

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ ALTERNATİFLERİNİN DAĞITIK VE MERKEZİ ÜRETİM  
KAPSAMINDA ANALİZİ İÇİN BİR BULANIK ÇOK KRİTERLİ  
KARAR VERME MODEL ÖNERİSİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI

**Betül ZENGİN**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

Danışman

Prof. Dr. İhsan KAYA

Ocak, 2020

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ ALTERNATİFLERİNİN DAĞITIK VE MERKEZİ ÜRETİM  
KAPSAMINDA ANALİZİ İÇİN BİR BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR  
VERME MODEL ÖNERİSİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI**

Betül ZENGİN tarafından hazırlanan tez çalışması 27.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İhsan KAYA  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. İhsan KAYA, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Danışmanım Prof. Dr. İhsan KAYA sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Enerji Alternatiflerinin Dağıtık ve Merkezi Üretim Kapsamında Analizi İçin Bir Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Model Önerisi ve Türkiye Uygulaması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.



Betül ZENGİN

İmza



*Aileme*

## TEŞEKKÜR

---

Bu tez çalıőmasının danıőmanlıęını üstlenen Sayın Prof. Dr. İhsan KAYA'ya, savunma jürisinde yer alan Sayın Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ'ye ve Sayın Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Betül ZENGİN



# İÇİNDEKİLER

<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>KISALTMA</b>	<b>x</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>xii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>xiv</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xviii</b>
<b>1 Giriş</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	6
1.3 Hipotez.....	7
<b>2 Literatür Araştırması</b>	<b>9</b>
2.1 Dağıtık Dünya.....	9
2.1.1 Eğitimde Dağıtıklık.....	13
2.1.2 Bir Takas Aracı Olarak Para.....	38
2.1.3 Enerji.....	45
2.1.4 Dağıtık Enerji Üretimi.....	67
<b>3 Karar Verme</b>	<b>74</b>
3.1 Çok Kriterli Kara Verme Yöntemleri.....	74
3.1.1 AHS.....	80
3.1.2 AAS.....	82
3.1.3 ELECTRE.....	84
3.1.4 TOPSIS.....	85
3.1.5 PROMETHEE.....	86
3.1.6 DEMATEL.....	87
3.1.7 VIKOR.....	88

<b>4 Bulanık Mantık</b>	<b>90</b>
4.1 Bulanık Kümeler.....	90
4.2 Bulanık Karar Verme.....	90
4.2.1 Klasik (Tip 1) Bulanık Kümeler .....	96
4.2.2 Tip 2 Bulanık Kümeler.....	98
4.2.3 Çok Üyelikli Bulanık Kümeler.....	99
4.2.4 Sezgisel Bulanık Kümeler.....	101
<b>5 Pisagor Bulanık Kümeler</b>	<b>104</b>
5.1 Pisagor Bulanık Kümelerin Temel İşlemleri ve Özellikleri.....	105
5.2 Aralık Değerli Pisagor Bulanık Kümeler.....	107
<b>6 Önerilen Metodoloji</b>	<b>112</b>
6.1 Pisagor Bulanık DEMATEL.....	117
6.2 Pisagor Bulanık AAS.....	122
6.3 Pisagor Bulanık TOPSIS.....	127
<b>7 Uygulama</b>	<b>136</b>
7.1 Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi.....	136
7.1.1 Duyarlılık Analizi.....	172
<b>8 Sonuç ve Öneriler</b>	<b>180</b>
<b>Kaynakça</b>	<b>186</b>
<b>A Değerlendirme Anketleri</b>	<b>204</b>
<b>Tezden Üretilmiş Yayınlar</b>	<b>208</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

$\tilde{A}$	Tip-1 Bulanık Küme
$\tilde{\tilde{A}}$	Tip-2 Bulanık Küme
$A_{kij}$	k. Uzmana Ait Bulanık Direkt İlişki Matrisi
$A^+$	Pozitif İdeal Çözüm
$A^-$	Negatif İdeal Çözüm
$A_{n \times n}$	Toplam Ortalama Net Matris
$A^*$	Optimum Alternatif
$\tilde{a}_{kij}$	k. Uzmanla Göre i. Faktörün j. Faktörü Etkileme Düzeyi
$a_{ij}$	i. Faktörün j. Faktörü Etkileme Düzeyinin Durulaştırılmış Hali
$C_{i^+}$	Göreceli Yakınlık İndeksi
$D(A_i, A^+)$	$A_i$ Alternatifinin Pozitif İdeal Çözümüne Uzaklığını
$D(A_i, A^-)$	$A_i$ Alternatifinin Negatif İdeal Çözümüne Uzaklığını
$d(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Kümeler Arasındaki Fark
$h(x)$	Çok Üyelikli Bulanık Küme
$h^-(x)$	Çok Üyelikli Bulanık Kümede Alt Sınır
$h^+(x)$	Çok Üyelikli Bulanık Kümede Üst Sınır
$h_\alpha^+(x)$	Çok Üyelikli Bulanık Kümede $\alpha$ -Üst Sınır
$h_\alpha^-(x)$	Çok Üyelikli Bulanık Kümede $\alpha$ -Alt Sınır
$I$	Birim Matris
$P$	Pisagor Bulanık Küme
$\tilde{P}$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme
$P_k$	k. Uzmanın Önem Derecesi
$s(P)$	Pisagor Bulanık Küme Skor Fonksiyonu



$s(\tilde{P})$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Skor Fonksiyonu
T	Toplam İlişki Matrisi
$\alpha(P)$	Pisagor Bulanık Küme Doğruluk Fonksiyonu
$\alpha(\tilde{P})$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Doğruluk Fonksiyonu
$\lambda_k$	k. Uzmanın Ağırlığı
$\lambda_{\max}$	En Büyük Özdeğer
$\lambda_{ij}^{(k)}$	k. Uzmanına Ait $A_i$ Alternatifinin $C_j$ Kriterine Göre Üye Olmama Derecesi
$\mu_F(x)$	Tip-1 Bulanık Küme Üyelik Fonksiyonu
$\mu_{\tilde{A}}(x,u)$	Tip-2 Bulanık Küme Üyelik Fonksiyonu
$\mu_I(x)$	Sezgisel Bulanık Küme Ait Olma Derecesi
$\mu_P(x)$	Pisagor Bulanık Küme Üye Olma Derecesi
$\mu_{\tilde{P}}(x)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üyelik Derecesi
$\mu_{ij}^{(k)}$	k. Uzmanına Ait $A_i$ Alternatifinin $C_j$ Kriterine Göre Pisagor TOPSIS Üyelik Derecesi
$\nu_1(x)$	Sezgisel Bulanık Küme Ait Olmama Derecesi
$\nu_P(x)$	Pisagor Bulanık Küme Üye Olmama Derecesi
$\nu_{\tilde{P}}(x)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üye Olmama Derecesi
$\pi_1(x)$	Sezgisel Bulanık Küme Belirsizlik Derecesi
$\pi_P(X)$	Pisagor Bulanık Küme Belirsizlik Derecesi
$\pi_{\tilde{P}}(x)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Belirsizlik Derecesi
$\pi_{\tilde{P}}^-(x)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üyelik Derecesi Alt Sınır
$\pi_{\tilde{P}}^+(x)$	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üyelik Derecesi Üst Sınır
$\pi_{ij}^{(k)}$	k. Uzmanına Ait $A_i$ Alternatifinin $C_j$ Kriterine Göre Belirsizlik Derecesi
$\sigma_k$	k. Uzmanın Ağırlık Düzeyi

$x_{ij}$	Normalize Edilmiş Ortalama Net Matris
$X_{ij}^{(k)}$	k. Uzman Ait i. Alternatifin j. Kriteria Göre Değerlendirilmesi
$X_{ij}$	i. Alternatifin j. Kriteria Göre Birleştirilmiş Pisagor Bulanık Karar Matrisi
$X'$	Birleştirilmiş Ağırlıklı Pisagor Bulanık Karar Matris
$q(A_i)$	Revize Edilmiş Göreceli Yakınlık İndeksi



## KISALTMA LİSTESİ

---

AAS	Analitik Ağ Süreci
ADPBK	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality
IVPFWG	Interval Valued Pythagorean Fuzzy Weighted Geometric Average
IVPFWA	Interval Valued Pythagorean Fuzzy Weighted Average
ÇÜBK	Çok Üyelikli Bulanık Kümeler
NIS	Negative Ideal Solution
PFWPG	Pythagorean Fuzzy Weighted Power Geometric Average
PFWPA	Pythagorean Fuzzy Weighted Power Average
PFWA	Pythagorean Fuzzy Weighted Average
PFWG	Pythagorean Fuzzy Weighted Geometric Average
PIS	Positive Ideal Solution
FPIS	Pisagor Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
PFNIS	Pisagor Bulanık Negatif İdeal Çözüm
PBK	Pisagor Bulanık Kümeler
P2P	Peer-to-Peer

RI	Rassal indeks
SBK	Sezgisel Bulanık Kümeler
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje



## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b>	21. Yüzyılda Öğrencilerin İhtiyaç Duyduğu 16 Beceri.....	21
<b>Şekil 2.2</b>	Bölgelere Göre Kişi Başına Düşen Enerji Miktarı.....	47
<b>Şekil 2.3</b>	Enerji Kaynaklarına Göre Dünya Enerji Tüketim Oranları .....	48
<b>Şekil 2.4</b>	1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Petrol Rezervleri Dağılımı.....	51
<b>Şekil 2.5</b>	1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı.....	52
<b>Şekil 2.6</b>	1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Kömür Rezervleri Dağılımı.....	53
<b>Şekil 2.7</b>	Yenilenebilir Enerjinin 1998 ve 2018 Yıllarındaki Nüfuz Oranları....	55
<b>Şekil 2.8</b>	2017 Yılında, Dünyadaki Toplam Enerji Tüketiminde Kullanılan Kaynakların Tahmin Edilen Oranları.....	56
<b>Şekil 2.9</b>	2018 Yılında, Dünyadaki Toplam Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Tahmin Edilen Oranları.....	57
<b>Şekil 2.10</b>	2008-2018 Yılları Arasında Kurulan Yeni Güç Üretim Şebekelerinin Yenilenebilir Enerji Temelli Olma ve Olmama Açısından Oranları.....	58
<b>Şekil 2.11</b>	2018'de Dünya Üzerinde Yeni Kurulan Güç Şebekelerine Yapılan Yatırımların Tahmini Oranları.....	59
<b>Şekil 2.12</b>	2018 Yılında Dünyada En Çok Güneş Enerjisi Kapasitesi Bulunan Ülkeler.....	60
<b>Şekil 2.13</b>	2018 Yılında Dünyada En Çok Hidrojen Enerjisi Kapasitesi Bulunan Ülkeler.....	62
<b>Şekil 2.14</b>	2018 Yılında Dünyada En Çok Jeotermal Enerji Kapasitesi Bulunan Ülkeler.....	63
<b>Şekil 3.1</b>	AHS Yapısı.....	81
<b>Şekil 3.2</b>	AAS Yapısı.....	83
<b>Şekil 4.1</b>	2010 ile 2017 Yılları Arasında Enerji Alnında Bulanık ÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yapılan Yayınların Dağılımı.....	95
<b>Şekil 4.2</b>	2010 ile 2017 Yılları Arasında Enerji Alnında Bulanık ÇKKV Yöntemleri İle İlgili Yapılan Yayınlarda Kullanılan Bulanık Küme Türlerinin Yüzdesel Dağılımı .....	96
<b>Şekil 4.3</b>	Tip-1 Üyelik Fonksiyonu.....	98

<b>Şekil 4.4</b>	Tip-2 Bulanık Üyelik Fonksiyonu.....	99
<b>Şekil 5.1</b>	PBK ve SBK Uzaylarının Karşılaştırılması.....	105
<b>Şekil 6.1</b>	Önerilen Yöntemin Akış Şeması.....	114
<b>Şekil 6.2</b>	Süper Matris.....	127
<b>Şekil 6.3</b>	Pisgor Bulanık TOPSIS'in Akış Şeması.....	128
<b>Şekil 7.1</b>	Enerji Alternatifleri.....	143
<b>Şekil 7.2</b>	Hiyerarşik Yapı.....	144



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	Geleneksel Eğitim ile Uzaktan Eğitim Arasındaki Farklar .....	25
<b>Tablo 2.2</b>	Yenilenebilir Enerji Çeşitlerini Oluşturan Doğal Kaynaklar .....	55
<b>Tablo 2.3</b>	Farklı Bölgelere Göre Santrallerin Ortalama Büyüklüğü İle Üretimin Merkezi ve Dağıtık Olması Arasındaki İlişki.....	69
<b>Tablo 3.1</b>	2017 ile 2020 Yılları Arasındaki Enerji Alanında ÇKKV Tekniklerine Dayalı Yayınların Sayısı.....	79
<b>Tablo 4.1</b>	Literatürde Enerji Alanında Uygulanan BÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yayınların Sayısı.....	92
<b>Tablo 4.2</b>	2018 ile 2020 Yılları Arasında Enerji Alanında Bulanık ÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yapılan Yayınlarda Kullanılan Bulanık Küme ve ÇKKV Yöntemleri Hakkında Sayısal Veri.....	94
<b>Tablo 6.1</b>	DEMATEL Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel İfadeler ve Karşılıkları.....	118
<b>Tablo 6.2</b>	AAS Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel ifadeler ve Karşılıkları.....	122
<b>Tablo 6.3</b>	Saaty Ölçeğine Dönüşüm Tablosu.....	125
<b>Tablo 6.4</b>	Rassal İndeksler.....	125
<b>Tablo 6.5</b>	TOPSIS Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel İfadeler ve Karşılıkları.....	128
<b>Tablo 7.1</b>	Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler .....	137
<b>Tablo 7.2</b>	Uzman 1'e Ait Direkt İlişki Matrisi.....	146
<b>Tablo 7.3</b>	Toplam Matris.....	149
<b>Tablo 7.4</b>	Toplam Ortalama Net Matris.....	151
<b>Tablo 7.5</b>	Normalize Edilmiş Ortalama Net Matris.....	154
<b>Tablo 7.6</b>	Toplam İlişki Matrisi.....	155
<b>Tablo 7.7</b>	Kriterler Arasındaki İlişki Durumu.....	157
<b>Tablo 7.8</b>	Uzman 1'e Ait AAS Karşılaştırma Tablosu İçin Kısmi Bir Örnek.....	159
<b>Tablo 7.9</b>	Uzman 1'e Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin PBK'deki İfadesi.....	161
<b>Tablo 7.10</b>	Uzman 1'e Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin $\lambda_{max}$ , CI,CR ve Özvektör Değerleri.....	161
<b>Tablo 7.11</b>	Süper Matris.....	162
<b>Tablo 7.12</b>	Teknolojik Kriterlere Ait Ağırlıklar.....	163
<b>Tablo 7.13</b>	Politik Kriterlere Ait Ağırlıklar.....	163

<b>Tablo 7.14</b>	Sosyoekonomik Kriterlere Ait Ağırlıklar.....	163
<b>Tablo 7.15</b>	Çevre ve Gelecek Etkileri Kriterlerine Ait Ağırlıklar.....	163
<b>Tablo 7.16</b>	Birleştirilmiş Pisagor Bulanık Karar Matrisi.....	165
<b>Tablo 7.17</b>	Birleştirilmiş Ağırlıklı Pisagor Bulanık Karar Matrisi.....	167
<b>Tablo 7.18</b>	Pozitif İdeal Çözüme Uzaklık.....	169
<b>Tablo 7.19</b>	Negatif İdeal Çözüme Uzaklık.....	170
<b>Tablo 7.20</b>	Enerji Alternatifleri İçin Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	171
<b>Tablo 7.21</b>	Asıl Durum ve Duyarlılık Analizinde Kullanılan Kriter Ağırlık Senaryoları.....	173
<b>Tablo 7.22</b>	Enerji Alternatiflerinin Durum 1'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	174
<b>Tablo 7.23</b>	Enerji Alternatiflerinin Durum 2'ye Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	175
<b>Tablo 7.24</b>	Enerji Alternatiflerinin Durum 3'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	176
<b>Tablo 7.25</b>	Enerji Alternatiflerinin Durum 4'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	177
<b>Tablo 7.26</b>	Enerji Alternatiflerinin Durum 5'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri.....	178



## **Enerji Alternatiflerinin Dağıtık ve Merkezi Üretim Kapsamında Analizi İçin Bir Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Model Önerisi ve Türkiye Uygulaması**

Betül ZENGİN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman; Prof. Dr. İhsan KAYA

Sanayi devriminden sonra hızla şekillenen ve merkezi yapıların egemenliği altına giren birçok alanda farklı eğilimler gözlenmektedir. Son yıllarda ortaya çıkan yenilenebilir enerji, blok zinciri, akıllı şebekeler, 0 enerjili yapılar, internet teknolojileri vb. birçok bilimsel ve teknolojik gelişme; merkezsiz, dağıtık merkezli ya da merkezlerin özel girişimlere doğru kaydığı yapılar kurulmasına zemin hazırlamaktadır. Başta eğitim ve enerji alanları olmak üzere birçok alanda bu yönde bir paradigma değişimi gözlenmektedir. Toplumların enerjiye erişimi ile gelişmişlik ve refah düzeyi birbirleri ile bağlantılıdır. Toplumlar refah düzeyi arttıkça üretkenleşir, ürettikçe de refah düzeyi artar. Bu döngüye giren toplumlar ile döngünün dışında kalan toplumlar arasındaki makas ise her geçen gün artar.

Bu tez kapsamında önce eğitimde dağıtıklık ile ilgili literatür taraması yapılmış, ardından enerjinin dağıtık üretimi alanına odaklanılmıştır. Enerjinin, yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynakları ile merkezi ve dağıtık üretimi Türkiye için teknolojik, politik, sosyoekonomik, çevresel ve gelecek kriterleri üzerinden analiz

edilmiştir. Önce, dağıtık enerji üretimine özel kriterler belirlenmiştir. Değerlendirmede, gerçek hayat problemlerindeki belirsizlik, karasızlık, eksik veri vb. durumların modellenmesinde etkili bir yöntem olan Pisagor bulanık küme yaklaşımını esas alan bir ÇKKV modeli önerilmiştir. Önerilen modelin yapısı; DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemlerinden oluşmaktadır. Kriterlerin arasındaki ilişkinin belirlenmesinde Pisagor Bulanık DEMATEL, kriterlerin ağırlıklandırılmasında Pisagor Bulanık AAS ve alternatiflerin sıralanmasında Pisagor Bulanık TOPSIS metodu kullanılmıştır. Ayrıca, kriterlerin sonuç üzerindeki etkilerini kontrol etmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. DEMATEL aşamasında, bazı kriterlerin birbirleri ile anlamlı düzeyde ilişkili oldukları saptanmıştır. Daha sonra uygulanan AAS yönteminde ise enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi için seçilen kriterlerden en önemlilerinin rekabet, devlet destekleri ve teşvikler, yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı kriterleri olduğu sonucuna varılmıştır. Ardından uygulanan TOPSIS yönteminin sonucunda ise Türkiye açısından en doğru enerji alternatiflerinin sırasıyla biyokütle enerjisinin merkezi üretimi, güneş enerjisinin dağıtık üretimi ve termal enerjinin dağıtık üretimi olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtık üretim, yenilenebilir enerji teknolojileri, ÇKKV, Pisagor bulanık kümeler

---

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# **A Fuzzy Multi Criteria Decision Making Model to Analyze Decentralized and Centralized Generation of Energy Alternatives and Application for Turkey**

Betül ZENGİN

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. İhsan KAYA

Different tendencies are observed in many areas that are dominated by the central structures with the industrial revolution. Many scientific and technological developments emerging in recent years like renewables, block chain, smart grids, zero-energy buildings, internet pave the way for establishing structures that are decentralized, smal-centric or where centers are shifting towards private enterprises. Especially in education and energy fields, a paradigm shift is observed in this direction.

Wealth level and access to energy in the societies are directly related to each other. In other words, societies become productive as welfare level increases; welfare level increase as societies become productive. In this thesis, a literature review is made about the distributed education. Then, It is focused on the distributed energy generation. The centralized and decentralized energy generation with renewables and non-renewables are compared over the technological, political, socioeconomic, environmental and future criteria for Turkey. Firstly, specific criteria for distributed

energy generation are determined. Pythagorean Fuzzy sets, which modeling the problem included of uncertainty, missing data effectively, are used together with DEMATEL ANP and TOPSIS methods. DEMATEL is used to determine relations between criteria, ANP is used to determine criteria weight and TOPSIS is used to sort the alternatives to determine the best alternative. Lastly, sensitivity analysis is used to analyze the effect of the criteria weight on the final result.

It is concluded that the criteria are significantly related to each other by applying DEMATEL. Then, competition, government supports and grants, local economic development and usage of local resources criteria are determined as the most important criteria by applying ANP for the evaluation of energy alternatives. Lastly, It is concluded by applying TOPSIS that the most suitable energy alternatives for the TURKEY are central generation of biomass energy, distributed generation of solar energy and distributed generation of thermal energy, respectively.

**Keywords:** Distributed generation, renewable energy, MCDM, Pythagorean fuzzy sets

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

### 1.1 Literatür Özeti

Enerji, eğitim ve para gibi en temel alanlar başta olmak üzere artık günümüzde birçok alanda, dağıtık yapılar ile karşılaşmaktayız. Bu alanlarda daha dağıtık veya erişimi, mevcut duruma nazaran, çok daha geniş bir kesim için daha kolay ve mümkün kılan yapılara doğrudur. En azından topluluklara ve hatta bireylere böyle bir tercih özgürlüğü verilebilecek bilimsel ve teknolojik araştırmalar ve gelişmeler dikkat çekmekte, sayıları ve bunlara duyulan ilgi akademik ve toplumsal bazda her geçen gün artmaktadır. Kitlesele üretimini tersi olarak ortaya çıkan dağıtık üretim kavramı enerji sektöründe de kendini yenilenebilir enerji ile göstermektedir. Dağıtık üretim sanayi devriminden önceye benzemesinin yanında, enerjinin dağıtık üretimine, eğitim hizmetlerindeki dağıtıklaşmaya, parayı (takas araçları vs.) merkezlerden bağımsız hale getirebilecek gelişmelere son yıllardaki internet teknolojileri, akıllı cihazlar, yenilenebilir enerji kaynakları, blok zinciri teknolojisi, eşten eşe kavramı, akıllı şebekeler, 0 enerjili yapılar, elektrikli araçlar, akıllı şehirler, akıllı şebekeler vb. birçok bilimsel ve teknolojik gelişme katkıda bulunmaktadır. Tüm bu gelişmeler çok ciddi bir paradigma değişiminin habercisi olarak görülmektedirler. Teknoloji, sanayi devriminden bu yana her şeyi git gide daha merkezi bir hale getirmiştir fakat son yıllara ait yukarıda bahsedilen teknolojik gelişmeler bunu değiştirmekte ve git gide merkezsiz yapılar kurulmasına zemin hazırlamaktadırlar. Dağıtık yapılara dönüş teknolojik gelişmelerin etkisiyle eski dağıtık yapılardan çok farklı bir konseptte ilerlemektedir. Çok ciddi bir kullanım artışı hızına sahip olan mobil teknolojiler de bu değişimin diğer bir ayağını oluşturmaktadır. Günümüzde bankacılık, alışveriş, eğlence, eğitim hatta sağlık gibi yüzlerce alanda mobil hizmetler sunulmakta ve insanlara fiziksel alanlardan bağımsız olma opsiyonu tanınmaktadır.

Tüm bu eğilimler göstermektedir ki 21. yüzyılda kabullerimizde çok ciddi değişimler olmakta, bilginin artış hızının üstel olması, kabullerimizin de hızla değişmesine yol açmaktadır. Dağıtık ve daha özgür, bağımsız, refah düzeyi yüksek toplulukların, devletlerin var olması için burada bahsi geçen alanlar başta olmak üzere özellikle temel ihtiyaçlar alanlarında ayrı ayrı yürütülen çalışmaların arttırılıp, geliştirilip, analiz edilip daha verimli sonuçlar alınması ve bu alanlardaki gelişmelerin entegrasyonu gereklidir.

Çevresel bozulmaların göz yumulamayacak düzeye gelmesi ve devletlerin bu konuya artık daha ciddi bir şekilde yönelip uluslar üstü yol haritaları belirlemeleri, bireysel ve toplumsal bazda çevreye daha duyarlı ve bilinçli bireylerin artışı vb. sebepler de yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır ve bu kaynaklar ayrıca dağıtık enerji üretimini mümkün kılmaktadırlar. Fosil, petrol kömür gibi yenilenemez enerji kaynakları, yapıları gereği enerjinin dağıtık üretimine mevcut durumda izin vermemektedirler fakat yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde enerjinin çok daha dağıtık yani görece olarak çok daha küçük ölçekli, tüketim noktasına daha yakın ve fazla sayıda enerji üretim noktası bulunduran enerji sistemlerinin varlığına olanak tanır. Bu çalışmada, dağıtık enerji üretim teknolojilerini içeren bir problem yapısı oluşturularak, belirlenen 15 alternatif arasından seçim yapabilmek için 30 kriter göz önüne alınarak bir bulanık çok kriterli karar verme (BÇKKV) yaklaşımı kullanılmıştır.

Karar verme, birden çok alternatif arasından seçim yapma durumudur. Karar verme problemleri; karar vericiler, alternatifler, kriterler, karar vericilerin öncelikleri, karar verme çerçevesi ve sonuçlardan oluşur [1]. Bu gibi enerji alternatifleri arasında seçim yapmayı gerektiren problemler hemen hemen her zaman birçok alternatifi ve birbiri ile çelişen kriteri barındırır. Karar verici tarafından kriterlerin göz önünde bulundurulup, alternatiflerin bu kriterler ışığında değerlendirilmesi ile problem için optimum alternatif saptanıp seçilmesi gerekir. Dahası, gerçek dünyada karar verirken, alternatiflerin en uygununun seçimi için alternatiflerin belirlenen kriterler açısından değerlendirmelerinin her zaman net olmaması, sayısal veriler ile desteklenemiyor olması da içerisinde çoklu alternatifler ve kriterler barındıran problemlerde karar vericileri zorlayıcı diğer etkenlerdir.

Çoğu problemde, amaç yalnız bir kriteri ya da kriterlerin tümünü sağlamak gibi kesin bir durum değil alternatifler arasından optimumu bulmak olur. Bu sebeple karar vermek zorlaşır. Bu gibi karmaşık yapıları karar verme problemlerinde en doğru sonuca ulaşmak için ise çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılır.

ÇKKV yöntemleri, 1960'lı yıllarda bu tarz problemlerde karar vermeye yardımcı olacak birtakım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır [2]. Bu yöntemler; nitel ve nicel kriterleri, çelişen kriterleri ve ölçülemeyen kriterleri ya da birbirinden farklı birimlere sahip kriterleri değerlendirebilirler ve alternatiflerin seçimindeki zorlukları giderebilirler [3, 4]. Karar verme sürecine çok sayıda uzmanı da dahil edebilen ÇKKV yöntemleri, karar vericilere veya yöneticilere alternatifleri değerlendirmede yardımcı olan ve işletme kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayan analitik yöntemlerdir [1]. Yapılan bir çalışmada, 2012 ile 2016 yılları arasındaki enerji alanında ÇKKV tekniklerine dayalı yayınlar incelenmiş ve AHS, AAS, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, DEMATEL yöntemlerinin en çok kullanılan yöntemler olduğu görülmüştür [5]. Ancak bu yöntemlerin gerçek hayat problemlerindeki eksik bilgiler, net olmayan değerlendirmeler ve insan yargılarından kaynaklanan belirsizlik vb. durumları en iyi şekilde temsil etmeleri için son yıllarda bulanık küme yaklaşımıyla genişletilmiş halleri ile kullanılırlar. Yapılan başka bir çalışmada 2010 ile 2017 yılları arasında enerji alanında BÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan yayınlar incelenmiş ve en çok karşımıza çıkan bulanık küme türlerinin tip-1 bulanık kümeler, tip-2 bulanık kümeler, çok üyelikli bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler (SBK) olduğu görülmüştür [6].

Bulanık küme teorisi, klasik küme teorisinin genişletilmiş halidir [7] ve Zadeh tarafından 1965 yılında geliştirilmiştir [8]. Klasik kümelerde insana özgü nitelikler ya da göreceli kavramlar kümeler ile ifade edilemez, üye olma ya da üye olmama durumu nettir. Bulanık kümeler ise buna imkân tanımaktadır. Bulanık kümeler; akıllı sistemler ve doğrusal olmayan karmaşık sistemlerin modellenmesi için temel araçlardır. Bulanık mantık yaklaşımıyla yapılan değerlendirmelerde, değerleri doğal veya yapay bir dilde kelimeler veya cümleler olan dilsel değişkenler kullanılmaktadır [9]. Gerçek hayatta problemlerin değerlendirme ve analiz sürecinde farklı belirsizlik kaynakları vardır. Kesin olmayan doğal bilgi

durumundan kaynaklanan beş belirsizlik türü şunlardır: ölçüm, süreç, model, tahmin, uygulama belirsizliği [7]. Bulanık mantık ile bu belirsizliklerin etkileri azaltılmaya ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmeye çalışılır.

Bulanık kümeler bilginin daha doğal bir şekilde temsil edilmesini sağladığı ve böylece gerçek dünyadaki problemlerin çözümünü daha güçlü hale getirdiği için son yıllarda akademi ve iş dünyasında ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Mühendislik ve karar problemleri ile ilgili literatürdeki birçok net analiz yöntemleri, bulanık kümeler kullanılarak genişletilmiştir. Karar vericiler, kriterler ve alternatifleri değerlendirirken kesin sayılara nazaran daha kolay tanımlama için dilsel ifadeleri tercih ederler [10]. Ayrıca, karar vericilerin ifadelerindeki belirsizlikler kadar, bilgilerin belirsizliği ve bilgiye ulaşılama durumları nedeniyle, çoğu zaman alternatiflerin kriterler açısından değerlendirilmesinde sayısal değerler belirlemek ve tam bir değerlendirme yapmak zordur. Bu sebeplerle, ÇKKV yöntemleri de, diğer birçok alandaki yöntemlerde olduğu gibi, belirsizliği temsil etmek için bulanık kümeleri içerecek şekilde genişletilmiştir [11,12]. Bulanık karar vermede, alternatiflerin kriterlere göre uygunluğu ve kriterlerin önem dereceleri, bulanık sayılarla temsil edilen dilsel değerler kullanılarak Bulanık ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilebilirler [13]. Yani, karar vericiler ya da uzmanlar tarafından kullanılan subjektif dilsel ifadeler ve değerlendirmeler, bulanık mantık yardımıyla sayısal veriler haline getirilmektedir [14]. ÇKKV yönteminin bulanık mantık yaklaşımı ile (BÇKKV) genişletilmesiyle daha isabetli, verimli, gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi sağlanmış ve süreç optimize edilmiştir. BÇKKV yöntemlerinde sonuçlar elde edilirken, insan yargılarından ve yetersiz veriden kaynaklanan bulanıklığın etkileri minimize edilmiş olur. Enerji alanında da karar verme problemlerinde bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılması eğilimi son yıllarda artış göstermektedir.

Bulanıklığın en iyi derecede temsili için klasik bulanık kümeler günden güne geliştirilmiştir. İlk önce tip-1 bulanık kümeler, tip-2 bulanık kümelere genişletilmiştir. Daha sonra, SBK'ler, çok üyelikli bulanık kümeler gibi çeşitli bulanık küme yaklaşımları ortaya çıkarılmıştır. Bulanıklığı en iyi temsil eden bulanık kümelere olan PBK'ler, SBK'lerin genişletilmiş hali olarak Yager tarafından geliştirilmiştir [15, 16]. PBK'ler, SBK'den üstün olarak, aynı zamanda daha karmaşık



belirsizlikleri modelleyebilirler [17]. PBK'ler, bulanık ortamı ölçmek için özellikle de bir soruyu en doğru ve gerçeğe yakın şekilde betimlemek için olumlu ve olumsuz tarafları kullandığımız zaman bize yeni bir değerlendirme formatı sunmaktadır [18]. Ayrıca PBK'ler, bazı karmaşık pratik karar verme durumlarına başarıyla uygulanan operasyonel yasalara sahiptirler [18].

Bu çalışmada, dağıtık enerji üretim teknolojilerini içeren bir problem yapısı oluşturulmuş ve belirlenen 15 alternatif arasından seçim yapabilmek için 30 kriter göz önüne alınarak bütünleşik bir ÇKKV yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemlerini içermektedir. Bu yöntemler PBK ile genişletilerek probleme çözüm aranmıştır. İlk olarak literatürde ÇKKV yöntemlerinin enerji alanında yapılan uygulamaları incelenip bu çalışmalarda kullanılan kriterler analiz edilerek bu probleme uygun olanlar, alternatifleri değerlendirmek için gerekli olan kriterler arasına alınmıştır. Ardından, dağıtık enerji üretimine ait yeni kriterler de yapılan literatür araştırmaları sonucu belirlenerek 30 adet kriterden oluşan bir problem yapısı kurulmuştur. Burada dağıtık enerji üretiminin değerlendirilmesi için belirlenen kriterlerden bazıları, daha önce enerji alanında yapılan ÇKKV yöntemi uygulamalarında bulunmayan kriterlerdir. Gerçek hayat problemlerinde karar vericiler, kriterler ve alternatifleri değerlendirirken kesin sayılara nazaran daha kolay tanımlama için dilsel ifadeleri tercih ederler [10]. Bu sebeple, problemin çözümünde bilginin daha doğal bir şekilde temsil edilmesini sağladığı ve böylece gerçek dünyadaki problemlerin çözümünü daha güçlü hale getirdiği için son yıllarda birçok alanda ilgi çeken bulanık küme yaklaşımı kullanılmıştır [10]. Bu yöntemle; ölçüm, süreç, model, tahmin, uygulama belirsizliği [7] gibi gerçek hayatta sıkça karşılaşılan durumlarda, bu belirsizliklerin etkileri azaltıp daha gerçekçi sonuçlara ulaştıracak bir ÇKKV modeli kurulması amaçlanmıştır. Bu sebeplerle, problemin çözümünde kullanılacak ÇKKV yöntemleri süreçteki tüm belirsizlikleri en iyi şekilde temsil edebilmek için bulanık kümelerle genişletilmiştir. Bu şekilde, karar vericilerin ifadelerindeki belirsizlikler, bilgilerin belirsizliği ve bilgiye ulaşamama vb. durumlar nedeniyle oluşan belirsizliklerin en iyi şekilde temsil edilmesi amaçlanmıştır. Literatürde henüz enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi için kurulan ÇKKV modelleri arasında,

DEMATEL, AAS, TOPSIS yöntemlerinin entegre edilip PBK'ler ile genişletilmiş hali bulunmamaktadır. Bu tez çalışması ile literatüre bu açıdan katkı sağlanacaktır.

## 1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, dağıtık enerji üretimine özel kriterlerin belirlenmesi, Pisagor bulanık kümeler (PBK) ile DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemleri entegre edilerek yeni bir ÇKKV yöntemi oluşturulması ve ayrıca yenilenebilir enerji teknolojilerinin dağıtık üretimi, merkezi üretimi ve yenilenemez enerji kaynaklarının merkezi üretiminin bu model ile değerlendirilip alternatiflerin sıralamasını yapılması amaçlanmıştır. Bu model PBK'ler ile genişletilmiştir. PBK'ler, SBK'lerin genelleştirilmiş halidir ve SBK'den üstün olarak, aynı zamanda daha karmaşık belirsizlikleri modelleyebilir [17]. PBK'ler, bulanık ortamı ölçmek için özellikle de bir soruyu en doğru ve gerçeğe yakın şekilde betimlemek için olumlu ve olumsuz tarafları kullandığımız zaman, bize yeni bir değerlendirme formatı sunmaktadır [18]. Bu durum PBK'nin ÇKKV problemlerindeki belirsizliği modellemek için diğer bulanık kümelerden daha etkili ve daha güçlü bir yöntem olduğunu göstermektedir [19]. Bu çalışmada 3 ayrı ÇKKV yöntemi olan DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemlerinin birleştirilmesi ve PBK'ler ile genişletilmesi literatürde yeni olan bir yaklaşımdır. Ayrıca, henüz literatürde dağıtık üretim alternatiflerini göz önüne alan bir ÇKKV yaklaşımı bulunmadığı için bu çalışmada kurulan problem yani seçilen alternatifler ve bu alternatiflere özel belirlenen kıyaslama kriterleri de literatüre katkı sağlamaktadır.

Çalışmada öncelikle literatür araştırması sonucu 15 alternatif belirlenmiştir. Bu enerji alternatiflerinin değerlendirilmesinde literatürde sıkça kullanılan ve kabul gören kriterlerin yanında, dağıtık enerji üretimine ait yeni kriterler de belirlenmiştir. Bu kriterler ışığında Türkiye için 15 alternatif, PBK'ye dayalı oluşturulan yeni entegre ÇKKV modeli yardımıyla kıyaslanmıştır. Önce alternatiflerin değerlendirilmesi için seçilen 30 kriterin birbirleri ile olan etki düzeyi Pisagor Bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlenmiştir. Aralarında anlamlı düzeyde ilişki bulunan kriterler sebebiyle, bir sonraki adımda kriter ağırlıkları Pisagor Bulanık AAS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ardından Pisagor Bulanık TOPSIS

yöntemi ile 15 alternatifin sıralanması yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan enerji alternatifleri şöyledir;

- Rüzgâr enerjisinin dağıtık üretimi
- Güneş enerjisinin dağıtık üretimi
- Jeotermal enerjinin dağıtık üretimi
- Biyoenerjinin dağıtık üretimi
- Hidrolik enerjinin dağıtık üretimi
- Hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi
- Dalga enerjisinin dağıtık üretimi
- Rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi
- Güneş enerjisinin merkezi üretimi
- Jeotermal enerjinin merkezi üretimi
- Biyoenerjinin merkezi üretimi
- Hidrolik enerjinin merkezi üretimi
- Hidrojen enerjisinin merkezi üretimi
- Dalga enerjisinin merkezi üretimi
- Yenilenemez enerjilerin (fosil, kömür, petrol vb.) merkezi üretimi

### **1.3 Hipotez**

Bu çalışmada dağıtık ve merkezi üretim açısından enerji alternatiflerinin değerlendirilmesinde teknolojik, sosyopolitik, ekonomik, gelecek ve çevresel etmenlerin etkili olduğu, ÇKKV yönteminin bulanık mantık yaklaşımıyla ele alınmasının değerlendirmede daha doğru sonuçlar doğuracağı ve eğitim, para vb.

alanlarda görülen dağıtıklaşma eğiliminin de göz önüne alınması ile, yenilenebilir enerji kaynaklarının dağıtık üretiminin, enerji üretim alternatifi değerlendirilmesinde daha uygun ve daha doğru bir yaklaşım olacağı düşünölmektedir. Bununla beraber, değerlendirme sürecinde PBK yaklaşımının kullanılmasının, daha esnek ve daha duyarlı bir değerlendirme gerçekleştirilmesine imkân sağlayacağı düşünölmektedir.



## 2.1 Dağıtık Dünya

21. yüzyılın ilk çeyreğinde hemen hemen her alanda meydana gelen bilimsel ve teknolojik gelişmeler baş döndürücü ve devrimsel niteliklerdedir. Günümüz toplumu bilgi ve network toplumu olarak adlandırılmaktadır. İnternetin inanılmaz bir hızla gelişmesi ve git gide çok daha geniş bir kesim için ulaşılabilir hale gelmesi bu değişime en büyük katkıyı sağlamıştır. Artık eğitim, alışveriş, eğlence, sosyal ilişkiler, gelir elde etme vb. pek çok alanda internet, bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılmakta ve bunlar üzerinden hizmet verilmekte ve alınmakta, neredeyse her şey bir tık uzakta sizi beklemektedir. Bunun için sadece internete erişim gerekli ve yeterlidir.

En büyük gücün bilgi olduğu bu dönemde bilgiyi elinde tutan asıl yapılar artık devletler değil özel girişimlerdir. Artık devletler elindeki merkezi yapıların yerini hızla daha dağıtık, özel girişimler almaktadır. İletişim, eğlence, alışveriş, eğitim gibi pek çok alanda mobil uygulamalar hayatımızı her geçen gün daha fazla kaplamaktadır ve bunların hemen hemen hepsi özel girişimlerdir.

Artık eğitim için fiziksel binalara, merkezi- tekel yapılara neredeyse gerek yoktur. Çevrimiçi eğitimler her geçen gün daha da rağbet görmektedir. Alışveriş için ise artık markete ya da alışveriş merkezlerine gitmek zorunda kalmadan, telefon üzerinden ya da diğer akıllı cihazlarla internete bağlanarak alışveriş yapmak mümkündür. Lojistik sektöründeki hızlı gelişmeler her geçen gün buna daha da imkân sağlamakta, artık devlet sınırları, siyasi haritalar insanlar için her geçen gün daha da belirsiz hale gelmektedir. İstihdam alanında da aynı eğilim gözlenmektedir. Artık şirketler, ofislerden uzak istihdamı kabul etmektedir. Hatta tamamen bağımsız, internet üzerinden çalışıp, katma değerli işler yapıp gelir elde etmek her geçen gün daha da cazip hale gelmektedir. Sosyal ilişkiler de eğlence de giderek daha çok

mobile çekilmektedir ve bireyler, özelliklede genç kuşak, buna hızla adapte olmaktadır.

Tüm bu gelişmeler insanları fiziksel merkezlerden bağımsız hale getirmekte, zaman, mekân ve tek kaynağa mecburiyet kısıtını ortadan kaldırmaktadır. Özel sektörde bu alanlarda ciddi bir rekabet ortamı olmakta ve böylece bireyler ve hatta kurumlar tek bir merkeze bağımlılıktan özgürleşmekte, rekabet artma ve alternatifler arasında seçim yapabilme imkânı ortaya çıkmaktadır. Aslında merkezler tamamen yok olmamakta, fakat çoğalmakta ve devlet kurumlarından özel girişimlere kaymaktadır. Yani artık özel girişimler, girişimciler veriyi, bilgiyi yani gücü elinde tutmaktadırlar.

Birçok insan şehir merkezlerine iş bulmak, para kazanmak, sosyal imkanlara kolay erişmek ve eğitim almak gibi temel ihtiyaç ve sebeplerden gelmekte ve yerleşmektedir. Bu bireyler kazançlarının çoğunu, elektrik, ısınma, soğuma, kira, eğitim gibi alanlara harcamaktadırlar. Eğitimde çevrimiçi olanaklar, internet üzerinden yürütülebilen katma değerli, nitelik gerektiren işler ile gelir elde etme ve e-ticaretin, lojistik ve internette yaşanan ilerlemeye paralel olarak gelişmesinin yanında, aynı zamanda dağıtık yapıları git gide daha mümkün ve cazip kılan bir diğer gelişme de enerji üretimi alanında yaşanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile enerji; devlet ya da çok büyük ölçekli, monopol tarzda özel şirketlerin elindeki, tamamen merkezi yapıların enerjisiyi üretimi, çok geniş alanlara dağıtımını ve bu alanlardaki elektrik ve güç ihtiyacını tekeline buldurması artık değişmektedir. Lokal ve çok büyük ölçekli merkezlerden bağımsız enerji üretimine imkân sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, bu kaynakların verimliliği artıran, maliyetini düşüren yani fizibilitesini geliştiren yeni teknolojik gelişmelerle her geçen gün artmakta ve daha verimli hale gelmektedir.

Çevresel bozulmaların göz yumulamayacak düzeye gelmesi ve devletlerin bu konuya artık daha ciddi bir şekilde yönelip uluslar üstü yol haritaları belirlemeleri, bireysel ve toplumsal bazda çevreye daha duyarlı ve bilinçli bireylerin artışı vb. sebepler de yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün

arttırmaktadır. Bu kaynaklar ayrıca dağıtık enerji üretimini mümkün kılmaktadırlar.

Tüm bu gelişmelerden hareketle denilebilir ki dünya artık dağıtıklaşmakta, tüm dünya pazarını tekeline bulunduran merkezler ya yok olmakta ya daha küçülmekte ve alternatifleri oluşturulmakta ya da bu büyük merkezler, devletlerden özel girişimlere kayarak ciddi bir değişim yaşanmaktadır. Her hâlükârda, hizmet ya da bir ürüne erişimde, zaman ve mekân kısıtları ciddi oranda yok olmaktadır. Yani merkezler artık fiziksel merkezler olmaktan çıkmakta ve böylece büyük hizmet ya da ürün sağlayan merkezler yok olmasa dahi bireyler çok daha özgür hale gelmektedirler.

Dağıtık üretim kavramı, kitlesel üretimin tersi olarak ortaya çıkmaktadır. Enerji sektöründe yenilenebilir enerji ile birlikte etkisini göstermeye başlamıştır. Dağıtık üretim sanayi devriminden önceye dönüş olarak görülebilir fakat enerjinin dağıtık üretimine, eğitim hizmetlerindeki dağıtıklaşmaya, parayı (takas araçları vs.) merkezlerden bağımsız hale getirebilecek gelişmelere 21. yüzyıldaki birçok bilimsel ve teknolojik gelişme katkıda bulunmaktadır. Bu teknolojiler arasında şunlar sıralanabilir; internet teknolojileri, akıllı cihazlar, yenilenebilir enerji kaynakları, blok zinciri teknolojisi, eşten eşe kavramı, akıllı şebekeler, 0 enerjili yapılar, elektrikli araçlar, akıllı şehirler, akıllı şebekeler vb. Tüm bu bilimsel ve teknolojik gelişmeler çok ciddi bir paradigma değişiminin habercisi olarak görünmektedir. Dünya yeni bir döneme girmektedir. Teknoloji şimdiye kadar her şeyi merkezileştirmiştir fakat yukarıda bahsi geçen teknolojiler bunu değiştirmektedir ve merkezsiz yapılar kurulmasına zemin hazırlamaktadır. Dahası, ülkelere, toplumlara ve hatta bireylere özgürlük sunmaktadır. Dağıtık yapılara dönüş teknolojik gelişmelerin etkisiyle eski dağıtık yapılardan çok farklı bir konseptte ilerlemektedir. Çok ciddi bir kullanım artışı hızına sahip olan mobil teknolojiler de bu değişimin diğer bir ayağını oluşturmaktadır. Günümüzde bankacılık, alışveriş, eğlence, eğitim hatta sağlık gibi yüzlerce alanda mobil hizmetler sunulmakta ve insanlara fiziksel alanlardan bağımsız olma opsiyonu tanınmaktadır.

Sağlık, eğitim ve enerji bireyler ve topluluklar için 3 temel gerekliliktir. Bunların alışverişi için ise bir takas aracına (para) ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzdeki blok zinciri teknolojisi ve kripto paralar gibi gelişmeler, paradaki bir paradigma değişiminin de habercisi olarak görünmektedir. Bankacılık, enerji, eğitim, alışveriş, eğlence gibi akla gelebilecek hemen her alanda hizmet sağlama potansiyeli olan blok zinciri teknolojisinin günümüzde en popüler kullanım alanı paradır. Blok zinciri teknolojisi paranın algısında kırılmalara yol açmaktadır. Takas usulü ya da devletlerin kabul ettiği fiat paralar dışında merkezi yapılara, merkezi sitemlere gerek duymayan, merkezsiz ve güvenli bir şekilde çalışan sistem vadetmektedir ki bu sistem kişileri ve toplumları merkezlerden bağımsız hale getirecek bir teknolojidir. Yani devletlerin kabul ettiği ve devlete duyulan güvene dayanan paraları takas aracı olarak kullanma zorunluluğunu ortadan kaldırma ve topluluklara kendi takas birimlerini kullanma özgürlüğü sunmayı vaat etmekte ve amaçlamaktadır.

İnsanların temel ihtiyacı olan bir diğer başlık olarak eğitim, 21. yüzyılda çok ciddi paradigma değişimlerine gebe görünmektedir. Artık alınan belgeler, diplomalar değil yapılan projeler değer görmeye başlamaktadır. İnternet teknolojilerinin gelişimi, diğer birçok alanda olduğu gibi, eğitim algısında da sorgulamalara ve nihayetinde değişimlere yol açmaktadır. Artık sanayi devrimiyle ihtiyaç duyulmaya başlanan insan profilinin üretimi için tasarlanan, 4 duvara hapsedilen eğitim, Alvin Tofflerın 3. dalga olarak adlandırdığı devrim ve internetin varlığıyla absürt, mantıksız ve alabildiğine verimsiz bir konuma düşmektedir. İnternet üzerinden öğrenime örnek olarak verilebilecek birkaç dev platform örneği olarak Udemy Khanacademy, Coursera, Edx, Codecademy gibi dev öğrenim platformları verilebilir. Bu ve benzeri platformlarda, alanında en yetkin kişilerden, birbirinden farklı binlerce alanda eğitim alma imkânı sunulmaktadır. Birçok kurs ücretsiz olmakla birlikte ücretli olanların maliyeti oldukça düşüktür, çünkü bu yapılarda marjinal maliyet 0'a yakınsamaktadır. Bu platformlar kişilere maliyet, alan, zaman, enerjiden tasarruf sağlatmakta ve fırsat eşitliği sunmaktadır. Ayrıca, binlerce farklı içerik arasından seçim yapıp kendi ders programını, müfredatını kendin oluşturma



özgürlüğünü vermektedir. İnternet üzerinden erişim dışında, tüm bu olanaklara insanların eşit ve adil bir şekilde ulaşmasını sağlamak imkânsız görünmektedir.

Enerji, eğitim ve para olmak üzere 3 temel alandaki eğilim; daha dağıtık veya erişimi, mevcut duruma nazaran, çok daha geniş bir kesim için daha kolay ve mümkün kılan yapılara doğrudur. En azından topluluklara ve hatta bireylere böyle bir tercih özgürlüğü verilebilecek bilimsel ve teknolojik araştırmalar ve gelişmeler dikkat çekmekte, sayıları ve bunlara duyulan ilgi akademik ve toplumsal bazda her geçen gün artmaktadır. Sağlık alanında ise henüz diğer 3 alanda olduğu derecede ciddi bir gelişme ve eğilim görülmemektedir.

Tüm bu eğilimler göstermektedir ki 21. yüzyılda kabullerimizde çok ciddi değişimler olmakta, bilginin artış hızının üstel olması, kabullerimizin de hızla değişmesine yol açmaktadır. Dağıtık ve daha özgür, bağımsız, refah düzeyi yüksek toplulukların, devletlerin var olması için burada bahsi geçen alanlar başta olmak üzere özellikle temel ihtiyaçlar alanlarında ayrı ayrı yürütülen çalışmaların arttırılıp, geliştirilip, analiz edilip daha verimli sonuçlar alınması ve bu alanlardaki gelişmelerin entegrasyonu gereklidir. Bu tez enerjinin dağıtık üretimini, farklı parametreleri ele alarak ve dahası eğitim ve para gibi temel konulardaki paradigma değişimini irdeleyerek savunmaktadır. Yani, eğitim, para ve enerji alanında dağıtıklaşmaya değinilmektedir ve en önemli parametreler belirlenerek bunlar üzerinden yeni dönemde enerji üretiminin en makul şekli bulunmaya çalışılmaktadır.

### **2.1.1 Eğitimde Dağıtıklık**

Bireyler, düşünceler, ürünler ve kaynakların, buldukları bölgeyi sıkça ve özgürce aştığı bir dünyada herhangi bir bireyin ya da milletin refahı diğerleriyle birlikte çalışmaya yani diğerlerini düşman ya da rakip olarak görmek yerine potansiyel müşteri ve ortak olarak görmeye bağlıdır. Global refaha ulaşabilmek için, eğitimimiz, çocuklara global bir yurttaş olarak, kültürel ve yerel sınırların ötesi ile yaşama, iletişim kurma ve çalışma bilgi ve becerisi kazandırmalıdır. Yaratıcılık, girişimcilik ve küresel rekabet, dünya refahını sağlayacak yeni temel yetkinliklerdir. Bireyler bir

milletin vatandaşı olmanın ötesinde, dünya vatandaşı olarak yetiştirilmeli ve bu yönde eğitilmelidirler [20].

21. yüzyılda yerel ya da küresel olarak ihtiyaç duyulan kişi profili tamamen değişmiştir. Devletler, özel ya da resmî kurumlar, milletler, uluslararası ya da ulusal şirketlerin aradığı kişi profili artık daha farklı yetkinlikleri gerektirmektedir. Mevcut eğitim sistemi bu ihtiyaca cevap verememekte, bireyleri hala geçen yüzyılda ihtiyaç duyulan becerileri kazandırmak üzere eğitmektedir. Bunun en temel, açık, yadsınamaz ve göz ardı edilemez göstergelerinden birisi ise dünya çapında, aynı anda hem işsizlik artmakta hem de yetenek eksikliği çekilmekte olmasıdır. Bu iki sorunun aynı anda mevcut bulunması, bizi bu konuda çok daha derin ve ciddi bir şekilde düşünmeye, araştırmaya ve tüm bunların sonunda geliştirmeler hatta radikal değişimler yapmaya mecbur kılar. Bu konuyu biraz daha açacak olursak, bir yandan dünya genelinde giderek artan bir işsizlik oranı varken, diğer yandan ulusal ya da uluslararası şirketler, özel ya da devlet kurumları kendileri için gerekli olan yetkinliklere sahip bireyleri bulamamakta ve istihdam edememektedir, bu kişilere olan ihtiyaçlarını karşılamakta güçlük çekmektedirler. Bunun tek açıklaması eğitim ile reel dünya arasındaki farkın açılmış olmasıdır. Yani, mevcut eğitim sistemi geçmiş dönem becerilerine yönelik bireyler yetiştirmektedir. Bu da küresel yetenek uyumsuzluğu ile sonuçlanmaktadır. Bunun sonucu olarak, yoğun genç işsizliği ile yaygın yetenek kıtlığı bir arada, sorun olarak karşımıza çıkmaktadır, tüm dünya ciddi bir risk ile karşı karşıyadır [20]. Bu bağlamda, dünyanın her yerinde görülen ve bölgelerin, devletlerin, milletlerin, uluslararası kurumların yüz yüze geldiği riskler şöyle sıralanabilir;

1. Dünya çapında yüksek oranlarda genç işsizliği; genç işsizlik oranının yüksek olması, dünya çapında uzun dönem ve kısa dönemde ekonomik ve sosyal risktir.
2. Geleneksel eğitim ile yüksek düzeyde eğitim almış bireylerin işsizliği ya da sahip olduğu eğitimi gerektirmeyecek işlerde çalışıyor olması, toplumlar açısından önemli bir riski, sosyal ve ekonomik bozulma riskini doğurmaktadır.
3. Şirketler ve devletlerin yetenekli birey eksikliği çekiyor olması yani yetenek eksikliği, dünya çapında bir diğer önemli ekonomik ve sosyal risktir.

Yukarıda sözünü ettiğimiz küresel risk maddelerini birkaç sayısal veri ile destekleyebiliriz. Dünya çapında büyük genç işsizliği hakkındaki bazı veriler şöyledir;

- Dünya üzerinde neredeyse 300 milyon, 15-24 yaş arası genç çalışmıyor. The Economist'in 2013 yılındaki verilerine göre neredeyse dünya gençlerinin yarısı ya formal ekonominin dışındalar ya da olabileceklerinden çok daha az üreterek ekonomiye katkı sağlıyorlar [21].
- World Bank verilerine göre, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da çalışma yaşındaki nüfusun %54'ü işsiz ya da inaktif; 15-25 yaş arası her 4 gençten 1'i işsizdir [20].
- Avrupa'da 15-24 yaş arası işsizlik oranı 2013'ün son çeyreğinde %23 oranında idi [22].
- 2013 BBC raporuna göre, Güney Afrika'da 35 yaş altındakilerin %70'i işsiz [20].
- 2011'de, Avustralya'daki 17-24 yaş arası bireylerin %27'sinden fazlası tam zamanlı çalışmıyordu [23].
- Güney Kore'de 2013'te genç işsizliği %22 oranındaydı [24].
- ABD'de 16-24 yaş arası işsizlik oranı %16 idi [20].

Durum aslında yukarıda verilen işsizlik oranlarından çok daha kötüdür. Şöyle ki istihdama katılanların da çok ciddi bir bölümü ya çok düşük ücretli işlerde çalışmaktadır ya da becerilerini ve yeteneklerini tam olarak kullanacağı işi yapmamaktadır. Bununla ilgili oranlar şöyledir;

- ABD'de üniversite mezunlarının yarısı işsiz ya da düşük maaşlı işçidir [25]. Aynı zamanda "Center for College Affordability and Productivity" tarafından yapılan çalışmaya göre, üniversite mezunlarının neredeyse yarısı üniversite derecesi gerektirmeyen işlerde çalışmaktadırlar [26].

- Telegraph'ın 2012'deki raporuna göre, Birleşik Krallık'ta üniversite mezunlarının %30'u üniversite derecesi gerektirmeyen işlerde çalışmaktadır [20].
- 2013 yılında Çin'de 7 milyon civarında üniversite öğrencisi mezun oldu. Beijing bölgesinde bunlardan yalnızca %30'u üniversiteden ayrıldıktan sonra 2 ay içerisinde iş bulabildi. Bu üniversite mezunlarının ortalama maaşları göçmen çalışanlar ile aynıydı çünkü çalıştıkları işlerin birçoğu üniversite eğitimi gerektirmemekteydi [20].
- 2011'de Güney Kore'de, üniversite mezunlarının %25'i işsizdi [20].

Bu oranları çok daha ilginç, ciddi ve tehlikeli kılan iste tüm bu yüksek işsizlik ve düşük ücretli çalışma verilerinin yanında dünya çapındaki yetenek kıtlığı oranlarının da aynı derecede yüksek olmasıdır. Küresel yetenek kıtlığına dair birkaç sayısal veri ise şöyledir;

- 42 ülkede 37.000'den fazla işverenle yapılan görüşmeler sonucunda, küresel şirketlerin %36'sının yani üçte birinden fazlası kilit becerileri olan kişilerin eksikliği nedeniyle 2014'te açık pozisyonları doldurmakta zorluk yaşadıkları görüldü [27].
- The McKinsey Global Enstitute, 2020 yılında global düzeyde 85 milyon orta ve üst düzey becerilere sahip çalışan eksikliği yaşanacağını tahmin etmektedir [20].
- 2016 Dünya Ekonomik Forumu raporuna göre, insanların öğrendiği beceriler ile insanların ihtiyaç duydukları beceriler arasındaki boşluk gittikçe daha belirgin hale geliyor [28].
- Hays Global Skills Index 2013'e göre 30 dünya ekonomisinin 18'inde yetenek eksikliği yaşanıyor [20].
- Çin'de, uluslararası işletmelerin en önde gelen 10 endişesinden birisi yetenek eksikliğidir [29].

- ABD’de en az 3 milyon iş pozisyonu hâlihazırda doldurulmamış vaziyettedir [20].
- 2010’da, Japon işverenlerin %76’sı pozisyonlar için ihtiyaç duydukları kişileri bulmada zorluk çektiklerini belirttiler [20].
- Europe Commission 2013’e göre, Avrupa Birliği’nde 2 milyonun üzerinde boş iş pozisyonu bulunmaktadır [20].

Dünya şu anda 2 paradoksal kriz ile yüz yüzedir: yüksek genç işsizliği ve yetenek kıtlığı. Genç işsizliği kişisel yoksulluk ve psikolojik travmalara yol açmanın yanı sıra, aynı zamanda sosyal eşitsizliğe ve dolayısıyla da sosyal rahatsızlığa yol açar. Yetenek kıtlığı ise ekonomik büyümeyi aşağıya çeker ve yeni iş imkanlarının sağlanmasına engel olur. Yetenek kıtlığı, yüksek yetenekli kişilerin gelirlerini arttırır ve bu da yüksek nitelikli kişiler ile düşük nitelikli kişiler arasındaki gelir boşluğunu arttırır [20].

Dünya üzerindeki bu büyük genç işsizlik oranı, bize bu bireyleri iş dünyasındaki artan talebi karşılayacak şekilde, ihtiyaç duyulan niteliklerle donatma imkânı sunar. Dahası, bu kişiler girişimci olma yönünde eğitilebilir [20] ve böylece diğer bireylere yeni iş kapıları açılabilir.

Bu durumda neler yapılabilir sorusuna gelince; eğitim, genç işsizlik krizini çözmek için alınabilecek en önemli aksiyon olarak görülmektedir [20]. Uluslararası organizasyonları, hükümetleri ve iş dünyasını eğitim alanında aksiyon alma isteğine yönlendirmesi açısından da iş dünyasının ihtiyaç duyduğu yetenek eksikliği bir fırsat olarak görülebilir [20].

Eğitim alanında biri iyi biri kötü olmak üzere iki ayrı durum söz konusudur. Kötü olan; eski eğitim paradigmasındaki ısrar ve bu paradigmanın baskınlığıdır. Yeterli kanıt ortaya koyar ki yetenek eksikliği yetersiz eğitimden dolayı değil, tamamen yanlış eğitimden dolayıdır. Açık şekilde görünüyor ki geleneksel eğitim modeli günümüz gerekliliklerine uygun değildir. Yeni ekonomi, girişimci ruhlu bireylere ihtiyaç duyar ama geleneksel eğitim istihdam odaklı iş arayan bireyler yetiştirir ki

bunda dahi yeterli olmadığı yukarıda verilen verilerde açıkça görülmektedir. İyi olan ise; uluslararası organizasyonları, hükümetleri ve iş dünyasını eğitim alanında aksiyon alma isteğine yönlendirmesi açısından, iş dünyasının ihtiyaç duyduğu yetenek eksikliği bu konuya ciddi ve acil bir şekilde yönelmesi için bir fırsattır [20]. Bu krizlerden çıkabilmek için eğitimde iyileştirmeye ve hatta paradigma değişimine ve böylece eğitimde mükemmelliği yakalamaya ihtiyaç olduğu açıktır fakat bu mükemmelliğin ne olduğuna karar verilmelidir. İki eğitim paradigması vardır;

1) İş/istihdam odaklı eğitim,

2) Girişimcilik odaklı eğitim [20].

İlk paradigma; ekonomi ve toplumun ihtiyaçlarına dayalı beceri ve bilgilerin seçilip bunların öğrencilere iletilmesini savunur. İkinci paradigma ise; eğer bir bireyin potansiyeli geliştirilirse, kişinin kendi yolunda fark yaratacağını ve değerli olacağını savunur. Yani, istihdam odaklı eğitim çocukları mevcut işlere uyumlu şekilde yetiştirirken, girişim odaklı eğitim ise onları yeni iş alanları yaratma sorumluluğuna ve yeterliliğine hazırlar. Girişim odaklı paradigma, bireysel farklılıkları arttırmaya çalışır; bu paradigmadaki okullar, her öğrenci için genel geçer bir müfredata sahip değildirler. Her öğrenci kendi ilgisine yönelir [20].

21. yüzyılda ihtiyaç duyduğumuz bireyleri yetiştirmek için, eğitimde mükemmelliği tekrar tanımlamalıyız ki mevcut paradigmada bu test skorları ile ölçülüyor ve sorumluluk eğitmen ve okula veriliyor. Artık, homojen öğrenciler yerine, farklı yetenekler geliştirilmeye çalışılmalı, yaratıcılık ve bireysel farklılıklar, girişimcilik desteklenmeli, öğrencilere global perspektif kazandırılmalıdır. Bunu başarmak için izlenmesi gereken yola dair önerileri şöyle sıralayabiliriz [20];

- Eşsiz, değerli, üretken, girişimci yetenekler geliştirmek için kişiselleştirilmiş eğitimi başlatılmalı,
- Bireylerin potansiyellerini özgür bırakarak, tutkularına yatırım yaparak ve ilgi alanlarını destekleyerek bunlar güçlendirilmeli,

- Bireylerin öğrenme fırsatları, mevcut fiziksel çevrelerinde onlara sunulan sınıf ve öğretmenlere bağlanarak sınırlanmamalı,
- Bireyler sınıf ve okul duvarlarının ötesinde global topluluklarda var olan öğrenme fırsatlarına yöneltilmeli,
- Bireylere, ortak müfredat standartları ve testler yoluyla dar bir içerik seti yazmayı ve uygulamaya koymayı bırakmalıyız.

Yukarıda bahsettiğimiz gibi, dünyadaki işsizlik ve yetenek eksikliği oranları açıkça göstermektedir ki mevcut eğitim zihniyeti ile çağın gereksinimleri uyuşmamaktadır. Bu veriler mevcut eğitimin bu çağın ihtiyaçlarından uzak olduğunu ve ihtiyaçlarını karşılayamadığını gösterir. Dünyanın her yerinden milyonlarca geç yaşlı işsiz gerek duyulan yetkinlikler yönünde eğitmek için; bireylerin 21. yüzyıl gerekliliklerine göre eğitim almasını sağlamak için; eğitimdeki derin adaletsizliği ortadan büyük ölçüde kaldırabilmek için; bilgiyi bireylerin, kurumların tekelinden kurtarıp herkese, istediği zaman ve mekanda açık hale getirebilmek için; kişilere, temel haklar arasında yer alan eğitim hakkını teslim edebilmek ve dahası eğitimlerini seçme şansı verebilmek için vb. mevcut eğitim paradigması tamamen değiştirilmelidir.

Peki, tüm bunlar nasıl sağlanır? Bunlar mevcut geleneksel eğitimin artık çok eskilerde kalması gerektiğini ve bir an önce uzaktan eğitim, e-öğrenme, mobil öğrenme gibi kavramlara odaklanılıp eğitimin bu alana çekilmesi gerektiğini açıkça göstermektedir. Çünkü küreselleşme, dünya vatandaşları yetiştirme ve bireylere özgü eğitim gibi gereklilikler ancak bu tarz bir eğitim ile sağlanabilir.

“Artık ülkesinden çıkmamış bir çocuk, köyünden hiç çıkmamış bir kişiye benzer.”

