

**KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE
KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Sedat ALTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2010
ANKARA**

SEDAT ATLAŞ tarafından hazırlanan “KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışmsa, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. Mehmet ŞAHİN
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN (Danışman)
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Adem ACIR
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Behçet GÜLENÇ
Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. M. Galip ÖZKAYA
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : 11/02/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sedat ALTAŞ

KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Sedat ALTAŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2010

ÖZET

Artan dünya nüfusu ve rekabet enerji talebini de arttırmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenmesi ve bu talebi uzun süre karşılayamayacak olması dünyayı alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir ve tamamen çevre dostu olan jeotermal enerji, geniş kullanım alanlarıyla alternatif enerji kaynakları arasında öne çıkmaktadır. Jeotermal enerji bakımından zengin olan ülkemizde bu kaynaklardan verimli bir şekilde faydalanmak için çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde jeotermal enerjinin en çok kullanıldığı alanlardan biri de jeotermal merkezi ısıtma sistemleridir (JMIS).

Bu çalışmada, Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sisteminin ekonomik ve teknolojik analizi yapılmıştır. Daha sonra bu veriler, Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer doğalgazlı klasik merkezi ısıtma sistemiyle(KMIS) karşılaştırılmıştır. JMIS'lerin KMIS'lere göre daha ekonomik olduğu ve tamamen öz kaynaklarla işletilebildiği belirlenmiştir. Ayrıca çevresel etkiler açısından yine JMIS'nin KMIS'ne göre üstün olduğu belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 708.1.038

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji, Klasik merkezi Isıtma, Sistemlerin karşılaştırılması

Sayfa Adedi : 117

Tez Yöneticisi : Yard. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN

**COMPARISON OF KIZILCAHAMAM GEOTHERMAL CENTRAL
HEATING WITH CLASSICAL CENTRAL HEATING SYSTEM**

(M.Sc Thesis)

Sedat ALTAŞ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2010

ABSTRACT

The increasing world population and competition also increases the demand to energy. The exhaustion of conventional energy sources and being unable to meet such a demand for a long time directed the world to alternative energy sources. Geothermal energy as a renewable and completely environment friendly energy source steps forward among alternative energy sources with its wide range of use. In our country, having a rich geothermal energy source, there are some studies performed to benefit from these sources in the best manner. One of the fields where geothermal energy is used in our country is the geothermal central heating systems (JMIS). In this study, Kızılcahamam Geothermal Central Heating System is analyzed in economically and technologically. Afterwards, these data are compared with natural gas central heating system (KMIS) which is equivalent to Kızılcahamam JIMS'S. It is detected that JIMSs are more economical than KMIS and they are operable completely by means of own sources. Besides, regarding the environmental effects, it is detected that JIMSs are again superior comparing to KMISs.

Science Code : 708.1.038

**Key Words : Geothermal Energy, Clasic central heating System, Comparison
of systems**

Page number : 117

Adviser : Assist. Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında, bana rehberlik eden ve her türlü desteği esirgemeyen danışman hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN'a teşekkür ederim. Kızılcahamam Jeotermal A.Ş. Genel müdürü Sayın Mehmet KARABULUT'a görüş ve yardımları için teşekkür ederim. Bu çalışmada bana destek olan İnci TEKNE'ye teşekkür ederim.

Ayrıca bugünlere gelebilmem için her türlü fedakârlığı sevgiyle yapmış olan aileme, her zaman yanımda olarak bana sonsuz bir güven aşıladıkları için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. JEOTERMAL ENERJİ.....	5
3.1. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Elde Edilmesi.....	6
3.2. Kullanım Alanları.....	8
3.2.1. Elektrik üretimi.....	10
3.3. Jeotermal Enerjinin Çevreye Etkisi.....	12
3.3.1. Jeotermal akışkandan türeyen kirleticiler	13
3.3.2. Sera etkisi ve jeotermal akışkandan üretilen gazlar.....	14
3.3.3. Jeotermal enerji kullanımında gürültü etkisi.....	16
3.3.4. Jeotermal enerji kullanımında atık ısının çevre etkisi.....	17

