

PAPER DETAILS

TITLE: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi:
Türkiye Örneği

AUTHORS: Abdulkerim KARAASLAN,Semra AYDIN

PAGES: 1351-1375

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1141265>

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği¹

Abdulkirim KARAASLAN²
Semra AYDIN³



Geliş Tarihi/ Received	Kabul Tarihi/ Accepted	Yayın Tarihi/ Published
08/06/2020	17/09/2020	23/10/2020
Citation/Atıf: Karaaslan, A. ve Aydın, S., (2020), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 34(4): Sayfa: 1351-1375, DOI: https://doi.org/10.16951/atauniiib.749466		

Öz: Türkiye, artan nüfusuna ve teknolojik gelişmelere de bağlı olarak artan enerji ihtiyacını, mevcut fosil kaynaklı rezervleri ile karşılamadan uzaktır. Bunun sonucu olarak, enerji kaynağı açısından büyük oranda dışa bağımlı bir ülke durumundayız. Artan çevre bilinci ve enerji arz güvenliği yenilenebilir enerji kaynaklarını bir hayli önemli kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKV) yöntemlerini kullanarak Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı alternatifini belirlemektir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndaki uzmanların görüşleri ile doldurulan değerlendirme formlarından elde edilen bilgilere dayanarak AHS yöntemi ile kriter ağırlıklandırması ve COPRAS, MULTIMOORA yöntemi ile kaynak alternatiflerin sıralaması yapıp en uygun alternatif belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 4 ana kriter, 17 alt kriter ve 5 alternatif enerji kaynağı (Rüzgar, Güneş, Jeotermal, Biyokütle, Hidrolik) belirlenmiştir. Analiz sonucunda her iki yöntem ile de sırasıyla hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle'nin en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, AHP, COPRAS, MULTIMOORA

Evaluation of Renewable Energy Resources with Multi Criteria Decision Making Techniques: Evidence from Turkey

Abstract: Turkey growing energy needs, depending on the technological developments and increasing population does not meet the existing reserves of fossil origin. As a result, we are a country that is highly dependent on foreign resources in terms of energy resources, and renewable energy sources. Increased environmental awareness and energy supply security make renewable energy sources very important. The aim of this study is to identify the most suitable renewable energy source alternative for Turkey using MCDM methods. Based on the information obtained from the evaluation forms filled with the opinions of experts in the Ministry of Energy and Natural

¹Bu çalışma, Doç. Dr. Abdulkirim KARAASLAN danışmanlığında Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde yürütülen "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından türetilmiştir.

²Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, <https://orcid.org/0000-0003-2354-6404>

³Yüksek Lisans Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, <https://orcid.org/0000-0001-5766-2070>

Resources, criterion weighting with the AHP method and weighting of sources alternative with the COPRAS, MULTIMOORA method were calculated. In the study, 4 main criteria, 17 sub criteria and 5 alternative energy sources (Wind, Solar, Geothermal, Biomass, Hydraulics) were determined. As a result of the analysis, it was determined that hydroelectric, solar, wind, geothermal and biomass are respectively the most suitable renewable energy sources in both methods.

Keywords: Renewable Energy, AHP, COPRAS, MULTIMOORA

EXTENDED SUMMARY

Purpose

Renewable energy sources have an increasing importance in recent years, when it is considered especially in terms of energy deficit and the security of energy supply. In this study, it was aimed to determine the most suitable renewable energy source for Turkey from among solar, wind, geothermal, biomass and hydropower sources, which are currently widely used renewable energy sources.

Design/Methodology/Approach:

In the study, the responses of 3 engineers working in the Department of RES Project Development and Follow-up and 3 ENS assistant experts in the Directorate of Strategy Development Department of Strategic Management in the R.T. Ministry of Energy and Natural Resources to the evaluation form were compiled and used. In this study, a model based on Multi-criteria Decision Making Methods was created to determine the most suitable renewable energy source for Turkey. In the study, 4 main criteria and 17 sub criteria, which are commonly used in the literature, were used. AHP, COPRAS and MULTIMOORA methods were used in the study. Criterion weighting was performed by the AHP method. The alternatives were ranked with the COPRAS and MULTIMOORA methods.

Findings

When the COPRAS and MULTIMOORA methods were applied for the evaluation of renewable energy sources, the ranking obtained from the most suitable renewable energy source to the less suitable energy source was Hydropower energy, solar energy, wind energy, geothermal energy, and biomass energy. It was found that the most suitable alternative was hydropower and the worst alternative was biomass. In both methods, the results were found to be compatible with each other. In the selection of alternative energy sources, while the effect of the economic criterion was 42.37%, the effects of the environmental criterion, technical criterion and social criterion were 12.59%, 36.89% and 8.14%, respectively.

Research Limitations/ Implications:

In the study, analysis was performed with the data based on expert opinion. A subjective result was revealed by the nature of the data and methods used, which inevitable for Multi-criteria Decision Making Techniques. The study provided a general ranking of renewable energy sources for Turkey, and

the study can be made stronger by performing a different ranking for each region in future studies.

Originality/value:

Renewable Energy Sources have become increasingly important in recent years for the countries that cannot meet their energy needs with their own resources and are therefore dependent on foreign sources. In recent years, decision-makers and policy-makers have also adopted encouraging policies to make investment in renewable energy sources attractive in our country to reduce foreign dependency on energy and to ensure the security of energy supply. In particular, solar and wind energies have reached an investable point with the developing technology, and due to the investments made in recent years, the production from renewable energy sources has increased significantly. Based on these developments, the determination of the most suitable renewable energy source for Turkey is of great importance for decision makers, and this study will help decision makers and policy makers in this regard.

1. Giriş

Enerji kavramı modern toplumlar için çok önemlidir. İnsanların hayat standartlarını yükseltir ve ülkelerin sosyoekonomik yapısını büyük oranda etkiler. Gelişen dünya ülkeler arası rekabetin yoğunlaştığı bir alandır. Teknolojik gelişmelere ve nüfusun artması ile beraber insanların enerjiye olan talepleri de artmıştır. Vazgeçilmez bir unsur olan enerjinin tüketim oranı yılda ortalama %5 artmaktadır.

Türkiye’ de enerji gereksiniminin büyük bir oranı; petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kaynaklara dayalıdır. Fakat fosil kaynakların tüm ihtiyacı karşılamaktan uzak olması ve çevre kirliliğine neden olmasından dolayı dünyada ve Türkiye’de de güncel bir sorun haline gelmiştir. Yeterli fosil kaynak rezervine sahip olmayışımızdan dolayı enerjide dışa bağımlı olmamız kaçınılmaz bir durumdur. Artan çevre bilinci ve enerji arz güvenliği konusundaki hassasiyetler yenilenebilir enerji kaynaklarını önemli hale getirmiştir.

Yenilenebilir enerji, çevre dostudur ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir potansiyel barındırmaktadır. Mevcut potansiyel imkanlarının değerli olması çalışmamızın ana motivasyon kaynağı olmuştur.

2. Enerji

Enerji kelimesi, en ve iş anlamına gelen “ergon” kelimesinin birleşmesiyle ortaya çıkan energon’ dan türeyen Yunanca kökenli bir kelimedir (İnan, 2018). Enerji, insan hayatında olmazsa olmaz ihtiyaçtır ve yaşamın sürekliliği enerjinin varlığıyla sağlanır. İnsanoğlu ilk çağlarda enerji ihtiyacını beden gücü ile gidermiş ve daha sonra hayvan gücü kullanılmaya başlanmıştır. Ateşin keşfedilmesiyle odun ve kömür enerjisinden faydalanılmıştır. Teknoloji çağına

geçilmesiyle beraber keşiflerin artması sonucu kaynakların çeşitliliği de artmıştır (Gezen, 2015:2). Enerji ekonomik kalkınma açısından son derece önemli bir faktördür.

