

**İNEGÖL-OYLAT JEOTERMAL KAYNAĞININ TERMAL TURİZM AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yasin AKÇAY

**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK
Şubat 2014**

KABUL:

Yasin AKÇAY tarafından hazırlanan "İNEGÖL-OYLAT JEOTERMAL KAYNAĞININ TERMAL TURİZM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
14/02/2014

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU (BEÜ)

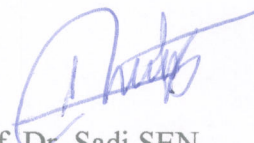
Üye : Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAĞ (BEÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Alaaddin ÇAKIR (BEÜ)



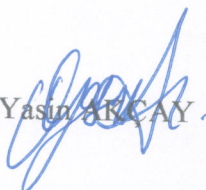
ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./.../2014



Prof. Dr. Şadi ŞEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”


Yasun AKCAN.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNEGÖL-OYLAT JEOTERMAL KAYNAĞININ TERMAL TURİZM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yasin AKÇAY

**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇITIROĞLU
Şubat 2014, 91 sayfa**

Bu çalışmada, son yıllarda gelişmeye ve yaygınlaşmaya başlayan jeotermal kaynaklardan yararlanarak uygulanan termal turizm konusu ele alınmıştır. Bursa ili jeotermal kaynakların sayısı bakımından zengin olup, çalışma kapsamında İnegöl-Oylat jeotermal kaynağının termal turizmde kullanılması değerlendirilmiştir. İnegöl-Oylat jeotermal kaynağının sıcaklık, pH gibi fiziksel özellikleri ve kimyasal su analizleri, kaynağın bulunduğu bölgenin jeolojik ve taşıdığı mineralojik özellikleri ile iklim ve doğal bitki örtüsüyle birlikte termal turizme etkilerine değinilmiş, insan sağlığı için faydaları belirlenmiş, termal turizm kapsamındaki uygulamalar ve etkileri üzerine fikirler önerilmiştir. Lindal diyagramı sıcaklık değerlerine göre sıcak suyun kullanımının belirlenmesinde; 40.6 °C sıcaklığa ve 7.29 pH değerine sahip İnegöl-Oylat kaplıcalarının termal turizmde kullanımının uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Oylat kaplıcası, Jeotermal kaynak, Termal turizm, Kaplıca

Bilim Kodu: 606.04.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ASSESSMENT OF INEGOL-OYLAT GEOTHERMAL RESOURCES IN TERMS OF THERMAL TOURISM

Yasin AKÇAY

**Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Hülya KESKİN ÇITIROĞLU
February 2014, 91 pages**

In this study, the issues of thermal tourism utilizing geothermal resources which are widely developed and applied in recent years are evaluated. Bursa has got rich geothermal resources, and the geothermal resources of Inegol-Oylat used in thermal tourism is researched. In this purpose, the temperature of the spring, its physical properties such as pH and chemical water analysis, and the effects of this spring to thermal tourism in addition the region's geological and mineralogical features with climate and natural vegetation are mentioned. Furthermore, the benefits of Inegol-Oylat spring for human health, and its effects on thermal tourism practices and ideas have been suggested. According to the diagram temperature in Lindale determining hot water, the geothermal resources of Inegol-Oylat having 40.6 °C temperature and 7.29 pH values is suitable for use in thermal tourism.

Keywords: Oylat hot spring, Geothermal resources, Thermal tourism, Hot spring

Science Code: 606.04.01

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkı ve desteğini eksik etmeyen, değerli fikirleriyle bana yol gösteren, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Görüşleri ile katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAĞ ve Yrd. Doç. Dr. Alaaddin ÇAKIR'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında her türlü kaynağı tedarik etmemde bana yardımcı olan İnegöl Belediyesi çalışanlarından Jeoloji Mühendisi Bilal İRGÜNEŞ'e ve Jemar İnşaat San. Tic. Ltd. Şti.'de çalışan mühendislere teşekkür ederim.

Çalışma alanında inceleme yapmam için gerekli nezaketi gösteren Oylat kaplıcaları pazarlama müdürü Rafet YAVUZ'a ve çalışma alanında bulunan tesisleri ve bölgeyi gezmemde değerli vaktini ayırarak eşlik eden Oylat kaplıcaları pazarlama sorumlusu Özgür YILDIZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın masa başı çalışmaları kısmında sağladığı yardımdan ve verdiği moralden dolayı sevgili yeğenim Ata Orhun BAYRAKTAROĞLU'na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimine başlamamda ve tez çalışmamda bana maddi ve manevi destek sağlayan sevgili ablam Ayşe BAYRAKTAROĞLU'na ve saygıdeğer eniştem Taner BAYRAKTAROĞLU'na çok teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım ve tez çalışmam boyunca her koşulda maddi ve manevi sonsuz destek sağlayan sevgili babam Temel AKÇAY'a ve sevgili annem Zahide AKÇAY'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 JEOTERMAL ENERJİ	5
2.1 JEOTERMAL ENERJİNİN TARİHİ	5
2.2 JEOTERMAL SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI	7
2.3 HİDROTERMAL SİSTEM	9
2.4 KIZGIN KURU KAYA SİSTEMİ	10
2.4.1 Fenton Hill Kızgın Kuru Kaya Projesi	12
2.4.2 Hijiori Kızgın Kuru Kaya Projesi	15
2.5 GELİŞTİRİLMİŞ JEOTERMAL SİSTEMLER (ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEMS, EGS)	16
2.6 JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI	18
2.6.1 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı	18
2.6.2 Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi.....	19
2.6.2.1 Flash Buhar Santralleri.....	20
2.6.2.2 Kuru Buhar Santralleri	21
2.6.2.3 İkili Çevrim Santralleri (Binary Cycle)	22

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.6.3 Jeotermal Akışkandan Isı Enerjisi Üretimi	22
2.7 JEOTERMAL SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	23
2.7.1 Nötr Bileşikler	24
2.7.2 Katyonlar	25
2.7.3 Anyonlar	26
2.8 JEOTERMAL SULARIN SINIFLAMASI	27
2.9 JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	27
2.9.1 Jeotermal Akışkan Sıcaklığı	27
2.9.2 Jeotermal Akışkanın Debisi	28
2.9.3 Jeotermal Akışkanın Kimyasal Özellikleri	28
2.9.4 Jeotermal Akışkanın Kullanım Yerine Olan Uzaklığı	28
2.10 JEOTERMAL AKIŞKANDA KARŞILAŞILABİLECEK SORUNLAR	28
2.10.1 Kabuklaşma	28
2.10.2 Korozyon	29
2.11 JEOTERMAL KAYNAKLARININ YENİLENEBİLİRLİK ÖZELLİĞİNİN KORUNMASI	29
2.11.1 Kirleticilerden Koruma	29
2.11.2 Mekanik Etkilerden Koruma	31
2.11.3 Rezervuarın Sürdürülebilirliğinin Sağlanması	32
2.12 JEOTERMAL KORUMA ALANLARI ZONLARININ BELİRLENMESİ	33
2.12.1 Birinci Derece Koruma Alanlarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler	33
2.12.2 İkinci Derece Koruma Alanının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler	35
2.12.3 Üçüncü Derece Koruma Alanının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler	35
2.13 JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE	35
2.13.1 Jeotermal Kaynakların Bünyesindeki Kimyasal Kirlilik Unsurları	36
2.13.2 Jeotermal Kaynakların Kullanımı Sırasında Oluşabilecek Kirlilik Unsurları ...	38
2.14 JEOTERMAL ENERJİNİN AVANTAJLARI	39
2.15 DÜNYA'DA JEOTERMAL ALANLAR	40

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.15.1 And Volkanik Kuşağı.....	41
2.15.2 Alp Himalaya.....	41
2.15.3 Doğu Afrika Rift Sistemi.....	41
2.15.4 Karayip Adaları	41
2.15.5 Orta Amerika Volkanik Kuşağı.....	41
2.16 DÜNYA JEOTERMAL POTANSİYELİ VE KULLANIM ALANLARI	41
2.17 TÜRKİYE’DE JEOTERMAL ENERJİ	44
BÖLÜM 3 BURSA BÖLGESİ JEOLJİSİ VE JEOTERMAL KAYNAKLAR.....	47
3.1 BURSA İLİ TARİHİ, KONUMU VE COĞRAFYASI	47
3.2 AKARSULAR.....	49
3.3 İKLİM.....	49
3.4 STRATİGRAFİ	52
3.5 TEKTONİK	53
3.6 BURSA BÖLGESİ JEOTERMAL KAYNAKLAR	55
3.6.1 Bursa’da Jeotermal Kaynakların Tarihi Gelişimi.....	55
3.6.2 Sıcak Su Kaynakları	55
3.6.2.1 Çekirge Grubu Sıcak Su Kaynakları	57
3.6.2.2 Kaynarca Grubu Sıcak Su kaynakları	57
3.6.2.3 Bursa Çevresindeki Sıcak Su Kaynakları	58
3.6.2.4 Gemlik-Terme Jeotermal Alanı	58
3.6.2.5 İnegöl-Oylat Kaplıcaları	58
BÖLÜM 4 İNEGÖL-OYLAT JEOTERMAL KAYNAKLARININ TERMAL TURİZM	
 AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	61
4.1 TERMAL (KAPLICA) TURİZM	63
4.1.1 Kaplıca Sularının Fizyolojik Etkileri ve Olumlu Etki Yaptığı Rahatsızlıklar.....	65

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2 İNEGÖL-OYLAT KAPLICALARININ TERMAL TURİZMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	66
4.2.1 İnegöl-Oylat Kaplıcaları İklim ve Bitki Örtüsü.....	69
4.2.2 İnegöl-Oylat Kaplıcaları Jeolojisi.....	70
4.2.3 İnegöl-Oylat Jeotermal Kaynağının Fiziksel Özellikleri.....	72
4.2.4 İnegöl-Oylat Kaplıcalarının Kimyasal Özellikleri	74
4.3 İNEGÖL-OYLAT KAPLICALARININ ENDİKASYON ÖZELLİKLERİ.....	76
4.3.1 Bikarbonatlı Sular.....	78
4.3.2 Kalsiyum Sülfürlü Sular	78
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1	İnceleme alanı yer bulduru haritası..... 4
2.1	Jeotermal sistemin şematik gösterimi 9
2.2	Dünya’da aktif levha sınırlarında yoğunlaşan jeotermal alanlar 10
2.3	Sıcak kuru kaya sistemi 11
2.4	Fenton Hill kızgın kuru kaya kuyu konfigürasyonu a. kavramsal model, b. gerçek model 14
2.5	Fenton Hill kızgın kuru kaya test aktiviteleri gösteren şema..... 15
2.6	a. Hijiori-Japonya’da kızgın kuru kaya araştırma aktiviteleri, b. Hijiori’deki deneysel ikili çevrim enerji santrali 16
2.7	EGS şematik gösterimi 17
2.8	Atmosfer atışlı, Tek buharlaştırmalı ve Çift buharlaştırmalı jeotermal sistemlerin şematik gösterimi 21
2.9	Binary çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi 22
2.10	Dünya jeotermal kuşakların dağılımı..... 40
2.11	Jeotermal akışkanın Dünya’daki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılım..... 43
2.12	Türkiye Jeotermal alanlar haritası..... 45
3.1	Bursa yer bulduru haritası ve jeotermal alanlar 48
3.2	Bursa 2013 yılı sıcaklık ve yağış grafiği 51
3.3	Bursa 1970-2012 yılları arası yağış değişim grafiği 51
3.4	Bursa ve çevresinde yer alan faylar 54
3.5	Bursa ili jeotermal alanları..... 56
3.6	İnegöl-Oylat jeotermal alanının jeoloji haritası 59
3.7	İnegöl-Oylat kaplıcaları 60
4.1	Dünya sağlık turizmi harcamalarında ilk on ülke 62
4.2	İnegöl-Oylat kaplıcası kaynağı. 66
4.3	İnegöl-Oylat kaplıcaları bitki örtüsü..... 67

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.4 İnegöl-Oylat kaplıcaları doğal görünümü.....	67
4.5 İnegöl-Oylat kaplıcalarının tarihini anlatan epik öge	68
4.6 İnegöl-Oylat kaplıcaları hamam görüntüsü	69
4.7 İnegöl-Oylat bölgesi bitki örtüsü	70
4.8 İnegöl havzasının jeoloji haritası	71
4.9 Bursa bölgesi jeotermal kaynakları sıcaklıkları değişim grafiği	73
4.10 Bursa bölgesi jeotermal kaynakların pH değerleri grafiği.....	74
4.11 İnegöl-Oylat kaplıcarısı sıcak suyunda bulunan anyonların kütle miktarında göre dağılım grafiği.....	75
4.12 İnegöl-Oylat kaplıcarısı sıcak suyunda bulunan katyonların kütle miktarında göre dağılım grafiği.....	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Dünya’da yapılmış sıcak kuru kaya projeleri	12
2.2	Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları	18
2.3	Türkiye’de yüksek entalpili jeotermal alanlar	44
3.1	Bursa ili uzun yıllar ortalama iklim istatistikleri	50
3.2	Bursa ve çevresinde ölçülen jeotermal suların fiziksel özellikleri	56
3.3	İnegöl-Oylat kaynağına ait fiziksel ölçümler.....	60
4.1	İnegöl-Oylat kaplıcalarında sıcak suyun anyon içeriği.....	75
4.2	İnegöl-Oylat kaplıcalarında sıcak suyun katyon içeriği	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

pH	:	Hidrojen Gücü
Eh	:	Redoks Potansiyeli
EC	:	Elektriksel İletkenlik
MW _t	:	Termal İş Gücü
MW _e	:	Elektriksel İş Gücü

KISALTMALAR

DPT	:	Devlet Planlama Teşkilatı
MTA	:	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
MGM	:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
KTB	:	Kültür ve Turizm Bakanlığı
UNDP	:	Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı
DSİ	:	Devlet Su İşleri
BDT	:	Birleşmiş Devletler Topluluğu
FITEC	:	Uluslararası Kaplıcalar Birliği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Jeotermal enerji kaynağı yerkabuğunun içinde bulunan temiz ve sürdürülebilir bir enerji tipidir. Yerkabuğunun birkaç kilometre altından magma tabakasına kadar farklı derinliklerden yeryüzüne çıkan bu enerji sıcak su ve sıcak kaya olarak bulunur. Isı yeryüzüne yakın derinliklere, termal kondüksiyon ve eriyik haldeki magmanın sokulumu ile taşınmaktadır. Bu olaylar sonucu, anormal ısınmış bölgelerdeki yeraltı suları, hidrotermal kaynaklar olarak sıcak su veya buhar çıkışları şeklinde yeryüzünde görülür. Jeotermal enerji yerküre içindeki içsel enerjinin bir sonucudur. Yerin yüzeye yakın kısımlarında jeotermal enerji, gözenekli ortamlarda hidrolik konveksiyon ile kontrol edilir. Bunun sonucunda, jeotermal enerji yüzeye yakın derinliklerde sıcak su ve buhar olarak konsantre olur ve erişilebilecek derinliklerde hidrotermal sistemleri oluşturur.

İnsanoğlu sıcak su kaynaklarından çok eski zamanlardan beri faydalanmaktadır. Gelişen ve büyüyen Dünya’da insanlar ihtiyaçlarını karşılayabilmek için her alanda olduğu gibi jeotermal suları da ihtiyaçları doğrultusunda geliştirmişlerdir. Tarih sahnesinde insanoğlu sıcak sulardan farklı ihtiyaçlar doğrultusunda yararlanmış günümüze kadar geliştirerek ve tam kapasite verim alacak şekilde kullanmıştır. Jeotermal akışkan sıcaklık değerine göre basitçe;

- Düşük sıcaklı akışkan, 20-70 °C
- Orta sıcaklı akışkan, 70-150 °C
- Yüksek sıcaklı akışkan, 150 °C’den yüksek

olmak üzere sınıflandırılır. Jeotermal akışkan sıcaklık değerine göre doğrudan ve dolay olarak kullanılmaktadır. Düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar çok farklı alanlarda kullanılabilir. Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına bağlı olarak doğrudan kullanım alanları;

- 180 (°C) Yüksek konsantrasyondaki solüsyon buharlaştırılması, amonyak ve absorpsiyonu ile soğutma
- 170 (°C) Ağır su (D₂O: Döteryum oksit) ve hidrojen sülfid eldesi, di-atomitlerin kurutulması
- 160 (°C) Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
- 150 (°C) Bayer's yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi
- 140 (°C) Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilik)
- 130 (°C) Şeker endüstrisi, tuz eldesi
- 120 (°C) Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
- 110 (°C) Kerestecilik, çimentonun kurutulması
- 100 (°C) Organik maddelerin kurutulması (et, sebze, yosun vb.)
- 90 (°C) Balık kurutma, yün yıkama ve kurutma
- 80 (°C) Ev ve sera ısıtılması
- 70 (°C) Soğutma (alt sıcaklık sınırı)
- 60 (°C) Sera, kümes ve ahır ısıtılması
- 50 (°C) Mantar yetiştirme
- 40 (°C) Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır), tedavi amaçlı kaplıca tesisleri
- 30 (°C) Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, ısı pompası aracılığıyla ev, şehir ısıtılması
- 20 (°C) Balık çiftlikleri

olarak kullanılabilirler (Kılıç 1998).

Jeotermal akışkanın dolaylı kullanımında elektrik üretimi amaçlanır. Gerekli araştırmaları yapılmış olan bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde farklı tipte enerji santralleri kullanılmaktadır. Bunlar flaş-buhar santralleri, kuru-buhar santralleri ve ikili çevrim santralleridir.

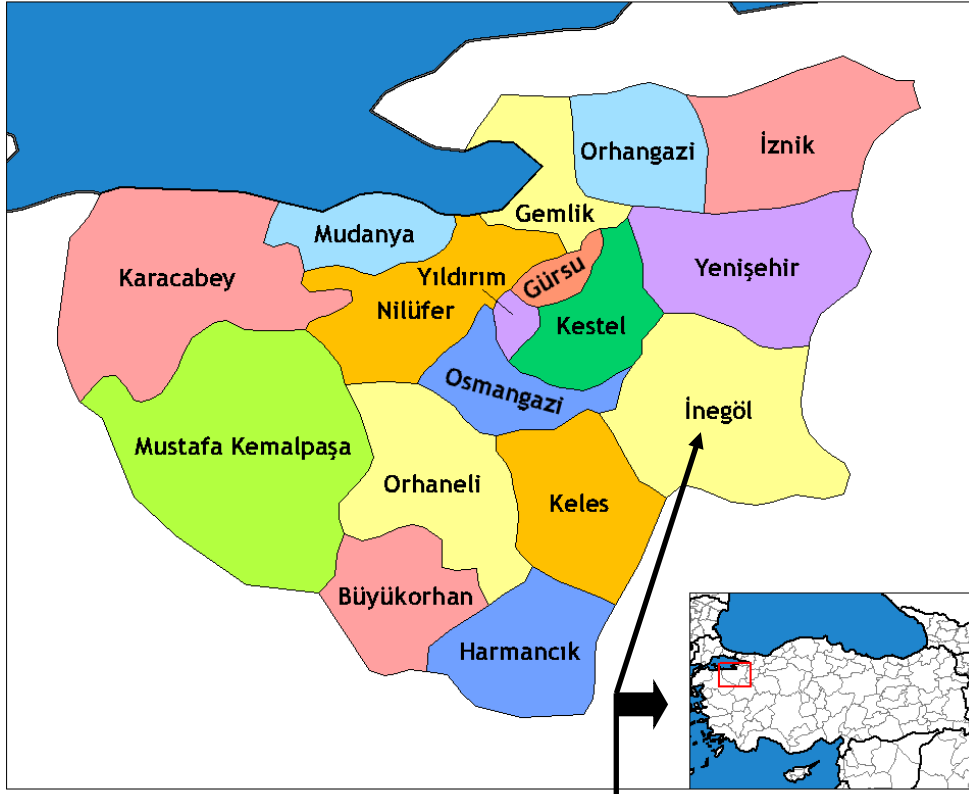
Bilinen jeotermal elektrik üretim santral tipleri şunlardır (Şahinci 1987):

- Kuru buharlı jeotermal santraller,
- Buhar ayırmalı (tek, çift faz) santraller,
- Binary-Kalina çevrim santraller,
- Faz dönüşüm + Binary çevrim kombine santraller,
- Hibrit jeotermal santraller,
- Toplam akış sistemleridir.

Jeotermal kaynakların termal turizmde kullanımı; Hititlere kadar uzanmaktadır. Günümüze kadar geçen süreçte, sıcak su kaynaklarına olan ilgi giderek artmış ve sağlık açısından cazibe merkezleri haline gelmiştir. Böylece termal su kaynaklarına olan ziyaret, uzun süredir seyahatin en önemli nedenlerinden biri olurken özellikle ülkemizde kaplıcalara yönelik talep bir gelenek olmaya başlamıştır.

Termal kaynaklar tarihsel süreçte gerek sıcaklıkları ve gerekse kimyasal özellikleri yönüyle, çeşitli hastalıkların tedavisi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmışlardır. Anadolu'da içme, banyo ve çamur banyosu gibi tedavi amaçlı kullanım şekillerinin Hititlerden başlayarak günümüze kadar geldiği söylenebilir. Sağlık amaçlı kullanım yönüyle bu kaynakların özellikle Roma ve Bizans dönemlerinde daha da değer kazandığı bilinmektedir (Ülker 1988, Özgüç 2007).

Çalışma kapsamında ise jeotermal kaynakların termal turizm için kullanımı seçilmiş olup İnegöl-Oylat jeotermal kaynağı termal turizm açısından incelenmiştir. Bursa ili jeotermal kaynakları arasında İnegöl-Oylat jeotermal kaynağının durumu, termal turizmde kullanımı; sıcaklık, pH ve kimyasal su analizleri açısından faydaları ele alınmıştır. Bursa bölgesi diğer jeotermal kaynaklarına göre İnegöl-Oylat kaplıcalarının termal turizmde ne derece etkin olduğu ve kullanım yöntemleri irdelenmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 İnceleme alanı yer bulduru haritası (URL-1 2014).

BÖLÜM 2

JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal kelimesi Yunanca kökenli “geo” (Dünya) ve “termal” (ısı) kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır (İnce 2005). Jeotermal kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanır. Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Ayrıca, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür (DPT 2001).

Jeotermal enerji kaynağı asırlardır su ve yeryüzü ısınmasında, tıbbi amaçlı tedavilerde ya da pişirme amacıyla kullanılmaktadır (Dur 2005).

2.1 JEOTERMAL ENERJİNİN TARİHİ

İnsanoğlu sıcak su kaynaklarından çok eski zamanlardan beri faydalanmaktadır. Gelişen ve büyüyen Dünya’da insanlar ihtiyaçlarını karşılayabilmek için her alanda olduğu gibi jeotermal suları da ihtiyaçları doğrultusunda geliştirmişlerdir. Tarih sahnesinde insanoğlu sıcak sulardan farklı ihtiyaçlar doğrultusunda yararlanmış günümüze kadar geliştirerek ve tam kapasite verim alacak şekilde kullanmışlardır (Şener 2012):

- M.Ö. 10000’li yıllarda jeotermal akışkandan Akdeniz bölgesinde; çanak, çömlek, cam, tekstil ve krem imalatında yararlanmıştır.
- M.Ö. 1500’de Romalılar ve Çinliler doğal oluşmuş jeotermal kaynakları ısınma, pişirme ve banyo amaçlı olarak kullanmıştır.

- 630 yılında kaplıca geleneği yaygınlaşmış, Japonya bu alanda çok ilerlemiştir.
- 1200 yılında Avrupalı devletler jeotermal enerjiyi su ve mekân ısıtmasında kullanabileceklerini keşfetmiştir.
- 1322 yılında Fransa da köylüler doğal sıcak su ile evlerini ısıtmaya başlamışlar.
- 1800 yılında Fransızların jeotermal enerji ile yerleşim yerlerini ısıtması yaygınlaştı. Aynı yıl ABD de kaplıca geleneği yaygınlaştı.
- 1818 yılında İtalya da yaşayan Fransız asıllı sanayici Francesco Giacomo Larderel ilk kez jeotermal buhar kullanarak borik asit elde etti. Bu gelişme sonrası jeotermal rezervuar araştırmaları hız ve bilimsel nitelik kazanmaya başladı. 1833 yılında Paolo Savi tarafından İtalya'daki Larderello Bölgesi'nin altında yatan jeotermal alan araştırıldı.
- 1841 yılında İtalya'da Larderello bölgesinde yeni teknikler kullanılarak jeotermal kuyular açılmaya başlandı.
- 1860 yılında Kaliforniya eyaletinde The Geyres bölgesinde jeotermal kaynağı değerlendirmeye yönelik ilk tesisler açıldı.
- 1870'li yıllarda ABD'de kaplıca ve benzeri mekânlara talep artmaya başladı. Bu gelişme sıcak su kaynaklarının turizm açısından değerlendirilmeye başlanmasına sebep olmuştur.
- ABD'de Idaho eyaletinin Boise şehrinde ilk kez jeotermal bölgesel ısıtma sistemi uygulandı.
- 1900'lü yıllarda Kaliforniya eyaletinde otuzdan fazla kaplıca açıldı.
- İtalya'da 1904 yılında Laderello Bölgesinde jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi yapıldı.
- 1920 yılında Kaliforniya eyaletinin The Geyres tesislerinde ilk defa jeotermal kuyular açıldı.
- ABD'de hızla gelişen jeotermal enerji kullanımı ile 1929 yılında Oregon eyaletinde evler jeotermal enerjiyle ısıtılmaya başlandı.
- 1930 yılında ise İzlanda'da ilk büyük çapta merkezi ısıtma çalışmaları yapılırken aynı yıl İzlanda, ABD, Rusya ve Japonya da jeotermal akışkanın kullanımı oldukça arttı.
- 1943 yılında İtalya Larderello Bölgesi'ndeki elektrik üretiminin kapasitesi 132 MW_e'ye ulaştı.
- 1945 yılında buzlanmayı önlemek için yer ısıtmasında, hacim ısıtmasında ve seracılıkta ABD'deki uzmanlar jeotermal ısıdan yararlanmışlardır.

- Flash Metodu ilk kez 1958 yılında uygulanarak Yeni Zelanda’da elektrik üretimi yapıldı.
- İlk kez ticari elektrik üretimi için kuru buhar kullanımı 1960 yılında Kaliforniya The Geyres jeotermal alanında uygulandı.
- Türkiye’de ilk jeotermal kuyu 1963 yılında İzmir ili Balçova ilçesinde açılmıştır.
- Japonya’da 1966 yılında ilk kez jeotermal enerjiden elektrik üretimi yapıldı.
- 1968 yılında Türkiye’de Kızıldere, Denizli jeotermal alanının keşfedilmesi ile elektrik üretimi için ilk jeotermal kuyu açıldı.
- İkincil çeviri jeotermal uygulamaları 1969 yılında Kaliforniya’da başladı.
- 1970 yılında Çin’de ilk kez jeotermal akışkandan elektrik üretimi yapıldı.
- 1978 yılında ABD’de Nevada eyaletinde jeotermal gıda kurutma tesisi kuruldu. Aynı yıl New Mexico eyaletinde sıcak kuru kayada jeotermal rezervuar uygulamaları test edilmeye başlandı.
- 1979 yılında Endonezya’da ilk kez jeotermal enerjiden elektrik üretimi sağlandı.
- 1982 yılında Türkiye’de Germencik, Aydın jeotermal alanı keşfedildi.
- 1983 yılında ülkemizde kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal sistem Balçova, İzmir’de uygulandı.
- 1984 yılında ABD’de mantar yetiştiriciliğinde jeotermal enerjiden yararlanıldı.
- 1987 yılında Nevada eyaletinde jeotermalden altın üretiminde faydalanıldı.
- 1987 yılında ülkemizde Gönen (Balıkesir) ve Kozaklı’da (Nevşehir) ilk jeotermal merkezi ısıtma sistemi uygulandı.

Jeotermal enerjinin tarihi gelişimine baktığımızda Dünya devletlerince kullanımı eski ancak ülkemiz açısından yeni bir kaynaktır.

2.2 JEOTERMAL SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Jeotermal sistemler yedi alt kısım olarak sınıflandırılabilir:

- Hazne kayadaki akışkanın kökenine göre (magmatik, metamorfik, juvenil)
- Buldukları alanlara göre (volkanik saha, sedimanter saha)
- Tektonik yapıya göre
- Örtü kaya çeşidine göre

- Jeotermal kaynağın sıcaklığına göre
- Hazne kayadaki akışkanlara göre (sıcak su, buhar veya gaz)
- Derinliklerine göre (hidrotermal sistem, sıcak kuru kaya sistemi) (Şahinci 1987).

Hazne kayadaki akışkanın kökenine göre jeotermal sistemler, magmatik ve fosil kökenli olarak sınıflandırılmaktadır. Magmatik kökenli sular, genelde akışkanın sıvı ve gaz buharı şeklinde juvenil kaynaklar olduğu düşünülür. Fosil kökenli sular, jeolojik devirler boyunca formasyonlara hapsolmuş, tortulların çökmesi sırasında litostatik ve metamorfizma sonucu, kaya ve minerallerin bünyelerinden atılan suların hazne kayada birikmesi şeklinde tanımlanır. Tortul kayalarda olduğu gibi meteorik de olabilir. Sıcaklıklarına göre jeotermal sistemlerin sınıflandırılmasında ise, jeotermal sistemler yararlanma yönünden verimli, az verimli sıcak kuru kuyular olarak ayrılabilirler. Verimli sistemlerde, özellikle hidrotermal sistemler gelişmiştir. Su dolaşımı, gaz dolaşımı ve su buharı dolaşımı mevcuttur. Bu kapsamda sıcaklıklarına bakıldığında termal olmayan sistemlerde, her kilometrede jeotermal gradyan 10-40 °C değişmektedir. Semi termal sistemlerde, jeotermal gradyan her kilometrede 70 °C bir artış gösterir ve hipotermal sistemlerde, jeotermal gradyan diğerlerinden çok fazla olup, her metrede 1 °C artış gösterebilir. Hidrotermal sahalara göre jeotermal sistemlerin sınıflandırılmasında ise, sıcak su egemen ve buhar egemen sistemler olmak üzere iki kısımda yapılmaktadır. Sıcak su egemen sistemlerde, akışkanı basınç denetler ve basıncın azaldığı yüzeye yakın derinliklerde bir miktar buhar oluşabilir. Üçe ayrılır:

- Düşük sıcaklı sistemler, 20-70 °C
- Orta sıcaklı sistemler, 70-150 °C
- Yüksek sıcaklı sistemler, 150 °C'den yüksek.

