

**T.C.**  
**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEOTERMAL KAYNAĞA AİT SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKS**  
**ÇALIŞMASI: KIRKLARELİ/ASILBEYLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sinem KIZILAY**

**HAZİRAN – 2024**

**T.C.**  
**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEOTERMAL KAYNAĞA AİT SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKS**  
**ÇALIŞMASI: KIRKLARELİ/ASİLBEYLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sinem KIZILAY**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Betül Özer**

**Haziran – 2024**

**“JEOTERMAL KAYNAĞA AİT SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKS ÇALIŞMASI: KIRKLARELİ/ASİLBEYLİ ÖRNEĞİ”** adlı tez çalışması adlı tez çalışması **Sinem KIZILAY** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Betül ÖZER**

Kırklareli Üniversitesi

.....

**Jüri Üyeleri:**

**Doç. Dr. Fatih SEMERCİ**

Kırklareli Üniversitesi

.....

**Doç. Dr. Aliye Suna ERSES YAY**

Sakarya Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 10/06/2024

.....

**Doç Dr. H. Hale KARAYER**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sinem KIZILAY

10/06/2024

## ÖZET

# JEOTERMAL KAYNAĞA AİT SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKS ÇALIŞMASI: KIRKLARELİ/ASİLBEYLİ ÖRNEĞİ

Sinem KIZILAY

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Betül Özer

2024, 93 sayfa

Bu çalışmada, jeotermal enerjinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi için geniş bir literatür taraması yapılmış ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden elde edilen bilgilerle birlikte, sürdürülebilirlik göstergelerinin oluşturulması için sistematik ve tematik bir yaklaşım izlenerek bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu çerçevede, Birleşmiş Milletler (BM)'in belirlediği 17 hedefin 12'si bölgenin sürdürülebilirlik hedefleri olarak belirlenmiştir. BM hedefleri altındaki 248 gösterge arasından bölge için 24 gösterge değerlendirilmiş ve sosyal, ekonomik ve çevresel temalar altında kategorize edilerek bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu çerçevede, göstergeler endekslenmiş, atanan endeks değerleri aritmetik olarak toplanarak toplam sürdürülebilirlik endeksi hesaplanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, jeotermal enerji kaynağının sürdürülebilir kullanımı, Kırklareli'de çevre dostu yenilenebilir enerji kullanımına ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri çerçevesinde olumlu katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Trakya, Jeotermal, Sürdürülebilirlik, Endeks

## **ABSTRACT**

# **SUSTAINABILITY INDEX STUDY ON GEOTHERMAL RESOURCES: THE CASE OF KIRKLARELİ/ASİLBEYLİ**

Sinem KIZILAY

MSc Thesis

Kırklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Prof. Betül Özer

2024, 93 pages

In this study, a comprehensive literature review was conducted for the sustainability assessment of geothermal energy, with the information obtained from the General Directorate of Mineral Research and Exploration, a systematic and thematic approach was followed to create a framework for establishing sustainability indicators. Within this framework, 12 out of the 17 goals set by the United Nations (UN) were selected as the sustainability goals of the region. Among the 248 indicators under the UN goals, 24 indicators were evaluated for the region and categorized under social, economic, and environmental themes to create a framework. Within this framework, indicators were indexed, and the assigned index values were arithmetically summed to calculate the total sustainability index. The results of the study indicate that the sustainable use of geothermal energy will contribute positively to environmentally friendly renewable energy use in Kırklareli in terms of economic, social, and environmental sustainability indices.

**Key Words:** Geothermal, Thrace, Sustainability, Index

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Betül Özer'e, bütün hayatım boyunca beni eğiten, öğrenim hayatımı hep destekleyen rahmetli babam Rıza Ocakoğlu'na ve beni bu günlere getiren sevgili annem Zehra Ocakoğlu'na, yoğun çalışmalarım sırasında bana destek olan eşim Murat'a, sürekli çalışmama izin verdiği için kızım Güneş'e, çalışmalarım sırasında ümit verdiği ve her türlü destek olduğu için ablam Çiğdem Ocakoğlu'na, yüksek lisans derslerime gidebilmemi sağlayan ve manevi desteğini hiç esirgemeyen sevgili kayınvalidem Reyhan Kızılay'a, verdiği destek ve bilgi paylaşımı için MTA Trakya Jeotermal Çalışmaları Başkanı Sayın Lütfi Taşkırın'a ve çalışmam sırasında küçük veya büyük yardımını esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                                                                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                                                                                                                                                        | iv   |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                                                    | v    |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                                                                                                     | vi   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                                                                                                  | vii  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                                                                                                                            | xi   |
| ÇİZELGELER LİSTESİ .....                                                                                                                                                                          | xii  |
| SİMGE VE KISALTMALAR .....                                                                                                                                                                        | xiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                                                                                    | 1    |
| 2. AMAÇ VE KAPSAM .....                                                                                                                                                                           | 5    |
| 3. KURAMSAL KAVRAMLAR .....                                                                                                                                                                       | 7    |
| 3.1. Sürdürülebilirlik Kavramı .....                                                                                                                                                              | 7    |
| 3.2. Sürdürülebilir Kalkınmanın Hedef ve Göstergeleri .....                                                                                                                                       | 8    |
| 3.2.1.Hedef 1: “Yoksulluğa son: Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek” .....                                                                                                        | 8    |
| 3.2.2.Hedef 2: Açlığa son: “Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek” .....                                                               | 9    |
| 3.2.3.Hedef 3: “Sağlık ve kaliteli yaşam: Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak” .....                                                                                       | 9    |
| 3.2.4.Hedef 4: “Nitelikli eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek” .....                                  | 10   |
| 3.2.5.Hedef 5: “Cinsiyet eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek” .....                                                                           | 10   |
| 3.2.6.Hedef 6: “Temiz su ve sanitasyon: Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak” .....                                            | 11   |
| 3.2.7.Hedef 7: “Erişilebilir ve Temiz Enerji: Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak” .....                                                    | 12   |
| 3.2.8.Hedef 8: “İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme: İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek” ..... | 12   |
| 3.2.9.Hedef 9: “Sanayi, yenilikçilik ve altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek” .....                     | 13   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.10.Hedef 10: “Eşitsizliklerin azaltılması: Ülkelerin içinde ve arasındaki eşitsizlikleri azaltmak” .....                                                                                                                                                                                  | 13        |
| 3.2.11.Hedef 11: “Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar: Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılma” .....                                                                                                                                      | 13        |
| 3.2.12.Hedef 12: “Sorumlu üretim ve tüketim: Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak” .....                                                                                                                                                                                     | 14        |
| 3.2.13.Hedef 13: “İklim eylemi: İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek” .....                                                                                                                                                                                   | 15        |
| 3.2.14.Hedef 14: “Sudaki yaşam: Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak” .....                                                                                                                                          | 15        |
| 3.2.15.Hedef 15: “Karasal yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek” ..... | 16        |
| 3.2.16.Hedef 16: “Barış, adalet ve güçlü kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak” .....                                              | 16        |
| 3.2.17.Hedef 17: “Amaçlar için Ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak” .....                                                                                                                                            | 17        |
| 3.3. Sürdürülebilir Kalkınma Temaları .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 17        |
| <b>4. LİTERATÜR ÇALIŞMASI .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>21</b> |
| <b>5. JEOTERMAL ENERJİ .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>25</b> |
| 5.1. Jeotermal Enerji Kavramı.....                                                                                                                                                                                                                                                            | 25        |
| 5.2. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları .....                                                                                                                                                                                                                                              | 29        |
| 5.2.1. Dolaylı Kullanım.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 30        |
| 5.2.2. Doğrudan Kullanım.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 31        |
| 5.3. Dünya’nın ve Türkiye’nin Jeotermal Enerji Kapasitesi .....                                                                                                                                                                                                                               | 34        |
| 5.3.1. Dünya’nın jeotermal enerji kapasitesi.....                                                                                                                                                                                                                                             | 34        |
| 5.3.2. Türkiye’nin jeotermal enerji gelişimi ve kapasitesi .....                                                                                                                                                                                                                              | 35        |
| 5.4. Sürdürülebilir Jeotermal Enerji .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 40        |
| 5.4.1. Jeotermal Enerjinin Etkileri .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 41        |
| 5.4.2. Sürdürülebilir jeotermal enerji çerçevesi .....                                                                                                                                                                                                                                        | 51        |
| <b>6. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>55</b> |
| 6.1. Asılbeyli-Kırklareli Kuyu Verileri .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 58        |
| 6.2. Sürdürülebilirlik Hedeflerinin ve Göstergelerin Seçimi .....                                                                                                                                                                                                                             | 60        |
| 6.2.1. Hedef 1: “Yoksulluğa son: Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek” .....                                                                                                                                                                                                   | 60        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.2.2.Hedef 2: “Açlığa son: Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek” .....                                                                                                                                                           | 62        |
| 6.2.3.Hedef 3: “Sağlık ve kaliteli yaşam: Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak” .....                                                                                                                                                                                   | 63        |
| 6.2.4.Hedef 4: “Nitelikli eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek” .....                                                                                                                              | 64        |
| 6.2.5.Hedef 5: “Cinsiyet eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek” .....                                                                                                                                                                       | 64        |
| 6.2.6.Hedef 6: “Temiz su ve sanitasyon: Herkes için erişilebilir su ve atık su hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak” .....                                                                                                                                       | 65        |
| 6.2.7.Hedef 7: “Erişilebilir ve temiz enerji: Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak” .....                                                                                                                                                | 66        |
| 6.2.8.Hedef 8: “İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme: İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek” .....                                                                                             | 66        |
| 6.2.9.Hedef 9: “Sanayi, yenilikçilik ve altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek” .....                                                                                                                 | 67        |
| 6.2.10.Hedef 10: “Eşitsizliklerin azaltılması: Ülkeler içinde ve arasında eşitsizlikleri azaltmak” .....                                                                                                                                                                                      | 67        |
| 6.2.11.Hedef 11: “Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar: Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak” .....                                                                                                                                     | 68        |
| 6.2.12.Hedef 12: “Sorumlu üretim ve tüketim: Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak” .....                                                                                                                                                                                     | 68        |
| 6.2.13.Hedef 13: “İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek” .....                                                                                                                                                                                                 | 70        |
| 6.2.14.Hedef 14: “Okyanusların, denizlerin ve deniz kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması” .....                                                                                                                                                                     | 70        |
| 6.2.15.Hedef 15: “Karasal yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek” ..... | 71        |
| 6.2.16.Hedef 16: “Barış, adalet ve güçlü kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adaletle erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak” .....                                             | 71        |
| 6.2.17.Hedef 17: “Amaçlar için ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak” .....                                                                                                                                            | 71        |
| <b>7. SONUÇLAR</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>73</b> |
| 7.1. Asilbeyli Jeotermal Kaynağının Sürdürülebilirlik Endeksi.....                                                                                                                                                                                                                            | 73        |
| 7.1.1.Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksi (ESE).....                                                                                                                                                                                                                                           | 78        |
| 7.1.2.Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksi (SSE).....                                                                                                                                                                                                                                             | 79        |

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| 7.1.3. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi (ÇSE) ..... | 80        |
| <b>8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER .....</b>             | <b>83</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                 | <b>87</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                 | <b>93</b> |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Dünya enerji üretim kaynaklarının dağılımı (EI, 2023) .....                                        | 2  |
| Şekil 3.1. Sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri (BM Türkiye, 2024).....                                       | 8  |
| Şekil 5.1. Yerkürenin derinlikleri ve sıcaklık değişimi (Steenbeke, 2013).....                                | 26 |
| Şekil 5.2. Jeotermal sistem (Kahraman, 2022).....                                                             | 28 |
| Şekil 5.3. MTA tarafından yürütülen jeotermal kaynak aramalarında kullanılan sondaj kulesi (MTA, 2021). ..... | 29 |
| Şekil 5.4. Kuru buhar, flaş buhar ve ikili çevrim enerji santralleri (EERE, 2024).....                        | 31 |
| Şekil 5.5. Isı eşanjörü şeması (İlken, 2005).....                                                             | 32 |
| Şekil 5.6. Dünya’da en bilinen jeotermal kuşakları (TJD,2024) .....                                           | 35 |
| Şekil 5.7. Türkiye’de jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı (MTA, 2024).....                         | 36 |
| Şekil 5.8. Türkiye’nin Dünya’daki jeotermal enerjiyi doğrudan kullanımındaki yeri ...                         | 37 |
| Şekil 5.9. Jeotermal enerji kaynaklarının Türkiye’deki kullanım uygulamasına göre dağılımı (TJD, 2024). ..... | 39 |
| Şekil 5.10. Termal sulardaki tuzun tarım alanlarında birikmesi, (Aslan, 2010).....                            | 48 |
| Şekil 5.11. Atık suların tarıma etkisi, (Gündüz, 2018).....                                                   | 48 |
| Şekil 5.12. Sondaj sırasındaki patlama (Gündüz, 2018) .....                                                   | 50 |
| Şekil 6.1. Sürdürülebilirliğin temaları ve çalışmada kullanılan göstergeler.....                              | 58 |
| Şekil 7.1. Sürdürülebilirlik endeksleri grafiği .....                                                         | 81 |

## ÇİZELGELER LİSTESİ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1: BM hedeflerinin temalara göre gruplandırılması .....           | 19 |
| Çizelge 5.1. Jeotermal rezervuarların sınıflandırılması.....                | 29 |
| Çizelge 6.1. BM hedeflerine göre seçilen göstergeler.....                   | 55 |
| Çizelge 6.2. Asilbeyli kuyusu akış testi suyu analiz değerleri .....        | 59 |
| Çizelge 6.3. Doğrudan kullanım alanları Türkiye–Kırklareli kıyaslaması..... | 60 |
| Çizelge 7.1. Asilbeyli jeotermal kaynağının sürdürülebilirlik endeksi ..... | 73 |
| Çizelge 7.2. Seçilen göstergelerin temalara göre dağılımı .....             | 76 |

## SİMGE VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

|                  |                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------|
| dB               | Desibel                                            |
| H <sub>2</sub> S | Hidrojen Sülfür                                    |
| kWh              | Kilowatt Saat                                      |
| mg/L             | Miligram/Litre                                     |
| MW               | Megawatt                                           |
| MWt              | Megawatt Termal                                    |
| NH <sub>3</sub>  | Amonyak                                            |
| NO <sub>x</sub>  | Azot Oksit                                         |
| Psi              | Pounds for Square Inc (inç kareye etki eden pound) |
| SO <sub>2</sub>  | Sülfür Dioksit                                     |
| TW               | Terawatt                                           |
| TWh              | Terawatt Saat                                      |

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

|        |                                                                                  |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ADÜTEM | Adnan Menderes Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi       |
| AHP    | Analytical Hierercy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)                         |
| BM     | Birleşmiş Milletler                                                              |
| BOP    | Blowout Preventer                                                                |
| CSD    | Commision of Sustainable Development (Sürdürülebilir Kalkınma Komitesi)          |
| EERE   | Energy Efficiency & Renewable Energy (Enerji Verimliliği & Yenilenebilir Enerji) |
| EDAM   | Ekonomi ve Dış Polititikalar Merkezi                                             |

|                |                                                                                                                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DPT            | Devlet Planlama Teşkilatı                                                                                           |
| EI             | Energy Institute (Enerji Enstitüsü)                                                                                 |
| ETKB           | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı                                                                                 |
| IGA            | International Geothermal Association (Uluslararası Jeotermal Topluluğu)                                             |
| IEA<br>Ajansı) | International Energy Agency (Uluslararası Enerji                                                                    |
| IPCC           | Intergovernmental Panel on Climate Change<br>(Küresel Isınma Ülkelerarası Paneli)                                   |
| IRENA          | International Renewable Energy Agency<br>(Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı)                                 |
| LCA            | Life Cycle Analysis (Yaşam Döngüsü Analizi)                                                                         |
| MCDM           | Multiple Criteria Decision Method (Çoklu Kriter Karar Methodu)                                                      |
| MTA            | Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü                                                                               |
| REN21          | Renewable Energy Policy Network for the 21 <sup>st</sup><br>Century (21. Yüzyılın Yenilenebilir Enerji Vizyonu Ağı) |
| SDI            | Sustainable Development Indicators (Sürdürülebilir Kalkınma Göstergeleri)                                           |
| SKA            | Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları                                                                                    |
| TBA            | Temel Bileşen Analizi                                                                                               |
| TOPSİS         | Technique for Order Preference by Similarity to Ideal (Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri)                          |
| TJD            | Türkiye Jeotermal Derneği                                                                                           |
| UN             | United Nations (Birleşmiş Milletler, BM)                                                                            |
| WHO            | World Health Organization<br>(Dünya Sağlık Örgütü)                                                                  |

## 1. GİRİŞ

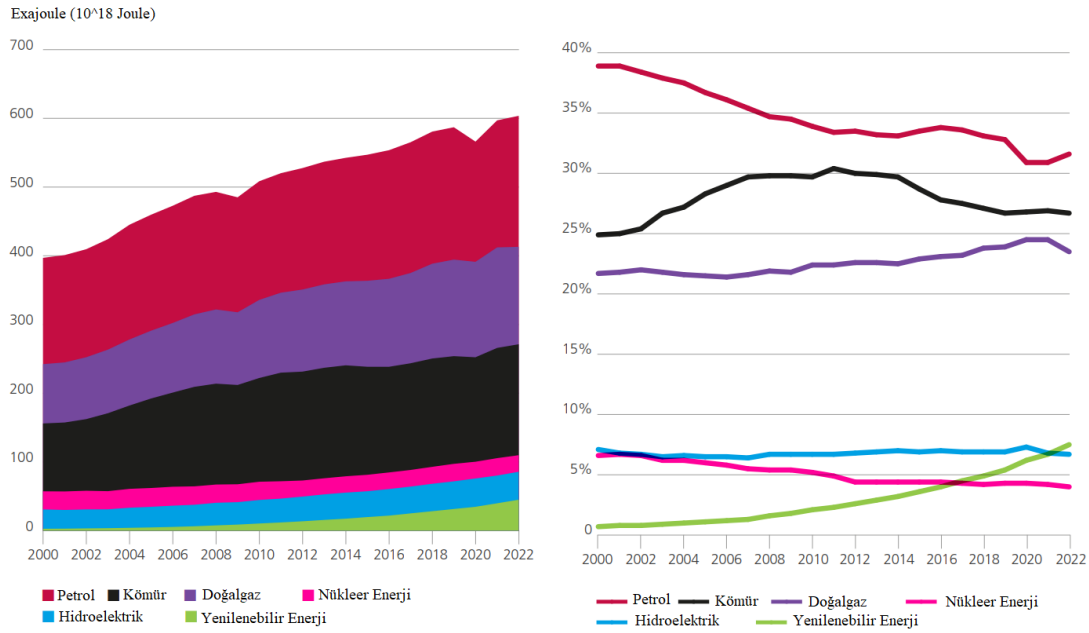
Enerji, insanoğlunun varlığını devam ettirebilmesi için üretim, sanayi, haberleşme gibi modern yaşamın zorunlu gerekliliklerini sağlayan vazgeçilmez bir araçtır. Enerjisiz bir hayat düşünülemediği gibi enerjinin de yenilenebilir ve yenilenemez olarak çeşitleri mevcuttur.

Yenilenemez yani tükenen enerji kaynakları fosile ya da saf elemente dayanmaktadır. Fosil enerji kaynakları hidrokarbon yapısından oluşan kömür, petrol ve doğalgaz olarak sıralanabilir. Petrol ve doğalgaz aynı tip hidrokarbon moleküllerinden oluşmaktadır. Çoğunlukla bir arada bulunmakla birlikte, doğalgaz, gaz fazındaki maddenin sıkıştırılmaması halinde hareket kabiliyeti bulunduğu yer altında tek başına da bulunabilmektedir. Bunun yanı sıra doğalgaz petrol rezervuarlarında petrol içerisinde çözünmüş olarak da bulunabilmektedir. Enerji kaynaklarının kullanım tarihi açısından bakıldığında, en eski enerji kaynaklarından biri olan kömür, çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden daha küçük oranlarda da kükürt ve azot içeren farklı yapıya sahip enerji kaynağıdır. Elektrik ve ısı enerjisi üretim sektörlerinin ana hammaddesi olan kömür, ithal enerjiye bağımlılığı azaltıp, ulaşılabilir fiyat düzeyinde bulunabilir olmasıyla önemli bir enerji üretim kaynağıdır.

Dünya’da artan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu ihtiyacın büyük bir çoğunluğunu karşılayan fosil enerji kaynaklarının Dünya’nın yalnızca belirli bölgelerinde bulunması ve sınırlı olması küresel krizlere neden olabilmektedir. Fosil yakıtların yüksek karbonlu olmaları nedeniyle küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğine en büyük katkıyı sağlamaları sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli’nin (IPCC, 2023) özel raporunda, Dünya genelindeki sera gazı emisyonlar nedeniyle yerkürenin yüzey sıcaklığı, 1850-1900 yılları arası ölçülen değerlerle 2011-2020 arasındaki değerler kıyaslandığında 1,1°C artmıştır. Bu artışın yenilenemez enerji kullanımı devam ettikçe artacağı raporlanmıştır. Küresel ısınmanın artan etkisi nedeniyle yenilenebilir enerjilerin paylarının ve enerji verimliliğinin artırılması için acil eylem çağrısında bulunulmuştur.

Enerji krizlerine çözüm elde edebilmek, başta iklim değişikliği ve hava kirliliği olmak üzere çevresel sorunları azaltabilmek için fosil enerji kaynakları yerine, yenilenebilir enerji kaynakları çözüm olarak tercih edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğanın kendi döngüsünde elde edilebilen ve sınırsız olarak kendini yenileyebilen kaynaklar olarak tanımlanmaktadır (IEA,2003). Dünya'nın hemen her yerinde bulunabilen bu kaynaklar su, rüzgâr, güneş, biyokütle, hidrojen, okyanus ve jeotermal enerji olarak sıralanabilir.

Ancak Dünya enerji üretiminde fosil enerji kaynakları hala baskın durumdadır. 2023 yılı enerji üretim oranları Şekil 1.1 'de sunulmuştur. Petrol, kömür ve doğalgazın dahil olduğu fosil kaynaklar %81,6 ile en büyük paya sahip iken yenilenebilir enerji kaynakları %14, nükleer enerji ise %4.4'lik bir paya sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları dağıtımda ise jeotermal enerjinin oranı %0.4'tür (IRENA,2024).



Şekil 1.1. Dünya enerji üretim kaynaklarının dağılımı (EI, 2023)

Jeotermal enerji kaynakları büyük ölçüde iklime bağlı değildir ve bu nedenle, jeotermal kaynaklardan rüzgâr veya güneş enerjisi gibi diğer değişken yenilenebilir kaynaklardan daha periyodik bir süreklilikle enerji üretimi sağlanabilmektedir. Jeotermal enerjinin elektrik üretimiyle ülke ekonomisine katkısı olduğu gibi doğrudan kullanımla da katkıları çok önemlidir. Ancak, jeotermal enerji yenilenebilir olsa da sonsuz değildir. Bu kaynağı sonlu yapan ise rezervuardaki akışkanın yapay yöntemlerle çıkarılmasıdır. Bu akışkanın

korunması yani kaynak ömrünün arttırılması gerekir. Bu da reenjeksiyon kuyularıyla mümkündür ve sonuç olarak kaynağın sürdürülebilirliğini artırır.





## **2. AMAÇ VE KAPSAM**

Bu tez çalışmasında, Kırklareli-Asilbeyli’de bulunan jeotermal enerji kaynağının sürdürülebilir kullanımının değerlendirilebilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel temalarının altında toplam sürdürülebilirlik endeksinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın kapsamında Asilbeyli’de bulunan jeotermal kuyu için, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nden (MTA) elde edilen kuyu verileri ile sürdürülebilirlik hedefleri ve göstergeleri seçilerek bir çerçeve oluşturulmuş, göstergeler bölge özelinde olumlu ve olumsuz olarak belirlenerek temalar altında endekslenmiştir. Kaynağın sürdürülebilirlik potansiyelinin değerlendirilebilmesi için sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri hesaplanarak toplam sürdürülebilirlik endeksi elde edilmiştir. Bu kapsamda, BM Sürdürülebilirlik Hedefleri incelenmiş, bu hedeflere ait göstergeler seçilmiş, ekonomik, sosyal ve çevresel temalar altında gruplandırılmıştır. Kuyunun kullanım durumuna göre bölgede yaratacağı etkiler olumlu ve olumsuz olarak değerlendirilerek aritmetik olarak toplanmıştır.



### **3. KURAMSAL KAVRAMLAR**

#### **3.1. Sürdürülebilirlik Kavramı**

Sanayi devriminden sonraki endüstriyel, teknolojik büyüme ve insan nüfusunun artışı tüketimin de katlanarak artmasını beraberinde getirmiştir. Sürdürülebilirlik, kelime anlamı olarak, bir sistemde belirli bir sürecin veya durumun dengesini koruyabilme yeteneğidir. Sürdürülebilirlik terimi, 1969'da Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından ilk defa çevresel etkiler boyutuyla kullanılmıştır. 1972'de Birleşmiş Milletler Stockholm Çevre ve İnsan Konferansı'nda, ekonomik büyümeyi ve sanayileşmeyi çevresel zarar olmadan gerçekleştirmenin mümkün olduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma ideolojisi, Dünya Muhafazakâr Stratejisi (1980), Brundtland Raporu (1987) ve Rio'daki Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (1992) aracılığıyla, hükümetler, uluslararası iş dünyası ve her türden sivil toplum kuruluşlarının daha geniş katılımı ile benimsenmiştir (Adams, 2006). Sürdürülebilirlik kavramı bu noktada bilimsel disiplin olarak, insan neslinin devamı hakkında genel kabule uyan çerçevelerin oluşturulması için ortaya atılmış bu da sürdürülebilir sistemlerin araştırılmasına yol açmıştır (Worster, 1994). Sürdürülebilirlik kavramı Birleşmiş Milletler (BM) tarafından ortaya konulan sürdürülebilirlik hedefleriyle, mevcut ihtiyaçlarımızın, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama potansiyelinden taviz vermeden karşılanması olarak tanımlanmıştır (UN, 2001).

Sürdürülebilir kalkınma, çevreyi korurken insan ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bir kaynak kullanım modelidir. Böylece bu ihtiyaçlar sadece içinde bulunduğumuz zamanı değil, kaynakların akılcıca kullanımıyla, gelecek nesillerin kullanımı için korunmasını sağlamaya odaklanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma tanımı genel olarak bugünün şartlarını yarına bırakırken çevreye kalıcı zarar bırakmamak üzerine kuruludur. Yani bugünün gereklilikleri olan ekonomik büyüme ve sosyal gelişime, çevreye zarar vermeden yapılmalıdır. Bu da hem bugün hem de yarın için toplum faydasını arttırmak demektir. Sürdürülebilir kalkınmanın mümkün olabilmesi için ekonomi, çevre ve toplum arasında bir denge kurulmalıdır.

### 3.2.Sürdürülebilir Kalkınmanın Hedef ve Göstergeleri

Birleşmiş Milletler (BM) küresel olarak daha iyi bir gelecek için 2030 yılına kadar gerçekleştirilmek üzere 17 ana hedef ve bunların altında alt hedefler belirlemiş bu hedeflerin uygulanabilirliğinin takibi için 248 adet gösterge yayınlamıştır, Şekil 3.1 de ana hedefler verilmiştir (BM Türkiye, 2024). Hedefler ve kullanabilecek bazı göstergeler bu bölümde incelenmiştir.