2.1. Enerji Çeşitleri

Günlük hayatımızın her anında kullanım yeri bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik, ısı, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, elektrik enerjisi gibi farklı şekillerde bulunmakta ve en uygun yöntemler ile kendi aralarında dönüştürülmektedir. Kullanma şekillerine göre de enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları (sürdürülebilir enerji) ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır (Koç ve Şenel, 2013: 33). Bu çalışma da Türkiye'nin yenilenebilir ve yenilenemez enerjileri hakkında bilgi verilecektir.

2.1.1. Yenilenemez (Tükenebilir) Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji kaynağı, tabiatta bulunup oluşması milyonlarca yıl süren, rezervleri sınırlı olan ve hızla tükenen enerji kaynağıdır. Yenilenemez enerji kaynakları iki türdür. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklar ve nükleer enerjilerdir (Adıyaman, 2012: 8).

- Kömür

Bataklık alanlarda biriken bitkiler sonucunda oluşan tabakaların değişime uğraması sonucunda meydana gelmektedir. Sanayi devrimiyle birlikte buhar gücünün; ulaşım ve sanayi sektöründe etkin olmaya başlaması ile dünya ekonomisinde önemli bir yere taşınmıştır. Kömür, dünya nüfusunun artması ile birlikte elektrik ihtiyacının giderilmesinde ve ısıya dönüşmesiyle önemi daha çok artmıştır. Dünyada 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Günümüzde kömürü korumaya alan ve değerlendirip kullanan ülkelerin gelişmişlik seviyesi yüksektir (ETBK, 2019).

Türkiye'de 2019 yılı itibari ile kömür enerji santralleri sayısı 67 adet olup 19.907,9 MW kurulu güce sahiptir (TEİAŞ, 2020a).

- Petrol

Petrol, hidrokarbondan oluşur. İçinde bulunan bileşimler ise; nitrojen, oksijen ve kükürttür. Katı, sıvı ve gaz halleri de vardır. Petrol, bitki ve hayvan kalıntılarının uzun yıllar boyunca fosilleşmeleri sonucu oluşur (Adıgüzel, 2018: 6).

- Doğal Gaz

Canlı kalıntılarının yer yüzeyinin alt katmanlarında fosilleşerek ısı ve basınç altında değişikliğe uğraması sonucu oluşan bir gazdır. Herhangi bir işlem yapılmadan direk kullanılabilen fosil yakıttır (TMMOB, 2006: 31). Türkiye petrol ve doğalgaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarların arasında jeo-stratejik bir konuma sahiptir. Bu sayede Türkiye çok büyük projelere imza atmıştır. Bu projelerin bazıları şunlardır: Türk akımı, Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP), Mavi Akım Boru Hattı, Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Boru Hattı, İran- Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı gibi.

2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, kullanılan enerjiye denk ve kaynağın tükenme hızından daha hızlı kendini yenileyip aynı kalabilen kaynaklardır. Fosil yakıtların hızla azalması, yüksek maliyetli olması ve çevre sorunlarına sebep olması yenilenebilir enerjinin önemini artırmıştır (Kaya, 2018: 32). Temiz, yerel ve yenilenebilir enerji, yalnızca Türkiye’de olduğu gibi bütün ülkelerde büyük öneme sahiptir. Tüm ülkeler, gelişme derecelerine bakmadan, yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanmak için teknolojilerini geliştirmeye ve uygulamaya çalışmaktadırlar. Türkiye'nin coğrafi konumu, bu kaynakların çoğunun donanımlı kullanımı için birçok avantaja sahiptir (Ediger ve Kentel, 1999: 744).

Bu makalede Türkiye’de bulunan; güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi olmak üzere beş yenilenebilir enerjiden bahsedilmiştir.

2.1.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olup bol ve çevre dostudur. Güneş enerjisinin küresel kapasitesi son yıllarda ciddi bir oranda artış göstermiştir (Lee ve Chang, 2018). Türkiye güneş enerjisi açısından çok iyi ve önemli bir konuma sahiptir.

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre yılda toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günde ortalama 7.5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi de 1.527 kWh/m². Yıl (Günde ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu bildirilmiştir. TEİAŞ’ın verilerine göre Aralık 2019 dönemi itibari ile güneş enerjisi 6.901 santral adedi ile 2019 yılını 5.995,2 MW kurulu güçle tamamlamıştır. TEİAŞ’ın Nisan 2020 dönemi itibarı ile santral sayısı 7.058’e yükselip kurulu gücü 6.134,2 MW olmuştur. Buradan da anlaşılabileceği üzere Türkiye’de güneş enerjisi yatırımları hızla ilerlemektedir ve elektrik üretiminin 7,2’si güneş enerjisinden elde edilmiştir.

2.1.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenmesi muhtemel olmayan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi, atmosferde ısınmaya, asit yağmurlarına ve CO₂ emisyonuna sebep olmayan, doğal bitki örtüsüne ve insan hayatına olumsuz etki etmeyen önemli bir kaynaktır. Ayrıca fosil yakıtlardan tasarruf sağlar, radyoaktif etkisi yoktur ve teknoloji gelişimi hızlıdır. Bu yenilenebilir enerji kaynağı kolay ve hızlı bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürülebilir (Güler, 2005).

Yarımada olan Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli açısından jeopolitik konum olarak iyi bir konumdadır. Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyeli en çok Ege, Doğu Akdeniz ve Marmara bölgelerinde bulunmaktadır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri arasında yer alan Türkiye en yüksek rüzgâr enerji potansiyeline sahip ülkedir (Kaya, 2018).

Rüzgâr Enerji Potansiyeline (REPA) göre Türkiye yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki alanlarda 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahiptir ve bu alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği

belirtilmiştir. Nisan 2020 dönemi itibari ile 7.762,8 MW toplam kurulu güce sahip 275 Rüzgâr Enerji Santrali (RES) devrededir. Elektrik üretimimizin de % 14,5'ini karşılamaktadır. Ege bölgesi yatırımın en çok yapıldığı bölgedir ve ilk sırada İzmir, sonra Balıkesir şehirleri almaktadır (Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği [TÜREB], 2020).

2.1.2.3. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerjisi

Hidroelektrik enerjisi suda meydana gelen hareketin oluşturduğu enerjinin elektrik enerjisine dönüşümüdür. Yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisinin en geniş çaplı kullanım türü ırmakların üstünde barajlar yaparak suyu büyük bir alanda biriktirip suyun neden olduğu enerjiden faydalanarak elektrik enerjisini üretmektir. Bu enerjiye sahip olmak içinde Hidroelektrik santralleri kullanılır (Damgacı, vd., 2017: 631).

Türkiye Dünya'da işlevli hale getirilebilecek hidroelektrik potansiyelinin %1,5'ine sahiptir. (TMMOB, 2006). Türkiye yüksek hidroelektrik enerjisi potansiyeline sahiptir ve bu potansiyelini üretim aşamasında avantaja çevirmiştir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları içinde en önemli pay hidroelektrik kaynaklardır ve hidroelektriğin, pahalı olan elektriği ucuza üretme konusunda fiyatı dengeleyici bir rolü vardır. İthal edilmeyen yenilenebilir enerji kaynağı olan bu yenilenebilir enerji ülkenin enerji ihtiyacının giderilmesinde önemli bir yere sahiptir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

2020 nisan ayı itibari ile işletmede bulunan 28.713,5 MW kurulu güce sahip 685 adet Hidroelektrik Santrali (HES) bulunmaktadır. Elektrik üretimimizin %42,7'si Hidroelektrik santrallerinden karşılanmaktadır (TEİAŞ, 2020b).

