



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Dilara ÖZDEMİR

PROMETHEE YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
ALTERNATİFLERİNİN SIRALANMASI

Ekonometri Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2019



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Dilara ÖZDEMİR

PROMETHEE YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
ALTERNATİFLERİNİN SIRALANMASI

Danışman

Doç. Dr. Fahriye UYSAL

Ekonometri Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2019

**Akdeniz Üniversitesi**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,**

Dilara Özdemir'in bu çalışması, jürimiz tarafından Ekonometri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Kenan Oğuzhan ORUÇ (İmza)

Üye (Danışmanı) : Doç. Dr. Fahriye UYSAL (İmza)

Üye : Doç. Dr. Ömür TOSUN (İmza)

Tez Başlığı: Promethee Yöntemi ile Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Sıralanması
--------------------------------------------------------------------------------------------------

Onay : Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 25/06/2019

Mezuniyet Tarihi : 01/08/2019

(İmza)  
Prof. Dr. İhsan BULUT  
Müdür

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Promethee Yöntemi ile Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Sıralanması“ adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımda yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

İmza

**Dilara ÖZDEMİR**





T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU  
BEYAN BELGESİ



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-Soyadı	Dilara Özdemir
Öğrenci Numarası	20155244001
Enstitü Ana Bilim Dalı	Ekonometri
Programı	Tezli Yüksek Lisans
Programın Türü	(X) Tezli Yüksek Lisans ( ) Doktora ( ) Tezsiz Yüksek Lisans
Danışmanın Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Fahriye Uysal
Tez Başlığı	Promethee Yöntemi ile Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Sıralanması
Turnitin Ödev Numarası	1155105874

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 50 sayfalık kısmına ilişkin olarak, 26/07/2019 tarihinde tarafımdan Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nda belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve ekte sunulan rapora göre, tezin/dönem projesinin benzerlik oranı;

alıntılar hariç % 15

alıntılar dahil % 17'dir.

Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:

(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylarım.

( ) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esasları'nda öngörülen yüzdeler sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.

Gerekçe:

Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlerin ışığı altında tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.

/ /

(imzası)  
Doç. Dr. Fahriye UYSAL

# İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iii
TABLOLAR LİSTESİ.....	iv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
GİRİŞ.....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### KARAR VERME KAVRAMI VE TEORİSİ

1.1. Karar Verme Sürecinin Temel Kavramları.....	4
1.2. Karar Verme Sürecinin Özellikleri.....	5
1.3. Karar Verme Sürecinin Bileşenleri.....	6
1.4. Karar Verme Sürecinin Aşamaları.....	6
1.4.1. Problemin Belirlenmesi.....	8
1.4.2. Verilerin Toplanması.....	8
1.4.3. Alternatiflerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.....	8
1.4.4. En Uygun Alternatifin Seçilmesi.....	8
1.4.5. Kararın Uygulanması.....	8
1.5. Karar Verme Süreci Teknikleri.....	9
1.5.1. Çok Kriterli Karar Verme.....	9
1.5.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	9

## İKİNCİ BÖLÜM

### PROMETHEE YAKLAŞIMI

2.1. PROMETHEE Yaklaşımının Aşamaları.....	11
2.1.1. Değerlendirme Kriterleri için Tercih Fonksiyon Tipi ve Parametresi Belirleme.....	12
2.1.1.1. PROMETHEE Yaklaşımı Tercih Fonksiyonları.....	12
2.1.2. Belirlenen Tercih Fonksiyonlarına Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması.....	14
2.1.3. Tercih İndekslerini Hesaplama.....	14
2.1.4. Pozitif ve Negatif Üstünlükleri Hesaplama.....	14
2.1.5. Kısmi Sıralama - PROMETHEE I.....	15
2.1.6. Tam Sıralama – PROMETHEE II.....	15
2.2. GAIA Geometrik Düzlemi.....	16
2.3. Visual PROMETHEE Kullanımı.....	17

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### YENİLENEBİLİR ENERJİ

3.1. Yenilenebilir Enerji Alternatifleri.....	18
-----------------------------------------------	----

3.1.1. Biyokütle Enerjisi .....	20
3.1.2. Dalga Enerjisi .....	21
3.1.3. Güneş Enerjisi .....	22
3.1.4. Hidroelektrik Enerji .....	23
3.1.5. Jeotermal Enerji .....	24
3.1.6. Rüzgar Enerjisi .....	25
3.2. Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Avantajları ve Dezavantajları .....	26
3.2.1. Avantajları: .....	26
3.2.2. Dezavantajları .....	27
3.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Durumu .....	27
3.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları .....	29
3.5. Yaşantımızdaki Enerji Dönüşümlerine Örnek .....	30
3.6. Yenilenebilir Enerji Alternatifi Sıralaması ve Seçiminde Uygulanan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve İlgili Çalışmalar .....	31

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### UYGULAMA

4.1. Çalışma Konusuna Ait Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi .....	33
4.1.1. Teknoloji (Maximizasyon Yönlü) .....	33
4.1.2. Çevre (Minimizasyon Yönlü) .....	34
4.1.3. Sosyo-politik (Maximizasyon Yönlü) .....	34
4.1.4. Ekonomik (Minimizasyon Yönlü) .....	34
4.1.5. Potansiyel (Maximizasyon Yönlü) .....	34
4.2. Verilerin Değerlendirilmesi .....	34
4.3. Visual PROMETHEE Gösterimi .....	46
<b>SONUÇ .....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>55</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Tipik Çok Amaçlı (Kriterli) Karar Verme Süreci Aşamaları.....	7
Şekil 2. 1 Tercih Fonksiyonu Tablosu.....	13
Şekil 2. 2 GAIA Düzlemi İz Düşümü.....	16
Şekil 3. 1 Biyokütle Enerji Üretim Trendi .....	21
Şekil 3. 2 Güneş Enerji Üretim Trendi .....	23
Şekil 3. 3 Hidroelektrik Enerji Üretim Trendi.....	24
Şekil 3. 4 Jeotermal Enerji Üretim Trendi.....	25
Şekil 3. 5 Rüzgar Enerji Üretim Trendi.....	26
Şekil 4. 1 PROMETHEE I ile kısmi sıralama .....	46
Şekil 4. 2 PROMETHEE II ile tam sıralama.....	46
Şekil 4. 3 Visual Promethee Verilere İlişkin Ekran Görüntüsü.....	47
Şekil 4. 4 Promethee I (Partial Ranking) Sıralaması .....	47
Şekil 4. 5 Promethee II (Complete Ranking) Sıralaması.....	48
Şekil 4. 6 Promethee (Flow Table) Akış Tablosu .....	49



**TABLULAR LİSTESİ**

Tablo 2. 1 Tercih Fonksiyon Tablosu.....	13
Tablo 3. 1 Yenilenebilir Enerji Alternatifleri ve Kaynakları.....	20
Tablo 3. 2 Literatür Taraması.....	31
Tablo 4. 1 Yenilenebilir Enerji Alternatiflerine Ait Kriter Değerleri.....	33
Tablo 4. 2 Alternatifler için hesaplanan tercih indeksleri .....	45
Tablo 4. 3 Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler.....	46



**KISALTMALAR LİSTESİ**

AAS	Analitik Ağ Süreci
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GAIA	Geometrical Analysis for Interactive Aid
GEPA	Güneş Enerji Poyansiyeli Atlası
GW	Gigawatt
KDV	Katma Değer Vergisi
KW	Kilowatt
M.Ö.	Milattan Önce
MTEP	Milyon ton eş değer petrol
MW	Megawatt
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğeri
vs.	Ve saire
YEK	Yenilenebilir enerji kanunu
YEKA	Yenilenebilir enerji kaynak alanları
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

## ÖZET

Yaşam için vazgeçilmez bir olgu olan enerji, günümüzde tüketimi artan taleplerin başında gelmektedir. Artan nüfus oranı ve gelişen teknolojik koşullar bu durumun başlıca sebeplerindendir. Talebin karşılanmaya çalışılması enerjide sınırlı kaynakların azalmasına sebebiyet vermekte ve günümüz dünyasında yoğun bir şekilde tartışılır bir problem haline gelen bu duruma çözüm olarak yenilenebilir enerji alternatiflerine olan ilgi artmaktadır.

Enerji ihtiyacının, yerli kaynaklarla karşılanarak dışa bağımlılığın azaltılması, enerji sürdürülebilirliğinin sağlanması ve çevreye verilen zararın en aza indirilmesi açısından önemli bir paya sahip olan yenilenebilir enerji alternatiflerinden, 2018 yılında Türkiye genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık %32'sinin elde edildiği Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında elde edilen bilgiseldir. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji alternatifleri potansiyeli açısından elverişli bir konuma sahip olan Türkiye'nin, bu alternatiflerden faydalanma oranının oldukça düşük seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyelini daha etkin ve verimli kullanılması adına hedefler gerçekleştirilmesi Türkiye'nin bu konuda kendi kendine yetebilen bir ülke konumuna gelebilmesine önemli katkı sağlamaktadır.

Bu analiz Türkiye'nin, yenilenebilir enerji kaynaklarındaki hem mevcut durumunu hem de gelecek hedeflerini incelemekte ve yenilenebilir enerji alternatiflerinden ele alınan biyokütle, jeotermal, güneş, rüzgar, hidroelektrik ve dalga enerjisinin, 5 kriter doğrultusunda PROMETHEE yaklaşımı ile sıralama işleminin gerçekleştirilmesi sağlamaktadır.

Yenilebilir enerji alternatiflerinin sıralaması ile ilgili yayınlarda alternatifler; biyokütle, jeotermal, güneş, rüzgar, hidroelektrik enerjisi olarak ele alınmıştır. Buna bağlı olarak çalışmada değerlendirme kriterleri dikkate alınarak yapılan sıralama işleminde yenilenebilir enerji alternatiflerine ek olarak dalga enerjisi eklenmiştir.

Yenilenebilir enerji alternatiflerinin daha etkin ve verimli kullanılması, bu alternatiflerden elde edilecek enerjinin sürdürülebilir enerjiyi sağlaması ve buna bağlı olarak enerji ithalatının azaltılmasına katkı sağlaması, sıralama işleminde potansiyel kriterin önemini ortaya koymaktadır.

Bu ülke için yenilenebilir enerji alternatifleri sıralamasında değerlendirme kriterlerinden biri olan potansiyel kriterin de büyük bir etkisiyle, biyokütle enerjisi hem depolanabilir olmasıyla hem de çevre kirliliği oluşturmamasıyla ilk sırada yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, Yenilenebilir enerji alternatifleri, Promethee Yöntemi (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation).

## SUMMARY

### RANKING OF RENEWABLE ENERGY ALTERNATIVES IN TURKEY WITH PROMETHEE METHOD

As an essential requirement for life, “energy” leads the growing demands of nowadays. Increased population rates and advanced technological conditions are the main causes of this situation. Trying to compensate such high demands causes limited energy sources to reduce even further and raises interest on renewable energy alternatives, which are accepted as a solution to this argumentative problem of today’s World.

In 2018, 32% of the total energy consumption in Turkey was obtained from locally-sourced renewable energy alternatives, which plays a great part for reducing environmental damage, allowing to promote sustainable practices and reduce the external dependence (this information was obtained from the Energy and Natural Sources Ministry). Consequently, it is understood that Turkey, with its convenient location in terms of potential renewable energy sources, has a low rate level for using these alternatives. Thus, realization of targets in purpose of using Turkey’s own renewable energy sources more effectively provides significant contribution to allow the country to become self-sufficient on this matter.

This research examines Turkey’s current and future targets on renewable energy sources and suggests ranking by using the PROMETHEE method through 5 criteria on renewable energy alternatives such as biomass, geothermal, solar, wind, hydropower, and wave energy.

Biomass, geothermal, solar, wind, and hydropower energy have already been examined for ranking the alternatives in related publications. Consequently, wave energy is added by considering criteria used in the work to the ranking as an addition to renewable energy sources.

Using renewable energy alternatives more efficiently, providing sustainable energy from this alternatives and ensuring contribution to the reduction of energy import put forth the importance of potential criteria at ranking processes.

With the great impact of potential criteria which is one of many for evaluating renewable energy alternatives ranking in Turkey, the storable biomass energy which does not create environmental pollution takes part at first place.

**Keywords:** Renewable energy, Renewable energy alternatives, Promethee method (The Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation).

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca gösterdiği sabır ve anlayış ile bu süreci tamamlamamda büyük rol oynayan danışman hocam Doç. Dr. Fahriye UYSAL'a; açıklayıcı düzeltmeleriyle tez çalışmamın son haline erişebilmemi sağlayan Doç. Dr. Kenan Oğuzhan ORUÇ hocama ve Doç. Dr. Ömür TOSUN hocama teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her anında olduğu gibi içinde bulunduğum bu uzun süreçte de desteklerini esirgemeyen anneme ve eşime; ayrıca bana karşı inançlarını yitirmeyen arkadaşlarım Deniz ALBAYRAK'a, Metehan KART'a ve Volkan GÜRSOY'a çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla.



## GİRİŞ

Karar verme, gündelik hayatta karşı karşıya kalınan bir süreçtir. Bir problemi birçok alternatif belirledikten sonra bu alternatifler içerisinde birini uygulamak amacıyla tercih etme işleminin gerçekleştirildiği sürece karar verme denir. Simon'a göre karar verme; sorunun araştırılması, çeşitli çözüm yollarının ortaya konması, en iyi çözüm yolunun bulunup buna göre eyleme geçilmesi, gerektiğinde bu işlemin değiştirilmesi ve ilgili yöntemin geçerliliğinin kabulü süreçlerinden oluşmaktadır.

Birçok alternatif içerisinde en uygun olanın seçilmesi, karmaşık ve zor bir problem olup karar probleminde, birden fazla kriter göz önünde bulundurarak birçok alternatif içerisinde seçim yapma işlemi, sıralama ya da sınıflandırma işlemi için kullanılan yöntem çok kriterli karar verme yöntemidir.

Eski zamanlardan beri insanlar için önemli hale gelen enerjiye karşı talep günümüzde de her geçen gün artmaktadır. Bu durum tarım, sanayi ve birçok alanda tüketilen enerji için alternatif enerji kaynakları ve enerji kaynaklarını çeşitlendirme konusunda önemli adımlar atılmaya başlanmasına sebep olmaktadır. Enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve mümkün olan en düşük maliyetlerle, güvenli bir arz sistemi içinde karşılanabilmesidir.

Yenilenemeyen ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere iki farklı grupta ele alınan enerji kaynaklarında, çevresel kaygılardaki artış, enerjide arz güvenliğinin sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması gibi yaklaşımlarla son yıllarda yenilenebilir enerji kaynağına olan ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir enerji, tükenmeyen ve sürdürülebilir enerjidir. Bu çerçevede yenilenebilir enerji alternatifleri başlıca biyokütle, jeotermal, güneş, rüzgar, hidroelektrik ve dalga enerjisi gruplandırılmaktadır.

Tezin ana hedefi seçilen yaklaşımla ve belirlenen kriterler doğrultusunda bu alternatifler arasında en uygun sıralamanın yapılabilmesini sağlamaktır. Tezin ilk bölümünde çok kriterli karar verme yöntemi ele alınmıştır. Öncelikle temel kavramlar ve çok kriterli karar verme yönteminin özellikleri ve aşamaları incelenmiştir. İkinci bölümde ise çok kriterli karar verme yöntemi olan PROMETHEE yaklaşımı analiz edilmiştir. Üçüncü bölümde karar verme problemine dair genel bir bakış yapılarak dördüncü bölümde ÇKKV yöntemi seçiminde PROMETHEE yaklaşımı için uygulama yapılmıştır. Uygulama verisi olarak enerji sektöründe karar verici uzman görüşleri kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinden PROMETHEE yaklaşımı uygulamada yer almıştır. Bu yaklaşımın sağladığı en uygun optimum sonuca ulaşabilmesi için en yakın sıralama biyokütle enerjisi - jeotermal enerji - güneş enerjisi -

rüzgar enerjisi - hidroelektrik enerji - dalga enerjisi sıralaması yapılmıştır. Son bölümde ise önerilen sıralamaya dair açıklamalara yer verilmiştir.



## BİRİNCİ BÖLÜM

### KARAR VERME KAVRAMI VE TEORİSİ

Bir problemi birçok alternatif belirledikten sonra bu alternatifler içerisinde birini uygulamak amacıyla tercih etme işleminin gerçekleştirildiği sürece karar verme denilmektedir.

Karar verme, en az iki alternatif arasından seçim yapma işlemi olup birden fazla sayıda olan alternatifler için avantaj ve dezavantajlar değerlendirilerek karar verme sürecinin tamamlanmasında, alternatiflerin sıralanmasında kullanılan bir yöntemdir.

Türk Dil Kurumu Genel Türkçe Sözlükte, karar vermek kelimesinin anlamı “Bir sorunu karara bağlamak, kararlaştırmak”<sup>1</sup> olarak yer almaktadır. Şöyle ki; belirlenen bir problemin çözülmesine ve belirlenen bir amacın gerçekleştirilmesine yönelik uygulanacak olan eylemin seçim işlemidir.<sup>2</sup>

ABD’li bir sosyal bilimci olan Herbert Simon, geliştirdiği karar verme teorisi ile psikoloji, matematik, istatistik ve yöneylem araştırması gibi pek çok alandaki araştırmalarını tek bir kuramda birleştirmiş ve bu teori ile Simon 1978’de Nobel Ekonomi Ödülünü almıştır.<sup>3</sup> Bu teori son yıllarda birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Karar verme teorisinde maliyet, fiyat ve kalite ölçütü genellikle ana kriterlerden biri olup bu teori ürün ve hizmet tasarımı, kapasite ve yer planlama ve ekipman seçimi süreçlerini kapsar.

