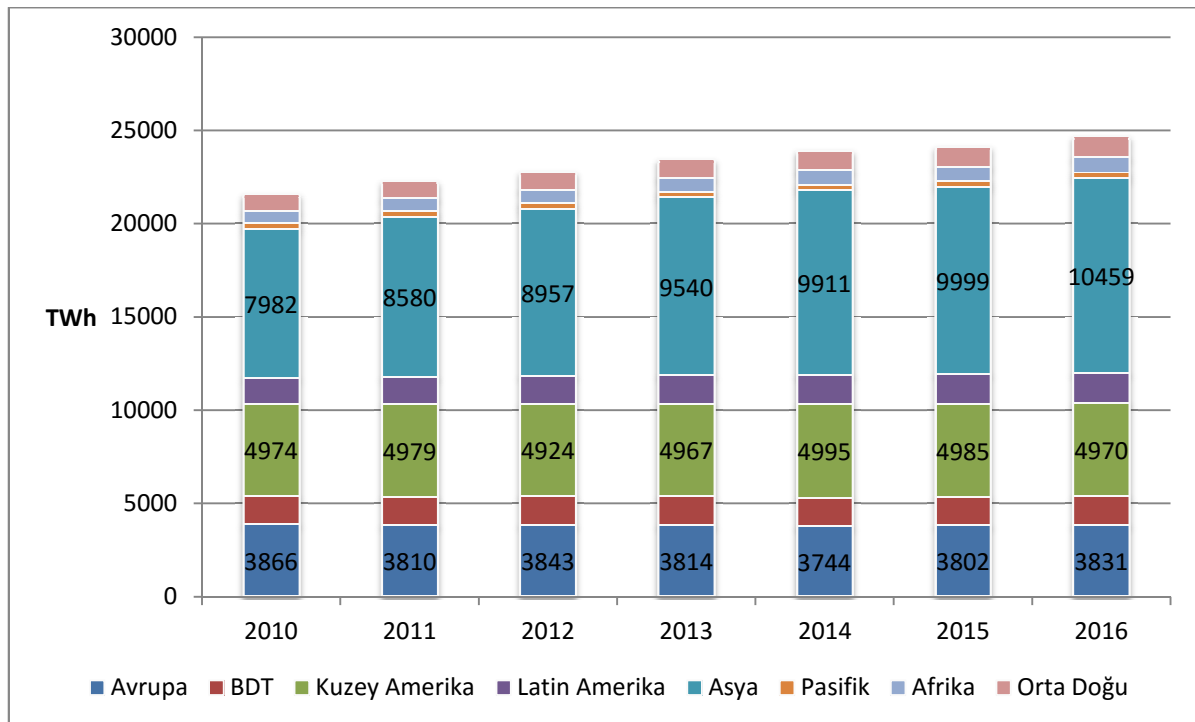
yükseltmemizi sağlamış, fakat bunun yanında çok büyük bedelleri de olmuştur. Fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımı Dünya'ya birçok açıdan geri dönülemez zararlar vermiştir. Enerji ihtiyacının arttığı ve sınırlı kaynakların gün geçtikçe azaldığı çağımızda sürdürülebilir, çevre ve insanlık dostu kaynaklara yönelim gerekmektedir [3].

Günümüzde elektrik enerjisine olan talep ve ihtiyaç, artan nüfus ve sanayileşme nedeniyle hızla artmaktadır. Elektriğe olan ihtiyacın artması ve güç sistemlerinin daha karmaşık hale gelmesi ve belirsizliğinin artması, geleneksel olmayan üretim kaynaklarının güç sistemlerine dahil olmasına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları çoğunlukla modern bir güç sisteminde alternatif üretim birimi olarak kullanılır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının artan penetrasyonu birçok avantaja sahiptir [4]. Günümüzde yoğun bir ilgi gören yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji santrallerinin maliyetlerinin incelenmesi ileriye yönelik yapılacak enerji yatırımlarının değerlendirilmesinde büyük önem oluşturacaktır.

Bu makalede yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji santrallerinin maliyetlerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ilk olarak bölüm 2'de dünya genelinde elektrik enerjisinin genel durumu ve bu üretim içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı gösterilmiş ve bölüm 3'de bu incelemeler Türkiye için gerçekleştirilmiştir. Makalenin 4. bölümünde ise yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim santrallerinin maliyet analizleri yapılmıştır. Son olarak, Bölüm 5'de sonuçlar sunulmuştur.