Şekil 3.1. Sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri (BM Türkiye, 2024)

#### 3.2.1. Hedef 1: “Yoksulluğa son: Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek”

Yoksulluk ve engellilik arasında güçlü bir bağlantı bulunmaktadır. Yoksulluk, yetersiz beslenme, kötü sağlık bakımı ve tehlikeli yaşam koşullarını beraberinde getirerek, istekleri gerçekleştirme noktasında engelliliğe neden olmaktadır. Yoksulluk ve engelliliğin, zayıf beslenme durumu, daha düşük aşılama, daha düşük doğum ağırlığı, daha yüksek işsizlik, yetersiz istihdam oranları ve daha düşük mesleki kazanç ile ilişkili olduğu söylenebilir. Yoksulluğun yol açtığı kısıtlılık, özellikle uygun yaşam şartları ve barınma olanakları yoksa bireylerin ekonomik ve sosyal yaşamına tam katılımını engelleyerek yoksulluğun devamına mahkûm etmektedir. Yoksul kişilerin %80’i gelişmekte olan ülkelerde yaşamaktadır ve bunların tüm kalkınma faaliyetlerine dahil edilmesi gerekir. 2030 yılına kadar yoksul ve savunmasız nüfusun, ekonomik kaynaklar üzerinde eşit haklara ve temel hizmetlere erişimine sahip olması ve mülkiyetleri, arazileri üzerinde hakimiyete sahip olması sağlanmalıdır (UN, 2024).

Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:1.2.2 “Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı”
- Gösterge No:1.4.1 “Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı”
- Gösterge No:1.a.2 “Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı” (UN, 2024).

### **3.2.2. Hedef 2: Açlığa son: “Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek”**

2030 yılına kadar tarımsal üretim kapasitesini ikiye katlamak ve küçük ölçekli gıda üreticilerinin gelirini arttırmak. Ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeylerde sağlıklı bir şekilde tarımsal üretim kapasitesini artırmak için, kırsal altyapı, tarımsal araştırma ve yayım hizmetleri, teknoloji geliştirme konusunda uluslararası iş birliği yapmak ve Dünya tarım pazarlarının oluşturmak. Sürdürülebilir gıda üretim sistemleri sağlamak, üretkenliği ve üretimi artıran, ekosistemlerin korunmasına yardımcı olan, iklim değişikliğine neden olmayan tarım uygulamalarını hayata geçirmek ve aşırı hava koşulları, kuraklık, sel ve diğer felaketlere uyum kapasitesini güçlendirilmiş arazi ve toprak kalitesinin kademeli olarak iyileştirilmesini sağlayan tarım politikalarını benimsemek bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise;

- Gösterge No:2.3.2 “Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırılımına göre ortalama gelirleri”
- Gösterge No:2.4.1 “Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı”
- Gösterge No: 2.a.2 “Tarım sektörüne toplam resmi akımlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akımlar toplamı)”
- Gösterge No: 2.c.1 “Gıda fiyatları anomalileri göstergesi” (UN, 2024).

### **3.2.3. Hedef 3: “Sağlık ve kaliteli yaşam: Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak”**

2030'a kadar, ulusal ve küresel ölçüde kaliteli ve hayati sağlık hizmetleri ile güvenilir, etkili ve ulaşılabilir ilaç ve aşıların temini için tüm ülkelerin kapasitesinin

güçlendirilmesini sağlanmalıdır. Sağlık finansmanının ve sağlık işgücünün geliştirilmesi de bu kapasiteye dahildir ve Tehlikeli kimyasallardan ve hava, su ve toprak kirliliği ve bu kirlilikten kaynaklanan ölüm ve hastalıkların sayısını önemli ölçüde azaltmak bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise;

- Gösterge No:3.8.1 “Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı (genel ve en dezavantajlı nüfus içinde üreme, anne, yenidoğan ve çocuk sağlığını, bulaşıcı ve bulaşıcı olmayan hastalıkları, hizmet kapasitesi ve erişimi içeren izleyici müdahalelere dayalı temel hizmetlerin ortalama kapsanma oranı)”
- Gösterge No: 3.9.1 “Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı”
- Gösterge No: 3.9.2 “Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri)” (UN, 2024).

#### **3.2.4. Hedef 4: “Nitelikli eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek”**

2030’a dek, insan hakları, cinsiyet eşitliği, toplum barışı ve şiddetsiz bir kültürünün teşviki yoluyla tüm öğrencilere sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için gereken bilgi ve becerileri kazandırıp, sürdürülebilir kalkınmaya katkısını arttırmak. Eğitim, bilgi ve iletişim teknolojisi, teknik, mühendislik ve bilimsel programlar da dahil olmak üzere yüksek öğretime kayıt için mevcut bursların sayısını küresel olarak önemli ölçüde artırmak gelişmiş ülkelerde ve diğer gelişmekte olan ülkelerde eğitimin ana hedefini kapsamaktadır (UN, 2024). Bu hedefler doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No: 4.2.1 “Cinsiyete göre, sağlık, öğrenme ve psikososyal refah açısından gelişimsel olarak uygun 5 yaş altındaki çocukların oranı.”
- Gösterge No: 4.2.2 “Bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) becerilerine sahip gençler ve yetişkinlerin oranı” (UN, 2024).

#### **3.2.5. Hedef 5: “Cinsiyet eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek”**

2030'a dek, insan ticareti, cinsel ve diğer sömürü türleri dahil olmak üzere kamusal ve özel alanlarda tüm kadınlara ve kızlara yönelik her türlü şiddetin ortadan kaldırılması, çocuk evliliği, erken yaşta zorla evlilik ve kadın sünneti gibi tüm zararlı uygulamaların ortadan kaldırmak. İhtiyacı olanlara ücretsiz bakım, kamu hizmetleri, altyapı ve sosyal koruma politikalarının sağlanması. Hane ve aile içinde ulusal olarak uygun şekilde paylaşılan sorumluluğun teşvik edilmesi yoluyla tanımak ve bunlara değer vermektedir. Kadınların güçlendirilmesini teşvik etmek için özellikle bilgi ve iletişim teknolojisinin kullanılmasını sağlamak da bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise;

- Gösterge No: 5.1.1 “Cinsiyete dayalı eşitliğin teşvik edilmesi, uygulanması ve izlenmesi için yasal çerçevelerin var olup olmadığı.”
- Gösterge No: 5.5.2 “Yönetim pozisyonlarında bulunan kadınların oranı” (UN, 2024)

### **3.2.6. Hedef 6: “Temiz su ve sanitasyon: Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak”**

2030'a kadar, herkes için yeterli, adil temizlik ve hijyene erişimin sağlanması ve açık ortamda dışkılamanın sona erdirilmesi, kadınların ve savunmasız durumdaki kişilerin ihtiyaçlarına özel dikkat göstermek ve tüm sektörlerde su kullanımına dair verimliliğin önemli ölçüde artırılması ve su kıtlığının giderilerek, su kıtlığından etkilenen insanların sayısını önemli ölçüde azaltmak amacıyla sürdürülebilir temiz su tedarik edilmesini sağlamak. Ayrıca, kirliliği azaltarak, tehlikeli kimyasalların ve malzemelerin salınımını en aza indirilmesi, arıtılmamış atık su oranını yarıya indirerek ve küresel olarak geri dönüşümü ve güvenli yeniden kullanımı önemli ölçüde artırarak su kalitesinin iyileştirilmesi bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedefler doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No: 6.3.1 “Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı”
- Gösterge No: 6.3.2 “Alıcı ortam su kalitesi iyi düzeyde olan su kütlelerinin oranı”
- Gösterge No: 6.4.1 “Zaman içinde su kullanım verimliliğindeki değişimi” (UN, 2024).

### **3.2.7. Hedef 7: “Erişilebilir ve Temiz Enerji: Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak”**

2030 yılına dek, küresel olarak karşılanabilir, güvenilir ve modern enerji servislerine erişimi arttırmak, yenilenebilir enerjinin küresel enerji karışımındaki payını önemli ölçüde artırmak, küresel olarak enerji verimliliğinin iyileşme oranını iki katına çıkarmak, yenilenebilir enerji ve temiz enerji araştırma ve teknolojisine erişimi kolaylaştırmak için uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir (UN, 2024). Aynı zamanda BM hedeflerinde enerji altyapısı ve temiz enerji teknolojilerine yönelik yatırımın teşvik edilmesi maddesi bulunmaktadır (UN, 2024). Bu hedefler doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No: 7.1.2 “Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı”
- Gösterge No: 7.2.1 “Toplam nihai enerji tüketimindeki yenilenebilir enerji payı”
- Gösterge No: 7.3.1 “Birincil enerji ve gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) cinsinden ölçülen enerji yoğunluğu” (UN, 2024).

### **3.2.8. Hedef 8: “İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme: İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek”**

2030 yılına kadar, küresel kaynak verimliliğini tüketim ve üretimde kademeli olarak iyileştirmek ve ekonomik büyümeyi çevresel bozulmadan ayırmaya çalışmak, gelişmiş ülkelerin başı çekmesiyle sürdürülebilir tüketim ve üretime ilişkin 10 yıllık programlarda 2030 yılına kadar, gençler ve engelliler de dahil olmak üzere tüm kadınlar ve erkekler için tam ve üretken istihdam, insana yakışır iş ve eşit değerde işe eşit ücret sağlanması hedefleri de yine aynı madde kapsamında sunulmaktadır (UN, 2024). Bu hedefler doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No: 8.5.2 “Cinsiyet, yaş ve engelli kişiler açısından işsizlik oranı.”
- Gösterge No: 8.9.1 “Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyümü hızındaki payı” (UN, 2024).

**3.2.9. Hedef 9: “Sanayi, yenilikçilik ve altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek”**

Herkes için uygun fiyatlı ve eşit erişime odaklanarak ekonomik kalkınmayı ve insan refahını desteklemek ve bu doğrultuda, ulusal, bölgesel ve sınır ötesi altyapı dahil olmak üzere kaliteli, güvenilir, sürdürülebilir ve dayanıklı altyapı geliştirmek bu hedefin kapsamındadır. Kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi teşvik etmek, 2030 yılına kadar endüstrinin istihdam oranını ve gayri safi yurtiçi hasıladaki payını ulusal koşullara uygun olarak önemli ölçüde artırmak, ülkelerdeki altyapıyı iyileştirmek ve ülkelerin endüstrilerini sürdürülebilir kılmak için, kaynak kullanım verimliliğini artırmak da bu hedefin tanımları arasındadır. Ayrıca, temiz, çevreye duyarlı teknolojilerin ve endüstriyel süreçlerin daha fazla benimsenmesini sağlayarak, tüm ülkelerin kendi yeteneklerine göre harekete geçmesi bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedefler doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No: 9.2.2 “Toplam istihdamın bir parçası olarak imalat sektöründe istihdam oranı.”
- Gösterge No: 9.4.1 “Değer başına eklenen CO<sub>2</sub> emisyonu” (UN, 2024).

**3.2.10. Hedef 10: “Eşitsizliklerin azaltılması: Ülkelerin içinde ve arasındaki eşitsizlikleri azaltmak”**

2030’a kadar, yaş, cinsiyet, engellilik, ırk, etnik köken, köken, din, ekonomik veya diğer durumlara bakılmaksızın herkesin sosyal, ekonomik ve politik katılımının güçlendirilmesi ve teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Bu hedefle gelir, maaş ve sosyal koruma politikaların benimsenmesiyle fırsat eşitliğini sağlama amacı güdülmektedir (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki konuya ilişkin bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:10.2.1 “Cinsiyete, yaşa ve engelli kişilere göre, ortalama gelirin yüzde 50'sinin altında yaşayan kişilerin oranı”
- Gösterge No:10.4.1 “Emeğin GSYH'daki payı” (UN, 2024).

**3.2.11. Hedef 11: “Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar: Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılma”**

2030 yılına dek herkes için güvenli, uygun fiyatlı, erişilebilir ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerine erişim sağlamak, özellikle toplu taşımayı genişleterek, savunmasız durumdaki kişilerin, kadınların, çocukların, engellilerin ve yaşlıların ihtiyaçlarına özel dikkat göstererek yol güvenliğini artırmak, kapsayıcı ve sürdürülebilir kentleşmenin ve tüm ülkelerde katılımcı, entegre ve sürdürülebilir insan yerleşim planlaması ve yönetimi için kapasitenin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ulusal ve bölgesel kalkınma planlamalarının güçlendirilmesi kentsel, kent çevresi ve kırsal alanlar arasındaki olumlu ekonomik, sosyal ve çevresel bağların desteklenmesi hedefler arasında yerini almaktadır. Kaynak verimliliğinin artırılması, iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesi bu amacın önemli bir adımıdır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:11.1.1 “Gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı”
- Gösterge No:11.3.2 “Düzenli ve demokratik olarak faaliyet gösteren kentsel planlama ve yönetimde sivil toplumun doğrudan katılım yapısına sahip şehirlerin oranı” (UN, 2024).

### **3.2.12. Hedef 12: “Sorumlu üretim ve tüketim: Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak”**

2030'a kadar, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini ve verimli kullanımını sağlamak perakende ve tüketici seviyelerinde kişi başına küresel gıda atığını yarıya indirmek ve hasat sonrası kayıplar dahil olmak üzere üretim ve tedarik zincirlerinde gıda kayıplarının azaltılması ve kimyasalların ve tüm atıkların yaşam döngüleri boyunca, üzerinde anlaşmaya varılan uluslararası çerçevelere uygun olarak çevreye duyarlı bir şekilde yönetilmesini sağlamak ve insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için bunların havaya, suya ve toprağa salınımını önemli ölçüde azaltmak için önleme, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla atık oluşumunu önemli ölçüde azaltmak hedefler arasında yer almaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:12.2.2 “Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi”
- Gösterge No:12.4.2 “Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı”

- Gösterge No:12.b.1 “Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı” (UN, 2024).

### **3.2.13. Hedef 13: “İklim eylemi: İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek”**

Tüm ülkelerde, iklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığı ve uyum kapasitesini güçlendirmek. İklim değişikliği önlemlerini ulusal politikalara, stratejilere ve planlamasına entegre ederek, iklim değişikliğini hafifletme, adaptasyon, etkilerini azaltma ve erken uyarı konularında eğitim, bilinçlendirmelerle insani ve kurumsal kapasiteyi geliştirmek bu hedefi tanımlamaktadır. Gelişmiş ülke taraflarının Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taahhütleri kapsamında, karbon salınımı, partikül madde salınımları, aşırı emisyonlar gibi hava kalitesini, ekolojik dengeyi ve su kalitesini bozan her türlü kirleticinin önemli bir şekilde azaltılması da bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:13.1.1 “Afetlere bağlı ölümler, kayıp kişiler ve doğrudan etkilenen kişilerin, 100.000 nüfus başına düşen sayısı”
- Gösterge No:13.1.3 “Ulusal afet risk azaltma stratejileriyle uyumlu yerel afet risk azaltma stratejilerini benimseyen ve uygulayan yerel yönetimlerin oranı”.

### **3.2.14. Hedef 14: “Sudaki yaşam: Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak”**

2030 yılına kadar, balıkçılık, su ürünleri yetiştiriciliği ve turizmin sürdürülebilir yönetimi dahil olmak üzere, deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması, ayrıca, deniz biyoçeşitliliğinin gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasına katkısını artırmak için, bilimsel bilgiyi artırarak, araştırma kapasitesini geliştirmek ve deniz teknolojisini bu ülkelere transfer etmek bu hedef kapsamında ele alınmaktadır (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:14.3.1 “Kabul edilen örnekleme istasyonlarında ölçülen ortalama deniz asiditesi (pH)”

- Gösterge No:14.4.1 “Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı”

**3.2.15. Hedef 15: “Karasal yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımı desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek”**

2030’a kadar çölleşmeyle mücadele etme, kuraklık ve sellerden etkilenen araziler dahil olmak üzere bozulmuş arazi ve toprağı eski haline getirmek, arazi bozulmasının olmadığı bir Dünya da yaşayabilmek için, sürdürülebilir kalkınmada gerekli olan faydaları sağlama kapasitelerini artırmak ve biyolojik çeşitlilik de dahil olmak üzere dağ ekosistemlerinin korunmasını sağlamak hedeflenmektedir (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:15.1.1 “Orman alanının toplam arazi alanına oranı”
- Gösterge No:15.2.1 “Sürdürülebilir ormancılık yönetimine ilerleme”.

**3.2.16. Hedef 16: “Barış, adalet ve güçlü kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak”**

2030'a kadar, her yerde tüm şiddet biçimlerini ve buna bağlı ölüm oranlarını önemli ölçüde azaltmak, çocuklara yönelik taciz, sömürü, insan ticareti, her türlü şiddete ve işkenceye son verilmesi, ulusal ve uluslararası düzeyde hukukun üstünlüğünün teşvik edilmesi ve herkes için adalete eşit erişimin sağlanması amacını gütmektedir (UN, 2024). Ayrıca, yasadışı silah akışlarını önemli ölçüde azaltılması, çalınan varlıkların geri getirilmesi ve iade edilmesi ayrıca her türlü organize suçlarla mücadele edilmesi amaçlarını ortaya koyan hedeftir (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:16.6.2 “Kamu hizmetlerinden yararlandığı son deneyiminden memnun olan nüfusun oranı”
- Gösterge No:16.7.2 “Karar alma sürecinin kapsayıcı ve duyarlı olduğuna inanan nüfusun, cinsiyete, yaşa, engelliliğe ve nüfus grubuna göre oranı” (UN, 2024).

### **3.2.17. Hedef 17: “Amaçlar için Ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak”**

2030 yılına kadar en az gelişmiş ülkeler için, teknoloji bankasını ve bilim, teknoloji kapasite geliştirme mekanizmasını tam olarak işler hale getirmek ve teknolojinin kullanımını artırmak temel hedefler arasında yerini almaktadır (UN, 2024). Bu hedef ayrıca, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm ülkelerde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasını desteklemek için bilgi, uzmanlık, teknoloji ve finansal kaynaklarını paylaşan çok paydaşlı ortaklıklar ile sürdürülebilir kalkınmanın geliştirilmesi ve gelişmekte olan ülkeler için, gelişmiş ülkelerin ek mali kaynaklarının seferber edilmesi ve gelişmekte olan ülkelere, ekonomik iyileştirmeyi teşvik etmeyi amaçlayan politikaların uygulanmasının desteklenmesi ile bilim, teknoloji ve yenilik konusunda Kuzey-Güney, Güney-Güney ve üçlü bölgesel uluslararası iş birliğini oluşturarak Birleşmiş Milletler düzeyinde, iyi bir koordinasyonla, bilgi paylaşımını geliştirmek ve küresel bir teknoloji sistemine ulaşmak. amacını gütmektedir (UN, 2024). Bu hedef doğrultusundaki bazı BM göstergeleri ise,

- Gösterge No:17.5.1 “En az gelişmiş ülkeler için yatırım teşvik rejimlerini benimseyen ve uygulayan ülke sayısı”
- Gösterge No:17.18.1 “Resmi İstatistiklerin Temel İlkelerine uygun olarak, hedefle ilgili olduğunda tam ayrıntıya kadar ayrıştırma yapılan ulusal düzeyde üretilen sürdürülebilir kalkınma göstergelerinin oranı” (UN, 2024).

### **3.3.Sürdürülebilir Kalkınma Temaları**

BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedef ve Göstergeleri, literatürdeki ulusal ve uluslararası çalışmalarda genellikle ekonomik, sosyal ve çevresel olarak üç tema altında ele alınmıştır.

Ekonomik temanın altında, bir toplumun ekonomik olarak kalkındıran temel hedefler görülmektedir. Büyümenin dengeli olmasını sağlamak için ekonomik aşamaların sürdürülebilirlik açıdan değerlendirilmesini işaret etmektedir.

Sosyal temanın altında, toplumun sosyal yönden kalkınabilmesi için temel hedefler görülmektedir. Büyümenin dengeli olmasını sağlamak için sosyal düzenlemelerin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesini işaret etmektedir.

Çevresel temanın altında, küresel ısınmanın tehdit olduğu bu nesilde doğal kaynakların tükenmesinin gelecek nesillere kalıcı hasar bırakmaması ve çevrenin korunabilmesi için temel hedefler görülmektedir. Büyümenin dengeli olmasını sağlamak için çevresel düzenlemelerin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesini işaret etmektedir.

BM hedeflerinin, sürdürülebilir enerji çerçevesinde sürdürülebilirlik temalarına göre değerlendirilmesi Çizelge 3.1 ile verilmiştir (Kaygusuz, 2024; Karlsdottir ve diğerleri, 2020).



Çizelge 3.1. BM hedeflerinin temalara göre gruplandırılması

| BM HEDEFLERİ                                       | Temalar  |        |          |
|----------------------------------------------------|----------|--------|----------|
|                                                    | Ekonomik | Sosyal | Çevresel |
| Hedef 1: “Yoksulluğa Son”                          | X        | X      |          |
| Hedef 2: “Açlığa Son”                              | X        | X      |          |
| Hedef 3: “Sağlık ve Kaliteli Yaşam”                | X        | X      |          |
| Hedef 4: “Nitelikli Eğitim”                        | X        | X      |          |
| Hedef 5: “Toplumsal Cinsiyet Eşitliği”             |          | X      |          |
| Hedef 6: “Temiz Su ve Sanitasyon”                  |          | X      | X        |
| Hedef 7: “Erişilebilir ve Temiz Enerji”            | X        | X      |          |
| Hedef 8: “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme”    | X        | X      |          |
| Hedef 9: “Sanayi, Yenilik ve Altyapı”              | X        |        |          |
| Hedef 10: “Eşitsizliklerin Azaltılması”            | X        | X      |          |
| Hedef 11: “Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar” |          | X      |          |
| Hedef 12: “Sorumlu Tüketim ve Üretim”              | X        | X      |          |
| Hedef 13: “İklim Eylemi”                           |          | X      | X        |
| Hedef 14: “Suyun Altındaki Yaşam”                  |          | X      | X        |
| Hedef 15: “Karasal Yaşam”                          |          | X      | X        |
| Hedef 16: “Barış ve Adalet Güçlü Kurumlar”         | x        | X      |          |
| Hedef 17: “Amaçlar için Ortaklıklar”               | x        | X      |          |



#### 4. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Literatürde farklı alanlarda sürdürülebilirlik çalışmaları yapılmıştır. Jeotermal enerji ile ilgili de sürdürülebilirlik ve jeotermal enerjinin çevresel, sosyal, ekonomik etkileri konusunda yapılmış çalışmalar bu bölümde irdelenmiştir.

Literatürde hem sürdürülebilir enerji hem de Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) göstergesi çerçeve geliştirme örnekleri bulunsa da, özellikle jeotermal enerji projeleri için sürdürülebilirlik göstergelerinin çerçeve içinde değerlendirilip sürdürülebilirliğin gelişiminin takibine ilişkin daha sınırlı örnek bulunmaktadır.

Kaygusuz, (2024) çalışmasında jeotermal enerjinin sürdürülebilir enerji açısından çok avantajlı olduğunu belirtmiş, jeotermal enerji kullanım alanlarından doğrudan kullanımın dolaylı kullanımına göre daha da verimli olduğunu savunmuştur. Bunun nedenini ise doğrudan kullanımın daha düşük sıcaklık gereksinimiyle daha ulaşılabilir olması ve elektrik üretiminine göre daha rekabetçi piyasaya sahip olması olarak belirtmiştir. Ancak, jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında açığa çıkan atık jeotermal sularının bertarafı konusunda dikkatli olunması gerektiği konusuna işaret etmiştir.

Edam, (2023) tarafından yapılan Türkiye için bir rekabet endeksi metodoloji çalışmasında Türkiye'deki şehirlerin genel rekabetçilik seviyeleri ölçülendirilmiştir. Genel endeks, her biri Temel Bileşen Analizi (TBA) (Principal Component Analysis) kullanılarak hesaplanmış 8 alt endeksin tekrar TBA'ya göre bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Temel bileşen analizinde endekslere atanan ölçümleme toplanırken ağırlıklandırma yapılmasına gerek duyulmadığından şehirler endeksler altında sıralanmıştır.

Kete, (2019) çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlara yol göstermesi için enerji kaynaklarını puan bazlı analizle değerlendirmiştir. Analiz sonucuna göre yenilenebilir enerji yatırımlarının ülkemizde ekonomik ve sosyal yönden en optimal sonucu alması için jeotermal enerji oranının %11,4 olacak şekilde planlanması öngörülmüştür. Ayrıca jeotermal enerjinin diğerlerinden farklı olarak mevsimlere bağlı olmaması açısından daha verimli olduğu belirtilmiştir.

Durmuş (2019) çalışmasında BM'in 17 sürdürülebilir kalkınma hedefinin altında yer alan göstergeler değerlendirilmiş, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal teması altındaki amaç ve hedeflerin ulusal düzeyde izlenebilmesi için Türkiye'ye özgü bir gösterge seti oluşturulmuş ve bu özgün göstergelerin değişiminin tek bir endekste özetleneceği bir bileşik endeks önerisi geliştirilmiştir. Endeksleme metodolojisinde 5 adım kullanılmıştır. 1. adım gösterge seçimi ve veri kontrolleri, 2. adım kayıp veri, 3. adım normalizasyon, 4. adım ağırlıklar ve 5. adım da toplulaştırma olarak listelenmiştir. Toplulaştırma adımında aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın ölçülmesinde, endeksleme metodu ile toplulaştırılacak yani aritmetik ortalaması alınacak ölçütlenmiş göstergelerdeki ilerlemelerin ya da gerilemenin ayrı ayrı izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bir göstergedeki gerilemenin diğer göstergelerdeki ilerlemeler ile kompanse edilmemesi için ayrı ayrı takibinin önemli olduğu belirtilmiştir.

Karakuzu (2019), Afyon İli'nin Ömer-Gecek bölgesindeki konut ısıtmacılığında kaynak olarak kullanılan jeotermal üretim kuyularını ve reenjeksiyon kuyularını jeolojik olarak izlemiş ve reenjeksiyon kuyularının sayısı artırılıp kapalı sistem oluşturulduğunda, kaynaktan faydalanan konut sayısının neredeyse iki kat artacağını belirtmiştir. Ayrıca, bu yöntemlerle rezervuardan gelen akışkanın da iki katından fazla arttığını ortaya koymuştur. Reenjeksiyon kuyularının jeotermal kaynağın potansiyelini artırdığını gösteren önemli bir çalışmadır.

Karabatak (2018) çalışmasında, jeotermal enerjinin güçlü yönleriyle öne çıkmasının nedenlerinin, çevresel ya da zamansal şartlara bağlı olmadığı için tam kapasite çalıştığında oldukça yüksek verimde enerji üretebilmesi, rüzgâr ve güneş daha sürekli olduğu belirtilmiştir. Üretim kuyularının uygun kullanıldığı takdirde sürdürülebilir olabileceği aksi takdirde kaynağın tükenebilir olduğu belirtilmiştir.