Son 20 yıldır dünya çok yönlü, yapısal bir değişim süreci içinde bulunmaktadır. Bu değişim, bilgi ve iletişim teknolojilerine bağlı yeni teknolojik paradigmanın ortaya çıkışı ile alakalıdır [30]. Gelişmekte olan teknolojiler ve küresel ekonominin etkisi sonucu bugün tüm organizasyonlar bir geçiş sürecinde bulunmaktadır. Bu geçiş

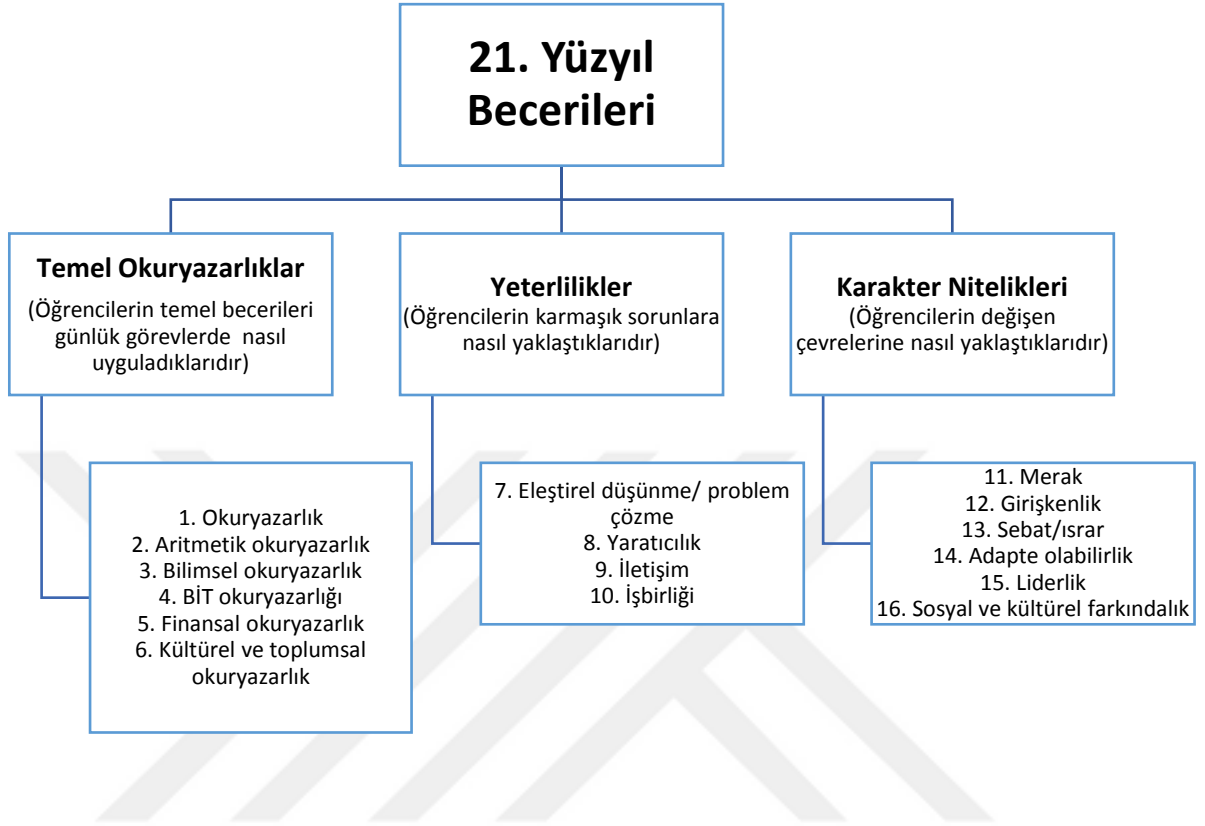
21. yüzyılın anahtar konseptidir [30]. Organizasyonlar ve kurumların yüz yüze kaldığı değişimlerin nedenleri şu şekilde sıralanabilir;

- Teknolojik inovasyon, ticaret ve rekabetin değişen kalıbı,
- Bilginin üstel artışı,
- Küresel eğitim talebi,
- Genel yaşam kalitesi için dünya çapında sosyal kaygılar [30].

21. yüzyılda ortaya çıkan toplum, bilgi toplumu olarak karakterize edilir [30]. Ayrıca network toplumu olarak da adlandırılmaktadır. İçinde bulunduğumuz bu network toplumunun yapısı networklerden oluşur ve bilgi ve iletişim teknolojileri tarafından desteklenir [31].

Bireylere 21. yüzyıl yetkinliklerini sadece bilgi iletimi yaparak vermek mümkün değildir. Çünkü bu yüzyılda bilgi ve teknoloji, daha önce hiç olmadığı kadar durağanlıktan, stabiliteden uzaktır. 2000'li yıllarda doğan bir birey büyük ihtimalle çalışma hayatı süresince birçok kez farklı yetkinlikler gerektiren işlerde çalışmak yani iş değiştirmek zorunda kalacaktır. Artık iş dalları da sürekli değişim içindedir, birileri kaybolurken yerine yenileri gelmektedir. Günümüzde var olan iş dallarının önemli bir bölümü risk altındadır. Bunun sonucu olarak artık bireyler ömür boyu aynı işi yapamayacaklar, meslek değiştirmek zorunda kalacaklar. Bireylerin buna adaptasyonu ise ancak ömür boyu öğrenme kavramıyla gerçekleşebilir. Yani ömür boyu öğrenime ihtiyaç duyulacaktır. Çünkü bireylere duyulan ihtiyaç alanı sürekli değişmektedir. 21. yüzyılda gereksinim duyulan yetenekler tam da bu sebeple hard yetenekler değil, sosyal yeteneklerdir. Dünya Ekonomik Forumu'ndan alınan verilere göre 21. yüzyılda ihtiyaç duyulan yetkinlikler Şekil 2.1'de gösterilmektedir [32].





**Şekil 2.1** 21. Yüzyılda Öğrencilerin İhtiyaç Duyduğu 16 Beceri [32].

Burada bahsi geçen becerilerin hiçbirisi salt bilgiyi barındırmamaktadır. Aksine, sürekli değişimi ve bu değişime adapte olma yeteneği gibi sosyal yetenekler ön plana çıkartılmaktadır. Bu sosyal yetenekler, makineler tarafından ikame edilemeyecek tek şeydir. Katı bilgiyi taşımak, depolamak artık insanların değil makinelerin işidir. Bu gerçeği görerek artık eğitim sistemini buna göre şekillendirmeliyiz. Ayrıca, Fortune 500 şirketlerinin üst düzey yöneticileri, etkili çalışan özelliklerini şöyle sıralamaktadırlar [33];

- Yabancı kültüre duyarlılık, başka kültürler ve insanlara saygı duyma ve önemseme,
- Anadil dışında akıcı bir yabancı dil,

- Uluslararası ticaret bilgisi,
- Teknolojik kavrayış,
- Uluslararası takımlarda işi ve karmaşıklığı yönetebilme yeteneği,
- Güçlü bir etik temel (kültürel farkındalık ve sosyal sorumluluk)

21. yüzyıl bireyleri kendi kendini yönlendirme ve diğer bireylerle, gruplarla, makinelerle iş birliği içinde çalışma yeteneğine sahip olmalıdırlar. Bugünün bireyleri kritik düşünebilmeli ve yüksek nitelikli ürünler üretmelidirler ki küresel pazarda var olabilsinler [34].

Ayrıca 21. yüzyıl için gerekli olan becerileri sıralarken unutmamalıyız ki bunlar tüm yüzyıl boyunca geçerli olacak beceriler olmayacaklardır, dünyadaki birçok konuda görülen hızlı değişime bu yetenek gereklilikleri de ayak uyduracak ve sürekli güncelleneceklerdir.

Bu öne sürülen gereksinimlere bakarak anlıyoruz ki bu yüzyılda mükemmel eğitimin her tanımı, uluslararası bilgi ve yetkinlikleri içermelidir. Ayrıca, uluslararası şirketlerde çalışma, farklı kültürlerden kişileri yönetebilme, dünya çapında diğer insanlarla iş ve pazar alanlarında rekabet ve iş birliği, diğer ülkelere satış, diğer ülkelerden satın alma, iklim değişikliği, hastalıklar ve felaketler gibi dünya çapındaki problemlere karşı farkındalık ve duyarlılık, teknoloji kullanım becerisi, öğrenme becerisi kazandırma da mükemmel eğitim içeriğinde olması gereken becerilerdir.

Günümüz teknolojileri, eğitimi uluslararasılaştırmak için mükemmel bir araçtır. Bireyleri coğrafi bariyerlerin ötesine geçirir, dünyanın çeşitli yerlerindeki eşleriyle iletişime geçme ve iş birliği yapma, bulguları yayınlama, foto ve video paylaşma, imkânı sunar. Geleneksel eğitim yoluyla bir araya gelmesi mümkün olmayacak bireyler arası iletişimi kurarak mükemmel işler çıkma olasılığını da artırmış olur. Tüm bunları sağlamak için teknoloji kullanılır ve çok büyük maliyetlere gerek yoktur [33].

21. yüzyıl becerilerini kazanmak için, öğrenciler yeni fikirler üretmeye, sunulan materyalleri değerlendirme ve analiz etme, edindikleri bilgileri uygulamaya teşvik edilmeliler. Bunlar ancak öğrenme metodunu değiştirerek elde edilebilir. Eğer öğretmenler öğrencilerinin yeteneklerini, yetkinliklerini fark edip öğrenmelerini kolaylaştırırlarsa, öğrenciler en iyi performanslarına ulaşırlar. Bu da ancak düşünüş biçimimizi değiştirmemizle mümkün olabilir. Öğretici öğrenciye içerik sunma yerine, öğrenciyi içeriğe dahil etmelidir ki bu öğrenci açısından eğitimi hızlandıracaktır. Yani mevcut sistemdeki öğreticiyi merkeze alan yapı yerine öğrenciyi merkeze alan bir sistem kurulmalıdır [34].

Şimdiye kadar ihtiyaç duyulan eğitim ile ilgili çizdiğimiz çerçeve bize bunun e-öğrenme, çevrimiçi eğitim, uzaktan eğitim, mobil öğrenme gibi kavramlarla gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.

Bu kavramlara biraz daha derinden bakmamız gerekmektedir. E-öğrenme ve uzaktan eğitim kavramları için çeşitli tanımlar yapılmaktadır. Herkes tarafından kabul edilen ortak bir tanımlı yoktur. E-öğrenme için yapılan tanımlardan bazıları şöyledir;

- Öğrenme için materyal üretmek, öğrencileri eğitmek ve bir organizasyondaki dersleri düzenlemek için internet ve diğer önemli teknolojilerin kullanımını kapsar [35].
- Çevrimiçi öğrenme ve öğretme kaynaklarına erişimi sağlamak için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımınıdır [36].
- Elektronik olarak etkinleştirilen herhangi bir öğrenmedir [37].
- E-öğrenmenin daha çok internet merkezli tanımı ise şöyledir; “iletişim teknolojilerindeki ilerleme ile, özellikle internet, uzaktan öğrenimin e-öğrenmeye dönüştürülmesidir [38].

Uzaktan öğrenim ise genel olarak, coğrafi anlamda birbirinden uzak olan kişilere, öğrenme ortamlarına erişim sağlama olarak tanımlanır [39]. Uzaktan eğitimde fiziksel olarak öğrenciden farklı konumda bulunan bir öğretici vardır ve

eğitimi öğrencinin aldığı zamandan tamamen farklı zamanlarda sunar. Uzaktan eğitim terimi daha sonra çevrimiçi öğrenme, e-öğrenme, sanal öğrenim, web tabanlı öğrenim vb. terimleri tanımlamak için gelişti [39] ve bu terimler çoğu zaman birbirlerinin yerine kullanılmaktadırlar.

E -öğrenme, 1980'lerde çevrimiçi öğrenme kavramıyla aynı dönemlerde ortaya çıkmış bir kavramdır. Çevrimiçi öğrenme için yapılan bazı tanımlarsa şöyledir;

- Çevrimiçi öğrenme, uzaktan öğrenimin daha yeni ve gelişmiş versiyonudur [40].
- Çevrimiçi öğrenme, uzaktan öğrenimin bir şeklidir [41].

Bazı yazarlar çevrimiçi öğrenme, e-öğrenme, web tabanlı öğrenim gibi terimlerin arasında çok belirsiz farklar olduğunu ve kesin ayrılan tanımları olmadığını savunmaktadırlar [39]. Bu makalede, bu kavramlar birbirlerinin yerine kullanılmaktadırlar. Tüm bu kavramlar için bu çalışmada genellikle e-öğrenme kavramı kullanılacaktır.

Teknoloji, öğrenci ile öğretmen arasındaki ilişkiyi değiştirmektedir. Öğrencilerin, teknolojiyi bilgi toplamak için kullanmalarından dolayı, öğrenciler artık öğretmenlere ya da, daha genelleştirecek olursak, eğitim pozisyonundaki kişilere bilginin kaynağı olarak mutlak bağlı değildirler. Öğretmen ya da eğitim merkezli eğitim temel olarak bilginin iletilmesi ile ilişkilidir. Bu yaklaşımda öğrenme tamamen eğitmenin kontrolündedir. Eğitim, sahip olduğu uzmanlığı kullanarak öğrencilere bilgileri iletir. Öğrenciyi tanıma ve anlama ikinci plandadır. Geleneksel eğitimde eğitimciler (devlet, kurum, enstitü vb.) öğrencinin ne öğreneceğine ve nasıl öğreneceğine karar verir [42]. Öğrenci merkezli eğitim öğrencileri sınıf organizasyonunun merkezine koyar ve onların öğrenme ihtiyaçlarına, stratejilerine ve stillerine saygı duyar. Bireysel öğrencilerin öğrenme özellikleri, katılım, deneyim, bakış açısı, yetkinlik ve yetenekleri, ilgileri, kapasiteleri ve ihtiyaçlarına odaklanır ve onları dikkate alır. Öğrenciye kendi öğrenmesinde yardım etmek için eğitim, çeşitli eğitimsel metot ve teknikleri sağlar, içerikler hazırlar. Bununla birlikte, başarının ve başarısızlığın sorumluluğu da öğrenciye verilir [42]. Öğrenci merkezli

yaklaşımın, geleneksel yöntemlerle uygulanması mümkün değildir. E-öğrenme, bu yaklaşım için biçilmiş bir kaftan olarak karşımızda durmaktadır.

**Tablo 2.1** Geleneksel Eğitim ile Uzaktan Eğitim Arasındaki Farklar

<b>Geleneksel Eğitim</b>	<b>Uzaktan Eğitim (E-Öğrenme/Mobil Öğrenme vb.)</b>
Yüz yüzedir	Uzaktadır
Fiziksel sınıflar vardır	Sanal sınıflar vardır
Yerellik vardır	Küresellik vardır
Bilgiye sınırlı erişim imkânı sunar	Bilgiye sınırsız erişim imkânı sunar
Zaman ve mekân kısıtı vardır	Mekân ve zamandan bağımsızdır
Oransal olarak yüksek ücretler gerektirir	Oransal olarak düşük ücretler gerektirir
Eğitmen ve kurum odaklıdır	Öğrenci odaklıdır
Öğrencilerin önüne zorunlu müfredatlar ve ders programları sunulur	Öğrencilere müfredat ve ders programını kendisi seçme özgürlüğü verilir
Herkese ortak eğitim verilir	Kişiyeye özel eğitim verilir
Öğrenciyeye, eğitici ya da ders seçim şansı verilmez	Öğrenciyeye eğitici ya da ders seçim şansı verilir
Öğrenmenin ana sorumluluğu eğiticidedir	Öğrenmenin ana sorumluluğu öğrencidedir
Eğitimde eşitsizlik hat safhadadır	Oransal olarak eğitimde çok daha iyi düzeyde eşitlik sağlanır

**Tablo 2.1** Geleneksel Eğitim ile Uzaktan Eğitim Arasındaki Farklar (devamı)

<b>Geleneksel Eğitim</b>	<b>Uzaktan Eğitim (E-Öğrenme/Mobil Öğrenme vb.)</b>
Bazı bölgelerdeki kişilerin maddi imkân, cinsiyet, milliyet, gelenek vb. sebeplerle eğitime ulaşamamasına sebep olur	Bazı bölgelerdeki kişilerin maddi imkân, cinsiyet, milliyet, gelenek vb. sebeplerle eğitime ulaşamamasını engeller, ayrımcılığı önler
Öğrencileri sorumluluktan uzaklaştırır	Bireyleri daha sorumluluk sahibi olmaya iter
Kendi kararlarını veremeyen bireyler oluşturur	Kendi kararlarını verebilen ve sonuçlarını göze almak ve hesaplamak zorunda olan yani daha bilinçli bireyler oluşturur
Farklı sosyal, kültürel, ekonomik, deneysel geçmişlere sahip kişilere birbirleriyle iletişim kurma imkânını neredeyse hiç sunmaz, oldukça yerel ve bölgeseldir	Farklı sosyal, kültürel ekonomik, deneysel geçmişlere sahip kişilere birbirleriyle iletişim kurma imkânı sunar, tamamen küreseldir
Bireyin hangi şekilde daha iyi öğrendiğinin bir önemi yoktur, öğrenme biçimine tüm öğrenciler için ortak bir yöntem seçerek karar verilir	Öğrenciye, hangi şekilde daha iyi öğreniyorsa o yöntemle öğrenme imkânı sunar. Video, resim, ses, durdur & başlat, tekrarlar, yaz, dinle, oku, tartış, "yap" vb. imkanlar sağlar
Öğrenme hızı başkaları tarafından tüm öğrenciler için ortak olacak şekilde belirlenmiştir	Öğrenciye, öğrenme hızını ayarlama özgürlüğü verir

**Tablo 2.1** Geleneksel Eğitim ile Uzaktan Eğitim Arasındaki Farklar (devamı)

<b>Geleneksel Eğitim</b>	<b>Uzaktan Eğitim (E-Öğrenme/Mobil Öğrenme vb.)</b>
Kitap gibi eğitim materyallerinin güncellenmesi uzun zaman alır ve böylece güncel bilgiye ulaşmak zorlaşır	Yazı, sunum, video gibi materyallerinin güncellenmesi çok hızlı gerçekleşebilir ve böylece güncel bilgiye ulaşmak kolaylaşır
Eğitmen ihtiyacı karşılanamaz ya da yeterli niteliklere sahip olmayan kişiler eğitmenlik yapar	Eğitmenlik ihtiyacını azaltarak, eğitmen eksikliği sorununu çözer. Var olan, daha az miktarda ve ileri derecede nitelikli eğitmenler çok sayıda öğrenci için yeterlidir
Öğrenme süreci kişinin kendi sorumluluğuna pek bırakılmaz, zaten sistem ona birçok şeyi yapması ya da yapmamasını zorunlu tutmaktadır	Geleneksel olana kıyasla uzaktan öğrenim iyi derecede olgunluk ve disiplin gerektirir; öğrenciye, öğrenme sürecinde seçim yapma imkânı sunulur bu süreç büyük ölçüde öğrencinin sorumluluğuna bırakılır
Eşzamanlı öğrenme vardır	Asenkron ya da eşzamanlı eğitim alınabilir
Anlık etkileşim vardır	Asenkron öğrenimde etkileşim anlık değildir

E-öğrenmeye Tablo 2.1’de sıralanan özellikler açısından, biraz daha derinlemesine bakarsak birçok avantajı olduğunu görürüz. E-öğrenmenin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Eğitimde kurum ya da eğiticiden ziyade öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına odaklanır [36].
- Dünyanın farklı yerlerinden aynı konuya ilgi ya da ihtiyaç duyan bireyleri tartışma forumları ile bir araya getirerek, bu bireylerin birbiriyle etkileşimini sağlayacak imkanlar oluşturarak, kişilerin geleneksel eğitimde asla elde edemeyecekleri farklı bakış açılarını edinmeyi, farklı görüşlere saygı duymayı ve dahası onlardan ilham almayı sağlar ve bireyleri motive eder. Aynı konuya ilgi duyan dünyanın farklı yerlerinden binlerce kişi arasında öğrenmeyi sağlayan ilişkileri geliştirir ve iletişim kolaylığı sağlar.
- Öğrenci ve öğretici arasındaki etkileşimin artmasına olanak tanır [43].
- Eğitim vermek veya almak için ne öğrenci ne de öğretici herhangi bir binaya ve dolayısıyla da seyahat etmeye ihtiyaç duymadan, geleneksel eğitime oranla çok yüksek miktarlardaki öğrenciye öğrenme imkânı sunmasından ötürü öğrenci için maliyeti oldukça düşüktür hatta öğrenci sayısının artmasıyla hizmet sunan kurum, şirket, devlet vb. için son birim maliyeti 0'a yaklaşır.
- Her zaman öğrenci farklılıklarını dikkate alır, öğretici merkezli değil, öğrenci merkezlidir [36].
- Akademik personel, öğretmen, eğitmen vb. Eksikliğini, yetersizliğini ortadan kaldırır. Daha az sayıda ve daha kaliteli kişiler eğitim vermek için yeterli olur. Bununla birlikte, eğitim almak isteyen bireyler açısından da birçok seçenek arasından eğitimci seçme özgürlüğü sağlar. Böylece eğitimde kurumlar arası ve ücret kısıtı olan rekabet yerine bireysel, eğitmenlerin kendi arasındaki rekabet ortaya çıkar ve bu rekabette para kısıtı neredeyse yok olur.
- Öğrencilere öğrenme hızı konusunda esneklik sağlar. Asenkron eğitim, her öğrenciye kendi öğrenme hızında ilerleme özgürlüğü verir ki bu da öğrencinin aldığı eğitimden tatmin olmasına, memnun kalmasına,



maksimum fayda sağlamasına olanak verir ve öğrenci üzerindeki stresi azaltır [44-47].

- Zaman ve mekândan bağımsız bir öğrenme etkinliği sunar. Her birey eğitim almak için ona en uygun zaman ve mekânı seçmekte özgürdür.
- Muazzam büyüklükteki bilgiye ulaşım imkânı sağlaması sayesinde arzu eden bireylerin bilgi ve yetkinlik düzeyini artırmasına olanak sağlar.
- Hedeflenen eğitim ve yetkinlik düzeyine en kısa zamanda ve en az çaba ile ulaşılır. Hem öğrenci hem öğretmenler gelişimlerini, eğitimlerini sağlamak ve sürdürmek olanağına sahiptirler [36].
- Kişilerin buldukları coğrafi konumları ve de zaman dışında, yaşlarına, etnik kökenlerine, milliyetlerine de bakılmaksızın bireylere bilgiye eşit ve adil erişim hakkı tanır [36].
- Cinsiyet ayrımcılığını engeller.
- Öğretmenlerin, öğretmenlerin, akademisyenlerin bilginin tek kaynağı olarak görülmesini engeller ve bu konumlarını ellerinden alır. Yani böylece bilgiye özgürlüğünü verir.
- Eğitim alma ve eğitim verme süreci, bilgi aktarımı ve geri bildirimini içerir.
- Yeni iş alanları oluşturur. Eğitimde danışmanlık ihtiyacının artmasıyla öğretmenlere bu alanda ihtiyaç duyulabilir ya da bu alana yönelik yetkin kişiler yetiştirilip istihdama katılır. Örneğin: bireyin amaçlarına ulaşacak en iyi yolu, müfredatı, konuları, alması gereken dersleri belirleme, planlama yapma, hedef koyma, motive etme vb. alanlarda istihdam sağlanır.
- İnternet, televizyon ve radyo gibi tek yönlü iletişim araçlarından farklı olarak bilgi dağıtımını, değişimi tek yönlü değildir ki bu da öğrenme-öğretme aktivitesi için interneti oldukça uygun yapar [48].

- Öğrenme materyallerinin güncellenmesi, yenilenmesi, eski bilgilerden arındırılıp yeni, güncel, son araştırmalar ışığında elde edilen bilgilerle donatılması, geleneksel eğitimde temel öğrenme materyali olan kitaplara göre daha kolaydır. Öğrenciler geleneksel eğitimdeki aksine, güncellenmiş öğrenme materyallerine anında ve hiçbir ek ücret ödemededen ulaşabilirler [48].
- Eşzamanlı ya da asenkron eğitime olanak verir [48].
- Yazı, grafik, ses, video, animasyon gibi Çok çeşitli öğrenme materyallerine ulaşma olanağı verir [48].

Uzaktan öğrenime ihtiyaç duyma sebeplerimiz şunlardır;

- Eğitim ve öğrenim faaliyet ve olanaklarına erişebilen kişi sayısının artırılmasıyla eğitimde fırsat eşitliğinin sağlanması,
- Çalışma becerilerinin ve yetkinliklerin güncellenmesi,
- Uygun maliyetli eğitimsel kaynaklar geliştirilmesi,
- Mevcut eğitim yapısının kalitesinin artırılması,
- Yaş grupları arasındaki eşitsizliğin dengelemesi,
- Eğitimin, iş ve aile hayatıyla kombinasyonunun sağlanması,
- Eğitim deneyimine uluslararası bir boyut katılması,
- Denise Finch & Karen Jacobs [49] uzaktan öğrenimin avantajlarını şöyle sıralar;
- Seyahat ücretini ve zamanını düşürme,
- Küresel bağlamda uzman, profesyonellerle iş birliği yapma ve onlara erişme imkanını artırma,
- Öğrenciye uygunluklarına göre eğitime erişim esnekliği sağlama,

- Konular ve içerik ihtiyacında ayarlamalar yapmaya izin verme [49],
- Temel bilgilere çoktan sahip olan ve eğitimini kısa sürede tamamlamak isteyen yetenekli öğrencilere olanak tanıma,
- Kırsal alanlardaki ya da küçük yerleşim yerlerindeki bireylere, iş adamlarına, çalışanlara, yöneticilere, engellilere, herhangi bir alanda yetkinliğini artırmak isteyenlere eşit imkanlar sunma,
- 2. Üniversite eğitimi ya da yeniden eğitim isteyenler, bilgileri güncellemek isteyenler, bazı bölgelerde eğitime katılımı engellenen kadınlar, gençler, çocuklar, yetkinlik alanlarını değiştirmek isteyenler, genç yaşta eğitimini tamamlayamamış vb. Kişilere eğitim alma imkânı sunma.

Bir öğrencinin uzaktan eğitimdeki marjinal maliyeti, geleneksel eğitime oranla göz ardı edilebilir seviyededir. E-öğrenmenin internet erişimi olduğu müddetçe herkese eşit eğitimi sunacağı düşünülmektedir.

Bu yeni öğrenme biçimi kişilere yerel kaynakların dışına çıkma imkânı sağlar. Yerel sınırların ötesine geçmek daha önce hiçbir zaman, şimdinin dijital dünyasındaki kadar ulaşılabilir olmamıştır [50]. Öyleyse bize düşen bu imkânı en verimli şekilde kullanmaktır.

Çevrimiçi öğrenimi kullanıcılarına göre şu şekilde sınıflandırabiliriz [51];

1-Üniversite tabanlı çevrimiçi eğitim; derece ve diploma elde etmek amacı ile üniversitelere kaydolan kişiler tarafından alınır.

2-Dev Açık Çevrimiçi Kurslar'ın (Massively Open Online Courses) kullanıcıları öz motivasyona sahip bireylerdir. Bu bireyler kendi öğrenme hedeflerine, önceki bilgi ve deneyimlerine dayalı programlar alırlar [52, 53].

Mevcut eğitimin sadece 'eğitim çağı' denilen yaşlardaki bireylere odaklanıp, diğer yaştaki bireylere nazaran, onlara daha uygun haldeki yapısına zıt olarak, bu iki kesimin varlığı bize aslında sadece 'eğitim çağı'ndaki bireylerin değil, daha ileriki yaşlardaki bireylerin de eğitim talebi olduğunu göstermektedir.

Son dönemde, eğitimde dünya çapında en iyi olarak kabul edilen kurumlar çevrimiçi öğrenme platformlarının oluşturulmasında en ön sırada yer alıyorlar. Bu alanda iyi olmak, çevrimiçi eğitimin yapısı gereği, tüm dünya pazarına ulaşmak demektir. Şu anda en popüler, sıralamalarda ilk başları çeken üniversiteler, buldukları konumu devam ettirmek için edx, coursera platformları gibi e-öğrenme alanlarına yönelmektedirler. Aşağıdaki listede en popüler çevrimiçi eğitim girişimleri yer almaktadır. Bu girişimler üstel olarak büyümektedir. Yine de bu girişimlerin çevrimiçi kursu tamamlayan bireysel öğrencilere, “Kredi verme ve derecelendirmede yeterlilikleri ve yetkinlikleri var mıdır?”, “Bu konuda güvenilebilir midirler?” [53] gibi sorular önümüzde durmaktadır.

Online eğitimin tarihini incelediğimizde açıkça görülüyor ki internet erişimi, büyük pazar ve gelişen teknolojiler tarafından beslenerek hızla gelişti. Bir örnek vermek gerekirse, 2013’te 6,7 milyon (%32) civarı öğrenci bir yükseköğretim kurumundan en az bir çevrimiçi kurs aldı [51].

Yapılan araştırmalar ışığında, çevrimiçi eğitim alan bireyler şu şekilde gruplandırılabilir [54];

1. Genellikle üniversite çağındaki öğrencilerinden daha yaşlı, geleneksel olmayan öğrenciler,
2. Motivasyonu son derece yüksek, hedef yönelimli ve bu çevrimiçi eğitimden iyi bir öğrenme çıktısı almaya kararlı bireyler,
3. Genellikle yerel topluluklarında önemli bir role sahip kişiler.

Çevrimiçi eğitim, uzaktan eğitim veya e-öğrenmenin tüm bu devasa avantajlarını yanında kendimize bir ütopya kurmadan, dezavantajlarını da göz önünde bulundurmalıyız. Mevcut teknolojik şartlar göz önüne alındığında e-öğrenmenin geliştirilmeyi ve iyileştirilmeyi bekleyen bazı bölümleri vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

- E-öğrenmede öğrenciler arasında ve eğitimci ile öğrenci arasında etkili iletişim araçları geliştirilip buna uygun ortamlar sağlanmazsa motivasyon

düşüşü olur. Bu durumda öğrencilerin güçlü motivasyon ve zaman yönetimi becerilerine sahip olması gerekir,

- Ders ile ilgili öğrencinin derecelendirilmesinde ve değerlendirme etkinliklerinde kopya çekme gibi etik dışı davranışların önüne geçmede sorunlar yaşanabilir,
- Sosyalleşme becerilerinin gelişmesinde negatif etki yaratabilir,
- Eğitim sürecinde eğitiminin etkisini azaltır ve sadece yönlendirici olarak var olmasını sağlar,
- Her alanda aynı etkiyi göstermeyebilir. Mesela mühendislik gibi uygulama gerektiren alanlarda, sosyal alanlara göre daha az verimli olabilir,
- Her bireyin e-öğrenmenin asgari gereklilikleri olan internet ve internete bağlanabileceği bir cihaza ulaşma zorunluluğu, satın alma maliyetleri bireyleri zor durumda bırakabilir [48],
- Klasik yüz yüze eğitimde öğrenciler homojen ve materyaller hepsi için uygun olarak algılanır [48],
- İnternet ve bilgisayarlar ile ilgili teknik kısıtlamalar vardır [48],
- Öğretici ve öğrencilerin birtakım bilgisayar bilgilerine sahip olmaları gerekir bu sebeple, öğretici ve öğrenci için bu konuda eğitim alıp yeterlilik kazanma gerekliliği ortaya çıkar [48],
  - Öğretici; uygun, efektif materyal oluşturma, yükleme vb. Öğrenmeyi geliştirme, yönetme ve kolaylaştırma açılarından yetkin olmalıdır,
  - Öğrenci; öğreticinin hazırladığı bu materyalleri kullanabilme açısından yeterli düzeyde yetkinliğe sahip olmalıdır [48].

Çevrimiçi eğitimde karşılaşılabilecek diğer sorunlar şöyle sıralanabilir;

- Öğretme stratejisini uzaktan eğitime adapte etme [36],

- Telif hakları ile başa çıkma [36],
- E-öğrenim için gerekli ekipmanları elde etmenin öğrenciler için maliyeti [36],
- Öğrenci ve öğreticinin teknoloji kullanımında desteğe ihtiyaç duyması,
- Kısıtlı etkileşim,
- İçeriğin teknolojiye uydurulmaya çalışılması riski,
- Dil çeviri problemleri.

Dahası, kredi ve derecelendirmenin nasıl yapılacağı, internet erişimi mecburiyeti vb. sorunlar da e-öğrenmede yaşanabilecek olumsuzluklar arasında yer alır [55].

“Y jenerasyonu” olarak adlandırılan 1990’ların sonlarından bu yana doğan kuşak için dijital teknolojiler adeta doğuştan kazanılan bir hak gibidirler ve okullar bunu karşılamak zorundadır [56]. Bugünün gençleri ağ teknolojilerinin ve dijital teknolojilerin içerisinde buldukları için önceki kuşaklardan daha farklı davranırlar [57-60]. Daha farklı düşünürler, öğrenirler, farklı sosyal karakterler sergilerler, hayat ve öğrenme hakkında farklı beklentileri vardır [58] ki bu sadece onların beklentisi değil değişen dünyanın, küresel pazarın da onlardan beklentisidir. Yeni öğrenci kuşağı bilgiye hızlıca ulaşmayı, bilgi teknolojilerine güvenmeyi, eğitime karşı daha düşük toleransa sahip olmayı, çoklu görevleri, pasiften ziyade aktif öğrenmeyi tercih ederler [57, 58, 61]. Yeni jenerasyon son derece meraklı, kendine güvenen, muhalif, zeki, dikkatli, adapte olma yeteneğine sahip, benlik saygısı yüksek ve küresel bir yönelime sahip bireylerdir ve bu bireylerin bilgiyi toplama, kabul etme ve tutma yöntemleri artık değişti.

Dijital medya ile büyüyen kuşak olan ‘Net Jenerasyonu’, öğretici odaklı eğitim yerine iş birliğine dayalı öğrenci odaklı eğitime doğru değişimi zorluyor [58]. Doğduğu andan itibaren dijital medya içinde bulunan Dijital Yerli’lerin tersine, dijital dünyanın içinde doğmayan ve birçok yeni teknolojiye hayatlarının ileriki dönemlerinde adapte olan kişiler, Dijital Göçmenler olarak adlandırılırlar [62].

Dijital Yerliler'in tersine Dijital Göçmenler, gelişen teknolojilerin kullanımını yaşamlarının doğal araçları olarak görmek yerine, öğrenmek ve adapte olmak zorundadırlar [58]. Dijital göçmenler için dijital teknolojiler hiç de bu kadar doğal, anlaşılması ve kullanılması kolay olmayabilir. Bu bireyler şu anda öğretmen konumunda olanların çoğunluğunu oluşturmaktadırlar, Y kuşağı ise şu anda öğrenci rolündedir. Yani, e-öğrenme ortamları Y kuşağı ve sonrası için neredeyse doğuştan gelecek şekilde içinde buldukları dijital ortamı kullanmak açısından hiçbir sorun teşkil etmeyecektir, adaptasyon sorunu yaşanmayacaktır fakat onları eğitecek kişiler için aynı durum pek geçerli görünmemektedir. Sonuç olarak; eğitimciler, bu platformların kullanılma yetkinliği açısından öğrencilerden geride olacaktır ki bu da birtakım sorunlar doğurabilir. Fakat unutulmamalıdır ki bu geçici bir dönemdir, eğitimle ya da yeni gelen eğitimci neslin y kuşağından olmasıyla bu sorun aşılabılır.

Prensky [60, 62] de, dijital yerli öğrenciler ile dijital göçmen eğitimcilerinin teknoloji okuryazarlığı arasındaki derin boşluktan endişelenmekte ve bu kuşak boşluğunun bugünkü eğitimin yüz yüze kaldığı en büyük sorun olduğunu savunmaktadır. Tüm öğretmen kuşağı yeni öğrenme araçları, yaklaşımları ve becerileri öğrenmek zorundadır. Bu aşılması gereken bir durumdur [57]. Fakat bu durum eğitimciler için her ne kadar aşılması gereken bir konu olsa da öğrenciler için, ki onlara odaklanmalıyız, bir avantaj olarak görülmelidir. Bu zorluğun kısa süreli geçiş döneminde olacağı da unutulmaması gereken diğer bir noktadır.

- Tüm bu artı ve eksi yönlerin yanında şunlar da dikkate alınmalıdır ki [48];
- Kullanım kolaylığı ve düşük maliyetinden ötürü World Wide Web hayatımızda giderek daha da fazla etkili olmaktadır [48].
- Bilgisayar hızı ve depolama kapasitesi her yarım yılda bir, ikiye katlanmaktadır,
- Öğrenciler, ev hanımları, çalışanlar, yöneticiler, her alandan bireyler günden güne üstel olarak artan bir şekilde internete bağlanmaktadır,

- Net özellikli cihazların baş döndürücü artışıyla da cihazların maliyetleri düşmekte ve internet erişimi daha ucuz hale gelmektedir,
- İlk dönem teknolojik kısıtlamalarına rağmen, internetin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu kısıtlamalar da git gide ortadan kalkmaktadır [55],
- Çift yönlü etkileşim, eşzamanlı ve asenkron bilgisayar tabanlı etkileşimler, videolar ve sanal sınıflar gibi özellikler eklenerek uzaktan eğitim ortamları günden güne geliştirilmekte ve iyileştirilmektedir [30].

Uzaktan eğitimin tarihsel gelişimi ise şöyledir [30];

1. Seviye-pasif öğrenimdir. 1880-1960 yılları arasında etkindir. Örneğin; yazışma, mektuplaşma, video-kaset, ses, radyo vb. araçlar yoluyla tek yönlü öğrenme gerçekleşir.
2. Seviye-pasiften orta dereceli aktif öğrenmeye geçiştir. 1960-1990 yılları arasında etkindir. Örneğin; çift yönlü interaktif ses ve video, bilgisayar tabanlı konferanslar, e-mail, bilgisayar tabanlı eğitim vb. Yollar ile öğrenme gerçekleşir.
3. Seviye-yüksek derece interaktif öğrenimdir. 1990'lı yıllardan sonra etkin hale gelmiştir. Örneğin; sanal sınıflar, dijital tv, internet, web, çevrimiçi videolar, multimedya, bilgisayar tabanlı eğitim, sürekli bağlantılar vb. Yöntemler ile çift yönlü öğrenme gerçekleşir.

Her geçen gün yeni bir teknolojik, bilimsel gelişmeye gebe ve teknoloji alanındaki çok hızlı bir şekilde gerçekleşen yeni gelişmeler ve iyileştirmeler dikkate alındığında, e-öğrenmedeki teknolojik sorunların üstesinden yakın zamanda gelinmesini beklemek gayet makul bir beklentidir. Ayrıca bu sorunların, kısıtlamaların eğitim amacıyla üretilmemiş teknolojik cihazlarda görülmekte olduğu da dikkate alınmalıdır.

Bilgi inanılmaz bir hızla artmaktadır. Eğitim açısından daha ilginç ve dikkate değer olanı ise, ortalama bir öğrencinin bugün okulda öğrendiği bilgilerin %50'si, 5 yıl



içerisinde eskiyecek, geçersiz ve kullanılamaz hale gelecektir. Bu, ömür boyu öğrenime olan ihtiyacın derecesini oldukça açık bir şekilde gözler önüne sermektedir [48].

Uzaktan öğrenim, günümüz bilgi toplumunu şekillendirmede hayati bir role sahiptir. Bireyler hızla değişen, güncellenen bilgiye anında ulaşmalıdırlar, aksi halde sürekli olarak sil baştan eğitim almak zorunda kalınacaktır ki bu da ne verimlidir ne de mantıklı ve uygulanabilirdir.

Tüm bu bulgular ve bilgiler göstermektedir ki eğitimde ciddi bir paradigma değişimi ile yüz yüzeyiz ve bu değişim uzaktan, çevrimiçi eğitimler yönündedir ki bu bireylere zamandan ve mekândan özgür bir şekilde istedikleri yerde ve zamanda eğitim alabilmelerini sağlarlar. Dikkat edilmelidir ki merkezler tamamen yok olmamakta, belki daha fazla ve küçük çapta merkezler ortaya çıkmakta ya da daha büyük fakat devletler ve milletlerin değil özel girişimlerin elinde fakat bireylere neredeyse sınırsız seçim imkânı tanıyan yeni merkezler oluşmaktadır. Bu konudaki akademik çalışmalar da gündün güne artmakta ve bu konuya eğilim görülmektedir. Her ne kadar çok büyük çaplı olmasa da birçok küçük çaplı, lokal pratikler akademisyenler ve araştırmacılar tarafından uygulanmış, incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bununla birlikte dünyanın önde gelen üniversiteleri ve birtakım girişimciler tarafından çok daha büyük uzaktan eğitim platformları kurulmuştur. Yani bireyler birçok alanda olduğu gibi eğitim gibi en temel bir alanda da daha özgür bir hale gelmektedirler. İnsan ve toplumların en temel ihtiyaçlarından olan eğitim, öğrenme, bilgi edinme vb. ihtiyaçlar artık zaman ve mekân kısıtının ötesine geçmektedir ve ayrıca eğitimdeki parasal kısıt da bu şekilde oransal olarak çok daha aza indirilmektedir. Bireylerin enerji, para, iş vb. alanlarda olduğu gibi eğitim alanında da daha özgür kılınmasını sağlayacak gelişmeler her geçen gün ortaya çıkmaktadır. Yani dünya dağıtıklaşmaktadır. Aslında sağlanan hizmetlerin devlet merkezlikten özel girişim merkezliliğe doğru gitmekte olduğu görünmektedir fakat bir farkla ki bu yeni eğitim yapıları bireye binlerce seçim hakkı sunarlar ve eğitimde parasal kısıtı en aza indirirler. Yani, hizmet verenler açısından merkezler yine olabilir fakat alanlar açısından fiziksel yapılar ya da onları kısıtlayan merkezler yoktur; eğitim hantallıktan kurtulmakta ve daha esnek ve özgür bir hal almaktadır.

Bu çalışmada, dağıtıklaşmanın görüldüğü eğitim, para ve özellikle enerji alanlarına da değinilip bu alanlardaki dağıtıklaşmaya olan eğilim kısaca incelenecek ve yöntem kısmına geçilecektir. Bu çalışma; enerjinin, yenilenebilir enerji kaynakları ile dağıtık üretiminin analizini yapmaktadır. Enerjinin dağıtık üretimine destek olarak da eğitim ve para alanlarındaki dağıtıklığa olan eğilim de kısaca irdelenmekte ve bu yöne hızlı bir akış olduğu da göz önünde bulundurularak enerjideki dağıtık üretimin savunusu yapılmaktadır.

### **2.1.2 Bir Takas Aracı Olarak Para**

Üzerinde sabit bir tanımda uzlaşma olmamakla birlikte en genel tanımı olarak para, mal ve hizmetlerin öncelikli olarak takası için kullanılan araçtır. Mal/hizmetin, mal/hizmet ile değişimi olan takastaki zorluğunu ortadan kaldırmaktadır. Takastaki zorluklar şöyle sıralanabilir;

- Bireyler arasında ihtiyaçların karşılıklı çakışması gerekliliği,
- Bazı malların bölünmesinin mümkün olmaması,
- Bazı malların büyüklüğü, saklanma zorluğu, bozulması vb. nedenlerle biriktirmenin zorluğu vb.

Takastaki bu gibi zorluklar nedeniyle, alışverişlerde bu zorlukları ortadan kaldıracak, herkes tarafından kabul edilen ortak bir değer ölçüsünün kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Başka bir açıdan bakılacak olursa; para, takası kolaylaştıran bir üçüncü araç ve ayrıca gelecekteki ihtiyaçlar için satın alma gücünün saklanmasıdır. Diğer bir deyişle, satın alma hakkının olduğuna dair bir kanıttır. K. Galbrith'e göre ise para, "insanların para olarak kullanmak üzere kabul edeceği her şey" olarak tanımlanır. Yani paranın toplum tarafından kabul görmesi şarttır [63]. Bir araca para diyebilmemiz için onun şu beş özelliğe sahip olması gerekir [64].

1. Taşınabilirlik: Kullanım kolaylığı açısından taşınabilir olmalıdır.
2. Dayanıklılık: Sürekli olarak kullanımda olmasından ötürü, fiziksel olarak dayanıklı olmalıdır.

3. Bölünebilirlik: Alışverişin arzu edilen, ihtiyaç duyulan farklı miktarlarda yapılabilmesi için bölünebilir olmalı ve birbirine dönüştürülmelidir.
4. Standardizasyon: Her yerde aynı değeri ifade etmelidir.
5. Taklit Edilememe: Sahte paranın üretimine engel olması açısından kolay taklit edilir olmamalıdır.

Ayrıca, paranın genel olarak kabul edilen 3 temel fonksiyonu vardır [65];

- 1) Değişim Fonksiyonu: Mal ve hizmetler yine başka bir mal ve hizmetle değiştirilmek (takas) yerine para ile değiştirilirler. Çünkü takas yönteminde ürünlerin bozulması, bölünememesi, taşınamaması vb. birçok zorluk vardır.
- 2) Değer Ölçü (Hesap) Birimi Fonksiyonu: Farklı malların değişiminde, değişim oranları para ile belirlenir. Fiyatlandırma yapılırken paranın bir birimi olması gerekir. Paranın hesap birimi olarak kullanılması bizi binlerce mal cinsinden fiyatı akılda tutma zorluğundan kurtarmakta, ekonomik ölçümler yapılmasını ve kayıt tutmayı kolaylaştırmaktadır. Para, mal ve hizmetlerin değerini belirlemede, mal varlığını ve borçları hesaplamada yararlı olmakta ve de mal ve hizmetlerin fiyatlarını ölçmektedir. Hesap birimi olarak para; santimetre, litre, kilo gibi düşünülmelidir [66].
- 3) Servet Biriktirme Fonksiyonu: Gelecek alımlar için güvenle biriktirilebilmesi için paranın kendi değerini koruması ve böylece alım gücünün aynı kalması gerekir.

### **2.1.2.1 Paranın Değişimi**

İnsanlar alışveriş yaparken ilk zamanlar takas uygulanmıştır. Sonrasında insanlar takas yerine farklı araçlar geliştirmişler ve emtia paraları (altın/gümüş) kullanmaya başlamışlardır. Para zaman içerisinde emtia paradan altın karşılığı olan kağıtlara ve oradan da herhangi bir altın karşılığı bulunmayan, güvene dayalı itibari paraya evrilmiştir. Günümüzde ise fiziksel paranın etkisi git gide azalmakta, yerini dijital-elektronik paralar almakta ve para; dijital, sanal ve kripto paralara doğru değişim geçirmektedir. İnsanlık diğer alanlardaki gelişmelerle birlikte para alanında da değişimler yaşamaktadır. Dünyadaki bu kadar büyük teknoloji tabanlı değişimlerin yanında paranın hala aynı kalması beklenilemez. Giderek artan teknolojik

gelişmeler, paranın şu anda bildiğimiz haliyle varlığını sürdürmesini zorlaştırmaktadır. Global hale gelen dünyada, finansal ilişkilerin daha hızlı ve kolay halde gerçekleştirilmesi arzu edilmekte ve gerekmektedir. Para alanında da eğitim alanında olduğu gibi ciddi değişimler beklenmektedir. Geçmişten günümüze kullanılan paraların kısaca özellikleri şöyledir;

- 1) Emtia Para: Değerleri kendindedir, yani yapıldığı üründen gelir. Dünya üzerinde farklı zamanlarda bakır, tuz, inci, çay, demir, köle, sigara gibi ürünler emtia para olarak kullanılmışlardır. En yaygın olarak kullanılan emtia paralar ise altın ve gümüş olmuştur.
- 2) Temsili Para: Para olarak altın, gümüş kullanımının zorluğundan dolayı, emtia para sistemi, temsili paraya çevrilmiştir. Temsili paralar, emtia paraya çevrilebilirler, yani aslında emtia paranın bir temsilidirler.
- 3) İtibari (fiat) Para: Üzerindeki imzalara, taklit edilmesinin zorluğuna ve merkezi otoriteye güven üzerine kurulmuş, mal ve hizmet alışverişi için kullanılan kâğıt paraya denir. Temsili paralardan farkları, altın ve gümüşe dayalı olmamalarıdır. İtibari paranın değeri, temel anlamda, çıkaran ülkenin ekonomik ve siyasi gücü ve de teknolojik seviyesine bağlıdır. Yani itibari paralarda değer, kullanıcıların paralara olan güveni ile elde edilir.
- 4) Alternatif Para: Geleneksel para sistemlerine alternatif olarak kullanılan özel para birimleridir. Bankacılık sistemleri kullanılmadan gerçekleştirilebilen borç ödeme şekline alternatif para sistemi denebilir.
- 5) Dijital Para: Elektronik olarak saklanan ve transfer edilebilen paralardır [67]. Banka hesaplarındaki paralar dijital paradır ve itibari kâğıt paraları temsil ederler.
- 6) Sanal Para: Dijital paranın bir türüdür fakat diğer dijital paralardan farklı olarak sanal paraların temsil ettikleri bir itibari para ya da emtia para yoktur [68]. Avrupa Merkez Bankası'nın tanımına göre [69] sanal para; "Herhangi bir merkez bankası, kredi kuruluşu veya e-para kuruluşu tarafından ihraç edilmediği halde, bazı durumlarda paranın yerine kullanılabilen, bir değer dijital temsilidir". Amerikan hazine bakanlığına göre ise sanal para; "Gerçek

paranın tüm özelliklerini taşımadığı halde, bazı ortamlarda, para gibi kullanılabilen, değişim medyasıdır”.

- 7) Kripto para: Şifreli olarak, güvenli işlem yapmaya ve ek sanal para arzına olanak sağlayan dijital değerlere, kripto para denir. Kripto paralar, alternatif para birimidirler, dijitaldirler ve aynı zamanda sanal paradırlar [70]. Bu paralar, herhangi bir merkezi otorite ya da merkez bankası tarafından çıkarılmadığı gibi herhangi bir banka hesabında tutulması da gerekmemektedir.

Mevcut para sisteminden farklı olarak yapılan alışverişlere örnek olarak birkaç örnek vermek gerekirse, İspanya’daki Timebanklar ve Yunanistan’daki “TEM” para birimi verilebilir.

- İspanya’da bir kesim tarafından aktif halde kullanılan Timebanklarda para yerine zaman kullanılır. Örneğin bir kişi diğer bir kişiye verdiği hizmet (saç kesme, çim biçme vs.) karşılığında para değil dakika alır. Bu takasın alternatif bir formudur. İspanya’da 300’den fazla Timebank bulunmaktadır [71].
- Yunanistan, Volos’ta “TEM” para birimi kullanılmaktadır. TEM, 1 avroya eşittir. Topluluk üyelerinin hesapları 0 TEM ile başlar ve birbirlerine ürün ve hizmet sundukça “TEM” kazanırlar.

### **2.2.2.2 Kripto Paralar ve Parada Dağıtıklık**

Kripto paralar hiçbir merkezi otorite tarafından düzenlenip, denetlenemeyen, itibari ya da emtia para olarak karşılıkları olmayan, kendi başlarına birer para birimidirler [72], merkezi yapılardan bağımsızdırlar. Kripto paraların, merkez bankaları veya bankacılık sistemleri tarafından üretilen merkezi elektronik paraların aksine, merkezi olmayan dağıtık bir yapıları vardır. Dağıtık halde bulunan bu düzenin kontrolü, blok zinciri adı verilen veri tabanları aracılığı ile gerçekleştirilir. Blok zinciri yapısı ile işlemler gerçekleştirilmekte ve sistem çalışmaktadır [68].

Kripto sistemlerde üçüncü bir taraf yani bir aracı bulunmaz, bu nedenle bir otoriteye güvene ihtiyaç yoktur. Güvenlik, bütünlük ve dağıtılmış olan hesap defterinin

doğruluğu herkese açık olarak erişilebilir ve de dağıtık madenciler aracılığıyla kontrol edilir ve işletilir. Sistem son derece güvenlidir ama tarafların birbirine duyduğu güven üzerine olan bir sistem değil sistemin kendisinin sağladığı güven üzerine kurulu bir yapı vardır. Kripto sistem hariç, geleneksel elektronik para saklama ve transfer işlemlerinde üçüncü bir kurum veya kuruluş vardır. Bu üçüncü kurum transferin güvenliğinden ve doğruluğundan sorumludur. Kripto sistemlerde üçüncü bir kurum, kuruluş veya taraf yoktur [73]. Blok zinciri ve kripto paralar, gücün merkezden dağıtılması yani işlemlerin merkezi bir yapı gerektirmeden, dağıtık sistemlerle, eşler arasında üçüncü bir kişi ya da kuruma ihtiyaç duyulmaksızın gerçekleşmesini sağlar. Başka bir deyişle, şu anda yaygın olarak kullanılan elektronik para saklama ve transfer işlemlerinde, güven duyulan üçüncü bir kurum vardır. Aralarında para transfer etmek isteyen kişiler ya da kurumlar, bu kuruma güvenerek işlemi elektronik olarak gerçekleştirirler. Kripto sistemlerde ise üçüncü bir taraf yoktur, sistem güveni kendi içinde sağlar. Tarafların birbirlerine güvenmesi ya da başka bir kuruma güvene ihtiyaç duyulmaz. Kripto paraların güveni, sisteme ve sistem kullanıcılarının çoğunluğunun yanlış yapmayacağına olan inançtır. Ülkelerin ihraç ettikleri dolaşımdaki banknot kâğıt paralar ise, itibari (fiat) paralar olup, onları ihraç eden, denetleyen, düzenleyen bir otoritenin güvencesi altındadırlar [68].

Kripto paraların altında yatan blok zinciri teknolojisinin bankacılık, enerji, eğitim gibi akla gelebilecek hemen her alanda hizmet sağlama potansiyeli olmakla birlikte, günümüzde en popüler kullanım alanı paradır. Blok zinciri teknolojisi paranın algısında kırılmalara yol açmaktadır. Takas usulü ya da devletlerin kabul ettiği itibari paralar dışında, merkezi yapılara gerek duymayan sistem vadetmektedir ki bu sistem kişileri ve toplumları merkezlerden bağımsız hale getirecek bir teknolojidir. Yani devletlerin kabul ettiği paraları özellikle takas, biriktirme ve değer ölçme aracı olarak kullanma zorunluluğunu ortandan kaldırma ve topluluklara kendi takas birimlerini kullanma özgürlüğü sunmayı vaat etmekte ve amaçlamaktadır. Bununla birlikte mevcut durumda buna izin vermeyen, üzerinde çalışılması ve geliştirilmesi gereken yüksek volatilitte, kara para aklamaya olanak

sağlama vb. birçok özelliği de bulunmaktadır. Kripto paranın avantajlarını ve dezavantajlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz [74].

Avantajlar:

- İşlemlerin çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi,
- İşlem maliyetlerinin çok düşürülmesi,
- Kullanım kolaylığı,
- Güvenlik.

Dezavantajlar:

- Yüksek kur değişim oranları,
- Sürdürülebilirlik,
- Otorite müdahaleleri,
- Resmi düzenlemeler,
- Düşük şeffaflık, kriminal aktivitelere zemin oluşturma.

Dijital paralar, aynı zamanda kripto paralar geleneksel paraya göre daha hızlı, esnek ve inovatiftirler [75]. Kripto paralara ilgi, mevcut sistemde 2008'de meydana gelen global finansal kriz ile artmıştır [75]. Bu paraların ortaya çıkış sebepleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

- Teknolojideki hızlı ve büyük gelişmeler,
- İnsanların veya toplumların özgürlük arayışı,
- Devlet politikalarını beğenmeme,
- Mevcut sistemi protesto etme,
- Çok pahalı işlem ücretleri ve havale ücretlerden kurtulma,
- Mevcut sistemdeki hantallık,
- Finansal özgürlük kazanma,
- Ülke krizinden kurtulma vb.

Kripto paralar, dijital paranın eşten-eşe dağıtık yani merkezi yapısız versiyonudur. Hiçbir finansal kuruma ihtiyaç duymadan bir kişiden diğerine direkt olarak

çevrimiçi ödeme yapmayı sağlar. Kripto paralar ile istediğin zaman, istediğin yere, istediğin kişiye para gönderebilirsin veya istediğin yerden, istediğin kişiden para alabilirsin [75]. İşlemler anlıktır ve üçüncü bir kurum ya da kişi beklenmez.

Kripto paralar merkez bankasına, faiz oranlarını, gerekli rezerv oranlarını ve para arzını belirleyen ve parada dalgalanmaya engel olan, sabit değerlerin sağlanması için bir merkezi mekanizmaya sahip değildirler. Paranın değerini zamana karşı koruması gerekir. Bu nedenle mevcut durumda, fiyatları stabil olmadığı için ölçüm ve depolama aracı olarak kullanılamazlar [76]. Kripto paralardaki, bazı temel sorunların aşılması durumunda, kripto paralar bankacılık sisteminin varlığını tehlikeye sokmakta ve dahası devletlerin elindeki gücü alma konumundadırlar. Devletlerin, kripto paralara el koymaları sistemin yapısı nedeniyle mümkün görünmemektedir. Kripto paraların dolaşıma sunulacak miktarı ve zamanlaması, kripto parayı oluşturan kişi ve kuruluşlar tarafından sistemin kuruluş aşamasında belirlenir ve devletler buna etki edemezler. Bu paraların arzında devletin hiçbir müdahale yetkisi ve yetkinliği yoktur, işlem mahremiyeti üst düzeydedir, işlemlerin anonimliği nedeniyle vergi toplamak imkansızlaşır [77]. Devletlerin para basmaması ya da para konusunda yetki ve etkinliklerinin azalması ciddi bir durumdur. Bu durumda; artık devletler alım-satım yapamaz, yatırım yapma, karar verme yetkileri kısıtlanır hatta savaş başlatıp bitirme için bile sahip oldukları güç ellerinden alınabilir. Şu anda vergilerle yapılan yatırımlar için, kripto paraların bulunduğu sistemde en azından günümüzdeki tarzda vergi alımının mümkün olmaması sebebiyle devletler-hükümetler yapmak istedikleri yatırımlar için kitle fonlamasına ihtiyaç duyabilirler ki bu da doğrudan demokrasiyi getirir ve daha birçok olumlu ve olumsuz değişimi beraberinde getirmesi beklenir. Ayrıca, dünyanın herhangi bir ülkesinde, hiçbir kısıtla karşılaşmadan dünyanın öbür ucundaki bir ülkeye saniyeler içerisinde finans transferinin çok ucuz bir maliyetle çok kısa bir süre içerisinde ve güvenilir bir şekilde yapılması, uluslararası şirketlerin kendi dijital para birimlerini üretmeye itebilir. Ulusal para birimleri yerine uluslararası şirketlerin para birimlerinin daha sık kullanır hale gelmesi mümkündür. Bu durum devletlerin egemenlik haklarının sorgulanmasına ve sınırların bugünkünden daha az belirgin hale gelmesine yol açabilecektir. Bunlar,



kripto paralar ile ilgili uzun ve irdelenmesi gereken diğer konulardır. Bizim konumuzun kapsamı gereği buraya girmeyeceğiz.

Günümüzde, kripto paralar büyük finansal aktörler ve devletler tarafından yeterince kabul görmemektedir. Kripto paraların, Çin (yalnızca özel kişiler için yasal), Rusya, Ekvator, Bangladeş, Kırgızistan, Bolivya, Fas ve İzlanda'da (madencilik hariç) ticari kullanımı yasaklanmıştır.

Tüm bu gelişmeler söz konusu alana yönelik yapılacak çalışma ve düzenlemelerin önemini bir kat daha artırmaktadır. Ancak kripto paraların itibari paraların yerine kullanılabilmesi için, stabilliğin sağlanması ve güven kazanımı başta olmak üzere bazı temel sorunların aşılması gerekmektedir

Merkezi yapılardan bağımsız para birimlerinin gelecekte kullanılabilir hale gelmesiyle, dünya çok daha dağınık, çok merkezli bir hal alabilir. Paranın dağınıklaşması da buna imkân sağlayan diğer bir konu olarak görülebilir. Böylece bir alanda daha merkezi yapılardan bağımsız hareket edebilme yetkinliği sağlanmış olur.

Bu konu ile ilgili yayınlanan makalelerin, akademik çalışmaların sayısı giderek artmaktadır.

### **2.1.3 Enerji**

İnsanlar hayatlarını sürdürebilmek, en temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu, toplumlar ve devletler bazında da böyledir. Mekanik enerji, ısı enerjisi, kimyasal enerji, nükleer enerji, yerçekimi enerjisi, elektrik enerjisi gibi birçok türü bulunan enerjiye beslenme, barınma, ısınma, sağlık, eğitim, iletişim, ulaşım vb. insanların en temel ihtiyaçlarında ve aklınıza gelebilecek hemen her alanda ihtiyaç duymaktayız.

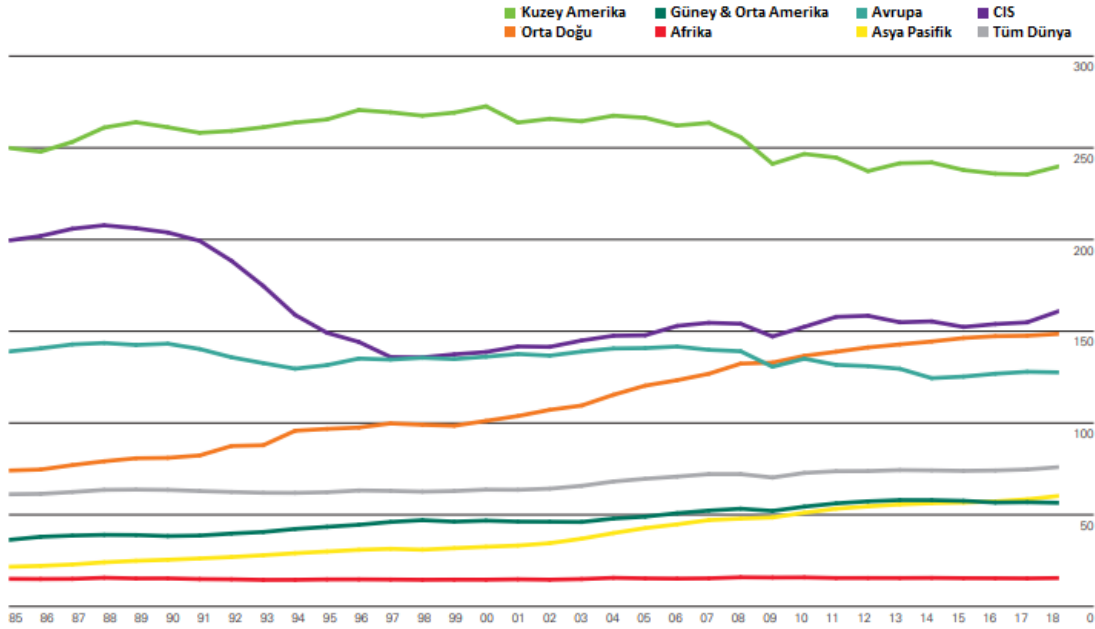
İnsanlar tarihin ilk dönemlerinde iş yapabilmek için sadece kendi güçlerini kullanmışlardır, daha sonra hayvanlar ve ateşin bulunması ile de odun, kömür ve sonrasında buhar gücü enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Toplumlar geliştikçe enerjiye duydukları ihtiyaç da artmış ve bu ihtiyaçları karşılamak için başvurdukları

yöntemler değişmiş, gelişmiş ve daha enerji verimli hale gelmiştir. Yani tarih ilerledikçe insanlar, topluluklar ve devletler gelişmiş, değişmiş ve bunlara paralel olarak her geçen gün enerjiye duyulan ihtiyaç artmıştır. Bunun sonucu olarak da enerji kaynakları değişmiş ve çeşitlenmiştir.

Enerji toplumların gelişmişlik ve refah düzeyinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Çünkü en temel ihtiyaçlardan başlayarak, neredeyse tüm ihtiyaçların giderilmesinde gerek duyulan enerjinin eksikliği, bu ihtiyaçların kısıtlı karşılanması ya da karşılanmaması anlamına gelir ki bu durumdaki toplumların yeterli gelişimi ve ilerlemeyi göstermesi beklenemez. Enerjiye kolay ve yeterli erişim toplumların refah seviyesinde artışa, yaşam standartlarında iyileşmeye neden olur. Refah seviyesi ve yaşam standartları yüksek toplumlarda ise bireylerin ihtiyaçlarını karşılamak için çok çaba göstermemesi sebebiyle başka alanlara daha fazla yönelme ve üretkenlikte artış meydana gelir. Yani toplumlar refah düzeyi arttıkça üretkenleşir, ürettikçe de refah düzeyi artar. Bu döngüye giren toplumlar ile bu döngünü dışında kalan toplumlar arasındaki makas ise her geçen gün artar.

Modern toplumun temeli olarak kabul edilen elektriğe, IEA'ya göre, 2004 yılında, dünya nüfusunun 1,6 milyardan fazlası erişememekteydi. Bunların çoğunluğunu Güney Afrika halkı oluşturmaktadır [78]. Dünya üzerinde elektrik erişimi olmayan insan sayısının 2000 yılında 1,7 milyardan, 2016 yılında 1,1 milyara düşmüştür [79]. 2017'de ise dünya nüfusunun %13'ünün elektriğe erişimi yoktu ki bu 992 milyon insan eder. Bu insanların çoğu, Sahra altı Afrika ve Asya-Pasifik bölgelerinin kırsal bölgelerinde yaşamaktadır. Fakat hala elektrik gibi en temel bir ihtiyaca erişim eksikliği çeken 992 milyon insan bulunmaktadır ki bu da dünya nüfusunun çok önemli bir bölümünü teşkil etmektedir [80]. Bu durum sağlık, eğitim, beslenme, barınma, iletişim, eğitim, bilgiye erişim gibi en temel alanlar başta olmak üzere hemen hemen her alanda yetersizliğe yol açar; ekonomik beklentileri ve yaşam kalitesini düşürür. Şekil 2.2, bölgelere göre kişi başına düşen enerji miktarını göstermektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi Afrika kıtası kişi başına en az enerji düşen kıtadır ve kişi başına düşen enerji miktarının en fazla olduğu Kuzey Amerika ile aralarındaki fark son derece büyüktür. Kuzey Amerika bölgesinde kişi başına düşen ortalama enerji 240 GJ iken, Afrika'da 15 GJ olduğu görülmektedir. Yani,

enerjiye erişimdeki adaletsizliğin bir nebze de olsa azaldığı 2018 yılında dahi, Kuzey Amerika'da kişi başına düşen enerji, Afrika halkının sahip olduğu kişi başına düşen enerjinin 24 katına eşittir.

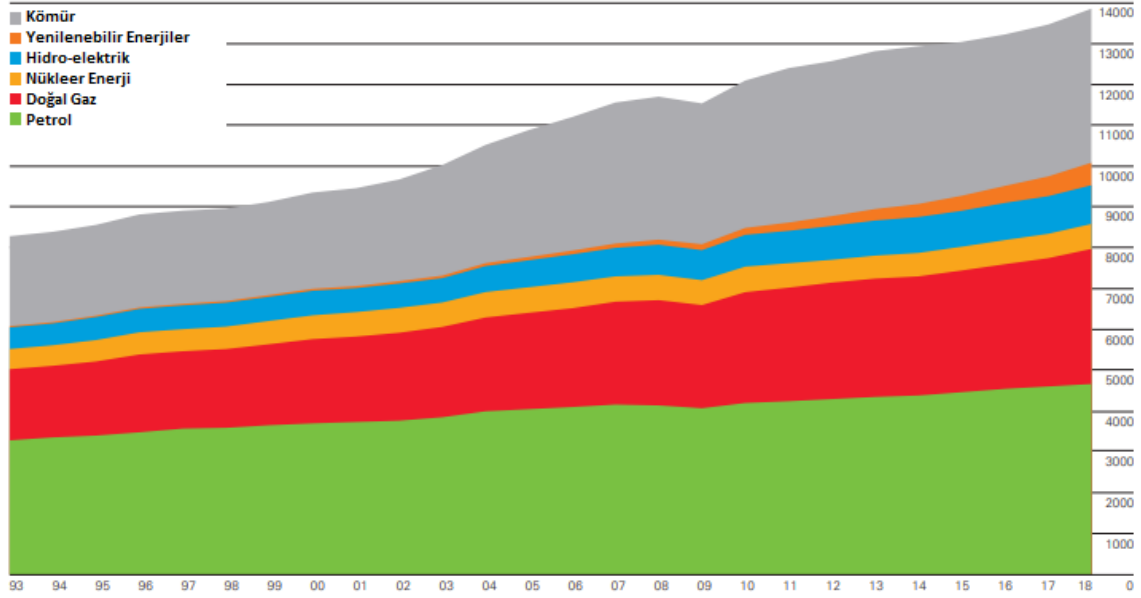


**Şekil 2.2** Bölgelere Göre Kişi Başına Düşen Enerji Miktarı(Gigajoule) [80]

Enerjiye erişimde sorun yaşayan toplumlarda, teknoloji kullanımı, ticaret, ulaşım alanlarında ilerleme kısıtlanır [81]. Ayrıca işsizlik artışı, yoksulluk, sosyal bozukluklar, suç oranlarında artış, mecburi göçler gibi birçok olumsuz sonuçlar doğurur [79]. Tüm bunlar, toplumlar arasındaki makasın ne denli büyük olduğunu ve böyle giderse de çok daha vahim boyutlara ulaşacağını, bu döngünün devam etme riskini gözler önüne sermektedir.