2. Dünyada Elektrik Enerjisinin Genel Görünümü ve Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Enerjisi Üretimindeki Yeri

Dünyada enerji tüketimi, dünya genelinde meydana gelen bölgesel değişikliklere rağmen devam eden ekonomik ve teknolojik ilerlemenin yanında nüfus artışına da bağlı olarak sürekli artmaktadır. Energy data'nın verilerine göre 2010 yılından sonraki bütün dönemlerde dünyada üretilen elektrik enerjisi miktarı sürekli olarak artmaktadır. Bu artış oranlarına ait bilgiler Şekil 1 ve Tablo 1 de verilmiştir [5]

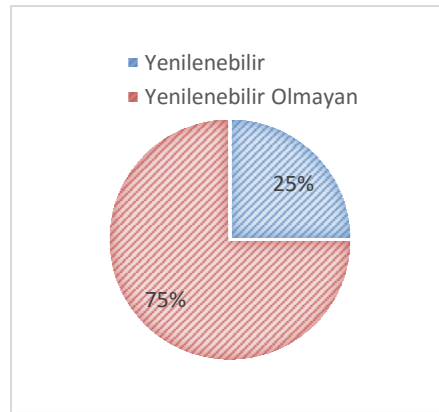


Şekil 1. Dünya da bölgelere göre üretilen elektrik enerji miktarları

Tablo 1. Dünya da bölgelere göre üretilen elektrik enerji miktarları

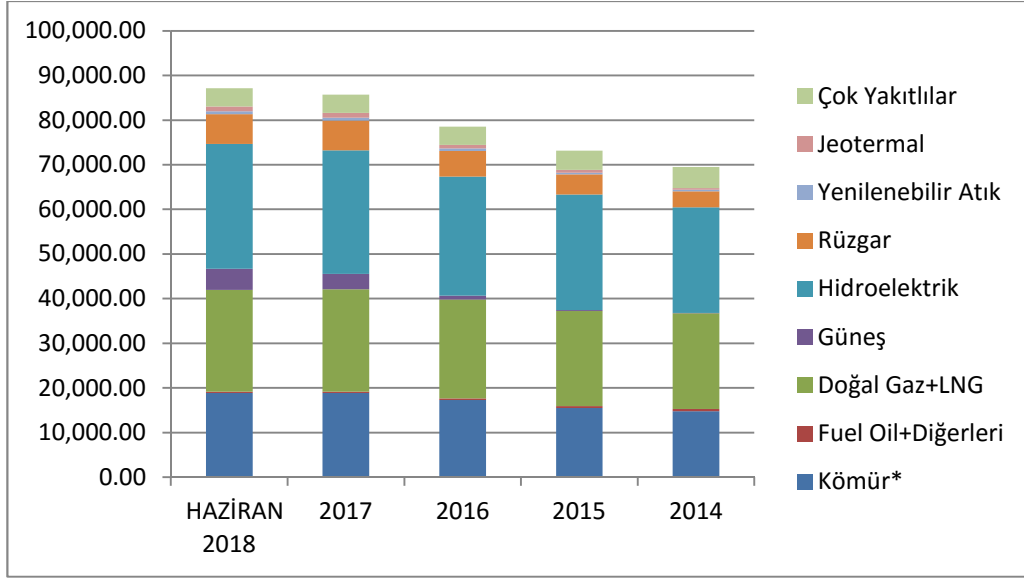
Başlık 1	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Avrupa	3865	3809	3841	3813	3744	3802	3839	3886
BDT	1483	1513	1542	1538	1542	1531	1561	1566
Kuzey Amerika	4982	4986	4927	4972	5007	4988	4993	4963
Latin Amerika	1375	1446	1496	1529	1557	1567	1583	1590
Asya	7983	8581	8958	9539	9934	10226	10691	11274
Pasifik	302	303	300	298	297	302	305	304
Afrika	675	699	727	747	772	790	801	818
Orta Doğu	892	916	958	988	1057	1111	1146	1190
Toplam	21557	22253	22749	23424	23910	24317	24919	25591

Şekil 1 ve Tablo 1’den görüleceği üzere toplam elektrik üretiminde bölgelere göre artış ve azalmalar görülür iken genel olarak dünya genelinde elektrik üretim miktarı sürekli olarak artmaktadır. Ayrıca tablo ve şekilden görüleceği üzere dünya da elektrik enerjisi üretiminin en fazla olduğu bölge 11274 TWh değeri ile Asya bölgesi iken en az olan bölge 304 TWh değeri ile Pasifik bölgesidir. Ayrıca sonuçlardan görüleceği üzere 2017 yılında dünya genelinde elektrik üretimi 672 TWh artarak 25591 TWh değerine ulaşmıştır. Şekil 2’de dünyada üretilen elektrik enerjisi üretimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı gösterilmektedir. Bu şekilde görüleceği üzere dünyada elektrik enerjisi üretiminin %25’i yenilenebilir enerji kaynakları ile gerçekleştirilmektedir. 2016 yılı için hesaplanan %24 değerine göre dünya genelinde elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının yüzdesi artmıştır [5].