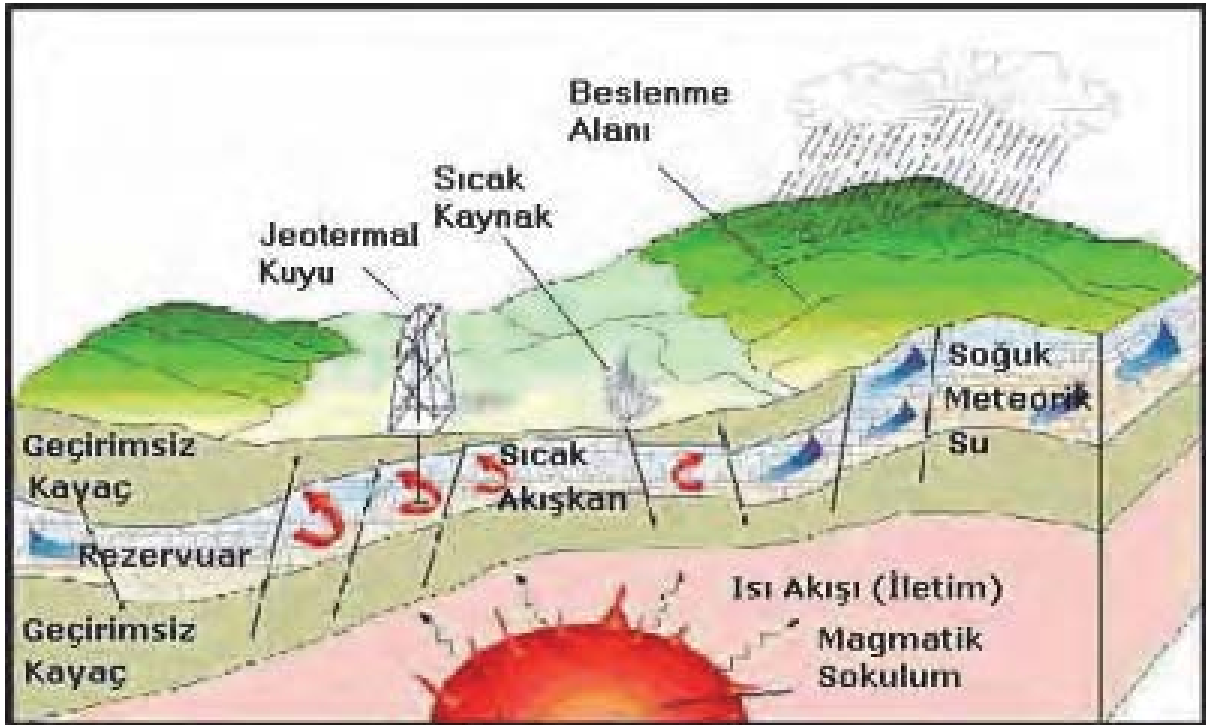
Buhar egemen sistemler ise, genelde 150 °C'den daha yüksek olup yüzeye buhar şeklinde gelen ve 240-250 °C gibi yüksek sıcaklıkların bulunduğu sistemlerdir. Bu sistemlerde elektrik üretimi oldukça ekonomiktir. Örtü kaya çeşidine göre jeotermal sistemlerin sınıflandırılması açık ve kapalı sistemler olarak ikiye ayrılırken, açık sistemler örtü kayası olmayan sistemler, kapalı sistemler ise, örtü kayaları olan sistemlerdir. Jeolojik yapıya göre jeotermal sistemlerin sınıflandırılması üç kısımda olmaktadır. Kuvaterner Volkanizması ile ilgili sistemler, yapısal durum volkanlarının dizilimi ile oluşmuştur. Örneğin; kalderalar, yay şeklinde oluşan yapılar, tektonik yapılarıdır. Senozoik tektoniğe bağlı sistemlere, rift zonlarında, kıta içi havzalarda ve

horst graben yapılarında rastlanılmaktadır. Kıyı ve platform bölgelerinde izlenen sistemler, kıta kenarlarında ve plaka sınırlarına yakın bölgelerde oluşur. Derinliklerine göre jeotermal sistemlerin sınıflandırılmasında, jeotermal sistemler geniş ölçekte hidrotermal konveksiyon, sıcak magmatik ve kondüksiyon ısı iletimi egemen olarak üç grupta toplanabilir (Şahinci 1987).

2.3 HİDROTERMAL SİSTEM

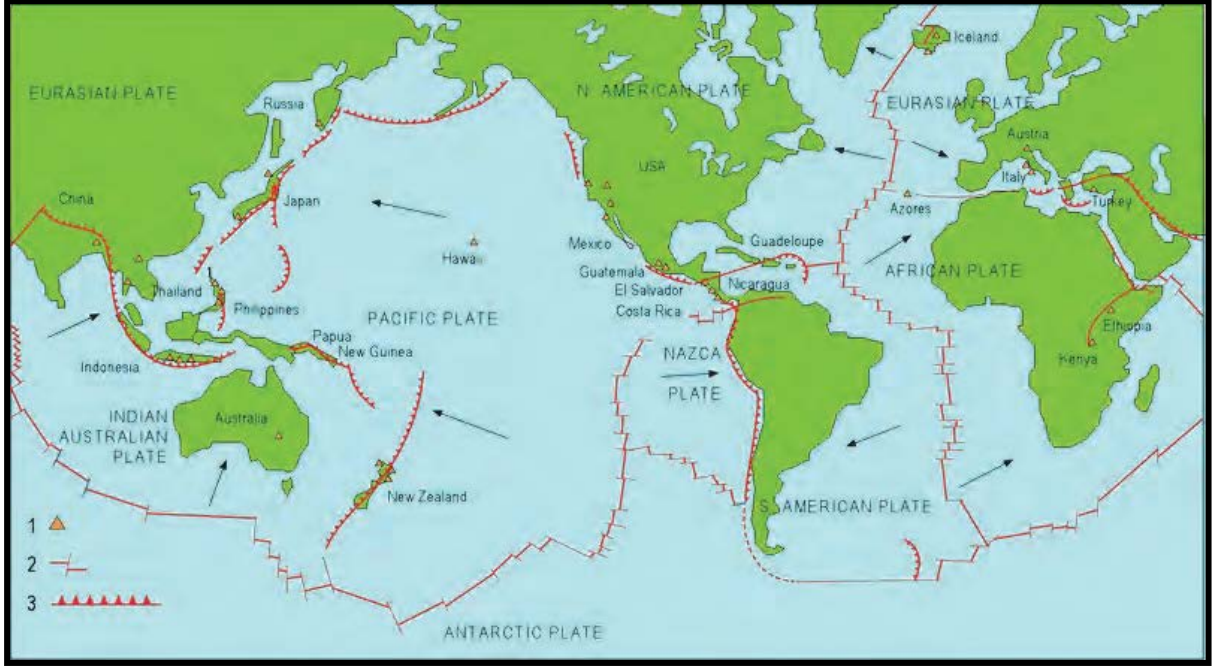
Yeraltındaki hidrolik sistemi bütün parçaları ile birlikte (beslenme alanı, yeryüzüne çıkış noktaları ve yeraltındaki kısımları gibi) tanımlamakta kullanılır. Jeotermal sistem, dört ana unsurdan oluşur (Şekil 2.1). Bunlar:

- Isı kaynağı
- Rezervuar ve/veya Hazne kaya
- Isıyı taşıyan akışkan
- Örtü kayadır.



Şekil 2.1 Jeotermal sistemin şematik gösterimi (Dickson and Fanelli 1990).

Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı anomalileri oluşturur. Bu anomalilerin tektonik hatlar veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısı anomali zonları veya sıcak noktalar jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Dünya’da aktif levha sınırlarında yoğunlaşan jeotermal alanlar (DPT 2001).

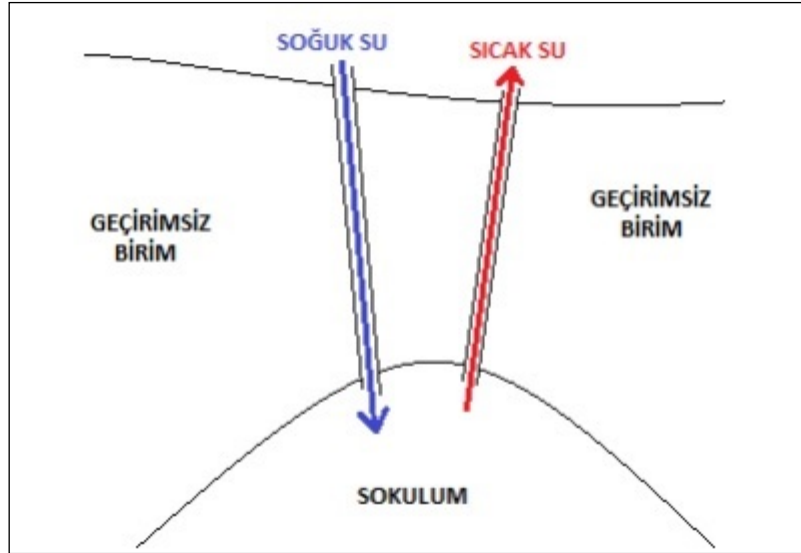
Jeotermal sistemlerin oluşmasında önemli bir etken olarak; derinlere süzülen yeraltı sularının yer altında depolanması, ısı kaynağında ısınması için hazne kayaların bulunması gerekir. Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayalardaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanı olur. Hazne kayanın sıcaklığını doğal olarak kaybetmemesi için düşük geçirgenliğe sahip örtü kaya ile korunması gerekir, ayrıca örtü kaya sıcak akışkanın bulunduğu hazne kayadan sızmaların engellenmesi açısından da etkin görev üstlenmektedir (Şener 2012).

2.4 KIZGIN KURU KAYA SİSTEMİ

Doğal yoldan akışkan içermeyen ve yerkabuğu içinde doğal akışkan dolaşımına izin verecek nitelikte kırık sistemi olmayan, ancak yüksek ve olağan dışı ısı birikimine sahip olan sahalarda, sonradan oluşturulacak yapay kırıklar içinde dolaştırılacak suni akışkanlarla enerji

elde edilmesi mümkündür. Bu sistemlere “Kızgın Kuru Kaya” denmektedir (Edwards et al. 1982, Armstead 1983, Smith 1983, Jessop 1990, Baria et al. 1999).

Dünya’da özellikle aktif volkanik kuşaklarda ve jeotermal gradyanın yüksek olduğu bölgelerde yüksek sıcaklığa sahip akışkan içermeyen veya üretim için gerekli geçirgenliğe sahip olmayan jeotermal sahalar bulunmaktadır. Bu sistemlere ait rezervuarlar “hydraulic fracturing” yani hidrolik çatlatma adı verilen yöntem ile geliştirilebilmektedir (DiPippo 2005). Bu yöntemde, üretim sağlanabilecek zonlarda yer alan sıcak formasyon içerisine enjeksiyon kuyusu açılmaktadır. Enjeksiyon kuyusu vasıtası ile basınçlı soğuk su yer altındaki olası rezervuara gönderilir ve böylece önceden var olan kırıkların açılmasına veya yeni kırıkların oluşmasına yardımcı olur. Kuyudan aşağı verilen basınçlı su sıcak kayalar içinde ısınır ve üretim kuyusu tarafından emilerek tekrar yüzeye çıkar. Formasyon ne zamanki yeterli hacim ve geçirgenliğe ulaşırsa, başka kuyular yeni oluşmuş olan rezervuarı kesmek üzere açılır. Böylece kapalı bir sistem oluşturulur, enjeksiyon kuyusundan basılan soğuk su yeraltında sonradan kırıklandırılmış kızgın kuru kayalar içerisinden geçerek üretim kuyusuna ve böylece yüzeye ulaşır. Çıkan sıcak akışkandan elde edilen buhar, klasik türbin sistemi ile enerji üretiminde kullanılır. Kızgın kuru kayalara ait ideal sistem Şekil 2.3’de basitçe gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Sıcak kuru kaya sistemi.

Bu sistemi geliştirmek üzere Dünya’da çok fazla araştırma yapılmış ve büyük çapta projeler geliştirilmiştir. Bu projeler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Dünya’da yapılmış sıcak kuru kaya projeleri (DiPippo 2005).

ÜLKE	LOKASYON	TARİH
Amerika Birleşik Devletleri	Fenton Hill, New Mexico	1973-1996
Birleşik Krallıklar	Rosemanowes	1977-1991
Almanya	Bad Urach	1977-1990
Japonya	Hijiori	1985-
	Ogachi	1956-
Fransa	Soultz	1987-
İsviçre	Basel	1996-
Avustralya	Hunter Valley	2001-
	Cooper Basin	2002-

Yerkürenin ısı kaynakları (Şahinci 1987):

- Yerküre içerisindeki ekzotermik kimyasal tepkimeler
- Yerküre içerisindeki radyoaktif madde bozunumu (U^{238} , U^{235} , Th^{232} , K^{40})
- Fayların sürtünmesiyle oluşan enerji
- Ergimiş kayaların soğumasıyla ortaya çıkan kristal ve katılaşma ısıları
- Fay ve kırıklar boyunca magmadan çıkan çok sıcak su, gaz ve buharların magmatik akiferlerin içine sızmaları
- Güneş ışınımı etkin olmaktadır.

Günümüzde kızgın kuru kaya sistemlerinin geliştirilmesi konusunda büyük çapta gelişim göstermiş iki ana program bulunmaktadır. Bunlar Fenton Hill (ABD) ve Hijiori (Japonya) kızgın kuru kaya projeleridir.

2.4.1 Fenton Hill Kızgın Kuru Kaya Projesi

Derin sıcak kristalize kayalardan jeotermal enerji elde edilmesi önerisi ilk olarak 1970 yılında Los Alamos Bilim Laboratuvarlarında çalışan atom fizikçileri tarafından ortaya sürülmüştür. Bu düşünce ile birlikte, Amerikan Enerji Dairesi, Fenton Hill sahasında büyük çapta bir kızgın kuru kaya projesine 1973 ile 1996 yılları arasında destek sağlamıştır. Bu proje Dünya’da ilk kez gerçekleştirilen kızgın kuru kaya projesi olarak tanınmaktadır.

Fenton Hill sahası, New Mexico'da bulunan ve Rio Grande Grabeninde yer alan Los Alamos'un yaklaşık 40 km batısında bulunmaktadır. Bu sahada volkanizmaya bağlı olarak termal ısı akışı yaklaşık $250 \text{ milliwatt/m}^2$ civarında olup bu değer yer yüzeyindeki ısı akışının yaklaşık üç katıdır (Tenzer 2001).

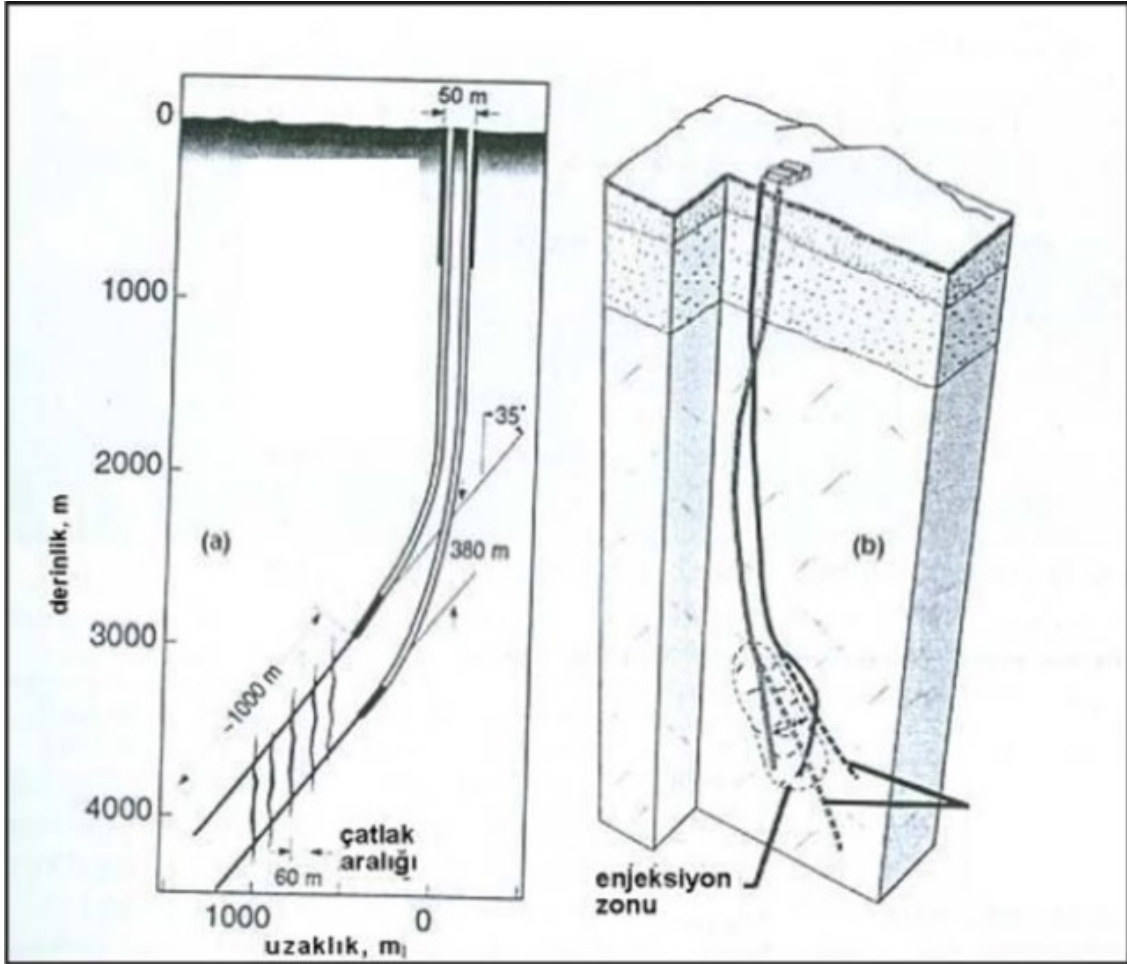
Fenton Hill Kızgın kuru kaya projesi iki aşama halinde gerçekleştirilmiştir. Bu projenin ilk aşamasında, 1973 ile 1979 yılları arasında, yaklaşık 2600 m derinlikte iki kuyu, biri enjeksiyon diğeri üretim amaçlı olmak üzere, sıcak kırıklı/çatlaklı kristalize temel kaya içerisinde başarı ile açılmıştır. Bu kuyular $185 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığındaki yapay rezervuar içerisinde oluşturulan kırık/çatlak sistemi sayesinde bağlantılanmış ve sıcaklığı yaklaşık $135 \text{ }^\circ\text{C}$ ve akışkan hızı $7 - 16 \text{ kg/s}$ arasında değişen basınçlı akışkan üretimi sağlamıştır. Kapalı devre halinde sürekli sirküle eden sıcak sudan enerji elde etmek için sahada 60 kW 'lık binary (ikili) enerji santrali kurulmuştur (DiPippo 2005).

Projenin ikinci aşamasında, 1979 yılında başlayan, aralarında yaklaşık 50 m mesafe bulunan iki yeni kuyu açılmıştır. Bu aşamanın temel amacı çoklu kırık sistemlerinin kızgın kuru kayalarda test edilmesi üzerine kurulmuştur. Şekil 2.4a'da açılan yeni iki kuyuya ilişkin dağılım gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, derin olan kuyu yaklaşık 4390 m derinliğe ve $327 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığındaki kayaya isabet ettirilmiştir. Sahada karşılaşılan yüksek sıcaklık sondaj ve kuyu ölçümleri sırasında birtakım sorunlar çıkartmıştır. Bu kuyular arasında oluşturulan kırık sistemi, projenin ilk aşamasında test edilen gibi başarılı olamamıştır. Büyük çapta yapılan hidrolik çatlatma ve yeniden sondaj işlemleri sonucunda Şekil 2.4b'de görülen son konfigürasyon elde edilmiştir (Dağıstan 2008).

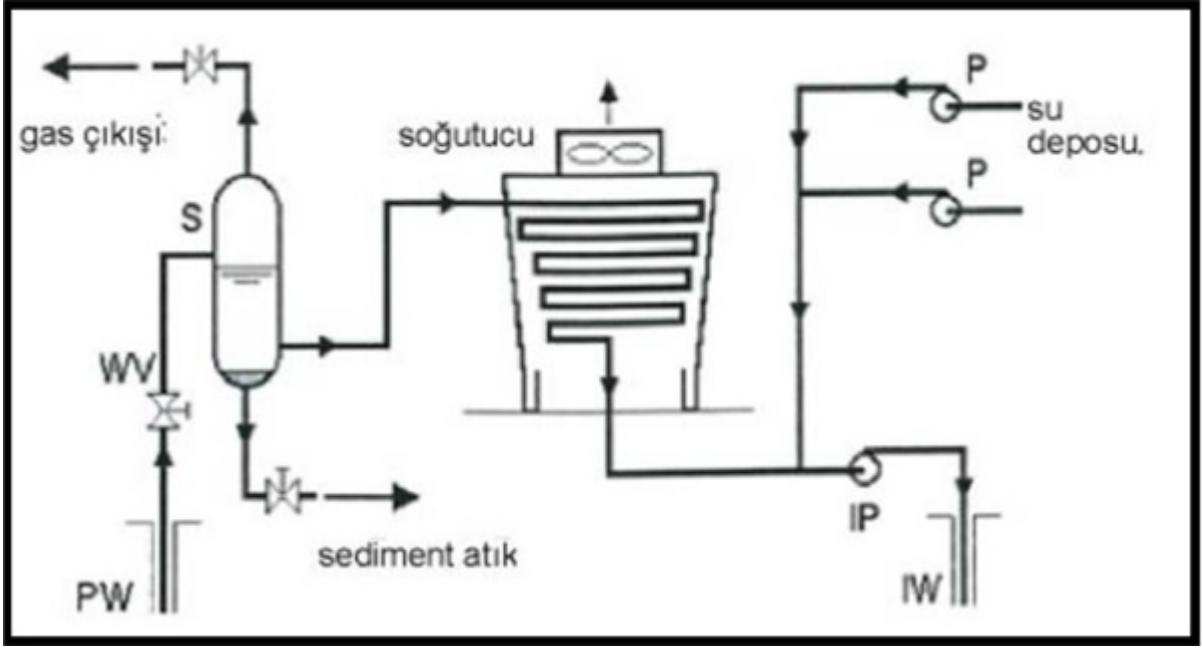
1986 yılında, projenin ikinci aşamasının başlangıcından yaklaşık yedi yıl sonra, Kızgın kuru kaya sirkülasyon deneyleri tamamlanmıştır. Yapılan bir aylık sirkülasyon deneyleri sonucunda sistemin hidrolik özelliklerinin geliştiği görülmüştür. Sahadaki termal sistem kapasitesi yaklaşık 10 MW değerine ulaşmıştır (Tenzer 2001, Duchane and Brown 2002).

Projenin ikinci aşamasındaki deneylerde, su sirkülasyonu ile üretilen termal enerji hava ile soğutulmuş ısı eşanjörü tarafından harcanmış, projenin ilk aşamasında gerçekleştirilen enerji üretimine dair herhangi teşebbüste bulunmamıştır. İlk aşamadan farklı olarak, sahada çalışmalar sırasında belirgin su kaybına rastlanmıştır. Bu durumda, yüksek miktarda yedek su depolarının, sabit işletim koşulları altında enerji santralinin sürekli çalışmasının

sürdürülebilmesi için gerekliliği önem kazanmaktadır. Fenton Hill sahasında kızgın kuru kaya yüzey testi aktivitelerini gösterir şematik diyagram Şekil 2.5'te basitleştirilmiş haliyle gösterilmektedir. Fenton Hill'de yapılan çalışmalar 1996 yılında sona erdirilmiş ve tüm sistem sökülüştür. Bu proje sayesinde kazanılan temel bilgiler, kızgın kuru kaya sistemlerinin geliştirilmesine öncü olmuştur (Dağıstan 2008).



Şekil 2.4 Fenton Hill kızgın kuru kaya kuyu konfigürasyonu a. kavramsal model, b. gerçek model (DiPippo 2005).



Şekil 2.5 Fenton Hill kızgın kuru kaya test aktivite şeması (DiPippo 2005).

2.4.2 Hijiori Kızgın Kuru Kaya Projesi

Japonya’da kızgın kuru kaya sistemlerinin geliştirilmesi 1980’li yıllardan itibaren başlatılmıştır. Yamagata’da yer alan Hijiori kızgın kuru kaya projesi (Şekil 2.6) Japonya’nın Yeni Enerji ve Endüstriyel Teknolojik Gelişim Organizasyonu (NEDO) tarafından desteklenmiştir.

NEDO’nun kızgın kuru kaya sistemlerine olan yaklaşımı Fenton Hill projesinden birçok yönden farklılıklar sergilemektedir. İlk olarak, bu sahada derinliği sadece 1800 ile 2200 m arasında bulunan daha sığ bir rezervuar bulunmaktadır. Sonradan oluşturulan kırıklar genelde yatay yönde geliştirilmiş ve yaklaşık 400 m aralıktadır. Bu projede iki enjeksiyon kuyusu ve iki üretim kuyusu olmak üzere toplam dört kuyu bulunmaktadır. Her bir enjeksiyon kuyusu, kırık zonlarından birine ayrılmıştır. Bu saha yakınlarında ayrıca enjeksiyon için su sağlayan bir nehir ve buna ek olarak 450000 kg kapasiteli yedek su havuzu bulunmaktadır. Son olarak, 130 kW’lık ikili enerji santrali sahada termal enerjinin bir kısmının elektrik enerjisine dönüştürülmesi için kurulmuştur (DiPippo 2005).

Hijiori projesinin temel amacı kuyu loglama, hidrolik çatlatma, kırık haritalama ve rezervuar değerlendirilmesi gibi kızgın kuru kaya enerji santralinin geliştirilmesine yönelik

teknolojilerin test edilmesi ve geliştirilmesini kapsamaktadır. 1991’de 1800 m derinlikteki sığ rezervuardan üç aylık dönem boyunca ısı, başarı ile üretilmiş, bu aşamada bir enjeksiyon kuyusu ve üç üretim kuyusu kullanılmıştır. Enjekte edilen suyun yaklaşık %80’i üretim kuyularından elde edilmiştir. Elde edilen sıcak akışkanın ve buharın termal üretim kapasitesi 8 MW’a ulaşmıştır. Daha sonraları, 1992 yılında, 2200 m derinlikteki derin rezervuar oluşturulmuştur (Dağıstan 2008). Sahada 2000 yılı sonlarında, derin rezervuarda uzun süreli (iki yıllık) sirkülasyon testi başlatılmıştır. Bu testin ilk aşamasında sadece derin rezervuarı değerlendirilmiş, son aşamalarında ise her iki sığ ve derin rezervuara enjeksiyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin son üç ayında ise ikili enerji santrali sisteme alınmıştır. Bu çalışmalar sonucunda suni rezervuarların ömrü test edilmiştir. Hijiori sahasında yapılan çalışmalar, kızgın kuru kaya sistemlerinin teknik açıdan ekonomik olarak verimli olabileceğini, özellikle de Kuzey Japonya için ispatlamıştır. Japonya, kendi çalışmalarına ek olarak, Los Alamos Fenton Hill kızgın kuru kaya projesine 1980 ile 1986 yılları arasında katılımda bulunmuştur. Ayrıca, Avrupa’da gerçekleştirilen kızgın kuru kaya projeleri ile bilimsel açıdan işbirliğinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara da katılmıştır (Dağıstan 2008).

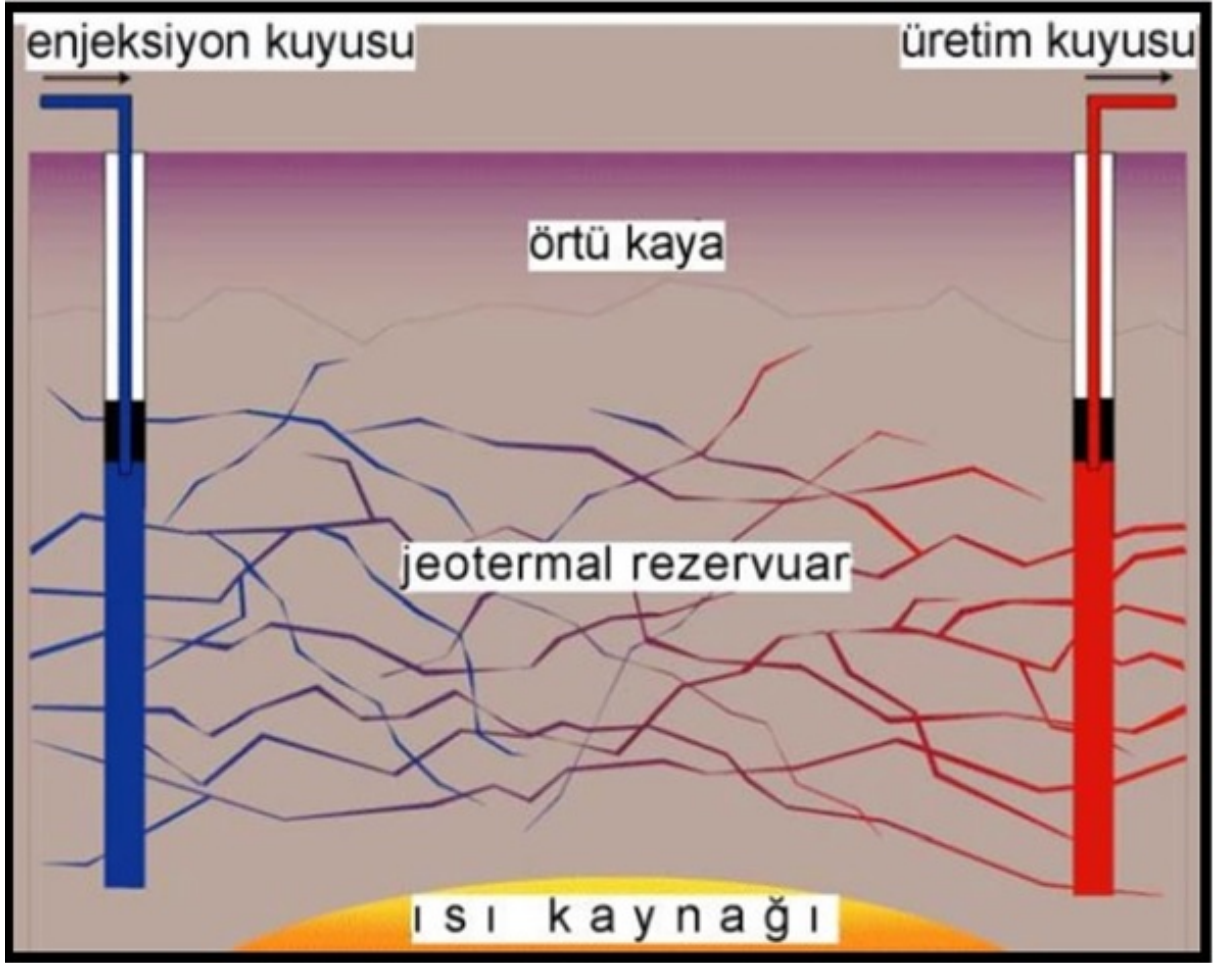


Şekil 2.6 a. Hijiori-Japonya’da kızgın kuru kaya araştırma aktiviteleri, b. Hijiori’deki deneysel ikili çevrim enerji santrali (Dağıstan 2008).