Simon’a göre karar verme; sorunun araştırılması, çeşitli çözüm yollarının ortaya konması, en iyi çözüm yolunun bulunup buna göre eyleme geçilmesi, gerektiğinde bu işlemin değiştirilmesi ve ilgili yöntemin geçerliliğinin kabulü süreçlerinden oluşmaktadır.<sup>4</sup>

Karar verme, bu süreçte yer alan alternatiflerin gelecekte ortaya çıkabilecek her durumun olasılığını belirlemek ve bu olası durumların getirisini belirlemek ve bazı değerlendirme kriterlerine göre alternatifleri değerlendirmek ve en iyi alternatifi tercih etmek gibi etkenleri kapsar.<sup>5</sup>

Gündelik hayatta, çoğunlukla karar verme süreci ile karşı karşıya kalınır ve kişiler karar verirken karmaşık ve riskli durumlarda her zaman mantıklı ve rasyonel davranmazlar.<sup>6</sup> Bu durum kişilerin, ekonomik kararlar verirken her zaman akılcı davranmadıklarını gösterir.

<sup>1</sup> <http://sozluk.gov.tr/> (erişim tarihi:19.07.2019).

<sup>2</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/karar-verme-ve-s%C3%BCre%C3%A7leri-yal%C3%A7%4B1n-yildiz> (erişim tarihi 22.05.2019).

<sup>3</sup> “Herbert Simon’un Yönetim Bilimine Katkıları”, *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 15.04.2016.

<sup>4</sup> Ergun ve Polatoğlu, 1992: 12.

<sup>5</sup> <https://www.liderlikokulu.com.tr/karar-verme-teorisi/> (erişim tarihi: 21.05.2019).

<sup>6</sup> Kahneman, 2011: 12.



Diğer açıdan problemi doğru bir şekilde tanımlamak ve bir çok sayıda kriteri açıkça değerlendirmek riskler yüksek olduğunda önemli bir rol oynamaktadır. Daha bilinçli ve daha iyi kararların alınması için karmaşık problemlerin iyi tanımlanması ve çoklu kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Bir çok alternatif arasından kriterler doğrultusunda tercih ve seçim yapılması ile ilgili bedensel ve zihinsel çabaların toplamı, karar verme sürecidir. Bu süreç, değerlendirme kriterlerine göre modelleme ve analiz etme sürecine dayanır. Yaşamın her alanında ve her düzeyde uygulanır. Şöyle ki; bireysel kararlar, aile bütçe planlaması vb. (mikro ölçek), işletme, örgüt kararları vb. (orta ölçek) ve yatırım, bütçe kararları ve makro ekonomik hedeflerin belirlenmesi vb. (makro ölçek) örnek olarak gösterilebilir.<sup>7</sup>

Karar verme süreci üç ana başlık altında ele alınabilir. Bunlar genel olarak kuramsal bazda sezgisel karar verme kuramları, rasyonel karar verme kuramları ve çok kriterli karar verme kuramlarıdır.<sup>8</sup> Bu nedenle bir çok farklı alana etki eder ve katkı sağlar. Çeşitli aşamaların oluşturduğu bu süreç akılcı ve farkındalıkla karar verme süreci olarak değerlendirilir.<sup>9</sup>

### 1.1. Karar Verme Sürecinin Temel Kavramları

Karar verme problemlerinin karar verme aşaması aşağıdaki temel kavramları kapsamaktadır.

- Alternatif (Seçenekler,  $A_i$ ): Karar vericinin, karar probleminde seçim ve sıralama yapabilmesini sağlayabileceği seçenekler olarak adlandırılır. Karar vermede alternatifler için herhangi bir sınır bulunmamaktadır.
- Karar Verici: Karar probleminde alternatifler içerisinde tercih ve sıralama yapan kişilere denir.
- Hedef ( $Z$ ): Karar probleminde, karar vericinin bir çok alternatif içerisinde belirlenen değerlendirme kriterleri doğrultusunda en iyi çözümü sağlayacağı alternatifin seçimi ile ulaşmak istediği amaca hedef denir.
- Kriter ( $C_j$ ): Karar probleminde, karar vericinin alternatif seçimi oluşturmada kullanacağı özellikler olarak adlandırılır. Karar vericiler tarafından tanımlanan değerlendirme kriterleri, karar sürecini etkileyen önemli bir ölçüttür.

<sup>7</sup> [https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok\\_Amacli\\_Karar\\_Verme.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf) (erişim tarihi 21.05.2019).

<sup>8</sup> Doğan, 2014: 103

<sup>9</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/karar-verme-ve-s%C3%BCre%C3%A7leri-ya%C7%BA7%C4%B1n-yildiz> (erişim tarihi 22.05.2019).

- Karar Matrisi: Karar problemindeki alternatifleri ve değerlendirme kriterlerini birarada gösteren matrise karar matrisi denir. Bahse konu karar matrisi aşağıdaki şekilde ifade edilmekte ve  $m \times n$  boyutlu  $X$  karar matrisini ve matrisin  $x_{ij}$  elemanı,  $i$ 'inci alternatifin ( $A_i$ ),  $j$ 'inci kritere ( $C_j$ ) göre performans değerini gösterilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

- Kriterlerin Ağırlıkları ( $w_j$ ): Karar problemlerinde her bir değerlendirme kriterinin önemi, karar verici için her zaman aynı ölçüde olmayacaktır. Bu nedenle önem verilmesi gereken nokta  $n$  adet kriterin olduğu hallerde görece ağırlıklarının toplamının 1'e eşit olması gerekliliğidir. Buna göre,  $n$  adet kriter olduğunda ve  $j$ 'inci kriterin görece ağırlığı  $w_j$  ile gösterildiğinde,  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) olur.<sup>10</sup>

## 1.2. Karar Verme Sürecinin Özellikleri

Karar verme süreci birçok aşamayı kapsadığı gibi birçok özelliği de içermektedir.

En iyi seçime ulaşabilmek için karar verme sürecinde değerlendirilen alternatifler ve göz önünde bulundurulmuş kriterler sonlu sayıdadır. Zamanlamanın önemli olmasının nedeni probleme yönelik bilgi veri toplamak ve bunları analiz edip değerlendirmek uzun bir süre gerektirmesi ve seçilen kararın sonucun etkinliği belirlenmesini sağlar.<sup>11</sup>

Bir çok alternatif arasından yapılacak seçme süreci içerisinde izlenilecek adımlar doğrultusunda alınan karar geleceğe yönelik ve uygulanabilir olmalıdır. Bu yüzden karar verme, geçmişini değerlendirerek gelecek için sonucu kesin olarak belirlenemeyen olaylar üreten bir faaliyettir.<sup>12</sup>

Plan ile karar ve planlama süreci ile karar verme süreci arasında yakın bir benzerlik vardır.<sup>13</sup> Karar verme sürecinde izlenilecek adımlar belirli bir planlama sonucunda ortaya çıkar. Bu nedenle karar verme bir tür plandır.

Karar verme sürecinin temelinde, karar problemine ait en iyi seçimi yapabilmek amaçtır. Bu nedenle bu süreç, değerlendirme kriterleri ile doğru tercihi yapabilmek yani çözüm sürecidir.

Karar süreci zihinsel bir çaba gerektirir.<sup>14</sup> Şöyle ki, bu süreç alternatifler arasından verilecek olan kararın etkileyeceği kişiler üzerinden bir baskı yaratması mümkündür.

<sup>10</sup> <http://www.unalozden.com/Download/CKKV.pdf> (erişim tarihi:15.05.2019).

<sup>11</sup> Rue ve Byars, 2003:75.

<sup>12</sup> Dinçer ve Fidan,1996:386.

<sup>13</sup> Tosun, 1986:319.

<sup>14</sup> Tosun, 1986:312.

Rasyonelliğe ve etkinliğe dayanan karar verme sürecinde verilen her kararın maliyetinin olduğunu öngörebilme bir rasyonel davranıştır.<sup>15</sup> Karar vericinin doğru kararı vermesiyle karar verme sürecinin etkinliği ölçülür.<sup>16</sup>

### 1.3. Karar Verme Sürecinin Bileşenleri

Karar verme sürecinde;

1. Doğa Durumları: Gerçekleşmesi mümkün olabilen ve kontrolü karar vericinin elinde olmayan doğa olayları.
2. Stratejiler: Karar vericinin, hedefine ulaşabilmesi için takip edeceği davranış biçimidir.
3. Sonuçlar: Farklı kararların değişik olaylar için kazanç veya kayıp getirisini gösteren karar matrisi.<sup>17</sup>

### 1.4. Karar Verme Sürecinin Aşamaları

Karar verme problemlerinde belirsizlik altında karar verme, belirlilik altında karar verme, risk altında karar verme ve ek bilgi altında karar verme olmak üzere karar verme teknikleri dört ayrı durumda sınıflandırılır<sup>18</sup>:

1. Belirsizlik Altında Karar Verme: Gerçekleşmesi mümkün olabilen doğa durumları hakkında herhangi bir bilginin bulunmadığı durumlardır. Plunger tarafından önerilen İyimserlik (Maksimaks) kriteri; Wald tarafından önerilen Kötümserlik (Maksimin) kriteri; Hurwicz tarafından önerilen Gerçekçilik kriteri; Savage tarafından önerilen Pişmanlık kriteri ve Eşit Olabilirlik (Laplace) kriteri belirsizlik altında karar verme kriterleridir.
2. Belirlilik Altında Karar Verme: Gerçekleşmesi mümkün olabilen doğa durumlarının öngörülebilmesi ve modellenebilmesi nedeniyle tam bilginin bulunduğu durumlardır.
3. Risk Altında Karar Verme: Gerçekleşmesi mümkün olabilen doğa durumlarının olma olasılığının bilinmesi durumudur. Maksimum ya da minimum olmak üzere belirlenen bir strateji var ise Beklenen Değer kriteri; en büyük olasılığa sahip doğa durumunda En Büyük Olasılık kriteri ve karar vericiler tarafından en az kazanılması gereken durumlarda Hırs düzeyi kriteri risk altında karar verme kriterleridir.

<sup>15</sup> İmrek, 2003:5.

<sup>16</sup> Vroom, 1973:66.

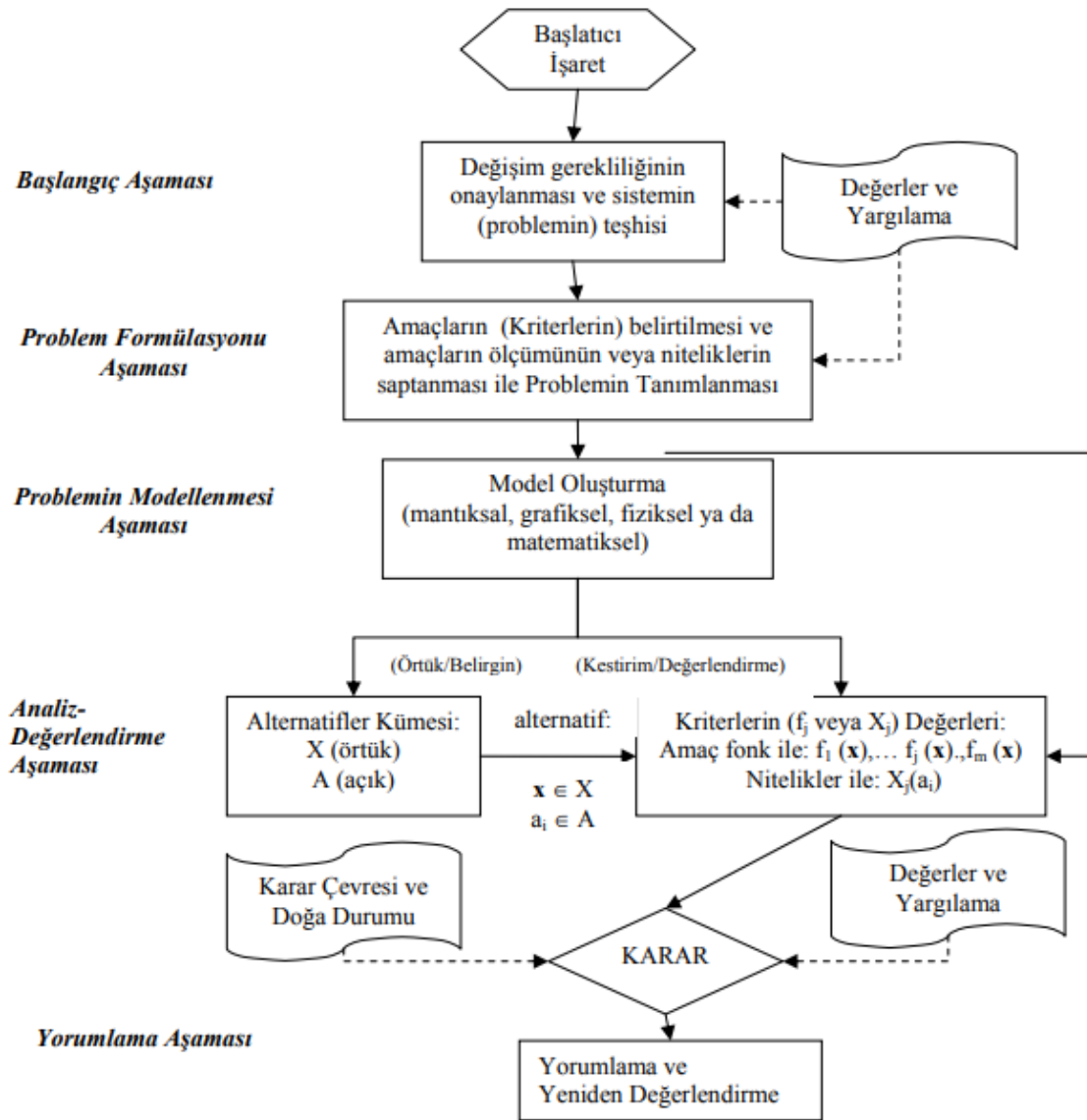
<sup>17</sup> [https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next\\_slideshow=1](https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next_slideshow=1) (erişim tarihi 28.05.2019).

<sup>18</sup> [https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next\\_slideshow=1](https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next_slideshow=1) (erişim tarihi 28.05.2019).

4. Ek Bilgi Altında Karar Verme: Karar vericinin tam bilgiye ulaşabilmesi için ek bilgi sağlanması durumunda ortaya çıkan maliyetin katlanılıp katlanılmaması gerektiği durumlardır.

Karar probleminin tanımlanması, olası tüm alternatiflerin sıralanması, kontrolü karar vericide olmayan olası doğa olaylarının yani değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, her alternatifin her bir kriter için getirisinin yer aldığı karar matrisinin oluşturulması, doğa durumu göz önünde bulundurularak karar modelinin seçilmesi, seçilen modelin uygulanması ve karar verici tarafından alternatifler içerisinde biri seçilerek karar verme sürecinin tamamlanması karar verme sürecinin temel aşamalarını oluşturur.<sup>19</sup>

Karar verme sürecini gösterir yapılaşma aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.1 Tipik Çok Amaçlı (Kriterli) Karar Verme Süreci Aşamaları

<sup>19</sup> <https://web.itu.edu.tr/topcuil/ya/KVIKararAnalizi.pdf> (erişim tarihi 21.05.2019).

#### **1.4.1. Problemin Belirlenmesi**

Karar vericilerin, en iyi seçimi yaparak optimum sonuca ulaşması gerekir. Bu nedenle en iyi seçimin yapılabilmesi amacı ile olası sorunların tespit edilmesinde problemin belirlenmesi başlangıç aşamasıdır. Bu süreçte karar verici, problemini ihtiyacına göre belirler ve asıl amaç üzerinde durulur.

#### **1.4.2. Verilerin Toplanması**

Karar vericinin karar probleminde hedefine uygun olarak karar verebilmesi için bu kararı etkileyen faktörleri tam olarak bilmesi gerekmektedir. Karar verme problemlerinde verilerin toplanmasında geçmişte alınan ve gerçekleştirilen kararlar önemli bir veri kaynağıdır. Karar verme sürecinde karar vericinin kontrolünde olmayan birçok etken bulunmaktadır. Bu süreçte öncesinde belirlenen hedefler alınan kararların en önemli parçasını oluşturmaktadır.<sup>20</sup>

#### **1.4.3. Alternatiflerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi**

Karar vericinin, karar probleminde problemin nedenlerini ortadan kaldıracak en iyi optimum sonuç için çözüm alternatiflerini bulması rasyonel ve sistematik davranmayı gerektirir.

Alternatiflerin değerlendirilmesinde birçok bilim dalı (psikometri, istatistik, matematik vd.) ile olasılık kuramı, artan gelir ve gider kavramları gibi modellemeler kullanılan tekniklerden bazılarıdır.<sup>21</sup>

#### **1.4.4. En Uygun Alternatifin Seçilmesi**

Optimum çözüme ulaşabilmek için en uygun alternatifin seçilmesi durumu karar verme sürecinin en önemli aşamalarındandır. Bu aşama da en uygun alternatifin seçilmesi için karar vericinin tüm değerlendirme kriterlerini göz önünde bulundurması gerekir.

#### **1.4.5. Kararın Uygulanması**

Seçilen kararın etkili olabilmesi için o kararın uygulanmaya başlanması gerekir.

Karar verme süreci, elde edilen kararların değerlendirilerek geribildirimle gelecekteki yeni kararlar için bazı değişiklikler yapılması ile süreçte son aşamayı oluşturur.

---

<sup>20</sup> Gürüz-Gürel,2006: 326-328.

<sup>21</sup> Gürüz-Gürel,2006: 326-328.

## 1.5. Karar Verme Süreci Teknikleri

Karar verici, değerlendirme kriterleri ve alternatifler vb. karar verme sürecindeki temel kavramlar doğrultusunda bu süreçte kullanılacak yöntemler belirlenmektedir. Şöyle ki, bir karar probleminde alternatifler tek bir değerlendirme kriterine göre değerlendiriliyorsa tek kriterli karar verme problemi; en az iki kriter ile birden fazla alternatif değerlendiriliyor ise çok kriterli karar verme problemi ele alınmaktadır.

Günlük hayatta bireysel kararlardan makro kararlara kadar birçok alanda çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmaktadır.