**Şekil 2.** 2017 yılında elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakların yüzdesi.

3. Türkiye’de Elektrik Enerjisinin Genel Görümü ve Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Enerjisi Üretimindeki Durumu

Türkiye genel olarak elektrik üretiminde doğal gaz, hidroelektrik ve kömüre dayalı bir üretim yapısına sahiptir. Hidroelektrik üretiminde genel olarak barajlı ve akarsu tipi üretim yapıları bulunmaktadır. Kömür ve doğal gaza dayalı elektrik üretiminde ise bu yakıtların termik santrallerde yakılarak elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Türkiye’nin kaynaklara göre kurulu güçleri Şekil 3 ve Tablo 2’de gösterilmiştir [6], [7]. Şekil ve tablodan da görüleceği gibi Türkiye de en büyük kurulu güce sahip üretim birimi hidroelektrik santrallerdir. Hidroelektrik santralleri ise ikinci olarak doğal gaz üçüncü olarak kömür santralleri takip etmektedir. Ayrıca Türkiye’nin kurulu gücünün yıllara göre değişimi incelendiği zaman sürekli olarak bir artış gösterdiği ve 2018 yılı haziran ayı itibari ile 87138,90 MW değerine ulaştığı görülmektedir. Türkiye’nin nüfus artışı ve ekonomik büyümesine bağlı olarak bu sonuç oldukça doğaldır.

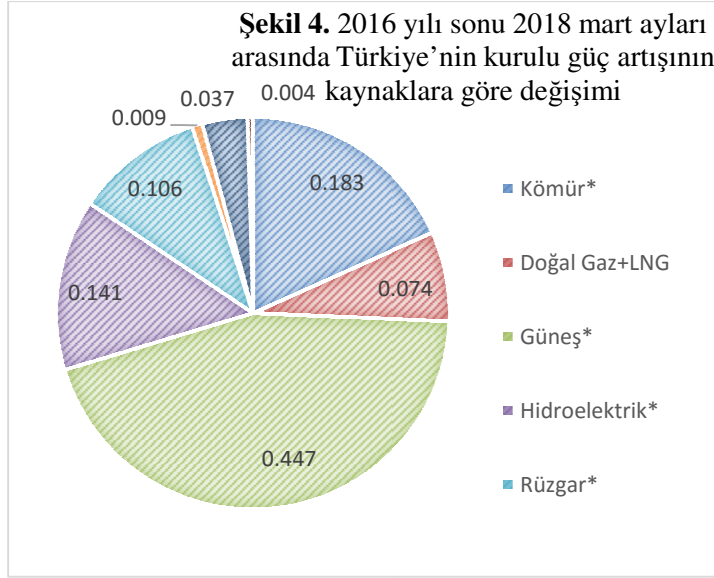


Şekil 3. 2014-2018 yılları arası Türkiye'nin toplam kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Tablo 2. Türkiye'nin kaynaklara göre elektrik kurulu gücü

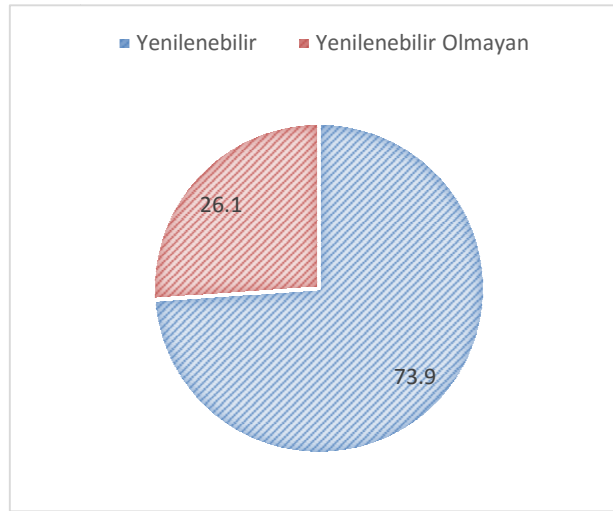
Başlık 1	2014	2015	2016	2017	Haziran 2018
Kömür*	14.771,00	15.492,60	17.316,30	18.867,60	18.908,40
Fuel Oil + Nafta+Motorin	526,90	461,30	368,70	294	294
Doğal Gaz +LNG	21.474,10	21.260,90	22.156,10	22.942,70	22.800,50
Güneş*	40,20	248,80	832,50	3.425,70	4.725,90
Hidroelektrik*	23.643,20	25.867,80	26.681,10	27.722,30	27.912,10
Rüzgar*	3.629,70	4.503,20	5.751,30	6.651,10	6.671,40
Yenilenebilir Atık+ Atık Isı	288,10	362,40	549,50	615,9	624,1
Jeotermal	404,90	623,90	820,90	1.129,20	1.144,20
Çok Yakıtlılar	4.741,80	4.325,90	4.021,10	4.058,30	4.058,30
Toplam	69.519,90	73.146,80	78.497,50	85.706,80	87.138,90