Gök ve Yiğit (2018) çalışmasında büyükşehirlerin sürdürülebilirlik performanslarını çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Araştırmada hesaplamalar için göstergeler seçilmiş ve farklı hesaplama endeksleri incelenmiştir. Sonrasında 3 temada oluşan 3 farklı sıralamadan genel bir sıralama elde etmek için Borda Sayım Tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte karar vericiler şehirler için belirlenen göstergeleri tercih sıralamalarına göre derecelendirmiş ve ortalaması alındıktan sonra en yüksek skorlu alternatifi seçmişlerdir. Borda Sayım Tekniği, karar vericilere, çoğunluğun

tercihlerinden ziyade, kabul edilebilir ve uzlaşmacı bir alternatif sunmaktadır. Bu da sürdürülebilirliğin ölçülebilmesi için farklı hesaplama yöntemleri olduğunu göstermiş bu çalışmanın metodolojisinin oluşturulmasında yardımcı olmuştur.

Can, (2017) çalışmasında enerji üretimi yapan kurumların uzun vadeli istikrarlı, iyi ödeme yapan işler sağlayarak işsizliğin önüne geçtiğini belirtmiştir. Ayrıca, güvenilir, yenilenebilir ve verimli enerji üretiminin ülke ekonomisine katkıda bulunduğu gibi düşük emisyonlarla hava kirliliğini azalttığından buna bağlı sağlık sorunlarının azalmasıyla devlet bütçesinden ayrılan sağlık giderlerini azalttığını belirtmiştir.

Gündüz ve diğerleri (2015) çalışmasında doğrudan kullanım uygulamalarının yapıldığı Simav'da içme sularındaki yüksek arsenik ve bor oranlarının bölge halkındaki kanser oranlarıyla ilişkili olabileceğini belirtmiştir.

Shortall ve diğerleri (2015) tarafından yapılmış çalışmada İzlanda, Yeni Zelanda ve Kenya'daki jeotermal enerji projeleri için sürdürülebilirlik hedefleri, temaları ve göstergeleri ile belirlenmiş bir sürdürülebilirlik değerlendirme çerçevesi tanımlanmıştır. Bu çerçevede çevre yönetiminin önemli bir hedef olduğu ve su kullanımının çevreyle ilgili önemli bir olgu olduğu belirtilmiş ve bu doğrultuda lokal hedefler belirlenmiştir. Çalışmada, sürdürülebilir jeotermal projelerin yerel olarak analiz edilmesi ve bölgenin ihtiyaçlarına yönelik hedeflerin seçilmesi gerektiğine işaret edilmektedir.

Erkul (2012) çalışmasında Kızıldere/Denizli'deki kaynağın ekonomik faydaları ve çevresel etkileri incelenmiştir. Kaynağın kullanımı elektrik üretimi ile birlikte kurubuz ve karbondioksit üretimi, seracılık, konut ısıtma, sağlık turizmi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Isısı alınmış termal suların bir kısmı bölgedeki tek reenjeksiyon kuyusundan rezervuara geri basılsa da çoğunlukla Büyük Menderes nehrine doğrudan boşaltıldığı tespit edilmiş, oksijensizleşmeye ve Bor kirliliğine neden olduğu belirtilmiştir. Yeni reenjeksiyon kuyularının açılması, atık suyun dinlendirme havuzlarına alınıp borun çökeltiyle suyun arıtılması gerektiği belirtilmiştir.

Kervankıran'ın (2012) yaptığı çalışma Afyonkarahisar'da yapılan çalışmada da atık suların doğrudan yeryüzüne bırakılmasının zararlarından bahsetmiş bu durumdan akarsular, göller ve yeraltı sularının da etkilediği belirtilmiştir. Bununla birlikte turistik

termal tesislerde kullanılan sular filtrasyondan geçmiyor ve ağır metaller ihtiva ediyorsa şifa bulmak için gelen insanların sağlığını da riske attığı ifade edilmiştir.

Karagüç, (2013) yaptığı çalışmada Balıkesir’de bulunan 10 tanesi 35<sup>0</sup>C rezervuar sıcaklığına sahip, 18 tane jeotermal enerji sahasının toplam 294.4 MWt jeotermal enerji potansiyelini analiz etmiştir. Araştırmacı çalışması sonucunda, araştırmada ele aldığı 18 adet jeotermal enerji sahasının Güre ilçesinin konut ısıtmacılığı için kullanılan sıcaklık değerlerinin balık çiftlikleri, yüzme havuzları, hamam, toprak ısıtma alanlarında kullanılması için geliştirilebileceğini; Havran’da sera ısıtmacılığı dışında kaplıca ve konut alanlarında; Gönen’de termal, konut ve sera alanlarındaki mevcut değerlendirmeye ek olarak ahır ve kümes ısıtmacılığında; Hisaralan, Hisarköy ve Susurluk-Yıldız jeotermal sahaları ahır ve kümes hayvancılığı, balık çiftlikleri ve soğutma alanlarında; Balya’da sera, ahır ve kümes hayvancılığı kullanım alanlarında da değerlendirilmesiyle ilin jeotermal kaynaklarından en yüksek oranda fayda sağlayacağı kanısına güçlü ve zayıf yönlerine bakıp fırsat ile tehditleri belirlen bir analiz yaparak varmıştır.

## 5. JEOTERMAL ENERJİ

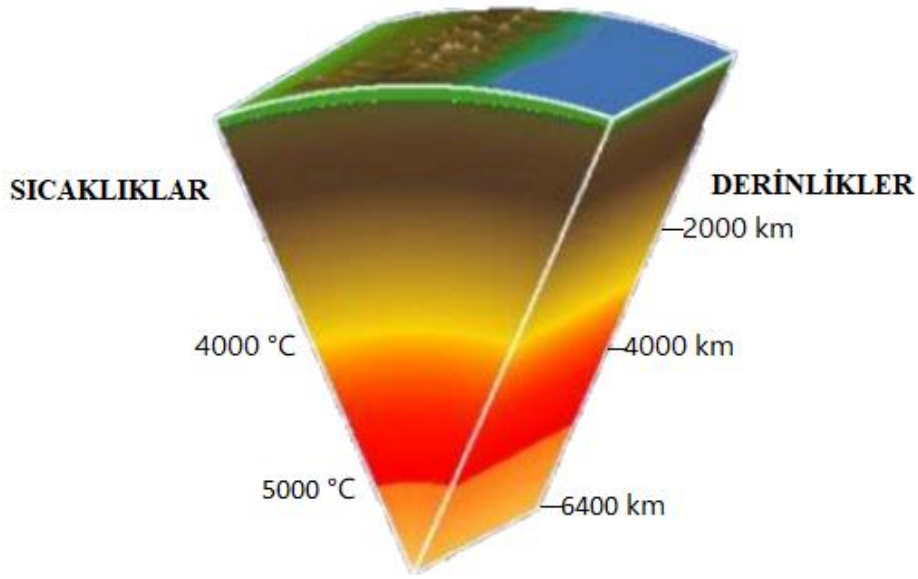
### 5.1. Jeotermal Enerji Kavramı

Jeotermal enerji kelime anlamıyla Dünya'dan gelen ısıdır. Yerküre içindeki kayaç, sıvı su ile buharda tutulan ve yeryüzüne doğru doğal ısı akışı şeklinde hareket eden bir enerji türüdür. Jeolojik yapıya bağlı olarak oluşmaktadır. Dünya'nın oluşumundan beri çekirdekteki ısı kaynaklarından beslenen jeotermal enerji radyoaktif elementlerin bozulması sonucunda da sürekli yenilenen iç ısı sayesinde yenilenebilir. Isınan yeraltındaki rezervuarlarda biriken su, buhar ve gazlar yapılan sondajlarla ya da doğal olarak gayzerlerle yeryüzüne çıkmaktadır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından yeraltındaki hazneler sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir. Temiz ve yenilebilir bir kaynak olarak kabul edilmektedir.

Jeotermal enerji kaynakları, Şekil 5.1'de görülebileceği üzere, Dünya'nın yerkabuğundan çekirdeğine kadar 6400 kilometreden 5000°C'yi aşan sıcak magmadan gelen ısı transferine dayanan hidrotermal bir kaynaktır. Isı transferi çekirdeğin kendisini çevreleyen kayanın içinde bulunan kayaçların yüksek sıcaklıkla ve basınçla erimesiyle başlar ve magmayı oluşturur. Eriyik magma kayadan daha hafif olduğu için yeryüzüne doğru ilerler. Bunun sonucunda ise kabuğa kadar ulaşır bazı bölgelerde 370°C'yi bulan sıcaklıklarla kayaları ve yeraltı sularını ısıtır. Çekirdekteki ısı kaynaklarından beslenen jeotermal enerji radyoaktif elementlerin bozulması sonucunda da sürekli yenilenen iç ısı sayesinde yenilebilir özelliktedir.

Jeotermal sistem, jeotermal rezervuar ve jeotermal alan olarak ikiye ayrılmaktadır: Jeotermal rezervuarlar yer altındaki sıcak ve geçirimli kayaçların içinde bulunan su ve/veya buharın geçirimsiz kayalar tarafından hapsedilip birikmesiyle oluşan akışkanları olarak tanımlanabilir.

Jeotermal alan ise, yeryüzünde arama, sondaj, üretim gibi jeotermal aktivitelerin olduğu alan olarak tanımlanır. (Resmi Gazete, 2007).



Şekil 5.1. Yerkürenin derinlikleri ve sıcaklık değişimi (Steenbeke, 2013)

Jeotermal akışkanı oluşturan kaynaklar yeraltındaki rezervuarlarda yağmur, kar, deniz gibi yerüstü suları ve magmatik sularla sürekli olarak beslenmekte ve yenilenebilmektedir. Jeotermal enerji, çekirdekten gelen ısı transferi ile yeraltındaki rezervuarlarda biriken sıcak su, buhar ve gazlar yapılan sondajlarla ya da doğal olarak gayzerlerle yeryüzüne çıkmaktadır. Dünya'nın oluşumundan beri çekirdekteki ısı kaynaklarından beslenen jeotermal enerji radyoaktif elementlerin bozulması sonucunda da sürekli yenilenen iç ısı sayesinde yenilenebilmektedir.

Yerin altındaki jeotermal sular yeryüzüne kadar sızabilmektedir. Bu sızıntılar da bölgedeki jeotermal potansiyeline dikkat çekebilmektedir. Bu potansiyelin araştırılması için jeolojik çalışmalar yapılırken yer üstündeki litolojiye, mineral analizlerine ve yeryüzü şekillerine bakılır. Potansiyel görüldüğünde sismik adı verilen yeryüzünden gönderilen sinyal setlerinin geri dönüş hızlarından yola çıkarak yer altındaki litolojik katmanların tahmini yapılmaya çalışılır. Bu katmanlara formasyon denir. Bu formasyonlardan jeotermal kaynağın olduğu düşüldüğü formasyona rezervuar kaya denir. Her bir rezervuar kayanın derinliğine göre basıncı vardır. Rezervuar kaya derinleştikçe üstündeki katmanlardan dolayı basıncı artar. Bu basınç ihtiva ettiği sıvıyı da basınçlandırır.

Jeotermal kaynak doğal yollarla yeryüzüne ulaşamıyorsa endüstriyel matkaplarla binlerce metreye varan derinliklere sondaj yapılarak, jeotermal rezervuarın biriktiği geçirimsiz

kayaları geçerek akışkanlara ulaşana kadar jeotermal kuyuları açılır. Jeotermal kuyuları açılırken kuyunun tahmini derinliğine göre öncelikle bir kule seçilir. Kule seçiminin önemi yeraltına indirilecek boruların toplam ağırlığı kaldırabilmesi açısından çok kritiktir. Bu sondaj kuleleri 50 ton ile 500 ton arasında kaldırma kapasitelerine sahiptir. Uygun kule bulunduktan sonra “casing” denilen muhafaza boruları dizaynı yapılır. Bu dizayn kuyunun kazılabilmesi için teleskopik olmak zorundadır çünkü kuyular aynı çapta kazılmaya başlanıp bitirilirse hedefe ulaşıldığında kuyunun yüzeye yakın metrajları yıkılmaya başlar. Bu nedenle, kuyular geniş çapta matkap ile kazılmaya başlanır belirli bir derinlikten sonra ilk muhafaza borusu iner ve daha dar çapta bir matkap ile daha dar çapta kuyu derinleşmesine olanak sağlanır. Bu şekilde yüzey suları da korunmuş olur. Kuyu derinliğine bağlı olarak bu muhafaza borusu çapları çeşitlenir.

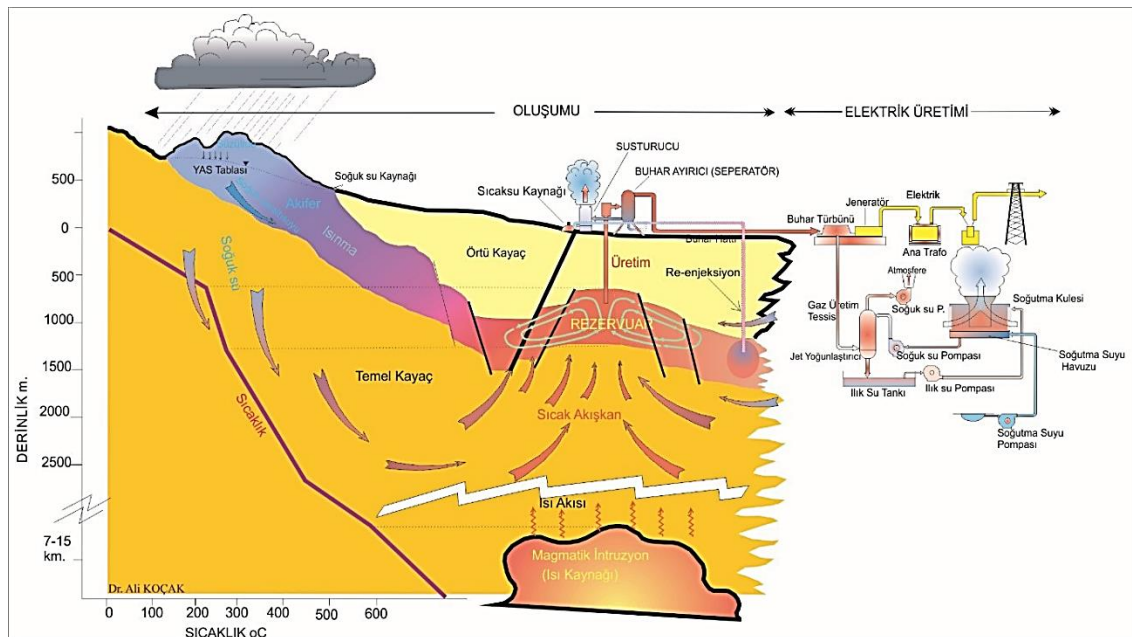
Sondaj kuyuları 100-1000 m arasında ise kadar sığ kuyular olarak adlandırılır ve genelde jeotermal kaynaklar daha derindedir. 1000 m-4000 m arasındaki kuyular derin kuyular olarak adlandırılır. Türkiye’deki jeotermal kuyu sondajları genelde 150 m-3000 m ler arasındadır. Derin kuyu klasmanına giren bu kuyularda birden fazla çapta muhafaza borusu inilir ve değişkenlik gösteren rezervuar basıncına göre sondaj sıvısı kullanılır.

Planlama ve kule seçimi yapıldıktan sonra, sondaj operasyonu kapsamında kuyu kazılırken sondaj çamuru adındaki bol kimyasal ihtiva eden bir sıvı kullanılır. Sondaj çamurunun görevleri, matkabı soğutmak, matkabın kazdığı kaya parçacıklarını (kesinti) yüzeye taşımak ve hidrostatik basınç oluşturup formasyon stabilitesi sağlamak olarak sıralanabilir. Hidrostatik basınç yukarıda bahsi geçen rezervuar kayadaki, rezervuar basıncından yüksek ya da eşit olmalıdır. Düşük kaldığı takdirde, Şekil 5.12’de de gösterildiği gibi, yüzeye kontrolsüzce sıvı akışına neden olabilir. Çamur, tanklar pompalar, elekler ve hortumlardan oluşan kapalı bir sirkülasyon sisteminde devridaim yapar. Devirdaim yapan çamurun kuyuya basım anındaki basınç kuyu derinliğine de bağlı olarak 1000 psi-2500 psi arasında değişebilir. Kuyudan çıkan kesintiler ve eleklerden elenemeyen bir miktar çamur “mud pit” denilen zemini naylonla kaplı büyük çukurlarda dinlendirilip vidanjörlerle bertaraf tesislerine gönderilir. Çamur her ne kadar kapalı bir sistemde dönse de nadiren de olsa “mud pit” in taşmasıyla doğaya sızabilir.

Sondajı tamamlanıp muhafaza boruları inilen kuyularda sondaj kulesi sökülüp, önce kuyu akış testleri yapılarak kuyunun potansiyeli ölçülür. Kuyu üretilbilecek bir rezervuara

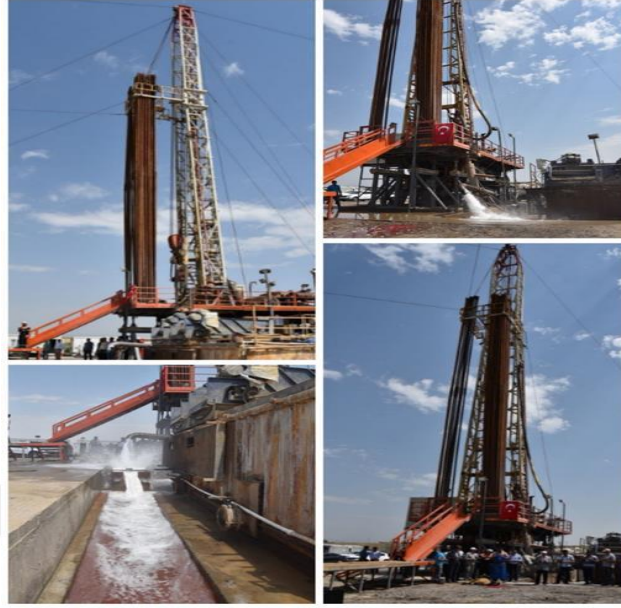
Kuyuda üretim pompası inilmesi gerekliliğine karar verilmesi durumunda kuyunun rezervuar kayasının kalınlığının bilinmesi gerekmektedir. Bu kalınlığın tesbiti için “Su Kaybı Testi” adı verilen test yapılır böylece rezervuar kayanın başlangıç derinliği tahminen bilinir ve gerektiğinde üretim pompası bu derinliğe kadar indirilebilir. Kuyu üretime alındıktan sonra üretim kuyusu olarak adlandırılır.

Jeotermal üretimin ardından ısısı alınmış atık ve soğuk su rezervuara reenjeksiyon kuyuları ile geri beslenir. Üretim kuyuları gibi reenjeksiyon kuyularının da sondajı yapılmakta ve geri beslenen atık ya da soğuk suyun magmanın enerjisiyle tekrar ısıtılması sağlanmaktadır. Bazı durumlarda üretim değerleri azalmış ya da kurumuş üretim kuyuları da reenjeksiyon kuyuları olarak değerlendirilebilir. Böylece jeotermal sistem, kısa süreli hava olaylarında etkilenmez ayrıca yenilenebilirliği ve sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir. Jeotermal sistemin bir örneği Şekil 5.2 ile verilmiştir.



Şekil 5.2. Jeotermal sistem (Kahraman, 2022)

Şekil 5.3’de MTA tarafından yürütülen üretim sondajında ve reenjeksiyonda kullanılan kule örneği yer almaktadır.



Şekil 5.3. MTA tarafından yürütülen jeotermal kaynak aramalarında kullanılan sondaj kulesi (MTA, 2021).

## 5.2. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal kaynaklar, ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen rezervuar sıcaklıklarına göre düşük, orta ve yüksek entalpi kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde ise, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu’nun Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu’na göre sınıflandırılmaktadır (DPT, 1996). Jeotermal rezervuarların sınıflandırılması Çizelge 5.1 ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Jeotermal rezervuarların sınıflandırılması

| Referans kaynağı      | Kaynak sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$ |                          |                           |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                       | Yüksek entalpili kaynaklar          | Orta entalpili kaynaklar | Düşük entalpili kaynaklar |
| Dünya Bankası, (2012) | >200                                | 150-200                  | <150                      |
| DPT, (1996)           | >150                                | 70-150                   | 20-70                     |

Jeotermal enerji, çeşitli alanlarda doğrudan ve elektrik üretimi amaçlı dolaylı olarak kullanılmaktadır.

### 5.2.1. Dolaylı Kullanım

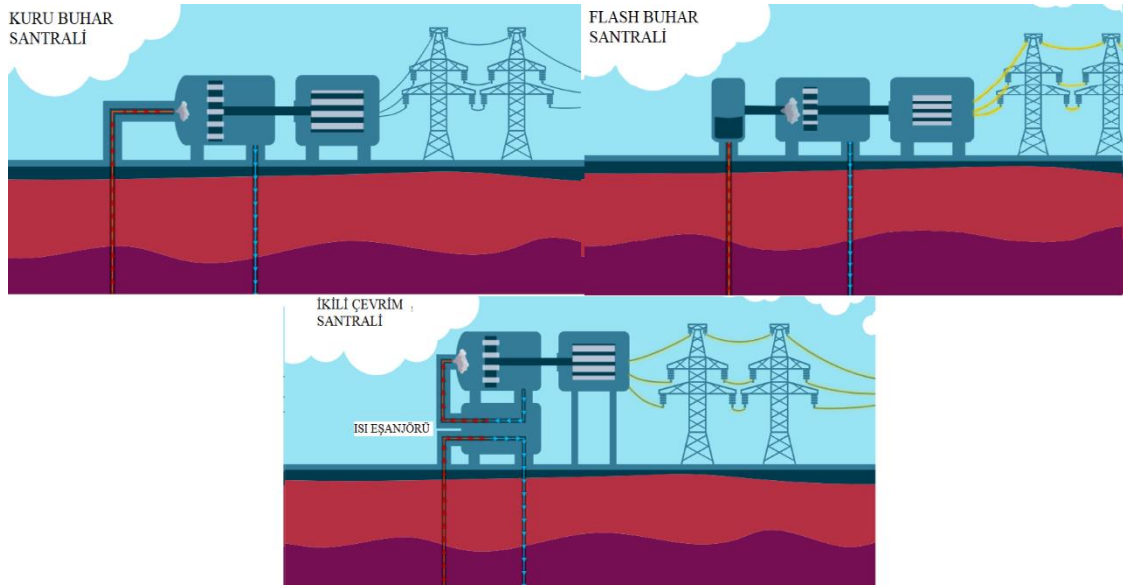
Yüksek entalpili kaynaklar elektrik enerjisi üretimi amacıyla dolaylı olarak kullanılmaktadırlar. Elektrik enerjisi üretimi için yüksek buhara ihtiyaç duyulmaktadır. Kuru buhar, flaş buhar ve ikili çevrim santraller olmak üzere 3 tür jeotermal enerji santrali bulunmaktadır.

Kuru buhar santralleri yeraltından buhar olarak çıkan kaynaklarından yararlanan bir sisteme sahiptir. Buhar doğrudan yeraltı kuyularından elektrik santraline yönlendirilir. Bu buhar, elektrik gücü üreten jeneratörü harekete geçiren türbini döndürmede kullanılır.

Flaş buhar santralleri en yaygın olarak kullanılan jeotermal enerji santral tipidir. 180°C daha yüksek sıcaklıklara sahip olan jeotermal akışkandan elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılır. Rezervuarda sıcak su olarak bulunan kaynak yeryüzüne doğru çıktıkça basınç düşer ve sıcak suyun bir kısmı kaynayarak buhara dönüşür. Buhar daha sonra sudan ayrılarak, türbin ve jeneratöre güç sağlamak için kullanılır. Kalan su ve yoğunlaştırılmış buhar, rezervuara reenjekte edilerek bunu sürdürülebilir bir kaynak haline getiren bir sistemi oluşturur.

İkili çevrim enerji santralleri ise, yaklaşık 100°C-180°C gibi sıcaklıklara sahip olan jeotermal akışkandan elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılır. Burada, genellikle düşük kaynama noktasına sahip organik bir bileşik olan çalışma sıvısı kullanılmaktadır. Sıcak kaynaktaki ısıyı, organik çalışma sıvısına aktarmak için kullanılan evaporatör bu sıvıyı buharlaştırmak için kullanır. Basıncılı buhar daha sonra türbine yollanmaktadır ve jeneratörde elektrik üretilir. Buhar, kondanser içinde tekrar sıvı hale gelir ve döngü tekrar başlar. Rezervuardan çıkarılan su veya buharın bir kısmı sıcak su olarak santrallerde kullanılırken geri kalan kısmı ise merkezi jeotermal ısıtma sistemlerinde entegre olarak kullanılabilir.

Dolaylı kullanım uygulamalarının avantajlarından bazıları, bölgenin elektrik enerjisi ihtiyacının kendi öz kaynağından sağlanarak dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlaması ve bölgede istihdam yaratmasıdır. Dezavantajları ise, elektrik üretimi için yüksek entalpili suya ya da buhara ihtiyaç duyması ve sondaj operasyonları, üretim hatları ve santral işletmesinden çıkan atık su ve buhar neticesinde çevresel zararlara neden olma riskidir.



Şekil 5.4. Kuru buhar, flaş buhar ve ikili çevrim enerji santralleri (EERE, 2024)

### 5.2.2. Doğrudan Kullanım

Orta ve düşük entalpili kaynaklar doğrudan kullanım alanlarında kullanılmaktadır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı, alan ve bölge ısıtması, termal turizm, sera ısıtma, tarımsal kurutma, balık çiftliklerinde ideal su sıcaklığının elde edilmesi, atık karbondioksitten kurubuz üretimi gibi endüstriyel mineral eldesi ve ısı pompaları ile ısıtma ve soğutma uygulamaları dahil olmak üzere daha geniş kullanım alanına sahiptir. Jeotermal kuyudan çıkan su, doğrudan kullanım sistemlerine ya vanalar vasıtasıyla borulara aktarılır ya da ısı eşanjörü gibi çeviricilerle ısıyı aktarılır. Bu sistemlerde, sabit sıcak su akışı sağlanarak kullanıma sunulur. Kullanılan su ısıtıldıktan sonra ya bertaraf edilip döngüden çıkar ya da reenjeksiyon kuyusuna enjekte edilerek döngüde kalır. Alan ve bölge ısıtması ve turizm konusunda Dünya'nın en iyi örneklerinde biri İzlanda'dır. İzlanda ülke genelinde ısıtma ihtiyacının %90'ını jeotermal kaynaklardan sağlamakla beraber ülkedeki turizm faaliyetleriyle ülkenin ekonomisini de kalkındırmaktadır (Can, 2017). Ayrıca, Kaygusuz (2024), jeotermal enerjinin sürdürülebilir enerji açısından çok avantajlı olduğunu, jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının dolaylı kullanımına göre daha verimli olduğunu belirtmiştir.

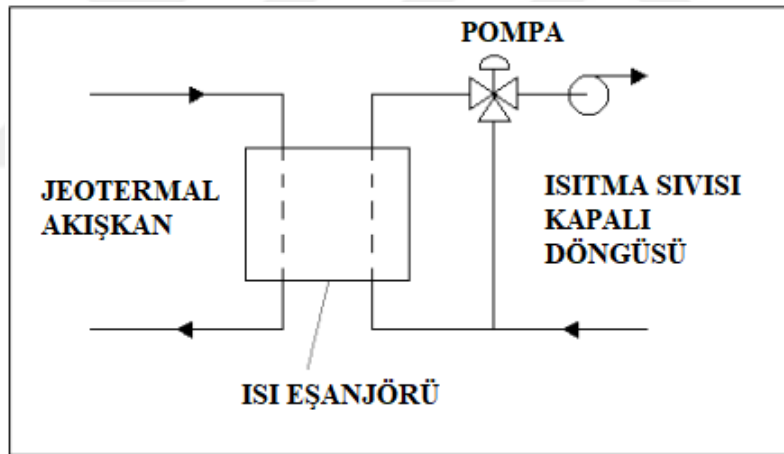
Doğrudan kullanım uygulamalarının avantajlarından bazıları, diğer enerji kaynaklarına göre daha kısa bir sürede yatırımın amortismanı, daha az çevresel etkiye neden olması, lokal halkın doğrudan termal sulardan yararlanabilmesi, istihdam yaratması ve ısıtma ve

gıda gibi temel ihtiyaçların sağlanmasındaki katkısıdır. Dezavantajları ise, fosil yakıtlara göre daha az olsa da takip edilmezse, çevresel zararlara neden olmasıdır.