Sayfa

3.3.5. Jeotermal enerji kullanımından doğan sosyal ve ekonomik etkiler.....	17
3.3.6. Jeotermal enerji kullanımının yüzey etkileri.....	19
3.3.7. Jeotermal enerji kullanımının yeraltı etkisi.....	19
3.3.8. Türkiye'de jeotermal kirlenme.....	21
3.4. Türkiye'nin Jeotermal Potansiyeli Ve Uygulamaları.....	22
3.5. Dünyadaki Jeotermal Enerji Potansiyeli Ve Belli Başlı Uygulamaları.....	24
3.5.1. Dünyadaki önemli jeotermal kuşaklar	28
4. MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ.....	31
4.1. Klasik Merkezi Isıtma Sistemi Ve Teknolojisi.....	31
4.1.1. Tanımı.....	31
4.1.2. Sistemin ana bölümleri ve görevleri.....	35
4.1.3. Dünyadaki klasik merkezi ısıtma sistemleri.....	40
4.1.4. Türkiye'de klasik merkezi ısıtma sistemleri.....	41
4.2. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi.....	41
4.2.1. Tanımı.....	41
4.2.2. Çalışma şekli.....	44
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	68
5.1. Araştırmada Kullanılan Materyal.....	68
5.2. Araştırmada Kullanılan Yöntem.....	68
5.2.1. Sistemin incelenmesi ve verilerin toplanması.....	68
5.2.2. Verilerin değerlendirilmesi.....	68

Sayfa

5.2.3. Teknolojik karşılaştırmanın yapılması.....	68
5.2.4. Ekonomik karşılaştırmanın yapılması.....	69
6. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ.....	70
6.1. Kızılcahamam Jeotermal Sahası.....	70
6.2. Kızılcahamam Jeotermal Akışkan Üretim Kuyuları Ve Kuyu Başı Sistemleri.....	73
6.2.1. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim ve reenjeksiyon kuyuları.....	73
6.2.2. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim kuyu başı sistemleri.....	76
6.3. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi İsale Hattı.....	77
6.4. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Isı Merkezleri.....	78
6.5. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Şehir İçi Şebekesi.....	80
6.6. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Bina İçi Tesisatı.....	81
7. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ'NE EŞDEĞER DOĞALGAZLI KMİS'NİN TEKNOLOJİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI.....	82
7.1. Enerji Elde Edilme Sisteminin Karşılaştırılması.....	82
7.2. Enerji Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	83
7.3. Isı Üretim Merkezlerinin Karşılaştırılması.....	83
7.4. Isı Dağıtım Sisteminin Karşılaştırılması.....	84
7.5. Bina Sisteminin Karşılaştırılması.....	85
8. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ'NİN EKONOMİK ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI.....	86

Sayfa

8.1. İlk Yatırım Maliyetleri.....	86
8.1.1. Kızılcahamam JMIS ilk yatırım maliyetleri.....	86
8.1.2. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ilk yatırım maliyetleri.....	91
8.1.3. İlk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması.....	96
8.2. İşletme Giderleri.....	96
8.2.1. Kızılcahamam JMIS işletme giderleri.....	96
8.2.2. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin işletme giderleri.....	98
8.2.3. İşletme giderlerinin karşılaştırılması.....	103
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	106
9.1. Sonuçlar.....	106
9.1.1. jeotermal enerji ile ilgili sonuçlar.....	106
9.1.2. Teknolojik karşılaştırmadan elde edilen sonuçlar.....	107
9.1.3. Ekonomik karşılaştırmadan elde edilen sonuçlar.....	109
9.2. Öneriler.....	110
KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ.....	117

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanma Yerleri (Lindal diyagramı).....	9
Çizelge 3.2. Tatlı su hayatı için kriterler.....	14
Çizelge 3.3. Tarımsal sulama için kriterler.....	14
Çizelge 3.4. Çeşitli gürültü kaynaklarından ses seviyeleri.....	17
Çizelge 3.5. Dünyada elektrik Santral kapasitesi.....	36
Çizelge 3.6. Dünyadaki değişik doğrudan kullanım kategorileri özeti, 1995-2005.....	27
Çizelge 3.7. Dünyada jeotermal kaynakların dağılımı.....	28
Çizelge 4.1. Dik su borulu, paket, kazanlarının karakteristik değerleri.....	37
Çizelge 4.2. Tam silindirik ve buhar üreten kazanlarının karakteristik değerleri.....	38
Çizelge 4.3. Birden fazla sayıda buhar kazanı kullanmak gerektiğinde kapasite bölüşümü	38
Çizelge 4.4. Jeotermal akışkanın içerdği kabuklaşma ve korozyona yol açan kimyasallar.....	49
Çizelge 4.5. Jeotermal akışkan taşımada kullanılabilen boruların minimum boru çapları ve et kalınlıkları.....	53
Çizelge 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasında üretilen akışkanın analiz sonuçları.....	72
Çizelge 6.2. Kızılcahamam jeotermal sahasında üretim amaçlı açılan kuyular.....	73
Çizelge 6.3. Kızılcahamam jeotermal sahasında gradyan ölçümü için açılan kuyular.....	74
Çizelge 6.4. Tracer testi için kuyulardan numune alım zamanları.....	74
Çizelge 6.5. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi ısı merkezlerinde kullanılan eşanjörler.....	78