2.1.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun farklı derinliklerinde toplanmış ısının oluşturduğu, bölgesel atmosferdeki ortalama sıcaklığın üstüne çıkan ve çevrede sürekli bulunan yeraltındaki ve yerüstündeki sulara oranla daha çok eriyen mineraller, gazlar ve birçok çeşidi olan tuzlar içeren sıcak su ve suyun buhara dönüşmesi olarak tanımlanır. Jeotermal enerjide bu sayılanlardan direkt veya indirekt faydalanmaktadır (Dağıstan, 2006). Bu enerji; sürdürülebilir, temiz, ucuz ve çevre dostudur. Türkiye de jeolojik ve coğrafik konumu itibariyle aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığından dolayı jeotermal kaynağı açısından dünya ülkeleri arasında zengin bir konumda bulunmaktadır. Türkiye'nin her tarafına yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal bir çıkış şekil sergileyen ve değişik sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklar bulunmaktadır (ETKB, 2019). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) araştırmalarına göre Türkiye'nin Jeotermal kaynaklarının 90'ı düşük ve orta sıcaklıktadır ve doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için uygunken kalan %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Jeotermal enerjisinden elektrik üretimine 1975'de Kızıldere Santraliyle 0,5 MW güç ile başlamıştır.

2019 yılı sonu itibari ile işletmede bulunan 1.514,7 MW kurulu güce sahip 54 Jeotermal Enerji Santrali (JES) bulunmaktadır. Elektrik üretiminin %5,3'ü jeotermal enerjiden karşılanmaktadır (TEİAŞa, 2020).

2.1.2.5. Biyokütle Enerji

Biokütle enerjisi, hayatımızdaki organik atıkların fosil hale gelmeden önce yanma tepkimesi geçirerek elde edilen enerjidir (Özmen, 2018). Bitkilerden ve hayvanlardan türeyen katı karbonlu materyali de ifade etmektedir. Tarım ve ormancılık kalıntıları, hayvan atıkları ve gıda işleme faaliyetlerinden kaynaklanan atıklarda dahil edilebilir. Fotosentez yaparken bitkiler az miktar da olsa güneş enerjisi kullanır ve bu sıkışmış enerji farklı türlerde kullanılabilir (Kaygusuz ve Türker, 2002).

Türkiye jeopolitik konumundan ve meteorolojisinden dolayı tarımda ve orman işleri açısından çok avantajlıdır. Tarıma dayalı alanlar, otlanan alanlar ve ormanlık bölgelerin tamamı Türkiye'nin tüm yüzeyine oranı %93,6'sını oluşturmaktadır. Türkiye de şuanda daha modern usuller kullanarak biyokütle enerjisi üretimi gelişim aşamasındadır. Bu alanın finansmanı farklı yenilenebilir enerji kaynaklarına kullanıldığından dolayı çok fazla ilerleme olmamıştır (Karagöl ve Kavaz, 2017). 2019 Aralık ayı sonu itibari ile işletmede bulunan 181 tane santralin kurulu gücü 801,6MW'tır. Elektrik üretiminin 2.6'sı biyokütle kaynaklarından karşılanmaktadır (TEİAŞ, 2020a).

3.Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri

Bu bölümde, üç ÇKKV yöntemi hakkında kısa bir şekilde yorumlayıp aşamalarından bahsedilecektir.

- AHS
- COPRAS
- MULTIMOORA

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

AHS Thomas L. Saaty (1980) tarafından ÇKKV problemleri çözümü için geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan ÇKKV yaklaşımlarından biridir. Kriter seçiminde, kriter önem analizinde ve alternatif değerlendirmeye yardımcı olur (Qu vd., 2018).

Çoklu karar verme problemlerinde AHS yöntemini kullanırken farklı paket programları kullanılabilir. İçlerinde en yaygın olan "Expert Choice" ve "Super Decision" paket programlarıdır. Bu programlarda model oluşturabilmek için görsel araçlar ve menüler mevcuttur. AHS modeli Ms. Excel'de de kolaylıkla modellenebilir ve çözümlenebilir (Yıldırım ve Önder, 2015). Bu çalışmada da Excel kullanılmıştır.

AHS' nin çözümlenebilmesi için gereken aşamalar aşağıda formülleri ile birlikte verilmiştir.

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması (Saaty, 2008).

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.1)$$

Karar vericinin kriter i ile kriter j 'yi karşılaştırdığı zaman, kriter i 'nin kriter j 'ye göre ne oranda tercih edildiğini gösteren ifadedir. $i=j$ olduğunda, 1 değerini alacaktır.

Bu matrislerin oluşturulması için Saaty tarafından aşağıdaki bi 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılır. (Saaty 1990). Karşılaştırmalar, ikili karşılaştırma matrisinin bütün değerleri 1 olan köşegeninin üst kısmında yer alan değerler için yapılır. Köşegenin alt kısmında yer alan bileşenler için ise aşağıdaki Eşitlik (2.2) kullanılır. (Özbek, 2017).

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3.2)$$

Tablo 1. Karşılaştırma Ölçeği

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit değerde öneme sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemli sayılmıştır.
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Kriter diğer kriterlere göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir kriterin diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır

Adım 3: İkili karşılaştırılan matrislerin normalize edilmesi: İkili matrisler oluşturulduktan sonra oluşan elamanlar Eşitlik (2.3)'teki gibi kendi sütun toplamına bölünüp normalize edilecektir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (2.3)$$

Adım 4: Öncelik vektörü hesaplanır: Normalize edilmiş matris aşağıdaki Eşitlik (2.4)'e göre her bir satırın toplamını, matrisin boyutuna bölüp ortalaması alınır.

$$wi = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n a'_{ij}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

Adım 5: Tutarlılık oranı hesaplaması: İkili karşılaştırmadan sonra oluşan bir A matrisinin tutarlı olup olmadığını belirlemek için “Tutarlılık İndeksi” adı verilen (TI) katsayısı hesaplanır.

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.5)$$

Fakat bu hesaplamayı yapmadan önce “özdeğer” olarak nitelendirilen $\lambda_{\max}$ bulunur. Eşitlik (2.6) kullanılarak bulunur.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right] \quad (2.6)$$

$\lambda_{\max}$ hesaplamak için şu adımlar uygulanabilir:

Eşitlik (2.7)’deki karar matrisindeki ikili karşılaştırma matrisi ile bu matrise ait öncelik vektörü değerleri ile çarpılarak ağırlıklı toplam vektörü bulunur.

$$AW = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

- Eşitlik (2.8) kullanılarak toplam vektörün her bir elemanı öncelik vektörüyle aynı indisli elemanına bölünerek her bir değerlendirme kriterine ilişkin d_i değeri elde edilir.

$$d_i = \frac{x_i}{w_i} \quad (2.8)$$

- Bu işleminin sonucunda çıkan kritere ilişkin değerler toplamının bölünmesiyle $\lambda_{\max}$ bulunur. Eşitlik (2.9)’ da gösterilmiştir.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (2.9)$$

ve tutarlılığı değerlendirebilmek için “Random indeks” yani (RI) değerinin de bilinmesi gerekiyor (Supçiller ve Çapraz, 2011).