2.5 GELİŞTİRİLMİŞ JEOTERMAL SİSTEMLER (ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEMS, EGS)

EGS sistemlerinde sıcak, tektonik açıdan stres altında ve çatlaklı rezervuarlar hedef alınmaktadır. İkincil mineralizasyona bağlı olarak zaman içinde tıkanan kırıklar rezervuarın geçirgenliğinin zamanla azalmasına neden olur. Hidrolik, termal ve kimyasal işlemler

sonucunda hedefteki EGS rezervuarı uyarılabilmekte ve böylece var olan tıkanmış çatlak hatları açılmakta, genişletilmekte ve birleştirilebilmektedir. Böylece, jeotermal sistem, bir kondüktif çatlak ağının oluşması ile doğal akışkan içeren jeotermal rezervuarlardan ayırt edilemez hale gelmektedir. Bu yöntem, var olan jeotermal rezervuarların boyutunu artırabilmekte ya da yeni rezervuarların oluşmasını sağlayabilmektedir. Şekil 2.7’de EGS sistemi gösterilmektedir (Dağıstan 2008).



Şekil 2.7 EGS şematik gösterimi (URL-2 2014).

2.6 JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

2.6.1 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar çok farklı alanlarda kullanılabilir. Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına bağlı olarak doğrudan kullanım alanları Çizelge 2.2’de verilmiştir. Geleneksel olarak bilinen Lindal diyagramı (Çizelge 2.2), akışkanın sıcaklığına bağlı olarak jeotermal kaynağın kullanılabileceği alanları göstermektedir.

Çizelge 2.2 Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları (Kılıç 1998).

SICAKLIK (°C)	DEĞERLENDİRME ŞEKLİ
180	Yüksek konsantrasyondaki solüsyon buharlaştırılması, amonyak ve absorpsiyon ile soğutma
170	Ağır su (D ₂ O: Döteryum oksit) ve hidrojen sülfid eldesi, di-atomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer’s yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservacilik)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110	Kerestecilik, çimentonun kurutulması
100	Organik maddelerin kurutulması (et, sebze, yosun vb.)
90	Balık kurutma, yün yıkama ve kurutma
80	Ev ve sera ısıtılması
70	Soğutma (alt sıcaklık sınırı)
60	Sera, kümes ve ahır ısıtılması
50	Mantar yetiştirme
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır), tedavi amaçlı kaplıca tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, ısı pompası aracılığıyla ev, şehir ısıtılması
20	Balık çiftlikleri

Sıcaklığı 20 °C’den daha düşük olan jeotermal kaynaklardan, ısı pompaları ile ısıtma ve soğutma uygulamalarında yararlanır. Lindal diyagramı jeotermal kaynaklardan yararlanmanın iki önemli yönünü gösterir:

- Kullanılan akışkanın sıcaklığına bağlı olarak, ikinci bir uygulamada kullanılması, jeotermal kaynakların kullanılabilirliğini artırır.
- Jeotermal kaynağın sıcaklığı, mümkün kullanılma alanını sınırlandırır.

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanılması şu yararları sağlar (Kılıç 1998):

- Dönüşüm verimliliği yüksektir.
- Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan yararlanılabilir.
- Araştırma amacıyla açılan kuyulardan yararlanılabilir.
- Proje uygulama süreleri kısadır.
- Sondaj maliyetleri sığ derinliklerde ucuzdur.
- Jeotermal akışkan uzun mesafelere taşınabilir.

2.6.2 Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

Gerekli araştırmaları yapılmış olan bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde farklı tipte enerji santralleri kullanılmaktadır. Bunlar flaş-buhar santralleri, kuru-buhar santralleri ve ikili çevrim santralleridir.

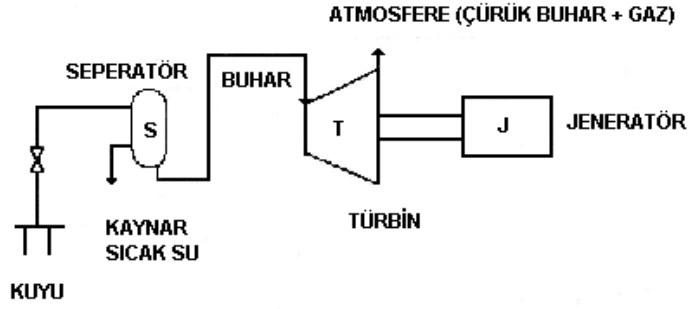
Bilinen jeotermal elektrik üretim santral tipleri şunlardır:

- Kuru buharlı jeotermal santraller,
- Buhar ayırmalı (tek, çift faz) santraller,
- Binary-Kalina çevrim santraller,
- Faz dönüşüm + Binary çevrim kombine santraller,
- Hibrit jeotermal santraller,
- Toplam akış sistemleridir.

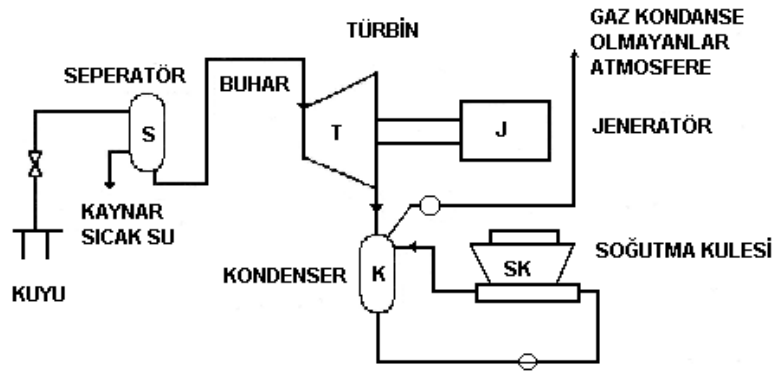
2.6.2.1 Flash Buhar Santralleri

Flaş buhar santralleri "Single Flash Cycle" ve "Double Flash Cycle" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. "Single Flash Cycle" (tek buharlaşmalı) sistemlerinde buhar minimum basınç kaybı altında separatörde ayrılarak doğrudan türbine gönderilir. Bu tür buhar santralleri jeotermal enerji endüstrisinin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu tip santraller tüm jeotermal santrallerin %29'unu temsil etmekte ve Dünya'daki toplam kurulu jeotermal enerji kapasitesinin %40'nı oluşturmaktadır. "Double Flash Cycle" (Çift Buharlaşmalı) sistemlerinde ise akışkan, iki aşamada iki ayrı separatörde buharlaştırılarak türbine gönderilir ve "Single Flash Cycle" sistemlerine göre %15 ile %25 arasında, aynı jeotermal akışkan koşullarında, daha fazla enerji üretimi sağlamaktadır. Bu yöntemle jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm verimi artırılmaktadır. Bu santraller daha pahalı ve karışık yapıdadır (Şekil 2.8). Enerji kapasiteleri 4.7 ile 110 MW aralığında değişim sergilemekte olup, ortalama enerji kapasiteleri 30MW civarındadır (DiPippo 2005).

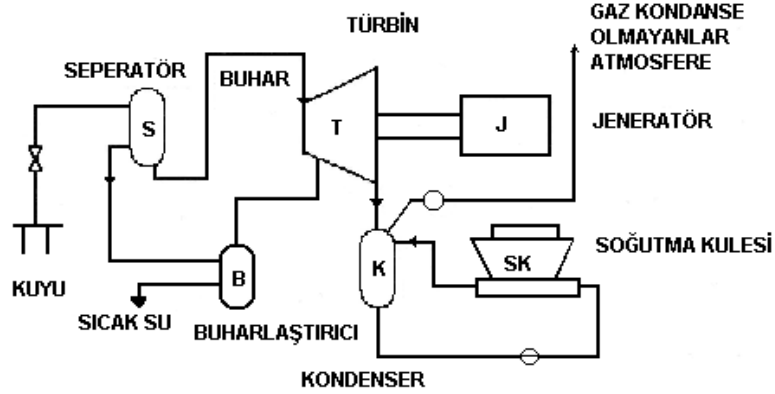
ATMOSFER ATIŞLI



TEK BUHARLAŞTIRMALI



ÇİFT BUHARLAŞTIRMALI



Şekil 2.8 Atmosfer atışlı, Tek buharlaştırmalı ve Çift buharlaştırmalı jeotermal sistemlerin şematik gösterimi (DPT 2001).

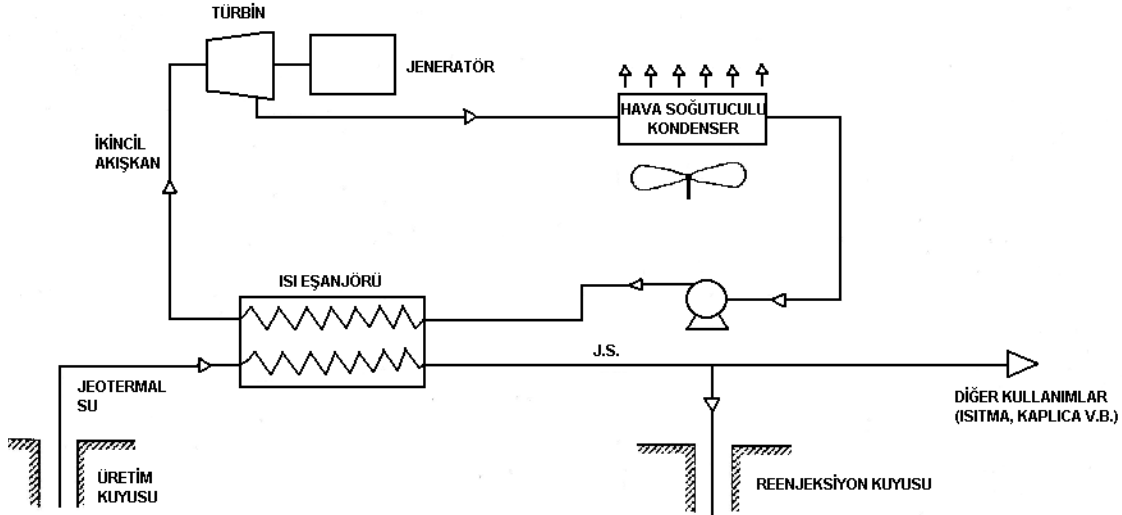
2.6.2.2 Kuru Buhar Santralleri

Tüm jeotermal santral türleri arasında en basit olanı kuru buhar santralleridir. Dünya’da bu tür santrallere örnek olarak iki ana kuru buhar santrali İtalya’da bulunan Larderello ve ABD’de bulunan Geyserslerdir. Dünya’da bu santrallerden toplam 63 adet bulunmakta ve tüm jeotermal

santrallerin %13.5'ini temsil etmektedir. Bu enerji santralleri, toplam jeotermal kapasitenin %28'ine denk gelmekte ve 2.640 MW kurulu kapasiteye eş değerdir (DiPippo 2005).

2.6.2.3 İkili Çevrim Santralleri (Binary Cycle)

İkili çevrim (Binary Cycle) sistemleri, jeotermal akışkanın ayrıştırılmadan direkt olarak elektrik üretimi amaçlı olarak ısı eşanjörüne verilir, enerjisinin ikincil akışkana aktarılmasından sonra, doğrudan reenjeksiyona gönderildiği sistemlerdir (Şekil 2.9). İkili çevrim tipi santrallerde verim daha yüksek olmaktadır. Bu tür enerji santrallerinin kullanılmasıyla, 80°C-170°C sıcaklıktaki jeotermal akışkandan elektrik enerjisi üretilebilmektedir (DPT 2001).



Şekil 2.9 Binary çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi (DPT 2001).

2.6.3 Jeotermal Akışkandan Isı Enerjisi Üretimi

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedirler. Jeotermal akışkan, kimyasal özelliğine göre, problem yaratmayacaksa, ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılarak, kimyasal açıdan problem yaratacaksa (kabuklaşma, korozyon) ısı eşanjörleri aracılığı ile ısı düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılmakta ve ısıtma sağlanmaktadır. Bu eşanjör sistemi ise kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde, sahanın ve akışkanın özelliğine göre kurulmaktadır. Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı teknolojisine uygun

olarak kullanılmasına bağlıdır. Kimyasal madde içeriğine göre jeotermal akışkanlardan endüstride beyazlatıcı olarak ve "kimyasal madde" eldesin de yararlanır. Isı pompaları daha derin kuyuların açılmasına alternatif olarak sıcaklıkların yükseltilmesinde kullanılmaktadır. Bu, jeotermal akışkan debisinin sınırlı olduğu durumlarda ΔT 'yi büyülterek akışkandan daha fazla enerji alınması ile sağlanır. Endüstriyel ısı pompaları, 15 ile 55 °C arasındaki sıcaklıkları, tersinmez ısı pompası ilkesi ile yükselterek kullanılabilir seviyeye getirirler. Isı pompaları sayesinde günümüze kadar elde edilen en yüksek sıcaklık 110 °C olmuştur. Genellikle sıcaklık yükseltilmesi (ısıtma suyu sıcaklığı ile atık jeotermal akışkan sıcaklığının farkı) 44 ile 50 °C arasında olur. Proseslerde ısı pompası uygulanarak, 30-50 °C sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar ekonomik şartlar incelenmek koşuluyla kullanıma sunulabilir (DPT 2001).

2.7 JEOTERMAL SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Jeotermal akışkanlar yenilenebilir ve çevre dostu önemli bir doğal kaynak olup, günümüzde yaygın olarak farklı ülkeler tarafında kullanılmaktadır (İlgar 2005). Sıcak su, ıslak veya kuru buhar halinde sunulan bu jeotermal akışkanlar yüksek oranda çözülmüş kimyasal madde ve oldukça zengin mineral tuzlar içermektedir. Ayrıca elektrik dışı kullanımlar için yüksek sıcaklık derecelerinden farklı alanlarda yararlanılmaktadır.

Jeotermal enerji, sahip olduğu yüksek ısının getirdiği üstünlükle magmatik kökenli kayaları ve derinlik kayalarını aşındırıp eritmekte, bünyesine bu kayaların minerallilik ve tuzluluk özelliklerini alarak, sıcak su, ıslak veya kuru buhar halinde yeryüzüne çıkmaktadır (Mutlu 2004, İlgar 2005, Gürü 2005). Yüzeye çıkan bu jeotermalin kimyasal madde içeriğini ve bu maddelerin miktarlarının saptanması için yapılan araştırmalarda, jeotermal akışkanların içeriğini; haznedeki kayalarda bulunan makro elementlerin ve yeraltı çevre koşullarının karakterize ettiği, barındırdığı maddelerin ve oranlarının kaynağın bulunduğu yere göre değiştiği, erimiş tuz ve mineral çeşitleri ve miktarları bakımından doğal sulardan daha zengin olup sıcaklıklarının ve basınçlarının daha yüksek olduğu ifade edilmektedir (Gemici and Tarcan 2002, Tarcan and Gemici 2003, Küçükne vd. 2004, Gemici et al. 2004).

Termal sular geçtikleri ortam boyunca kayalarla temas ederek sahip oldukları sıcaklıktan dolayı bazı maddeleri çözer ve kendileri ile birlikte taşırlar. Sıcak su, buhar ve gazlardan oluşan jeotermal akışkan içerisindeki çözülmüş maddelerin yoğunluğu, su-kayaç ilişkisi, süresi ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bir jeotermal sahadaki jeotermal akışkanın

doğadaki hareketi, türü, kökeni, yaşı, beslenme yüksekliği ve diğer sularla karışım oranları, termal su kimyası ile açıklanabilir. Jeotermal suların çevreye verildiği durumlarda içerdikleri zararlı maddelerden dolayı hava-su-toprakta oluşturacağı çevresel etkilerin belirlenmesi ve böylece kontrol edilebilmesi için de termal suların kimyasal analizleri önemlidir. Jeotermal kaynakların daha çok kullanım amacı olarak enerji üretimi ve ısıtma sistemleri her ne kadar “temiz” olarak bilinse de doğaya verilen sıvı ve gaz, içerdği maddeler yüzünden pek temiz değildir. Bu maddelerin zararlı etkilerinin belirlenmesi ve gerekirse kontrolü, doğru analiz yöntemlerine başvurulmasını gerektirmektedir. Jeotermal suların çözünmüş kimyasal madde miktarı yüksektir. Elementlerin çözünürlüğü, su - mineral dengesine bağlıdır ve daha çok mineral şeklindedir. Elementlerin miktarları, sıcaklığa ve bulunduğu ortamın karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Su kimyası verileri jeotermal sistemlerin sıcaklığı, beslenme ve boşalma bölgeleri, diğer sularla karışım oranlarını açıklamakta kullanılabilir (Aslan 2010).

Jeotermal suların bulunduğu ortamlarda su - kayaç ilişkisi ve oluşacak reaksiyon hızı sıcaklığın bir fonksiyonudur. Sıcaklık, genellikle reaksiyon hızını artırıcı yönde etki eder. Ortam sıcaklığındaki her 10 °C’lik artış, reaksiyon hızını 2-3 kat artırır. Bu nedenle 200 °C sıcaklığa sahip bir ortamda gerçekleşen reaksiyonun hızı, 20 °C sıcaklığa sahip diğer bir ortama göre yaklaşık 210-310 kat daha hızlıdır. Yüksek sıcaklığa sahip ortamlarda kayaçların daha fazla altere olması bunun kanıtıdır. Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konulan jeotermik kimyasal analiz sonuçlarında ise jeotermal akışkanların yüksek oranlarda çözünmüş halde sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), klorür (Cl), azot (nitrojen, N₂), hidrojen (H), civa (Hg), bikarbonat (HCO₃), hidrojen sülfür (H₂S), sülfat (SO₄), silisyumdioksit (SiO₂), amonyak (NH₄), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), potasyum (K), florür (F), demir (Fe), bor (B), lityum (Li), bakır (Cu), radon (Rn), mangan (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb), arsenik (As), çinko (Zn), karbonat (CO₃) gibi kimyasal maddeler ve zengin mineral tuzlar içerdikleri belirtilmektedir (Lund et al. 1977, Mahon et al. 2000, Akıllı and Ersöz 2002, Yeşin 2003, Tarcan 2003, Tarcan 2005, Data and Bahati 2003, Mutlu 2004).

2.7.1 Nötr Bileşikler

Jeotermal sularda yüksek derişiklerde silika, arsenik ve bor bileşikleri bulunur. Silika derişimi genellikle 100-300 ppm arasında değişir. Bu değer silisyum minerallerinin ortamda çözünmesine bağlı olarak 700 ppm’e kadar çıkabilir. Çözünen silika ortam koşullarına bağlı

olarak kuvars, kristobalit, kalsedon, opal veya amorf formda olabilir. Arsenik, arsenoik asit (H_3AsO_3) veya arsenik asit (H_3AsO_4) formunda bulunur ve pirit, arsenopirit, demir, bakırlı şeyllerden ve fosfatlı kayaların oksidasyonundan sıcak sulara kolaylıkla geçer. Bu nedenle bazı yörelerdeki sıcak sularda As, içme suyu standartlarının üzerinde değerler verir. Arsenik içeriğinin, içme ve kullanma sularında standartların üzerinde olması ekosistemde yaşayan canlılar için zehirleyici etki yapar. Güney Kalküta'da bakır asetoarsenit üreten bir fabrikanın yakınında yaşayan 17 ailenin 53 üyesinden (%67), arsenikle kirlenmiş suyun kullanılmasına bağlı olarak kronik arsenik zehirlenmesi ortaya çıkmış, yapılan ölçümlerde yüzeysel kuyu sularındaki arsenik düzeyinin 558 mg/l arasında olduğu saptanmıştır (Mazumder et al. 1992).

Özellikle sulama suyu için tehlikeli olan bor, sıcak sularda en çok bulunan kirleticilerden biridir. Bor suyun pH değerine göre farklı formlarda yer alır. Asitli sularda $B(OH)_3$, bazik sularda $B(OH)_4$ şeklinde bulunan bor, termal sularda genelde borik asit (H_3BO_3) olarak bulunur. İçme sularında ki yüksek bor konsantrasyonunun, bitkilerde ve insan üzerinde zararlı etkisi vardır. Özellikle sulama sularında, toprağın gözenekliliğini düşürür ve bitki köklerinin hava almasını engelleyerek kurumalarına neden olur. Bor içeriğinin dayanıklı bitkilerin sulama suyunda 3 mg/l içme suyunda 2 mg/l üst limit olarak kabul edilir. İçme sularında yüksek olması, insanlarda mide ve bağırsak rahatsızlıklarına neden olur (Uygan ve Çetin 2004).

2.7.2 Katyonlar

Jeotermal sularda Na^+ , K^+ gibi alkaliler, Li^+ , Rb^+ , Cs^+ gibi nadir alkaliler, NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} gibi toprak alkaliler, Al^{3+} ve Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} gibi geçiş elementleri görülmektedir. Sodyum ve potasyum, jeokimya değerlendirmelerinde çok karşılaşılan katyonlardır; jeotermal sulardaki Na/K oranları fazla değişmediğinden jeotermometre uygulamalarında sıkça kullanılırlar. Sıcak sularda Na/K oranı 10'dan büyüktür. Na derişimi 200-2000 ppm arasında değişir. Na/K oranının 15'e yakın ve küçük olması, akışkanın yeryüzüne çıkış hızının yüksek olduğu "yukarı akış" (up flow) bölgesini gösterir. Daha yüksek değerler ise yanal akışları ve yüzeye yakın kondüktif soğumayı belirtmektedir. Ender alkali elementlerden Li, Rb, Cs derişimleri yüzeye yaklaştıkça azalmaktadır. Termal sulardaki tipik derişimleri $Li < 20$ ppm, $Rb < 2$ ppm, $Cs < 2$ ppm'dir. Bu derişimler, riyolitik, andezitik karakterli rezervuar kayalardan veya benzer bileşime sahip sedimanter kayalardan gelen sularda 1-10 ppm arasında değişirken, bazaltik ortamdan gelen sularda 0.1 ppm'den küçüktür. Jeotermal sulardaki Ca derişimi, doğada yaygın olarak gözlenen $CaCO_3$ (kalsit, aragonit), $CaSO_4$ (anhidrit, jips),

CaF₂ (florit) ve diğ er kalsiyum minerallerinin ortamdaki ç özünür lüğü ile ilgilidir. CO₂ gazının kısmi basıncı CaCO₃'ün ç özünür lüğü ve ç ökelmesini etkiler. Ortam basıncı CO₂'nin kısmi buhar basıncının altına düşerse, serbest kalan CO₂ aç ığ a çıkar ve ortamdaki CaCO₃ ç ökelir. Yüksek sıcaklığ a sahip sistemlerde, sıcak su içerisinde ç özünmüş Ca derişimi genellikle 50 ppm'den küç üktür. Na/Ca oranı jeotermometre olarak da kullanılır. Yüksek değ erlerin doğ rudan rezervuardan beslenmeyi gösterdiğ i kabul edilmektedir. Sulardaki Mg derişimi, suyun iç inden geç tiğ i baş ta ferromagnezyen mineraller iç eren ultrabazik kay aç lar olmak üzere dolomitin ç özünür lüğü ile ilgilidir. Yüksek sıcaklığ a sahip jeotermal sularda Mg derişimi 0.01-0.1 ppm arasındadır. Daha yüksek derişimler yüzeye yakın kay aç lardan ya da sığ sulardan karışımı göstermektedir. Alüminyum, klorürlü sularda saptanamayacak derecede az bulunurken, asit sularda kay aç ların liç i (materyal iç erisindeki metallerin asit ve baz gibi kimyasallarla sıvı hale geç mesi) yolu ile binlerce ppm'e ulaşır. Demir, klorürlü sularda tuzluluk ve pH değ erlerine bağı olarak 0.001-1 ppm arasında bulunmaktadır. 180 °C'den daha yüksek sıcaklığ a sahip sular pirit ile denge halindedir. Bu sıcaklığ ın altında protit ve markazit aşırı doygun haldedir ve buharlaş ma ya da soğ uma ile ç ökelme başlamaktadır. Klorürlü sularda demirin daha da fazlaşması, yüzeye yakın minerallerin asidik sular ile liç olduktan sonra klorürlü sulara karış tığ ını göstermektedir. Mangan, jeotermal sularda iz miktarda bulunur. Nadiren 0.01 ppm'i aş ar. Jeotermal sularda amonyum (NH₄⁺) iyonu ve amonyak gazı (NH₃) da bulunur. Yüksek miktarda NH₄⁺ yüzeye yakın yerde buhar etkisiyle ısınan suların bir ürünüdür. Derin sedimanter kay aç lardan gelen sularda da yüksek miktarda NH₄⁺ bulunur (Aslan 2010).

2.7.3 Anyonlar

Jeotermal sularda HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, F⁻, Br⁻ ve I⁻ bulunmaktadır. Bikarbonat derişimi, jeotermal sulardaki toplam karbonat (CO₂, H₂CO₃, HCO₃⁻, CO₃²⁻) derişimi, akışkanın pH'sı ve karbondioksit gazının kısmi basıncı ile değ işir. Karbon dioksit ile bikarbonat ve karbonat iyonlarının su kimyası üzerinde büyük etkisi vardır. Bu türlerin birbirine oranı suyun pH'ını tamponlayabileceğ i gibi, özellikle karbonat birçok mineralin ç ökmesine neden olabilir. Doğ rudan beslenen sistemlerde HCO₃⁻ derişimi azdır. HCO₃⁻/SO₄²⁻ oranının artmasının sıcaklık yükselim zonundan uzaklaşmayı gösterdiğ i belirtilmektedir. Derin jeotermal sularda sülfat miktarı 500 ppm'den azdır. Yüzeye yakın yerlerde hidrojen sülfürün yükseltgenmesi ile artış gösterir. Yüzey sularındaki sülfat artışı yüzeye yakın buhar yoğ uşmasından kaynaklanmaktadır. Klorür, jeotermal sistemlerin aranması ve yorumlanmasında çok

kullanılan bir iyondur. Bir kez çözüldükten sonra başka minerallerin bünyesine kolay girmemesi nedeniyle doğrudan jeotermal suyu karakterize eder. Yüksek derişim doğrudan, derinden ve yüksek debili bir beslenmeyi gösterir. Eş klorür haritaları yüksek sıcaklık bölgelerinin ve fay sistemlerinin bulunmasında kullanılır. Düşük klorür derişimi yüzey sularının giriş doğrultularını belirtir. Jeotermal sularda florür miktarı genellikle 10 ppm'den daha azdır. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda, CO₂ kısmi basıncının etkisiyle Ca çökelirken, çok miktarda açığa çıkmadığı sürece florür derişimi düşüktür. Volkanik gazların yoğunlaşması sonucu yüzey sularında miktarı artar. Bromür, jeotermal sularda çok az bulunur. Sadece deniz suyu girişimi olan ya da denizden beslenen sistemlerde ölçülebilecek seviyededir. Br/Cl, Br/I oranları deniz suyu karışımını gösterir. İyot, yüzeye yakın organik maddelerce zengin sedimanter kayalardan jeotermal sistemlere geçer (Aslan 2010).

2.8 JEOTERMAL SULARIN SINIFLAMASI

Volkanik ve tektonik kuşaklardaki yüksek sıcaklığa sahip sular içerdikleri baskın anyonlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır (Güneş 2006):

- Klorürlü Sular
- Sülfatlı Sular
- Asit Sülfat-Klorürlü Sular
- Bikarbonatlı Sular
- Seyreltik Klorürlü-Bikarbonatlı Sular.

2.9 JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.9.1 Jeotermal Akışkan Sıcaklığı

Jeotermal kaynağın enerji kalite değeri akışkan sıcaklığının artışıyla orantılıdır. Dünya'da akışkan sıcaklığı 150 °C'nin üzerinde olduğunda yaygın olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 70 - 150 °C arasında ki akışkanlar ısıtmada kullanılmakta olup daha düşük sıcaklıkta akışkanlardan farklı alanlarda yararlanılmaktadır. Jeotermal akışkanın sıcaklığı jeotermal enerjinin kullanım şeklini belirlemektedir (Tufan 2013).

2.9.2 Jeotermal Akışkanın Debisi

Sıcaklığa bağlı olarak akışkan debisi, kaynağın merkezi ısıtma uygulamaları için yeterli olup olmadığını göstermektedir (Tufan 2013).

2.9.3 Jeotermal Akışkanın Kimyasal Özellikleri

Jeotermal sıcak su, yer altı sularından mineral bakımından daha zengindir. Jeotermal suyun kimyasal özelliğinin bilinmesi, enerji dönüşüm sistemlerinde hangi malzemelerin seçilmesi konusunda bilgi verir. Bu seçime etki eden ana bileşenler silika, oksijen, klor, kalsiyum, magnezyum, hidrojen sülfat ve pH değeridir (Tufan 2013).

2.9.4 Jeotermal Akışkanın Kullanım Yerine Olan Uzaklığı

Jeotermal kaynak ile kullanıcılar arasındaki mesafe, teknik ve finansal kapasite açısından çok önemli bir parametredir. Kısa mesafeler tercih edilmelidir. Taşıma sisteminin ekonomik boru çapı ve kaynak ile kullanıcılar arasındaki maksimum ekonomik uzunluk iki grup parametreye bağlı olarak değişir (Tufan 2013). Bunlar:

- Ana ishale hattının ve buna bağlı olarak kurulması gereken sistemlerin ilk yatırım maliyeti
- İşletme maliyetleri ile alakalıdır.

2.10 JEOTERMAL AKIŞKANDA KARŞILAŞILABİLECEK SORUNLAR

2.10.1 Kabuklaşma

Jeotermal akışkanlar bileşimlerinin ve asiditelerinin bir fonksiyonu olarak çoğu kez kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve silis (SiO_2) kabuklaşmaları yapabilirler. Bu kabuklaşmalar sondaj borularında, separatör içerisinde, türbin kanatlarında, eşanjör levhalarında ve iletim borularında olabilir. Bu duruma karşı önlemler alınması gereklidir. Alınması gereken önlemlerin en başında ve basitçe üretimi belli aralıklarla durdurarak mekanik yollarla temizlik yapmaktır. Diğer bir önlem ise kuyu başı basıncını daima belli bir limitin üzerinde tutmaktır. Ancak bu durum kuyu veriminin azalmasına ve üretimin düşmesine neden olmaktadır.

Kabuklaşmayı engellemek için kullanılan en yaygın yöntem ise; kuyu içerisine belli miktarlarda “inhibitör” adıyla anılan kimyasal maddeler veya CO₂ gazı enjekte etmektir (Tufan 2013).

2.10.2 Korozyon

Bazı jeotermal akışkanlar asidik karakterli olup betonu, metalleri ve harçları vb. malzemeleri kemirebilirler. Bu durum korozyona sebep olur. Korozyonu engellemek için malzeme seçiminin buna dayanıklı olmasına dikkat edilmeli ve toprağa gömülü metalik elemanlar, katodik koruma ile korozyonun etkisinden kurtarılmalıdır (Tufan 2013).