### 1.5.1. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme, birbiri ile çatışan birden fazla kriteri karşılayan olası “en iyi/uygun” çözüme ulaşmaya çalışan yaklaşım ve yöntemlerden oluşmaktadır. Karar vericiler, problemlerin üstesinden gelmede çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanarak bilimsel ve daha başarılı kararlar verebilirler.<sup>22</sup>

Günlük hayatta bireysel veya makro kararlar vermek zorunda kalındığında karar verilirken, birden fazla kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Buna bağlı olarak çok kriterli karar verme yönteminin amacı; karar verme sürecinde birden fazla sayıda veri ve bilgi toplanarak, verilmesi gereken kararın etkileri de göz önünde bulundurularak bu etkileri minimize edecek seviyede tüm kriterleri değerlendirme konusunda karar vericiye yardımcı olması olarak açıklanmaktadır.<sup>23</sup>

Çok kriterli karar verme, en uygun tercihin seçilmesini sağlayan yöntem olup rasyonel karar verme sürecinde kriterler, kısıtlar ve problemin amacı doğrultusunda en uygun alternatif tercih edilmektedir.

#### 1.5.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme problemleri seçim, sıralama ve sınıflama olarak üç temel başlık altında toplanabilir.

1. Seçim Problemleri: Karar vericinin karar verme işlemi, belirlenen alternatifler içerisinde en iyisini seçmesini hedefler. Literatürde, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Analitik Ağ Süreci (AAS), MAUT, UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE I, TOPSIS, Amaç Programlama, Veri Zarflama Analizi gibi yaklaşımlar önerilen yaklaşımlardır.

<sup>22</sup> <http://tusside.tubitak.gov.tr/tr/yontemlerimiz/Cok-Kriterli-Karar-Verme-Teknikleri> (erişim tarihi:16.07.2019)

<sup>23</sup> Aytaç ve Gürsakal, 2015:244.

2. Sıralama Problemleri: Karar vericinin karar verme işlemlerinde göz önünde bulundurduğu değerlendirme kriterleri doğrultusunda alternatiflerin sıralanmasını sağlar. Literatürde, AHS, AAS, MAUT, UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE III, TOPSIS gibi yaklaşımlar önerilen yaklaşımlardır.
3. Sınıflama Problemleri: Karar vericinin karar verme işlemlerinde göz önünde bulundurduğu değerlendirme kriterleri doğrultusunda alternatiflerin sınıflanmasını sağlar. Literatürde, AHSSort, UTADIS, FlowSort, ELECTRE-Tri gibi yaklaşımlar önerilen yaklaşımlardır.



## İKİNCİ BÖLÜM

### PROMETHEE YAKLAŞIMI

1982 yılında J. P. Brans tarafından geliştirilen ve ilk olarak PROMETHEE I (alternatiflerin kısmı olarak sıralanması) ve PROMETHEE II (alternatiflerin tam olarak sıralanması) olarak 2 aşamadan oluşan çok kriterli bir karar verme yöntemi olan PROMETHEE yaklaşımı, ilk defa Kanada'daki Laval Üniversitesi'ndeki bir konferansta sunulmuştur.<sup>24</sup> Bunların haricinde PROMETHEE III, PROMETHEE IV, PROMETHEE V ve PROMETHEE VI olarak Brans ve Mareschall tarafından geliştirilen yaklaşımın türevleri de bulunmaktadır.<sup>25</sup>

Karar problemlerinde alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin çok sayıda olması bu problemi karmaşık kılar. Bu nedenle çok kriterli karar verme yöntemleri, günümüzde karar problemlerinin çözümünde sıkça kullanılmaktadır. PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yaklaşımı, birçok alanda birden fazla alternatif arasından tercih yapmayı kolaylaştırmak amacıyla birbirinden farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmıştır. Bahse konu alternatifler arasından, problemin amacına yönelik olarak değerlendirme kriterleri çerçevesinde karar vericinin doğru sıralama yapmasında yardımcı olur. Böylelikle ilgili yaklaşım karar vericinin doğru sıralama yapmasında bir çok kriteri değerlendirme olanağı sağlar.

PROMETHEE yaklaşımı, karar problemlerinin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde kullanım kolaylığı nedeniyle ve kararın uygulanmasına yönelik etkili bir yöntem olarak bilinmektedir.<sup>26</sup> Bu nedenle ilgili yaklaşım finans, endüstri, üretim, insan gücü planlaması, turizm gibi birçok alanda karar problemlerinde kullanılmaktadır.<sup>27</sup>

#### 2.1. PROMETHEE Yaklaşımının Aşamaları

Karar probleminde belirlenen alternatifleri, değerlendirme kriterleri bakımında değerlendirirken sıralama yapılmasını sağlayan PROMETHEE yaklaşımında bu kriterlerin yapısına uygun olarak seçilen tercih fonksiyonlarından yararlanılır. Bu yaklaşımın aşamaları<sup>28</sup>:

<sup>24</sup> “Çok kriterli tedarikçi seçimi problemine PROMETHEE yöntemi uygulaması”, Verimlilik Dergisi, 2013.

<sup>25</sup> Brans and Mareschal, 2005.

<sup>26</sup> Şahin ve Akkaya, 2013:71.

<sup>27</sup> [https://www.researchgate.net/publication/226334105\\_Promethee\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/226334105_Promethee_Methods) (erişim tarihi:23.05.2019).

<sup>28</sup> “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları Ve Türkiye Uygulamaları”. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (2009).



### 2.1.1. Değerlendirme Kriterleri için Tercih Fonksiyon Tipi ve Parametresi Belirleme

PROMETHEE yaklaşımında izlenilmesi gereken aşamalardan ilki olan alternatiflerin ikili karşılaştırılmasında kullanılan her bir değerlendirme kriteri için, tercih fonksiyonu tipi ve bu fonksiyon tipi için gereken parametre değerleri belirlenir.

#### 2.1.1.1. PROMETHEE Yaklaşımı Tercih Fonksiyonları

PROMETHEE yaklaşımının diğer karar verme yöntemlerine göre en önemli avantajı, karar vericiye değerlendirme kriterlerine göre doğru sıralama ve doğru tercih yapma olanağı sağlamasıdır. Bu yaklaşım ile incelenen karar problemlerindeki alternatifler, ilgili yaklaşıma ait tercih fonksiyonlarına göre değerlendirilir. Bu nedenle tercih fonksiyonları karar problemlerinde her bir değerlendirme kriteri için tanımlanmalıdır.

Yaklaşımın uygulanmasında kullanılacak altı adet tercih fonksiyonunun seçilmesi süreci aşağıda ifade edilmiştir.<sup>29</sup>

- Olağan (Birinci Tip) Tercih Fonksiyonu: Karar vericinin, karar problemi için belirlediği değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmadığı durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur. Tercih fonksiyonunda, özel olarak parametre tanımlamasına gerek duyulmaz.
- U tipi (İkinci Tip) Tercih Fonksiyonu: Bir değerlendirme kriteri için karar verici tarafından belirlenen değerden daha fazla değere sahip olan alternatiflerden yana tercih yapmak isteniyorsa eğer bu durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur.
- V tipi (Üçüncü Tip) Tercih Fonksiyonu: Bir değerlendirme kriteri için karar verici tarafından belirlenen değerden daha fazla değere sahip olan alternatiflerden yana tercih yapmak isteniyor ve aynı zamanda belirlenen değer altındaki değerlerin de önemli olduğu göz önünde bulundurulduğu durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur.
- Seviyeli (Dördüncü Tip) Tercih Fonksiyonu: Bir değerlendirme kriteri için karar verici tarafından değer aralığı belirleniyorsa bu durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur.
- Doğrusal (Beşinci Tip) Tercih Fonksiyonu: Bir değerlendirme kriteri için karar verici tarafından ortalama değeri üstünde değere sahip olan alternatiflerden yana tercih yapmak istendiği durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur.

<sup>29</sup> Brans ve Vincke,1985; Dağ ve Yıldırım, 2015.

- Gaussian (Altıncı Tip) Tercih Fonksiyonu: Bir değerlendirme kriteri için karar verici tarafından ortalama sapma değerleri göz önünde bulundurularak tercih yapıldığı durumlarda kullanılan tercih fonksiyonudur.

Tablo 2. 1 Tercih Fonksiyon Tablosu<sup>30</sup>

Tercih Fonksiyonu	Parametreler	Fonksiyon	Fonksiyonun[p(x)] Grafiği
Olağan (Birinci Tip)	-	$p(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$	
U tipi (İkinci Tip)	l	$p(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq l \\ 1 & , \quad x > l \end{cases}$	
V tipi (Üçüncü Tip)	m	$p(x) = \begin{cases} \frac{x}{m} & , \quad x \leq m \\ 1 & , \quad x > m \end{cases}$	
Seviyeli (Dördüncü Tip)	q,p	$p(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq q \\ \frac{1}{2} & , \quad q < x \leq q + p \\ 1 & , \quad x > q + p \end{cases}$	
Doğrusal (Beşinci Tip)	s,r	$p(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r} & , \quad s \leq x \leq s + r \\ 1 & , \quad x \geq s + r \end{cases}$	
Gaussian (Altıncı Tip)	$\sigma$	$p(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2} & , \quad x \geq 0 \end{cases}$	

Yukarıdaki şekilde yer alan fonksiyonlardaki parametreler:

<sup>30</sup> Dağdeviren ve Eraslan, 2008:71

q: Karar vericinin önemsiz sayabileceği değerlendirme kriterleri ile alternatifler arasındaki en büyük fark değeridir.

p: Karar vericinin tercihini kesinleştirebilmesi amacı ile yeterli sayılan en küçük fark değeridir.

s: p ve q arasındaki standart sapmayı temsil etmektedir.

### 2.1.2. Belirlenen Tercih Fonksiyonlarına Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

Değerlendirme kriterleri için tercih fonksiyon tipi ve fonksiyonlara ait parametreler belirlendikten sonra alternatiflerin bu fonksiyonlar kullanılarak ikili olarak karşılaştırması yapılır. Ortak tercih fonksiyonu:

$$P_j(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x) \leq f(y) \\ P_j[f(x) - f(y)] & f(x) > f(y) \end{cases}$$

Yukarıda gösterilen p, değerlendirme kriterinin belirlenen tercih fonksiyonunu; p(x,y) ise alternatiflerin ortak tercih fonksiyonunu ifade eder. Buna bağlı olarak f(y)'nin f(x)'den büyük olması halinde p(x,y) değerinin 0 olduğu; f(y)'nin f(x)'den küçük olması halinde hangi değerlendirme kriteri için değerlendirme yapılıyorsa o kriter için seçilen tercih fonksiyonunun p[f(x) - f(y)] değerini alacağı görülmektedir. Böylelikle her alternatifin ikili karşılaştırmasına ait 0 ile 1 arasında değerlendirme kriterleri sayısı kadar P<sub>j</sub>(x,y) değeri vardır.

### 2.1.3. Tercih İndekslerini Hesaplama

Her bir değerlendirme kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırılmasında elde edilen P<sub>j</sub>(x,y) değeri, kriterlerin karar verici tarafından belirlenen ağırlık ya da öncelik değerleri ile çarpılıp toplanarak her (x,y) ikilisi tercih indeks değeri elde edilir ve π(x,y) ile gösterilir.

$$\pi(x,y) = \sum_{j=1}^m w_j P_j(x,y)$$

Yukarıdaki şekilde hesaplaması gerçekleştirilen π(x,y) değerlerinin, alternatiflerin ikili karşılaştırmalarının yer aldığı n × n boyutunda bir karşılaştırma matrisi elde edilmiş olur. π(x,y) değerinin 0 değerine yakın olması x'in y'ye göre zayıf bir tercih olduğunu, π(x,y)'nin 1'e yakın olması ise x'in y'ye göre baskın bir tercih olduğunu ifade etmektedir.

### 2.1.4. Pozitif ve Negatif Üstünlükleri Hesaplama

Hesaplanan tercih indeks değerlerinden faydalanılarak her bir alternatif için pozitif ve negatif üstünlükler elde edilir. Pozitif üstünlük Φ<sup>+</sup>(x) olarak; negatif üstünlük Φ<sup>-</sup>(x) olarak ifade edilir. Pozitif ve negatif üstünlüklerin hesaplama şekli<sup>31</sup>:

<sup>31</sup> Dağdeviren ve Eraslan, 2008:72.

$$\Phi^+(x) = \sum \pi(x,a) \quad a=b,c,d,\dots,n$$

$$\Phi^-(x) = \sum \pi(a,x) \quad a=b,c,d,\dots,n$$

### 2.1.5. Kısmi Sıralama - PROMETHEE I

Bir önceki aşamada hesaplaması gerçekleştirilen pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin karşılaştırılması sonucunda alternatiflerin birbirlerine göre tercih durumları, birbirinden farksız olan alternatifler ve birbirleri ile karşılaştırılmayacak alternatifler saptanır. Bu aşama PROMETHEE I aşaması olarak adlandırılarak alternatiflerin kısmen sıralanması sağlanır.

Kısmi sıralama yaparken dikkat edilmesi gereken koşullar<sup>32</sup>:

- x alternatifinin y alternatifine tercih edilmesi halinde aşağıdaki koşullardan herhangi birinin sağlandığı durumu söz konusudur.
  - $\Phi^+(x) > \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) < \Phi^-(y)$
  - $\Phi^+(x) > \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) = \Phi^-(y)$
  - $\Phi^+(x) = \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) < \Phi^-(y)$
- x alternatifi ile y alternatifi farksız ise aşağıdaki koşullardan herhangi birinin sağlandığı durumu söz konusudur.
  - $\Phi^+(x) = \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) = \Phi^-(y)$
- x alternatifi ile y alternatifi karşılaştırılmıyor ise aşağıdaki koşullardan herhangi birinin sağlandığı durumu söz konusudur.
  - $\Phi^+(x) > \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) > \Phi^-(y)$
  - $\Phi^+(x) < \Phi^+(y)$  ve  $\Phi^-(x) < \Phi^-(y)$

### 2.1.6. Tam Sıralama – PROMETHEE II

Hesaplaması gerçekleştirilen pozitif ve negatif üstünlük değerlerinden faydalanılarak alternatiflerin tam sıralaması elde edilir.

$$\Phi(x) = \Phi^+(x) - \Phi^-(x)$$

Yukarıdaki şekilde hesaplaması gerçekleştirilen tam sıralama değerlerine göre alınan kararlar:

- $\Phi(x) > \Phi(y)$  ise üstün olan alternatif x olup
- $\Phi(x) = \Phi(y)$  ise x ve y alternatifleri farksızdır.

<sup>32</sup> Dağdeviren ve Eraslan, 2008:72.

## 2.2. GAIA Geometrik Düzlemi

GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) geometrik düzlemi, alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin iki boyutlu olarak yer aldığı düzlemdir. Bu düzlem karar vericiye grafiksel olarak etkin bir gösterim sağlar. Buna bağlı olarak grafiksel gösterimde nokta, alternatifleri; vektör değerlendirme kriterleri ve  $\pi$  karar çubuğu olarak gösterilmektedir.<sup>33</sup>

GAIA geometrik düzlemini elde edebilmek için net akım denkleminin hesaplanması gerekir. Böylelikle GAIA düzlemini oluşturan başlangıç noktası elde edilir. Net akım denklemi:

$$-1 \leq \Phi(x) \leq 1$$

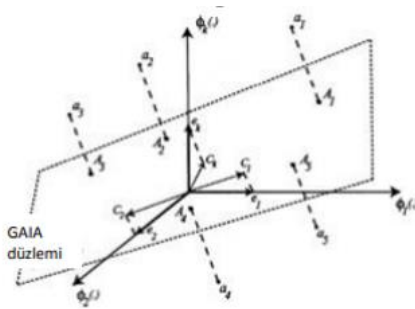
$$\sum_{x \in A} \Phi(x) = 0,$$

özelliklerini taşımaktadır. Hesaplanan net akımlardan sonra alternatifler arasında tma bir sıralama yapılabilir. Böylelikle x ve y gibi iki alternatif için bulunan net akım değerleri kıyaslanırken iki karar varılabilir.

Eğer  $\Phi(x) > \Phi(y)$  ise net akım değeri yüksek olan alternatifin performansını yüksek olacağı bilindiğinden x, y'den üstün;

Eğer  $\Phi(x) = \Phi(y)$  ise x ve y farksızdır.

GAIA geometrik düzlemindeki hedef değerlendirme kriteri sayısı kadar boyutlu uzaydan, iki boyutlu bir düzlem üzerine alternatifleri ve değerlendirme kriterlerini yansıtırken kriteri sayısı kadar boyutlu uzayda en doğru şekilde nokta seçerek bu gösterimi sağlamaktır. Bu düzlemde birbirine benzer alternatiflerin profilleri birbirine yakın gözükmektedir.



Şekil 2. 1 GAIA Düzlemi İz Düşümü<sup>34</sup>

k boyutlu uzaydan 2 boyutlu uzaya aktarılan bilgiler GAIA geometrik düzleminde kayıplara ortaya çıkacaktır. Alternatiflerin ve kriterlerin k boyutlu uzaydan 2 boyutlu GAIA geometrik düzleme taşınırken ortaya çıkan bilgi kaybı delta ( $\delta$ ) değeri ile gösterilir. Bu değer büyük olması aktarım ile ortaya çıkan bilgi kaybının o kadar az olduğunu ifade eder.

<sup>33</sup> "PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2013.

<sup>34</sup> Brans ve Mareschal, 2005:176.

Şöyle ki  $\delta \leq 1$  olduğundan  $\delta$  değeri 1'e çok yaklaştığı düzlemlerde aktarımdan dolayı ortaya çıkan bilgi kaybının minimum olduğu düzlemler olacaktır.