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.6. Şehir içi şebekesinde kullanılan boruların çapları.....	81
Çizelge 7.1. Kızılcahamam JMIS ile KMIS'nin teknolojik yönden karşılaştırılması.....	82
Çizelge 7.2. Isı merkezlerinin karşılaştırılması.....	84
Çizelge 7.3. Isı üretim merkezlerinin arasındaki teknolojik farklılıklar.....	84
Çizelge 7.4. ısı dağıtım sistemleri arasındaki teknolojik farklılıklar.....	85
Çizelge 7.5. Bina sistemleri arasındaki teknolojik farklar.....	85
Çizelge 8.1. Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan dozaj grupları ve fiyatları.....	87
Çizelge 8.2. Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan pompaların özellikleri ve fiyatları	87
Çizelge 8.3 Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan kontrol sistemleri ve fiyatları.....	88
Çizelge 8.4. Kızılcahamam JMIS kuyu başı sisteminin toplam maliyeti.....	88
Çizelge 8.5. Kızılcahamam JMIS 1. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.....	89
Çizelge 8.6. Kızılcahamam JMIS 2. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.....	89
Çizelge 8.7. Kızılcahamam JMIS 3. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.....	90
Çizelge 8.8. Kızılcahamam JMIS'nin toplam ısı merkezi maliyeti.....	90
Çizelge 8.9. Kızılcahamam JMIS akışkan taşıma hatları maliyeti.....	91
Çizelge 8.10. Kızılcahamam JMIS'nin ilk toplam ilk yatırım maliyetleri.....	91
Çizelge 8.11. Kızılcahamam JMIS ısı merkezlerinin ısı kapasitesi.....	92
Çizelge 8.12. 1. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.....	92
Çizelge 8.13. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.....	93

Çizelge	Sayfa
Çizelge 8.14. 2. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.....	93
Çizelge 8.15. 2. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.....	93
Çizelge 8.16. 3. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.....	94
Çizelge 8.17. 3. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.....	94
Çizelge 8.18. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam ısı merkezi maliyetleri.....	94
Çizelge 8.19. Buhar hattı için öngörülen boru özellikleri.....	95
Çizelge 8.20. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin şehir içi dolaşım hatları maliyeti.....	95
Çizelge 8.21. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam ilk yatırım maliyetleri.....	96
Çizelge 8.22. Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ilk yatırım maliyetlerine göre karşılaştırılması.....	96
Çizelge 8.23. Kızılcahamam JMIS toplam yıllık işletme giderleri.....	97
Çizelge 8.24. Çeşitli su kullanım yerlerindeki su tüketimleri.....	99
Çizelge 8.25. Ankara'da aylara göre ısıtma yapılan günler ve ortalama sıcaklıklar.....	100
Çizelge 8.26. Kızılcahamam JMIS'nin kış aylarına göre ısı ihtiyacı.....	101
Çizelge 8.27. Kızılcahamam JMIS'nin yaz aylarına göre ısı ihtiyacı.....	101
Çizelge 8.28. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam işletme giderleri.....	103
Çizelge 8.29. Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin işletme giderlerine göre karşılaştırılması.....	103
Çizelge 8.30. Türkiye'de jeotermal enerji ile ısıtılacak potansiyel yerleşim birimleri.....	105