Tablo 2. Matrisler için RI değerleri (Supçiller ve Çapraz, 2011).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

RI, Tablo 2’de görüldüğü gibi sadece 15 olan matrisler içindir. Kriter sayısı arttıkça tutarlı sonuç elde etme olasılığı düşmektedir.

Tutarlılık indeksi ve Random indeksi belirlendikten sonrada “tutarlılık oranı” Eşitlik (2.9)’deki gibi hesaplanacaktır.

$$T O = \frac{T I}{R I} \quad (2.10)$$

Tutarlılık oranı 0,10’da küçük ise oluşturulan karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Eğer 0,10’dan büyük ise tutarsız olduğu kararlaştırılır.

Adım 6: Kriterlerin genel ağırlıklarının hesaplanması. Ana kriter ve alt kriterlerin öncelik vektörleri çarpılarak global ağırlıklar (q_i) bulunur.

3.2. COPRAS Yöntemi

Zavadskas ve Kaklauskas tarafından 1996 yılında geliştirilmiştir. COPRAS(Complex Proportional Asesement)"Karmaşık Oransal Değerlendirme" anlamına gelir. Bu yöntem nicel ve nitel kriterleri değerlendirebilen ÇKKV yöntemidir. Kriterlerin maks ve min yönlü oluşlarını dikkate alır (Özbek, 2017). Bu yöntem tek başına kriter ağırlıklarını hesaplayamadığı için başka ÇKKV yöntemlerinden biri ile kriter ağırlıkları hesaplamasını yapar. COPRAS yöntemi uygulama adımları şu şekilde sıralanabilir (Kaklauskas vd., 2005).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması. Eşitlik (2.11)’ de gösterilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m; \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (2.11)$$

Adım 2: Karar matrislerinin normalleştirilmesi. Eşitlik (2.12) kullanılarak matris normalleştirilir.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m; \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (2.12)$$

Burada ki q_i kriter ağırlığını göstermektedir. COPRAS yönteminin kriter ağırlığı belirlemek gibi bir uygulaması yoktur bu çalışmada AHS yöntemi adım 6’da bahsedildiği gibi elde edilmiştir.

Adım 3: Ağırlıklı indekslerin toplanması. S_j değeri minimum yönlü kriterlere göre hesaplanır ve ne kadar küçük olur ise hedefe ulaşmak bir o kadar

yüksek olur. Aynı şekilde maksimum yönlü kritere göre hesaplanan S_{+j} de ne kadar büyük olursa hedefe ulaşmak o kadar yüksek olur (Özbek ve Erol, 2016).

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; \quad S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m; \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (2.13)$$

Adım 4: Alternatiflerin göreceli öneminin hesaplanması. Alternatiflerin karşılaştırılması ile bulunan göreceli önem değerini Q_i Eşitlik (2.14) kullanarak hesaplanır.

$$Q_i = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \sum_{j=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \sum_{j=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_{-i}}}, \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m; \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (2.14)$$

Q_j büyükten küçüğe doğru sıralama yapılır.

Adım 5: Alternatiflerin fayda derecesinin belirlenmesi. Eşitlik (2.15)'de alternatiflerin fayda derecelerinin nasıl bulunacağını göstermiştir. N_j değeri büyüdükçe daha fazla tercih edilen alternatif anlamına gelir (Ghorabae vd., 2014).

$$N_j = \left(\frac{Q_i}{Q_{\max}} \right) \times 100\% \quad (2.15)$$

3.3. MULTIMOORA

Çok kriterli karar verme yöntemi olan MULTIMOORA Brauers ve Zavadskas tarafından 2010'da ortaya çıkarılan ve son zamanlarda sıkça kullanılan yeni bir yöntemdir. Bu yöntem; MOORA Oran, MOORA Referans Noktası Yaklaşımı ve MOORA- Tam Çarpım Formu yöntemlerinin birleştirilmesiyle oluşmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2013).

MULTIMOORA tek başına bir yöntem değil. MOORA yönteminde olan yaklaşımlarından bulunan sonuçların sıralanması "Sıra Baskınlık Teorisine" göre değerlendirilip tek bir sıra haline getirilmesi ile MULTIMOORA yöntemi oluşur.

Adım 1: Başlangıç matrisinin oluşturulması (Brauers ve Zavadskas, 2010).

Oluşturulacak matriste satırda alternatifler sütunda ise kriterler gösterilir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Burada x_{ij} , i . seçeneğin j . kritere göre performans değerlerini gösterir. m alternatifleri n ise kriterlerin sayısını göstermektedir.

Adım 2: Matris normalize edilir.

Kullanılan çoklu kriterlerden bulunan alternatiflerin derecelendirmeleri farklı boyutlara sahip olabileceğinden dolayı derecelendirmeler için ÇKKV modelinde kullanılmadan önce normalleştirilmelidir (Hafezalkotob vd., 2019).

Matris normalize edilirken maksimum ya da minimum durumlarına bakılmadan eşitlik (2.17)'de ki formül kullanılarak yapılır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.17)$$

3.3.1. MOORA- Oran Yaklaşımı

Adım 3: Karar seçeneklerinin performansları hesaplanır.

Normalize edildikten sonra maksimum yönlü kriterlerin değerleri toplamından minimum yönlü kriterler toplamının çıkarılması ile bulunur. Eşitlik (2.18)'de gösterilmiştir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (2.18)$$

y_i^* i . Seçeneğinin tüm kriterlerin normalize edilmiş değerlerinin ifadesidir. y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birinci sırada olan seçenek en uygunu olarak belirlenir (Fedojev vd., 2019).

3.3.2. MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı

MOORA-Oran yaklaşımıyla elde edilen veriler esas alınmıştır. Bu yöntemde de alternatiflerin her bir kriterle maksimum durumunda en iyi, minimum durumda ise en kötü değeri, referans noktası (r_i) olarak belirlenir. (2.19) Eşitliği kullanarak seçenekleri her kriterle göre referans noktasına olan uzaklıkları hesaplanacaktır (Stanujkic vd., 2012).

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (2.19)$$

Daha sonra her seçeneğin maksimum değeri hesaplanır (P_i) ve karar seçenekleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Eşitlik (2.20) kullanılarak elde edilir.

$$P_i = \min_i (\max_j d_{ij}) \quad (2.20)$$

3.3.3. MOORA-Tam Çarpım Formu

MOORA-Oran yöntemine benzerdir. MOORA-Tam Çarpım yönteminde de faydayı en üst düzeye çıkarma, maliyeti en aza indirme fikrine dayanmaktadır. MOORA-Oran yöntemi ile arasındaki fark bu yöntemde çarpım formu kullanılır (Lin vd., 2019). Her bir seçeneğin değerinin belirlenmesi için, sürecin başlangıcında belirlenen maksimum yönlü verilere çarpılıp minimum yönlü verilerin çarpımına bölünerek bulunur (Balezentis vd., 2010).

Eşitlik (2.21)'de gösterilmiştir

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (2.21)$$

Maksimum ve minimum yönlü verilerin çarpımı Eşitlik (2.22) ve (2.23) ile gösterilmiştir.

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gi} \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.22)$$

m , alternatiflerin sayısı, j ise maksimum yönlü kriterlerin sayısını ifade etmektedir.

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{ki} \quad (2.23)$$

$(n-j)$, minimum yönlü kriterlerin sayısıdır. U_i seçeneklerin sonuçlarını göstermektedir. Büyükten küçüğe doğru sıralanır. En uygun alternatif birinci sıradaki seçilir.