### 2.3. Visual PROMETHEE Kullanımı

2011 yılında kullanıma sunulan Visual PROMETHEE yazılımı, etkin ve uygulanabilirliği kolay olan çok kriterli analiz ve karar destek yazılımı olup bu yaklaşımın uygulanmasını kolaylaştırmada büyük rol oynamaktadır.<sup>35</sup> Kullanımına dair detay bilgi aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Karar probleminde belirlenen değerlendirme kriterleri için belirlenen tercih fonksiyonları "Preference Fn." satırında sırasıyla ilgili fonksiyon tipleri seçilir.
2. Karar problemindeki alternatifler, "Evaluations" adı ile gruplandırılan sekmeye eklenerek bu alternatifler için belirlenen değerlendirme kriterleri "Scenario1" adı ile gruplandırılan sekmeye tanımlanır.
3. Evaluations ve Scenario1 hücreleri doldurulduktan sonra ilgili program, "Statistics" adı ile gruplandırılan sekme otomatik olarak hesaplanmaktadır.
4. Değerlendirme kriterlerinin minimizasyon ya da maksimizasyon yönlü olduğu saptandıktan sonra "Preferences" adı altındaki gruplandırmada yer alan "Min/Max" satırından "min" ya da "max" seçeneği seçilir.
5. "Preferences" adı altındaki gruplandırmada yer alan:
  - 5.1. "Weight" hücresi, karar vericinin problemdeki değerlendirme kriterleri için belirlemiş olduğu ağırlık,
  - 5.2. "Thresholds" hücresi, kayıtsızlık eşiği olup örneğin, karar vericinin % 5'ten küçük bir fiyat değişikliğine ilgisiz olduğunu söylenebilir. Bu durumda, % 5'e eşit bir değere sahip göreceli bir kayıtsızlık eşiği uygun olacaktır.
  - 5.3. "Q", "P" ve "S" hücreleri ise daha önce bahsedildiği şekilde sırasıyla farksızlık değeri, kesin tercih eşiği ve standart sapmadır.

Yukarıda bahsedilen işlemler sonrasında Promethee I (Partial Ranking) Sıralaması; Promethee II (Complete Ranking) Sıralaması; Promethee Diamond; Promethee Network; Promethee Rainbow; Promethee Flow Table; Promethee GAIA(Geometrical Analysis for Interactive Aid) tablolarına erişilmektedir.

<sup>35</sup> "AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2014.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji doğada sürekliliği olan enerji akışından elde edilen enerjidir. “Doğanın kendi evrimi içinde, sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak ve “enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı” olarak tanımlanan enerji kaynağı, yenilenebilir enerji kaynağıdır. Böylelikle yenilenebilir enerji, kullanıldıkça tükenme hızından daha çok hızlı bir süre içerisinde kendini yenileyebildiği için sürdürülebilirliği olan enerji kaynaklarıdır. Ülkelerin enerji ihtiyaçlarını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması, kaynakları çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımının sağlanması ve enerji tüketimi neticesinde çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açısından son derece önemli bir yere sahiptir.

Hızlı bir artış gösteren nüfus ve sanayileşme enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Fosil yakıtlara olan bağımlılık yüksek seviyede olmasına rağmen günümüzde yenilenebilir enerjinin kullanım oranlarının giderek artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durum enerji alternatiflerinin çeşitlendirilmesi ve bu alternatiflerin daha verimli kullanılması gerektiğinin önemini ortaya koymaktadır.

Yenilenebilir enerjiyi, diğer enerji çeşitlerinden ayıran en önemli özelliği doğada kendiliğinden yenilenebilmesi, tükenmemesi ve çevreye herhangi bir zararının bulunmamasıdır. Enerji konusunda dışa bağımlılığı ülkelerde gelişen teknoloji ile birlikte sürdürülebilir enerjinin sağlanabilmesi için enerji konusundaki çalışmalar artmaya başlamıştır.

#### **3.1. Yenilenebilir Enerji Alternatifleri**

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal süreçlerle sürekli doldurulan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklara genellikle alternatif veya yenilenebilir enerji denir, çünkü bunlar geleneksel yenilenemeyen fosil yakıtların yerini alabilecekleri bir yakıt seçeneğidir. Yenilenebilir enerji kaynağı yeni bir enerji kaynağı değildir. Eski zamanlardan beri bilinen bir kaynaktır. Özellikle sanayileşme ile birlikte sırasıyla kömür, petrol ve doğal gaz temel enerji kaynağı olarak ön plana çıkmıştır. Enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve mümkün olan en düşük maliyetlerle, güvenli bir arz sistemi içinde karşılanabilmesidir. Günlük hayatımızda enerji hayati önem taşır ve enerjiye olan talep ülkemizde her geçen gün artmaktadır. Çevresel

kaygılardaki artış, enerjide arz güvenliğinin sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması gibi yaklaşımlar son yıllarda yenilenebilir enerji kaynağına olan ilgiyi artırmıştır.

Doğal kaynaklar, kaynağın tükenebilirliği dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre “yenilenemeyen ve yenilenebilir kaynaklar” olmak üzere iki farklı grupta ele alınmaktadır. Yenilenemeyen kaynaklar, doğada değişmeden sabit miktarda kalan, ancak tüketildiği zaman yerine yenilerinin konulması mümkün olmadığı için alternatifleri olmayan kaynaklardır. Kömür, ham petrol, doğal gaz, mermer, demir ve diğer maden kaynakları yenilenemeyen kaynaklara birer örnektir. Yenilenebilir kaynaklar ise doğal ortam koşulları içinde özellik ve varlıklarını koruyabilen, miktarları değişmeden sabit kalabilen kaynaklardır. Bu tanım çerçevesinde, biyokütle enerji, dalga enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve rüzgar enerjisi gibi fosil olmayan kaynaklar yenilenebilir nitelikteki kaynaklardır.

Yenilenebilir enerji kaynağı, çevresel nedenler, çevre mevzuatında öngörülen hedeflere ulaşmak, mevcut yenilenebilir enerji potansiyelini kullanmak ve yerli kaynakları ekonomiye kazandırmak, dışa bağımlılığın azaltılarak kaynak çeşitlenmesine gitmek, arz güvenliğini artırmak ve uluslararası anlaşmalar ve protokollere (Kyoto Protokolü gibi) uyum sağlamak gibi temel gerekçeler nedeniyle önemlidir. Her ülke kendi koşullarını dikkate alarak bir şekilde yenilenebilir enerjiden azami ölçüde faydalanmak yoluna gitmektedir. Petrol ve doğal gaz rezervleri bakımından zengin ülkeler dahi gittikçe artan bir şekilde artık yenilenebilir enerji kaynaklarına da yatırım yapmaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynakları devamlılığı ve ihtiyacı karşılama konusunda en önemli rolü oynuyor. Yenilenebilir enerji kaynakları şüphesiz ülkemiz açısından da önem arz etmektedir. Bunun nedenlerini şu başlıklar altında toplamak mümkündür: Arz güvenliğinin artırılması, yerli kaynaklarının kullanılması, enerjide ithalata bağımlılığın azaltılması, cari açığın etkin yönetimi, 2023 yılına yönelik yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretimindeki payının asgari %30 olması hedefi gibi...

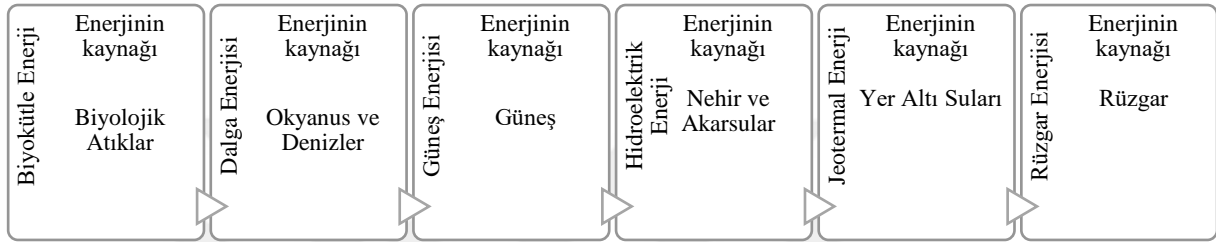
Yenilenebilir enerji tercih edilen bir kaynak olmakla birlikte birçok zorluğa da sahiptir. Öncelikle yatırım maliyetleri yüksek olduğundan fosil yakıtlarla rekabette dezavantajlı konumda olmaktadır. Şebekeye erişim güçlüğü yaşanabilmektedir. Ayrıca üretimde arz dengesizliği ve performans düşüklüğü yaşanabilir başka bir deyişle kararsız üretim sürecine sahiptir. Bu özellikleri piyasada yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesislerini dezavantajlı durumda bırakabilmektedir. İşte tam bu nedenlerden tüm dünyada yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi desteklenmekte ve bu kaynaklara yönelik teşvik amaçlı düzenlemeler yapılabilmektedir.



Yenilenemeyen enerji kaynaklarının Dünyadaki rezervleri sınırlı ve çevreyi olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının işlenmesi ve kullanımı, enerjinin sürdürülebilirliğini sağlamada ve doğanın korunmasını sağlamada önem arz etmektedir. Günümüzde küresel enerjinin %80'inini fosil yakıtlar kapsamaktadır. Bu nedenle mineral yakıt olarak bilinen fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmada yenilenebilir enerji alternatiflerinin rolü önem arz etmektedir.<sup>36</sup>

Şekil 3.1 de gösterildiği üzere günlük yaşamın her alanında kullanım alanı bulunan enerji, yenilenebilir enerji alternatifleri gibi değişik şekillerde bulunabilmektedir.

**Tablo 3. 1 Yenilenebilir Enerji Alternatifleri ve Kaynakları**



### 3.1.1. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, her türlü organik atıktan, bitkiler, otlar, yosunlar ve alglerden elde edilebilen yani jeolojik oluşumlara gömülü olmayan (fosilleşmiş) tüm biyolojik kökenli malzemelerden elde edilebilen enerjidir. Biyokütle aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir.<sup>37</sup> Biyokütle enerjisi üretmek amacı ile hayvan atıklarının veya bitkilerin yakılması en eski yöntemlerden olması nedeniyle insanlık tarihinde özellikle az gelişmiş toplumlarda yaygın olarak biyokütle enerjisi kullanılmıştır.

Günümüzde, biyokütlenin asıl kullanımı kırsal ve gelişmekte olan ülkelerde ısı şeklindedir. Biyokütle enerjisi için daha gelişmiş yöntemler de bulunmaktadır. Hayvansal ve bitkisel atıklardan biyodizel, biyoetanol gibi yakıtlar üretilebilmesi biyokütle enerjisi için farklı gelişmiş yöntemlerin bulunduğu göstermektedir. Bu yakıtlar atmosferde karbondioksit artışına sebep olan kömür, petrol vb. fosil yakıtlar yerine biyokütle enerjisi herhangi bir artışa sebep olmaz. Buna ek olarak biyokütle enerji üretimi dışında yapı malzemesi ya da geri dönüşümlü kâğıt ve plastik üretimi için de kullanılabilir.

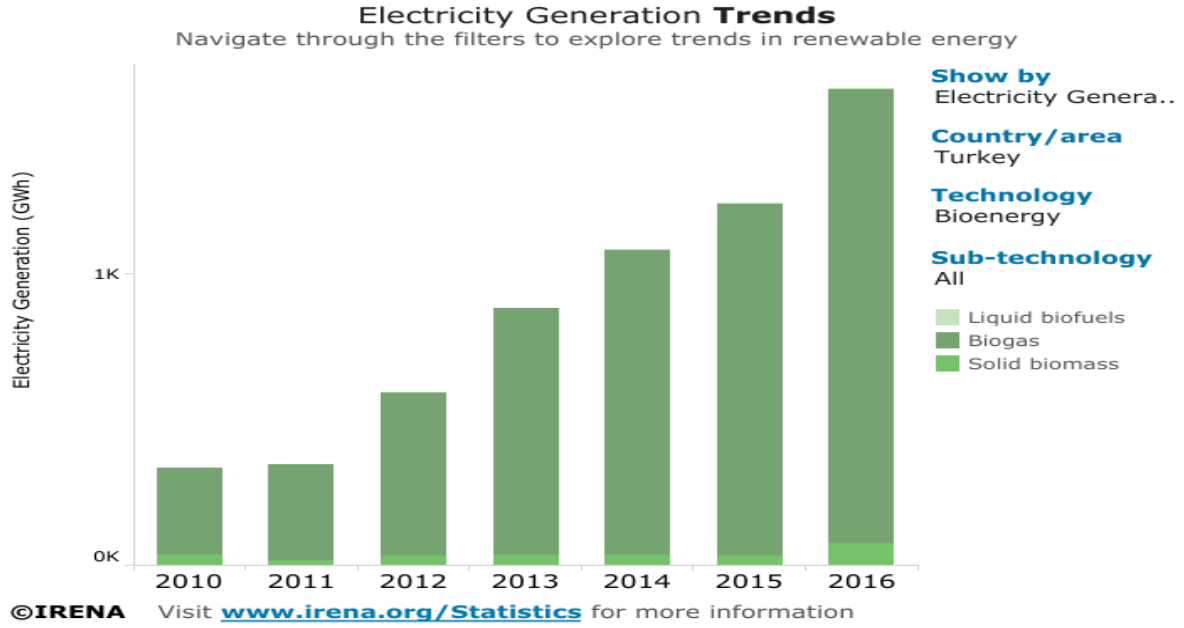
Dünyada tüketilen toplam enerjinin %14'ü biyokütle enerjisi tarafından karşılanmaktadır. Hidrojen ile işlem görmüş bitkisel yağlar bu oranın %4'ünü; biyodizel yakıtlar %22'sini ve etanol yakıtlar ise %74'ünü kapsamaktadır. Buna bağlı olarak biyokütle

<sup>36</sup> “Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Genel Bir Bakış”. *Uzman Gözüyle Enerji*, 2017.

<sup>37</sup> [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx) (erişim tarihi: 15.05.2019).

enerjisinin, çevreci amaçlar doğrultusunda bazı ülkelerdeki enerji talebini karşılama amacı ile artmaya devam ettiği gözlemlenmektedir.<sup>38</sup>

Biyokütlenin kaynağını özel olarak yetiştirilen buğday, mısır gibi bitkiler, yosunlar, denizdeki algler, otlar, gübre ve sanayi atıkları, hayvan dışkıları, organik çöplerin tümü (meyve ve sebze artıkları) oluşturmaktadır. Tükenmekte olan birincil enerji (petrol, kömür, doğal gaz gibi) kaynaklarının kısıtlı olması ve çevreye verilen zarar nedeniyle enerji sorununu çözmek için biyokütle enerji kullanımı gün geçtikçe önem arz etmektedir.



Şekil 3. 1 Biyokütle Enerji Üretim Trendi<sup>39</sup>

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansından erişim sağlandığı üzere Şekil 3.1 de Türkiye’de biyokütle enerjisine ait üretim trendi gösterilmiştir. Biyokütle enerji üretimine ait şekil incelendiğinde biyokütlenin sıvı biyoyakıt, biyogaz ve katı biyokütle olarak 3 şekilde kullanılmış olduğu görülmektedir. 2016 yılındaki 1.634,00 GWh biyokütle enerjisi üretiminin 74 GWh’nın katı biyokütleden kalan 1.560,00 GWh’nın biyogazdan oluştuğu anlaşılmaktadır.

### 3.1.2. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, rüzgarın açık su kütlelerinin üzerinden geçerek enerjilerini dalgalar oluşturmak üzere aktarmasıyla oluşan yenilenebilir bir kaynaktır.

Dalga enerjisi, denizlerde Archimedes prensibi ve yer çekimi arasında oluşan ve diğer enerji kaynakları ile alışverişinde ortaya çıkan kombine enerji formudur. Kaynağı okyanus ve denizler olup dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgarların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki güçten elde edilen enerjidir. Avrupa

<sup>38</sup> <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf> (erişim tarihi:15.05.2019).

<sup>39</sup> <https://www.irena.org/bioenergy> (erişim tarihi:23.07.2019).

ülkelerinin Akdeniz sahillerinde yıllık dalga gücü 4 ile 11 kW/m arasında değişmekte ve en yüksek değerler Ege Denizinin güney batı bölgesinde görülmektedir.

Dalga enerjisinin, elektrik talep ettiği zaman kışın güç kazandığı artış da dahil olmak üzere diğer enerji kaynaklarına göre birçok önemli avantajı vardır; düşük çevresel maliyetler; ve uyduların iki gün önceden dalgaları tahmin edebilme yeteneği.

### 3.1.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin gelecekteki karbon emisyonlarını azaltmada ve sürdürülebilir bir enerji geleceği sağlamada büyük bir rolü vardır. Güneş enerjisi, güneşin gün boyunca atmosfere verdiği ısının enerjiye dönüşümüdür. Yeryüzündeki tüm enerji alternatiflerinin temelinde güneş de yer almaktadır.

Günümüzde ki toplam enerji tüketiminin 15 bin – 16 bin katı, güneş ışınları sayesinde dünyaya gelmektedir. Dünyaya ulaşan bu enerji, iki yol ile ısıya ya da elektriğe dönüşmesi sağlanır. Bunlardan ilki güneş enerjisinin ısıya dönüştürülmesinde “toplaçlar” kullanılırken ikincisi elektrik enerjisine dönüştürülmesinde “güneş hücreleri ve güneş pilleri” kullanılır. Günümüz koşullarında hem teknolojik olarak hem de ekonomik olarak bu enerjinin ısıya dönüştürülerek kullanılması son derece önemlidir. Gelecekte en çok tercih edilecek olan güneş enerjisinden iki farklı yol ile elektrik üretimi sağlanır. Doğrudan ve dolaylı dönüşüm haricinde farklı teknolojiler ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi de sağlanmaktadır. Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) buna örnek sayılabilir. Bu sistem güneş enerjisini hem gürültü olmadan hem çevreye zarar vermeden hem de herhangi bir çalışma mekanizmaya gerek olmadan direkt elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir.

Geçmişten günümüze kadar güneş enerjisinin ve bu enerjiden faydalanmanın önemli olduğu bu enerjinin yiyeceklerde, besin kaynağı üretiminde ve bir çok alanda kullanılmasından anlaşılmaktadır.