2.11 JEOTERMAL KAYNAKLARININ YENİLENEBİLİRLİK ÖZELLİĞİNİN KORUNMASI

2.11.1 Kirleticilerden Koruma

Jeotermal kaynakların sürdürülebilirliğini ve temizliğini devam ettirebilmek için kaynakları kirletici etkenlerden korumak gerekir. Jeotermal kaynakların kirlenmesine sebep olabilecek kirletici elemanlar (Akan ve Dağistan 2009):

- Fekal atıklar
- Organik atıklar
- Aşırı üretim artışına neden olan besleyici maddelerin, olağan değerlerinin üzerinde boşaltımı
- Atık ısı
- Çamur, çöp ve hafriyat artıklarının ve benzeri atıkların boşaltımından oluşan bulanıklık artışı, sığlaşma ve kıyı çizgisi değişimi
- Yukarıda sayılanların dışında kalan “Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliğinde” sınır değerler getirilen maddeler
- Litolojiden kaynaklanan kirleticiler
- Bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı maddeler
- Asit içerikli maddeler, kimyasal çözeltiler
- Gübrelemede kullanılan maddeler

- Zehirli maddeler, Arsenik, Kurşun, Krom, Siyanür, Florür, Cıva ve bunların türevleri
- Tarım ilaçları bünyesinde bulunan kimyasal maddeler
- Radyoaktif maddeler
- Oksijensiz ortamda yaşayabilen anaerob bakterilerin yol açtığı sonuçlara dayalı olarak Amonyum, Demir, Mangan ve türevleridir.

Jeotermal kaynağın kirlenmesine sebep olabilecek kirlenici etkenler (Akan ve Dağıstan 2009):

- Suyun kalitesini bozacak nitelikte malzemenin kaynak çevresinde biriktirilmesi
- Yeraltı suyu içeren akifer formasyon üzerindeki koruyucu tabakanın kaldırılması
- Maden işletmeleri
- Plansız yerleşim birimleri
- Mezarlıklar
- Hastaneler
- Yerleşim birimlerinin atık sularının taşınmasında yapılacak hatalar
- Havayolu ulaşımına ilişkin tesisler
- Askeri tesis ve tatbikatlar
- Sıvı ve katı yakıt depoları
- Yarma kanal inşaatları
- Çöplüklerdir.

Rezervuarın korunmasına yönelik yapılacak çalışmalarda elde edilmesi gereken en önemli verilerden birisi de basınç ve sıcaklıktır. Basınç ve sıcaklığın zamana, yere ve derinliğe göre değişimi rezervuara ilişkin önemli bilgiler vermektedir. Bu durum göz önüne alınarak inceleme alanında yer alan kuyularda basınç ve sıcaklık testleri yapılarak, sıcaklığın ve basıncın derinliğe ve zamana bağlı değişimi ortaya konmalıdır. Bunun için kuyularda statik sıcaklık, dinamik sıcaklık, statik basınç, dinamik basınç ve basınç yükselimi (pressure buildup) testleri yapılmalı ve bu testlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek jeotermal alanda yatay ve düşey yöndeki basınç ve sıcaklık profilleri oluşturulmalıdır. Ayrıca, basınç yükselimi testlerinin sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda rezervuara ait permeabilite değerinin belirlenmesi de mümkündür. Ancak kuyu dibinden alınan sıcaklık ve basınç ölçümleri, tam olarak rezervuarın sıcaklık ve basıncını yansıtmamaktadır. Bu nedenle basınç ve sıcaklık ölçümleri farklı derinliklerdeki kuyulardan alınarak dikkatle yorumlanmalıdır (Grant et al.

1982). Ayrıca kuyularda üretim, enjektibilite ve diğer testler yapılarak rezervuarın değişik üretim koşullarındaki davranışı belirlenmeli ve jeotermal kaynağın sürekli izlenmesi sağlanmalıdır.

Jeotermal sistemlerde sürdürülebilirlik kavramı büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle, jeotermal akışkanın kullanıldığı işletmelerde kullanımdan dönen suyun reenjeksiyonu jeotermal sistemin beslenmesi açısından gerekli olduğu gibi yasal açıdan da bir zorunluluktur. Jeotermal sahalarda, işletme faaliyetine geçilmeden önce ruhsat alanı içerisinde yapılacak etütler neticesinde reenjeksiyon bölgesi belirlenmeli, bu bölgede uygun sayıda kuyu açılarak bu kuyularda reenjeksiyona yönelik testler yapılmalıdır. 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa göre, jeotermal enerji ile elektrik üreten sahalarda ve ısıtma yapılan sahalarda ve entegre kullanımın söz konusu olduğu sahalarda reenjeksiyon şartı getirilmiştir. Bu tür sahalarda, özellikle entegre kullanımın söz konusu olduğu durumlarda, jeotermal sistemin basınç ve sıcaklık koşullarındaki denge gözetilerek, kabuklaşma ve korozyon problemleri ile rezervuardaki çatlaklı zonların kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açmayacak şekilde gerekli tedbirler alınarak reenjeksiyon yapılmalıdır (Şener 2012).

2.11.2 Mekanik Etkilerden Koruma

Jeotermal Kaynaklar ve Mineralli Su kaynaklarının yakın civarlarda yapılacak ve/veya yapılması muhtemel patlatma, zemin üzerine ağır yük bindirme gibi kaynağı yok edici veya yer değiştirici zarar verici nitelikte olabilecek diğer faaliyetler ve kaynak yakın civarındaki alanlar üzerindeki yapılaşmadan korunması amaçlanır. Maden ocağı, taşocağı, yol yarması, tünel yapımı vb. yapılan çalışmalar sırasında yapılacak patlatmaların oluşturacağı sarsıntılar nedeniyle kaynak ve rezervuar zonunun olumsuz etkilenmesini önlemek için, patlatma şiddeti ve civardaki litolojik birimlerin petro fiziksel özelliklerine bağlı olarak getirilmesi gereken sınırlandırmalardır. Zaman zaman kaynak çıkış noktaları ve sığ rezervuarlar üzerine inşa edilen yapılaşmalar sonucu kaynağın çıkışı ve rezervuar zonunun olumsuz etkilenmesi prensibine dayalı olarak yapılan ve alınması gereken önlemlerdir. Rezervuardan aşırı üretim yapılması sonucu yüzeyde oluşan çökmeleri önlemek adına yapılan çalışmalar ve tehlike görülmesi halinde alınması gereken önlemlerdir (Akan ve Dağıstan 2009).

2.11.3 Rezervuarın Sürdürülebilirliğinin Sağlanması

Üretim fazlalığından (akifer/rezervuar kapasitesinden, beslenmenin üzerinde yapılan üretimden) kaynaklanan/kaynaklanacak rezervuar performans düşüklüğünün (sıcaklık ve üretimde düşüş) önlenmesi, aynı sisteme dâhil olup farklı sahalardan yapılan üretimlerin birbirini etkilemesinden korunması amacını taşır. Üretim fazlalığından olan Rezervuarda yapılan testler sonucu bir jeotermal rezervuarın toplam olarak hangi değerde üretim yapabileceğine yönelik üretim değerleri saptanır. Bu değerler en az bir yıllık (özellikle elektrik üretimi için) bir periyotta yapılacak testlerle ortaya konabilir. Bu değerler üzerinde yapılan üretim, rezervuarda sürdürülebilirliğin yok olmasına neden olacağından üretim miktarının tespit edilen değerlerin üzerine çıkılmaması koşuluyla yapılması gerekmektedir. Aynı sisteme dâhil farklı işletmecilerin üretim fazlalığından korunma tüm detayları ile çalışılmış ve özellikleri ile ortaya konmuş bir rezervuarın bir işletmenin yetkisi ile işletilmesi esastır. Ancak, şu anda pratikte rezervuar uzanımları farklı üreticilerce sahiplenilmiş olması durumu söz konusudur. Belirlenmiş olan bir jeotermal rezervuarda aynı rezervuardan veya sistem içinde birbirine çok yakın rezervuarlardan üretim yapılması halinde yine yukarıda belirtilen prensiplere uyulması, iki ayrı üretim bölgesinde ortak işbirliği içerisinde yapılacak testlerle optimum üretim miktarı belirlenerek buna uyulması aksi takdirde her iki işletme için geri dönülmez olumsuzluklar yaşanması kaçınılmazdır. Jeotermal sistem, sonsuz sayılabilecek ölçüde uzun olan ömrü boyunca aldığı kadar ısıyı ve akışkanı dışa vererek kendini yenileyebilmektedir. Jeotermal kaynakların üretiminde sistemdeki jeotermal akışkandaki yüklü olan ısı çekilip kullanılmaktadır. Bu ısı çekimi, besleyenden çok olmadığı sürece jeotermal kaynak yenilenebilir kalacaktır (Şener 2012).

Sürdürülebilirlik, kurulu kapasiteyi tesisin amorti süresinde ekonomik olarak üretimde tutabilme yetisi, yenilenebilirlik ise bu kapasiteyi kaynağı tüketmeden sonsuza kadar sürdürülebilmesidir (Şener 2012).

Sürdürülebilirlik ilkesi, jeotermal kaynakların işletilmesinde yenilenebilirlik özelliğinin sürdürülebilir olmasını gerektirir ve kaynağın değil, onu işletenlerin davranışını tanımlayan önemli bir terimdir (Şener 2012).

Tüm bunların ışığında:

- Aşırı üretim
- Reenjeksiyon için yanlış lokasyon seçimi
- Kirlenme
- Politik ve mahalle baskısı nedeni ile jeotermal kaynakların yenilenebilirlik özelliği

Zaman içerisinde yok edilebilmektedir.

2.12 JEOTERMAL KORUMA ALANLARI ZONLARININ BELİRLENMESİ

Kaynak koruma alanları üç ayrı zon halinde belirlenmektedir. Bu zonların belirlenmesi sırasında jeotermal sistemin bulunduğu alanın jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri göz önüne alınarak zon sınırları tespit edilmektedir (U.S.EPA 1991).

Jeotermal kaynakların koruma alanlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar, belirli bir yöntem dâhilinde gerçekleştirilmekle beraber, farklı özelliklere sahip alanlarda, alanın karakteristik özelliklerini yansıtacak farklı çalışma şekilleri gerektirebilmektedir. Ancak genel olarak koruma alanları çalışmalarında dikkat edilmesi gereken başlıca unsurlar her saha için ortak özelliكتir. Kaynakların korunması genel anlamda sıcaklık ve debilerinde azalma olmadan sürdürülebilirliğinin sağlanması, özellikle yüzeysel etkiler nedeniyle yeraltına sızan suların yaratacağı fiziksel ve kimyasal kirliliğin engellenmesi ve rezervuarın fiziksel, kimyasal, termal ve hidrojeolojik parametrelerinin değişmeden korunması çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmalar kapsamında özellikle alanda yer alan faylar ve kırık hatları yeraltına iletişimin en hızlı olduğu yapılar olması nedeniyle koruma alanı içinde titizlikle değerlendirilmesi gereken yapılardır. Sıcak su amaçlı açılan kuyularda stratigrafik olarak örtü kayacının varlığı, geçirimsizlik derecesi ve kalınlığı önemli özellikleridir (Akan ve Dağıstan 2009).

2.12.1 Birinci Derece Koruma Alanlarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler

I. derece koruma alanı, kaynak alanında yer alan jeolojik formasyonların litolojik ve hidrojeolojik özellikleri, akışkan taşıyan aktif kırıkların konumu, jeotermal sistemin açık veya

kapalı sistem olup olmadığı, örtü kayacın varlığı ve kalınlığı, doğal çıkış ve kuyular ile yeni kuyu açılacak alanlar dikkate alınarak çizilir. Jeotermal alanlarda sıklıkla görülen travertenler jeotermal sistemde kirlenmeye açık, kirlilik açısından zayıf zonlar olması ve bol kırıklı, çatlaklı yapısı nedeniyle yeraltına sızmanın en fazla görüleceği bölgeleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, travertenler çevresinde yapılaşmaya izin verilmemeli, mevcut yapılar bu bölgelerden taşınmalı, çöp ve evsel atık gibi kirlenici unsurlar bu bölgelerden uzaklaştırılmalıdır. I. derece koruma alanı içinde kirliliğe sebep olacak depolama (gübre, kimyasal madde vb.) kesinlikle önlenmelidir. Alan içerisinde kirliliğe sebep olacak türde tarımsal faaliyetlere izin verilmemelidir. Alan içerisinde yer alan dere, çay gibi yüzey su kaynakları ıslah edilmeli taşkın kontrolüne karşı gerekli önlemler alınmalıdır. I. derece koruma alanı sınırları içinde bulunan tüm yapıların kirli suları iyi tecrit edilmiş borularla alan dışına sevk edilmelidir. İnceleme alanında yer alan tüm kuyuların etrafı çimentolamalı, korunaklı bir hale getirmeli, üzerine kulübe veya benzeri bir yapı inşa edilerek çöp ve benzeri atıkların atılması önlenmelidir. Tüm doğal enerji kaynaklarında olduğu gibi jeotermal sistemlerde de sürdürülebilirlik kavramı büyük bir önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında, jeotermal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması bu kaynakların korunmasına bağlıdır. Bu durumda hem jeotermal kaynağın dolayısıyla da jeotermal akışkanı bünyesinde bulunduran rezervuarın bir takım çevresel etkenlerle kirlenmesinin önlenmesi, hem de rezervuardaki basınç ve sıcaklık koşullarında meydana gelebilecek olumsuz değişimlerin önüne geçilmesine yönelik tedbirler alınması büyük önem taşımaktadır. Bu durum göz önüne alınarak, jeotermal akışkanı bünyesinde bulunduran rezervuarın kirlenici unsurlardan korunması amacıyla, Kaplıca amaçlı kullanılan sıcak sularda, 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı resmi gazetede yayımlanan Kaplıca Yönetmeliği ile düzenlenen esaslara göre gerekli analizler yaptırılmalıdır (Akan ve Dağıstan 2009).

Isıtma ve enerji üretimi yapılan jeotermal kaynaklarda ise rezervuardaki sıcaklık ve basınç koşullarında meydana gelebilecek değişimlerin gözlenmesi amacıyla, üç aylık periyotta basınç, sıcaklık, girişim, basınç yükselimi ve basınç düşümü testleri yapılmalıdır. Gözlem kuyularına otomatik limnigraf yerleştirilerek sürekli seviye ölçümleri alınmalıdır. Ayrıca gözlem kuyularına sürekli ölçüm yapabilecek basınç ölçer yerleştirilerek kuyu içi basınç ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçüm ve test sonuçları değerlendirilerek rezervuarın değişik üretim koşullarındaki davranışı belirlenmeli ve jeotermal kaynağın sürekli izlenmesi sağlanmalıdır. Reenjeksiyon kuyularında en az üç aylık periyotlarda, üretim kuyularında ise altı ayda bir alınacak su örneklerinde kimyasal analizler yapılarak, kabuklaşma ve korozyon

problemleri ile rezervuardaki çatlaklı zonların kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açacak parametreler takip edilmelidir (Akan ve Dağıstan 2009).

2.12.2 İkinci Derece Koruma Alanının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler

II. derece koruma alanı, tali kırık hatları, hidrojeolojik faktörler, biyolojik kirletici unsurların kaynak alana ulaşımının önleneceği mesafe de dikkate alınarak çizilir. Alandaki su birikintileri ve kirli sular iyi tecrit edilmiş kapalı borularla alan dışına sevk edilmelidir. Alan içerisinde kum ocağı, taş ocağı, yarma, kanal vb. kazılara izin verilmemelidir. Dinamit kullanılarak yapılacak her türlü hafriyat çalışmasına izin verilmemelidir. Kirliliğe neden olabilecek çöp, gübre ve moloz yığını gibi atık maddelerin alanda bulunmasına ve depolanmasına müsaade edilmemelidir. Alan içerisinde tarımsal bitki dikilmesi ancak organik-ekolojik tarıma yönelik olarak kontrollü yapılmalıdır. Alan içinde mevcut veya yapılacak olan turistik tesis ve diğer yapı projelerinde yakıt depolaması ile ilgili (akaryakıt istasyonu vb.) ünitelere izin verilmemelidir. II. derece koruma alanı sınırları içerisinde kirlenmeye neden olmayacak ve temel derinliği fazla olmayan her türlü yapılaşmaya izin verilebilir. Drenajı III. derece koruma alanına doğru olmak koşuluyla, yol cadde açılabilir. Gübresi bu alanda depolanmamak şartıyla her türlü ziraat yapılabilir (Akan ve Dağıstan 2009).

2.12.3 Üçüncü Derece Koruma Alanının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler

II. derece koruma alanı sınırı dışında kalan ve beslenme alanını kapsayan bölge III. Derece koruma alanıdır. Bu alanda koruma tedbirleri III. derece koruma alanı sınırlarından itibaren tedrici olarak azaltılıp kaldırılabilir. III. derece koruma alanı içerisinde dinamit kullanmamak kaydıyla taş ocağı işletilebilir. Her türlü ziraat yapılabilir. İyi nitelikli kanalizasyona sahip yerleşim birimleri kurulabilir. Atıkları çevre ve yeraltı suyu kirlenmesine neden olmayacak her türlü endüstri tesisi ve işyeri kurulabilir (Akan ve Dağıstan 2009).

2.13 JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE

Çevreye doğrudan ya da dolaylı bazı zararlar vermeden enerjiyi kullanılabilir bir forma dönüştürebilmenin herhangi bir yolu yoktur. Jeotermal enerjinin kullanımı, en az kirlilik yaratan formlardan biri olarak kabul edilmesine rağmen, onun da çevreye bazı olumsuz etkileri vardır (Çakın 2003).

Geleneksel atmosferik basınçlı ya da yoğunlaştırılmalı jeotermal elektrik santrallerinde özellikle hava kalitesi açısından çevreye olan etkiler potansiyel olarak fazladır. Fakat küçük jeotermal kaynaklar ve santrallerde (<10 MW_e) bu, kabul edilebilir limitlerde tutulabilir. Binary santrallerde elektrik üretimi ise, çevreyi geleneksel sistemlere göre çok daha az oranda etkiler (Çakın 2003).

2.13.1 Jeotermal Kaynakların Bünyesindeki Kimyasal Kirlilik Unsurları

Jeotermal suyun içeriği bakımından kirlilik unsurlarını iki sınıfta toplamak mümkündür. Bunlardan biri gaz emisyonları diğeri de toksik etki oluşturabilecek elementlerdir. Jeotermal suyun bünyesinde bulunan karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S), amonyak (NH₃) ve cıva (Hg) gaz emisyonları olarak sayılabilir. Karbondioksit bazı diğeri gazlarla birlikte sera etkisi yaptığı için yerkürenin fazlaca ısınmasına ve iklim değişikliklerinin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Yerkürenin sıcaklığı son yirmi yılda 0.6 °C artmış, meydana gelen iklim değişiklikleri sonucu buzulların erimesiyle deniz seviyesi ortalama 0.1-0.2 m yükselmiştir. Jeotermal kaynaklar fosil yakıtların kullanımıyla atmosfere salınan gazların artışını ve etkilerini engellemek adına temiz enerji kaynağı olarak alternatif gösterilirken kullanımdaki yanlışlarla bu etkileri artırmamak gereklidir. Her ne kadar jeotermal kaynaklardan dışarıya salınan CO₂ miktarının fosil yakıtlardan salınan CO₂ miktarı yanında çok düşük olsa da hedefimiz temiz ve çevre dostu olacak şekilde bu kaynaklardan yararlanmaktır. Karbondioksitin yanında jeotermal kaynaklardan çıkan hidrojen sülfür gazı da atmosfere yayılmaktadır. Çürük yumurta kokusundan ayırt edilebilen H₂S oldukça zehirli bir gazdır. 20 ppm değerindeki H₂S'in devamlı solunması merkezi sinir sistemini etkileyerek ölümlere sebebiyet verir. Bitkilerin üzerinde zaman içinde birikmeleri ile yapraklarında pörsümeler ve lekelenmeler görülür. Bitkiler için yaklaşık 3-4 ppm değerleri toksik etkilerin görülmesi için yeterlidir. Ayrıca H₂S ve ortamda bulunan sülfürler oksitlenerek kükürt oksitli bileşikler oluşur. Bu oksitler suyla birleşerek asit yağmurlarına neden olurlar. Asit yağmurlarının göl ve nehirlerin üzerinde ortam pH'ını azaltıcı etkisi vardır. pH'ın azalması bu ortamda yaşayan canlıların başta balıkların ölmesine neden olmaktadır. Kaynaklardan salınan NH₃ ise atmosferden nefes yoluyla vücuda alındığında boğazı tahriş edici ve fazla miktarda alındığında boğucu özelliğe sahip bir gazdır. Bu anlamda vücut için zehirli bir gazdır. Ayrıca atmosferde değişik kimyasal reaksiyonlara girerek azot oksitlerin (NO_x) oluşmasına sebep olur. Bu azot oksitler su buharıyla kolayca tepkimeye girerek asit yağmurlarına kaynak oluştururlar. Böylece kükürt oksitlerde olduğu gibi azot oksitler de yağmurlar yardımıyla hem

bitkileri hem de nehir ve göllerde yaşayan canlıları tehdit edici unsur haline gelirler. Jeotermal sularda bulunan gaz kirleticilerden biri de cıvadır. Cıva yüksek buhar basıncı nedeniyle oda sıcaklığında bile buharlaşabilen bir ağır metaldir. Solunum yoluyla vücuda alınan cıvanın ilk etkileri sinir sisteminde görülür. Genellikle sinir sisteminin yanı sıra, kaslarda, solunum yollarında, sindirim sisteminde, deride ve böbreklerde tahribat yaratır. 1-1.5 ppm cıva buharının devamlı solunması sonucunda kalp durmasıyla birlikte ani ölümler görülebilir. Ağız yoluyla vücuda alındığında ise 10-60 ppm civarında ölümlere neden olmaktadır. Bu miktar bitkiler ve hayvanlar için daha düşüktür. Oldukça toksik olduğu için su kaynaklarına karıştığında canlıları tamamıyla tahrip edebilir. Özellikle balık ölümlerinin ortaya çıkmasına sebep olur. Az konsantrasyonlarda ise balıklarda birikim yapar ve bu balıkları yiyenler üzerinde direk etkileri görülür (Topbaş vd. 1998, Badruk 2003).

Kaynaklarda bulunan bir diğer element bordur. Borun içme sularında bulunması gereken azami miktarı 1 ppm civarındadır ve bu miktarın vücuda alınmasının herhangi bir olumsuz etkisi yoktur. Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, ishal ve kusma, çocuklarda da havale şeklinde belirtilmiştir. Ayrıca borik asit ve ürünlerinin alınmasıyla deri ve sindirim sisteminde bozukluklar görülmektedir. Hayvanlarda bor düşük toksitite olarak değerlendirilmektedir. Özellikle balıklar için 19-20 g/l miktar öldürücü doz olarak belirtilmiştir. Ancak alabalık ve zebra balığında yapılan çalışmalarda 10 mg/L toksitiseye neden olmuştur. Bor bitkiler için yaklaşık 4 ppm'e kadar gerekli bir elementtir. Ancak bitki türüne göre bu miktar değişebilir. Borun fazla miktarda bitkiler tarafından alınması durumunda zehirlenme belirtisi olarak yaprak uçları sararmaya başlar ve zaman içinde bu durum bütün bitkiyi etkiler yapraklar kavrulmuş görünüme bürünür ve olgunlaşmadan dökülmeye başlar. Toprakta borun zaman içinde birikmesi toprak verimliliğini azaltır. Jeotermal kaynaklardaki en etkili kirlilik unsurlarından biridir. Arsenik jeotermal suyun olduğu katmanın özelliğine göre çok ya da az bulunmaktadır. Yüksek sıcaklığa rağmen sulu fazda bulunabilmektedir. Bu nedenle su ile kolaylıkla taşınabilir. 10 ppm'den fazla alındığında vücutta karaciğer ve böbreklerde birikmeler yapar. Uzun süreli etkileşim sonucunda kanser hastalığına yakalanma riski. Arsenik hem bitkiler hem de suda yaşayan canlılar için toksik etki gösterir. Bitkilerde yaprakların renk değiştirmesine sebebiyet verir. Arsenik zaman içinde bitkilerde birikir ve bu bitkilerin insanlar ve hayvanlar tarafından yenilmesiyle akut zehirlenmeler görülür. Jeotermal suyun bünyesinde fazlaca Na, K, Mg, Ca, Cl gibi tuzluluk oluşturacak iyonlar mevcuttur. Jeotermal akışkanın bünyesinde tuzluluk fazlaysa bu akışkanın tarım sulamasında kullanılması ya da toprağa veya yüzey sularına

deşarjı durumunda canlılarda olumsuz etkiler meydana gelecektir. Toprağın kirlenmesiyle bitkiler zarar görürken suların kirlenmesiyle sudaki canlı hayat olumsuz etkilenir. Özellikle bazı meyve ağaçları toprakta ve suda bulunan tuz miktarına çok duyarlıdırlar (Topbaş vd. 1998, Badruk 2003).

2.13.2 Jeotermal Kaynakların Kullanımı Sırasında Oluşabilecek Kirlilik Unsurları

Bunun yanında termal kaynak suların yüzeye çıkarılma ve kullanımı aşamasında kullanılan tesisatlar da, bulunduğu bölgenin özelliğine bağlı olarak değişik bileşiklerin çökelediği görülmektedir. Özellikle üretim kuyularında meydana gelen kabuklaşmalar, jeotermal enerji kullanımında büyük sorunlar yaratmaktadır. Çökelen bu maddeler, karbonat (CaCO_3), silis (SiO_2 , $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), metallerin oksitleri ve hidroksitleri ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$), serbest kükürt, sülfid ve sülfatlardır. Silis çökmesi, silisçe doymun olan akışkandan buhar ayrılması ile akışkandaki silis derişiminin artmasıyla meydana gelir. Bazı kaynak ve kuyularda suların soğuması ile birçok çeşit sülfid metal çökelmeleri oluşur. Aynı şekilde suda çözülmüş şekilde bulunan CO_2 gaz faza geçtiğinde kalsiyum yüksek sıcaklıklarda kalsiyum karbonat şeklinde çöker. Bu çökelmeler, kuyu ve dağıtım borularında daralmaya neden olur, sıcak su akımını yavaşlatır. Böylece oluşturduğu katı atığın ve kullanım dışı olan malzemelerin bertarfi çevre açısından ilgilenilmesi gereken ayrı bir durum oluşturur. Diğer yandan termal suların kimyasal çürütme ve aşındırma etkileri vardır. Atmosferdeki oksijenin su ile teması sonucu H_2S gazı sülfürik asite, bunun yanında klor gazı su ile etkileştiğinde de HCl 'e dönüşür ve ortamın pH'ı düşerek asitlik özelliği gösterir. Böylece oluşan asidik su kuyu ve dağıtım borularının metalik kısımlarında çürümeye ve parçalanmalara sebebiyet verir. Kuyularda kullanılan boru ve filtreler suların kimyasal yapısına bağlı olarak elektrokimyasal olarak aşınmaya uğrayabilirler. Korozyon olarak tanımlanan bu kimyasal aşınma bir veya iki değişik metalden yapılan borulardan bir elementin elektrokimyasal yolla ayrılması şeklinde meydana gelir. Korozyon sonucunda kullanılan metal borularda çatlamalar, kırılmalar ve delinmeler görülür (Şahinci 1991).

Meydana gelebilecek kabuklaşma ve çürüme etkilerine karşı önlem almak gerekir. Kullanılan ekipmanlarda meydana gelen kabuklaşma ve çökelmeler zaman içinde boruları tıkayacağından patlamalar, bunun yanında çürüme etkisiyle meydana gelecek çatlaklar su kaçaklarına sebep olacak ve suyun daha fazla sarfiyatını sağlayacaktır. Ayrıca borularda patlama ve çatlakların oluşması, hasarın meydana geldiği yerde kontrol dışı toprak, su ve

hatta hava temasını sağlayarak ortamın kirlenmesine sebebiyet verecektir. Oluşan çökme ve kabuklaşmaları önlemek için; hazırlanan geniş bir havuza farklı kuyulardan gelen sular karıştırılmalı, bir saat burada bekletildikten sonra su borularla istenilen yere taşınmalıdır. Bunun yanı sıra silis çökmesine karşı silis çözünürlüğünü artırmak için sodyum hidroksit, karbonat, sülfid ve diğer çökelmeler ve kabuklaşmaları engellemek için ise sülfomik asitler, polisülfatlar ve polifosfatlar gibi maddeler kullanılabilir. Korozyonu önlemek için suyun atmosferdeki oksijen ile ilişkisini kesmek, oksitlenmeyen malzeme kullanmak, özellikle alüminyum gibi, boru bağlantı yerlerini epoxy ile kaplamak, klorür etkisini gidermek için gaz fazını sudan ayırmak gerekir (Şahinci 1991, Badruk 2003).

Yeraltından akışkanın çekimi, gözenekli alanda basınç azalmasına ve jeotermal kaynağın bulunduğu bölgede çökmelere neden olabilmektedir. Tektonik değişimler bakımından üretim yapılacak ya da kullanılması düşünülen kaynakların temel seviye ölçümleri suyun çekiminden önce ve sonra yapılmalıdır. Eğer rezervuardan çekilen akışkan miktarı kadar sıvı rezervuara enjekte edilebilirse kütle kaybı ve çekim azalması engelleneceği için çökelmelerin önüne geçilmiş olunacaktır. Yeraltından akışkanın çekilmesi herhangi bir sismik hareketliliğe yol açmazken kullanılmış akışkanın kuyulara reenjekte edilmesi sırasında sismik hareketlilik yaşanmaktadır. Hareketliliğin şiddeti 2-3 civarında olsa da yaşanan sarsıntılar çevre halkını tedirgin etmeye yetmektedir. Jeotermal kaynaklar kullanılırken ısı deşarjı yapılmaktadır. Bunun yanında sıcak buhar ve gazlar ortam havasını kurutmakta ve kuraklık yaratarak lokal bir iklim değişikliği oluşturmaktadır (Şahinci 1991, Badruk 2003).

Termal suların bileşiminde bulunan H_2S , Cl_2 ve benzeri gazlar ile diğer elementlerin (özellikle bor, klorür tuzları) doğrudan atmosfere, akarsulara bırakılması çevre kirlenmelerine neden olabilir. Atık sıcak suların tekrar kuyuya enjekte edilmesi birçok sorunu önleyebilir.