Enerjiye olan talep nüfus artışı, sanayileşme, şehirleşme, sürekli gelişen teknolojiler, değişen ve dönüşen sosyal yapı ve imkanlara paralel olarak sürekli ve hızlı bir şekilde artmaktadır. 2018'de de enerji talebinde ve karbon emisyonunda hızlı bir artış yaşanmıştır. 2018'de küresel enerji talebi, 20 yıl boyunca görülen en güçlü büyüme oranlarından biri olan %3,7 oranında arttı. Son 10 yıldaki %1,5'lik ortalama artışa karşın, 2018'de birincil enerji tüketimi %2,9 artış göstermiştir. Ayrıca, bunlara bağlı olarak karbon emisyonundaki artış hızı, 2018'de %2 ile son 7 yıldaki en hızlı büyüme oranına ulaşmıştır [80].

Günümüzde dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bölümü kömür, doğal gaz ve petrol gibi konvansiyonel enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Şekil 2.3'te Dünya enerji tüketim oranları gösterilmektedir [80]. 2018'de %2,9 artan küresel enerji tüketiminde, kömür ve petrolün hala başı çektiği görülmektedir.



**Şekil 2.3** Enerji Kaynaklarına Göre Dünya Enerji Tüketim Oranları (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri) [80]

Petrol ve kömür gibi fosil enerji kaynaklarının rezervleri sınırlıdır ve bu sınırlı rezervler her geçen gün azalmakta, artmakta olan enerji ihtiyacına cevap veremeyeceği düşünülmektedir. Şu anda bu enerji kaynaklarından en önemlisi olan petrol üretim tesislerinin büyük çoğunluğunun tam kapasite çalışıldığı göz önünde bulundurulursa artan enerji ihtiyacının fosil yakıtlarla nasıl karşılanacağı bilinmemektedir. Artan talebi karşılamak için maliyetler artmakta, dolayısıyla petrol fiyatları da bu maliyete bağlı olarak artmaktadır [82]. Sadece son 2 yılda, 2017'de varil başına yıllık ortalama petrol fiyatı 54.19\$ iken 2018'de 71,31 dolara yükselmiştir [80]. Ayrıca jeopolitik olaylar, finansal krizler ve ekonomik belirsizlikler de petrol fiyatlarında keskin artış ve azalmalara sebep olmaktadır [81]. Fiyatlardaki istikrarsızlık; ancak kısa vadeli planlamalar yapmayı, yenilikçi teknolojilere bağlılık konusundaki isteksizliği, uzun vadeli ekonomik uygulanabilirliği kurulanmamış iş planları ve stratejik yörüngeleri teşvik

etmektedir [81]. Dahası, bu yakıtların kullanılması sera gazı salınımının önemli oranda arttırmakta, küresel ısınmaya neden olmakta ve zararları her gün daha açık bir şekilde ortaya çıkan çevre kirliliğine yol açmaktadır. Artan yüzey sıcaklıkları, deniz seviyelerinin yükselmesi, Kuzey Kutbu kar ve buz örtüsünün azalması, türlerin göçü, bitki sertliği bölgelerindeki kaymalar ve diğer birçok gösterge iklim değişikliğini ve nedeni büyük etkilere sebep olduğunu göstermektedir [83]. IPCC'nin özel raporunda, İklim değişikliğinin etkisinin beklenenden daha kötü olduğunu belirten 1,5°C'lik küresel ısınma bilgisi sunulmuştur [84]. İklim bozukluğu tarım ve gıda üretimi, ticaret, okyanuslara kıyı erişimi, enerji üretimi, insan sağlığı, ekosistem istikrarı gibi alanları son derece olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkiler de hayat standardı ve yaşam kalitesinde düşüşe ve üretmeyen toplumların oluşmasına zemin hazırlamaktadır [81]. İklim bozulmasının sosyal ve ekonomik maliyeti yüksektir ve git gide daha belirgin hale gelmekte ve devletleri, birleşmiş milletleri bu konuda iyileştirmeler bazında yol haritası çizmeye, taahhütler vermeye ve aksiyon almaya itmektedir.

Bundan sonraki birkaç on yılda, dünya enerji endüstrisinin 4 temel zorlukla yüz yüze geleceği tahmin edilmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir [82];

- Artan petrol kıtlığının üstesinden gelme,
- Enerji güvenliği sağlama,
- Çevresel bozulmalarla mücadele,
- Gelişen dünyanın artan ihtiyaçlarını karşılama.

Küresel ısınma, çevre kirliliği ve etkilerinin çok ciddi boyutlara ulaşmasıyla toplumlar ve devletler nezdinde artan çevresel farkındalık, fosil yakıt rezervlerinin sınırlı ve milyonlarca yıl kendini yenileyemeyen bir yapıda oluşu ve böylece bu yakıtların tükenmesi tehlikesiyle karşı karşıya gelme, fosil yakıtlardaki fiyat artışı ve aşırı dalgalanmalar, artan enerji ihtiyacı, enerjide bağımsızlık, enerji arz güvenliği gibi sebepler başta olmak üzere birçok sebep insanları bu enerji kaynaklarına alternatif olacak yeni enerji kaynakları aramaya itmiştir ve bu alternatiflerin başında yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir. Özellikle ABD, Avrupa ve Çin bölgelerinde bu alana ciddi yatırımlar söz konusudur. Örneğin, şu anda Avrupa'da enerji alanında temel olarak ele alınan konular şöyledir [85]:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma,
- Sera gazı emisyonunu azaltma,
- Enerji verimliliğini arttırma,
- Artan enerji ihtiyacıyla, yeni enerji üretim kapasitesine ihtiyaç,
- Enerjide tedarik güvenliği sağlama.

### **2.1.3.1 Enerji Çeşitleri**

Enerji çeşitleri için birbirinden farklı sınıflandırma ölçütleri bulunmaktadır. Enerji kaynağının yeraltı ve yer üstünde bulunması, birincil enerji kaynağı ya da birincil kaynaklardan elde edilen ikincil enerji kaynağı olması, geleneksel ya da alternatif enerji kaynağı olması ve doğada tekrar oluşma durumu dikkate alındığına yenilenebilir ya da yenilenemez enerji kaynağı olması bakımından farklı gruplara ayrılırlar. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynaklarla enerjinin dağıtık üretimi üzerinde durulacağı için enerji yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır.

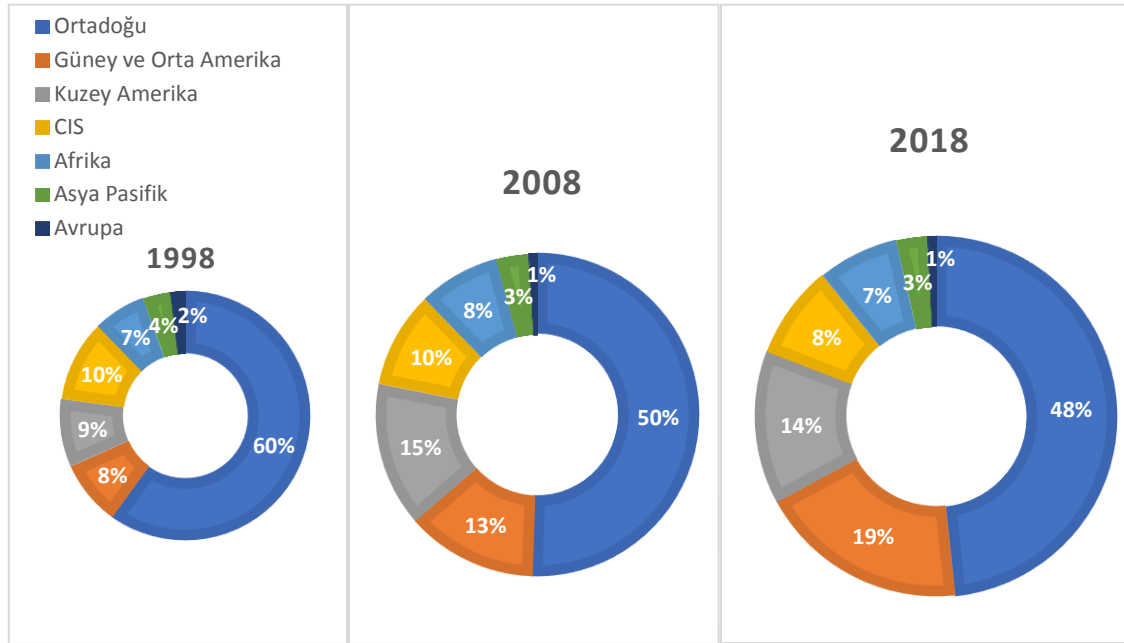
### **2.1.3.2 Yenilenemez Enerji Kaynakları**

Kullandıkça biten ve yenilenmesi milyonlarca yıl alan enerji kaynaklarına yenilenemez enerji kaynakları denir. Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar ve nükleer enerji bu kaynaklara örnektir. Bitki ve hayvan kalıntılarının milyonlarca yıl boyunca yer altında çürümesi ve kimyasal dönüşümü ile oluşan fosil yakıtların çevreye verdiği zarar ileri boyutlardadır. Ciddi derecede çevre kirliliğine sebep olan bu yakıt türünün en önemli ve fazla kullanılan türü ise petroldür.

### **Petrol**

Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan çok karmaşık bir bileşimdir, normal şartlarda gaz, sıvı ve katı halde bulunabilir. Gaz halindeki petrol, imal edilmiş gazdan ayırt edilerek doğal gaz olarak adlandırılır [86]. Yeraltı kaynaklarında bulunurlar. Petrol enerjisi, şu anda dünyada en fazla öneme sahip kaynak olarak görülmektedir. Ulaşım araçları, tarım araçları bu yakıt ile çalışmaktadırlar. Boya, kozmetik, demir-çelik, ilaç sektörü gibi birçok alanda, hammadde olarak kullanılır. Dünya petrol rezervlerinin 1998,

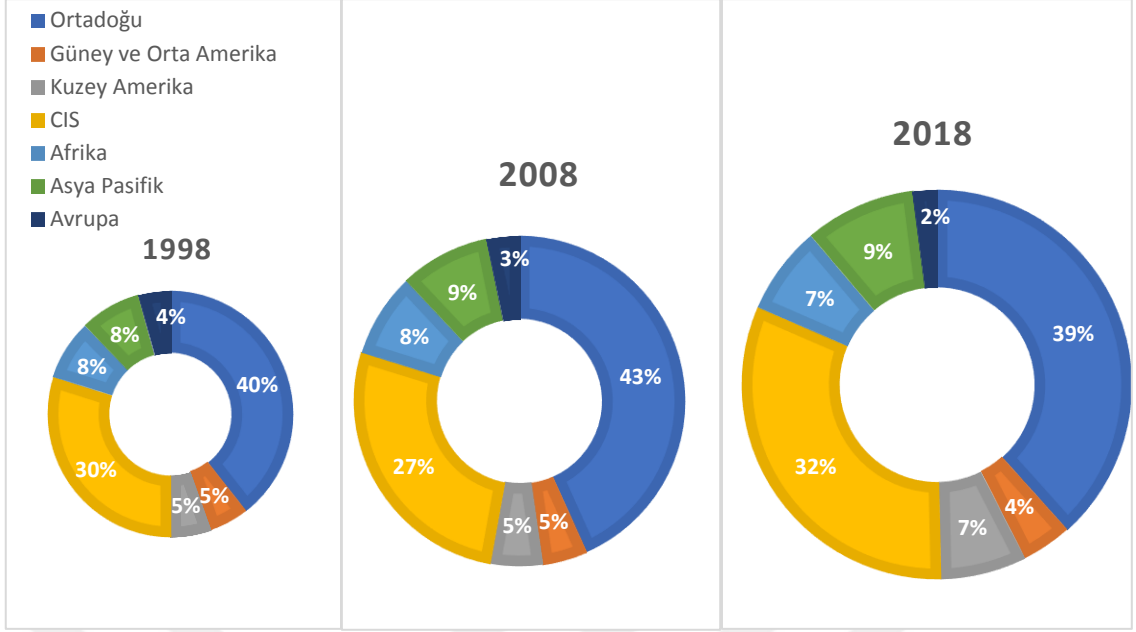
2008 ve 2018 yıllarındaki dağılımı Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Orta Doğu'nun bu rezervler açısından en zengin bölge olduğu görülmektedir [80].



Şekil 2.4 1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Petrol Rezervleri Dağılımı [80]

## Doğalgaz

Doğal gaz enerjisi dünya enerji tedarikinde önemli bir bileşendir, tüm enerji kaynakları içinde en temiz, en güvenli ve en yararlı kaynak olarak görülmektedir [87]. Renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. %95 metan, düşük oranda etan, propan, bütan ve karbondioksitten oluşur. Doğal gaz genelde bir fosil yakıt olarak kabul edilir fakat, diğer fosil kaynaklara göre CO<sub>2</sub> emisyonu ve küresel ısınmaya etkisi çok daha düşük olduğundan kömür, linyit ve petrolden farklı tutulur. Doğal gaz, verimli bir kaynaktır, yaygın olarak kullanılabilir ve kolayca taşınabilir. Ancak, istikrarsız ekonomilere sahip ülkelerden gelen gazın çoğunluğu öngörülemeyen politik problemlere yol açabilir [88]. Dünya doğalgaz rezervleri dağılımı Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Orta doğunun doğalgaz rezervleri açısından da en zengin bölge olduğu görülmektedir [80].



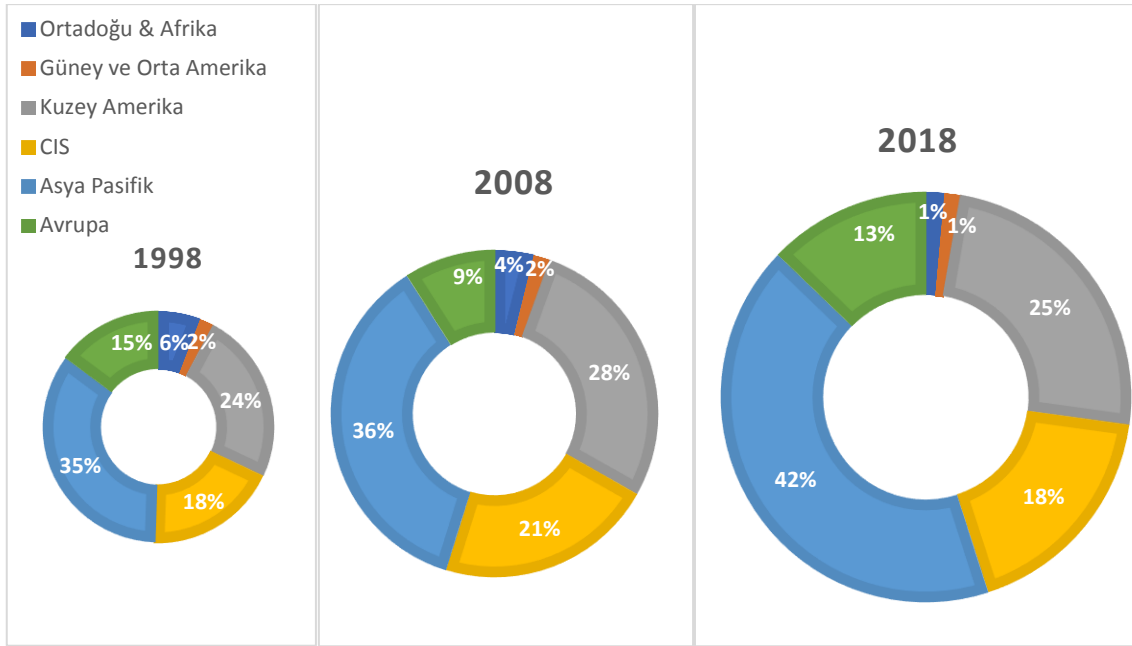
**Şekil 2.5** 1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı [80]

2018’de, doğal gaz tüketimi 2017 yılına göre %5,3 artış göstererek, 1984 yılından bu yana en yüksek artış hızına ulaşmıştır [80].

## Kömür

Yanabilen organik bir kaya olup karbon, hidrojen, oksijen gibi elementlerden oluşmuş, yanabilen bir maddedir. Ekosistemlerde oluşan bir fosil yakıt türüdür, kendiliğinden yanan, siyah veya kahverengi renkli kaya şeklindedir [87]. Uygun ortamlarda, bozunma ve çürümeden kurtulan bitki kalıntılarının, zamanla biyokimyasal ve fiziksel olarak değişimi sonucu oluşur. Kömürün oluşumu coğrafik, jeolojik, biyokimyasal ve fiziksel etmenlere bağlıdır. Kömürün özellikleri oluşum şartlarına, bileşimine ve kömürleşme derecesine göre değişir [89]. Kömür enerjisinin maliyeti düşük değildir, yanarken Çıkardığı gaz, amfizemden asit yağmurlarına kadar birçok olumsuz etkiye sebep olur [90]. Dünyada diğer fosil yakıtlardan daha fazla oranda bulunmaktadır. Dünya kömür rezervleri dağılımı Şekil 2.6’da gösterilmiştir. Asya bölgesinin kömür rezervleri açısından en zengin bölge olduğu görülmektedir [80].





**Şekil 2.6** 1998, 2008 ve 2018 Yıllarında, Dünya Kömür Rezervleri Dağılımı [80]

Kömür tüketimi 2018’de %1,4 artarak son 10 yılın ortalamasını 2’ye katlamıştır ve halen %38’lik oran ile elektrik üretimindeki en büyük payı oluşturmaktadır [80].

Kömürün tüketicilere ulaştırılması zorluğu, yakılmasında ortaya çıkan CO<sub>2</sub>’nin ekolojik sorunlar ortaya çıkarması gibi olumsuz durumlar söz konusudur.

### **Nükleer Enerji**

Atom çekirdeğinin parçalanması ile oluşan tepkimelerden çok yüksek miktarlarda enerji açığa çıkmaktadır. Bu enerjiye çekirdek enerjisi veya nükleer enerji denilir ve nükleer reaktörler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Füzyon sonucunda açığa çıkan nükleer enerji, nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine, bu ısı enerjisi kinetik enerjiye, sonra da jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Uranyum ve toryum, nükleer enerjinin başlıca hammaddeleridir. Radyoaktif nitelikli olan bu elementler, doğada serbest olarak bulunmazken farklı bileşikler oluşturmaktadırlar [91].

Nükleer enerji ucuz ve taşınması kolay bir enerji türüdür. Nükleer enerjiden elektrik üretimi hiçbir emisyonu, küresel ısınmaya ya da asit yağmurlarına yol açan sera gazları etkisine sebep olmamasına rağmen, yine de insan sağlığı ve çevre açısından

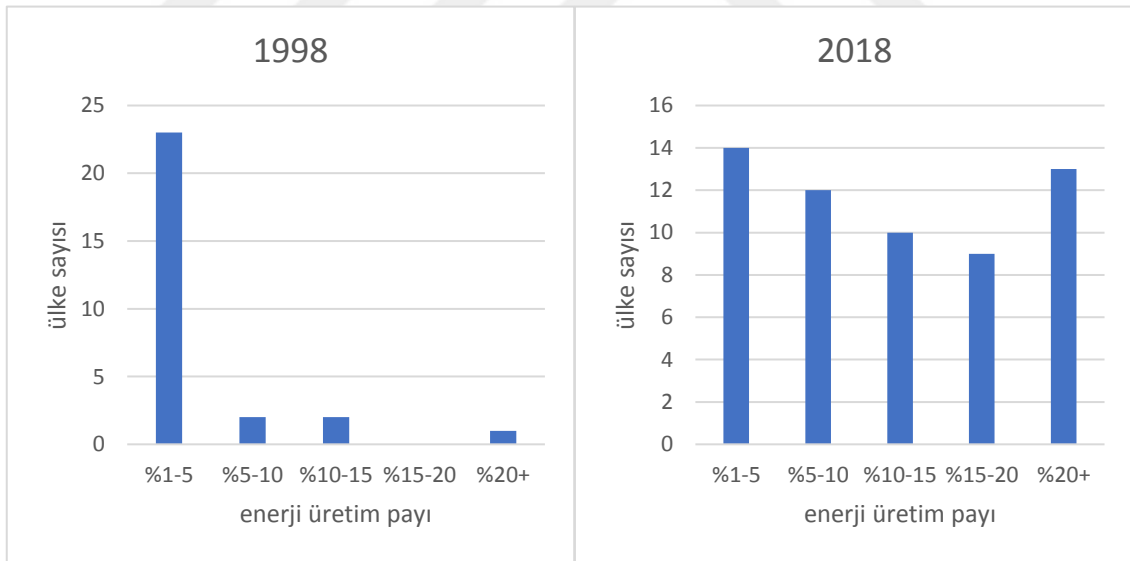
riskler taşımaktadır. Nükleer atıkların depolanması önemli bir sorundur. Acil servisler, koruma, radyoaktif atık ve depolama sistemleri gereklidir ve kaynak olarak nükleer yakıt yerleştirmek oldukça yüksek maliyetlidir [88]. Nükleer enerji kullanımı bugün enerji üretiminde en modern ve en tehlikeli biçimlerinden biri olarak kabul edilir. Nükleer enerji, dünya elektrik üretiminde önemli orana sahiptir.

### **2.1.3.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Kullandıkça bitmeyen, sürekli yenilenen, doğada gerçekleşen doğal süreçler ile sürekli olarak üretilen enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji kaynakları denir. Bu kaynaklar doğada sürekli yenilenen ve tükenmez kaynaklardır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve dalga enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerjiler, gelecek yaşam için çözüm yolu olarak kabul edilmektedir [92]. Bunlar çevre dostu enerji kaynaklarıdır, kullanımlarıyla çevreye CO<sub>2</sub> salınımı yapmazlar. Dolayısıyla iklim değişikliği ve çevre kirliliğine neden olmazlar. Gelişen teknoloji ile her geçen gün hızla artan elektrik tüketimi, petrol fiyatlarındaki değişkenlik, enerji tedarikindeki güvenlik endişeleri, petrolün bulunduğu bölgelerdeki jeopolitik sorunlar, terör, çevre kirliliği ve küresel ısınmanın gündelik yaşamda daha belirgin hale gelip devletlerin ve toplumun dikkatini daha fazla çekmesi, yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretiminin önemi artıran temel faktörlerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları tüm bu sebeplerden dolayı geleceğin en önemli enerji kaynakları olarak görülmektedirler [93]. Özellikle Çin, Japonya, Almanya, USA, Hindistan başta olmak üzere birçok ülkede bu enerji kaynaklarına ilgi artarak devam etmektedir. %14,5'lik büyüme oranı ile dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmasına rağmen, yenilenebilir enerjideki büyüme hızı, önceki yıllardaki trendlere göre az bir miktar azalmıştır. 2018 yılında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı %8,4'ten %9,3'e yükselmiştir [80]. Yenilenebilir Enerjinin 1998 ve 2018 yıllarındaki nüfuz oranları Şekil 2.7'de gösterilmektedir. Tablo 2.2'de ise yenilenebilir enerji çeşitleri ve bu enerjileri oluşturan doğal kaynaklar gösterilmektedir.

**Tablo 2.2** Yenilenebilir Enerji Çeşitlerini Oluşturan Doğal Kaynaklar

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

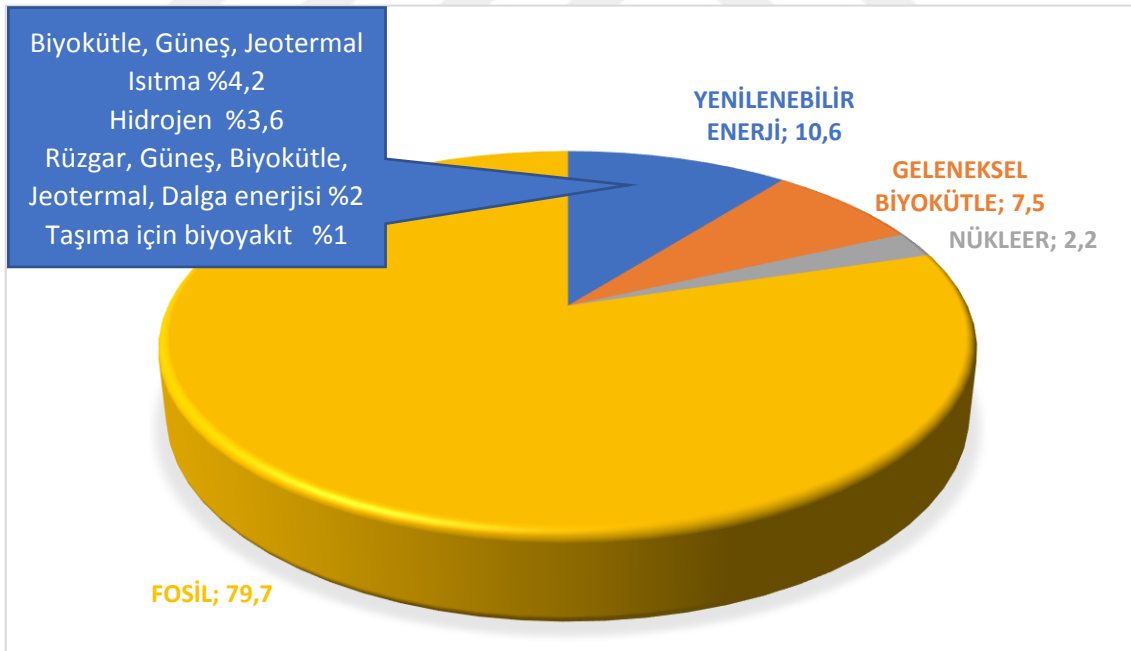


**Şekil 2.7** Yenilenebilir Enerjinin 1998 ve 2018 Yıllarındaki Nüfuz Oranları [94]

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi, 1998 yılında ülkelerin sadece %1-2’sinde yenilenebilir enerji teknolojilerinin güç üretimindeki yeri %20’nin üzerindedir. 2018 yılına gelindiğinde ise ülkelerin %13-14’ünde yenilenebilir enerji teknolojilerinin güç

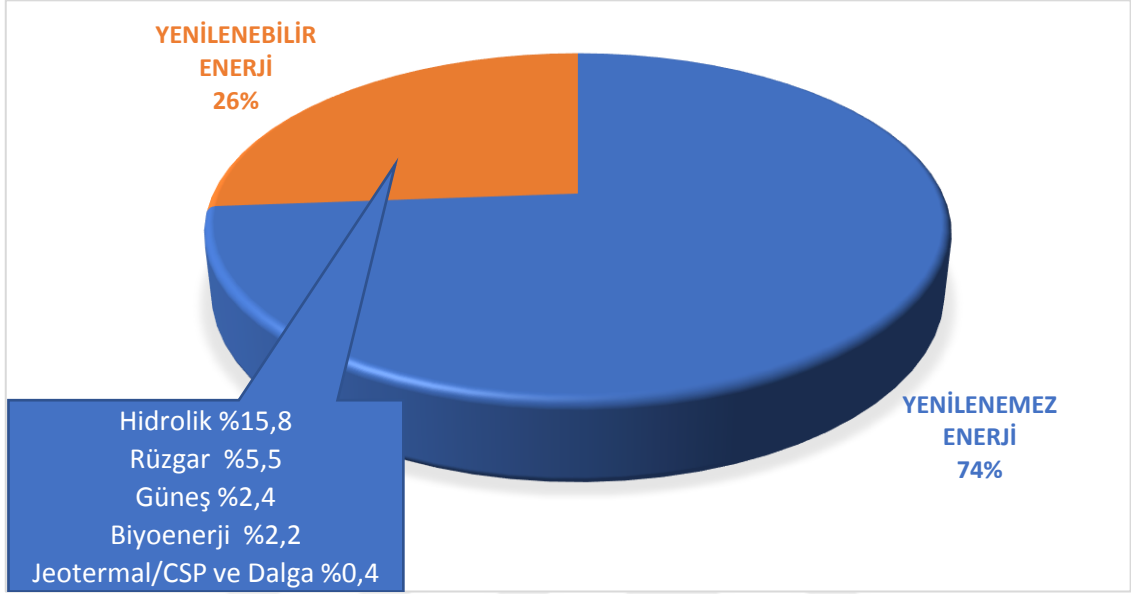
üretimindeki yeri %20'nin üzerine çıkmaktadır [80]. Yenilenebilir enerji kaynakları artık dünyanın hemen her yerinde enerji sektöründe ana seçeneklerden biridir. 2018'de, 90'dan fazla ülkede 1 GW'dan fazla yenilenebilir güç kapasitesi kuruldu. Yenilenebilir enerji kapasitesi, 2018'de rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi PV'sinin liderliğinde %8 arttı. Ulusal düzeyde, dünya çapında en az 100 kentin, elektrik enerjisi ihtiyacının %70'ini veya daha fazlasını 2018'in sonunda yenilenebilir kaynaklardan sağladığı bildirildi [94].

Fakat yenilenebilir enerjinin artan şekilde benimsenmesine ve artan nüfuzuna rağmen, küresel enerji sistemindeki yakıt karışımı, hem fosil olmayan yakıtların %36'lık payı, hem de kömürün %38'lik payları ile iç karartıcı bir şekilde aynı kalmaktadır. 2018'de de 20 yıl önceki seviyelerinin hiç değişmediği gözlemlenmektedir [80]. 2017'de dünyadaki toplam enerji tüketiminin %79,7'si fosil kaynaklardan sağlanırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının bu tüketimdeki payı %10,6 oranındadır. Şekil 2.8'de 2017'de dünyadaki toplam enerji tüketiminde kullanılan kaynakların oranları gösterilmektedir [94].



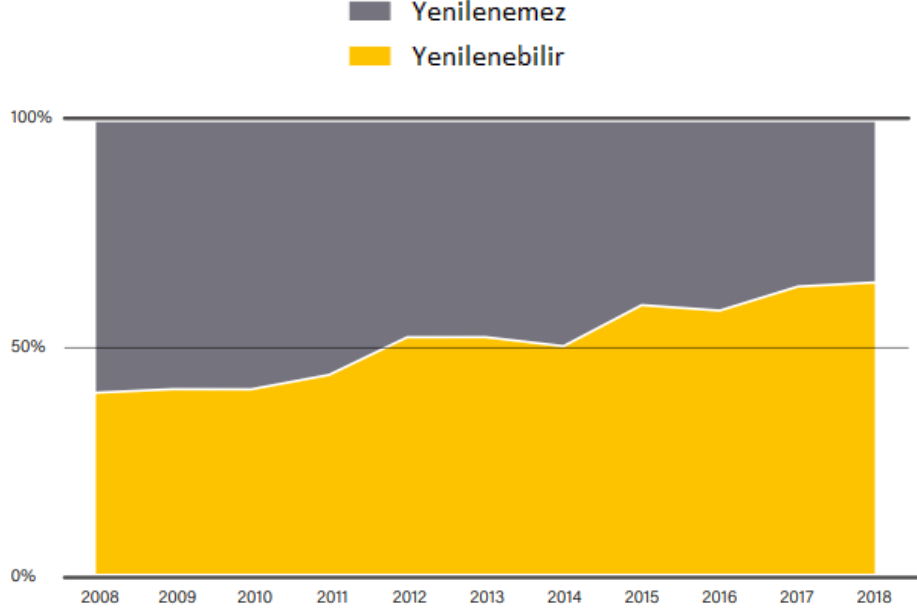
**Şekil 2.8** 2017 Yılında, Dünyadaki Toplam Enerji Tüketiminde Kullanılan Kaynakların Tahmin Edilen Oranları [94]

2018 yılındaki toplam elektrik üretiminde ise yenilenebilir enerjinin rolü %26,2'ye çıkmaktadır fakat elektrik alanında da yine yenilenebilir enerji olmayan yakıtlar %73,8'lik oranla başı çekmektedir [94]. Şekil 2.9, 2018 yılında dünyadaki toplam elektrik üretiminde kullanılan kaynakların tahmin edilen oranlarını göstermektedir.



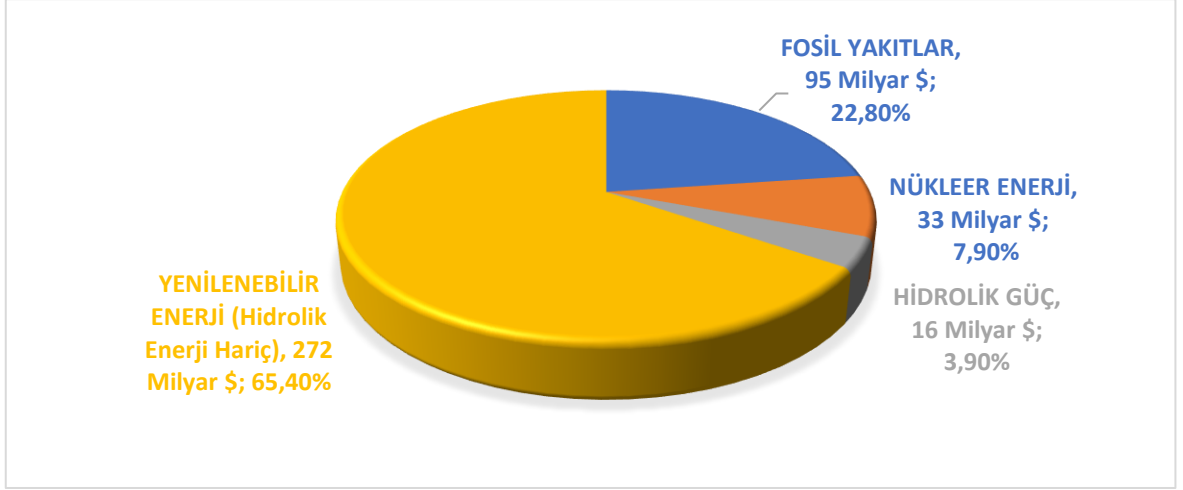
**Şekil 2.9** 2018 Yılında, Dünyadaki Toplam Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Tahmin Edilen Oranları [94]

Son yıllarda enerji alanına yapılan yatırımlar dikkate alındığında ise, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların, fosil ve nükleer yatırımların çok ötesinde olduğu görülmektedir. Şekil 2.10'da, 2008 ile 2018 yılları arasında kurulan yeni güç üretim şebekelerinin oranları gösterilmektedir. Bu grafikte yenilenebilir enerjinin payının yıllara göre gittikçe arttığı görülmektedir [94].



**Şekil 2.10** 2008-2018 Yılları Arasında Kurulan Yeni Güç Üretim Şebekelerinin Yenilenebilir Enerji Temelli Olma ve Olmama Açısından Oranları [94]

Şekil 2.11’de ise 2018’de dünya üzerinde yeni kurulan güç şebekelerine yapılan yatırımların tahmini büyüklükleri gösterilmektedir. Bu verilere göre 272 milyar dolarlık tahmini yatırım ile yenilenebilir enerji kaynakları 2018 yılında diğer kaynaklardan çok büyük bir oranda önde görülmektedir. Ayrıca, bu yatırım miktarlarına hidrolik enerjiye yapılan yatırım dahil edilmemiştir. Yine 2018 yılında fosil yakıtlara yapılan yatırım 95 milyar dolar ve nükleer enerjiye yapılan yatırım ise 33 milyar dolar olarak görülmektedir. Tüm bu veriler, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan küresel eğilim ve bu kaynakların geleceği hakkında fikir vermektedir [94].

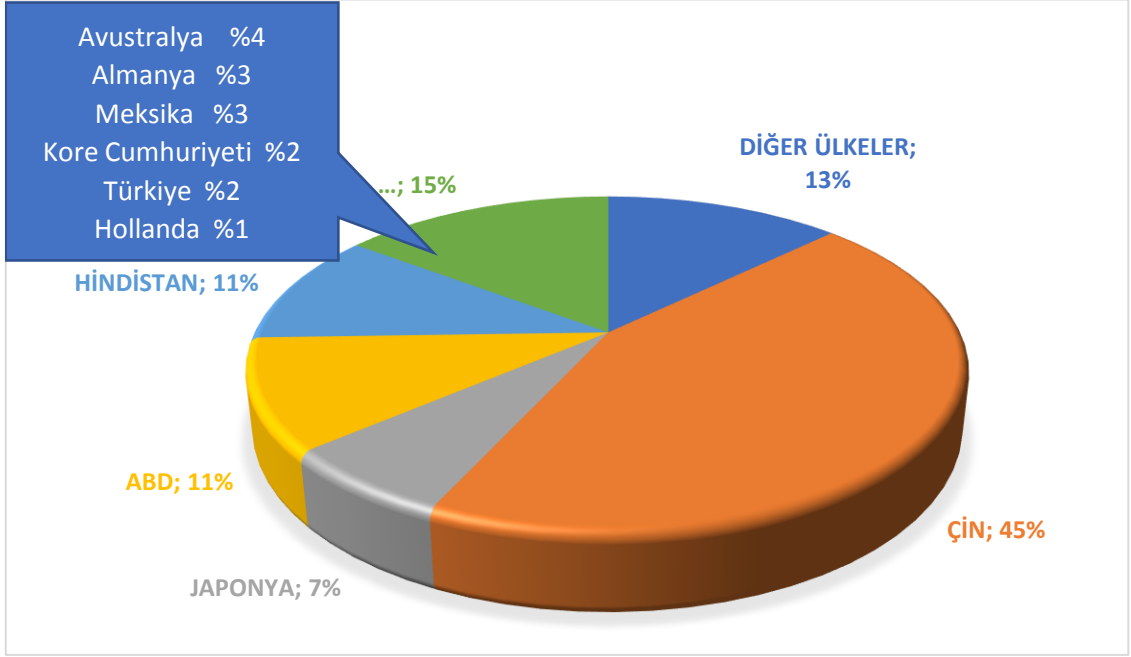


**Şekil 2.11** 2018’de Dünya Üzerinde Yeni Kurulan Güç Şebekelerine Yapılan Yatırımların Tahmini Oranları [94]

### Güneş Enerjisi

Enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağı olan güneş doğadaki birçok olayın ve enerji kaynaklarının temelidir. 1970’li yıllarda popüler olmaya başlayan güneş enerjisi, fosil ve nükleer yakıtlara alternatif olarak görülmektedir [95]. “Photo Voltaic” terimi Greek dilinden gelir. “photo”; “ışık”, “voltaic”, “elektrik” demektir. Ana bileşenleri güneş hücreleri olan PV paneller, güneşten gelen ışığı direkt elektrik enerjisine dönüştürürler [96]. Fotovoltaik piller sayesinde güneş enerjisinden elektrik üretilebilirler. Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yarıiletken maddeler sayesinde üzerlerine düşen ışığı elektrik enerjisine dönüştürürler. Burada üretilen elektrik enerjisinin kaynağı aslında ışıktır. Sıcak su elde etmede, ısıtmada, soğutmada ve binaların aydınlatılmasında kullanılabilir. Sıvı ya da katı herhangi bir atık ortaya çıkarmamaktadır. Çevresel olumlu etkilerinin yanı sıra Vasfını yitirmiş arazilerin kazanımını sağlar. Yapılan tahminlere göre dünyanın birçok yerindeki güneş ışığı miktarı, güneş enerjisi kullanılarak enerji elde etmek için kullanılan 1 km<sup>2</sup> yüzey alanından yılda 100-130 GW-h (Cigawatt saat) civarında elektrik elde edilmesini sağlayacaktır [97]. Bu enerji miktarı yakıtını kömür ve doğalgazdan elde eden klasik 50 MW’lık bir elektrik santralinin yıllık üretimine eşittir [97, 98]. FV sistemler hareketli parçaları yapısında barındırmadığı için elektrik üretiminde kullanılan hareketli sistemlere göre daha az bakıma ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, Modüler bir

yapıya sahip olduğu için istenilen güç çıkışına göre FV panel ekleme veya çıkarma işlemi yapılabilir. Ancak, geniş alanlara ihtiyaç duyulabilir. İlk kurulum maliyeti yüksektir ve kesikli enerji sağlar. Dünya çapında en hızlı büyüyen enerji teknolojisidir [94]. 2018 yılında dünyada en çok güneş enerjisi kapasitesi bulunan ülkeler Şekil 2.12'de gösterilmiştir. Bu ülkelerin başında %45 oranla Çin gelmektedir. Çin'in ardından %11'lik oranlarla ABD ve Hindistan gelmektedir [94].



**Şekil 2.12** 2018 Yılında Dünyada En Çok Güneş Enerjisi Kapasitesi Bulunan Ülkeler [94]

### Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir [99]. Rüzgâr hareket halindeki atmosferik bir havadır. Güneş tarafından dünyanın ısıtılan kısmında havanın yoğunluğu azalır ve yoğunluğu azalan hava yükselir. Bu yükselen havanın sebep olduğu hava kütleleri düşük basınç bölgelerine hareket eder. Bu hareket rüzgâr olarak adlandırılmaktadır. Hareket eden her molekül kinetik enerjiye sahiptir. Bu enerjilerin birleşimiyle oluşan enerjiye rüzgâr enerjisi denir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın enerjisini toplamak için kullanılan makinelerdir. Kaynağı güneş olan rüzgârın kinetik enerjisi, bir elektrik jeneratörüne bağlı olan mili



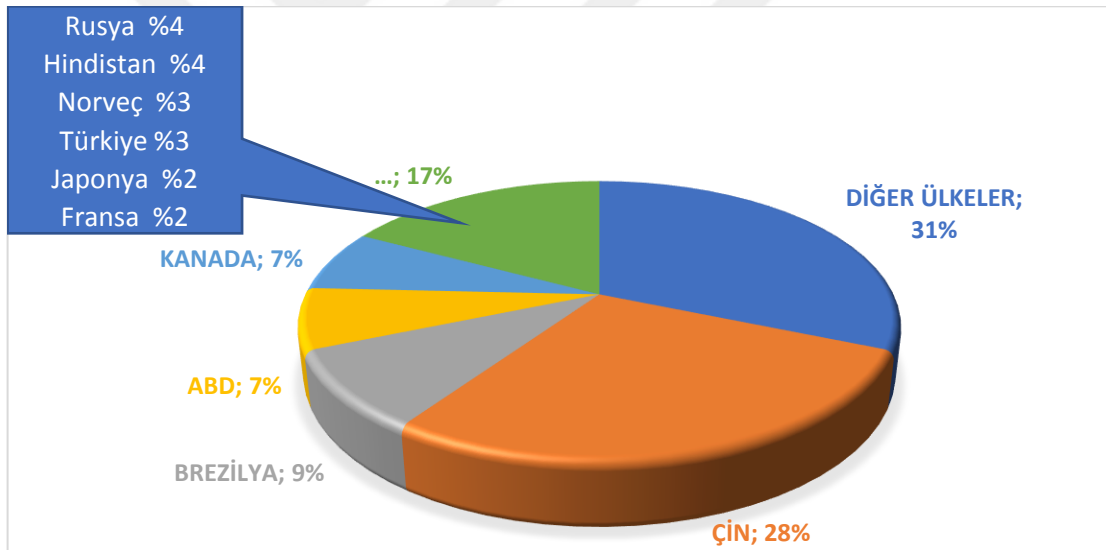
hareket ettiren ve rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine çeviren kanatlara yönlendirilir [96]. Böylece rüzgâr enerjisi kinetik enerjiye, kinetik enerji de elektrik enerjisine dönüşür. Rüzgâr enerjisinden dağ, boğaz, yamaç gibi rüzgârın fazla olduğu yerlerde daha iyi verim alındığından dolayı şehir içlerinde tercih edilememektedir. Rüzgâr türbinleri, yerden 100 ft (30 m) veya daha fazla yüksek kuleler üstüne oturtularak, daha güçlü ve daha az çalkantılı rüzgârdan yararlanmaları sağlanır. Rüzgâr türbinleri bağımsız uygulamalar olarak kullanılabilir, bir elektrik şebekesine bağlı olabilir ya da bir fotovoltaik (güneş pili) sistem ile kombine edilebilir. Bağımsız türbinler genellikle suyun pompalanması ya da iletişim için kullanılır [87, 90]. Rüzgâr türbinleri, tek tek kurulabildiği gibi çoklu bir şekilde kurularak rüzgâr çiftlikleri de oluşturulabilir. Rüzgâr türbinleri veya çiftlikleri kuruldukları alanlarda tarım ve hayvancılığı etkilemez. Bu nedenle tarım ve hayvancılık faaliyetleri devam ettirilir. Sadece karaya değil aynı zamanda deniz veya okyanuslara da kurulabilirler.

Rüzgâr enerjisi, görsel konfor, kuş ve yarası ölümleri konusunda olumsuz bir algıya sahiptir [100]. Rüzgâr türbinlerinin ekipman bakımı pahalıdır ve çok büyük piller gibi pahalı enerji depolama araçlarının kullanımını gerektirirler [88]. Ayrıca, döner bıçakların gürültüsü ve elektromanyetik parazitler göz önünde bulundurularak, rüzgâr türbinlerinin üretim yeri seçimi dikkatli yapılmalıdır [101]. Bol rüzgârlı, düşük türbülansa sahip, rüzgârın ağırlıklı bir yönden estiği ve yerleşim alanlarının çok yakınında olmayan bölgeler bir rüzgâr türbini için en uygun yerlerdir. Bu sebeple, kıyı alanları (kara ve deniz) ve yüksek sırtlar, türbinlerin en verimli olduğu bölgelerdir. İlk kurulum maliyeti yüksektir ve üretilen enerji rüzgârın durumuna göre değişkenlik gösterir.

### **Hidrolik Enerji**

Nehir yatağındaki akan suyun kinetik enerjisinden elde edilen enerjidir. Yağmurlar sebebi ile yeryüzüne ortalama olarak saniyede 16 ton su düşmektedir. Bu da hidrolik enerjinin kaynağını teşkil etmektedir. Akan suyun bir kısmı, bir su iletim kanalına yönlendirilir. Buradan türbin ya da su tekerleğine ulaşır ve bu türbin ya da tekeri hareket ettirerek kinetik enerji oluşturur. Burada oluşan kinetik enerji de

elektrik enerjisine dönüştürülür. Hidrolik enerji tesisleri, genellikle suyu bir rezervuarda depolamak için nehir üzerine inşa edilen barajlardır. Rezervuardan bırakılan su, türbin aracılığıyla akarken, türbin dönerek jeneratörü aktive ederek elektrik üretimini sağlamaktadır. Diğer bir hidrolik enerji tesisi, pompajlı hidrolik santralidir. Güç, enerji nakil hatları şebekesinden elektrik jeneratörlerine gönderilir [87, 90]. Nehirlerin büyüklüğüne göre enerji miktarları değişmekle birlikte, Hidrolik enerji santralleri büyük miktarlarda elektrik üretme yeteneğine sahiptirler. İnşa edildikten sonra, yürütme maliyeti oldukça ucuzdur, ancak bitki örtüsüne zarar verebilir, nehirlerin kurummasına sebep olabilir ve balıkları etkileyebilir [88]. Yapılan santrallerin çoğu yerli imkanlarla yapılabilmektedir. Oluşturulan baraj gölleri çevreyi olumlu yönde etkilemekte, sulama ve tarımda da kullanılmaktadır. Dünyada en çok hidrojen enerjisi kapasitesi bulunan ülkeler Şekil 2.13’de gösterilmiştir. Bu ülkelerin başında %28 oranla Çin gelmektedir [94] .

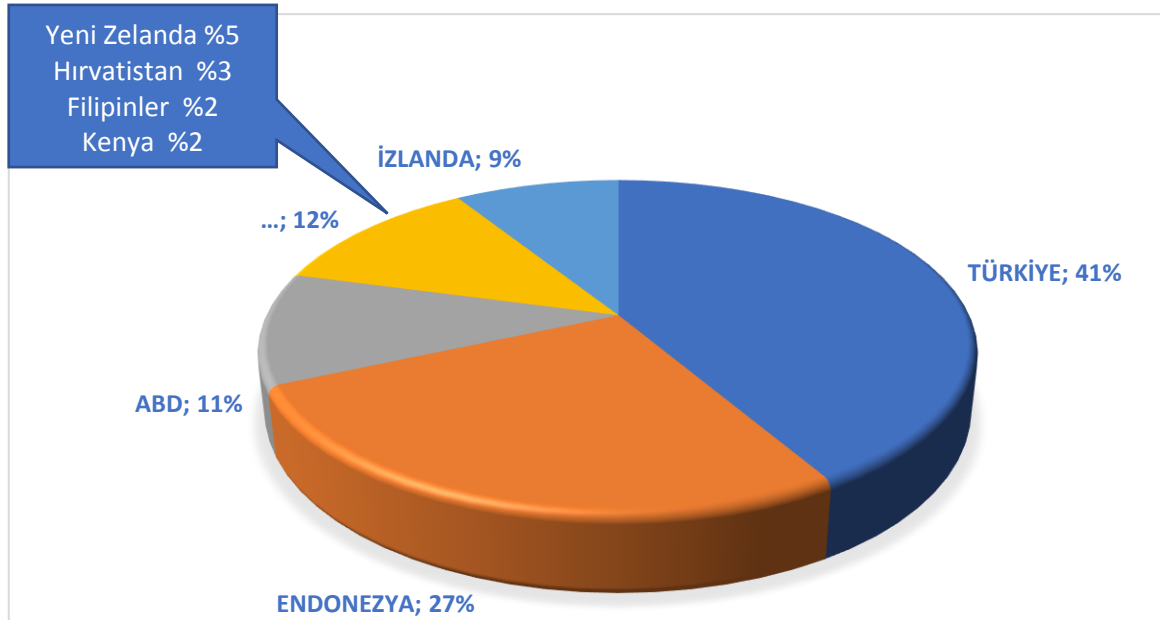


**Şekil 2.13** 2018 Yılında Dünyada En Çok Hidrojen Enerjisi Kapasitesi Bulunan Ülkeler [94]

### Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji; “Jeo”, “yerküre” ve “termal”, “ısı” kelimelerinden oluşur ve yer kabuğunun içerisinde bulunan ısı enerjisidir. Jeotermal enerji, yer kabuğunun altında biriken ısının oluşturduğu, içerisinde çeşitli mineraller, tuzlar ve gazlar içeren su ya da buhar ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanmaktadır.

Bu ısı sadece enerji üretimi için değil; sağlık, turizm, konutlarda ısıtma ve soğutma amaçlı da kullanılmaktadır. Jeotermal sistemlerin üretim kapasitesi farklı konum ve şartlara bağlı olarak değişkenlik gösterir [102]. Rüzgâr, güneş gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak iklim koşullarından etkilenmez, kullanıma hazır niteliktedir, yangın, patlama, zehirlenme gibi riskler taşımaz, geniş tesis alanlarına gerek duymaz, yüksek verimliliğe sahiptir. Arama sondaj süreleri ve enerji üretimine alınma süreleri diğer santrallere oranla daha kısadır. Dünyada en çok jeotermal enerji kapasitesi bulunan ülkeler Şekil 2.14’de gösterilmiştir [94]. Bu ülkelerin başında %42 oranla Türkiye gelmektedir. Türkiye’nin ardından %27’lik oranla Endonezya ve %11 ile ABD gelmektedir [94].



**Şekil 2.14** 2018 yılında dünyada en çok jeotermal enerji kapasitesi bulunan ülkeler [94]

### **Dalga Enerjisi**

Deniz ve okyanusların yüzeyinde esen rüzgârların neden olduğu dalgalardan üretilen enerji türüdür. Dalga enerji teknolojileri kıyıda, kıyının uzağında ve açık denizlerde kurulabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sistemlerin tasarımları etkileşimde buldukları dalganın şekline ve basınç miktarlarına göre farklılık göstermektedir. Tuzlu suyun tatlı suya çevrilmesine, deniz dibi zenginliklerinin

yüzeye gönderilmesine ve kıyıların korunmasına olanak sağlar fakat Her dalga boyuna göre yeni tasarım yapılarak kullanılmaktadır. Belli bir standardı yoktur ve bu sebeple kullanımı kolay değildir. Yüksek verim elde edilebilmesi için türbinlerin dalgaya yakın yerlerde yapılması gerekir ve şiddetli fırtınalarda dalga enerjisi türbinlerinin çok zarar görebilir. Bu sebeplerle dalga ve gel-git enerjisinden elektrik üretimi günümüzde çok sınırlı düzeydedir.

### **Hidrojen Enerjisi**

Bu enerjinin kaynağı olan hidrojen elementi, bir proton ve bir elektrondan oluşan bir elementtir, evrende bol miktarda bulunur. Renksiz, kokusuz ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Hidrojen aynı zamanda yüksek bir enerjiye sahiptir, saf hidrojen yakan bir motor neredeyse hiç kirlilik üretmez [90]. Fosil enerji kaynakları yerine hidrojen enerjisinin kullanılması henüz söz konusu değildir, bu enerjiyle ilgili uygulamalar henüz geliştirilme aşamasındadır [103].

Çok güçlü ve geniş bir potansiyeli olan yenilenebilir enerji kaynakları, buna rağmen dünya genelindeki tüketilen enerji sıralamasında petrol, doğalgaz ve kömürün gerisinde yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içerisindeki oranı ise yüzde 9,5 kadardır fakat bunun değişeceğine ilişkin gelişmeler her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kurulumundaki yüksek maliyetler bu enerjinin gelişimini engelleyen faktörlerden biridir fakat yenilenebilir enerji teknolojilerinde gerçekleşen gelişmeler, sermaye maliyetini gittikçe düşürmektedir. Son yıllarda, PV enerjide verimlilik artışı ve materyal maliyeti düşüşü yaşanmaktadır. Kamu ve özel AR-GE çalışmaları nedeniyle yenilenebilir güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi teknolojilerinde radikal maliyet düşüşü yaşamıştır [104-108]. PV maliyetindeki bu azalma eğiliminin gelecekte de devam etmesi beklenmektedir [109]. Benzer eğilimler rüzgâr enerjisi teknolojilerinde de görülmektedir [107]. Bazı çalışmalar, rüzgâr ve PV Teknolojilerinin bugünkü geleneksel fosil yakıt enerji üretimi ile maliyet açısından rekabetçi olduğu sonucuna varmıştır [110-113]. Tüm bu gelişmelerin yanında, petrol rezervlerinin bulunması ve geliştirilmesinin git gide zorlaşarak maliyetinin

artmasıyla, yenilenebilir enerji gibi diğer enerji formları dünya enerji pazarında daha rekabetçi bir şekilde fiyatlanacaktır [82].

Ayrıca, yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmelerin yanında bu gelişmelere ayak uydurmayı sağlayacak teknolojik öğrenme de yenilenebilir enerjinin maliyetini düşürebilmektedir [114-118]. Yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan yatırımı ekonomik açıdan daha çekici hale getirir [119].

Fosil tabanlı yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş, iklim değişikliğinin yavaşlaması ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi faydalarının yanında [120], [121-123] daha eşitlikçi, adil, yerel ve demokratik enerji sistemlerinin oluşturulmasını sağlar [124-130]. Sosyal adalet ve ekonomik eşitliğe önemli derecede katkı sağlar [127, 131].

“%100 Yenilenebilir Enerji” kavramı dünyada çeşitli paydaşlar arasında hızla ivme kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji ile ilgili bazı ülke, bölge ve şirketlerin yol haritası şöyledir [84];

- İsveç, 2045 yılına kadar ‘0’ sera gazı emisyonu elde etmeyi hedeflemektedir.
- Danimarka, en geç 2050 yılına kadar sıfır net emisyon sağlamayı hedeflemektedir.
- Bangladeş, Barbados, Kamboçya, Kolombiya, Etiyopya, Gana, Moğolistan, Vietnam, Hawaii ve Kaliforniya gibi birçok ülke 2045 veya 2050'ye kadar %100 oranında yenilenebilir elektrik hedeflemektedir [132].

Bugün Norveç ve Kosta Rika gibi az sayıda ülke elektriğin tamamını yenilenebilir kaynaklardan (çoğunlukla hidroelektrik santralleri) temin etmektedir [84, 132].

Benzer şekilde, bazı şehirler toplam enerji tüketimi için en geç 2050 yılına kadar %100 yenilenebilir enerjiye geçmeyi taahhüt etmişlerdir. Bu şehirler ve %100 yenilenebilir enerjiye geçiş yılı taahhütleri şöyledir [84, 132];

- Danimarka'da Kopenhag (2050),
- Almanya'da Frankfurt ve Hamburg (2050),

- İsveç'te Malmo ve Vaxjö (2030),
- Avustralya'da (2050) Oxford Ülkesi
- Hollanda'da Lahey (2040).

Bu eğilim, BMW ve Walmart gibi daha büyük şirketler arasında ve Google, Apple, Sonny, Ebay ve Facebook gibi teknoloji şirketleri arasında da vardır [84].

Bugün birçok araştırmada %100 yenilenebilir enerjiye geçiş yapmanın teknik olarak mümkün olduğu sonucuna varılıyor, ancak bu geçişin ekonomik uygulanabilirliği konusunda ciddi görüş ayrılıkları bulunmaktadır. Bazı araştırmalarda, yazarlar %100 yenilenebilir enerjiye geçişi gerçekleştirmenin aşırı derecede maliyetli ve teknik olarak olanaksız olacağını savunurken [84, 133-135], diğer araştırmacılar bunun hem teknik hem de ekonomik olarak uygun olduğunu savunmaktadırlar [84, 136-139]. Fakat dikkat edilmesi gereken husus şudur ki; bu çalışmalar genellikle coğrafi bölgeler, gelecekteki teknolojilerin etkinliği ve teknoloji fiyatları konusundaki varsayımları açısından birbirlerinde farklılık gösterirler. Bu nedenle daha fazla stabilliteye ve daha geniş çaplı araştırmalara ihtiyaç vardır [84]. Görülmektedir ki coğrafi kısıtlamalar yenilenebilir enerji kaynakları için genel olarak düşünülenden daha sınırlayıcı olabilmektedir. Mesela, güneş ve rüzgâr enerjisine uygun olmayan alanlar arasında derin deniz, buzullar, yüksek dağ ve ormanlar bulunur [140]. Fakat, bir yenilenebilir enerji teknolojisi için uygun olmayan coğrafi bir alan, diğeri için uygun olabilmektedir. Bu sebeple, hangi alanda hangi yenilenebilir enerji türü veya türlerinden yararlanmanın daha verimli olacağı dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretiminin avantajlarını şu şekilde sıralanabilir;

- Bu enerji kaynaklarının tükenme ihtimalleri yoktur,
- Dışa bağımlılığı azaltmada ve arz güvenliğini sağlamada önemli bir rol üstlenmektedirler,
- Çevre dostu ve sürdürülebilir bir işletim sağladıklarından dolayı gelecek açısından önemli olarak değerlendirilen enerji kaynakları konumundadırlar [141],
- İklim değişikliğinin yavaşlamasında etkili olurlar,

- Karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynarlar,
- Daha eşitlikçi, adil, yerel ve demokratik enerji sistemlerinin oluşturulmasını sağlarlar,
- Sosyal adalet ve ekonomik eşitliğe önemli derecede katkı sağlarlar,
- Dağıtık ya da daha küçük ölçekli merkezlere sahip yapıları sayesinde dağıtım ağlarındaki kayıpları azaltırlar,
- Dünyanın petrol rezervlerinin büyük bir kısmı politik çatışma riskine maruz kalan ülkelerde bulunduğundan, bunlara olan bağımlılığını azaltmayı ve böylece bu bölgelerdeki olası karışıklıklardan daha az etkilenmeyi sağlarlar,
- Yakıt yoksulluğunu azaltırlar,
- Elektrik endüstrisindeki rekabetin büyümesini sağlarlar,
- Arz çeşitliliği yani alternatifleri arttırırlar,
- Dış kaynaklara olan bağımlılığı azaltırlar,
- Bakım maliyetlerini azaltırlar.

Tüm bu avantajlarının yanında günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretiminin büyümesini ve yayılmasını engelleyen bazı dezavantajları da vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kurulumundaki yüksek maliyetler,
- Daha tabana yayılan bir enerji üretimi olduğu için yenilenebilir enerji teknolojilerine dair teknolojik öğrenmenin artırılması ihtiyacı,
- Üretim tesisi kurma, arazi, ekipman ve inşaat için sermaye maliyeti,
- Yüksek kurulum maliyeti,
- Büyük alanlara ihtiyaç duyulması,
- Bu enerji kaynaklarının doğaları gereği kesikli enerji üretimi,
- Gelecek tahminine ihtiyaç duyma.

#### **2.1.4 Dağıtık Enerji Üretimi**

Dağıtık enerji üretimi aslında yeni bir kavram ve olgu değildir. Birkaç yüzyıl önce, insanların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için ahşap yakıt kullanımı da enerjinin dağıtık üretimi idi [142]. Bu “birinci ademi merkezîyetçi dönem”, teknoloji ve seri

üretim in ilerlemesi ile büyük ölçüde sona erdi. Enerji üretimi büyük ölçekli fosil, nükleer enerji üretimi gibi büyük ölçekli enerji üretim tesislerinin geliştirilmesi ve kurulması ile merkezileşti. Topluluklar, üretim ve tüketimin olduğu yerler etrafında kurulma eğilimi gösterdi [143]. Ancak bu trend yeniden değişme eğilimi göstermektedir. Bugünkü eğilim, tekrar dağıtık yapılara doğrudur fakat bu sefer buna iten sebepler farklıdır [144].

Mevcut, geleneksel enerji üretimi MW düzeyinde büyük ölçekli ve merkezi enerji üretimidir. Klasik yapıda enerji büyük ölçekli üreticiler tarafından belli merkezlerde üretilip, karmaşık bir iletim ve dağıtım ağı aracılığıyla geniş bir alanda bulunan çok sayıda tüketiciye satılır. Bu şekilde üretilen enerjide, depolama, şebekeye aktarım, dağıtım vb. süreçlerde büyük oranlarda enerji kayıpları yaşanır ki bu enerji verimliliğini azaltır. Bu üretimde kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar kullanılır. Buna karşılık, dağıtık bir enerji sistemi, büyük ölçekli enerji üretimi yapan, merkezi enerji sisteminin zıttı olarak kabul edilebilir. Dağıtık üretimin tanımında genel bir uzlaşma yoktur ve yapılan bazı tanımlamalar şöyledir;

- Dağıtık enerji üretiminde, enerji üretim kaynakları, talep kaynağına yakın yerleştirilmiş, her biri geleneksel üretime oranla çok daha az miktarda, küçük ölçekli enerji üreten, daha fazla sayıda, daha küçük ve modüler enerji üretme cihazı gerektirir [145].
- Dağıtık enerji üretimi, geleneksel üretime kıyasla küçük ölçekli olan ve üretim yeri son kullanıcıya daha yakın bulunan, düşük karbonlu veya "verimli" teknolojilerin geniş bir yelpazesini kapsar [145].
- Dağıtık üretim, şebekeden bağımsız (off grid) veya (on grid) şebekeye bağlı küçük, modüler elektrik üretim cihazlarının tüketim noktasına yakın bir yerde kullanılmasını ifade eder [146].
- Dağıtık üretim, yüksek gerilim iletim şebekesinden ziyade dağıtım şebekesine bağlı elektrik üretimidir [147].

Bu tanımlardan görüldüğü gibi, dağıtık üretimin temel belirleyici özellikleri, güç üretiminin boyutu ve güç üretim cihazının yeridir. Yenilenebilir enerji teknolojileri dağıtık enerji üretimini mümkün kılmaktadırlar.



Bir sistemdeki enerji üretimine, direkt dağıtık üretim ya da merkezi üretim demek doğru olmayabilir. Bir alandaki enerji üretiminin dağıtıklığını derecelendirmek ve bunu belirlenen bazı kriterlerle ölçmek daha doğru bir yaklaşımdır. Enerji üretimindeki dağıtıklık derecesinin göstergesi, bir “birim” tarafından kaç tane “tüketim düğümüne” hizmet edildiğidir. Diğer göstergeler, belli büyüklükte bir alan başına “birim” sayısı, “birim” büyüklüğü veya bir “birim” ile bir “tüketim düğümü” arasındaki mesafe olabilir [142]. Belli bir bölgedeki enerji sisteminin;

- Birim başına düşen “tüketim düğümü” sayısı azaldıkça,
- “Birim” boyutu azaldıkça,
- Bir “birim” ile bir “tüketim düğümü” arasındaki ortalama uzaklık azaldıkça,
- Bu bölgedeki birim sayısı arttıkça,
- Yerel kaynakların kullanım çeşitliliği arttıkça,

bunlara bağlı olarak dağıtıklık derecesi de artmaktadır [142].

Santrallerin bölgesel ortalama büyüklüğü, dağıtıklık derecesini değerlendirirken uygulanabilir başka bir teknolojik gösterge olarak kullanılabilir [142]. Tablo 2.3’te bölge büyüklüklerine ve buradaki enerji santrallerinin ortalama büyüklüklerine göre enerji üretiminin merkezi ya da dağıtıklık durumu için belirlenen aralıklar gösterilmiştir [142].

**Tablo 2.3** Farklı Bölgelere Göre Santrallerin Ortalama Büyüklüğü İle Üretimin Merkezi ve Dağıtık Olması Arasındaki İlişki

Alan	Dağıtık Üretim	Merkezi Üretim
Ülke	< 2 MWe	>1000 MWe
Bölge	< 250 kWe	> 100 MWe
Şehir	<100 kWe	> 2 MWe
Mahalle	< 25 kWe	>100 kWe
Bina	1-5 kWe	>25 kWe

Dağıtık üretim sistemleri merkezi şebekeye bağlı “on grid” ve merkezi şebekeden tamamen bağımsız “off grid” sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Dağıtık üretim sistemlerinin şebekeye bağlı ya da şebekeden bağımsız olması tamamen ihtiyaca göre şekillenir. Enerji sisteminin kurulacağı bölge, maliyet ya da sistemi kuracak kişinin tercihi ile bağlantılı bir durumdur. Genel olarak sistemin kurulacağı bölge, enerji nakil hatlarının olduğu yere yakınsa “on grid” sistemler tercih edilir. Ama tam tersi bir durum mevcut ise, yani enerji sistemin kurulacağı bölgede veya yakınında enerji nakil hatları yok ise “off grid” sistemler tercih edilir.

### **“Off grid” Sistemler**

Geleneksel şebekeden tamamen ayrı bir şekilde enerji üretirler. Genellikle, şebekeden uzak olan dağ evleri, çiftlikler, tarımsal araziler, otobanlar, baz istasyonları gibi alanlara kurulmaktadır. Bu tür alanlarda sıfırdan enerji nakil hattı çekilmesi, direk dikimi ve trafo kurulumu ciddi maliyet gerektirmektedir, Bundan dolayı şebekeden bağımsız enerji sistemleri kurulumu, depolama ihtiyacının giderilmesi için aküler ile desteklenerek gerçekleştirilmeye çalışılır.

Afrika ve Asya'da 150 milyon insan şebekeden bağımsız güneş enerjisi sistemleri sayesinde enerjiden yararlanmaktadır. Afrika'daki nüfusun %5'i, Asya'daki nüfusun ise %2'si “off grid” güneş enerjisi sistemlerini kullanmaktadır [94].

