

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şölen BÜYÜKİKİZ

**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AHP
VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE’ DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AHP VE
BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şölen BÜYÜKİKİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 16/09/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Güzin YÜKSEL
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AHP VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Şölen BÜYÜKİKİZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
Yıl: 2019, Sayfa: 110
Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
: Prof. Dr. Güzin YÜKSEL
: Dr. Öğr. Üyesi Esra Karakaş

Günümüzde ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınma için ihtiyaç duyduğu en temel kaynak enerjidir. Artan nüfus, küresel büyüme ve endüstrileşmenin sonucu olarak enerji ihtiyaçları günden güne artmaktadır. Artan enerji talebini karşılamak için kullanılan fosil yakıtlar ise giderek azalmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin önemi zorunlu bir ihtiyaç olarak ön plana çıkmıştır. Ülkelerin ekonomik rekabette bulunabilmeleri için temiz, ucuz ve kolay elde edilip kullanılabilen enerji kaynaklarından faydalanmaları kaçınılmaz olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizdeki mevcudiyeti, ilk kurulum maliyeti, sürekliliği, verimi gibi kriterlerin tamamının birden değerlendirilebilmesi açısından çok kriterli karar verme yöntemleri bu çalışmada yol gösterici olmuştur.

Sanayide, ulaşımda, haberleşmede, tarımda kısacası günlük hayatımızın her alanında kullandığımız temel enerji kaynaklarından bir tanesi elektrik enerjisidir. Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve sanayileşme sonucu elektrik enerjisine olan ihtiyaç da artmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi bir "çok kriterli karar verme problemi" haline gelmektedir. Bu çalışmada başta enerji ve enerji kaynakları olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu, çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) yöntemleri bağlamında ele alınmaktadır. Adı geçen yöntemlerin modellenmesi ve karşılaştırmalı analizini hedefleyen bu çalışmanın, Türkiye'deki elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynağının seçim kararına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler:Yenilenebilir enerji, yenilenebilir enerji kaynakları, çok kriterli karar verme yöntemleri, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık TOPSIS.

ABSTRACT

MSc THESIS

EVALUATING OF TURKEY' S RENEWABLE ENERGY RESOURCES BY AHP AND FUZZY TOPSIS METHODS

Şölen BÜYÜKİKİZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor :Asst. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN
Year: 2019, Pages: 110
Jury : Asst. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN
: Prof. Dr. Güzin YÜKSEL
: Asst. Prof. Dr. Esra KARAKAŞ

Nowadays, the primary resource that countries need for their economic and social development is energy. As a result of increasing population, global growth and industrialization; the need for energy has been increasing day by day. However, the fossil fuels used to meet in creasing demand for energy have been declining. Therefore, the importance of energy obtained from renewable energy resources as an alternative to fossil fuels has come to the fore as a compulsory need. It is inevitable for countries to benefit from clean, cheap and easily available energy resources in order to compete economically. This study has been led by multi-criteria decision-making methods in terms of the evaluation of all the criteria such as the availability of renewable energy resources in our country, initial installation cost, permanence and efficiency.

One of the main resources of energy that is used in all areas of our daily lives such as industry, transportation, communication and agriculture is electricity. The need for electrical energy has also been increasing as a result of the growth in population, technological developments and industrialization. Therefore, selection of renewable energy resources to be used in Turkey's electricity production has become a multi-criteria decision-making problem. In the present study, especially energy and the resources of energy along with renewable energy resources and the status of renewable energy sources in Turkey have been discussed in respects of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (Fuzzy TOPSIS) which are multi-criteria decision-making methods. This study, which aims at the modeling and a comparative analysis of the mentioned methods, is expected to contribute to the decision of selection of the renewable energy sources in the production of electricity in Turkey.

KeyWords: Renewableenergy, resources of renewableenergy, multi-criteria decision-making methods, Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (Fuzzy TOPSIS).

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Enerji, dünya ekonomisine yön veren kritik bir girdi malzemesidir. Enerji üretimi yüzyıllardır fosil kaynaklarla sağlanmıştır. Ancak küreselleşen dünyanın ivmeli şekilde artan enerji ihtiyacını karşılamada fosil yakıtlar artık yeterli gelmemektedir. Bu nedenle ülkeler için enerji sürdürülebilirliğini sağlamada fosil yakıtlara alternatif enerji kaynağı arama ihtiyacı doğmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları bu anlamda ülkeler için büyük önem taşımaktadır. Enerji tüketimlerine baktığımızda elektrik enerjisi başta gelmektedir. Bu nedenle elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak giderek önemli hale gelmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları tükenme hızına eşit yada daha hızlı olacak şekilde kendini yenileyen enerji türleridir. Bu çalışmada baz alınan 7 enerji türü bulunmaktadır. Bunlar; güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi ve dalga enerjisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimini etkileyen çok sayıda kriter vardır. Çok sayıda kriteri aynı anda değerlendirmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılır. Literatürdeki daha önce yapılmış olan çalışmalar incelenerek "Teknik, Ekonomik, Çevresel, Sosyal, Teknolojik, Risk ve Fayda" olmak üzere 7 ana kriter ve bunları besleyen 20 alt kriter ele alınmıştır. Bu alt kriterler; verimlilik, santral inşa süresi, yatırım maliyeti, yakıt maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, devlet teşviki, dışa bağımlılığı azaltma, sera gazı salınımı, alan gereksinimi, gürültü, atık imha işlemine olan gereksinim, istihdam olanakları, sosyal kabul edilebilirlik, teknolojik seviye, operasyon riski, sürekliliği bozma riski, talebi karşılayamama, insan sağlığına verilecek zarar, sürdürülebilir kalkınma ve ucuz enerji elde etmesidir.

Çalışmada öncelikle yenilenebilir enerji çeşitleri ve Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri detaylıca açıklanmıştır. Ardından konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmaların kronolojik sırada özetlerine

yer verilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler incelenmiştir ve bu tezde kullanılacak olan yöntemlere karar verilmiştir.

Çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) metotları AHP ve Bulanık TOPSIS' tir. AHP yöntemini uygulamada kullanılan program ise Super Decisions'tır. Literatürde daha önce bu konu üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde; yalnızca AHP yöntemini kullanan çalışmalar ve yalnızca TOPSIS yöntemini kullanan çalışmalar bulunmaktadır. Buradan çıkarılan sonuç şudur ki; bu iki yöntemin aynı anda kullanıldığı bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Çalışmada AHP kullanılmasının en önemli nedenleri şunlardır: yöneylem araştırmalarında en sık kullanılan ÇKKV tekniği olması ve yöntemin güncelliğini yitirmemesidir. Çalışmada Bulanık TOPSIS kullanılmasının en önemli nedeni ise; bulanık karar verme yaklaşımından faydalanılarak nitel verilerden yararlanma olanağı sağlamasıdır.

Tez çalışmasında uygulama bölümünde enerji sektöründen 5 uzmana anket uygulanmıştır. 5 anketteki veriler Super Decisions programında girilmiştir. Kriterlerin birbiri arasındaki önem dereceleri belirlendikten sonra Super Decisions programı çalıştırılarak sonuç elde edilmiştir. İkinci yöntem olarak Microsoft Excel yardımıyla Bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmış ve iki yöntemden de elde edilmiş olan sonuçlar kıyaslamalı olarak incelenmiştir.

Yapılan çalışmanın sonucu olarak Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde tercih edilebilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına ait sıralama; hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş ve rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi ve dalga enerjisi şeklinde çıkmıştır. Çalışmada iki farklı karar verme yönteminin kullanılması, bu iki yöntemde göre de tutarlı ve aynı sonuçların elde edilmesi çalışmadan elde edilen sonuçların ileride yapılacak çalışmalara, alınacak yatırım kararlarına iyi bir yol gösterici kaynak olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, her daim yanımda olan, bana güç veren kıymetli tecrübelerinden faydalandığım sevgili danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN' e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez aşamasında ilk danışman hocam olan bana her zaman öğüt veren merhum Dr. Öğr. Üyesi S. Noyan Oğulata' yı minnet ve saygılarımla anar, teşekkürü bir borç bilirim.

Tezim boyunca değerli yorum ve önerilerini her an benden esirgemeyen, tezimin düzeltmelerinde büyük emeği geçen sevgili hocam Arş. Gör. Pınar MİÇ'e sonsuz teşekkür ederim.

Üniversite sıralarında başlayıp, yüksek lisansta devam eden aynı zamanda iş arkadaşım canım dostum Cansu Batçık'a her türlü destek ve yardımları için çok teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her aşamasında beni destekleyen benimle gurur duyan asıl teşekkürün sahipleri canım babam Hakkı Büyükkiz ve canım annem Tülay Büyükkiz'e, oyun arkadaşlarım, can yoldaşlarım ablam Hatice Büyükkiz ve abim Abdullah Büyükkiz'e, bir ömürü paylaşacağım canım nişanlım Okan Zengin'e her türlü destekleri için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Kaynakları.....	3
1.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	3
1.1.1.1. Kömür.....	3
1.1.1.2. Petrol	3
1.1.1.3. Doğaz Gaz	3
1.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	4
1.1.2.1. Güneş enerjisi	4
1.1.2.2. Rüzgar Enerjisi	5
1.1.2.3. Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi	7
1.1.2.4. Jeotermal enerji	7
1.1.2.5. Biyokütle Enerjisi.....	9
1.1.2.6. Hidrojen enerjisi	11
1.1.2.7. Dalga enerjisi.....	12
1.2. Problemin Tanımı	12
1.3. Çalışmanın Amacı.....	13
1.4. Çalışmanın Kapsamı	14
1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı	14
1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu.....	16

1.6.1. Çalışmanın Adımları.....	16
1.6.2.Çalışmanın Organizasyonu	16
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
3. MATERYAL METOT.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Problemde Kullanılan Veriler.....	29
3.2. Metot	29
3.2.1. Çok Kriterli Karar Verme ve Yöntemleri	30
3.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	31
3.2.1.2. Bulanık TOPSIS	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. AHP Yönteminin Uygulanması	48
4.1.1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	48
4.1.2.AHP Yöntemi ile Super Decisions 'taProblemin Çözümü	48
4.1.3. Kriterlerin Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	49
4.1.3. Kriterlerin Karşılaştırma Matrislerinin Super Decisions Görüntüsü ve Ağırlık Tablolarının Oluşturulması.....	51
4.1.4.Hiyerarşik Yapının Genel Sonucunun Elde Edilmesi	60
4.2. Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulaması	61
4.2.1. Karar Vericiler Tarafından Kriterlerin Belirlenmesi.....	61
4.2.2. Alternatif Enerji Kaynağı Seçim Kriterlerinin Ağırlıklandırılması ve Dilsel Skorların Atanması	61
4.2.3. Kriterler Altında Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Sözel Skorların Atanması.....	65
4.2.4. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması.....	70
4.2.5. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması	71
4.2.6.Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması	73
4.2.7. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi	74

4.2.8. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlere Olan Uzaklıkların Belirlenmesi	75
4.2.9. Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Hesabının Yapılması	77
4.2.10. Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması	78
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	89
EKLER.....	91
EK1-Anket Formatı	93
EK2- Anket-1.....	96
EK3- Anket-2.....	98
EK4- Anket- 3.....	100
EK5- Anket- 4.....	102
EK6- Anket- 5.....	104
EK7- Anket 6.....	106
EK8- Anket 7	107
EK9- Anket 8.....	108
EK10- Anket 9.....	109
EK11- Anket 10	110



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1.	Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile İlgili Çalışmalar.....	25
Çizelge 3.1.	AHP Önem Ölçeği	33
Çizelge 3.2.	Rassallık gösterge değerleri	34
Çizelge 3.3.	Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerler,.....	36
Çizelge 3.4.	Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerler:..	37
Çizelge 3.5.	Yakınlık Katsayılarına Göre Kabul Koşulları.....	42
Çizelge 4.1.	Ana Kriterler Karşılaştırma Matrisi	49
Çizelge 4.2.	Teknik Kriterler Karşılaştırma Matrisi	49
Çizelge 4.3.	Ekonomik Kriterler Karşılaştırma Matrisi	50
Çizelge 4.4.	Çevresel Kriterler Karşılaştırma Matrisi.....	50
Çizelge 4.5.	Sosyal Kriterler Karşılaştırma Matrisi	50
Çizelge 4.6.	Teknolojik Kriterler Karşılaştırma Matrisi	50
Çizelge 4.7.	Risk Kriterleri Karşılaştırma Matrisi	51
Çizelge 4.8.	Fayda Kriterleri Karşılaştırma Matrisi.....	51
Çizelge 4.9.	Ana Kriterler Ağırlık Tablosu.....	52
Çizelge 4.10.	Teknik Kriterler Ağırlık Tablosu	54
Çizelge 4.11.	Ekonomik Kriterler Ağırlık Tablosu.....	55
Çizelge 4.12.	Çevresel Kriterler Ağırlık Tablosu	56
Çizelge 4.13.	Sosyal Kriterler Ağırlık Tablosu.....	57
Çizelge 4.14.	Teknolojik Kriterler Ağırlık Tablosu.....	58
Çizelge 4.15.	Risk Kriterleri Ağırlık Tablosu.....	59
Çizelge 4.16.	Fayda Kriterleri Ağırlık Tablosu	60
Çizelge 4.17.	Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler	62
Çizelge 4.18.	Karar Vericilerin Kriterlere Verdikleri Dilsel Skorlar	62
Çizelge 4.19.	Karar Vericilerin Kriterlere Verdikleri Dilsel Skorların Karşılığı Olan Üçgensel Bulanık Sayıların Oluşturulması	64

Çizelge 4.20. Kriterlerin Önem Ağırlıkları	65
Çizelge 4.21. Alternatiflerin Değerlendirdirilmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler	66
Çizelge 4.22. Karar Verici-1 Tarafından Alternatiflerin Kriterler Altında Değerlendirmesi.....	66
Çizelge 4.23. Karar Verici-1 için Alternatiflerin Kriterler Altında Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık Sayılarla Gösterimi	67
Çizelge 4.24. Karar Vericilerin Kriterleri Değerlendirmede Referans Aldığı Tablo	69
Çizelge 4.25. Bulanık Karar Matrisi	70
Çizelge 4.26. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	72
Çizelge 4.27. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	74
Çizelge 4.28. Tüm Kriterler için Alternatiflerin Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları.....	76
Çizelge 4.29. Tüm Kriterler için Alternatiflerin Negatif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları.....	76
Çizelge 4.30. Alternatiflerin Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları	77
Çizelge 4.31. Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları	78
Çizelge 4.32. Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması.....	78
Çizelge 4.33. Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Değerlerine Göre Kabul Koşulları.....	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası	5
Şekil 1.2. Rüzgar Panelleri.....	6
Şekil 1.3. Depolomalı Hidroelektrik Santral.....	7
Şekil 1.4. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Bölgeler Bazında Dağılım	8
Şekil 1.5. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Uygulama Haritası.....	9
Şekil 3.1. Karar Analizi Teknikleri	30
Şekil 3.2. AHP Hiyerarşik Yapısı	32
Şekil 3.3. Kriterlerin Önem Ağırlıklarını Belirlemede Kullanılan Dilsel Değişkenler	37
Şekil 3.4. Alternatifler için Dilsel Değişkenler	38
Şekil 4.1. Modelin Super Decisions Programında Kurulan Hiyerarşik Yapısı	48
Şekil 4.2. Ana Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü	52
Şekil 4.3. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Ana Kriterlerin Önem Yüzdeleri	53
Şekil 4.4. Teknik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü.....	53
Şekil 4.5. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Teknik Kriterlerin Önem Yüzdeleri.....	54
Şekil 4.6. Ekonomik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü	54
Şekil 4.7. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Ekonomik Kriterlerin Önem Yüzdeleri.....	55
Şekil 4.8. Çevresel Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü ..	55
Şekil 4.9. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Çevresel Kriterlerin Önem Yüzdeleri.....	56
Şekil 4.10. Sosyal Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü	56
Şekil 4.11. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Sosyal Kriterlerin Önem Yüzdeleri.....	57
Şekil 4.12. Teknolojik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü.....	57

Şekil 4.13. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Teknolojik Kriterlerin Önem	
Yüzdeleri.....	58
Şekil 4.14. Risk Kriterleri Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü	58
Şekil 4.15. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Risk Kriterlerinin Önem	
Yüzdeleri.....	59
Şekil 4.16. Fayda Kriterleri Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü	59
Şekil 4.17. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Fayda Kriterlerinin Önem	
Yüzdeleri.....	60
Şekil 4.18. Alternatiflerin Sıralamasının Super Decisions Görüntüsü	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
A_n	: n. Alternatif
ANP	: Analitik Ağ Prosesi
ArcGIS	: Architecture Geographic InformationSystem
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BNİÇ	: Bulanık Negatif İdeal Çözüm
BPIÇ	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CC	: Yakınlık Katsayısı
CO ₂	: Karbondioksit
CR	: Karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı
DW	: Durbin-Watson
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	: The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELECTRE	: Elimination and Choice Expressing Reality
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü
FNIS	: Fuzzy Negative Ideal Solution
FPIS	: Fuzzy Positive Ideal Solution
GAMS	: General Algebraic Modeling System
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GIS	: Geographic Information System
GW	: Gigawatt

GWe	: Gigawattelectric
GWh	: Gigawatt-saat
HES	: Hidroelektrik santraller
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
Kg	: Kilogram
K _n	: n. Kriter
KWh	: Kilowatt-saat
KV _n	: n. Karar Verici
M	: Metre
MAUT	: Multi Attribute Utility Theory
MCDM	: Multiple Criteria Decision Making
Mj/kg	: Megajoule / Kilogram
ME	: Megawatt
MWe	: Megawatt-elektrik
NASA	: The National Aeronautics and Space Administration
OCRA	: Office of the Court Remote Access
OWA	: Outlook Web Access
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
RES	: Rüzgar Enerjisi Santrali
SWOT	: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
UTADIS	: Utilites Additives Discriminantes
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü
TOPSIS	: İdeal Çözümlere Benzerliğe Göre Tercihlerin Sıralanması Yöntemi
TWh	: Terawatt-saat
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
W/m ²	: Watt/ metre ²
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

PROMETHEE : Preference Ranking Organization Method for Enrichment
Evaluations
RES : Rüzgar Enerjisi Santrali
SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats



1. GİRİŞ

Enerji kavramı en genel tanımıyla iş yapabilme yeteneğidir. İnsanlar hayatını devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Dolayısıyla insan türünün devamı için enerji şarttır (Şeker, 2010).

18. yüzyılın son dönemlerinde Sanayi Devrimi'nden sonra Dünya bir çok aşamada değişimler göstermiştir. Dünya'mızın sürekli artan enerji ihtiyacının gün geçtikçe azalmakta olan fosil yakıtlarla karşılanması her geçen gün daha çok zorlaşmaktadır. Bu durum enerjinin devamlılığına engel olmaktadır. Son 25 yılı da göz önüne aldığımızda Dünya'nın enerji ihtiyacı o kadar artmıştır ki hayatın devamlılığı için çevresel faktörleri göz önünde bulundurma zorunluluğu doğmuştur. Tüketim odaklı ekonomik sistemin devamlılığı için enerji sarfiyatı küresel anlamda teknolojinin gelişmesi ve plansız nüfus artışıyla birlikte maksimum seviyeye ulaşmıştır. Gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerin öncülüğünde yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı son yıllarda ön plana çıkmıştır.

Günümüzde fosil yakıt rezervleri enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamakta iken buna bağlı olarak fosil yakıt kaynaklarının çok uzun olmayan bir süre zarfında tükenebileceği öngörülmektedir. Fosil yakıtların azalması, maliyetinin yüksek oluşu, çevreye verdiği zarar ve ülkelerin dışa bağımlılıklarının artması alternatif enerji kaynağı ihtiyacını doğurmaktadır. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarına olan farkındalığın artmasına neden olmuş ve bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir bir enerji planı için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ülkelerin enerji ve ekonomi politikalarını doğru şekilde yönlendirebilmeleri açısından önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise yerli nitelikli olması, tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenilemesi, enerjide arz güvenliği sağlamaları, yakıt maliyetinin düşük olması, çevreye olumsuz etkilerinin olmaması ve Kyoto gibi uluslararası anlaşmaların kapsamı içinde olması bakımından ülkelerin geleceği için çok önemlidir (Çayır Ervural, 2018).

Genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır (www.yegm.gov.tr). Yenilenebilir Enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar;

- Güneş enerjisi,
- Rüzgâr enerjisi,
- Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi,
- Jeotermal enerjisi,
- Biyokütle enerjisi (biyoyakıt enerjisi de dâhil)
- Hidrojen enerjisi,
- Dalga enerjisi,
- Gelgit enerjisidir.

Doğal enerji kaynağı olan kömür, petrol, güneş, rüzgâr enerjisi gibi direkt olarak kullanılabilen enerji kaynakları birincil enerji kaynağıdır. Birincil enerji kaynaklarının dönüşümü ile elde edilen enerji çeşitleri ise ikincil enerji kaynaklarıdır. En temel ikincil enerji kaynağının başında elektrik enerjisi gelir (Şeker, 2010).

Elektrik enerjisi günümüzde en fazla tüketilen enerjidir. Elektrik enerjisi kolay kullanımı, güvenli olması, hızlı iletilmesi, çevreye zarar vermemesi ve geniş kullanım yelpazesine sahip olması nedeniyle tercih sebebidir (Mahmutoğlu, 2013).

Ülkelerin birbirleri ile rekabet edebilmeleri ve dışa bağımlılıklarını azaltabilmeleri için en çok kullanılan enerji türü olan elektrik enerjisinin üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmaları kaçınılmaz olmuştur.

Aşağıda enerji kaynakları çeşitleri detaylıca anlatılmıştır.

1.1. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları kullanılışlarına göre yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır.

1.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji kaynaklarından fosil kaynaklı gruba kömür, petrol ve doğal gaz girer. Çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları ön planda olacağı için yenilenemez enerji kaynaklarından aşağıda kısaca bahsedilmiştir. Bu enerji kaynakları; kömür, petrol ve doğalgazdır.

1.1.1.1. Kömür

Yanıcı bir malzeme olan kömür; sedimanter organik yapıda olan bir kayadır. İçeriğinde karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementleri ihtiva etmektedir. Milyonlarca yıl maruz kaldığı ısı, mikrobiyolojik ve basınç gibi etkilerin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Farklı kömür çeşitleri bulunmaktadır. Bu çeşitlilik kömürün olgunluk durumundan dolayı kömürün farklı isimlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Kömür çeşitleri; linyit, altbitümlü, kömür, bitümlü kömür ve antrasit' tir (www.enerji.gov.tr).