2018 yılı haziran ayı itibari ile kurulu güç incelendiği zaman Türkiye'nin kurulu gücünün %47'sinin yenilenebilir kaynaklara dayalı olduğu görülmektedir. 2016 yılı sonu 2018 haziran ayları arasında Türkiye'nin kurulu güç artışının kaynaklara göre değişimi Şekil 4 ve Tablo 3'de gösterilmiştir. Şekil ve tablo sonuçlarından görüleceği üzere en büyük değişim özellikle güneş enerjisi alanında gerçekleştirilmiştir. Bu dönemden önce 832.5 MW değerine sahip olan kurulu güç değeri 3893,40 MW artarak 4725,90 MW değerine ulaşmıştır. Şekil 5'de görüleceği üzere ayrıca bu dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların oranı toplam oranın yaklaşık %74'ünü oluşturmuştur [6], [7]. Bu sonuçlar ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynaklara olan ilgiyi göstermektedir. Uluslararası enerji kurumunun raporuna göre Türkiye'nin 500GW güneş potansiyeli bulunmaktadır [8]. Ülkemizin doğal gaz kömür gibi dışa bağımlı olduğu kaynaklara dayalı enerji tüketim oranları düşünüldüğü zaman güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ülkemiz açısından kritik önem göstermektedir.



Tablo 3. 2016 yılı sonu 2018 mart ayları arasında Türkiye'nin kurulu güç artışının kaynaklara göre değişimi

Başlık 1	Artış Miktarı	Yüzdesi
Kömür*	1.592,10	18,3
Doğal Gaz+LNG	644,40	7,4
Güneş*	3.893,40	44,7
Hidroelektrik*	1.231,00	14,1
Rüzgar*	920,10	10,6
Yenilenebilir Atık+ Atık Isı	74,60	0,9
Jeotermal	323,30	3,7
Çok Yakıtlılar	37,20	0,4
Toplam	8.716,10	100,0



Şekil 5. 2014-2018 yılları arası Türkiye'nin toplam kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

4. Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Elektrik Üretim Santrallerinin Maliyet Analizleri

Yeni elektrik üretim kapasitelerinin güncel ve gelecekteki tahmini maliyet ve performans özellikleri, enerji görüşleri ve analizlerinin geliştirilmesinde kritik girdilerdir. Yeni üretim tesislerinin performans özellikleri ile birlikte inşaat ve işletme maliyetleri, gelecekteki elektrik talebini karşılayacak kapasite artırımlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu parametreler aynı zamanda mevcut kapasiteye karşı yeni kapasitenin nasıl rekabet ettiğini ve elektrik generatörlerinin konvansiyonel kirleticiler üzerinde çevresel kontrollerin uygulanması veya sera gazı emisyonları üzerindeki herhangi bir sınırlamaya nasıl tepki vereceğini belirlemeye yardımcı olur [9].

Her teknoloji, olağandışı olağan dışı kısıtlamalara veya altyapı gereksinimlerine sahip olmayan bir konumda, belirli bir boyut ve yapılandırmanın genel bir tesis tarafından temsil edilir. Mümkün olduğunda, maliyet tahminleri, işçilik ve malzeme oranları için genel varsayımlar kullanılarak, danışman tarafından bilinen fiili veya planlanmış projelerden elde edilen sistem tasarımı, konfigürasyon ve konstrüksiyon hakkındaki bilgilere dayanmaktadır.