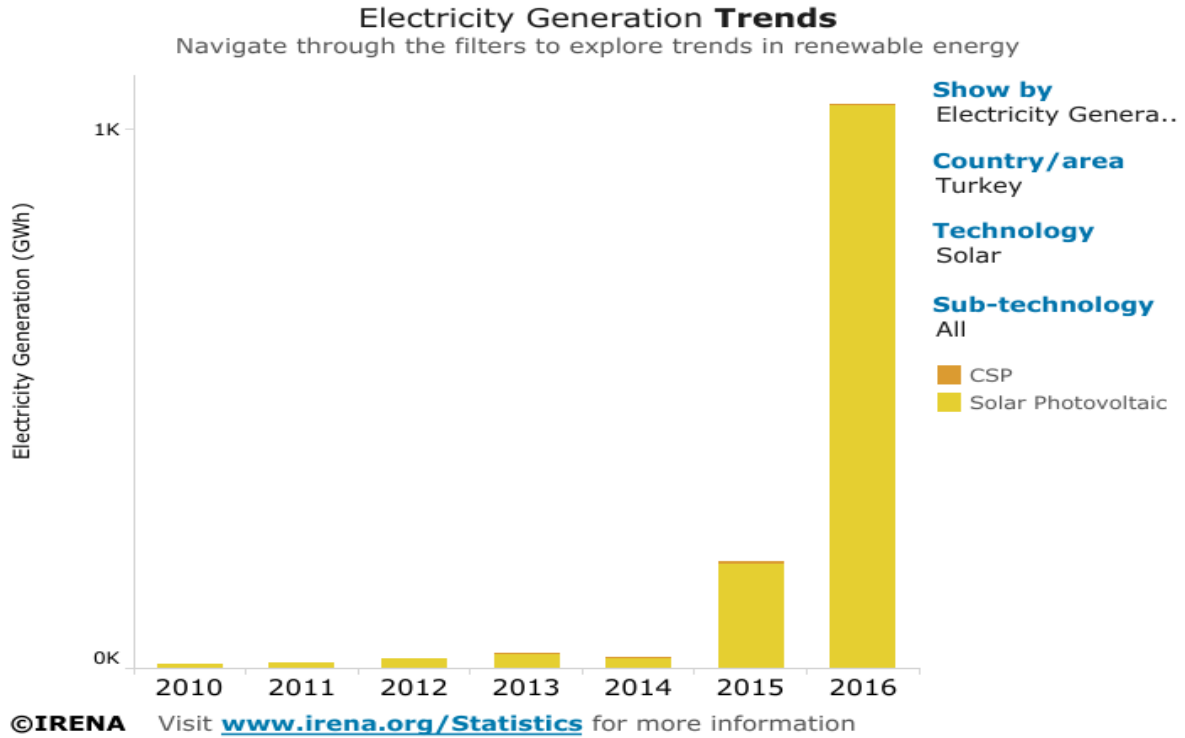
Teorik olarak güneş enerjisinden faydalanmanın geçmişten bugüne gelen en köklü yolu ısıya dönüştürülmesidir. Bu yol günümüzde de önem arz etmeye devam etmektedir.

Artarak kullanılmaya devam eden güneş enerjisi, günümüzde karbon içeren fosil yakıtların kullanımının giderek azalmasını sağlayacaktır.

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama günlük 7,5 saat, yıllık toplam 2.741 saat güneşlenme süresi olduğu ve yıllık toplam ulaşan güneş enerjisi 1.527 kWh/m<sup>2</sup> yıl olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye’de 2018 yılında işletmede 5.868 adet olan güneş enerjisi santrali, lisanssız güneş enerjisi 4.981,2 MW ve lisanslı güneş enerjisi 81,8 MW

olmak üzere toplamda 5.063 MW'a ulaşan güneş enerjisi kurulu güce sahip olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin toplam elektrik üretimi içerisinde güneş enerjisinin oranı %2,5'a yükselmiş olup bunun sebepleri içerisinde 5.868 adet güneş enerjisi santralinin bulunması, lisanslı ve lisanssız olarak toplam güneş enerjisi kurulu gücün 5.063 MW'a ulaşması yer almaktadır.<sup>40</sup>



Şekil 3. 2 Güneş Enerji Üretim Trendi<sup>41</sup>

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansından erişim sağlandığı üzere Şekil 3.2 de Türkiye'de güneş enerjisine ait üretim trendi gösterilmiştir. Güneş enerjisi üretimine ait şekil incelendiğinde güneş enerjisinin, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (concentrated solar power) ve güneş pili olarak 2 şekilde kullanılmış olduğu görülmektedir. 2016 yılındaki 1.046,00 GWh güneş enerjisi üretiminin 3 GWh'nın yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden kalan 1.043,00 GWh'nın güneş pilinden oluştuğu anlaşılmaktadır.

### 3.1.4. Hidroelektrik Enerji

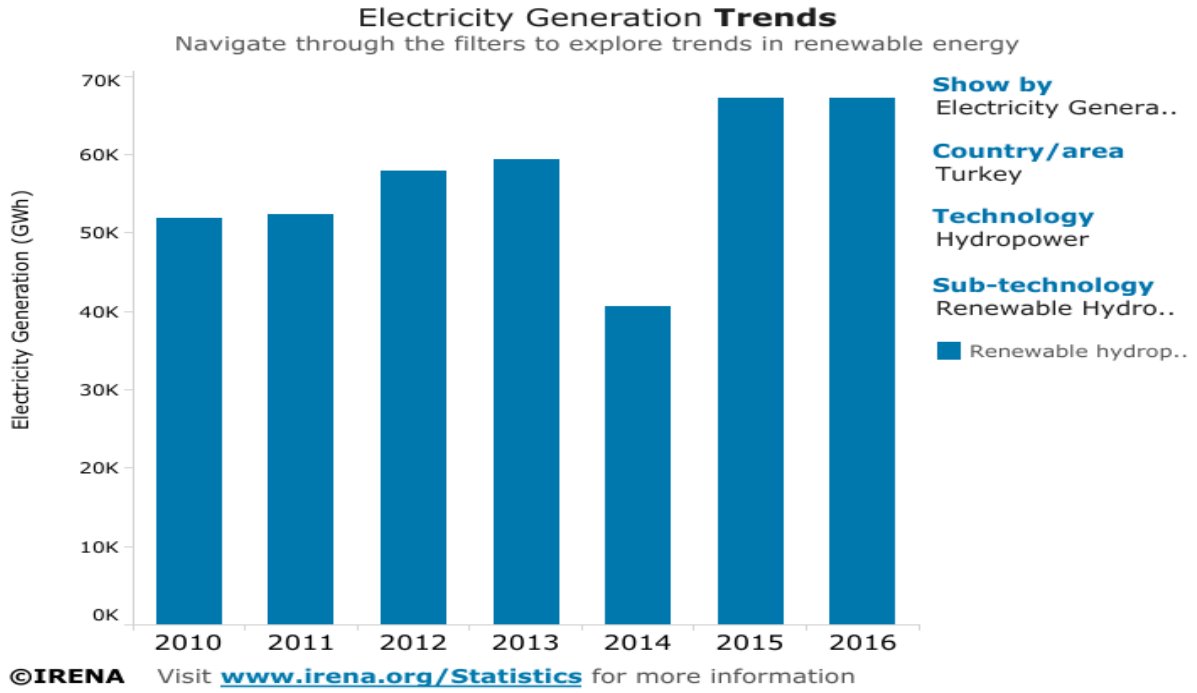
Hidroelektrik enerji, Dünya genelinde elektrik üretiminde lider en büyük yenilenebilir enerji alternatifi olup yenilenebilir enerjinin %71'ini sağlamakta ve dünya elektrik ihtiyacının neredeyse beşte birini karşılamaktadır. Örnek göstermek gerekirse Çin, en yüksek

<sup>40</sup> <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (erişim tarihi 15.05.2019).

<sup>41</sup> <https://www.irena.org/solar> (erişim tarihi:23.07.2019).

hidroelektrik oranına sahip ülke olup ardından Brezilya, Kanada ve ABD, Dünyadaki hidroelektrik üretiminde Çin'in arkasından gelmektedir. Türkiye ise hidroelektrik üretimi konusunda büyük bir potansiyele sahiptir.<sup>42</sup>

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansından erişim sağlanıldığı üzere Şekil 3.3 de Türkiye'de hidroelektrik enerjisine ait üretim trendi gösterilmiştir.



Şekil 3. 3 Hidroelektrik Enerji Üretim Trendi<sup>43</sup>

Hidroelektrik enerjisi üretimine ait şekil incelendiğinde 2016 yılında 67.231,00 GWh hidroelektrik enerjisi üretiminin gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

### 3.1.5. Jeotermal Enerji

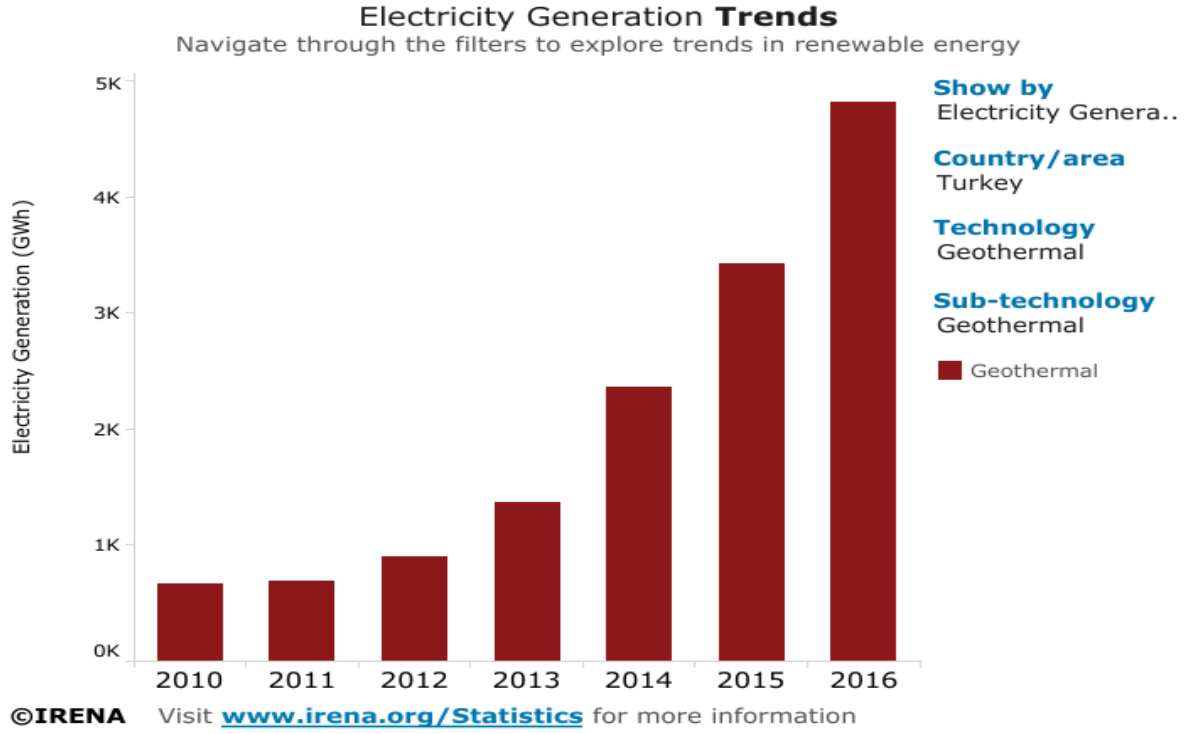
Isı ya da elektrik üretimi için buhar veya sıcak su gerektiren ve Dünya'nın doğal ısısından elde edilen yenilenebilir enerji alternatifi jeotermal enerjidir. Dünyanın iç kısmı, kabuğa çok miktarda ısı sağlar. Kullanımı geçmiş tarihe dayanan jeotermal enerji doğal kaynak olarak ısınma, pişirme ve banyo amaçlı olarak kullanılırdı. Bu enerji kaynağının büyük potansiyeli günümüzde yeniden keşfedilmeye başlanmıştır. Çeşitli çalışmalar, jeotermal kaynakların elektrik potansiyelinin mevcut kuşağın 10 ila 100 katı olduğunu göstermektedir. Doğrudan kullanım potansiyeli mevcut kullanıma benzer katlara sahiptir.

<sup>42</sup> <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/hydropower/> (erişim tarihi:15.05.2019).

<sup>43</sup> <https://www.irena.org/hydropower> (erişim tarihi:23.07.2019).

Jeotermal enerji potansiyelini tahmin etmek zor olsa da, sektör fikir birliği, büyümenin önümüzdeki yarım yüzyıl boyunca kısıtlı kaynak olmayacağı yönündedir.

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansından erişim sağlandığı üzere Şekil 3.4 de Türkiye’de jeotermal enerjisine ait üretim trendi gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 Jeotermal Enerji Üretim Trendi<sup>44</sup>

Jeotermal enerjisi üretimine ait şekil incelendiğinde 2016 yılında 4.819,00 GWh jeotermal enerjisi üretiminin gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

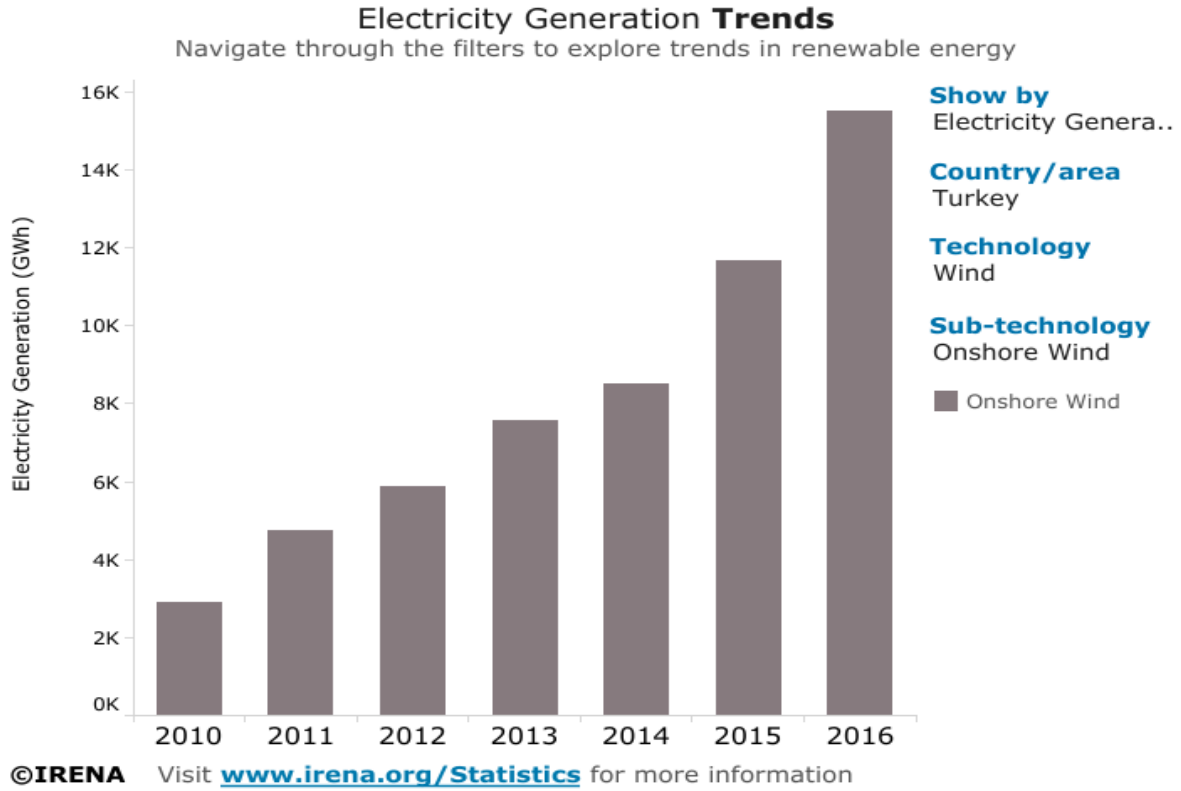
### 3.1.6. Rüzgar Enerjisi

Kaynağı güneş olan rüzgar enerjisi, hemen hemen dünyanın her yerinde bulunur. Yüksek bayırlar ve dağların tepesi ya da açık alanlar, kıyı şeritleri, vb. alanlar Türkiye’de en iyi rüzgar kaynağı alanlarıdır.

Dünya üzerinde en hızlı şekilde elektrik enerjisine dönüştürülebilen yenilenebilir enerji alternatifi rüzgar enerjisidir. Yenilenebilir enerji teknolojileri içerisinde bahse konu enerjinin, elektrik enerjisine dönüştürülmesi en hızlı gelişme kaydedilen alandır. Her yenilenebilir enerji alternatifi gibi rüzgar enerjisi de çevreye herhangi bir zarar vermeden sürekliliği devam bir enerji alternatifidir. Yel değirmenleri ve rüzgar tribünleri, yenilenebilir enerji alternatiflerinden olan rüzgâr enerjisinden elektrik ve mekanik enerji üretmek için kullanılır.

<sup>44</sup> <https://www.irena.org/geothermal> (erişim tarihi:23.07.2019).

Türkiye’de rüzgar enerjisine ait üretim trendi gösterilmiştir.



Şekil 3. 5 Rüzgar Enerji Üretim Trendi<sup>45</sup>

Rüzgar enerjisi üretimine ait şekil incelendiğinde 2016 yılında 15.517,00 GWh kara rüzgar enerjisi üretiminin gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

### 3.2. Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Avantajları ve Dezavantajları

#### 3.2.1. Avantajları:

1. Yenilenebilir enerji alternatiflerinin en büyük avantajı yenilenebilir olduğu için sürdürülebilir olması ve asla tükenmemesidir.
2. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları atık ürün az üreterek ya da hiç üretmeyerek küresel ısınmaya sebebiyet vermemekte olup bu kapsamda çevre dostu olup çevre üzerinde minimum etkiye sahiptir.
3. Yenilenebilir enerji tesisleri, geleneksel jeneratörlerden daha az bakım gerektirmektedir. Doğal ve bol kaynaklardan geldikleri için işletme maliyetleri de genellikle düşüktür.
4. Yenilenebilir enerji projelerinde, çoğu proje büyük şehir merkezlerinden ve başkentlerin banliyölerinden uzakta bulunduğundan, birçok bölgesel alana da ekonomik

<sup>45</sup> <https://www.irena.org/wind> (erişim tarihi:23.07.2019).

faydalar sağlayabilir. Bu ekonomik faydalar, yerel hizmetlerin yanı sıra turizm kullanımının artmasından da kaynaklanıyor olabilir.