1.1.1.2. Petrol

Karbon ve hidrojen ihtiva eden ve yapısında düşük miktarda oksijen, nitrojen, ve kükürt elementleri barındıran oldukça kompleks bileşimler petrol olarak adlandırılmaktadır. Normal şartlarda yalnızca sıvı halde bulunmamakta olup; katı ve gaz halde de bulunmaktadır (www.enerji.gov.tr).

1.1.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, yanıcı, özkütlesi havadan az olan, herhangi bir kokusu ya da rengi olmayan bir gazdır. Doğal gazın kullanılabilmesi için herhangi bir işlem

gerçirmesine gerek olmamaktadır. Kullanılması için borularla gaz halde ya dasıvı hale getirilerek tankerlerle taşınmaktadır (www.enerji.gov.tr).

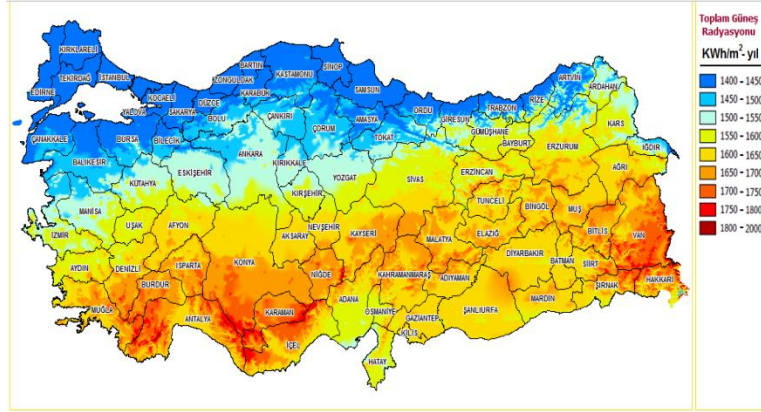
1.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Güneş, rüzgar, hidrolik (hidroelektrik), jeotermal, biyokütle, hidrojen ve dalga enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarına girer. Bu enerji kaynakları aşağıda özetlenmiştir.

1.1.2.1. Güneş Enerjisi

Samanyolu galaksisindeki milyarlarca yıldızdan biri olan güneş en büyük enerji kaynağımızdır. Güneş enerjisi çekirdeğindeki füzyon süreci sonucu açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu enerji hidrojen gazının helyum gazına dönüşmesi sonucu açığa çıkar. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti yaklaşık 1370 W/m² iken Dünya'mıza atmosferden dolayı 0-1100 W/m² ulaşır. Yeryüzüne gelen bu enerjinin küçük bir bölümü bile insanlığın enerji tüketiminin kat kat üstündedir. Güneş enerjisi, nükleer enerji haricindeki diğer bütün enerji çeşitlerinin oluşmasında rol oynar. 1970'lerden sonra Güneş enerjisinden yararlanma çalışmaları hızlanmış ve günümüzde hızlanması için çalışmalara devam edilmektedir (www.yegm.gov.tr).

Güneş radyasyonu güneşten gelen uzun kırmızıaltı dalga boylarından kısa morüstü dalga boylarına değin geniş bir aralığı kapsayan ışıma denir (AFAD). Güneş radyasyonu güneş santrallerinden alınan verimle doğru orantılıdır. Güneş santrali kurmak aşamasında Güneş radyasyonunun yüksek olduğu bölgeler seçilmelidir (Akçay, 2019). Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye için Güneş Radyasyon Dağılım haritaları hazırlanmaktadır. Aşağıda güneş enerjisi radyasyon dağılımına ait güncel durum verilmiştir.



Şekil 1.1.GEPA-İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (www.yegm.gov.tr)

Şekil 1.1’ deki görsel incelendiğinde; Türkiye’de yıllık ortalama Global Güneş Radyasyon dağılımına baktığımızda en yüksek radyasyon dağılımını Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesinde görmekteyiz.

1.1.2.2. Rüzgar Enerjisi

Güneş kaynaklı radyasyonun yer yüzeyini farklı ısıtmasının sonucu olarak rüzgar meydana gelir. Yer yüzeyinin farklı ısınması sonucunda havanın sıcaklığı, nemi ve basıncı farklı olur, bu fark sonucu rüzgar oluşur. Farklı coğrafi şekiller, yeryüzünün homojen ısınmaması rüzgar özelliklerin farklı olmasına neden olur. Rüzgar yön ve hız olarak iki parametreden oluşur. Rüzgarın hızı yükseklikle doğru orantılı olarak, teorik gücü de hızının küpü ile doğru orantılı olarak artar. Rüzgarın devamlı olmamasına bağlı olarak değişken enerji üretimi ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması rüzgar enerjisi üretiminde dezavantajdır. Ancak yenilenebilir ve çevre dostu bir kaynak olması, tükenme ve zamanla fiyat artışı söz konusu olmaması, günümüz güç santralleriyle maliyeti rekabet oluşturulabilecek seviyede olması, bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması rüzgarın avantajlarından. 2018 yıl sonu itibariyle Türkiye’de işletmede olan toplam kurulu güç 7.005 MW’ dur (www.enerji.gov.tr). Rüzgar panellerine ait görsel şekil 1.2’ de belirtilmiştir.



Şekil 1.2. Rüzgar Panelleri(www.enerji.gov.tr)

2018 yılında 7.'si düzenlenen Rüzgar Enerjisi Kongre'sinin sonuçlarına göre 2017 yılında Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) kurumlarında Türkiye;Avrupa'da 3. Dünya'da 8. sırada yer almıştır. Türkiye'de RES'ler elektrikte toplam kurulu gücün %8'ini, üretimde ise %7'sini oluşturmaktadır. Rüzgar santrali kapasitesi ülkemizde 238 ayrı tesisle 6 bin 820 megavata ulaşmıştır (epdk.org.tr, 2018).

Rüzgar enerjisi en hızlı gelişen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Maliyeti düştüğü için kullanımı dünya çapında yükseliştir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) son verilerine göre karada ve denizde küresel anlamda kurulu rüzgar enerjisi üretim kapasitesi son 20 yılda 75 kat artmıştır. 1997 yılında 7.5 gigawatttan (GW) 2018 yılında 564 GW' a çıkmıştır. 2009 yılı ile 2013 yılları arası 2 katına çıkmış ve 2016 yılında rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin %16' sını oluşturmaktadır. Dünya'nın bir çok yerinde rüzgar hızı güçlüdür ancak deniz ötesi rüzgar gücünün muazzam bir potansiyeli vardır (International Renewable Energy Agency, 2018).

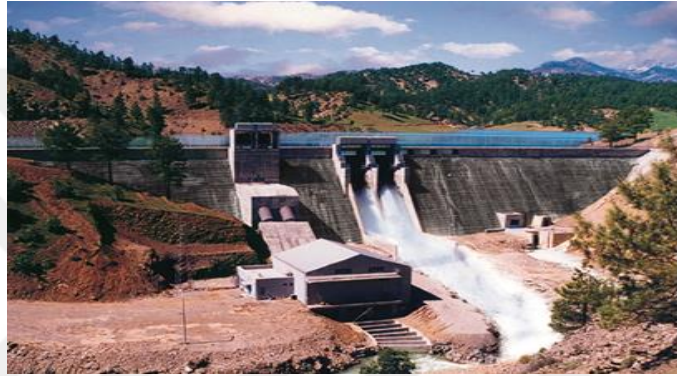
Türkiye'de Rüzgar enerjisi yatırımları giderek artmaktadır. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından hazırlanan verilere göre 2018 yılı sonu itibariyle kurulu güç 7.369 MW' lara yükselmiştir.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından hazırlanan Türkiye Rüzgar Enerjisi 2019 Ocak İstatistik Raporuna göre 2018 yılı ortalamasına baktığımızda Rüzgar enerjisi santrallerinin elektrik üretimindeki payının %6,78 olduğunu görmekteyiz (epdk.org.tr, 2018).

1.1.2.3. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerjisi

Hidroelektrik santrallerinin (HES) kaynağı sudur ve bu santraller akan suyun gücünü elektrik enerjisine çevirirler. Hidroelektrik enerji yenilenebilir enerji kaynakları içinde teknolojik gelişimi en ileri seviyede olanıdır (KARA, 2013).

Hidroelektrik santraller yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, uzun ömürlü, temiz, işletme gideri çok düşük riskli bir enerji kaynağıdır.



Şekil 1.3. Depolomalı Hidroelektrik Santral (www.yegm.gov.tr)

Hidroelektrik santraller suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirirken elektrik enerjisi üretiminde suyun akış hızı önem kazanır. Enerji üretimi akış hızı ile doğru orantılı olarak artar. Hareketsiz suda enerji potansiyel olarak birikir, akan sularda ise enerji kinetik enerji formundadır. Diğer bir hidrolik kaynak olan barajlarda ise mantık suyun yüksekte depolanarak kinetik enerjiye çevrilmeden önce potansiyel enerjisinin artırılmasıdır. Şekil 1.3' te depolomalı hidroelektrik santral örneği verilmiştir. Barajlı ve barajsız olmak üzere 2 tip HES mevcuttur (Yaman ve Haşıl, 2018).

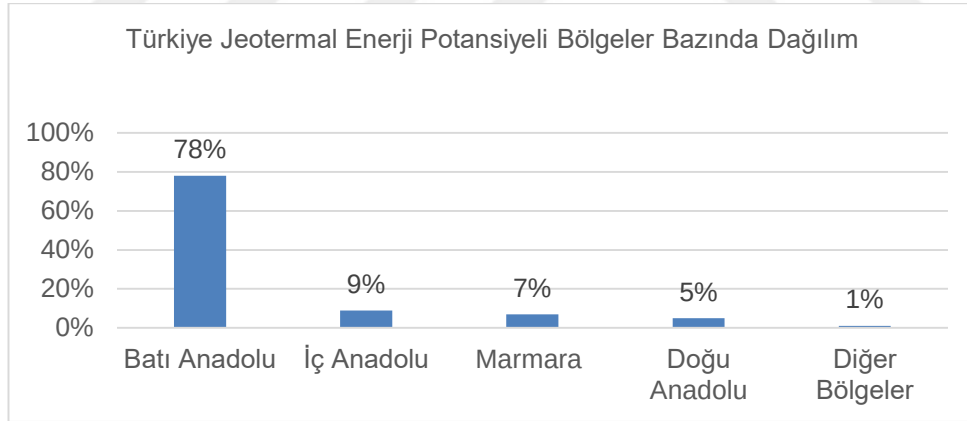
1.1.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun derinliklerinde birikmiş olan ısıнын oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20 °C den fazla, normal yer altı ve yer üstü sulara

oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazları bünyesinde bulunduran enerji türüdür.Bu enerji; ısıtmada, soğutmada, elektrik üretiminde ve çeşitli sanayi tesislerinde enerji hammaddesi olarak kullanılabilen, kimyasal madde üretimine elverişli ve ek olarak turizm ve sağlık turizmi amacıyla da kullanılır. Genel olarak; basınç altındaki su ve buhar (akışkan) ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanır (Öztürk, 2008).

Jeotermal enerji temiz, ucuz ve çevre dostu bir yer altı kaynağıdır. Ülkemiz coğrafi ve jeolojik konumu itibariyle aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal bakımdan dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ülkemizin her bölgesinde yayılmış halde yaklaşık 1000 adet değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynak bulunmaktadır (epdk.org.tr, 2018).

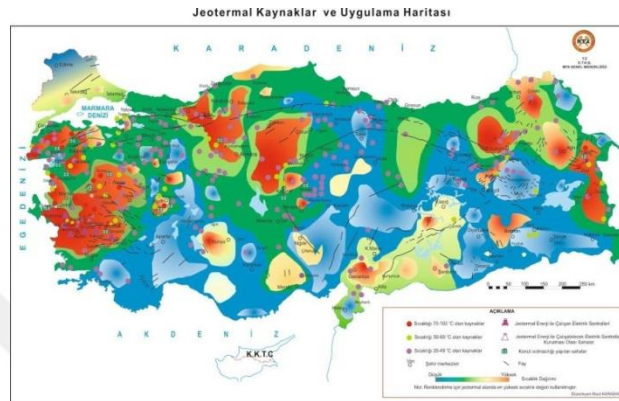
Ülkemizin jeotermal enerji kaynağının büyük bir çoğunluğu Batı Anadolu'da bulunmaktadır. Ülke jeotermal potansiyelimizin bölgeler bazında dağılımı şekil 1.4.' te verilmiştir.



Şekil 1.4. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Bölgeler Bazında Dağılım (epdk.org.tr, 2018)

Ülkemizde bulunan jeotermal kaynakların %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, geriye kalan %10 luk kısım ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi

üretimi) için uygundur. Şekil 1.5’ te Türkiye için jeotermal enerji dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.5. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Uygulama Haritası (www.enerji.gov.tr)

Dünya jeotermal enerji kurulu gücü 2018 verilerine göre 14.369 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretiminde ilk beş ülke ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Ülkemizde jeotermal enerji arama çalışmaları hız kazanmış, ve 2000 m seviyelerinden 28.000 m seviyelerine taşınmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) desteği ile 2004 yılı itibari ile 3.100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi 2018 yıl sonu itibari ile 5.000 MWt'a yükselmiştir.

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi (2008) ve özel sektörün de jeotermal enerji için yaptığı çalışmalar ile birlikte ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi 35.500 MW't'a yükselmiştir (www.enerji.gov.tr).

1.1.2.5. Biyokütle Enerjisi

Canlı organizmaların ve bitkilerin kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle genel olarak güneş enerjisi fotosentez yoluyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait

yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanmakla beraber bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir. Biyokütle kaynakları genel olarak bitkisel ve hayvansal kökenli olarak ikiye ayrılmakla birlikte orman ve orman ürünlerinden elde edilen biyokütle kaynakları ile organik çöpler, şehir ve endüstriyel atıklardan elde edilen Biyokütle başka bir deyişle fosil kökenli karbonun enerji içeren formları şeklinde de tanımlanabilir (Öztürk, 2008).

Biyokütle kaynakları 4 ana grupta ele alınabilir. Bu gruplar aşağıda verilmiştir.

i. Bitkisel Biyokütle Kaynaklar

Bitkisel biyokütle kaynaklara aşağıda örnek verilmiştir.

- Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya v.b.)
- Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı v.b.)
- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.)
- Protein bitkileri (bezelye, fasulye v.b.)
- Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.)

ii. Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları

Orman ve orman ürünlerinden elde edilen biyokütle kaynakları; odun ve orman atıklarıdır.

iii. Hayvansal Biyokütle Kaynakları

Hayvansal biyokütle kaynakları; sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardır.

iv. Organik çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları

Organik çöpler, şehir ve endüstriyel atıklardan elde edilen biyokütle kaynakları; organik çöpler, şehir ve endüstriyel atıklardan elde edilen biyokütle kaynakları kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları,

endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıklarıdır (www.enerji.gov.tr).

1.1.2.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen evrende bulunan en basit ve en çok bulunan elementtir. Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Kimyasal olarak çok aktif olduğundan doğada genellikle bileşik halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısı değeri 140.9 MJ/kg, alt ısı değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir fakat birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı sistemlerde yanma sonucu su veya su buharı açığa çıkar. Hidrojenden enerji elde edilirken açığa hiçbir zararlı gaz yada kimyasal çıkarmaması onu diğer enerji kaynaklarına göre çok elverişli hale getirir. Hidrojen gazı farklı yöntemlerle elde edildiği gibi su, güneş enerjisi veya onun türevleri olarak kabul edilen rüzgâr, dalga ve biyokütle ile de elde edilebilmektedir (www.yegm.gov.tr).

Günümüzde hidrojenden enerji etme diğer yakıtlara kıyasla üç kat daha maliyetli olarak görüldüğü için hidrojen enerjisini yaygın şekilde kullanma ancak hidrojen elde etme teknolojilerinin maliyetinin düşürülmesi ile mümkündür.

Dünya'nın devamlı artan enerji ihtiyacının doğaya zarar vermeden ve sürdürülebilir enerji kaynakları ile karşılayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerjisi olması bugün bütün bilim adamları tarafından kabul edilmektedir (www.yegm.gov.tr).

20. yüzyılın enerji taşıyıcısı elektrik olarak görülürken, 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı olarak da hidrojenin görüldüğü kesimler vardır (www.yegm.gov.tr).

Dünya'da hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisine doğru bir eğim vardır. 1950' lerin sonlarında, NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Ek olarak

yakıt pili teknolojisi ile elektrik de üretilebilmektedir.Bugüne kadar, NASA tarafından yakıt pillerini çeşitli yönleriyle inceleyen 200'den fazla araştırma desteklenmiştir. Örnek olarak Apollo ve Space Shuttle görevlerinde güvenli olarak elektrik (ve su) sağlamış olmaları nedeniyle, yakıt pilleri uzaydaki rollerini ispatlamıştır.Hidrojen petrol yakıtlarına göre yaklaşık 1.33 kat daha verimli bir yakıttır (www.yegm.gov.tr).

1.1.2.7. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, deniz ve okyanus yüzeylerinde rüzgar tarafından oluşan dalgalanma hareketinden elde edilen ve enerjinin krize dönüştüğü zamanlarda çözüm olarak görülen bir enerji türüdür. Çünkü dünyanın dörtte üçü sudur. Türkiye'nin üç tarafının sularla çevrili olduğu düşüldüğünde dalga enerjisi bakımından avantajlı konumdadır (Çayır Ervural, 2018).

Dalga enerjisinin önemli olumlu yönleri vardır. Bunlardan bazıları; kaynağının sonsuz olması, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, iş sahası açması, elektrik şebekesinin olmadığı uzak bölgelere elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalar için potansiyel sağlaması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip ihtiyaç bulunan bölgeye pompalanması, deniz dibi zenginliklerinin yüzeye pompalanması ve kıyıların korunması gibi alanlara olanak sağlamalıdır (Sağlam ve Uyar, 2005).

1.2. Problemin Tanımı

Son yıllarda enerji üretiminin en büyük kaynağı olan fosil yakıtların azalması ve olumsuz etkilerinden dolayı ülkeler alternatif enerji kaynağı arayışına girmiştir. Hayatın devamı için gerekli olan enerjinin devamlılığı için fosil yakıtlara alternatif enerji kaynağı arayışı ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle enerji üretiminde fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusu ülkeler için kritik önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılabilecek enerji kaynaklarının seçimine ait problem ele alınmıştır. Ele alınan problemde; Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından 7 tanesi değerlendirmeye alınmıştır. Bu enerji kaynakları hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi ve dalga enerjisidir.

Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçiminde; teknik, ekonomik, çevresel, sosyal, teknolojik, risk ve fayda olmak üzere 7 ana kriter ve bunları besleyen 20 alt kriter ele alınmıştır. Bu alt kriterler; verimlilik, santral inşa süresi, yatırım maliyeti, yakıt maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, devlet teşviki, dışa bağımlılığı azaltma, sera gazı salınımı, alan gereksinimi, gürültü, atık imha işlemine olan gereksinim, istihdam olanakları, sosyal kabul edilebilirlik, teknolojik seviye, operasyon riski, sürekliliği bozma riski, talebi karşılayamama, insan sağlığına verilecek zarar, sürdürülebilir kalkınma ve ucuz enerji elde etmesidir. Alternatiflerin seçimini etkileyen birden fazla kriter bulunması nedeniyle bu seçim kararını verirken çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulmuştur.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimini yaparken alternatifler arasından en uygun kararı vermektir. Bu seçim kararını verirken birden fazla kriteri aynı anda değerlendirip en uygun çözümü bulmak hedeflendiği için problemin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın uygulama kısmında; enerji sektöründe çalışan 5 uzman tarafından doldurulan anketlerden yararlanılarak, ÇKKV yöntemlerinde kararı etkileyen kriterlerin önem dereceleri sıralanmıştır. Daha sonra bu önem dereceleri dikkate alınarak, karar vericiler tarafından alternatifler değerlendirilir. Böylece

seçim kararını etkileyen birden fazla ve birbiri ile çelişen kriterler aynı anda değerlendirip, amaca en yakın çözüme ulaşmak hedeflenmiştir.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmada ele alınan problem aşağıdaki kapsamda irdelenmiştir:

- i. Çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji tüketimde en üst seviyede yer alan elektrik enerjisi üretimi ele alınmıştır.
- ii. Çalışmada Türkiye'de yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarından 7 alternatif enerji kaynağı ele alınmıştır.
- iii. Alternatifleri etkileyen kriterler olabildiğince fazla tutulmuş ve 20 kriter birden değerlendirmeye alınmıştır.
- iv. Problem; yapısında barındırdığı kriterlerin çokluğu nedeniyle, çok kriterli karar verme yöntemi ile modellenebilecek bir problemidir.

1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı

Elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynağının seçimi konusu, güncel bir problem olması ve ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltarak, küreselleşen Dünya'da ülkelerin rekabet avantajı sağlamasına yardımcı bir faktör olması nedeniyle literatürde çok yer almaktadır. Bu konunun önem arz etmesi nedeni ile ilgili çalışma yapılmış olup çalışmanın özgün katkıları aşağıda belirtilmiştir.

- i. Önceki çalışmalara bakıldığında çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarından yalnızca bir tanesinin ele alındığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada ise Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarından yedi tanesi değerlendirilmiştir.
- ii. Ele alınan çalışma ile literatürde yapılan önceki çalışmalar kıyaslandığında; Türkiye'deki yenilenebilir yedi enerji üretim

alternatifinin değerlendirilmesinde, yirmi adet kriter ilk defa bir arada değerlendirilmiştir. Bu kriter sayısı oldukça fazla olup çalışmanın sonucunun güvenilirliğini arttırmıştır.