2.14 JEOTERMAL ENERJİNİN AVANTAJLARI

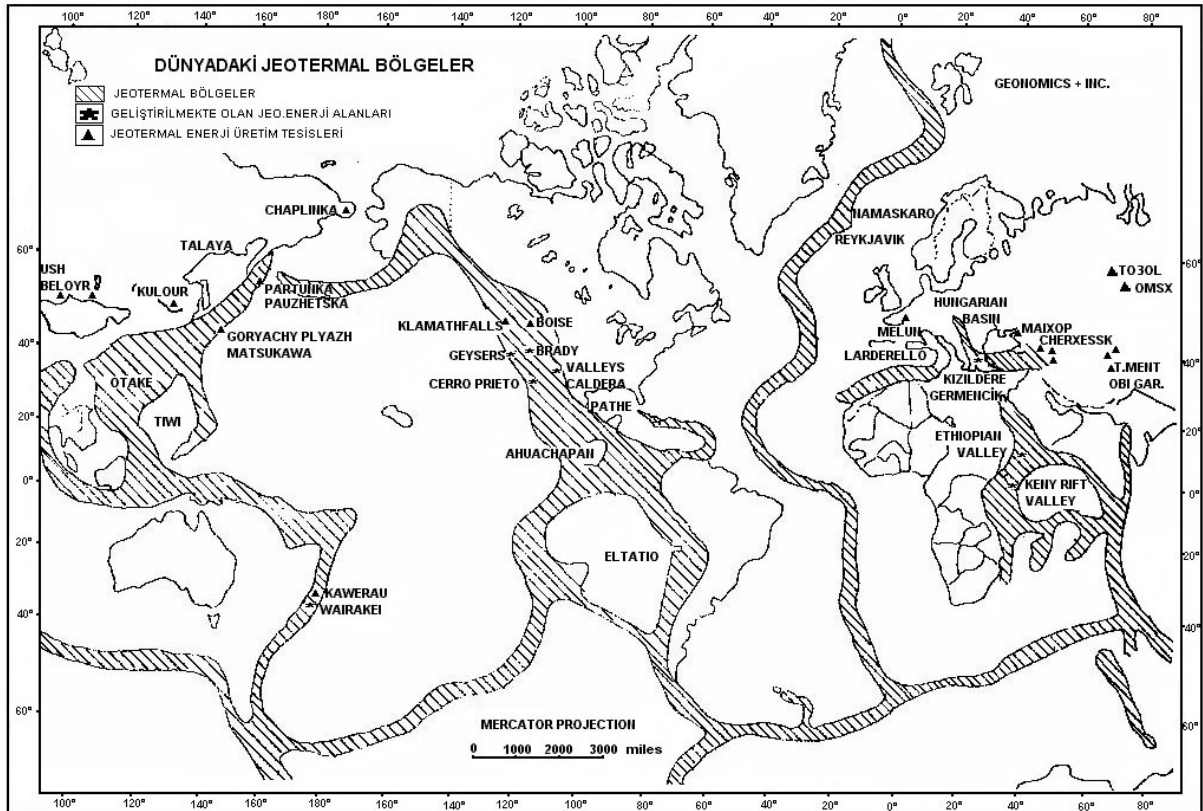
Jeotermal enerji ucuz, yeni, yenilenebilir özelliğine sahip olması ile milli varlığımız olarak çevre dostu bir enerjidir. Jeotermal enerjinin önemini ortaya koyan, diğer enerji kaynaklarına göre farkını belirleyen üstünlükleri aşağıda sunulmaktadır:

- Yenilenebilir ve sonsuz ömürlüdür.
- Isı ve elektrik enerjisine dönüşümü kolaydır.

- Diğer enerjilerden daha ucuzdur.
- Çevre kirlenmesi yok denecek kadar azdır.
- Jeotermal sistemlerin bakımı kolay ve ucuzdur.
- Jeotermal enerji kısa süreli meteorolojik olaylardan etkilenmez.
- Jeotermal enerji ileri teknoloji gerektirmez.
- Jeotermal enerji milli enerjidir.
- Jeotermal enerjinin sağlık ve turizm sektörüne önemli katkıları vardır.
- Jeotermal enerji temiz enerjidir.
- Jeotermal enerji çevre dostudur. CO₂ emisyonu jeotermal enerjide en azdır (Tufan 2013).

2.15 DÜNYA'DA JEOTERMAL ALANLAR

Dünya'da jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi 12000 MW_t ve elektrik kullanım kapasitesi ise 8600 MW_e'tir. Dünya'da jeotermal enerjinin dağılım gösterdiği jeotermal kuşaklar ve bu kuşaklarda bulunan ülkeler Şekil 2.10'da işaret edilmiştir (DPT 2001).



Şekil 2.10 Dünya jeotermal kuşakların dağılımı (DPT 2001).

2.15.1 And Volkanik Kuşığı

Çok sayıda aktif volkanizmanın bulunması nedeniyle yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin olduğu kuşaktır. Güney Amerika'nın batı kıyısında bulunan bu kuşakta Venezüella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin bulunmaktadır.

2.15.2 Alp Himalaya

150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan çok büyük bir jeotermal kuşaktır. Bu kuşak Hindistan plakası ile Avrasya plakasının çarpışması sonucu oluşmuştur. Alp Himalaya kuşağında yer alan ülkeler; İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Macaristan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet ve Çin'dir.

2.15.3 Doğu Afrika Rift Sistemi

Tektonik ve volkanik yönden aktif olan bu sistem üzerinde Zambiya, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etopya gibi ülkeler bulunur.

2.15.4 Karayip Adaları

Burada aktif volkanların bulunması nedeniyle önemli jeotermal alanlar vardır.

2.15.5 Orta Amerika Volkanik Kuşığı

Bu kuşak üzerinde Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama bulunur. Belirtilen bu büyük kuşaklar dışında Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İrlanda, Meksika gibi oldukça zengin jeotermal kaynakları olan ülkeler vardır.

2.16 DÜNYA JEOTERMAL POTANSİYELİ VE KULLANIM ALANLARI

Teorik hesaplamalara göre, 0-10 km derinlik arasında Dünya'da birikmiş ısı enerjisi, yüksek ısı akıllı alanlar için 245.106 EJ (exajoules), düşük akıllı alanlar için 181.106 EJ'dur. Bu enerjinin %0.1'inin işletilebileceği düşünülürse jeotermal kaynak 0.4.106 EJ'den fazla olacaktır. Bu ise Dünya'da bugünkü mevcut enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir potansiyel

demektir. Dünya’da doğal akiferlerden toplam 0.5 EJ üretim yapıldığı, üretilebilecek ispatlanmış rezervin ise 50 EJ olduğu tahmin edilmektedir (Robertson Research Int. 1988, DPT 2001).

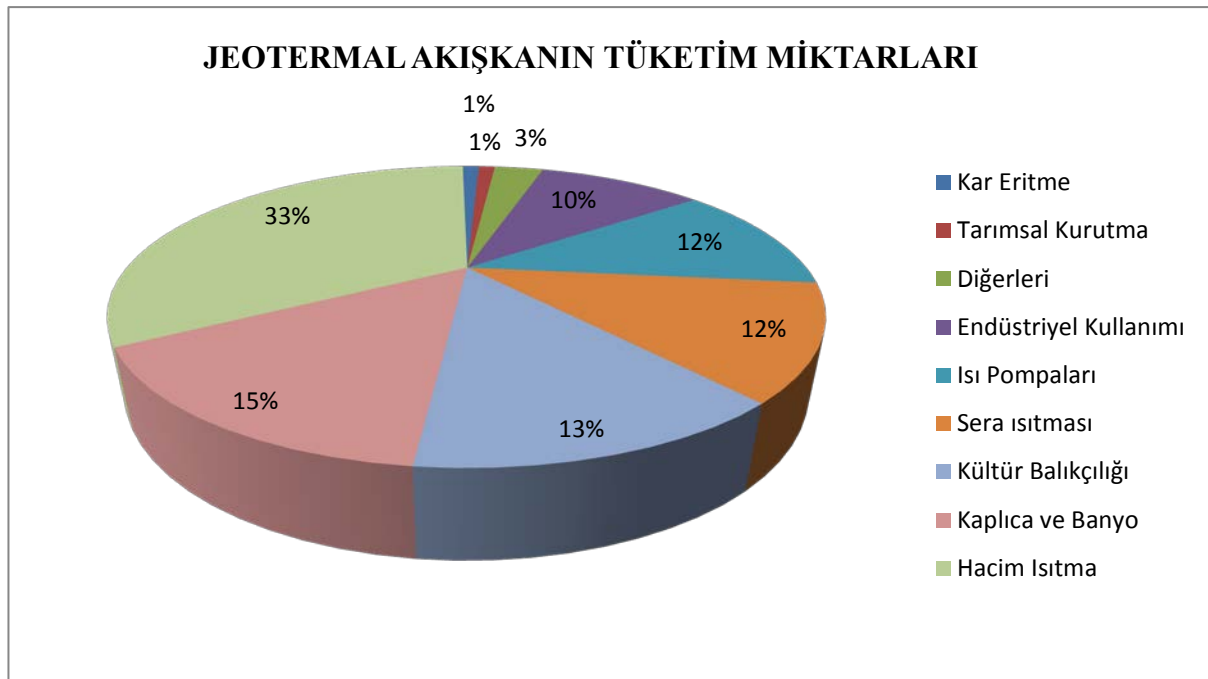
Bugün için jeotermal enerji, Dünya’da enerji sektörünün sadece %0.2’lik bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak, bazı ülkelere göre, bu oran büyük ölçüde değişmektedir. Örneğin Filipinler’de jeotermal santraller, toplam kapasitenin %17’sidir. Bilindiği gibi jeotermal enerji yeni bir kaynaktır ve 1950’den beri jeotermal santrallerin kurulu kapasitesi %8.5 artış göstermiştir. Eğer 1970 yılı baz olarak alınırsa, kurulu kapasitedeki artış hızı %12.2 geliştirilen yeni sahalar için %10 ve jeotermal araştırmalara yeni giren ülkeler için %8 olmuştur. Bu büyüme hızı devam ettiği takdirde, 2000 yılında, işletilmekte olan 250 sahanın toplam 21000 MW_e’ye ulaşması beklenebilir. Elektrik endüstrisinin Dünya’da bugünkü büyüme hızının sadece %4 veya %5 olduğu düşünülürse, gelecekte jeotermal enerjiden elektrik üretimi önem kazanacaktır (DPT 2001).

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtıcılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları yardımıyla suların sıcaklığı 5 °C’ye düşünceye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir. Dünya ülkeleri jeotermal akışkandan yararlandıkları alanlar:

- 40 °C’den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, Yeni Zelanda, Türkiye, BDT, Macaristan, Kanada, Çin, Meksika, Arjantin, Kuzey Avrupa Ülkeleri).
- Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve Dünya’daki jeotermal doğrudan kullanım değerinin önemli bir bölümü sera ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa Ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda’da 30 °C’den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seraların ısıtılmasında.
- Tropikal bitki (Japonya) ve balık (Japonya’da timsah yetiştiriciliği dâhil) yetiştirilmesinde (Filipinler, Çin, İzlanda).
- Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan).

- Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin (Sibirya) vb. ısıtılmasında ve Yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda, Türkiye, Çin, Endonezya, Yeni Zelanda, Arjantin, Doğu Avrupa Ülkeleri) kullanılmaktadır.
- Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konservecilikte (Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Tayland).
- Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayisinde (Yeni Zelanda, Meksika).
- Kâğıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya, Çin, BDT), dokuma ve boyamacılıkta (Yeni Zelanda, İzlanda, Çin).
- Derilerin kurutulması ve işlenmesinde, bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya).
- Beton blok kurutulması (Meksika) ve soğutma tesislerinde (İtalya, Meksika) kullanılmaktadır.
- Jeotermal akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır (ABD, Türkiye) (DPT 2001).

Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanılma imkânları oldukça geniştir. Jeotermal akışkanların Dünya'daki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılım aşağıdaki gibidir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Jeotermal akışkanın Dünya'daki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılım (DPT 2001).

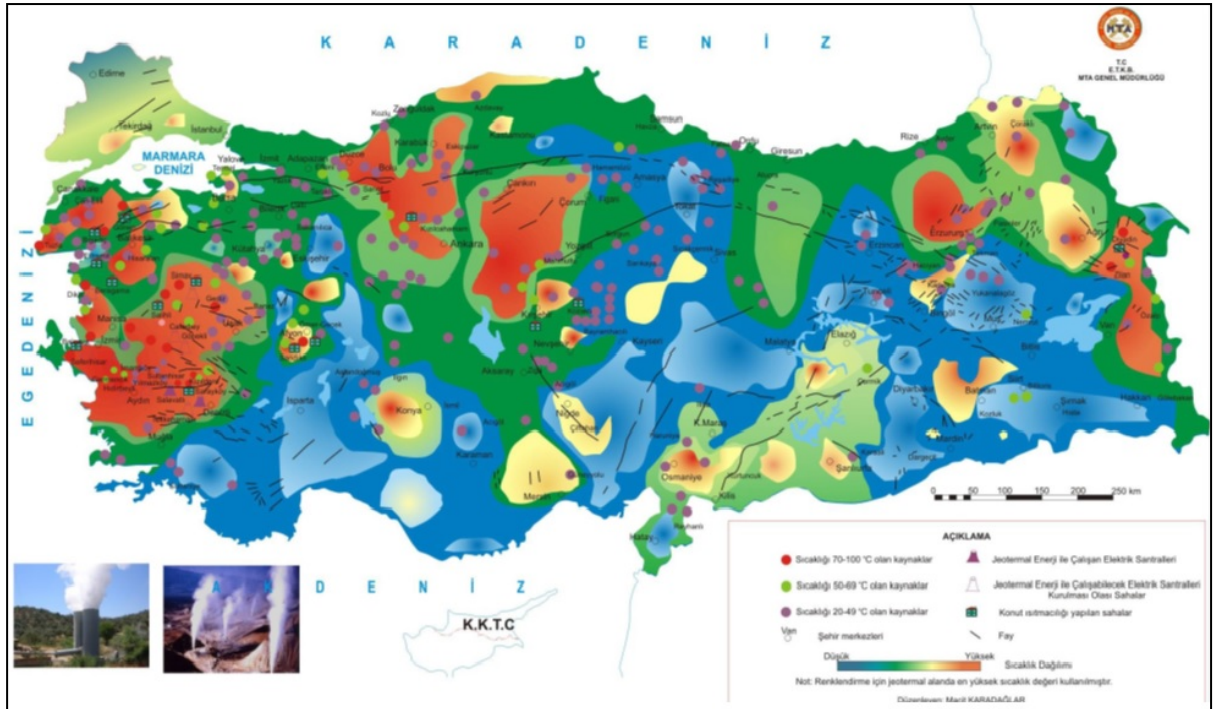
2.17 TÜRKİYE’DE JEOTERMAL ENERJİ

Türkiye Alpin Orojenik Kuşak üzerinde bulunduğu ve genç oluşumlu bir ülke olduğundan, tektonik olarak hareketli bir bölgede bulunmaktadır. Aktif bir konumda bulunan ülkemizde orojenik hareketler sonucu oluşan faylanmalar, jeotermal enerjinin yeryüzüne çıkışına neden olmaktadır. Ülkemizde bulunan birçok jeotermal enerji kaynakları bu fay hatları ile ilişkilidir. Ülkemiz jeotermal potansiyel olarak Dünya’da yedinci sırada iken Avrupa da ilk sırada yer almaktadır. Türkiye’de jeotermal enerji konusundaki ilk çalışmalar, 1962 yılında Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. İlk arama sondajı, 1963 yılında, İzmir-Balçova’da açılmış ve 40 m’de 124 °C sıcaklığında sıcak su ve buhar bulunmuştur. 1968’de Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı (UNDP) ile yapılan ortak çalışmalarda Denizli-Kızıldere jeotermal alanı keşfedilmiştir. Daha sonra Aydın-Germencik (232 °C), Manisa-Salihli-Göbekli 182 °C, Çanakkale-Tuzla (174 °C), Aydın-Salavatlı (172 °C), Kütahya-Simav (162 °C) ve İzmir-Seferihisar (153 °C), İzmir-Dikili (130 °C) keşfedilmiştir. Türkiye, sahip olduğu jeolojik yapı gereğince, jeotermal enerji bakımından zengin bir potansiyele sahiptir. Genellikle ülkemizden çıkan sıcak sular “düşük ve orta sıcaklıklı” jeotermal alanlar grubuna girmektedir (Çizelge 2.3). Bunun yanında özellikle Batı Anadolu kuşağında yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar da bulunmaktadır ve bu alanlarda elektrik üretimi yapılmaktadır (DPT 2001).

Çizelge 2.3 Türkiye’de yüksek entalpili jeotermal alanlar (DPT 2001).

JEOTERMAL ALAN	SICAKLIK (°C)	KAPASİTE MW	KULLANIM ALANI
Germencik - Aydın	232	0.10	Elektrik, Sera
Sultanhisar - Aydın	162	7.95	Elektrik
Kızıldere - Denizli	212	22.8	Elektrik, Sera
Tuzla - Çanakkale	174	9.00	Sera
Simav - Kütahya	163	61.6	Balneoloji, Isıtma, Sera
Dikili - İzmir	130	2.00	Sera
Balçova - İzmir	124	143.3	Balneoloji, Isıtma, Sera
Hisaralan - Balıkesir	100	0.49	Sera
Ömer Gecek - Afyon	98	2.60	Balneoloji, Isıtma, Sera
Salihli - Manisa	98	0.37	Balneoloji, Isıtma
Kozaklı - Nevşehir	93	14.9	Isıtma, Sera
Çamköy - Aydın	90	0.70	Balneoloji, Isıtma

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından Dünya'daki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı vardır (Şekil 2.12). Bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygundur. Türkiye'de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da keşfedilmiştir. Ancak ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi düşük seviyede kalmıştır. Halen 20.4 MWe brüt kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere santrali günümüzde net 12 MWe elektrik üretmektedir. Aydın-Germencik'te (232 °C) ise aşamalı olarak yaklaşık 150 MWe gücüne ulaşacak portable üniteler için Yap-İşlet-Devret modeline göre işlemler sürdürülmektedir. Balneolojik amaçlı kullanımlar için sıcaklık alt sınırı 20 °C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla ülkemiz Avrupa'da birinci sırayı almaktadır. Sadece kaynakların boşalımları değerlendirildiğinde potansiyel 600 MW_t civarındadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün 35 yıllık süre içerisinde açtığı toplam 120000 m derinliğindeki 305 adet jeotermal amaçlı sondaj ile bu potansiyele yaklaşık 2000 MW_t katkı sağlanmıştır. Böylelikle, Türkiye'nin ispatlanmış termal kapasitesi (kuyu ve kaynak) 2600 MW_t civarına ulaşmıştır. Muhtemel jeotermal potansiyelimiz ise 31500 MW_t'dir (5000000 konut eşdeğeri). Bu da Türkiye'deki konutların en az %30'unun jeotermal kaynaklarla ısıtılacağı anlamına gelmektedir. Bu da 30 Milyar m³ doğalgaz eşdeğeri (DPT 2001).



Şekil 2.12 Türkiye jeotermal alanlar haritası (MTA 2014).

BÖLÜM 3

BURSA BÖLGESİ JEOLJİSİ VE JEOTERMAL KAYNAKLAR

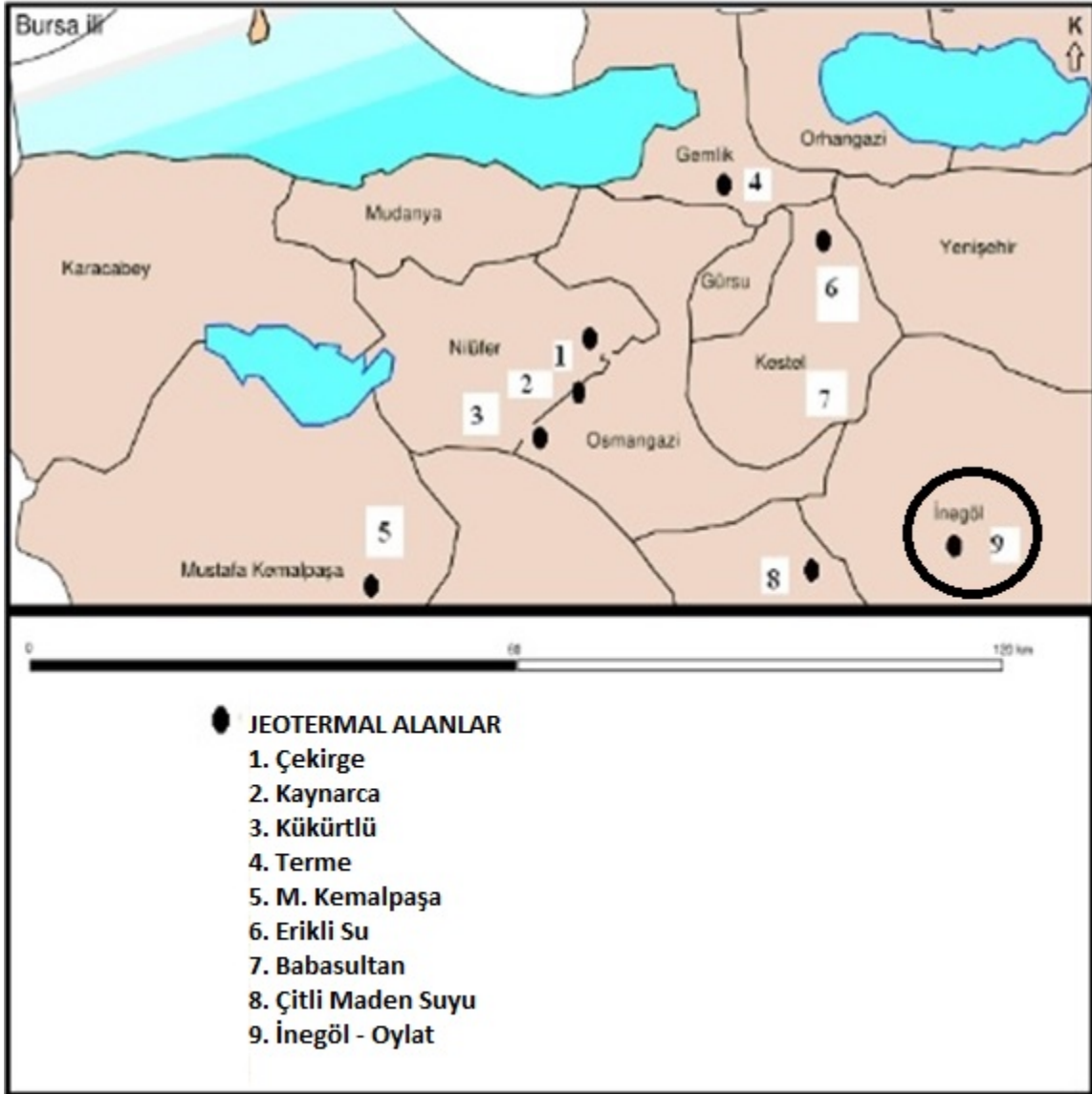
3.1 BURSA İLİ TARİHİ, KONUMU VE COĞRAFYASI

Bursa ili M.Ö. 4. yüzyılda Bithynia Devleti kurulana kadar çeşitli kolonilerin egemenliği altında kalmıştır. O tarihte Bursa ve civarında var olan tek kent Cius/Gemlik'tir. Bursa ve çevresinde kurulan ilk kentler olan Cius/Gemlik'in kuruluşu M.Ö. 12. yüzyıla, Apamea/Mudanya kentinin 10. yüzyıla, Apollonia/Gölyazı'nın ise 6. yüzyıla uzamaktadır. Lidya ve Pers egemenliklerinden sonra bölgede bağımsız bir Bithynia Krallığı kurulmuştur. Aynı zamanda Bilecik ilinin de içinde bulunduğu Bithynia Krallığı, M.Ö.74 yılında Roma'ya bağlanmıştır.

Bursa 40 derece boylam ve 28-30 derece enlem daireleri arasında Marmara Denizinin güneydoğusunda yer alır. Türkiye'nin nüfus açısından dördüncü büyük kentidir. Bursa ili, doğuda Bilecik, Adapazarı, kuzeyde Kocaeli, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, güneyde Kütahya, batıda Balıkesir illeriyle çevrilidir. Bursa 17 ilçeye sahip olup Bursa, Mustafa Kemal Paşa, İnegöl, Yenişehir, Karacabey, İznik ve Orhangazi en büyük ovalarıdır.

Marmara bölgesinin güneyinde ve Batı Anadolu'nun en yüksek dağı olan Uludağ'ın (2543 m) eteklerinde yer alan Bursa, deniz seviyesinden 70 m yüksekte olup, güneye doğru gittikçe bu mesafe artmaktadır (Şekil 3.1).

Bursa bölgesi genellikle ılıman bir iklime sahip olmakla birlikte bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Kuzey'de Marmara Denizi'nin ılık ve yumuşak iklimi, Güney'de ise Uludağ'ın sert iklimi kendini göstermektedir.



Şekil 3.1 Bursa yer bulduru haritası ve jeotermal alanlar (Ertürk 2010).

3.2 AKARSULAR

Bölgede bulunan en etkin çay Nilüfer çayı ve kollarıdır. DSİ tarafından 1953-1969 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Nilüfer çayının debisi $355 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür. Nilüfer çayının günümüze kadar artan kirliliği yakalanan bu debi değerine tekrar ulaşılmasını zorlaştırmaktadır.

Bursa civarındaki adi soğuk su kaynakları, Uludağ metamorfik şistlerinden, Karakaya formasyonundan, Kalabakkaya formasyonundan, Neojen kumtaşı, Konglomara ve Gölsel kireçtaşı seviyelerinden çıkar. Genel olarak bu soğuk su kaynaklarının debileri $0.1-50 \text{ lt/s}$ 'dir. Bursa ovasının büyük kısmı artezyen sahasıdır. Ovada halk tarafından basit usullerle açılan kuyuların derinlikleri $5-150 \text{ m}$ arasında değişmektedir. Artezyen basıncına genel olarak 50 m 'den derin kuyularda erişilmektedir. Bursa ovasında 1966 yılında $2.4-5.1 \text{ lt/s}$ debilerinde ve derinlikleri $20-300 \text{ m}$ arasında değişen kuyular açılmıştır. Bu kuyulardan elde edilen sular merkezi bir üniteden Çekirgenin güneyindeki depolara sevk edilmekte ve buradan şehre verilmektedir. Şehrin temiz su ihtiyacı büyük oranda Doğancı, Demirtaş ve Hasanağa Barajlarından sağlanmaktadır (Etemoğlu vd. 2006).

3.3 İKLİM

Genel olarak Akdeniz ikliminin egemen olduğu Bursa ili iklim açısından bir geçiş alanıdır. Sıcaklığı fazla yüksek olmayıp, yaz kuraklığı da çok değildir. Bölgede sis olayı çok sık gözlenir. Bulutlu gün sayısı Ege ve Akdeniz bölgesine nazaran fazladır. Yıllık ortalama sıcaklık $13.5 \text{ }^\circ\text{C}$ civarındadır. En soğuk aylar Şubat-Mart ve en sıcak aylar Temmuz-Eylül'dür (Çizelge 3.1).

Kış aylarında bölgenin neredeyse tamamında kar yağışı olur, Uludağ'ın zirvesinde en yüksek kar kalınlığı 375 cm ulaşmış olup yıllık ortalama kar yağışı 1500 mm 'dir. Kışın Güney-Güney Batı yönlü rüzgârlar etkilidir.

Bölgenin yüzey şekilleri fazla engebeli değildir. Doğal bitki örtüsü Kuzey Anadolu ya da Avrupa-Sibirya bitki coğrafya bölgesinin bitki örtüsü bölümüne girer. Uludağ yükseltiye bağlı bitki kuşaklarının gözlenebildiği Dünya'nın ender köşelerindedir. Uludağ yamaçlarında

karişik yapraklı orman kuşaaının üzerinde kayın, yükseldikçe Uludağ göknarından oluşan iğne yapraklı ormanlara geçilir (Ertürk 2010).

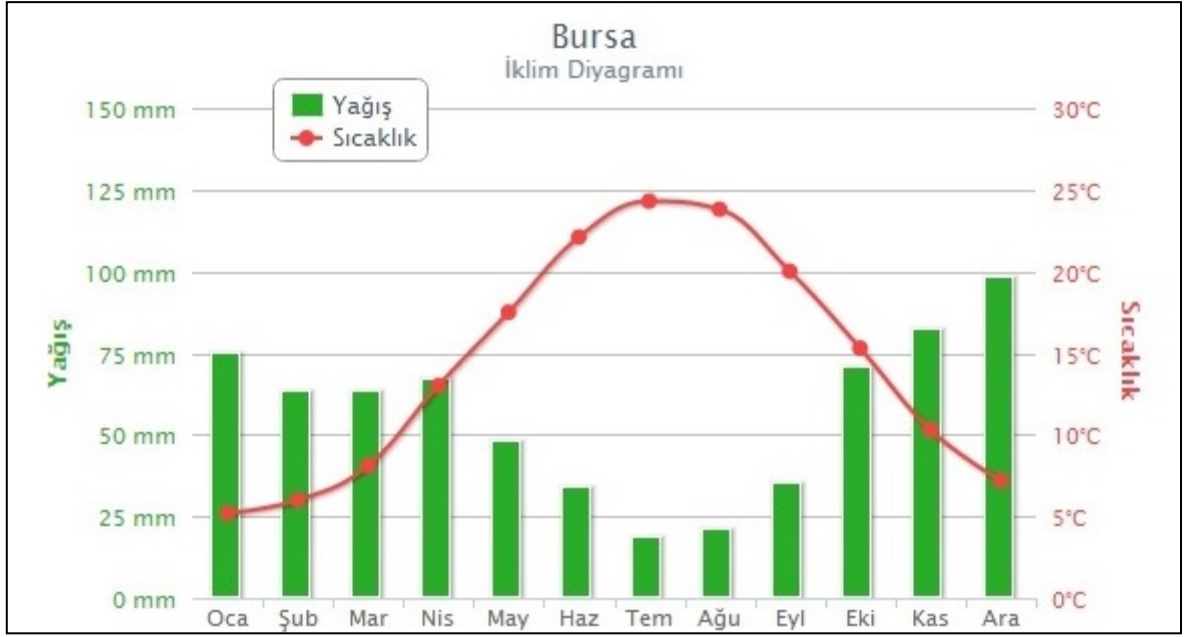
Bursa ilinde genellikle yağış batıdan doğuya doğru azalır, zira batıdan gelen nemli hava kitleleri yağışlar bırakarak, gittikçe daha az nemli olarak doğuya doğru devam ederler. Bursa'da 2013 yılı sıcaklık ve yağış grafiği Şekil 3.2'de verilmiştir.

Yıllık ortalama sıcaklık 13.5 °C civarındadır. Bölgede en soğuk aylar Şubat-Mart en sıcak aylar Temmuz-Eylül aylarıdır. Haziran ortalarından - eylül ortalarına kadar yaz kuraklığı görülür. Yıllık ortalama yağış miktarı 713.1mm'dir.