#### *Alan ve bölge ısıtması*

Alan ısıtması bireysel olarak konutların ya da termal tesislerin ısıtılması olarak tanımlanır. Konutlar ya da termal tesis ısıtmasında kaynaktan gelen su doğrudan sisteme verilip ısıtma sağlanabilir. Alan ısıtmasında kaynaktan alınan suyun kalitesi ve içeriği çok önemlidir. Sistemin maliyetinin en önemli bileşeni olan borularda korozyona, kireçlenmeye ve içindeki bileşiklere göre diğer problemlere sebep olabilir.

Bölge ısıtmasında ise ısı eşanjörü ve bir pompa sistemiyle ısı dağılımı birden çok konuta yapılır. Şekil 5.5'te de görüldüğü gibi Isı eşanjörü kullanılarak gelen jeotermal akışkanın sadece ısısından yararlanılır. Isı eşanjöründen çıkan ısıtılmış sıvı bölge ısıtma sistemine pompalanarak binaları ısıtır. Böylece, kapalı döngüde yeryüzünde ısıtılan sıvı dolaşır ve korozyon gibi problemler önlenmiş olur.



Şekil 5.5. Isı eşanjörü şeması (İlken, 2005)

Bölge ve alan ısıtmacılığının avantajları yerli ve temiz enerji olması, kullanım çeşitliliği, modülerlik, yüksek verim, entegre kullanım kolaylığı, düşük işletme ve bakım maliyetidir. Bunun yanı sıra bu sistemlerin tasarımını sınırlayan bazı faktörler de bulunmaktadır. Bunlar, akışkanın kompozisyonu, kuyu başı debisi, kaynak sıcaklığı, kaynak derinliği, kuyularla uygulama alanları arası uzaklık, atık sistemi maliyeti ve kaynak ömrü uzatmak için reenjeksiyon ve reenjeksiyon kuyusu maliyeti olarak sıralanabilir. Konumlarına göre ısıtılacak evler seçerken bu avantajlarla, sınırlamaların dengelenmesi gerekir (Altaş, 2010).

### *Seracılık*

Hava sıcaklığın ortalama olarak 12°C'den düşük olduğu mevsimlerde seraların ısıtılması gerekmektedir. Bunun fosil yakıtlar yerine bölgedeki jeotermal kaynakların uygun bir boru sistemiyle seraların altında dolaştırılmasıyla sağlanmasına jeotermal seracılık denir (Yıldız, 2010).

Jeotermal kaynağın seracılıkta ısıtma amaçlı kullanılması, tarım sektörü için ekonomik ve çevresel fayda sağlayan bir sistemdir. Seraların jeotermal sistemle ısıtılmasının getirdiği avantajlar arasında uzun tesisat ömrü, kolay ve hızlı kurulumu, işletme ve bakım periyodlarının (6 ay–1 yıl) daha uygun olması güneş enerjisine göre daha az alan ihtiyacı sıralanabilir. Ayrıca jeotermal kaynaktan atık olarak çıkan karbondioksitin seradaki bitkilere fotosentez için verilmesi, verimin %40 artmasını sağlamakta, ısıtma giderleri maliyetlerini ise %40 ile %80 arasında azaltmaktadır (Hasdemir ve diğerleri, 2015). Sera içi sıcaklık döllenme için gereken sıcaklığın üstünde olmakta bu da verimi ayrıca artırarak sentetik hormon kullanımını azaltmaktadır (Kendirli ve Çakmak, 2010).

### *Termal turizm*

Termal sular sağlık alanında şifa ve tedavi amaçlı kullanımı 10.000 yıl öncesine kadar dayanmaktadır. Günümüzde ise tamamlayıcı tıp bilimi olarak tanımlanan balneoloji alanında hamam ve termal havuzlar olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

### *Endüstriyel Mineral Eldesi*

Jeotermal akışkanlar yeraltının çeşitli derinliklerinde geldiği için rezervuardaki basınç ve sıcaklık sayesinde zengin minerallere sahiptir ve yeryüzünde işlevini tamamlayan atık sudan ticari değeri olan çeşitli mineraller üretilebilir. Elektrik üretimi prosesinin çıktılarında biri olan CO<sub>2</sub> dönüştürülerek sıvı ya da katı CO<sub>2</sub> (kurubuz) üretiminde değerlendirilebilir. Türkiye'deki gazlı içecek üretiminde ihtiyaç duyulan CO<sub>2</sub>'in yarısı Denizli ve Aydın'daki jeotermal santrallerine entegre CO<sub>2</sub> tesislerden karşılanmaktadır (Mertoğlu, 2017).

### *Balıkçılık*

Düşük sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar jeokimyası da uygunsa doğrudan kullanılarak balık çiftlikleri kurulabilir (Mertoğlu, 2017).

### *Sebze Meyve Kurutma*

Meyve ve sebze kurutma sisteminde bölge ısıtmasında olduğu gibi bir ısı eşanjörü kullanılarak jeotermal rezervuardan gelen akışkanla atmosfer sıcaklığındaki hava ısıtılarak sebzelerin ve meyvelerin kuruması sağlanır.

### *Isı Pompası*

Isı pompaları, özellikle konutlarda ve tesislerde kullanılan, kuruluma göre bulunduğu ortamı ısıtan ya da soğutan sistemlerdir. Genelde, kompresör, kondansör, genleşme vanası ve evaporatörden oluşan bu sistemin etkileşeceği ısı kaynağı toprak, su veya havadır. Temel olarak dışarıdan aldığı elektrik enerjisiyle düşük ısılı ortamdaki yüksek ısılı ortama ısı pompalar. Jeotermal ısı pompası, Dünya’da da hızla gelişen bir sistemdir. Isı pompaları jeotermal rezervuara gerek duymadan sadece toprağın ısınısını kullanarak konut ve tesis ısıtmasında veya yaz aylarında yeraltı sularının serinliğinden yararlanılarak konut ve tesis soğutmasında kullanılabilir.

Konut ve tesis ısıtmasında verimi yüksek olan bu uygulama açık ve kapalı sistemler olarak 2’ye ayrılır. Açık sistemler yeraltında 200 metreye kadar olan sondajlarla ulaşılan yeraltı nehirleri veya göllerine ulaşılmasıyla başlar. Sonrasında soğutulan alandaki sıcak akışkan yeraltına pompalanıp yeryüzüne daha soğuk olan yeraltı suyu çekilir. Kapalı sistemlerde ise kapalı bir boru sistemi vardır. Bu boru sistemi yeraltına yatay ya da sondajla dikey olarak tasarlanabilir. Böylece sistemde dolanan su yer altında ısınıp yeryüzündeki ortamı ısıtabilir.

## **5.3.Dünya’nın ve Türkiye’nin Jeotermal Enerji Kapasitesi**

### **5.3.1. Dünya’nın jeotermal enerji kapasitesi**

Dünya’da jeolojik olarak çeşitli bölgelerde jeotermal alanların yoğun bulunduğu yerler vardır, bunlar jeotermal kuşak olarak adlandırılmaktadır. Bunların en aktifleri, Pasifik Okyanusu’nu saran Ateş Çemberi Kuşağı, Alp-Himalaya Kuşağı, Atlantik Okyanusu’nun ortasından geçen Okyanus Ortası Kuşağı ve Doğu Afrika Rift Sistemidir. Bu jeotermal kuşakları Sekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Dünya’da en bilinen jeotermal kuşakları (TJD,2024)

Dünya’da jeotermal enerji konusunda son yıllarda önemli bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış hem doğrudan kullanımda hem de elektrik üretiminde olmaktadır.

### 5.3.2. Türkiye’nin jeotermal enerji gelişimi ve kapasitesi

Türkiye için jeotermal enerji önemli alternatif bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Temiz ve yenilebilir bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz, Alp-Himalaya Tektonik Kuşağı'nın Akdeniz kısmında yer alır.

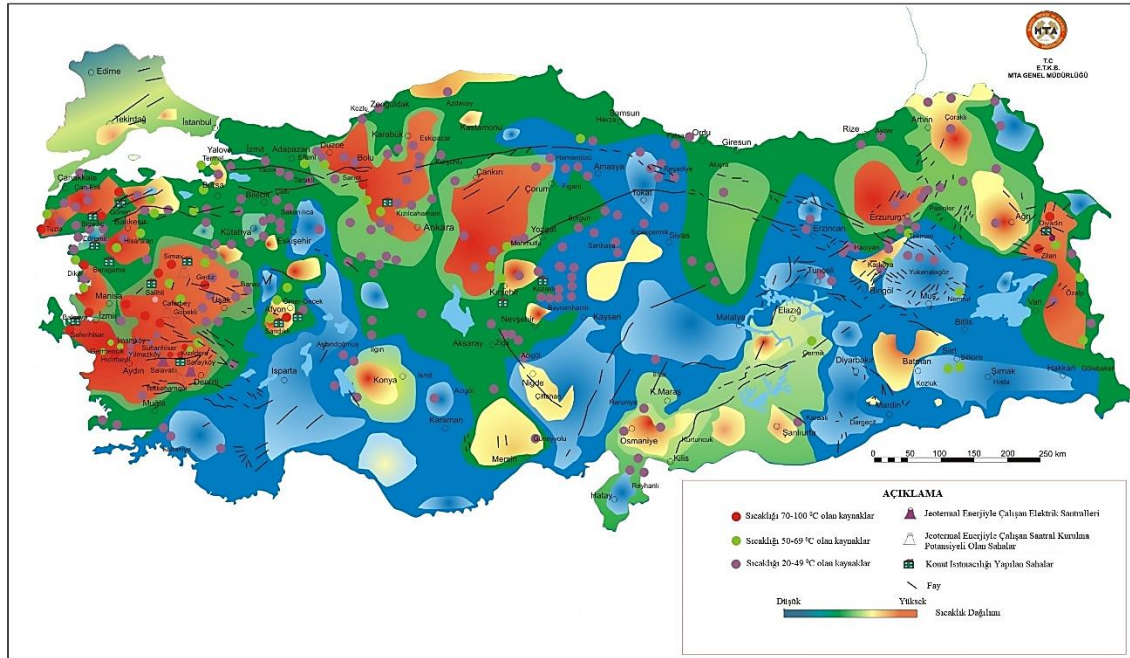
Türkiye genelinde MTA yaptığı sismik çalışmalar ve jeolojik araştırmaları değerlendirerek, yer altındaki jeotermal rezervuarın potansiyelini değerlendirdikleri koordinatlarda sondaj ile aramacılık faaliyetleri yapmaktadır. MTA sondaj çalışmalarını 1962’den beri yürütmektedir. 1975 yılında MTA tarafından, Türkiye’nin ilk jeotermal enerjiden elektrik üretimi yapan 0,5 MWe kurulu güce sahip Kızıldere santrali kurulmuştur. 2001 yılında Türkiye 493 MWt’lik doğrudan kullanım kapasitesiyle Dünya’da 5. sıraya çıkmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren 5686 sayılı kanun sayesinde o zamana kadarki mevzuatlardaki boşluklar giderilmiş, teşvikler artmış ve MTA bünyesindeki arama ruhsatları özel şirketlere ihaleyle verilmeye başlanınca, sektördeki yatırımlar hız kazanmıştır. O zamandan beri özel sektörün de katkılarıyla jeotermal kaynaklar ekonomi ve istihdama en fazla katkıda bulunan sektörlerden biri olmuştur (MTA, 2024).

2004 yılından itibaren MTA'nın sondajların metrajı 14 kat atmıştır. Keşiflerle, 2004 yılındaki 3100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi 2022 sonunda 5000 MWt'e ulaşmıştır.

Böylelikle, Jeotermal sektörünün bu şekilde büyümesi ve kurulu gücün artması potansiyeli de arttırmış ve toplam muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 40.000 MWt'e çıkmıştır (MTA, 2024).

Şekil 5.7'de görüldüğü gibi, bölgesel olarak değerlendirildiğinde, MTA tarafından yapılan çalışmaya göre jeotermal kaynaklarımızın %78'i Batı Anadolu'da (Ağırlıklı olarak, Aydın, Denizli, Manisa ve İzmir), %9'u İç Anadolu'da (Afyon ve Kütahya), %7'si Marmara Bölgesinde (Çanakkale), %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır (MTA, 2024).

Türkiye, yüksek entalpili kaynakları genel olarak dolaylı kullanım ile elektrik üretimi için değerlendirirken, orta ve düşük entalpili kaynakları ise bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında konut ısıtması, sera ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel mineral eldesi gibi doğrudan kullanım uygulamalarıyla değerlendirmektedir.



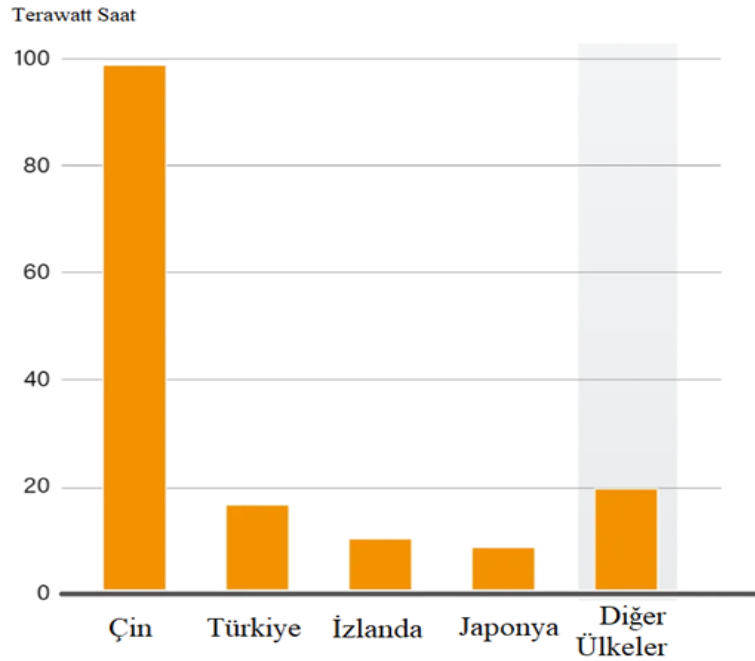
Şekil 5.7. Türkiye'de jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı (MTA, 2024)

MTA'nın çalışmasında göre de Jeotermal kaynaklarımızın %90'ını düşük ve orta sıcaklık değerine sahip olarak tanımlanmaktadır. Bu düşük sıcaklık değerine sahip alanların ise

ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalara uygun olduğu, %10 oranındaki yüksek sıcaklık değerlerine sahip olan jeotermal kaynakların ise elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu belirtilmektedir (MTA, 2024).

Yenilenebilir Enerji 2023 Global Raporu'na göre (REN21, 2024), ABD, Endonezya, Filipinler'den sonra Türkiye, hem doğrudan kullanım ile elektrik üretimi hem de kullanım kapasitesi bakımından Dünya'da 4. ülke konumundadır. Ayrıca, Türkiye 2022 yılında Şekil 5.8'de de verildiği gibi jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesinde 16.9 TWh kapasite ile Çin'den sonra 2. olmuştur (REN21, 2024).

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli elektrik üretimiyle yani dolaylı kullanım ile sınırlı değildir. Türkiye'deki yüksek entalpili enerji kaynakları Batı Anadolu bölgesinde yoğunlaşmışken, orta ve düşük entalpili kaynaklara Türkiye'nin her bölgesinde rastlanabilmektedir. Türkiye, yüksek entalpili kaynakları genel olarak dolaylı kullanım ile elektrik üretimi için değerlendirirken, orta ve düşük entalpili kaynakları ise bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında konut ısıtması, sera ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel mineral eldesi gibi doğrudan kullanım uygulamalarıyla değerlendirmektedir.



Şekil 5.8. Türkiye'nin Dünya'daki jeotermal enerjiyi doğrudan kullanımındaki yeri

### *Türkiye'nin Doğrudan Kullanım Kurulu Gücü*

MTA'nın çalışmasında göre de Jeotermal kaynaklarımızın %90'ını düşük ve orta sıcaklık değerine sahip olarak tanımlanmaktadır. Bu düşük sıcaklık değerine sahip alanların ise ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalara uygun olduğu, %10 oranındaki yüksek sıcaklık değerlerine sahip olan jeotermal kaynakların ise elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu belirtilmektedir (MTA, 2024).

Doğrudan kullanım uygulamalarıyla da hem halka hem de ulusal enerji arzına katkıda bulunmaktadır. Bu uygulamaların toplam kurulu güç kapasitesi ise 2024 yılı itibariyle yaklaşık olarak 6300 MWt olarak hesaplanmıştır.

1422 MWt ile %22,5 oranıyla bölgesel ölçekte konut ısıtması olarak 158.000.000 konuta ulaşmıştır,

2417 MWt ile %38,4 oranıyla sera ısıtması olarak 10.4 dönüme ulaşmıştır,

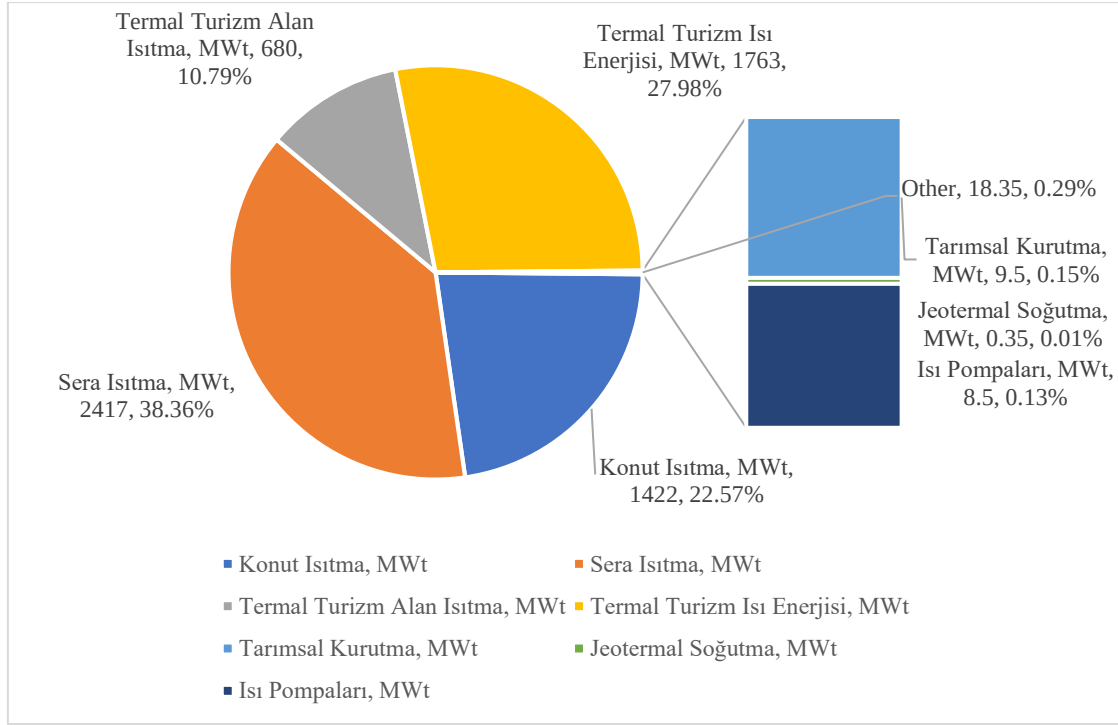
680 MWt ile %10,7 oranıyla müstakil konut/binalar ve termal turizm tesislerinde kullanılan kapasite neredeyse 23 milyon kişilik kişilik kullanıma çıkmıştır,

1763 MWt ile de %28'lik bir oranla termal suların direkt kullanılan ısı (balneoloji) kapasitesine ulaşmıştır. Sonuçlar özetle Şekil 5.9'da doğrudan kullanım alanlarının dağılımı gösterilmiştir (TJD,2024).

MTA'nın verilerine göre, 2002 ve 2022 yılları kıyaslandığında, konut ısıtmacılığı yaklaşık 30.000 konut eşdeğinden 125.000 konut eşdeğerine yükselerek % 319 artış göstermiştir (MTA, 2024).

MTA'nın verilerine göre, 2002 ve 2022 yılları kıyaslandığında, sera ısıtmacılığı 8 kat artarak yaklaşık olarak 4000 dönüme çıkmıştır. Jeotermal kaynağın seracılıkta ısıtma amaçlı kullanılması alanındaki uygulamalar, İzmir, Manisa, Afyon, Kütahya, Denizli ve Şanlıurfa şehirlerinde yoğunlaşmıştır (Hasdemir ve diğerleri, 2015). Bu konuda Aydın özelinde yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, hava sıcaklığın ortalama olarak 12°C'den düşük olduğu mevsimlerde seraların ısıtılması gerekliliğinden yola çıkılarak, Aydın'daki seraların aralıktan başlayarak nisana kadar ısıtılmasının en ideal yolunun bölgedeki jeotermal kaynaklar olduğuna ulaşılmıştır. Bunun metodu olarak da hava

durumunun  $-5^{\circ}\text{C}$  olduğu zamanlarda bile sera içi sıcaklığını  $15^{\circ}\text{C}$ 'de tutabilecek optimal teknik altyapı belirlenmiştir (Yıldız, 2010).



Şekil 5.9. Jeotermal enerji kaynaklarının Türkiye’deki kullanım uygulamasına göre dağılımı (TJD, 2024).

Bu kullanımların yanı sıra Türkiye’deki diğer kullanım alanlarına bakıldığında Denizli/Kızıldere’deki  $155\text{-}240^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki orta-yüksek entalpili kaynağın elektrik üretiminden çıkan atık  $\text{CO}_2$ ’den kuru buz üretimi 120.000 ton kapasiteye sahiptir (Erkul, 2012). Bu, önemli bir örnek olsa da henüz yaygınlaşmış olmasa da Türkiye’deki gazlı içecek üretiminde de kullanılan toplam sıvı  $\text{CO}_2$  üretimi 400.000 ton/yıl’a ulaşmıştır (TJD, 2024).

Ayrıca, Afyon, Kızılcahamam ve Kırşehir’de jeotermal enerji kaynaklarıyla tarımsal kurutma uygulamalarına başlanmış ancak hala 1.5 MWt kapasiteyi geçememiştir (TJD, 2024). Isıtma ve soğutma uygulamasını aynı anda sağlayabilen ısı pompaları ise Türkiye’de henüz çok yaygınlaşmamakla birlikte özel projelerde (alışveriş merkezi vb. gibi) kullanılmaya başlanmıştır. (Mertoğlu ve diğerleri, 2016).

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanla termal turizm de ülkemizde yaygındır. (Karabatak, 2018). Bu tesisler bölgelerde çekim merkezi yaratmıştır (Erkul, 2012).

### *Türkiye'nin Dolaylı Kullanım Kurulu Gücü*

MTA'ya göre 2002 ve 2022 yılları kıyaslandığında, elektrik üretimine uygun saha sayısı 16'dan 25'e çıkmıştır (MTA, 2024). Türkiye'deki jeotermal enerjiden elektrik üretim kurulu kapasitesi 2007 yılında 23 MW iken 2022 yılı sonunda 1691 MW'ye çıkmıştır. Türkiye'nin toplam enerji kapasitesi 106.376 MW iken, jeotermal enerjiden elektrik kapasitesinin 1691 MW olması ile toplam enerji kapasitesi %1,66'sini kapsamaktadır (ETKB,2024).

### **5.4.Sürdürülebilir Jeotermal Enerji**

Bir jeotermal rezervin kullanım süresi, normal şartlar altında 30-50 yıl iken, çeşitli yöntemlerle üretimin 100-300 yıl boyunca değer kaybetmeden devamı, doğru bir rezervuar yönetimi ile mümkündür (Axelsson ve diğerleri., 2004). Ekonomik nedenler, rezervuar yönetimi, üretimin süresi ve yoğunluğu sürdürülebilirliği etkiler.

Dünya'nın yaklaşık 30 ülkesinde, enerji ihtiyacının yüzde 20'sinden fazlası yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır ve önümüzdeki on yıldan sonrasında bu oranın artırılması hedeflenmektedir (REN21, 2020).

Büyük ölçüde meteorolojik koşullara bağlı diğer tüm yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerji yılın her zamanında enerji sağlayabilmektedir. Jeotermal enerji yenilenebilir olsa da sonsuz değildir. Bu kaynağı sonlu yapan ise rezervuardaki akışkanın yapay yöntemlerle çıkarılmasıdır. Bu akışkanın korunması yani kaynak ömrünün artırılması gerekir.

Üretim yapılan süre kadar üretime ara verilerek ya da büyük ölçüde üretim azaltılarak kaynağın kendini doğal yolla şarj etmesi, böylece kaynağın üretim süresi uzatılarak sürdürülebilirliği sağlanabilir (Axelsson, 2010).

Isısı kullanıldıktan sonra su uygun yeraltı formasyonlarına tekrar enjekte (reenjeksiyon) edilerek rezervuar sürdürülebilirliği sağlanabilir. Sondaj esnasında ve ısısı alındıktan sonra oluşan atık su, reenjeksiyon ile rezervuara geri basılmayacak ise, uygun şartlarda bertaraf edilmeli ve yeraltında da rezervuarın doğal olarak kendini yenilemesi beklenir.

Üretim kadar ekonomik olarak uygulanabilirlik de sürdürülebilirlik için önemlidir. Özellikle yoğun üretim yapılan jeotermal enerji santralleri için doğal şarj yöntemi hiç

uygun değildir ve yeterli sayıda reenjeksiyon kuyuları, en az üretim kuyuları kadar önemlidir.

Sürdürülebilir jeotermal rezervuar, ayrıca optimum üretime de bağlıdır. Rezervuarlarda değişen termodinamik koşullara rağmen optimum üretimin sağlanması için rezervuar yönetimi gereklidir. Rezervuar yönetimi ise rezervuar sıcaklığı, basıncı, debisi, su özellikleri gibi kontroller ile takibi ve reenjeksiyon ile mümkündür. Ancak, Türkiye’deki mevcut mevzuatta göre jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanım alanları için reenjeksiyon şartı bulunmamaktadır (Doğdu, 2021; Resmi Gazete, 2021).

#### **5.4.1. Jeotermal Enerjinin Etkileri**

Jeotermal enerjinin kullanılması toplumun ekonomik ve sosyal gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceği gibi, çevre üzerindeki etkisi nedeniyle olumsuz olabilmektedir. Bu anlamda jeotermal enerjinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini de irdelenmek gerekmektedir. Dolayısıyla, jeotermal enerjinin sürdürülebilir üretimi, ekonomik, sosyal ve çevresel yönüyle gelecek nesillerin yararı düşünülerek olmalıdır. Jeotermal enerjinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri bu bölümde ele alınmıştır.