- iii. Literatür incelendiğinde problemin çözümünde çok kriterli karar verme problemlerinden çoğunlukla yalnız bir yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada ise; çok kriterli karar verme yöntemlerinden, AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri aynı anda kullanılmıştır. Bu iki yöntemin sonuçları; çapraz kıyaslamalar ile analiz edilip değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda iki yöntemden elde edilen sonuçlar birbirlerini doğrulamış olup çalışmanın tutarlılığının yüksek seviyede olduğu görülmüştür.
- iv. Bulanık TOPSIS yöntemi karar verme ortamının bulanık olduğu durumlarda doğru yolu göstermesi açısından tercih edilir. Bu yöntem, uzman görüşlerini içeren nitel verileri değerlendirip en uygun çözümü bulmada yol göstericidir. Bu yöntem aynı zamanda pozitif ideal çözüme uzaklığın ve negatif ideal çözüme uzaklığın aynı anda değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Sadece nicel verilerin kullanılması ile çözüme ulaşmayı sağlayan bulanık olmayan AHP yöntemi ise bulanık olmayan ortamlar için bir çözüm metodu olup iki yöntemin sonucunun birbirini doğrulaması da yapılan çalışmanın güvenilirliğini arttırmaktadır.
- v. En uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi sayesinde; enerji devamlılığı ve elektrik enerjisi üretiminde maliyette azalma sağlanacaktır.
- vi. Fosil yakıtların kullanımı azalacağı için çevreye verilen zarar azalacaktır.
- vii. Tüm bunların sonucunda; ülkemizin dışa bağımlılığı azaltılıp, enerji konusunda rekabet gücü kazanılarak dünya ekonomisinde üst seviyelere çıkma sağlanacaktır.

1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu

Çalışmada izlenen adımlar ve çalışmanın organizasyonu aşağıda belirtilmiştir.

1.6.1. Çalışmanın Adımları

Çalışmada izlenen yol maddeler halinde aşağıda sunulmuştur:

- i. Problemin Belirlenmesi: İncelenecek problemin karar verildiği süreçtir. Problemden kullanılacak parametrelerin ve verilerin toplandığı adımdır.
- ii. Önceki Çalışmaların İncelenmesi: Yenilenebilir enerji kaynakları yardımıyla elektrik üretimi ile alakalı yapılan çalışmaların tarandığı, izlenen yollar ve kullanılan modellerin araştırıldığı adımdır.
- iii. Uygulamada Kullanılan Yöntemin Adımlarının Anlatılması: Problemin çözümünde kullanılacak AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin anlatıldığı aşamadır.
- iv. Uygulamada Kullanılan Yöntemin Çözümü: AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri karar vericilere yapılan anketlerle desteklenerek, AHP yönteminde Super Decisions, Bulanık TOPSIS yönteminde ise Excel'den yararlanarak çözümünün yapıldığı adımdır.
- v. Sonuçların Analizi: Çözümün çıktılarının değerlendirildiği ve gelecekte yapılacak çalışmalar için tavsiyelerin verildiği adımdır. Bu çalışmada uygulama aşamasında iki farklı yöntem kullanıldığı için iki yöntemin sonucu ve birbiri ile karşılaştırmalı analizi yorumlanmıştır. Sonraki çalışmalara yol göstermek açısından önerilerde bulunulmuştur.

1.6.2. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın ilk bölümünde problemin tanımı, çalışmanın amacı,kapsamı, özgün katkısı adım--ları verilmiştir. İkinci bölümdeyenilenebilir enerji kaynakları

üzerine yapılmış önceki çalışmalara yer verilmiştir. Literatür araştırılmış ve problemin çözümünde çok kriterli karar verme problemlerinin uygulanmasına karar verilmiştir. Bir sonraki bölümde, yapılan anketlerin detayı, kullanılan veriler ve uygulamada kullanılacak yöntemlerin açıklaması yer almıştır. Dördüncü bölümde, problemin çözümü için bir paket program olan Super Decisions dahil olmak üzere 2 ayrı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler AHP ve Bulanık TOPSIS'tir. Bu bölümde elde edilen bulgular ve analizlere yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş, birbirleri ile kıyaslanmış, yorumlar yapılmış ve gelecek çalışmalara yardımcı olabilecek tavsiyelere yer verilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür incelendiğinde güncel ve önemli bir konu olan enerji üzerine çok çalışma yapıldığı görülmektedir. Kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları içinden en iyisinin seçimi için ise çok sayıda kriter bulunmakta ve bu kriterlerin tamamını göz önüne alarak seçim yapma önemli bir karar problemi haline gelmektedir. Bu önemli karar probleminin çözümü için; önceki çalışmalarda yer alan, literatürdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde kullanılan yöntemler kronolojik sıraya göre incelenmiştir.

Uçar (2007) çalışmasında, rüzgar enerjisi ile elektrik üretimini ele almış ve Kayseri için çevresel etkilerini incelemiştir. Çevresel etki değerlendirmesinde baz alınan temel dokuz adet kriter bulunmaktadır. Bu kriterler;gürültü etkisi, türbinlerinin kuş göç yolları üzerinde bulunup bulunmaması, yer seçimi ve alan ihtiyacı, hava kirliliği, rüzgâr türbinlerinin elektromanyetik enterferans etkisi, rüzgâr türbinlerinin görsel etkisi, habitata etkisi ve doğal koruma alanlarına etkisidir.

Atıcı ve Ulucan (2009) çalışmasında, Türkiye'de bulunan hidroelektrik santrallerinin ELECTRE yöntemini kullanarak sıralanmasını ve çeşitli rüzgar santrali projelerinin PROMETHEE tekniğinin kullanılarak sıralandığı 2 adet uygulama yapmışlardır.

Şeker (2010), çalışmasında Dünya'nın artan nüfusu ve artan fosil yakıt kullanımı sonucu sera gazlarının artması ile yenilenebilir enerji ihtiyaçlarına olan ihtiyacın artmasına dikkat çekmiştir. Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak enerji kaynağının seçiminde ÇKKV Yöntemleri'nden olan Analitik Ağ Prosesi' ni (ANP) tercih etmiştir. Çalışmanın sonucunda küçük hidroelektrik ve jeotermal santraller öncelikli çıkmıştır.

Kaya ve Kahraman (2010), çalışmalarında İstanbul için en iyi yenilenebilir enerji alternatifinin seçimi için Bulanık VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve AHP metodlarını kullanmışlardır. Çalışmalarında nükleer enerji, kömür, güneş,rüzgar, hidroelektrik ve biyokütle enerji kaynaklarını

değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda İstanbul için en iyi alternatif olarak rüzgar enerjisi seçilmiş ve Çatalca ilçesine rüzgar tribünü kurulabileceği sonucuna varılmıştır.

Ağaçbiçer (2010), çalışmasında geçmişten günümüze kadar konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarını incelemiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli, maliyeti ve ekonomik etki incelemelerini yapmıştır. Ek olarak Türkiye'nin enerji genel durumunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğini Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT Analizi) yaparak incelemiştir.

Uysal (2011), çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde somut ve soyut kriterleri beraber değerlendirmiştir. 5 temel yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütle, rüzgar, güneş, hidroelektrik ve jeotermal enerjiyi; potansiyel, ekonomik, çevre, teknoloji ve sosyo politik anlamda incelemiştir. Yazar çalışmasında graf teorisi ile matris yaklaşımını kullanmıştır.

Tayşi (2012), Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yakıt türlerinin seçimini ele alan çalışmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS'i kullanmıştır. Modelde kullanılacak kriterler belirlenmiş ve çalışma sonucunda biyokütle enerjisi en çok tercih edilen yakıt türü olmuştur. Onu takiben hidroelektrik enerjisi, kömürvelinyit, nükleer enerji, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, petrol ve doğalgaz gelmiştir.

Çelik (2012) çalışmasında, Türkiye'deki yetersiz fosil kaynakların paralelinde artan enerji ihtiyacını karşılamak açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının dışa bağımlılığı azaltacağına yönelik önemi vurgulamıştır. Ayrıca fosil yakıtlarla yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimini, tüketimini, ithalattaki paylarını karşılaştırarak analiz yapmıştır.

Özcan (2013), Türkiye'nin uzun dönem için elektrik enerjisi üretimi genişletme çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime etkisini görebilmek için Genetik Algoritma yöntemini kullanmıştır. Türkiye'de uzun dönem

elektrik enerjisi üretimi planında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının üretime katkısını teknik ve ekonomik olarak değerlendirmiştir.

Mahmutoğlu (2013) çalışmasında, yerli,temiz, yakıt maliyeti düşük yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin Türkiye için stratejik bir öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Ülkemizde yükselen enerji ithalatı ve bunun sonucu olarak dışa bağımlılığın artmasının önüne geçilmesinin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkün olacağını belirtmiştir.

Özcan ve Erol (2013) çalışmalarında, Türkiye'de elektrik planlaması için maliyet minimizasyonu, CO₂ salınımı ve fosil yakıt kullanımının minimizasyonu ile sosyal kabulün maksimizasyonunu aynı anda değerlendirmek adına çok amaçlı bir karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli kullanmışlardır. Çalışmada çok amaçlı optimizasyon problemlerinde kullanılan minumum sapma yöntemi ile 2012-2023 yılları için 12 yıllık bir enerji planı oluşturulmuştur.

Ayan ve Pabuçcu (2013) çalışmalarında, ÇKKV tekniklerinden AHP'yi kullanarak yenilenebilir enerji alternatiflerinin yatırımları arasında bir öncelik belirlemişlerdir. Çalışmanın esas amacı; Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları arasında karar verilmesinin sağlanmasıdır. Yapılan analiz neticesinde sırasıyla; hidroelektrik, rüzgâr, biyoyakıt, jeotermal enerji ve güneş enerjisi yatırımlarının uygun olabileceği tespit edilmiştir. Bu sonuçlarda ekonomik kriterler, enerji ile ilgili kriterler, çevresel kriterler ve kurumsal kriterler etkili olmuştur.

Şengül ve ark. (2015) çalışmalarında, yenilenebilir enerji tedariki seçiminde Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada karşılaştırılan enerji kaynakları; rüzgar, güneş, deniz kökenli yenilenebilir, biyoyakıt ve hidrolik enerjidir. Çalışmanın sonucunda Hidroelektrik santralleri ön plana çıkmıştır.

Sağır ve Doğanalp (2016), Türkiye'deki farklı enerji kaynaklarını değerlendirirken çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık TOPSIS' i kullanmışlar ve çalışma sonucunda yakınlık katsayısı yüksekten düşüğe doğru yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve fosil enerji kaynakları olarak bulunmuştur.

Turaba (2016) çalışmasında, ÇKKV yöntemlerinden Bulanık TOPSIS'i kullanarak büyük ölçekli enerji ve endüstri projelerinin seçiminde ve önem derecelerine göre sıralamada bir model önerisi sunmuştur. Karar verme eyleminin genelde net olmayan durumlarda karşımıza çıktığını belirtmiş, bu nedenle Bulanık TOPSIS yaklaşımını kullanmanın önemine de değinmiştir.

Çelikbilek ve Tüysüz (2016) çalışmalarında, ülkelerin enerji portföyünün oluşturulmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini vurgulamışlardır. Ülkeler sosyal ve ekonomik gelişimlerini sürdürebilmek için en uygun enerji kaynaklarını doğru bir şekilde planlamalıdır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirebilmek için gri sistemlere dayanan Gri ÇKKV Yöntemi kullanılmıştır.

Özcan ve ark. (2017), çalışmalarında Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırım kararında ÇKKV yöntemlerinden ANP ve TOPSIS'i kullanmıştır. Sonuç olarak ilk sırada rüzgar ve onu takiben hidroelektrik, biokütle, jeotermal ile son olarak güneş enerjisine yatırım yapılması konusunda sıralama belirlenmiştir.

Kargı ve Aydın (2017), Bursa'da yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak isteyen bir şirketin karar vermesine yardımcı olmak açısından çalışmalarında ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP' yi kullanmışlardır. Değerlendirme sonucunda hidroelektrik enerji ve rüzgar enerjisi ön plana çıkmış ve firmaya bildirilmiştir.

Villacreses ve ark. (2017), çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerini ve ÇKKV yöntemlerini kullanarak rüzgar santralleri için en uygun tesis seçimini ele almışlardır.Çözüm için toplam dört adet yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler; AHP, Outlook Web Access (OWA), Office of the Court Remote Access (OCRA), VIKOR and TOPSIS'tir. AHP Yöntemi, faktörlerin önem derecesinin hesaplanması için kullanılmıştır. Diğer yöntemler ise, alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılmıştır.

Penaflor (2017), çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimi yapılırken çevre kirliliğinden kaçınılması gerektiğinin üzerinde durulmuştur. Asya ülkelerinde son yıllarda elektrik üretimi yapılırken beraberinde kirlilik ve sıcaklık artmıştır. Bu nedenle çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimi yaparken emisyonu düşürüp kişi başına düşen gelir arttırılmaya çalışılmıştır.

Ölmez (2017), Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgarın ön plana çıktığını belirtmiştir. Rüzgar anlamında ülkenin batısı, güneş enerjisinde ise ülkenin orta kesimlerinin güçlü olduğunu belirtmiştir. Çalışmada Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelini ortaya koyularak, Konya'nın Karapınar ilçesine kurulması planlanan büyük çaplı güneş enerjisi santralinin sekonder frekans kontrolüne olan etkileri incelenmiştir.

Büyüközkan ve Karabulut (2017), çalışmalarında enerjinin yaşam standartlarını yükseltip yoksulluğu azaltan bir gelişme aracı olduğunu belirtmişlerdir. Birçok alternatif arasından en iyi enerji projesi seçimi yapılırken sadece ekonomik fizibilite değil aynı zamanda sosyal ve çevresel koşulların da dikkate alınması gereken karmaşık bir problem olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır ve Türkiye için bir uygulama yapmışlardır.

Damgacı ve ark. (2017), çalışmalarında, günümüzde hızla artan Dünya nüfusu ve endüstrileşme ile artan enerji gereksinimine yönelik Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarını çevresel, ekonomik, sosyal ve teknik anlamda değerlendirmişlerdir.

Çayır Ervural (2018), çalışmasında, yenilenebilir enerji planlaması için bütünleşik çok amaçlı karar modeli önerisi sunmuştur. Metodoloji olarak talep tahmin yöntemleri ve karar verme yaklaşımları kullanılmıştır. Kurulan çok amaçlı modelde amaçların önem dereceleri AHP ile belirlenmiş ve sonucunda Bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Geliştirilen çok amaçlı bütünleşik doğrusal programlama modeli General Algebraic Modeling System (GAMS), CPLEX solver seçeneği ile

çözülmüştür. Gams, bir optimizasyon paket programıdır. Sonuçlar duyarlılık ve senaryo analizi ile test edilmiş ve modelin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Mahdy ve Bahaj (2018), çalışmalarında Mısır'daki deniz rüzgar potansiyelini çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmiştir. ArcGIS adında harita programı kullanılarak; Mısır için Rüzgar Atlasından alınan verilerden yararlanılarak karar verilmiştir. Çalışmada baz alınan 11 adet kriter bulunmaktadır. Bu kriterler; rüzgar, su derinliği, kablolar, alan, gemi güzergahının konumu ile ilişkisi, sahile uzaklığı, ulusal elektrik ağı, askeri bölgeye göre konumu, nesli tükenmekte olan deniz ekosistemini korumak için korunan alanlar ve balıkçılık alanlarından olmamasıdır.

Bozdoğan (2018), çalışmasında elektrik talebinin karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yanında bunun maliyetinin düşürülmesi gerektiğini vurgulamıştır. Fosil yakıtların 2050 yılında tükenme ihtimaline karşılık yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının öneminden bahsetmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretim yapacak tesislerin Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) ve fizibilite çalışmalarına vermesi gereken önem üzerinde durmuştur.

Gökçe (2018), çalışmasında dünya'da elektrik üretiminde önem kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine değinmiştir. Yenilenebilir enerji tesislerinin kurulum maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kara geçiş noktaları daha uzun vadede olmaktadır. Bu nedenle çalışmada yenilenebilir enerjinin Türkiye'de elektrik piyasasına etkisi üzerinde durulmuştur.

Katal ve Fazelpour (2018), çalışmalarında İran'da bulunan 5 enerji santrali ele almış ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR' u kullanmışlardır. Düşük yatırım maliyetleri, sera gazı salınımlarının azaltılması ve enerji santrallerinin verimliliğinin devletler için kilit başarı faktörü olduğuna dikkat çekmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Hidroelektrik santrallerinin en iyi alternatif olduğu sonucuna varılmış ve kullanılan VIKOR yönteminin de bu seçimi yaparken güvenilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Jeong ve ark. (2018), coğrafi bilgi sistemlerine dayalı ÇKKV yöntemini kullanarak biyokütle santralleri için yer seçimi problemine çözüm getirmeye çalışmışlardır. Çalışmada ek olarak Bulanık DEMATEL (TheDecisionMaking Trial and Evaluation Laboratory) de kullanılmıştır.

Çizelge 2.1' de literatürde incelenilen çalışmalar kronolojik sıraya göre özetlenmiştir. Çizelgede çalışmaların yazarları, çalışma yılı, çalışma konusu ve kullanılan yöntemler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile İlgili Çalışmalar

Yazarlar	Yıl	Çalışmanın Konusu	Kullanılan Yöntemler
Uçar	2007	Kayseri ilinde rüzgar enerjisi ile elektrik üretilmesi ve çevresel etkilerinin incelenmesi	Çevresel etkinin ve Gürültü etkisinin değerlendirilmesi
Atıcı ve Ulucan	2009	Türkiye'de bulunan hidroelektrik santrallerinin ve çeşitli rüzgar santrali projelerinin değerlendirilmesi	ELECTRE ve PROMETHEE
Şeker	2010	Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak enerji kaynağının seçimi	ANP
Tayşi	2010	Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yakıt türlerinin seçimi	AHP ve TOPSIS
Kaya ve Kahraman	2010	İstanbul için en iyi yenilenebilir enerji alternatifinin seçimi	Bulanık VIKOR ve AHP
Ağaçbiçer	2010	Konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının incelenmesi	SWOT
Uysal	2011	Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi	Graf teorisi ile matris yaklaşımı
Çelik	2012	Yenilenebilir enerji kaynakları	—
Özcan	2013	Elektrik enerjisi üretimi sırasında; üretim artırma çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime etkisinin araştırılması	Genetik Algoritma
Mahmutoğlu	2013	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı	—
Özcan ve Erol	2013	Elektrik üretim planlaması	Karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli

Ayan ve Pabuçcu	2013	Yenilenebilir enerji alternatiflerinin yatırımları arasında öncelik sırası oluşturma	AHP
Şengül ve ark.	2015	Yenilenebilir enerji tedarigi seçimi	Bulanık TOPSIS
Sağır ve Doğanalp	2016	Türkiye'deki farklı enerji kaynaklarını değerlendirilmesi	Bulanık TOPSIS
Turaba	2016	Büyük ölçekli enerji ve endüstri projelerinin seçimi	Bulanık TOPSIS
Çelikkilek ve Tüysüz	2016	Yenilenebilir enerji kaynak değerlendirilmesi	Gri Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
Özcan, Ünlüsoy ve Eren	2017	Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırım kararı	ANP ve TOPSIS
Kargı ve Aydın	2017	Bursa'da yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırım kararı	Bulanık AHP
Villacreses	2017	Rüzgar santralleri için en uygun tesis seçimi	Coğrafi sistemlerine bilgi dayalı ÇKKV
Penaflor	2017	Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimi	–
Ölmez	2017	Konya'nın Karapınar ilçesine kurulması planlanan büyük çaplı güneş enerjisi santralinin sekonder frekans kontrolüne olan etkileri	Coğrafi sistemlerine bilgi dayalı ÇKKV
Büyüközkan ve Karabulut	2017	Enerji projesi seçimi	AHP ve VIKOR
Damgacı, Boran ve Boran	2017	Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi	Sezgisel Bulanık TOPSIS
Çayır Ervural,	2018	Yenilenebilir enerji planlaması	AHP ve Bulanık TOPSIS
Mahdy ve Bahaj	2018	Mısır'daki deniz rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesi	Coğrafi sistemlerine bilgi dayalı ÇKKV
Bozdoğan	2018	Elektrik talebinin karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kullanılması	Maliyet Analizi
Gökçe	2018	Yenilenebilir enerjinin Türkiye'de elektrik piyasasına etkisi	–
Katal ve Fazelpour	2018	Enerji santrallerinin değerlendirilmesi	VIKOR
Jeong ve ark.	2018	Biyokütle santralleri için yer seçimi problemi	Coğrafi sistemlerine bilgi dayalı ÇKKV

İncelenen çalışmalara bakıldığında enerji konusunun literatürde önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Son yıllarda tükenen fosil kaynaklar ve artan enerji ihtiyacı üzerine fosil kaynaklara alternatif enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmış ve literatürde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışma sayısı artmıştır. Kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları içinden en iyisinin seçimi için ise çok sayıda kriter bulunmaktadır.





3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Çalışmanın bu bölümünde uygulamada kullanılan veri setlerine yer verilmiştir. Bu veri setleri, literatürde yapılmış daha önceki çalışmalardan ve enerji sektöründe çalışan uzmanlara uygulanan anketlerden beslenmektedir.

3.1.1. Problemde Kullanılan Veriler

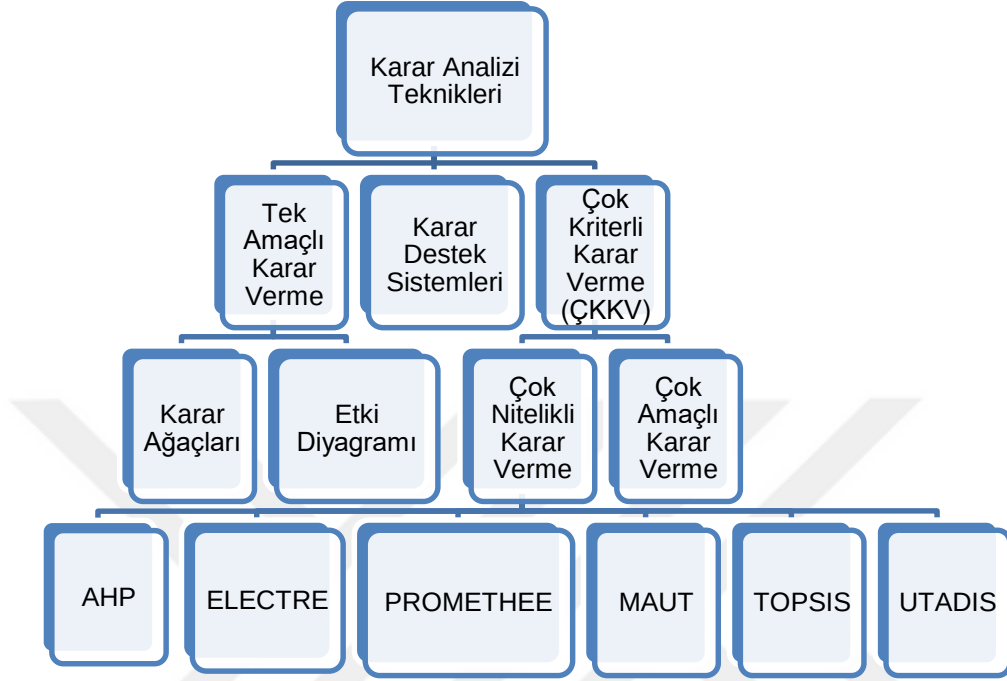
Bu çalışmada Türkiye için elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak 7 yenilenebilir enerji kaynağı, bu kaynakların arasından seçim yapmada kullanılacak 7 ana kriter ve bu ana kriterlere bağlı 20 alt kriter ele alınmıştır. Ana kriterlerle alt kriterler daha önce yapılmış çalışmalar incelenerek ve uzmanların görüşü alınarak belirlenmiştir.

