



## Türkiye’de Konutlarda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin TOPSIS Yöntemiyle Analizi

Murat Güngül<sup>1\*</sup>, Hüseyin Naci Bayraç<sup>2</sup>, Mustafa Güllü<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, Gelir Uzmanı, Ankara Vergi Dairesi Başkanlığı

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi

E-Posta: [muratgungul@hotmail.com](mailto:muratgungul@hotmail.com), [nbayrac@ogu.edu.tr](mailto:nbayrac@ogu.edu.tr), [mustafagullu@hotmail.com](mailto:mustafagullu@hotmail.com)

**Özet:** Enerji insanlık için günümüzün tartışılmaz en büyük ihtiyacıdır. Günümüz enerji kaynaklarına ve tüketim hızlarına bakıldığında, insanlığın çözümünü en çok arayacağı sorunun enerji kaynaklarının rezerv sıkıntısı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada mevcut enerji kaynaklarına ikame olacak ve gelecek yıllarda enerji kaynakları içerisinde payının artacağı düşünülen yenilenebilir enerji kaynakları incelenecek ve daha da özel bir ayırım yapılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinden elektrik üretimi üzerinde durulacaktır. Bu bağlamda çalışmada 2018 yılı itibari ile Türkiye’de konutlarda güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyeti, verimliliği ve rasyonel bir seçim olup olmadığı araştırılacaktır. Güneş enerjisi sisteminin seçimi ve karşılaştırılmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS yöntemi kullanılarak en uygun güneş enerjisi sistem maliyeti çıkarılacak ve bu, ortalama bir hane halkının elektrik tüketimi ve maliyeti ile karşılaştırılarak analiz edilmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Güneş Panelleri, Elektrik Üretimi, TOPSIS

### The Analysis of Power Generation from Solar Energy in Houses by The TOPSIS Method in Turkey

**Abstract:** Energy is the unquestionable necessity of today for humanity. When we look at today's energy sources and consumption rates, it seems that the problem that humanity is most likely to search for is the reserves of energy resources. In this study, renewable energy sources that substitute for available energy sources and which is thought to increase its share in energy resources in the following years will be examined and a more specific distinction will be made to focus on solar power generation from renewable energy sources. In this context, the cost, efficiency and being a rational choice or not of producing electricity from solar energy in residences in Turkey by year 2018 will investigate. In the selection and comparison of the solar energy system, most appropriate solar energy system cost will be deducted using the TOPSIS method of the multi-criteria decision-making techniques and it will be tried to be analysed by comparing with the electricity consumption and cost of the average household.

**Key Words:** Renewable Energy, Solar Energy, Solar Panels, Electricity Generation, TOPSIS

### GİRİŞ

Toplumların her sene oransal olarak sürekli artan enerji ihtiyacı karşısında, mevcut enerji kaynaklarının yeterlilik süresinin yaklaşık olarak petrolün 40 yıl, doğalgazın 60 yıl ve kömürün 270 yıl yeteceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle ikame yeni enerji kaynaklarına yönelik çabası her geçen gün artmakta ve ülkelerin buldukları coğrafya, teknolojik ve ekonomik gelişmişlik seviyelerine göre farklılaşmaktadır. Bu farklılık yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımından, daha üst teknoloji ve alt yapı gerektiren nükleer enerjiye kadar değişiklik göstermektedir.

İkame enerji kaynaklarına yönelik çabası doğrultusunda, güneş enerjisinden elektrik üretimini analiz eden bu çalışma, temelde iki bölümden meydana gelmiştir. Birinci bölümde öncelikle teorik bir çerçevede enerjinin önemi ve kaynakları ile ilgili bilgi verilip daha sonra özel bir ayırım yapılarak güneş enerjisinden elektrik üretimi analiz edilecektir. Bu analizde geçmiş yıl verileri ve diğer dünya ülkelerinin elektrik üretim ve tüketimindeki payları incelenecek ve Türkiye’nin bu üretim ve tüketimdeki payları karşılaştırılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde güneş enerjisinden elektrik üretiminin konut bazlı tüketim ve maliyet verileri incelenecektir. Farklı hanelerde yaşayan bireylere ait elektrik faturaları toplanmış ve

\* İlgili E-posta: [muratgungul@hotmail.com](mailto:muratgungul@hotmail.com)

böylece ortalama bir ailenin aylık elektrik tüketimi ve maliyeti elde edilmiştir. Daha sonra bu elde edilen elektrik tüketimin miktarının hane halkının güneş enerjisinden kendi elde edip kullanma tercihinin rasyonel ve sürdürülebilir bir seçim olup olmadığı irdelenmiştir. Bunun için güneş enerji sistemleri hizmeti sunan çeşitli firmalardan alınan teklifler, çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan TOPSİS yönteminden faydalanılarak değerlendirilmiştir. TOPSİS yöntemi ile tercih edilen firma teklifi ile hane halkının aylık elektrik maliyeti oranlanmış ve buna yönelik bir değerlendirme yapılmıştır.

## YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ELEKTRİK ÜRETİMİ

### *Enerji Kavram Ve Türleri*

Enerji genel olarak iş yapma iradesini gerçekleştirme yeteneğidir. Uzunluklara benzer sayısal bir kavramdır. Enerji ile ilgili dikkat çekici husus ise hiçbir enerjinin yok olmadığıdır. Kullanılan enerji form değiştirerek başka bir enerji türüne dönüşmektedir <sup>[1]</sup>. Enerji ve enerji kaynakları genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Enerji kaynaklarına doğrudan erişilerek herhangi bir değişim gerçekleşmeden elde edilen enerjiye “Birincil Enerji” ve bu enerji kaynaklarına da “Birincil Enerji Kaynakları” denir. Petrol, kömür, doğalgaz, rüzgâr, güneş birincil enerji kaynaklarına örnektir. Birincil enerji kaynaklarının işleme tabi tutularak değiştirilmesi ve kullanılması ile elde edilen enerjiye ise “İkincil Enerji” denilmektedir <sup>[2]</sup>.

Dünya'nın mevcut birincil ve ikincil enerji kaynakları bölgesel ve coğrafi olarak farklılaşsa da bu kaynakların tüketimi belli bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Adalet açısından hiç adil görünmeyen bu dağılım şu şekilde özetlenebilir. Dünya nüfusun % 20'sini oluşturan gelişmiş ülkeler, enerji arzının % 60'ından fazlasını tüketirken gelişmekte olan ülkelerin tüketimi % 40'ın altındadır. Diğer taraftan dünyada 1,5 milyar insanın ticari enerjiye ulaşma imkânına sahip olmadığı tahmin edilmektedir <sup>[3]</sup>. Özellikle birincil enerji kaynaklarından fosil kaynakların % 40'ını sadece ABD ve Çin tüketmektedir ve Türkiye'nin bu enerji pastasındaki tüketim payı ise % 1 dolayındadır <sup>[4]</sup>.