4.Literatür Taraması

Tablo 3’de ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 3: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Seçimi Çalışmaları

Yazar	Yöntem	Ülkeler	Alternatif	Kriterler	Sonuç
Tasri ve Susilawati (2014)	AHS	Endonezya	Güneş, Hidro, Jeotermal, Rüzgar, Biyokütle	15 kriter	Hidroelektrik
Troldborg vd., (2014)	PROMETH EE	İskoçya	Güneş, rüzgar, hidro, jeotermal	9 kriter	Güneş
Mourmouris ve Patolias (2013)	REGIME	Yunanistan	Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal	16 kriter	Rüzgar
Sadeghi vd., (2012)	AHS Bulanık TOPSIS	İran	Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal	13 kriter	Güneş
Boran vd., (2012)	Bulanık TOPSIS	Türkiye	Fotovoltaik rüzgar hidroelektrik jeotermal	5 kriter	Hidroelektrik
Şengül vd., (2015)	ENTROPI Bulanık TOPIS	Türkiye	Hidro, rüzgar dalga , jeotermal, biyokütle	8 kriter	Hidroelektrik
Büyüközkan ve Güleriyüz (2016)	DEMATEL ANP	Türkiye	Rüzgar, Güneş jeotermal biyokütle, hidro	23 kriter	Rüzgar
Amer ve Daim (2011)	AHP	Pakistan	Biyokütle, Rüzgar, güneş Güneş pili	20 kriter	Biyokütle

Tablo 3 Devamı: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Seçimi Çalışmaları

Kahraman vd., (2009)	Bulanık AHS Bulanık AD	Türkiye	Biyokütle, hidro, jeotermal, rüzgar , güneş	17 kriter	Rüzgar
Çelikbilek ve Tüysüz(2016)	ANP DEMATEL VIKOR	Türkiye	Güneş Rüzgar Hidroelektrik Jeotermal Biyokütle	11 kriter	Güneş
Nigim vd., (2004)	SIMUS AHS	Kanada	Güneş fotovoltaiik, rüzgar , jeotermal, hidro, güneş	6 Kriter	Güneş
Köne ve Buke, (2007)	ANP	Türkiye	Doğal gaz, hidroelektrik, kömür, sıvı yağ, Nükleer, biyokütle, jeotermal, rüzgar güneş	4 kriter	Hidroelekt rik
San Cristoball (2011)	VIKOR	İspanyol	Hidroelektrik Güneş, güneş termo-elektrik fotovoltaiik, biyokütle biyogaz biyoyakıt, Rüzgar		Biyokütle
Streimikiene vd., (2016)	AHS ARAS	Litvanya	Biyokütle, Hidro, Jeotermal, Nükleer	20 kriter	Nükleer enerji
Ahmad ve Tahar (2014)	AHP	Malezya	Hidro, Güneş, Rüzgar, Biyokütle	12 kriter	Güneş
Özcan vd., (2017)	TOPSIS ANP	Türkiye	Rüzgar, biyokütle, Hidro, Güneş, Jeotermal	9 kriter	Rüzgar
Karaca vd., (2017)	COPRAS	Türkiye	Rüzgar, jeotermal, Güneş, Hidro, Biyokütle	24 kriter	Rüzgar
Çolak ve Kaya (2017)	Bulanık AHS TOPSIS	Türkiye	Rüzgar, Güneş, Hidro, Jeotermal, Biyokütle, Hidrojen, Dalga	29 kriter	Rüzgar
Garni vd., (2016)	AHS	Suudi Arabistan	Güneş PV, Güneş, Rüzgar, Biyokütle, Jeotermal	14 kriter	Güneş PV
Kaya ve Kahraman (2010)	VIKOR AHS	Türkiye (İstanbul)	Jeotermal, Güneş, Rüzgar, Hidrolik, Biyokütle	9 kriter	Rüzgar
Rani vd., (2019)	VIKOR	Hindistan	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Biyokütle	13 kriter	Rüzgar
Ayan ve Pabuçcu (2013)	AHS	Türkiye	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Biyoyakıt	17 kriter	Hidroelekt rik
Ertay vd., (2013)	MACBETH AHS	Türkiye	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgar,Jeotermal,	15 kriter	Rüzgar
Kabak ve Dağdeviren (2014)	BOCR ANP	Türkiye	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Biyokütle	19 kriter	Hidroelekt rik

5. Uygulama

Bu bölümde, AHS, COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri ile Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmiştir.

Karar vericilerin görüşleri ve literatür taraması sonucu 4 ana kriter (ekonomik (K1), çevresel (K2), teknik (K3), sosyal kriterler (K4)) ve 17 alt kriter (yatırım maliyeti (K11), bakım ve işletim maliyeti (K12), elektrik üretim maliyeti (K13), ekonomiye katkısı (K14), geri ödeme periyodu (K15), karbon salınım miktarı (K21), alan gereksinimi (K22), çevreye uyum planlarına uygunluk (K23), atık arıtım gereksinimi (K24), bölgesel potansiyel (K31), teknoloji kullanım kolaylığı (K32), kurulu güç (K33), enerji üretim miktarı/etkililik (K34), işletme ömrü (yıl) (K35), risk (K36), istihdam oranı (K41), sosyal kabul edilebilirlik (K42) belirlenmiştir.

Tablo 4: Çalışmada kullanılan alternatifler, kriterler ve alt kriterler

Alternatifler	Kriterler	Alt kriterler
(A1) Rüzgar	(K1) Ekonomik	(K11) Yatırım maliyeti
(A2) Güneş		(K12) Bakım ve işletme maliyeti
(A3) Jeotermal		(K13) Elektrik üretim maliyeti
(A4) Biyokütle		(K14) Ekonomiye katkısı
(A5) Hidroelektrik		(K15) Geri ödeme periyodu
	(K2) Çevresel	(K21) Karbon salınım miktarı/oranı
		(K22) Alan gereksinimi
		(K23) Çevreye uyum planlarına uygunluk
		(K24) Atık arıtım gereksinimi
	(K3) Teknik	(K31) Bölgesel Potansiyel
		(K32) Teknoloji kullanım kolaylığı
		(K33) Kurulu güç
		(K34) Enerji üretim miktarı/etkililik
		(K35) İşletme ömrü (yıl)
		(K36) Risk
	(K4) Sosyal	(K41) İstihdam oranı (iş yaratma)
		(K42) Sosyal kabul edilebilirlik

5.1. AHS

Çalışma için T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından 6 karar vericinin görüşü olarak değerlendirme yapılmıştır. Tablo 1’de gösterilen 1-9 skalası kullanılarak her bir karar verici tarafından karar verme matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra her bir karar verici için hesaplamalar yapılarak ana ve alt kriterler için ağırlıklar bulunur. Daha sonra 6 karar verici için oluşturulan ana ve alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisleri geometrik ortalama ile birleştirilmiştir. AHS’nin bütün adımları tek tek uygulanmıştır. Tablo 5’de ana

ve alt kriterlerin local ve global ağırlıkları gösterilmiştir. Global ağırlıklar ana kriterlerin ağırlıkları ile alt kriterlerin ağırlıkları çarpılarak bulunmaktadır.