Kriterlerle alakalı veriler Özcan ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmadan alınan veriler ışığında enerji sektöründe 5 adet uzmana anket düzenlenerek elde edilmiştir. Elde edilen anketlerin değerleri Chen (2000), tarafından hazırlanan tablolardan yararlanılarak yorumlanmıştır.

3.2. Metot

Bu çalışmada Karar Analizi tekniklerinden, Çok Kriterli Karar Verme Problemleri grubuna giren AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Bu hiyerarşiyi takip ederek teknikler aşağıda açıklanmıştır.

Karar analizi teknikleri üçe ayrılır. Bunlar tek amaçlı karar verme, karar desteksistemleri ve çok kriterli karar vermedir. Şekil 3.1' de karar analizi tekniklerine ait hiyerarşik yapı verilmiştir.



Şekil 3.1. Karar Analizi Teknikleri (P. Zhou, 2006)

3.2.1. Çok Kriterli Karar Verme ve Yöntemleri

Günümüzün hızla değişen, giderek zorlaşan hayat ve çalışma koşulları, insanları sürekli olarak en uygun kararı vermeye zorlamaktadır. Böyle bir ortamda ayakta kalabilmek, rekabet avantajı kazanmak ve bunu devam ettirmek için sağlıklı karar verme bir gereklilik olmaktadır.

Karar verme, çok sayıdaki seçenek arasından çeşitlik özellik ve kriterlere göre en doğrusunun seçilmesini sağlayan bir süreçtir (Lootsma, 1999).

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler ve uygulama adımları takip eden alt bölümlerde sırasıyla verilmiştir.

3.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP; 1970' li yılların ortasında Pensilvanya Üniversitesi'nden Thomas L. Saaty tarafından bulunan çok kriterli karar verme problemleri için bir yapılandırma, ölçüm ve sentezleme yöntemidir (Forman ve Gass, 2014).

Karar vermek için sorunu, kararın gerekliliğini ve amacını bilmemiz gerekir (Saaty, 2008). Saaty, karmaşıklıkla başa çıkmak için basit bir yol aramıştır ve insanların karmaşıklıkla başa çıkmasında ortak bir tema bulmuştur. Bulduğu ortak noktalar karmaşıklığın hiyerarşik yapısının faktörlerinin homojen olarak kümelenmesi olmuştur (Forman ve Gass, 2014).

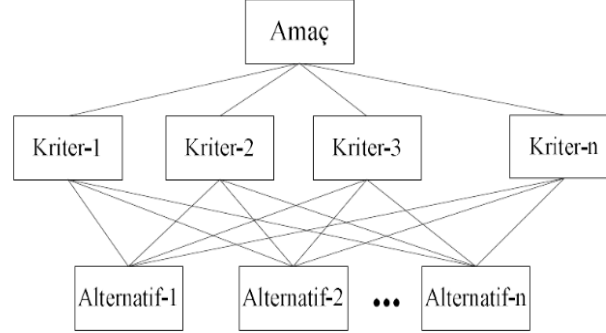
AHP, karar problemi için çeşitli cevaplar sunabilen, alternatif çözümlerin çeşitli sıralamalarını sağlayabilen karar verilecek problem için önceliklendirme ve seçim problemi olarak kabul edilmiş çok kriterli karar verme metodolojisini geniş ölçüde destekleyen bir yöntemdir (Kazibudzki, 2013).

AHP yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatüre baktığımızda AHP; coğrafya, sağlık, üretim, savunma sanayii, bankacılık, sivil havacılık, lojistik, eğitim gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

AHP Yöntemi 5 aşamada uygulanır ve bunlar aşağıda detaylandırılmıştır;

1.Adım: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Öncelikle problem tanımlanır ve istenen amaç belirlenir. Karar amacı ile tepeden başlayarak karar hiyerarşisi oluşturulur. Orta seviyede kriterler ve en düşük seviyede ise seçenekler bulunur (Saaty, 2008). Şekil 3.2' de amaç, kriterler ve alternatifler arasındaki hiyerarşik yapı verilmiştir.



Şekil 3.2. AHP Hiyerarşik Yapısı (Supçiller ve Çapraz, 2011)

2. Adım: İkili Karşılaştırmaların Yapılması ve Üstünlüklerin Tespiti

Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra; kriterlerin en alt seviyeye kadar birbirleri arasında önem seviyelerini belirlemek için aşağıdaki matris kullanılmaktadır. Karar verici bu noktada kriterleri yada seçenekleri aşağıda (3.1) ile verilen matris yardımıyla ikili olarak karşılaştırır (Supçiller ve Çapraz, 2011).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.1)$$

Kriterler veya seçenekler arasında karşılaştırma yapılırken Saaty tarafından belirlenen AHP önem ölçeği kullanılır. İlgili ölçek Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. AHP Önem Ölçeği (Saaty T, 1990)

Sayısal Değer	Tanım
1	Eşit önem seviyesi
3	1. durumun önem seviyesi >2. durumun önem seviyesi
5	1. durumun önem seviyesi > 2. durumun önem seviyesi olması nedeniyle 1. tercih edilir
7	1. durum 2. duruma göre çok daha fazla önemli , bu nedenle fazla tercih ediliyor
9	1. durum 2. duruma göre kesinlikle fazla önemli, bu nedenle aşırı tercih ediliyor
2,4,6,8	Tercih seviyelerinin birbirine yakın olduğu durumda kullanılır (ara değerler)

3.Adım: Özvektörün Belirlenmesi:

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasından sonra; her bir ögenin diğer öğelere göre önem seviyesinin tespiti için özvektör hesaplaması yapılır. Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını tespit etmek amacıyla $W = [w_i]_{n \times 1}$ şeklindeki sütun vektörleri kullanılır. W sütun vektörü, b_{ij} değerlerinin oluşturduğu matrisin satırlarının aritmetik ortalamasıdır (Supçiller ve Çapraz, 2011). Bu vektörün elde edilmesini sağlayan denklem formül (3.2)'de verilmiştir.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (3.2)$$

4.Adım: Özvektörün Tutarlılığının Hesaplanması

Bu bölümde; tüm ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Tutarlılık oranının üst limiti 0.10 'dur, oranın bu değerin üstüne çıkması durumunda karar vericinin yargıları tutarsız kabul edilir.

CR değerini hesaplariken ilk olarak A matrisinin en büyük öz vektörü (λ_{max}) hesaplanır. Bu değer hesaplanırken sırasıyla, Denklem (3.3) ve Denklem (3.4)' deki adımlar uygulanır. (Supçiller ve Çapraz, 2011).

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$

$$D=[a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (3.3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (3.4)$$

λ_{max} değerini denklem (3.4) ile hesapladıktan sonra tutarlılık hesabını tamamlamak için rassallık gösterge (RI) değerleri hesaplanmalıdır. n değerine göre aşağıdaki tablo yardımıyla RI değerleri belirlenir (Akçay, 2019).

Çizelge 3.2. Rassallık gösterge değerleri (Akçay, 2019)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Rassallık değerlerine göre tutarlılık oranı denklem (3.5) hesaplanır (Supçiller ve Çapraz, 2011).

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)RI} \quad (3.5)$$

5.Adım: Hiyerarşik Yapının Genel Sonucunun Elde Edilmesi

İlk dört aşama bütün hiyerarşik yapı için hesaplanır. Beşinci aşamada ise n tane kriterin her birinden elde edilen $m \times 1$ boyutundaki üstünlük vektörlerinden $m \times n$ şeklindeki Durbin-Watson(DW) karar matrisi elde edilir. Oluşturulan DW matrisi üstünlük vektörü ile çarpılarak eşitlik 3.7' deki gibi sonuç vektörü elde edilir (Akçay, 2019).

$i= 1,2,3,\dots,m$ ve $j= 1,2,3,\dots,n$

$$DW= [W_{ij}]_{m \times n} \quad (3.6)$$

$$R= DW \times W \quad (3.7)$$

3.2.1.2. Bulanık TOPSIS

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında ideal çözüme ulaşma amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir (Hwang ve Yoon, 1981). Gerçek yaşamda karşılaşılan karmaşık problemlerin modellenmesi için özünde bulanık olan karar verme problemlerinin çözümünde, kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıklandırılması ve sıralanması aşamalarında kullanılır (Chen, 2000). Bu yöntem sayesinde, hem nitel hem de nicel veriler kullanılarak çözüme ulaşılır (Wang ve Chang, 2007).

Bulanık TOPSIS' de temel prensip, yapılan seçimin pozitif ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif ideal çözümden en uzak mesafede olmasıdır. Bu yöntemde, kullanılan nitel verilerin de yardımıyla uzmanların tecrübelerinden ve gelecekle ilgili rasyonel tahminlerinden de yararlanılır. Bu nedenle enerji seçimi gibi tamamen bulanık ya da bulanık değil diyemediğimiz bir seçim kararında bu yöntemin tercih edilmesi çalışmanın doğruluğu açısından elzemdir (Taylan ve ark., 2014).

Bulanık yaklaşımlar, modellemede insan bilgisi zorunlu olduğu durumlarda yada insan tarafından yapılacak değerlendirme gerekli olduğu durumlarda kullanım için uygundur. Bulanık teoremler kapsamlı olarak son 50 yıldır çalışılmaktadır (Kahraman, 2008).

Aşağıda Bulanık TOPSIS yönteminin adımları aşama aşama verilmiştir.

1. Adım: Karar Vericilerin, Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

İlk olarak karar vericiler, alternatifler ve kriterler belirlenir. Bunlar belirlendikten sonra ÇKKV matrisi oluşturulur. Bu denklem 3.8' de verilmiştir.

Karar Vericiler= $\{KV_1, KV_2, \dots, KV_k\}$

Alternatifler= $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$

Kriterler= $\{K_1, K_2, \dots, K_n\}$

$C_j=(1,2,3,\dots)$: n adet seçim kriteri

$W=(w_1, w_2, \dots)$: Ağırlık vektörü

$X=\{x_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n\}$: Karar matrisi

Şekil 3.9'da ağırlık vektörü (W), problem için n adet seçim kriterinin $C_j=(1,2,3,\dots)$ göreceli önemini gösterir (Chen, 2000).

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (3.8)$$

$$W = [W_1 \quad W_2 \quad \dots \quad W_n], \quad (3.9)$$

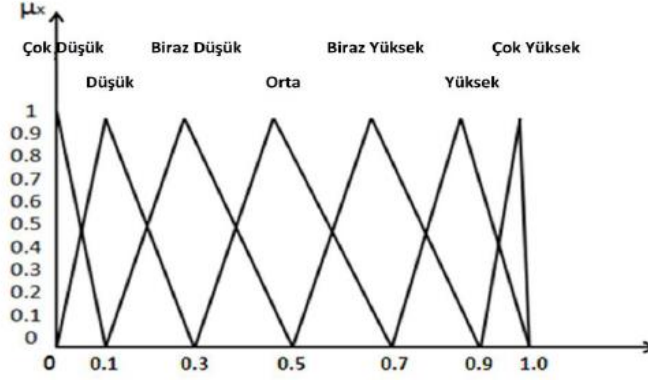
2. Adım: Alternatiflere ve Kriterlere Dilsel Skorların Atanması

Bu aşamada; karar vericiler tarafından alternatiflere ve kriterlere dilsel skorlar atanır. Alternatifler kriterlere göre bu sözel değişkenler sayesinde değerlendirilir. Kriterler için dilsel skorları atamada kullanılacak matris Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerler (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0.0, 0.0, 0.1)
Düşük (D)	(0.0, 0.1, 0.3)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değerler (0.0,1.0) aralığında tanımlanmıştır. Kriterlerin önemlerini ağırlıklandırmak için kullanılan dilsel değişkenler aşağıdaki Şekil 3.3' te verilmiştir (Chen, 2000).

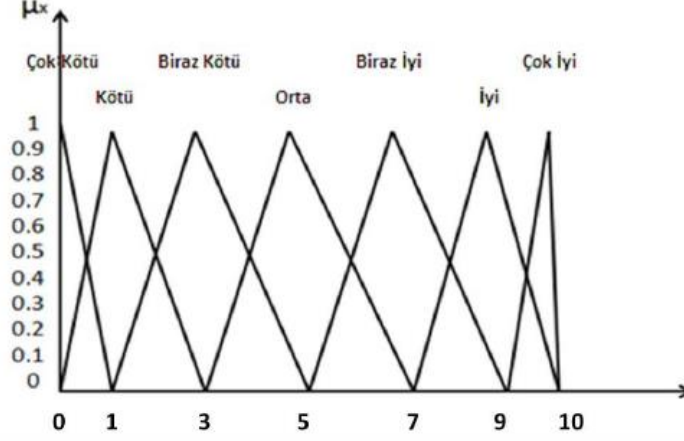


Şekil 3.3. Kriterlerin Önem Ağırlıklarını Belirlemede Kullanılan Dilsel Değişkenler (Cavallaro, 2010)

Kriterlerde olduğu gibi alternatifleri de değerlendirirken dilsel terimler kümesi bulanık sayılarla ifade edilir. Alternatifler için kullanılan dilsel değişkenler belirlenirken çizelge 3.4 ve şekil 3.5' ten yararlanılmıştır.

Çizelge 3.4. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerler: (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Kötü(ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü(K)	(0, 1, 3)
Biraz Kötü(BK)	(1, 3, 5)
Orta(O)	(3, 5, 7)
Biraz İyi(Bİ)	(5, 7, 9)
İyi(İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi(Çİ)	(9, 10, 10)



Şekil 3.4. Alternatifler için Dilsel Değişkenler (Cavallaro, 2010)

3. Adım: Dilsel Skorların Tek Bir Değere Dönüştürülmesi

Tüm kriterler için verilmiş ağırlıkları tek bir değere dönüştürmek için Denklem (3.10)' dan yararlanılır (Turaba, 2016):

$$W_j = \frac{1}{k} [W_j^1 + W_j^2 + \dots, W_j^k] \quad (3.10)$$

Tüm alternatifler için verilmiş ağırlıkları tek bir değere dönüştürmek için denklem 3.11' den yararlanılır.

$$x_{ij} = \frac{1}{k} [x_{ij}^1 + x_{ij}^2 + \dots, x_{ij}^k] \quad (3.11)$$

4. Adım: Bulanık ve Normalize Karar Matrislerinin Oluşturulması

Tüm kriterler ve alternatifler tek bir değere indirgendikten sonra bulanık karar matrisinin gösterimi eşitlik 3.12' deki gibidir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Her bir kriterin bulanık önem ağırlıkları eşitlik 3.13' deki gibi gösterilir.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \cdots, \tilde{w}_n] \quad (3.13)$$

m: alternatif sayısı ve $i=1,2,\dots,m$

n kriter sayısı ve $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere:

$\tilde{x}_{ij}$ ve $\tilde{w}_j$: Dilsel değişken

Fayda ve maliyet kriterleri açısından bulanık karar matrisinin normalizasyon gösterimi eşitlik 3.14' deki gibidir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (3.14)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j}, \frac{a_{ij}}{b_{ij}}, \frac{a_{ij}}{a_{ij}} \right), \quad j \in Ca_{ij} = \min_i a_{ij}$$

5. Adım: Bulanık Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Bu aşamada normalize edilmiş bulanık karar matrisi ağırlıklıklandırılmış normalize bulanık karar matrisine dönüştürülür. Bu dönüştürme sırasında her bir kriterin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınır.

$$i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\mathbf{V} = [\mathbf{v}_{ij}]_{m \times n}; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

$$\mathbf{v}_{ij} = \mathbf{r}_{ij} * \mathbf{w}_j \quad (3.16)$$

$\mathbf{v}_{ij}$: Normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır.

Değerler $[0, 1]$ kapalı aralığındadır.

6. Adım: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Hesabı

Bulanık karar matrisi ağırlıklandırıldıktan sonra bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm hesabı yapılır. İdeal çözümler elde edilirken kullanılan matematiksel ifadeler aşağıda verilmiştir. Pozitif ve negatif ideal çözüm için fayda ve maliyet kriterleri açısından belirlenen yapıların bulanık olarak ifadesinin birbirinden farklı olduğu Denklem (3.17)' den çıkarılmaktadır (Turaba, 2016).

$$\begin{aligned} \mathbf{A}^+ &= (\mathbf{v}_1^+, \mathbf{v}_2^+, \dots, \mathbf{v}_n^+) \\ \mathbf{A}^- &= (\mathbf{v}_1^-, \mathbf{v}_2^-, \dots, \mathbf{v}_n^-) \\ \mathbf{v}_j^+ &= (1, 1, 1), \mathbf{v}_j^- = (0, 0, 0) \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (3.17)$$

7. Adım: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlere Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm kümesine uzaklıkları Eşitlik (3.18)' den hesaplanır (Özbek, 2015):

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m$$
(3.18)

$m = (m_1, m_2, m_3)$ ve $n = (n_1, n_2, n_3)$ iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere bu sayılar arası mesafe Denklem (3.19) yardımıyla vertex yöntemi kullanılarak hesaplanır (Chen, 2000):

$$d_v(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3}[(I_1 - I_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]}$$
(3.19)

8. Adım: Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması ve Sıralanması

Çözüm kümesine olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra her bir alternatif için yakınlık katsayısı hesabı yapılır. Yakınlık katsayısı bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine olan uzaklığın kullanılarak bulanık pozitif ideal çözüm kümesine görelî yakınlığın tespitinde kullanılır. Yakınlık katsayısı $[0, 1]$ aralığında olmak üzere 1'e olan yakınlık arttıkça alternatiflerin seçilme olasılığı artacak, 0'a olan yakınlık arttıkça seçim şansı azalacaktır (Chen ve ark. 2006).

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}; \quad i = 1, 2, \dots, m$$
(3.20)

Yakınlık katsayısı denklem (3.20)' de verilen formülle hesaplandıktan sonra alternatiflerin aldığı değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır ve çizelge 3.5. yardımıyla alternatifler değerlendirilir.

Çizelge 3.5. Yakınlık Katsayılarına Göre Kabul Koşulları (Chen ve ark. 2006).

Yakınlık Katsayısı (CC)	Değerlendirme Sonucu
$CC \in [0, 0.2)$	Önerilmez
$CC \in [0.2, 0.4)$	Önerilir ancak yüksek risk içerir
$CC \in [0.4, 0.6)$	Önerilir, düşük risk içerir
$CC \in [0.6, 0.8)$	Kabul edilir
$CC \in [0.8, 1.0)$	Kabul edilir, tercih edilir

Sonuç olarak karar verici tarafından alternatiflerin en iyisi seçilmiş ve yakınlık indeksi en yüksek olan alternatif matematiksel yöntemler yardımıyla belirlenmiş olur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatürde elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde ana kriter ve bunlara bağlı alt kriterler kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmalar incelenerek "Teknik, Ekonomik, Çevresel, Sosyal, Teknolojik, Risk ve Fayda" olmak üzere 7 ana kriter esas alınmıştır. Her bir ana kriter için önemli olabilecek alt kriterler belirlenmiştir. Çalışmada ana kriterlere bağlı 20 alt kriter ele alınmıştır. Bu alternatifler ve kriterler baz alınarak düzenlenmiş olan anket formunun boş hali EK1' de mevcuttur. Çalışmada ele alınan alternatifler vekriterlere ise sırasıyla aşağıda yer verilmiştir.

Alternatifler

A₁= Güneş Enerjisi

A₂= Rüzgar Enerjisi

A₃= Hidrolik (hidroelektrik)Enerjisi

A₄= JeotermalEnerjisi

A₅= BiyokütleEnerjisi

A₆= Hidrojen Enerjisi

A₇= BiyokütleEnerjisi

Kriterler

K₁= Verimlilik

K₂= Santral İnşa Süresi

K₃= Yatırım Maliyeti

K₄= Yakıt Maliyeti

K₅= İşletme ve Bakım Maliyeti

K₆= Devlet Teşviki

K₇= Dışa Bağımlılığı Azaltma

- K_8 = Sera Gazı Salınımı
 K_9 = Alan Gereksinimi
 K_{10} = Gürültü
 K_{11} = Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
 K_{12} = İstihdam Olanakları
 K_{13} = Sosyal Kabul Edilebilirlik
 K_{14} = Teknolojik Seviye
 K_{15} = Operasyon Riski
 K_{16} = Sürekliliği Bozma Riski
 K_{17} = Talebi Karşılayamama
 K_{18} = İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
 K_{19} = Sürdürülebilir Kalkınma
 K_{20} = Ucuz Enerji Elde Etmesi

Belirlenen kriterlere ait özet açıklamalar aşağıda verilmiştir.

- Verimlilik

Farklı çeşitlerdeki enerji üretimi aşamalarında, meydana gelebilecek olan kayıpların minimize edilmesi ya da tamamen kayıpların önüne geçilmesi, oluşan atıkların değerlendirilmesi, yüksek teknoloji ile üretim miktarı azaltılmadan enerjiye olan talebin azaltılması, enerji geri dönüşümleri, gelişmiş endüstriyel süreçler, daha verimli enerji kaynakları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin tamamıdır (Ayrancı, 2011).

- Santral İnşa Süresi

Üretilmek istenen enerji türüne bağlı olarak santral ihtiyacı doğmaktadır. Santral ihtiyacı enerji üretimi için ana faktörlerden biri olmakla birlikte üretim süresi de enerji faktörünün seçiminde rol oynamaktadır (Özcan ve ark., 2017).

- Yatırım Maliyeti

Enerji seçiminde en önemli kriterlerden biri olan yatırım maliyeti; üretim için gerekli fiziki şartlar, personel, malzeme, makine gibi faktörlerin toplamıdır.

- Yakıt Maliyeti

Enerji üretiminde kullanılan yakıt gideri tutarıdır.

- İşletme ve Bakım Maliyeti

Planlı ve olağan dışı bakımlar için harcanan enerji gideri çeşididir.