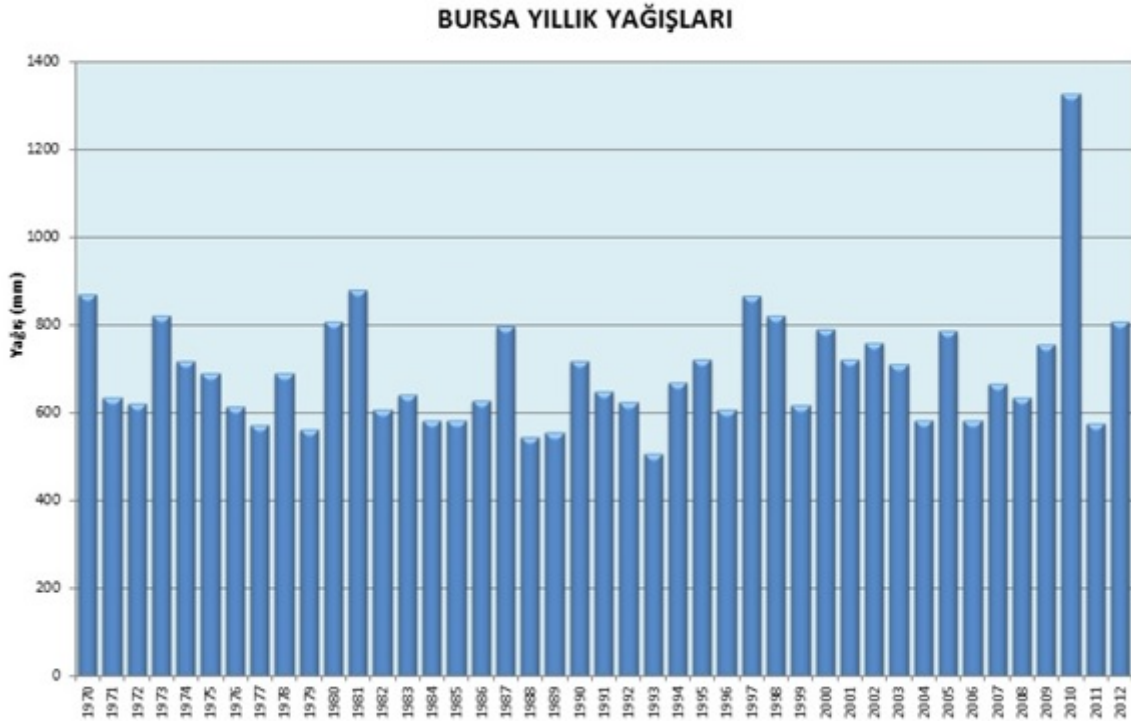
Bursa ilinde en çok kış ve ilkbahar aylarında yağmur yağmaktadır. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde açıklanan, Bursa'ya ait uzun yıllar (1970-2012) arasında gerçekleşen ortalama yağış süreleriyle ilgili değerler Şekil 3.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Bursa ili uzun yıllar ortalama iklim istatistikleri (MGM 2014).

BURSA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık °C	5.2	6.1	8.4	12.8	17.6	22.2	24.5	24.1	20.1	15.3	10.6	7.4
En Yüksek Sıcaklık °C	9.4	10.7	13.7	18.7	23.7	28.5	30.8	30.8	27.1	21.8	16.4	11.6
En Düşük Sıcaklık °C	1.5	2.0	3.6	7.2	11.2	14.9	17.2	17.1	13.6	10.0	5.9	3.6
Güneşlenme Süresi (saat)	3.6	3.2	4.1	5.3	7.6	9.5	10.4	10.6	7.5	5.3	4.1	2.5
Yağışlı Gün Sayısı	14.6	13.3	12.6	12.0	8.3	5.7	3.2	3.0	5.4	9.3	11.1	14.6
Aylık Toplam Yağış kg/m ²	84.8	72.9	69.3	66.2	43.0	33.2	16.1	16.6	38.8	69.7	78.1	109.6
En Yüksek Sıcaklık °C	25.2	26.9	30.6	35.5	35.9	41.3	43.8	41.9	38.9	37.3	31.0	27.3
En Düşük Sıcaklık °C	-19.2	-16.8	-10	-3.1	1.6	4.0	9.0	8.6	5.0	-1.0	-4.6	-16.3



Şekil 3.2 Bursa 2013 yılı sıcaklık ve yağış grafiği (MGM 2014).



Şekil 3.3 Bursa 1970-2012 yılları arası yağış değişim grafiği (MGM 2014).

3.4 STRATİGRAFİ

Çalışma alanı yaşlıdan gence doğru, Prekambriyen-Paleozoyik yaşlı Uludağ Masifi, Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı'na ait Nilüfer birimi ve Orhanlar grovakı, Jura yaşlı Bayırköy ve Bilecik formasyonları, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar, Eosen yaşlı Kapıdağı graniti, Eosen kırıntılıları ve volkanitleri, Miyosen yaşlı Uludağ graniti, Ezine volkaniti ve Soma formasyonu, Geç Miyosen yaşlı akarsu çökellerinden oluşan Karasu formasyonu, Pliyosen-Pleyistosen yaşlı yine akarsu istifinden oluşan Manyas formasyonu, Geç Pleyistosen yaşlı akarsu taraçaları ve Holosen yaşlı Bursa traverteni, alüvyal yelpaze çökelleri, yamaç molozu, moloz akması ve alüvyonlardan oluşmaktadır. Temeli oluşturan Uludağ şistleri; gnays, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, yer yer mermer, kalkşist bant ve mercceklerinden oluşur. Ketin (1947) şistleri A ve B serisi olarak gruplandırılmıştır. A-Serisi, çeşitli gnays türleri ve amfibolit, mermer, hornblend içermektedirler. B-Serisi, mikaşist, fillit, mermer olarak yerleşmektedir (Erişen ve Öngür 1976).

Uludağ mermer ve yarı mermerleri, Uludağ şistleri üzerine yer yer diskordansla oturup (Ketin 1947), bazen de şistler içerisinde bant ve merccekler halinde bulunmaktadır. Paleozoyik olarak nitelenen birimin üst sınırında genellikle diskordan olarak Neojen ve Kuvaterner çökeller yer almaktadır (Erişen ve Öngür 1976). Erk (1942) ve Imbach (1997) birimin Erken Permiyen yaşlı olduğunu belirtmektedirler.

Karakaya Formasyonunu oluşturan kaya birimleri, epidot-aktinolit-glokofan şist, hornblendepidot-kuvars şist, aktinolit-epidot-muskovit şist, kuvars-epidot-glokofan şist, metaspilit, grovak ve kireçtaşı bloklarının karmaşığı biçimdedir. Formasyonun üst sınırında Neojen ve Kuvaterner çökelleri diskordan olarak bulunmaktadır (Erişen ve Öngür 1976). Birimin yaşı Triyas olarak belirtilmektedir (Bingöl 1973).

Tetiker (2009) yaptığı çalışmada ise KB Anadolu'da Alt Karakaya birimi olan Nilüfer birimi alt düzeyi mavişist (glokofan şist, glokofan fillit), şist (Muskovit şist, aktinolit şist), üst düzeyleri ise yeşilşist (sleyt, metabazalt, metatüf, mermer, meta kumtaşı) fasiyesine karşılık gelen kaya türleri içerdiğini belirtmektedir.

Çekirge güneydoğusundaki Kalabakkaya sırtlarındaki Kalabakkaya formasyonu, kuvarsit, boynuztaşı, limonit çimentolu breş ve konglomera, konglomeratik kumtaşı ve konglomera ile

temsil edilmektedir. Limonit çimentolu konglomeralar kuvarsit, şist ve kuvars tanelerinden oluşmaktadır (Erişen ve Öngür 1976).

Neojen seviyeler, konglomera, kumtaşı, kil, silt, marn ve kireçtaşı tekrarlaması ve konglomera, kumtaşı, kil, silt, marn, kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır (Erişen ve Öngür 1976). Konglomeralar şist, kuvarsit, mermer ve kuvars parçalarından ve Uludağ Masifinin malzemesinden meydana gelmektedir (Ketin 1947).

Imbach (1997), Uludağ'ın batısında, sıcak su kaynaklarının yakınlarındaki Neojen yaşlı sediment kalıntıları ve Orta ve Geç Miyosen yaşlı volkanik kayaların doğrudan düşük dereceli metamorfik kayalar üzerine uzandıklarını belirtmektedir.

Traverten, sinter ve alüvyonlardan oluşan Kuvaterner çökeller Kuvaterner yaş ile temsil edilmektedir. Traverten oluşukları Kükürtlü-Kaynarca jeotermal alanında, Çekirge, İnkaya çevrelerinde yaygındır. Kükürtlü-Kaynarca jeotermal alanında oluşmuş travertenler az boşluklu, sıkı dokulu, çoğu kez çatlaklarında aragonit kristalleşmelidirler (Ertürk 2010).

3.5 TEKTONİK

Uludağ-Bursa bölgesi Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinin etkisinde kalmıştır. Bölgenin geçirdiği üç ayrı orojenezden dolayı, antiklinal ve senklinaller oluşmuştur (Ketin 1966).

Neotektonik konumu açısından bakıldığında, Uludağ-Bursa bölgesi aktif iki fay kuşağı olan Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege Açılma Sistemi arasında bulunmaktadır (McKenzie 1972, Şengör 1979, Yılmaz 1990).

Bursa-Uludağ bölgesindeki neotektonik aktivite, doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayının en batıdaki segmentine ilişkin hareketlerle kontrol edilmektedir (Eyidoğan vd. 1991, Imbach 1997).

1947 yılında Ketin tarafından adlandırılan Kuzey Anadolu Fay Zonu, yaklaşık 1500 km uzunluğunda, sağ doğrultu atımlı bir zondur. Fay boyunca son 65 yılda magnitudü 7.0'den büyük depremler olmuştur. Bunlar 1939 Erzincan (M=7.9), 1942 Erbaa-Niksar (M=7.1), 1943

3.6 BURSA BÖLGESİ JEOTERMAL KAYNAKLAR

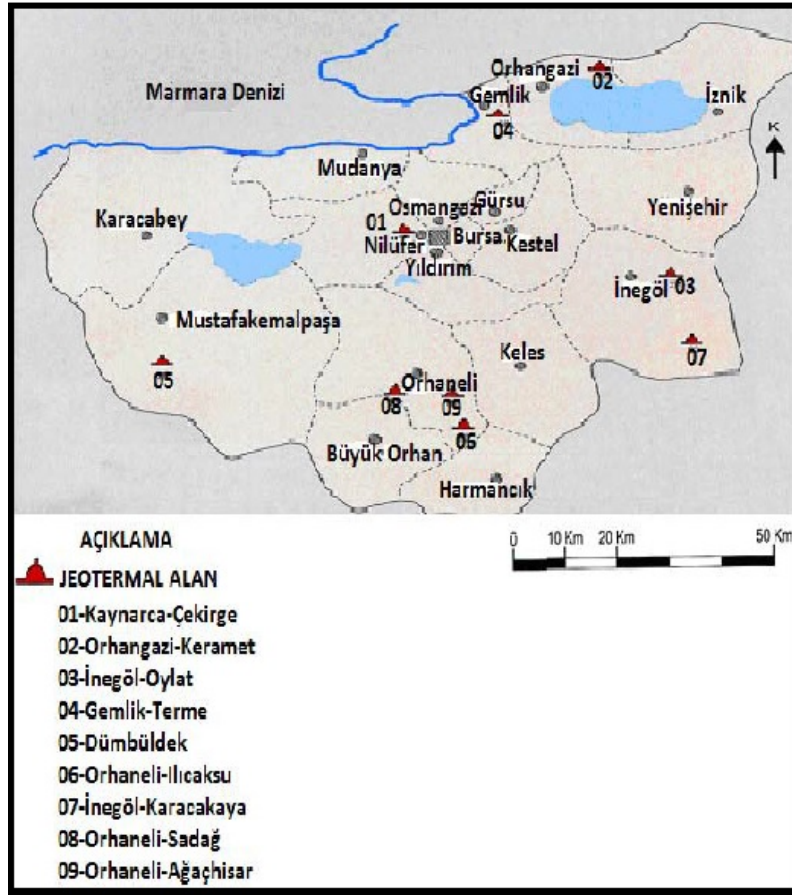
3.6.1 Bursa'da Jeotermal Kaynakların Tarihi Gelişimi

Alp-Himalaya kuşağında yer alan İtalya, Yunanistan, Tibet ve Çin Halk Cumhuriyeti ile beraber ülkemiz de oldukça yüksek jeotermal potansiyeline sahiptir. Türkiye, ısıtma amaçlı jeotermal enerji potansiyeli ile Dünya'da ilk yedi ülke arasına girmektedir (Etemoğlu vd. 2006). Bugün ülkemizde 600-1200 arası hidromineral ve termomineral kaynaklar mevcuttur. Yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar genellikle Batı Anadolu, düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar ise Orta ve Doğu Anadolu'dadır (Akkuş vd. 2005).

Bursa jeotermal enerji kaynakları bakımından zengin illerimizden birisidir. Özellikle Bursa'daki sıcak su kaynakları tedavi amaçlı kaplıçalarda ve turistik tesislerde kullanılmaktadır. Jeolojik olarak çok eski tarihlere uzanmakla birlikte Bursa'da kaplıcaların halka mal edilmesi Bizans İmparatorluğu dönemine rastlar. Bugün Çekirge olarak bilinen bölgede "Piti" adında bir su kenti kuran Bizanslılar, Justinianus döneminde buraya görkemli bir saray ile büyük bir hamam yaptırmışlardır. Osmanlı İmparatorluğunun ilk başkenti olan Bursa, bu önemli özelliğini korumuş, padişah, devlet adamları ve yüksek rütbeli askerler de dâhil olmak üzere sağlık, yenilik ve dinlenme arayışında olan tüm halk kitlelerinin uğrak yeri olmuştur. Jeotermal enerji ile ilgili ilk araştırmalar genellikle sıcak su kaynaklarının bulunduğu bölgelere yönelmiştir. Ülkemize yeni enerji kaynakları kazandırmayı amaç edinen bu araştırmalarla ilgili olarak MTA jeofizik rezistivite ekibi jeotermik enerji yönünden Bursa kenti sıcak su kaynaklarını da içine alan bir sahayı incelemiştir. Etüdün amacı, jeolektrik parametrelerin sıcaklıkla değişiminden yararlanarak jeotermal akışkanı içeren rezervuar kayacın durumun belirlemek ve tektonik yapıyla olan ilişkisini ortaya koymaktır (Erişen ve Öngür 1976).

3.6.2 Sıcak Su Kaynakları

Bursa sıcak suları Çekirge, Kaynarca, Oylat ve Bursa civarı sıcak su kaynakları olmak üzere dört farklı termal bölgeye ayrılmaktadır (Şekil 3.5). Bursa çevresindeki jeotermal suların fiziksel özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir (Ertürk 2010).



Şekil 3.5 Bursa ili jeotermal alanları (Ertürk 2010).

Çizelge 3.2 Bursa ve çevresinde ölçülen jeotermal suların fiziksel özellikleri (Ertürk 2010).

Lokasyon	Yükseklik (m)	T (°C)	pH	Eh (Mv)	EC (Ms/c)	O ₂ (mg/lt)
Çekirge	226	42.6	7.1	161	573	6.5
Zeynine	241	40.2	7.3	647	590	5.5
Kaynarca	153	66.4	7.4	366	1210	6.6
Uludağ Rehabilitasyon	143	68.5	6.9	267	1410	3.2
Dümbüldek	79	51.1	6.6	50	2780	1.1
Gemlik	2	36.5	7.3	182	461	5.6
İnegöl - Oylat	693	40.6	7.3	282	716	4.9
Çitli	463	14.0	7.0	121	5720	6.1
Babasultan 1	728	14.5	8.0	270	291	11.3
Babasultan 2	729	10.4	8.4	275	292	11.2
Babasultan 3	688	20.0	7.8	281	310	6.5
Erikli	145	18.4	7.0	334	44	8.4

(T: Sıcaklık, pH: Hidrojen gücü, Eh: Redoks potansiyeli, EC: Elektriksel iletkenlik, O₂: Oksit)

3.6.2.1 Çekirge Grubu Sıcak Su Kaynakları

Çekirge gubu sıcak su kaynaklarının olduğu bölgeyi, Paleozoyik yaşlı gnays, amfibolit ve mikaşistten kurulu Uludağ metamorfik şistleri ile Uludağ mermer ve yarı mermerleri oluşturur (Erişen ve Öngür 1976). Gnays, mermer, çakıltası ve kumtaşı birimleri ve bunları kesen fay zonları rezervuar kaya özelliğindedir (Ertürk 2010). Çekirge Kaynağının (Polis evi) deniz seviyesinden yüksekliği 226 m iken (Çizelge 3.2), besleme alanlarının deniz seviyesinden 1500 ile 2100 m yükseklikte olduğu kabul edilmektedir. Termal su kaynağının sıcaklığı 42 °C, pH değeri 7.06'dır (Ertürk 2010). Zeynine Kaynağı (Yıldız Otel) deniz seviyesinden 241 m yüksekliktedir (Çizelge 3.2). Zeynine kaynağının çıkış noktası Neojen içinde olduğu kabul edilmekte olup, 2-3 metre derinlikte toprakla örtülüdür. Kaplıcanın suları banyo olarak romatizmal sendromlara, hareket sistemlerinin ağrılı hastalıklarına, damar tıkanıklıklarına, diyabet, gut ve metabolizma bozukluklarına, içme olarak da karaciğer ve safra yolları hastalıklarına iyi gelmektedir (KTB 2013). Şu an Çekirge bölgesindeki sıcak su kaynakları tedavi amaçlı rehabilitasyon merkezlerinde, kaplıca turizminde hizmet vermektedir (Ertürk 2010).

3.6.2.2 Kaynarca Grubu Sıcak Su kaynakları

Alanda Paleozoyik yaşlı gnays, amfibolit ve mikaşistten kurulu Uludağ metamorfik şistleri ile Uludağ mermer ve yarı mermerleri oluşturur (Erişen ve Öngür 1976). Gnays, mermer, çakıltası ve kumtaşı birimleri ve bunları kesen fay zonları rezervuar kaya özelliğindedir (Ertürk 2010). Kaynarca Yeni Kaplıca Kaynağının deniz seviyesinden yüksekliği 153 m'dir (Çizelge 3.2). Kaynarca kaynağının çıkış noktası traverten içinde yer almaktadır. Kaynak sıcaklığı 66.4 °C, pH değeri 7.36'dır. Bölgede yer alan termal otellerin çoğu bu kaynaktan beslenmektedir. Şu an Kaynarca bölgesindeki bu sıcak su kaynağından Yeni Kaplıca hamamı olarak termal turizminde kullanılmaktadır (Ertürk 2010). Kükürtlü Uludağ Rehabilitasyon Merkezi Kaynağının deniz seviyesinden yüksekliği 14 m (Çizelge 3.2). Uludağ Üniversitesi Rehabilitasyon merkezi bahçesi içerisinde yer almaktadır. Kaynak sıcaklığı 68.5 °C, pH değeri 6.85'dir (Ertürk 2010). Bu kaplıcanın suları banyo olarak romatizmal sendromlara, hareket sistemlerinin ağrılı hastalıklarına, damar tıkanıklıklarına, diyabet, gut ve metabolizma bozukluklarına, içme olarak da karaciğer ve safra yolları hastalıklarına ve damar hastalıklarına ve kronik iltihaplı hastalıklara iyi gelmektedir (KTB 2013).

3.6.2.3 Bursa Çevresindeki Sıcak Su Kaynakları

Dümbüldek jeotermal alanındaki en yaşlı birim Triyas yaşlı, çakıltası, kumtaşı, bazalt, radyolarit, diyabaz ve çamurtaşından oluşan Karakaya Karmaşığdır. Miyosen-Pliyosen yaşlı, andezit, tuf ve aglomeralardan oluşan volkanitler ile çakıltası, kumtaşı, marn ve kilden oluşan karasal çökellerden meydana gelen birim Mudanköy formasyonu ile temsil edilir. Kuvaterner, yamaç molozu ve alüvyondan meydana gelir. Özbayrak (1994) buradaki volkanitlerin rezervuar kaya özelliğinde olduğunu belirtmektedir. Kaynağın deniz seviyesinden yüksekliği 79 m'dir (Çizelge 3.2). Kaynak sıcaklığı 51.1 °C, pH değeri 6.57'dir (Ertürk 2010). Belediye tarafından işletilen otel ve hamamlar vardır. Banyo olarak ağrılı sendromlar, periferik sirkülasyon düzenleyici, içindeki demir nedeniyle cilt üzerinde astrogen olarak ve deri üzerindeki kırıksıklıkları giderici içme olarak da karaciğer, mide, bağırsak, pankreas ve safra kesesi rahatsızlıklarını giderici özellikleri bulunmaktadır (KTB 2013).

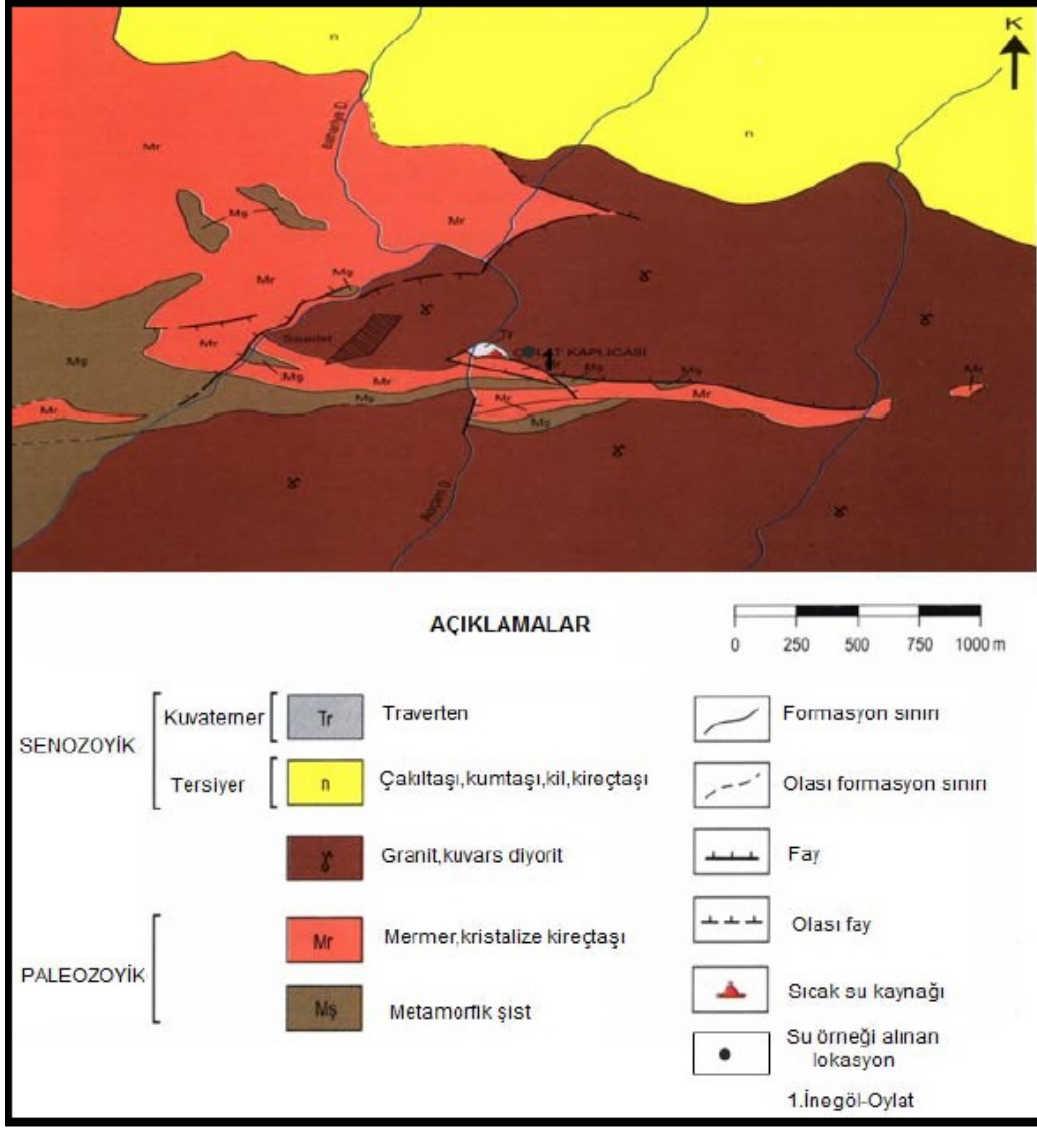
3.6.2.4 Gemlik-Terme Jeotermal Alanı

Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin yer aldığı alanda, en yaşlı birim İznik metamorfikleri olup, birim mermer, şist ve meta volkaniklerden oluşur. Senozoyik, Eosen yaşlı Kurbandağı formasyonu ile temsil edilir. Birim kiltası, kumtaşı, çakıltası, lav, tuf ve aglomeradan oluşur. Mermer ve kireçtaşları rezervuar kaya özelliğindedir (Ertürk 2010).

Kaynağının deniz seviyesinden yüksekliği 2 m'dir (Çizelge 3.2). Bölgede yapılan su analizleri sonucu kaynak sıcaklığı 36.5 °C, pH değeri 7.27 olarak ölçülmüştür (Ertürk 2010). Gemlik-Terme bölgesinde otel, lokanta ve bir havuzu bulunmaktadır. Kaynağın suyu romatizma, nevralsi, zihinsel yorgunluklar, nevrasteni ve kalp hastalıklarına iyi gelmektedir (KTB 2013).

3.6.2.5 İnegöl-Oylat Kaplıcaları

Paleozoyik yaşlı metamorfik temel gnays, mikaşist, mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Metamorfikleri kesen granitik sokulumlar geniş yer kaplar. Çakıltası, kiltası, kumtaşı ve kireçtaşından oluşan Tersiyer çökelleri ve travertenler en genç oluşuklardır (Şekil 3.6). Mermer ve kristalize kireçtaşları rezervuar kaya niteliğindedir (Gökalp 1972, Ertürk 2010).



Şekil 3.6 İnegöl-Oylat jeotermal alanının jeoloji haritası (Gökalp 1972, Ertürk 2010).

Oylat jeotermal sıcak su kaynağı kaplıca amaçlı termal turizme hizmet vermektedir. Oylat kaplıcası Bursa ilinin, İnegöl ilçesine 27 km uzaklıkta, Oylat deresi kenarındadır. Kaplıca iki tarafı vadilerle çevrilmiş bir yamaç üzerinde kurulmuştur. Uludağ eteklerinde dağ ve iklim, tedavi için gerekli olan bol oksijenli temiz bir hava içerir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 İnegöl-Oylat kaplıcaları.

Deniz seviyesinden 693 m yükseklikte olan oylat kaplıcasının (Çizelge 3.2), 4 motel ve 2 kapalı yüzme havuzu bulunur.

Kaynak sıcaklığı 40.6 °C, pH değeri 7.29 olarak ölçülmüştür (Ertürk 2010). Bölgede yapılan ölçümlerin fiziksel değerleri eski çalışmalarla birlikte Çizelge 3.3’de verilmiştir. Oylat Kaplıcası suyunun sıcaklığı 40.6 °C olup termal turizm için uygun bir sıcaklıktır.

Çizelge 3.3 İnegöl-Oylat kaynağına ait fiziksel ölçümler (Ertürk 2010).

Lokasyon	Tarih	Çalışmalar	T (°C)	pH	EC
İnegöl-Oylat	2006	MTA	39.5	-	-
	2009	Deniz Ertürk	40.6	7.29	716

BÖLÜM 4

İNEGÖL-OYLAT JEOTERMAL KAYNAKLARININ TERMAL TURİZM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

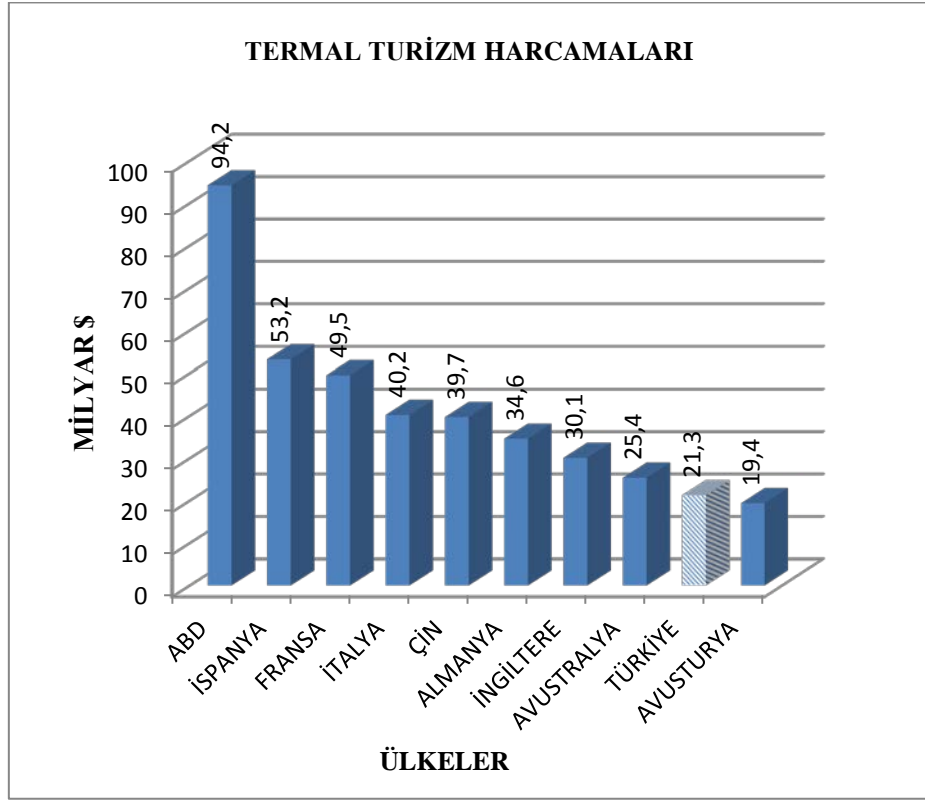
Değişen Dünya koşullarıyla birlikte turizm türlerinde de önemli değişiklikler olmuş, yeni turizm türleri tanımlanmaya başlanmıştır. Kültürel ve dini turizm yanında kaplıca turizminde gelişim göstermeye başlamıştır. Turizm türlerinin çeşitlendirilmesi kapsamında ele alınan birçok aktiviteden biri de sağlık turizmidir. Turizmi tüm bir yıla yayma ve turizmi çeşitlendirme kapsamında ele alınan sağlık turizmi gerçekte Hititlere kadar uzanmaktadır. Günümüze kadar geçen süreçte, sıcak su kaynaklarına olan ilgi giderek artmış ve sağlık açısından cazibe merkezleri haline gelmiştir. Böylece termal su kaynaklarına olan ziyaret, uzun süredir seyahatin en önemli nedenlerinden biri olurken ülkemizde kaplıcalara yönelik talep bir gelenek olmaya başlamıştır.

Termal kaynaklar tarihsel süreçte gerek sıcaklıkları ve gerekse kimyasal özellikleri yönüyle, çeşitli hastalıkların tedavisi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmışlardır. Anadolu'da içme, banyo ve çamur banyosu gibi tedavi amaçlı kullanım şekillerinin Hititlerden başlayarak günümüze kadar geldiği söylenebilir. Sağlık amaçlı kullanım yönüyle bu kaynakların özellikle Roma ve Bizans dönemlerinde daha da değer kazandığı bilinmektedir (Ülker 1988, Özgüç 2007). Günümüzde ise sanayi faaliyetlerine yönelik sıcak su temini, elektrik üretimi, konut ve seraların ısıtılması gibi kullanımlarının yanında, modern tıbbi destek olarak bazı hastalıkların tedavisinde yardımcı veya destekleyici tedavi kaynağı olarak görülmeye başlamıştır. Bu nedenle son zamanlarda reçetelere giren termal kaynaklar, doktor kontrolünde yapılan çok sayıda tedaviye cevap vermelerinin yanında, stresten uzaklaşmak, hayat kalitesini yükseltmek amacıyla olanlar için de tercih sebebidir (Ünal 2003).