Enerji kaynakları için tüketimi en fazla olan birincil enerji kaynakları olmasına rağmen, geleceğe yönelik planlamada ikame amaçlı ve doğal nedenlerden kaynaklı üretim oranı en çok artan enerji kaynakları ikincil enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar ve buna bağlı gelişmelere bakıldığında yenilenebilir kaynakları yıllık ortalama yüzde 10'luk büyüme seviyesi ile diğer enerji kaynakları içerisinde büyüme hızı en çok olan enerji kaynağıdır <sup>[4]</sup>. Bu bağlamda yenilenebilir enerjinin önemi her geçen gün giderek artmaktadır.

### *Yenilenebilir Enerji*

Günümüz enerji kaynaklarının çoğunluğunu birincil enerji kaynaklarından fosil yakıtlar almaktadır. Fakat bu fosil yakıtların dünyanın enerji tüketim hızına yetişemediğinden, devreye yeni enerji kaynakları doğrudan veya dolaylı olarak girmektedir. Bunların başında ise yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir.

Yenilenebilir enerji, uygulamada limitsiz olarak tüketime tabi olan ve tabiatıta var olan ayrıca genel olarak kendini yenileyebilen kaynaklardan sağlanan enerjiye denir. Yeryüzünden, yer altından ve hatta uzaydan gelebilen bu enerjiler; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal kaynaklar, hidrolik (akarsular ve dalgalar sayesinde) ve bitkisel yağ/mazot gibi kaynaklardan elde edilen biyokütle olarak sıralamak mümkündür <sup>[5]</sup>.

Yenilenebilir enerji kaynakları geleneksel yakıtlarla güç elde etme, ev ve iş yerlerinin ısıtmada, sıcak su kaynağı elde etmede ve motorlu araçlara enerji sağmada başlıca dört farklı pazarda rekabet etmektedir. Yenilenebilir enerji küresel elektrik piyasasında yüzde 3 paya sahiptir. Ayrıca birçok ev ve iş yerinin ısınma, elektrik ve sıcak su ihtiyacını güneş enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları sağlamaktadır <sup>[6]</sup>.

Fosil kaynakların kıtlığı, zamanla tüketimi karşılayamayacak olması, küresel ısınmaya neden olması ve nükleer enerjinin ise Japonya'da olduğu gibi tehlikeli yapısı, yenilenebilir enerji kaynaklarının hem dünyada hem Türkiye'de önemini hatta zorunluluğunu artırmaktadır. Ülkemizde de buna göre tedbirler alınmaya ve enerji hedeflerin bu bağlamda belirlenmesine başlanmıştır.

Hidrolik, biyokütle, rüzgâr, güneş ve jeotermal Türkiye'nin başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Sanayileşmiş ülkelerde fosil yakıtların yerine yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji

kaynaklarının kullanımı, etkin bir şekilde hayata geçirilmeye başlanmıştır. Temiz, evsel ve yenilenebilir enerji kaynakları sadece Türkiye için değil, tüm dünya için gelecek vaat etmektedir [6].

Türkiye'nin yenilenebilir enerji konusunda hedefleri kaynak bazlı incelendiğinde; 2023 yılı temel hedeflere ulaşma süresi olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda Hidroelektrik ve jeotermal enerji kaynaklarının kullanımının yüzde yüz seviyesine çıkarılması, rüzgâr enerjisi ile elde edilen elektrik üretiminde kurulu kapasitenin 20 bin MW'a ve güneş enerjisinin ülke genelinde potansiyel her bölgede yaygınlaştırılması gibi hedefler belirlenmiştir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının ise; üretim planlamaları, gelişmeler, mevzuat düzenlemeleri ve kullanım potansiyellerine bağlı olarak geliştirilmesi hedeflenmiştir [7].

### ***Türkiye'de ve Dünya'da Elektrik Üretim ve Tüketimi***

Türkiye'de ve dünyada enerji tüketiminin yıllar itibari ile bir önceki yıla göre sürekli artış sağladığı bir gerçektir. Türkiye için elektrik üretimi ve tüketimi açısından en güncel veriler baz alındığında, Temmuz 2017 elektrik üretiminin tüketimden fazla olduğu görülmektedir. Bu fazlalık özellikle enerjide dışa bağımlılığı azaltmada büyük önem arz etmektedir. Fakat burada dikkat edilmesi gereken husus, elektrik üretiminde ki artışın nasıl ve hangi enerji kaynakları ile sağlandığıdır. Elektrik üretimindeki artış kaynak bazlı incelendiğinde 2017 yılı Temmuz ayı sonu itibariyle söz konusu elektrik enerjisinin, yüzde 34 doğal gaz enerjisinden, yüzde 31 kömür enerjisinden, yüzde 24 hidrolik enerjisinden, yüzde 6 rüzgâr enerjisinden, yüzde 2 jeotermal enerjiden ve yüzde 3 diğer enerji kaynaklarından elde edildiği görülmüştür [8].

Doğalgazda dışa olan bağımlılığımız göz önüne alındığında bu fazlalık doğalgaz veya ithalat kömürden elde edilen elektrik ile sağlandığı taktirde, enerjide dışa bağımlılığı azaltma konusunda bir fayda elde edilmeyecektir. Ancak diğer elektrik üretim kaynakları olan hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi ülkede sınırları içinde elde edilen enerji kaynakları ile sağlanması durumunda enerjideki dışa bağımlılığın azalması mümkün olacaktır.

**Tablo 1.** Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretiminde Kaynak Dağılımının Yüzde Oranları<sup>[22]</sup>

	Termik	Hidrolik	Güneş-Rüzgar-Jeotermal	Üretim Artışı
2002	73,9	26,0	0,1	5,4
2005	75,5	24,4	0,1	7,5
2008	82,7	16,8	0,5	3,6
2010	73,8	24,5	1,7	8,4
2011	74,8	22,8	2,4	8,6
2014	79,5	16,1	4,3	4,9
2016	67,6	24,6	7,8	4,4

Tablo 1'de görüldüğü üzere, 2002 yılında üretilen elektrik enerjisinin % 73,9'luk kısmı termik, % 26,0'lık kısmı hidrolik ve geriye kalan % 0,1'lik kısmı rüzgâr, güneş ve jeotermal kaynaklı olmasına rağmen, 2016 yılına gelindiğinde üretilen elektrik enerjisinin % 67,6'lık kısmı termik, % 24,6'lık kısmı hidrolik ve % 7,8'lik kısmı rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardan elde edilmiştir.