- Devlet Teşviki

Enerji üretimi yapılan işletmelerin üretim için Hükümet tarafından özendirici faaliyetlerin sürdürülmesidir. Hükümet, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda özellikle son yıllarda birçok teşvik vermektedir (Özcan ve ark., 2017).

- Dışa Bağımlılığı Azaltma

Enerji üretiminin ülke içerisinde yapılarak dışarıdan talep edilmesinin önüne geçilmesi ya da azaltılması olarak ifade edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en üst seviyede kullanılabilir hale getirilmesi, enerji üretiminin ülke içerisinde yapılmasının bir sonucu olarak dışa bağımlılık azaltılmaktadır. Bu nedenle, bu kavramın devlet tarafından desteklendiğini ifade edilmektedir (Akçay, 2019).

- Sera Gazı Salınımı

Enerji üretim işletmelerinde üretilen enerji çeşidinin bağlı olarak sera gazı oluşumu görülebilmektedir. Yüksek düzeyde sera gazı salınımına sebep olan üretim işletmeleri çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sera gazı salınımı farklı olduğundan dolayı; yenilenebilir enerji kaynakları önemini her geçen zaman biraz daha artmaktadır (Mahmutoğlu, 2013).

- Alan Gereksinimi

Enerji üretimi için tesisin kurulması adına bir alana gereksinim duyulmaktadır. Kullanılacak tesisin büyüklüğü baz alınarak gerekli alan miktarına kararverilmektedir. Enerji üretim tesisinin kapladığı alan miktarı ile enerji seçimi arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır.

- Gürültü

Üretilecek enerji çeşidine bağlı olarak ortamdaki ses miktarının desibel cinsinden istenmeyen değerde olmasıdır. Gürültü kriteri de enerji kaynağı seçiminde önem derecesi çok yüksek olmamakla birlikte göz önünde bulundurulacak bir kriterdir. Rüzgar türbinlerinin çalışması sırasında gürültü kirliliği oluşturması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Mahmutoğlu, 2013).

- Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim

Üretilmek istenen enerji çeşidine bağlı olarak atık ortaya çıkabilmektedir. Bu atıkların doğaya zarar vermemesi adına en uygun atık imha işlemine ihtiyaç duyulmaktadır.

- İstihdam Olanakları

Üretilecek enerji miktarına bağlı olarak kurulan tesislerde; tesis büyüklüğü doğrultusunda, çalışan personellere istihdam olanağı sunulmaktadır.

- Sosyal Kabul Edilebilirlik

Enerji üretimi için kullanılacak enerji kaynağının benimsenmesi durumuna denilmektedir.

- Teknolojik Seviye

Kullanılacak olan enerji üretim tesisinin; hızla büyüyen küreselleşen Dünya’da rekabet edebilmesi açısından, kullandığı materyallerin gelişmişlik ve kolaylık düzeyidir.

- Operasyon Riski

Enerji üretimi sırasında doğabilecek olan olumsuz durum ve çevreye geri dönülemez zararlar verme potansiyelidir.

- Sürekliliği Bozma Riski

Enerji üretim tesisinin, devamlı olarak enerji üretimine devam edememe durumudur. Enerji üretimi sırasında yaşanan bu istikrarsızlık istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Talebi Karşılayamama

Üretimi tesisinin arz miktarının yetersiz olması, istenilen enerji miktarını karşılayamaması sonucunda talep edilen enerjinin üretilmemesi durumudur.

- İnsan Sağlığına Verilecek Zarar

Enerji üretimi sırasında ve sonrasında ortaya çıkabilecek insan sağlığı açısından olumsuz durumlara denilmektedir.

- Sürdürülebilir Kalkınma

Bahsi geçen kavram, bir çok kriteri içinde bulundurur. Sürdürülebilir kalkınma sağlanırken gelecek nesillerin enerji arz güvenliği tehlikeye atılmamalıdır. Bu kriter literatürde enerji seçimi kararı veren çalışmaların çoğunda kullanılmıştır (Şeker, 2010).

- Ucuz Enerji Elde Etmesi

Enerji tesislerinden elde edilen enerji çeşidinin birim üretim maliyetinin düşük olmasıdır. Üretim maliyetinin düşük olmasının enerji seçimindeki rolü büyüktür. Birim üretim maliyetinin yüksek olduğu durumlarda, verimliliğin yüksek olması bile enerji kaynağının seçilmemesi için yeterli bir sebep olarak görülebilmektedir.

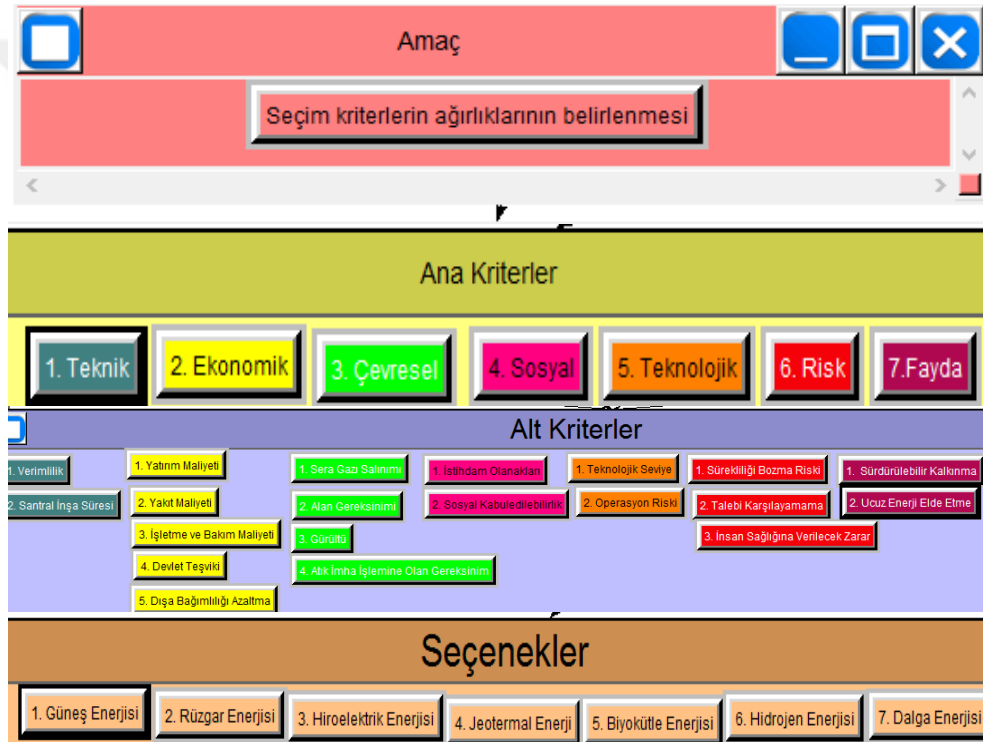
Belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri ve alternatiflerin bu kriterlerle değerlendirilmesi, enerji alanından 5 uzmana anket düzenlenerek yapılmıştır. Yapılan anketler yardımıyla problemin çözümünde 2 adet yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerin uygulaması; önce AHP, ardından Bulanık TOPSIS yöntemleri ile aşağıda detaylıca verilmiştir. AHP yöntemi Super Decisions isimli paket programla desteklenmiştir.

4.1. AHP Yönteminin Uygulanması

AHP yönteminde uygulanan adımlar aşama aşama aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Öncelikle amacı etkileyen ana kriterler ve alt kriterler arasında hiyerarşik yapı kurulur. Super Decisions programında kurulan hiyerarşi Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Modelin Super Decisions Programında Kurulan Hiyerarşik Yapısı

4.1.2. AHP Yöntemi ile Super Decisions'ta Problemin Çözümü

Bu aşamada Super Decisions programı ile ikili karşılaştırmaların yapılması, kriter ağırlıklarının hesaplanması, özvektörün belirlenmesi ve tutarsızlıkların hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Karar vericilere uygulanan 5 anketteki matrislere ait verilerin geometrik ortalamaları alınarak veriler Super Decisions programına

girilmiştir. Aşağıda kriterler için girilen matrislerin detayı ve Super Decisions ekran görüntüleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1.3. Kriterlerin Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Karar vericilere uygulanan anketler EK2, EK3, EK4, EK5 ve EK6' da verilmiştir. 5 uzmana yapılan anketlerin geometrik ortlaması alınarak karşılaştırmalı matrisler oluşturulmuştur. Oluşturulan karşılaştırmalı matrisler Çizelge 4.1' den itibaren Çizelge 4.8'e kadar devam etmektedir.

Çizelge 4.1. Ana Kriterler Karşılaştırma Matrisi

ANA KRİTERLER	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknolojik	Risk	Fayda
Teknik	1,00	2,35	5,38	6,15	2,35	0,70	0,18
Ekonomik	0,43	1,00	5,19	5,50	2,06	2,49	0,19
Çevresel	0,19	0,19	1,00	1,15	0,30	0,24	0,16
Sosyal	0,16	0,18	0,87	1,00	0,27	0,28	0,14
Teknolojik	0,43	0,48	3,33	3,70	1,00	0,30	0,19
Risk	1,43	0,40	4,17	3,57	3,33	1,00	0,16
Fayda	5,56	5,26	6,25	7,14	5,26	6,25	1,00

Çizelge 4.2. Teknik Kriterler Karşılaştırma Matrisi

TEKNİK KRİTERLER	Verimlilik	Santral İnşa Süresi (Yıl)
Verimlilik	1	4,28
Santral İnşa Süresi	0,23	1

Çizelge 4.3. Ekonomik Kriterler Karşılaştırma Matrisi

EKONOMİK KRİTERLER	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1,00	4,74	6,35	2,35	0,28
Yakıt Maliyeti	0,21	1,00	1,09	0,87	0,15
İşletme ve Bakım Maliyeti	0,16	0,92	1,00	0,17	0,11
Devlet Teşviki	0,42	1,15	5,88	1,00	0,29
Dışa Bağımlılığı Azaltma	3,57	6,66	9,09	3,44	1,00

Çizelge 4.4. Çevresel Kriterler Karşılaştırma Matrisi

ÇEVRESEL KRİTERLER	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1,00	2,38	2,26	1,43
Alan Gereksinimi	0,42	1,00	5,47	3,32
Gürültü	0,44	0,18	1,00	2,14
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	0,70	0,30	0,47	1,00

Çizelge 4.5. Sosyal Kriterler Karşılaştırma Matrisi

SOSYAL KRİTERLER	İstihdam Olanakları	Sosyal Kabul edilebilirlik
İstihdam Olanakları	1	6,11
Sosyal Kabul edilebilirlik	0,16	1

Çizelge 4.6. Teknolojik Kriterler Karşılaştırma Matrisi

TEKNOLOJİK KRİTERLER	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	1,16
Operasyon Riski	0,85	1

Çizelge 4.7.Risk Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

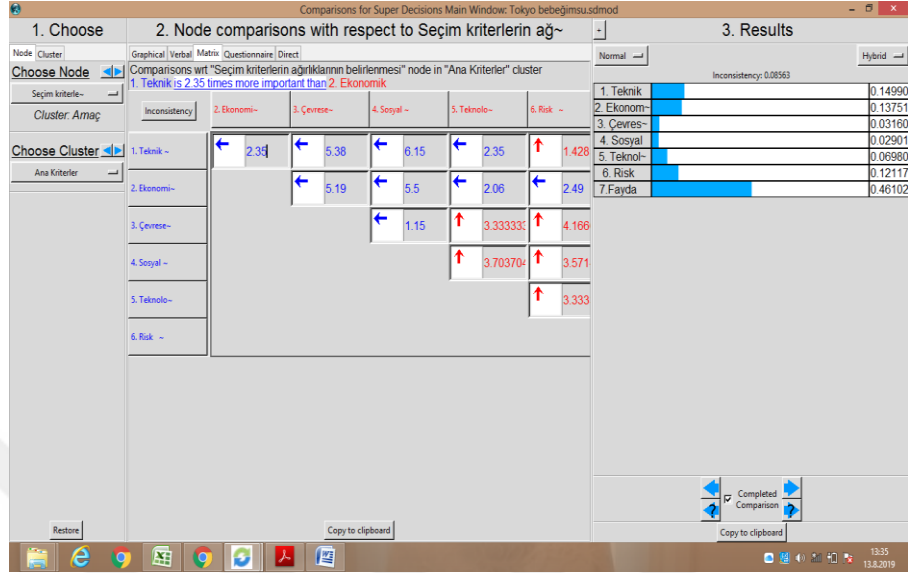
RİSK KRİTERLERİ	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1,00	0,35	1,93
Talebi Karşılayamama-	2,85	1,00	3,38
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	0,52	0,30	1,00

Çizelge 4.8. Fayda Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

FAYDA KRİTERLERİ	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1,00	0,37
Ucuz Enerji Elde Etme	2,70	1,00

4.1.3. Kriterlerin Karşılaştırma Matrislerinin Super Decisions Görüntüsü ve Ağırlık Tablolarının Oluşturulması

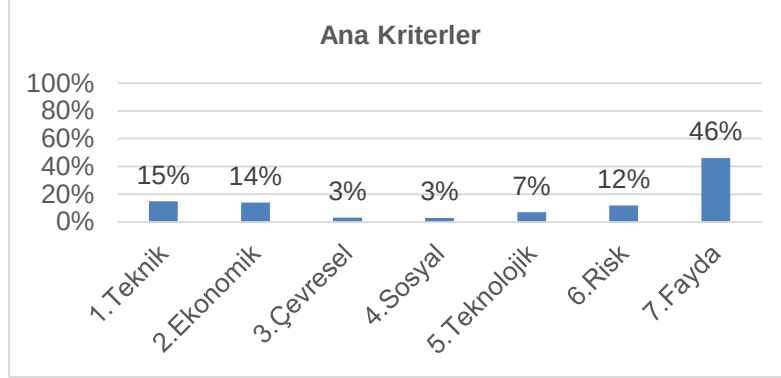
5 uzman tarafından hazırlanan anketlerin geometrik ortalaması alınarak karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, bu matrislere ait değerler Super Decisions ' ta girilerek Şekil 4.2 ve Çizelge 4.9' daki gibi ana kriterlerin birbirlerine göre ağırlıkları bulunmuştur. Ana kriterlerin birbirine göre önem ağırlıkları belirlendikten sonra Şekil 4.3' deki gibi yüzdeler daha belirgin olarak grafik ile gösterilmiştir. Super Decisions' ta matrislerin tutarlılık oranları kontrol edilerek ilerlenmiştir. Bütün karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları beklenen değerde çıkmıştır.



Şekil 4.2. Ana Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

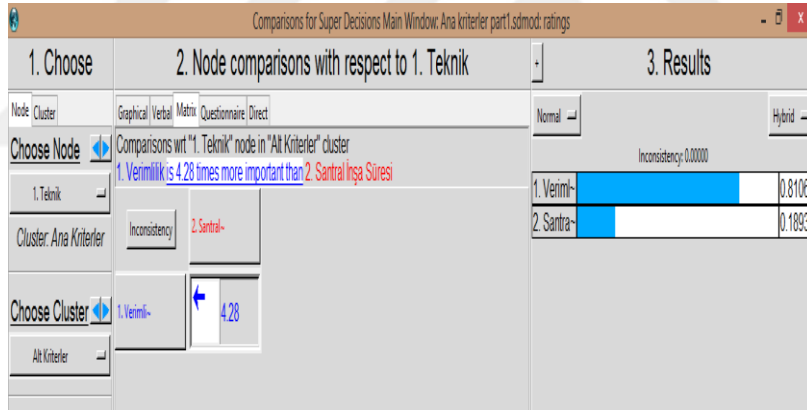
Çizelge 4.9. Ana Kriterler Ağırlık Tablosu

ANA KRİTERLER							
INCONSISTENCY: 0,08563							
ANA KRİTERLER	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknolojik	Risk	Fayda
Teknik	1,00	2,35	5,38	6,15	2,35	0,70	0,18
Ekonomik	0,43	1,00	5,19	5,50	2,06	2,49	0,19
Çevresel	0,19	0,19	1,00	1,15	0,30	0,24	0,16
Sosyal	0,16	0,18	0,87	1,00	0,27	0,28	0,14
Teknolojik	0,43	0,48	3,33	3,70	1,00	0,30	0,19
Risk	1,43	0,40	4,17	3,57	3,33	1,00	0,16
Fayda	5,56	5,26	6,25	7,14	5,26	6,25	1,00



Şekil 4.3. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Ana Kriterlerin Önem Yüzdesi

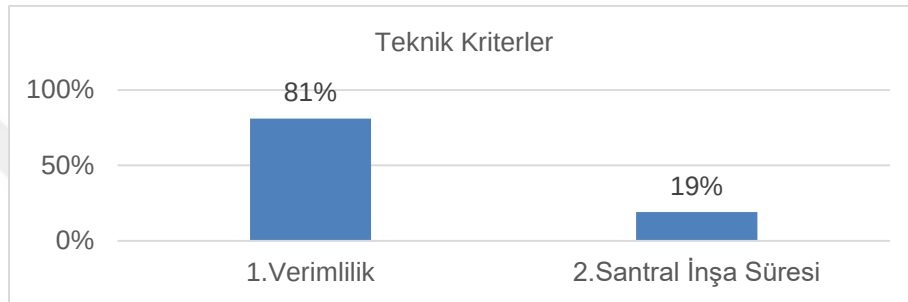
Ana kriterlerde olduğu gibi ana kriterlerin altında tüm alt kriterler için de Super Decisions ekran görüntüleri ve kriterlerin ağırlık tabloları ve kriterlerin önem yüzdesine ait grafikler Şekil 4.5’ ten itibaren Şekil 4.17’ ye kadar verilmiştir.



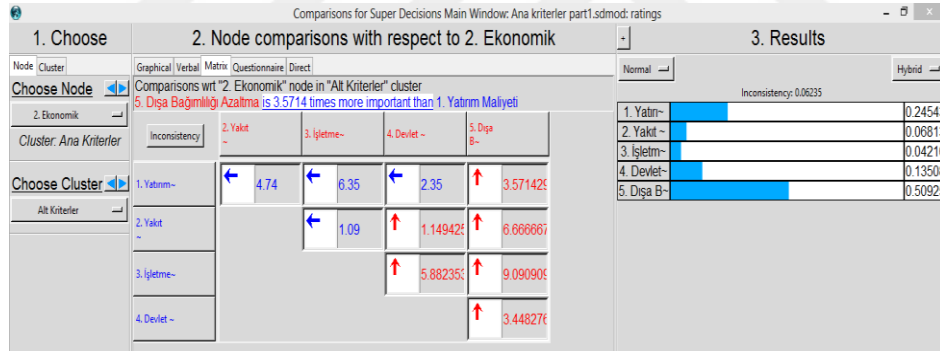
Şekil 4.4. Teknik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.10. Teknik Kriterler Ağırlık Tablosu

TEKNİK KRİTERLER		
INCONSISTENCY: 0,0000		
TEKNİK KRİTERLER	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	4,28
Santral İnşa Süresi	0,23	1



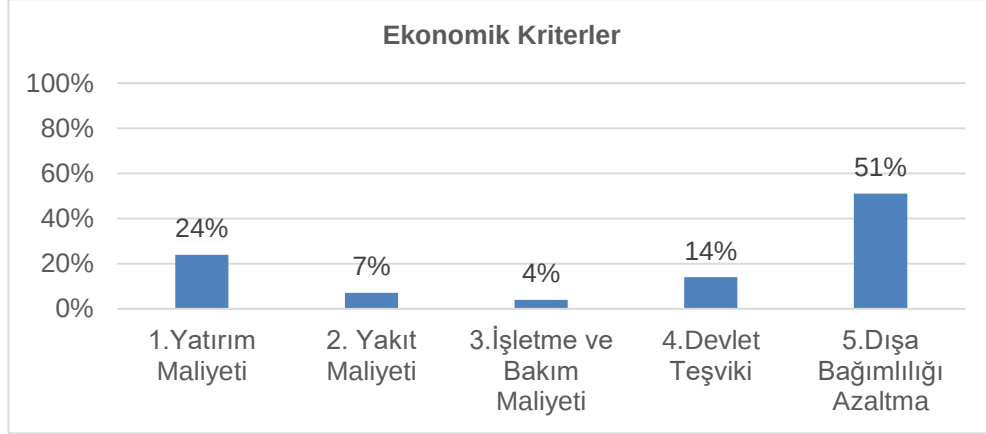
Şekil 4.5. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Teknik Kriterlerin Önem Yüzdelesi



Şekil 4.6. Ekonomik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.11. Ekonomik Kriterler Ağırlık Tablosu

EKONOMİK KRİTERLER					
INCONSISTENCY: 0,06235					
EKONOMİK KRİTERLER	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1,00	4,74	6,35	2,35	0,28
Yakıt Maliyeti	0,21	1,00	1,09	0,87	0,15
İşletme ve Bakım Maliyeti	0,16	0,92	1,00	0,17	0,11
Devlet Teşviki	0,42	1,15	5,88	1,00	0,29
Dışa Bağımlılığı Azaltma	3,57	6,66	9,09	3,44	1,00



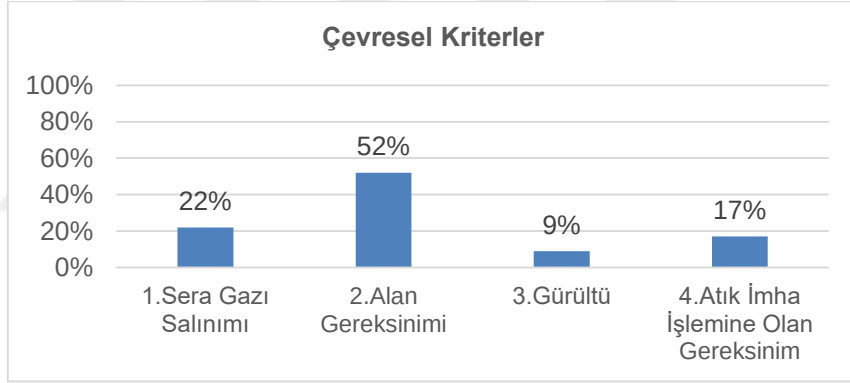
Şekil 4.7. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Ekonomik Kriterlerin Önem Yüzdeleri