Türkiye’de de 2007 yılında yürürlüğe giren 5686 sayılı kanun sayesinde arama ruhsatları özel sektör kullanımına da uygun hale getirilmiş ve özellikle elektrik üretimi hız kazanmıştır. Bu kanunun 24. Maddesine göre ruhsat sahibi, atık suyun analiz edilmesi şartıyla doğaya uygun şartlarla deşarj edebilmektedir. Eğer analiz sonucunda atık suyun kimyasal bileşimi çevre limitlerini aşarsa, o zaman arıtıp tekrar doğaya deşarj edebilme seçeneği mevcuttur. Şayet arıtılamıyorsa, reenjekte etmek zorundadır. Reenjekte edilmeden önce de ön değerlendirme yapılmasını söyleyen madde eğer atık su reenjeksiyona da uygun değilse bu durumun ortadan kaldırıldıktan sonra reenjekte edilmesini belirtir. Reenjeksiyon boyunca gözlem yapılmasını rezervuar ve üretim değerleri üzerinde negatif etkiler gözlenirse reenjeksiyonun durdurulur. Bu durumda da MTA tarafından reenjeksiyon yapılamayacağının onayının alınmasıyla çevre kirlenmesini önleyecek tedbirlerde yine çevreye deşarj edilebilir. Ayrıca müstakil kaplıca ve termal su tesislerinde reenjeksiyon şartı aranmamaktadır. Bu durumda bakanlık görüşü ve valilikler vasıtasıyla denetlenmek üzere çevreye deşarj edilebilmektedir (Resmi Gazete, 2007).

#### *Ekonomik etkiler*

Türkiye'nin enerji üretiminde dışa bağımlılık söz konusudur. Bu dışa bağımlılığı azaltabilmek için yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Bunlardan biri olan, jeotermal enerji kullanımının, ekonomik olarak uygulanabilir olması ve minimum finansal risk taşıması gerekir. Finansal risk, arama ve sondaj faaliyetlerinin yüksek maliyetli olması nedeniyle ilk aşamalarda yüksektir. Kaynak bulunup üretime hazır hale geldikten sonraki maliyetleri de kullanım alanlarına göre değişiklik gösterir. Eğer kaynak elektrik üretimi için kullanılacaksa, maliyetlerindeki hesaplamalarda santral yatırımı da olmalıdır Elektrik üretimi planlanmadığı takdirde, bu kaynakların doğrudan kullanım maliyetleri santral yatırımı olmadığı için daha düşüktür. Ancak, bu durum başka maliyetlerin olduğu anlamına gelir. Bunlardan bazıları ise, kuyularla uygulama alanları arası uzaklığa bağlı olarak, atık sistemi maliyeti (reenjeksiyon ya da diğer bertaraf yöntemleri), konut ısıtmasındaki ilk kurulum maliyeti, jeotermal seracılık kurulum maliyeti ve termal tesis kurulum maliyeti gibi sıralanabilir (Altaş, 2010). Bu maliyetler yüksek olsa da kullanıma başlandığında yerli ve yenilenebilir olmasıyla diğer enerji sistemlerine göre ucuz ve daha karlıdır. Üstelik yapılan yatırımı daha kısa sürede amorti eder (Etemoğlu ve diğerleri, 2006).

Ekonomik faydalar makro ve mikro düzeyde dikkate alınmalıdır. Jeotermal enerji kullanımlarında proje düzeyinde, enerji verimliliği ve sağlık maliyetleri gibi hususlar dikkate alınmalıdır, makro düzeyde istihdam yaratma, ekonomik gelişmeler veya turizm ve çiftçilik gibi diğer ekonomik faaliyetler üzerindeki etkiler şeklindeki faydalar dikkate alınmaktadır.

Jeotermal enerji kaynaklarının doğrudan ve dolaylı kullanım maliyetleri de kuyularla uygulama alanları arası uzaklık ile değişmekle beraber, atık sistemi maliyeti ve kaynak ömrünü uzatmak için açılacak reenjeksiyon kuyusu maliyeti, konut ısıtmasındaki ilk kurulum maliyeti, jeotermal seracılık kurulum maliyeti ve termal tesis kurulum maliyeti gibi sıralanabilir (Altaş, 2010).

Yerel altyapı geliştirmek ve istihdam sağlama açısından da jeotermal enerji gelişiminin son derece faydalı ekonomik etkileri olabilmektedir. Çevresel ve sosyal etkiler her enerji üretimi prosesinde kaçınılmazdır ama enerjiden gelen ekonomik etkiler yerel halkların kalkınması için de kullanılabilir. Bu konuya, Filipinler'den bir örnek verebilir. Jeotermal enerjinin elektrik üretimiyle ülke ekonomisine katkısı olduğu gibi doğrudan kullanımla

da katkıları çok önemlidir. Ayrıca, doğrudan kullanım uygulamalarında diğer kaynaklara göre daha kıyasla enerji maliyeti daha düşüken, enerji güvenliği ve enerji kalitesi daha yüksektir (Günerhan, 2015).

Sonuç olarak, jeotermal enerji kaynaklarının sürdürülebilir olarak geliştirildiği sürece bölgenin ekonomisine etkileri olumlu olması beklenebilir.

#### *Sosyal etkiler*

Sosyal etkiler, insanların yaşam tarzlarında, kültüründe, topluluk yapısında, istikrarında, hizmetlerinde ve imkanlarında meydana gelen değişiklikler olarak adlandırılabilir. Sosyal etkilerle ekonomik etkileri kesin olarak ayırmak mümkün değildir. Bu açıdan, bir ekonomi terimi olarak kullanılan pozitif dışsallık, üretim veya tüketim yapan bir ekonomik birimin diğer birimleri olumlu olarak etkilemesi sonucu ortaya çıkan fayda olarak tanımlanır. Yenilenebilir enerji üretimin Türkiye’ye sağlayacağı pozitif dışsallıklar ise istihdam artışı, doğrudan veya dolaylı sağlık hizmetleri, gelir artışları, barınma ihtiyaçlarının giderilmesi gibi sosyo-ekonomik faydalar olarak değerlendirilebilir. Jeotermal kaynakların doğrudan kullanım uygulamalarının genellikle kırsal alanlarda olması nedeniyle, o bölgedeki ekonomik kalkınma ve yaşam standartlarını yükselmesi daha net gözlemlenebilir ve önemli bir fayda olarak kabul edilmektedir. Örneğin seracılık gibi alanlarda kullanılmasıyla, yerel halk için işletme ve istihdam yaratabilir.

Türkiye’deki yenilenebilir enerji istihdamının %18’i jeotermal enerji kaynaklıdır (Doğan, 2019). Jeotermal kaynakların genellikle doğrudan kullanım uygulamalarının ekonomik kalkınmaya izin verebileceği veya yaşam standartlarını yükseltebileceği kırsal alanlarda bulunması önemli bir fayda olarak kabul edilmektedir.

#### *Çevresel etkiler*

Jeotermal enerji kaynakları kWh başına sera gazı emisyonlarının diğer enerji türlerinden ortalama olarak daha düşük olmasından dolayı iklim dostu olarak tanımlanmaktadır. Jeotermal ile çalışan elektrik santralleri, kömür, petrol ve doğalgaza göre daha az CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> yaymaktadır. Jeotermal gibi iklim dostu enerjilerin kullanımının artırılması, halihazırda fosil yakıtlara bağlı olan ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olur. Çalışmalara göre enerji üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonunun %90’ının, enerji kaynakların yenilenebilir sistemlere geçilmesiyle azalacağı

öngörülmektedir (IRENA, 2019). Uluslararası Jeotermal Derneği tarafından, jeotermal santrallerden salınan CO<sub>2</sub> emisyonları üzerine yapılan bir araştırmaya göre, jeotermal santrallerden kaynaklanan emisyonların 4 ila 740 g/kWh arasında değiştiğini ve ağırlıklı ortalamanın ise 122 g/kWh olduğunu göstermektedir (IGA, 2002). Bu rakam, fosil yakıt santrallerinin yaklaşık 450 g/kWh ila 1300 g/kWh arasında değişen CO<sub>2</sub> emisyonlarından önemli ölçüde daha düşüktür (Armansson, 2003). Başka bir açıdan bakıldığında, kömürün kaynak olarak kullanıldığı santrallerdeki CO<sub>2</sub> emisyonu jeotermal kaynaklı santrallere göre 1600 kat fazladır (Kaymakçıoğlu, F.; Çirkin, T., 2009).

Arazi kullanımı etkilerine bakıldığında, jeotermal kaynaklı enerji üretim projeleri, fosil yakıt veya nükleer enerji gibi diğer enerji santrali türlerine kıyasla nispeten az arazi gerektirmektedir. Kaynaktan çıkan akışkan, iletim borularında basınç ve sıcaklık kaybına uğrayacağından, enerji santralleri üretim kuyularından çok uzağa inşa edilemez. Kuyular geniş alanlara dağılmış olsa da kuyu başları çok dardır yaklaşık olarak 2 m<sup>2</sup> lik bir alanı kaplar. Kuyu başlarına sadece valf sistemi kurulup boru hattına bağlanması yeterli olmaktadır. Boru hatları da genellikle ayaklar üzerine oturtulduğundan, arazinin çoğu tarım arazisi, otlak veya diğer uygun amaçlar için kullanılabilir. Üstelik, yönlü sondaj teknikleriyle aynı kuyudan birden çok rezervuara ulaşılabilir böylelikle kullanılan arazi miktarı da azaltılabilmektedir (ADÜTEM, 2015).

Bu faydalar eşdeğer elektrik üretiminin fosil kaynaklardan sağlanmasına kıyasla öne çıkmaktadır ancak jeotermal enerjinin çevresel faydaları olduğu gibi zararları da vardır. Jeotermal enerjinin zararlarının da gözetilerek yararlarından faydalanmak kaynağın sürdürülebilirliği için çok önemli bir dengedir. Yani, iklim değişikliği sorununa çözüm ararken doğanın diğer dengelerinin de bozulmaması gerekmektedir. Yani, jeotermal enerjinin çevresel olumsuz etkileri de önemle üzerinde durulmalıdır

Jeotermal enerji kaynaklarıyla ilişkili çevresel etkiler; hava, su, toprak ve gürültü kirliliği, termal kirlilik, arazi çökmesi, tetiklenen sismik aktiviteler ve nadir türler üzerindeki etkileri ve görsellik olarak sıralanabilir. Bu etkiler hem doğrudan hem de dolaylı kullanımlar sonucu olmaktadır. Reenjeksiyon şartının olmaması özellikle toprak ve su dengelerinin bozulmasıyla çevreye ciddi zarar vermekte ayrıca bölge halkının hem sağlık hem de geçim kaynaklarının azalmasıyla sosyal açıdan da etkilemektedir.

Mevzuattaki eksiklikler ve yetersiz uygulamalar nedeniyle başta incir, zeytin olmak üzere tarımsal faaliyetler üzerinde ve halk sağlığında olumsuz ve kalıcı etkiler oluşmuştur.

#### *Hava Kirliliği ve Kirletici Emisyonlar*

Jeotermal santrallerden saha özelliklerine bağlı olarak CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>x</sub> gibi konsantrasyonlarına göre zararlı olabilecek bileşikler salınabilmektedir. Ayrıca, H<sub>2</sub>S koku problemi ile başlayan ve belirli bir seviyenin üzerindeki konsantrasyonlarda çevreye zarar veren bir bileşiktir. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise insanlar için zehirlidir.

Kuru buhar ve flaş buhar santrallerinde, akışkandaki yoğuşmayan gaz elektrik üretimi prosesinde kondansörde basıncın artmasını ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Emme ve sıyırma gibi teknik işlemlerle H<sub>2</sub>S gazının giderilmesi ya da sınır değerlerin aşılmaması sağlanır. Sonrasında da yoğuşmayan bu gazlar rekompresyon yapılarak reenjekte edilecek suyun içine eklenebilir. Ancak bu süreçler ekstra güç ve maliyet gerektirmektedir. Diğer taraftan ikili çevrim santrallerinde ısı eşanjörü kullanılması sebebiyle, H<sub>2</sub>S emisyonunun hiç oluşmadan reenjekte edilebilir (ADÜTEM, 2015).

#### *Su Kirliliği ve Termal Kirlilik*

Jeotermal sular, çeşitli derinliklerden geldiği için, içlerinde çok miktarda mineraller ve kimyasal madde içerebilirler. Bu suların kullanımından sonra çevreye deşarj edilmesi, doğanın dengesini su kirliliği ve termal kirlilik yaratarak bozabilir.

Atık suların bekletme havuzlarında depolanarak, yeraltı sularını veya yüzey sularını kirletmeyecek şekilde bertaraf edilmesi sağlanabilse de bazı jeotermal sıvıların, aşırı mineral konsantrasyonları çevreye doğrudan zarar verebilen mineral içeriğine sahiptir. Na, Ca, Cl ihtiva eden tuzlu sular, Fe, Mn, Pb, Zn ve B gibi çok yüksek metal konsantrasyonlarına sahip atık sular, diğer kirleticileri de barındırmakta bu kirleticiler arasında I, Al, Li, H<sub>2</sub>S, Cd, As, Hg, F, NH<sub>3</sub> birlikte bulunabilmektedir. Bu kirleticilerden özellikle arsenik ve civa ekosistemde yaşayan organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Yaşayan organizmaların taşınma etkisiyle veya bertarafındaki küçük sızıntılarla, sığ yeraltı suyu rezervuarlarının kirlenmesi söz konusu olabileceği gibi, sondaj sıvılarından ve yer altı suyu seviyelerini de etkileyebilecek kuyu muhafaza borularının arızasının oluşması halinde, bir tehlike zinciri meydana gelebilmektedir (Heath, 2002; Kristmannsdottir & Armansson, 2003).

Bu konuda, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Susurluk, Akarçay havzaları incelendiğinde Büyük Menderes havzasında, termal kirlilik, tuzluluk ve bor kirliliği bölgede reenjeksiyon uygulamaları olsa da yetersizliğinden dolayı doğanın dengesinin bozulduğu gözlemlenmiştir (Günhan, 2018). Küçük Menderes Havzasında, doğrudan kullanım uygulamaları yapılmaktadır ve İzmir'deki termal turizm tesislerinin atık sularındaki yüksek bor oranı çevreyi tehdidi ihtimali vardır. Buna bağlı olarak Balçova barajında da yüksek oranda bor bulunurken Ergenli barajında da sıcaklık artışı gözlemlenmektedir. Susurluk Havzasında ise, Simav, Sındırgı ve Bigadiç bölgesindeki bor konsantrasyonu çevredeki çayları olumsuz etkilemekte, Akarçay havzasında ise Afyon bölgesindeki termal turizm ve konut ısıtma sistemlerinin atık suları doğrudan Akarçay'a döküldüğü gözlemlenmiştir. Bu sulardaki bor ve arsenik oranları artabileceğine değinmiştir. Reenjeksiyon kuyusunun olmadığı bölgede, bor ile birlikte Mg, Na ve K tuzlarının toprağa ve sulara karışması flora ve fauna dengesini bozabilir. Bununla beraber bölgedeki atık suların sıcaklığı nedeniyle Akarçay ve Eber Gölü'nde yaşayan canlılar farklılaşp termofilik (sıcağı seven) türlere dönüştüğü gözlemlenmiştir (Günhan, 2018).

Aslan (2010), Aydın'ın Alangüllü bölgesini incelemiş, 37 farklı noktadan aldığı toprak örnekleriyle ve 22 farklı noktadan aldığı su örnekleriyle analiz yapmıştır. Bunun sonucunda ağır metal ve iz element örneklerine rastlamış toprağın verimsizleştiğini savunmuştur. Bölgedeki sularda bulunan yüksek bor oranının yetişen bitkilerde toksik etki yarattığını analizlerindeki konsantrasyonlarla göstermiştir. Bunların yanı sıra yine jeotermal atık sular kaynaklı tuzluluk oranının sınır değerlerinin çok üzerinde çıkmıştır. Tuz yoğunluğunun fazlalığıyla toprağın içindeki besin maddelerinin osmotik basıncı (hücre içi basınç) bozulmaktadır. Bu besin maddelerinden beslenen bitkiler, ortamda su olmasına rağmen tuzluluktan dolayı hücrelerine su alamadıklarından ölmektedir. Araştırmacı bu problemin çözümünün reenjeksiyon yöntemi olduğunu vurgulamıştır.

Aynı doğrultuda, Yılmaz and Kaptan'ın, (2017) yaptığı çalışma Aydın'daki jeotermal kaynakların çevreye zararlarından biri olarak atık sudaki bor'un çevredeki bitki örtüsünü zehirlediğini göstermiştir.

Benzer şekilde Afyonkarahisar'da yapılan çalışmada da atık suların ıslah edilmeden yeryüzüne bırakılmasının zararlarından bahsetmiş bu durumdan akarsular, göller ve

yeraltı sularının da etkilediği belirtilmiştir. Bununla birlikte turistik tesislerde kullanılan suların doğaya salındığı yerlerde sağlık için gelen insanların sağlığını da riske attığı ifade edilmiştir (Kervankıran, 2012).

Gündüz ve diğerleri (2015) çalışmasında jeotermal kaynağın doğrudan kullanım uygulamalarının yapıldığı Simav'da içme sularındaki yüksek arsenik ve bor oranlarının bölge halkındaki kanser oranlarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bahsi geçen arsenik ve bor'un jeotermal uygulamalarının atık suların arıtılmadan içme suyu kaynaklarına karışması nedeniyle halk sağlığını tehdit ettiği savunulmaktadır. Jeotermal kaynağın yerüstü ve yeraltı tüm su kaynaklarını kirletmesini önlemek için özellikle ağır metallere ve diğer tüm kirleticilere karşı arıtılması gerekmektedir. Arıtılmayan ve reenjekte edilmeyen atık su güvenli olmayan su kullanımına bağlı ölüm oranını artırabilir ve bölgeyi olumsuz etkiler.

Aslan (2010), Aydın'ın Alangüllü bölgesini incelemiş, 37 farklı noktadan aldığı toprak örnekleriyle ve 22 farklı noktadan aldığı su örnekleriyle analiz yapmıştır. Bunun sonucunda ağır metal ve iz element örneklerine rastlamış toprağın verimsizleştiğini savunmuştur.

Türkiye'deki önemli jeotermal alanlardan birisi de Kütahya'nın Simav ilçesindeki doğrudan kullanım uygulamalarıdır. Bölgede Eynal, Çitgöl ve Naşa adında 3 kaplıca bulunmaktadır ve bu noktalardan yapılan üretimle termal turizm, konut ve sera ısıtması yapılmaktadır ancak maalesef hala bölgede reenjeksiyon kuyusu bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada 22 üretim kuyusundan 2 farklı mevsimde alınan numunelere göre jeotermal akışkan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , As ve B konsantrasyonlarına göre çok kirlenmiş sular sınıfında yer almaktadır. (Çardak ve arkadaşları, 2019).

İçme suyu için kabul edilebilir maksimum konsantrasyonları aşan tuzlu sulardaki yüksek metal konsantrasyonları, potansiyel olarak oldukça önemli bir çevresel tehlikeyi oluşturmaktadır (Shortall ve diğerleri, 2015a). Jeotermal sular ayrıca toprağı etkileyebilmekte ve bunun bir sonucu olarak da tarımsal faaliyetlerin olumsuz olarak etkilenmesi görülebilmektedir. Şekil 5.10 ile jeotermal sularındaki tuzların tarım alanlarında yarattığı tahribat görülmektedir (Aslan, 2010). Şekil 5.11 ile de jeotermal kaynaklı atık suların sıcaklığı alınmadan toprağı karıştırdığında tarım alanlarında yarattığı hasar gösterilmiştir (Gündüz, 2018).



Şekil 5.10. Termal sulardaki tuzun tarım alanlarında birikmesi, (Aslan, 2010)

Ayrıca, elektrik üretiminin yoğun olduğu bölgelerde, buhar şeklinde yayılan ısı, termal kirliliğe neden olmakta, bulut oluşumunu etkileyerek, yerel hava koşullarını da etkilemektedir (Heath, 2002).



Şekil 5.11. Atık suların tarıma etkisi, (Gündüz, 2018)

#### *Arazi çökmesi*

Buhar gücünün baskın olduğu yüksek entalpili kaynak alanlarında arazi çökme riski nadir olarak görülebilir. Rezervuar basınçlarını korumak için reenjeksiyon uygulanmazsa, sıvı ağırlıklı alanlarda kısmi çökme oluşabilmektedir (Heath, 2002). Yer çökmesi boru hatlarının, kanalların ve kuyu muhafaza borularının dengesini etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, zeminde gölet ve çatlakların oluşmasına neden olabilecek etkiler de

oluşabilmektedir. Reenjeksiyon yöntemi jeotermal kaynağın yaşam döngüsünde oldukça önemli bir işlemi ifade ederken çevresel zararların sınırlandırılmasına da böylelikle katkıda bulunmaktadır.

### *Gürültü*

Jeotermal kaynaklı enerji üretiminde istenmeyen gürültü bir rahatsızlık veya sağlık sorunu haline gelebilmektedir. Kuyu sondajı ve kuyunun üretime hazırlanması için yapılan test uygulamalarında en yüksek gürültü seviyeleri olan 80-115 desibel (dB)'e ulaşılmaktadır.

Kaynağın elektriğe dönüştürülmesi sırasında ise santrallerdeki gürültü seviyesi, 900 m mesafede 71-93 dB olmaktadır (DiPippo, 2005). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ilan edilen sınır değerlerde, gürültü kirliliği, 85 dB'yi aşan sese günde 8 saatten fazla maruz kalma potansiyel olarak tehlikeli olarak kabul edildiği görülmektedir. Elektrik üretimi prosesinde, gürültü kirliliği en çok trafo, kondenser ve soğutma kulesinde oluşmaktadır. Soğutma kulesindeki büyük fanlar, kondanselerdeki her bir üniteye fanlar yerleşim yerlerine yakın olduğunda istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Gürültü kirliliği yerel halk için bir rahatsızlıktır ve aynı zamanda turizm üzerinde de olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Ancak, gürültü seviyeleri mesafe artışı ile hızlı bir şekilde düştüğü için, eğer tesis geniş bir jeotermal rezervuar alanı içinde yerleşmiş ise, tesis sınırındaki gürültü kabul edilebilir düzeye düşebilir (ADÜTEM, 2015).

### *Sismik Aktiviteler*

Jeotermal kaynaklarda görülebilen bir başka çevresel zarar ise tetiklenen sismik aktivitelerdir. Jeotermal akışkanın büyük miktarlarda çekimi ve/veya reenjeksiyonu bazı bölgelerde sismik aktivite oluşturabilir ya da tetikleyebilir. Bunlar mikro sismik olaylardır ve sadece sismograflarla belirlenebilirler. Mevcut veriler jeotermal enerjinin işletilmesi sırasında sismik riskin çok düşük olduğunu göstermektedir ve şu ana kadar belirlenmiş herhangi bir büyük sismik olay yoktur (Çakın ve diğerleri, 2005). Sismik tehlikeler daha çok, dik yamaçların bulunduğu jeotermal bölgelerde heyelan riski olarak görülebilir (Kristmannsdottir & Armansson, 2003). Jeotermal kaynağın kullanımı sırasında da yer yer oluşan çukur ve çatlaklar meydana gelebilir. Ancak küçük çaplı da olsa yerel nüfusu endişeye sokabilir. Bu nedenle iletişimin iyi olması için halkın her

gelişmeden haberdar olması gerekir. Bu sırada da jeotermal alan mikrosismik olayların ölçümüyle takip edilmelidir.

#### *Biyoçeşitliliğin azalması*

Jeotermal kaynaklardan etkilenebilecek nadir türlerin göreceği zararlarla, biyoçeşitlilik azalabilir. Potansiyel jeotermal kaynakların arandığı bölgeler, doğal orman ve nesli tükenmekte olan türlerin habitatında olabilir. Nadir ve soyu tükenmekte olan canlılar açısından riskli kabul edilen alanın içinde veya yakınında bir jeotermal enerji uygulaması yapılacaksa, uygulamaya geçilmeden önce, biyoçeşitliliğin korunması kapsamında özel bir değerlendirmeye tabi tutulması bu canlıların geleceği için hayati önem taşır.

#### *Kuyulardaki Sıkıntılar*

Tüm yapılan sondajlar çeşitli riskler taşımaktadır. Bu risklerin temel nedeni yer altında kazılan derinlik arttıkça basıncın da artmasıdır. Normalde atmosferik basınçla yeraltı basıncı sondaj çamuruyla dengelenmektedir. Ancak rezervuardaki katmanlar arasındaki ani basınç değişiklikleri nedeniyle bazen bu denge bozulur ve yeterli önlemler alınmazsa yeryüzüne doğru ciddi bir basıncı akışkan çıkışı yaşanabilir. Bu durumlar için sondaj süresince, kuyu başlarında Blow Out Preventer (BOP) denen valf sistemi bulunmalıdır. Bu sistemler iyi bir şekilde denetlenmediğinde ya da kullanılmadığında Şekil 5.12’de de görülebileceği gibi sondaj sırasında patlamaya yol açabilir. Jeotermal kuyularda bu durum yaşandığında çok yüksek sıcaklıktaki akışkan çok kısa sürede çok geniş alanlara yayılabilir.



Şekil 5.12. Sondaj sırasındaki patlama (Gündüz, 2018)

#### 5.4.2. Sürdürülebilir jeotermal enerji çerçevesi

Jeotermal enerjinin etkileri, her jeotermal enerji kaynağının sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde değerlendirilmesini gerektirmektedir (Rybach, 2007). Bu etkiler değerlendirildiğinde olumsuz etkilerinin azaltılması ve takibi için aynı zamanda olumlu etkilerinin arttırılması ve takibi için, jeotermal enerji projesine başlamadan önce jeotermal kaynağın yani kuyu veya kuyuların sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir. Sürdürülebilirlik potansiyelinin değerlendirileceği jeotermal uygulamaların yürütülmesi için, öncelikle uygulamaya özel belirlenen sürdürülebilirlik hedefleriyle, hedeflere ulaşmak için yapılacak eylemlerin takibi için oluşturulacak göstergelerden oluşan spesifik bir çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır Doğru çerçeveyi uygulamak için, Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu (CSD), sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğru ilerlemeyi ölçmek ve kalibre etmek amacıyla ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlara paralel olarak temalar altında hedefleri ve onların altında da göstergeler belirlenmiştir. Buna göre, bir sürdürülebilir kalkınma göstergesi (SDI), "ekonomik, sosyal ve çevresel kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimine yönelik ilerlemeyi değerlendirip iletirken, değişiklikleri analiz eden nicel bir araç" olarak açıklanmaktadır (UN, 2001). Gösterge, bir koşulu ve koşulun oluşmasındaki sorununa işaret eden, bilgi veren, açıklayıcı özelliği bulunan parametreler sayesinde bir ölçüm sonucu elde edilen değeri yansıtmaktadır. Göstergeler ayrıca daha sürdürülebilir bir ekonomi, toplum ve çevreye yönelik ilerlemede, genel bir bakış açısı sunmaktadır. Bu özellikleri gereği göstergeler, hedefe ulaşmak, ilerlemeleri ölçmek için gereklidir. Bu göstergelerin arasında nümerik olarak takibinin yapılması mümkün olmayanlar olabilir. Bu doğrultuda ölçülebilir değerlere ulaşabilmek için göstergelerin bazı yöntemlerle endekslenmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için göstergelerin ölçülenmesinde aritmetik değerlendirme ve ağırlıklandırılmış ortalama gibi farklı metodolojiler kullanılabilir. Bunlardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

##### *Aritmetik Değerlendirme:*

Aritmetik değerlendirme yöntemi, başlangıç aşamasında veya hızlı bir değerlendirme için mantıklı görülmektedir, ancak sürdürülebilirlik gibi karmaşık ve çok boyutlu bir konuda göstergelerin takibinde dikkatli olmayı gerektirir.