Her bir tesis türü için belirli maliyetler aşağıdakileri içerecek şekilde ayrılmıştır:

- 1) Sivil ve yapısal maliyetler: Saha hazırlığı, drenaj, yeraltı tesislerinin kurulumu, yapısal çelik temini ve şantiyede bina inşaatı için gerekli ödenekler.
- 2) Mekanik ekipmanların temini ve kurulumu: Kazanlar, baca gazı kükürt yıkayıcıları, soğutma kuleleri, buhar türbini generatörleri, kondenserler, fotovoltaiik modüller, yanmalı türbinler, rüzgar türbinleri ve diğer yardımcı ekipman dahil ancak bunlarla sınırlı olmayan ana ekipmanlar
- 3) Elektrik ve enstrümantasyon ve kontrol: Elektrik transformatörleri, şalt cihazları, motor kontrol merkezleri, şalt sahaları, dağıtılmış kontrol sistemleri ve diğer elektrik malzemeleri
- 4) Projenin dolaylı maliyetleri: Mühendislik, dağıtılabılır işgücü ve materyaller, zanaat işçiliği, fazla mesai ve teşvikler, iskele masrafları, inşaat yönetimi başlatma ve devreye alma ve acil durum için ücretler
- 5) Mal sahiplerinin maliyetleri: Geliştirme maliyetleri, ön fizibilite ve mühendislik çalışmaları, çevresel çalışmalar ve izinler, yasal ücretler, sigorta maliyetleri, inşaat sırasında mülk vergileri ve yakındaki bir elektrik iletim sistemine bağlanma dahil elektrik bağlantı maliyetleri.

Enerji santrali teknolojilerinin her biri ile ilişkili yakıt içermeyen işletme ve bakım (O & M) maliyetleri de değerlendirilir. Bir tesisin elektrik üretimiyle önemli ölçüde değişmeyen O & M maliyetleri sabit olarak sınıflandırılır. Bunlara örnek verecek olursak, tesis personeli için maaşlar ve takvim bazında planlanan bakımlar gösterilebilir. Elektrik üretmek için katlanılan maliyetler değişkenler olarak sınıflandırılır. Bunlara işletme saatlerinin sayısına veya santralin başlama durma döngülerine göre şemalandırılabilen bakım ve sarf malzemelerinin maliyeti örnek verilebilir [9].

Tablo 4. Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin ekonomik ve teknik ömürleri

Kaynak	Ekonomik Ömrü	Teknik Ömrü
Hidroelektrik	35	70
Solar PV	20	25
Yoğunlaştırılmış Solar Güç (CSP)	25	30
Rüzgar (Kara)	25	30
Rüzgar (Deniz üstü)	25	30
Jeotermal	35	50
Bio enerji	20-25	40

Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti, bir üretim varlığının ömrü boyunca elektrik birim maliyetinin net bugünkü değeridir. Genellikle, üretken varlığın ömür boyu ne kar ne de zarar etmemek için bir piyasada alması gereken ortalama fiyat için bir vekil olarak alınır. Bu, ömrü boyunca tüm maliyetleri içeren bir elektrik üretim sisteminin maliyet rekabet gücünün birinci dereceden bir ekonomik değerlendirmesidir: ilk yatırım, işletme ve bakım, yakıt maliyeti, sermaye maliyeti.

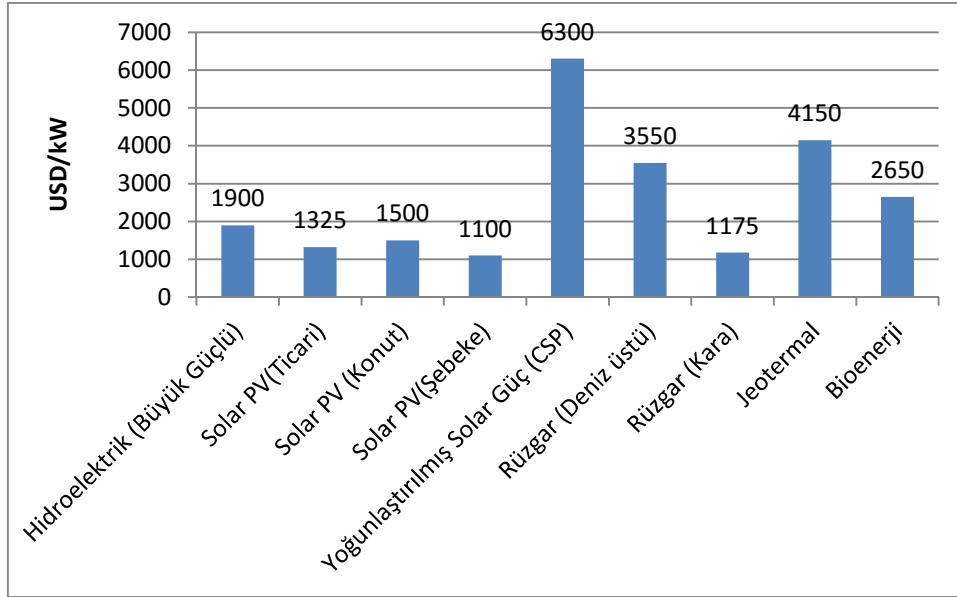
Seviyelendirilmiş maliyet, varlığın üretici profilinin ömrü boyunca sağlanan eşit değerli bir sabit gelirin, projenin ne kar ne de zarar etmemesine neden olacak değerdir. Seviyelendirilmiş maliyet, aynı zamanda, projenin ömrü boyunca ne kar ne de zarar etmemek için elektriğin satılması gereken ortalama minimum fiyat olarak kabul edilebilir. Bu, varlığın ömrü boyunca tüm maliyetlerin net bugünkü değeri, varlığın toplam elektrik enerjisi çıkıtısına bölünmesiyle kabaca hesaplanabilir [10].