Termik kaynaklı elektrik üretimi miktar olarak yıllar itibari ile artmasına rağmen, toplam üretim içinde oranı özellikle 2010 yılından itibaren azalmaya başlamıştır. Termik enerji yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretiminde kayda değer bir artış gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretiminde henüz yeterli seviyede olmamasına rağmen yapılan yatırımlar, kanuni düzenlemeler ve lisansız üretim izni ile her geçen yıl toplam elektrik üretimi içerisinde ki payı termik enerji ile üretilen elektrik enerjisine ikame olacak şekilde artırılmaya çalışılmaktadır.

**Tablo 2.** Belirli Ülkelerin Elektrik Üretim Oranlarının Kaynak Dağılımı (%)<sup>[23]</sup>

Ülke	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	2,1	0,3	2,3	77,6	17,5	0,2
Almanya	45,4	0,9	9,9	15,5	28,0	0,3
ABD	39,5	0,9	26,8	19,1	13,6	0,1
Kanada	9,9	1,2	9,3	16,4	62,8	0,3
Çin	72,5	0,2	2,0	2,3	23,0	0,0
Hindistan	75,1	1,8	4,9	2,8	15,5	0,0
Rusya	14,9	1,0	50,1	17,0	17,0	0,0
Dünya	40,6	4,3	21,6	10,6	22,9	0,1

Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimi artırıldığında ve bu artış tüketim oranını geçtiği zaman, birincil enerji kaynaklarından ve özellikle de doğalgazdan elektrik üretimi azalacak buna bağlı olarak da elektrik enerjisinde dışa bağımlılık düşecektir. Böyle bir gelişme hem ekonomik dengeler hem de doğalgaz ithalatı nedeniyle bağımlı olunan ülkelere karşı daha esnek davranma imkânı verecektir.

Tablo 2’de dünyanın enerji üretiminde önde gelen ülkelerin kaynak bazında elektrik üretim oranları verilmiştir. Her ülke kendi enerji kaynakları veya daha kolay ulaşabildiği kaynaklara ağırlık vererek elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Bazı kaynak kullanımının tercih gibi görünse de altında coğrafi, stratejik, siyasi ve ekonomik daha özel sebepler bulunmaktadır. Örneğin Fransa’da nükleer, Kanada’da yenilenebilir enerji, Rusya’da doğalgaz, Çin’de ise kömür daha ağırlıklı kullanılmaktadır.

### **Güneş Enerjisi ve Elektrik Üretimi**

Dünya’da elektrik üretimine bakıldığında, üretilen elektriğin yaklaşık dörtte biri tek başına Çin tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunu sırasıyla ABD ve Hindistan takip etmekte olup Türkiye’nin dünya elektrik üretimindeki payı % 1 civarındadır. Üretilen bu elektriğin ortalama % 22,9’u yenilenebilir enerji ile üretilmektedir ve bu pay gün geçtikçe daha da artmaktadır <sup>[4]</sup>. Çünkü birincil enerji kaynaklarının mevcut rezervlerinin kısıtlılığı ve yıllık üretim oranının tüketime nazaran çok sembolik bir seviyede olması, enerjide insanları ve devletleri ikame enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Bu ikame enerji kaynağında da aranan en önemli özellik, üretim oranının tüketim oranına eş veya fazla olması ve sonsuzluk kavramı ile ilişkili olmasıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarında elektrik üretiminde payı şu an için düşük olsa da, en ihtişamlı gözüken yenilenebilir enerji kaynağı güneş enerjisidir. Bu ihtişamı şu şekilde özetlemek mümkündür. Güneş enerjisi dört hidrojen atomunun bir helyum atomuna dönüşmesinden elde edilir. Hidrojen ve helyumun ağırlık farklılığı Eistein’in teorisine göre enerjiye dönüşmektedir. Güneşteki milyon tonlarca hidrojenin helyuma dönüşmesi ve kütle farklılığından dolayı (1 saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve 4 milyon ton kütle kaybolmaktadır) ortaya çıkan fazlalık enerji açığa çıkartarak ışınım şeklinde uzaya ve dolayısıyla dünyaya yayılmaktadır. Güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden, dünya ve güneş sistemindeki tüm alan için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşin dünyaya gönderdiği ışınımın elde edilen enerji, günümüz yıllık ticari gereksiniminin 16.000 katından daha fazladır. Güneşten gelen güç; mevcut tüm elektrik santrallerinin toplam gücünden 60.000 kattan ve dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 500.000 katından daha büyüktür <sup>9</sup>.

Çok eski tarihlerden itibaren güneş enerjisinden yararlanmak için araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. İlk örnekler bakıldığında Sokrat (M.Ö. 400) evlerin cephesinde göre pencere ayarlaması yaparak daha fazla güneş ışınımını içeri alınmasını sağlamıştır. Arşimet (M.Ö. 250) belli aynalar yardımı ile güneş ışınlarını yakıcı hale getirmiş ve bu sayede savaş esnasında düşman gemilerini yakmıştır. Daha yakın zamanlarda, 1609 yılında, Galileo merceği bularak güneş enerjisinin çok daha pratik şekilde kullanılmasını sağlamıştır, Güneş enerjisinin bir güç enerjisine dönmesini sağlayan çalışmayı ise 1725 yılında Belidor’un ilk su pompasını güneş enerjisi ile çalıştırması ile sağlamıştır.

1860 yılında ise Mohuchok Arşiment gibi aynaları farklı formlarda kullanarak küçük bir buhar makinesi yapmaya çalışmıştır <sup>[10]</sup>.

Bu gelişmeler ışığında yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren güneş enerjisi dünya enerji kaynakları arasında teknik olarak kendine yer bulmaya başlamıştır. Özellikle petrol krizinden sonra fosil yakıtlara ikame amaçlı çalışmalar içerisinde ciddi bir yer bulmuştur. İlk etapta basit düzenekler için kullanılmaya başlayan güneş enerjisi zamanla gerek elektrik üretiminde gerek ısınma yönünde ciddi oranda kullanılmaya başlanmıştır.

Güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde veya birincil enerji kaynaklarından fosil yakıtlara göre çevresel zararlarının olup olmadığının incelenmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda güneş enerjisi fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde çevreye olası zararları bakımından en az etkiye sahip olduğu söylenebilir. Fosil yakıtlar küresel ısınmaya, hidrolik iklim değişikliğine ve çevresel kirliliğe, nükleer radyasyon tehlikesine sebep olurken, güneş enerjisi söz konusu kaynaklara nazaran daha az çevresel etkiye sahiptir. Ancak, güneşten gelen ışınların güneş panellerinden/kulelerinden yansması, bazı kuş türlerinin ve hayvanların zarar görmesine ve yok olmasına neden olabilmektedir. Fakat genel geçer enerji kaynaklarının çevreye ve dünyaya verdiği ağır zararlar göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları ve dolayısıyla güneş enerjisinin çevreye ve dünyaya verdiği zararın çok az olduğu görülmektedir <sup>[11]</sup>.

Güneşlenme süresi güneş enerjisinden faydalanma açısından çok önemlidir. Havanın bulutlu olması elde edilecek güneş enerjisini % 50 civarında düşürmekte fakat bulutlu havada bile, güneş enerjisinde tam kapasite olmasa da yararlanmaya devam edilmektedir. Güneş enerjisi tamamen yer yüzeyine ulaşamamaktadır. Güneş enerjisinin üçte biri kadarı atmosfer aracılığıyla geri uzaya yansıtılır, yarısı kadarı atmosferi geçmeyi başarır. Güneşten gelen ışınımının % 20'si ise, atmosfer ve bulutlarda tutulmakta ve bu enerji ile dünyanın sıcaklığı yükselerek yeryüzünde yaşam mümkün hale gelmektedir. Rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarını güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması sağlamaktadır. Yer yüzeyine gelen bu güneş ışınımının yüzde 1'den azı bitkiler tarafından fotosentezde kullanılmaktadır <sup>[12]</sup>.

Türkiye'nin güneş enerji potansiyeline ve gelişmelere bakıldığında; enerji bakanlığınca derlenen Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük ortalama 7,3 saat), yıllık elde edilebilecek toplam güneş enerjisi 1.311 kWh/m<sup>2</sup> yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m<sup>2</sup>) olarak belirlenmiştir. Mevsimsel açıdan bakıldığında Türkiye'nin günlük güneşlenme süresi kış aylarında ortalama 4-5 saat yaz aylarında ise 10-11 saat civarındadır. Özellikle güneş enerjisinin kullanımının yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde bu süreler ortalamanın da üstüne çıkmaktadır <sup>[13]</sup>.

Güneş enerjisinin büyük potansiyele rağmen Türkiye'de, güneş enerjisinden elektrik üretimi son zamanlara kadar düşük seviyelerde kalmıştır. 2002 yılında üretilen 129.400 GWh toplam elektrik üretiminin yalnızca 153 GWh'si güneş enerjisi ile beraber rüzgâr ve jeotermalden sağlanmıştır. Bu da toplam üretimin % 0,01'ine denk gelmektedir. Dünya'da ve Avrupa'da güneş enerjisinden elektrik üretimi çok yüksek seviyelere ulaşmışken Türkiye'de, 2010 yılına kadar bu oranda kayda değer bir artış sağlanamamıştır <sup>[4]</sup>. Bunun başlıca sebepleri arasında daha pahalı ama daha kolay elde edilebilen enerji kaynaklarının olması ve yasal düzenlemelerin yapılmasında geç kalınması gibi unsurlar yer alabilir.

Enerji hedefleri açısından daha önceden bazı plan ve çalışmalar yapılmış olsa da, güneş enerjisinden elektrik üretiminin yaygınlaşması ve toplam üretim içindeki payının artması için 21 Temmuz 2011 tarihli ve 28001 sayılı resmi gazete yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik yayınlanmıştır. Ayrıca 10 Mart 2012 tarihli ve 28229 sayılı resmi gazetede yer alan Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ bu konuda atılmış önemli bir adımdır. Sadece güneş enerjisi değil bununla beraber diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından da belli bir miktara kadar lisanssız bir şekilde elektrik üretme imkanı vermiştir. Bu gelişmelerle beraber toplam enerji üretimi içerisinde payı hızla artan güneş enerjisinden elektrik üretimi, rüzgâr ve jeotermal enerji ile beraber 2002 yılında toplam elektrik üretiminde 153 GWh ile % 0,01 olan pay 2016 yılında 21.230 GWh ile % 7,8'e yükselmiş ve bu oran hızla artmaktadır<sup>4</sup>. Ülkemizde 2017 yılı sonu itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 20.000.000 m<sup>2</sup>'ye ulaştığı ve 823.000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi ürettiği belirlenmiştir. 2017 yılında güneş enerjisinden 2,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2018 Haziran ayı

sonu itibarıyla ülkemizde lisanssız 4.703 MW, lisanslı 23 MW olmak üzere toplam PV güneş enerjisi santrali kurulu gücü 4.726 MW'tır. [8].

### **Güneş Enerjisi Panelleri/ Fotovoltaik Sistemler**

Güneş enerjisinden elektrik üretmede birçok yöntem ve teknik bulunsa da en pratik ve kullanışlı sistem fotovoltaik sistemlerdir. Kurulumu kolay, ömrü uzun, kurulumu dışında işletim maliyeti çok düşük ve hemen hemen her yere kurulabilen bu sistem güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir.

Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0,1- 0,4 mm arasındadır. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir<sup>1</sup>. Hücrelerde oluşan elektrik çok düşük güçte kıvılcımlar olmasına rağmen özelden genele doğru hücreler panelleri, paneller de belli sistemler dahilinde birbirlerine bağlanarak büyük bir ağ oluştururlar. Bu sayede ilk önce bir hücrede oluşan çok düşük elektrik enerjisinden kolektif olarak binlerce GWh'lik elektrik enerjisi elde edilebilmektedir [13].

Fotovoltaik sistemler müstakil konut, toplu konut, alışveriş merkezi, spor tesisi, endüstriyel işletme, enerji santrali ve tarımsal işletmelerde elektrik ihtiyacının tamamının veya bir kısmının karşılanması, şebekedeki arıza, kesinti ve gerilim dalgalanmalarından etkilenmemesi; enerji üretip elektrik dağıtım şirketlerine ticari olarak satmak amacıyla kurulmaktadır [14]. Bu kullanımlar da elektrik üretim kapasitesine bakıldığında üç grupta kategorileştiği görülmektedir. İlk grubu konutlar oluşturmaktadır. Çatılara kurulan güneş enerjisi sisteminden yaklaşık olarak 3 kW's elektrik üretilmektedir. İlk grup güneş enerjisi sistemleri pazarın yüzde 40'mı meydana getirmektedir. İkinci grubu ticari işletmeler oluşturmaktadır. Bu ticari iş yerleri 100 kW's'a kadar elektrik üretme kapasitesine sahiptir ve pazarın yüzde 50'sini oluşturmaktadır. Üçüncü grup ise büyük ölçekli üretim kapasitesine sahip güneş enerjisi istasyonlarıdır. Pazarın yüzde 10'unu bu istasyonlar meydana getirmektedir [9].