Tablo 5: Global Ağırlıklar

Kriterler	Local ağırlıklar	Global Ağırlıklar
K1 ekonomik	0,424	
	K11 yatırım maliyeti	0,155
	K12 bakım ve işletme maliyeti	0,28
	K13 elektrik üretim maliyeti	0,273
	K14 ekonomiye katkısı	0,144
	K15 geri ödeme periyodu	0,149
K2 çevresel	0,126	
	K21 karbon salınım miktarı	0,182
	K22 alan gereksinimi	0,147
	K23 çevreye uyum	0,265
	K24 atık arıtım gereksinimi	0,405
K3 teknik	0,369	
	K31 bölgesel potansiyel	0,174
	K32 teknoloji kullanım kolaylığı	0,107
	K33 kurulu güç	0,105
	K34 enerji üretim miktarı	0,237
	K35 işletme ömrü	0,132
	K36 risk	0,246
K4 sosyal	0,081	
	K41 istihdam oranı	0,342
	K42 sosyal kabul edilebilirlik	0,658

Sonuçlara göre ana kriterler kendi içerisinde karşılaştırıldığı zaman en önemli kriter 0,424 ile ekonomik kriterdir. Ekonomik kriteri 0,369 ile teknik kriter 0,126 ile çevresel kriter ve 0,081 ile sosyal kriter izlemektedir. Alt kriterlerde ise global kriter ağırlıklarına bakıldığı zaman, en önemli alt kriter bakım ve işletme maliyeti (K12) iken en önemsiz alt kriter istihdam oranı (K42) olarak belirlenmiştir.

5.2 COPRAS

Türkiye'deki en uygun yenilenebilir enerji kaynağını seçmek için çalışmadaki 4 ana kriter ve 17 alt kriter için AHS yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra COPRAS yöntemi ile de en uygun alternatif belirlenmiştir. Bu kriterler maksimum ve minimumluk durumuna göre MULTIMOORA yönteminde de kullanılmıştır.

Tablo 6: Normalize ve Ağırlıklandırılmış Matrisi

Amaç	Min	Min	Min	Max	Min	Min	Min	Max	Min
AHS sonucu kriter ağırlıkları	0,066	0,119	0,116	0,061	0,063	0,023	0,019	0,033	0,051
	K11	K12	K13	K14	K15	K21	K22	K23	K24
A1	0,007	0,017	0,019	0,012	0,014	0,002	0,003	0,008	0,006
A2	0,013	0,013	0,013	0,012	0,01	0,004	0,004	0,009	0,005
A3	0,019	0,036	0,03	0,012	0,016	0,009	0,003	0,005	0,021
A4	0,019	0,043	0,043	0,009	0,018	0,005	0,004	0,005	0,012
A5	0,008	0,009	0,011	0,015	0,006	0,004	0,004	0,007	0,007

Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max
Global Ağırlıkları	0,064	0,039	0,039	0,087	0,049	0,091	0,028	0,054
	K31	K32	K33	K34	K35	K36	K41	K42
A1	0,014	0,009	0,01	0,022	0,01	0,012	0,006	0,012
A2	0,014	0,009	0,007	0,015	0,01	0,008	0,005	0,016
A3	0,011	0,007	0,007	0,018	0,009	0,023	0,005	0,01
A4	0,014	0,007	0,002	0,008	0,007	0,027	0,006	0,009
A5	0,012	0,008	0,012	0,025	0,014	0,021	0,006	0,007

Excel programında COPRAS formülleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmada 6 kara vericinin 1-9 skalası ile doldurdukları görüşleri geometrik ortalama ile birleştirilmiştir. Daha sonra Eşitlik (2.12) kullanılarak Tablo 6 oluşturulmuştur. COPRAS yönteminin adımları tek tek uygulanmıştır ve sonuçlar Tablo 7’de gösterilmiştir.,

Tablo 7: COPRAS Performans Değerleri

	S_{+i}	S_{-i}	Q_i	N_i	Sonuç
A1	0,102	0,081	0,648	87,35	3
A2	0,096	0,069	0,733	98,75	2
A3	0,083	0,156	0,365	49,21	4
A4	0,067	0,171	0,326	43,88	5
A5	0,106	0,069	0,742	100	1

Performans indeksi 100 olan alternatif COPRAS yöntemi için en uygun alternatiftir. Alternatiflerin performans indeks değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Sıralamaya göre en uygun alternatif hidroelektrik seçilmiştir. Hidroelektriği takip eden alternatifler sırasıyla: Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerjisi ve en kötü alternatif biyokütledir.

5.3. MULTIMOORA

Çalışmada 6 karar vericinin görüşleri geometrik ortalama ile birleştirilmiştir. MULTIMOORA yöntemine Tablo 8'deki karar matrisinin oluşturulmasıyla başlanacaktır. Daha sonra normalize edilip ağırlıklandırılmış matrisi oluşturulup MOORA-Oran, MOORA-Referans noktası yaklaşımı ve MOORA-Tam çarpım yöntemleri aşamaları uygulanmıştır

Tablo 8: Başlangıç Matrisi, Kriter Ağırlıkları ve Yönleri

	K11	K12	K13	K14	K15	K21	K22	K23	K24
Amaç	min	min	min	max	min	min	min	max	min
Global ağırlıklar	0,066	0,119	0,116	0,061	0,063	0,023	0,019	0,033	0,051
A1	1,817	2,962	2,884	6,428	3,238	1,122	3,238	7,319	1,906
A2	3,26	2,289	2,04	6,265	2,239	1,906	3,942	7,979	1,698
A3	4,916	6,236	4,545	6,338	3,564	4,824	2,798	4,702	6,99
A4	4,899	7,586	6,587	4,67	3,984	2,402	3,772	4,598	4,16
A5	2,04	1,648	1,619	8,002	1,26	1,944	4,294	6,041	2,33
K.TOP:	66,25	113,2	79,15	206,6	45,66	37,71	66,52	197	78,11
K.KÖK:	8,14	10,64	8,896	14,37	6,757	6,141	8,156	14,03	8,838

	K31	K32	K33	K34	K35	K36	K41	K42
Amaç	max	max	max	max	max	min	max	max
Global ağırlıklar	0,064	0,039	0,039	0,087	0,049	0,091	0,028	0,054
A1	7,756	7,586	6,976	7,413	6,127	2,33	6,338	6,463
A2	8,137	7,438	4,909	4,966	6,143	1,414	5,96	8,191
A3	6,106	6,099	4,686	6,106	5,396	4,347	5,556	5,144
A4	7,958	5,754	1,648	2,749	4,189	5,007	7,249	4,852
A5	6,649	6,822	8,653	8,485	8,653	3,888	6,934	3,65
K.TOP:	271,2	229,7	172,3	196,5	196,8	66,51	207,2	172,2
K.KÖK:	16,47	15,16	13,13	14,02	14,03	8,156	14,39	13,12

Tablo 9'da MOORA-Oran yaklaşımının sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 9: MOORA-Oran yaklaşımına göre seçenekleri sıralama

	Y_i^*	Sıralama
A1	0,057	3
A2	0,067	2
A3	-0,135	4
A4	-0,197	5
A5	0,087	1

MOORA-Referans noktası yaklaşımını bulmak için alternatiflerin her bir kritere göre maksimum durumunda en iyi olanı, minimum durumda ise en kötü

değeri alarak referans noktası (r_i) olarak belirlenir. R_i değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: R_i Değerleri

0,015	0,018	0,021	0,034	0,012	0,004	0,006	0,019	0,01	0,032	0,02	0,025	0,053	0,03	0,016	0,014	0,033
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------

Daha sonra Eşitlik (2.19) kullanarak ağırlıklandırılmış veriler ile Tablo 10'da ki R_i değerleri kullanarak seçenekleri her bir kritere göre referans noktasına olan uzaklıkları hesaplanacaktır. Sonuçlar Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11: MOORA-Referans Noktası Yaklaşımına Göre Seçenekleri Sıralama

	P_i	Sıralama
A1	0,018	1
A2	0,022	2
A3	0,051	4
A4	0,07	5
A5	0,03	3

Maksimum olanlar çarpılıp minimum yönlü verilerin çarpımına bölünmesi ile de MOORA-Tam Çarpım formu bulunacaktır sonuçlar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12: MOORA-Tam Çarpım Formuna Göre Seçenekleri Sıralama

	MAK ÇARP	MİN ÇARP	Ui	Sıralama
A1	35924412,73	811,3735048	44276,05	2
A2	22120881,97	615,1345005	35961,05	3
A3	4895722,775	203667,2735	24,03785	4
A4	656094,0377	184020,7566	3,565326	5
A5	35259639,73	518,4395032	68011,1	1

Uygulanan MOORA metotlarının sonunda, yapılan sıralamalar toplu bir şekilde değerlendirilmiş ve bir baskınlık karşılaştırması yapılarak sıralamaya konulmuştur.