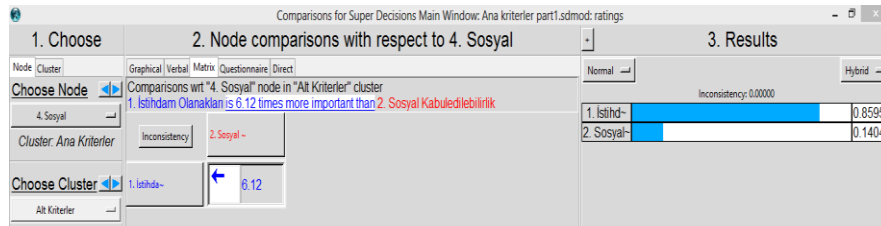
Şekil 4.8. Çevresel Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.12. Çevresel Kriterler Ağırlık Tablosu

ÇEVRESEL KRİTERLER				
INCONSISTENCY: 0,00378				
ÇEVRESEL KRİTERLER	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1,00	2,38	2,26	1,43
Alan Gereksinimi	0,42	1,00	5,47	3,32
Gürültü	0,44	0,18	1,00	2,14
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	0,70	0,30	0,47	1,00



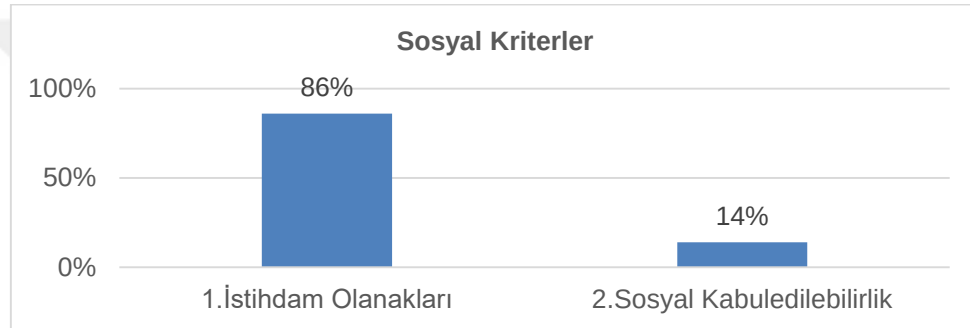
Şekil 4.9. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Çevresel Kriterlerin Önem Yüzdeleri



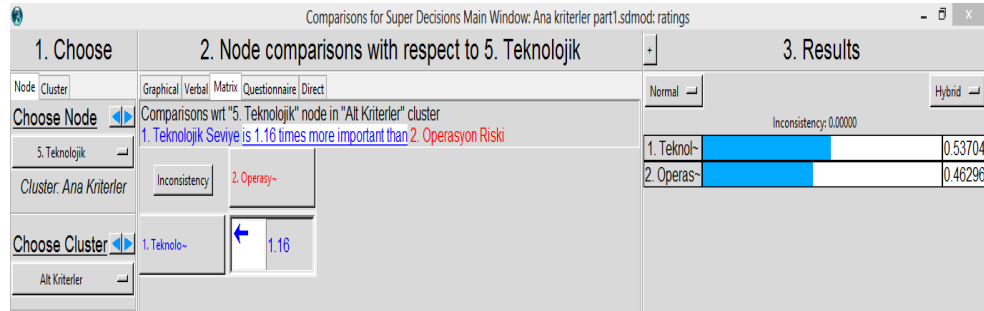
Şekil 4.10. Sosyal Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.13. Sosyal Kriterler Ağırlık Tablosu

SOSYAL KRİTERLER		
INCONSISTENCY: 0,0000		
SOSYAL KRİTERLER	İstihdam Olanakları	Sosyal Kabul edilebilirlik
İstihdam Olanakları	1	6,11
Sosyal Kabul edilebilirlik	0,16	1



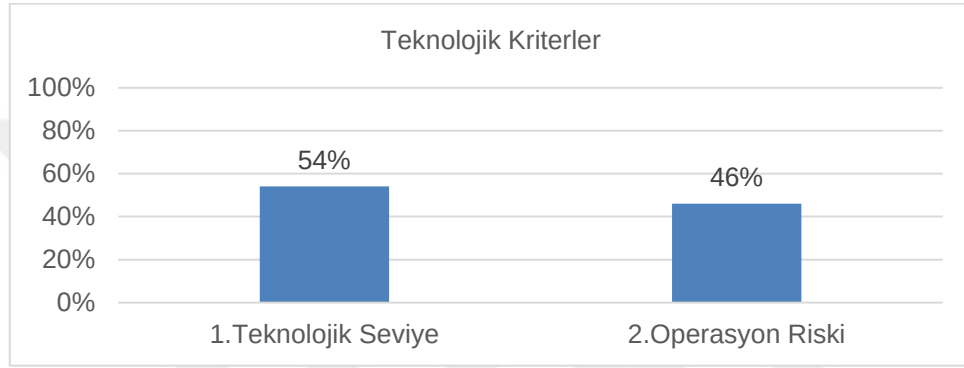
Şekil 4.11. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Sosyal Kriterlerin Önem Yüzdeği



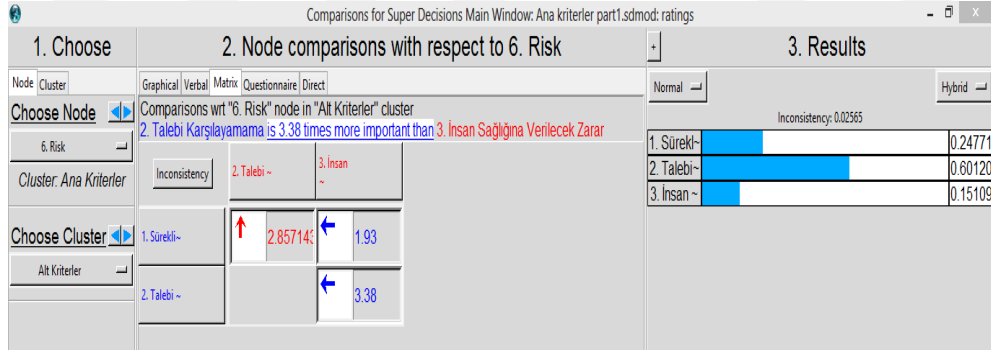
Şekil 4.12. Teknolojik Kriterler Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.14. Teknolojik Kriterler Ağırlık Tablosu

TEKNOLOJİK KRİTERLER		
INCONSISTENCY: 0,0000		
TEKNOLOJİK KRİTERLER	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	1,16
Operasyon Riski	0,85	1



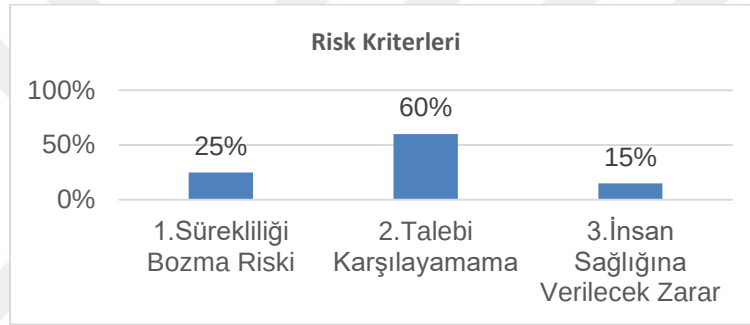
Şekil 4.13. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Teknolojik Kriterlerin Önem Yüzdeği



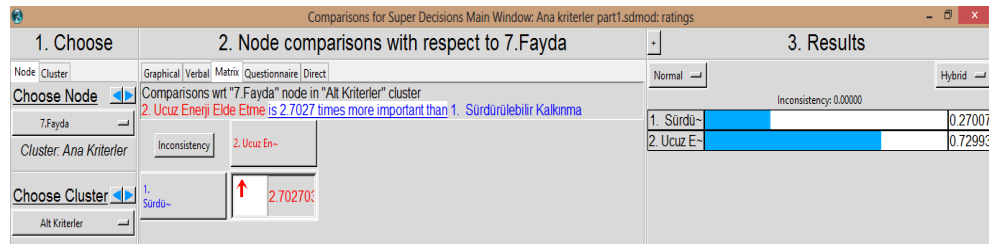
Şekil 4.14. Risk Kriterleri Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.15.Risk Kriterleri Ağırlık Tablosu

RİSK KRİTERLERİ			
INCONSISTENCY: 0,02565			
RİSK KRİTERLERİ	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1,00	0,35	1,93
Talebi Karşılayamama-	2,85	1,00	3,38
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	0,52	0,30	1,00



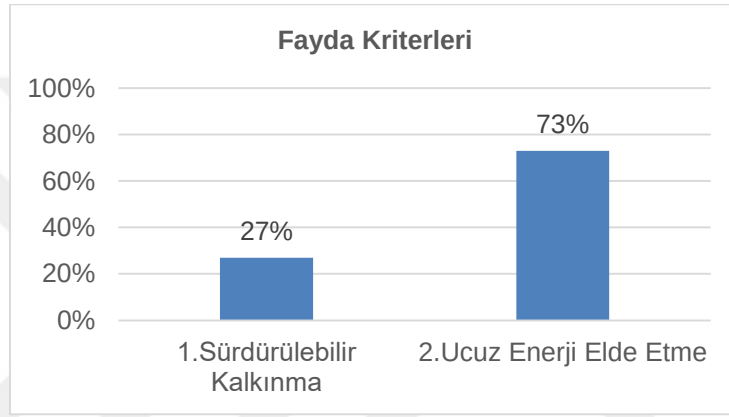
Şekil 4.15. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Risk Kriterlerinin Önem Yüzdeleri



Şekil 4.16. Fayda Kriterleri Karşılaştırma Matrisi Super Decisions Görüntüsü

Çizelge 4.16. Fayda Kriterleri Ağırlık Tablosu

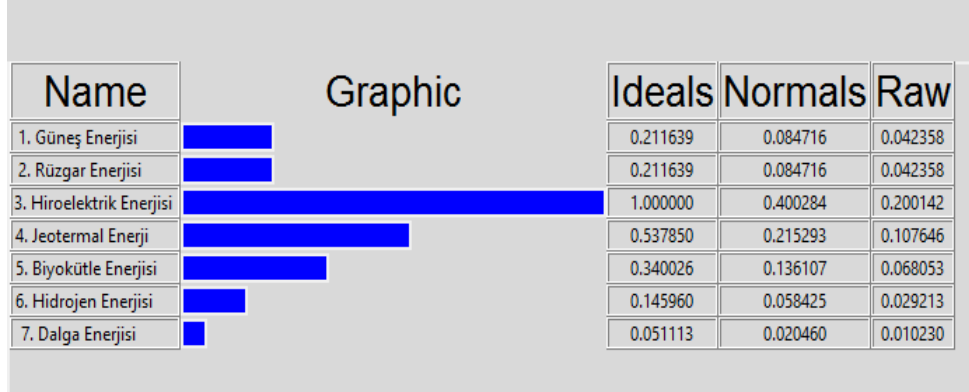
FAYDA KRİTERLERİ		
INCONSISTENCY: 0,0000		
FAYDA KRİTERLERİ	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1,00	0,37
Ucuz Enerji Elde Etme	2,70	1,00



Şekil 4.17. Alternatifleri Belirlemede Kullanılan Fayda Kriterlerinin Önem Yüzdeleri

4.1.4. Hiyerarşik Yapının Genel Sonucunun Elde Edilmesi

Tüm matrisler programa girildikten ve kabul edilebilir tutarsızlık aralığındaki karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra program çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçların Super Decisions görüntüsü Şekil 4.18' de verilmiştir.



Şekil 4.18. Alternatiflerin Sıralamasının Super Decisions Görüntüsü

Super Decisions kullanılarak AHP metodundan elde edilen sonuç doğrultusunda elektrik enerjisi üretimi için en uygun yenilenebilir enerji sıralaması yüksekten düşüğe doğru; hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerjisi, biyokütle enerjisi, rüzgar/ güneş enerjisi ve dalga enerjisi şeklindedir.

4.2. Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması

Çalışmanın bu bölümünde Bulanık TOPSIS yöntemi adım adım uygulanarak yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak alternatifin seçim kararı verilmeye çalışılmıştır.

4.2.1. Karar Vericiler Tarafından Kriterlerin Belirlenmesi

AHP metodu uygulanırken kullanılan ve açıklanan kriterlerin aynıları kullanılmıştır.

4.2.2. Alternatif Enerji Kaynağı Seçim Kriterlerinin Ağırlıklandırılması ve Dilsel Skorların Atanması

Kriterlerin önem ağırlıkları belirlenirken karar vericiler 2000 yılında Chen' in oluşturulmuş olduğu Çizelge 4.17' yi kullanmışlardır. Tabloda kriterlerin önem dereceleri yüksekten düşüğe sıralanacak şekilde sözel değişkenler ve bunların

karşılığı olan üçgensel bulanık sayılar yer almaktadır. Karar vericilere uygulanan anketler Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0.0, 0.0, 0.1)
Düşük (D)	(0.0, 0.1, 0.3)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Karar vericiler kriterlerin önem ağırlıklarının Çizelge 4.17' teki dilsel değişkenlere göre belirlemiştir. Çizelge 4.18' de karar vericilerin kriterlere atadığı dilsel değişkenler verilmiştir. Örnek olarak 1. karar verici hariç diğer 4 karar verici 1. kriterin önem düzeyini çok yüksek (ÇY) olarak belirlemiştir.

Çizelge 4.19. Karar Vericilerin Kriterlere Verdikleri Dilsel Skorlar

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
K2	O	O	BY	BY	Y
K3	Y	BY	Y	Y	Y
K4	BD	O	ÇD	ÇD	D
K5	D	ÇD	ÇD	ÇD	D
K6	O	O	O	BD	D
K7	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇY
K8	D	BD	ÇD	O	BD
K9	D	BD	O	ÇD	BD
K10	D	D	ÇD	ÇD	ÇD
K11	BD	D	D	ÇD	BD
K12	Y	O	BD	O	O

K13	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D
K14	Y	Y	ÇY	ÇY	Y
K15	Y	BY	BY	O	Y
K16	Y	Y	O	O	Y
K17	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇY
K18	BD	BD	D	O	O
K19	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
K20	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY

Karar vericiler tarafından kriterler sözel değişkenler kullanılarak değerlendirildikten sonra Çizelge 4.17 kullanılarak bu sözel değişkenlerin karşılığı olan üçgensel bulanık sayıların oluşturulduğu Çizelge 4.19 elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. Karar Vericilerin Kriterlere Verdikleri Dilsel Skorların Karşılığı Olan Üçgensel Bulanık Sayıların Oluşturulması

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K2	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
K3	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
K4	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.1, 0.3)
K5	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.1, 0.3)
K6	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)
K7	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K8	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)
K9	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.1, 0.3, 0.5)
K10	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)
K11	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.1, 0.3, 0.5)
K12	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
K13	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.0, 0.1)	(0.0, 0.1, 0.3)
K14	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
K15	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)
K16	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)
K17	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K18	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
K19	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K20	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)

Karar vericiler tarafından kriterlere verilen önem derecelerini tek bir değere indirmek için eşitlik 3.10 kullanılır. Böylece kriterlerin önem ağırlıkları Çizelge 4.20' deki gibi oluşturulur.

Çizelge 4.21. Kriterlerin Önem Ağırlıkları

	Ağırlıklar
K1	(0,70, 0,98, 1.00)
K2	(0,30, 0,66, 1.00)
K3	(0,50, 0,86, 1.00)
K4	(0.00, 0,18, 0,70)
K5	(0.00, 0,04, 0,30)
K6	(0.00, 0,38, 0,70)
K7	(0,70, 0,96, 1.00)
K8	(0.00, 0,24, 0,70)
K9	(0.00, 0,24, 0,70)
K10	(0.00, 0,04, 0,30)
K11	(0.00, 0,16, 0,50)
K12	(0,10, 0,54, 1.00)
K13	(0.00, 0,02, 0,30)
K14	(0,70, 0,94, 1.00)
K15	(0,30, 0,74, 1.00)
K16	(0,30, 0,74, 1.00)
K17	(0,70, 0,96, 1.00)
K18	(0.00, 0,34, 0,70)
K19	(0,90, 1.00, 1.00)
K20	(0,70, 0,98, 1.00)

4.2.3. Kriterler Altında Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Sözel Skorların Atanması

Belirlenen alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına karar vericiler tarafından Chen'in (2000) alternatifleri değerlendirmede kullandığı Çizelge 4.21 yardımıyla dilsel skorlar atanmıştır. Skorların belirlenmesinin ardından excelde alternatiflerin önem derecelerinin üçgen bulanık sayı karşılıkları hazırlanmıştır.

Çizelge 4.22. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Kötü(ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü(K)	(0, 1, 3)
Biraz Kötü(BK)	(1, 3, 5)
Orta(O)	(3, 5, 7)
Biraz İyi(Bİ)	(5, 7, 9)
İyi(İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi(Çİ)	(9, 10, 10)

Karar vericiler Çizelge 4.21' deki sözel değişkenleri kullanarak kriterler aracılığı ile alternatifleri değerlendirmişlerdir. Örnek olarak karar verici-1 tarafından alternatiflerin değerlendirilmesi Çizelge 4.22' de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Karar Verici-1 Tarafından Alternatiflerin Kriterler Altında Değerlendirmesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	O	İ	O	Çİ	İ	Bİ	O	İ	Çİ	Çİ
A2	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	O	İ	İ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	BK	İ	Çİ	İ	BK	Çİ	İ	O	Çİ
A4	BK	İ	BK	Çİ	İ	O	Çİ	İ	Çİ	Çİ
A5	İ	İ	O	Çİ	Bİ	Bİ	İ	İ	BK	Çİ
A6	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	O	BK	Çİ	Çİ	BK	Çİ
A7	ÇK	K	K	Çİ	İ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	O	Çİ	O	Çİ	K	ÇK	O	İ	O
A2	Çİ	O	Çİ	Bİ	O	ÇK	K	Çİ	İ	O
A3	O	O	İ	Çİ	O	BK	O	Çİ	Çİ	Çİ
A4	O	O	Çİ	İ	İ	Bİ	K	Çİ	Çİ	İ
A5	O	O	Çİ	Bİ	O	İ	K	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	Bİ	K	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	Bİ	BK	İ	İ	BK	Çİ	Bİ	K

Karar vericiler tarafından oluşturulan değerlendirmeler Çizelge 4.21 yardımıyla üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. Örnek olarak, karar verici-1 tarafından alternatiflerin kriterler altında değerlendirilmesi ile oluşturulan tablo üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. 5 karar verici tarafından oluşturulmuş değerlendirmelere ait üçgen bulanık sayı karşılıklarının bulunduğu tablolar EK7, EK8, EK9, EK10 ve EK11 'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Karar Verici-1 için Alternatiflerin Kriterler Altında Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık Sayılarla Gösterimi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A2	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A3	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A4	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
A6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A7	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)

Çizelge 4.23'ün devamı

	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)
A2	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
A3	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
A4	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)
A5	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
A6	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
A7	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)

	K11	K12	K13	K14	K15
A1	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A4	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
A5	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)

	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A2	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A3	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A4	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)

Karar vericiler ilgili alternatiflerin verilen kriterlerdeki performansına göre değerlendirmeleri yaparken Çizelge 4.24' ten yararlanmışlardır.

Çizelge 4.25. Karar Vericilerin Kriterleri Değerlendirmede Referans Aldığı Tablo (Özcan ve ark., 2017)

	Verimlilik (%)	Santral İnşa Süresi (yıl)	Yatırım Maliyeti(\$/kW)	Yakıt Maliyeti(\$)	İşletme ve Bakım Maliyeti (\$/kW)
A1	21	2	2716,63	0,00	25,00
A2	26	1	1552,26	0,00	22,00
A3	90	4	2059,39	0,00	26,00
A4	16	2	3059,63	0,00	31,00
A5	40	2	2885,68	0,00	51,00
A6	80	10	10000,00	0,00	100,00
A7	13	5	5000,00	0,00	5,00

	Devlet Teşviki (\$/kWh)	Dışa Bağımlılığı Azaltma	Sera Gazı Salınımı (g/kWh)	Alan Gereksinimi(km2/MW)	Gürültü
A1	22,5	5	11	0,04	1
A2	11	7	10	0,05	1
A3	9,6	9	10	8,1	1
A4	13,2	8	38	0,007	1
A5	18,9	7	25	20	1
A6	10	10	0	100	1
A7	8	4	0	1	1

	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	İstihdam Olanakları	Sosyal Kabul edilebilirlik	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
A1	1	0,22	0,1137	5,00	2,00
A2	1	0,024	0,134	7,00	20,00
A3	4	0,038	0,0479	9,00	25,00
A4	2	0,04	0,1312	8,00	8,00
A5	3	0,2	0,127	7,00	10,00
A6	1	0,001	0,01	3,00	5,00
A7	1	0,002	0,02	4,00	7,00

	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
A1	9	10	74	7	7425
A2	10	9	9.5	8	7425
A3	7	5	9.2	9	895
A4	6	7	34.4	9	2460
A5	4	7	45	10	7425
A6	1	3	5	10	15000
A7	1	6	3	4	10000

4.2.4. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu matris karar vericiler tarafından karar kriterlerini dikkate alarak alternatiflerin değerlendirmesinden sonra oluşturulur. Bulanık karar matrisi, karar vericilerin alternatiflere verdiği performans değerlerini tek bir değere indirgeme işlemidir. Bu işlem için Denklem (3.11) kullanılır ve bulanık karar matrisi Çizelge 4.25' deki gibi oluşturulur.

Çizelge 4.26. Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(4,6,8)	(7,9,10)	(4,6,8)	(9,10,10)	(8,10,10)
A2	(6,8,9)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(8,10,10)
A3	(9,10,10)	(5,6,8)	(8,9,10)	(9,10,10)	(8,10,10)
A4	(2,4,6)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(6,8,10)
A5	(7,9,10)	(7,9,10)	(4,6,8)	(9,10,10)	(5,7,8)
A6	(9,10,10)	(0,0,1)	(0,0,1)	(9,10,10)	(2,3,4)
A7	(0,0,1)	(2,3,5)	(0,1,3)	(9,10,10)	(8,9,10)

	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(6,8,9)	(5,7,8)	(8,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
A2	(3,5,7)	(7,9,10)	(8,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
A3	(3,5,7)	(9,10,10)	(8,9,10)	(3,5,7)	(9,10,10)
A4	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,9)	(9,10,10)	(9,10,10)
A5	(6,8,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)
A6	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)	(1,2,4)	(9,10,10)
A7	(0,1,3)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)

	K11	K12	K13	K14	K15
A1	(9,10,10)	(5,7,8)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)
A2	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(5,7,9)	(2,4,6)
A3	(6,8,9)	(3,5,7)	(8,10,10)	(9,10,10)	(2,4,6)
A4	(7,9,9)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
A5	(6,8,9)	(5,7,8)	(9,10,10)	(5,7,9)	(4,6,8)
A6	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(0,1,3)	(7,9,10)
A7	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,3,5)	(7,9,10)

	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(1,3,5)	(2,3,4)	(5,6,8)	(7,9,10)	(3,5,7)
A2	(0,0,2)	(2,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(3,5,7)
A3	(3,5,7)	(5,7,9)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
A4	(4,6,8)	(1,3,5)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
A5	(5,6,9)	(1,3,5)	(9,10,10)	(9,10,10)	(3,5,7)
A6	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,0,1)
A7	(7,9,10)	(2,3,5)	(9,10,10)	(5,7,9)	(0,1,3)

4.2.5. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra Denklem (3.14) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilir.