## **ANALİZ**

### **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS Yöntem**

Hayati ve yönetsel parametrelerin içeriğinde birçok kombinasyon içerisinde tercih yapma ve karar verme seçenekleri vardır. Bireyler ve idareciler, yaşamın her anında ve meydana getirdikleri her kombinasyonda karar vermek durumunda kalmaktadır. Bir eylem veya hareket, kim aracılığıyla nerede, nasıl, ne zaman oluşacaktır? Bu şekil muhtelif soruların cevabı olabilecek farklı türden ikame hareket yolları vardır. Bunların içinde faydası en yüksek olan tercihi bulmak, karar verme mekanizmasının temel gayesidir. Çok Kriterli Karar Verme süreci, karmaşık karar verme süreçlerini bilimsel ve matematiksel bir açıdan ele alarak, çözüm üreten prosedürler bütünü olarak meydana gelmiştir [15].

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, karar amaçlı yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Bu yöntem, Hwang & Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme tekniği olarak geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemi, Pozitif İdeal çözüm (PIS) ve Negatif İdeal çözüm (NIS) noktalarını analiz etmeyi sağlamaktadır. Pozitif ideal çözüm; faydanın maksimum, maliyetin minimum olduğu çözüm noktası iken negatif ideal çözüm ise faydanın minimum, maliyetin maksimum olduğu çözüm noktasının belirlenmesinde kullanılır. TOPSIS yönteminin ana temasında tercih edilebilirliği yüksek tercihin alternatifin sadece pozitif ideal çözüme en yakın mesafede olan değil aynı zamanda negatif ideal çözüme en uzak mesafede olan alternatif olduğu düşüncesi yatmaktadır [16]. Yapılan analizle karar verilirken, seçilen bir alternatifin hedeflenen veya olması gereken çözüme en yakın olması ve aksi durumdan uzak durulması beklenmektedir. Amaca ve hedeflenen parametreye göre ideal çözüme yakınlık belirlenirken aynı derecede negatif ideal çözüme uzak olması istenmektedir [17].

TOPSIS yöntemi kullanılırken bazı adımlar takip edilmektedir. Bunlar sırasıyla; (A) karar matrisinin oluşturulması, (R) normalize edilmiş karar matrisinin sağlanması, (V) ağırlıklı standart

karar matrisinin elde edilmesi, (A<sup>+</sup>) ideal ve (A<sup>-</sup>) negatif ideal çözüm bulunması, farklılık ölçütünün tespit edilmesi ve ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasıdır <sup>[16]</sup>.

### **Literatür Taraması**

TOPSIS yöntemi, literatürde kendine birçok araştırmada yer bulmuştur. Ömürbek ve Kınay (2013)<sup>[15]</sup>, Havayolu Taşımacılığı Sektöründe Finansal Performans Değerlendirmesini TOPSIS yöntemini kullanarak yapmışlardır. İki şirketin performans denetiminin yapıldığı bu analizde, şirketlerin 2012 yılına ait finansal tabloları ve faaliyet raporları baz alınarak performans analizi oluşturulmaya çalışılmıştır. Her ne kadar çeşitli verilerle her iki havayolu şirketi birbirlerine karşı üstünlük elde etseler de TOPSIS yöntemi ile hangi şirketin daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Markovic (2005)<sup>[18]</sup>, Modification Of Topsis Method For Solving Of Multicriteria Tasks adlı çalışmada, gerçek iş problemleri karşısında örneğin bir ürün alımında nasıl karar verileceği üzerinden Topsis Yöntemi kullanarak analiz yapmıştır. Bir şirketin 50 adet araç siparişinde 10 farklı kriter kullanarak karar vericiler için sıralama yapma imkanı sağlamıştır.

Dumanoglu ve Ergül (2010)<sup>[16]</sup>, yaptıkları çalışmada İMKB’de İşlem Gören bazı Teknoloji Şirketlerinin Mali Performanslarını belirli kriterleri dikkate alarak analiz etmeye çalışmışlardır. İstanbul Menkul Kıymetler Borsası’nda işlem gören 11 tane teknoloji şirketinin mali tabloları kullanılmış ve şirketlerin mali performansları TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz için ilk etapta finansal oranlar tespit edilmiş ve oran analizi kullanılarak, her bir şirket için ayrı ayrı finansal oranlar bulunmuştur. Daha sonra şirketlerinin sıralaması yapılmış ve şirketlerinin derecelendirmesi tamamlanmıştır.

Ömürbek-Demirci-Akalin (2013)<sup>[19]</sup>, öğrencilerin akademik kariyerlerini ve meslekte uzmanlaşmalarını etkileyen en önemli kararlardan biri olan yükseköğretimde en doğru bilim dalı seçimi için hangi kriterleri dikkate aldıkları konusunda bir çalışma yapmışlardır. En uygun bilim dalının nasıl belirlenmesi gerektiği konusunda 4 ana kriter belirlemişlerdir. Analitik Ağ Süreci tekniği kullanılarak belirlenen bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve bilim dallarında kayıtlı öğrencilerin yapmış olduğu değerlendirmeler, TOPSIS yöntemiyle karşılaştırmalı olarak analiz edilerek en çok tercih edilen bilim dalı belirlenmeye çalışılmıştır.

Akyüz-Bozdoğan-Hantekin (2011)<sup>[20]</sup> yaptıkları çalışmada, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası’nda (İMKB) işlem gören bir anonim şirket baz alınan 10 yıllık periyodik bir dönemdeki finansal performansı değerlendirmeye çalışılmıştır. Seramik sektöründe faaliyette bulunan bu şirketin performansı TOPSIS yöntemi ile incelenerek yıllar itibarıyla başarı sıralaması yapılarak işletmenin finansal gelişimi ortaya konmuştur.

### **Bulgular**

Hanesinde kullandığı elektrik enerjisini karşılamak için güneş enerjisi sistemi kurulum kararını verecek olan bir hane halkının yapacağı en önemli rasyonel davranış, muhtemelen fiyat ve maliyet analizi yapıp söz konusu girişimin sürdürülebilir ve kendini amorti etme süresi bakımından tercih edilmesinin uygun olup olmadığına karar vermektir. Bu sebeple hane halkının önce elektrik maliyetini belirlemesi daha sonra, üretici firmalardan gelen sistem kurulum tekliflerini değerlendirip güneş enerjisi sistemini kurdurup kurdurmama kararını vermesi gerekmektedir.