Yukarıda yapılan açıklamalar doğrultusunda yenilenebilir enerji alternatiflerinin avantajları kısacası temiz bir enerji türü olup bir kere kullanıldıktan sonra tekrar kullanılabilir hale gelir ve enerji üretim safhasında genel olarak çevreye duyarlıdır. Ayrıca bu kapsamda hem sınırsız hem bedelsiz bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir.

### 3.2.2. Dezavantajları

Çevreye duyarlı oluşuyla üstünlükleri bulunan yenilebilir enerji kaynaklarının şu andaki kullanımları kısıtlıdır. Bunların nedenini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1. En büyük dezavantajı maliyetli olmasıdır. Bu nedenle ekonomik açıdan pahalı olarak kabul edilir.
2. Büyük miktardaki enerji talebini karşılamak için altyapı yatırımları pahalı olup bunu dengeleyecek yeterli kredi ve finansman düzenekleri bulunmamaktadır.
3. Enerji üretim safhasını, hava durumu önemli ölçüde etkilemektedir. Her zaman aynı miktarda enerji üretilemeyebilir, enerji miktar talebi karşılanamayabilir ve enerji kaynaklarına ulaşım sürekli değildir.
4. Yenilenebilir enerji alternatiflerinin etkin kullanılabilmesi ve optimum fayda sağlanabilmesi için bu alanda uzlaşma yeterli seviyede değildir.
5. Günümüzde enerji üretim ve tüketim potansiyeli içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları küçük bir paya sahiptir.
6. Yenilenebilir enerji alternatiflerin birçoğu daha sonra kullanılmak üzere depolanmaya gereksinimi duyar. Ancak bu işlem maliyetli olduğu kadar zorluklara da sahiptir.<sup>46</sup>

### 3.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Durumu

Enerji konusunda dışa bağımlılığı yüzde 70 civarında olan Türkiye’de bahse konu oranın zamanla daha da artabileceği varsayımına dayanılarak enerji ihtiyaçlarının karşılanması amacı ile yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının teşvik edilmesi ve kaynakların çeşitlendirilmesi oldukça önemli bir hale gelmiştir.

Yenilenebilir enerji alternatiflerinin hızla çoğaltılarak enerji devamlılığının sağlanması ve artarak devam eden enerji tüketimine bağlı olarak sorunların azaltılması önem taşımaya başlamıştır.

<sup>46</sup> “Yenilenebilir Enerji ve Toplum Sağlığı”, Journal of Vocational School of Health Service, 26.05.2017.



Türkiye, yenilenebilir enerji alternatifleri potansiyeli açısından elverişli bir konuma sahip ancak bu alternatiflerden yararlanma oranı oldukça düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyelini daha etkin ve verimli kullanılması adına hedefler gerçekleştirilmesi Türkiye'nin bu konuda kendi kendine yetebilen bir ülke konumuna gelebilmesine önemli katkı sağlamaktadır.<sup>47</sup>

Son yıllarda Türkiye'nin geçmişine bakıldığında yenilenebilir enerji sektöründe önemli gelişmeler kaydedildiği görülmektedir. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi konusunda önemli adımlar atıldığı öne sürülmektedir. Türkiye'nin Batı Anadolu'da %78'i, İç Anadolu'da %9'u, Marmara Bölgesi'nde %7'si, Doğu Anadolu'da %5'i ve diğer bölgelerde %1'i jeotermal potansiyeli yüksek olan alanları oluşturmaktadır. Jeotermal kaynakların %10'u elektrik enerjisi üretimi için uygun olup kalan %90'ı termal turizm vb. uygulamalar için uygundur.

1975 yılında jeotermal enerjiden ilk enerji üretimi 0,5 MW güce sahip Kızıldere santrali başlamış olup 2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmaları ile birlikte ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35.500 MWt'e ulaşmıştır.

Bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen biyokütle enerjisinden üretilen toplam elektrik enerjisi 2.796,6 GWh olarak hesaplanmıştır. 2023 yılında Türkiye'nin biyokütle kurulu gücü 1000 MW olarak hedeflenmiştir. Kentsel atık sorunlarının çözülerek enerjiye çevrilmesi ve enerji üretiminin sürekliliğinin sağlanması amacı ile başlatılan çalışmalardan biri de atık barajların kurulmasıdır.

Tüm enerji kaynaklarının kökeni olan güneş enerjisi, enerji ihtiyacının çoğunu karşılamaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli bakımından Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi başta bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji alternatiflerinden bir diğeri rüzgar enerjisinin, Türkiye'de ki kurulu güç oranı giderek artmakta olup 2017 yılı sonu itibariyle kurulu gücünün 6.872,10 MW olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda Ege Bölgesi 2.684 MW kurulu güç kapasite miktarı ile Türkiye'de rüzgar enerji bakımından en yüksek rüzgar potansiyeli bulunan bölgedir.

Son olarak denizlerde Archimedes prensibi ve yer çekimi arasında oluşan ve diğer enerji kaynakları ile alışverişinde ortaya çıkan, kombine enerji formu dalga enerjisidir. Bu enerjiden yararlanmak amacıyla çalışmaya başlanması gereken en uygun yer İzmir ve Antalya arası olup Dalaman ve Finike arasına denk gelen denizlerdir.

<sup>47</sup> <https://www.intell4.com/turkiyenin-yenilenebilir-enerji-alanindaki-yeri-haber-182331> (erişim tarihi: 23.05.2019).

### 3.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları

Enerji sektöründe ülkenin bağımsız olmasını sağlamak için öncelikle doğru politikaların, uzun vadeli enerji stratejilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye, gelişmesini sağlamak amacıyla her yıl artan oranda enerji gereksinimi olan bir ülkedir. Türkiye’nin enerji konusunda dışa bağımlılığının azaltılması için izlenen enerji politikasının her alanında hala yapılması gereken birçok iş vardır.

Enerji sektöründe ilk liberalleşme adımı, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun (EPDK) kurulması olmuştur.

03.03.2001 tarihli ve 24335 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4628 sayılı eski “Elektrik Piyasası Kanunu” ile “Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu” adı altında kurulmuş olup 02/05/2001 tarihli ve 24390 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4646 sayılı “Doğal Gaz Piyasası Kanunu (Elektrik Piyasası Kanununda Değişiklik Yapılması ve Doğal Gaz Piyasası Hakkında Kanun)” ile “Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu” (EPDK) adını almıştır. 18.05.2005 tarihinde 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK); 30.03.2013 tarihinde 6446 sayılı Güncel Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe girdi.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunu, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesinde ilk yasal çerçevedir.

Ayrıca hükümetin rolünü azaltan unsurlar içerisinde yeni yasal yapı, sektör içindeki enerji pazarları ve güçlendirilen pazar unsurları yer almaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kurulmuştur. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının belgelendirilmesi ve desteklenmesine ilişkin yönetmelik hazırlanmıştır. “Yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisıyla yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması, teknoloji transferinin teminine katkı sağlanması amaç edinilmiştir.”

Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminde ve üretiminde son yıllarda büyük çapta önemli gelişmeler kaydedildiği gözlemlenmektedir. Şöyle ki; 2016 yılı sonunda Türkiye’de

üretilen toplam elektriğin %35'inin yenilenebilir enerji alternatiflerinden sağlanmaktadır. İlgili yılın sonu itibariyle yaklaşık 35 GW kurulu güce sahip Türkiye'nin bu gücü büyük oranda hidroelektrik enerjiden elde ettiği kaydedilmiştir. Diğer yenilenebilir enerji alternatifleri için ise bu oranlar yıllara göre artış göstermekte ancak önemli seviyelere ulaşmadığı için henüz yararlanma kapasitesi düşük seviyededir. Türkiye'nin hem matematiksel konumu hem de özel konumu gereğince coğrafi özelliklerin de sağladığı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji alternatiflerinden yararlanma imkanı çok yüksektir. Başka ülkelerle karşılaştırma yapıldığında bu özellikler sayesinde yenilenebilir enerji alternatiflerinin potansiyelleri açısından Türkiye'nin daha elverişli bir konuma sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Ekonomik ve yasal açıdan bir çok kısıt bulunmasına rağmen yenilenebilir enerji alternatiflerinden yararlanma için atılan adımlar olumlu yönde gelişmeler sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji ile ilgili hedef çalışması kapsamında Türkiye için 2023 yılı önem arz etmektedir. Bu durum ülkenin, yenilenebilir enerjiye verdiği önemi göstermekte olup buna bağlı olarak gerçekleştirilen adımlar Türkiye'nin halihazırdaki yenilenebilir enerji potansiyeline dair öncelikli değerlendirme yapılacağını gösterir. 2023 yılı hedefleri içerisinde artan nüfus, ekonomi ve bir çok duruma bağlı olarak enerji tüketiminin iki kat artacağı öngörülmekte olup bu enerji tüketimine bağlı olarak enerji üretiminin %30'unun yenilenebilir enerji alternatiflerinden karşılanması yer almaktadır. Bu oran içerisinde hidroelektrik enerjiden üretilen enerjinin de payı bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji potansiyelinin tam kapasite olarak kullanılması ve bu alternatiflerden önemli oranda yararlanılması için atılan adımlar Türkiye'nin, enerji sektöründe bağımsız olmasını ve enerji üretiminde büyük rol oynayacak olan yenilenebilir enerjiye bağlı olarak ülke ekonomisine, çevresel konulara, enerji alternatiflerinin çeşitlendirilmesine ve bir çok alana daha katkı sağlayacaktır. Böylelikle Türkiye, enerji sektöründe dışa bağımlılık yerine enerji tüketimini karşılayabilecek kendi enerji üretimini sağlayabilen ülke konumuna gelecek bu sektörde önemli bir konumda yer alacaktır.

### 3.5. Yaşantımızdaki Enerji Dönüşümlerine Örnek

Enerji bir türden başka bir türe dönüştürülebilmektedir. Bu duruma örnek olarak:

- Suyun, su ıtıcısında kaynaması; fişe takılan ütünün ısınmaya başlaması; ampulün yanması elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşüne örnektir.

- Araçların ani fren yapması; çekiçle hızlı bir şekilde bir yere vurulması, insan vücudundaki kasların çalışması; bir şişeye su koyup çalkanlanması; kibritin yanması; ellerin birbirine sürtünmesi ile mekanik enerji ısı enerjisine dönüşür.
- Barajlarda da bulunan enerji potansiyel enerjidir. Potansiyel olan enerji, su serbest kaldığı esnada hareket enerjisine dönüşerek, elektrik enerjisinden de jeneratörlerin dönmesi sağlanarak, elektrik enerjisi dönüşümü sağlanır. Hidroelektrik santrallerindeki potansiyel enerji, elektrik enerjisine dönüşür.
- Mikrofondaki ses enerjisi, elektrik enerjisine dönüşür.

Enerjiyi başka bir biçime dönüşmesini sağlayan şeye transduser denilmektedir.<sup>48</sup>

Böylelikle enerji harekete, ısıya ya da ışığa dönüşebilmektedir.

### 3.6. Yenilenebilir Enerji Alternatifi Sıralaması ve Seçiminde Uygulanan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve İlgili Çalışmalar

Literatürde yenilenebilir enerji ile ilgili birçok araştırma yapılmış olup çok kriterli karar verme yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu araştırmalara ait çalışmalar aşağıdaki tabloda detaylandırılmıştır.

**Tablo 3. 2 Literatür Taraması**

Yöntem	Konu	Yıl	Yazar
ELECTRE ve PROMETHEE	Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları Ve Türkiye Uygulamaları	2009	Atıcı ve Ulucan
GRAF Teorisi ve Matris Yaklaşımı	Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori Ve Matris Yaklaşım	2011	Uysal
AHP	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi	2013	Ayan ve Pabuçcu
AHP	Türkiye’de Enerji Santrallerinin Ahp Yöntemi İle Seçim	2013	Erdem, Gencer, Atmaca, Karaca ve Aydoğan
Bulanık TOPSIS	Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme	2016	Sağır ve

<sup>48</sup> <https://www.enerji.gen.tr/yasantimizdaki-enerji-donusumlerine-ornekler.html> (erişim tarihi: 22.05.2019).

	Perspektifinden Türkiye İçin Enerji Kaynakları Değerlendirmesi		Doğanalp
AHP	Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması	2016	Uyan
ANP ve TOPSIS	Anp Ve Topsis Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi	2017	Özcan, Ünlüsoy ve Eren
COPRAS	Türkiye'de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının COPRAS Yöntemiyle Tespiti ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının İstihdam Artırıcı Etkisi	2017	Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu
ANP ve PROMETHEE	CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi	2017	Özcan, Özcan ve Eren
AHS ve VIKOR	Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi	2017	Özdemir, Özcan ve Alacadağ

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### UYGULAMA

#### 4.1. Çalışma Konusuna Ait Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimi ile ilgili yayımlanan yayınlarda alternatifler hidroelektrik, rüzgar, biokütle, güneş ve jeotermal enerji kaynakları ve değerlendirme kriterleri teknik, ekonomik, sosyal, çevresel ve potansiyel olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji alternatiflerine ek olarak dalga enerjisi eklenmiştir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye’de yenilenebilir enerji alternatiflerinin sıralanmasında kaynağı okyanus ve denizler olan dalga enerjisinin önemi ortaya çıkmaktadır. Böylelikle, Türkiye’de yenilenebilir enerji alternatiflerinin sıralanmasında karar verici tarafından 6 adet enerji alternatifi, 5 adet değerlendirme kriterine göre değerlendirilmiştir.

Alternatifler ve değerlendirme kriterleri literatüre göre tanımlanmış olup kriter değerleri, 4 farklı uzman görüşüne başvurularak hazırlanmıştır. Son olarak, PROMETHEE yaklaşımı değerlendirmelerden faydalanılarak sıralama işlemi için kullanılmıştır (Tablo 4.1).

**Tablo 4. 1 Yenilenebilir Enerji Alternatiflerine Ait Kriter Değerleri**

	Teknoloji	Çevre	Sosyo- Politik	Ekonomik	Potansiyel (milyar kW/saat)
Biyokütle	7,7	7,7	8,3	6,7	372,0
Dalga	7,0	7,0	7,1	4,4	18,5
Güneş	6,1	7,3	8,9	6,9	305,0
Hidroelektrik	7,2	6,0	7,9	7,0	124,5
Jeotermal	7,6	7,5	8,2	7,7	1,4
Rüzgar	6,9	7,2	8,9	7,6	50,0

PROMETHEE yaklaşımında değerlendirme kriterlerinin yapısına uygun olarak seçilen tercih fonksiyonlarından yararlanılmıştır.

$$p_1(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

#### 4.1.1. Teknoloji (Maximizasyon Yönlü)

Yenilenebilir enerji teknolojisinin tüm yönleri (altyapının elverişliliği, uygulaması, riskleri, güvenilirliği, hazırlık aşaması ve uygulama aşaması, performansı, teknik bilgi vb.) düşünülerek değerlendirilir.

Karar problemi için belirlenen değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmaması nedeniyle birinci tip (olağan) tercih fonksiyonu kullanılmıştır.

$$p_1(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

#### 4.1.2. Çevre (Minimizasyon Yönlü)

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye yönelik olumsuz etkileri yok denecek kadar az olmasına rağmen yine de olumsuz sayılabilecek etkileri (doğal ortamın tahribatı, hava kirlenmesi, sera etkisi v.b.) bakımından değerlendirilir.

Karar problemi için belirlenen değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmaması nedeniyle birinci tip (olağan) tercih fonksiyonu kullanılmıştır.

$$p_2(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

#### 4.1.3. Sosyo-politik (Maximizasyon Yönlü)

Ulusal enerji politikaları çerçevesinde hükümet desteği ve işgücü etkisini sosyal ve politik yönleriyle değerlendirir.

Karar problemi için belirlenen değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmaması nedeniyle birinci tip (olağan) tercih fonksiyonu kullanılmıştır.

$$p_3(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

#### 4.1.4. Ekonomik (Minimizasyon Yönlü)

Maliyet açısından, yenilenebilir enerji yatırımları değerlendirilir.

Karar problemi için belirlenen değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmaması nedeniyle birinci tip (olağan) tercih fonksiyonu kullanılmıştır.

$$p_4(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

#### 4.1.5. Potansiyel (Maximizasyon Yönlü)

Yenilenebilir enerji alternatiflerini ülke potansiyeli açısından değerlendirir.

Karar problemi için belirlenen değerlendirme kriterleri açısından herhangi bir tercihi bulunmaması nedeniyle birinci tip (olağan) tercih fonksiyonu kullanılmıştır.

$$p_5(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq 0 \\ 1 & , \quad x > 0 \end{cases}$$

### 4.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Değerlendirme kriterleri temelindeki ortak tercih fonksiyon değerleri incelendiğinde  $p_1(B,G)$  ve  $p_2(B,G)$  ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi ve fonksiyon değerlerinin

hesaplanması ile  $p_3(G,R)$  ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi ve fonksiyon değerlerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiş olup diğer alternatif çiftleri için de benzer hesaplamalar yapılmıştır.

- Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyi:  
 $f(B) - f(G) = 1,6$  olduğundan  $p_1(B,G)=1$
- Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötü:  
 $f(B) \leq f(G)$  olduğundan  $p_2(B,G)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi ile rüzgar enerjisi alternatifi arasında fark yok:  
 $f(G) = f(R)$  olduğundan  $p_3(G,R)=0$  olup kalan diğer alternatif çiftleri için yapılan hesaplamalar aşağıda yer almaktadır.
- Biyokütle enerjisi ile güneş enerjisi karşılaştırıldığında:
  - Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(G) = 1,6$  ;  $p_1(B,G)=1$
  - Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(B,G)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(B,G)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(G) = -0,2$  ;  $p_4(B,G)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde biyokütle enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(G) = 67,0$  ;  $p_5(B,G)=1$
- Biyokütle enerjisi ile dalga enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(D) = 1,7$  ;  $p_1(B,D)=1$
  - Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(B,D)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(D) = 1,2$  ;  $p_3(B,D)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür . Bu nedenle  $p_4(B,D)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde biyokütle enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(D) = 353,5$  ;  $p_5(B,D)=1$
- Biyokütle enerjisi ile hidroelektrik enerji karşılaştırıldığında;



- Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(H) = 0,5$  ;  $p_1(B,H)=1$
- Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(B,H)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(H) = 0,4$  ;  $p_3(B,H)=1$
- Ekonomik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(H) = -0,3$  ;  $p_4(B,H)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(H) = 247,50$  ;  $p_5(B,H)=1$
- Biyokütle enerjisi ile jeotermal enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(J) = 0,1$  ;  $p_1(B,J)=1$
  - Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $f(B) - f(J) = 0,2$  ;  $p_2(B,J)=1$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(J) = 0,1$  ;  $p_3(B,J)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(J) = -1,0$  ;  $p_4(B,J)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde biyokütle enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(J) = 370,6$  ;  $p_5(B,J)=1$
- Biyokütle enerji ile rüzgar enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde biyokütle enerjisi, rüzgar enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(R) = 0,8$  ;  $p_1(B,R)=1$
  - Çevre kriteri temelinde biyokütle enerjisi, rüzgar enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $f(B) - f(R) = 0,5$  ;  $p_2(B,R)=1$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, rüzgar enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $P_3(B,R)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde biyokütle enerjisi, rüzgar enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(R) = -0,9$  ;  $p_4(B,R)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde biyokütle enerjisi, rüzgar enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(B) - f(R) = 322,0$  ;  $p_5(B,R)=1$
- Dalga enerjisi ile biyokütle enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde dalga enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(D,B)=0$
- Çevre kriteri temelinde dalga enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(B) = -0,7$  ;  $p_2(D,B)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde dalga enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür.  $p_3(D,B)=0$
- Ekonomik kriteri temelinde dalga enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(B) = -2,3$  ;  $p_4(D,B)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde dalga enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(D,B)=0$
- Dalga enerjisi ile güneş enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde dalga enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(G) = 0,9$  ;  $p_1(D,G)=1$
  - Çevre kriteri temelinde dalga enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(G) = -0,3$  ;  $p_2(D,G)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde dalga enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(D,G)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde dalga enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(G) = 2,5$  ;  $p_4(D,G)=1$
  - Potansiyel kriteri temelinde dalga enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(D,G)=0$
- Dalga enerjisi ile hidroelektrik enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde dalga enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(D,H)=0$
  - Çevre kriteri temelinde dalga enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(D,H)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde dalga enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(D,H)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde dalga enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(H) = -0,8$  ;  $p_4(D,H)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde dalga enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür.  $p_5(D,H)=0$
- Dalga enerjisi ile jeotermal enerji karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde dalga enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(D,J)=0$
- Çevre kriteri temelinde dalga enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(J) = -0,3$  ;  $p_2(D,J)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde dalga enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür.  $p_3(D,J)=0$
- Ekonomik kriteri temelinde dalga enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(J) = -3,3$  ;  $p_4(D,J)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde dalga enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(J) = 17,1$  ;  $p_5(D,J)=1$
- Dalga enerjisi ile rüzgar enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde dalga enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(R) = 0,1$  ;  $p_1(D,R)=1$
  - Çevre kriteri temelinde dalga enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(R) = -0,2$  ;  $p_2(D,R)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde dalga enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(D,R)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde dalga enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(D) - f(R) = -3,2$  ;  $p_4(D,R)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde dalga enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(D,R)=0$
- Güneş enerjisi ile biyokütle enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde güneş enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(G,B)=0$
  - Çevre kriteri temelinde güneş enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(B) = -0,4$  ;  $p_2(G,B)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(B) = 0,6$  ;  $p_3(G,B)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde güneş enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(G,B)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde güneş enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(G,B)=0$
- Güneş enerjisi ile dalga enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde güneş enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(G,D)=0$
- Çevre kriteri temelinde güneş enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(G,D)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(D) = 1,8$  ;  $p_3(G,D)=1$
- Ekonomik kriteri temelinde güneş enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(G,D)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde güneş enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(D) = 286,5$  ;  $p_5(G,D)=1$
- Güneş enerjisi ile hidroelektrik enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde güneş enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(G,H)=0$
  - Çevre kriteri temelinde güneş enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(G,H)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(H) = 1,0$   $p_3(G,H)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde güneş enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(H) = -0,1$  ;  $p_4(G,H)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde güneş enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(H) = 180,5$  ;  $p_5(G,H)=1$
- Güneş enerjisi ile jeotermal enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde güneş enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(G,J)=0$
  - Çevre kriteri temelinde güneş enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(J) = -0,2$  ;  $p_2(G,J)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $P_3(G,J)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde güneş enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(J) = -0,8$  ;  $p_4(G,J)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde güneş enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(J) = 303,6$ ;  $p_5(G,J)=1$
- Güneş enerjisi ile rüzgar enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(G,R)=0$
- Çevre kriteri temelinde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(G,R)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde güneş enerjisi ile rüzgar enerjisi alternatifi arasında fark yoktur. Bu nedenle  $p_3(G,R)=0$
- Ekonomik kriteri temelinde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(R) = -0,7$  ;  $p_4(G,R)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(G) - f(R) = 255,0$  ;  $p_5(G,R)=1$
- Hidroelektrik enerji ile biyokütle enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde hidroelektrik enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(H,B)=0$
  - Çevre kriteri temelinde hidroelektrik enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(B) = -1,7$  ;  $p_2(H,B)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(H,B)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(H,B)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde hidroelektrik enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(H,B)=0$
- Hidroelektrik enerji ile dalga enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde hidroelektrik enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(D) = 0,2$  ;  $p_1(H,D)=1$
  - Çevre kriteri temelinde hidroelektrik enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(D) = -1,0$  ;  $p_2(H,D)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(D) = 0,8$  ;  $p_3(H,D)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(H,D)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde hidroelektrik enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(D) = 106,0$  ;  $p_5(H,D)=1$
- Hidroelektrik enerji ile güneş enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde hidroelektrik enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(G) = 1,1$  ;  $p_1(H,G)=1$
- Çevre kriteri temelinde hidroelektrik enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(G) = -1,3$  ;  $p_2(H,G)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(H,G)=0$
- Ekonomik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(H,G)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde hidroelektrik enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(H,G)=0$
- Hidroelektrik enerji ile jeotermal enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde hidroelektrik enerji, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(H,J)=0$
  - Çevre kriteri temelinde hidroelektrik enerji, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(J) = -1,5$  ;  $p_2(H,J)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(H,J)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(H,J)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde hidroelektrik enerji, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(J) = 123,1$  ;  $p_5(H,J)=1$
- Hidroelektrik enerji ile rüzgar enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(R) = 0,3$  ;  $p_1(H,R)=1$
  - Çevre kriteri temelinde hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(R) = -1,2$  ;  $p_2(H,R)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(H,R)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(H,R)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(H) - f(R) = 74,5$  ;  $p_5(H,R)=1$
- Jeotermal enerji ile biyokütle enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde jeotermal enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(J,B)=0$
- Çevre kriteri temelinde jeotermal enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(B) = -0,2$ ;  $p_2(J,B)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde jeotermal enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(J,B)=0$
- Ekonomik kriteri temelinde jeotermal enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(J,B)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde jeotermal enerji, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(J,B)=0$
- Jeotermal enerji ile dalga enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde jeotermal enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(D) = 0,6$  ;  $p_1(J,D)=1$
  - Çevre kriteri temelinde jeotermal enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(J,D)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde jeotermal enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(D) = 1,1$  ;  $p_3(J,D)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde jeotermal enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(J,D)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde jeotermal enerji, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(J,D)=0$
- Jeotermal enerji ile güneş enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde jeotermal enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(G) = 1,5$  ;  $p_1(J,G)=1$
  - Çevre kriteri temelinde jeotermal enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(J,G)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde jeotermal enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(J,G)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde jeotermal enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(J,G)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde jeotermal enerji, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(J,G)=0$
- Jeotermal enerji ile hidroelektrik enerjisi karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde jeotermal enerji, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(H) = 0,4$  ;  $p_1(J,H)=1$
- Çevre kriteri temelinde jeotermal enerji, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(J,H)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde jeotermal enerji, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(H) = 0,3$  ;  $p_3(J,H)=1$
- Ekonomik kriteri temelinde jeotermal enerji, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(J,H)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde jeotermal enerji, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(J,H)=0$
- Jeotermal enerji ile rüzgar enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde jeotermal enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(J) - f(R) = 0,7$  ;  $p_1(J,R)=1$
  - Çevre kriteri temelinde jeotermal enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(J,R)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde jeotermal enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_3(J,R)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde jeotermal enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(J,R)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde jeotermal enerji, rüzgar enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(J,R)=0$
- Rüzgar enerjisi ile biyokütle enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde rüzgar enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(R,B)=0$
  - Çevre kriteri temelinde rüzgar enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(B) = -0,5$  ;  $p_2(R,B)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(B) = 0,6$  ;  $p_3(R,B)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle ;  $p_4(R,B)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde rüzgar enerjisi, biyokütle enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(R,B)=0$
- Rüzgar enerjisi ile dalga enerjisi karşılaştırıldığında;



- Teknoloji kriteri temelinde rüzgar enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(R,D)=0$
- Çevre kriteri temelinde rüzgar enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(R,D)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(D) = 1,8$  ;  $p_3(R,D)=1$
- Ekonomik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(R,D)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde rüzgar enerjisi, dalga enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(D) = 31,5$ ;  $p_5(R,D)=1$
- Rüzgar enerjisi ile güneş enerjisi karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde rüzgar enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(G) = 0,8$  ;  $p_1(R,G)=1$
  - Çevre kriteri temelinde rüzgar enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(G) = -0,1$  ;  $p_2(R,G)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde rüzgar enerjisi ile güneş enerjisi alternatifi arasında fark yoktur. Bu nedenle  $p_3(R,G)=0$
  - Ekonomik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_4(R,G)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde rüzgar enerjisi, güneş enerjisi alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_5(R,G)=0$
- Rüzgar enerjisi ile hidroelektrik enerji karşılaştırıldığında;
  - Teknoloji kriteri temelinde rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(R,H)=0$
  - Çevre kriteri temelinde rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_2(R,H)=0$
  - Sosyo-politik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(H) = 1,0$ ;  $p_3(R,H)=1$
  - Ekonomik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $P_4(R,H)=0$
  - Potansiyel kriteri temelinde rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $P_5(R,H)=0$
- Rüzgar enerjisi ile jeotermal enerji karşılaştırıldığında;

- Teknoloji kriteri temelinde rüzgar enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha kötüdür. Bu nedenle  $p_1(R,J)=0$
- Çevre kriteri temelinde rüzgar enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(J) = -0,3$  ;  $p_2(R,J)=0$
- Sosyo-politik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(J) = 0,7$  ;  $p_3(R,J)=1$
- Ekonomik kriteri temelinde rüzgar enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(J) = -0,1$  ;  $p_4(R,J)=0$
- Potansiyel kriteri temelinde rüzgar enerjisi, jeotermal enerji alternatifinden daha iyidir. Bu nedenle  $f(R) - f(J) = 48,6$  ;  $p_5(R,J)=1$

Belirlenen ortak tercih fonksiyonları ve hesaplanan fonksiyon değerlerine binaen her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir. Biyokütle ve güneş enerjisi alternatifleri için tercih indeksinin hesaplaması aşağıda gösterilmiş ve diğer alternatif çiftleri için de benzer hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 4.2). Yapılan hesaplamalarda tüm kriterlerin eşit önem derecesine sahip oldukları varsayılmıştır ( $w_i=1$ ).

$$\pi(B, G) = \frac{\sum_{j=1}^5 w_j P_{1(B,G)}}{\sum_{j=1}^5 w_j} = \frac{1+0+0+0+1}{5} = 0,4$$

**Tablo 4. 2 Alternatifler için hesaplanan tercih indeksleri**

	<b>Biyokütle</b>	<b>Dalga</b>	<b>Güneş</b>	<b>Hidroelektrik</b>	<b>Jeotermal</b>	<b>Rüzgar</b>
<b>Biyokütle</b>	-	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6
<b>Dalga</b>	-	-	0,4	-	0,2	0,2
<b>Güneş</b>	0,2	0,4	-	0,4	0,2	0,2
<b>Hidroelektrik</b>	-	0,6	0,2	0,2	0,2	0,4
<b>Jeotermal</b>	-	0,4	0,2	0,4	-	0,2
<b>Rüzgar</b>	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	-

Tablo 4.2 den hareketle alternatifler için pozitif  $\Phi^+$  ve negatif üstünlük  $\Phi^-$  üstünlükler hesaplanmıştır. Biyokütle alternatifine ilişkin pozitif ve negative üstünlüklerin hesaplaması aşağıda gösterilmiş ve diğer alternatifler için elde edilen sonuçlar Tablo 4.3 de gösterilmiştir.

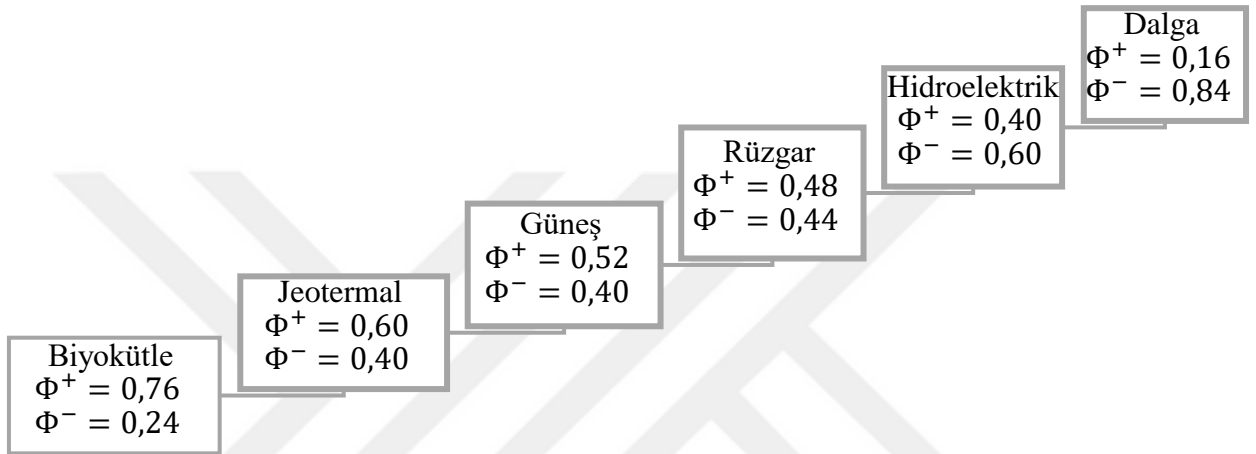
$$\Phi^+(B) = \pi(B, G) + \pi(B, D) + \pi(B, H) + \pi(B, J) + \pi(B, R)$$

$$\Phi^-(B) = \pi(G, B) + \pi(D, B) + \pi(H, B) + \pi(J, B) + \pi(R, B)$$

Tablo 4. 3 Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler

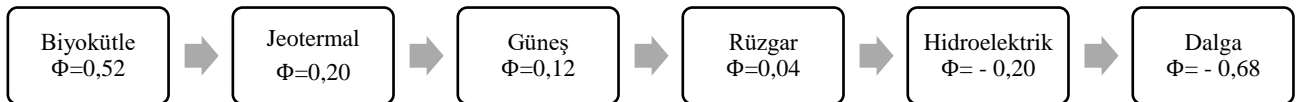
$\Phi$	Biyokütle	Dalga	Güneş	Hidroelektrik	Jeotermal	Rüzgar
$\Phi^+$	0,76	0,16	0,52	0,4	0,6	0,48
$\Phi^-$	0,24	0,84	0,4	0,6	0,4	0,44

PROMETHEE I ile kısmi sıralama belirlenir. Alternatiflere ilişkin hesaplanan pozitif ve negatif üstünlükler kullanılarak belirlenen kısmi öncelikler Şekil 4.1 de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 PROMETHEE I ile kısmi sıralama

PROMETHEE II ile tam sıralama belirlenir. Alternatiflere ilişkin tam öncelikler hesaplanmış olup bu değerlerden hareketle elde edilen tam sıralama Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4. 2 PROMETHEE II ile tam sıralama

Yapılan tam sıralama ile en iyi alternatif biyokütle enerjisi olarak belirlenmiş olup diğer alternatifler ise Jeotermal Enerji – Güneş Enerjisi – Rüzgar Enerjisi – Hidroelektrik Enerji – Dalga Enerjisi şeklinde sıralanmıştır.