Bu çalışmada tüm kriterler fayda kriteri olarak değerlendirilmiş olup elde edilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.27. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0,4, 0,6, 0,8)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,4, 0,6, 0,8)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,8, 1,0, 1,0)
A2	(0,6, 0,8, 0,9)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,8, 1,0, 1,0)
A3	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,5, 0,6, 0,8)	(0,8, 0,9, 1,0)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,8, 1,0, 1,0)
A4	(0,2, 0,4, 0,6)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,6, 0,8, 1,0)
A5	(0,7, 0,9, 0,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,4, 0,6, 0,8)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,5, 0,7, 0,8)
A6	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,0, 0,0, 0,1)	(0,0, 0,0, 0,1)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,2, 0,3, 0,4)
A7	(0,0, 0,0, 0,1)	(0,2, 0,3, 0,5)	(0,0, 0,1, 0,3)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,8, 0,9, 1,0)

	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,5, 0,7, 0,8)	(0,8, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)
A2	(0,3, 0,6, 0,8)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,8, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)
A3	(0,3, 0,6, 0,8)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,8, 0,9, 1,0)	(0,3, 0,5, 0,7)	(0,9, 1,0, 1,0)
A4	(0,6, 0,8, 1,0)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,7, 0,9, 0,9)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)
A5	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)
A6	(0,3, 0,6, 0,8)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,1, 0,2, 0,4)	(0,9, 1,0, 1,0)
A7	(0,0, 0,1, 0,3)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)

	K11	K12	K13	K14	K15
A1	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,6, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,3, 0,5, 0,7)	(0,9, 1,0, 1,0)
A2	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,4, 0,7, 0,9)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,2, 0,4, 0,6)
A3	(0,6, 0,8, 0,9)	(0,4, 0,7, 0,9)	(0,8, 0,1,0, 1,0)	(0,9, 0,1, 1,0)	(0,2, 0,4, 0,6)
A4	(0,7, 0,9, 0,9)	(0,4, 0,7, 0,9)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)
A5	(0,6, 0,8, 0,9)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,4, 0,6, 0,8)
A6	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,4, 0,7, 0,9)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,0, 0,1, 0,3)	(0,7, 0,9, 1,0)
A7	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,4, 0,7, 0,9)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,7, 0,9, 1,0)

	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,2, 0,3, 0,4)	(0,5, 0,6, 0,8)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,3, 0,5, 0,7)
A2	(0,0, 0,0, 0,2)	(0,2, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,3, 0,5, 0,7)
A3	(0,3, 0,5, 0,7)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 0,1, 1,0)
A4	(0,4, 0,6, 0,8)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)
A5	(0,5, 0,6, 0,9)	(0,1, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,3, 0,5, 0,7)
A6	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,0, 0,0, 0,1)
A7	(0,7, 0,9, 1,0)	(0,2, 0,3, 0,5)	(0,9, 1,0, 1,0)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,0, 0,1, 0,3)

4.2.6. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu matris oluşturulurken Çizelge 4.25' de verilen bulanık karar matrisi ve kriterlerin önem ağırlıklarının olduğu Çizelge 4.20' den faydalanılır. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulurken Denklem (3.16) kullanılır. Normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki değerler bulundukları sütundaki kriterin önem ağırlığı ile çarpılarak matris ağırlıklandırılmış olur. Elde edilen ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi Çizelge 4.27' de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0,28, 0,58, 0,80)	(0,21, 0,59,1)	(0,20,0,52,0,80)	(0,0,02, 0,70)	(0,0,04,0,3)
A2	(0,42, 0,80, 0,90)	(0,27, 0,07, 1)	(0,45,0,86,1,00)	(0,0,02,0,70)	(0,0,04,0,3)
A3	(0,63, 0,98,1,00)	(0,15, 0,40,0,8)	(0,40,0,80,1,00)	(0,0,02,0,70)	(0,0,04,0,3)
A4	(0,14, 0,40,0,60)	(0,21,0,6,1,00)	(0,05,0,26, 0,50)	(0, 0,02,0,70)	(0,0,03,0,3)
A5	(0,50, 0,90, 0,00)	(0,21,0,6,1,00)	(0,20, 0,52,0,80)	(0, 0,02, 0,70)	(0,0,03,0,24)
A6	(0,63, 0,98, 1,00)	(0,00 0,000,10)	(0,00, 0,00 0,10)	(0, 0,02, 0,70)	(0, 0,01,0,12)
A7	(0,00 0,00 0,10)	(0,06, 0,12,0,5)	(0,00 0,09, 0,30)	(0, 0,02, 0,70)	(0, 0,04, 0,3)

	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(0, 0,34, 0,70)	(0,35, 0,67, 0,8)	(0, 0,22, 0,70)	(0, 0,24, 0,7)	(0, 0,04, 0,3)
A2	(0, 0,23, 0,56)	(0,49, 0,86,1,00)	(0, 0,22, 0,70)	(0, 0,24, 0,7)	(0, 0,04, 0,3)
A3	(0, 0,23, 0,56)	(0,63, 0,01,1,00)	(0, 0,22, 0,70)	(0, 0,12, 0,5)	(0, 0,04, 0,3)
A4	(0, 0,30, 0,70)	(0,63, 0,01,1,00)	(0, 0,22, 0,63)	(0, 0,24, 0,7)	(0, 0,04, 0,3)
A5	(0, 0,34, 0,70)	(0,50, 0,90,1,00)	(0, 0,22, 0,70)	(0, 0,07, 0,35)	(0, 0,04, 0,3)
A6	(0, 0,23, 0,56)	(0,63, 0,01,1,00)	(0, 0,24, 0,70)	(0, 0,05, 0,28)	(0, 0,04, 0,3)
A7	(0, 0,04, 0,21)	(0,07, 0,28, 0,5)	(0, 0,24, 0,70)	(0, 0,216, 0,7)	(0, 0,04, 0,3)

	K11	K12	K13	K14	K15
A1	(0, 0,016, 0,5)	(0,06, 0,47, 1)	(0, 0,002, 0,30)	(0,21, 0,5, 0,7)	(0,27, 0,74, 1)
A2	(0, 0,016, 0,5)	(0,06, 0,5, 1)	(0, 0,002, 0,30)	(0,35, 0,7, 0,9)	(0,06, 0,3,0,6)
A3	(0, 0,13, 0,45)	(0,03, 0,32,0,9)	(0, 0,002, 0,30)	(0,63,0,09,1,00)	(0,06, 0,3,0,6)
A4	(0, 0,14, 0,45)	(0,03, 0,32,0,9)	(0, 0,002, 0,30)	(0,49,0,85,1,00)	(0,21, 0,7, 1)
A5	(0, 0,13, 0,45)	(0,06, 0,5,1,00)	(0, 0,002, 0,30)	(0,35, 0,7, 0,90)	(0,12,0,44,0,8)
A6	(0, 0,16, 0,5)	(0,03, 0,32,0,9)	(0, 0,014, 0,27)	(0,00,0,09,0,30)	(0,21, 0,7, 1)
A7	(0, 0,16,0,5)	(0,03, 0,32, 0,9)	(0, 0,014, 0,27)	(0,07,0,28,0,50)	(0,21, 0,7, 1)

	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(0,03,0,22,0,5)	(0,14, 0,3, 0,4)	(0, 0,20, 0,56)	(0,63, 0,9,1,00)	(0,21,0,5,0,7)
A2	(0, 0, 0,2)	(0,14, 0,3, 0,5)	(0, 0,34, 0,70)	(0,63, 0,9,1,00)	(0,21,0,5,0,7)
A3	(0,09, 0,4,0,7)	(0,35, 0,67,0,9)	(0, 0,34, 0,70)	(0,81, 1, 1,00)	(0,63, 0,1, 1)
A4	(0,12,0,44,0,8)	(0,07, 0,3, 0,5)	(0, 0,34, 0,70)	(0,81, 1, 1,00)	(0,5,0,9,1,00)
A5	(0,15,0,44,0,9)	(0,07, 0,3, 0,5)	(0, 0,34, 0,70)	(0,81, 1, 1,00)	(0,21,0,5,0,7)
A6	(0,21, 0,66, 1)	(0,49, 0,86, 1)	(0, 0,34, 0,70)	(0,81, 1, 1,00)	(0, 0, 0,10)
A7	(0,21, 0,66, 1)	(0,14, 0,3, 0,5)	(0, 0,34, 0,70)	(0,45, 0,7, 0,9)	(0, 0,1, 0,30)

4.2.7. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık pozitif (FPIS, A^+) ve negatif ideal çözümler (FNIS, A^-) oluşturulur. A^+ ve A^- için eleman sayıları kararı vermede kullanılan kriterlerin sayısı kadardır. Karar

vermede 20 kriter kullanıldığı için Denklem (3.17) yardımıyla hesaplanan bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler aşağıda şekilde oluşturulmuştur.

$$A^*=[(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),$$

$$(1,1,1), (1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1), (1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1)]$$

$$A^-=[(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),$$

$$(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0), (0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0)]$$

4.2.8. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlere Olan Uzaklıkların Belirlenmesi

Her alternatif için bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm hesaplanırken ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi değerleri kullanılır. FPIS ve FNIS' ten olan uzaklıklar hesaplanırken verteks yönteminden faydalanılır. Denklem (3.18) ve (3.19) kullanılarak; birinci alternatif için, d_i^* ve d_i^- değerleri detaylı olarak hesaplanmıştır. Diğer alternatifler için de için d_i^* ve d_i^- değerleri hesaplanarak, Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29 elde edilmiştir.

Çizelge 4.29. Tüm Kriterler için Alternatiflerin Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(A_1, A^+)$	0,49	0,51	0,55	0,83	0,90	0,71	0,44	0,75	0,75	0,90
$d(A_2, A^+)$	0,36	0,68	0,33	0,83	0,90	0,77	0,30	0,75	0,75	0,90
$d(A_3, A^+)$	0,21	0,61	0,37	0,83	0,90	0,77	0,56	0,75	0,82	0,90
$d(A_4, A^+)$	0,65	0,51	0,75	0,83	0,90	0,72	0,56	0,76	0,75	0,90
$d(A_5, A^+)$	0,65	0,51	0,55	0,83	0,92	0,71	0,30	0,75	0,87	0,90
$d(A_6, A^+)$	0,21	0,97	0,97	0,83	0,96	0,77	0,56	0,75	0,90	0,90
$d(A_7, A^+)$	0,97	0,77	0,88	0,83	0,90	0,92	0,74	0,75	0,75	0,90

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
$d(A_1, A^+)$	0,81	0,62	0,91	0,58	0,45	0,77	0,73	0,78	0,22	0,57
$d(A_2, A^+)$	0,81	0,69	0,91	0,43	0,72	0,94	0,71	0,71	0,22	0,57
$d(A_3, A^+)$	0,83	0,69	0,91	0,57	0,72	0,66	0,42	0,71	0,11	0,56
$d(A_4, A^+)$	0,82	0,69	0,91	0,31	0,50	0,61	0,74	0,71	0,11	0,30
$d(A_5, A^+)$	0,83	0,62	0,91	0,43	0,61	0,59	0,74	0,71	0,11	0,57
$d(A_6, A^+)$	0,81	0,69	0,91	0,88	0,50	0,50	0,30	0,71	0,11	0,97
$d(A_7, A^+)$	0,81	0,69	0,91	0,74	0,50	0,50	0,71	0,71	0,37	0,88

Çizelge 4.30. Tüm Kriterler için Alternatiflerin Negatif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(A_1, A^-)$	0,60	0,68	0,56	0,40	0,17	0,45	0,64	0,42	0,43	0,17
$d(A_2, A^-)$	0,73	0,60	0,80	0,40	0,17	0,35	0,81	0,42	0,43	0,17
$d(A_3, A^-)$	0,89	0,52	0,77	0,40	0,17	0,35	0,68	0,42	0,29	0,17
$d(A_4, A^-)$	0,42	0,68	0,33	0,40	0,17	0,44	0,68	0,38	0,43	0,17
$d(A_5, A^-)$	0,58	0,68	0,56	0,40	0,14	0,45	0,81	0,42	0,21	0,17
$d(A_6, A^-)$	0,89	0,06	0,06	0,40	0,07	0,35	0,68	0,43	0,16	0,17
$d(A_7, A^-)$	0,06	0,31	0,18	0,40	0,17	0,12	0,34	0,43	0,42	0,17

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
$d(A_1, A^-)$	0,30	0,64	0,17	0,50	0,73	0,32	0,30	0,34	0,86	0,51
$d(A_2, A^-)$	0,30	0,55	0,17	0,67	0,39	0,12	0,34	0,45	0,86	0,51
$d(A_3, A^-)$	0,27	0,55	0,17	0,68	0,39	0,46	0,68	0,45	0,94	0,68
$d(A_4, A^-)$	0,27	0,55	0,17	0,81	0,70	0,53	0,34	0,45	0,94	0,82
$d(A_5, A^-)$	0,27	0,64	0,17	0,67	0,53	0,59	0,34	0,45	0,94	0,51
$d(A_6, A^-)$	0,30	0,55	0,16	0,18	0,70	0,70	0,81	0,45	0,94	0,06
$d(A_7, A^-)$	0,30	0,55	0,16	0,33	0,70	0,70	0,34	0,45	0,71	0,18

Bulanık ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra; her bir alternatif için hesaplanan tüm kriterlere ait değerler toplanır. A_1 için Bulanık Pozitif İdeal Çözüm' e (BPIÇ) olan uzaklığı bulurken hesaplanan tüm kriterlerin uzaklıkları toplanır. Aynı işlem A_1 'in Bulanık Pozitif İdeal Çözüm' e (BNIÇ) olan uzaklığını bulurken de uygulanır. Tüm alternatifler için hesaplanan d_i^* ve d_i^- değerlerinin birleştirilmiş hali Çizelge 4.30 'da verilmiştir.

Çizelge 4.31. Alternatiflerin Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklıkları

	d_i^*	d_i^-
A1	13,26	9,21
A2	13,27	9,27
A3	12,91	9,96
A4	13,03	9,71
A5	13,12	9,55
A6	14,18	8,14
A7	15,19	7,05

4.2.9. Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Hesabının Yapılması

Son adım olarak her alternatif için pozitif ideal çözüm kümesine olan yakınlığı ifade eden yakınlık katsayıları (CC) bulunmuştur. Yakınlık katsayısının değer aralığı $[0,0, 1,0]$ kapalı aralığında olmak üzere 1'e ne kadar yakınsa seçilme

olasılığı o kadar yüksektir. Yakınlık katsayısı hesabında Denklem (3.19)'dan yararlanılmış ve Çizelge 4.31 elde edilmiştir.

Çizelge 4.32. Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları

	CC_i
A1	0,41
A2	0,41
A3	0,44
A4	0,43
A5	0,42
A6	0,36
A7	0,32

4.2.10. Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması

Yakınlık katsayılarının hesaplandığı Çizelge 4.31 incelenerek alternatifler sıralanmıştır. En yüksek değere sahip olan alternatif sıralamada ilk sırada yer alır. Çatışmada yapılan Bulanık TOPSIS yöntemine göre alternatiflerin sıralaması $A3 > A4 > A5 > A1 = A2 > A6 > A7$ şeklinde çıkmıştır. Alternatiflere ait tercih sıralaması Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması

	CC_i	Tercih Sıralaması
A1	0,41	4
A2	0,41	4
A3	0,44	1
A4	0,43	2
A5	0,42	3
A6	0,36	5
A7	0,32	6

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen sıralama (Chen, 2000) tarafından hazırlanan Çizelge 4.33 yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu tablo seçimi kabul etmenin derecesini ifade etmektedir.

Çizelge 4.34. Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Değerlerine Göre Kabul Koşulları (Chen ve ark., 2006)

Yakınlık Katsayısı (CC)	Değerlendirme Sonucu
$CC \in [0, 0.2)$	Önerilmez
$CC \in [0.2, 0.4)$	Önerilir ancak yüksek risk içerir
$CC \in [0.4, 0.6)$	Önerilir, düşük risk içerir
$CC \in [0.6, 0.8)$	Kabul edilir
$CC \in [0.8, 1.0)$	Kabul edilir, tercih edilir



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji, hayatın devamlılığını sağlayan en önemli yapı taşıdır. Yüzyıllardır ülkeler enerji ihtiyaçlarını yenilenemez enerji kaynaklarından elde etmişlerdir. Fakat bu kaynakların çeşitli dezavantajları ve tükenmesi nedeniyle enerji sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji üretimi önem kazanmıştır. Dünya'da en çok tüketilen enerji çeşitlerinin başında elektrik enerjisi tüketimi gelmektedir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretimi konusu önemli bir çalışma konusu haline gelmiştir.

Ele alınan elektrik enerjisi için enerji seçim probleminde, Türkiye'de bulunan yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Bunlardan en önemlileri olarak görülen yedi enerji kaynağı tespit edilmiş ve alternatif enerji kaynakları olarak probleme dahil edilmiştir. Bu enerji kaynakları; güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi ve dalga enerjisidir. Belirlenmiş olan enerji kaynağı alternatiflerinden en uygun olanının seçilmesi için enerji çeşitleri arasında kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslamaların yapılabilmesi için farklı ağırlıklı önem düzeyindeki kriterler belirlenmiştir. Alternatifler arasından en doğru seçim kararını verebilmek için, kriterlerin birbirleri arasındaki önem düzeylerinin belirlenmesi çok önemlidir. Bu nedenle işinde uzman, enerji sektöründe çalışan karar vericilere anketler düzenlenmiştir. Yapılan anketler neticesinde kriterlerin birbirlerine göre önem ağırlıkları tespit edilmiştir.

Problemde çok sayıda kriter bulunması nedeniyle çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP ve Bulanık TOPSIS' ten yararlanılmıştır. AHP metodunda faydalanılan paket program, Super Decisions' tır. Elde edilen sonuç kabul edilebilir olup, anketler tutarlı düzeyde çıkmıştır. AHP yöntemi uygulandığında en uygun enerji kaynağından seçimi daha az uygun olan enerji kaynağına doğru elde edilen sıralama: Hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi/rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi.

Nitel verileri kullanarak en uygun çözüme ulaşabileceğimiz yöntem olarak Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmaya uzmanlarca karar verilmiştir. Anketlerden elde edilen veriler kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi uygulandığında en uygun enerji kaynağından seçimi daha az uygun olan enerji kaynağına doğru elde edilen sıralama Çizelge 5.1'de de belirtildiği gibidir.

En uygun enerji çözümü için uygulanan iki metodun sonuçları karşılaştırıldığı zaman AHP metodu ve Bulanık TOPSIS metodundan elde edilen sonuçların %100'e yakın bir şekilde birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Buradan elde edilen sonuç şudur ki; yapılan çalışmada kullanılan materyaller birbiri ve kendi içerisinde tutarlı olup elde edilen çözümün güvenilirlik seviyesi çok yüksektir. Bu çalışmanın gelecek çalışmalara da ışık tutacağı ve ülke için enerji seçimi konusunda önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Genel olarak çözülen bu tür enerji seçim problemlerine bakıldığında; incelen kriter sayısının en az 1 olmak üzere, en fazla 10 kritere kadar çıktığı görülmektedir. Az kriterle enerji seçimi yapılmasının nedeni, problemin boyutunun arttırılmadan kolay bir şekilde çözüme ulaşmaya çalışılmasıdır. Dolayısıyla, çözülen bu problemlerin sonucunun güvenilirlik düzeyi de ele alınan bu çalışmaya göre daha düşüktür. Önerim şudur ki: Problemin %93'den daha fazla güvenilir bilgi sunabilmesi için en az 12 kriter belirlenmeli ve çözüm yönteminin doğrulanması adına hem bulanık hem de bulanık olmayan ÇKKV yöntemleri ile problem çözülmeli ve çözümün doğruluğunun kontrolü sağlanmalıdır.

Literatürde yapılmış benzer çalışmalar incelendiğinde; bazı çalışmalarla sonucun benzer çıktığı görülmüştür. Ancak değişen koşullar nedeniyle bazı çalışmaların sonucuna göre elde edilen sonuçlar farklıdır. Şeker tarafından yapılan çalışmada hidroelektrik ve jeotermal enerji kaynaklarının ön plana çıkması benzerdir. Ancak Kahraman' ın yapmış olduğu çalışmada güç kalitesi riski dikkate alınmadığı için güneş ve rüzgar enerjisi ön plana çıkmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda görülen ortak sonucun ise enerji üretimi için fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynağının kullanılması olduğudur (Şeker, 2010).