### **“On grid” Sistemler**

Geleneksel şebekeye doğrudan bağlıdırlar ve dağıtık üretim kaynakları yetersiz kaldığında şebekeden enerji alabilir ya da ürettiği enerji fazlasını şebekeye satabilirler. Yani şebeke ile çift taraflı bir iletişim söz konusudur. Şebekeye yakın bölgelerde kullanılırlar. Bu sistemde enerji depolamaya ihtiyaç duyulmaz. Çünkü, bu kurulan dağıtık enerji sisteminden üretilen enerji yetersiz kaldığında anlık olarak merkezi şebekeden enerji tedarik edilebilir ya da ihtiyaçtan fazla enerji üretimi yapıldığında da ihtiyaç fazlası enerji şebekeye satılabilir. Bu sistemlerde çift yönlü sayaç bulunur. Çift yönlü sayaç ile ihtiyaç fazlası enerji şebekeye verilir ve ihtiyaç halinde tekrar sayaç üzerinden tüketiciye enerji iletilir. Çift yönlü sayaçlar, şebekeye giden ve şebekeden çekilen enerjileri hesaplar ve kayıt altına alır. Üretilip şebekeye

verilen enerji tüketilen enerjiden fazlaysa üretici şebekeye enerji satmış olur fakat tüketilen enerji üretilen enerjiden fazlaysa sistem sahibi elektrik şirketine, kullandığı enerji tutarını öder. Akü grupları kullanılmadığı için ek maliyet oluşturmaz. Sisteme yakın yerde tüketim olacağı için enerji dolanımı fazla olmaz ve kayıp en az düzeyde olur. Sistem kurulduğunda ihtiyaç olan yükün tamamını karşılayacak bir sistemin kurulma zorunluluğu yoktur, enerjinin yetmediği durumlarda şebeke devreye girecektir.

Özellikle solar PV ve solar termal teknolojilerde ve rüzgâr enerjisi alanındaki hızlı maliyet düşüşü nedeniyle, erken dönemdeki bazı öngörüler, bağımsız, şebeke dışı bir geleceğe sahip olduklarını öngörmektedir [148]. Diğerleri ise merkezi ve merkezi olmayan sistemlerin bir arada varlığını önermektedirler [142, 149].

Yenilenebilir enerji kaynakları ile dağıtık enerji üretiminin sahip olduğu birçok sosyal, ekonomik ve çevresel faydaları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz. Dağıtık üretimin avantajları [142];

- Hat iletim enerji kayıpları azalır,
- Finansal risk azalır,
- Çevresel faydalar (temiz enerji) sağlanır,
- Yerel ekonomik gelişme ve kalkınma sağlanır,
- Enerji güvenliği sağlanır,
- Çok sayıda küçük işletmecinin serbest enerji sektörüne girmesi ile rekabet artar,
- Yerel iş fırsatları sunarak yerel kalkınmayı sağlar,
- Yerel hammadde ve işgücüne dayalı ürün ve hizmetler geliştirebilir,
- Fazla enerjinin satılmasıyla tüketicilere gelir elde etme imkânı sağlar,
- Enerji fazlasından elde edilecek gelir enerjinin daha etkin ve verimli kullanması konusunda tüketicileri teşvik eder. Böylece enerji tüketim davranışlarına olumlu etki eder, toplum bazında enerjiden önemli tasarruflar sağlanmış olur,
- Esneklik vardır, “tüm yumurtalar bir sepette” değildir. Yani risk azdır,

- Şebekedeki problemler, tüm enerji sisteminin devre dışı bırakıldığı merkezi durumdan çok daha fazla tolere edilebilirdir,
- Arz güvenliğini sağlar,
- “Sosyal ekonomi” açısından çok ekonomiktir,
- Çok sayıda eğitilmiş kişiye ihtiyaç duyulması eğitim, kalkınma ve sosyal adalet açısından olumlu gelişmeler sağlar,
- Sistem bağımsızdır,
- Yerel düzeyde kontrol artar,
- Politik, teknolojik, ekonomik ve sosyal kaynakların daha adil paylaşımı sağlanır,
- Yeni teknolojilere açıktır,
- Çok yönlü teknolojiler sayesinde farklı yakıtlar için esneklik sağlar,
- Karar vermede merkezi olmayan sorumluluk yoluyla değişen bireysel ihtiyaçları dikkate alır,
- Elektrik dağıtımındaki bağımsızlık sayesinde geniş elektrik kesintisi yaşanmaz,
- Yeni yerel pazar fırsatları sunar ve rekabeti artırır,
- Bağımsızlık ve kendini kontrol etme hissi verir,
- Büyük enerji santralleri ve hatlarından dolayı bozulmuş manzaralar yoktur,
- İletim kayıplarının giderilmesi nedeniyle emisyonlarda azalma olur,
- Mevcut altyapının kullanılabilir,
- Şantiyelerin daha etkin kullanılmasını sağlar,
- Yerel yakıtların kullanılmasını sağlar,
- Bilgi ağının kullanılır,
- Mevcut duruma oranla enerjiye ırk, cinsiyet ve sosyoekonomik statüden daha bağımsız erişim ve enerji mülkiyeti sağlar,
- Enerji sistemlerinin kontrolünün toplum tarafından yapılmasını sağlar.

Yukarıda sayılan avantajlarının yanında dağıtık üretimin gelişip yayılma hızını azaltan bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

Dağıtık üretimin dezavantajları [142, 150]:

- Aralıklı ve plansız üretime bağlı olarak enerji depolama gereksinimi artar,
- Tahminlere ihtiyaç duyulması ve tahminler üzerine sistemin kurulup çalışması (mükemmel bir tahminin yokluğu)
- Değişken dalgalanmalar ve tahmin hataları ile maliyet artışı,
- Aşırı enerji üretimi ve bu enerjiyi depolama ile yüz yüze gelme ihtimali,
- Yan hizmetlere artan ihtiyaç,
- Eskiyen iletim ağı altyapısının iyileştirilmesi ihtiyacı; herhangi bir yeni santral bir şebekeye bağlandığında olduğu gibi, iletim ve dağıtım şebekesi altyapısında değişiklik ve yenilenme ihtiyacı doğması,
- Yüksek oranda dağıtıklaşmanın, büyük, merkezileştirilmiş sistemlere kıyasla bugün genellikle finansal açıdan daha az ekonomik olması,
- Ticari olarak şimdilik daha az ilgi çekici olması,
- Daha yüksek sermaye maliyeti gerektirmesi,
- Daha uzun geri ödeme süreleri olması,
- Çok sayıda eğitilmiş kişiye ihtiyaç duyulması, yönetim ve eğitimde fazla çaba gerekliliği,
- İstikrar ve homojenlik olmaması,
- Gerekli bileşenlerin uyumluluk ihtiyacı,
- Tek çözümlerin kullanım ömrü her zaman uzun sürmemesi,
- Yeni kanun, düzenleme ve kurallara ihtiyaç duyulması,
- Ortak standartların bulunup bulunamayacağı sorunu,
- Ekstra cihazlar nedeniyle tüketim noktasındaki tehlikeleri artma ihtimali,
- Bazı insanlar artan sorumluluğu zor ve yeni teknolojileri tuhaf bulma ihtimali,
- “Birinin ekmeği başka birinin ölümü olabilir”
- Eğitim ve öğretime duyulan ihtiyacı arttırır,
- Mevcut fosil yakıtlara dayanan enerji sistemini değiştirir,

Karar verme, birden çok alternatif arasından seçim yapma durumudur. Karar verme problemleri; karar vericiler, alternatifler, kriterler, karar vericilerin öncelikleri, karar verme çerçevesi ve sonuçlardan oluşur [1]. Gerçek hayatta, karar vermede çoğu zaman birkaç alternatif ve birbiriyle uyumlu birkaç kriter değil, birçok alternatif ve bu alternatiflerin değerlendirildiği birbirine zıt yani çelişen çok sayıda kriter karşımıza çıkmaktadır. Karar verici tarafından kriterlerin göz önünde bulundurulup, alternatiflerin bu kriterler ışığında değerlendirilmesi ile problem için optimum alternatif saptanıp seçilmesi gerekir. Bu durumda en doğru kararı vermek zorlaşmaktadır. Dahası, gerçek dünyada karar verirken, alternatiflerin en uygununun seçimi için alternatiflerin belirlenen kriterler açısından değerlendirmelerinin her zaman net olmaması, sayısal veriler ile desteklenemiyor olması da içerisinde çoklu alternatifler ve kriterler barındıran problemlerde karar vericileri zorlayıcı diğer etkenlerdir. Çoğu problemde, amaç yalnız bir kriteri ya da kriterlerin tümünü sağlamak gibi kesin bir durum değil alternatifler arasından optimumu bulmak olur. Bu sebeple karar vermek zorlaşır. Bu tür karar verme süreçlerinin karmaşıklığının giderilmesi, hızlı ve doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlere "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri" denir.

### 3.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV yöntemleri, 1960'lı yıllarda bu tarz problemlerde karar vermeye yardımcı olacak birtakım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır [2]. ÇKKV yöntemleri; nitel ve nicel kriterleri, çelişen kriterleri ve ölçülemeyen kriterleri ya da birbirinden farklı birimlere sahip kriterleri değerlendirebilirler ve alternatiflerin seçimindeki zorlukları giderebilirler [3, 4]. Karar verme sürecine çok sayıda uzmanı da dahil edebilen ÇKKV yöntemleri, karar vericilere-yöneticilere alternatifleri değerlendirmede yardımcı olan ve işletme kaynaklarının daha verimli

kullanılmasını sağlayan analitik yöntemlerdir [1]. ÇKKV yöntemleri ile; probleme konu alternatiflerin sıralanması, alternatifler arasından seçme ya da sınıflandırma yapılabilir [2]. ÇKKV yönteminin literatürdeki bazı tanımları şöyledir:

- ÇKKV yöntemleri; karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dahil edebilen, ölçülemeyen kriterleri değerlendirme imkânı sağlayan analitik çözüm yöntemlerdir. Kararlar almak için ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasıyla, yöneticiler ya da karar vericiler için alternatifleri değerlendirme ve daha isabetli kararlar alma kolaylaşmakta ve işletme kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır [1].
- ÇKKV yöntemleri; çelişen ve fazla sayıda amaç içeren problemlere analitik çözüm önerisi sunmaktır [151].
- ÇKKV yöntemi; birden çok alternatif arasında, kararlaştırılmış kriterlere göre en uygun çözümü belirleme sürecidir. Problemler genellikle birkaç ölçülemez ve çelişkili kriter ile tanımlanır ve aynı anda tüm kriterleri karşılayan bir çözüm olmayabilir. Bu sebeple optimizasyon yapılır [152].

ÇKKV yöntemlerinde, ilk önce karar vericiler göz önünde bulundurmak istedikleri kriterlere karar verirler, sonrasında bu kriterlerin göreceli önem düzeylerini belirlerler. Alternatifleri, kriterler açısından puanlarken kullanılacak ölçekler oluşturulur. Sonrasında seçilen bir ÇKKV yöntemi uygulanır ve alternatiflerin göreceli değerleri bulunur. Daha sonra karar vericiler, metodu senaryoların göreceli değerlerinin muhakemesi için kullanır. Bu aşamada, başta tanımlanan ölçekler her bir alternatif ve kriterin puanını belirlemek için kullanılır. Daha sonra puanlar birkaç genel sunum olarak toplanır [153]. ÇKKV'de, karar vericinin rolü artar, sunulan matematiksel yöntem ile uzlaşma ve kolektif kararların alınması kolaylaşır [4]. ÇKKV yöntemlerinin ana adımları şu şekilde sıralanabilir [152]:

1. Değerlendirme kriterleri oluşturmak
2. Alternatifler geliştirmek
3. Alternatifleri kriterler açısından değerlendirmek

4. Normatif birçok kriterli analiz yöntemi uygulamak
5. Bir alternatifi “optimal” olarak kabul etmek
6. Nihai çözüm kabul edilmezse, yeniden bilgi toplama ve bir sonraki çok kriterli optimizasyon yinelemesine geçmek

Her ne kadar literatürde birbirinden farklı birçok ÇKKV yöntemi bulunsa da, tüm ÇKKV süreçlerinde kullanılan bazı temel, ortak noktalar bulunmaktadır. Bunlar kısaca şu şekilde açıklanabilir [154];

**Alternatifler;** içlerinden önceliklendirme yapılması, sıralama yapılması ya da amaca en uygununun tercih edilmesi beklenen seçeneklerdir. Belirlenen kriterler göz önünde bulundurularak bu seçeneklerin değerlendirilmesi yapılır.

**Kriterler;** ana kriterler ve alt kriterler olarak ikiye ayrılabilirler. Kıyaslanan alternatifler açısından önemli olan parametreler, temel özelliklerdir. Karar verici, problem için belirlenen kriterleri göz önüne alarak karar vermeye çalışır. Alternatiflerin her biri, belirlenen kriterlere göre değerlendirilip puanlanır.

**Kriterler Arasında Çelişki:** ÇKKV problemlerindeki kriterler genellikle birbirleri ile çelişkilidirler. Mesela; bir cihaz seçiminde fiyatın düşük olması istenen bir durumdur fakat bu durum sağlanmasıyla, verimliliğin düşüşü ortaya çıkabilir ki bu da istenmeyen bir durumdur. Yani kriterlerin birinin iyileştirilmesi, diğerlerinin kötüleşmesine yol açabilir. Bu da karar verme sürecini karmaşık hale sokar. İşte bu nedenle karar verme problemlerinin çözümünde bilimsel, matematiksel yöntemlere ihtiyaç duyulur.

**Uyumsuz Birimler;** problemde belirlenen kriterler birbirinden farklı birimlere sahip olabilirler.

**Karar Ağırlıkları:** her kriter için göreceli ağırlıklara ihtiyaç duyulur. Bu göreceli ağırlıklar, toplamı 1 olacak şekilde normalize edilir.

**Amaç;** Problemin ulaşmak istediği sonuçtur.



**Karar matrisi:** ÇKKV problemlerinde genellikle problemdeki tüm alternatifler ve kriterler ikili bir kombinasyon halinde bir matris yardımıyla eşleştirilir ve her alternatifin her kriter açısından değeri bu matriste gösterilir [155]. Karar matrisi aşağıda gösterilmektedir.

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A1 \\ \dots \\ Am \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{n1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{1m} & a_{2m} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.1)$$

D: Karar matrisi

K: Kriterler

A: Alternatifler

$a_{ij}$ :  $A_j$  alternatifinin  $K_i$  kriterine göre durumu

m: Alternatiflerin sayısı

n: Kriterlerin sayısı

Problemlerde nicel kriterlerin yanında nicel kriterlerin olması, birbirleri ile çelişen veya birbirleri ile bağlantılı kriterler, ölçülemeyen birimler, her seçeneğin karar vericiye sağladığı faydaların farklı olması, karar verme için gerekli bilgilerin çoğu zaman kesin ve tam olarak bilinmemesi gibi etkenler karar verme işlemini zorlaştırmaktadır [16]. Bu sebeple karar verme sürecinin daha hızlı, etkili ve doğru işletilebilmesi için zamanla geliştirilen çeşitli ÇKKV yöntemleri farklı açılardan gruplandırılmaktadırlar. Bu yöntemleri verdikleri sonuçlar bakımından gruplandırmak gerekirse;  $\alpha$  seçim problemleri; en iyi alternatifin seçilmesi,  $\beta$  sınıflandırma problemi; alternatifleri göreceli olarak homojen gruplara ayırma,  $\gamma$  sıralama problemi; alternatifleri en iyiden en kötüye sıralama,  $\delta$  tanımlama problemi; alternatifleri kendi özellikleri açısından tanımlama olarak gruplandırılabilirler [156]. ÇKKV yöntemleri şu şekilde de gruplandırılabilirler [157];

1. **Temel Yöntemler;** Ağırlıklı Toplam, Anlamsal (Sözcüksel) Yöntem, Birleştirici/Ayırıcı Yöntem, Maksimin Yöntemi
2. **Tek Sentezleme Kriteri;** TOPSIS, MAVT (Çok Nitelikli Değer Teorisi), (UTA)Toplamlı Fayda Teorisi, (SMART) Basit Çok Nitelikli Sıralama Tekniği, MAUT (Çok Nitelikli Fayda Teorisi), AHS, EVAMIX, Bulanık Ağırlıklı Toplam, Bulanık Maksimin
3. **Sıralama Yöntemleri;** ELECTRE, PROMETHEE, MELCHIOR, ORESTE, REGIME
4. **Karışık Yöntemler;** QUALIFLEX, Bulanık Birleştirici/Ayırıcı Yöntem, Martel ve Zaras Yöntemi

ÇKKV teknikleri enerji problemlerinde, performans ölçümünde, lojistikte, insan kaynakları vb. birçok alanda kullanılmakla birlikte, enerji planlama ve enerji projelerinin karmaşık oluşu, çelişen kriterlere sahip olması, ÇKKV yöntemlerini, enerji alanında karar alma sürecinde değerli bir araç haline getirmektedir [5, 157-159]. Dahası; enerji konuları genellikle birçok belirsizliği, uzun vadeleri, yüksek sermayeli yatırımları ve farklı görüşlere sahip olan birçok paydaşı ve karar vericiyi içerir. Bu sebeplerle ÇKKV yöntemleri, enerji alanında karar vermede oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır [160-162].

ÇKKV yöntemleri, tüm kriterleri göz önünde bulundurarak karar vericilere holistik bir bakış açısı sunar. Karar vericilere kullanışlı ve anlaşılır bilgiler sunarak kolay karar verebilmelerini ve aldıkları kararların daha isabetli olmasını sağlar. Tüm ÇKKV yöntemlerini temel amacı; daha kesin ve daha genel kabul gören temellere dayanan, bilimsel bir karar verme süreci oluşturmaktır.

Yapılan bir çalışmaya göre; 2012 ile 2016 yılları arasında enerji alanındaki uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan ÇKKV yaklaşımları sırasıyla AHS, AAS, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR ve DEMATEL yöntemleridir [5]. 2017 ile 2020 yılları arasında enerji alanındaki uygulamalarda yaygın olarak kullanılan ÇKKV yaklaşımları ise Tablo 3.1'de gösterildiği gibidir. Bu tablodaki verilere scopus veri tabanından aşağıdaki anahtar kelimelerin kullanılması ile 'keyword' özelinde arama yapılarak ulaşılmıştır.

Tablo 3.1'deki veriler elde edilirken:

- AHS için “energy”, “mcdm” ve “AHP”,
- AAS için “energy”, “mcdm” ve “ANP”,
- TOPSIS için “energy”, “mcdm” ve “TOPSIS”,
- PROMETHEE için “energy”, “mcdm” ve “PROMETHEE”,
- VIKOR için “energy”, “mcdm” ve “VIKOR”,
- DEMATEL için “energy”, “mcdm” ve “DEMATEL”,
- ELECTRE için “energy”, “mcdm” ve “ELECTRE”

anahtar kelimeleri ‘and’ ile birleştirilerek kullanılmıştır. ELECTRE yöntemine ait bir sonuç bulunamamıştır. Diğer yöntemlere ait sonuçlar Tablo 3.1’de gösterildiği gibidir.

**Tablo 3.1** 2017 ile 2020 Yılları Arasındaki Enerji Alanında ÇKKV Tekniklerine Dayalı Yayınların Sayısı

YIL	AHS	AAS	TOPSIS	PROMETHEE	VIKOR	DEMATEL
2020	3	0	1	1	1	0
2019	7	2	6	2	2	2
2018	8	4	6	0	2	0
2017	6	0	5	0	4	0

Enerji talebinde halihazırda yaşanan ve ivmeli bir şekilde devam etmesi öngörülen artış, diğer kaynakların sonlu yapısı ve bu tez çalışmasında aktardığımız diğer birçok neden, yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji talebini karşılamayı ön plana çıkarmaktadır. Enerji kaynakları ve üretim yöntemleri arasından en uygun olanı seçip karar verme ve politika oluşturma ülkeler için oldukça kritik bir konudur. Birden çok enerji üretim alternatifi arasından, birçok kriter göz önüne alınarak

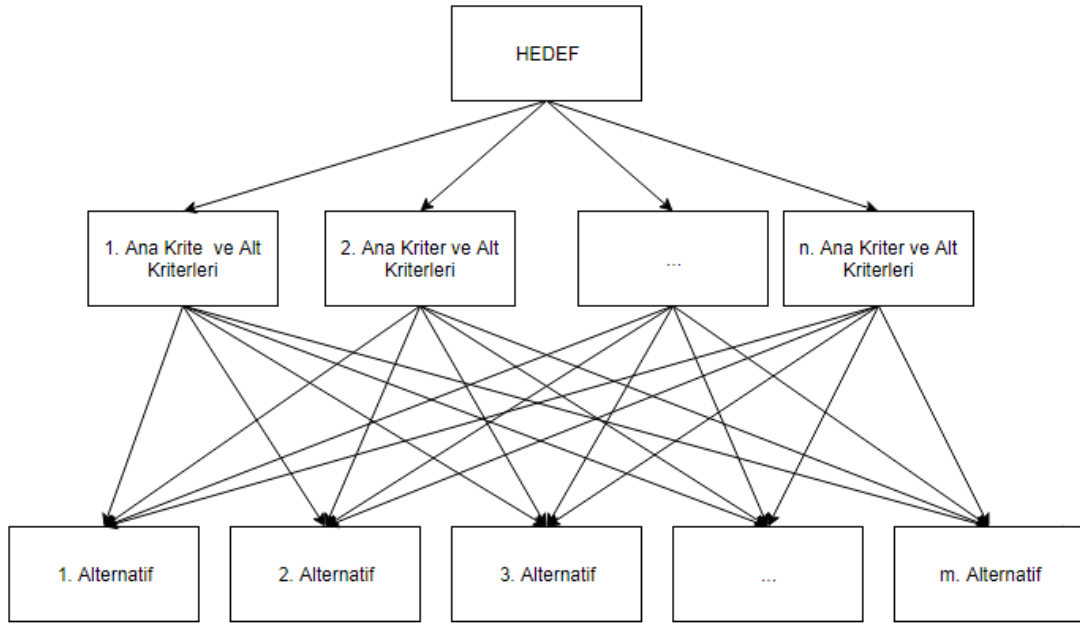
alternatiflerin en doğru bir şekilde değerlendirilip, bilimsel, gerçekçi ve tutarlı sonuçların karar vericilerin önüne konulması, geliştirilen ÇKKV yöntemleri ile sağlanır. ÇKKV yöntemleri, alternatifleri değerlendirirken karar vericiler tarafından bilimsel araçlar olarak etkin bir şekilde kullanılır. Enerji alternatiflerinin birbirlerine karşı değerlendirilmesi ve kıyaslanması için bu yöntemler literatürde sıkça kullanılmaktadır [5] .

Geleneksel ÇKKV yöntemleri, dilbilimsel ifadelerdeki belirsizliği gidermek için yetersiz görüldüğünde, daha hassas sonuçlar elde etmek için Bulanık ÇKKV yöntemleri uygulanabilir. Burada, literatürde enerji alanında son yıllarda en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerini kısaca açıklayacağız. Bu yöntemleri şu şekilde gruplandırabiliriz [5];

- Karar vermede kullanılan MCDM yöntemlerini ikili karşılaştırma tabanlı yöntemler; AHS ve AAS,
- Mesafeye dayalı yöntemler; TOPSIS ve VIKOR,
- Sıralama yöntemleri; ELECTRE ve PROMETHEE,
- Diğer yöntemler; DEMATEL, Choquet Integral

### **3.1.1 AHS**

Analitik Hiyerarşi Süreci, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bir ÇKKV tekniğidir [163]. AHS'de ağırlıklar ve puanlamalar ikili karşılaştırmalarla yapılarak elde edilir. Bu yöntemde, kriterler ve alternatifler arasında bağımsızlık olduğu varsayılır. AHS'de problem; hedef, kriterler ve alternatifleri içeren 3 seviyeli bir hiyerarşik bir yapı olarak oluşur. Hedef en üst seviyede yer almaktadır, ana kriterler ve alt kriterler orta seviyededir ve alternatifler en alt seviyededir. Şekil 3.1'de bu hiyerarşik yapı gösterilmektedir.



**Şekil 3.1** AHS Yapısı

AHS'de eşli karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Kriterler ve alternatifler için uzman değerlendirmelerine başvurularak oluşturulmuş bu matrislerde, klasik AHS yönteminde net sayılar, Bulanık AHS yönteminde bulanık sayılar kullanılır. Başvurulan uzman sayısı artırılarak ve Bulanık AHS kullanılarak daha doğru sonuçlara ulaşılabilir. Alternatiflerin ağırlıkları bir dizi matematiksel işlemlerin sonucu olarak hesaplanır ve en yüksek ağırlığa sahip olan alternatif en iyisi olarak seçilir. AHP yönteminin avantajları olarak şunlar sıralanabilir [5];

- Karmaşık matematiksel işlemler içermez,
- Her bir kritere daha iyi odaklanmasına izin veren hiyerarşik bir yapıya dayanır.

Bu sebeple AHS yöntemi, enerji alternatifleri arasında karar verme problemleri için en uygun ve son yıllarda en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir [5]. Avantajlarının yanı sıra, bu yöntemin bazı dezavantajları da vardır. Bunlar şu şekilde sıralanabilirler [5];

- 1'den fazla karar vericinin dahil edilmesi, problemi daha karmaşık hale getirebilir,

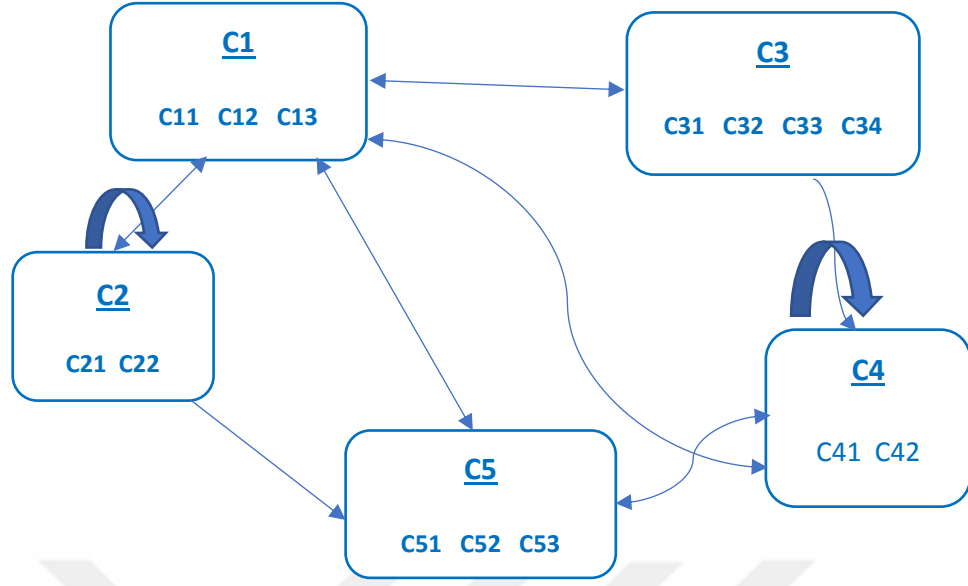
- 1'den fazla karar vericinin katılması, puanlamalardaki tutarlılık için zorluk oluşturabilir,
- Amaçlar ve alternatifler arasında bir bağlantı-bağımlılık olması yanlış sonuçlara varılmasına yol açabilir.

### 3.1.2 AAS

Karar verme problemleri her zaman hiyerarşik yapıda olmazlar. Kriterler ve alternatifler de birbirlerine bağımlı olması durumunda Saaty'nin [164] geliştirdiği, AHS yönteminin genişletilmiş bir versiyonu olan AAS yöntemine başvurulur. AAS karar verme sistemindeki her türlü etkileşimi, bağımlılığı ve geri bildirimini göz önünde bulundurup değerlendirmeye olanak sağlar. Yani, karmaşık etkileşimler içeren karar verme problemlerinin herhangi bir hiyerarşiye bağlı kalmadan ağ yapısı ile kolayca ifade edilebilmesini, birbiri ile etkileşimde olan tüm alt kriterlerin bağımsız olarak karşılaştırılabilmesini sağlar ve böylece, karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve gerçekçi çözümler sunar [165-167]. AAS'de alternatif ve kriterler arasındaki ilişki çok yönlü ve komplekstir. Örneğin, AHS'de sadece kriter önemleri alternatif önemlerini belirlerken, AAS'de alternatiflerin önemleri de kriter önemlerini etkileyebilir [166, 168]. Alternatif ve kriterler arasındaki çok yönlü ilişkiler oklarla gösterilir ve okların yönü bağımlılığı ifade eder [166, 168].

- İki düğüm arasındaki bağımlılık, "dış bağımlılık" olarak isimlendirilir ve iki yönlü ok ile gösterilir.
- Bir düğüm içindeki elemanlar arasındaki bağımlılıklar, "iç bağımlılık" olarak isimlendirilir ve bir ok ile gösterilir [168, 169].

Şekil 3.2, AAS'nin yapısını göstermektedir.



**Şekil 3.2** AAS Yapısı

AAS sağladığı mantıklı ve sistemli yaklaşım ile karmaşık ağ yapısını çözebilmek için geliştirilmiş bir yöntemdir [168, 170, 171]. AAS'de bir karar verme problemine ait tüm bileşenler ve bunlar arasındaki ilişkiler tanımlanır. Problem, ağ yapısı kullanılarak modellenmekte, bu esnada tüm kriter kümelerindeki (aynı kümeye ait veya değil) alt kriterler arasındaki bağımlılıklar ve her kriter kümesindeki alt kriterler arasındaki o kümeye ait içsel bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır. İçsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle ANP metodu, karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözümlenmesini sağlamaktadır [166, 172]. AAS yönteminde ağırlıklandırılmamış süper matris, ağırlıklandırılmış süper matris ve limit matris olmak üzere üç tür matris kullanılır [165];

- Ağırlıklandırılmamış süper matris; ikili karşılaştırmalar sonucu her bileşenin göreceli önem vektörünü veren matristir.
- Ağırlıklandırılmış süper matris; ağırlıklandırılmamış matristeki değerlerin, ilgili bileşenin içinde yer aldığı kümenin ağırlığı ile çarpılması sonucu elde edilen değerlerin oluşturduğu matristir.

- Limit matris; ağırlıklandırılmış süper matrisin limiti alınarak, bileşenlerin görelî önem değerlerinin yakınsadıkları değerlerin elde edildiği matristir. Karar probleminin sonuçları bu matrîsten elde edilir

AAS yönteminin uygulama adımları Şu Şekilde sıralanabilir [166, 173];

**1.Adım:** Karar Probleminin Tanımlanması ve Modelin Kurulması

**2.Adım:** İlişkilerin Belirlenmesi

**3.Adım:** Kriterler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması ve Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

**4.Adım:** Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Analizlerinin Yapılması ve Tutarlılık Oranlarının Kabul Edilebilir Seviyede Olması

**5.Adım:** Süper Matrisin Oluşturulması

**6.Adım:** En İyi Alternatifin Seçimi

### 3.1.3 ELECTRE

Alternatiflerin performanslarına göre birbirleriyle kıyaslanarak seçim yapılması temeline dayanan ELECTRE yöntemi, ÇKKV yöntemlerinden biridir. İlk kez 1966 yılında Benayoun [174] tarafından kullanılan ELECTRE yöntemi, alternatifler arasında üstünlük ilişkisi kurabilmek için uyum ve uyumsuzluk indekslerinin hesaplanmasına dayanır. ELECTRE, hem niceliksel hem de niteliksel ayrık kriterleri ele almayı ve karar verme sürecinde alternatifleri sıralamayı sağlayan bir ÇKKV tekniğidir. Bu yöntem, alternatifler arasındaki baskınlık ilişkilerine odaklanır ve alternatifler arasında ikili karşılaştırma matrisini kullanır. ELECTRE I, II, III ve IV yöntemleri farklı karar verme problemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Kriterlerin hem nicel hem de nitel özellikleri ELECTRE'nin en temel avantajlarından biri olarak kabul edilir. ELECTRE yöntemi yalnızca tercihe dikkat eder ve alternatifleri sıralarken alternatifler arasındaki fark düzeyini göz ardı eder [5]. ELECTRE yöntemi, tüm alternatiflerin bütün mümkün çiftlerini her bir kriter



açısından karşılaştırır ve alternatiflerin kriterler bazında değerlerini gösterir. ELECTRE yönteminin işlem adımları şu şekilde sıralanır [2];

- 1. Adım:** Problemin Tanımlanması
- 2. Adım:** Kriterlerin Tanımlanması
- 3. Adım:** Alternatiflerin Belirlenmesi
- 4. Adım:** Karar Matrisinin (A) Oluşturulması
- 5. Adım:** Karar Matrisinin Normalleştirilmesi
- 6. Adım:** Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması
- 7. Adım:** Uyum ve Uyumsuzluk Kümelerinin Belirlenmesi
- 8. Adım:** Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması
- 9. Adım:** Toplam Üstünlük Matrisinin Belirlenmesi

### 3.1.4 TOPSIS

Hwang ve Yoon tarafından önerilen bir tekniktir. Bu yöntem, alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümlere mesafelerini kullanarak en iyi alternatifi belirler. TOPSIS yöntemi ile, pozitif ideal çözüme yakınlık ve negatif ideal çözümden uzaklık olarak adlandırılan bir yakınlık endeksi hesaplanır. Yöntemin adımlarının sonunda, en yüksek yakınlık değerine sahip olan alternatif, en iyi alternatif olarak seçilir [5]. Pozitif ideal çözüm, ele alınan problemle ilgili toplam faydayı maksimize ederken aynı zamanda toplam maliyeti minimize eden çözümdür. Tersine olarak, negatif ideal çözüm faydayı minimize ederken toplam maliyeti maksimize eden çözümdür [175]. TOPSIS yöntemi, ELECTRE yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir. ELECTRE yöntemi alternatiflerden birinin diğerine olan üstünlüğüne göre elemeleri yaparken, TOPSIS ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak alternatifi en iyi alternatif olduğunu söyler. TOPSIS yönteminde, optimum alternatifi çözüm noktası, diğer alternatifler arasında, pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafededir [176]. TOPSIS yöntemi, alternatiflerin yakınlık

endeksini, uygun bir yöntemle (AHS-AAS) elde edilen kriter ağırlıklarını kullanarak hesaplar ve alternatifleri önceliklerine göre sıralar. Bu yöntemin adımları şu şekildedir [2];

- 1. Adım:** Problemin Tanımlanması
- 2. Adım:** Kriterlerin Tanımlanması
- 3. Adım:** Alternatiflerin Belirlenmesi
- 4. Adım:** Karar Matrisinin (A) Oluşturulması
- 5. Adım:** Karar Matrisinin Normalleştirilmesi
- 6. Adım:** Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması
- 7. Adım:** İdeal ( $A^*$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Belirlenmesi
- 8. Adım:** Ayırma Ölçümünün Hesaplanması
- 9. Adım:** İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması
- 10. Adım:** Alternatiflerin Sıralanması

### **3.1.5 PROMETHEE**

PROMETHEE Yöntemi, 1982 yılında Brans tarafından geliştirilen bir yöntemdir. PROMETHEE, belirlenen kriterler çerçevesinde en iyi alternatifin seçilmesi için geliştirilmiş olan ÇKKV yöntemlerinden biridir.

Literatürdeki diğer önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan yola çıkarak geliştirilmiştir. Basit, açık ve dengeli bir yöntem oluşu, ÇKKV yöntemleri arasında en etkili ve en kolay yöntemlerden biri olmasını ve dolayısıyla kullanımının yaygınlığını sağlar [2, 5]. PROMETHEE yönteminin PROMETHE I ve PROMETHEE II gibi bazı versiyonları vardır. PROMETHEE I alternatiflerin kısmi sıralaması için kullanılır, tam bir sıralama vermez. Alternatifleri negatif ve pozitif akımlarına göre karşılaştırarak yerlerini belirler. PROMETHEE II

ise alternatiflerin tam sıralaması için kullanılır, alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanır [177]. PROMETHEE yöntemlerinin başarısı matematiksel özelliklerinden ve kullanışlılıklarından kaynaklanmaktadır. Bu yöntem, çeşitli kriterler açısından değerlendirilen alternatiflerin ikili olarak karşılaştırılmasına dayanır. Bu kriterler maliyet veya fayda kriteri olabilir. Alternatiflerin güçlü ve zayıf yönlerini hesaplayarak bir tercih indeksine göre sıralama yapılmasını sağlar [122]. Ayrıca, her kriter için 0 ila 1 arasında değişen bir tercih derecesi almak üzere bir tercih fonksiyonu kullanılır [5]. PROMETHEE yönteminin işlem adımları şu şekildedir [2];

**1. Adım:** Problemin Tanımlanması

**2. Adım:** Kriterlerin Tanımlanması

**3. Adım:** Alternatiflerin Belirlenmesi

**4. Adım:** Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

**5. Adım:** Her Kriter için Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi

**6. Adım:** Birleştirilmiş Tercih İndekslerinin Belirlenmesi

**7. Adım:** Pozitif ve Negatif Üstünlüklerin Belirlenmesi

**8. Adım:** PROMETHEE I ile Kısmi Önceliklerin Belirlenmesi

**9. Adım:** PROMETHEE II ile Net Önceliklerin Belirlenmesi

### **3.1.6 DEMATEL**

DEMATEL yöntemi kriterler arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılır [5]. Kriterleri, ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi açısından öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır [178]. En önemli avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır [179]. DEMATEL metodu birbirini takip eden 5 adımdan

oluşmaktadır. 5. adım sonunda elde edilen etki-yönlü graf diyagramı ile çözüme ulaşılır. DEMATEL yönteminin işlem adımları şu şekilde sıralanır [179];

**1.Adım:** Direk ilişki matrisinin oluşturulması

**2.Adım:** Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi belirlenmesi

**3.Adım:** Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

**4.Adım:** Gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplanması

**5.Adım:** Eşik değerinin ayarlanması ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesi.

### 3.1.7 VIKOR

ÇKKV literatüründeki uzlaşık çözüm tekniklerinden biri olan VIKOR yöntemi 1998'de Opricovic [180] tarafından önerilmiş olup ÇKKV literatüründe ilk kez Opricovic ve Tzeng'in [152] 2004 yılındaki çalışmasında kullanılmıştır. VIKOR yöntemiyle elde edilen uzlaşık çözüm  $\min S_{ij}$  ile gösterilen çoğunluğun maksimum grup faydasını ve  $\min R_{ij}$  ile ifade edilen, karşıt görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını sağladığından karar vericiler açısından tatmin edici bir çözüm olmaktadır [181]. VIKOR yönteminin adımları şu şekilde sıralanır [182];

**1.Adım:** Kriterlerin en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerlerinin hesaplanması

**2.Adım:**  $S_j$  ve  $R_j$  ( $j=1, \dots, J$ ) değerlerinin hesaplanması

**3.Adım:**  $Q_j$  ( $j=1, \dots, J$ ) değerlerinin hesaplanması

**4.Adım:** Uzlaşık çözüm için Alternatiflerin sıralanması

Enerji alternatiflerinin seçiminde kullanılan diğer ÇKKV yöntemleri olarak DEA, Gri İlişkisel Analiz, BOCR, SAW yöntemleri sıralanabilir [5]. Bu yöntemlerin her birinin dezavantajları ve avantajları vardır. Probleme en uygun yöntemi seçmek önemlidir. ÇKKV tekniklerinin alternatiflerin sıralanmasını ve çeşitli kriterler açısından

değerlendirerek aralarından en uygun-optimal olanının seçilmesini sağlayan çok faydalı araçlar olduğu görülmektedir [5].

Enerji tabanlı problemleri değerlendirirken 2 veya daha fazla farklı ÇKKV tekniğinden oluşan entegre ÇKKV modelleri de tercih edilmektedir. Literatürde VIKOR ve TOPSIS [183]; AHS ve PROMETHEE [184]; Bulanık Delphi Yöntemi ve AAS [185]; PROMETHEE ve ELECTRE [186]; MULTIMOORA ve TOPSIS [156]; COPRAS ve AHS [187] ; SAW, TOPSIS ve COPRAS [188]; DEMATEL, DAAS ve SAW [189] ; AHS ve TOPSIS [190]; DEMATEL, AAS ve VIKOR [191] vb. yöntemlerinin birleşim örneklerine rastlanmaktadır. Analiz sonuçları en yaygın yöntemin tek başına veya diğer ÇKKV yöntemleriyle birlikte kullanılabilir AHP olduğunu göstermektedir. Artan enerji talebi ve ayaklanan çevre sorunlarının etkileri nedeniyle, literatür, son yıllarda genellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin ÇKKV uygulamalarını içermektedir. Ayrıca, enerji planlaması en ilgi çekici konulardan biri olduğu için enerji ile ilgili ÇKKV çalışmaları son yıllarda artmıştır ve artan nüfus ve sanayi faaliyetleri nedeniyle önümüzdeki yıllarda da artacağı beklenmektedir [5].

### 4.1 Bulanık Kümeler

Bulanık küme teorisi, Klasik Küme Teorisinin genişletilmiş halidir [7] ve Zadeh tarafından 1965 yılında geliştirilmiştir [8]. Klasik kümelerde insana özgü nitelikler ya da göreceli kavramlar kümeler ile ifade edilemez, üye olma ya da üye olmama durumu nettir. Bulanık kümeler ise buna imkân tanımaktadır. Bulanık kümeler; akıllı sistemler ve doğrusal olmayan karmaşık sistemlerin modellenmesi için temel araçlardır. Bulanık kümeler ve bulanık mantık, amaçlarının beynin kesin olmayan bilgiyi nasıl manipüle ettiğini modellemek olduğu bulanık sistemler için temel oluşturur [7]. Bulanık mantık yaklaşımıyla yapılan değerlendirmelerde, değerleri doğal veya yapay bir dilde kelimeler veya cümleler olan dilsel değişkenler kullanılmaktadır [9]. Bu dilsel değişkenler, literatürde kullanılan üçgen, yamuk, S-şekilli üyelik fonksiyonları gibi çeşitli haritalama fonksiyonlarını kullanan bulanık kümeler ile karakterize edilir [192]. Gerçek hayatta problemlerin değerlendirme ve analiz sürecinde farklı belirsizlik kaynakları vardır. Kesin olmayan doğal bilgi durumundan kaynaklanan beş belirsizlik türü şunlardır: ölçüm, süreç, model, tahmin, uygulama belirsizliği [7]. Bulanık mantık ile bu belirsizliklerin etkileri azaltılmaya ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmeye çalışılır. Daha sonra, bulanık küme teorisi, gerçek hayatı daha iyi temsil edebilmek için yeni bulanık küme türleri geliştirilerek genişletildi. Örneğin; birden fazla belirsizlik kaynağının bulunduğu durumlarda, literatürde daha iyi modelleme için bulanık kümelerin yeni genellemeleri önerilmiştir. Rodriguez [193] bu genellemeleri şöyle sıralamaktadır: Tip-2 Bulanık Kümeler, SBK'ler ve Çok Üyelikli Bulanık Kümeler.

### 4.2 Bulanık Karar Verme

Dil değişkenlerinin benimsenmesi son zamanlarda yaygınlaştı [194]. Bulanık mantık, dilsel problemlerin belirsizliğini matematiksel olarak temsil etmek üzere

tasarlanmıştır [7]. Bulanık kümeler bilginin daha doğal bir şekilde temsil edilmesini sağladığı ve böylece gerçek dünyadaki problemlerin çözümünü daha güçlü hale getirdiği için son yıllarda akademi ve iş dünyasında ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Mühendislik ve karar problemleri ile ilgili literatürdeki birçok net analiz yöntemleri, bulanık kümeler kullanılarak genişletilmiştir. Karar vericiler, kriterler ve alternatifleri değerlendirirken kesin sayılara nazaran daha kolay tanımlama için dilsel ifadeleri tercih ederler [10]. Ayrıca, karar vericilerin ifadelerindeki belirsizlikler kadar, bilgilerin belirsizliği ve bilgiye ulaşamama durumları nedeniyle, çoğu zaman alternatiflerin kriterler açısından değerlendirilmesinde sayısal değerler belirlemek ve tam bir değerlendirme yapmak zordur. Bu sebeplerle, ÇKKV yöntemleri de diğer birçok alandaki yöntemlerde olduğu gibi, belirsizliği temsil etmek için bulanık kümeleri içerecek şekilde genişletilmiştir [11, 12]. ÇKKV yöntemlerinde, alternatiflerin kriterlere göre uygunluğu ve kriterlerin önem dereceleri, bulanık sayılarla temsil edilen dilsel değerler kullanılarak değerlendirilebilir [13]. Yani, karar vericiler ya da uzmanlar tarafından kullanılan subjektif dilsel ifadeler ve değerlendirmeler, bulanık mantık yardımıyla sayısal veriler haline getirilmektedir [14]. ÇKKV yönteminin bulanık mantık yaklaşımı ile (BÇKKV) genişletilmesiyle daha isabetli, verimli, gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi sağlanmış ve süreç optimize edilmiştir. BÇKKV yöntemlerinde sonuçlar elde edilirken, insan yargılarından ve yetersiz veriden kaynaklanan bulanıklığın etkileri minimize edilmiştir.

Yapılan bir çalışmaya göre; 2006 ile 2017 yılları arasında enerji alanında karar verme problemlerinde bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanımında artış görülmektedir [6]. Tablo 4.1 ise, 2018 ile 2020 yılları arasında bu alanda yapılan yayınların yıllara göre sayısını vermektedir. Bu tablodaki verilere, scopus veri tabanından “energy”, “mcdm” ve “fuzzy” anahtar kelimeleri ‘and’ ile birleştirilip ‘keyword’ özelinde arama yapılarak ulaşılmıştır.

**Tablo 4.1** Literatürde Enerji Alanında Uygulanan BÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yayınların Sayısı

Yıl	2018	2019	2020
Yayın Sayısı	12	15	4

Yapılan bir çalışmaya göre; 2010 ile 2017 yılları arasında, literatürde ÇKKV yöntemleri ile enerji alternatiflerinin seçiminde en çok kullanılan bulanık yaklaşımların tip-1 bulanık kümeler, tip-2 bulanık kümeler, SBK'ler ve çok üyelikli bulanık kümeler olduğu görülmüştür [6]. Bunun devamı olarak ise Tablo 4.2, 2018 ile 2020 yılları arasında enerji alanında bulanık ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan yayınlarda kullanılan bulanık küme ve ÇKKV yöntemlerinin sayısını göstermektedir. Bu tablodaki verilere, scopus veri tabanından aşağıdaki anahtar kelimelerin kullanılması ile 'keyword' özelinde arama yapılarak ulaşılmıştır.

Bulanık ÇKKV metodları kısmında;

- AHS için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "ahp",
- AAS için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "anp",
- TOPSIS için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "TOPSIS",
- ELECTRE için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "ELECTRE",
- VIKOR için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "VIKOR",
- DEMATEL için "energy", "mcdm" "fuzzy" ve "DEMATEL"

anahtar kelimeleri 'and' bağlacı ile birlikte kullanılarak Tablo 4.2'deki verilere ulaşılmıştır. ELECTRE yöntemine ait bir sonuç bulunamamıştır.

Bulanık küme çeşitleri kısmında;

- Tip-1 için "energy", "mcdm" ve "fuzzy",
- Tip-2 için "energy", "mcdm" ve "type-2",
- Çok üyelikli için "energy", "mcdm" ve "hesitant",



- Sezgisel için “energy”, “mcdm” “intuitionistic”

anahtar kelimeleri ‘and’ bağlacı ile birlikte kullanılarak Tablo 4.2’deki verilere ulaşılmıştır. Tip-2 bulanık kümeler için bir veri bulunamamıştır. Tip-1 bulanık kümeler için ise belirtilen anahtar kelimeler ile yapılan aramada çıkan çalışmalar tek tek incelenerek sonuç elde edilmiştir.

Enerji türleri kısmında:

- Yenilenebilir için “energy”, “mcdm”, “fuzzy” ve “renewable” anahtar kelimeleri ‘and’ bağlacı ile birlikte kullanılarak Tablo 4.2’deki verilere ulaşılmıştır.
- Yenilenemez için “energy”, “mcdm” ve “fuzzy” anahtar kelimeleri ‘and’ bağlacı ile birlikte kullanılarak elde edilen verilerden yenilenebilir kısmında elde edilen veriler çıkartılmıştır. Bu şekilde Tablo 4.2’deki verilere ulaşılmıştır.

**Tablo 4.2** 2018 ile 2020 Yılları Arasında Enerji Alanında Bulanık ÇKKV Yöntemleri İle İlgili Yapılan Yayınlarda Kullanılan Bulanık Küme ve ÇKKV Yöntemleri Hakkında Sayısal Veri

	ENERJİ TÜRLERİ		BULANIK ÇKKV METODLARI							BULANIK KÜME ÇEŞİTLERİ			
	Yenilenebilir	Yenilenemez	AHS	AAS	TOPSIS	PROMETHEE	VIKOR	DEMATEL	DİĞER	TİP-1	ÇOK ÜYELİKLİ	SEZGİSEL	DİĞER
2020	2	2	2	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0
2019	6	9	4	0	3	1	2	1	2	11	2	2	1
2018	9	3	3	1	6	0	0	0	2	11	0	0	0

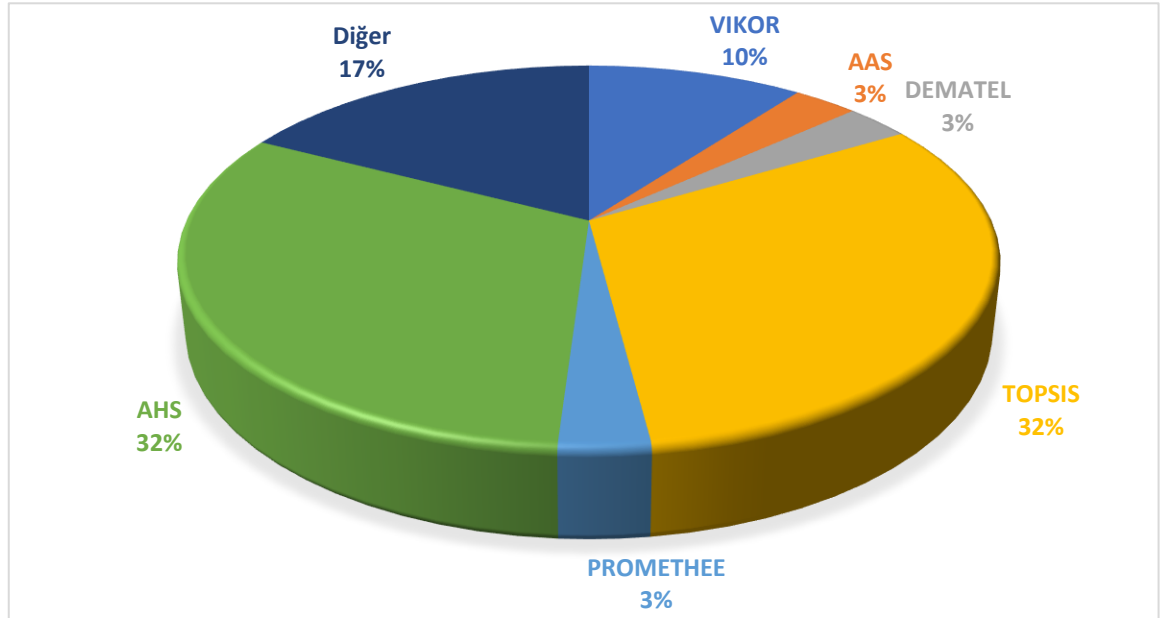
1) Tip-1 Bulanık Kümeler: Bir kümenin her elemanı bir üyelik fonksiyonu tarafından tanımlanan ve  $[0, 1]$  aralığında herhangi bir değeri alabilen bir üyelik derecesine sahiptir [8]. Bulanıklığı direkt modellemekte yetersiz olmakla birlikte işlem kolaylığı sağlamaktadır.

2) Tip-2 Bulanık Kümeler: Üyelik fonksiyonları ile ilgili belirsizliği tanımlarında içerirler [195, 196].

3) Sezgisel Bulanık Kümeler: Bulanık kümeleri belirsizlik derecesi olarak adlandırılan ek bir dereceye kadar uzatan bulanık kümelerdir [197]

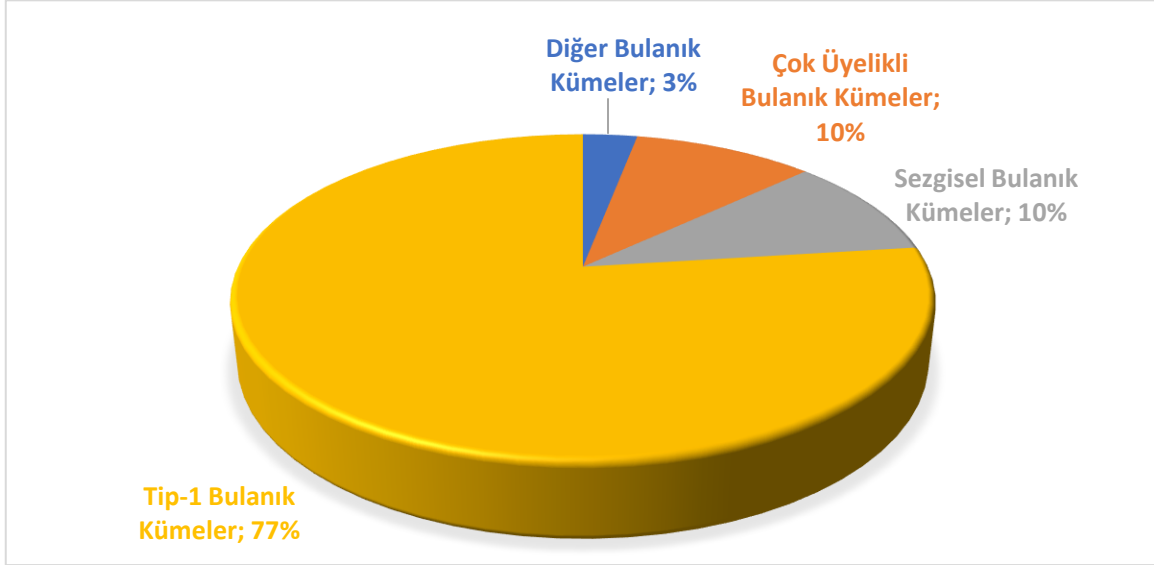
4) Çok Üyelikli Bulanık Kümeler: Bulanık bir elemanın üyeliğinin tanım sürecinde bir dizi değer mümkün olduğu durumları yönetmeye çalışır [198].

Yapılan bir çalışmadan elde edilen veriler ışığında [6], 2010 ile 2017 yılları arasında enerji alanında bulanık ÇKKV yöntemleri ile ilgili yayınlarda kullanılan ÇKKV türlerinin yüzdesel dağılımı Şekil 4.1'de gösterilmektedir. %32 ve %27 oranları ile sırasıyla AHS ve TOPSIS yöntemleri ilk sırada yer almaktadırlar. Devam eden yıllarda da bu eğilim devam etmektedir.



**Şekil 4.1** 2018 ile 2020 Yılları Arasında Enerji Alanında Bulanık ÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yapılan Yayınların Dağılımı

Aynı çalışmadan elde edilen bir diğer veri olarak, 2010 ile 2017 yılları arasında enerji alanında bulanık ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan yayınlarda kullanılan bulanık küme türlerinin yüzdesel dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmektedir. %68 ve %9 oranları ile sırasıyla Tip-1 Bulanık Kümeler ve SBK’ler ilk sırada yer almaktadırlar.



**Şekil 4.2** 2018 ile 2020 Yılları Arasında Enerji Alanında Bulanık ÇKKV Yöntemleri ile İlgili Yapılan Yayınlarda Kullanılan Bulanık Küme Türlerinin Yüzdesel Dağılımı

Bu bulanık küme çeşitlerinin ÇKKV yöntemleriyle çeşitli kombinasyonları problemlere uygulanmaktadır. Ayrıca, bir problemin çözümünde, birden çok ÇKKV yöntemi, uygun bir bulanık mantık yaklaşımı ile birleştirilerek sıkça kullanılmaktadır.

#### 4.2.1 Tip- 1 (Klasik) Bulanık Kümeler

Tip-1 Bulanık Kümeler’de [8], bir kümenin her elemanı bir üyelik fonksiyonu tarafından tanımlanan ve  $[0, 1]$  aralığında herhangi bir değeri alabilen bir üyelik derecesine sahiptir. Mendel ve John [199], Tip-1 Bulanık Kümeler’in üyelik fonksiyonlarının iki boyutlu olduğunu belirtmiştir. Tip-1 Bulanık Kümeler belirsizlikleri doğrudan modelleyemezler, çünkü üyelik fonksiyonları kesin sayılardır.

Bir  $X$  evrensel kümesinde  $X$ 'in bir bulanık alt kümesi olan  $\tilde{A}$  üyelik fonksiyonu  $f_{\tilde{A}}(x)$  ile tanımlanır;  $\forall x \in X$  için  $f_{\tilde{A}}(x)$  olmak üzere,  $f_{\tilde{A}}(x)$   $x$ 'in  $\tilde{A}$ 'daki derecesini gösterir. Bir kümeye ait elemanın derecesi yani Tip-1 Bulanık Kümeler'in üyelik fonksiyonları, 0 ile 1 arasında değişen kesin sayılardır. Eğer  $x$  tamamen  $\tilde{A}$ 'ya aitse,  $f_{\tilde{A}}(x)=1$ 'dir; eğer tamamen  $\tilde{A}$ 'ya ait değilse,  $f_{\tilde{A}}(x)=0$ 'dır.  $f_{\tilde{A}}(x)$  değerinin yüksek olması  $x$ 'in  $\tilde{A}$ 'daki üyelik derecesinin fazla olduğu anlamına gelir [200].  $X$ , sürekli ve kesikli olabilen  $x$  ile simgelenen nesnelere toplamı olsun.  $X$ , 'örnek uzay' olarak adlandırılır ve  $x$ ,  $X$ 'in elemanını temsil eder. Bulanık sayılarla ilgili temel özellikler aşağıdaki gibidir [201]:

Bulanık küme,  $X$  örnek uzayındaki bulanık bir  $F$  kümesi  $[0,1]$  aralığında değerler alan  $\mu_F$  ile gösterilir ve bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir, yani  $\mu_F : X \rightarrow [0,1]$  'dir. Bulanık küme, üyelik fonksiyonu yalnızca iki değer  $\{0,1\}$  alan sıradan bir küme kavramının genelleştirilmiş hali olarak görülebilir. Bu yüzden  $X$ 'teki bulanık küme  $F$ ,  $x$  genel elemanın ve üyelik fonksiyon derecesinin sıralı çiftlerinin bir kümesi olarak gösterilebilir:

$$F = \{(x, \mu_F(x)) | x \in X\} \quad (4.1)$$

Eğer  $X$  sürekli ise  $F$  bulanık kümesi;

$$F = \int x \mu_F(x) / x \quad (4.2)$$

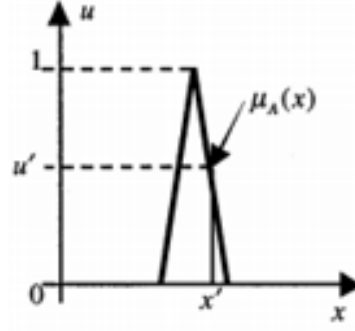
şeklinde gösterilir.

Eğer  $X$  kesikli ise  $F$  bulanık kümesi;

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_F(x_i) / x_i \quad (4.3)$$

şeklinde gösterilir.

Şekil 4.3, tip-1 üyelik fonksiyonunun koordinat düzlemindeki temsildir ve 2 boyutludur. İki veya daha fazla belirsizlik kaynağının aynı anda görüldüğü belirsiz bilgileri ele almak için, Tip-1 Bulanık Kümeler'in modelleme araçları sınırlıdır. Bu nedenle, zamanla bulanık kümelerin farklı uzantıları geliştirilmiştir.



**Şekil 4.3** Tip-1 Üyelik Fonksiyonu [202]

#### 4.2.2 Tip-2 Bulanık Kümeler

Zadeh [203] tarafından önerilen Tip-2 Bulanık Kümeler'de üyelik değerleri de bulanık sayılar olduğu için belirsizliğin daha iyi bir şekilde modellenmesinde kullanılmaktadırlar. Bir elementin üyelik derecesini kesin olarak atamanın zor olduğu durumlar için Tip-2 Bulanık Kümeler, Tip-1 Bulanık Kümeler'den daha uygundur ve daha doğru çözümler sunmaktadır. Kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalar ölçülebilir birimlere dayanmadığı için ÇKKV problemlerinde karar vericiler genellikle kriter değerlendirmesi için aralıkları atamayı tercih ederler. Örneğin, "kriter 1, kriter 2'den biraz daha güçlüdür" ifadesi, Tip-2 Bulanık Kümeler'ile daha kolay gösterilebilir [204]. Tip-2 Bulanık Kümeler üyelik fonksiyonları da kendileri gibi bulanık sayılar olduğundan, Tip-2 Bulanık Kümeler'i bu tür belirsizlikleri daha iyi modelleyebilirler. Tip-2 Bulanık Kümeler, kural tabanlı bulanık mantık sistemlerindeki belirsizliklerin etkilerinin modellenmesine ve minimize edilmesine izin verir [199]. Tip-1 Bulanık Kümeler'in üyelik fonksiyonları iki boyutlu iken Tip-2 Bulanık Kümeler'in üyelik fonksiyonları üç boyutludur. Belirsizliklerin doğrudan modellenmesini mümkün kılan ek serbestlik dereceleri, tip 2 bulanık kümelerin yeni üçüncü boyutudur [199, 205]. Tip-2 Bulanık Kümeler, üyelik fonksiyonunun alt üyelik fonksiyonu ve üst üyelik fonksiyonu ile karakterize edilmesine izin verir. Bu iki fonksiyon da bir tip 1 bulanık küme üyelik fonksiyonu ile temsil edilebilir [7]. Tip-2 Bulanık Kümeler'e ait literatürdeki kurallar aşağıdaki gibidir [202] :

$\tilde{A}$  ile gösterilen bir Tip-2 Bulanık Kümesi  $x \in X$  ve  $u \in J_x \subseteq [0,1]$  olan bir Tip-2 üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x,u)$  ile ifade edilmektedir [7].

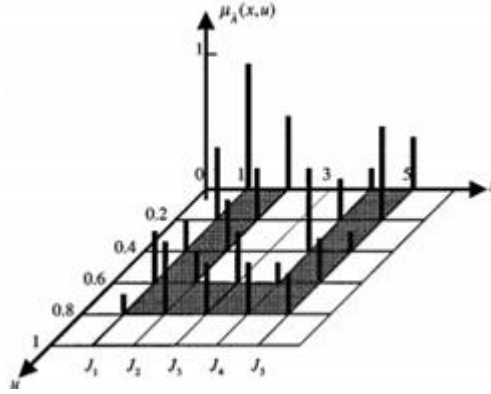
$$\tilde{A} : \{(x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1], 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1\} \quad (4.5)$$

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1$$

$\tilde{A}$  Tip-2 Bulanık Kümesi aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir:

$$\int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u), \quad J_x \subseteq [0,1] \quad (4.6)$$

$\int \int$  tüm kabul edilebilir  $x$  ve  $u$  değerleri için küme birleşimini ifade etmektedir. Ayrıca kesikli evrensel kümelerde  $\int$  gösterimi yerine  $\sum$  gösterimi kullanılmaktadır.



**Şekil 4.4** Tip-2 Bulanık Üyelik Fonksiyonu [202]

Tip-2 Bulanık Kümeler’de üyelik işlevi için tek bir değer yoktur. Tip-2 Bulanık Kümesi’ni karakterize eden üyelik fonksiyonu üç boyutludur. Üyelik işlevi, dikey çizginin bulanıklığı kesiştiği yerlerde değerler alır [199]. Şekil 4.4, Tip-2 bulanık üyelik fonksiyonunu göstermektedir ve şekildeki boyalı alana belirsizliğin ayak izi denilmektedir.

#### 4.2.3 Çok Üyelikli Bulanık Kümeler

Karşılaşılan birçok problemde, bazen bir elemanın üyelik derecesini tanımlamak zordur ve karar vericiler bu elemanın üyelik derecesi üzerinde anlayamayabilirler.

Aynı anda birden fazla belirsizlik kaynağının görüldüğü kesin olmayan bilgileri ele almak için, klasik bulanık kümeler durumun modellenmesinde etkili sonuçlar vermeyebilir [193]. Ortak bir üyelik derecesi oluşturmanın zorluğu, çeşitli olası üyelik dereceleri nedeniyledir. Bu durumla başa çıkmak için, Torra ve Narukawa [206] ve Tora [207] tarafından bulanık kümelerin yeni bir genellemesi olarak Çok Üyelikli bulanık kümeler (ÇÜBK) yöntemi geliştirilmiştir. Yani ÇÜBK, klasik bulanık kümelerin tek bir elemanın [193, 207] üyeliği için bir dizi değer mümkün olduğu durumları ele alan bir diğer uzantısıdır. Bir kümedeki bir elemanın üyelik değerini belirleme zor olduğunu ve muhtemel üyelik değerleri üzerindeki belirsizliğin sınırlı olduğu durumlarda ÇÜBK'nin kullanılabilir [206]. Genel olarak, karar verme süreçlerinin farklı seviyelerinde insanlar tercihlerini yapma konusunda tereddüt ettikleri durumlarda, HFS tercihleri temsil etmek için kullanılabilir [208]. ÇÜBK'nin genel tanımları şu şekildedir [206];

$x \in X$  iken ÇÜBK,  $h(x) = \mu^{-1}$  ile gösterilir [206]; Yani;

$$h(x) = \{a | a \in X, \mu(a) = x\} \quad (4.7)$$

$$x \in X \text{ iken boş küme : } h(x) = \{0\} \quad (4.8)$$

$$x \in X \text{ iken dolu küme : } h(x) = \{1\} \quad (4.9)$$

$$x \in X \text{ iken tam bilgisizlik (hepsi mümkün iken) } h(x) = [0,1] \quad (4.10)$$

$$x \in X \text{ iken anlamsızlık seti } x : h(x) = \emptyset \text{ 'dır} \quad (4.11)$$

$M = \{\mu_1, \dots, \mu_N\}$ , N adet üyelik fonksiyonunun bir kümesi olsun [206]. ÇÜBK'yi şu şekilde tanımlarız;

$$h_M(x) = \bigcup_{\mu \in M} \{\mu(x)\} \quad (4.12)$$

Bu yapının farklı uygulamalarda kullanımını düşünebiliriz [206]. Mesela [19] şunu önerir; B değişkeni için elde edilen N adet bulanık üyelikleri  $M = \{\mu_{B1}, \dots, \mu_{BN}\}$  olsun. Bu durumda bulanık sistemin çıktısı  $h_M$  olarak yani  $h\{\mu_{B1}, \dots, \mu_{BN}\}$  olarak tanımlanır. Aynı yapı uzman ya da karar vericilerin alternatifleri değerlendirdiği karar verme problemlerinde de kullanılabilir. Bu durumda; M, alternatiflerin her



biri için uzmanların görüşlerini temsil eder.  $h_M$  de uzmanlar kümesinin tamamının görüşünü temsil eder.

ÇÜBK'nin diğer tanımları şöyledir [206];

$h, h_1$  ve  $h_2$  birer ÇÜBK olsunlar.

- alt sınır:  $h^-(x) = \min h(x)$  (4.12)

- üst sınır:  $h^+(x) = \max h(x)$  (4.13)

- $\alpha$ -üst sınır:  $h_\alpha^+(x) = \{h \in h(x) | h \geq \alpha\}$  (4.14)

- $\alpha$ -alt sınır:  $h_\alpha^-(x) = \{h \in h(x) | h \leq \alpha\}$  (4.15)

- Complement:  $h^c(x) = \cup_{\gamma \in h(x)} \{1 - \gamma\}$  (4.16)

- Birleşim:  $(h_1 \cup h_2)(x) = \{h \in (h_1(x) \cup h_2(x)) | h \geq \max(h_1^-, h_2^-)\}$ , (4.17)

veya eşdeğer olarak

$$\alpha = \max(h_1^-, h_2^-) \text{ için } (h_1 \cup h_2)(x) = (h_1(x) \cup h_2(x))_\alpha^+ \quad (4.18)$$

denilebilir.