Resmi Gazete’nin 02/10/2013 tarih ve 28783 sayılı “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik” ve yönetmelikte değişikliğin yapıldığı 15/05/2017 tarihinde 30067 sayılı son yönetmeliğin 6. fıkrasında “10 kW’a kadar tip proje hazırlanması uygun görülen, yenilenebilir enerji kaynağına dayalı ve kendi tüketim tesisinin bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücüne kadar doğrudan bağlı üretim tesisleri, rüzgâr ve güneş enerjisine bağlı üretim sistemlerine dahil edilen kapasiteler haricinde değerlendirilir<sup>[21]</sup>. Yönetmeliğe göre güneşten enerji üretimi değişik sistemlerle sağlanabilmektedir. Şebekeye bağlı (on-grid) olan sistemlerde; güneşten elde edilen enerji hem tüketilip hem de 5346 sayılı kanuna göre şebekeye satılabilmektedir. Bu sistemde akü kullanımına gerek olmaması gibi bir avantajın yanı sıra üretim için gerekli izin ve prosedürlerin yoğunluğu gibi dezavantajlar da bulunmaktadır. Şebekeye bağlı olmayan kapalı devre (off-grid) sistemlerde ise, güneşten elde edilen enerji akülerde depolanarak kullanılabilir. Bu sistemde konutun şebekeye yakın olması gerekmemekte ancak, akü bakımı gibi ekstra masraflar ortaya

çıkılmaktadır. Bu masraflar diğer sisteme göre dezavantajlı olsa da konutların elektriğini kendi imkanları ile karşılaması açısından özellikle bürokratik engeller bakımından daha avantajlı bir konuma sahiptir.

Bir konutun ekonomik olarak kullanıldığında aydınlatma, televizyon, çamaşır makinesi, buzdolabı ve diğer elektrikli aletlerin bütün elektrik ihtiyacını karşılayabilen 3 kW'lık off-grid sistemde kurulum yapan 6 firma arasında en iyi seçimi nasıl yapacağı sorunsalı çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSİS yöntemi ile çözülmeye çalışacaktır. Her firma kurulum için gerekli ekipmanları farklı kombinasyonlar ve fiyatlarla müşteriye sunmaktadır. Söz konusu satıcıların bu kombinasyonlardan oluşan teklifleri ve sistem donanımları Tablo 3'de listelenmiştir.

Şebekeden bağımsız 3 kW'lık fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan ana ekipmanlar listede olmasına rağmen 1 Adet Tam Sinüs İnvörtör/Şarj Cihazı SS 5000VA/4000W 48VDC tüm sistemlerde bulunmasından dolayı tercih konusunda değişiklik oluşturmaması nedeniyle tabloya eklenmemiştir.

**Tablo 3.** 3 kW'lık Güneş Enerji Sistemi için 6 Farklı Firmanın Ekipman ve Fiyat Listesi

Firma	Fiyatı	Güneş Paneli 260W 24VPoly	Jel Akü 150Ah 12V	Kontrol Cihazı 30A 48V	Solar kablo kalınlığı 6mm	Solar kablo uzunluğu 30 metre	MC4 Konnektör Seti Tek Bağlantı, 1 dişi 1 erkek
A	24.874,00 TL	12 adet	8 Adet	2 Adet	1 Adet	1 Adet	6 Adet
B	29.441,00 TL	12 adet	6 Adet	2 Adet	1 Adet	1 Adet	6 Adet
C	23.841,90 TL	12 adet	8 Adet	1 Adet	1 Adet	1 Adet	12 Adet
D	23.900,00 TL	12 adet	8 Adet	2 Adet	1 Adet	1 Adet	6 Adet
E	22.935,82 TL	12 adet	8 Adet	1 Adet	1 Adet	1 Adet	6 Adet
F	25.370,00 TL	12 adet	6 Adet	1 Adet	1 Adet	1 Adet	6 Adet

En rasyonel kararın verilebilmesi için uygulanan Topsis yönteminin aşamalarından olan karar matrisi için A, B, C, D, E ve F firmaları ve değerlendirme kriterlerinden oluşan Karar Matrisi Tablo 4'de sunulmuştur:

**Tablo 4.** Karar Matrisi

Firma	Fiyat (TL)	Güneş Paneli (Watt)	Jel Akü (Ah)	Kontrol Cihazı (Adet)	Solar kablo kalınlığı (mm)	Solar kablo uzunluğu (metre)	MC4 Konnektör Seti (Adet)
A	24.874	260	150	2	6	30	6
B	29.441	260	143	2	4	30	6
C	23.841	250	150	1	4	40	12
D	23.900	260	143	2	6	30	6
E	22.935	260	150	1	6	30	6



F	25.370	250	200	1	4	30	6
---	--------	-----	-----	---	---	----	---

Karar matrisinden sonra normalize matrisi oluşturmak için, her bir firmanın teklif değerlerinin karelerini alınıp, tüm sütunları ayrı ayrı toplanıp karekökü alınmıştır. Bu yolla oluşturulan normalize karar matrisi Tablo 5’de sunulmuştur:

**Tablo 5.** Normalize Karar Matrisi

Firma	Fiyatı	Güneş Paneli	Akü (Jel Akü)	Kontrol Cihazı	Solar kablo kalınlığı	Solar kablo uzunluğu	MC4 Konnektör Seti
A	0,40	0,41	0,39	0,52	0,48	0,38	0,33
B	0,48	0,41	0,37	0,52	0,32	0,38	0,33
C	0,39	0,40	0,39	0,26	0,32	0,51	0,67
D	0,39	0,41	0,37	0,52	0,48	0,38	0,33
E	0,37	0,41	0,39	0,26	0,48	0,38	0,33
F	0,41	0,40	0,52	0,26	0,32	0,38	0,33

Ağırlıklandırılmış normalize matrisi elde edebilmek için, öncelikle sektörden ve tüketicilerden kişilerin görüşleri alınmış ve kriterlerin ağırlıklı değerleri hesaplanmıştır.

Ağırlıklı değerlerin tespit edilmesinin ardından firmanın teklif ettiği değerlerle ilgili ağırlıklar çarpılarak Ağırlıklandırılmış Normalize Matris elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra her bir teklifin ideal ve negatif ideal değerlerini belirlemek için her sütunun en çok ve en az değerleri bulunarak uygun noktalara ulan uzaklık değerleri ile ideal olmayan noktalara olan uzaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar karşılaştırma yapma ve daha sağlıklı bir sonuç çıkarma için gerekli olan parametrelerdir.