##### *Ağırlıklandırılmış Ortalama:*

Farklı göstergelere, önemlerine göre ağırlıklar vererek ağırlıklandırılmış ortalama hesaplanabilir. Bu, daha kritik göstergelerin etkisini daha doğru yansıtabilir.

#### *Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) Yöntemleri:*

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) veya TOPSIS gibi yöntemler, farklı kriterlerin ağırlıklandırılmasını ve değerlendirilmesini sağlar. Bu yöntemler, karar vericilerin çeşitli kriterler arasında denge kurmasına yardımcı olur.

#### *Regresyon ve Faktör Analizi:*

Regresyon analizi, göstergeler arasındaki ilişkileri ve bu göstergelerin sürdürülebilirlik endeksine olan etkilerini belirlemek için kullanılabilir. Faktör analizi ise, göstergelerin altında yatan faktörleri ortaya çıkarabilir ve bu faktörlere dayalı bir endeks oluşturulabilir.

#### *Zaman Serisi Analizi:*

Zaman serisi analizi, verilerin zaman içindeki değişimlerini inceleyerek gelecekteki değerleri tahmin etmeye yardımcı olur. Sürdürülebilirlik dinamik bir kavramdır ve zaman içinde değişir. Sürdürülebilirlik endeksi, zaman içinde değişen çeşitli çevresel, sosyal ve ekonomik göstergeleri içerebilir. Bu tür endekslerin hesaplanmasında zaman serisi analizi kullanarak trendleri ve mevsimsellikleri belirlemek, gelecekteki değerleri tahmin etmek mümkündür. Zaman serisi analizi, göstergelerin zaman içindeki değişimlerini ve trendlerini değerlendirebilir.

#### *Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA):*

LCA, bir ürünün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirir. Jeotermal kaynağın sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kullanılabilir.

#### *Temel Bileşen Analizi (TBA):*

TBA, birbiriyle ilişkili bir çok değişken içeren bir veri setinin boyutlarıyla değerlendirilmesi gerektiğinde veri setlerine birer vektör atanır. Veri setlerindeki değişim lineer boyuta getirildiğinde oluşan vektörlerin birbirine uzaklıkları ile boyuta ne kadar yaklaştığı hesaplanarak endeksleme yapılır.

#### *Borda Sayım Tekniği:*

Bu teknik, özellikle çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir ve çeşitli göstergelerin sıralanması ve ağırlıklandırılması için kullanılabilir. 5 adım kullanılan bu tekniğin ilk adımında göstergeler belirlenir, ikinci adımında her bir göstergenin önem derecesini belirlemek için uzman görüşleri toplanıp göstergeler belirlenen kriterlere göre sıralanır. Üçüncü adımda ise her bir uzmanın sıraladığı göstergelere puan verilip toplanılır. Dördüncü adımda ise her bir göstergenin toplam puanına göre toplam puan içerisindeki ağırlığı hesaplanır. Son adımda da her bir göstergenin ağırlığı ile zaman serisi verisi çarpılıp ağırlıklı ortalamalar toplanarak endeks hesaplanabilir. Birden fazla sınıflayıcı olduğu durumlarda her bir sınıflandırıcıya eşik ağırlık verilerek sıralama birleştirilip tek bir sıralama yapılabilir.

Edam (2023) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye için bir rekabet endeksi her bir temel bileşen analizi (TBA) ile 8 alt endekse göre ağırlıklandırma yapılmadan hesaplanmıştır.

Durmuş (2019) tarafından yapılan Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasının sosyal boyutunun ölçümü için Türkiye'ye özgü referans gösterge seti ile değişimin tek bir endekste özetleneceği bir bileşik endeksi sunulmuştur. Bu endeksin oluşturulmasında aritmetik ortalama kullanmış ve ölçütlenmiş göstergelerdeki ilerlemelerin ya da gerilemenin ayrı ayrı izlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Gök ve Yiğit (2018) tarafından Türkiye'deki büyükşehirler için yapılan sürdürülebilirlik çalışmasında ise göstergeler TOPSIS ile analiz edilerek belirlenmiş, Borda Sayım Yöntemi ile çevresel, ekonomik ve sosyal boyutta hesaplanmış ve genel bir sıralama elde edilmiştir.



## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada MTA tarafından 2014 yılında açılan Asilbeyli-Kırklareli kuyusunun sürdürülebilirlik endeksi hesaplanmıştır. Asilbeyli, kaynak entalpi değerine göre doğrudan kullanım yoluyla bölgeye katkı sağlayabilen yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Mevcut kuyu bilgileri, bölgenin koşulları ve jeotermal enerjinin etkileriyle bütünsel sürdürülebilirlik çerçevesi oluşturulmuştur (UN, 2024). Kaynak sürdürülebilirlik açısından ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri incelendiğinde doğrudan kullanımla ilgili olduğu düşünülen etkiler ele alınmıştır. Kaynağın özellikleri dikkate alınarak BM Sürdürülebilirlik Hedeflerine ait göstergelere göre (Şekil 6.3) Sürdürülebilirlik Endeksi (SE) hesaplanmıştır. Sürdürülebilirlik Endeksi ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere göre oluşturulmuştur. Ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere göre göstergelere olumlu (+) ve olumsuz (-) olarak 1 puan verilerek endeks değerleri aritmetik olarak toplanarak belirlenmiştir. Çevresel etkiler kuyunun faaliyeti sonucu gerekli önlemler alınmazsa negatif etkisi olacağı için -1 olarak puanlanmıştır. Seçilen hedefler ve göstergeler Çizelge 6.1 ile verilmiştir.

Çizelge 3.1’de verilen BM hedef ve göstergelerine bağlı olarak, mevcut kuyu bilgileri, bölgenin koşulları ve jeotermal enerjinin etkileriyle bütünsel sürdürülebilirlik çerçevesi oluşturulmuştur (UN, 2024).

Çizelge 6.1. BM hedeflerine göre seçilen göstergeler

| BM'nin sürdürülebilirlik hedefleri | Sürdürülebilirliğin takibi için seçilmiş göstergeler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hedef 1: “Yoksulluğa Son”          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 1.2.2: “Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı”</li><li>• 1.4.1 “Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı”</li><li>• 1.a.2: “Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı”</li></ul> |

Çizelge 6.1. BM hedeflerine göre seçilen göstergeler (devamı)

|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hedef 2: “Açlığa Son”                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.3.2: “Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırılımına göre ortalama gelirleri”</li> <li>• 2.4.1 “Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı”</li> <li>• 2.a.2 “Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar)”</li> <li>• 2.c.1 “Gıda fiyatları anomalileri göstergesi”</li> </ul> |
| Hedef 3: “Sağlık ve Kaliteli Yaşam”                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.8.1 “Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı”</li> <li>• 3.9.1 “Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı”</li> <li>• 3.9.2 “Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri)”</li> </ul>                                                             |
| Hedef 4: “Nitelikli Eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek”                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Hedef 5: “Cinsiyet Eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek”                                                                          | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Hedef 6: “Sürdürülebilir Su Yönetimi, Suyun kullanılabilirliği ve Sanitasyon”                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.3.1 “Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı”</li> <li>• 6.3.2 “Ortam su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı”</li> <li>• 6.4.1 “Zaman içinde su kullanım verimliliğindeki değişimi”</li> </ul>                                                                                                                                               |
| Hedef 7: “Uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerji”                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7.1.2 “Temel olarak temiz yakıtlara ve teknolojiye bağımlı olan nüfusun oranı”</li> <li>• 7.2.1 “Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı”</li> </ul>                                                                                                                                                                                                  |
| Hedef 8: “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek” | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8.9.1 “Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyümü hızındaki payı”</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hedef 9: “Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek”                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9.4.1 “Değer başına eklenen CO<sub>2</sub> emisyonu”</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Çizelge 6.1. BM hedeflerine göre seçilen göstergeler (devam)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hedef 10: “Eşitsizliklerin Azaltılması”                                                                                                                                                                                                                                          | • 10.4.1 “Emeğin GSYH'daki payı”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hedef 11: “Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak”                                                                                                                                                                             | • 11.1.1 “Gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı”                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Hedef 12: “Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak”                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12.2.2 "Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi"</li> <li>• 12.4.2 “Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı”</li> <li>• 12.b.1 “Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı”</li> </ul> |
| Hedef 13: “İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek”                                                                                                                                                                                                 | • 13.2.2 “Yıllık toplam sera gazı emisyonları”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Hedef 14: “Sudaki Yaşam: Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak”                                                                                                                                          | • 14.4.1 “Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hedef 15: “Karasal Yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek” | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Hedef 16: “Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak”                                              | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Hedef 17: “Amaçlar için Ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak”                                                                                                                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



Çizelge 6.2. Asilbeyli kuyusu akış testi suyu analiz değerleri

|                                                                                           |                               |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Sıcaklık-Debi</b>                                                                      |                               | 57 °C 30 L/sn. (kompresör) 3,5 l/sn. (artezyen) |
| <b>Koku-Tat</b>                                                                           |                               | -                                               |
| <b>Proje Adı ve Özel Kod No.</b>                                                          |                               | 2014-33.13.18                                   |
| <b>Pafta ve Koordinatları</b>                                                             |                               | E-18 d2 X: 4614580 Y: 0520080                   |
|                                                                                           |                               | <b>mg/l</b>                                     |
| <b>Kasyonlar</b>                                                                          | Na <sup>+</sup>               | 645                                             |
|                                                                                           | Ca <sup>++</sup>              | 4,04                                            |
|                                                                                           | Mg <sup>++</sup>              | 1,74                                            |
|                                                                                           | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 5,3                                             |
|                                                                                           | Fe (total)                    | -                                               |
|                                                                                           | As (total)                    | -                                               |
|                                                                                           | B (total)                     | -                                               |
|                                                                                           | Mn (total)                    | -                                               |
|                                                                                           | <b>Toplam</b>                 | <b>656,08</b>                                   |
| <b>Anyonlar</b>                                                                           | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 993                                             |
|                                                                                           | CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> | <10                                             |
|                                                                                           | SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> | 2,89                                            |
|                                                                                           | Cl <sup>-</sup>               | 480                                             |
|                                                                                           | F <sup>-</sup>                | <b>12</b>                                       |
|                                                                                           | Br <sup>-</sup>               | 1,5                                             |
|                                                                                           | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,64                                            |
|                                                                                           | PO <sub>4</sub> (total)       | <0,1                                            |
|                                                                                           | <b>TOTAL</b>                  | <b>1.490,03</b>                                 |
| <b>Diğer (mg/l)</b>                                                                       | SiO <sub>2</sub>              | 25,1                                            |
|                                                                                           | CO <sub>2</sub>               | -                                               |
| <b>Toplam mineralizasyon (mg/l)</b>                                                       |                               | <b>2.171,21</b>                                 |
| <b>pH (26,8 °C)</b>                                                                       |                               | 7,9                                             |
| <b>Spesifik gravite (25 oC)</b>                                                           |                               | - g/cm <sup>3</sup>                             |
| <b>Buharlaşma kalıntısı (180 oC)</b>                                                      |                               | - mg/L                                          |
| <b>Suyun sınıfı (AIH'a göre):</b> Sodyumlu, bikarbonatlı, klorürlü, sıcak ve mineralli su |                               |                                                 |

Yürürlükte olan 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklı ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'na göre, 20°C'nin üstünde ve 1000 mg/l toplam mineral konsantrasyondan fazlasına sahip olan kuyular "Jeotermal Kaynak" olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 2007). Kuyu suyunun sıcaklığı 57°C ve toplam mineral değeri 2171,21 mg/L olduğu için jeotermal kaynak olarak belirlenmiştir (MTA, 2017).

Ayrıca, Cl, Pb, Zn, Cu, Ni, B ölçümleri Dünya Sağlık Örgütü'nün verileriyle kıyaslandığında doğrudan tarım amaçlı olarak kullanılabilir seviyededir. Sadece F değeri 12 mg/l ile 1,5 mg/l olan içme suyu standartlarının üstünde çıkmıştır (WHO, 2017) (MTA, 2017).

Bu kaynak, Türkiye'nin kullandığı sınıflandırmada (DPT, 1996). 57°C sıcaklık ile düşük entalpili, konut ve tesis ısıtma, seracılık ve termal turizm gibi doğrudan kullanım uygulamaları için uygun bir kaynaktır. Bu kaynak bölgenin ısınma ve beslenme gibi temel ihtiyaçları için alternatif bir kaynak olarak değerlendirilebilir. Çizelge 6.3'te de görülebileceği gibi, kuyunun sahip olduğu 2,38 MWt enerji ile 340 evin veya 12.500 m<sup>2</sup> seracılık alanının ısınma ihtiyacı karşılanabilir veya 2600 kişi kapasiteli bir termal turizm tesisi kurulabilir (MTA, 2017).

Çizelge 6.3. Doğrudan kullanım alanları Türkiye–Kırklareli kıyaslaması

| <b>Doğrudan kullanım alanı</b>   | <b>Türkiye, kurulu kapasite, Mwt</b> | <b>Eşdeğer kapasite</b> | <b>Kırklareli, potansiyel kapasite, Mwt</b> | <b>Potansiyel eşdeğer kapasite</b> |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| Konut ısıtma                     | 1422                                 | 158.000 konut           | 2,38                                        | 340 konut                          |
| Sera ısıtma                      | 2417                                 | 10.400 dönüm            | 2,38                                        | 1.500 m <sup>2</sup>               |
| Termal turizm suyun ısı enerjisi | 1763                                 | 23.000.000 kişi         | 2,38                                        | 2600 kişi                          |

## 6.2.Sürdürülebilirlik Hedeflerinin ve Göstergelerin Seçimi

Kuyu bilgileri ve jeotermal enerjinin bilinen çevresel, sosyal ve ekonomik etkileriyle, BM'in 2030 için tanımladığı 17 hedefin (Şekil 3.1) 12'i ile uyumlu hedefler belirlenmiş ve bu hedefler için göstergeler seçilmiştir.

### 6.2.1. Hedef 1: “Yoksulluğa son: Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek”

Jeotermal enerji ısıtma, seracılık, kaplıca veya termal turizm amaçlı kullanılabilirliğinden bölgede mutlaka doğrudan veya dolaylı olarak istihdama yol açacaktır. Bu da işsizliğin azalmasına kısa veya uzun vadede katkıda bulunabilir. Bu katkının devamlılığı ise

rezervuarın ömrüne ve rezervin kapasitesine bağlıdır. Dolayısıyla, kaynağın sürdürülmesiyle burada çalışanlar da kaynak ömrü süresince çalışabileceklerdir. MTA (2021)'de de belirtildiği gibi mevzuattaki teşviklerle, jeotermal enerji ekonomi ve istihdama en fazla katkıda bulunan sektörlerden biridir (MTA, 2021). Can (2017) jeotermal sektörün uzun vadeli istikrarlı ve iyi ödeme yapan işler sağlamakla istihdamı desteklediğini belirtmiştir. Doğan (2019), Aydın'da jeotermal sektördeki istihdamın toplam istihdama oranının %2 olduğu ve daha da artabileceğini ortaya koymuştur. Kaynak termal tesis olarak sağlık hizmetinde kullanıldığında ise sağlık harcamalarının oranını arttıracak için bölgenin refah düzeyi de artacaktır. Ayrıca kaynak evsel ısıtma amaçlı kullanıldığında da bölge halkının temel ihtiyaçlarının karşılanması ile refah düzeyi artacaktır. Bunlar da BM'in 1. hedefi olan "Yoksulluğa Son" ve göstergeleriyle örtüşmektedir (UN, 2024). Bu göstergeler aşağıda belirtilmiştir:

*Gösterge 1.2.2: "Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı"*

Jeotermal kaynağa bağlı kurulacak bir termal tesis bölgede istihdam yaratacağı için (Can, 2017, Doğan, 2019) BM'in 1. hedefindeki "Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı" göstergesi (UN, 2024) ile olumlu yönde değerlendirilmiş ve ekonomik sürdürülebilirlik etkisi +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 1.4.1 "Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı"*

Jeotermal kaynağın 340 konutun ısıtılması potansiyeline sahip olmasıyla nedeniyle (MTA, 2017, Karabatak, 2018) BM'in 1. hedefindeki "1.4.1 Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı" göstergesi (UN, 2024) ile sosyal sürdürülebilirlik etkisi +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 1.a.2: "Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı"*

Termal sular halk sağlığı açısından faydalı olduğu için kullanılmaları durumunda sağlık harcamalarını artıracakları için BM'in 1. hedefindeki "Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı" (UN, 2024) göstergesi ile

sosyal sürdürülebilirliğe etkisi +1 olarak alınmıştır. Ayrıca kaynağın 2600 kişilik termal turizm kapasitesiyle kurulacak bir termal tesiste istihdam yaratacak olması, bu istihdamla gayri safi milli hasıla içindeki işgücü oranının artması beklendiğinden işgücü artışı sağlayacaktır (Can, 2017). Bu nedenle ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe etkisi de +1 olarak alınmıştır.

#### **6.2.2. Hedef 2: “Açlığa son: Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek”**

Jeotermal enerji kaynağının seracılıkta ısıtma amaçlı kullanılması durumunda tarım sektörü için ekonomik ve çevresel fayda sağlayacaktır. Jeotermal seracılık sentetik hormon kullanımını azaltarak toplum sağlığına da fayda sağlayacaktır (Kendirli ve Çakmak, 2010). Ayrıca Kırklareli’de jeotermal enerjiyle ısıtılan seracılık sürdürülebilir gıda üretimini de kayda değer bir biçimde artırabilir. Bu durum da BM’in 2. hedefi olan “Açlığa Son” hedefiyle ve göstergeleriyle uyumluluk göstermektedir (UN, 2024). Bu göstergeler aşağıda belirtilmiştir:

*Gösterge 2.3.2: “Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırılımına göre ortalama gelirleri”*

Jeotermal kaynağın 12.500 m<sup>2</sup>’lik seracılık alanının ısınma ihtiyacını karşılayabilmesi nedeniyle BM’in 2. hedefindeki “Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırılımına göre ortalama gelirleri” göstergesi (UN, 2024) ile ekonomik etkisi +1 olarak alınmıştır. Jeotermal yollarla ısıtılan seracılığın diğer ısıtma sistemlerine göre daha ucuz olmasıyla küçük ölçekli gıda üreticilerinin üretim giderlerini azaltacak ve gelirlerini arttıracığı için olumlu yönde etkileyecektir (Hasdemir ve diğerleri, 2015).

*Gösterge 2.4.1 “Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı”*

Jeotermal kaynak seracılıkta kullanılması durumunda, tarımsal kapasiteyi arttıracığı için BM’in 2. hedefindeki “üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı” göstergesi (UN, 2024) ile olumlu yönde değerlendirilerek sosyal ve ekonomik etkileri +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 2.a.2 “Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar)”*

Jeotermal kaynak seracılık potansiyeli ile gıda üretimini arttıracığı için (Hasdemir ve diğerleri, 2015) BM'in 2. hedefindeki “tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar)” (UN, 2024) göstergesi ile olumlu yönde değerlendirilmiş, gıda üretiminin yeterince artması ile ihracat yapılabileceği böylece bölgenin devlet yardımı almasına yol açacağı düşünülerek ekonomik etkisi +1 olarak alınmıştır.

#### *Gösterge 2.c.1 “Gıda fiyatları anomalileri göstergesi”*

Jeotermal seracılık potansiyeli ile gıda üretimi artacağı, ısıtma giderleri azalıp, üretim maliyetleri düşeceği için (Hasdemir ve diğerleri, 2015) BM'in 2. hedefindeki “gıda fiyatları anomalileri” göstergesi (UN, 2024) ile olumlu yönde değerlendirilmiştir. Gıda üretimi yeteri kadar artar ve maliyetler azalırsa gıda fiyatları da düşecektir. Dolayısıyla, bölge olumlu etkileneceği için ekonomik etki +1 olarak alınmıştır.

#### **6.2.3. Hedef 3: “Sağlık ve kaliteli yaşam: Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak”**

MTA verilerine göre jeotermal enerji kaynağı 2600 kişilik kapasitedeki termal turizm tesisinin kurulması için yeterlidir. Jeotermal kaynağın termal turizm için kullanılması bölge halkının sağlıklı termal sulara kolay erişimini sağlayarak halkın yaşam kalitesini arttıracaktır. Balneoloji uygulamaları termal tesislerde halka sunulduğu için toplum sağlığı hizmetlerinin artışı da mümkün olacaktır. Böylece halk sağlığının korunabileceği ve kaliteli yaşamın arttırılabileceği söylenebilir. Ayrıca bölgedeki sağlık yatırımları da artmış olup, sağlık hizmetlerine erişimde ve bu konuda personel yetişmesinde de fayda sağlanmış olur. Başka bir açıdan bakıldığında, kaynağın 340 konutun hâlihazırda kömür ile ısınan hanelerden seçilmesi halinde, kömür yerine jeotermal enerji kullanımı ile CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>x</sub> emisyonlarının azalması ile hava kirliliği azalarak hava kalitesinin artması sağlanacaktır. Ancak bu kaynağın atık suların ağır metallere ve diğer kirleticilere karşı arıtılması gerekmektedir ve reenjeksiyon sistemiyle rezervuara geri basılmalıdır. Tüm önlemler alındığında kaynağın bölgeye getireceği refah ve hava kalitesinin iyileşmesi BM'in 3. hedefi olan “Sağlık ve Kaliteli Yaşam” ve göstergeleriyle uyumludur (UN, 2024). Bu göstergeler aşağıda belirtilmiştir:

#### *Gösterge 3.8.1 “Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı”*

Kaynak potansiyeli ile 2600 kişi kapasiteli bir termal tesis kurulması durumunda sağlık hizmeti sağlanacağı için halk sağlığı açısından faydalı olacaktır. Böylece sağlık işgücünün artması sağlanarak olumlu etki yaratacağı için (Can, 2017) BM'in 3. hedefindeki “temel sağlık hizmetlerinin kapsamı” göstergesi (UN, 2024) ile olumlu yönde değerlendirilerek sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe etkisi +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 3.9.1 “Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı”*

Kaynağın 340 konutun hâlihazırda kömür ile ısınan hanelerden seçilmesi halinde, kömür yerine jeotermal enerji kullanımının hava kirliliği azalarak hava kalitesi artacaktır. Böylece hava kirliliğine bağlı ölüm olmayacağı için BM'in 3. hedefindeki “Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı” göstergesi (UN, 2024) ile olumlu yönde değerlendirilerek sosyal etki +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 3.9.2 “Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri)”*

Jeotermal kaynak kullanımından sonra reenjeksiyon yapılmazsa, atık suların, içme ve sulama sularını kontaminasyonla kirliletme riski nedeniyle BM'in 3. hedefindeki “güvenli olmayan su, ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı” göstergesi (UN, 2024) ile değerlendirilerek sosyal etkisi -1 olarak alınmıştır (Aslan, 2010, Gündüz ve diğerleri, 2015).

**6.2.4. Hedef 4: “Nitelikli eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek”**

Bu hedef, 2030'a dek, insan hakları, cinsiyet eşitliği, toplum barışı ve şiddetsiz bir kültürünün teşviki yoluyla tüm öğrencilere sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için gereken bilgi ve becerileri kazandırıp, sürdürülebilir kalkınmaya katkısını arttırmak olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma özelinde konu ile ilgili henüz ilgisinin olmadığı düşünüldüğü gösterge seçilmemiş ve sürdürülebilirlik endeksleri “0” olarak atanmıştır.

**6.2.5. Hedef 5: “Cinsiyet eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek”**

Bu hedef, 2030'a dek, insan ticareti, cinsel ve diğer sömürü türleri dahil olmak üzere kamusal ve özel alanlarda tüm kadınlara ve kızlara yönelik her türlü şiddetin ortadan kaldırılması, çocuk evliliği, erken yaşta zorla evlilik ve kadın sünneti gibi tüm zararlı

uygulamaların ortadan kaldırmak olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma özelinde konu ile ilgili henüz ilgisinin olmadığı düşünülüp gösterge seçilmemiş ve sürdürülebilirlik endeksleri “0” olarak atanmıştır.

#### **6.2.6. Hedef 6: “Temiz su ve sanitasyon: Herkes için erişilebilir su ve atık su hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak”**

Asılbeyli kuyusunun akış testinde elde edilen analiz sonuçlarına göre, kaynak içme suyu amaçlı kullanılamaz, ancak sıcaklığı düşürüldükten sonra tarım sulamasında kullanılabilir özelliktedir. Kaynağın su açısından özellikleri ve durumu BM’in 6. Hedefi olan “Temiz Su ve Sanitasyon: Herkes için erişilebilir su ve atık su hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak” başlığı altında aşağıda seçilmiş olan göstergeler ile değerlendirilmiştir (UN, 2024).

Ülkemizde reenjeksiyon şartı bulunmaması çevresel etkiler ve kaynağın kullanım sürdürülebilirliği açısından çok ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bu bölgedeki jeotermal enerjini üretim sürekliliği için reenjeksiyon gerekli olup su özellikleri yakından takip edilmelidir. Zaman içerisinde rezervuar yönetim amacına uygun yapılırsa, su kullanım verimliliği de artar.

##### *Gösterge 6.3.1 “Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı”*

Kaynağın kullanımı ile oluşacak atık suların neden olacağı su kirliliği tehlikesi mevcuttur. BM’in 6. hedefindeki “güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı” göstergesi ile değerlendirilmiş ve bölgeye çevresel etkisi -1 olarak alınmıştır.

##### *Gösterge 6.3.2 “Ortam su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı”*

Kaynağın kullanımından sonraki atık suların arıtılmaz ise, bölgede atık suların arıtılma oranına olumsuz etki edeceği için BM’in 6. hedefindeki “alıcı ortam su kalitesi iyi düzeyde olan su kütlelerinin oranı” göstergesi ile değerlendirilmiş ve çevresel etkisi -1 olarak alınmıştır.

##### *Gösterge 6.4.1 “Su kullanım verimliliğinde zaman içinde değişim”*

Kaynağın kullanımı sırasında rezervuardan gelen sıcak suyun verimliliği ve sürdürülebilirliği; rezervuar yönetimi, rezervuar basınç kontrolü ve reenjeksiyon ile mümkün olabilir. Eğer reenjeksiyon yapılmaz ise su kullanım verimliliğinde olumsuz etki

yapacaktır. Bu özelliği ile kaynak BM'in 6. hedefindeki "su kullanım verimliliğinde zaman içinde değişim" göstergesi altında değerlendirilerek çevresel etkisi -1 alınmıştır.

**6.2.7. Hedef 7: "Erişilebilir ve temiz enerji: Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak"**

Jeotermal kaynak, 340 konutu ısıtacak bir potansiyele sahip olması enerjinin daha ucuz kullanılmasını ve enerji çeşitliliği artışı sağlayacaktır. Ayrıca kaynağın 2,38 MWt enerji potansiyeliyle, Türkiye'nin konut ve tesis ısıtmasındaki 1422 MWt olan kurulu güç kapasitesine katkı sağlayacaktır (TJD,2024). Bu özellikleri ile BM'in 7. hedefi olan "Erişilebilir ve Temiz Enerji" başlığı altında aşağıda seçilmiş olan göstergeler ile değerlendirilmiştir. Bu hedef için değerlendirilen göstergeler aşağıda belirtilmiştir:

*Gösterge 7.1.2: "Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı"*

Kaynağın 340 hane için ısıtma potansiyeline sahip olması BM'in 7. hedefindeki "Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı" göstergesi ile olumlu olarak sosyal ve ekonomik etkileri +1 olarak alınmıştır. Hanelerde yaşayan nüfusun, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kullanmasıyla, temiz yakıt ve teknolojiye erişimi olan nüfusun toplam nüfusa oranı artacaktır.