- Kesişim:  $(h_1 \cap h_2)(x) = \{h \in (h_1(x) \cup h_2(x)) | h \leq \min(h_1^+, h_2^+)\}$ , (4.19)

veya eşdeğer olarak

$$\alpha = \min(h_1^+, h_2^+) \text{ için } (h_1 \cap h_2)(x) = (h_1(x) \cup h_2(x))_\alpha^- \quad (4.20)$$

denilebilir.

#### 4.2.4 Sezgisel Bulanık Kümeler

Atanassov [209], karar vericilerin tereddütleri nedeniyle sistemde meydana gelen belirsizliği modellemek için klasik bulanık küme fikrini SBK'ye genişletmiştir. SBK, bir üyelik fonksiyonu ve bir üyelik dışı fonksiyonu ile karakterize edilmektedir. Üyelik, tek bir değer olmak yerine bir aralıktır [206]. Belirsizliği tanımlamada SBK'nin Klasik Bulanık Küme'den daha ideal bir araç olduğu kanıtlanmıştır [210]. [0,1], kesin sayısal değerler yerine 'üye olma' ve 'üye olmama' değerleri için kullanılır. Atanassov [197], tarafından tanıtılan SBK'ler, 'belirsizlik derecesi' olarak

adlandırılan ek bir derece ile bulanık kümeleri genişletir. SBK ile ilgili bazı kavramlar ve eşitlikler şu şekildedir [206, 211],:

$X$ , boş olmayan bir küme olsun.  $X$  üzerindeki SBK,  $A$  olsun.  $X$ 'deki Sezgisel Bulanık  $A$  Kümesi şu şekilde tanımlanmıştır:

$$I = \{\langle x, \mu_I(x), \nu_I(x) \rangle | x \in X\} \quad (4.21)$$

Attonasov [197] SBK teorisinde  $x$  elamanının  $A$  kümesine ait olma derecesini  $\mu_I(x)$ , ait olmama derecesini  $\nu_I(x)$  ve belirsizlik derecesini  $\pi_I(x)$  olarak tanımlamıştır. SBK teorisinde ait olma derecesi ve ait olmama derecesinin toplamı 1'den küçüktür.

$$\mu : X \rightarrow [0,1]$$

$$\nu : X \rightarrow [0,1]$$

$$0 \leq \mu_I(x) + \nu_I(x) \leq 1 \quad (4.22)$$

Belirsizlik derecesi, herhangi bir  $x$  elemanının  $I$  kümesine ait olup olmamasının belirsizlik düzeyini belirtmektedir.

$$\pi_I(x) = 1 - \mu_I(x) - \nu_I(x) \quad (4.23)$$

Eğer  $\pi_I(x)$  değeri küçük bir değer ise,  $x$  elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha kesindir. Eğer  $\pi_I(x)$  değeri büyük bir değer ise  $x$  elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha belirsizdir.  $\pi_I(x)$  değeri 0'a eşit olduğunda  $x$  elemanı hakkındaki bilgi kesindir. Bu durumda SBK, bulanık küme olmaktadır [211]. SBK'de bazı işlemler şu şekildedir [206];

$$A^c = \{\langle x, \nu_A(x), \mu_A(x) \rangle\} \quad (4.25)$$

$$A \cup B = \{\langle x, \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \min(\nu_A(x), \nu_B(x)) \rangle\} \quad (4.26)$$

$$A \cap B = \{\langle x, \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \max(\nu_A(x), \nu_B(x)) \rangle\} \quad (4.27)$$

$$A \oplus B = \{\langle x, \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x), \nu_A(x) \nu_B(x) \rangle\} \quad (4.28)$$

$$A \otimes B = \{\langle x, \mu_A(x)\mu_B(x), \nu_A(x) + \nu_B(x) - \nu_A(x) \nu_B(x) \rangle\} \quad (4.29)$$

Bu tez kapsamında ise ÇKKV yöntemi ile PBK yaklaşımı entegre bir şeklide kullanılacaktır. PBK'ler ile ilgili detaylı bilgi bir sonraki bölümde verilmektedir.



PBK'ler, SBK'lerin genişletilmiş hali olarak Yager tarafından geliştirilmiştir [15], [16]. PBK, SBK'nin dualite özelliğini almaktadır. SBK ise 1986 yılında Atanassov [197] tarafından bulanık küme teorisinin bir uzantısı olarak tanıtılmıştır. SBK, bir üyelik derecesi ve üye olmama derecesi ile karakterize edilir ve bu yüzden klasik bulanık kümelerle göre SBK, verilerin bulanık karakterini daha kapsamlı ve ayrıntılı olarak gösterebilir [19]. PBK, SBK'den üstün olarak, aynı zamanda daha karmaşık belirsizlikleri modelleyebilir [17]. Atanassov [197], SBK ile bir ögenin üyelik derecesini ve üye olmama derecesinin toplamının 1'e eşit veya daha az olması gerektiğini belirtmiştir [212]. Daha sonra Yager [15], karar vericilerin sağladığı üyelik derecesinin ve üye olmama derecesinin toplamının 1'den fazla olabileceğini ve bu durumun SBK tarafından ele alınamayacağını ileri sürmüştür. İşte bu durumu modellemek için Yager [16], PBK kavramını geliştirmiştir. PBK'ler, bulanık ortamı ölçmek için özellikle de bir soruyu en doğru ve gerçeğe yakın şekilde betimlemek için olumlu ve olumsuz tarafları kullandığımız zaman bize yeni bir değerlendirme formatı sunmaktadır [18]. PBK, SBK'nin bir genelleştirilmesi olarak iki derecenin kareleri toplamının 1'e eşit veya daha az olması şartını sağlayan bir üyelik derecesi ve üye olmama derecesi ile karakterize edilmektedir [212]. Yager bu durumu şu örnek ile açıklamıştır [16]; bir karar vericinin, bir alternatifin üyeliğine verdiği destek  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  ve üyeliğine karşı verdiği destek  $\frac{1}{2}$  'dir. İki değer toplamı 1'den büyük olduğu için böyle bir durum SBK için geçerli değildir, fakat  $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \leq 1$  olduğu için PBK için uygun ve geçerlidir. Bu durum PBK'nin ÇKKV problemlerindeki belirsizliği modellemek için SBK'den daha fazla yeteneğe sahip, daha güçlü bir yöntem olduğunu göstermektedir [19]. Daha sonra, PBK'nin karar verme problemlerinde daha fazla kullanılması amacıyla; kriter ve alternatifler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için farklı kişiler tarafından toplama, ağırlıklı ortalama gibi matematiksel işlemler önerilmiştir [212]. PBK, bazı karmaşık pratik karar

verme durumlarına başarıyla uygulanan operasyonel yasalara sahiptir [18]. Atanassov tarafından tanımlanan SBK'lerin matematiksel gösterimi ve işlemleri bölüm 4.2.4'te gösterilmektedir.

## 5.1 Pisagor Bulanık Kümelerin Temel İşlemleri ve Özellikleri

PBK'de, uzmanlar tarafından atanan üyelik derecesi ve üye olmayanların toplamı 1'den büyük olabilir, ancak karelerinin toplamı 1'e eşit veya daha azdır [19, 213]. Boş olmayan bir küme olan  $X$ 'in PBK'si  $P$ , şu şekilde ifade edilmektedir [212]:

$$P = \{(x, \mu_P(x), \nu_P(x)) | x \in X\} \quad (5.6)$$

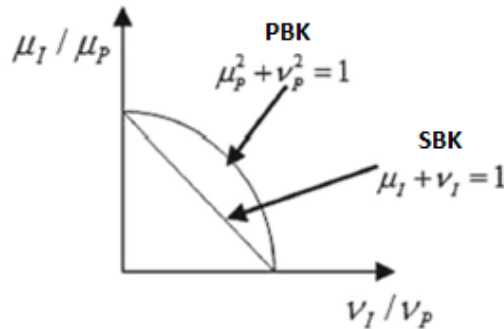
$P$  PBK'sinin  $\forall x \in X$  için üyelik derecesi  $\mu_P(x): X \rightarrow [0,1]$ , üye olmama derecesi  $\nu_P(x): X \rightarrow [0,1]$  olarak tanımlanır. Bu değerler aşağıdaki şartı sağlarlar [212]:

$$0 \leq (\mu_P(x))^2 + (\nu_P(x))^2 \leq 1 \quad (5.7)$$

$P$  PBK'si için  $x$ 'in belirsizlik derecesi şu şekilde tanımlanır [212];

$$\pi_P(x) = \sqrt{1 - \mu_P(x)^2 - \nu_P(x)^2} \quad (5.8)$$

Şekil 5.1'de PBK ve SBK uzaylarının koordinat düzleminde karşılaştırılması gösterilmektedir. Bu şekilden anlaşıldığı gibi, PBK'lerin çözüm kümesi daha geniştir. Böylece SBK'lere göre daha esnek ve kapsayıcı bir yaklaşım sunmaktadırlar.



Şekil 5.1 PBK ve SBK Uzaylarının Karşılaştırılması [214]

$P = (\mu_P, \nu_P)$ ,  $P_1 = (\mu_{P_1}, \nu_{P_1})$  ve  $P_2 = (\mu_{P_2}, \nu_{P_2})$  üç PBK olacak şekilde bazı temel işlemler aşağıdaki gibi ifade edilir [212];

$$P_1 \oplus P_2 = \left( \sqrt{\mu_{P_1}^2 + \mu_{P_2}^2 - \mu_{P_1}^2 \mu_{P_2}^2}, \nu_{P_1} \nu_{P_2} \right) \quad (5.9)$$

$$P_1 \otimes P_2 = \left( \mu_{P_1} \mu_{P_2}, \sqrt{\nu_{P_1}^2 + \nu_{P_2}^2 - \nu_{P_1}^2 \nu_{P_2}^2} \right) \quad (5.10)$$

$$\lambda P = \left( \sqrt{1 - (1 - \mu_P^2)^\lambda}, \nu_P^\lambda \right), \quad \lambda > 0 \quad (5.11)$$

$$P^\lambda = \left( \mu_P^\lambda, \sqrt{1 - (1 - \nu_P^2)^\lambda} \right), \quad \lambda > 0 \quad (5.12)$$

$P_1 = (\mu_{P_1}, \nu_{P_1})$  ve  $P_2 = (\mu_{P_2}, \nu_{P_2})$  iki PBK olmak üzere Peng ve Yang tarafından oluşturulan bazı işlemler şu şekilde ifade edilir [215];

$$\mu_{P_1} \geq \mu_{P_2}, \nu_{P_1} \leq \min \left\{ \nu_{P_2}, \frac{\nu_{P_2} \pi_{P_1}}{\pi_{P_2}} \right\},$$

$$P_1 \ominus P_2 = \left( \sqrt{\frac{\mu_{P_1}^2 - \mu_{P_2}^2}{1 - \mu_{P_2}^2}}, \frac{\nu_{P_1}}{\nu_{P_2}} \right) \quad (5.13)$$

$$\mu_{P_1} \leq \min \left\{ \mu_{P_2}, \frac{\mu_{P_2} \pi_{P_1}}{\pi_{P_2}} \right\}, \nu_{P_1} \geq \nu_{P_2},$$

$$P_1 \oslash P_2 = \left( \frac{\mu_{P_1}}{\mu_{P_2}}, \sqrt{\frac{\nu_{P_1}^2 - \nu_{P_2}^2}{1 - \nu_{P_2}^2}} \right), \quad (5.14)$$

$P = (\mu_P, \nu_P)$  PBK olmak üzere  $P$ 'nin skor fonksiyonu şu şekilde ifade edilir [212]:

$$s(P) = \mu_P^2 - \nu_P^2, \quad s(P) \in [-1, 1] \quad (5.15)$$

$P = (\mu_P, \nu_P)$  PBK olmak üzere  $P$ 'nin doğruluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir [215]:

$$\alpha(P) = \nu_P^2 + \mu_P^2, \quad \alpha(P) \in [-1, 1] \quad (5.16)$$

$P_1 = (\mu_{P_1}, \nu_{P_1})$  ve  $P_2 = (\mu_{P_2}, \nu_{P_2})$  iki PBK olmak üzere  $P_1$  ve  $P_2$  arasındaki mesafe aşağıdaki gibi ifade edilir [212]:

$$d(P_1, P_2) = \frac{1}{2} (|\mu_{P_1}^2 - \mu_{P_2}^2| + |v_{P_1}^2 - v_{P_2}^2| + |\pi_{P_1}^2 - \pi_{P_2}^2|) \quad (5.17)$$

Yager tarafından önerilen toplama operatörleri aşağıdaki gibi ifade edilir [215];

- **Pisagor bulanık ağırlıklı ortalama (PFWA) operatörü**

$i=1,2,3,\dots,n$  için  $P_i = (\mu_i, v_i)$ , PFWA'nın dizisidir ve  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,

$\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $P_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

$$PFWA(P_i) = (\sum_{i=1}^n w_i \mu_i, \sum_{i=1}^n w_i v_i) \quad (5.18)$$

- **Pisagor bulanık ağırlıklı geometrik ortalama (PFWG) operatörü**

$i=1,2,3,\dots,n$  için  $P_i = (\mu_i, v_i)$ , PFWG'nin dizisidir ve  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $P_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

$$PFWG(P_i) = (\prod_{i=1}^n \mu_i^{w_i}, \prod_{i=1}^n v_i^{w_i}) \quad (5.19)$$

- **Pisagor bulanık ağırlıklı güç ortalaması (PFWPA) operatörü**

$i=1,2,3,\dots,n$  için  $P_i = (\mu_i, v_i)$ , PFWPA'nın dizisidir ve  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $P_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

$$PFWPA(P_i) = \left( \left( \sum_{i=1}^n w_i \mu_i^2 \right)^{1/2}, \left( \sum_{i=1}^n w_i v_i^2 \right)^{1/2} \right) \quad (5.20)$$

- **Pisagor bulanık ağırlıklı güç geometrik ortalama (PFWPG) operatörü**

$i=1,2,3,\dots,n$  için  $P_i = (\mu_i, v_i)$ , PFWPG'nin dizisidir ve  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $P_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

$$PFWPG(P_i) = \left( (1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i^2)^{w_i})^{1/2}, (1 - \prod_{i=1}^n (1 - v_i^2)^{w_i})^{1/2} \right) \quad (5.21)$$

## 5.2 Aralık Değerli Pisagor Bulanık Kümeler

Birçok gerçek karar verme probleminde, mevcut bilgilerin yetersiz olmasından dolayı karar vericilerin fikirlerini net bir sayı ile tam olarak ifade etmesi zor olabilir, ancak  $[0,1]$  içinde bir aralık ile temsil edilmesi bu sorunu çözebilecektir. Bu durum

Peng ve Yang tarafından tanıtılan, belli bir kümede üyelik derecelerinin ve üye olmama derecelerinin bir aralık değerine sahip olmasına izin veren aralık değerli Pisagor bulanık kümeler (ADPBK) kavramının gerekliliğini göstermektedir [19]. ADPBK'ler karar verme sürecinde güçlü belirsizlik ve eksiklikle başa çıkma yeteneklerinden dolayı daha geniş uygulama potansiyellerine sahiptir [216]. Aralık değerlerinin üst ve alt sınırları aynı olduğunda ADPBK, PBK'ye dönüşür [19]. Yani PBK, ADPBK'nin özel bir durumudur.  $X$  boş olmayan bir küme olmak üzere  $\tilde{P}$  ADPBK'si aşağıdaki gibi gösterilebilir [19];

$\tilde{P}$  kümesi için üyelik derecesi;

$$x \in X \rightarrow \mu_{\tilde{P}}(x) \subseteq [0,1] \quad (5.22)$$

$\tilde{P}$  kümesi için üye olamama derecesi;

$$x \in X \rightarrow \nu_{\tilde{P}}(x) \subseteq [0,1] \quad (5.23)$$

olmak üzere,

$$\tilde{P} = \{(x, [\mu_{\tilde{P}}(x), \nu_{\tilde{P}}(x)]) \mid x \in X\} \quad (5.24)$$

olarak gösterilir.

Aynı zamanda her  $x \in X$  için  $\mu_{\tilde{P}}(x)$  ve  $\nu_{\tilde{P}}(x)$ 'in alt ve üst sınır değerleri aşağıdaki gibi gösterilir [19]:

$$\mu_{\tilde{P}}(x) = [\mu_{\tilde{P}}^-(x), \mu_{\tilde{P}}^+(x)] \subset [0,1] \quad (5.25)$$

$$\nu_{\tilde{P}}(x) = [\nu_{\tilde{P}}^-(x), \nu_{\tilde{P}}^+(x)] \subset [0,1] \quad (5.24)$$

$\tilde{P}$ , alt ve üst sınırları da içine alacak şekilde şu şekilde de ifade edilebilir;

$$\tilde{P} = \{x, [\mu_{\tilde{P}}^-(x), \mu_{\tilde{P}}^+(x)], [\nu_{\tilde{P}}^-(x), \nu_{\tilde{P}}^+(x)] \mid x \in X\} \quad (5.25)$$

$\tilde{P}$  aynı zamanda eşitlik (5.26) ve eşitlik (5.27)'yi sağlaması gerekmektedir.

$$0 \leq (\mu_{\tilde{P}}^-(x))^2 + (\nu_{\tilde{P}}^-(x))^2 \leq 1 \quad (5.26)$$



$$0 \leq (\mu_{\tilde{P}}^+(x))^2 + (v_{\tilde{P}}^+(x))^2 \leq 1 \quad (5.27)$$

Belirsizlik derecesi aşağıdaki gibi gösterilir [19];

$$\pi_{\tilde{P}}(x) = [\pi_{\tilde{P}}^-(x), \pi_{\tilde{P}}^+(x)] \quad (5.28)$$

Belirsizlik derecesinin alt sınır ve üst sınır olarak aralık değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\pi_{\tilde{P}}^-(x) = \sqrt{1 - (\mu_{\tilde{P}}^+(x))^2 - (v_{\tilde{P}}^+(x))^2} \quad (5.29)$$

$$\pi_{\tilde{P}}^+(x) = \sqrt{1 - (\mu_{\tilde{P}}^-(x))^2 - (v_{\tilde{P}}^-(x))^2} \quad (5.30)$$

$$\tilde{P} = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+]), \tilde{P}_1 = ([\mu_1^-, \mu_1^+], [v_1^-, v_1^+]), \tilde{P}_2 = ([\mu_2^-, \mu_2^+], [v_2^-, v_2^+])$$

Üç ADPBK ve  $\lambda > 0$  olacak şekilde bazı temel işlemler aşağıdaki gibi ifade edilir [19];

$$\begin{aligned} & \tilde{P}_1 \oplus \tilde{P}_2 = \\ & ([\sqrt{(\mu_1^-)^2 + (\mu_2^-)^2 - (\mu_1^-)^2(\mu_2^-)^2}, \sqrt{(\mu_1^+)^2 + (\mu_2^+)^2 - (\mu_1^+)^2(\mu_2^+)^2}], [v_1^- v_2^-, v_1^+ v_2^+]) \end{aligned} \quad (5.31)$$

$$\begin{aligned} & \tilde{P}_1 \otimes \tilde{P}_2 = \\ & ([\mu_1^- \mu_2^-, \mu_1^+ \mu_2^+], [\sqrt{(v_1^-)^2 + (v_2^-)^2 - (v_1^-)^2(v_2^-)^2}, \sqrt{(v_1^+)^2 + (v_2^+)^2 - (v_1^+)^2(v_2^+)^2}]) \end{aligned} \quad (5.32)$$

$$\lambda \tilde{P} = ([\sqrt{1 - (1 - (\mu^-)^2)^\lambda}, \sqrt{1 - (1 - (\mu^+)^2)^\lambda}], [(v^-)^\lambda, (v^+)^\lambda]) \quad (5.33)$$

$$\tilde{P}^\lambda = ([(\mu^-)^\lambda, (\mu^+)^\lambda], [\sqrt{1 - (1 - (v^-)^2)^\lambda}, \sqrt{1 - (1 - (v^+)^2)^\lambda}]) \quad (5.34)$$

$\tilde{P} = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$  ADPBK olmak üzere  $\tilde{P}$ 'nin skor fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir [19]:

$$s(\tilde{P}) = \frac{1}{2}[(\mu^-)^2 + (\mu^+)^2 - (v^-)^2 - (v^+)^2], \quad s(\tilde{P}) \in [-1,1] \quad (5.35)$$

$\tilde{P} = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$  ADPBK olmak üzere  $P$ 'nin doğruluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir [19]:

$$\alpha(\tilde{P}) = \frac{1}{2}[(\mu^-)^2 + (\mu^+)^2 + (v^-)^2 + (v^+)^2], \quad \alpha(\tilde{P}) \in [0,1] \quad (5.36)$$

$\tilde{P}_1 = ([\mu_1^-, \mu_1^+], [v_1^-, v_1^+])$  ve  $\tilde{P}_2 = ([\mu_2^-, \mu_2^+], [v_2^-, v_2^+])$  iki ADPBK olmak üzere  $\tilde{P}_1$  ve  $\tilde{P}_2$  arasındaki fark aşağıdaki gibi ifade edilir [19];

$$d(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2) = \frac{1}{4} |(\mu_1^-)^2 - (\mu_2^-)^2| + |(\mu_1^+)^2 - (\mu_2^+)^2| + |(v_1^-)^2 - (v_2^-)^2| + |(v_1^+)^2 - (v_2^+)^2| + |(\pi_1^-)^2 - (\pi_2^-)^2| + |(\pi_1^+)^2 - (\pi_2^+)^2| \quad (5.37)$$

- **Aralık değerli pisagor bulanık ağırlıklı ortalama (IVPFWA) operatörü** [19]

( $i = 1, 2, \dots, n$ ) için  $\tilde{P}_i = ([\mu_i^-, \mu_i^+], [v_i^-, v_i^+])$ , **IVPFWA**'nin dizisidir ve

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $\tilde{P}_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

IVPFWA:  $\tilde{P}_n \rightarrow \tilde{P}$

$$IVPFWA(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2, \dots, \tilde{P}_n) = ([\sum_{i=1}^n w_i \mu_i^-, \sum_{i=1}^n w_i \mu_i^+], [\sum_{i=1}^n w_i v_i^-, \sum_{i=1}^n w_i v_i^+]) \quad (5.38)$$

- **Aralık değerli pisagor bulanık ağırlıklı Geometrik ortalama (IVPFWG) operatörü** [19]

( $i = 1, 2, \dots, n$ ) için  $\tilde{P}_i = ([\mu_i^-, \mu_i^+], [v_i^-, v_i^+])$ , **IVPFWA**'nin dizisidir ve

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ile birlikte  $\tilde{P}_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )'nin ağırlık vektörüdür.

IVPFWA:  $\tilde{P}_n \rightarrow \tilde{P}$

$$\begin{aligned} IVPFWA(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2, \dots, \tilde{P}_n) = \\ ([\prod_{i=1}^n (\mu_i^-)^{w_i}, \prod_{i=1}^n (\mu_i^+)^{w_i}], [\prod_{i=1}^n (v_i^-)^{w_i}, \prod_{i=1}^n (v_i^+)^{w_i}]), \end{aligned} \quad (5.39)$$

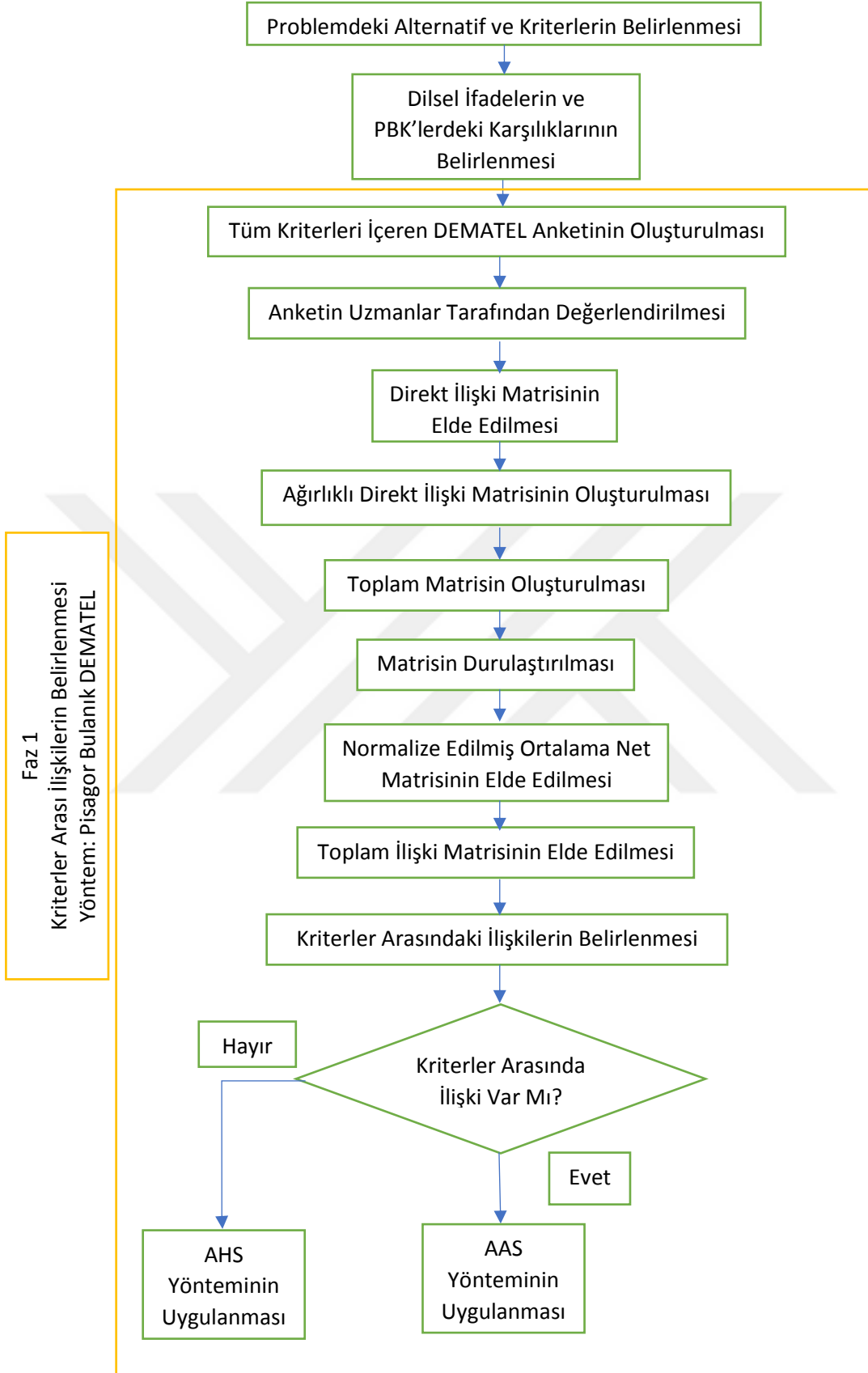


Bu tez çalışmasında PBK'lere dayanan DEMATEL, AAS ve TOPSIS birleşiminden oluşan bir entegre ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Bu modelde Türkiye değerlendirilmiştir. Model 15 alternatif ve 30 kriteri içermektedir. Öncelikle DEMATEL yöntemi ile, değerlendirilecek alternatiflere özel olarak derin bir literatür taraması sonucu seçilen 30 kriterin birbirleri arasında olan ilişki düzeyi belirlenmiştir. Bu ilişkileri belirlemek için 3 adet uzmanın görüşlerine başvurulmuştur. DEMATEL yöntemi için hazırlanan anket çalışmasında, uzmanlara değerlendirmede kullanacakları 7 ayrı dilsel ifade sunulmuştur. Ardından uzmanların seçtiği dilsel ifadeler PBK'deki karşılıklarına dönüştürülüp DEMATEL'in adımları uygulanmıştır. Bu adımların uygulanması sonucunda, kriterler arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu ilişkiler ışığında Pisagor Bulanık AAS yöntemi uygulanmıştır, yani DEMATEL'in sonucu AAS yönteminin girdisi olarak kullanılmıştır. AAS yönteminde ise, kriterlerin birbirlerine oranla var olan önem derecelerinin değerlendirilmesi için tekrar bir anket hazırlanarak uzman görüşlerine başvurulmuştur. AAS yöntemi için hazırlanan anket çalışmasında, uzmanlara kriterlerin birbirlerine oranla var olan önem düzeyini değerlendirmede kullanacakları 9 ayrı dilsel ifade sunulmuştur. Uzmanların seçtiği dilsel ifadeler PBK'deki karşılıklarına dönüştürülerek kriterlerin önem düzeyleri belirlenmiştir.

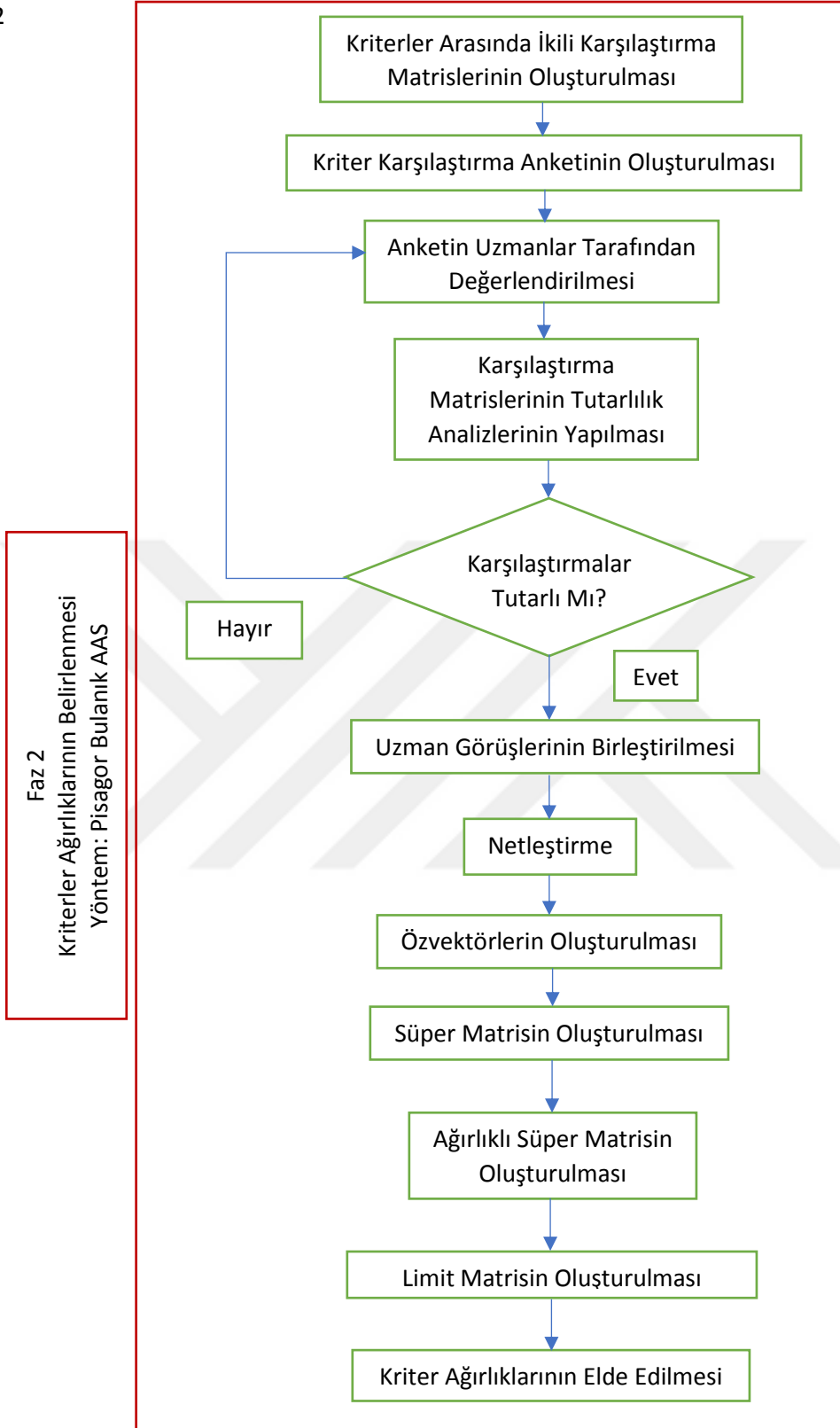
Sonrasında Pisagor Bulanık AAS'nin çıktısı olarak alınan kriterlerin önem düzeyleri verisi, Pisagor Bulanık TOPSIS yönteminde girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmanın bu aşamasında TOPSIS yönteminin PBK ile genişletilmiş hali kullanılmıştır. Alternatiflerin, kriterlere göre değerlendirilmesi için tekrar bir anket hazırlanarak uzman görüşlerine başvurulmuştur. TOPSIS yöntemi için hazırlanan anket çalışmasında, uzmanlara alternatifleri, kriterlere göre değerlendirmeleri için kullanacakları 7 ayrı dilsel ifade sunulmuştur. Nihai olarak TOPSIS yaklaşımı ile

enerji alternatiflerinin dağıtık ve merkezi üretim yaklaşımları dikkate alınarak sıralaması elde edilmiştir. Önerilen yönteme ait akış şeması Şekil 6.1'deki gibidir.

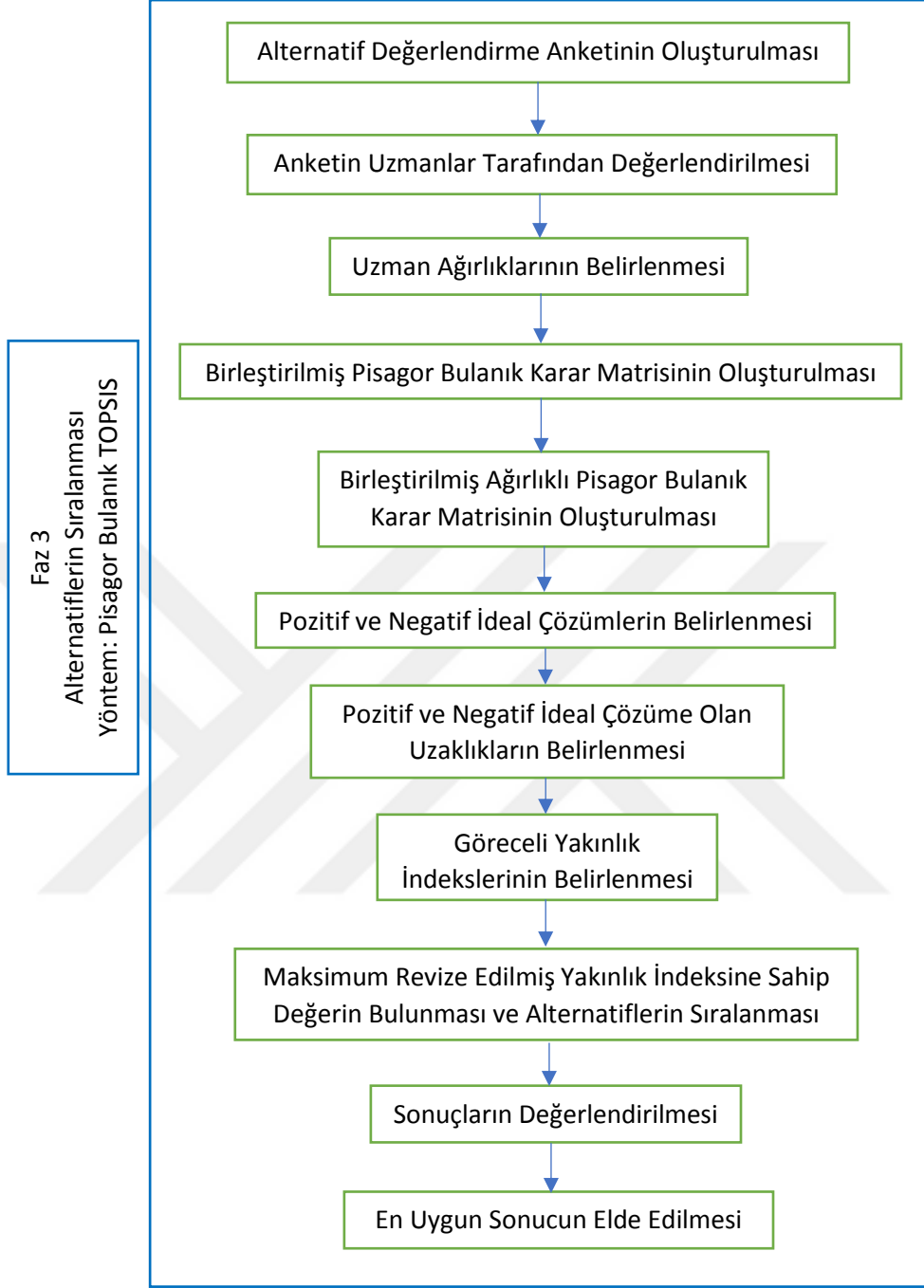




**Şekil 6.1** Önerilen Yöntemin Akış Şeması (a)

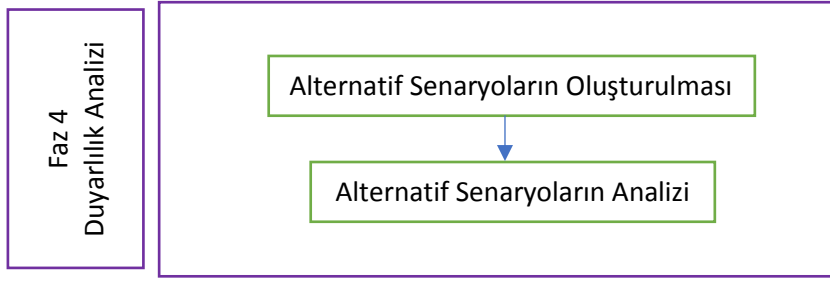


**Şekil 6.1** Önerilen Yöntemin Akış Şeması (b) (devamı)



Şekil 6.1 Önerilen Yöntemin Akış Şeması (c) (devamı)





**Şekil 6.1** Önerilen Yöntemin Akış Şeması (d) (devamı)

### 6.1 Pisagor Bulanık DEMATEL

Kriterler arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılan bir ÇKKV yöntemi olan DEMATEL yöntemi [5], kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi açısından öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Ayrıca, diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır [178]. Uzman görüşleri ve deneyimleri problemin analizinde kullanılmaktadır. Yöntemde kriterler, etkileyen ve etkilenen grup olarak ikiye ayrılmaktadır. Böylece karar vericiler hangi kriterlerin üzerinde değişiklik yaparak dolaylı yoldan diğer kriterleri geliştirebilecekleri analiz edilebilmektedir. Problemlerin çözümü için gerekli verinin eksikliği ya da nicel değerlendirmeye uygun olmayan kriterlerin varlığı birçok yöntemde olduğu gibi DEMATEL yönteminin de bulanık sayılar ile genişletilmesine neden olmuştur. Bulanık DEMATEL yönteminde uzmanların sözel ifadeler ile değerlendirmiş oldukları ilişki değerleri, bu sözel ifadelere karşılık gelen bulanık sayı değerlerine dönüştürülüp bu bulanık sayılar ile işlemler yapıp çözüm sağlanır. Tezin bu aşamasında, enerji üretim yönteminin seçiminde göz önünde bulundurulacak kalitatif ve kantitatif kriterlerin değerlendirilmesinde, daha önceki bölümlerde diğer bulanık yöntemlere olan üstünlüğünü açıkladığımız PBK'ler ile DEMATEL yöntemi birleştirilecektir. Bu çalışmada uygulanan Pisagor Bulanık DEMATEL yöntemi aşağıda verilen adımları kapsamaktadır [217]:

## 1.Adım: PBK'lerde Dilsel İfadelerin Belirlenmesi ve Bu İfadelere Karşılık Gelen Bulanık Skalanın Oluşturulması

Bu adımda önceden belirlenmiş kriterlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin uzmanlar tarafından değerlendirilmesinde yardımcı olacak dilsel ifadeler ve bunların karşılığı olan Pisagor bulanık sayılar belirlenmektedir.

**Tablo 6.1** DEMATEL Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel İfadeler ve Karşılıkları [217]

Dilsel İfadeler	Kısaltma	Pisagor Ölçeği
Aşırı Az Etkili	AAE	<0,0>
Oldukça Az Etkili	OAE	<0.1,0.9>
Az Etkili	AE	<0.2,0.9>
Normal Etkili	NE	<0.4,0.6>
Çok Etkili	ÇE	<0.5,0.7>
Oldukça Çok Etkili	OÇE	<0.7,0.2>
Aşırı Çok Etkili	AÇE	<0.9,0.1>

DEMATEL yöntemi için yapılacak değerlendirmede “Aşırı Az Etkili”, “Oldukça Az Etkili”, “Az Etkili”, “Normal Etkili”, “Çok Etkili”, “Oldukça Çok Etkili” ve “Aşırı Çok Etkili” olmak üzere 7 dilsel ifade kullanılmaktadır. Bunların kısaltmaları ve PBK'deki karşılıkları Tablo 6.1'de gösterilmektedir. Tablo 6.1'de gösterilen ölçeklerdeki ilk sayılar PBK'deki üye olma derecesini olan  $\mu_p(x)$  ifadesini, ikinci sayılar ise üye olmama derecesini olan  $\nu_p(x)$  ifadesini temsil etmektedirler. Örneğin; “Aşırı Çok Etkili” ifadesinin karşılığı olan ölçekteki 0.9 sayısı kümeye üye olma derecesini, 0.1 sayısı ise üye olamama derecesini temsil etmektedir.

## 2.Adım: Direkt İlişki Matrislerinin Kurulması

n adet kriter arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından dilsel ifadeler ile  $n \times n$  boyutunda direkt ilişki matrisi oluşturulur. Tablo 7.2'de uzman 1'e ait direkt ilişki matrisi bulunmaktadır. Karar grubunun k adet uzmandan oluştuğu farz edilirse, k adet karar matrisi elde edilir. k. uzmana ait bulanık direkt ilişki matrisi  $\tilde{A}_{kij}$  olarak gösterilir.  $\tilde{a}_{kij} = (\mu_{kij}, \nu_{kij})$  Pisagor bulanık sayısı, bir dilsel

terimin bulanıklaştırılmış hali olup i. faktörün j. faktörü etkileme düzeyini göstermektedir.

$\tilde{a}_{kij}$ , k. uzmana göre i kriterinin j kriteri üzerine olan etkisini temsil eder ve eşitlik (6.1)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\tilde{a}_{kij} = ([\mu_{kij}], [\nu_{kij}]) \quad (6.1)$$

$[A_k]_{n \times n}$ , k. uzmana ait direkt ilişki matrisini temsil eder ve (6.2)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$[A_k]_{n \times n} = \begin{matrix} & C_1 & & C_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} [\mu_{k11}, \nu_{k11}] & \cdots & [\mu_{k1n}, \nu_{k1n}] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [\mu_{kn1}, \nu_{kn1}] & \cdots & [\mu_{knn}, \nu_{knn}] \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (6.2)$$

### 3. Adım: Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisi

Uzmanlara başvurularak elde edilen sözel ifadeler, Tablo 6.1'deki bulanık dilsel ifadelerle karşılık gelen Pisagor bulanık sayı değerlerine dönüştürülür.

$\lambda_k$ , k. uzmanın diğer uzmanlar arasında ağırlığını temsil eder. k. uzmana ait ağırlık ile k. uzmana ait direkt ilişki matrisinin çarpımı ile ağırlıklı direkt ilişki matrisleri elde edilir ve eşitlik (6.3)'te gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\lambda_k A_k = \begin{bmatrix} \lambda_k [\mu_{k11}, \nu_{k11}] & \cdots & \lambda_k [\mu_{k1n}, \nu_{k1n}] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_k [\mu_{kn1}, \nu_{kn1}] & \cdots & \lambda_k [\mu_{knn}, \nu_{knn}] \end{bmatrix} \quad (6.3)$$

$\forall k \in K$  için  $\lambda_k \tilde{a}_{ij}$ , ağırlıklı PBK'nin bir elemanıdır ve eşitlik (6.4)'te gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\lambda_k \tilde{a}_{ij} = \langle \sqrt{1 - (1 - \mu_{ij}^2)^\lambda}, (\nu_{ij})^\lambda \rangle \quad (6.4)$$

#### 4.Adım: Toplam Matrisi Hesaplama

Bu çalışma kapsamında, DEMATEL anket değerlendirmeleri için 3 uzmana ait 3 farklı Pisagor matrisinin toplamı için eşitlik (6.5) kullanılır.

$$\lambda_{k_1} A_{k_1} \oplus \lambda_{k_2} A_{k_2} \oplus \lambda_{k_3} A_{k_3} =$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_{k_1} \tilde{a}_{A_{k_1},11} \oplus \lambda_{k_2} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_2},11} \oplus \lambda_{k_3} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_3},11} & \cdots & \lambda_{k_1} \tilde{a}_{A_{k_1},1n} \oplus \lambda_{k_2} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_2},1n} \oplus \lambda_{k_3} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_3},1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{k_1} \tilde{a}_{A_{k_1},n1} \oplus \lambda_{k_2} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_2},n1} \oplus \lambda_{k_3} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_3},n1} & \cdots & \lambda_{k_1} \tilde{a}_{A_{k_1},nn} \oplus \lambda_{k_2} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_2},nn} \oplus \lambda_{k_3} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_3},nn} \end{bmatrix}$$

(6.5)

Her bir uzmana ait ağırlık ile o uzmana ait direkt ilişki matrisinin çarpımı ve bu matrislerin toplamı ile ağırlıklı direkt ilişki matrisleri elde edilir ve eşitlik (6.6)'da gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\lambda_{k_1} \tilde{a}_{A_{k_1},ij} \oplus \lambda_{k_2} \tilde{a}_{\tilde{A}_{k_2},ij} =$$

$$\left[ \sqrt{\mu_{\lambda_{k_1} A_{k_1}}^2 + \mu_{\lambda_{k_2} \tilde{A}_{k_2}}^2 - \mu_{\lambda_{k_1} A_{k_1}}^2 \mu_{\lambda_{k_2} \tilde{A}_{k_2}}^2}, v_{\lambda_{k_1} A_{k_1}} v_{\lambda_{k_2} \tilde{A}_{k_2}} \right]$$

(6.6)

#### 5.Adım: Durulaştırma

Bir durulaştırma fonksiyonu olarak skor fonksiyonunu kullanarak toplam ortalama net matrisini oluşturulur. Skor fonksiyonu eşitlik (6.7)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$a_{ij} = \mu_{ij}^2 - v_{ij}^2, \quad (6.7)$$

Skor fonksiyonu kullanılarak oluşturulan ortalama net matris eşitlik (6.8)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (6.8)$$

## 6.Adım: Normalize Edilmiş Ortalama Net Matrisin Oluşturulması (X)

Normalize edilmiş ortalama net matrisi eşitlik (6.9) ve (6.10)'un kullanılmasıyla oluşturulur.  $A_{n \times n}$  matrisindeki tüm değerler satır ve sütun olarak toplanır ve her satır ve sütun için bir değer bulunur. Bu değerlerin en büyüğüne tüm matris bölünür ve normalleştirilmiş direk ilişki matrisi elde edilir. Normalleştirilmiş direk ilişki matrisi "X" ile gösterilir ve eşitlik (6.10)'da gösterildiği gibi ifade edilir.  $A_{n \times n}$  matrisinin eşitlik (6.9)'da gösterilen s değeri ile çarpılmasıyla elde edilir.

$$X = x_{ij}, \quad 0 \leq x_{ij} \leq 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (6.9)$$

$$X = s A_{n \times n} \quad (6.10)$$

## 7.Adım: Toplam İlişki Matrisinin Bulunması (T)

Normalize edilmiş ortalama net matris elde edildikten sonra eşitlik (6.12) kullanılarak toplam ilişki matrisi oluşturuldu.  $I$ ,  $n \times n$  boyutlarında bir birim matris;  $X$ , normalleştirilmiş matris;  $T$ , toplam ilişki matrisidir.

$$I = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

$$T = X (I - X)^{-1} \quad (6.12)$$

$$T = \begin{bmatrix} [t_{11}] & \dots & [t_{1n}] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [t_{n1}] & \dots & [t_{nn}] \end{bmatrix} \quad (6.13)$$

## 8.Adım: Kriterler Arası İlişkilerin Belirlenmesi

Toplam ilişki matrisinin aritmetik ortalaması hesaplanarak eşik değerler elde edilmiş ve toplam ilişki matrisinde bu ortalamanın üzerinde kalan değerler, birbirleri ile anlamlı ilişkiler içerdiği kabul edilmiştir. Bir sonraki aşama olan AAS yöntemindeki ilişkilerin kurulmasında bu verilerden yararlanılmıştır.

## 6.2 Pisagor Bulanık AAS

Karar verme problemlerinde kriterler ve alternatiflerin birbirlerine bağımlı olması durumunda Saaty'nin [164] geliştirdiği, AHS yönteminin genişletilmiş bir versiyonu olan AAS yöntemine başvurulur. AAS; karar verme sistemindeki her türlü etkileşimi, bağımlılığı ve geri bildirimini göz önünde bulundurup değerlendirmeye olanak sağlar. Yani, karmaşık etkileşimler içeren karar verme problemlerinin herhangi bir hiyerarşiye bağlı kalmadan ağ yapısı ile kolayca ifade edilebilmesini, birbiri ile etkileşimde olan tüm alt kriterlerin bağımsız olarak karşılaştırılabilmesini sağlar ve böylece, karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve gerçekçi çözümler sunar [165-167]. AAS'de bir karar verme problemine ait tüm bileşenler ve bunlar arasındaki ilişkiler tanımlanır. Problem, ağ yapısı kullanılarak modellenmekte, bu esnada tüm kriter kümelerindeki (aynı kümeye ait veya değil) alt kriterler arasındaki bağımlılıklar ve her kriter kümesindeki alt kriterler arasındaki o kümeye ait içsel bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır. İçsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle AAS yöntemi, karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözümlenmesini sağlamaktadır [166, 172]. Bunun yanında AAS'nin Pisagor bulanık sayılar ile genişletilmesi de AAS'ye daha etkin ve doğru sonuçlara ulaşma şansı verir. Son yıllarda enerji alternatiflerinin seçiminde en çok kullanılan ÇKKV tekniklerinden olan AAS, çalışmanın bu adımı belirsizlik ve sübjektif değerlendirmeler ile başa çıkmada etkili bir bulanık küme yöntemi olan PBK ile genişletilmiştir. AAS yönteminde süper matris, ağırlıklandırılmış süper matris ve limit matris olmak üzere üç tür matris kullanılır [165];

- Süper matris; ikili karşılaştırmalar sonucu her bileşenin görece önemi vektörünü (öz vektör) veren matristir,
- Ağırlıklandırılmış süper matris; süper matrisin sütun normalizasyonu yapılmış halidir,
- Limit matris; ağırlıklandırılmış süper matrisin limiti alınarak, bileşenlerin görece önem değerlerinin yakınsadıkları değerlerin elde edildiği matristir ve karar probleminin sonuçları bu matristen elde edilir.

Bu aşamada, AAS için oluşturulan ankette Tablo 6.2'deki dilsel ifadeler kullanılmıştır. Ardından bu ifadelerin PBK'deki karşılıkları belirlenmiştir.

**Tablo 6.2** AAS Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel İfadeler ve Karşılıkları [218]

Dilsel İfadeler	Kısaltma	Pisagor Ölçeği
Aşırı Derecede Çok Önemli	ADÇÖ	$\langle 1.0,0.0,0.0 \rangle$
Oldukça Çok Önemli	OÇÖ	$\langle 0.9,0.2,0.39 \rangle$
Çok Önemli	ÇÖ	$\langle 0.8,0.25,0.55 \rangle$
Ortalamanın Üzerinde Önemli	OÜÖ	$\langle 0.7,0.35,0.62 \rangle$
Ortalama Öneme Sahip	OÖS	$\langle 0.6,0.5,0.62 \rangle$
Düşük Düzeyde Önemli	DDÖ	$\langle 0.45,0.70,0.55 \rangle$
Çok Düşük Düzeyde Önemli	ÇDDÖ	$\langle 0.4,0.75,0.53 \rangle$
Oldukça Düşük Düzeyde Önemli	ODDÖ	$\langle 0.2,0.8,0.57 \rangle$
Aşırı Derecede Az Önemli	ADAÖ	$\langle 0.1,0.9,0.42 \rangle$

Tablo 6.2’de gösterilen ölçeklerdeki ilk sayılar PBK’deki üye olma derecesini olan  $\mu_p(x)$  ifadesini, ikinci sayılar ise üye olmama derecesini olan  $\nu_p(x)$  ifadesini ve sondaki sayılar da belirsizlik derecesi olan  $\pi_p(x)$  ifadesini temsil etmektedirler. Örneğin; “Oldukça Çok Önemli” ifadesinin karşılığı olan ölçekteki 0.9 sayısı kümeye üye olma derecesini, 0.2 sayısı üye olamama derecesini ve 0.39 sayısı da belirsizlik derecesini temsil etmektedir. AAS yönteminin uygulama adımları şu şekilde sıralanabilir [170];

### **1.Adım: Karar Probleminin Tanımlanması ve Modelin Kurulması**

### **2.Adım: İlişkilerin Belirlenip Ağ Yapısının Oluşturulması**

DEMATEL sonuçlarının analiz edilip birbirleri ile anlamlı düzeyde ilişkili kriterler belirlenerek bu ilişkiler ışığında AAS için ağ yapısı oluşturulur.

### 3.Adım: Kriterler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Ağ yapısına göre anketler oluşturulur. AAS yönteminde kullanılan anket için uzman 1'e ait kısmi bir örnek, bu çalışmanın 'Değerlendirme Anketleri' bölümünde gösterilmektedir. Hazırlanan anketler aracılığıyla uzmanlardan alınan görüşler ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Uzmanlar, Tablo 6.2'deki 9 adet dilsel ifade ile kriterlerin birbirlerine göre önem düzeyini değerlendirirler.

### 4.Adım: Kriter Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Analizlerinin Yapılması

Uzmanlar tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıkları, Saaty'nin klasik tutarlılık oranı süreci ile hesaplanır. Bu şekilde tutarlılık oranlarını hesaplamak için önce dilsel ifadeler Saaty'nin ölçeğiyle eşleştirilir. Oluşturulan yeni matrisin tutarlılık oranı hesaplanır. Eğer bu matris tutarlı ise, aynı matrisin bulanık kümelerden oluşan hali de tutarlı kabul edilir. Saaty ölçeği ile eşleştirme tablo 6.3'teki gibi yapılmaktadır. Örneğin; Uzmanlar tarafından doldurulan bir AAS anketinde karşılığı  $\langle 1,0,0,0,0 \rangle$  Pisagor değeri olan dilsel ifade yerine Tablo 6.3'te gösterildiği şekilde '9' değeri yerleştirilmiş ve bu yöntem ile tüm anket düzenlendikten sonra tutarlılık analizleri yapılmıştır.

Matrislerin tamamen tutarlı olabilmesi için en büyük özdeğer olan  $\lambda_{max}$  değerinin, matris boyutuna (n) eşit olması gerekir. Karşılaştırma matrislerindeki tutarlılık oranının (CR) 0.1 değerinden küçük olması, matristeki karşılaştırmaların tutarlı olduğu, bu değerden büyük olması ise karşılaştırma matrislerinin tutarsız olduğu anlamına gelir. Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için öncelikle tutarlılık indeksinin (CI) hesaplanması gereklidir. Saaty tarafından tanımlanan tutarlılık indeksi eşitlik (6.14)'te gösterildiği gibi ifade edilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6.14)$$

$\lambda_{max}$  değerinin n'ye eşit olmadığı, ancak n sayısına çok yakın olduğu durumlarda, tutarlılık indeksinin değeri sıfırdan farklı olacaktır. Bu durumda, matrislerin



tutarlılığını ölçebilmek için çeşitli boyuttaki matrislere (1–15 boyutlu) ait rassal indeksler hesaba katılmıştır. Bu rassal indeksler Tablo 6.3'te gösterilmektedir.

**Tablo 6.3** Saaty Ölçeğine Dönüşüm Tablosu

Kısaltma Dilsel İfadeler	Pisagor Ölçeği	Saaty Ölçeğindeki Karşılıkları
ADÇÖ	$\langle 1.0,0.0,0.0 \rangle$	9
OÇÖ	$\langle 0.9,0.2,0.39 \rangle$	7
ÇÖ	$\langle 0.8,0.25,0.55 \rangle$	5
OÜÖ	$\langle 0.7,0.35,0.62 \rangle$	3
OÖS	$\langle 0.6,0.5,0.62 \rangle$	1
DDÖ	$\langle 0.45,0.70,0.55 \rangle$	1/3
ÇDDÖ	$\langle 0.4,0.75,0.53 \rangle$	1/5
ODDÖ	$\langle 0.2,0.8,0.57 \rangle$	1/7
ADAÖ	$\langle 0.1,0.9,0.42 \rangle$	1/9

**Tablo 6.4:** Rassal İndeksler [219]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

$\lambda_{\max}$  değerinin n değerine yakın olduğu durumlarda, Saaty tarafından tanımlanan tutarlılık oranı (CR) şu şekilde hesaplanır;

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6.15)$$

Karar matrisinin tutarlı olabilmesi için CR değerinin 0,1'den küçük bir değer olması istenir. CR değeri sıfıra yaklaştıkça karşılaştırma sonuçları daha tutarlı olacaktır [220]. Tutarlı olmayan matrisler için uzmanlara geri dönüş yapılır ve karşılaştırma anketlerini doldurmaları istenir.

#### **5. Adım: Uzman Görüşlerinin Birleştirilmesi [221].**

Uzman görüşlerinden oluşan Pisagor bulanık sayılı matrisler, eşitlik (5.19)'daki PFWG operatörü kullanılarak birleştirilir.

#### **6. Adım: Durulaştırma**

Uzman görüşlerinin birleştirilmesi ile oluşan bulanık sayılı matrislerde bir durulaştırma yapılarak net matris oluşturulur. Bir Pisagor bulanık sayı olan  $\tilde{A}_i = (x, \mu_{\tilde{A}_i}(x), v_{\tilde{A}_i}(x))$  ifadesinin durulaştırılmış değeri eşitlik (6.16)'da gösterildiği şekilde ifade edilmektedir [221].

$$P_{def}(\tilde{A}_{\mu\nu}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^2(1-\gamma) + \gamma(1-v_{\tilde{A}}^2)}{2} \quad (6.16)$$

$\gamma$ , üye olma ve üye olmama değerlerinin ağırlığını temsil eder. Bu çalışmada ağırlıklar eşit alınmıştır.

#### **7.Adım: Öz Vektörlerin Belirlenmesi**

Her bir karşılaştırma matrisine ait özvektörler hesaplanır.

#### **8.Adım: Süper Matrisin oluşturulması**

İkili karşılaştırmalardan elde edilen özvektörlerin hepsi bir matriste birleştirilerek süper matris oluşturulur. Süper matrisin boyutu, tüm kriterlerin toplam sayısına eşittir. Bir karar sisteminin kümeleri  $C_h$  ( $h = 1, 2, \dots, n$ ) olsun. Her  $h$  kümesi,  $n_h$  elementine sahiptir ve  $C_{h \times n_h}$  şeklinde gösterilir. Bu durumda süper matris şekil 6.2'deki gibi gösterilir.

$$C_{hxn_h} =$$

		$C_1$	$C_h$	$C_N$
		$c_{11} c_{12} \dots c_{1n_1} \dots$	$c_{h1} c_{h2} \dots c_{hn_h} \dots$	$c_{N1} c_{N2} \dots c_{Nn_N}$
$C_1$	$c_{11}$	$W_{11}$	$W_{1h}$	$W_{1N}$
	$c_{12}$	$W_{11}$	$W_{1h}$	$W_{1N}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$c_{1n_1}$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$C_h$	$c_{h1}$	$W_{h1}$	$W_{hh}$	$W_{hN}$
	$c_{h2}$	$W_{h1}$	$W_{hh}$	$W_{hN}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$c_{hn_h}$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$C_N$	$c_{N1}$	$W_{N1}$	$W_{Nh}$	$W_{NN}$
	$c_{N2}$	$W_{N1}$	$W_{Nh}$	$W_{NN}$
	$\vdots$	$W_{N1}$	$W_{Nh}$	$W_{NN}$
	$c_{Nn_N}$	$W_{N1}$	$W_{Nh}$	$W_{NN}$

Şekil 6.2: Süper Matris

### 9.Adım: Ağırlıklı Süper Matrisin Oluşturulması

Oluşturulan süper matristeki her bir sütun, o sütun toplamı ile normalize edilir. Bu şekilde oluşturulan yeni süper matrise ağırlıklı süper matris denilir.

### 10.Adım: Limit Matrisin oluşturulması

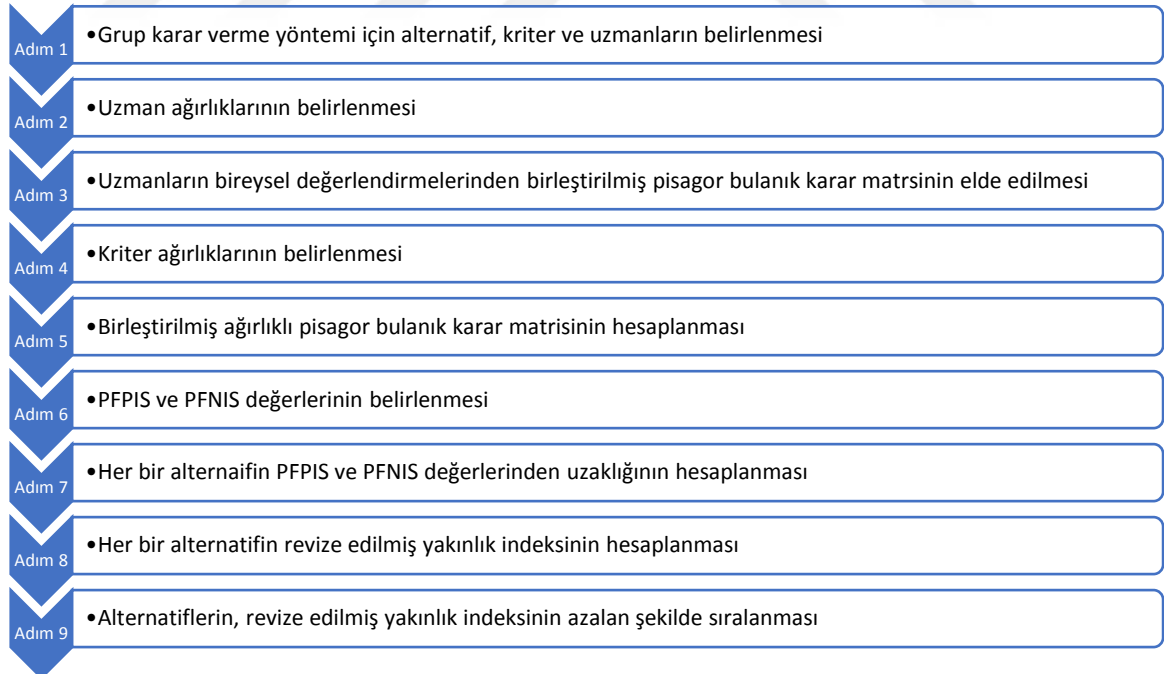
Yakınsak veya sabit değerler elde etmek için ağırlıklı süper matrisin büyük bir üssü alınır ve limit matris oluşturulur. Üst alma işlemi, matristeki değerler sabitleşinceye kadar devam eder. Bu limit matristeki değerler, kriterlerin öncelikleridir. Ağırlıklı süper matrisin yeterince büyük bir kuvveti alınıp limit matris elde edildikten sonra tekrar normalizasyon yapılarak kriter ağırlıkları belirlenir.

## 6.3 Pisagor Bulanık TOPSIS

Enerji alternatiflerinin seçimi çoğu zaman eksik olan, kesin ya da nicel olmayan veriler içermektedir. Buna enerji alternatiflerini değerlendirme için görüşleri alınan uzmanların subjektif yargıları da eklenmesiyle birçok kritere göz önüne alınarak,

yine birçok alternatifin değerlendirilmesinin en uygun yolu olarak bulanık kümeler öne çıkmaktadır. Son yıllarda enerji alternatiflerinin seçiminde en çok kullanılan ÇKKV tekniklerinden olan TOPSIS, çalışmanın bu adımında PBK ile genişletilmiştir. PBK'ler tüm bu belirsizlik ve sübjektif değerlendirmeler ile başa çıkmada etkili bir yöntemdir. Alternatiflerin sıralamasını belirlemek ve en uygun alternatifi elde etmek için revize edilmiş yakınlık indeksi formülü kullanılmıştır. Ayrıca, TOPSIS metodu kullanılırken birden çok uzmanın görüşlerine yer verilerek grup karar verme yaklaşımı benimsenmiştir. Kriterlerin ağırlığı ise bir önceki adımda Pisagor bulanık AAS yöntemi ile hesaplanmıştır. TOPSIS yönteminde optimum alternatifin çözüm noktası, diğer alternatifler arasında pozitif-ideal çözüme (PIS) en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme (NIS) en uzak mesafededir [176].

Pisagor bulanık TOPSIS ile alternatifler, bu alternatiflerin her birinin PIS'a yakınlığı ve NIS'a uzaklığı ölçüsünde sıralanarak değerlendirilir. TOPSIS yöntemi, alternatiflerin yakınlık indeksini, uygun bir yöntemle (AAS) elde edilen kriter ağırlıklarını kullanarak hesaplar ve alternatifleri önceliklerine göre sıralar. Çalışmanın bu bölümünde, sırasıyla Şekil 6.3'teki adımlar izlenmiştir [218]:



**Şekil 6.3** Pisagor Bulanık TOPSIS'in Akış Şeması

Her bir alternatifin, önceden belirlenmiş kriterlere göre durumlarının uzmanlar tarafından değerlendirilmesinde yardımcı olacak dilsel ifadeler ve bunların karşılığı olan Pisagor bulanık sayılar Tablo 6.4'te gösterilmektedir.

**Tablo 6.5** TOPSIS Yöntemi İçin Kullanılacak Dilsel İfadeler ve Karşılıkları [218]

Dilsel İfadeler	Kısaltma	Pisagor Ölçeği
Aşırı Derecede Düşük	ADD	$\langle 0.1, 0.9, 0.42 \rangle$
Oldukça Düşük	OD	$\langle 0.2, 0.8, 0.57 \rangle$
Düşük	D	$\langle 0.4, 0.75, 0.53 \rangle$
Orta	O	$\langle 0.5, 0.6, 0.62 \rangle$
Yüksek	Y	$\langle 0.7, 0.35, 0.62 \rangle$
Oldukça Yüksek	OY	$\langle 0.8, 0.25, 0.55 \rangle$
Aşırı Derecede Yüksek	ADY	$\langle 1.0, 0.0, 0.0 \rangle$

TOPSIS yöntemi için yapılacak değerlendirmede “Aşırı Derecede Düşük”, “Oldukça Düşük”, “Düşük”, “Orta”, “Yüksek”, “Oldukça Yüksek”, “Aşırı Derecede Yüksek” olmak üzere 7 dilsel ifade kullanılmaktadır. Bunların kısaltmaları ve PBK'deki karşılıkları da Tablo 6.4'te gösterilmektedir. Tablo 6.4'te gösterilen ölçeklerdeki ilk sayılar PBK'deki üye olma derecesini olan  $\mu_p(x)$  ifadesini, ikinci sayılar ise üye olmama derecesini olan  $\nu_p(x)$  ifadesini ve sondaki sayılar da belirsizlik derecesi olan  $\pi_p(x)$  ifadesini temsil etmektedirler. Örneğin; “Oldukça Düşük” ifadesinin karşılığı olan ölçekteki 0.2 sayısı kümeye üye olma derecesini, 0.8 sayısı üye olamama derecesini ve 0.57 sayısı da belirsizlik derecesini temsil etmektedir.