### 4.3. Visual PROMETHEE Gösterimi

Probleme ait veriler, Visual PROMETHEE yazılımına da aktarılarak Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

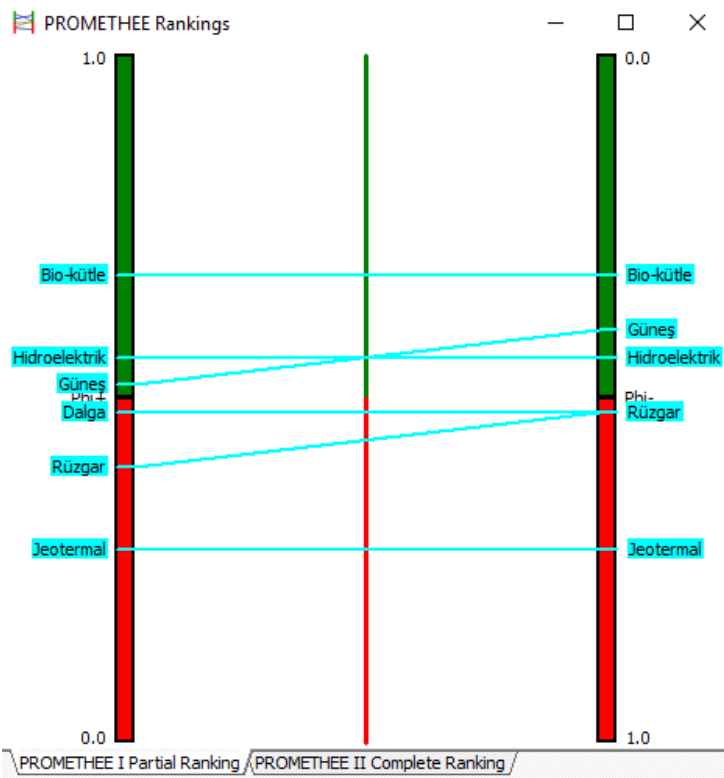
Visual PROMETHEE Demo

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Opti

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
copy of Scenario1	Teknoloji	Ekonomik	Çevre	Sosyo-politik	Potansiyel
Unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>					
Min/Max	max	min	min	max	max
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>					
Minimum	6,1	4,4	6,0	7,1	1,4
Maximum	7,7	7,7	7,7	8,9	372,0
Average	7,0	6,7	7,1	8,2	145,2
Standard Dev.	0,6	1,1	0,5	0,6	143,3
<b>Evaluations</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> Bio-kütle	7,7	6,7	7,7	8,3	372,0
<input checked="" type="checkbox"/> Hidroelektrik	7,2	7,0	6,0	7,9	124,5
<input checked="" type="checkbox"/> Jeotermal	7,6	7,7	7,5	8,2	1,4
<input checked="" type="checkbox"/> Rüzgar	6,1	7,6	7,2	8,9	50,0
<input checked="" type="checkbox"/> Güneş	6,1	6,9	7,3	8,9	305,0
<input checked="" type="checkbox"/> Dalga	7,0	4,4	7,0	7,1	18,5

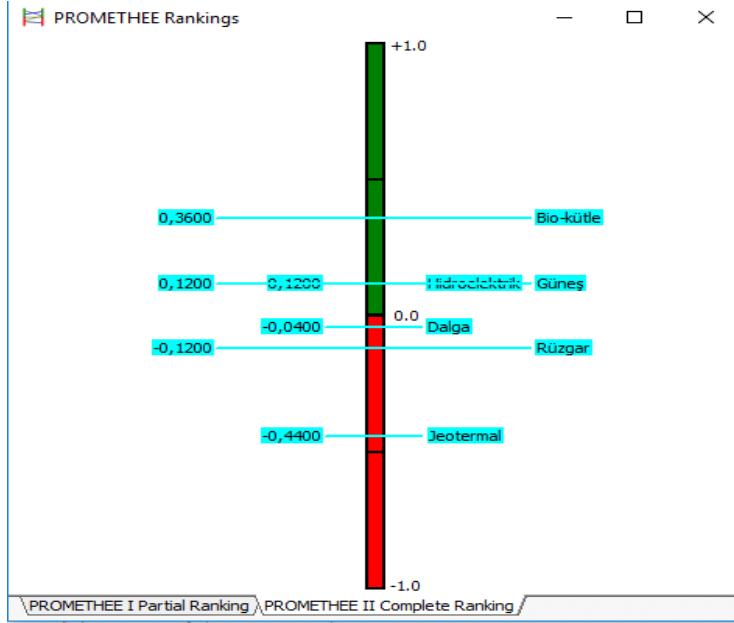
Şekil 4. 3 Visual Promethee Verilere İlişkin Ekran Görüntüsü

Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre seçilme durumlarının, birbirinden farksız olan alternatiflerin ve birbirleriyle karşılaştırılmayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlamakta olup şekil 4.4 de gösterildiği üzere kısmi önceliklere göre en iyi alternatif biyokütle enerjisi olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 4 Promethee I (Partial Ranking) Sıralaması

Her bir alternatif için hesaplanan pozitif ve negatif üstünlük +1 ile -1 arasında değerleri almakta olup pozitif değer bir alternatifin diğer alternatiflere göre pozitif üstünlüğünü; negatif değer ise bir alternatifin diğer alternatife göre ne kadar zayıf olduğunu gösterir. Şekil 4.5 de tam sıralama ile en iyi alternatifin biyokütle enerjisi olduğu anlaşılmaktadır. Bu sıralama hem pozitif hem negatif üstünlükleri ele alarak net üstünlük değerlerini göstermektedir. Buna göre, tercih sıralamasında önlere yer alacak değerler 0 ile +1 arasında yer alan değerlerdir.<sup>49</sup>



Şekil 4. 5 Promethee II (Complete Ranking) Sıralaması

Promethee II sonucu bulunan pozitif üstünlüklerden negatif üstünlüklerin çıkarılması ile elde edilen net üstünlük değerleri Promethee Akış Tablosu olan Şekil 4.6 da yer almaktadır.

<sup>49</sup> Şahin ve Akkaya, 2013:76.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Bio-kütle	0,5200	0,7600	0,2400
2	Jeotermal	0,2000	0,6000	0,4000
3	Güneş	0,1200	0,5200	0,4000
4	Rüzgar	0,0400	0,4800	0,4400
5	Hidroelektrik	-0,2000	0,4000	0,6000
6	Dalga	-0,6800	0,1600	0,8400

Şekil 4. 6 Promethee (Flow Table) Akış Tablosu

Bu çalışmada PROMETHEE yaklaşımı kullanılarak yenilenebilir enerji alternatifleri arasından en iyi seçimi yapılmıştır. Değerlendirme kriterlerine göre sıralama yapılmış olup teknoloji, sosyo-politik, ve potansiyel kriterler maximizasyon yönlü olarak belirlenip birinci tip tercih fonksiyonu; çevre ve ekonomik kriter ise minimizasyon yönlü olarak belirlenip birinci tip tercih fonksiyonu seçilmiştir.

Biyokütle enerji potansiyelinin daha etkin ve verimli kullanılmış olması nedeniyle potansiyel kriter değerinin yüksek olması ve ilgili değerlendirme kriterinin maximizasyon yönlü olması yapılan bu sıralamada ilk sırada yer almasında ve en iyi alternatif olarak seçilmesinde en etkili ölçüt olmuştur. Diğer yandan yenilenebilir enerji alternatiflerinin, enerji kullanımı neticesinde çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açısından son derece önemli bir yere sahip olmasına bağlı olarak alternatifler arasından minimizasyon yönlü çevre kriter değerinin en düşük biyokütle enerjisinde olması sıralamayı etkileyen faktörlerden olduğu anlaşılmıştır.

Tam doğru sıralamaya ve buna bağlı olarak doğru tercihe ulaşmak mümkün olmamakla beraber PROMETHEE yaklaşımı, karar vericiyi en iyi tercihe yönlendirmektedir. Böylelikle yenilenebilir enerji alternatifleri sıralaması için Promethee Akış Tablosu'nda yer alan net üstünlük değerleri doğrultusunda biyokütle enerjisi– jeotermal enerji – güneş enerjisi – rüzgar enerjisi – hidroelektrik enerji – dalga enerjisi sıralaması yapılmıştır.

## SONUÇ

Enerji konusunda ekonomik açıdan dışa bağımlı ülkelerde bahse konu bağımlılığın ve çevreye verilen zararın azalmasında yenilenebilir enerji politikasının oldukça büyük bir paya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji konusunda söz sahibi olabilmek için sürdürülebilirliği sağlamak önem arz etmektedir.

Türkiye, sahip olduğu potansiyeli etkin ve verimli bir şekilde kullanması halinde ülke ekonomisine, çevresel konulara, enerji alternatiflerinin çeşitlendirilmesine ve bir çok alana daha katkı sağlayacaktır. Buna bağlı olarak Türkiye’de yenilenebilir enerji alternatiflerinin, enerji arzı açısından yararlanılabilir hale getirmek amacıyla çalışmalar yürütülmeye başlanmış olup belirlenen hedefler doğrultusunda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Ayrıca fosil yakıt kullanımına göre daha maliyetli olduğu bilinen yenilenebilir enerji kaynakları için büyük yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yenilenebilir enerji, enerji planlaması ya da enerji tahminlemesi üzerine bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji alternatifi seçiminin, sıralamasının önemli bir problem olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan literatür araştırmasına istinaden yenilenebilir enerji alternatifleri arasından en iyisini seçme ve en iyi sıralamayı yapmada çok kriterli karar verme yöntemlerinin sık bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bunlar analitik hiyerarşi süreci, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR ve TOPSIS yöntemleridir. Özellikle enerji konulu çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE yaklaşımının yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir.

Türkiye’nin yenilenebilir enerji alanındaki yatırımlarını sırasıyla, biyokütle enerjisi– jeotermal enerji – güneş enerjisi – rüzgar enerjisi – hidroelektrik enerji – dalga enerjisine yapması gerektiği tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji alternatifleri arasında en yüksek potansiyele biyokütle enerjisinin sahip olması nedeniyle sıralamayı önemli ölçüde etkileyen kriterin potansiyel kriter olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma ile yapılan değerlendirmeler doğrultusunda jeotermal enerjinin teknoloji kriterinde biyokütle enerjiye yakın bir değer olması, bu alternatifin ikinci sırada yer almasını sağlamıştır. Tüm alternatiflerin kaynağında yer alan güneş ise Türkiye’de önemli bir seviyede potansiyele sahip olmasına rağmen teknoloji kriterinin düşük değerde olması, güneş enerjisinin üçüncü sırada yer almasına sebep olmuştur.

Yenilenebilir enerji, ekonomik açıdan önemli bir rol oynamasından dolayı ve çevreye olan zararlı etkilerin azaltılmasında; enerjiye olan talebin karşılanmasında önemi çok büyük olması nedeniyle daha detaylı olarak ele alınabilir.

## KAYNAKÇA

- Atıcı, K. B. ve Ulucan, A. (2009). “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları Ve Türkiye Uygulamaları”. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1):161-186.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., ve Aghdasi, M. (2010). “PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications”. *European Journal of Operational Research*, 200(1):198-215.
- Brans, J. P. ve Vincke, P. (1985). “A Preference Ranking Organisation Method: (The Promethee Method for Multiple Criteria Decision-Making)”. *Management science*, 31(6):647-656.
- Brans, J. P., Mareschal, B. ve Figueira, J. R. (ed.). (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Survey*, Springer Science, New York.
- Dağ, S., Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (ed.). (2015) *Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Dora Yayınları, Bursa.
- Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008), “Promethee Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1):69-75.
- Diñer, Ö. Ve Fidan, Y. (1996). *İşletme Yönetimi*. Beta, İstanbul.
- Doğan, H. (2014). “Çağdaş Kariyer Karar Verme Yaklaşım ve Modellerinin İncelenmesi”, *Türkiye Sosyal Politika ve Çalışma Hayatı Araştırmaları Dergisi*, 4(6):103.
- Engin, O., Sarucan, A. ve Baysal, M. E., (2018). “Türkiye İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Analizi”. *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(1): 1223-1231.
- Ergun, T. ve Polatoğlu, A. (1992). *Kamu Yönetimine Giriş*. Türkiye ve Ortadoğu Amme İdare Enstitüsü, İstanbul.
- Genç, T., (2013). “PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15:133-154.
- Gözen, M. (2017). “Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Genel Bir Bakış”. *Uzman Gözüyle Enerji*, 1(3):32-35
- Gürüz, D. ve Gürel, E. (2006). *Yönetim ve Organizasyon*. Nobel, Ankara.
- İmrek, M. (2003). *Karar Verme Teknikleri*. Beta, İstanbul.
- Kahneman, D. (2011)., *Thinking, fast and slow*. Farrar. Straus and Giroux, New York.



- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y. Ve Uğurlu, İ. (2018). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi”. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 59(692):86-114.
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2012). *Yenilenebilir Enerji Teknolojileri*. Milli Eğitim Bakanlığı Ankara.
- Okan, Y. (2015). “Davranışsal Karar Verme Modelleri: Teori ve Uygulamadaki Süreçlerin Karşılaştırmalı Analizi”. 3. *Örgütsel Davranış Kongresi*, 6-7 Kasım 2015, Tokat, 276.
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Eren, H. ve Şanlı, B., (2014). AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4):47-64.
- Özer, M. A. (2016). “Herbert Simon’un Yönetim Bilimine Katkıları”. *HAK-IŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5:161-185.
- Rue, L. W. Ve Byars, L. L. (2003), *Management: Skills and Application (McGraw-Hill International Editions)*. McGraw-Hill Education, New York.
- Sungur, O., ve Maden, S. I. (2016). “TR61 Bölgesi (Antalya, Isparta, Burdur) İmalat Sanayi Sektörlerinin PROMETHEE Yöntemi ile Sıralanması”. *Ege Academic Review*, 16(4):641-654.
- Şahin, A. ve Akkaya, C. G. (2013). “Promethee Sıralama Yöntemi İle Portföy Oluşturma Üzerine Bir Uygulama”. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2(2): 67-81.
- Şenkayas, H. ve Hekimoğlu, H. (2013). “Çok kriterli tedarikçi seçimi problemine PROMETHEE yöntemi uygulaması”, *Verimlilik Dergisi*, 2:63-80.
- Topcu, Y. I. ve Ulengin, F. (2004), “Energy for the future: an integrated decision aid for the case of Turkey”, *Energy*, 29:137–54.
- Tosun, K. (1990). *İşletme Yönetimi*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi yayını, İstanbul.
- Uysal, F. (2011). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori ve Matris Yaklaşımı”. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13:23-40.
- Uzun, S. ve Kazan, H. (2016). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması”. *Journal of Transportation and Logistic*, 1:100-113.
- Vroom, V. H. (1973). “A new look at managerial decision making”, *Organizational dynamics*, 1(4):66-80.

- Wang, J., Jing, Y., Zhang, C., ve Zhao, J. (2009), “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Cilt 13: 2263-2278.
- Yakıncı, Z. D. ve Kök, M. (2017). “Yenilenebilir Enerji ve Toplum Sağlığı”. *Journal of Vocational School of Health Service*, 5(1):1-13.
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, (09.10.2016).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, *Resmi Gazete*, (18.05.2005).
- Yılmaz, O. ve Hotunoğlu, H. (2015). “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye”. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2: 74-97.
- Yuen, K. K. F. ve Ting, T. O. (2012). “Textbook Selection Using Fuzzy PROMETHEE Method”. *International Journal of Future Computer and Communication*, 1(1): 76-78.

### İnternet Kaynakları

- Brans, J. P. ve Mareschal, B., “PROMETHEE Methods”. [https://www.researchgate.net/publication/226334105\\_Promethee\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/226334105_Promethee_Methods) (erişim tarihi:23.05.2019).
- Çakır, E., “Karar Teoremi”, [https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next\\_slideshow=1](https://www.slideshare.net/cakirengin/karar-teoremi?next_slideshow=1) (erişim tarihi: 28.05.2019).
- Elektrik Mühendisler Odası, “Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli”, [http://www.emo.org.tr/ekler/20bb2d9a50d5ac1\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/20bb2d9a50d5ac1_ek.pdf)
- Enerji işleri Genel Müdürlüğü, “Biyokütle Enerjisi Nedir?”, [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx) (erişim tarihi:15.05.2019).
- Enerji işleri Genel Müdürlüğü, “Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli”, [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h\\_turkiye\\_potansiyel.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx) (erişim tarihi:15.05.2019).
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/1-1167/tarihce> (erişim tarihi: 22.05.2019).
- Intell4, “Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki yeri”, <https://www.intell4.com/turkiyenin-yenilenebilir-enerji-alanindaki-yeri-haber-182331> (erişim tarihi: 23.05.2019).
- International Renewable Energy Agency, <https://www.irena.org/> (erişim tarihi:23.07.2019).

- Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ., “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”, <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf> (erişim tarihi:15.05.2019).
- Kocamustafaoğulları, E., “Çok Amaçlı Karar Verme”, [https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok\\_Amacli\\_Karar\\_Verme.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf) (erişim tarihi: 21.05.2019).
- Özden, Ü. H., “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri”, <http://www.unalozden.com/Download/CKKV.pdf> (erişim tarihi:15.05.2019).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Biyokütle”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle> (erişim tarihi:15.05.2019).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Güneş”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (erişim tarihi:15.05.2019).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Jeotermal”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (erişim tarihi:15.05.2019).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Rüzgar”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (erişim tarihi:15.05.2019).
- Topçu, İ. ve Kabak, Ö., “Karar Analizi”, <https://web.itu.edu.tr/topcuil/ya/KV1KararAnalizi.pdf> (erişim tarihi:21.05.2019).
- Türk Dil Kurumu, <http://sozluk.gov.tr/> (erişim tarihi:19.07.2019).
- Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü, “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri”, <http://tusside.tubitak.gov.tr/tr/yontemlerimiz/Cok-Kriterli-Karar-Verme-Teknikleri> (erişim tarihi: 16.07.2019).
- World Energy Council, “Energy Resources: Geothermal”, <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/geothermal/> (erişim tarihi:15.05.2019).
- World Energy Council, “Energy Resources: Hydropower”, <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/hydropower/> (erişim tarihi:15.05.2019).
- Yıldız, Y., “Karar Verme ve Süreçleri”, <https://www.linkedin.com/pulse/karar-verme-ve-ve-s3%BCre%3%A7leri-yal%3%A7C4%B1n-yildiz> (erişim tarihi: 22.05.2019).

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Adı ve SOYADI</b>	Dilara ÖZDEMİR
<b>Doğum Yeri - Tarihi</b>	Çankaya – 05/07/1992
<b>EĞİTİM DURUMU</b>	
<b>Mezun Olduğu Lise</b>	Antalya Akdeniz Lisesi
<b>Lisans Diploması</b>	Gazi Üniversitesi
<b>Yabancı Dil / Diller</b>	İngilizce
<b>İŞ DENEYİMİ</b>	
<b>Stajlar</b>	T.C. Merkez Bankası Emisyon Genel Müdürlüğü (Ankara – 2012)
<b>Projeler</b>	European Voluntary Service (Italy – 2012)
<b>Çalıştığı Kurumlar</b>	Çk Enerji Akdeniz Elektrik Perakende Satış A.Ş. (2015-2019) Tantur Turizm Seyahat A.Ş. (2019 – devam ediyor)
<b>E-Posta</b>	dlraunal@gmail.com