Tablo 11: MULTIMOORA Yaklaşımına Göre Seçeneklerin Sıralaması

	ORAN	REFERANS	TAM ÇARPIM	MULTIMOORA
A1	3	1	2	3
A2	2	2	3	2
A3	4	4	4	4
A4	5	5	5	5
A5	1	3	1	1

Sonuç

Enerji ülkelerin ekonomik kalkınmasında ve refah seviyesini belirlemede çok önemli bir payı vardır. Türkiye 2018 yılında enerji sektöründe desteklere ve teşviklere verdiği maddi destek 8 milyar doları aşmıştır. Türkiye güneş, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik enerji gibi bol miktarda yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen enerji ihtiyacımızın çok büyük bir payını fosil enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Türkiye enerjisini %65-70 oranında dışarıdan temin etmektedir. Türkiye dışa bağımlılığını azaltıp arz güvenliğini sağlamak için yeni adımlar atmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) elektrik piyasası eylül ayı raporuna göre 2018 yılında yenilenebilir enerjinin üretimdeki payı %18,15 iken 2019 yılının eylül ayında %35,45 olmuştur. Yani yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilen elektrik enerjisi üretiminde büyük oranda artış göstermiştir. Bu oranın bu kadar artış göstermesinin sebebi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik; yatırımcı teşvik edilmesi için uygulanan bazı politikaların sonuçlarıdır. Doğru hamleler ile ilerleyen zamanda yenilenebilir enerjilere büyük oranda dönüş sağlanabilir ve mali açıdan da düşüş sağlanabilir.

Bu çalışmada hedef ülkemiz için enerji politikasına katkıda bulunmak. Türkiye’de bulunan yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgar, güneş, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle kaynakları değerlendirmek için enerji seçim problemlerinin çözümünde popüler hale gelen ÇKKV teknikleri kullanılmıştır. Çünkü bu tür problemlerde çoklu ve sıklıkla çelişen kriterler içermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını sıralamak için çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri olan COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri kullanılmıştır. Ekonomik, çevresel, teknik ve sosyal kritere bağlı 17 alt kriter ele alınmıştır. Bu kriterler literatürden belirlenmiştir. Çok sayıda kriter ele aldığımızdan dolayı ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıklandırması yapılmıştır. Çalışma T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığında ki Yek Proje Geliştirme ve Takip Dairesi Başkanlığında bulunan 3 mühendis ve Strateji Geliştirme Başkanlığı Stratejik Yönetim Dairesi Başkanlığında görev yapan 3 ETK uzman yardımcısının görüşlerine başvuru yapılmıştır. Çalışmada kullanılan AHP, COPRAS ve MULTIMOORA yöntemlerinde Excel programından faydalanılmıştır.

Uzmanların verdiği cevaplara göre analiz sonuçları şu şekildedir Enerji alternatifleri seçiminde ekonomik kriterin etkisi %42,37, çevresel kriterin etkisi %12,59, teknik kriterinin etkisi %36,89 ve sosyal kriterin etkisi %8,14’ tür. Ekonomik kriterin yenilenebilir enerji değerlendirilmesinde en önemli faktör olduğunu, bunu teknik, çevresel ve sosyal kriterleri izlemektedir. Sosyal kriterde genellikle sonlarda yer almaktadır. Bakım ve işletme maliyeti, elektrik üretim maliyeti, risk, enerji üretim miktarı tüm kriterler dahilinde en önemli alt kriterler olarak bulunmuştur. Alan gereksinimi, karbon salınım miktarı ve istihdam oranı tüm kriterler dahilinde daha önemsiz alt kriter olduğu karara varılmıştır.

Tablo 12: COPRAS ve MULTIMOORA yöntemlerinin karşılaştırılması

	COPRAS	MULTIMOORA
A1	3	3
A2	2	2
A3	4	4
A4	5	5
A5	1	1

Çalışmanın sonucunda COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri ile elde edilen çıktıların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çok kriterli karar verme tekniklerinin birçoğunda aynı veri ile farklı sonuçlar bulmak mümkündür. Bu durum veri veya yöntem algoritmasındaki yapılarla ilişkilidir.

Alternatif değerlendirmesi için COPRAS ve MULTIMOORA yöntemlerine uygulandığında en uygun yenilenebilir enerji kaynağından daha az uygun olan enerji kaynağına doğru elde edilen sıralama: Hidroelektrik enerji, güneş enerji, rüzgar enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisidir. En uygun alternatif hidroelektrik en kötü alternatif ise biyokütle olarak bulunmuştur.

Hidroelektrik santrallerinin diğer kaynaklara göre en uygun olmasının bazı sebepleri şunlardır; güneş rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların neredeyse tamamına yakını ithalat gerektiriyor fakat hidroelektrik santralleri yatırımın da böyle bir durum söz konusu değildir. Hidroelektrik santralleri enerjinin depolanabildiği tek kaynaktır ve depolanarak talebe bağlı üretim yapma imkanı vardır. Diğer kaynaklarda bu mümkün değildir. Ülkemizin enerji ihtiyacının dörtte birini karşılamaktadır. Çevresel faktörler açısından da karbon emisyonuna yol açmadığından küresel ısınma ve iklim değişimine sebep olmaz. Enerji üretim aşamasından sonrada hiçbir atık ortaya çıkarmaz. Ekonomik açıdan da en maliyetsiz olan kaynak olması sebebiyle de en uygun enerji olduğu ortaya koymaktadır. Türkiye hidroelektrik potansiyelini yüzde yüz devreye aldığında ülkemizde yaklaşık 1500 Hidroelektrik santrali olacaktır. Şu an mevcutta 685 santral vardır.

Kaynaklar

- Adıgüzel, E. G. (2018). Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Dinamikleri ve Türkiye'nin Uyumu. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara. Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Adıyaman, Ç. (2012). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. (Yüksek Lisans Tezi). Niğde.
- Ahmad, S., & Tahar, R. M. (2014). Selection of Renewable Energy Sources For Sustainable Development of Electricity Generation System Using Analytic Hierarchy Process: A case of Malaysia. *Renewable Energy*, 458-466.