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_l\}$ ,  $l$  adet alternatifin kümesidir.  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  birbiriyle çelişen  $m$  adet kriteri temsil eder.  $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n\}$ ,  $n$  adet uzman kümesidir. Uzman  $\varepsilon_k$  ( $k=1, 2, \dots, n$ ),  $A_i$  ( $i=1, 2, \dots, l$ ) alternatifini,  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) kriterine göre değerlendirmektedir. Bu  $X^k = (X_{ij}^{(k)})_{l \times m}$  ile gösterilir [218].

$$X_{ij}^{(k)} = (\mu_{ij}^{(k)}, \lambda_{ij}^{(k)}, \pi_{ij}^{(k)}), \quad (6.18)$$

$\varepsilon_k$  uzmanı tarafından atanan bulanık değerlerdir. Burada  $A_i$  alternatifinin  $C_j$  kriterine göre üyelik derecesi ( $\mu_{ij}^{(k)}$ ), üye olmama derecesi ( $\lambda_{ij}^{(k)}$ ) ve belirsizlik derecesi ( $\pi_{ij}^{(k)}$ ) olarak ifade edilir [218].

$$\pi_{ij}^{(k)} = \sqrt{1 - (\mu_{ij}^{(k)})^2 - (\lambda_{ij}^{(k)})^2}, \quad (6.19)$$

Buna göre;

$$X^{(k)} = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ \dots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} (\mu_{11}^{(k)}, \lambda_{11}^{(k)}, \pi_{11}^{(k)}) & \dots & (\mu_{1m}^{(k)}, \lambda_{1m}^{(k)}, \pi_{1m}^{(k)}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu_{n1}^{(k)}, \lambda_{n1}^{(k)}, \pi_{n1}^{(k)}) & \dots & (\mu_{nm}^{(k)}, \lambda_{nm}^{(k)}, \pi_{nm}^{(k)}) \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (6.20)$$

şeklinde alternatif değerlendirilmesi elde edilir [218];

TOPSIS yönteminin uygulama adımları şu şekilde sıralanabilir [218];

### 1.Adım: Uzman Ağırlıklarını Belirleme

Tüm uzmanların önem düzeyi Pisagor bulanık sayıları temsil eden dilsel ifadeler ile belirlenir.  $k$ . uzmanın önem derecesinin Pisagor bulanık sayılardaki karşılığı eşitlik (6.21)'de gösterildiği gibi ifade edilir. Burada  $P_k$ ,  $k$ . uzmana ait önem düzeyini temsil etmektedir.  $\mu_k$ ,  $k$ . uzmana ait belirlene önem düzeyinin PBK'deki üye olma derecesini;  $\lambda_k$  üye olmama derecesini ve  $\pi_k$ , belirsizlik derecesini temsil etmektedir.

$$P_k = [\mu_k, \lambda_k, \pi_k] \quad (6.21)$$

$\sum_{k=1}^n \sigma_k$ ,  $k$ . uzmanın diğer uzmanlar arasındaki ağırlık düzeyidir ve eşitlik (6.22)'de gösterildiği gibi ifade edilir.  $k$  adet uzmana ait ağırlıkların toplamı 1'e eşittir ve eşitlik (6.23)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\sigma_k = \frac{(\pi_k + \pi_k (\mu_k / (\mu_k + \lambda_k)))}{\sum_{k=1}^n (\pi_k + \pi_k (\mu_k / (\mu_k + \lambda_k)))}, \quad (6.22)$$

$$\sum_{k=1}^n \sigma_k = 1 \quad (6.23)$$

$\pi_k, P_k$  Pisagor bulanık sayısındaki belirsizlik derecesini ifade etmektedir ve eşitlik (6.24)'te gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\pi_k = \sqrt{1 - \mu_k^2 - \lambda_k^2} \quad (6.24)$$

## 2.Adım: Birleştirilmiş Pisagor Bulanık Karar Matrisini Hesaplama

$X^k = (X_{ij}^{(k)})_{l \times m}$ , her  $E_k$  uzmanın  $\sigma_k (k=1,2,\dots,n)$  ile ağırlıklandırılmış Pisagor bulanık karar matrisidir. Grup karar alma prosedüründe, tüm uzmanların bireysel görüşleri PFWA operatörü kullanılarak birleştirilir.  $X_{ij}$ , toplam Pisagor bulanık karar matrisidir ve eşitlik (6.25)'te gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} X_{ij} &= (\text{PFWA}_\sigma(X_{ij}^{(1)}, X_{ij}^{(2)}, \dots, X_{ij}^{(n)})) \\ &= \sigma_k X_{ij}^{(1)} \oplus \sigma_k X_{ij}^{(2)} \oplus \dots \oplus \sigma_k X_{ij}^{(n)} \\ &= \left( \sqrt{1 - \prod_{k=1}^n \left(1 - \left(\mu_{ij}^{(k)}\right)^2\right)^{\sigma_k}}, \prod_{k=1}^n \left(\lambda_{ij}^{(k)}\right)^{\sigma_k}, \sqrt{\prod_{k=1}^n \left(1 - \left(\mu_{ij}^{(k)}\right)^2\right)^{\sigma_k} - \left(\prod_{k=1}^n \left(\lambda_{ij}^{(k)}\right)^{\sigma_k}\right)^2} \right) \end{aligned} \quad (6.25)$$

$X_{ij}$  ifadesinin i. satır, j. sütunundaki Pisagor bulanık sayısı, eşitlik (6.26)'da gösterildiği gibi ifade edilir.

$$X_{ij} = (\mu_{A_i}(C_j), \lambda_{A_i}(C_j), \pi_{A_i}(C_j)), \quad i=1,2,\dots,l, j=1,2,\dots,m. \quad (6.26)$$

Buna göre,  $X=(X_{ij})_{l \times m}$ , toplam Pisagor bulanık karar matrisidir ve eşitlik (6.27)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & & \dots & & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ \dots \\ A_l \end{matrix} & \left[ \begin{matrix} (\mu_{A_1}(C_1), \lambda_{A_1}(C_1), \pi_{A_1}(C_1)) & \dots & (\mu_{A_1}(C_m), \lambda_{A_1}(C_m), \pi_{A_1}(C_m)) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu_{A_l}(C_1), \lambda_{A_l}(C_1), \pi_{A_l}(C_1)) & \dots & (\mu_{A_l}(C_m), \lambda_{A_l}(C_m), \pi_{A_l}(C_m)) \end{matrix} \right] \end{matrix} \quad (6.27)$$

### 3.Adım: Kriter Ağırlıkları Hesaplama

Her kriter eşit önem ağırlığına sahip değildir.  $W_j$ , her bir kriterin önem derecesini gösterir. Bu değerler, çalışmanın bir önceki aşamasında AAS yöntemi ile elde edilen,  $C_j$  kriterine atanan değerlerdir.

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_m), (j=1,2,\dots,m).$$

### 4.Adım: Birleştirilmiş Ağırlıklı Pisagor Bulanık Karar Matrisi Hesaplama

Birleştirilmiş Pisagor bulanık karar matrisi  $X$ , kriterlerin ağırlık matrisi  $W$  hesaplandıktan sonra, birleştirilmiş ağırlıklı Pisagor bulanık karar matrisi  $X'=(x'_{ij})_{l \times m}$  çarpım operatörü kullanılarak elde edilir ve eşitlik (6.30)'da gösterildiği gibi ifade edilir. Birleştirilmiş ağırlıklı Pisagor bulanık karar matrisinin  $i$ . satır,  $j$ . sütunundaki Pisagor bulanık sayısı, eşitlik (6.28)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$x'_{ij} = (\mu_{A_i W}(C_j), \lambda_{A_i W}(C_j), \pi_{A_i W}(C_j)), \quad (6.28)$$

$w_j = (w_1, w_2, \dots, w_m), (j=1,2,\dots,m)$ ,  $w_j$  sabit bir sayı olmak üzere, birleştirilmiş ağırlıklı Pisagor bulanık karar matrisi eşitlik (6.29)'da gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$x'_{ij} = x_{ij} \otimes w_j = \left( \mu_{A_i}(C_j) \mu_w(C_j), \sqrt{\lambda_{A_i}^2(C_j) + \lambda_w^2(C_j) - \lambda_{A_i}^2(C_j) \lambda_w^2(C_j)}, \pi_{A_i W}(C_j) \right), \quad (6.29)$$

$$X' = \begin{matrix} & & C_1 & & \dots & & C_m \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} (\mu_{A_1 W}(C_1), & \lambda_{A_1 W}(C_1), & \pi_{A_1 W}(C_1)) & \dots & (\mu_{A_1 W}(C_m), & \lambda_{A_1 W}(C_m), & \pi_{A_1 W}(C_m)) \end{array} \right] \\ \dots & & \vdots & & \ddots & & \vdots \\ A_l & \left[ \begin{array}{cccc} (\mu_{A_l W}(C_1), & \lambda_{A_l W}(C_1), & \pi_{A_l W}(C_1)) & \dots & (\mu_{A_l W}(C_m), & \lambda_{A_l W}(C_m), & \pi_{A_l W}(C_m)) \end{array} \right] \end{matrix} \quad (6.30)$$

### 5.Adım: Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözümün Belirlenmesi

PIS ve NIS değerlerinin belirlenebilmesi için öncelikle fayda ve maliyet kriterleri belirlenir.  $J_1$ , fayda ve  $J_2$ , maliyet kriterleri olmak üzere PFPIS ve PFNIS sırasıyla eşitlik (6.31) ve (6.32)'de gösterildiği şekilde ifade edilir. PFPIS ve PFNIS



değerlerinin üye olma dereceleri ve üye olmama dereceleri eşitlik (6.33), (6.34), (6.35) ve (6.36)'da gösterildiği şekilde ifade edilir.

$$A^+ = \{ \langle C_j, \mu_{A^+w}, \lambda_{A^+w} \rangle \mid C_j \in C, j = 1, 2, \dots, m \}, \quad (6.31)$$

$$A^- = \{ \langle C_j, \mu_{A^-w}, \lambda_{A^-w} \rangle \mid C_j \in C, j = 1, 2, \dots, m \}, \quad (6.32)$$

$$\mu_{A^+w}(C_j) = \begin{cases} \text{eğer } C_j \in J_1 \text{ ise,} \\ \max \mu_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \\ \text{eğer } C_j \in J_2 \text{ ise,} \\ \min \mu_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \end{cases} \quad (6.33)$$

$$\lambda_{A^+w}(C_j) = \begin{cases} \text{eğer } C_j \in J_1 \text{ ise,} \\ \min \lambda_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \\ \text{eğer } C_j \in J_2 \text{ ise,} \\ \max \lambda_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \end{cases} \quad (6.34)$$

$$\mu_{A^-w}(C_j) = \begin{cases} \text{eğer } C_j \in J_1 \text{ ise,} \\ \min \mu_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \\ \text{eğer } C_j \in J_2 \text{ ise,} \\ \max \mu_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \end{cases} \quad (6.35)$$

$$\lambda_{A^-w}(C_j) = \begin{cases} \text{eğer } C_j \in J_1 \text{ ise,} \\ \max \lambda_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \\ \text{eğer } C_j \in J_2 \text{ ise,} \\ \min \lambda_{A_iw}(C_j) \\ 1 \leq i \leq l \end{cases} \quad (6.36)$$

## 6.Adım: Her Bir Alternatifin Pozitif ve Negatif İdeal Çözümüne Uzaklığını Hesaplama

TOPSIS yöntemi, pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklıklarına göre her bir alternatifi değerlendirir. Bu hedefe ulaşmak için de normalize Öklid uzaklık kullanılarak iki PBK arasındaki uzaklık hesaplanır.

$D(A_i, A^+)$ ,  $A_i$  alternatifinin PFPIS'a olan uzaklığıdır ve eşitlik (6.37)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$D(A_i, A^-)$ ,  $A_i$  alternatifinin PFNIS'a olan uzaklığıdır ve eşitlik (6.37)'de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$D(A_i, A^+) = \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{j=1}^m \left[ \left( \mu_{A_i W}^2(C_j) - \mu_{A^+ W}^2(C_j) \right)^2 + \left( \lambda_{A_i W}^2(C_j) - \lambda_{A^+ W}^2(C_j) \right)^2 + \left( \pi_{A_i W}^2(C_j) - \pi_{A^+ W}^2(C_j) \right)^2 \right]} \quad (6.37)$$

$$D(A_i, A^-) = \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{j=1}^m \left[ \left( \mu_{A_i W}^2(C_j) - \mu_{A^- W}^2(C_j) \right)^2 + \left( \lambda_{A_i W}^2(C_j) - \lambda_{A^- W}^2(C_j) \right)^2 + \left( \pi_{A_i W}^2(C_j) - \pi_{A^- W}^2(C_j) \right)^2 \right]} \quad (6.38)$$

$i=1,2,\dots,l$ .

## 7.Adım: $A_i$ Alternatifinin Pozitif İdeal Çözümüne Göreceli Yakınlık İndeksi Hesaplama

$$C_{i+} = \frac{D(A_i, A^-)}{D(A_i, A^+) + D(A_i, A^-)}, \quad i=1, 2, \dots, l, \quad (6.39)$$

Alternatiflerin tercih sıralaması ve optimum alternatif göreceli yakınlık indeksi  $C_{i+}$  ile hesaplanır. Buna karşın, Hadi-Vencheh ve Mirjaberi bazı durumlarda göreceli

yakınlık indeksinin PIS'a en yakın ve NIS'dan en uzak optimum değeri aynı anda veremeyeceğini iddia etmişlerdir [222]. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için revize edilmiş göreceli yakınlık indeksi kullanılmıştır ve eşitlik (6.40)'da gösterildiği gibi ifade edilmektedir.

$$q(A_i) = \frac{D(A_i, A^-)}{D_{max}(A_i, A^-)} - \frac{D(A_i, A^+)}{D_{min}(A_i, A^+)}, \quad i=1,2,\dots,l. \quad (6.40)$$

$q(A_i)$ ,  $A_i$  alternatifinin pozitif ideal çözüme görece yakınlık ve negatif ideal çözüme görece uzaklık indeksi aynı anda hesaplanır.  $q(A_i) \leq 0, (i=1, 2, \dots, l)$  dir ve  $q(A_i)$ 'nin değeri büyüdükçe,  $A_i$  daha tercih edilebilir bir alternatif olmaktadır.

### **8.Adım: Maximum Revize Edilmiş Yakınlık İndeksine Sahip Değeri Bulma**

Revize edilmiş şekilde göreceli yakınlık indeksi  $q(A_i) \leq 0, (i=1,2,\dots,l)$  hesaplandıktan sonra, alternatifler bu değere göre sıralanmıştır. Maximum revize edilmiş yakınlık indeksine sahip olan  $A^*$  optimum alternatiftir ve eşitlik (6.41)'de gösterildiği şekilde ifade edilir.

$$A^* = \{A_i : (i: q(A_i) = \max_{1 \leq k \leq l} q(A_k))\} \quad (6.41)$$

## 7.1 Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, öncelikle dağıtık enerji üretimi ele alınmıştır. Literatürde enerji üretimine dair kriterler çok sayıda bulunmaktadır fakat dağıtık enerji üretimi açısından aynı durum söz konusu değildir. Bu tezde ilk olarak dağıtık enerji üretimine ait kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kriterlerden bazıları, merkezi üretim açısından yapılan değerlendirmelerde, literatürde sıkça kullanılan kriterlerdir fakat bazıları dağıtık üretime özgü, yeni kriterlerdir. Bu kriterler, yapılan literatür araştırması sonucu elde edilmiştir. Ardından 3 farklı ÇKKV yönteminin birleşimi ile yeni bir ÇKKV modeli oluşturulmuştur. Bu model kurulduktan sonra, enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları ile merkezi üretimi, dağıtık üretimi ve yenilenemez enerji kaynakları ile üretimi Türkiye açısından değerlendirilip, bu alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Belirlenen kriterlere göre ilk sıralarda tercih edilmesi gereken enerji kaynakları saptanarak Türkiye için oluşturulan enerji politikalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan ana kriterler ve alt kriterler Tablo 7.1’de gösterildiği gibidir. Çalışma, 15 alternatifi içermektedir ve bu alternatifler Şekil 7.1’de gösterilmektedir. Kriterlere ait ağırlıklar DEMATEL ve AAS yöntemleri uygulanarak elde edilmiştir. İlk aşamada, bu çalışma için belirlenen 30 kriterin aralarındaki ilişki düzeyi DEMATEL yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntemin uygulanması için, çalışmanın ‘Değerlendirme Anketleri’ kısmında gösterilen anket hazırlanmış ve bu alanda çalışmalar yapmış uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Tablo 6.1’de DEMATEL için yapılan anket çalışmasında kullanılan dilsel ifadeler ve bunların PBK’lerdeki karşılıklarını göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan 15 alternatif ve 30 kriterin yer aldığı hiyerarşik gösterim Şekil 7.2’deki gibidir.

**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler [223-226]

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
SOSYO-EKONOMİK	Rekabet	Çok sayıda küçük ölçekli enerji şirketinin ortaya çıkması ile enerjide özel işletmeler arasında rekabet ve dolayısıyla kalite artışı, fiyat düşüşü
	Sosyal kabul	Toplum algısı ve halk tarafından kabul görme durumunu ifade eder.
	Yerel Ekonomik Kalkınma ve Kaynakların Kullanımı	Bölgedeki mevcut enerji kaynaklarından yararlanma, kırsalda gerekli enerjinin karşılanması, yerel düzeyde istihdamın artışı ile yerel kalkınmanın sağlanması durumunu ifade eder.
	Sosyal Adalet	Birey ve toplumların, enerjiye ırk, cinsiyet ve sosyoekonomik statüden daha bağımsız erişimi ve enerji mülkiyeti sağlanması durumunu ifade eder.
	Bireysel Sorumluluk	Bazı insanlar artan sorumluluğu, enerji teknolojilerini zor ve karışık bulma ihtimali, teknolojik okur yazarlık gereksinimi durumunu ifade eder.
	Tüketimde Verimlilik	Fazla enerjiyi hatta satabilen ya da elektriğe ücret ödemek zorunda olmayan enerji tüketicisinin enerjide tasarrufunu en üst düzeye çıkarma durumunu ifade eder.

**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler (devamı)

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
SOSYO-EKONOMİK	Yaşam Kalitesi	Trafik, çevre kirliliği ve aşırı kalabalıklara maruz kalma ile oluşan stres, psikolojik bunalımlar, kanser vb. rahatsızlıkların oranını ifade eder.
	Enerji Maliyeti	Enerji üretim tesislerinin kurulumu ve kurulumdan sonraki periyodik bakım, üretim ve dağıtım maliyetlerini ifade eder.
	Üretimde Verimlilik	Enerjinin üretim, dağıtım ve depolama aşamalarındaki yüksek kayıpları ifade eder.
	Nüfus Hareketlerine Etkisi	Enerji erişimi için, şehirlere ve belli merkezlere yapılan nüfus göçünü ifade eder.

**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler (devamı)

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
POLİTİK	Politik Risk	Ulusal ya da uluslararası politik ilişkilerden ve karışıklıklardan etkilenme durumunu ifade eder.
	Arz Güvenliği	Enerji üretiminin kesintiye uğrama durumunu ifade eder.
	Devlet Destekleri ve Teşvikler	Vergi indirim ya da muafiyetleri, teşvikler, AR&GE laboratuvarları vb. destekler ve sübvansiyonları ifade eder.
	Politik Kabul	Mevcut ve yürütülmekte olan politikalar açısından uygunluğu ifade eder.
	Uluslararası standartlar ve enerji politikalarına uygunluk	Toplumun yaşam kalitesini iyileştirme, hayat standartlarını yükseltme, çevre kirliliğini azaltma, küresel ısınmayı yavaşlatma, karbon emisyonunu düşürme gibi ulusal & uluslararası standartlar ve enerji politikalarına uygunluğu ifade eder.
	Enerjide İç & Dış Bağımlılık	İç ve dış politik dengelerden, karışıklıklardan etkilenme, tehditlere maruz kalma durumunu ifade eder.

**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler (devamı)

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
TEKNOLOJİK	Lokal Teknik Bilgi İhtiyacı	Yerel düzeyde, enerji alanında eğitimli ve teknolojik okur yazarlığa sahip birey ihtiyacını ifade eder.
	Enerji Üretim Tesisi Yapısı	Mevcut enerji santrallerine entegrasyon ya da bunlar ile yer değiştirme zorluğunu ifade eder.
	Alt Yapı İhtiyacı	İhtiyaç duyulabilecek teknolojik ve donanımsal altyapıyı ifade eder.
	Üretimin Tahmin Edilebilirliği	Kesikli üretimde gelecek tahminlerine ihtiyaç duyup bu tahminler ışığında hareket etme ve %100 doğru tahminin imkansızlığını ifade eder.
	Şebekedeki problemlerin etki alanı	Enerjinin dağıtıklığı ve birbirinden bağımsız halde üretim düzeyi arttıkça, şebekede meydana gelen problemlerin etki alanında azalma durumunu ifade eder.
	Çeviklik ve Adaptasyon	"Tüm yumurtalar bir sepette değil ise risk düşüktür" Değişikliklere adapte olma, esnek ve çevik bir sistem sağlamayı ifade eder.
	Talep Kaynağına Olan Mesafe	Enerji talep kaynağı ile üretim yeri arasındaki uzaklığı temsil eder. Bu uzaklıkla orantılı olarak yaşanan sorunlar artar.

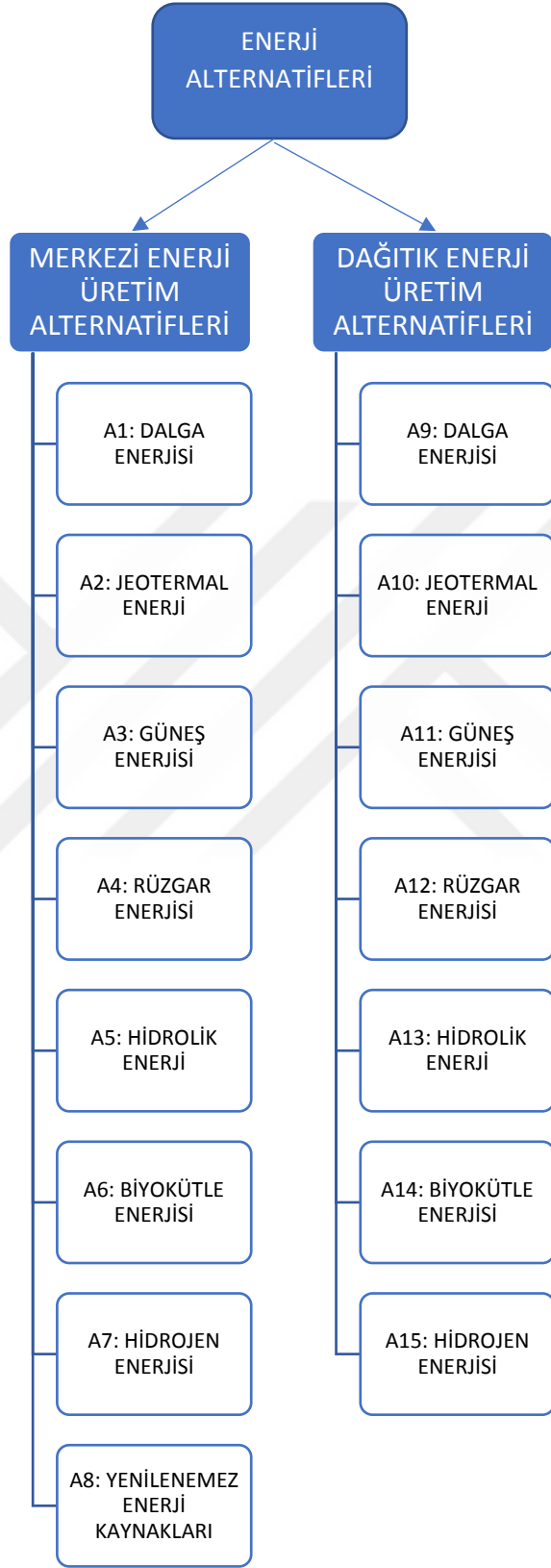


**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler (devamı)

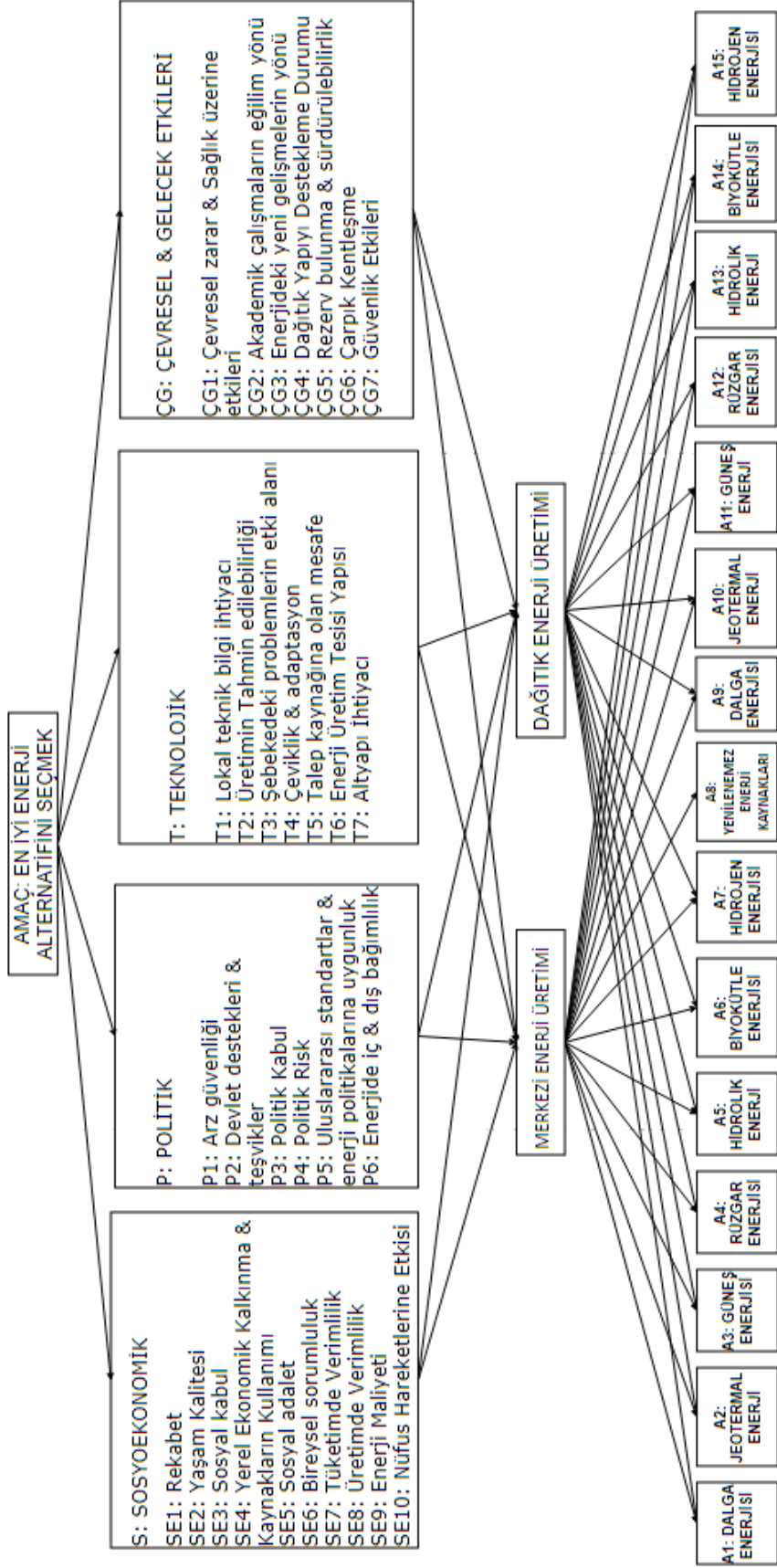
ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
ÇEVRESEL VE GELECEK ETKİLERİ	Çevresel Zarar ve Sağlık Üzerine Etkileri	CO <sub>2</sub> emisyonu, küresel ısınma sorunları vb. çevresel sorunlara neden olma durumunu ifade eder.
	Çarpık Kentleşme	Yerleşim yerlerinin düzenini ifade eder.
	Güvenlik Etkileri	Uzun dönemde büyük kazaların ve hasarların meydana gelme ihtimalini ifade eder.
	Akademik Çalışmaların Eğilim Yönü	Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar ve akademik çalışmaların oranını ifade eder.
	Enerjideki yeni gelişmelerin yönü	Maliyet düşüşleri, fizibilite sağlayan teknolojik gelişmeler vb. değişimleri ifade eder.

**Tablo 7.1** Alternatifler İçin Belirlenen Ana ve Alt Kriterler (devamı)

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER	AÇIKLAMA
ÇEVRESEL VE GELECEK ETKİLERİ	Dağıtık Yapıyı Destekleme Durumu	Eğitimde uzaktan erişim, lojistikteki gelişmeler, internet teknolojileri, lojistik ve internet alanlarındaki gelişmelere bağlı olarak e-ticaret kavramının tüm ticareti , bireylerin alışveriş alışkanlıklarını etkisi altına alması, eğlence vb. alanlarda yaşanan diğer gelişmelere yani dağıtık dünyanın ihtiyaçlarına uygunluk durumunu ifade eder.
	Rezerv Bulma ve Sürdürülebilirlik	Şu anda ve gelecekte rezerv bulma kısıtı, kaynakların sürekliliği ya da kıtlığı durumunu ifade eder.



**Şekil 7.1** Enerji Alternatifleri



Şekil 7.2: Hiyerarşik Yapı

30 adet kriter arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından yapılan anket dönüşlerine ait dilsel ifadeler ile 30x30 boyutunda direkt ilişki matrisi oluşturuldu. Uzman 1'e ait DEMATEL anketi değerlendirmesi, bu çalışmanın 'Değerlendirme Anketleri' kısmında bulunmaktadır. Ardından 3 uzmana ait değerlendirmelerdeki dilsel ifadelerin Tablo 6.1 yardımı ile Pisagor bulanık sayılardaki karşılıkları alınarak direkt ilişki matrisleri oluşturuldu. Tablo 7.2, uzman 1'e ait direkt ilişki matrisini göstermektedir. Her bir uzmana ait direkt ilişki matrisleri eşitlik (6.3) ve (6.4) kullanılarak, o uzman için belirlenen ağırlıklar ile çarpıldı ve ağırlıklı direkt ilişki matrisleri elde edildi. Ardından, bu matrisler eşitlik (6.5) ve (6.6) kullanılarak toplandı ve toplam matris elde edildi. Tablo 7.3, toplam matrisi ifade etmektedir. Sonrasında, eşitlik (6.7) ve (6.8) kullanarak toplam ortalama net matris oluşturuldu. Tablo 7.4 toplam ortalama net matrisi ifade etmektedir. Toplam ortalama net matrisin eşitlik (6.9) ve (6.10) kullanılarak normalize edilmesiyle normalize edilmiş ortalama net matrisi oluşturulmuştur. Tablo 7.5, normalize edilmiş ortalama net matrisi göstermektedir. Toplam ilişki matrisi (T) Tablo 7.6'da gösterilmektedir. Ardından, kriterler arasında varolan ilişkilerin belirlenmesi için bir önceki bölümde elde edilen toplam ilişki matrisinin aritmetik ortalaması hesaplanarak eşik değeri (0,064) elde edilmiş ve toplam ilişki matrisinde bu değerin üzerinde kalan değerlerin bulunduğu yerdeki kriterlerin birbirleri ile anlamlı ilişkiler içerdiği kabul edilmiştir. Tablo 7.7, kriterler arasındaki ilişki durumunu göstermektedir. Bu tablo; toplam ilişki matrisindeki değerler yerine, eğer bu değer hesaplanan aritmetik ortalamanın üzerinde ise "1", ortalamaya eşit ya da ortalamanın altında ise "0" konularak elde edilmiştir. Yani, "1" kriterler arasında anlamlı ilişki var, "0" ise kriterler arasında anlamlı ilişki yok demektir. Örneğin; SE1 kriteri ile SE2, SE4, SE8, SE9 kriterleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bir sonraki aşama olan Pisagor bulanık AAS yöntemindeki ilişkilerin kurulmasında ve değerlendirme anketlerinin oluşturulmasında, bu verilerden yararlanılmıştır.

**Tablo 7.2** Uzman 1'e Ait Direkt İlişki Matrisi

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5			
SE1	$\mu$		0,5	0,7	0,4	0,5	0,7	0,9	0,2	0,9	0,7	0,1	0,7	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,9	0,9	0,5	0,5	0,7	0,7	0,2	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7			
	$\lambda$		0,7	0,2	0,6	0,7	0,2	0,1	0,9	0,1	0,2	0,9	0,2	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,1	0,1	0,7	0,7	0,2	0,2	0,9	0,7	0,2	0,1	0,7	0,2			
SE3	$\mu$	0,5		0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	0,1	0,7	0,5	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7			
	$\lambda$	0,7		0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,7	0,7	0,9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,7	0,9	0,2	0,7	0,9	0,9	0,9	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2		
SE4	$\mu$	0,7	0,7		0,7	0,4	0,7	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7	0,7	0,1	0,2	0,2	0,7	0,5	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7			
	$\lambda$	0,2	0,2		0,2	0,6	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,2	0,7	0,9	0,6	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2		
SE5	$\mu$	0,4	0,7	0,4		0,5	0,2	0,5	0,5	0,9	0,7	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,7	0,5	0,5			
	$\lambda$	0,6	0,2	0,6		0,7	0,9	0,7	0,7	0,1	0,2	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	0,2	0,7	0,7		
SE6	$\mu$	0,4	0,2	0,2	0,5		0,7	0,7	0,2	0,5	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	$\lambda$	0,6	0,9	0,9	0,7		0,2	0,2	0,9	0,7	0,6	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
SE7	$\mu$	0,7	0,7	0,9	0,4	0,7		0,7	0,7	0,7	0,9	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	$\lambda$	0,2	0,2	0,1	0,6	0,2		0,2	0,2	0,2	0,1	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
SE8	$\mu$	0,9	0,7	0,9	0,5	0,4	0,9		0,7	0,7	0,9	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0,5	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	$\lambda$	0,1	0,2	0,1	0,7	0,6	0,1		0,2	0,2	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,7	0,9	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
SE10	$\mu$	0,5	0,5	0,5	0,7	0,2	0,5	0,5		0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,9	0,5	0,9	0,4	0,7	0,5	0,5	0,7			
	$\lambda$	0,7	0,7	0,7	0,2	0,9	0,7	0,7		0,2	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2	0,6	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2	0,7	0,1	0,7	0,1	0,6	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2		
SE2	$\mu$	0,7	0,5	0,5	0,9	0,5	0,7	0,7	0,7		0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,5	0,2	0,4	0,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5		
	$\lambda$	0,2	0,7	0,7	0,1	0,7	0,2	0,2	0,2		0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	0,9	0,6	0,2	0,6	0,6	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	
SE9	$\mu$	0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,9	0,9	0,7	0,9		0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,9	0,9	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7	0,9			
	$\lambda$	0,1	0,2	0,2	0,2	0,7	0,1	0,1	0,2	0,1		0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,1	0,1	0,2	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	
P4	$\mu$	0,5	0,5	0,9	0,2	0,2	0,4	0,4	0,7	0,5	0,9		0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5		
	$\lambda$	0,7	0,7	0,1	0,9	0,9	0,6	0,6	0,2	0,7	0,1		0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	
P1	$\mu$	0,7	0,5	0,9	0,5	0,2	0,5	0,9	0,5	0,5	0,9	0,5		0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,9	0,7	0,9			
	$\lambda$	0,2	0,7	0,1	0,7	0,9	0,7	0,1	0,7	0,7	0,1	0,7		0,1	0,2	0,2	0,2	0,7	0,6	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	

**Tablo 7.2** Uzman 1'e Ait Direkt İlişki Matrisi (devamı)

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5		
P2	$\mu$	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,9		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9		
	$\lambda$	0,2	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
P3	$\mu$	0,9	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7		0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7		
	$\lambda$	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2		0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	
P5	$\mu$	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,5		
	$\lambda$	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2		0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2	0,7	0,2	0,1	0,7	0,2	0,1	0,7	0,2	0,7	0,5	
P6	$\mu$	0,7	0,5	0,9	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7		0,5	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	
	$\lambda$	0,2	0,7	0,1	0,7	0,6	0,2	0,2	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2
T1	$\mu$	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5		0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
	$\lambda$	0,7	0,6	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7		0,2	0,7	0,6	0,7	0,7	0,2	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
T6	$\mu$	0,7	0,7	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5		0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	
	$\lambda$	0,2	0,2	0,6	0,6	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7		0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
T7	$\mu$	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7	0,2	0,7		0,2	0,7	0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7		
	$\lambda$	0,2	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1	0,2	0,7	0,2	0,9	0,2		0,9	0,2	0,7	0,7	0,6	0,2	0,6	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	
T2	$\mu$	0,9	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,9	0,4	0,5	0,9	0,4	0,9	0,7	0,7	0,5	0,5	0,4	0,9	0,2		0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	
	$\lambda$	0,1	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,1	0,6	0,7	0,1	0,6	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0,6	0,1	0,9		0,2	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	
T3	$\mu$	0,7	0,2	0,4	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,2		0,5	0,9	0,7	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	
	$\lambda$	0,2	0,9	0,6	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,9		0,7	0,1	0,2	0,6	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	
T4	$\mu$	0,5	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,7	0,4	0,5	0,7	0,2	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4	0,9	0,5	0,4	0,7		0,7	0,5	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5		
	$\lambda$	0,7	0,9	0,6	0,6	0,9	0,6	0,2	0,6	0,7	0,2	0,9	0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,6	0,1	0,7	0,6	0,2		0,2	0,7	0,9	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7		
T5	$\mu$	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,9	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,4	0,7	0,9	0,5	0,7	0,7		0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7		
	$\lambda$	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,6	0,2	0,1	0,7	0,2	0,2		0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	
ÇG1	$\mu$	0,7	0,7	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,7		0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7		
	$\lambda$	0,2	0,2	0,6	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,7	0,6	0,6	0,6	0,2		0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	

**Tablo 7.2** Uzman 1'e Ait Direkt İlişki Matrisi (devamı)

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
ÇG6	$\mu$	0,2	0,4	0,2	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5	0,2	0,5	0,4	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	0,2	0,5	0,2	0,7	0,7		0,5	0,7	0,5	0,5	0,5
	$\lambda$	0,9	0,6	0,9	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	0,9	0,7	0,6	0,7	0,2	0,6	0,6	0,6	0,2	0,9	0,7	0,9	0,2	0,2		0,7	0,2	0,7	0,7	0,7
ÇG7	$\mu$	0,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,4	0,7	0,9	0,5		0,7	0,7	0,7	0,7
	$\lambda$	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,7	0,7	0,6	0,2	0,1	0,7		0,2	0,2	0,2	0,2
ÇG2	$\mu$	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,4	0,7	0,5	0,9	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7		0,9	0,9	0,9
	$\lambda$	0,6	0,6	0,7	0,2	0,7	0,2	0,1	0,7	0,1	0,1	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,6	0,2	0,7	0,1	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2		0,1	0,1	0,1
ÇG3	$\mu$	0,9	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7		0,7	0,7
	$\lambda$	0,1	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2		0,2	0,2
ÇG4	$\mu$	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,9	0,5		0,5
	$\lambda$	0,2	0,7	0,2	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,7	0,1	0,7		0,7
ÇG5	$\mu$	0,7	0,5	0,9	0,5	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	
	$\lambda$	0,2	0,7	0,1	0,7	0,7	0,2	0,1	0,7	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	



**Tablo 7.3 Toplam Matris**

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
SE1	$\mu$	0,00	0,51	0,81	0,60	0,37	0,53	0,88	0,62	0,72	0,56	0,24	0,81	0,58	0,39	0,59	0,62	0,80	0,79	0,87	0,86	0,78	0,81	0,83	0,80	0,56	0,78	0,49	0,88	0,61	0,81
	$\lambda$	0,00	0,50	0,18	0,36	0,00	0,43	0,11	0,31	0,28	0,47	0,83	0,18	0,40	0,79	0,39	0,37	0,20	0,26	0,15	0,16	0,28	0,21	0,14	0,19	0,39	0,28	0,55	0,11	0,36	0,18
SE3	$\mu$	0,45	0,00	0,67	0,58	0,53	0,68	0,54	0,80	0,55	0,43	0,42	0,40	0,56	0,56	0,51	0,61	0,41	0,53	0,43	0,35	0,35	0,38	0,55	0,67	0,45	0,50	0,81	0,83	0,81	0,81
	$\lambda$	0,65	0,00	0,26	0,48	0,52	0,30	0,45	0,20	0,54	0,63	0,73	0,60	0,47	0,47	0,47	0,36	0,73	0,43	0,63	0,68	0,68	0,70	0,51	0,26	0,65	0,70	0,21	0,14	0,18	0,18
SE4	$\mu$	0,67	0,81	0,00	0,67	0,49	0,86	0,77	0,70	0,70	0,86	0,81	0,86	0,80	0,80	0,46	0,86	0,81	0,81	0,81	0,41	0,56	0,77	0,81	0,81	0,50	0,45	0,62	0,62	0,67	0,80
	$\lambda$	0,26	0,18	0,00	0,26	0,48	0,12	0,21	0,20	0,20	0,14	0,18	0,14	0,19	0,19	0,74	0,14	0,18	0,18	0,18	0,73	0,39	0,29	0,18	0,21	0,59	0,65	0,37	0,37	0,26	0,19
SE5	$\mu$	0,59	0,81	0,59	0,00	0,62	0,62	0,37	0,81	0,88	0,66	0,56	0,59	0,61	0,59	0,40	0,59	0,35	0,35	0,28	0,16	0,32	0,23	0,34	0,44	0,46	0,42	0,46	0,76	0,62	0,36
	$\lambda$	0,35	0,18	0,35	0,00	0,37	0,31	0,79	0,21	0,11	0,25	0,39	0,35	0,36	0,39	0,68	0,39	0,68	0,68	0,80	0,90	0,73	0,83	0,77	0,75	0,62	0,73	0,62	0,17	0,37	0,77
SE6	$\mu$	0,59	0,79	0,44	0,50	0,00	0,83	0,67	0,62	0,65	0,32	0,42	0,29	0,33	0,59	0,59	0,39	0,58	0,38	0,39	0,55	0,31	0,55	0,33	0,50	0,67	0,46	0,79	0,50	0,62	0,59
	$\lambda$	0,35	0,22	0,75	0,70	0,00	0,14	0,26	0,31	0,29	0,73	0,73	0,00	0,83	0,39	0,39	0,79	0,48	0,79	0,79	0,42	0,73	0,42	0,83	0,70	0,26	0,74	0,26	0,70	0,37	0,39
SE7	$\mu$	0,81	0,68	0,73	0,47	0,65	0,00	0,67	0,53	0,67	0,87	0,76	0,67	0,67	0,65	0,45	0,65	0,44	0,25	0,31	0,48	0,48	0,61	0,51	0,81	0,37	0,36	0,67	0,58	0,67	0,65
	$\lambda$	0,18	0,30	0,30	0,67	0,37	0,00	0,26	0,43	0,26	0,15	0,28	0,26	0,26	0,27	0,57	0,27	0,00	0,80	0,83	0,68	0,68	0,36	0,47	0,18	0,79	0,77	0,26	0,48	0,26	0,27
SE8	$\mu$	0,71	0,67	0,87	0,45	0,35	0,69	0,00	0,48	0,67	0,88	0,62	0,88	0,77	0,77	0,86	0,87	0,81	0,87	0,87	0,87	0,70	0,83	0,87	0,62	0,35	0,61	0,81	0,81	0,83	0,83
	$\lambda$	0,39	0,26	0,15	0,65	0,76	0,34	0,00	0,55	0,26	0,11	0,37	0,11	0,21	0,21	0,14	0,15	0,18	0,15	0,15	0,15	0,20	0,14	0,15	0,37	0,68	0,36	0,18	0,18	0,14	0,14
SE10	$\mu$	0,79	0,46	0,65	0,58	0,46	0,79	0,43	0,00	0,83	0,66	0,60	0,62	0,62	0,50	0,55	0,43	0,62	0,41	0,44	0,39	0,48	0,43	0,69	0,48	0,88	0,60	0,83	0,81	0,79	0,81
	$\lambda$	0,26	0,62	0,29	0,48	0,54	0,26	0,63	0,00	0,14	0,25	0,36	0,37	0,37	0,70	0,51	0,70	0,37	0,68	0,57	0,79	0,53	0,63	0,36	0,68	0,11	0,36	0,14	0,21	0,26	0,18
SE2	$\mu$	0,62	0,81	0,55	0,73	0,65	0,83	0,66	0,86	0,00	0,71	0,66	0,66	0,81	0,67	0,76	0,56	0,45	0,56	0,47	0,54	0,42	0,47	0,66	0,83	0,81	0,79	0,81	0,81	0,78	0,78
	$\lambda$	0,37	0,21	0,54	0,30	0,29	0,14	0,25	0,12	0,00	0,39	0,25	0,25	0,18	0,26	0,20	0,47	0,65	0,39	0,67	0,45	0,62	0,67	0,25	0,14	0,21	0,26	0,18	0,21	0,26	0,26
SE9	$\mu$	0,88	0,54	0,81	0,62	0,39	0,87	0,87	0,58	0,73	0,00	0,77	0,83	0,88	0,81	0,75	0,87	0,79	0,81	0,81	0,53	0,67	0,81	0,87	0,73	0,54	0,45	0,88	0,83	0,81	0,87
	$\lambda$	0,11	0,45	0,18	0,37	0,79	0,15	0,15	0,48	0,30	0,00	0,21	0,14	0,11	0,18	0,22	0,15	0,26	0,18	0,18	0,43	0,26	0,21	0,15	0,30	0,45	0,65	0,11	0,14	0,18	0,15
P4	$\mu$	0,79	0,62	0,87	0,62	0,44	0,60	0,78	0,59	0,81	0,90	0,00	0,83	0,83	0,79	0,81	0,81	0,77	0,81	0,81	0,67	0,81	0,81	0,67	0,54	0,47	0,86	0,67	0,83	0,62	0,62
	$\lambda$	0,26	0,37	0,15	0,31	0,75	0,36	0,25	0,35	0,21	0,10	0,00	0,14	0,14	0,16	0,18	0,18	0,24	0,18	0,18	0,26	0,21	0,21	0,26	0,42	0,67	0,12	0,26	0,14	0,37	0,37
P1	$\mu$	0,81	0,41	0,76	0,46	0,39	0,62	0,87	0,45	0,65	0,88	0,81	0,00	0,77	0,67	0,66	0,81	0,79	0,80	0,83	0,81	0,79	0,79	0,83	0,58	0,32	0,83	0,81	0,87	0,81	0,86
	$\lambda$	0,18	0,68	0,20	0,62	0,79	0,37	0,15	0,65	0,29	0,11	0,21	0,00	0,21	0,26	0,25	0,18	0,26	0,20	0,14	0,21	0,26	0,26	0,14	0,48	0,73	0,14	0,18	0,15	0,18	0,14

**Tablo 7.3 Toplam Matris (devamı)**

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
P2	$\mu$	0,83	0,62	0,83	0,73	0,50	0,83	0,83	0,70	0,76	0,88	0,83	0,87	0,00	0,81	0,81	0,81	0,67	0,70	0,67	0,50	0,58	0,54	0,62	0,81	0,58	0,58	0,49	0,83	0,83	0,86
	$\lambda$	0,14	0,37	0,14	0,25	0,70	0,14	0,14	0,20	0,17	0,11	0,14	0,15	0,00	0,18	0,18	0,18	0,26	0,20	0,26	0,70	0,48	0,45	0,37	0,18	0,48	0,48	0,55	0,14	0,14	0,14
P3	$\mu$	0,77	0,81	0,81	0,55	0,45	0,62	0,62	0,59	0,59	0,72	0,83	0,81	0,86	0,00	0,58	0,79	0,43	0,55	0,81	0,56	0,65	0,77	0,45	0,59	0,41	0,81	0,61	0,81	0,80	0,80
	$\lambda$	0,21	0,18	0,18	0,54	0,65	0,37	0,37	0,35	0,35	0,28	0,14	0,18	0,12	0,00	0,48	0,26	0,63	0,51	0,18	0,47	0,27	0,27	0,57	0,39	0,68	0,18	0,36	0,18	0,19	0,19
P5	$\mu$	0,81	0,67	0,61	0,62	0,43	0,58	0,87	0,49	0,70	0,79	0,83	0,81	0,81	0,81	0,00	0,67	0,61	0,78	0,81	0,43	0,81	0,61	0,66	0,79	0,43	0,55	0,77	0,62	0,66	0,62
	$\lambda$	0,18	0,26	0,36	0,37	0,63	0,48	0,15	0,55	0,20	0,16	0,14	0,18	0,18	0,18	0,00	0,26	0,36	0,26	0,18	0,63	0,18	0,36	0,25	0,16	0,63	0,51	0,21	0,37	0,25	0,37
P6	$\mu$	0,81	0,61	0,87	0,61	0,59	0,81	0,80	0,61	0,70	0,87	0,88	0,87	0,87	0,81	0,67	0,00	0,59	0,59	0,81	0,81	0,50	0,78	0,66	0,54	0,31	0,81	0,58	0,67	0,79	0,81
	$\lambda$	0,18	0,36	0,15	0,36	0,35	0,18	0,19	0,36	0,20	0,15	0,11	0,15	0,15	0,18	0,26	0,00	0,39	0,39	0,18	0,18	0,70	0,26	0,25	0,45	0,83	0,18	0,48	0,26	0,26	0,18
T1	$\mu$	0,51	0,42	0,83	0,43	0,50	0,79	0,78	0,50	0,39	0,67	0,60	0,79	0,79	0,59	0,43	0,78	0,00	0,67	0,79	0,49	0,81	0,79	0,66	0,61	0,32	0,79	0,81	0,78	0,61	0,79
	$\lambda$	0,50	0,62	0,14	0,63	0,70	0,26	0,26	0,70	0,79	0,26	0,36	0,26	0,26	0,39	0,70	0,28	0,00	0,26	0,26	0,48	0,21	0,26	0,25	0,36	0,00	0,26	0,21	0,26	0,36	0,26
T6	$\mu$	0,70	0,56	0,59	0,40	0,36	0,43	0,83	0,50	0,45	0,83	0,60	0,81	0,56	0,66	0,78	0,78	0,62	0,00	0,83	0,88	0,70	0,81	0,67	0,71	0,45	0,77	0,69	0,79	0,67	0,58
	$\lambda$	0,20	0,47	0,35	0,60	0,77	0,63	0,14	0,70	0,65	0,14	0,36	0,18	0,47	0,25	0,28	0,28	0,37	0,00	0,14	0,11	0,20	0,18	0,26	0,39	0,65	0,21	0,36	0,16	0,26	0,48
T7	$\mu$	0,56	0,53	0,77	0,39	0,41	0,34	0,81	0,45	0,54	0,86	0,60	0,83	0,88	0,66	0,78	0,81	0,77	0,83	0,00	0,50	0,83	0,81	0,62	0,64	0,49	0,78	0,79	0,81	0,81	0,81
	$\lambda$	0,47	0,43	0,24	0,79	0,68	0,77	0,18	0,65	0,45	0,12	0,36	0,14	0,11	0,25	0,28	0,18	0,29	0,14	0,00	0,59	0,14	0,21	0,37	0,28	0,55	0,25	0,26	0,21	0,18	0,18
T2	$\mu$	0,86	0,56	0,76	0,44	0,41	0,43	0,88	0,30	0,39	0,88	0,78	0,88	0,58	0,56	0,46	0,62	0,77	0,87	0,79	0,00	0,67	0,79	0,61	0,35	0,32	0,65	0,73	0,83	0,67	0,81
	$\lambda$	0,16	0,39	0,28	0,75	0,68	0,63	0,11	0,73	0,79	0,11	0,25	0,11	0,48	0,47	0,74	0,37	0,24	0,15	0,22	0,00	0,26	0,26	0,36	0,76	0,00	0,29	0,30	0,14	0,26	0,18
T3	$\mu$	0,81	0,76	0,78	0,56	0,77	0,43	0,79	0,48	0,81	0,86	0,80	0,88	0,58	0,66	0,66	0,81	0,79	0,81	0,83	0,79	0,00	0,79	0,69	0,81	0,40	0,62	0,53	0,81	0,83	0,78
	$\lambda$	0,18	0,30	0,25	0,39	0,29	0,63	0,26	0,68	0,21	0,12	0,20	0,11	0,48	0,25	0,25	0,18	0,26	0,18	0,14	0,22	0,00	0,26	0,36	0,18	0,60	0,37	0,43	0,18	0,14	0,26
T4	$\mu$	0,81	0,76	0,78	0,47	0,44	0,42	0,83	0,35	0,62	0,86	0,58	0,70	0,62	0,61	0,66	0,79	0,78	0,87	0,79	0,78	0,81	0,00	0,67	0,62	0,27	0,62	0,45	0,59	0,81	0,79
	$\lambda$	0,21	0,28	0,25	0,67	0,75	0,62	0,14	0,76	0,37	0,12	0,40	0,33	0,37	0,36	0,25	0,26	0,25	0,15	0,26	0,25	0,18	0,00	0,26	0,37	0,86	0,37	0,65	0,35	0,18	0,26
T5	$\mu$	0,55	0,35	0,65	0,48	0,34	0,43	0,83	0,54	0,54	0,88	0,48	0,70	0,67	0,61	0,54	0,48	0,77	0,81	0,77	0,62	0,81	0,67	0,00	0,67	0,49	0,50	0,48	0,50	0,67	0,65
	$\lambda$	0,51	0,76	0,29	0,68	0,77	0,63	0,14	0,45	0,45	0,11	0,68	0,20	0,26	0,36	0,51	0,68	0,24	0,18	0,21	0,37	0,18	0,26	0,00	0,26	0,55	0,70	0,53	0,70	0,26	0,27
ÇG1	$\mu$	0,55	0,83	0,64	0,45	0,81	0,62	0,62	0,70	0,86	0,58	0,62	0,70	0,67	0,66	0,81	0,48	0,81	0,81	0,78	0,35	0,60	0,49	0,66	0,00	0,39	0,81	0,81	0,83	0,79	0,81
	$\lambda$	0,51	0,14	0,28	0,65	0,18	0,37	0,37	0,20	0,12	0,48	0,37	0,20	0,26	0,25	0,18	0,68	0,21	0,18	0,26	0,76	0,36	0,48	0,25	0,00	0,79	0,18	0,18	0,14	0,26	0,18

**Tablo 7.3 Toplam Matris (devamı)**

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
ÇG6	μ	0,26	0,53	0,44	0,45	0,48	0,55	0,37	0,62	0,76	0,62	0,38	0,48	0,59	0,55	0,54	0,33	0,32	0,47	0,59	0,29	0,65	0,38	0,59	0,54	0,00	0,55	0,66	0,62	0,62	0,61
	λ	0,83	0,52	0,75	0,65	0,55	0,54	0,79	0,37	0,17	0,37	0,70	0,68	0,35	0,54	0,45	0,76	0,73	0,67	0,35	0,86	0,29	0,70	0,35	0,45	0,00	0,54	0,25	0,37	0,37	0,36
ÇG7	μ	0,61	0,81	0,77	0,38	0,79	0,62	0,50	0,79	0,81	0,67	0,83	0,81	0,80	0,83	0,81	0,62	0,79	0,81	0,81	0,62	0,79	0,32	0,70	0,87	0,43	0,00	0,67	0,83	0,81	0,67
	λ	0,36	0,21	0,29	0,70	0,26	0,37	0,70	0,26	0,18	0,26	0,14	0,18	0,19	0,14	0,18	0,37	0,26	0,18	0,18	0,37	0,26	0,00	0,20	0,15	0,63	0,00	0,26	0,14	0,18	0,26
ÇG2	μ	0,60	0,60	0,50	0,54	0,62	0,58	0,83	0,36	0,69	0,79	0,62	0,67	0,67	0,62	0,54	0,61	0,64	0,67	0,62	0,77	0,65	0,62	0,59	0,48	0,29	0,48	0,00	0,90	0,87	0,87
	λ	0,36	0,36	0,70	0,45	0,37	0,48	0,14	0,77	0,36	0,16	0,37	0,26	0,26	0,37	0,45	0,36	0,28	0,26	0,37	0,21	0,29	0,37	0,39	0,53	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,15
ÇG3	μ	0,90	0,79	0,81	0,59	0,62	0,62	0,76	0,54	0,76	0,86	0,81	0,83	0,81	0,67	0,67	0,67	0,81	0,83	0,65	0,83	0,70	0,81	0,67	0,83	0,36	0,55	0,86	0,00	0,70	0,81
	λ	0,10	0,26	0,18	0,35	0,37	0,37	0,17	0,45	0,17	0,12	0,18	0,14	0,18	0,26	0,26	0,26	0,21	0,14	0,29	0,14	0,20	0,21	0,26	0,14	0,77	0,54	0,12	0,00	0,20	0,18
ÇG4	μ	0,81	0,50	0,81	0,78	0,79	0,81	0,81	0,58	0,70	0,81	0,79	0,81	0,81	0,81	0,87	0,86	0,66	0,81	0,81	0,62	0,81	0,81	0,81	0,81	0,42	0,55	0,88	0,65	0,00	0,79
	λ	0,18	0,70	0,18	0,26	0,26	0,18	0,18	0,48	0,20	0,18	0,26	0,18	0,18	0,18	0,15	0,14	0,25	0,18	0,18	0,37	0,18	0,18	0,18	0,18	0,62	0,54	0,11	0,29	0,00	0,26
ÇG5	μ	0,83	0,78	0,86	0,59	0,78	0,81	0,87	0,61	0,67	0,88	0,66	0,88	0,86	0,81	0,81	0,86	0,77	0,81	0,81	0,81	0,81	0,79	0,80	0,61	0,43	0,79	0,67	0,79	0,79	0,00
	λ	0,14	0,26	0,14	0,39	0,26	0,18	0,15	0,36	0,26	0,11	0,25	0,11	0,14	0,18	0,18	0,14	0,27	0,18	0,18	0,18	0,18	0,26	0,19	0,36	0,63	0,26	0,26	0,26	0,26	0,00

**Tablo 7.4** Toplam Ortalama Net Matris

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
SE1	0	0,01	0,63	0,23	0,13	0,09	0,76	0,28	0,43	0,1	-0,63	0,63	0,17	-0,48	0,2	0,24	0,6	0,55	0,73	0,71	0,52	0,61	0,67	0,61	0,17	0,53	-0,05	0,76	0,24	0,63
SE3	-0,21	0	0,38	0,1	0,01	0,37	0,09	0,6	0,01	-0,21	-0,36	-0,2	0,1	0,1	0,04	0,24	-0,37	0,09	-0,21	-0,33	-0,33	-0,34	0,04	0,38	-0,21	-0,24	0,61	0,67	0,63	0,63
SE4	0,38	0,63	0	0,38	0,01	0,73	0,55	0,45	0,45	0,72	0,63	0,72	0,61	0,61	-0,33	0,72	0,63	0,63	0,63	-0,37	0,17	0,51	0,63	0,61	-0,09	-0,21	0,24	0,24	0,38	0,61
SE5	0,23	0,63	0,23	0	0,24	0,28	-0,49	0,61	0,76	0,37	0,17	0,23	0,24	0,2	-0,3	0,2	-0,33	-0,33	-0,56	-0,78	-0,44	-0,64	-0,47	-0,38	-0,17	-0,36	-0,17	0,55	0,24	-0,46
SE6	0,23	0,57	-0,38	-0,24	0	0,67	0,38	0,28	0,34	-0,44	-0,36	0,08	-0,59	0,2	0,19	-0,48	0,1	-0,48	-0,48	0,12	-0,44	0,12	-0,59	-0,24	0,38	-0,33	0,55	-0,24	0,24	0,2
SE7	0,63	0,37	0,45	-0,22	0,29	0	0,38	0,09	0,38	0,73	0,5	0,38	0,38	0,35	-0,13	0,35	0,19	-0,57	-0,6	-0,23	-0,23	0,24	0,04	0,63	-0,49	-0,46	0,38	0,1	0,38	0,35
SE8	0,35	0,38	0,73	-0,21	-0,45	0,35	0	-0,06	0,38	0,76	0,24	0,76	0,55	0,55	0,72	0,73	0,63	0,73	0,73	0,73	0,45	0,67	0,73	0,24	-0,33	0,24	0,63	0,63	0,67	0,67
SE10	0,55	-0,17	0,34	0,1	-0,09	0,55	-0,21	0	0,67	0,37	0,23	0,24	0,24	-0,24	0,04	-0,31	0,24	-0,3	-0,13	-0,48	-0,05	-0,21	0,34	-0,23	0,76	0,23	0,67	0,61	0,55	0,63
SE2	0,24	0,61	0,01	0,45	0,34	0,67	0,37	0,73	0	0,35	0,37	0,37	0,63	0,38	0,54	0,1	-0,21	0,17	-0,22	0,09	-0,2	-0,22	0,37	0,67	0,61	0,55	0,63	0,61	0,55	0,55
SE9	0,76	0,09	0,63	0,24	-0,48	0,73	0,73	0,1	0,45	0	0,55	0,67	0,76	0,63	0,52	0,73	0,55	0,63	0,63	0,09	0,38	0,61	0,73	0,45	0,09	-0,21	0,76	0,67	0,63	0,73
P4	0,55	0,24	0,73	0,28	-0,38	0,23	0,55	0,23	0,61	0,8	0	0,67	0,67	0,59	0,63	0,63	0,54	0,63	0,63	0,38	0,61	0,61	0,38	0,11	-0,22	0,73	0,38	0,67	0,24	0,24
P1	0,63	-0,3	0,54	-0,17	-0,48	0,24	0,73	-0,21	0,34	0,76	0,61	0	0,55	0,38	0,37	0,63	0,55	0,6	0,67	0,61	0,55	0,55	0,67	0,1	-0,44	0,67	0,63	0,73	0,63	0,72
P2	0,67	0,24	0,67	0,47	-0,24	0,67	0,67	0,45	0,55	0,76	0,67	0,73	0	0,63	0,63	0,63	0,38	0,45	0,38	-0,24	0,1	0,09	0,24	0,63	0,1	0,1	-0,05	0,67	0,67	0,72
P3	0,55	0,63	0,63	0,01	-0,21	0,24	0,24	0,23	0,23	0,43	0,67	0,63	0,73	0	0,1	0,55	-0,21	0,04	0,63	0,1	0,35	0,52	-0,12	0,2	-0,3	0,63	0,24	0,63	0,61	0,61
P5	0,63	0,38	0,24	0,24	-0,21	0,1	0,73	-0,05	0,45	0,59	0,67	0,63	0,63	0,63	0	0,38	0,24	0,55	0,63	-0,21	0,63	0,24	0,37	0,59	-0,21	0,04	0,55	0,24	0,37	0,24
P6	0,63	0,24	0,73	0,24	0,23	0,63	0,61	0,24	0,45	0,73	0,76	0,73	0,73	0,63	0,38	0	0,2	0,2	0,63	0,63	-0,24	0,55	0,37	0,09	-0,6	0,63	0,1	0,38	0,55	0,63
T1	0,01	-0,2	0,67	-0,21	-0,24	0,55	0,55	-0,24	-0,48	0,38	0,23	0,55	0,55	0,2	-0,31	0,53	0	0,38	0,55	0,01	0,61	0,55	0,37	0,24	0,1	0,55	0,61	0,55	0,24	0,55
T6	0,45	0,1	0,23	-0,2	-0,46	-0,21	0,67	-0,24	-0,21	0,67	0,23	0,63	0,1	0,37	0,53	0,53	0,24	0	0,67	0,76	0,45	0,63	0,38	0,35	-0,21	0,55	0,34	0,59	0,38	0,1
T7	0,1	0,09	0,54	-0,48	-0,3	-0,47	0,63	-0,21	0,09	0,73	0,23	0,67	0,76	0,37	0,53	0,63	0,51	0,67	0	-0,09	0,67	0,61	0,24	0,33	-0,05	0,55	0,55	0,61	0,63	0,63
T2	0,71	0,17	0,51	-0,38	-0,3	-0,21	0,76	-0,45	-0,48	0,76	0,55	0,76	0,1	0,1	-0,33	0,24	0,54	0,73	0,57	0	0,38	0,55	0,24	-0,45	0,1	0,34	0,45	0,67	0,38	0,63
T3	0,63	0,48	0,55	0,17	0,51	-0,21	0,55	-0,23	0,61	0,73	0,6	0,76	0,1	0,37	0,37	0,63	0,55	0,63	0,67	0,57	0	0,55	0,34	0,63	-0,2	0,24	0,09	0,63	0,67	0,55
T4	0,61	0,51	0,55	-0,22	-0,38	-0,2	0,67	-0,45	0,24	0,73	0,17	0,39	0,24	0,24	0,37	0,55	0,55	0,73	0,55	0,55	0,63	0	0,38	0,24	-0,66	0,24	-0,21	0,23	0,63	0,55
T5	0,04	-0,45	0,34	-0,23	-0,47	-0,21	0,67	0,09	0,09	0,76	-0,23	0,45	0,38	0,24	0,04	-0,23	0,54	0,63	0,55	0,24	0,63	0,38	0	0,38	-0,05	-0,24	-0,05	-0,24	0,38	0,35
ÇG1	0,04	0,67	0,33	-0,21	0,63	0,24	0,24	0,45	0,73	0,1	0,24	0,45	0,38	0,37	0,63	-0,23	0,61	0,63	0,55	-0,45	0,23	0,01	0,37	0	-0,48	0,63	0,63	0,67	0,55	0,63
ÇG6	-0,62	0,01	-0,38	-0,21	-0,06	0,01	-0,49	0,24	0,55	0,24	-0,34	-0,23	0,23	0,01	0,09	-0,47	-0,44	-0,22	0,23	-0,65	0,34	-0,34	0,23	0,09	0	0,01	0,37	0,24	0,24	0,24

**Tablo 7.4** Toplam Ortalama Net Matris (devamı)

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
ÇG7	0,24	0,61	0,51	-0,34	0,55	0,24	-0,24	0,55	0,63	0,38	0,67	0,63	0,61	0,67	0,63	0,24	0,55	0,63	0,63	0,24	0,55	0,1	0,45	0,73	-0,21	0	0,38	0,67	0,63	0,38
ÇG2	0,23	0,23	-0,24	0,09	0,24	0,1	0,67	-0,46	0,34	0,59	0,24	0,38	0,38	0,24	0,09	0,24	0,33	0,38	0,24	0,55	0,34	0,24	0,2	-0,05	0,08	0,23	0	0,8	0,73	0,73
ÇG3	0,8	0,55	0,63	0,23	0,24	0,24	0,55	0,09	0,55	0,73	0,63	0,67	0,63	0,38	0,38	0,38	0,61	0,67	0,34	0,67	0,45	0,61	0,38	0,67	-0,46	0,01	0,73	0	0,45	0,63
ÇG4	0,63	-0,24	0,63	0,55	0,55	0,63	0,63	0,1	0,45	0,63	0,55	0,63	0,63	0,63	0,73	0,72	0,37	0,63	0,63	0,24	0,63	0,63	0,63	0,63	-0,2	0,01	0,76	0,34	0	0,55
ÇG5	0,67	0,55	0,72	0,2	0,55	0,63	0,73	0,24	0,38	0,76	0,37	0,76	0,72	0,63	0,63	0,72	0,52	0,63	0,63	0,63	0,63	0,55	0,61	0,24	-0,21	0,55	0,38	0,55	0,55	0