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yerkürenin iç kısımları.....	6
Şekil 3.2. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.....	7
Şekil 3.3. Jeotermal akışkanın farklı kullanım alanlarında entegre olarak değerlendirilmesi.....	10
Şekil 3.4. Kuru buhar santrali.....	11
Şekil 3.5. Flaş buhar santrali.....	11
Şekil 3.6. Binary Cycle santrali.....	12
Şekil 3.7. Enerji kaynaklarının CO ₂ emisyonu.....	16
Şekil 4.1. Bir KMIS taslağı.....	32
Şekil 4.2. Klasik Merkezi Isıtma Sistemlerini oluşturan kısımlar.....	34
Şekil 4.3. Buhar üreten bir ısı merkezi.....	36
Şekil 4.4. Kapalı jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin şematik gösterimi.....	69
Şekil 4.5. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi genel akış diyagramı.....	45
Şekil 4.6. Jeotermal akışkan üretim kuyusu ve kuyubaşı sistemi.....	46
Şekil 4.7. Su ile yağlamalı dik milli pompa kesiti.....	51
Şekil 4.8. Bir ısı merkezinin yapısı ve ekipmanları.....	55
Şekil 4.9. Contalı plakalı ısı değiştirici parçaları.....	57
Şekil 4.10. Tekrar-Basma İşleminde Hidrolik Cephe ve Isıl Cephenin Rezervuar İçinde İlerlemesi.....	67
Şekil 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasındaki üretim ve reenjeksiyon kuyularının lokasyonları ve birbirine olan uzaklıkları.....	75
Şekil 6.2. MTA-1 ve MTA-1A kuyularının birbirine konumu.....	76

Şekil	Sayfa
Şekil 6.3. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim kuyuları kuyubaşı sistemi ekipmanlar.....	77
Şekil 8.1. Jeotermal ile bazı fosil yakıtların ısı satış bedellerinin karşılaştırılması.....	104

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Jeotermal akışkan kulesi.....	48
Resim 4.3. Lehimli ve contalı ısı eşanjörleri.....	56
Resim 6.1. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi 1. Bölge ısı merkezi.....	79
Resim 6.2. 1. Bölge ısı merkezindeki jeotermal akışkan ve sirkülasyon pompaları.....	79

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Türkiye'nin 500 m derinliğindeki sıcaklık dağılımı haritası.....	23
Harita 3.2. Sıcaklık gradyanı haritası.....	23
Harita 3.3. Türkiye'de jeotermal kaynakların dağılımı.....	24
Harita 3.4. Dünyadaki önemli jeotermal kuşaklar ve levha (plaka) sınırları.....	28
Harita 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasının konumu.....	70
Harita 6.2. Ankara-Kızılcahamam jeotermal alanı 100m ve 300 m. derinlikteki eşsıcaklık dağılım haritaları.....	71
Harita 6.3. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi krokisi.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
l/sn	Litre/saniye
t/h	Ton/saat
MWe	Mega Watt Elektrik
MWt	Mega Watt Termal
GWh	Giga Watt Saat
1 konut eşdeğeri	100m ² genişliğinde 2.8m yüksekliğinde hacim
kcal/h	Kilokalori/saat
dev/dakika	Devir/Dakika
kWh	Kilo Watt Saat
m/sn	Metre/saniye
m³/h	Metre küp/saat
SO₂	Kükürtdioksit
SO₄	Sülfat

Kısaltmalar	Açıklama
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
KMIS	Klasik Merkezi Isıtma Sistemi
JMIS	Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi

Kısaltmalar**Açıklama****WEC**

Dünya Enerji Konseyi

PUR

Rijit (etki altında şekil değiştirmeyen) poliüretan

1. GİRİŞ

Enerji; toplumların yaşam kalitesini belirleyen, temel ihtiyaçlardan biridir. Günlük hayatımızda, sanayi sektöründe verimli ve kesintisiz enerji kaynaklarına ihtiyacımız vardır. Bu ihtiyacın giderek artmasına karşılık, mevcut enerji kaynakları tükenmekte ve yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Ancak fosil yakıt ihtiyacımızı karşılayacak yeterli kaynağa sahip olmadığımız için bu fosil yakıtların büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Bu yüzden ülkemiz enerji bakımından dışa bağımlıdır.

Jeotermal enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkemiz dünyada yedinci sıradadır. Kendi öz sermayemiz olan bu enerji ülkemizin kendi imkân ve teknolojileri ile elde edilebilir ve kullanılabilir. Jeotermal enerji, sanayi sektöründe, konut ısıtmasında, tarımda, balık yetiştiriciliğinde ve termal turizm gibi birçok alanda enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Jeotermal enerji fosil yakıtlara nazaran temiz ve çevre dostu bir enerjidir. Fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan zehirli gazlar ve katı atıklar gibi kirletici maddelerin oluşumuna sebep olmaz.