Hava değişimi, deniz, kum, güneş, dağ, mağara, kaplıca, içme, çamur gibi doğal imkânlarla veya solunum yolu ile ya da mekanik ve elektrikli gereçler kullanılarak masaj ve beden eğitimine benzer yöntemlerle insan sağlığını koruma ve tedavi amacı taşıyan uygulamalardan

birinin veya birkaçının, gerekiyorsa hekim gözetiminde yapıldığı yer veya tesislere yönelik gezi türü sağlık turizmi olarak tanımlanmaktadır (Terzioğlu 2009).

Türkiye sağlık turizm gelirleri açısından bakıldığında; Dünya’da dokuzuncu sıradadır. Dünya’da ilk ona giren ülkeler Şekil 4.1’de verilmiştir (Gülen ve Demirci 2012).



Şekil 4.1 Dünya sağlık turizmi harcamalarında ilk on ülke (Gülen ve Demirci 2012).

Sağlık turizminde sunulan hizmetler üç ana başlıkta incelenmektedir. Bunlar; Sağlığı Geliştirmeye Yönelik Hizmetler (kaplıca, bitkisel tedavi, masaj vb.), Tedaviye Yönelik Hizmetler (estetik ameliyat, kalp ameliyatı, göz ameliyatı, kanser tedavisi vb.) ve Rehabilitasyon Hizmetleridir (diyaliz, bağımlılık programı, yaşlı bakım programı gibi) (Gonzales et al. 2001).

Sağlık turizminin ortaya çıkardığı faydalar ise somut ve soyut olmak üzere sınıflandırılmıştır (Yalçın 2006).

Sağlık turizminin somut faydaları (Yalçın 2006):

- Yabancı turistlerden kaynaklanan gelirler ülkelerin ekonomik refahına katkı sağlamaktadır.
- Sağlık turizmi, gelişmekte olan ülkelere, fiyat tarifelerinde gelişmiş ülkelere karşı maliyet avantajı sağlamaktadır.
- Ülkeler arasındaki bilgi paylaşımını arttırmaktadır.
- Ülke içinde veya dışında stratejik ortaklık sağlamaktadır.
- Ülkeler arasında teknoloji ve bilgi transferi sağlamaktadır.
- Yabancı hastalara sunulan fırsatlar, kendi ülkelerindeki hastalara da daha iyi hizmet sunulmasını sağlamaktadır.
- Global pazarlama ve tıbbi ticareti sağlamaktadır.

Sağlık turizminin soyut faydaları (Yalçın 2006):

- Ülkelerin global sağlık bakım sunucusu olarak uluslararası kabulünü sağlamaktadır.
- Sosyal ve kültürel deneyimlerin paylaşılmasını sağlamaktadır.
- Uluslararası ilişkilerin gelişmesine katkı sağlamaktadır.
- Ülkelere Dünya düzeyinde sağlık bakım hizmeti sunduğu imajını kazandırmaktadır.
- Rekabet avantajı sağlamaktadır.
- Hastane destek hizmetler arasında daha iyi koordinasyon sağlamaktadır.
- Kamu ve özel sektör ortaklığı sağlamaktadır.
- Hasta memnuniyetini artırmak olarak sıralanabilir

4.1 TERMAL (KAPLICA) TURİZM

Sıcak mineralli (şifalı) sulardan yararlanılması beş bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Astekler ve Kızılderililer jeotermal kaynakların (suların) kutsal, iyileştirici olduğuna ve mucize yarattığına inanmışlardır. Tarih boyunca insanlar bu sulardan dini amaç, temizlik, dinlenme, tedavi gibi şekillerde yararlanmışlardır. Bu kaynaklar jeotermal kuşakların yer aldığı ülkelerde; Avrupa'da (orta, doğu, güney Avrupa), Asya (Çin, Japonya, Ortadoğu, Türk Cumhuriyetleri), Kuzey Afrika'da (Fas, Tunus) yaygın olarak yer almaktadır. Ülkemizin de içinde bulunduğu birçok ülkede kaplıca tedavisinin geleneksel ve ampririk niteliği pek

değişmezken Almanya, Fransa, Avusturya, İtalya, Japonya, İsrail gibi ülkelerde kaplıca tedavisi yüksek bir kalite standardına ulaşmış sonuç olarak çağdaş anlamda kaplıca-sağlıklı yaşam şehirleri oluşmuştur (Özbek 2009).

Termal turizm veya kaplıca turizmi; mineralize termal su banyosu, içme, inhalasyon, çamur banyosu gibi çeşitli türdeki yöntemlerin yanında, iklim kürü, fizik-tedavi, rehabilitasyon, egzersiz, psikoterapi, diyet gibi destek tedavilerin birleştirilmesi ile yapılan kür (tedavi) uygulamaları için meydana gelen turizm hareketi olarak tanımlanır. Bu uygulamaların yapıldığı tesislere ise “Termal Kür Merkezi veya Kaplıca Tedavi Merkezi” denilmektedir (Özbek 1991).

Anadolu’da şifalı sıcak sulardan yararlanarak tedavi olma geleneğinin, M.Ö. 2. yüzyıldan itibaren Batı Anadolu bölgesinde yer alan Allianoi kaplıca bölgesinde başladığını söyleyebiliriz. MÖ 4. ve 5. yüzyıllarda Herodot ve Hipokrat eserlerinde kaplıca tedavisinin ana ilkelerinin ele alındığı bilinmektedir (Gülen ve Demirci 2012).

Termal turizmin kapsamına giren diğer uygulamaları ise şu şekilde açıklamak mümkündür (Ünal ve Demirel 2011, Tunç ve Saç 1998).

- **Balneoterapi;** doğal mineralli suların belirli bir sürede, gün boyu bölünmüş dozlarda ve belirli miktarlarda içilmesi ile yapılan kürlerdir.
- **Talassoterapi;** deniz suyu ve diğer deniz değerleri kullanılarak yapılan kür uygulamalarıdır.
- **Hidroterapi;** genellikle tatlı sular vasıtasıyla 20 °C seviye sıcaklığındaki sularla yapılan kürlerdir.
- **Speleoterapi;** mağara ortamlarından yararlanılarak yapılan tedavi türüdür.
- **Peliodoterapi;** mineralli çamurlardan faydalanılan tedavi türüdür.
- **Spa;** termal ya da deniz suyunun ağırlıklı olarak kullanıldığı vücut bakımı ve tedavileri için kullanılmaktadır.

4.1.1 Kaplıca Sularının Fizyolojik Etkileri ve Olumlu Etki Yaptığı Rahatsızlıklar

Kaplıca sularında erimiş halde bulunan madensel tuzlarla birlikte, gözle görülmeyen radyoaktif ışınların birçok hastalığa deva olduğu çok eski çağlardan bu yana bilinmektedir. Ayrıca bu suların, mikroplara karşı koyma gücünü arttıran, sindirimi kolaylaştıran ve bedeni rahatlatan birtakım olumlu etkileri olduğu da kabul edilmektedir. Kaplıca ve tedavi edici özellikler konusunda daha önce yapılan çalışmalar neticesinde hangi kaplıca veya içmenin hangi hastalığa iyi geldiği konusunda tespitler yapılmış ve son karar doktorlara bırakılmak üzere kaplıca ve içmeler bu yönleri ile yeni bir sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu sınıflandırmanın içeriğinde; alkali kaynaklar; özellikle solunum sistemine, içildiğinde mide, bağırsaklar ve safra taşlarına, banyo yapılması halinde romatizmaya; silisli kaynaklar ise romatizma ve damar sertliği hastalıklarına iyi gelmektedir. Böbrek ve idrar yolu taşlarına lityum içerikli kaynaklar iyi gelirken, akrototerm kaynaklar, müzmin romatizmaya, felç ve nevrallilere, kadın hastalıklarına ve dolaşım bozukluklarına iyi gelmektedir. Radyoaktif kaynaklar ise sinir gerginliklerine, nevrallji ve cilt hastalıklarına, böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarına, iç salgı sistemleri bozukluklarına ve damla hastalığına yönelik kullanılmaktadır (Tekin 2004).

Gelişmiş ülkelerde kaplıca suları, neredeyse yüzyılı aşkın bir süredir, bilimsel araştırmaların süzgecinden geçirildikten sonra tedavi edici özellikleri göz önünde tutularak toplum yararına sunulmaktadır. Uluslararası kaplıcalar birliği - FITEC tarafından, kaplıca sularının tedavi edici özelliklerinden olumlu suretle etkilenen hastalıklar şöyle sıralanmıştır (Tekin 2004):

- Romatizmal hastalıklar
- Deri hastalıkları
- Dolaşım sistemi - Kalp ve damar rahatsızlıkları
- Solunum yolu hastalıkları
- Kadın hastalıkları
- İç salgı sistemi "Endokrin Sistem" hastalıkları
- Sinir sistemi hastalıkları
- Böbrek ve idrar yolları hastalıkları
- Göz hastalıkları
- Kireçleme ve kemik hastalıkları
- Metabolizma bozuklukları

4.2 İNEGÖL-OYLAT KAPLICALARININ TERMAL TURİZMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bursa'nın İnegöl ilçesinde yer alan oylat kaplıcası Marmara bölgesinin en önemli kaplıcaları arasında sayılır. İlçe merkezine 27 km uzaklıkta, Tahtaköprü bucağına bağlı Saadet köyü sınırları içindedir (Bkz. Şekil 1.1). Uludağ'ın güney doğu uzantısında denize 693 m yükseklikte, çam, kayın, gürgen, meşe ve kestane ağaçlarının oluşturduğu olağan üstü güzellikteki doğal bir ortamdır (Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).



Şekil 4.2 İnegöl-Oylat kaplıcası kaynağı.



Şekil 4.3 İnegöl-Oylat kaplıcaları bitki örtüsü.



Şekil 4.4 İnegöl-Oylat kaplıcaları doğal görünümü.

Kaplıcanın tarihçesi konusunda varılmış olan ortak bir görüş olmasına rağmen, Saadet köyünde bulunan bazı eserler, kaplıcanın 2000 yıldır, yani Romalılarından beri kullanıldığı kanısını uyandırmaktadır. Günümüzde kadınlar hamamı olarak kullanılan eski hamamın duvar ve havuz mimarisi Roma dönemi mimarisiyle benzer özellikler göstermektedir. İnşaat sırasında yörede bulunan roma paraları ile kaplıcanın batısında yer alan sarnıçlar bu kanıyı güçlendirmektedir. Kaplıcanın Osmanlı döneminde yöre halkı tarafından kullanıldığı ve bu ününü günümüze kadar devam ettirmiştir (Tekin 2004).

Oylat kaplıcalarının hüznü ama sonu mutlu biten bir de efsanesi vardır. Bizans İmparatorluğu zamanında bölgenin hâkimi olan Tekfurunun çok sevdiği kızı amansız bir hastalığa yakalanıp yatağa düşer. Dönemin tüm hekimleri toplanır ama hiçbiri kızın derdine çare bulamaz. Ne yapacaklarını bilmeyen hekimler kızcağızı göz önünden uzaklaştırmak ve başarısızlıklarını örtmek için bu kaplıcaya getirirler. “öl yat” deyip kızı bırakıp giderler. Ne var ki, kız buranın sularıyla yıkanır ve iyileşir. O gün bu gündür kaplıcanın şifa dağıttığına inanılır ve adı da dilden dile değişerek oylat haline gelir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.5 İnegöl-Oylat kaplıcalarının tarihini anlatan epik öge.

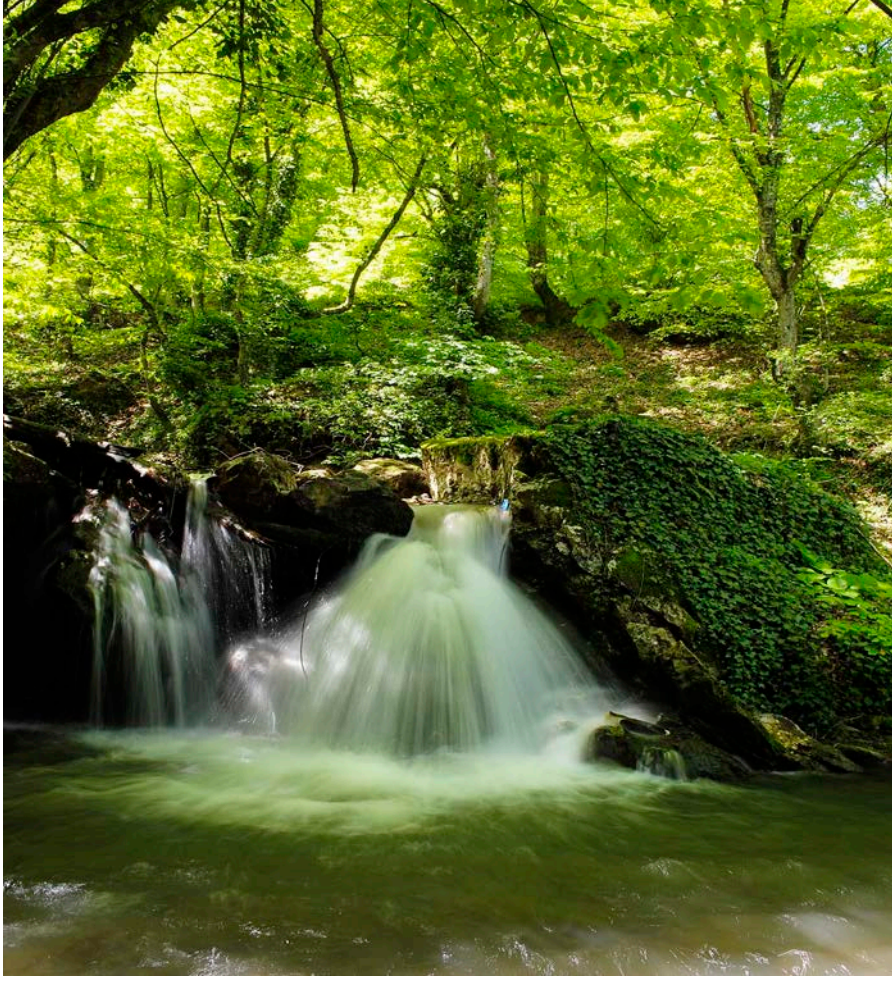


Şekil 4.6 İnegöl-Oylat kaplıcaları hamam görüntüsü.

4.2.1 İnegöl-Oylat Kaplıcaları İklim ve Bitki Örtüsü

İnegöl-Oylat bölgesi iklim bakımından bağlı olduğu Bursa ilinden farklı olarak Marmara iklim kuşağında yer almaktadır. Bursa Meteoroloji istasyonuna göre yıllık yağış 709.3 mm'dir yağışlar daha çok ilkbahar ve kış aylarında olmaktadır. Sıcaklığın arttığı ve deniz suyu sıcaklığının karaya nazaran daha fazla olduğu yaz aylarında yağışlar çok azalmaktadır. Kış aylarında 279.8 mm, ilkbaharda 150 mm olan yağışlar yaz aylarında 60.7 mm'dir. En sıcak ay ortalaması temmuz ayında 29.6 °C, en soğuk ay ortalaması ocak-şubat aylarında 5.6 °C'dir (Şekil 3.4).

Bitki örtüsü bakımından oldukça zengin bir alan olup hâkim bitki örtüsü boyları bir metreden birkaç metreye ulaşan orman ağaçlarından ve otsu bitkilerden ibarettir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 İnegöl-Oylat bölgesi bitki örtüsü.

4.2.2 İnegöl-Oylat Kaphıaları Jeolojisi

İnceleme alanının temel jeolojisini Orta-Üst Miyosen yaşlı İnegöl formasyonuna ait çökellerin oluşturduğu rezidüel malzemedен oluşmaktadır. İnegöl formasyonu genel olarak, çakıltaşı, kiltası, kumtaşı, marn arıalanması şeklinde görölmektedir (Şekil 4.8) (Jemar 2013).

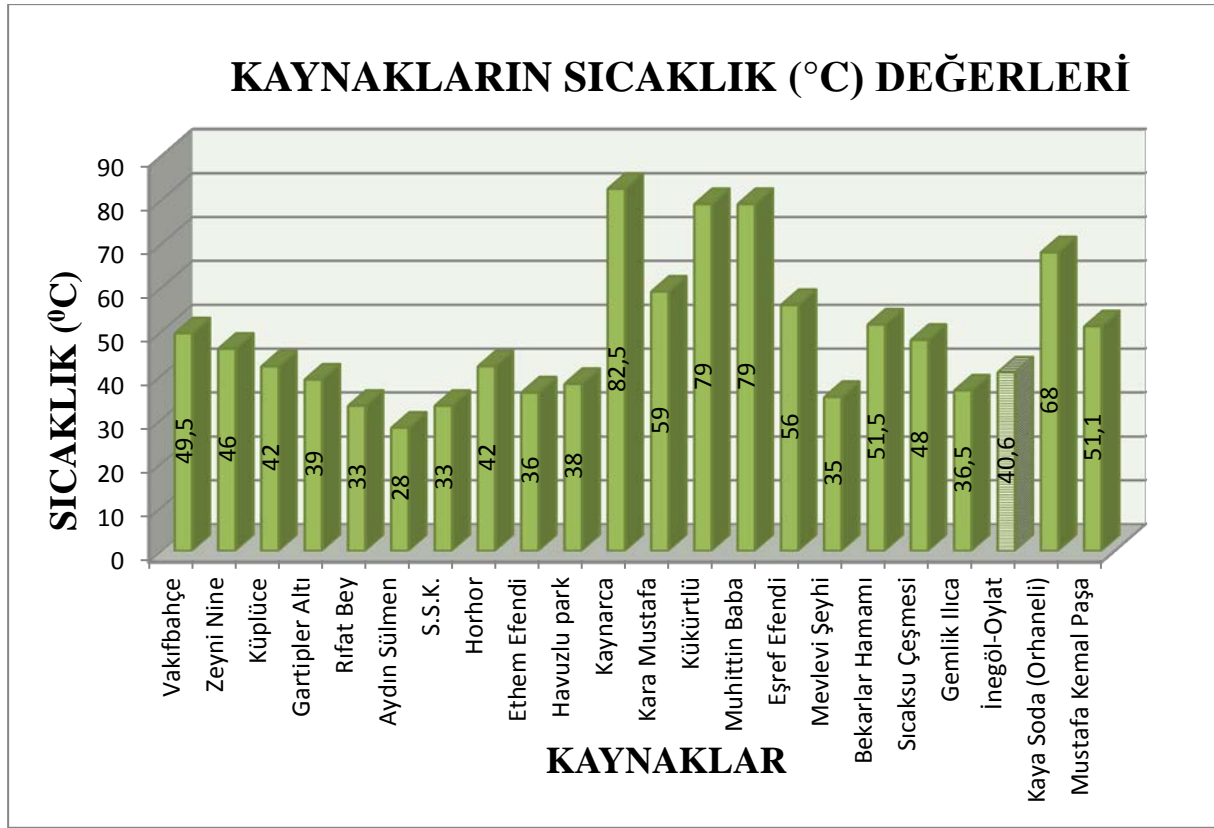
İnceleme alanında yapılmış olan sondajlarda; 0.5 m'de bitkisel toprak gözlenmiş sonra, seyrek ince çakıllı, çok katı kıvamlı kumlu kil, devamında kuyu sonuna kadar da kahverenkli-bej yer yer silt mercekli, kumtaşı-kiltaşı ara seviyeli, çok katı kıvamlı kumlu kil gözlenir (Jemar 2013).

4.2.3 İnegöl-Oylat Jeotermal Kaynağının Fiziksel Özellikleri

Oylat kaplıcasının hamam suyu; kalsiyum sülfatlı, bikarbonatlı, oligometalik bir sudur. Sıcaklığı ortalama 40.6 °C, pH değeri 7.29, radyoaktivitesi 10 emandır. Bölgede bulunan sızı suyu, kalsiyum sülfatlı ve bikarbonatlı olup sıcaklığı 39 °C, pH değeri 7.18'dir. Göz suyu ise, sülfatlı, hidrojenli, iyotlu ve demirli bir sudur. Göz suyunun sıcaklığı düşüktür 10 °C ve pH değeri 3.04, radyoaktivitesi 44 emandır (Tekin 2004).

Bursa bölgesi genel olarak jeotermal kaynak açısından zengin olup bu sıcak su kaynaklarından genellikle kaplıca turizminde yararlanılmaktadır. Bursa bölgesindeki jeotermal kaynakların kaplıca turizmindeki yerine bakıldığında İnegöl-Oylat kaplıcaları suyun sıcaklığı ve pH değeri ile insan sağlığı ve dinlenme mekânı olarak öne çıkmaktadır (Tekin 2004).

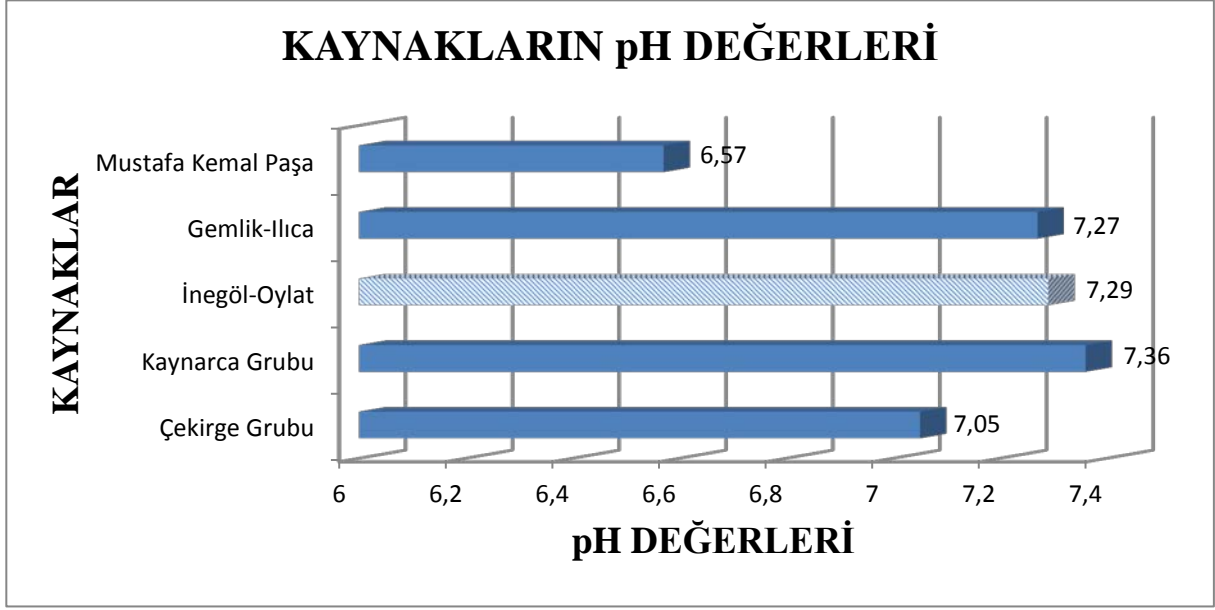
Jeotermal kaynakların sıcaklık değerlerine göre kullanım alanlarının sınıflandırıldığı Lindal diyagramında, 40 °C sıcaklığa sahip sular kaplıca turizminde kullanılmaktadır (Kılıç 1998). Lindal sıcak su kullanım alanlarına göre; Ertürk (2010)'ten alınan sıcaklık değerleri incelendiğinde Bursa jeotermal kaynaklarının kaplıca turizmine genel olarak elverişli olduğu görülmektedir. İnegöl-oylat kaplıcaları ise 40.6 °C sıcaklık değeri ile kaplıca turizmi için biçilmiş kaftandır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Bursa bölgesi jeotermal kaynakları sıcaklıkları değişim grafiği.

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunu 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. Saf su H^+ ve OH^- iyonları dengeli olduğu için pH değeri 7'ye eşittir bu da suyun nötr olduğunu gösterir. Bu tür suların asidik ve alkali reaksiyonları yoktur. H^+ iyonu konsantrasyonunun artmasıyla pH değeri 7'nin altına düşer ve su asit değer kazanır. OH^- iyonu konsantrasyonunun artması sonucu ise pH değeri 7'nin üzerine çıkar ve su bazik karakter taşır. Kabul edilen pH değerleri 0-14 arasında değişir. Genel olarak yer altı suları pH'ı 7'den küçük ve asidik olan sulardır. Yüzeysel sularda pH değeri 8'den yüksek olup bazik karakterde olurlar. İçme sularındaki pH değeri ise 6.5-8.5 arasında olması uygun karşılanmaktadır (Güler 1997).

Bursa ve yakın çevresinde sıcak su kaynaklarının pH değerleri Ertürk (2010)'e göre, 6.5 ile 7.4 arasında değişmekte olup bu değerlerin insan sağlığı üzerinde etkisi Güler (1997)'e göre uygun olduğu görülmüştür. İnegöl-Oylat kaplıcalarının 7.29 değerindeki pH değeri ise insanların bu kaynak suyundan içme de yararlanabileceğini göstermektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Bursa bölgesi jeotermal kaynakların pH değerleri grafiği.

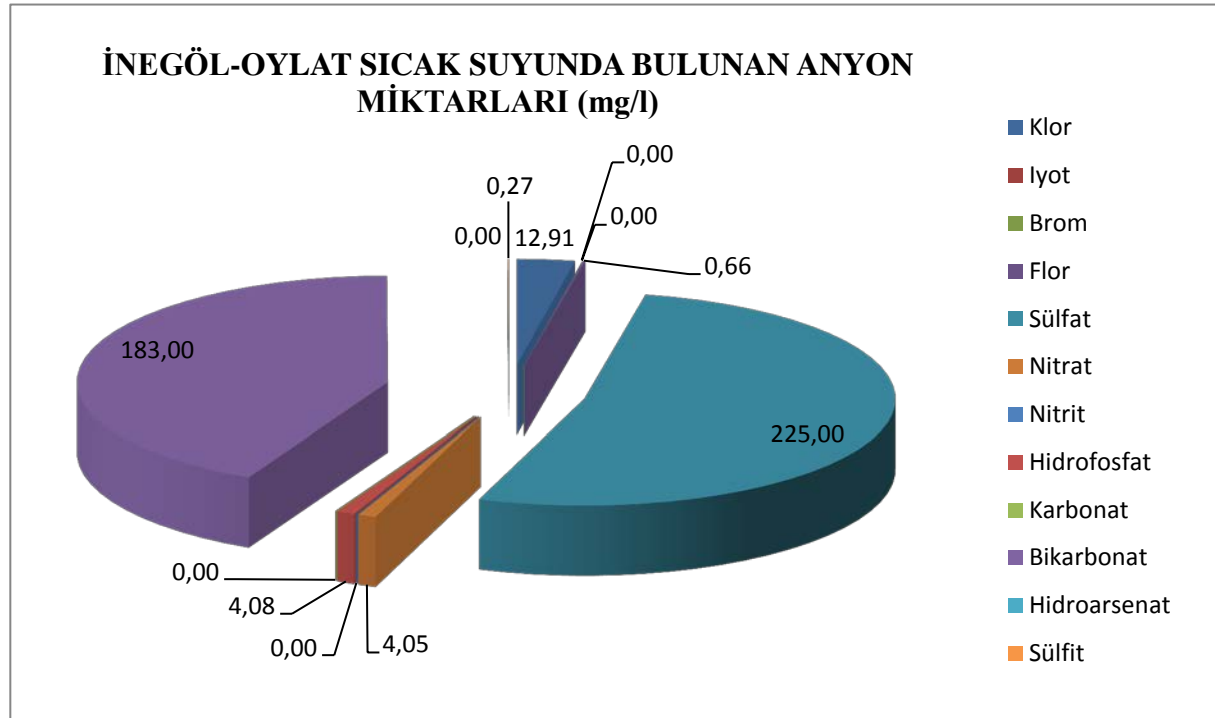
4.2.4 İnegöl-Oylat Kaplıcalarının Kimyasal Özellikleri

İnegöl-Oylat kaplıcasının kimyasal analizleri sonucunda sudaki anyonlar iyot, brom, nitrit, karbonat, hidroarsenat eser miktarda olmak üzere, klor, flor, sülfat, nitrat, hidrofosfat, bikarbonat ve sülfid çeşitli miktarlarda tespit edilmiş, katyon olarak ta, amonyum, mangan, çinko eser miktarda, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir ve alüminyum çeşitli miktarlarda tespit edilmiştir (Başak 2013).

İnegöl-Oylat kaplıcasında sıcak suyun kimyasal analiz sonuçlarına göre anyonlarının miktarı Çizelge 4.1’de ve kütle miktarlarına göre grafiği Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 İnegöl-Oylat kaplıcalarında sıcak suyun anyon içeriği (Başak 2013).

ANYONLAR	KÜTLE (mg/l)	SERTLİK (mval/L)	% SERTLİK (%milival)
Klor	12,914	0,364	4,454
İyot	0,000	0,000	0,000
Brom	0,000	0,000	0,000
Flor	0,660	0,035	0,425
Sülfat	225,000	4,688	57,313
Nitrat	4,050	0,065	0,799
Nitrit	0,000	0,000	0,000
Hidrofosfat	0,480	0,010	0,122
Karbonat	0,000	0,000	0,000
Bikarbonat	183,000	3,000	36,681
Hidroarsenat	0,000	0,000	0,000
Sülfit	0,270	0,017	0,206
TOPLAM	426,374	8,179	100,0

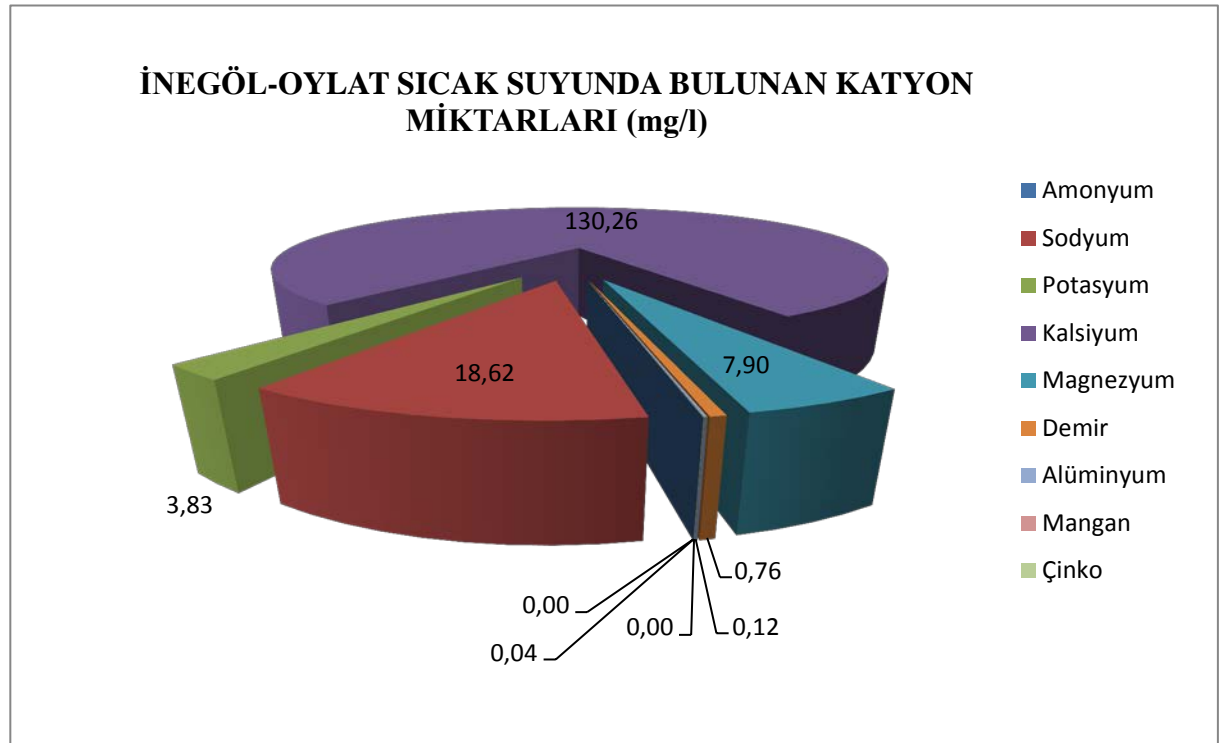


Şekil 4.11 İnegöl-Oylat kaplıcarısı sıcak suyunda bulunan anyonların kütle miktarında göre dağılım grafiği.