**Tablo 7.5, Normalize Edilmiş Ortalama Net Matris**

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	
SE1	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	-0,04	0,04	0,01	-0,03	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03	0,00	0,05	0,02	0,04	
SE3	-0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	-0,02	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	0,00	0,02	-0,01	-0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	
SE4	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	-0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	-0,02	0,01	0,03	0,04	0,04	-0,01	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	
SE5	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,02	-0,03	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	-0,02	0,01	-0,02	-0,02	-0,04	-0,05	-0,03	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	0,04	0,02	-0,03	
SE6	0,01	0,04	-0,02	-0,02	0,00	0,04	0,02	0,02	0,02	-0,03	-0,02	0,01	-0,04	0,01	0,01	-0,03	0,01	-0,03	-0,03	0,01	-0,03	0,01	-0,04	-0,02	0,02	-0,02	0,04	-0,02	0,02	0,01	
SE7	0,04	0,02	0,03	-0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,02	0,01	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,04	-0,03	-0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	
SE8	0,02	0,02	0,05	-0,01	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,02	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02	-0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	
SE10	0,04	-0,01	0,02	0,01	-0,01	0,04	-0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	-0,02	0,00	-0,02	0,02	-0,02	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,05	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	
SE2	0,02	0,04	0,00	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,00	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
SE9	0,05	0,01	0,04	0,02	-0,03	0,05	0,05	0,01	0,03	0,00	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,01	-0,01	0,05	0,04	0,04	0,05	
P4	0,04	0,02	0,05	0,02	-0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,05	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01	-0,01	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	
P1	0,04	-0,02	0,03	-0,01	-0,03	0,02	0,05	-0,01	0,02	0,05	0,04	0,00	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	-0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	
P2	0,04	0,02	0,04	0,03	-0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,00	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	-0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	
P3	0,04	0,04	0,04	0,00	-0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,00	0,01	0,04	-0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,03	-0,01	0,01	-0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	
P5	0,04	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,01	0,05	0,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,02	0,02	0,04	0,04	-0,01	0,04	0,02	0,02	0,04	-0,01	0,00	0,04	0,02	0,02	0,02	
P6	0,04	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04	0,04	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04	0,04	-0,02	0,04	0,02	0,01	-0,04	0,04	0,01	0,02	0,04	0,04	
T1	0,00	-0,01	0,04	-0,01	-0,02	0,04	0,04	-0,02	-0,03	0,02	0,01	0,04	0,04	0,01	-0,02	0,03	0,00	0,02	0,04	0,00	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	
T6	0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,04	-0,02	-0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,00	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	-0,01	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01	
T7	0,01	0,01	0,03	-0,03	-0,02	-0,03	0,04	-0,01	0,01	0,05	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,00	-0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
T2	0,05	0,01	0,03	-0,02	-0,02	-0,01	0,05	-0,03	-0,03	0,05	0,04	0,05	0,01	0,01	-0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,04	0,00	0,02	0,04	0,02	-0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04
T3	0,04	0,03	0,04	0,01	0,03	-0,01	0,04	-0,01	0,04	0,05	0,04	0,05	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,02	0,04	-0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	
T4	0,04	0,03	0,04	-0,01	-0,02	-0,01	0,04	-0,03	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,02	0,02	-0,04	0,02	-0,01	0,01	0,04	
T5	0,00	-0,03	0,02	-0,01	-0,03	-0,01	0,04	0,01	0,01	0,05	-0,01	0,03	0,02	0,02	0,00	-0,01	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,02	0,00	0,02	0,00	-0,02	0,00	-0,02	0,02	0,02	
ÇG1	0,00	0,04	0,02	-0,01	0,04	0,02	0,02	0,03	0,05	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	-0,01	0,04	0,04	0,04	-0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	-0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
ÇG6	-0,04	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,04	0,02	-0,02	-0,01	0,01	0,00	0,01	-0,03	-0,03	-0,01	0,01	-0,04	0,02	-0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	
ÇG7	0,02	0,04	0,03	-0,02	0,04	0,02	-0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,05	-0,01	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	
ÇG2	0,01	0,01	-0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	-0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05	
ÇG3	0,05	0,04	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	-0,03	0,00	0,05	0,00	0,03	0,04	
ÇG4	0,04	-0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	-0,01	0,00	0,05	0,02	0,00	0,04	
ÇG5	0,04	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,05	0,02	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	-0,01	0,04	0,02	0,04	0,04	0,00	

**Tablo 7.6** Toplam İlişki Matrisi

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
SE1	0,06	0,03	0,1	0,02	0,01	0,04	0,12	0,03	0,07	0,08	0,01	0,11	0,07	0,02	0,05	0,07	0,09	0,1	0,11	0,08	0,08	0,09	0,1	0,08	-0,01	0,07	0,05	0,11	0,08	0,11
SE3	0	0,01	0,04	0,01	0,01	0,04	0,02	0,04	0,01	0	-0,01	0	0,02	0,02	0,01	0,02	-0,01	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	0,03	-0,02	-0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
SE4	0,09	0,07	0,08	0,03	-0,01	0,09	0,12	0,04	0,08	0,13	0,09	0,13	0,11	0,1	0,03	0,11	0,1	0,11	0,11	0,01	0,06	0,09	0,1	0,09	-0,03	0,03	0,07	0,09	0,1	0,12
SE5	0,01	0,04	0	0,01	0,02	0,03	-0,04	0,05	0,05	0,01	0	-0	0,01	0	-0,03	0	-0,04	-0,04	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,04	-0,03	-0	-0,03	-0,01	0,03	0,01	-0,04
SE6	0	0,03	-0,04	-0,02	0	0,04	0,01	0,02	0,01	-0,04	-0,04	-0,01	-0,05	-0	0	-0,04	-0,01	-0,05	-0,05	0	-0,04	-0,01	-0,05	-0,02	0,03	-0,03	0,03	-0,03	0	0
SE7	0,07	0,04	0,06	-0	0,02	0,03	0,06	0,02	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,02	0,05	0,04	-0	-0,01	0	0,01	0,04	0,03	0,06	-0,04	-0,01	0,05	0,04	0,06	0,06
SE8	0,11	0,07	0,14	-0	-0,04	0,07	0,11	0,01	0,08	0,16	0,09	0,16	0,13	0,11	0,11	0,14	0,12	0,14	0,14	0,1	0,1	0,13	0,13	0,08	-0,06	0,07	0,11	0,14	0,14	0,14
SE10	0,06	0	0,05	0,01	-0	0,06	0,02	0,01	0,07	0,06	0,03	0,05	0,05	0,01	0,02	0	0,04	0,01	0,02	-0,02	0,02	0,01	0,05	0,01	0,04	0,03	0,07	0,07	0,06	0,07
SE2	0,06	0,07	0,05	0,04	0,02	0,08	0,08	0,06	0,04	0,08	0,06	0,08	0,09	0,07	0,07	0,05	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,07	0,08	0,02	0,06	0,09	0,1	0,09	0,09
SE9	0,13	0,05	0,14	0,03	-0,04	0,09	0,15	0,02	0,09	0,11	0,1	0,15	0,14	0,11	0,1	0,13	0,11	0,13	0,13	0,06	0,09	0,12	0,12	0,1	-0,03	0,04	0,12	0,14	0,13	0,15
P4	0,12	0,06	0,14	0,03	-0,03	0,06	0,13	0,03	0,1	0,16	0,07	0,15	0,13	0,11	0,1	0,12	0,11	0,13	0,13	0,07	0,1	0,11	0,1	0,07	-0,04	0,1	0,09	0,14	0,11	0,11
P1	0,13	0,02	0,13	-0	-0,04	0,06	0,15	-0	0,08	0,16	0,11	0,11	0,13	0,1	0,09	0,13	0,11	0,14	0,14	0,09	0,11	0,12	0,12	0,07	-0,06	0,09	0,11	0,14	0,13	0,14
P2	0,12	0,06	0,13	0,04	-0,02	0,09	0,13	0,05	0,09	0,14	0,11	0,14	0,09	0,11	0,1	0,12	0,09	0,11	0,1	0,02	0,07	0,07	0,08	0,1	-0,02	0,05	0,06	0,13	0,12	0,13
P3	0,1	0,08	0,11	0,01	-0,02	0,05	0,09	0,03	0,06	0,11	0,1	0,12	0,12	0,06	0,06	0,1	0,05	0,07	0,11	0,04	0,07	0,09	0,05	0,06	-0,04	0,08	0,07	0,11	0,11	0,11
P5	0,11	0,06	0,09	0,02	-0,02	0,04	0,12	0,01	0,08	0,12	0,1	0,12	0,11	0,1	0,05	0,09	0,07	0,11	0,11	0,03	0,09	0,08	0,08	0,09	-0,04	0,04	0,09	0,09	0,1	0,09
P6	0,12	0,06	0,13	0,02	0,01	0,09	0,13	0,03	0,08	0,14	0,11	0,14	0,13	0,11	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,08	0,05	0,11	0,09	0,07	-0,07	0,08	0,07	0,11	0,12	0,13
T1	0,06	0,02	0,11	-0,01	-0,02	0,06	0,1	-0,01	0,01	0,1	0,06	0,11	0,09	0,06	0,02	0,09	0,05	0,09	0,1	0,04	0,09	0,09	0,07	0,06	-0,02	0,07	0,08	0,1	0,08	0,1
T6	0,09	0,04	0,09	-0,01	-0,04	0,02	0,12	-0,01	0,03	0,12	0,07	0,12	0,07	0,08	0,08	0,1	0,08	0,07	0,12	0,09	0,08	0,1	0,08	0,07	-0,04	0,07	0,07	0,11	0,09	0,08
T7	0,08	0,04	0,11	-0,02	-0,03	0,01	0,13	-0	0,05	0,14	0,08	0,14	0,13	0,09	0,09	0,12	0,1	0,13	0,09	0,04	0,11	0,11	0,08	0,08	-0,03	0,08	0,09	0,12	0,12	0,12
T2	0,1	0,04	0,1	-0,02	-0,03	0,02	0,12	-0,03	0	0,12	0,08	0,12	0,07	0,06	0,02	0,08	0,09	0,12	0,11	0,05	0,08	0,1	0,07	0,02	-0,02	0,06	0,07	0,11	0,09	0,11

**Tablo 7.6** Toplam İlişki Matrisi (devamı)

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
T3	0,12	0,07	0,12	0,02	0,03	0,03	0,13	-0	0,09	0,14	0,1	0,15	0,09	0,09	0,08	0,12	0,1	0,13	0,13	0,08	0,06	0,11	0,09	0,1	-0,04	0,06	0,07	0,13	0,13	0,12
T4	0,1	0,06	0,11	-0,01	-0,03	0,02	0,12	-0,02	0,05	0,13	0,06	0,11	0,08	0,07	0,07	0,1	0,09	0,12	0,11	0,08	0,09	0,07	0,08	0,07	-0,07	0,06	0,04	0,09	0,11	0,11
T5	0,04	-0,01	0,07	-0,01	-0,04	0,01	0,09	0,01	0,03	0,1	0,02	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,07	0,09	0,08	0,04	0,08	0,07	0,04	0,05	-0,02	0,01	0,03	0,03	0,07	0,07
ÇG1	0,06	0,07	0,08	-0,01	0,04	0,05	0,08	0,04	0,09	0,08	0,06	0,1	0,08	0,07	0,08	0,04	0,09	0,1	0,09	0	0,06	0,05	0,07	0,05	-0,05	0,07	0,09	0,11	0,1	0,11
ÇG6	-0,05	-0	-0,03	-0,01	0	-0	-0,04	0,02	0,04	0,01	-0,02	-0,02	0,01	-0	0,01	-0,04	-0,04	-0,02	0	-0,05	0,02	-0,03	0,01	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
ÇG7	0,09	0,08	0,11	-0,01	0,03	0,06	0,07	0,05	0,09	0,11	0,1	0,13	0,11	0,1	0,09	0,09	0,1	0,12	0,11	0,05	0,09	0,07	0,09	0,1	-0,04	0,04	0,09	0,12	0,12	0,11
ÇG2	0,07	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	0,11	-0,02	0,06	0,11	0,06	0,09	0,08	0,06	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	-0,02	0,05	0,05	0,11	0,1	0,11
ÇG3	0,13	0,08	0,13	0,02	0,01	0,06	0,14	0,02	0,09	0,15	0,1	0,15	0,12	0,09	0,08	0,11	0,11	0,13	0,11	0,09	0,09	0,11	0,1	0,1	-0,06	0,05	0,11	0,09	0,12	0,14
ÇG4	0,13	0,03	0,13	0,04	0,03	0,09	0,14	0,02	0,09	0,15	0,1	0,15	0,13	0,11	0,11	0,13	0,1	0,13	0,13	0,06	0,1	0,12	0,11	0,1	-0,04	0,05	0,12	0,12	0,09	0,13
ÇG5	0,13	0,08	0,15	0,02	0,03	0,09	0,15	0,03	0,09	0,16	0,1	0,16	0,14	0,12	0,1	0,14	0,11	0,13	0,13	0,09	0,11	0,12	0,12	0,09	-0,05	0,09	0,1	0,14	0,13	0,11



**Tablo 7.7** Kriterler Arasındaki İlişki Durumu

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
SE1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
SE3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE4	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
SE5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE8	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
SE10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
SE2	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
SE9	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
P4	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
P1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
P2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
P3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
P5	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
P6	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
T1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
T6	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
T7	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
T2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1

**Tablo 7.7** Kriterler Arasındaki İlişki Durumu (devamı)

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
T3	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	
T4	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
T5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
ÇG1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	
ÇG6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
ÇG7	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
ÇG2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
ÇG3	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	
ÇG4	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	
ÇG5	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	

Kriterler arası ilişki Pisagor bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlendikten sonra, kriterlere ait ağırlıkların tespit edilmesi için bu çalışmanın 'Değerlendirme Anketleri' kısmında gösterilen anket hazırlanmış ve bu alanda çalışmalar yapmış uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Bu uzmanlardan, ilgili kriterlerin birbirine göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi istenmiştir. Değerlendirmeler Tablo 6.2'de gösterilen dilsel ifadeler ile yapılmıştır ve dilsel ifadeler Pisagor bulanık sayılardaki karşılıklarına çevrilmiştir.

**Tablo 7.8** Uzman 1'e Ait AAS Karşılaştırma Tablosu İçin Kısmi Bir Örnek

SE1 Rekabet	SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma & Kaynakların Kullanımı	SE8 Üretimde Verimlilik	SE2 Yaşam Kalitesi	SE9 Enerji Maliyeti
SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma & Kaynakların Kullanımı	OÖS	ÇDDÖ	OÜÖ	ÇDDÖ
SE8 Üretimde Verimlilik	ÇÖ	OÖS	OÜÖ	DDÖ
SE2 Yaşam Kalitesi	DDÖ	DDÖ	OÖS	ADAÖ
SE9 Enerji Maliyeti	ÇÖ	OÜÖ	ADÇÖ	OÖS

Tablo 7.8, uzman 1'e ait örnek bir AAS tablosunu göstermektedir. Bu tabloda, SE1 kriteri açısından SE2,SE4, SE8 ve SE9 kriterleri değerlendirilmektedir. Örneğin; Tablo 7.8'de uzman 1'in SE1 kriteri açısından SE9 kriterini, SE4 kriterine göre 'çok önemli' kabul ettiği sonucu çıkarılabilir. Tablo 7.9'da bu kutucuğa, Tablo 6.2'de belirlenen karşılıklar ışığında  $\langle 0.8,0.25,0.55 \rangle$  Pisagor bulanık sayı değeri yerleştirilmiştir. Tablo 7.8'in bulanık sayılardaki karşılığı, Tablo 7.9'da gösterilmektedir. Ardından, Tablo 6.3 kullanılarak Pisagor bulanık sayılar, Saaty ölçeğine dönüştürülmüş ve bu tablonun tutarlılık analizi yapılmıştır. Tablo 7.10'da ise bu matrisin özvektörü, tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. AAS aşamasında, uzmanların görüşleri doğrultusunda oluşturulan her bir matristeki Pisagor bulanık sayılar Tablo 6.3'te gösterildiği gibi, Saaty'nin 9'lu ölçeğiyle eşleştirildikten sonra, eşitlik (6.14) ve (6.15) kullanılarak matrislerin tutarlılık analizleri yapılmıştır. Tutarlılık oranı kabul edilebilir seviyede olmayan matrisler için uzmanlardan anketleri tekrar doldurmaları talep edilmiştir. Her bir matrisin tutarlılık oranları kabul edilebilir düzeyde olduktan sonra uzman görüşleri eşitlik (5.19) kullanılarak birleştirilmiştir. Ardından eşitlik (6.16) kullanılarak matrisler durulaştırılmış ve durulaştırılan matrislerin öz vektörleri hesaplanmıştır. Hesaplanan öz vektörler, 30x30 büyüklüğündeki bir matriste yerlerine yerleştirilerek Tablo 7.11'de gösterilen süper matris oluşturulmuştur. Bu süper matristeki her bir sütun, o sütun toplamı ile normalize edilmiştir. Bu şekilde, ağırlıklı süper matris oluşturulmuştur. Sonrasında yakınsak veya sabit değerler elde etmek için ağırlıklı süper matrisin büyük bir kuvveti alınıp limit matris oluşturulmuştur. Ardından, limit matriste sütun normalizasyonu yapıp kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Tablo 7.12, 7.13, 7.14 ve 7.15, anket dönüşleri ışığında, Pisagor bulanık AAS yöntemi uygulanarak elde edilen kriter ağırlıklarını göstermektedir. AAS yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra alternatiflerin sıralanması için Pisagor bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

**Tablo 7.9** Uzman 1'e Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin PBK'deki İfadesi

SE1 Rekabet	SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma ve Kaynakların Kullanımı	SE8 Üretimde Verimlilik	SE2 Yaşam Kalitesi	SE9 Enerji Maliyeti
SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma ve Kaynakların Kullanımı	<0.6,0.5,0.62>	<0.4,0.75,0.53>	<0.7,0.35,0.62>	<0.4,0.75,0.53>
SE8 Üretimde Verimlilik	<0.8,0.25,0.55>	<0.6,0.5,0.62>	<0.7,0.35,0.62>	<0.45,0.7,0.55>
SE2 Yaşam Kalitesi	<0.45,0.7,0.55>	<0.45,0.7,0.55>	<0.6,0.5,0.62>	<0.1,0.9,0.42>
SE9 Enerji Maliyeti	<0.8,0.25,0.55>	<0.7,0.35,0.62>	<1,0,0>	<0.6,0.5,0.62>

**Tablo 7.10** Uzman 1'e Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin  $\lambda_{\max}$ , CI, CR ve Özvektör Değerleri

$\lambda_{\max}$	Öz Vektör	CI	CR
4,25	0,1	0,08	0,09
	0,27		
	0,06		
	0,57		

Tablo 7.11 Süper Matris

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
SE1	1,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,50	0,19	0,00	0,14	0,24	0,20	0,20	0,17	0,20	0,25	0,17	0,00	0,26	0,26	0,25	0,17	0,25	0,00	0,00	0,00	0,17	0,34	0,17	0,17	0,14
SE3	0,00	1,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,19	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,14
SE4	0,21	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,17	0,23	0,20	0,16	0,19	0,25	0,18	0,33	0,26	0,26	0,25	0,17	0,25	0,35	0,19	0,00	0,17	0,00	0,17	0,18	0,15
SE5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE6	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE7	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	1,00	0,20	0,00	0,23	0,24	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,14
SE8	0,28	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,23	0,24	0,19	0,19	0,16	0,20	0,00	0,16	0,33	0,24	0,24	0,25	0,17	0,25	0,32	0,19	0,00	0,17	0,32	0,16	0,16	0,14
SE10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE2	0,15	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	1,00	0,10	0,20	0,22	0,17	0,00	0,25	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,23	0,00	0,16	0,00	0,17	0,17	0,14
SE9	0,36	0,00	0,22	0,00	0,00	0,50	0,19	0,00	0,31	1,00	0,19	0,19	0,16	0,20	0,25	0,16	0,33	0,24	0,24	0,24	0,17	0,25	0,32	0,19	0,00	0,17	0,33	0,16	0,16	0,15
P4	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,20	1,00	0,20	0,18	0,24	0,20	0,22	0,00	0,18	0,17	0,25	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,16	0,17	0,16
P1	0,36	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,25	0,20	0,00	1,00	0,20	0,27	0,20	0,22	0,33	0,17	0,16	0,26	0,21	0,23	0,50	0,19	0,00	0,18	0,33	0,18	0,16	0,19
P2	0,32	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,26	0,20	0,25	0,20	1,00	0,24	0,20	0,19	0,33	0,16	0,17	0,25	0,16	0,19	0,50	0,19	0,00	0,16	0,33	0,16	0,17	0,16
P3	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,26	0,20	0,25	0,20	0,23	1,00	0,20	0,19	0,00	0,16	0,17	0,00	0,16	0,19	0,00	0,19	0,00	0,16	0,00	0,18	0,16	0,16
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,24	0,20	0,25	0,20	0,19	0,00	1,00	0,19	0,00	0,16	0,17	0,00	0,16	0,19	0,00	0,23	0,00	0,16	0,00	0,16	0,16	0,16
P6	0,32	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,20	0,25	0,20	0,20	0,24	0,20	1,00	0,33	0,16	0,17	0,24	0,16	0,19	0,00	0,19	0,00	0,16	0,33	0,16	0,18	0,19
T1	0,15	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,16	0,15	0,15	0,17	0,00	0,17	0,17	1,00	0,18	0,20	0,17	0,15	0,17	0,21	0,25	0,00	0,17	0,17	0,15	0,17	0,15
T6	0,15	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,16	0,15	0,15	0,17	0,25	0,17	0,17	0,20	1,00	0,20	0,17	0,15	0,17	0,20	0,25	0,00	0,17	0,17	0,15	0,17	0,15
T7	0,14	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,16	0,14	0,14	0,16	0,25	0,17	0,17	0,20	0,16	1,00	0,17	0,15	0,17	0,20	0,25	0,00	0,17	0,17	0,14	0,17	0,14
T2	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,18	0,00	1,00	0,15	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,14	0,00	0,14
T3	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,17	0,14	0,14	0,17	0,25	0,00	0,00	0,20	0,16	0,20	0,17	1,00	0,17	0,20	0,00	0,00	0,17	0,17	0,14	0,17	0,14
T4	0,14	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,17	0,14	0,14	0,17	0,00	0,17	0,17	0,20	0,16	0,20	0,17	0,19	1,00	0,20	0,00	0,00	0,16	0,17	0,14	0,17	0,14
T5	0,14	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,17	0,14	0,14	0,17	0,00	0,17	0,17	0,20	0,16	0,20	0,17	0,19	0,17	1,00	0,25	0,00	0,16	0,00	0,14	0,17	0,14
ÇG1	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,21	0,20	0,16	0,16	0,25	0,18	0,23	0,16	0,00	0,17	0,17	0,00	0,20	0,26	0,00	1,00	0,00	0,22	0,00	0,24	0,23	0,20
ÇG6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÇG7	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,19	0,16	0,00	0,18	0,00	0,16	0,20	0,17	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,20
ÇG2	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16	0,35	0,20	0,20	0,17	0,16	0,00	0,16	0,19	0,16	0,20	0,18	0,17	0,24	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	1,00	0,27	0,26	0,20
ÇG3	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,18	0,32	0,20	0,21	0,17	0,18	0,25	0,16	0,19	0,16	0,20	0,18	0,17	0,24	0,21	0,26	0,00	0,20	0,00	0,20	0,35	1,00	0,26	0,20
ÇG4	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,21	0,19	0,17	0,16	0,25	0,16	0,19	0,16	0,20	0,17	0,16	0,24	0,21	0,24	0,50	0,20	0,00	0,20	0,33	0,24	1,00	0,20
ÇG5	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,32	0,19	0,21	0,16	0,18	0,24	0,16	0,19	0,20	0,20	0,15	0,17	0,27	0,19	0,24	0,50	0,20	0,00	0,20	0,33	0,24	0,26	1,00

**Tablo 7.12** Teknolojik Kriterlere Ait Ağırlıklar

TEKNOLOJİK						
0,136						
Lokal Teknik Bilgi İhtiyacı	Enerji Üretim Tesisi Yapısı	Alt Yapı İhtiyacı	Üretim Tahmin Edilebilirliği	Şebekedeki Problemlerin Etki Alanı	Çeviklik ve Adaptasyon	Talep Kaynağına Olan Mesafe
0,019	0,026	0,026	0,013	0,019	0,013	0,019

**Tablo 7.13** Politik Kriterlere Ait Ağırlıklar

POLİTİK					
0,247					
Politik Risk	Arz Güvenliği	Devlet Destekleri ve Teşvikler	Politik Kabul	Uluslararası Standartlar ve Enerji Politikalarına Uygunluk	Enerjide İç ve Dış Bağımlılık
0,039	0,045	0,065	0,026	0,026	0,045

**Tablo 7.14** Sosyoekonomik Kriterlere Ait Ağırlıklar

SOSYOEKONOMİK									
0,383									
Rekabet	Sosyal kabul	Yerel Ekonomik Kalkınma ve Kaynakların Kullanımı	Sosyal Adalet	Bireysel Sorumluluk	Tüketimde Verimlilik	Üretimde Verimlilik	Nüfus Hareketlerine Etkisi	Yaşam Kalitesi	Enerji Maliyeti
0,071	0,006	0,058	0,006	0,006	0,039	0,058	0,032	0,026	0,078

**Tablo 7.15** Çevre ve Gelecek Etkileri Kriterlerine Ait Ağırlıklar

ÇEVRESEL VE GELECEK						
0,234						
Çevresel Zarar ve Sağlık Üzerine Etkileri	Çarpık Kentleşme	Güvenlik Etkileri	Akademik Çalışmaların Eğilim Yönü	Enerjideki Yeni Gelişmelerin Yönü	Dağıtık Yapıyı Destekleme Durumu	Rezerv Bulma ve Sürdürülebilirlik
0,032	0,006	0,013	0,039	0,052	0,039	0,052

Tablo 7.12, 7.13, 7.14 ve 7.15 incelendiğinde görüldüğü gibi, bu çalışmada görüşlerine başvurulmuş uzmanların yaptığı dönüşler ışığında ana kriterler arasında en yüksek ağırlığa sahip kriterin sosyoekonomik kriter olduğu görülmüştür. Bu sonuca, sosyoekonomik kritere ait alt kriterlerin sayısının çokluğu da etki etmektedir. Alt kriterler arasında ise rekabet, devlet destekleri ve teşvikler, yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı, üretimde verimlilik, enerjideki yeni gelişmelerin yönü, rezerv bulma ve sürdürülebilirlik kriterleri, ağırlığı en yüksek kriterler olmuştur. Sosyal kabul, sosyal adalet, bireysel sorumluluk ve çarpık kentleşme kriterleri ise ağırlığı en düşük kriterler olmuştur. Bu tablodaki veriler, çalışmanın bir sonraki adımı olan Pisagor bulanık TOPSIS yönteminde girdi olarak kullanılmıştır. Pisagor Bulanık TOPSIS yönteminde öncelikle görüşlerine başvurulmuş uzmanların önem düzeyleri, Pisagor bulanık sayıları temsil eden dilsel ifadeler ile belirlendi ve ardından eşitlik (6.22) ile uzmanların ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra grup karar alma prosedüründe, uzmanların bireysel görüşlerinden oluşan karar matrisleri, eşitlik (6.25) ve (6.27) kullanılarak birleştirilmiştir. Böylece Tablo 7.16'da gösterilen birleştirilmiş Pisagor bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Ardından, eşitlik (6.29) ve (6.30) kullanılarak, Pisagor bulanık AAS yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları ile bu matris çarpılarak birleştirilmiş ağırlıklı Pisagor bulanık karar matrisi, Tablo 7.17'de sunulduğu gibi elde edilmiştir. Bu karar matrisi oluşturulduktan sonra (6.33), (6.34), (6.35) ve (6.36) eşitlikleri kullanılarak negatif ve pozitif ideal çözümler hesaplanmıştır. Ardından, her bir alternatifin negatif ve pozitif ideal çözümlere uzaklıkları eşitlik (6.37) ve (6.38) ile hesaplanmıştır. Tablo 7.18 ve Tablo 7.19, sırasıyla bu değerleri göstermektedir. Revize edilmiş göreceli yakınlık indeksi eşitlik (6.40) ile hesaplandıktan sonra, alternatifler bu değere göre sıralanmıştır. Tablo 7.20, her bir enerji alternatifi için revize edilmiş yakınlık indekslerini ve sıralama değerlerini göstermektedir.



**Tablo 7.16 Birleştirilmiş Pisagor Bulanık Karar Matrisi**

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	
Merkezi Güneş Enerjisi	$\mu$	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00	0,82	0,78	0,59	0,87	0,52	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,59	0,87	0,72	1,00	0,22	0,48	0,31	0,87	0,82	0,87	1,00	
	$\lambda$	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,37	0,40	0,60	0,28	0,59	0,59	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,58	0,28	0,50	0,00	0,83	0,75	0,78	0,28	0,31	0,28	0,00	
	$\pi$	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,42	0,48	0,54	0,42	0,61	0,61	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,56	0,42	0,48	0,00	0,51	0,46	0,54	0,42	0,48	0,42	0,00	
Merkezi Rüzgar Enerjisi	$\mu$	0,87	0,82	1,00	0,85	1,00	0,82	0,78	0,65	0,87	0,52	0,52	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,79	0,59	0,87	0,72	1,00	0,22	0,48	0,44	0,87	0,82	0,87	1,00	
	$\lambda$	0,28	0,31	0,00	0,31	0,00	0,37	0,40	0,50	0,28	0,59	0,59	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,37	0,58	0,28	0,50	0,00	0,83	0,75	0,77	0,28	0,31	0,28	0,00	
	$\pi$	0,42	0,48	0,00	0,43	0,00	0,42	0,48	0,57	0,42	0,61	0,61	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,49	0,56	0,42	0,48	0,00	0,51	0,46	0,47	0,42	0,48	0,42	0,00	
Merkezi Hidrolik Enerji	$\mu$	0,80	0,65	0,87	0,88	0,66	0,65	0,85	0,59	0,87	0,65	0,59	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,84	0,78	0,88	0,82	1,00	0,31	0,48	0,31	0,85	0,82	0,87	0,85	
	$\lambda$	0,45	0,50	0,28	0,25	0,48	0,50	0,31	0,60	0,28	0,52	0,53	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,40	0,25	0,37	0,00	0,78	0,75	0,78	0,31	0,31	0,28	0,33	
	$\pi$	0,40	0,57	0,42	0,40	0,57	0,57	0,43	0,54	0,42	0,56	0,61	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,48	0,40	0,42	0,00	0,54	0,46	0,54	0,43	0,48	0,42	0,42	
Merkezi Termal Enerji	$\mu$	0,45	0,74	0,71	0,71	0,62	0,63	0,70	0,59	0,82	0,66	0,52	0,59	1,00	0,65	1,00	1,00	1,00	0,84	0,84	0,79	0,71	0,53	1,00	0,48	0,48	0,31	0,79	0,74	0,87	0,70	
	$\lambda$	0,66	0,37	0,40	0,40	0,53	0,54	0,42	0,60	0,31	0,48	0,59	0,53	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28	0,35	0,40	0,65	0,00	0,63	0,75	0,78	0,35	0,37	0,28	0,45	
	$\pi$	0,60	0,56	0,58	0,58	0,57	0,55	0,58	0,54	0,48	0,57	0,61	0,61	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,47	0,47	0,50	0,58	0,55	0,00	0,61	0,46	0,54	0,50	0,56	0,42	0,56	
Merkezi Biyokütle Enerjisi	$\mu$	0,76	0,82	0,82	1,00	0,66	0,63	1,00	0,59	0,82	0,59	0,41	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,82	1,00	0,70	0,72	1,00	0,35	0,48	0,31	0,79	0,82	0,87	0,79	
	$\lambda$	0,42	0,31	0,31	0,00	0,48	0,54	0,00	0,60	0,31	0,53	0,71	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,31	0,00	0,45	0,50	0,00	0,76	0,75	0,78	0,35	0,31	0,28	0,37	
	$\pi$	0,50	0,48	0,48	0,00	0,57	0,55	0,00	0,54	0,48	0,61	0,57	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,48	0,00	0,56	0,48	0,00	0,55	0,46	0,54	0,50	0,48	0,42	0,49	
Merkezi Dalga Enerjisi	$\mu$	0,48	0,12	0,12	0,12	0,12	0,79	0,12	0,12	0,59	0,59	0,59	0,88	0,59	0,79	0,88	1,00	0,59	0,59	1,00	0,12	0,88	0,59	1,00	0,12	0,48	0,24	0,59	0,59	0,12	0,88	
	$\lambda$	0,75	0,90	0,90	0,90	0,90	0,35	0,90	0,90	0,60	0,60	0,60	0,25	0,60	0,35	0,25	0,00	0,60	0,60	0,00	0,90	0,25	0,60	0,00	0,90	0,75	0,80	0,60	0,60	0,90	0,25	
	$\pi$	0,46	0,42	0,42	0,42	0,42	0,50	0,42	0,42	0,54	0,54	0,54	0,40	0,54	0,50	0,40	0,00	0,54	0,54	0,00	0,42	0,40	0,54	0,00	0,42	0,46	0,55	0,54	0,54	0,42	0,40	
Merkezi Hidrojen Enerjisi	$\mu$	0,61	0,77	1,00	0,70	0,62	0,61	0,70	0,59	0,79	0,70	0,45	0,66	1,00	0,61	1,00	1,00	1,00	0,79	1,00	0,70	0,66	0,50	1,00	0,30	0,48	0,31	0,87	1,00	0,85	0,79	
	$\lambda$	0,54	0,33	0,00	0,45	0,53	0,57	0,45	0,60	0,37	0,45	0,66	0,48	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,45	0,48	0,70	0,00	0,81	0,75	0,78	0,28	0,00	0,33	0,37	
	$\pi$	0,58	0,54	0,00	0,56	0,57	0,55	0,56	0,54	0,49	0,56	0,60	0,57	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,56	0,57	0,51	0,00	0,50	0,46	0,54	0,42	0,00	0,42	0,49	
Merkezi Yenilenebilir Enerji Kaynakları	$\mu$	0,75	0,55	0,79	0,79	1,00	0,63	1,00	0,79	0,61	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	0,48	0,78	
	$\lambda$	0,45	0,55	0,37	0,37	0,00	0,54	0,00	0,37	0,49	0,37	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,63	0,49
	$\pi$	0,49	0,63	0,49	0,49	0,00	0,55	0,00	0,49	0,62	0,42	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,61	0,39	

**Tablo 7.16** Birleştirilmiş Pisagor Bulanık Karar Matrisi (devamı)

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	
Dağıtık Güneş Enerjisi	$\mu$	0,88	0,88	1,00	1,00	1,00	0,85	0,75	0,65	0,85	0,52	0,67	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,47	0,79	0,76	1,00	0,22	0,59	0,31	0,87	0,82	1,00	1,00	
	$\lambda$	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,31	0,45	0,50	0,33	0,59	0,41	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,71	0,48	0,42	0,00	0,83	0,58	0,78	0,28	0,31	0,00	0,00
	$\pi$	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	0,43	0,49	0,57	0,42	0,61	0,62	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,52	0,38	0,50	0,00	0,51	0,56	0,54	0,42	0,48	0,00	0,00
Dağıtık Rüzgar Enerjisi	$\mu$	0,88	0,82	0,87	1,00	1,00	0,85	0,75	0,65	0,85	0,52	0,67	0,85	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	0,85	0,79	0,47	0,79	0,76	1,00	0,22	0,59	0,44	0,87	0,82	1,00	1,00	
	$\lambda$	0,25	0,31	0,28	0,00	0,00	0,31	0,45	0,50	0,33	0,59	0,41	0,31	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,33	0,35	0,71	0,48	0,42	0,00	0,83	0,58	0,77	0,28	0,31	0,00	0,00	
	$\pi$	0,40	0,48	0,42	0,00	0,00	0,43	0,49	0,57	0,42	0,61	0,62	0,43	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,42	0,50	0,52	0,38	0,50	0,00	0,51	0,56	0,47	0,42	0,48	0,00	0,00	
Dağıtık Hidrolik Enerji	$\mu$	0,88	0,74	0,87	1,00	1,00	0,65	0,87	0,65	0,87	0,50	0,71	0,82	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	0,82	0,82	0,78	0,82	0,85	1,00	0,31	0,59	0,31	0,85	0,82	1,00	0,84	
	$\lambda$	0,25	0,37	0,28	0,00	0,00	0,50	0,28	0,50	0,28	0,70	0,37	0,40	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31	0,40	0,40	0,33	0,00	0,78	0,58	0,78	0,31	0,31	0,00	0,36	
	$\pi$	0,40	0,56	0,42	0,00	0,00	0,57	0,42	0,57	0,42	0,51	0,60	0,41	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,48	0,48	0,48	0,41	0,42	0,00	0,54	0,56	0,54	0,43	0,48	0,00	0,41	
Dağıtık Termal Enerji	$\mu$	0,67	0,74	1,00	1,00	0,62	0,70	0,74	0,65	0,82	0,53	0,52	0,59	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	0,82	0,82	0,79	0,61	0,61	1,00	0,48	0,59	0,31	0,79	0,74	1,00	0,68	
	$\lambda$	0,41	0,37	0,00	0,00	0,53	0,42	0,37	0,50	0,31	0,65	0,59	0,53	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31	0,35	0,54	0,54	0,00	0,63	0,58	0,78	0,35	0,37	0,00	0,48	
	$\pi$	0,62	0,56	0,00	0,00	0,57	0,58	0,56	0,57	0,48	0,55	0,61	0,61	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,48	0,48	0,50	0,58	0,58	0,00	0,61	0,56	0,54	0,50	0,56	0,00	0,55	
Dağıtık Biyokütle Enerjisi	$\mu$	0,79	0,12	1,00	1,00	0,88	0,79	0,12	0,59	0,88	0,59	0,88	0,88	0,12	0,79	0,88	1,00	1,00	0,88	0,88	0,59	0,59	0,59	1,00	0,12	0,48	0,24	0,59	0,59	1,00	0,88	
	$\lambda$	0,35	0,90	0,00	0,00	0,25	0,35	0,90	0,60	0,25	0,60	0,25	0,25	0,90	0,35	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,60	0,60	0,60	0,00	0,90	0,75	0,80	0,60	0,60	0,00	0,25	
	$\pi$	0,50	0,42	0,00	0,00	0,40	0,50	0,42	0,54	0,40	0,54	0,40	0,40	0,42	0,50	0,40	0,00	0,00	0,40	0,40	0,54	0,54	0,54	0,00	0,42	0,46	0,55	0,54	0,54	0,00	0,40	
Dağıtık Dalga Enerjisi	$\mu$	0,79	0,12	0,12	0,12	0,12	0,79	0,12	0,12	0,88	1,00	0,79	0,88	0,12	0,12	0,88	1,00	0,59	0,88	0,88	0,12	0,59	0,12	0,59	0,12	0,48	0,24	0,59	0,88	0,12	0,88	
	$\lambda$	0,35	0,90	0,90	0,90	0,90	0,35	0,90	0,90	0,25	0,00	0,35	0,25	0,90	0,90	0,25	0,00	0,60	0,25	0,25	0,90	0,60	0,90	0,60	0,90	0,75	0,80	0,60	0,25	0,90	0,25	
	$\pi$	0,50	0,42	0,42	0,42	0,42	0,50	0,42	0,42	0,40	0,00	0,50	0,40	0,42	0,42	0,40	0,00	0,54	0,40	0,40	0,42	0,54	0,42	0,54	0,42	0,46	0,55	0,54	0,40	0,42	0,40	
Dağıtık Hidrojen Enerjisi	$\mu$	0,79	0,12	0,12	0,12	0,88	0,82	0,46	0,53	0,88	1,00	0,88	0,88	0,12	0,73	0,88	1,00	1,00	0,88	0,88	0,88	0,59	0,59	1,00	0,12	0,48	0,24	0,12	0,12	0,59	0,88	
	$\lambda$	0,35	0,90	0,90	0,90	0,30	0,31	0,66	0,69	0,25	0,00	0,25	0,25	0,96	0,48	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,60	0,60	0,00	0,90	0,75	0,80	0,90	0,90	0,60	0,25	
	$\pi$	0,50	0,42	0,42	0,42	0,36	0,48	0,60	0,50	0,40	0,00	0,40	0,40	0,27	0,48	0,40	0,00	0,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,54	0,54	0,00	0,42	0,46	0,55	0,42	0,42	0,54	0,40

**Tablo 7.17** Birleştirilmiş Ağırlıklı Pisagor Bulanık Karar Matrisi

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	
Merkezi Güneş Enerjisi	$\mu$	1,00	1,00	1,00	0,09	1,00	0,21	0,23	0,12	0,19	0,16	0,11	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,07	0,16	0,10	1,00	0,04	0,04	0,04	0,23	0,24	0,23	1,00	
	$\lambda$	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,96	0,95	0,98	0,97	0,96	0,98	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,99	0,98	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,95	0,94	0,95	0,00
	$\pi$	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,17	0,22	0,14	0,17	0,23	0,17	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,09	0,15	0,09	0,00	0,10	0,05	0,07	0,21	0,24	0,21	0,00
Merkezi Rüzgar Enerjisi	$\mu$	0,31	0,08	1,00	0,09	1,00	0,21	0,23	0,13	0,19	0,16	0,11	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,19	0,16	0,07	0,16	0,10	1,00	0,04	0,04	0,05	0,23	0,24	0,23	1,00	
	$\lambda$	0,91	0,99	0,00	0,99	0,00	0,96	0,95	0,98	0,97	0,96	0,98	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,99	0,98	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,95	0,94	0,95	0,00	
	$\pi$	0,27	0,09	0,00	0,08	0,00	0,17	0,22	0,16	0,17	0,23	0,17	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,16	0,09	0,15	0,09	0,00	0,10	0,05	0,06	0,21	0,24	0,21	0,00
Merkezi Hidrolik Enerji	$\mu$	0,26	0,06	0,28	0,10	0,06	0,15	0,27	0,12	0,19	0,20	0,13	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,18	0,11	0,17	0,12	1,00	0,06	0,04	0,04	0,22	0,24	0,23	0,25	
	$\lambda$	0,94	1,00	0,93	0,99	1,00	0,97	0,93	0,98	0,97	0,95	0,98	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,99	0,97	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,94	0,95	0,94	
	$\pi$	0,20	0,07	0,25	0,09	0,08	0,18	0,24	0,14	0,17	0,24	0,18	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,11	0,15	0,10	0,00	0,11	0,05	0,07	0,20	0,24	0,21	0,21	
Merkezi Termal Enerji	$\mu$	0,13	0,07	0,20	0,07	0,06	0,14	0,20	0,12	0,17	0,21	0,11	0,14	1,00	0,12	1,00	1,00	1,00	0,18	0,18	0,11	0,12	0,07	1,00	0,09	0,04	0,04	0,19	0,20	0,23	0,18	
	$\lambda$	0,97	0,99	0,95	0,99	1,00	0,98	0,95	0,98	0,97	0,94	0,98	0,97	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,99	0,98	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,95	0,95	0,96	
	$\pi$	0,20	0,09	0,25	0,08	0,07	0,16	0,24	0,14	0,17	0,25	0,17	0,19	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18	0,12	0,15	0,08	0,00	0,14	0,05	0,07	0,20	0,24	0,21	0,21	
Merkezi Biyokütle Enerjisi	$\mu$	0,24	0,08	0,25	1,00	0,06	0,14	1,00	0,12	0,17	0,18	0,09	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,17	1,00	0,11	0,10	1,00	0,07	0,04	0,04	0,19	0,24	0,23	0,22	
	$\lambda$	0,94	0,99	0,93	0,00	1,00	0,98	0,00	0,98	0,97	0,95	0,99	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,97	0,00	0,98	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,94	0,95	0,95	
	$\pi$	0,24	0,09	0,25	0,00	0,08	0,16	0,00	0,14	0,17	0,25	0,14	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,17	0,00	0,13	0,09	0,00	0,12	0,05	0,07	0,20	0,24	0,21	0,22	
Merkezi Dalga Enerjisi	$\mu$	0,13	0,01	0,03	0,01	0,01	0,19	0,03	0,02	0,10	0,18	0,13	0,26	0,16	0,16	0,20	1,00	0,09	0,10	1,00	0,01	0,17	0,07	1,00	0,02	0,04	0,03	0,13	0,15	0,02	0,27	
	$\lambda$	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,99	1,00	0,99	0,96	0,98	0,94	0,97	0,97	0,96	0,00	0,99	0,99	0,00	1,00	0,97	0,99	0,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	1,00	0,93	
	$\pi$	0,15	0,04	0,11	0,04	0,04	0,20	0,11	0,08	0,12	0,21	0,15	0,23	0,19	0,17	0,18	0,00	0,11	0,12	0,00	0,05	0,15	0,09	0,00	0,08	0,05	0,07	0,15	0,17	0,09	0,24	
Merkezi Hidrojen Enerjisi	$\mu$	0,18	0,08	1,00	0,07	0,06	0,13	0,20	0,12	0,16	0,22	0,09	0,16	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,16	1,00	0,09	0,11	0,06	1,00	0,06	0,04	0,04	0,23	1,00	0,22	0,22	
	$\lambda$	0,96	0,99	0,00	0,99	1,00	0,98	0,95	0,98	0,97	0,94	0,98	0,97	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,99	0,99	1,00	0,00	0,99	1,00	1,00	0,95	0,00	0,96	0,95	
	$\pi$	0,23	0,09	0,00	0,08	0,07	0,16	0,23	0,14	0,16	0,26	0,15	0,20	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,11	0,13	0,07	0,00	0,10	0,05	0,07	0,21	0,00	0,18	0,22	

**Tablo 7.17** Birleştirilmiş Ağırlıklı Pisagor Bulanık Karar Matrisi (devamı)

		SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	
Merkezi Yenilenemez Enerji Kaynakları	$\mu$	0,24	0,05	0,24	0,08	1,00	0,14	1,00	0,18	0,11	0,29	1,00	1,00	0,27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	0,04	1,00	1,00	1,00	0,10	0,22	
	$\lambda$	0,94	1,00	0,94	0,99	0,00	0,98	0,00	0,97	0,98	0,93	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,96
	$\pi$	0,22	0,07	0,23	0,08	0,00	0,16	0,00	0,18	0,15	0,24	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,16	0,15
Dağıtık Güneş Enerjisi	$\mu$	0,32	0,10	1,00	1,00	1,00	0,22	0,22	0,13	0,18	0,16	0,15	0,24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,06	0,14	0,11	1,00	0,04	0,05	0,04	0,23	0,24	1,00	1,00	
	$\lambda$	0,91	0,99	0,00	0,00	0,00	0,96	0,95	0,98	0,97	0,96	0,97	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	1,00	0,99	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,95	0,94	0,00	0,00	
	$\pi$	0,28	0,09	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,16	0,15	0,23	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,07	0,10	0,11	0,00	0,10	0,07	0,07	0,21	0,24	0,00	0,00	
Dağıtık Rüzgar Enerjisi	$\mu$	0,32	0,08	0,28	1,00	1,00	0,22	0,22	0,13	0,18	0,16	0,15	0,24	1,00	0,14	1,00	1,00	1,00	0,18	0,16	0,06	0,14	0,11	1,00	0,04	0,05	0,05	0,23	0,24	1,00	1,00	
	$\lambda$	0,91	0,99	0,93	0,00	0,00	0,96	0,95	0,98	0,97	0,96	0,97	0,95	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	1,00	0,99	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,95	0,94	0,00	0,00	
	$\pi$	0,28	0,09	0,25	0,00	0,00	0,20	0,20	0,16	0,15	0,23	0,21	0,21	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,15	0,17	0,07	0,10	0,11	0,00	0,10	0,07	0,06	0,21	0,24	0,00	0,00	
Dağıtık Hidrolik Enerji	$\mu$	0,32	0,07	0,28	1,00	1,00	0,15	0,28	0,13	0,19	0,15	0,17	0,22	1,00	0,14	1,00	1,00	1,00	0,17	0,17	0,11	0,15	0,13	1,00	0,06	0,05	0,04	0,22	0,24	1,00	0,25	
	$\lambda$	0,91	0,99	0,93	0,00	0,00	0,97	0,93	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,99	0,98	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,94	0,00	0,95	
	$\pi$	0,28	0,09	0,25	0,00	0,00	0,18	0,25	0,16	0,17	0,18	0,22	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,11	0,12	0,11	0,00	0,11	0,07	0,07	0,20	0,24	0,00	0,20	
Dağıtık Termal Enerji	$\mu$	0,20	0,07	1,00	1,00	0,06	0,16	0,21	0,13	0,17	0,16	0,11	0,14	1,00	0,13	1,00	1,00	1,00	0,17	0,17	0,11	0,09	0,08	1,00	0,09	0,05	0,04	0,19	0,20	1,00	0,18	
	$\lambda$	0,94	0,99	0,00	0,00	1,00	0,97	0,94	0,98	0,97	0,97	0,98	0,97	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,95	0,00	0,96	
	$\pi$	0,28	0,09	0,00	0,00	0,07	0,20	0,25	0,16	0,17	0,20	0,17	0,19	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,12	0,12	0,10	0,00	0,14	0,07	0,07	0,20	0,24	0,00	0,20	
Dağıtık Biyokütle Enerjisi	$\mu$	0,26	0,01	1,00	1,00	0,10	0,19	0,03	0,12	0,20	0,18	0,24	0,26	0,03	0,16	0,20	1,00	1,00	0,20	0,20	0,07	0,09	0,07	1,00	0,02	0,04	0,03	0,13	0,15	1,00	0,27	
	$\lambda$	0,93	1,00	0,00	0,00	0,99	0,96	0,99	0,98	0,96	0,96	0,95	0,94	0,99	0,97	0,96	0,00	0,00	0,96	0,96	0,99	0,99	0,99	0,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	0,00	0,93	
	$\pi$	0,27	0,04	0,00	0,00	0,09	0,20	0,11	0,14	0,18	0,21	0,21	0,23	0,11	0,17	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,09	0,11	0,09	0,00	0,08	0,05	0,07	0,15	0,17	0,00	0,24	
Dağıtık Dalga Enerjisi	$\mu$	0,26	0,01	0,03	0,01	0,01	0,19	0,03	0,02	0,20	1,00	0,19	0,26	0,03	0,02	0,20	1,00	0,09	0,20	0,20	0,01	0,09	0,01	0,09	0,02	0,04	0,03	0,13	0,27	0,02	0,27	
	$\lambda$	0,93	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,99	1,00	0,96	0,00	0,96	0,94	0,99	1,00	0,96	0,00	0,99	0,96	0,96	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,98	0,93	1,00	0,93	
	$\pi$	0,27	0,04	0,11	0,04	0,04	0,20	0,11	0,08	0,18	0,00	0,20	0,23	0,11	0,07	0,18	0,00	0,11	0,18	0,18	0,05	0,11	0,05	0,11	0,08	0,05	0,07	0,15	0,24	0,09	0,24	
Dağıtık Hidrojen Enerjisi	$\mu$	0,26	0,01	0,03	0,01	0,10	0,21	0,12	0,10	0,20	1,00	0,24	0,26	0,03	0,14	0,20	1,00	1,00	0,20	0,20	0,14	0,09	0,07	1,00	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,13	0,27	
	$\lambda$	0,93	1,00	0,99	1,00	0,99	0,96	0,98	0,99	0,96	0,00	0,95	0,94	1,00	0,98	0,96	0,00	0,00	0,96	0,96	0,98	0,99	0,99	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,93	
	$\pi$	0,27	0,04	0,11	0,04	0,08	0,21	0,19	0,12	0,18	0,00	0,21	0,23	0,07	0,13	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,13	0,11	0,09	0,00	0,08	0,05	0,07	0,09	0,10	0,15	0,24	

**Tablo 7.18 Pozitif İdeal Çözüme Uzaklık**

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
Merkezi Güneş Enerjisi	0,00	0,00	0,00	1,95	2,00	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	1,93	0,00	1,96	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,72	1,68	1,72	0,00
Merkezi Rüzgar Enerjisi	1,52	1,96	0,00	1,95	2,00	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,72	1,68	1,72	0,00
Merkezi Hidrolik Enerji	1,66	1,98	1,60	1,95	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	1,93	0,00	1,93	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,74	1,68	1,72	1,68
Merkezi Termal Enerji	1,86	1,96	1,73	1,97	0,00	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00	1,90	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	1,92	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,78	1,74	1,72	1,78
Merkezi Biyokütle Enerjisi	1,67	1,96	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,78	1,68	1,72	1,72
Merkezi Dalga Enerjisi	1,89	2,00	1,97	2,00	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,65	1,82	1,85	1,79	0,00	0,00	0,00	1,85	1,99	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,89	1,86	1,98	1,61
Merkezi Hidrojen Enerjisi	1,78	1,96	0,00	1,97	0,00	0,00	1,76	0,00	0,00	0,01	0,00	1,83	0,00	1,92	0,00	0,00	1,94	0,00	1,85	1,94	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	1,75	1,72
Merkezi Yenilenebilir Enerji Kaynakları	1,69	1,98	1,69	1,96	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,93	0,00	1,64	0,00	0,00	0,00	1,94	1,93	1,85	0,00	1,94	0,00	1,94	1,99	0,00	1,99	0,00	0,00	1,91	1,77
Dağıtık Güneş Enerjisi	1,49	1,95	0,00	0,00	2,00	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	1,93	0,00	1,98	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,72	1,68	0,00	0,00
Dağıtık Rüzgar Enerjisi	1,49	1,96	1,60	0,00	2,00	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	1,86	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	1,98	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,72	1,68	0,00	0,00
Dağıtık Hidrolik Enerji	1,49	1,96	1,60	0,00	2,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	0,00	1,86	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	1,93	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,74	1,68	0,00	1,69
Dağıtık Termal Enerji	1,70	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00	1,88	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	1,92	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,78	1,74	0,00	1,80
Dağıtık Biyokütle Enerjisi	1,61	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,01	1,65	1,97	1,85	1,79	0,00	1,94	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,89	1,86	0,00	1,61
Dağıtık Dalga Enerjisi	1,61	2,00	1,97	2,00	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	1,85	0,00	1,65	1,97	1,99	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	1,61	1,98	1,61
Dağıtık Hidrojen Enerjisi	1,61	2,00	1,97	2,00	0,00	0,00	1,88	0,00	0,00	1,85	0,01	1,65	1,99	1,89	1,79	0,00	1,94	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00	1,98	1,98	1,89	1,61

**Tablo 7.19** Negatif İdeal Çözüme Uzaklık

	SE1	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE10	SE2	SE9	P4	P1	P2	P3	P5	P6	T1	T6	T7	T2	T3	T4	T5	ÇG1	ÇG6	ÇG7	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5
Merkezi Güneş Enerjisi	1,89	2,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,81	1,90	0,00	1,99	1,99	1,79	0,00	0,00	0,00	1,83	0,00	1,85	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,01	0,02	0,01	1,80
Merkezi Rüzgar Enerjisi	0,02	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,81	1,90	0,00	1,99	1,99	1,79	0,00	0,00	1,81	1,85	0,00	1,85	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,01	0,02	0,01	1,80
Merkezi Hidrolik Enerji	0,01	0,00	0,02	0,00	1,97	0,00	0,02	0,00	0,00	1,74	1,87	0,00	1,99	1,99	1,79	0,00	0,00	0,00	1,82	0,00	1,84	0,00	0,00	1,96	0,00	1,98	0,01	0,02	0,01	0,00
Merkezi Termal Enerji	0,00	0,00	0,01	0,00	1,98	0,00	0,01	0,00	0,00	1,72	1,90	0,00	1,99	0,00	1,79	0,00	0,00	1,82	1,82	0,00	1,91	0,00	0,00	1,93	0,00	1,98	0,01	0,01	0,01	0,00
Merkezi Biyokütle Enerjisi	0,01	0,00	0,02	2,00	1,97	0,00	1,97	0,00	0,00	1,76	1,93	0,00	1,99	1,99	1,79	0,00	0,00	1,79	1,83	1,99	1,91	0,00	0,00	1,96	0,00	1,98	0,01	0,02	0,01	0,00
Merkezi Dalga Enerjisi	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	1,89	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	1,94	1,93	0,00	0,00	1,84	0,00	0,00	1,99	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,01
Merkezi Hidrojen Enerjisi	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,00	0,01	0,00	0,00	1,68	1,92	0,00	1,99	0,00	1,79	0,00	0,00	1,85	0,00	0,00	1,92	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,01	1,98	0,01	0,00
Merkezi Yenilenemez Enerji Kaynakları	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	1,58	0,00	1,85	0,02	1,99	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	1,98	0,00	0,00
Dağıtık Güneş Enerjisi	0,03	0,00	1,97	2,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,81	1,83	0,00	1,99	1,99	1,79	0,00	0,00	0,00	1,83	0,00	1,91	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,01	0,02	1,98	1,80
Dağıtık Rüzgar Enerjisi	0,03	0,00	0,02	2,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,81	1,83	0,00	1,99	0,00	1,79	0,00	0,00	1,83	1,85	0,00	1,91	0,00	0,00	1,97	0,00	1,98	0,01	0,02	1,98	1,80
Dağıtık Hidrolik Enerji	0,03	0,00	0,02	2,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	1,85	1,80	0,00	1,99	0,00	1,79	0,00	0,00	1,83	1,83	0,00	1,89	0,00	0,00	1,96	0,00	1,98	0,01	0,02	1,98	0,00
Dağıtık Termal Enerji	0,01	0,00	1,97	2,00	1,98	0,00	0,01	0,00	0,00	1,82	1,90	0,00	1,99	0,00	1,79	0,00	0,00	1,83	1,83	0,00	1,94	0,00	0,00	1,93	0,00	1,98	0,01	0,01	1,98	0,00
Dağıtık Biyokütle Enerjisi	0,01	0,00	1,97	2,00	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	1,70	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	1,79	0,00	1,94	0,00	0,00	1,99	0,00	1,99	0,00	0,00	1,98	0,01
Dağıtık Dalga Enerjisi	0,01	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	1,79	1,79	0,00	1,94	0,00	1,94	1,99	0,00	1,99	0,00	0,02	0,00	0,01
Dağıtık Hidrojen Enerjisi	0,01	0,00	0,00	0,00	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	1,79	0,00	1,94	0,00	0,00	1,99	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,01

**Tablo 7.20** Enerji Alternatifleri İçin Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri

Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0,000	1	Rüzgâr Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,187	6	Termal Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,367	11
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,099	2	Hidrolik Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,257	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,451	12
Termal Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,102	3	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,278	8	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,543	13
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,107	4	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,281	9	Yenilene- mez Enerji Kaynakları	-0,550	14
Rüzgar Enerjisinin Dağıtık Üretimix	-0,180	5	Hidrolik Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,346	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,638	15

Bu tez çalışmasında bir ÇKKV modeli kurulmuştur ve kurulan model yine bu tez çalışmasında Türkiye için uygulanmıştır. Bu model ile 15 alternatifin Türkiye açısından öncelik sıralaması yapılmıştır. Türkiye açısından öncelikli olarak tercih edilmesi gereken enerji kaynakları saptanarak, enerji tercihlerine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Pisagor Bulanık DEMATEL, Pisagor Bulanık AAS ve Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemleri ile 15 alternatifin 30 kriter açısından 3 uzman tarafından değerlendirilmesi sonucunda Türkiye açısından en uygun enerji alternatiflerinin sıralaması Tablo 7.20’de gösterilmektedir. En büyük revize edilmiş yakınlık indeksine sahip olan biyokütle enerjisinin merkezi üretimi alternatifi, Türkiye açısından bu çalışmada kurulan model ile enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi sonucunda en iyi alternatif olarak görülmektedir. Ardından, güneş enerjisinin dağıtık üretimi, termal enerjisinin dağıtık üretimi ve güneş enerjisinin merkezi

üretimi gelmektedir. Son sıralarda ise hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi, yenilenemez enerji kaynakları ve dalga enerjisinin merkezi üretimi gelmektedir.

Bu sonuçların anket için başvuru uzmanların görüşlerine göre farklılıklar göstereceği unutulmamalıdır.

### **7.1.1 Duyarlılık Analizi**

Bu bölümde, parametrelerin sonuçlar üzerinde hassasiyetini göstermek yani kriter ağırlıklarının nihai sonuç üzerindeki etkisini kontrol etmek amacıyla kriterler arasında ağırlıkları en yüksek olan “rekabet”, “yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı”, “üretimde verimlilik”, “enerji maliyeti” ve “devlet destekleri ve teşvikler” kriterlerinin ağırlıkları değiştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu 5 kriterin ağırlıkları toplanarak toplam ağırlıkları hesaplanmıştır. Ardından, 5 kriterin 4’üne çok düşük ağırlıklar verilmiş ve bu ağırlıklar toplam ağırlıktan çıkartılmıştır. Geri kalan ağırlık ise diğer kriterin ağırlığı olarak alınmıştır. Seçilen 5 kriterin her birisi için bu işlemler uygulanmış ve 5 farklı durum oluşmuştur. Tablo 7.21, bu çalışmada elde edilen asıl durumu ve duyarlılık analizi için kurgulanan 5 farklı durumu göstermektedir. Bu 5 farklı durumun her birinden elde edilen sıralamalar için tekrar tablolar oluşturulmuştur. Tablo 7.22, 7.23, 7.24, 7.25 ve 7.26 her bir duruma ait, alternatiflerin yeni sıralama ve yakınlık indeksi değerlerini göstermektedir. Bu tablolar, kriterlerin ağırlıklarındaki değişimin hangi enerji kaynaklarının sıralamasında ne gibi değişikliğe yol açtığını göstermektedir. Duyarlılık analizinde kullanılan 5 durumun her biri şu şekildedir:

Durum 1: “devlet destekleri ve teşvikler” kriterinin ağırlığı 0,327, diğer 4 kriterin ağırlığı ise 0,001 yapılır.

Durum 2: “enerji maliyeti” kriterinin ağırlığı 0,327, diğer 4 kriterin ağırlığı ise 0,001 yapılır.

Durum 3: “üretimde verimlilik” kriterinin ağırlığı 0,327, diğer 4 kriterin ağırlığı ise 0,001 yapılır

Durum 4: “yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı” kriterinin ağırlığı



0,327, diğer 4 kriterin ağırlığı ise 0,001 yapılır

Durum 5: “Rekabet” kriterinin ağırlığı 0,327, diğer 4 kriterin ağırlığı ise 0,001 yapılır.

**Tablo 7.21:** Asıl Durum ve Duyarlılık Analizinde Kullanılan Kriter Ağırlık Senaryoları

	Rekabet	Yerel Ekonomik Kalkınma ve Kaynakların Kullanımı	Üretimde Verimlilik	Enerji Maliyeti	Devlet Destekleri ve Teşvikler	Toplam
Asıl Durum	0,071	0,058	0,058	0,078	0,065	0,331
1.DURUM	0,001	0,001	0,001	0,001	0,327	0,331
2.DURUM	0,001	0,001	0,001	0,327	0,001	0,331
3.DURUM	0,001	0,001	0,327	0,001	0,001	0,331
4.DURUM	0,001	0,327	0,001	0,001	0,001	0,331
5.DURUM	0,327	0,001	0,001	0,001	0,001	0,331

**Tablo 7.22:** Enerji Alternatiflerinin Durum 1'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri

1 Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0,000	1	Rüzgâr Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,190	6	Termal Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,358	11
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,093	2	Hidrolik Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,265	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,442	12
Termal Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,099	3	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,265	8	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,506	13
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,1	4	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,270	9	Yenilene- mez Enerji Kaynakları	-0,507	14
Rüzgar Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,186	5	Hidrolik Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,348	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,628	15

Tablo 7.22, enerji alternatiflerinin durum 1'e ait revize edilmiş yakınlık katsayıları ve sıralama değerlerini göstermektedir. Durum 1'de, Tablo 7.21'de gösterildiği gibi, "devlet destekleri ve teşvikler" kriterinin ağırlığı 0,327 alınmış ve diğer 4 kriterin ağırlığı 0,001 değerine indirilmiştir. Kriterler üzerinde yapılan bu değişiklik sonucunda alternatiflerin sıralamasında asıl duruma göre "güneş enerjisinin dağıtık üretimi" ile "güneş enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "rüzgâr enerjisinin dağıtık üretimi" ile "rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "biyokütle enerjisinin dağıtık üretimi" ile "hidrolik enerjisinin dağıtık üretimi" alternatifinin yer değiştirdiği gözlenmiştir. Diğer alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir.

**Tablo 7.23: Enerji Alternatiflerinin Durum 2'ye Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri**

Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0	1	Rüzgar Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,189	6	Termal Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,366	11
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,091	2	Hidrolik Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,267	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,422	12
Termal Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,096	3	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,271	8	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,531	13
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,098	4	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,273	9	Yenilenebilir Enerji Kaynakları	-0,561	14
Rüzgâr Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,185	5	Hidrolik Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,354	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,609	15

Tablo 7.23, enerji alternatiflerinin durum 2'ye ait revize edilmiş yakınlık katsayıları ve sıralama değerlerini göstermektedir. Durum 2'de, Tablo 7.21'de gösterildiği gibi, "enerji maliyeti" kriterinin ağırlığı 0,327 alınmış ve diğer 4 kriterin ağırlığı 0,001 değerine indirilmiştir. Kriterler üzerinde yapılan bu değişiklik sonucunda alternatiflerin sıralamasında asıl duruma göre "güneş enerjisinin dağıtık üretimi" ile "güneş enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "rüzgâr enerjisinin dağıtık üretimi" ile "rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "biyokütle enerjisinin dağıtık üretimi" ile "hidrojen enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin yer değiştirdiği gözlenmiştir. Diğer alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir.

**Tablo 7.24:** Enerji Alternatiflerinin Durum 3'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri

Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0	1	Rüzgar Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,159	6	Termal Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,329	11
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,057	2	Hidrolik Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,227	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,441	12
Termal Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,064	3	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,236	8	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,520	13
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,067	4	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,264	9	Yenilene- mez Enerji Kaynakları	-0,541	14
Rüzgâr Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,151	5	Hidrolik Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,308	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,617	15

Tablo 7.24, enerji alternatiflerinin durum 3'e ait revize edilmiş yakınlık katsayıları ve sıralama değerlerini göstermektedir. Durum 3'te, Tablo 7.21'de gösterildiği gibi, "üretimde verimlilik" kriterinin ağırlığı 0,327 alınmış ve diğer 4 kriterin ağırlığı 0,001 değerine indirilmiştir. Kriterler üzerinde yapılan bu değişiklik sonucunda alternatiflerin sıralamasında asıl duruma göre "güneş enerjisinin dağıtık üretimi" ile "güneş enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "rüzgâr enerjisinin dağıtık üretimi" ile "rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin yer değiştirdiği gözlenmiştir. Diğer alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir.