Evlerde kullanılan enerjinin büyük bir kısmı konutların ısıtılması için kullanılır. Ülkemizde jeotermal enerjinin yaygın olarak değerlendirildiği kullanım alanlarından biri de jeotermal merkezi ısıtma sistemleridir.

Bu çalışmada Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi (JMIS) incelenmiş ve eşdeğer bir klasik merkezi ısıtma sistemiyle (KMIS) teknik ve ekonomik olarak karşılaştırılmıştır. Üçüncü bölümde jeotermal enerjin tanımı, kullanım alanları, Türkiye'deki ve dünyadaki mevcut durumu hakkında geniş bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde KMIS ve JMIS'lerin teknolojileri incelenmiştir. Beşinci bölümde araştırmada kullanılan materyal ve metod verilmiştir. Altıncı bölümde Kızılcahamam jeotermal sahası ve Kızılcahamam JMIS'nin teknolojisi incelenmiştir. Yedinci bölümde Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS teknolojik

yönden karşılaştırılmıştır. Sekizinci bölümde Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ekonomik analizi yapılarak birbiri ile karşılaştırılmıştır. Dokuzuncu bölümde de bu çalışmadan elde edilen sonuçlara ve bu sonuçlar ışığında önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Erden, (2002); “ Türkiye’de jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sistemi teknolojilerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması” çalışmasında Balçova jeotermal merkezi ısıtma sistemiyle ODTÜ klasik merkezi ısıtma sistemini incelemiş, teknolojik ve ekonomik yönden karşılaştırmıştır.

Güngör, (2002); “ Afyon ili jeotermal merkezi konut ısıtma sisteminin teknolojik ve ekonomik analizi” çalışmasında Afyon ili jeotermal merkezi ısıtma sisteminin teknolojik ve ekonomik analizi ile ideal merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması yapılmıştır.

Başel, Serpen, Satman, (2008); “Türkiye jeotermal kaynak potansiyeli” makalesinde Türkiye’deki jeotermal kaynakların büyüklüğünü ve buralardan elde edilebilecek güç üretim potansiyelleri hakkında bilgi vermiştir.

Satman, “Tekrar-basma (Reenjeksiyon)” adlı makalesinde tekrar-basmanın yararları, tekrar-basmanın tasarımı ve reenjeksiyon işleminde kuyuların önemi hakkında bilgi vermiştir.

Şahan, “Jeotermal doğrudan ısıtma sistemlerinde plakalı ısı değiştirgeçleri” makalesinde contalı-plakalı ısı eşanjörlerini incelemiştir.

Çakır, “Jeotermal su kullanımında kabuklaşma ve korozyon problemleri” çalışmasında kabuk oluşum mekanizması ve bunun önlenmesi için alınması gereken önlemlerle beraber suyun yüzeye çıkarılması ve kullanımı sırasında ortaya çıkma olasılığı bulunan korozyon problemleri üzerinde durmuştur.

Ertöz, “Jeotermal santrallerde pompa uygulamaları” isimli bildirisinde kullanım yerlerine göre pompalarda aranan özellikler anlatılmaya çalışmıştır.

Serpen, (2005), “Jeotermal enerjinin Türkiye ve dünyada kullanımı” çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının bu yüzyıldaki rol ve önemi vurgulanmıştır.

Küçükçalı, (1997); “Kalorifer tesisatı” isimli çalışmasında ısıtma sistemleri ve kalorifer tesisatları hakkında bilgi verilmiştir.

Özbek, (2000), “Jeotermal akışkanların entegre olarak sağlık ve termal turizmde değerlendirilmesi”, adlı tebliğinde jeotermal akışkanların oluşumu, ve elde edilişi hakkında bilgi verilmiş sağlık-termal turizm öğeleri ile kullanım alanları tanıtılmış, dünyada ve Türkiye’de termalizm anlatılmış ve mineralli termal suların endikasyon özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca termal tesisler ve özellikleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

Arslan, (2006); “Jeotermal enerjiden yararlanılarak kuyu içi eşanjörü yardımıyla konut ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanması” adlı çalışmasında genel jeotermal enerji konularını incelemiş ve sonra bir konutun ısı ihtiyacı hesaplandıktan sonra, bu gereksinimi karşılamak için bir kuyu içi eşanjörü tasarlamıştır.