**Tablo 6.** Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklı Değerleri

	Fiyatı	Güneş Paneli	Akü (Jel Akü)	Kontrol Cihazı	Solar kablo kalınlığı	Solar kablo uzunluğu	MC4 Konnektör Seti
Ağırlık	0,3	0,2	0,2	0,07	0,15	0,03	0,05

### Model Sonuç

Tablo 7’de yer alan sonuç değerleri içinde en yüksek değere sahip olan 0,540110927 ile D firmasının teklifidir. Dolayısıyla D firmasının verdiği 3 kW elektrik üreten; 12 Güneş Paneli 260W 24V Poly, 1 Tam Sinüs İnvvertör/Şarj Cihazı SS 5000VA/4000W 48VDC, 8 Adet Jel Akü 143Ah 12V, 2 Adet Şarj Kontrol Cihazı 30A-48V, 1 Adet Solar Kablo 6mm kalınlık, 1 Adet Solar Kablo kırmızı 30 metre, 6 Adet MC4 Konnektör Seti - Tekli Bağlantı - 1 Dişi 1 Erkekten oluşan 23.900,00 TL’lik teklif en uygun (optimum) tercih olmuştur.

**Tablo 7.** Sonuç

Firma	İdeal Değerleri	Çözüm	Negatif Değerleri	İdeal Çözüm	Sonuç
A	0,032489		0,037704		0,537144061
B	0,052432		0,018352		0,25926436
C	0,040088		0,032396		0,446941354
D	0,034502		0,04052		0,540110927
E	0,035959		0,040052		0,526920942
F	0,0367		0,03562		0,492538964

TOPSIS yöntemiyle en ideal sistem kurucu olarak D firmasının belirlenmesinden sonra, güneş enerjisi sistemlerinin konutlarda kullanımının özellikle maliyet açısından rasyonel bir tercih olup

olmadığı analizinin yapılabilmesi için bir konutun elektrik tüketimi ve karşılığında ödediği bedelin bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple çalışmada ayrıca farklı sayıda kişinin yaşadığı 20 hanenin bir aylık elektrik faturaları ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Söz konusu ortalamanın bulunması için kW olarak elektrik tüketim miktarı, tek zaman birim fiyatı, dağıtım birim fiyatı, vergiler ve diğer eklentiler veri olarak kullanılmış ve değerler Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8’e göre ortaya çıkan ortalama sonuçta, 3 kişinin bir aylık elektrik faturası ortalama 80,7 TL olarak bulunmuştur. Aynı ortalama 4 kişilik bir ailenin aylık elektrik faturası ortalama 107,6 TL olarak hesaplanmıştır. Her ne kadar söz konusu ailelerin elektrik tüketimi ve kullandığı elektrikli cihazlar farklılık gösterse de ortalama bir sonuç elde edilmiştir

**Tablo 8.** Hane Halklarının Elektrik Tüketimi ve Maliyeti

Sıra	HHS	TEM (kw)	TZBF (krş)	TEM* TZBF (TL)	DBF (krş)	TEM *DBF (TL)	Vergiler + Diğer (TL)	Toplam Tutar (TL)
1	3	233	0,216	50,3	0,11	25,6	18,6	94,5
2	2	104	0,216	22,4	0,11	11,4	8,3	42,1
3	5	370	0,216	79,9	0,11	40,7	33,0	153,6
4	3	207	0,216	44,7	0,11	22,7	18,0	85,4
5	3	244	0,216	52,7	0,11	26,8	21,1	100,6
6	5	335	0,216	72,3	0,11	36,8	29,0	138,1
7	2	151	0,216	32,6	0,11	16,6	13,0	62,2
8	2	173	0,216	37,3	0,11	19,0	15,6	71,9
9	5	242	0,216	52,2	0,11	26,6	20,9	99,7
10	1	56	0,216	12,0	0,11	6,1	5,0	23,1
11	1	98	0,216	21,1	0,11	10,8	7,9	39,8
12	2	132	0,216	28,5	0,11	14,5	11,4	54,4
13	4	181	0,216	39,0	0,11	19,9	15,9	74,8
14	4	204	0,216	44,0	0,11	22,4	17,9	84,3
15	4	346	0,216	74,7	0,11	38,1	29,3	142,1
16	4	259	0,216	55,9	0,11	28,5	23,5	107,9
17	3	189	0,216	40,8	0,11	20,8	16,4	78,0
18	1	69	0,216	14,9	0,11	7,5	6,6	29,0
19	1	94	0,216	20,3	0,11	10,3	8,2	38,8
20	5	230	0,216	49,7	0,11	25,3	17,9	92,9
<b>Ortalama</b>	<b>3</b>	<b>195,85</b>	<b>0,216</b>	<b>42,3</b>	<b>0,11</b>	<b>21,5</b>	<b>16,9</b>	<b>80,7</b>

\*Kısaltmalar; HHS: Hane Halkı Sayısı, TEM: Tüketilen Elektrik Miktarı, TZBF: Tek Zaman Birim Fiyatı, DBF: Dağıtım Birim Fiyatı,

\*Tüketim miktarında küsurat dikkate alınmamış ve bazı rakamlarda ondalık yuvarlama yapılmıştır.

## SONUÇ

Türkiye’deki elektrik üretimine bakıldığında yerli ve ithal kaynak bazından kurulu gücün 2002 yılında yerli kaynakların ithal kaynaklara göre % 60’a % 40 daha fazla kullanılırken günümüzde bu oran % 56’a % 44 olarak yerli kaynakların lehine değişmiştir. Tabi burada yerli kaynakların daha az kullanıldığı sonucunu çıkarmak doğru olmaz. Çünkü elektrik tüketimi ve dolayısıyla elektrik üretim oranında ki artıştan kaynaklı yerli kaynakların yetersizliği bu ihtiyacı ithal kaynaklarla karşılama zorunluluğu getirmiştir. Bu durumda yerli kaynaklarda elektrik üretme çabası yenilenebilir enerji kaynaklara yönlenerken gerek özel gerek yabancı yatırımcılar teşvik ettirilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de güneş enerjisinin büyük potansiyele rağmen, güneş enerjisinden elektrik üretimi son zamanlara kadar düşük seviyelerde kalmıştır. 2002 yılında üretilen 129.400 GWh toplam elektrik üretimin yalnızca % 0,01’i güneş enerjisi ile beraber rüzgâr ve jeotermalden sağlanmıştır. 2010 yılına kadar da bu oranda kayda değer bir artış sağlanamamasının başlıca sebepleri arasında sistemin maliyeti gelmekle beraber en büyük engel bürokratik engeller olmuştur. Fakat özellikle son zamanlarda atılan adımlar ve lisansız elektrik üretim yolunun açılması Güneş enerjisinden elektrik üretim oranını eskiye nazaran ciddi oranda artırmıştır. Güneş enerjisinin potansiyeli göz önüne alındığında ve ilgili ülkenin gerek teknolojik gerekse coğrafi yapısı güneş enerjisinden faydalanmaya uygunsuz elektrik üretiminde bu enerji kaynağına yönelmek enerjide ithalata bağımlı bir ülke için elzemdir.