- Amer, M., & Daim, T. U. (2011). Selection Of Renewable Energy Technologies For a Developing County: A case of Pakistan. *Energy for Sustainable Development*, 1123- 1137.
- Ayan , T., & Pabuçcu, H. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 89-110.
- Balezentis, A., Balezentis, T., & Valkauskas, R. (2010). Evaluating situation of Lithuania in the European Union: Structural Indicators and MULTIMOORA Method. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(4), 578-602.
- Boran, F. E., Boran, K., & Menlik, T. (2012). The Evaluation of Renewable Energy Technologies for Electricity Generation in Turkey Using Intuitionistic Fuzzy TOPSIS. *Economics, Planning and Policy*, 81-90.
- Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2013). Multi-Objective Decision Making With A Large Number of Objectives. *International Journal of*, 10(2), 67-79.
- Brauers, W. M., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by multimoora as an Instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5-24.
- Büyüközkan, G., & Gülleryüz, S. (2016). An Integrated DEMATEL-ANP Approach For Renewable Energy Resources Selection İn Turkey. *International Journal of Production Economics*, 435-448.
- Çelikkilek, Y., & Tüysüz, F. (2016). An integrated grey based multi-criteria decision making approach for the evaluation of renewable energy sources. *Energy*, 1246-1258.
- Çolak, M., & Kaya, İ. (2017). Prioritization of Renewable Energy Alternatives by Using an Integrated Fuzzy MCDM Model: A Real Case Application For Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 840-853.
- Dağıstan, H. (2006). Yenilenebilir Enerji Ve Jeotermal Kaynaklarımız. Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi.
- Damgacı, E., Boran, K., & Boran, F. E. (2017). Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanarak Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(3), 629-637.
- Ediger, V. Ş., & Kentel, E. (1999). Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels İn Turkey . *Energy Conversion & Management*, 743-755.
- Ertay, T., Kahraman, C., & Kaya, İ. (2013). Evaluation of Renewable Energy Alternatives Using Macbeth and Fuzzy Ahp Multicriteria Methods: The Case of Turkey. *Technological and Economic Development of Economy*, 38-62.
- Garni, H., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D., & Al-Haddad, K. (2016). A Multicriteria Decision Making Approach For Evaluating Renewable

- Power Generation Sources in Saudi Arabia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 137-150.
- Gezen, M. (2015). Aralık Katsayılı Çok Amaçlı Tamsayılı Programlama İle Türkiye'deki En Uygun Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Sadaghiani, J. S., & Goodarzi, G. H. (2014). Multiple criteria group decision-making for supplier selection Based on COPRAS Method With Interval Type-2 Fuzzy Sets. . *Int J Adv Manuf Technol*(75), 1115-1130.
- Güler, Ö. (2005). Dünyada ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi. V.Enerji Sempozyumu, (s. 209-215). Ankara.
- Hafezalkotob, A., Hafezalkotob, A., Liao, H., & Herrera, F. (2019). An overview of MULTIMOORA for multi-criteria decision-making: Theory, developments, applications, and challenges. *Information Fusion*(51), 145-177.
- İnan, K. (2018). Türkiye'de Hanehalkı Elektrik Talebini Belirleyen. (Yüksek Lisans Tezi).Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kabak, M., & Dağdeviren, M. (2014). Prioritization of Renewable Energy Sources For Turkey By Using a Hybrid MCDM Methodology. *Energy Conversion and Management*, 25-33.
- Kahraman, C., Kaya, İ., & Cebi, S. (2009). A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*, 34(10), 1603-1616.
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., & Raslanas, S. (2005). Multivariant Design and Multiple Criteria Analysis. *Energy and Buildings*(37), 361–372.
- Karaca, Ç., Ulutaş, A., & Eşgünoğlu, M. (2017). Türkiye’de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının COPRAS Yöntemiyle Tespiti ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının İstihdam Artırıcı Etkisi. *Maliye Dergisi*, 111-132.
- Karagöl, E. T., & Kavaz, İ. (2017, Nisan). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. *SETA*, 197.
- Karagöl, E. T., & Kavaz, İ. (2017, Nisan). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. (197). SETA.
- Kaya, T. O. (2018). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi.(Yüksek Lisans Tezi). Aksaray. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaya, T., & Kahraman, C. (2010). Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of Istanbul. *Energy*, 2517-2527.
- Kaygusuz, K., & Türker, M. F. (2002). Biomass energy potential in Turkey . *Renewable Energy*, 26(4), 661-678.

- Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Köne, A. Ç., & Büke, T. (2007). An Analytical Network Process (ANP) Evaluation of Alternative Fuels For Electricity Generation in Turkey. *Energy Policy*, 5220-5228.
- Lee, H. C., & Chang, C. T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 883-896.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) (2017). *Türkiye’ de Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Araştırma Çalışmaları*. (tarih yok). <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>. adresinden alınmıştır
- Mourmouris, j., & Potolias, c. (2013). (2013). A Multi-Criteria Methodology For Energy Planning and Developing Renewable Energy Sources at a Regional Level: A Case Study Thassos, Greece. *Energy Policy*, 522-530.
- Nigim, K., Munier, N., & Green, J. (2004). Pre-feasibility MCDM Tools to Aid Communities in Prioritizing Local Viable Renewable Energy Sources. *Renewable Energy*, 1775-1791.
- Özbek, A. (2017). Türkiye Diyanet Vakfı'nın SAW, COPRAS ve TOPSIS Yöntemi ile Performans Değerlendirmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 66-83.
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Eren, T. (2017). Anp ve Topsis Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 204-219.
- Özmen, E. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımında Bir Model Olarak Güneş Şehirler (yükseklisans tezi): Manisa Örneği. İstanbul.
- Qu, Z., Wan, C., Yang, Z., Tae, P., & Lee, W. (2018). A Discourse of Multi-criteria Decision Making (MCDM) Approaches. P. Tae, W. Lee, & Z. Yang içinde, Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics Switzerland: . *Springer*, 7-29.
- Rani, P., Mishra, A. R., Pardasani, K. R., Mardani, A., Liao, H., & Streimikiene, D. (2019). A novel VIKOR approach based on entropy and divergence measures of Pythagorean fuzzy sets to evaluate renewable energy technologies in India. *Journal Of Cleaner Production*, 238, 1-17.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision:The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*(48), 9-26.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Sadeghi, A., Larimian, T., & Molabashi, A. (2012). Evaluation of Renewable Energy Sources For Generating Electricity İn Province of Yazd: a fuzzy MCDM Approach. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 1095-1099.

- San Cristobal, J. R. (2011). Multi-Criteria Decision-Making in the Selection Of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor Method. *Renewable Energy*, 498-502.
- Stanujkic, D., Magdalinovic, N., Jovanovic, R., & Stojanovic, S. (2012). An Objective Multi-criteria Approach to optimization Using MOORA Method and Interval Grey Numbers., *Technological and Economic Development of Economy*, 18(2), 331-363.
- Supçiller, A. A., & Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi*(13), 1-22.
- Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V., & ŞENGÜL, A. B. (2015). (2015). Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey. *Renewable Energy*, 617-625.
- Tasri, A., & Susilawati, A. (2014). Selection Among Renewable Energy Alternatives Based On a Fuzzy Analytic Hierarchy Process in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 34-44.
- TMMOB. (2018). *Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu*. Ankara. (Çevre Mühendisler Odası).
- Troldborg, M., Heslop, S., & Hough, R. L. (2014). Assessing the Sustainability of Renewable Energy Technologies Using Multi-Criteria Analysis: Suitability of Approach for National-Scale Assessments and Associated Uncertainties. *Renewable and Sustainable Enrgy Reviews*, 1173-1184.
- Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi TEİAŞ. (2020a). <https://www.enerjiportali.com/teias-aralik-2019-sonu-kurulu-guc-raporunu-yayimladi/> adresinden alınmıştır
- Türkiye Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA)*. (tarih yok). [ttp://www.yegm.gov.tr](http://www.yegm.gov.tr) adresinden alınmıştır
- Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlası (REPA)*. (tarih yok). http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html. adresinden alınmıştır
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB). (2020). *Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu*. Ankara: TÜREB.
- Yıldırım, B. F., & Önder , E. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. *Dora Yayınları*.