Tablo 5, Şekil 6 ve 7 de yenilenebilir enerji santrallerinin sistem maliyetleri ve yıllık işletme ve bakım maliyetlerine ait veriler gösterilmiştir [11]. Ayrıca Tablo 6 ve Şekil 8'de yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji santrallerinin enerji üretimi için seviyelendirilmiş enerji maliyetleri gösterilmiştir [12]–[17].

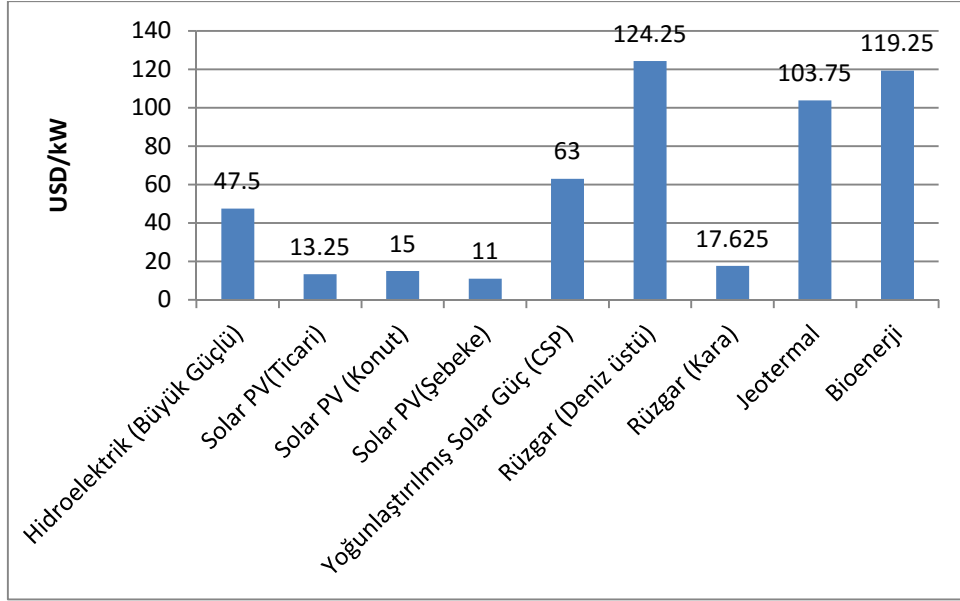
Tablo 5. Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin sistem ve yıllık işletme ve bakım maliyetleri

Santral çeşidi		Sistem Maliyeti	Yıllık İşletme ve Bakım Maliyetleri (%)
Hidroelektrik	Büyük Güçlü	1300-2500	2.5
	Küçük Güçlü	2000-3500	2.5
Solar PV(Ticari)	Çin	1200-1450	1.0
	Almanya	1200-1500	1.0
	ABD	2800-3400	1.0
Solar PV (Konut)	Çin	1350-1650	1.0
	Almanya	1450-1800	1.0
	ABD	3800-4200	1.0
Solar PV(Şebeke)	Çin	1050-1300	1.0
	Almanya	1000-1200	1.0
	ABD	1800-2400	1.0
Yoğunlaştırılmış Solar Güç (CSP)		5100-7500	1.0
Rüzgar (Deniz üstü)	Çin	3300-3800	3.5
	Almanya	4200-4900	3.5
Rüzgar (Kara)	Çin	1050-1300	1.5
	Almanya	1650-1850	1.5
Jeotermal		1600-6700	2.5
Bioenerji		800-4500	2.5-6.5

*Sistem yıllık işletme ve bakım maliyetleri toplam sistem maliyetlerinin yüzdesi olarak verilmiştir.