Çalışmanın genel teorik çerçeveden çıkarılan bu sonuçların yanında ana araştırma sebebi olan Türkiye’de bir hanenin güneş enerjisinden elektrik üretmesinin rasyonel bir tercih olup olmadığı sorunsalında elde edilen sonuç ticari bir işletmenin böyle bir yatırım yapma kararı almasına göre daha az avantajlıdır. Ancak yine de rasyonel ve sürdürülebilir bir tercihtir. Şöyle ki güneş enerjisi sistem teklifleri içerisinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSİS yöntemi ile en rasyonel tercihin maliyetinin toplam 23.900,00 TL olduğu bulunmuştur. Hane halkı elektrik tüketimi ve maliyeti üzerine yapılan analizde ise 4 kişilik bir ailenin aylık elektrik tüketim maliyeti 107,60 TL olup buda yıllık maliyetinin ortalama 1.291,20 TL olduğunu göstermektedir. Günümüz koşullarında bir hanenin bütün enerji ihtiyacını güneşten karşılamak istediğinde 25-30 yıl arası kullanım ömrü olan bir güneş enerjisi sisteminin kendini amorti etme süresi ortalama 18 yıldan biraz fazlaya denk gelmektedir.

Söz konusu bu tespit 18 yıl içerisinde enflasyon artışı, güneş enerjisi sisteminin yıllık verim düşüklüğün ve elektrik fiyatlarında ki tahmini artış hesaba katılmadan yapılmıştır. Ancak ülkemizde enflasyon artışı ile elektrik fiyatlarında ki artışın hemen hemen aynı oranda arttığı ve enerji verimliliğindeki düşüşün ortalama % 5 civarında olduğu göz önüne alındığında yine hemen hemen aynı sonuca ulaşılabacaktır.

Ülkemizde ticari olarak büyük ölçekli yapılacak bir güneş enerjisi tesisi kısa sürede kendini amorti edip yatırımcısına kâr elde ettirse de daha küçük ölçekli hane halkları için bu durum daha uzun vadeli bir geri dönüşüm sağlamaktadır. Bir şirket veya yatırımcı yatırımının karşılığını ortalama 6-8 yıl arası geri alırken aynı durum hane halkı için ortaya çıkan sonuçta iki katından fazla bir süreye karşılık gelmektedir.

Hane halkı için ticari işletmelere göre daha az avantajlı olsa da güneş enerjisinden elektrik üretip tüketmek rasyonel ve sürdürülebilir bir tercih olmaktadır. Günümüz şartlarında 25 ile 30 yıl arası kullanım ömrüne sahip bir tesisin maliyetini ortalama 18 yılda çıkartması hane halkına ortalama 10 yıl ücretsiz elektrik tüketimi sağlamaktadır. Ülke ekonomisine ve çevreye sağladığı katkı ise ayrıca göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKÇA

- [1] Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. 01.06.2018 tarihinde [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx) adresinden erişildi.
- [2] Çepik, B. (2015), Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları, Maltepe Üniversitesi SBE, İktisat ABD, Doktora Tezi, İstanbul.
- [3] İlbaş, M. (2014), Enerji-Politik Dünya ve Türkiye, Berikan Yayınevi, Ankara.
- [4] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı (2017), Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Sayı 15.
- [5] Alptekin, Z. (2014), Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye; Enerji Sorunu Açısından Potansiyeller ve Olanaklar Üzerine Kısa Bir Analiz, Krefeld-Almanya.
- [6] Önal, E. ve Albay, R.Z. (2010), Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl 9 Sayı: 18.
- [7] Özcan, M. (2013), Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Genişletme Planlamasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Etkileri, Kocaeli Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Kocaeli.
- [8] Güneş. 13.04.2018 tarihinde <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> sitesinden erişildi.
- [9] Görgün, T. (2009). Yenilenebilir Enerjiler ve Teknolojileri, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.
- [10] Gunessistemleri.com, Erişim Tarihi: 13.04.2018.
- [11] Enerjibes.com/gunes-enerjisinin-avantajlari-dezavantajlari-nelerdir, Erişim Tarihi: 04.06.2018.

- [12] Dünya Enerji Konseyi ve Türk Milli Komitesi, (2009), Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi.
- [13] Kılınç, F. C. (2015). Güneş Enerjisi Türkiye’deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri. Mühendis ve Makine, Cilt 56, Sayı 671, s 28-40.
- [14] Yalçın, L. (2010), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği’nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Güneş Enerjisinden Yararlanabilme Olanakları, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- [15] Ömürbek, V. ve Kınay, B. (2013), Havayolu Taşımacılığı Sektöründe Topsis Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi Y. 2013, C. 18, S. 3, s.343-363.
- [16] Dumanoglu, S. ve Ergül, N. (2010), İMKB’de İşlem Gören Teknoloji Şirketlerinin Mali Performans Ölçümü, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 48, 101-111.
- [17] TOPSIS Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution. 13.04.2018 tarihinde <http://www.muhslozdemir.com/blog/topsis/> sitesinden erişildi.
- [18] Markovic, Z. (2005), Modification of Topsis Method For Solving of Multicriteria Tasks, Yugoslav Journal of Operations Research Volume 20, Number 1, 117-143.
- [19] Ömürbek, N. ve Demirci, N. ve Akalın, P. (2013), Analitik Ağ Süreci ve Topsis Yöntemleri İle Bilimsel Seçimi, Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, Yıl 5 Sayı 9.
- [20] Akyüz, Y. ve Bozdoğan, T. Ve Hantekin E. (2011), Topsis Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi 3/1.
- [21] Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik. 13.04.2018 tarihinde <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-0-1160/elektrik-piyasasinda-lisanssiz-elektrik-uretimi-sitesinden-erisildi>
- [22] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Sayı 15, Yıl 2017, s. 14-15. (İki Farklı Tablo birleştirilmiştir.)
- [23] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Sayı 15, Yıl 2017, s. 8.