*Gösterge 7.2.1 "Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı"*

Kaynağın 2,38 MWt enerji potansiyelinin kullanılması ile toplam enerji tüketimindeki yenilenebilir enerjinin oranı arttıracaktır. Bu jeotermal kaynağın Kırklareli İli'nin yıllık elektrik ihtiyacının %0,124'ünü karşılama potansiyeli bulunmaktadır (Özer ve Kızılay, 2018). Bu nedenle, BM'in 7. hedefindeki "toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı" göstergesi (UN, 2024) altında olumlu etki edeceği için ekonomik ve sosyal etkileri +1 alınmıştır.

**6.2.8. Hedef 8: "İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme: İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek"**

Jeotermal kaynağın turizm potansiyeli bölgenin termal turizm aktivitelerini arttıracığından bölgenin ekonomisine, tanınırlığına ve sosyallığına pozitif katkıda bulunacaktır. Bu durum BM'in 8. hedefi "İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme:

İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işlerin desteklenmesi” ile uygunluk göstermektedir (UN, 2024). Bu hedefe ait bölge özelinde seçilen gösterge aşağıda verilmiştir:

*Gösterge 8.9.1 “Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı”*

Kaynağın 2600 kişilik termal turizm kapasitesiyle kurulacak bir tesisle bölgenin turizm gelir artışı sağlanacak ve milli hasıla içindeki payı olumlu yönde etkilenecektir. Bu nedenle BM’in 8. hedefindeki “turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı” göstergesi (UN, 2024) ile olumlu olarak değerlendirilmiş, sosyal ve ekonomik etkileri +1 olarak alınmıştır.

**6.2.9. Hedef 9: “Sanayi, yenilikçilik ve altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek”**

Herkes için uygun fiyatlı ve eşit erişime odaklanarak ekonomik kalkınmayı ve insan refahını desteklemek ve bu doğrultuda, ulusal, bölgesel ve sınır ötesi altyapı dahil olmak üzere kaliteli, güvenilir, sürdürülebilir ve dayanıklı altyapı geliştirmek bu hedefin amacını belirtir.

*Gösterge 9.4.1 “Değer başına eklenen CO<sub>2</sub> emisyonu”*

Kaynağın 340 konutun hâlihazırda kömür ile ısınan hanelerden seçilmesi halinde, kömür yerine jeotermal enerji kullanımı ile CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, and NO<sub>x</sub> emisyonlarının azalması ile hava kirliliği de azalarak hava kalitesinin artması sağlanacaktır bu da bölgeyi çevresel olarak olumlu yönde etkileyecektir. Çalışmalara göre yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının arttırılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonunun %90’ının azalacağı öngörülmektedir (IRENA, 2024). Bu nedenle BM’in 9. hedefindeki “Değer başına eklenen CO<sub>2</sub> emisyonu” göstergesi ile olumlu olarak değerlendirilmiş ve çevresel etkisi +1 olarak alınmıştır.

**6.2.10. Hedef 10: “Eşitsizliklerin azaltılması: Ülkeler içinde ve arasında eşitsizlikleri azaltmak”**

Jeotermal kaynak seracılık, kaplıca veya termal turizm amaçlı kullanıldığında bölgede istihdam yaratması beklendiğinden, toplumda fırsat eşitliğini sağlanmasına pozitif

katkıda bulunacaktır. Bu durum BM'in 10. hedefi "Eşitsizliklerin Azaltılması: Ülkeler içinde ve arasında eşitsizlikleri azaltmak" ile uygunluk göstermektedir. Bu hedefe ait uygun gösterge aşağıda verilmiştir:

*Gösterge 10.4.1 "Emeğin GSYH'daki payı"*

Jeotermal kaynağın istihdam yaratma imkanı nedeniyle (Doğan, 2019) BM'in 10. hedefindeki "emeğin GSYH'daki payı" göstergesi ile olumlu yönde değerlendirilmiş, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik etkileri +1 olarak alınmıştır.

**6.2.11. Hedef 11: "Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar: Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılma"**

Kaynağın konut ısıtmacılığı amacıyla kullanılması ile sağlayacağı avantajlar değerlendirildiğinde ucuz, yenilenebilir ve sürdürülebilir ısınma imkanı sağlaması ile BM'in 11. Hedefi olan "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar: Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak" ile uyum içinde görülmektedir. Bu konuda da seçilen göstergeler aşağıdaki gibidir.

*Gösterge 11.1.1 "Gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı"*

Kaynağın 340 hane için ısıtma potansiyeline sahip olması, eğer bu haneler kömür sobasıyla ısınan haneler arasından seçilirse, bu hanelerde yangın ve zehirlenme tehlikesini azaltacaktır. Kömürün kaynak olarak jeotermale göre çok daha fazla atık gaz ürettiği birçok çalışmada yer almaktadır (Kaymakçıoğlu, F., ve Çirkin, T., 2009). Dolayısıyla bu konutlar yetersiz ve güvensiz olmaktan çıkarak bu konutlarda yaşayan nüfusun kentsel nüfusa oranı azalacağı için BM'in 11. hedefindeki "gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı" göstergesi altında olumlu yönde sosyal etkisi +1 olarak alınmıştır.

**6.2.12. Hedef 12: "Sorumlu üretim ve tüketim: Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak"**

Bu hedef, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini ve verimli kullanımını sağlamak, perakende ve tüketici seviyelerinde kişi başına küresel gıda atığını yarıya indirmek ve hasat sonrası kayıplar dahil olmak üzere üretim ve tedarik zincirlerinde gıda kayıplarının azaltmak amaçlarını kapsamaktadır. Ayrıca, kimyasalların ve tüm atıkların yaşam

döngüleri boyunca, üzerinde anlaşmaya varılan uluslararası çerçevelere uygun olarak çevreye duyarlı bir şekilde yönetilmesini sağlamak da bu hedefin kapsamına girer. Nihayetinde, atıkların havaya, suya ve toprağa salımını önemli ölçüde azaltmak için önleme, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla, insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek bu hedefi tanımlar. Bu hedef kapsamında bahsi geçen arsenik, civa ve benzeri maddeler, “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği” mevzuatında “Tehlikeli Atık” olarak tanımlanmıştır. Tehlikeli maddeler: Su çevresi için önemli risk teşkil eden zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikme özelliğinde olan madde ve madde gruplarını ifade eder (Resmi Gazete, 2005). Bu konuda da seçilen göstergeler aşağıdaki gibidir.

*Gösterge 12.2.2 “Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi”*

Kaynağın 2,38 MWt enerji potansiyeliyle bölgesel kaynak kullanımına katkıda bulunması ile GSYH içindeki bölgesel kaynak tüketim oranı artacaktır. Bu jeotermal kaynağın Kırklareli İli’nin yıllık elektrik ihtiyacının %0,124’ünü karşılama potansiyeli bulunmaktadır (Özer ve Kızılay, 2018). (Özer ve Kızılay, 2018). Bu nedenle, BM’in 12. hedefindeki “Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi” göstergesi altında olumlu yönde değerlendirilerek sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik etkileri +1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 12.4.2 “Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı”*

Kaynağın kullanımından sonra reenjeksiyon yapılmazsa atık suların içme ve sulama sularını kontamine etme riski bulunmaktadır (Gündüz ve diğerleri, 2015). Atık suyun çeşitli tekniklerle rehabilitasyonu jeotermal enerji kaynaklı çevre problemlerini azaltsa bile, kişi başına üretilen tehlikeli atık oranının artması beklenmektedir. BM’in 12. hedefindeki “Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı” göstergesi altında olumsuz yönde çevresel sürdürülebilirlik endeksi -1 olarak alınmıştır.

*Gösterge 12.b.1 “Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı”*

Kaynağın 2600 kişilik termal turizm kapasitesiyle kurulacak bir termal tesiste istihdam yaratacak olması termal turizm eylem planlarını ve politikalarının sayısını da arttıracaktır (Doğan, 2019). BM’in 12. hedefindeki “Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı” göstergesi (UN, 2024) altında olumlu yönde sosyal sürdürülebilirlik endeksi +1 olarak alınmıştır.

#### **6.2.13. Hedef 13: “İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek”**

Tüm ülkelerde, iklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığı ve uyum kapasitesini güçlendirmek. İklim değişikliği önlemlerini ulusal politikalara, stratejilere ve planlamasına entegre ederek, iklim değişikliğini hafifletme, adaptasyon, etkilerini azaltma ve erken uyarı konularında eğitim, bilinçlendirmelerle insani ve kurumsal kapasiteyi 2030’a kadar geliştirmek bu hedefi tanımlamaktadır (UN, 2024). Bu konuda da seçilen göstergeler aşağıdaki gibidir.

##### *Gösterge 13.2.2 “Yıllık toplam sera gazı emisyonları”*

Kaynağın 340 hane için ısıtma potansiyeline sahip olması, eğer bu haneler kömür sobasıyla ısınan haneler arasından seçilirse, bu hanelerden yayılan sera gazı emisyonları azalacağı için (IRENA, 2024) BM’in 13. hedefindeki “Yıllık toplam sera gazı emisyonları” göstergesi (UN, 2024) altında olumlu yönde çevresel sürdürülebilirlik endeksi +1 olarak alınmıştır.

#### **6.2.14. Hedef 14: “Okyanusların, denizlerin ve deniz kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması”**

2030 yılına kadar, balıkçılık, su ürünleri yetiştiriciliği ve turizmin sürdürülebilir yönetimi dahil olmak üzere, deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması bu hedefi tanımlar. (UN, 2024). Bu konuda da seçilen gösterge aşağıdaki gibidir.

##### *Gösterge 14.4.1 “Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı”*

Kaynağın kullanımından doğan atık suların potansiyel etkilerine bakıldığında, atık suların sıcaklığı da önemlidir çünkü termal kirliliğe sebep olmaktadır. Atık sıcak su soğutulup deşarj edilmezse, su canlılarına zarar vermekte, farklılaştırmakta ve yumurtalarını yok etmektedir. Bu durum da balıkçılıkla geçinen halkı da etkilemekle beraber içinde yüksek

oranda Civa gibi ağır metal biriken balıkların tüketimiyle toplum sağlığını da riske atmaktadır (Çakın ve arkadaşları, 2015; Doğan, 2019; Günhan, 2018). Dolayısıyla BM'in 14. hedefindeki "Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı" göstergesi (UN, 2024) altında olumsuz yönde çevresel sürdürülebilirlik endeksi -1 olarak alınmıştır.

**6.2.15. Hedef 15: "Karasal yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımı desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek"**

Bu hedef ile, 2030'a dek, çölleşmeyle mücadele etme, kuraklık ve sellerden etkilenen araziler dahil olmak üzere bozulmuş arazi ve toprağı eski haline getirmek, biyolojik çeşitlilik de dahil olmak üzere dağ ekosistemlerinin korunmasını sağlamak hedeflenmektedir (UN, 2024). Bu çalışma özelinde konu ile ilgili henüz ilgisinin olmadığı düşünüldüğü gösterge seçilmemiş ve sürdürülebilirlik endeksleri "0" olarak atanmıştır.

**6.2.16. Hedef 16: "Barış, adalet ve güçlü kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak"**

Bu hedef ile, 2030'a dek, her yerde tüm şiddet biçimlerini ve buna bağlı ölüm oranlarını önemli ölçüde azaltmak, çocuklara yönelik taciz, sömürü, insan ticareti, her türlü şiddete ve işkenceye son verilmesi, ulusal ve uluslararası düzeyde hukukun üstünlüğünün teşvik edilmesi ve herkes için adalete eşit erişimin sağlamak hedeflenmektedir (UN, 2024). Bu çalışma özelinde konu ile ilgisinin olmadığı düşünüldüğü gösterge seçilmemiş ve sürdürülebilirlik endeksleri "0" olarak atanmıştır.

**6.2.17. Hedef 17: "Amaçlar için ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak"**

Bu hedef ile, 2030'a yılına kadar, en az gelişmiş ülkeler için, teknoloji bankasını ve bilim, teknoloji kapasite geliştirme mekanizmasını tam olarak işler hale getirmek ve teknolojinin kullanımını artırmak temel hedefler arasında yerini almaktadır (UN, 2024). Bu çalışma özelinde konu ile ilgisinin olmadığı düşünüldüğü gösterge seçilmemiş ve sürdürülebilirlik endeksleri "0" olarak atanmıştır.



## 7. SONUÇLAR

### 7.1.Asilbeyli Jeotermal Kaynağının Sürdürülebilirlik Endeksi

BM hedefleri 3. Bölüm’de ekonomik, sosyal ve çevresel tema altında gruplandırılmıştı. Daha sonra 6. Bölüm’de bu hedefler ve göstergeleri doğrultusunda Asilbeyli jeotermal kaynağı için temalara göre elde edilen ve toplam sürdürülebilirlik endeksleri hesaplanmış ve Çizelge 7.1 ile verilmiştir.

Çizelge 7.1. Asilbeyli jeotermal kaynağının sürdürülebilirlik endeksi

| Hedefler (UN, 2024)      | Göstergeler (UN, 2024)                                                                                        | Temalar  |        |          |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------|
|                          |                                                                                                               | Ekonomik | Sosyal | Çevresel |
|                          |                                                                                                               | Endeks   |        |          |
| Hedef 1 “Yoksulluğa Son” | “Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı” | +1       | 0      | 0        |
|                          | “Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı”                                               | 0        | +1     | 0        |
|                          | “Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı”                 | +1       | +1     | 0        |
| Hedef 2: “Açlığa Son”    | “Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırımına göre ortalama gelirleri”                     | +1       | 0      | 0        |
|                          | “Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı”                                       | +1       | +1     | 0        |
|                          | “Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar )”                    | +1       | +1     | 0        |
|                          | “Gıda fiyatları anomalileri göstergesi”                                                                       | +1       | +1     | 0        |

Çizelge 7.1. Asilbeyli jeotermal kaynağının sürdürülebilirlik endeksi (devam)

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                  |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
| Hedef 3: “Sağlık ve Kaliteli Yaşam”                                                                                                                               | “Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı”                                                                                                                             | +1 | +1 | 0  |
|                                                                                                                                                                   | “Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı”                                                                                                            | 0  | +1 | 0  |
|                                                                                                                                                                   | “Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri)” | 0  | -1 | -1 |
| Hedef 4: “Nitelikli Eğitim: Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek”              |                                                                                                                                                                  | 0  | 0  | 0  |
| Hedef 5: “Cinsiyet Eşitliği: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirme”                                                        |                                                                                                                                                                  | 0  | 0  | 0  |
| Hedef 6: “Temiz Su ve Sanitasyon”                                                                                                                                 | “Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı”                                                                                                | 0  | 0  | -1 |
|                                                                                                                                                                   | “Ortam su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı”                                                                                                               | 0  | 0  | -1 |
|                                                                                                                                                                   | “Su kullanım verimliliğinde zaman içinde değişim”                                                                                                                | 0  | 0  | -1 |
| Hedef 7 : “Erişilebilir ve Temiz Enerji”                                                                                                                          | “Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı”                                                                              | +1 | +1 | 0  |
|                                                                                                                                                                   | “Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı”                                                                                                   | +1 | +1 | 0  |
| Hedef 8: “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme”                                                                                                                   | “Turizmin toplam gayrisafı yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı”                                                                             | +1 | +1 | 0  |
| Hedef 9: “Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek” | “Değer başına eklenen CO <sub>2</sub> emisyonu”                                                                                                                  | 0  | 0  | +1 |
| Hedef 10: “Eşitsizliklerin Azaltılması”                                                                                                                           | “Emeğin GSYH'daki payı”                                                                                                                                          | +1 | +1 | 0  |

Çizelge 7.1. Asilbeyli jeotermal kaynağının sürdürülebilirlik endeksi (devam)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |                                                                                                                                               |           |     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----|----|
| Hedef 11: “Sürdürülebilir Şehirler Topluluklar”                                                                                                                                                                                                                                  | ve | “Gecekondü, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı”                                               | 0         | +1  | 0  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    | "Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi"                                            | +1        | +1  | 0  |
| Hedef 12: “Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak”                                                                                                                                                                                                                |    | “Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı”                                                                         | 0         | 0   | -1 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    | “Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı” | +1        | +1  | 0  |
| Hedef 13: “İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek”                                                                                                                                                                                                 |    | “Yıllık toplam sera gazı emisyonları”                                                                                                         | 0         | 0   | +1 |
| Hedef 14: “Sudaki Yaşam: Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak”                                                                                                                                          |    | “Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı”                                                                       | 0         | 0   | -1 |
| Hedef 15: “Karasal Yaşam: Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek” |    |                                                                                                                                               | 0         | 0   | 0  |
| Hedef 16: “Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar: Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adaletle erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak”                                             |    |                                                                                                                                               | 0         | 0   | 0  |
| Hedef 17: “Amaçlar için Ortaklıklar: Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak”                                                                                                                                            |    |                                                                                                                                               | 0         | 0   | 0  |
| Sürdürülebilirlik Endeksi                                                                                                                                                                                                                                                        |    |                                                                                                                                               | +13       | +13 | -4 |
| <b>Toplam Sürdürülebilirlik Endeksi</b>                                                                                                                                                                                                                                          |    |                                                                                                                                               | <b>22</b> |     |    |

Toplam 24 göstergeye, ekonomik tema altında 13, sosyal tema altında 15 ve çevresel tema altında 8 göstergeye endeks değeri atanmış ve toplam sürdürülebilirlik endeksi 22 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7.2. Seçilen göstergelerin temalara göre dağılımı

| <b>Ekonomik göstergeler</b>                                                                                           | <b>Sosyal göstergeler</b>                                                                                                                                                | <b>Çevresel göstergeler</b>                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı (Hedef 1) | Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı (Hedef 1)                                                                                                  | Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri) (Hedef 3) |
| Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı (Hedef 1)                 | Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı (Hedef 1)                                                                    | Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı (Hedef 6)                                                                                                |
| Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırımına göre ortalama gelirleri(Hedef2)                       | Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı (Hedef 2)                                                                                          | Ortam su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı (Hedef 6)                                                                                                               |
| Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı (Hedef 2)                                       | Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar) (Hedef 2)                                                                        | Zaman içinde su kullanım verimliliğindeki değişimi (Hedef 6)                                                                                                             |
| Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (Hedef 2)                                                                        | Gıda fiyatları anomalileri göstergesi (Hedef 2)                                                                                                                          | Değer başına eklenen CO <sub>2</sub> emisyonu (Hedef 9)                                                                                                                  |
| Gıda fiyatları anomalileri göstergesi (Hedef 2)                                                                       | Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı (Hedef 3)                                                                                                                             | Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı (Hedef 12)                                                                                           |
| Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı (Hedef 3)                                                                          | Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı (Hedef 3)                                                                                                            | Yıllık toplam sera gazı emisyonları (Hedef 13)                                                                                                                           |
| Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı (Hedef 7)                           | Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri) (Hedef 3) | Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı (Hedef 14)                                                                                         |

Çizelge 7.2. Seçilen göstergelerin temalara göre dağılımı (devam)

|                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (Hedef 7)                                                                                 | Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı (Hedef 7)                                                            |  |
| Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı (Hedef 8)                                                           | Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (Hedef 7)                                                                                 |  |
| Emeğin GSYH'daki payı (Hedef 10)                                                                                                                       | Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı (Hedef 8)                                                           |  |
| Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi (Hedef 12)                                            | Emeğin GSYH'daki payı (Hedef 10)                                                                                                                       |  |
| Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı (Hedef 12) | Gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı (Hedef 11)                                               |  |
|                                                                                                                                                        | Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi (Hedef 12)                                            |  |
|                                                                                                                                                        | Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı (Hedef 12) |  |

### 7.1.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksi (ESE)

Ekonomik etkilerin toplamı olarak değerlendirildiğinde 13 olumlu etki tespit edilirken 0 olumsuz etki tespit edilerek ekonomik sürdürülebilirlik endeksi (ESI) +13 olarak bulunmuştur. Bu değere göre kaynağın enerji potansiyeline göre kullanıldığında bölgenin ekonomisine etkilerinin olumlu olacağı söylenebilir. Bölgeyi ekonomik olarak kalkındırmasının seyrinin takip edilebilmesi için atanmış olan göstergelerin takip edilmesi gerekmektedir.

- Ulusal tanımlara göre tüm boyutlarıyla yoksulluk içinde yaşayan her yaştan erkek, kadın ve çocukların oranı (Hedef 1),
- Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı (Hedef 1),
- Küçük ölçekli gıda üreticilerinin cinsiyet ve yerellik kırımına göre ortalama gelirleri (Hedef 2),
- Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı (Hedef 2),
- Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar) (Hedef 2) ,
- Gıda fiyatları anomalileri göstergesi (Hedef 2),
- Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı (Hedef 3),
- Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı (Hedef 7),
- Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (Hedef 7),
- Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı (Hedef 8),
- Emeğin GSYH'daki payı (Hedef 10),
- Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi (Hedef 12), ve
- Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı (Hedef 12).

Bu göstergeler çerçevesinde hedeflerin ekonomik tema altında sürdürülebilir olduğunu söylemek mümkündür.

### 7.1.2. Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksi (SSE)

Sosyal etkilerin toplamı olarak değerlendirildiğinde 14 olumlu ve 1 olumsuz etki tespit edilerek sosyal sürdürülebilirlik endeksi (SSI) +13 olarak bulunmuştur. Bu değere göre kaynağın enerji potansiyeline göre kullanıldığında bölgeye sosyal etkilerinin olumlu olacağı söylenebilir. Bölgeye sosyal tema altında katkısını takip edilebilmek için atanmış olan göstergelerin takip edilmesi gerekmektedir.

- Temel hizmetlere erişimi olan hanelerde yaşayan nüfusun oranı (Hedef 1),
- Temel hizmetlere (eğitim, sağlık ve sosyal koruma) ayrılan toplam kamu harcamalarının oranı (Hedef 1),
- Üretken ve sürdürülebilir tarım kapsamındaki tarımsal alanların oranı (Hedef 2),
- Tarım sektörüne toplam resmi akışlar (resmi kalkınma yardımları ve diğer resmi akışlar) (Hedef 2)
- Gıda fiyatları anomalileri göstergesi (Hedef 2),
- Temel sağlık hizmetlerinin kapsamı (Hedef 3),
- Evsel ve çevresel hava kirliliğine bağlı ölüm oranı (Hedef 3),
- Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri) (Hedef 3),
- Isıtma, aydınlatma ve yemek yapmada temiz yakıt ve teknoloji kullanan nüfus oranı (Hedef 7),
- Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı (Hedef 7),
- Turizmin toplam gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki ve büyüme hızındaki payı (Hedef 8),
- Emegın GSYH'daki payı (Hedef 10),
- Gecekondu, gayri resmi yerleşim yerleri veya yetersiz konutlarda yaşayan kent nüfusunun oranı (Hedef 11),
- Yerel malzeme tüketimi, kişi başına yerel malzeme tüketimi ve GSYH başına yerel malzeme tüketimi (Hedef 12),
- Sürdürülebilir turizm stratejileri ile kabul edilmiş izleme ve değerlendirme araçlarıyla uygulanan eylem planları ve politikalarının sayısı (Hedef 12).

Bu göstergeler çerçevesinde hedeflerin sosyal tema altında sürdürülebilir olduğunu söylemek mümkündür. Ancak olumsuz etkisi olan “Güvenli olmayan su ve sanitasyon

ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen -WASH hizmetleri)” göstergesinin takibi ve zaman içinde olumlu etkisi gereken önlemler ile sağlanmalıdır. Böylece hedeflerin sosyal tema altında sürdürülebilir olduğunu söylemek mümkündür.

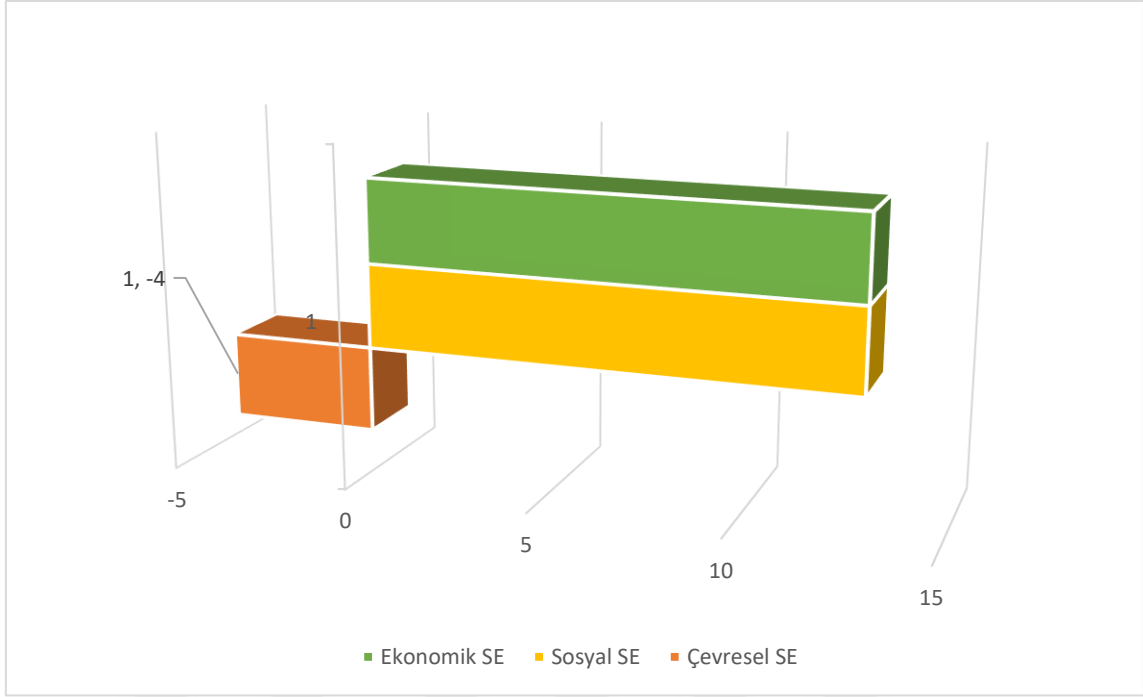
### 7.1.3. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi (ÇSE)

Olumsuz etkiler için önlemler alınarak olumlu etkiye dönüştürmek ve ÇSE değerini artırmak mümkün olacaktır.

Çevresel etkilerin toplamı olarak değerlendirildiğinde 2 olumlu ve 6 olumsuz etki tespit edilerek çevresel sürdürülebilirlik endeksi (ÇSE) -4 olarak bulunmuştur. Bu değere göre kaynağın enerji potansiyeline göre kullanıldığında bölgeye çevresel etkilerinin olumsuz olacağı beklenmektedir. Bölgeye çevresel tema altında katkısını takip edilebilmek için atanmış göstergelerin takip edilmesi gerekmektedir.