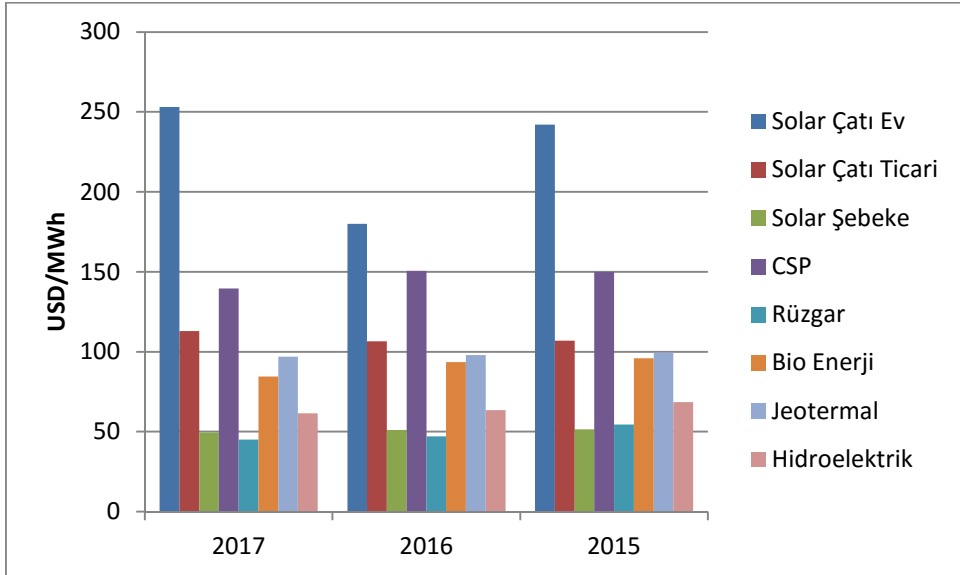
Şekil 6. Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin ortalama sistem maliyetleri



Şekil 7. Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin ortalama yıllık işletme ve bakım maliyetleri

Tablo 6. 2015-2017 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin seviyelendirilmiş enerji maliyetleri

Santral çeşidi	2017	2016	2015
Solar Çatı Ev	187-319	138-222	184-300
Solar Çatı Ticari	76-150	78-135	78-136
Solar Şebeke	46-53	46-56	43-60
Yoğunlaştırılmış Solar Güç (CSP)	98-181	119-182	119-181
Rüzgar	30-60	32-62	32-77
Bio Enerji	55-114	77-110	82-110
Jeotermal	77-117	79-117	82-117
Hydropower	49,6-73,9	57,4-69,8	59,6-78,1



Şekil 8. 2015-2017 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin seviyelendirilmiş enerji maliyetleri

Tablo 4' yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin teknik ve ekonomik ömürleri görülmektedir. Ekonomik açıdan 35 yıl ile en fazla ömür süresi hidroelektrik ve jeotermal santrallere ait iken teknik ömür olarak en fazla ömür 70 yıl ile yine hidroelektrik santrallere aittir.

Tablo 5'de yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin sistem maliyetleri ve yıllık işletme bakım maliyetleri kW başına USD değerinden gösterilmiştir. Bu tabloya ait değerlere ait grafikler Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Şekil 6 ve 7'deki değerler santrallerin en düşük olduğu bölgenin değerlerinin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Tablo ve şekil sonuçlarından da görüleceği üzere kW başına en düşük sistem maliyeti 1100 USD ile şebeke boyutlu PV sistemlere aittir. En pahalı maliyet ise 6300 USD değeri ile yoğunlaştırılmış solar güç santrallerine ait iken işletme ve bakım maliyeti en fazla olan santral ise 124.25 USD değeri ile deniz üstü rüzgar santralleridir.

Tablo 6'da 2015-2017 yılları arası yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin seviyelendirilmiş enerji maliyetleri verilmiştir. Şekil 8'de ise bu enerji maliyetlerinin ortalamalarına ait grafikler gösterilmiştir. 2017 yılı sonu için solar çatı ev ve ticari hariç diğer tüm santrallerin enerji maliyetleri genel olarak düşmüştür. Yoğunlaştırılmış solar güç santralleri tüm yıllar için en fazla enerji maliyeti gerektiren santral tipi olarak devam etmektedir. Seviyelendirilmiş enerji maliyetleri incelendiği zaman en düşük maliyet 2017 yılı için 45 USD değeri ile rüzgara aittir. Rüzgarı 49.5 USD maliyet ile şebeke tipi solar santraller takip etmektedir.