**Tablo 7.25:** Enerji Alternatiflerinin Durum 4'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri

Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0	1	Rüzgâr Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,233	6	Termal Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,377	11
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,138	2	Hidrolik Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,274	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,491	12
Termal Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,144	3	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,313	8	Yenilenemez Enerji Kaynakları	-0,559	13
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,146	4	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,318	9	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,572	14
Rüzgâr Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,192	5	Hidrolik Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,354	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,679	15

Tablo 7.25, enerji alternatiflerinin durum 4'e ait revize edilmiş yakınlık katsayıları ve sıralama değerlerini göstermektedir. Durum 4'te, Tablo 7.21'de gösterildiği gibi, "yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı" kriterinin ağırlığı 0,327 alınmış ve diğer 4 kriterin ağırlığı 0,001 değerine indirilmiştir. Kriterler üzerinde yapılan bu değişiklik sonucunda alternatiflerin sıralamasında asıl duruma göre "güneş enerjisinin dağıtık üretimi" ile "güneş enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "yenilenemez enerji kaynakları" ile "dalga enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin yer değiştirdiği gözlenmiştir. Diğer alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir

**Tablo 7.26:** Enerji Alternatiflerinin Durum 5'e Ait Revize Edilmiş Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Değerleri

Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra	Enerji Alternatifi	Yakınlık İndeksi	Sıra
Biyokütle Enerjisinin Merkezi Üretimi	0	1	Rüzgâr Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,184	6	Termal Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,383	11
Güneş Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,091	2	Hidrolik Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,265	7	Dalga Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,455	12
Termal Enerjinin Dağıtık Üretimi	-0,105	3	Biyokütle Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,273	8	Dalga Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,555	13
Güneş Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,135	4	Hidrojen Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,281	9	Yenilenemez Enerji Kaynakları	-0,556	14
Rüzgâr Enerjisinin Merkezi Üretimi	-0,181	5	Hidrolik Enerjinin Merkezi Üretimi	-0,357	10	Hidrojen Enerjisinin Dağıtık Üretimi	-0,643	15

Tablo 7.25, enerji alternatiflerinin durum 4'e ait revize edilmiş yakınlık katsayıları ve sıralama değerlerini göstermektedir. Durum 4'te, Tablo 7.21'de gösterildiği gibi, "rekabet" kriterinin ağırlığı 0,327 alınmış ve diğer 4 kriterin ağırlığı 0,001 değerine indirilmiştir. Kriterler üzerinde yapılan bu değişiklik sonucunda alternatiflerin sıralamasında asıl duruma göre "rüzgâr enerjisinin dağıtık üretimi" ile "rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin; "biyokütle enerjisinin dağıtık üretimi" ile "hidrojen enerjisinin merkezi üretimi" alternatifinin yer değiştirdiği gözlenmiştir. Diğer alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir.

Her bir durum için yapılan hesaplamalar sonucunda enerji kaynaklarının sıralamasında yukarıda açıklandığı gibi bazı değişiklikler olduğu fakat yine her bir durum için biyokütle enerjisinin merkezi üretimi alternatifinin 1. sırada yer aldığı; bununla birlikte, hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi alternatifinin de son sırada yer aldığı görülmektedir. Kriter ağırlıklarındaki değişimin mevcut sıralamayı

değiştirdiği yani alternatiflerin sıralamasının kriter ağırlıklarına duyarlı olduğu gözlenmektedir.



Enerji, eğitim ve para gibi en temel alanlar başta olmak üzere artık birçok alanda dağıtık yapılar ile karşılaşmaktayız. Bu alanlarda eğilim; daha dağıtık veya erişimi, mevcut duruma nazaran, çok daha geniş bir kesim için daha kolay ve mümkün kılan yapılara doğrudur. En azından topluluklara ve hatta bireylere böyle bir tercih özgürlüğü verilebilecek bilimsel ve teknolojik araştırmalar ve gelişmeler dikkat çekmekte, sayıları ve bunlara duyulan ilgi, akademik ve toplumsal bazda her geçen gün artmaktadır. Kitlesele üretimini tersi olarak ortaya çıkan dağıtık üretim kavramı enerji sektöründe de kendini yenilenebilir enerji ile göstermektedir. Dağıtık üretim, sanayi devriminden önceye benzemesinin yanında, enerjinin dağıtık üretimine, eğitim hizmetlerindeki dağıtıklaşmaya, parayı (takas araçları) merkezlerden bağımsız hale getirebilecek gelişmelere son yıllardaki internet teknolojileri, akıllı cihazlar, yenilenebilir enerji kaynakları, blok zinciri teknolojisi, eşten eşe kavramı, akıllı şebekeler, 0 enerjili yapılar, elektrikli araçlar, akıllı şehirler, akıllı şebekeler vb. birçok bilimsel ve teknolojik gelişme katkıda bulunmaktadır. Tüm bu gelişmeler çok ciddi bir paradigma değişiminin habercisi olarak görülmektedirler. Teknoloji, sanayi devriminden bu yana her şeyi git gide daha merkezi bir hale getirmiştir fakat son yıllara ait yukarıda bahsedilen teknolojik gelişmeler bunu değiştirmekte ve git gide daha merkezsiz yapılar kurulmasına zemin hazırlamaktadırlar. Dağıtık yapılara dönüş teknolojik gelişmelerin etkisiyle eski dağıtık yapılardan çok farklı bir konseptte ilerlemektedir. Çok ciddi bir kullanım artışı hızına sahip olan mobil teknolojiler de bu değişimin diğer bir ayağını oluşturmaktadır. Günümüzde bankacılık, alışveriş, eğlence, eğitim hatta sağlık gibi yüzlerce alanda mobil hizmetler sunulmakta ve insanlara fiziksel alanlardan bağımsız olma opsiyonu tanınmaktadır.

Çevresel bozulmaların göz yumulamayacak düzeye gelmesi ve devletlerin bu konuya artık daha ciddi bir şekilde yönelip uluslar üstü yol haritaları belirlemeleri, bireysel ve toplumsal bazda çevreye daha duyarlı ve bilinçli bireylerin artışı vb.



sebepler de yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır ve bu kaynaklar ayrıca dağıtık enerji üretimini mümkün kılmaktadırlar. Yenilenemez enerji kaynakları, yapıları gereği enerjinin dağıtık üretimine mevcut durumda izin vermemektedirler fakat yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde enerjinin çok daha dağıtık yani görece olarak çok daha küçük ölçekli, tüketim noktasına daha yakın ve fazla sayıda enerji üretim noktası bulunduran enerji sistemlerinin varlığına olanak tanır.

Bu çalışmada da bu dağıtık enerji üretim teknolojilerini içeren bir problem yapısı oluşturulmuştur. Yapılan literatür araştırması sonucu enerjinin dağıtık ve merkezi üretimine uygun 15 alternatif ve 30 kriter belirlenmiştir. Bu alternatifler arasından 30 kriter göz önüne alınarak seçim yapabilmek için bir karar verme yaklaşımı kullanılmıştır.

Enerji alternatifleri arasında seçim yapmayı gerektiren problemler hemen hemen her zaman birçok alternatifi ve birbiri ile çelişen kriteri barındırır. Dahası, gerçek dünyada karar verirken, alternatiflerin en uygununun seçimi için alternatiflerin belirlenen kriterler açısından değerlendirmelerinin her zaman net olmaması, sayısal veriler ile desteklenemiyor olması da içerisinde çoklu alternatifler ve kriterler barındıran problemlerde karar vericileri zorlayıcı diğer etkenlerdir. Bu sebeple karar vermek zorlaşır. Bu gibi karmaşık yapıları karar verme problemlerinde en doğru sonuca ulaşmak için ise, bu çalışmada da olduğu gibi, ÇKKV yöntemleri kullanılır. ÇKKV yöntemlerinin net sayılar kullanılarak uygulanması gerçek hayat problemlerindeki eksik bilgiler, net olmayan değerlendirmeler ve insan yargılarından kaynaklanan bulanıklık vb. durumları iyi temsil edememelerine neden olur. Önerilen bu entegre ÇKKV yöntemi ise gerçek hayat problemlerini en iyi şekilde temsil etmeleri için, son yıllarda birçok çalışmada olduğu gibi, bulanık küme yaklaşımıyla genişletilmiştir.

Karar vericilerin ifadelerindeki belirsizlikler kadar, bilgilerin belirsizliği ve bilgiye ulaşamama durumları nedeniyle, çoğu zaman alternatiflerin kriterler açısından değerlendirilmesinde sayısal değerler belirlemek ve tam bir değerlendirme yapmak zordur. Bu sebeplerle, ÇKKV yöntemleri de, diğer birçok alandaki yöntemlerde

olduğu gibi, belirsizliği temsil etmek için bulanık kümeleri içerecek Şekilde genişletilmiştir [11], [12]. ÇKKV yönteminin bulanık mantık yaklaşımı ile genişletilmesiyle daha isabetli, verimli ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi sağlanarak bu problemdeki karar verme süreci optimize edilmiştir. BÇKKV yöntemlerinde sonuçlar elde edilirken, insan yargılarından ve yetersiz veriden kaynaklanan bulanıklığın etkileri minimize edilmiştir. Enerji alanında da karar verme problemlerinde bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılması eğilimi son yıllarda artış göstermektedir.

Bulanıklığı en iyi temsil eden bulanık kümelerden olan PBK'ler, SBK'lerin genişletilmiş hali olarak Yager tarafından geliştirilmiştir [15], [16]. PBK'ler, bulanık ortamı ölçmek için özellikle de bir soruyu en doğru ve gerçeğe yakın Şekilde betimlemek için olumlu ve olumsuz tarafları kullandığımız zaman bize yeni bir değerlendirme formatı sunmaktadır [18].

Bu tez çalışmasında, dağıtık enerji üretimine özel kriterlerin belirlenmesi, PBK'ler ile DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemleri entegre edilerek yeni bir entegre BÇKKV yöntemi oluşturulması ve ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları ile enerjinin dağıtık üretimi, merkezi üretimi ve yenilenemez enerji kaynakları ile enerjinin merkezi üretiminin bu model ile değerlendirilip alternatiflerin sıralamasını yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ilk önce problem tanımı yapılarak enerji alternatifleri belirlenmiştir. Enerji alternatifleri arasında, diğer enerji alternatifi Őeim problemlerinde sıkça karşılaşılan alternatiflerden farklı olarak dağıtık enerji üretim alternatifleri eklenmiŐtir. Bu çalışmada kullanılan enerji alternatifleri Őyledir;

- Rüzgâr enerjisinin dağıtık retimi
- Güneş enerjisinin dağıtık retimi
- Jeotermal enerjinin dağıtık retimi
- Biyoenerjinin dağıtık retimi
- Hidrolik enerjinin dağıtık retimi

- Hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi
- Dalga enerjisinin dağıtık üretimi
- Rüzgâr enerjisinin merkezi üretimi
- Güneş enerjisinin merkezi üretimi
- Jeotermal enerjinin merkezi üretimi
- Biyoenerjinin merkezi üretimi
- Hidrolik enerjinin merkezi üretimi
- Hidrojen enerjisinin merkezi üretimi
- Dalga enerjisinin merkezi üretimi
- Yenilenemez enerjilerin merkezi üretimi

Ardından, literatürde merkezi enerji üretim alternatiflerinin değerlendirilmesinde sıkça kullanılan ve kabul gören kriterlerin yanında, dağıtık enerji üretimine ait yeni kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüketimde verimlilik, dağıtık yapıyı destekleme durumu, lokal teknik bilgi ihtiyacı, talep kaynağına olan mesafe, yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı gibi kriterler, dağıtık enerji üretim alternatiflerine özgü kriterlerdir. Çalışmada uygulanan DEMATEL yöntemi ile elde edilen bulgular, kriterler arasında anlamlı derecede ilişki olduğunu göstermiştir. Kriterler arasındaki ilişki durumu Tablo 7.7’de gösterildiği gibidir. Örneğin; SE1 kriteri ile SE2, SE4, SE8, SE9 kriterleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Ardından, uygulanan AAS yöntemi ışığında, Tablo 7.12, 7.13, 7.14 ve 7.15 incelendiğinde görüldüğü gibi rekabet, devlet destekleri ve teşvikler, yerel ekonomik kalkınma ve kaynakların kullanımı, üretimde verimlilik, enerjideki yeni gelişmelerin yönü, rezerv bulma ve sürdürülebilirlik kriterleri, ağırlığı en yüksek kriterler olmuştur. Sosyal kabul, sosyal adalet, bireysel sorumluluk ve çarpık kentleşme kriterleri ise ağırlığı en düşük kriterler olmuştur. Bu kriter ağırlıkları, bir sonraki aşamada TOPSSIS yönteminin girdileri olarak kullanılmıştır. Son olarak

TOPSIS yönteminin uygulanmasıyla, belirlenen kriter ağırlıkları ışığında Türkiye için 15 alternatifin, 30 kriter açısından uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi sonucu elde edilen en iyi alternatif sıralaması Tablo 7.20'deki gibidir. Bu sıralama, indeks değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması ile elde edilmiştir. Bu sonuca göre, biyokütle enerjisinin merkezi üretimi Türkiye açısından en doğru alternatif olarak görülmektedir. Ardından, güneş enerjisinin dağıtık üretimi, termal enerjinin dağıtık üretimi ve güneş enerjisinin merkezi üretimi gelmektedir. Son sıralarda ise hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi, yenilenemez enerji kaynakları ve dalga enerjisinin merkezi üretimi gelmektedir.

Yapılan duyarlılık analizinde ise kriter ağırlıklarının değiştirilmesi ile alternatiflerin sıralamasının da değiştiği görülmektedir. Bu değişime rağmen, her bir durum için biyokütle enerjisinin merkezi üretimi alternatifinin 1. sırada yer aldığı, hidrojen enerjisinin dağıtık üretimi alternatifinin de son sırada yer aldığı görülmektedir.

Bu çalışmada; anketler ile elde edilen uzman görüşleri, kurulan entegre modelin girdileri olarak kabul edilmiştir. Unutulmamalıdır ki bu sonuçlar, tamamen görüşlerine başvuru uzmanlara bağımlıdır ve uzmanlara göre değişiklik gösterebilmektedir. Önerilen bu modelin çözümü için başvuru uzmanların değişimi, sonucun da değişmesine neden olacaktır. Bununla birlikte, dağıtık enerji üretimi kavramının literatürde yeni bir kavram olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, problemin çözümünde daha doğru sonuçlara ulaşabilmek için dağıtık enerji üretimi kavramının ve bu kavrama özgü oluşturulan kriterlerin, görüşlerine başvuru uzmanlar tarafından daha derinlemesine bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın kısıtlamaları olarak; alternatif ve kriter sayılarını çokluğu nedeniyle oluşan büyük anket tablolarının doldurulması, AAS yönteminin kullanılması ile oluşan çok sayıda matrisin her birinin tutarlılık indekslerini hesaplanması, dağıtık yapının yeni bir kavram olması sebebiyle anlatılması ihtiyacı ve bulanık sayılarla yapılan işlemlerdeki karmaşıklık sayılabilir.

Bu tez çalışması ile literatürde ilk defa enerjinin dağıtık üretimi ve merkezi üretiminin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda,

dağıtık üretime dair daha derinlemesine literatür taraması yapıp kriterler genişletilebilir veya tekrar düzenlenebilir; dağıtıklık kavramı ile ilgili sağlık, eğitim, para, ticaret ve üretim gibi farklı alanda derinlemesine araştırmalar yapılabilir; dağıtık yapıları destekleyen gelişmeler, bu yapıların doğurduğu sonuçlar ve gelecek tahminleri yapılabilir; Pisagor bulanık sayılar, DEMATEL, AAS ve TOPSIS yöntemleri yerine farklı BÇKKV modelleri ile bu alternatiflerin değerlendirmeleri yapılabilir ve yeni modeller kurulabilir; ayrıca, dağıtık üretim ve enerji arasındaki ilişkinin durumunu analiz eden sistem analizi temelli bir bilişsel harita esaslı analiz yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir; Pisagor bulanık kümeler yerine nütrosifik yapı tarzında değerlendirmeler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak gelecek periyot için Türkiye yol haritası oluşturulabilir.



- [1] M. Dagdeviren, E. Eraslan, M. Kurt ve E. Dizdar, «Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci ile Alternatif Bir Yaklaşım,» Teknoloji, cilt 8, no. 2, 2005.
- [2] F. Urfalıoğlu ve T. Genç, «Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ile Karşılaştırılması,» Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi, cilt 35, no. 2, pp. 329-360, 2013.
- [3] J. S. Cristóbal, «Multi-Criteria Decision-Making in the Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor Method,» Renewable Energy, cilt 36, no. 2, pp. 498-502, 2011.
- [4] S. D. Pohekar ve M. Ramachandran, «Application of Multi-Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning- A review,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, cilt 8, no. 4, pp. 365-381, 2004.
- [5] İ. Kaya, M. Çolak ve F. Terzi, «Use of MCDM Techniques for Energy Policy and Decision-Making Problems: A Review,» International Journal of Energy Research, cilt 42, no. 7, pp. 2344-2372, 2018.
- [6] İ. Kaya, M. Çolak ve F. Terzi, «A Comprehensive Review of Fuzzy Multi Criteria Decision Making Methodologies for Energy Policy Making,» Energy Strategy Reviews, cilt 24, pp. 207-228, 2019.
- [7] O. Castillo, P. Melin, J. Kacprzyk ve W. Pedrycz, «Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications,» 2007 IEEE International Conference on Granular Computing (GRC 2007), Fremont, CA, USA, 2007.
- [8] L. A. Zadeh, «Fuzzy sets,» Information and Control, cilt 8, no. 3, pp. 338-353, 1965.
- [9] L. A. Zadeh, «The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning-I,» Information Sciences, cilt 8, no. 3, pp. 199-249, 1975.
- [10] S. K. Lee, G. Mogi, S. K. Lee, K. Hui ve J. W. Kim, «Econometric Analysis of the R&D Performance in the National Hydrogen Energy Technology Development for Measuring Relative Efficiency: The Fuzzy AHP/DEA,» International Journal of Hydrogen Energy, cilt 35, no. 6, pp. 2236-2246, 2010.

- [11] F. Tuysuz ve C. Kahraman, «Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 21, no. 6, pp. 559-584, 2006.
- [12] M. Ekmekçioğlu, T. Kaya ve C. Kahraman, «Fuzzy Multicriteria Disposal Method and Site Selection for Municipal Solid Waste,» *Waste Management*, cilt 30, no. 8-9, pp. 1729-1736, 2010.
- [13] S.-J. Chen ve C.-L. Hwang, «Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods,» *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, cilt 375, Springer-Verlag, 1992, pp. 289-486.
- [14] Y.-Y. Jing, H. Bai ve J.-J. Wang, «A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for CCHP Systems Driven by Different Energy Sources,» *Energy Policy*, cilt 42, pp. 286-296, 2012.
- [15] R. R. Yager, «Pythagorean Fuzzy Subsets,» 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS), Edmonton, AB, Canada, 2013.
- [16] R. R. Yager, «Pythagorean membership grades in multi-criteria decision making,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 22, no. 4, pp. 958-965, 2014.
- [17] H. Garg, «A Novel Accuracy Function Under Interval-valued Pythagorean Fuzzy Environment for Solving Multicriteria Decision Making Problem,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, cilt 31, no. 1, pp. 529-540, 2016.
- [18] D. Liang, Z. Xu ve D. Liu, «Method for Three-way Decisions Using Ideal TOPSIS Solutions at Pythagorean Fuzzy Information,» *Information Sciences*, cilt 435, pp. 282-295, 2018.
- [19] X. Peng ve Y. Yang, «Fundamental Properties of Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 31, no. 5, pp. 444-487, 2016.
- [20] Y. Zhao, «A world at Risk: An Imperative for a Paradigm Shift to Cultivative 21st Century Learners,» *21st Century Excellence in Education*, part 1, 2015.
- [21] «Youth Unemployment: Generation Jobless,» *The Economist*, 2013. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.economist.com/international/2013/04/27/generation-jobless>.
- [22] N. Massarelli ve H. Vreeswijk, «Euro Area Unemployment Rate at 12.1%,» *Eurostat Newsrelease Euroindicators*, 2013.

- [23] S. McDonald, «One Quarter of Young Australians Not in Full-time Study or Work According to New Report,» ABC, 2013. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.abc.net.au/news/2013-10-30/study-work-fulltime-australians-youth-unemployment/5056224>.
- [24] G. Guilford, «An Elderly Crisis and a Youth Crisis: South Korea's Got It All,» 2013.
- [25] «Half of Recent College Grads Underemployed or Jobless, Analysis Says,» 2012. [Çevrimiçi]. Available: [https://www.cleveland.com/business/2012/04/half\\_of\\_recent\\_college\\_grads\\_u.html](https://www.cleveland.com/business/2012/04/half_of_recent_college_grads_u.html).
- [26] R. Vedder, C. Denhart ve J. Robe, «Why Are Recent College Graduates Underemployed? University Enrollments and Labor-Market Realities,» Washington, DC, 2013.
- [27] «The Talent Shortage Continues: How the Ever Changing Role of HR Can Bridge the Gap,» Manpower Group, 2014.
- [28] J. Soffel, «What are the 21st-century skills every student needs?,» World Economic Forum, 2016.
- [29] «Top Ten Business Concerns Identified by Companies (2013),» The US-China Business Council, Washington, DC, 2013.
- [30] E. Kesim ve P. D. E. Agaoglu, «A Paradigm Shift in Distance Education: Web 2.0 and Social Software,» Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE, cilt 8, no. 3, 2007.
- [31] M. Castells, «Informationalism, Networks, And The Network Society: A Theoretical Blueprint,» 2004.
- [32] «The Skills Needed in The 21st Century,» World Economic Forum, [Çevrimiçi]. Available: <https://widgets.weforum.org/nve-2015/chapter1.html>.
- [33] «Going Global: Preparing Our Students for an Interconnected World,» AsiaSociety, [Çevrimiçi]. Available: <https://asiasociety.org/files/Going%20Global%20Educator%20Guide.pdf>.
- [34] I. J. McCoog, «21st Century Teaching and Learning,» ERIC-Online Submission, 2008.
- [35] K. Fry, «E-learning Markets and Providers: Some Issues and Prospects,» Education and Training, cilt 43, no. 4-5, pp. 233-239, 2001.



- [36] V. Arkorful ve N. Abaidoo, «The Role of E-learning, Advantages and Disadvantages of Its Adoption in Higher Education,» *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, cilt 12, no. 12, pp. 397-410, 2015.
- [37] M. M. Abbad, D. Morris ve C. D. Nahlik, «Looking under the Bonnet: Factors Affecting Student Adoption of E-Learning Systems in Jordan,» *International Review of Research in Open and Distance Learning*, cilt 10, no. 2, 2009.
- [38] Y. Liu ve H. Wang, «A Comparative Study on E-learning Technologies and Products: from the East to the West,» *System Research and Behavioral Science*, cilt 26, pp. 191-209, 2009.
- [39] J. L. Moorea, C. Dickson-Deane ve K. Galyen, «E-learning, Online Learning and Distance Learning Environments: Are They the Same?,» *The Internet and Higher Education*, cilt 14, no. 2, pp. 129-135, 2011.
- [40] A. D. Benson, «Using Online Learning To Meet Workforce Demand: A Case Study of Stakeholder Influence,» *ERIC-Quarterly review of distance education*, cilt 3, no. 4, pp. 443-452, 2002.
- [41] J. R. Evans ve I. M. Haase, «Online Business Education in the Twenty-first Century: an Analysis of Potential Target Markets,» *Internet Research*, cilt 11, no. 3, pp. 246-260, 2001.
- [42] K. L. Brown, «From Teacher-Centered to Learner-Centered Curriculum: Improving Learning In Diverse Classrooms,» *Education*, cilt 124, no. 1, pp. 49-54, 2003.
- [43] N. Wagner, K. Hassanein ve M. Head, «Who is Responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders' Analysis,» *Journal of Educational Technology & Society*, cilt 11, no. 3, pp. 26-36, 2008.
- [44] P. S. Codone, «An E-Learning Primer,» Raytheon, Pensacola, Florida, 2001.
- [45] T. A. Urdan ve C. C. Weggen, «Corporate E-learning: Exploring a New Frontier,» WR Hambrecht + Co, 2000.
- [46] M. Ware ve D. Klein, «E-learning: New Opportunities in Continuing Professional Development,» *Learned Publishing*, cilt 16, no. 1, pp. 34-46, 2003.
- [47] A. F. Algahtani, «Evaluating the Effectiveness of the E-learning Experience in Some Universities in Saudi Arabia from Male Students' Perceptions,» Durham University, 2011.

- [48] A. Jolliffe, J. Ritter ve D. Stevens, *The Online Learning Handbook: Developing and Using Web-based Learning*, The Times Higher Education Supplement, 2012.
- [49] D. Finch ve K. Jacobs, «Online Education: Best Practices to Promote Learning,» *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, cilt 56, pp. 546-550, 2012.
- [50] J. V. Lock, «Designing Learning to Engage Students in the Global Classroom,» *Technology, Pedagogy and Education*, cilt 24, no. 2, pp. 137-153, 2014.
- [51] A. Sun ve X. Chen, «Online Education and Its Effective Practice: A Research Review,» *Journal of Information Technology Education: Research*, cilt 15, pp. 157-190, 2016.
- [52] A. McAuley, B. Stewart, G. Siemens ve D. Cormier, «The MOOC Model for Digital Practice,» 2010.
- [53] R. Schroeder, «Emerging Open Online Distance Education Environment,» *Continuing Higher Education Review*, cilt 76, pp. 90-99, 2012.
- [54] M. K. Tallent-Runnels, J. A. Thomas, S. Cooper ve W. Lan, «Teaching Courses Online: A Review of the Research,» *Review of Educational Research*, cilt 76, no. 1, pp. 1-62, 2006.
- [55] J. H. Mayur S . Desai ve T. C. Richards, «E-learning: Paradigm Shift in Education,» *Education*, cilt 129, no. 2, pp. 327-334, 2008.
- [56] I. J. McCoog, «21st Century Teaching and Learning,» *Online Submission*, 2008.
- [57] D. Tapscott, «Educating the Net Generation,» *Educational Leadership*, cilt 56, no. 5, pp. 6-11, 1999.
- [58] C. Jones ve B. Shao, «The Net Generation and Digital Natives: Implications for Higher Education,» *Higher Education Academy*, 2011.
- [59] W. Strauss ve N. Howe, *Generations The History Of America's Future, 1584 to 2069*, Quill, 1991.
- [60] M. Prensky, «H. Sapiens Digital: From Digital Immigrants and Digital Natives to Digital Wisdom,» *Journal of Online Education*, cilt 5, no. 3, p. Makale 1, 2009.
- [61] D. Oblinger, «Boomers, Gen-Xers, and Millennials: Understanding the "New Students",» *ECAR*, Carolina, 2003.

- [62] M. Prensky, «Digital Natives, Digital Immigrants,» On the Horizon, cilt 9, no. 5, pp. 1-6, 2001.
- [63] N. Öztürk ve A. Koç, «Elektronik Para, Diğer Para Türleriyle Karşılaştırılması ve Olası Etkileri,» Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırma Dergisi, cilt 6, no. 11, pp. 207-243, 2006.
- [64] A. E. Pirinççi, «Yeni Dünya Düzeninde Sanal Para Bitcoin'in Değerlendirilmesi,» International Journal of Economics Politics Humanities and Social Sciences, cilt 1, no. 1, pp. 45-52, 2018.
- [65] K. Ülgen, «Elektronik Para: Türkiye ve Dünya Uygulaması,» 2010.
- [66] U. Evlimoğlu ve U. T. Gümüş, «İtibari Paranın Kullanımdan Kaldırılmasına Yönelik Teorik Bir Değerlendirme,» LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi, cilt 9, no. 2, pp. 167 - 183, 2018.
- [67] W. Andrew, «Digital vs. Virtual Currencies,» Bitcoin Magazine, no. 27, 2014.
- [68] A. Çarkacıoğlu, «Kripto Para Bitcoin,» Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi, 2016.
- [69] «Virtual Currency Schemes – A Further Analysis,» European Central Bank, 2015.
- [70] G. Carter, «What is Cryptocurrency?,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.ccn.com/cryptocurrency/>.
- [71] A. Cruysheer, «Bitcoin: A Look at the Past and the Future,» Handbook of Digital Currency, pp. 519-526, 2015.
- [72] R. Sarah, «Bitcoin Versus Electronic Money,» The World Bank Group, Washington DC, 2014.
- [73] B. A. Ateş, «Kripto Para Birimleri, Bitcoin ve Muhasebesi,» Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, cilt 7, no. 1, pp. 349 - 366, 2016.
- [74] S. M. Ceker, «Kripto Paralar ve Ekonomik Etkileri,» Yıldız Teknik Üniversitesi, 2018.
- [75] L. P. Nian ve D. L. K. Chuen, «Chapter 1: Introduction to Bitcoin,» pp. 5-30, 2015.
- [76] S. Ammous, «Can Cryptocurrencies Fulfill The Function of Money?,» The Quarterly Review of Economics and Finance, cilt 70, pp. 38-51, 2018.

- [77] M. Kubat, «Virtual Currency Bitcoin in the Scope of Money Definition and Store of Value,» *Procedia Economics and Finance*, cilt 30, pp. 409-416, 2015.
- [78] J. P. Dorian, H. T. Franssen ve D. R. Simbeck, «Global Challenge in Energy,» *Energy Policy*, cilt 34, no. 15, pp. 1984-1991, 2006.
- [79] D. C. Baruah ve C. C. Enweremadu, «Prospects of Decentralized Renewable Energy to Improve Energy Access: A Resource-inventory-based Analysis of South Africa,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 103, pp. 328-341, 2019.
- [80] B. Dudley, «BP Statistical Review of World Energy 2019 | 68th edition,» BP, 2019.
- [81] G. Crabtree, E. Kocs ve T. Alaan, «Energy, Society and Science: The Fifty-year Scenario,» *Futures*, cilt 58, pp. 53-65, 2014.
- [82] J. P. Dorian, H. T. Franssen ve D. R. Simbeck, «Global Challenge in Energy,» *Energy Policy*, cilt 34, no. 15, pp. 1984-1991, 2006.
- [83] G. Crabtree, E. Kocs ve T. Alaan, «Energy, Society and Science: The Fifty-year Scenario,» *Futures*, cilt 58, pp. 53-65, 2014.
- [84] K. Hansen, C. Breyer ve H. Lund, «Status and Perspectives on 100% Renewable Energy Systems,» *Energy*, cilt 175, pp. 471-480, 2019.
- [85] M. Altmann, M. A. Brenninkmeijer, Lanoix, D. Ellison, A. Crisan, Hugyecz, M. G. S. Koreneff, M. P. Hanninen, Linares ve K. Hyldelund, *Decentralised Energy Systems: Industry, Research and Energy*, ITRE, 2010.
- [86] «T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>.
- [87] C. Kahraman ve İ. Kaya, «A fuzzy Multicriteria Methodology for Selection Among Energy Alternatives,» *Expert System with Applications*, cilt 37, no. 9, pp. 6270-6281, 2010.
- [88] I. Topcu ve F. Ulengin, «Energy for the Future: An Integrated Decision Aid for the Case of Turkey,» *Energy*, cilt 29, no. 1, pp. 137-154, 2004.
- [89] S. Yılmaz, «Katı Fosil Yakıtlarda Mineral Gidermenin Yanma Üzerine Etkisi,» Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 2004.
- [90] B. H. Ulutaş, «Determination of the Appropriate Energy Policy for Turkey,» *Energy*, cilt 30, no. 7, pp. 1146-1161, 2005.

- [91] M. Mahmutoğlu, «Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü,» Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
- [92] C. Kahraman, İ. Kaya ve S. Cebi, «A Comparative Analysis for Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process,» Energy, cilt 34, no. 10, pp. 1603-1616, 2009.
- [93] S.-E. Fleten, K. M. Maribu ve I. Wangensteen, «Optimal Investment Strategies in Decentralized Renewable Power Generation Under Uncertainty,» Energy, cilt 32, no. 5, pp. 803-815, 2005.
- [94] H. E. Murdock, D. Gibb ve T. André, «Renewables 2019 Global Status Report,» REN21 Renewables Now, 2019.
- [95] B. A. Akash, R. Mamlook ve M. S. Mohsen, «Multi-criteria Selection of Electric Power Plants Using Analytical Hierarchy Process,» Electric Power Systems Research, cilt 52, no. 1, pp. 29-35, 1999.
- [96] L. Dalau, «Hybrid Wind and Solar Power System,» 2nd IFAC Workshop on Convergence of Information Technologies and Control Methods with Power Systems, 2013.
- [97] F. Cavallaro, «Fuzzy TOPSIS Approach for Assessing Thermal-energy Storage in Concentrated Solar Power (CSP) Systems,» Applied Energy, cilt 87, no. 2, pp. 496-503, 2010.
- [98] H. Müller-Steinhagen ve F. Trieb, «Concentrating Solar Power: A Review of the Technology,» Ingenia, cilt 18, pp. 43-50, 2013.
- [99] Y.-C. Shen, C. J. Chou ve G. Lin, «The Portfolio of Renewable Energy Sources for Achieving the Three E Policy Goals,» Energy, cilt 36, no. 5, pp. 2589-2598, 2011.
- [100] K. S. Smallwood, «Comparing Bird and Bat Fatality-Rate Estimates Among North American Wind-Energy Projects,» Wildlife Society Bulletin, cilt 37, no. 1, 2013.
- [101] B. K. Pak, «Multi-Criteria Decision Making for Sustainable Energy Planning in Turkey, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,» Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [102] A. Hepbasli ve L. Ozgener, «Development of Geothermal Energy Utilization in Turkey: A Review,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, cilt 8, no. 5, pp. 433-460, 2004.

- [103] P.-L. Chang, C.-W. Hsu ve P.-C. Chang, «Fuzzy Delphi Method for Evaluating Hydrogen Production Technologies,» *International Journal of Hydrogen Energy*, cilt 36, no. 21, pp. 14172-14179, 2011.
- [104] J. E. Trancik ve D. Cross-Call, «Energy Technologies Evaluated Against Climate Targets Using a Cost and Carbon Trade-off Curve,» *Environmental Science & Technology*, cilt 47, no. 12, pp. 6673-6680, 2013.
- [105] G. Kavlaka, J. McNerneya ve J. E. Trancika, «Evaluating the Causes of Cost Reduction in Photovoltaic Modules,» *Energy Policy*, cilt 123, pp. 700-710, 2018.
- [106] C. Breyer, C. Birkner, J. Meiss, J. C. Goldschmidt ve M. Riede, «A Top-Down Analysis: Determining Photovoltaics R&D Investments From Patent Analysis and R&D Headcount,» *Energy Policy*, cilt 62, pp. 1570-1580, 2013.
- [107] «Renewable Power Generation Costs in 2017,» IRENA, 2018.
- [108] A. Brenninkmeijer, M. Altmann, Lanoix, D. Ellison, A. Crisan, M. Hugyecz, G. S. Koreneff, P. Hannien, Linares ve K. Hyldelund, Directorate General for International Policies-Policy Department: Economic and Scientific Policy - Industry, Research and Energy, ITRE, 2010.
- [109] S. Comello, S. Reichelstein ve A. Sahoo, «The Road Ahead for Solar PV Power,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 92, pp. 744-756, 2018.
- [110] «Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis-Version 11.0,» Lazard, 2017.
- [111] M. C. Soini, M. C. Bürer, D. P. Mendoza, K. M. Patel, J. Rigter ve D. Saygın, «Renewable Energy in District Heating and Cooling: A Sector Roadmap for Remap,» IRENA, 2017.
- [112] N. S. Pujari, G. Cellere, T. Falcon, F. Hage, M. Zwegers ve J. Bernreuter, «Result 2017 Including Maturity Report 2018,» ITRPV, 2018.
- [113] C. Werner, C. Breyer, A. Gerlach ve G. Masson, «Trends 2017 in Photovoltaic Application,» IEA Pvps, 2017.
- [114] C.-O. Wene, *Experience Curves for Energy Technology Policy*, France: IEA, 2000.
- [115] F. Lafond, A. G. Bailey ve J. D. Bakker, «How Well Do Experience Curves Predict Technological Progress? A Method for Making Distributional Forecasts,» *Technological Forecasting and Social Change*, cilt 128, pp. 104-117, 2017.

- [116] A. McDonald ve L. Schratzenholzer, «Learning Rates for Energy Technologies,» *Energy Policy*, cilt 29, no. 4, pp. 255-261, 2001.
- [117] E. Rubbin, I. Azevedo, P. Jaramillo ve S. Yeh, «A Review of Learning Rates for Electricity Supply Technologies,» *Energy Policy*, cilt 86, pp. 198-218, 2015.
- [118] C. Watanabe, «Identification of The Role of Renewable Energy: A View of Japan's Challenge: The New Sunshine Program,» *Renewable Energy*, cilt 6, no. 3, pp. 237-274, 1995.
- [119] K. Handayani, Y. Krozer ve T. Filatova, «From Fossil Fuels to Renewables: An Analysis of Long-term Scenarios Considering Technological Learning,» *Energy Policy*, cilt 127, pp. 134-146, 2019.
- [120] S. Fuller ve D. McCauley, «Framing Energy Justice: Perspectives From Activism and Advocacy,» *Energy Research ve Social Science*, cilt 11, pp. 1-8, 2016.
- [121] N. Healy ve J. Barry, «Politicizing Energy Justice and Energy System Transitions: Fossil Fuel Divestment and a 'Just Transition',» *Energy Policy*, cilt 108, pp. 451-459, 2017.
- [122] K. Jenkins, «Setting Energy Justice Apart From the Crowd: Lessons From Environmental and Climate Justice,» *Energy Research & Social Science*, cilt 39, pp. 117-121, 2018.
- [123] N. Healy, J. C. Stephens ve S. Malin, «Fossil Fuels are Bad for Your Health and Harmful in Many Ways Besides Climate Change,» *The Conversation*, United Kingdom, 2019.
- [124] D. J. Hess, «Energy Democracy and Social Movements: A Multi-Coalition Perspective on the Politics of Sustainability Transitions,» *Energy Research & Social Science*, cilt 40, pp. 177-189, 2018.
- [125] L. L. Delina, «Energy Democracy in a Continuum: Remaking Public Engagement on Energy Transitions in Thailand,» *Energy Research & Social Science*, cilt 42, pp. 53-60, 2018.
- [126] D. A. Horowitz, I. Baker, L. Benander, S. Cervas, B. Delman, A. Giancattarino, V. Y. Huang, D. Johnson, C. Martinez, M. Mascarenhas-Swan, A. Scholman, S. Swe, M. Tishman, M. Yoshitani ve A. Lewis, *Energy Democracy: Advancing Equity in Clean Energy Solutions*, Washington DC: Island Press, 2017.
- [127] M. J. Burke ve J. C. Stephens, «Energy Democracy: Goals and Policy Instruments for Sociotechnical Transitions,» *Energy Research & Social Science*, cilt 33, pp. 35-48, 2017.

- [128] M. Lennon, «Decolonizing Energy: Black Lives Matter and Technoscientific Expertise Amid Solar Transitions,» *Energy Research & Social Science* , cilt 30, 2017.
- [129] K. Szulecki, «Conceptualizing Energy Democracy,» *Environmental Politics* , cilt 27, no. 1, pp. 21-41, 2018.
- [130] B. V. Veelen ve D. V. D. Horst, «What is Energy Democracy? Connecting Social Science Energy Research and Political Theory,» *Energy Research & Social Science* , cilt 46, pp. 19-28, 2018.
- [131] E. Allen, H. Lyons ve J. C. Stephens, «Women’s Leadership in Renewable Transformation, Energy Justice and Energy Democracy: Redistributing Power,» *Energy Research & Social Science*, cilt 57, 2019.
- [132] «REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century,» ENERGIA, 2018.
- [133] T. Trainer, «Can Renewables Meet Total Australian Energy Demand: A 'Disaggregated' Approach,» *Energy Policy*, cilt 109, pp. 539-544, 2017.
- [134] T. Trainer, «Some Problems in Storing Renewable Energy,» *Energy Policy*, cilt 110, pp. 386-393, 2017.
- [135] B. P. Heard, B. W. Brook, C. Bradshaw ve T. Wigley, «Burden of Proof: A Comprehensive Review of the Feasibility of 100% Renewable-Electricity Systems,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 76, pp. 1122-1133, 2017.
- [136] B. Elliston, I. MacGill ve M. Diesendorf, «Comparing Least Cost Scenarios for 100% Renewable Electricity with Low Emission Fossil Fuel Scenarios in the Australian National Electricity Market,» *Renewable Energy*, cilt 66, pp. 196-204, 2014.
- [137] D. Connolly ve B. V. Mathiesen, «A Technical and Economic Analysis of One Potential Pathway to a 100% Renewable Energy System,» *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, cilt 1, pp. 7-28, 2014.
- [138] M. Jacobson, M. Delucchi, Z. Bauer, S. Goodman, W. Chapman, M. Cameron, C. Bozonnat, L. Chobadi, H. Clonts, P. Enevoldsen, J. Erwin, S. Fobi, O. Goldstrom, E. Hennesy, L. Jingyi ve J. Lo, «100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All-sector Energy Roadmaps for the 50 United States,» *Joule*, cilt 1, no. 1, pp. 108-121, 2017.



- [139] C. Breyer, D. Bogdanov ve A. Aghahosseini, «Solar Photovoltaics Demand for the Global Energy Transition in the Power Sector,» *Progress in Photovoltaics*, cilt 26, no. 8, pp. 505-523, 2017.
- [140] P. Moriarty ve D. Honnery, «Can Renewable Energy Power the Future ?,» *Energy Policy*, cilt 93, pp. 3-7, 2016.
- [141] I. Hadjipaschalis, A. Poullikkas ve V. Efthymiou, «Overview of Current and Future Energy Storage Technologies for Electric Power Applications,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 13, no. 6-7, pp. 1513-1522, 2009.
- [142] K. Alanne ve A. Saari, «Distributed Energy Generation and Sustainable Development,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 10, no. 6, pp. 539-558, 2004.
- [143] M. Castells, «Materials for Exploratory Theory of the Network Society,» *The British Journal of Sociology*, cilt 51, no. 1, pp. 5-24, 2000.
- [144] G. K. Ingram, «Patterns of Metropolitan Development: What Have We Learned?,» *Urban Studies*, cilt 35, no. 7, 1998.
- [145] G. Allan, I. Eromenko, M. Gilmartin, I. Kockar ve P. McGregor, «The Economics of Distributed Energy Generation: A Literature Review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 42, pp. 543-556, 2014.
- [146] A. D. Little, «Distributed Generation: Understanding the Economics,» *An Arthur D. Little White Paper*, 1999.
- [147] «Distributed Generation: The Way Forward Ofgem Factsheet,» *Ofgem*, 2002.
- [148] I. Dincer, «Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 4, no. 2, pp. 157-175, 2000.
- [149] P. Dondi, D. Bayoumi, C. Haederli, D. Julian ve M. Suter, «Network Integration of Distributed Power Generation,» *Journal of Power Sources*, cilt 106, no. 1-2, pp. 1-9, 2002.
- [150] B. Lange, A. Wessel, J. Dobschinski ve K. Rohrig, «Role of Wind Power Forecasts in Grid Integration,» *Kasseler Symposium Energie-System technik*, Kassel, 2009.
- [151] S. Soner ve S. Önüt, «Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir ELECTRE-AHP Uygulaması,» *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, cilt 4, pp. 110-120, 2006.

- [152] S. Opricovic ve G.-H. Tzeng, «Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS,» *European Journal of Operational Research*, cilt 156, no. 2, pp. 445-455, 2004.
- [153] A. Phadungsilp, «Integrated Energy and Carbon Modeling with a Decision Support System: Policy Scenarios for Low-Carbon City Development in Bangkok,» *Energy Policy*, cilt 38, no. 9, pp. 4808-4817, 2010.
- [154] C.-L. Hwang, S.-J. Chen ve F. Hwang, *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1992.
- [155] S. Perçin ve S. Çakır, «Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü,» *Ege Akademik Bakış*, cilt 13, no. 4, pp. 449-459, 2013.
- [156] D. Streimikiene, T. Balezentis, I. Krisciukaitien ve A. Balezentis, «Prioritizing Sustainable Electricity Production Technologies: MCDM Approach,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 16, no. 5, pp. 3302-3311, 2012.
- [157] S. C. J. Ramon, «Multi-criteria Decision-Making in the Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor Method,» *Renewable Energy*, cilt 36, no. 2, pp. 498-502, 2011.
- [158] K. B. Atici ve A. Ulucan, «A Multiple Criteria Energy Decision Support System,» *Technological and Economic Development of Economy*, cilt 17, no. 2, pp. 219-245, 2011.
- [159] J.-J. Wang, Y.-Y. Jing, C.-F. Zhang ve J.-H. Zhao, «Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 13, no. 9, pp. 2263-2278, 2009.
- [160] J.P.Huang, K.L.Poh ve B.W.Ang, «Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling,» *Energy*, cilt 20, no. 9, pp. 843-855, 1995.
- [161] L. A. Greening ve S. Bernow, «Design of Coordinated Energy and Environmental Policies: Use of Multi-Criteria Decision-Making,» *Energy Policy*, cilt 32, no. 6, pp. 721-735, 2004.
- [162] P. Zhou, B. Ang ve K. Poh, «Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling: An Update,» *Energy*, cilt 31, no. 14, pp. 2604-2622, 2006.
- [163] T. L. Saaty, «What is the Analytic Hierarchy Process?,» Berlin Heidelberg, 1988.

- [164] T. L. Saaty ve L. Vargas, «The Analytic Network Process,» Decision making with the analytic network process. Economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks, 2006, pp. 1-26.
- [165] A. Görener, «Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı,» Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, cilt 4, no. 1, pp. 99-110, 2009.
- [166] T. L. Saaty, «Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process,» RWS Publications, Pittsburgh, 1996.
- [167] T. L. Saaty. ve M. S. Ozdemir, The Encyclicon: A Dictionary of Decisions with Dependence and Feedback Based on the Analytic Network Process, RWS Publications, 2005.
- [168] M. Dağdeviren, «Performans Değerlendirme Sürecinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Bütünleşik Modellenmesi,» Gazi Üniversitesi , Ankara, 2005.
- [169] J. Sarkis ve S. Talluri, «A Model for Strategic Supplier Selection,» Journal of Supply Chain Management, cilt 38, no. 4, pp. 18-28, 2002.
- [170] T. L. Saaty, «Fundamentals of The Analytic Network Process,» Proceedings of International Symposium on Analytical Hierarchy Process, 1999.
- [171] T. L. Saaty, Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, Pittsburgh: RWS Publications, 2013.
- [172] T. L. Saaty, Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks, Pittsburgh: RWS Publications, 2005.
- [173] M. Dağdeviren, N. Dönmez ve M. Kurt, «Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması,» Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 21, no. 2, pp. 247-255, 2006.
- [174] R. Benayoun, B. Roy ve B. Sussman, «ELECTRE: Une Méthode Pour Guider Le Choix En présence De Points De Vue Multiples,» SEMA-METRA International, cilt 49, 1966.
- [175] A. Yousefi ve A. Hadi-Vencheh, «An Integrated Group Decision Making Model and Its Evaluation by DEA for Automobile Industry,» Expert Systems with Applications, cilt 37, no. 12, pp. 8543-8556, 2010.

- [176] S. Cheng, C. W. Chan ve G. H. Huang, «Using Multiple Criteria Decision Analysis for Supporting Decisions of Solid Waste Management,» *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, cilt 37, no. 6, pp. 975-990, 2002.
- [177] J. P. Brans, P. Vincke ve B. Mareschal, «How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method,» *European Journal of Operational Research*, cilt 24, no. 2, pp. 228-238, 1986.
- [178] M.-L. Tseng ve Y. H. Lin, «Application of Fuzzy DEMATEL to Develop a Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste,» *Environmental Monitoring and Assessment*, cilt 158, no. 1-4, pp. 519-533, 2008.
- [179] E. Aksakal ve M. Dağdeviren, «ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım,» *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, cilt 25, no. 4, pp. 905-913, 2010.
- [180] S. Opricovic, «Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems,» *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 1998.
- [181] S. Opricovic ve G.-H. Tzeng, «Defuzzification with in a Multicriteria Decision Model,» *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, cilt 11, no. 5, pp. 635-652, 2003.
- [182] S. Opricovic ve G.-H. Tzeng, «Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods,» *European Journal of Operational Research*, cilt 178, no. 2, pp. 514-529, 2007.
- [183] P. Adhikary, P. K. Roy ve A. Mazumdar, «Optimal Renewable Energy Project Selection: A Multi-Criteria Optimization Technique Approach,» *GJPAM (RIP)*, cilt 11, no. 5, pp. 3319-3329, 2015.
- [184] D. Georgiou, E. S. Mohammed ve S. Rozakis, «Multi-Criteria Decision Making on the Energy Supply Configuration of Autonomous Desalination Units,» *Renewable Energy*, cilt 75, pp. 459-467, 2015.
- [185] T. U. Daim, X. Li, J. Kim ve S. Simms, «Evaluation of Energy Storage Technologies for Integration with Renewable Electricity: Quantifying Expert Opinions,» *Environmental Innovation and Societal Transitions*, cilt 3, pp. 29-49, 2012.
- [186] A. Balin, H. Başlıgil ve P. Alcan, «The Applications of Energy Alternatives in Turkey Using Multicriteria Decision Making Processes,» *10th International Fuzzy Logic and Intelligent Technologies in Nuclear Science Conference*, 2012.

- [187] A. Y. Chamzini, E. K. Zavadskas, S. Moini ve M. Fouladgar, «Selecting the Optimal Renewable Energy Using Multi Criteria Decision Making,» *Journal of Business Economics and Management*, cilt 14, no. 5, p. 957-978, 2013.
- [188] V. Bagočius, E. K. Zavadskas ve Z. Turskis, «Selecting a Location for a Liquefied Natural Gas Terminal in the Eastern Baltic Sea,» *Transport*, cilt 29, no. 1, pp. 69-74, 2014.
- [189] C.-R. Chen, C.-C. Huang ve H.-J. Tsuei, «A Hybrid MCDM Model for Improving GIS-Based Solar Farms Site Selection,» *International Journal of Photoenergy*, pp. 1-9, 2014.
- [190] J. Ren ve B. K. Sovacool, «Prioritizing Low-Carbon Energy Sources to Enhance China's Energy Security,» *Energy Conversion and Management*, cilt 92, p. 129-136, 2015.
- [191] Y. Çelikbilek ve F. Tüysüz, «An Integrated Grey Based Multi-Criteria Decision Making Approach for the Evaluation of Renewable Energy Sources,» *Energy*, cilt 115, pp. 1246-1258, 2016.
- [192] C. Kahraman ve İ. Kaya, «A Fuzzy Multi Criteria Methodology for Selection Among Energy Alternatives,» *Expert Systems with Applications*, cilt 37, no. 9, pp. 6270-6281, 2010.
- [193] R. M. Rodríguez, L. Martínez ve F. Herrera, «Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 20, no. 1, pp. 109-119, 2012.
- [194] G.-H. Tzeng ve J.-J. Huang, *Multiple Attribute Decision Making*, Chapman and Hall, 2011.
- [195] D. Dubois ve H. Prade, *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Academic Press, 1980.
- [196] M. Mizumoto ve K. Tanaka, «Some Properties of Fuzzy Sets of Type 2,» *Information and Control*, cilt 31, no. 4, pp. 312-340, 1976.
- [197] K. T. Atanassov, «Intuitionistic Fuzzy Sets,» *Fuzzy Sets and Systems*, cilt 20, no. 1, pp. 87-96, 1986.
- [198] V. Torra, «Hesitant Fuzzy Sets,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 25, no. 6, pp. 529-539, 2010.
- [199] J. M. Mendel ve R. John, «Type-2 Fuzzy Sets Made Simple,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 10, no. 2, pp. 117 - 127, 2002.

- [200] J.-J. Wang, Y.-Y. Jing ve C.-F. Zhang, «A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Trigeneration System,» *Energy Policy*, cilt 36, no. 10, pp. 3823-3832, 2008.
- [201] C. Lee, «Fuzzy Logic in Control Systems Fuzzy Logic Controller: Part 1,» *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, cilt 20, no. 2, pp. 404 - 418, 1990.
- [202] R. John ve J. M. Mendel, «Type-2 Fuzzy Sets Made Simple,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, cilt 10, no. 2, pp. 117 - 127, 2002.
- [203] L. A. Zadeh, «The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-I,» *Information Sciences*, cilt 8, no. 3, pp. 199-249, 1975.
- [204] S. Cevik, B. Oztaysi ve C. Kahraman, «Strategic Decision Selection Using Hesitant Fuzzy TOPSIS and Interval Type-2 Fuzzy AHP: A Case Study,» *International Journal of Computational Intelligence Systems*, cilt 75, no. 5, pp. 1002-1021, 2014.
- [205] N. N. Karnik ve J. M. Mende, «An Introduction to Type-2 Fuzzy Logic Systems,» 1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems Proceedings, Alaska, 1998.
- [206] V. Torra ve Y. Narukawa, «On Hesitant Fuzzy Sets and Decision,» 2009 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Jeju Island, South Korea, 2009.
- [207] V. Torra, «Hesitant fuzzy sets,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 25, no. 6, pp. 529-539, 2010.
- [208] Z. Xu ve X. Zhang, «Hesitant Fuzzy Multi-Attribute Decision Making Based on TOPSIS with Incomplete Weight Information,» *Knowledge-Based Systems*, cilt 52, pp. 53-64, 2013.
- [209] K. T. Atanassov ve G. Gargov, «Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Sets,» *Fuzzy Sets and Systems*, cilt 31, no. 3, pp. 343-349, 1989.
- [210] D. Joshi ve S. Kumar, «Interval-Valued Intuitionistic Hesitant Fuzzy Choquet Integral Based TOPSIS Method for Multi-Criteria Group Decision Making,» *European Journal of Operational Research*, cilt 241, no. 1, pp. 183-191, 2016.
- [211] B. Efe, F. E. Boran ve M. Kurt, «Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanarak Ergonomik Ürün Konsept Seçimi,» *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, cilt 3, no. 3, pp. 433-440, 2015.

- [212] X. Zhang ve Z. Xu, «Extension of TOPSIS to Multiple Criteria Decision Making with Pythagorean Fuzzy Sets,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 29, no. 12, pp. 1061-1078, 2014.
- [213] A. Karasan, E. Ilbahar ve C. Kahraman, «A Novel Pythagorean Fuzzy AHP and Its Application to Landfill Site Selection Problem,» *Soft Computing*, cilt 23, p. 10953–10968, 2019.
- [214] X. Peng ve G. Selvachandran, «Pythagorean Fuzzy Set: State of the Art and Future Directions,» *Artificial Intelligence Review*, cilt 3, no. 1873–1927, p. 52, 2019.
- [215] X. Peng ve Y. Yang, «Some Results for Pythagorean Fuzzy Sets,» *International Journal of Intelligent Systems*, cilt 30, no. 11, pp. 1133-1160, 2015.
- [216] T.-Y. Chen, «An Outranking Approach Using a Risk Attitudinal Assignment Model Involving Pythagorean Fuzzy Information and Its Application to Financial Decision Making,» *Applied Soft Computing*, cilt 71, pp. 460-487, 2018.
- [217] L. Abdullah ve P. Goh, «Decision Making Method Based on Pythagorean Fuzzy Sets and Its Application to Solid Waste Management,» *Complex and Intelligence Systems*, cilt 5, no. 2, p. 185–198, 2019.
- [218] M. Akram, W. A. Dudek ve F. Ilyas, «Group Decision-Making Based on Pythagorean Fuzzy TOPSIS Method,» *International Journal of Intelligence Systems*, cilt 34, no. 7, pp. 1455-1475, 2019.
- [219] R. Nuhodzic, D. Macura, N. Bojovic ve M. Milenkovic, «Organizational Design of a Rail Company Using Fuzzy ANP,» *African Journal Of Business Management*, cilt 4, no. 8, pp. 1494-1499, 2010.
- [220] J. Wang ve D. Yang, «Using A Hybrid Multi-Criteria Decision Aid Method For Information Systems Outsourcing,» *Computers & Operations Research*, cilt 34, no. 12, pp. 3691-3700, 2007.
- [221] V. Çoban ve S. Ç. Onar, «Pythagorean Fuzzy Engineering Economic Analysis of Solar Power Plants,» *Soft Computing*, cilt 22, no. 15, p. 5007–5020, 2018.
- [222] A. Hadi-Vencheh ve M. Mirjaberi, «Fuzzy Inferior Ratio Method for Multiple Attribute Decision Making Problems,» *Information Sciences*, cilt 277, p. 263-272, 2014.
- [223] N. J. Sheikh, D. F. Kocaoğlu ve L. Lutzenhisler, «Social and Political Impacts of Renewable Energy: Literature Review,» *Technological Forecasting & Social Change*, cilt 108, pp. 102-110, 2016.

- [224] K. Alanne ve A. Saari, «Distributed Energy Generation and Sustainable Development,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 10, no. 6, pp. 539-558, 2004.
- [225] A. Hepbasli ve L. Ozgener, «Development of Geothermal Energy Utilization in Turkey: A Review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 8, no. 5, pp. 433-460 , 2004.
- [226] M. Çolak ve İ. Kaya, «Prioritization of Renewable Energy Alternatives by Using an Integrated Fuzzy MCDM Model: A Real Case Application for Turkey,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 80, pp. 840-853, 2017.





## Değerlendirme Anketleri

## Uzman 1'e Ait DEMATEL Anketi Değerlendirmeleri

	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE9	SE10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	ÇG1	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	ÇG6	ÇG7	
SE1		ÇE	OÇE	NE	ÇE	OÇE	AÇE	AE	AÇE	OÇE	OAE	OÇE	AE	ÇE	ÇE	ÇE	NE	ÇE	AÇE	AÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	AE	ÇE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	
SE2	ÇE		OÇE	OÇE	NE	OÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	AE	NE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AE	AE	AE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	
SE3	OÇE	OÇE		OÇE	NE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OAE	AE	AE	OÇE	ÇE	AE	NE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	
SE4	NE	OÇE	NE		ÇE	AE	ÇE	ÇE	AÇE	OÇE	AE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	NE	AE	AE	NE	AE	AE	AE	ÇE	AE	ÇE	AE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	
SE5	NE	AE	AE	ÇE		OÇE	OÇE	AE	ÇE	NE	AE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	AE	OÇE	AE	AE	AE	AE	AE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	
SE6	OÇE	OÇE	AÇE	NE	OÇE		OÇE	OAE	OÇE	AÇE	OAE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	
SE7	AÇE	OÇE	AÇE	ÇE	NE	AÇE		OÇE	OÇE	AÇE	ÇE	AÇE	AÇE	AÇE	AÇE	AÇE	OÇE	AÇE	AÇE	AÇE	OÇE	OÇE	AÇE	ÇE	AE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	
SE8	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	AE	ÇE	ÇE		OÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	AÇE	ÇE	AÇE	NE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	
SE9	OÇE	ÇE	ÇE	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE		AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AE	NE	OÇE	NE	NE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	
SE10	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AÇE	AÇE	OÇE	AÇE		AÇE	OÇE	AÇE	OÇE	AÇE	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AÇE	AÇE	OÇE	ÇE	AÇE	OÇE	OÇE	AÇE	
P1	ÇE	ÇE	AÇE	AE	AE	NE	NE	OÇE	ÇE	AÇE		OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	NE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	NE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE
P2	OÇE	ÇE	AÇE	ÇE	AE	ÇE	AÇE	ÇE	ÇE	AÇE	ÇE		AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	NE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	NE	OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	AÇE	
P3	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	AÇE		OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE
P4	AÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE		OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	NE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE
P5	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE		OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	ÇE	
P6	OÇE	ÇE	AÇE	ÇE	NE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	AÇE	AÇE	AÇE	AÇE	OÇE	OÇE		ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	
T1	ÇE	NE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	NE	ÇE		OÇE	ÇE	NE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	
T2	OÇE	OÇE	NE	NE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	NE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE		OÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE	ÇE	AÇE	AÇE	AÇE	OÇE	OÇE	
T3	OÇE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	NE	OÇE	AÇE	OÇE	ÇE	OÇE	AE	OÇE		AE	OÇE	ÇE	ÇE	NE	OÇE	NE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	
T4	AÇE	AE	AE	AE	ÇE	ÇE	AÇE	NE	ÇE	AÇE	NE	AÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	NE	AÇE	AE		OÇE	ÇE	ÇE	NE	NE	ÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	
T5	OÇE	AE	NE	AE	AE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	NE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	AE		ÇE	AÇE	OÇE	NE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	

### Uzman 1'e Ait DEMATEL Anketi Değerlendirmeleri (Devamı)

	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE9	SE10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	ÇG1	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	ÇG6	ÇG7
T6	ÇE	AE	NE	NE	AE	NE	OÇE	NE	ÇE	OÇE	AE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	NE	AÇE	ÇE	NE	OÇE		OÇE	ÇE	AE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE
T7	OÇE	NE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	NE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE		OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE
ÇG1	OÇE	OÇE	NE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	NE	NE	NE	OÇE		ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE
ÇG2	AE	NE	AE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	AE	ÇE	NE	ÇE	OÇE	NE	NE	NE	OÇE	AE	ÇE	AE	OÇE	OÇE		ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE
ÇG3	ÇE	ÇE	AE	AE	ÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	NE	OÇE	AÇE	ÇE		OÇE	OÇE	OÇE	OÇE
ÇG4	NE	NE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	AÇE	ÇE	AÇE	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	NE	OÇE	ÇE	AÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE		AÇE	AÇE	AÇE
ÇG5	AÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE		OÇE	OÇE
ÇG6	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	AÇE	AÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	NE	ÇE	AÇE	ÇE		ÇE
ÇG7	OÇE	ÇE	AÇE	ÇE	ÇE	OÇE	AÇE	ÇE	OÇE	AÇE	OÇE	AÇE	AÇE	OÇE	OÇE	AÇE	NE	OÇE	OÇE	OÇE	OÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	ÇE	OÇE	ÇE	ÇE	

**Uzman 1'e Ait AAS Anket Değerlendirmeleri İçin Kısmi Bir Örnek**

SE2 Yaşam Kalitesi	SE1 Rekabet	SE3 Sosyal kabul	SE7 Tüketimde Verimlilik	SE8 Üretimde Verimlilik	SE9 Enerji Maliyeti
SE1 Rekabet	OÖS	OÜÖ	ÇDDÖ	ÇDDÖ	ODDÖ
SE3 Sosyal kabul	DDÖ	OÖS	ODDÖ	ODDÖ	ADAÖ
SE7 Tüketimde Verimlilik	ÇÖ	OÇÖ	OÖS	OÖS	ÇDDÖ
SE8 Üretimde Verimlilik	ÇÖ	OÇÖ	OÖS	OÖS	ÇDDÖ
SE9 Enerji Maliyeti	OÇÖ	ADÇÖ	ÇÖ	ÇÖ	OÖS

SE1 Rekabet	SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma & Kaynakların Kullanımı	SE8 Üretimde Verimlilik	SE2 Yaşam Kalitesi	SE9 Enerji Maliyeti
SE4 Yerel Ekonomik Kalkınma & Kaynakların Kullanımı	OÖS	ÇDDÖ	OÜÖ	ÇDDÖ
SE8 Üretimde Verimlilik	ÇÖ	OÖS	OÜÖ	DDÖ
SE2 Yaşam Kalitesi	DDÖ	DDÖ	OÖS	ADAÖ
SE9 Enerji Maliyeti	ÇÖ	OÜÖ	ADÇÖ	OÖS

## Uzman 1'e Ait TOPSIS Anketi Değerlendirmeleri

Kriterler/ Alternatifler	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	SE6	SE7	SE8	SE9	SE10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	ÇG1	ÇG2	ÇG3	ÇG4	ÇG5	ÇG6	ÇG7
Güneş Enerjisi	ADY	ADY	ADY	Y	ADY	Y	D	O	OY	D	Y	OY	ADY	OY	OY	ADY	ADY	ADY	Y	D	OY	O	ADY	ADD	D	OD	OY	OY	OY	ADY
Rüzgar Enerjisi	OY	OY	ADY	Y	ADY	Y	D	Y	OY	D	Y	OY	ADY	OY	OY	ADY	ADY	OY	O	D	OY	O	ADY	ADD	D	OD	OY	OY	OY	ADY
Hidrolik Enerji	O	O	OY	OY	OY	Y	Y	O	OY	D	OY	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	D	OY	O	ADY	D	D	OD	Y	OY	OY	OY
Termal Enerji	O	OY	OY	OY	OY	Y	Y	O	OY	O	Y	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	Y	OY	O	ADY	ADD	D	OD	Y	OY	OY	OY
Biyokütle Enerjisi	Y	OY	OY	ADY	OY	Y	ADY	O	O	D	O	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	OY	OY	O	ADY	ADD	D	OD	Y	OY	OY	OY
Dalga Enerjisi	D	ADD	ADD	ADD	ADD	Y	ADD	ADD	O	D	O	OY	O	Y	OY	ADY	O	O	ADY	ADD	OY	O	ADY	ADD	D	OD	O	O	ADD	OY
Hidrojen Enerjisi	Y	OY	ADY	OY	OY	Y	OY	O	OY	O	O	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	OY	OY	O	ADY	ADD	D	OD	Y	OY	OY	OY
Yenilenemez Enerji Kaynakları	Y	O	OY	O	ADY	Y	ADY	OY	OY	O	ADY	ADY	Y	ADY	ADY	ADY	ADY	ADY	ADY	ADY	ADY	O	ADY	ADY	D	ADY	ADY	ADY	ADD	OD
Güneş Enerjisi	OY	OY	ADY	ADY	ADY	Y	D	O	OY	D	OY	Y	ADY	OY	OY	ADY	ADY	ADY	OY	OD	D	O	ADY	ADD	D	OD	OY	OY	ADY	ADY
Rüzgar Enerjisi	OY	Y	OY	ADY	ADY	Y	D	O	OY	D	OY	Y	ADY	OY	OY	ADY	ADY	OY	Y	OD	D	O	ADY	ADD	D	OD	OY	OY	ADY	ADY
Hidrolik Enerji	OY	Y	OY	ADY	ADY	Y	Y	O	OY	D	OY	Y	ADY	OY	OY	ADY	ADY	OY	OY	D	D	O	ADY	D	D	OD	Y	OY	ADY	OY
Termal Enerji	OY	Y	ADY	ADY	OY	Y	Y	O	OY	O	Y	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	Y	O	O	ADY	ADD	D	OD	Y	OY	ADY	OY
Biyokütle Enerjisi	Y	ADD	ADY	ADY	OY	Y	ADD	O	OY	ADY	OY	OY	ADY	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	O	O	O	ADY	ADD	D	OD	O	O	ADY	OY
Dalga Enerjisi	Y	ADD	ADD	ADD	ADD	Y	ADD	ADD	OY	ADY	Y	OY	ADD	ADD	OY	ADY	O	OY	OY	ADD	O	ADD	O	ADD	D	OD	O	OY	ADD	OY
Hidrojen Enerjisi	Y	ADD	ADD	ADD	OY	Y	ADD	O	OY	ADY	OY	OY	ADD	Y	OY	ADY	ADY	OY	OY	OY	O	O	ADY	ADD	D	OD	ADD	ADD	O	OY

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

---

İletişim Bilgisi: [betulzenginn@gmail.com](mailto:betulzenginn@gmail.com)

### ULUSLARARASI BİLDİRİ

B. Zengin ve İ. Kaya, «Enerji Alternatiflerinin Dağıtık ve Merkezi Üretim Kapsamında Analizi İçin Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Tabanlı Bir Model Önerisi,» Ispec 5. Uluslararası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, Van, 22 Aralık 2019, pp. 197-198.