KAYNAKLAR

- Ağaçbiçer, G., 2010. Yenilebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan SWOT analizler, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Akçay, M., 2019. AHP-TOPSIS Hibrit Yöntemi ile Türkiye'de Güneş enerjisi santrali için yer seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Atıcı, K., Ulucan, A., 2009. Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları Ve Türkiye Uygulamaları. Hacettepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 27(1): 161-186.
- Ayan, T., ve Pabuçcu, A., 2013. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3):89-110.
- Ayrancı, E. (2011). TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu. MARKA Kalkınma Ajansı, Kocaeli.
- Bozdoğan, H., 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretim Maliyetlerinin Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.
- Cavallaro, F., 2010. Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems. Applied Energy, 87(2):496-503.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems, 114(1):1-9.
- Chen, C.-T., Lin, C.-T., ve Huang, S.-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, 102(2):289-301.
- Çelik, S., 2012. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

- Çelikkilek, Y., ve Tüysüz, F., 2016. An integrated grey based multi-criteria decision making approach for the evaluation of renewable energy sources. *Energy*, 115:1246–1258.
- Damgacı, E., Boran, K., ve Boran, F. E. (2017). Sezgisel Bulanık Topsıs Yöntemi Kullanarak Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi, *Politeknik Dergisi*, 20(3): 629-637.
- www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/2-3727/7-turkiye-ruzgar-enerjisi-kongresi
- Forman, E. H., ve Gass, S. I. 2014. The Analytic Hierarchy Process—An Exposition. *Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)* , 49(4):469-486.
- www.bepa.yegm.gov.tr/
- www.enerji.gov.tr/
- www.epdk.org.tr/
- www.irena.org/wind
- www.tureb.com.tr/bilgi-bankasi/turkiye-res-durumu
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. *In Multiple attribute decision making* . Springer, Berlin, Heidelberg, 58-191.
- Jeong, J. S. ve Ramírez-Gómez, Á. 2018. Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability. *Journal of Cleaner Production*, (182):509–520.
- Kahraman, C. (Ed.). (2008). *Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments* . Springer Science & Business Media, 16.
- Kara, S., 2013. Türkiye’de yenilenebilir enerjiye iktisadi bakış, Yüksek Lisans Tezi, İktisat Anabilim Dalı İktisat Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Katal, F., ve Fazelpour, F.,2018. Multi-criteria evaluation and priority analysis of different types of existing power plants in Iran: An optimized energy planning system. *Renewable Energy*, 120:163–177.
- Kaya, T., Kahraman C., 2010.Multicriteria Renewable Energy Planning Using An Integrated Fuzzy Vikor ve AHP Methodology: The Case Of Istanbul.*Energy Dergisi*, 35(6):2517–2527.
- Kazibudzki, P. T., 2013. On Some Discoveries in the Field of Scientific Methods for Management within the Concept of Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Business and Management* , 8(8):22-30.
- Lootsma, F. A. (2007). Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement, *Springer Science & Business Media*, 16.
- Mahdy, M., ve Bahaj, A. S.,2018. Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. *Renewable Energy*, 118:278–289.
- Mahmutoğlu, M., 2013. Türkiye elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin rolü, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversite Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özbek, A. 2015. Supplier Selection with Fuzzy TOPSIS . *Journal of Economics and Sustainable Development* , 6(18):119.
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., ve Eren, T., 2017. ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi.Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2):204-219.
- Özcan. M., 2013. Türkiye elektrik enerjisi üretim genişletme planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkileri, Doktora Tezi,Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Öztürk, H. (2008). Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı. Teknik Yayınevi, Ankara, 367.
- P. Zhou, B. A., 2006. Decision analysis in energy and environmental modeling:An update, *Energy* 31(14):2604–2622.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* , 48(1):9-26.

- Saaty, T. L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process . Int. J. Services Sciences , 1(1):83-98.
- Sağır, H.,Doğanalp, B., 2016. Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme Perspektifinden Türkiye İçin Enerji Kaynakları Değerlendirmesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1): 233- 256.
- Sağlam, M., Uyar, T. S., & Göztepe, İ. (2005). Dalga enerjisi ve Türkiye'nin dalga enerjisi teknik potansiyeli, Elektrik Mühendisleri Odası.
- Supçiler, A. A., ve Çapraz, O., 2011. AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi , 13(1):22.
- Şeker, V., 2010. Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının ANP ile modellenmesi ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şengül, Ü., Tan. S., Atak, Ş., Şengül, A. B., 2014.Türkiye Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli. Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi, 6(11):41-55.
- Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M., ve Kabli, M. R. 2014. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, Applied Soft Computing 17:105-116.
- Tayşi, Ş., 2012. Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılacak yakıt türlerinin değerlendirilmesine yönelik bir karar modeli, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turaba, L., 2016. Çok Kriterli Karar Vermede Bulanık TOPSIS Yöntemi: Enerji ve Endüstri Projeleri Seçimi Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Uçar, S. (2007). Rüzgâr Enerjisiyle Elektrik Üretimi ve Kayseri İli İçin Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Uysal, F., 2011. Türkiye' de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin GRAF Teori ve Matris Yaklaşımı, Ekonometri ve İstatistik, 13:23-40.
- Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J. ve Jijón, D. J. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador, Renewable Energy, 109:275–286.
- Wang, T., ve Chang, T.,2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 33(4):870-880.
- www.enerji.gov.tr
- www.tuik.gov.tr
- www.yegm.gov.tr
- Yaman, M., ve Haşıl, F., 2018. Türkiye'deki Hidroelektrik Santrali (HES) Uygulamalarına Çevre Açısından Bakış. Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi , 3(5):145-156.



ÖZGEÇMİŞ

Şölen Büyükkız, 1 Ocak 1992’de Osmaniye' nin Kadirli ilçesinde doğdu. İlköğretim hayatını burada bulunan Özel Biltape Koleji'nde tamamladı. 2006 yılında TOBB Osmaniye Fen Lise'sini birincilikle kazandı ve 2010 yılında buradan başarıyla mezun oldu. 2011 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne girdi. 2016 yılında Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Eylül 2016' da Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisansına başladı. 2017 yılı Ocak ayında Gaziantep'te Sanko Tekstil işletmelerinde Planlama Mühendisi olarak çalışmaya başladı, halen devam etmektedir.





EKLER



EK1-Anket Formatı

Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılacak Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Seçimini Belirleyen Kriterler

Lütfen aşağıda verilen Saaty önem ölçeğine göre İkili karşılaştırma matrislerini doldurun. (Örnek: Teknik kriterlerin ekonomik kriterlere göre üstünlüğünün önem derecesi Saaty ölçeğine göre pozitif yönde 7 ise kutucuğa 7, negatif yönde 7 ise 1/7 yazılmalı.)

AHP Önem Ölçeği (Saaty T. , 1990)

Sayısal Değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınıyor.
3	1. öğe 2."ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor.
5	1. öğe 2."ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor.
7	1. öğe 2."ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor.
9	1. öğe 2."ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor.
2,4,6,8	Ara değerler

Lütfen ana kriterleri değerlendirin.

Ana Kriterler	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Tekno.	Risk	Fayda
Teknik							
Ekonomik							
Çevresel							
Sosyal							
Tekno.							
Risk							
Fayda							

Lütfen teknik kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

Teknik Kriterler	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik		
Santral İnşa Süresi		

Lütfen ekonomik kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

Ekonomik Kriterler	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme Ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti					
Yakıt Maliyeti					
İşletme Ve Bakım Maliyeti					
Devlet Teşviki					
Dışa Bağımlılığı Azaltma					

Lütfen Çevresel Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Çevresel Kriterler	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı				
Alan Gereksinimi				
Gürültü				
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim				

Lütfen Sosyal Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Sosyal Kriterler	İsdiham Olanakları	Sosyal Kabul Edilebilirlik
İsdiham Olanakları		
Sosyal Kabul Edilebilirlik		

Lütfen Teknolojik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknolojik Kriterler	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye		
Operasyon Riski		

Lütfen Risk Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Risk Kriterleri	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılایamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski			
Talebi Karşılایamama-			
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar			

Lütfen Fayda Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Fayda Kriterleri	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma		
Ucuz Enerji Elde Etme		

EK2- Anket-1

Lütfen ana kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

Ana Kriterler	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Tekno.	Risk	Fayda
Teknik	1	2	5	5	3	1	1/7
Ekonomik	1/2	1	5	5	6	3	1/2
Çevresel	1/5	1/5	1	1	1/5	1/5	1/9
Sosyal	1/5	1/5	1	1	1/5	1/7	1/8
Tekno.	1/3	1/6	5	5	1	1/3	1/9
Risk	1	1/3	5	7	3	1	1/7
Fayda	7	2	9	8	9	7	1

Lütfen Teknik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknik Kriterler	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	3
Santral İnşa Süresi	1/3	1

Lütfen Ekonomik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Ekonomik Kriterler	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme Ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1	5	7	3	1/2
Yakıt Maliyeti	1/5	1	1/3	4	1/8
İşletme Ve Bakım Maliyeti	1/7	3	1	1/7	1/9
Devlet Teşviki	1/3	1/4	7	1	1/3
Dışa Bağımlılığı Azaltma	2	8	9	3	1

Lütfen Çevresel Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Çevresel Kriterler	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1	1/3	2	1
Alan Gereksinimi	3	1	5	3
Gürültü	1/2	1/5	1	1
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	1	1/3	1	1

Lütfen Sosyal Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Sosyal Kriterler	İsdiham Olanakları	Sosyal Kabul Edilebilirlik
İsdiham Olanakları	1	7
Sosyal Kabul Edilebilirlik	1/7	1

Lütfen Teknolojik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknolojik Kriterler	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	3
Operasyon Riski	1/3	1

Lütfen Risk Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Risk Kriterleri	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1	1/3	3
Talebi Karşılayamama-	3	1	9
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	1/3	1/9	1

Lütfen Fayda Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Fayda Kriterleri	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1	1/3
Ucuz Enerji Elde Etme	3	1

EK3- Anket-2

Lütfen Ana Kriterleri Değerlendirin.

Ana Kriterler	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknolojik	Risk	Fayda
Teknik	1	3	5	6	4	1/2	1/6
Ekonomik	1/3	1	5	4	5	2	1/7
Çevresel	1/5	1/5	1	1	1/3	1/4	1/9
Sosyal	1/6	1/4	1	1	1/4	1/3	1/8
Teknolojik	1/4	1/5	3	4	1	1/2	1/4
Risk	2	1/2	4	3	2	1	1/3
Fayda	6	7	9	8	4	3	1

Lütfen Teknik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknik Kriterler	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	5
Santral İnşa Süresi	1/5	1

Lütfen Ekonomik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Ekonomik Kriterler	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme Ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1	4	6	3	1/4
Yakıt Maliyeti	1/4	1	1/2	3	1/6
İşletme Ve Bakım Maliyeti	1/6	2	1	1/5	1/9
Devlet Teşviki	1/3	1/3	5	1	1/7
Dışa Bağımlılığı Azaltma	4	6	9	7	1

Lütfen Çevresel Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Çevresel Kriterler	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1	1/5	5	1/2
Alan Gereksinimi	5	1	4	5
Gürültü	1/5	1/4	1	5
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	2	1/5	1/5	1

Lütfen Sosyal Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Sosyal Kriterler	İsdihdam Olanakları	Sosyal Kabul Edilebilirlik
İsdihdam Olanakları	1	7
Sosyal Kabul Edilebilirlik	1/7	1

Lütfen Teknolojik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknolojik Kriterler	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	5
Operasyon Riski	1/5	1

Lütfen Risk Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Risk Kriterleri	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılایamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1	1/7	3
Talebi Karşılایamama-	7	1	7
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	1/3	1/7	1

Lütfen Fayda Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Fayda Kriterleri	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1	1/7
Ucuz Enerji Elde Etme	7	1

EK4- Anket- 3

Lütfen ana kriterleri değerlendirin.

ANA KRİTERLER	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknolojik	Risk	Fayda
Teknik	1	3	6	7	2	1/2	1/5
Ekonomik	1/3	1	5	7	1/4	2	1/9
Çevresel	1/6	1/5	1	1	1/3	1/4	1/2
Sosyal	1/7	1/7	1	1	1/4	1	1/6
Teknolojik	1/2	4	3	4	1	1/5	1/4
Risk	2	1/2	4	1	5	1	1/7
Fayda	5	9	2	6	4	7	1

Lütfen teknik kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

TEKNİK KRİTERLER	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	4
Santral İnşa Süresi	1/4	1

Lütfen ekonomik kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

EKONOMİK KRİTERLER	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1	4	5	2	1/3
Yakıt Maliyeti	1/4	1	1	1/4	1/9
İşletme ve Bakım Maliyeti	1/5	1	1	1/4	1/9
Devlet Teşviki	1/2	4	4	1	1/2
Dışa Bağımlılığı Azaltma	3	9	9	2	1

Lütfen çevresel kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

ÇEVRESEL KRİTERLER	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1	3	4	2
Alan Gereksinimi	1/3	1	5	3
Gürültü	1/4	1/5	1	3
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	1/2	1/3	1/3	1

Lütfen sosyal kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

SOSYAL KRİTERLER	İsdiham Olanakları	Sosyal Kabul edilebilirlik
İsdiham Olanakları	1	7
Sosyal Kabul edilebilirlik	1/7	1

Lütfen teknolojik kriterlerin alt kriterlerini değerlendirin.

TEKNOLOJİK KRİTERLER	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	5
Operasyon Riski	1/5	1

Lütfen risk kriterlerinin alt kriterlerini değerlendirin.

RİSK KRİTERLERİ	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1	1	7
Talebi Karşılayamama-	1	1	7
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	1/7	1/7	1

Lütfen fayda kriterlerinin alt kriterlerini değerlendirin.

FAYDA KRİTERLERİ	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1	1/7
Ucuz Enerji Elde Etme	7	1

EK5- Anket- 4

Lütfen Ana Kriterleri Değerlendirin.

Ana Kriterler	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknol.	Risk	Fayda
Teknik	1	1	6	6	1	2	1/5
Ekonomik	1	1	6	6	1	2	1/5
Çevresel	1/6	1/6	1	2	1/3	1/4	1/9
Sosyal	1/6	1/6	1/2	1	1/3	1/7	1/5
Teknol.	1	1	3	3	1	1/7	1/5
Risk	1/2	1/2	4	7	7	1	1/8
Fayda	5	5	9	5	5	8	1

Lütfen Teknik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknik Kriterler	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	4
Santral İnşa Süresi	1/4	1

Lütfen Ekonomik kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Ekonomik Kriterler	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme Ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1	5	7	2	1/5
Yakıt Maliyeti	1/5	1	5	1/2	1/4
İşletme Ve Bakım Maliyeti	1/7	1/5	1	1/7	1/9
Devlet Teşviki	1/2	2	7	1	1/3
Dışa Bağımlılığı Azaltma	5	4	9	3	1

Lütfen Çevresel kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Çevresel Kriterler	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1	1/5	5	2
Alan Gereksinimi	5	1	7	3
Gürültü	1/5	1/7	1	3
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	1/2	1/3	1/3	1

Lütfen Sosyalkriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Sosyal Kriterler	İsdiham Olanakları	Sosyal Kabuledilebilirlik
İsdiham Olanakları	1	5
Sosyal Kabuledilebilirlik	1/5	1

Lütfen Teknolojik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknolojik Kriterler	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	1/5
Operasyon Riski	5	1

Lütfen Risk Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Risk Kriterleri	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılayamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1	1/3	3
Talebi Karşılayamama-	3	1	7
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	1/3	1/7	1

Lütfen Fayda Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Fayda Kriterleri	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1	3
Ucuz Enerji Elde Etme	1/3	1

EK6- Anket- 5

Lütfen Ana Kriterleri Değerlendirin.

Ana Kriterler	Teknik	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknol.	Risk	Fayda
Teknik	1	4	5	7	3	1/3	1/5
Ekonomik	1/4	1	5	6	5	4	1/7
Çevresel	1/5	1/5	1	1	1/3	1/4	1/7
Sosyal	1/7	1/6	1	1	1/3	1/4	1/9
Teknol.	1/3	1/5	3	3	1	1/2	1/5
Risk	3	1/4	4	4	2	1	1/8
Fayda	5	7	7	9	5	8	1

Lütfen Teknik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknik Kriterler	Verimlilik	Santral İnşa Süresi
Verimlilik	1	6
Santral İnşa Süresi	1/6	1

Lütfen Ekonomikkriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Ekonomik Kriterler	Yatırım Maliyeti	Yakıt Maliyeti	İşletme Ve Bakım Maliyeti	Devlet Teşviki	Dışa Bağımlılığı Azaltma
Yatırım Maliyeti	1	6	7	2	1/5
Yakıt Maliyeti	1/6	1	2	1/3	1/7
İşletme Ve Bakım Maliyeti	1/7	1/2	1	1/7	1/9
Devlet Teşviki	1/2	3	7	1	1/4
Dışa Bağımlılığı Azaltma	5	7	9	4	1

Lütfen Çevresel kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Çevresel Kriterler	Sera Gazı Salınımı	Alan Gereksinimi	Gürültü	Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim
Sera Gazı Salınımı	1	1/3	7	3
Alan Gereksinimi	3	1	7	3
Gürültü	1/7	1/7	1	1
Atık İmha İşlemine Olan Gereksinim	1/3	1/3	1	1

Lütfen Sosyalkriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Sosyal Kriterler	İsdiham Olanakları	Sosyal Kabuledilebilirlik
İsdiham Olanakları	1	5
Sosyal Kabuledilebilirlik	1/5	1

Lütfen Teknolojik Kriterlerin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Teknolojik Kriterler	Teknolojik Seviye	Operasyon Riski
Teknolojik Seviye	1	1/7
Operasyon Riski	7	1

Lütfen Risk Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Risk Kriterleri	Sürekliliği Bozma Riski	Talebi Karşılایamama	İnsan Sağlığına Verilecek Zarar
Sürekliliği Bozma Riski	1	1/3	1/7
Talebi Karşılایamama	5	1	1/7
İnsan Sağlığına Verilecek Zarar	7	7	1

Lütfen Fayda Kriterlerinin Alt Kriterlerini Değerlendirin.

Fayda Kriterleri	Sürdürülebilir Kalkınma	Ucuz Enerji Elde Etme
Sürdürülebilir Kalkınma	1	1/3
Ucuz Enerji Elde Etme	3	1

EK7- Anket 6

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	O	İ	O	Çİ	İ	Bİ	O	İ	Çİ	Çİ
A2	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	O	İ	İ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	BK	İ	Çİ	İ	BK	Çİ	İ	O	Çİ
A4	BK	İ	BK	Çİ	İ	O	Çİ	İ	Çİ	Çİ
A5	İ	İ	O	Çİ	Bİ	Bİ	İ	İ	BK	Çİ
A6	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	O	BK	Çİ	Çİ	BK	Çİ
A7	ÇK	K	K	Çİ	İ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	O	Çİ	O	Çİ	K	ÇK	O	İ	O
A2	Çİ	O	Çİ	Bİ	O	ÇK	K	Çİ	İ	O
A3	O	O	İ	Çİ	O	BK	O	Çİ	Çİ	Çİ
A4	O	O	Çİ	İ	İ	Bİ	K	Çİ	Çİ	İ
A5	O	O	Çİ	Bİ	O	İ	K	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	Bİ	K	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	Bİ	BK	İ	İ	BK	Çİ	Bİ	K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A2	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A3	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A4	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A7	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A4	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)

EK8- Anket 7

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	Bİ	İ	İ	Çİ	Çİ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ
A2	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	O	Çİ	Çİ	Çİ	Bİ	Çİ	Çİ	O	Çİ
A4	O	İ	O	Çİ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
A5	İ	İ	İ	Çİ	İ	Bİ	İ	Çİ	K	Çİ
A6	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	K	Çİ
A7	ÇK	K	K	Çİ	Çİ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	O	Çİ	O	Çİ	K	ÇK	İ	İ	O
A2	Çİ	O	Çİ	Bİ	O	ÇK	K	Çİ	Çİ	O
A3	İ	O	Çİ	Çİ	O	O	İ	Çİ	Çİ	Çİ
A4	Çİ	O	Çİ	İ	İ	Bİ	K	Çİ	Çİ	İ
A5	İ	O	Çİ	Bİ	O	İ	K	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	O	K	Bİ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	O	BK	Bİ	İ	K	Çİ	Bİ	K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A2	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A3	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A4	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
A6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
A7	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A4	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)

EK9- Anket 8

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	Bİ	Çİ	O	Çİ	Çİ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ
A2	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	O	İ	Çİ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	O	Çİ	Çİ	O	Çİ
A4	O	Çİ	BK	Çİ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
A5	İ	Çİ	O	Çİ	Bİ	İ	İ	Çİ	BK	Çİ
A6	İ	ÇK	ÇK	Çİ	ÇK	Bİ	Çİ	Çİ	K	Çİ
A7	ÇK	Bİ	K	Çİ	İ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	O	Çİ	O	Çİ	O	Bİ	O	İ	O
A2	Çİ	O	Çİ	Bİ	BK	K	Bİ	Çİ	İ	O
A3	İ	O	Çİ	Çİ	BK	O	İ	Çİ	Çİ	Çİ
A4	Çİ	O	Çİ	İ	İ	O	O	Çİ	Çİ	İ
A5	İ	O	Çİ	Bİ	O	O	O	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	İ	K	Bİ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	İ	BK	Bİ	İ	O	Çİ	Bİ	K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A2	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A3	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A4	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A5	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A6	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
A7	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A4	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)

EK10- Anket 9

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	Bİ	İ	O	Çİ	Çİ	Çİ	Bİ	İ	Çİ	Çİ
A2	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	O	İ	İ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	O	Çİ	Çİ	Çİ	O	Çİ	İ	O	Çİ
A4	O	İ	BK	Çİ	Bİ	İ	Çİ	O	Çİ	Çİ
A5	İ	İ	O	Çİ	Bİ	İ	İ	Bİ	BK	Çİ
A6	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	ÇK	Bİ	Çİ	Çİ	K	Çİ
A7	K	Bİ	K	Çİ	İ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	İ	Çİ	Bİ	Çİ	O	Bİ	O	Bİ	O
A2	Çİ	O	Çİ	İ	BK	K	Bİ	İ	Bİ	O
A3	İ	O	Çİ	Çİ	BK	O	İ	İ	İ	Çİ
A4	Çİ	O	Çİ	Çİ	İ	O	O	Çİ	İ	İ
A5	İ	İ	Çİ	İ	O	O	O	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	İ	K	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	İ	O	İ	İ	O	Çİ	O	K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A2	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A3	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A4	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
A7	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
A4	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)

EK11- Anket 10

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	O	İ	O	Çİ	İ	Bİ	O	İ	Çİ	Çİ
A2	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	O	İ	İ	Çİ	Çİ
A3	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	BK	Çİ	İ	O	Çİ
A4	BK	İ	BK	Çİ	İ	O	İ	İ	Çİ	Çİ
A5	İ	İ	O	Çİ	BK	Bİ	İ	İ	BK	Çİ
A6	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	K	BK	Çİ	Çİ	BK	Çİ
A7	ÇK	K	K	Çİ	Çİ	K	BK	Çİ	İ	Çİ

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	Çİ	İ	Çİ	O	Çİ	K	ÇK	O	İ	O
A2	Çİ	O	Çİ	Bİ	O	ÇK	K	Çİ	İ	O
A3	Bİ	O	İ	Çİ	O	O	O	Çİ	Çİ	Çİ
A4	İ	O	Çİ	İ	Çİ	Bİ	K	Çİ	Çİ	İ
A5	Bİ	İ	Çİ	Bİ	İ	İ	K	Çİ	Çİ	O
A6	Çİ	O	Bİ	K	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ	ÇK
A7	Çİ	O	Bİ	BK	Çİ	İ	BK	Çİ	Bİ	K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A2	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A3	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
A4	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
A7	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)

	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
A1	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
A3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
A4	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A5	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
A6	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
A7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)