5. Sonuçlar

Elektrik, modern çağda en önemli enerji kaynağıdır, ama aynı zamanda en geçici olanıdır ve üretildiği kadar hızlı tüketilmesi gereken bir kaynaktır. Bu, elektrik üretimi ekonomisini modellemeyi diğer ürünler için aynı uygulamayı gerçekleştirmekten daha karmaşık hale getirir. Doğru modelleme önemlidir, çünkü gelecekteki yatırım kararlarının temelini oluşturur. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik santrallerinin maliyetleri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca dünya genelinde ve özelde Türkiye'de yenilenebilir enerjiye dayalı santrallerin durumları gösterilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ülkemizde son yıllarda yapılan yatırımların büyük çoğunluğunun yenilenebilir kaynaklı santrallere yönelik yapıldığı görülmektedir. Özellikle bu kaynaklar içerisinde solar santrallerin oranı diğer kaynaklara göre daha belirgin bir şekilde artış sağladığı görülmektedir. Enerji maliyetleri bölümünde de görüldüğü gibi şebeke boyutlu solar santrallerin seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin küçük olması ve ayrıca Türkiye'nin mevcut güneş gücü potansiyeli göz önüne alındığında bu sonuç oldukça doğaldır. Yapılan incelemelerde ayrıca genel olarak yıllara göre yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin enerji maliyetlerinin daha da azaldığı görülmektedir. Bu azalmalarda genel anlamda enerji santrallerinin içerisinde her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin oranının artmasını sağlamaktadır.

Referanslar

- [1] Ceylan M., *Elektrik Enerji Santralleri ve Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı*. Ankara, Türkiye: Seçkin Yayıncılık, 2016.
- [2] Kaya K. ve Koç E., "Enerji üretim santralleri maliyet analizi," *Mühendis ve Makina*, vol. 56, no. 660, pp. 61-68, 2015.
- [3] Keyhani A., *Design of smart power grid renewable energy systems*. John Wiley & Sons, 2016.
- [4] Chowdhury S.ve arkadaşları, *Microgrids and active distribution networks*. The Institution of Engineering and Technology, 2009.
- [5] "World-electricity-production-statistics," 2018. [Online]. Available:

- <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html>. [Accessed: 21-Oct-2018].
- [6] “TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ İSTATİSTİKLERİ,” 2018. [Online]. Available: http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369. [Accessed: 21-Feb-2018].
- [7] “Türkiye’nin kurulu gücü,” 2018. [Online]. Available: <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>. [Accessed: 21-Feb-2018].
- [8] Yıldırım B., “INVESTIGATION WITH MODAL ANALYSIS OF EFFECTS OF HIGH PV PENETRATION ON POWER SYSTEM VOLTAGE STABILITY,” *Int. J. Energy Smart Grid*, vol. 2, no. 1, pp. 17–26, 2017.
- [9] “Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants,” *U.S. Energy Information Administration*. [Online]. Available: https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capcost_assumption.pdf. [Accessed: 20-Sep-2018].
- [10] “Projected Costs of Generating Electricity,” *International Energy Agency*. [Online]. Available: <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf>. [Accessed: 05-Sep-2018].
- [11] “Renewables 2017 Methodology,” *International Energy Agency*. [Online]. Available: <https://www.iea.org/media/publications/mtrmr/Renewables2017Methodology.pdf>. [Accessed: 01-Sep-2018].
- [12] “Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources 2018,” *U.S. Energy Information Administration*. [Online]. Available: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [13] “Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources 2017,” *U.S. Energy Information Administration*. [Online]. Available: https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo17/pdf/electricity_generation.pdf. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [14] “Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources 2016,” *U.S. Energy Information Administration*. [Online]. Available: https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo16/pdf/electricity_generation_2016.pdf. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [15] “Lazard’s Levelized Cost of Energy 9,” *Lazard*. [Online]. Available: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-analysis-90/>. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [16] “Lazard’s Levelized Cost of Energy 10,” *Lazard*. [Online]. Available: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-analysis-100/>. [Accessed: 20-Aug-2018].
- [17] “Lazard’s Levelized Cost of Energy 11,” *l*. [Online]. Available: <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf>. [Accessed: 21-Aug-2018].