İnegöl-Oylat kaplıcasında sıcak suyun kimyasal analiz sonuçlarına göre katyonlarının miktarı Çizelge 4.2’de ve kütle miktarlarına göre grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 İnegöl-Oylat kaplıcalarında sıcak suyun katyon içeriği (Başak 2013).

KATYONLAR	KÜTLE (mg/l)	SERTLİK (mval/l)	%SERTLİK (milival)
Amonyum	0,000	0,000	0,000
Sodyum	18,622	0,810	9,985
Potasyum	3,832	0,098	1,208
Kalsiyum	130,260	6,513	80,290
Magnezyum	7,901	0,650	8,016
Demir	0,760	0,027	0,336
Alüminyum	0,120	0,013	0,165
Mangan	0,001	0,000	0,000
Çinko	0,040	0,000	0,000
TOPLAM	161,535	8,112	100,0



Şekil 4.12 İnegöl-Oylat kaplıcarısı sıcak suyunda bulunan katyonların kütle miktarında göre dağılım grafiği.

4.3 İNGÖL-OYLAT KAPLICALARININ ENDİKASYON ÖZELLİKLERİ

Bölgenin klimatolojik ve doğal güzellikleri kaplıca suyu ile birleşince pek çok rahatsızlığa iyi gelmekle birlikte sağlık turizmi açısından potansiyelini arttırmıştır.

Bölge sıcak suyu kimyasal özelliklerine göre kalsiyum sülfatlı, bikarbonatlı, oligometalik sudur. Bu kimyasal özelliklerin değerlendirilmesiyle sıcak suyun iyi geldiği rahatsızlıklar belirlenmiştir (Tekin 2004).

Oylat kaplıcalarında sağlık turizminin uygulanma yöntemleri banyo tedavisi, gaz inhalasyonu, çamur tedavisi, masaj tedavisi olup bölgede insanlar doğal bitki örtüsü ve ikliminin eşliğinde yürüyüş, spor vb. etkinlikler ile hekim gözetiminde tedavilerini sürdürebilirler. Kaplıca suyunun kimyasal bileşimi neticesinde iyi geldiği rahatsızlıklar şunlardır:

- Stres ve beyin yorgunluğu
- Kireçleme ve romatizmal ağrılar
- Böbrek rahatsızlıkları
- Kırık yerlerinin katışarak deforme olduğu rahatsızlıkların tedavisinde
- Düşük ve yüksek tansiyon hastalıklarında tansiyon dengelemede
- Çocuk felci
- Kadın hastalıkları
- Sinir sisteminin çalışmasında ve vücut dengesinde ayrıca bozulması durumunda iç salgıların kontrol altında tutulması
- Muhtelif nevrojji rahatsızlıkları
- Nevritler
- Sinir uyuşukluğu ve siyatik rahatsızlıklarda
- Cilt hastalıklarında
- Reflüde
- Taş ve kum düşürme
- Belden aşağı felç durumunda
- Göz hastalıkları tedavisinde

Oylat kaplıcalarının tedavi etkisi yüksektir (Tekin 2004).

4.3.1 Bikarbonatlı Sular

Bu grupta bulunan suların belli başlı kullanım yerlerini tıbbi ve teknik özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

İçme olarak kullanıldığında ilk etkisi mide üzerinde görülür. Mide mukozasında ve kontratil sisteminde uyarıcı ve yatıştırıcı bir etki oluşturur. Aç karnına içildiğinde, ağızda karbonat tadı ve kokusu hissedilir. Mide asiditesi, bikarbonat tarafından bağlandığı için azalır. Gazlı bikarbonatlı sular, midenin sindirim faaliyetlerini hızlandırır ve sofra suyu olarak kullanılabilir. Safra yollarında biriken safranin bağırsağa atılmasını hızlandırır. İdrarın kaleviliği üzerinde etki ederek onun miktarını azaltır (Tekin 2004).

4.3.2 Kalsiyum Sülfürlü Sular

Genel olarak sülfürlü sular içmeye çok elverişli olmamakla birlikte, çok tedbirli olmak koşuluyla 200-300 gram kadar içilebilir. Tedavisinde olumlu etki yaptığı rahatsızlıklar ise şöyledir:

Deri hastalıklarında ve egzamada yaygın olarak kullanılır. Romatizma için ideal sulardır. Nevrit ve polinevritlerde, sinir sisteminin çabuk rejenere olmasında etkilidir. Kadın hastalıklarında, iltihabı yeni geçmiş ağrılı rahatsızlıkların tedavisinde kullanılabilir. Kalp rahatsızlıklarında Rus uzmanların oldukça verim aldığı sıcak su türüdür (Tekin 2004).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında jeotermal enerji konusu tanımı, sınıflaması, kullanımı, potansiyeli ve sağlık açısından faydaları incelenerek çalışma alanı İnegöl-Oylat kaplıcalarının sıcak su potansiyelinin sağlık turizminde kullanımı değerlendirilmiştir.

Enerji kaynaklarını değerlendiren milletlerin ekonomik refah seviyesi yüksek olmaktadır. Alp Himalaya kıvrım kuşağında yer alan ülkemiz, ucuz ve milli kaynak olan jeotermal enerji bakımından pek çok ülkeye göre zengindir.

20. yüzyılda turizm sektörü hızla büyümüş ve sağlık turizmi ise bu gelişime büyük katkı sağlamıştır. Sağlık turizmi bu kapsamda yeni iş olanakları sunan, hem ülke hem de bölgenin gelişmesine katkı sağlayan, ülke ekonomisine önemli seviyede etki eden gelir kaynağı olmuştur.

Kaplıca suları, rahatlatıcı sıcaklıkları, tedavi edici özellikleri ve huzurlu atmosferiyle hem bedenimizin hem de ruhumuzun dostu olarak uzun bir tarihsel süreç içinde kullanılmaya başlanmış şifa kaynakları olduğu bilinmektedir. Çağdaş tıp bilimi, kaplıca, içme ve çamur tedavisini alternatif ya da tamamlayıcı bir tedavi yöntemi olmaktan çıkıp uzmanlık dalı olarak benimsenmeye başlanmıştır. Kaplıcalarda termal su banyosu, soluma ve çamur gibi tedavi yöntemleri kür olarak uygulanmaktadır.

Sağlık turizminin, doğal, beşeri ve mali kaynaklara dayanan önemli bir turizm kolu olduğu bilinmektedir. Türkiye’de sağlık turizminin gelişmesi ve genel turizmin gelişmesine yapacağı katkılar kaplıca kaynaklarının planlanmasına da bağlıdır. İnegöl-Oylat kaplıcalarının etkin ve verimli bir şekilde planlanması için söz konusu sıcak su ve kaplıca hizmetlerinin ekonomik değerlerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle bölge doğal kaynaklarının

yönetiminde, bu kaynaklara ilişkin beklentilerin ortaya konulmasıyla çevresel, sosyal ve ekonomik etkenlerin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Türkiye 1960'lı yıllarda tanımaya başladığı jeotermal enerjiden, elektrik üretiminde, ısıtmada, kimyasal madde üretiminde ve sağlık turizmi amacıyla yararlanmaktadır. Türkiye'de 70 °C'nin üzerinde sıcaklığa jeotermal alanlarda gerekli teknolojik gelişmeler sağlanarak yerli elektrik üretimi sağlanmalıdır. 40 °C-70 °C arasında sıcaklığa sahip sahalardan ısıtmada faydalanılmalı ve 40 °C değerinde bulunan kaynaklardan sağlık ve turizm alanında kullanımı sağlanmalıdır. İnegöl-Oylat kaplıcası 40.6 °C'lik sıcaklık değeri ve 7.29 pH değeri ile insan sağlığı turizmi sektöründe kullanıma kimyasal açıdan da uygundur.

Bursa bölgesindeki jeotermal suların kökenini meteorik sular oluşturmaktadır. Jeotermal akışkanın sıcaklık değeri baz alınarak sınıflandırıldığı Lindal diyagramına göre; Bursa bölgesi termal suları konut ısıtmada, seracılıkta ve kaplıcalarda kullanılabilirler.

İçme ve mineralli suların asitlik bazlık değerini belirleyen pH 0 ile 14 arasında değişir. Neticede suyun, pH değeri 7'den az olduğu durumlarda asidik, fazla olduğu durumlarda bazik, eşit olduğu durumlarda nötr karakter taşıdığı bilinmektedir. İçme sularında pH değeri 6.5 ile 8.5 arasındadır. İnegöl-Oylat kaplıcalarının 7.29 olan pH değeri, insan sağlığına zararı olmayan, içmede kullanılabilecek su olduğunu göstermektedir.

İnegöl-Oylat kaplıcalarındaki sıcak suyun kimyasal bileşiminin bikarbonatlı ve kalsiyum sülfürlü olduğu görülmektedir. Oylat kaplıca suyunun bikarbonatlı olmasının yararları İçme suyu olarak kullanıldığında ilk etkisi mide üzerinde görülür. Mide mukozasında ve kontratil sisteminde uyarıcı ve yatıştırıcı bir etki oluşturur ve mide asiditesi, bikarbonat tarafından bağlandığı için azalır. Gazlı bikarbonatlı sular, midenin sindirim faaliyetlerini hızlandırır ve sofra suyu olarak kullanılabilir. Ayrıca, kalsiyum sülfürlü olması; deri hastalıkları ve egzama rahatsızlıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılır. Romatizma için ideal sulardır. Nevrit ve polinevritlerde, sinir sisteminin çabuk yeniden oluşturulmasında etkilidir. Kadın hastalıklarında, iltihabı yeni geçmiş ağrılı rahatsızlıkların tedavisinde de kullanılabilir. Kalp rahatsızlıklarında Rus uzmanların oldukça verim aldığı sıcak su türü olduğuda bilinmektedir.

İnegöl-Oylat kaplıcalarında su analizine göre ortaya çıkan klor, sülfat ve bikarbonat anyonları ile sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum katyonları Baysal (2009)'a göre; vücut

osmotik dengesinin sağlanmasında önem taşır. Vücudun osmolar dengesini sürdürmesi çok önemlidir. Vücudun baz dengesi açısından hücre çalışmalarının nötr ortamda oluşması nedeniyle bu dengede mineral iyonları görevi büyüktür. Minerallerden bazıları asit, bazıları da baz oluşturma özelliğindedirler. Asit oluşturanlar; sülfat ve klor baz oluşturanlar ise; sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyumdur. Bu asit-baz oluşturan mineraller birbirini dengeleyerek vücut sıvısının nötr ortamda kalmasını sağlarlar. Bu etkiler göz önüne alındığında İnegöl-Oylat kaplıca sularının insan sağlığı açısından oldukça olumlu etkiye sahip oldukları görülmektedir.

İnegöl-Oylat kaplıcalarının bölgesel jeolojisinden dolayı sıcak suyun rezervuar kayası mermer ve kireçtaşıdır. Sıcak su içerisindeki mineral maddelerini bulunduğu rezervuar kaya ve yüzeye çıkarken dolaştığı birimlerden çözerek alır. Bölgenin suyu sahip olduğu birimler neticesinde bikarbonatlı ve kalsiyum sülfürlüdür.

İnegöl-Oylat kaplıcaları doğal bitki örtüsü ve sıcak su özelliğini bir arada sunarak, kişilere, şehirlerin yorucu, kalabalık ve stres yükünden uzaklaşıp huzur dolu dinlenme imkânı sunmaktadır. Kaplıca suları, içerisindeki mineral maddelere göre tedavi ettiği hastalıklar olmakla beraber, hekim kontrolü dışında kulaktan duyma bilgilerle tedavi aracı olarak kullanıldığında; sağlığa zararı olabilmektedir. Bu kapsamda kaplıcalardan sağlık için yararlanırken mutlaka hekim kontrolünde hareket edilmesi gerekmektedir.

Çevresel etkisi bakımından, jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanımı, fosil yakıtlara oranla sera etkisi ve asit yağmurları gibi etkileri olmaması bakımından üstündür. Dolayısıyla çevre dostu jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan ülkemizde, jeotermal enerjinin kullanımı teşvik edilmelidir.

Termal turizm kapsamında İnegöl-Oylat kaplıcaları; sıcaklık ve pH değerleri, içerdikleri mineral miktarlarına göre insan üzerindeki endikasyon özellikleri, iklim ve doğal bitki örtüsü, temiz havası sessizlik ile birleşince, hem tedavi hem dinlenme merkezi olarak Bursa bölgesindeki diğer jeotermal alanlardan ayrılmaktadır.

İnegöl-Oylat kaplıcaları, dört adet otel ve 650 kişilik kapasiteye sahip olması, İnegöl şehir merkezine 27 km uzaklıkta olması nedeniyle kolayca ulaşılabilmesi ve sıcaklıklarının yaz mevsiminde ortalama maksimum 29.6 °C ile kış mevsiminde ortalama minimum 5.6 °C

aralığında değişmesi, ulaşım, ikamet ve iklim açısından son derece uygun bir ortam yaratmaktadır ve bu nedenle termal turizm açısından son derece uygun koşullara sahip olduğu düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Akan B ve Dağıstan H** (2009) Jeotermal Alanlarda Kaynak Koruma Alanlarının Belirlenmesi, *TMMOB Jeotermal Kongresi Bildiriler Kitabı*, Jeofizik Mühendisleri Odası, 23-25 Aralık, Ankara, s. 147-155.
- Akıllı H and Ersöz M C** (2002) *The Application and The Progress of Geothermal Energy in Turkey*, Kuju Geothermal and Volcanological Research Station, Kyushu University Report no. 11, s. 67-78.
- Akkuş İ, Akıllı H, Ceyhan S, Dilemre A ve Tekin Z** (2005) *Jeotermal Kaynaklar Envanteri*. MTA Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201, Ankara, 850 s.
- Armstead H C H** (1983) *Geothermal Energy*, Spon Ltd. London, 404 pp.
- Aslan E** (2010) Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir, 137 s.
- Badruk M** (2003) Jeotermal enerji uygulamalarında çevre sorunları, *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri, Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı*, MMO Yayın No: MMO/2003/328-4, İzmir, s. 345-361.
- Baria R, Baumgärtner J, Rummel F, Pine R J and Sato Y** (1999) HDR/HWR reservoirs: concepts, understanding and creation. *Geotherm.*, 28: 533-552.
- Barka A A** (1997) Neotectonics of the Marmara Region, in active tectonics of Northwestern of Antolia. The Marmara Poly Project, edited by C. Schindler, M. Pfisters, *Horchschulverlag A Gander ETH Zurich*, pp. 55-87.
- Başak E L** (2013) *Oylat Kaplıcaları Tıbbi Balneolojik Su Analizi*. Oylat Kaplıcalarının Faydaları ve Özellikleri. Oylat Kaplıcaları A.Ş. Katoloğu, 9s.
- Baysal A** (2009) *Beslenme*, Hatipoğlu Yayınları: 93. Ders Kitabı Dizisi: 26. Ankara, 545 s.
- Bingöl E** (1973) Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Bildirileri Kitabı*, MTA Yayınları, s.70-77.
- Bozkurt E** (2001) Neotectonics of Turkey - a synthesis, *Geodin. Ac.*, 14: 3-30.
- Çakın A** (2003) Environmental Effects Of Geothermal Application, Master of Science (unpublished), Environmental Engineering Department, İzmir Institute of Tecnology, İzmir, 122 p.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dağıstan H** (2008) Jeotermalde açılım: kızgın kuru kaya çalışmaları projesi. *5th World Water Forum, Termal ve Maden Suları Konferansı*, 24-25 Nisan, Afyonkarahisar, s. 130-142.
- Data G and Bahati G** (2003) *The Chemistry of Geothermal Waters From Areas Outside the Active Volcanic Belt*, Department of Geological Survey and Mines, P.O Box 9, Entebbe, Uganda.
- Dickson M H and Fanelli M** (1990) Geothermal energy and its utilization. In: Dickson M H and Fanelli M (editors), *Small geothermal resources. A guide to development and utilization*. UNITARIUNDP Centre on Small Energy Resources, Rome, Italy, 1-29.
- DiPippo R** (2005) *Geothermal Power Plants, Principles, Applications and Case Studies*. Elsevier Advanced Technology, Oxford, 447 p.
- DPT** (2001) *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, DPT.2609-ÖİK.620, Ankara, 67 s.
- Duchane D and Brown D** (2002) Hot Dry Rock (HDR) geothermal energy research and development at Fenton Hill, New Mexico, *GHC Bull.*, 32: 13-19.
- Dur F** (2005) The Usage of Stochastic and Multicriteria Decision-Aid Methods Evaluating Geothermal Energy Exploitation Projects, the Graduate School of Engineering and Science of Izmir Institute of Technology, City Planning Department Master Thesis (unpublished), İzmir 116 p.
- Edwards L M, Chilingar V G, Rieke H H and Fertl W H** (1982) *Handbook of Geothermal Energy*, Gulf Publishing Company, USA, 613 p.
- Erişen B ve Öngür T** (1976) *Bursa kenti sıcak su kaynakları hidrojeoloji etüdü*, MTA Derg. Rap. No.5659 (yayımlanmamış), Ankara, 62 s.
- Erk A S** (1942) *Etude geologique de la region entre Gemlik (Vilayet de Bursa)*. Pub. Inst. De Geol. Uni. Istanbul, nouv. Serie 3. 295 p.
- Ertürk D** (2010) Bursa İli Jeotermal Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta, 85 s.
- Etemoğlu A B, Can M ve Kılıç M** (2006) Ülkemiz jeotermal kaynaklarının ikinci kanun derim değerlerine bağlı sınıflandırılması, *UÜ Müh. Mim. Fak. Derg.*, 9 (1): 55-64.
- Eyidoğan H, Utku Z, Güçlü U ve Degirmenci E** (1991) *Türkiye Büyük Depremleri Makro Sismik Rehberi (1900-1988)*, İstanbul Üniversitesi Maden Fakültesi, 198 s.
- Gemici Ü and Tarcan G** (2002) Hydrogeochemistry of the Simav geothermal field, Western Anatolia, Turkey, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 116 (3-4): 215-233.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gemici Ü, Tarcan G, Çolak M and Helvacı C** (2004) Hydrogeochemical and Hydrogeological investigations of thermal water in the Emet area (Kütahya, Turkey), *Appl. Geochem.*, 9: 105-117.
- Gonzales A, Brenzel L and Sancho J** (2001) *Health Tourism and Related Services: Caribbean, Development and International Trade*, Final report submitted to the Regional Negotiating Machinery (RNM), <http://www.carib-export.com/login/wp-content/uploads/2009/08/Health%20Tourism.pdf> (Erişim Tarihi: 06.02.2014).
- Gökalp T** (1972) MTA 2005 Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri 850 s.
- Grant M A, Donaldson I G and Bixley P F** (1982) *Geothermal Reservoir Engineering*. Academic Press, New York, 369 p.
- Gülen K G ve Demirci S** (2012) *Türkiye’de Sağlık Turizmi Sektörü*, İstanbul Ticaret Odası, Biltur Basım Yayın, Yayın No: 2011-39, İstanbul, 214 s.
- Güler Ç** (1997) *Su Kalitesi*, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 43. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 95 s.
- Güneş C** (2006) Gediz Kaplıcaları’nın (Kütahya) Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), İzmir, 170 s.
- Gürü M** (2005) Jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, *Çev. Genç Bak.*, Mart 2005, 16(7): 3-5.
- İlgar R** (2005) Ekolojik bakışla jeotermal kaynaklara dualist yaklaşım, *Elek. Sos. Bil. Derg.*, 4(13): 88-98.
- İmbach T** (1997) Deep water circulation in tectonically active area of Bursa, Northwest Anatolia, Turkey, *Geotherm.*, 26 (29): 251-278.
- İnce U** (2005) A Case Study of Material Testing For Corrosion In Low Temperature Geothermal Systems, the Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology, Material Science and Engineering Department, Master Thesis (unpublished), İzmir, 120 p.
- Jemar** (2013) *Bursa İnegöl Tahtaköprü Sınırları İçinde Bulunan İ23a08b-A Pafta 128 Ada 6 No’lu Parselin 1/1000 Ölçekli İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu* (yayımlanmamış). Jemar İnşaat San. Tic. Ltd. Şti. 56 s.
- Jessop A M** (1990) *Thermal Geophysics*, Elsevier, Amsterdam, 306 p.
- Ketin İ** (1947) Uludağ masifinin tektoniği hakkında, *MTA Derg.*, 60: 23-34.
- Ketin İ** (1966) Anadolu’nun tektonik birlikleri, *MTA Derg.*, 66: 20-34.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kılıç N** (1998) *Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin İrdelenmesi*, İzmir Ticaret Odası, Yayın No: 56, İzmir, 9: 202 s.
- Küçükane Ö, Ertürk F ve Ekimci E** (2004) Jeotermal suların taş yapıcı etkilerinin önlenmesi, *Ekoloji Derg.*, Resmi İnternet Sitesi www.ekolojidergisi.com.tr/resimler/4-11.pdf (Erişim tarihi: 10.01.2014).
- KTB** (2013) Sağlık ve Termal Turizm Tanımı, Kültür ve Turizm Bakanlığı. <http://www.ktbyatirimisletmeler.gov.tr/TR,11492/saglik-ve-termal-turizmi-tanim.html> (Erişim Tarihi:15.12.2013).
- Lund J W, Culver G and Lienau J** (1977) Groundwater Characteristics and Corrosion Problems Associated with the Use of Geothermal Water in Klamath Falls, Oregon, Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, 5 pp.
- Mahon T, Harvey C and Crosby D** (2000) The Chemistry of Geothermal fluids in Indonesia and their relationship to water and vapour dominated systems, *Proceeding World Geothermal Congress*, Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 - Jun 10. p. 389-394.
- Mazumder D N, Gupta J, Das D, Chakraborty A K and Chatterjee A** (1992) Environmental pollution and chronic arsenicosis in South Calcutta, *Bull. World Health Organ.* pp. 481-485.
- McKenzie D P** (1972) Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. Astr. Soc.*, 30: 109-185.
- MGM** (2014) Bursa Yıllık Yağış. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=BURSA> (Erişim Tarihi: 12.01.2014).
- MTA** (2014) Jeoterma Kaynaklar ve Uygulama Haritası – Haritalar. MTA Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/images/siteharitalar/3.jpg> (Erişim Tarihi: 15.02.2014).
- Mutlu M A** (2004) Jeotermal enerji ve Türkiye’deki durumu, *Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Potansiyeli ve Enerji Politikaları Konferans Notları*, www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji (Erişim:21.01.2014).
- Okay A I and Tüysüz O** (1999) Tethyan sutures of Northern Turkey. In Durand B., Jolivet L., Horvart F. and Serrane M. (ed.) *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within Alpin Orogene*. *Geol. Soc. Lond.*, Special Publications 156 pp. 475-515.
- Özbayrak** (1994) MTA 2005 Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri 850 s.
- Özbek T** (2009) Dünya’da ve Türkiye’de Termal Turizmin Önemi, *Anatolia Tur. Ar. Derg.*, 2(3): 15-29.
- Özbek T** (1991) Dünya’da ve Türkiye’de termal turizmin önemi, *Anatolia Tur. Ar. Derg.*, 16: 17-18.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özgüç N** (2007) *Turizm Coğrafyası (Özellikler ve Bölgeler)*, 5. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul, 541 s.
- Robertson Research Int. Ltd.** (1988) Geothermal Division Brochure, 1988.
- Selim H H, Tüysüz O ve Barka A A** (2006) Güney Marmara bölümünün neotektoniği, *İTÜ Müh. Derg.*, 5(1): 151-160.
- Smith M C** (1983) The Hot Dry Rock Program, *Los Alamos Sci.*, Winter/Spring. pp.86-87.
- Şahinci A** (1987) *Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, No:24, Bornova - İzmir, 166 s.
- Şahinci A** (1991) *Jeotermal Sistemler ve Jekimyasal Özellikleri*. Reform Matbaası, İzmir, 247 s.
- Şener** (2012) Jeotermal enerjinin yeni ve yenilenebilirliği sürüyormu? *TMMOB 8. Enerji Sempozyumu, Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Bildiriler Kitabı*, 17-19 Kasım, EMO Yayın No: SK/2012/9 C.2, İstanbul, s. 444-459.
- Şengör A M C** (1979) The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonics significance: *J. Geol. Soc. Lond.*, 136: 269-282.
- Tarcan G** (2003) *Jeotermal Su Kimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar*, Yaz Okulu Ders Kitabı, JENARUM, DEÜ Mühendislik Fakültesi, İzmir, Yayın No: 306, s.198–245.
- Tarcan G** (2005) Mineral saturation and scaling tendencies of waters discharged from wells (>150°C) in geothermal areas of Turkey, *J.Volcanol. Geotherm. Res.*, 142: 263-283.
- Tarcan G and Gemici Ü** (2003) Water Geochemistry of the Seferihisar geothermal area, İzmir, *J.Volcanol. Geotherm. Res.*, 126: 225-242.
- Tekin Y** (2004) *Türkiye Şifalı Sular Rehberi*. Ümit Yayıncılık, Ufuk Dizisi: 161, Ankara, 615 s.
- Tenzer H** (2001) Development of Hot Dry Rock technology. *GHC Bull.*, 22(4): 14-22.
- Terzioğlu H S** (2009) Türkiye’de Termal Turizm ve Nevşehir-Kozaklı Kaplıcası İncelemesi, 4. Sınıf Dönem Projesi (yayımlanmış), Başkent Üniversitesi, Turizm ve Otelcilik Bölümü, Nevşehir, 39 s.
- Tetiker S** (2009) Batı-Orta Pontidler’deki (Balıkesir, Bursa ve Tokat yöreleri) Karamaya Karmaşığı birimlerinin mineralojik petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora Tezi (yayımlanmamış), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 396 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Topbaş M T, Brohi R ve Karaman R** (1998) *Çevre Kirliliği*. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, 340 s.
- Tufan T** (2013) Jeotermal enerjinin yerel unsurlar tarafından kullanılabilirliği. *23rd International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, Chapter-P Energy 16-19 Nisan, Antalya, s.1661-1672.
- Tunç A ve Saç F** (1998) *Genel Turizm*, Detay Yayıncılık, Baskı No:14, Ankara, 192 s.
- URL-1** (2014) İnegöl Haritası, Google görseller https://www.google.com.tr/search?newwindow=1&safe=off&biw=1034&bih=682&tbm=isch&sa=1&q=ineg%C3%B6l+haritas%C4%B1&oq=ineg%C3%B6l+haritas%C4%B1&gs_l=img.3..013j0i24.1886629.188460.0.188797.6.6.0.0.0.0.493.1170.0j5j4-1.6.0.ernk_timepromotiona...0...1.1.35.img..5.1.155.B16P0B7ec2g#facrc=_&imgdii=rksuowQ3fVH4jM%3A%3BJ0bnarizsNrJRM%3BrksuowQ3fVH4jM%3A&imgrc=rksuowQ3fVH4jM%253A%3BFII3hZR3DZa75M%3Bhttp%253A%252F%252Fimg.webme.com%252Fpic%252Ft%252Ftarartar16%252Fhyol.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Ftarartar16.tr.gg%252F%252526%252523304%25253Bneg.oe.l-Haritas%252526%252523305%25253B.htm%3B595%3B442 (Erişim Tarihi: 13.02.2014).
- URL-2** (2014) Enhanced Geothermal Systems. <http://egs.egi.utah.edu> (Erişim Tarihi: 03.02.2014).
- U.S.EPA** (1991) *Delineation of Wellhead Protection Areas in Fractured Rocks*, Written by Ken Bradbury, Maureen Muldoon and Alex Zaporozec. This report discusses two case studies from Wisconsin and discusses the options for WHP delineation in fractured rocks. EPA 570/9-91-009, 144 p.
- Uygan D ve Çetin Ö** (2004) Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri: Seydisuyu su toplama havzası. *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, 23-25 Eylül, Eskişehir, s. 527-540.
- Ülker İ** (1988) *Sağlık Turizmi ve Kaplıca Sularımızın Değerlendirilmesi*, Turizm Yıllığı 1986, Ankara, 205 s.
- Ünal Ç** (2003) Pasinler kaplıcalarının coğrafi etüdü, *Doğu Coğ. Derg.*, 10: 117–132.
- Ünal A ve Demirel G** (2011) Sağlık Turizmi İşletmelerinden Yararlanan Müşterilerin Beklentilerinin Belirlenmesine Yönelik Bolu İlinde Bir Araştırma, *Elec. J.Voc. Coll.*, 1(1): 106-115.
- Yalçın P** (2006) Türkiye’de Sağlık Turizminde Alt Yapı Oluşturulma Gereği ve Sağlık Kurumlarına Yönelik Bir Araştırma, Y. Lisans Tezi (yayımlanmamış), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, s. 40-41.
- Yaltrak C** (2007) Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta ve Güney Kolu Üzerinde Bursa ve Çevresinin Aktif Tektoniği ve Depremselliği. *Bursa Kentine Çözümler Sempozyumu*, 05-07 Nisan, s. 285-289.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Yaltırak C, Gaziođlu C, Selim H H ve Yücel Z Y** (2004) Uludağ Nasıl Yükseliyor. *ATAG, Aktif Tektonik Araştırma Grubu. 8. Elazığ Toplantısı Bildiri Özetleri Kitabı*, Fırat Üniversitesi 22-24 Kasım, Elazığ, 29 s.
- Yeşin O** (2003) Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları, *14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniđi Kongresi*, 3–5 Eylül, Isparta, s. 373-380.
- Yılmaz Y** (1990) Allochthonous Terranes in the Tethyan Middle East: Anatolia and Surrounding Regions. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 331: 611-624.

ÖZGEÇMİŞ

Yasin AKÇAY 1987’de Yozgat’ta doğdu; ilköğretimine 1993 yılında Manisa Kula Dört Eylül İlköğretim Okulu’nda başladı ve 1998 yılında Bursa İnegöl Sinanbey İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Daha sonra Bursa İnegöl Lisesi’nden mezun oldu ve 2004 senesinde Denizli Pamukkale Üniversitesin’de Jeoloji Mühendisliği Bölümüne başladı. 2011 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başlamış olup halen BEÜ eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Kemalpaşa Mah. Yeni Hocaköy yolu
No 7/5 İnegöl/BURSA

Tel : (555) 442 69 71

E-posta : yasinnakcay@hotmail.com