- Güvenli olmayan su ve sanitasyon ile hijyen eksikliğine bağlı ölüm oranı (güvenli olmayan suya maruz kalma, herkes için sanitasyon ve hijyen - WASH hizmetleri) (Hedef 3)
- Güvenli bir şekilde arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksu oranı (Hedef 6)
- Ortam su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı (Hedef 6)
- Zaman içinde su kullanım verimliliğindeki değişimi (Hedef 6)
- Değer başına eklenen CO<sub>2</sub> emisyonu (Hedef 9)
- Kişi başına üretilen tehlikeli atık ve işlenen tehlikeli atık oranı (Hedef 12)
- Yıllık toplam sera gazı emisyonları (Hedef 13)
- Biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerdeki balık stoklarının oranı (Hedef 14)

Bu göstergeler çerçevesinde hedeflerin çevresel tema altında sürdürülebilir olduğunu söylenemez. Ancak reenjeksiyon methodu kullanılır kaynağın sürdürülebilirliği sağlanabilir ise, olumsuz etkilerin göstergelerin takibi ve gerekli önlemler ile, zaman içinde kaynağın çevreye olumlu etkisi sağlanmalıdır. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi -4 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.1. Sürdürülebilirlik endeksleri grafiği

Asılıbeyli-Kırklareli jeotermal enerji kaynağı için yapılan sürdürülebilirlik endeksi çalışmasında ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri elde edilmiş ve toplam sürdürülebilirlik endeksi 22 olarak belirlenmiştir. Şekil 7.1’de de görülebileceği gibi sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik endeksleri +13’er, çevresel sürdürülebilirlik endeksi de -4 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre jeotermal enerji kaynağı bölgeye sosyal ve ekonomik olarak olumlu yönde etki edecektir ve kaynağın sürdürülebilir olarak değerlendirilebilmesi çevresel göstergelerin takibi ile mümkündür. Çevresel etkilerin minimize edilmesi, kaynağın üretime alınmasının ardından atık suyun bertarafı için reenjeksiyon kuyusu kazılması ve kapalı bir jeotermal sistem oluşturulmasına bağlıdır. Bu sistem kurulduktan sonra kaynağın ömrünü uzatıp verimli kullanılabilmesi için alınması gereken önlemler; kaynağın seracılık amaçlı kullanılması durumunda ısısı kullanılmış suyun arıtılarak sulamacılıkta kullanılması, termal turizmde kullanılması durumunda ağır metaller ve kirleticilerden arındırılmış suların halka açılması ve konut ısıtmacılığında kullanılması durumunda ise yine atıksuların reenjeksiyonla kuyuya geri enjekte edilirken arıtılması olarak sıralanabilir.



## 8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve tüm enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, enerji ile ilgili mevcut ve gelecekteki küresel sorunlar için kalıcı çözümler sunacaktır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak jeotermal enerji, fosil yakıtlara alternatif olarak sunulmaktadır. Ülkemizin jeotermal kaynakları potansiyeli her geçen yıl gelişmektedir ve hem MTA tarafından hem de özel sektör kullanımındaki arama ruhsatları belirlenen sahalarda araştırma geliştirme üzerine çalışmaktadır. Bulunan bu kaynakların yüksek entalpili olanları elektrik üretim santrallerinde, orta ve düşük olanları ise doğrudan kullanım uygulamalarında kullanılmaktadır. Böylece, 2024 itibariyle ülkemizdeki jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretimi toplam kurulu gücü yaklaşık olarak 1691 MW, doğrudan kullanım uygulamalarındaki toplam kurulu gücü ise yaklaşık olarak 6300 MWt'ye ulaşmıştır (ETKB, 2024; TJD, 2024). MTA'nın verileriyle de açıkça görülmektedir ki, Türkiye jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanlarıyla da gelişim göstermektedir. Ancak jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı diğer tüm enerji kaynakları gibi ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere sahiptir.

Jeotermal enerjinin olumlu etkilerine bakıldığında, sürdürülebilir olarak kullanıldıkça yenilenebilir temiz ve diğer kaynaklara göre daha ucuz bir enerji türüdür. Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltan yerli enerji kaynağıdır. Entegre uygulamalarla hem konutları hem seraları ısıtabildiği gibi halkın doğrudan faydalandığı termal tesislerde de kullanılabilir. Hava koşullarından etkilenmediği için diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre verimi daha yüksektir. Doğrudan kullanım alanlarındaki kurulan sistemler kolay ve hızlı uygulanabilir, yapılan yatırımı diğer enerji kaynaklarına göre nispeten daha hızlı amorti eder. Reenjeksiyon kuyularıyla kullanım süresi arttırılabilir.

Olumsuz etkilerine değerlendirildiğinde ilk olarak karşımıza atıklar çıkar. Jeotermal kaynaklar, yerin derinliklerinden yeryüzüne çıkarken içerisinde bulunan zengin mineralleri ve ağır metalleri de beraberinde getirirler. Atık yönetimi iyi yapılmadığında çevreye deşarj edilen sulardaki bu mineraller ve ağır metaller yeryüzü sularına karışır. Doğrudan kullanım uygulamalarının yapıldığı Simav'da içme sularındaki yüksek arsenik

ve bor oranlarının bölge halkındaki kanser oranlarıyla ilişkili olabileceğini düşünülmektedir (Gündüz ve diğerleri, 2015). Ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren ve en son güncellemesi 2021 yılında olan 5686 sayılı kanunun uygulanması için yayınlanan yönetmeliğe göre ülkemizde reenjeksiyon özellikle de doğrudan kullanım alanları için zorunlu değildir (Resmi Gazete, 2021). Reenjeksiyon uygulamasının eksikliği neticesinde hem doğrudan hem de dolaylı üretimin çevre açısından zararları bulunmaktadır. Mevzuatın güncellenerek her uygulama için reenjeksiyon şartı konulmalı ve arıtma koşulları daha sıkı takip edilmelidir.

Jeotermal enerji potansiyeli hem ulusal hem de bölgesel ölçekte çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin iyi değerlendirilmesi ve tehdiye dönüştürmeden fırsata dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunu sağlamanın en güvenilir yolu da jeotermal kaynakların sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yönetilmesidir. Sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri ve göstergeleri yoluyla sürdürülebilir jeotermal enerji, kullanılmadan önce olumsuz etkilerden kaçınarak olumlu etkiler için planlama yapılarak gerçekleştirilebilir. Kaynağın kullanımının sürdürülebilirliği için hedefler seçilmiştir, her aşamada göstergeler takip edilerek olumsuz etkiler için önlemler alınmalı ve olumlu etkiler gözlemlenerek hedeflere ulaşılması sağlanmalıdır. Bu konuda yapılan diğer çalışmada Kırklareli için belirlenen 4 lokal hedef ve uyumlu olduğu 8 BM hedefleri geliştirilmiş ve gösterge çerçevesi oluşturulmuştur (Özer ve Kızılay, 2020).

Kırklareli özelinde Asılbeyli, jeotermal enerji kaynağı için yapılan bu çalışmada, BM'in 17 sürdürülebilirlik hedefi arasından 12'si, bölgenin sürdürülebilirlik çerçevesi ile ilgili bulunmuştur. Bu hedefler altındaki 24 gösterge ile bir çerçeve oluşturulmuştur. Bölgeye sosyal, ekonomik ve çevresel olarak etkilerinin ölçülebilmesi için tüm göstergeler olumlu (+) ve olumsuz (-) olarak 1 puan verilerek endekslenmiş ve temalar altında aritmetik olarak toplanmıştır. Böylece bölgenin jeotermal enerji kaynağına özgün sosyal sürdürülebilirlik, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri hesaplanmıştır.

Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi +13 olarak hesaplanmıştır. Jeotermal kaynağın ekonomik kalkınmaya büyük katkı sağlayabileceğini belirtmektedir. Bu katkılar arasında yoksulluğun azaltılması, kamu hizmetlerine yapılan harcamaların artırılması, küçük ölçekli üreticilerin gelirlerinin yükselmesi, yenilenebilir enerji kullanımının artması gibi olumlu katkılar yer almaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik endeksi +13 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, sosyal kalkınma hedeflerine ulaşmada jeotermal kaynağın destekleyici olabileceğini göstermektedir. Temel hizmetlere erişimin artması, sağlık hizmetlerinin kapsamının genişlemesi, temiz yakıt ve teknoloji kullanımının yaygınlaşması gibi sosyal iyileşmeler beklenmektedir. Ancak, jeotermal kaynak kullanımından sonra reenjeksiyon yapılmazsa, atık suların, içme ve sulama sularını kontaminasyonla kirliletme riski nedeniyle dikkatle izlenmesi gerektiği önerilmektedir.

Çevresel göstergelerin toplamı -4 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için dikkatli yönetim ve izleme gerektirdiğini ifade etmektedir. Sürdürülebilir seracılık ve kişi başına düşen CO<sub>2</sub> oranını düşürmesi gibi olumlu etkiler öne çıkmaktadır. Ancak, kaynağın kullanımı ile oluşacak atık suların neden olacağı su kirliliği nedeniyle çevresel riskler göz önüne alınarak dikkatle izlenmesi gerektiği önerilmektedir. Yapılan literatür taramasında, ülkemizdeki jeotermal kaynaklar nedeniyle doğaya bırakılan atık suların analizinde, arsenik civa ve benzeri maddelere rastlanmıştır. Bahsi geçen arsenik, civa ve benzeri maddeler, “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği” mevzuatında “Tehlikeli Atık” olarak tanımlanmıştır. Tehlikeli maddeler: Su çevresi için önemli risk teşkil eden zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikme özelliğinde olan madde ve madde gruplarını ifade eder (Resmi Gazete, 2005). Bu nedenlerle mevzuatta tarif edildiği gibi bertaraf edilmelidir.

Bu yaklaşım, özellikle rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve biyokütle enerji santralleri olmak üzere diğer yenilenebilir enerji kaynakları için de kılavuz olarak kullanılabilir. Göstergelerin BM’in sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde seçilmesi, uluslararası kabul görmüş standartlarla uyumlu bir değerlendirme yapıldığını gösterir ayrıca, ekonomik, sosyal ve çevresel temalar altında gruplandırma, sürdürülebilirlik konusunun çok boyutlu doğasını yansıtır. Endeksleme yöntemi anlaşılır ve uygulanabilir bir yöntemdir. Karmaşık hesaplamalardan kaçınarak, net bir değerlendirme ile elde edilmiştir. Ancak, sürdürülebilirlik endeksleri aritmetik olarak toplanarak elde edildiği için göstergelerdeki olumlu ya da olumsuz etkilerin birbirlerini nötrlememesi için ayrı ayrı ve ayrıntılı izlenmesi uygun olacaktır. Bu nedenle, olumsuz etkilere karşın önlemlerin ve alınacak kararların, belirlenen hedeflerle, bu kaynağın tehdiye dönüşmeden

fırsat olarak değerdendirilebilmesi için sürdürülebilir kalkınma çerçevesinin dikkate alınması ve güncel tutulması gerekmektedir.

Bu alışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkilerine dikkat çekerek ve sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı için kaynağı değerdendirme kriterlerini belirleme açısından onemlidir ve özellikle ilgili lokal hedeflerin tanımlanması yoluyla bilime katkı sağlamaktadır. Bu alışma, sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere jeotermal sürdürülebilirlik kapsamında gösterge erevesi oluşturma ve yorumlanması konusunda bir rehber niteliğı taşımaktadır. Jeotermal kullanım uygulamalarının geliştirilmesi sırasında kazanılan bilgi ve deneyimlerin, halkın erişilebilirliğıne açık ve şeffaf olması, en onemlisi de halkın bu konuda bilinçli olması sürdürülebilir jeotermal enerji gelişiminde onemlidir. Böylece sürdürülebilir enerjinin, eğitimin bir parçası olması gerekliliğı düşünüldüğünden BM'in 4. Hedefi olan “kapsayıcı ve eşit kalitede eğitim sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenme fırsatlarının teşvik edilmesi”nin de daha sonraki çalışmalara dahil edilmesini onerilmektedir.

Gelecek çalışmalarda ya da bölgede bu potansiyel değerdendirilmeye karar verildiğinde, gerçekleşen verilerle, ağırlıklandırılmış bir endeksleme çalışması yapılabilir.

Ayrıca, bu potansiyelin değerdendirilmesi gerçekleşirse, bu kaynaktan faydalanan kullanıcılar, işletmeciler ve karar vericilerle görüşmeler yapılarak, yapılacak su, hava ve toprak analizleriyle de bilimsel veri toplanarak bu çalışma genişletilebilir ve srdrlebilirliğı takip edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Adams, W. M.** (2006). *The Future of Sustainability: Re-Thinking Environment and Development in the Twenty-First Century*. The World Conservation Union.
- ADÜTEM.** (2015). Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri, Vol. 1, Aydın, Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları.
- Altaş, S.** (2010). *Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması*, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aslan, E.** (2010). *Alangüllü (Aydın) jeotermal kaynağının kimyasal özellikleri ve çevreye olan etkilerinin uzaktan algılama ve cbs kullanılarak belirlenmesi*, Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Armansson H.,** (2003). CO<sub>2</sub> emissions from geothermal plants. *International Geothermal Conference*, Reykjavík, Iceland, Sept. 2003.
- Axelsson, G.,** (2010). Sustainable geothermal utilization, case histories, research issues and modeling, *Geothermics*, Vol.39/4 Pg.,283-291 ISSN:0375-6505 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2010.08.001>.
- Axelsson, G., Stefansson, V., Björnsson, G., & Liu, J.,** (2004). Sustainable utilization of geothermal resources for 100-300 years. proceedings, *Twenty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California, January 26-28, 2004.
- BM Türkiye,** (2024). *Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*, Erişim tarihi: 01.06.2024. Erişim adresi: <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>
- Can, H.** (2017). *Yenilenebilir enerjinin makroekonomik etkileri: Türkiye örneği*, Yüksek lisans tezi. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çakın, A, Gökçen, G., Eroğlu, A.,** (2005). Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: *Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği*, *Jeotermal Enerji Semineri Kitabı*, MMO Yayın No: E/2005/393-2.
- Çardak, M. , Şanlıyüksel Yücel, D. , Ay, M. , Söküt Acar, T. , Erol Tınaztepe, Ö.,** (2019). Jeotermal akışkanın hidrokimyasal karakterizasyonunun belirlenmesi: Simav (Kütahya) örneği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1), 1-15. DOI: 10.28979/comufbed.547746.
- DiPippo, R.,** (2005). *Geothermal Power Plants*, Elsevier Science, p.g. 500, ISBN 9781856174749, <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-474-9.50059-5>.

- Doğan, S.**, (2019), *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından jeotermal enerji ve istihdam yaratma potansiyelinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Doğdu, N.** (2021). 5686 sayılı Kanun ve değişen uygulama yönetmeliği'ne göre jeotermal kaynak koruma alanlarının belirlenmesi ve yapılan çalışmalar, *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 32: 55-61.
- Durmuş, I.**, (2019). *Sürdürülebilir Kalkınmanın sosyal boyutunun ölçümü için Türkiye'ye özgü referans gösterge setinin oluşturulması*. Türkiye İstatistik Kurumu Uzmanlık Tezi.
- Dünya Bankası.** (2012). Geothermal Energy For Electricity Production. *In geothermal handbook: Planning and financing power generation* (p. 19). Washington, DC: Energy Sector Management Assistance Program, The World Bank.
- DPT.** (1996) Madencilik özel ihtisas komisyonu endüstriyel hammaddeler alt komisyon jeotermal enerji çalışma grubu raporu, *TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Yayın No:DPT:2441-ÖİK:497*, s. 28. Erişim Tarihi: 01.05.2024, Erişim adresi: [https://www.emo.org.tr/ekler/02a35b1563d0db5\\_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube=0](https://www.emo.org.tr/ekler/02a35b1563d0db5_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube=0)
- Edam,** (2023). *Türkiye için bir rekabet endeksi*, Sayfa, 18. Erişim Tarihi: 01.06.2024, Erişim Adresi: [https://edam.org.tr/Uploads/Yukleme\\_Resim/pdf-17-05-2024-13-07-48.pdf](https://edam.org.tr/Uploads/Yukleme_Resim/pdf-17-05-2024-13-07-48.pdf)
- Elektrik Üretim A.Ş., Güriş,** (2016). *Efe Jeotermal Enerji Santrali (22,6 Mwe) Projesi*, Çed Raporu (Sayfa No:17-18) Germencik, Aydın.
- Energy Institute,** (2023). *Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023*.
- ER, S.**, (2016), *Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularında bazı kirletici parametrelerin araştırılması*, Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erkul, H.** (2012). Jeotermal enerjinin ekonomik katkıları ve çevresel etkileri: Denizli-kizildere jeotermal örneği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(19), 115-133,211-212,214,201. Erişim tarihi: 01.01.2024, Erişim adresi:<https://search.proquest.com/scholarly-journals/jeotermal-enerjinin-ekonomik-katkilarive/docview/1269462660/se-2?accountid=25077>
- Etemoğlu, A. B., İşman, M. K., ve Can, M.**, (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1).
- ETKB,** (2024). *Jeotermal*. Erişim tarihi: 28.05.2024, adresi: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>
- Gök, M., & Yiğit, S.** (2018). Türkiye'deki Büyükşehirlerin Sürdürülebilirlik Kriterleri Açısından İncelenmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 15(30), 253-273.
- Günerhan, H.** (2015). Jeotermal Enerji Kullanımının Endüstriyel Uygulamaları. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56 (664), s. 48-53.

- Gündüz, O.**, (2018), Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri, *İzmir Bölgesi Enerji Forumu Bildirileri*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Kasım 2018, İzmir. Erişim Tarihi: 01.05.2019 Erişim Adresi: [https://www.emo.org.tr/ekler/c3ef98f7b7293f3\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/c3ef98f7b7293f3_ek.pdf)
- Gündüz, O., Bakar, C., Şimşek, C., Baba, A., Elçi, A., Gürleyük, H. Mutlu, M. ve Çakır, A.** (2015). Simav Ovası, Türkiye'de içme suyu kaynaklarında yüksek arsenik seviyeleri bulunan köylerdeki 2005-2010 dönemindeki ölüm sebeplerinin istatistiksel analizi. *Archives of Environmental and Occupational Health*, Cilt:70, sf. 35-46.
- Günhan, Ö.**, (2018), Türkiye’de Jeotermal Aktivitelerden Kaynaklanan Su Kirliliği, *Su Kalitesi Daire Başkanlığı Sunumları*, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Yeraltı Suyu Kalite Şube Müdürlüğü, 10 Nisan 2015. Erişim Tarihi: 01.05.2019 Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Menu/46/Su-Kalitesi-Daire-Baskanligi-Sunumları>
- Hasdemir, M, Gül, U, Hasdemir, M, Yasan Ataseven, Z.** (2015). Jeotermal Sera İşletmelerinin Bilgi Kaynakları. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 1 (2), 42-51. Erişim Tarihi: 01.05.2023 Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tead/issue/12731/155081>
- Heath, M.J.**, (2002). Environmental aspects of geothermal energy resources utilization, in Chandrasekharam,D. and Bundschuh, J., (Eds). *Geothermal Energy (Resources) for Developing Countries*,. Balkema, A. A. Rotterdam.
- International Energy Agency (IEA)**, (2003), Renewables for Power Generation, Status and Prospects, OECD/IEA.
- IPCC, (2023)**, Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.
- International Geothermal Association (IGA)**, (2002). *Geothermal Power Generating Plant CO<sub>2</sub> Emission Survey. A report*, Sayfa No: 7.
- IRENA**, (2019), *Climate Change and Renewable Energy: National policies and the role of communities, cities and regions (Report to the G20 Climate Sustainability Working Group (CSWG)*, International Renewable Energy Agency, AbuDhabi.
- IRENA**, (2024), *Renewable capacity statistics 2024*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- İlken Z. B.**, (2005). *Jeotermal Enerjili Konut Isıtma Sistemleri, Jeotermal Enerji Semineri*. S.209. Erişim Tarihi: 01.05.2019 Erişim adresi: [https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/ff853c6fefdc80\\_ek.pdf](https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ff853c6fefdc80_ek.pdf)
- Karabatak**, (2018). *Jeotermal enerjinin konut ısıtması alanında kullanımı: çevresel ve sosyo ekonomik açıdan bir değerlendirme*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Karagüç, B.**, (2013). *Balıkesir ilinde jeotermal enerji potansiyeli ve ekonomik etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Karlsdottir, MR., Heinonen, J., et al.**, (2020). Life cycle assessment of a geothermal combined heat and power plant based on high temperature utilization. *Geothermics*, Pp. 84: 101727.
- Kaygusuz, K.** (2024). Geothermal energy utilization and sustainability in Turkey. *Interdisciplinary Studies on Contemporary Research Practices Engineering in the 21st Century-VI*. Sayfa, 21 Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub389>. License: CC-BY-NC 4.0.
- Kaymakçıoğlu, F., ve Çirkin, T.**, (2009), Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi ve Elektrik Üretimi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Erişim adresi; [https://www.emo.org.tr/ekler/2b127307a606eff\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/2b127307a606eff_ek.pdf)
- Kendirli, B, Çakmak, B.** (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 95-103. DOI: 10.1501/Csaum\_00000000029
- Kete, H.** (2019). *Sosyal fayda çerçevesinde yenilenebilir enerjiler* (Order No. 28242592). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2472155012).
- Kervankıran, İ .** (2013). Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları. *Marmara Coğrafya Dergisi* , 0 (25) , 108-126 . Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/marucog/issue/472/3856>
- Kristmannsdottir, H. & Armannsson, H.**, (2003). Environmental aspects of geothermal energy utilization. *Geothermics* 32, 451- 461.
- Mertoglu, O., Şimşek, Ş., Basarir, N.**, (2016). Geothermal Energy Use, Country Update for Turkey. *European Geothermal Congress 2016* Strasbourg, France.
- Mertoğlu, O.**, (2017). *Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi, Yatırımlarının Teknolojisi ve Ekonomisi*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Ankara Şubesi.
- MTA**, (2021). Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları, Maden Tetkik Araştırmaları Genel Müdürlüğü (MTA), Erişim Tarihi: 01.05.2021 Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>
- MTA**, (2017). Kırklareli-Merkez Ar: 201339002, Ar: 201339003 ve Ar: 201339004 No.lu Jeotermal Kaynak Arama Ruhsat Sahaları Jeotermal Etüt (Jeoloji-Jeofizik) ve Kma- 2014/2 Jeotermal Gradyan, Kma-2014/7 Jeotermal Araştırma Sondajları Kuyu Bitirme Raporu, Maden Tetkik Araştırmaları Genel Müdürlüğü, MTA, Kasım, 2017.
- MTA**, (2024). Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları, Maden Tetkik Araştırmaları Genel Müdürlüğü (MTA), Erişim Tarihi: 01.05.2024 Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>

- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (EERE)**, (2024). Electricity Generation, Erişim Adresi; <https://www.energy.gov/eere/geothermal/electricity-generation>
- Olabi, A. G.**, (2014). "100% Sustainable energy". *Energy*, 77, 1-5. doi:10.1016/j.energy.2014.10.083.
- Özer, B., Kızılay, S.** (2018). A Research on Geothermal Energy Potential in Kırklareli City of Turkey: Is It Actually Sustainable? *Proc. 3rd International Conference on Organic Electronic Material Technologies (OEMT2018)*. pg. 267–278. Sep 20- 22, 2018, ISBN: 978-605-68918-1-6.
- Özer, B., Kızılay, S.** (2021). A Research on Sustainability of a Geothermal Energy Resource in Kırklareli City. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33 (1), 11-17. <https://doi.org/10.7240/jeps.671234>.
- REN21 Sekreterliği** (2020). Renewables 2020 Global Status Report. Paris. ISBN 978-3-948393-00-7.
- REN21 Sekreterliği** (2024). Renewables 2023 Global Status Report. Erişim Tarihi: 01.05.2024, Erişim Adresi: [https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy\\_supply/02\\_market\\_developments/02\\_geothermal/](https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy_supply/02_market_developments/02_geothermal/)
- Rybach, L.**, (2007). Jeotermal Sürdürülebilirlik. *Geo-Heat Center Üç Aylık Bülten*. Vol. 28 No: 3 ISSN 0276-1084.
- Shortall, R., Davidsdottir, B., & Axelsson, G.** (2015a) Geothermal energy for sustainable development: A review of sustainability impacts and assessment frameworks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No: 44, p.g. 391-406. doi:10.1016/j.rser.2014.12.020.
- Shortall, R., Davidsdottir, B., & Axelsson, G.** (2015b) A sustainability assessment framework for geothermal energy projects: Development in Iceland, New Zealand and Kenya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No: 50, p.g. 372- 407. doi: 10.1016 / j.rser.2015.04.175.
- Steenbeke, P.**, (2013). Investigation of the influence of the ground heat exchanger geometry on its thermal performance by using a water-to-water ground-source heat pump. 10.13140/RG.2.1.2470.0888.
- T.C. Resmi Gazete**, (2005). Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği(76/464/ Ab). 26.11.2005. Sayı: 26005, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete**, (2007). Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği. 11.12.2007. Sayı:26727, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete**, (2013). Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği. 19.09.2013. Sayı:28770, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete**, (2021). Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği. 11.3.2021. Sayı:31420, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara.

- TJD** (2024). *Türkiye'de Mevcut Durum- Nisan 2024*. Türkiye Jeotermal Derneği. Erişim Tarihi: 01.03.2024 Erişim Adresi, <https://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Turkiye-de-Jeotermal>
- UN**, (2001). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Erişim tarihi: 01.01.2024, Erişim adresi: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/indisdmg2001.pdf>
- UN**, (2024). *Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma hedefleri için küresel gösterge çerçevesi, 2024 güncellemesi*. E/CN.3/2024/4, Erişim Tarihi: 01.05.2024 Erişim adresi: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global-Indicator-Framework-after-2024-refinement-English.pdf>
- WHO**, (2001). Occupational and community noise. World Health Organization. *Fact Sheet No. 258*. Geneva.
- WHO**, (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality Fourth Edition Incorporating the First Addendum*. Geneva, pg.371., World Health Organization (WHO), License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-4-154995-0).
- Worster, D.** (1994). *Nature's economy: A history of ecological ideas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yıldız, M.**, (2010). *Aydın İlindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmak Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Adı Soyadı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Doğum Yeri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Doğum Tarihi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
| Uyruğu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| Telefon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| E-Posta Adresi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
| Adresi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| Eğitim Bilgileri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
| Lisans                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| Üniversite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Fakülte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| Bölümü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| Mezuniyet Yılı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
| Yüksek Lisans                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
| Üniversite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Enstitü Adı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
| Anabilim Dalı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
| Programı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
| Makale ve Bildiriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
| <p>Özer, B., Kızılay, S., “A Research on Geothermal Energy Potential in Kırklareli City of Turkey: Is It Actually Sustainable?” Proc. 3rd International Conference on Organic Electronic Material Technologies (OEMT2018). pg. 267–278. Sep 20-22, 2018, Kırklareli / TURKEY Congress, document 2018/FP30. ISBN: 978-605-68918-1-6</p> <p>Özer, B., Kızılay, S. “A Research on Sustainability of a Geothermal Energy Resource in Kırklareli City.” International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 33 (1), 11-17. <a href="https://doi.org/10.7240/jeps.671234">https://doi.org/10.7240/jeps.671234</a></p> <p>Özer, B., Kızılay, S. Mazlum Üstün, A., “Şehit Esma Çevik Sahasında Yönlü Sondaj Uygulamaları ve Kuyu Profili Çeşitleri” Uluslararası Katılımlı 76. Türkiye Jeoloji Kurultayı. pg. 535. 15-19 Nisan 2024, Ankara, Türkiye. 76. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2024</p> |  |  |