Öztürk, “Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı” adlı makalesinde tarımsal üretim işlemlerinde yararlanılabilecek yenilenebilir enerji teknolojilerinin üstünlük ve olumsuzlukları tartışılmış ve tarım sektöründe enerji kullanım etkinliği ve enerji korunumu önlemlerine ilişkin öneriler verilmiştir.

Satman, “Jeotermal enerjinin doğası” jeotermal enerjinin doğasındaki özellikler incelenerek, Türkiye’de bilinen jeotermal sahaların ortak yönleri ağırlıklı olarak tartışılmıştır.

3. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer üstü ve yer altı sularına göre daha fazla ergimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharın sahip olduğu enerjiye denir. Bu enerjiyi yeryüzüne taşıyan akışkana da jeotermal akışkan denilmektedir. Ayrıca hiçbir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yeraltındaki “sıcak kuru kayalar” da jeotermal enerji kaynağı olarak adlandırılır [1].

Jeotermal sahalar rezervuar sıcaklıklarına göre üç grupta toplanırlar [2].

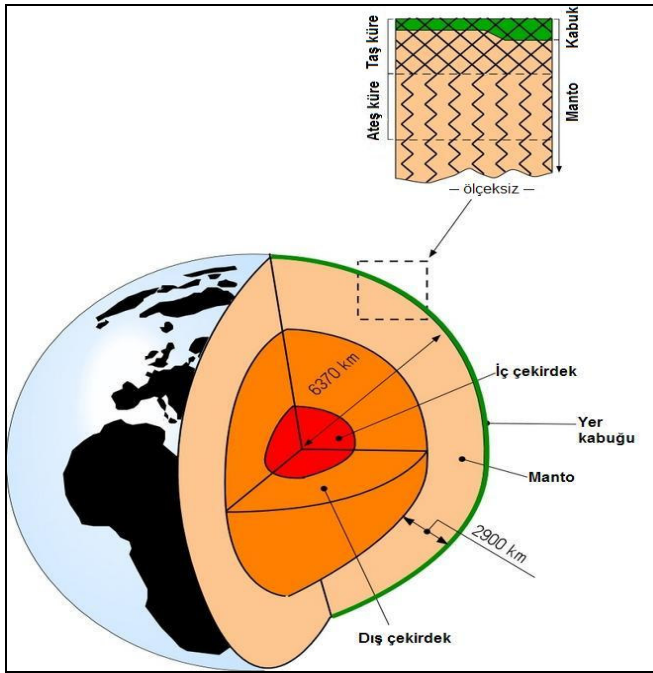
1. Yüksek entalpili sahalar: 150 °C’den yüksek sıcaklığa sahip sahalar.
2. Orta entalpili sahalar: 70 °C ile 150 °C arası sıcaklığa sahip sahalar.
3. Düşük entalpili sahalar: 20 °C ile 70 °C arası sıcaklığa sahip sahalar.

Jeotermal sistemler ayrıca doğal durumuna ve jeolojik durumuna bağlı olarak da sınıflandırılmaktadır [3].

1. Volkanik sistemler; Volkanik etkinlikle ilişkilendirilen sistemlerdir. Isı kaynağı magma veya yükseltilerdir. Geçirgen çatlaklar ve fay zonları volkanik sistemlerde suyun akışını kontrol ederler.
2. Taşınım sistemleri; Düşey ısı akışı değerlerinin yüksek olduğu tektonik olarak aktif bölgelerde sıcak kabuğun ısı kaynağı olduğu sistemlerdir. Düşey çatlak ve fayların bulunduğu ortamlarda jeotermal su 1 km’den daha derinlere indikten sonra aşağıdaki kayalardan ısı almakta ve daha sonra yükselerek taşınım sistemlerini oluşturmaktadır.
3. Sedimanter sistemler; 1 km’den daha derin yerlerde geçirgen sedimanter tabakalarda oluşan, ısı taşınımından çok iletimin doğal olarak etken olduğu ve bazı durumlarda fayları da içeren sistemlerdir.

3.1. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Elde Edilmesi

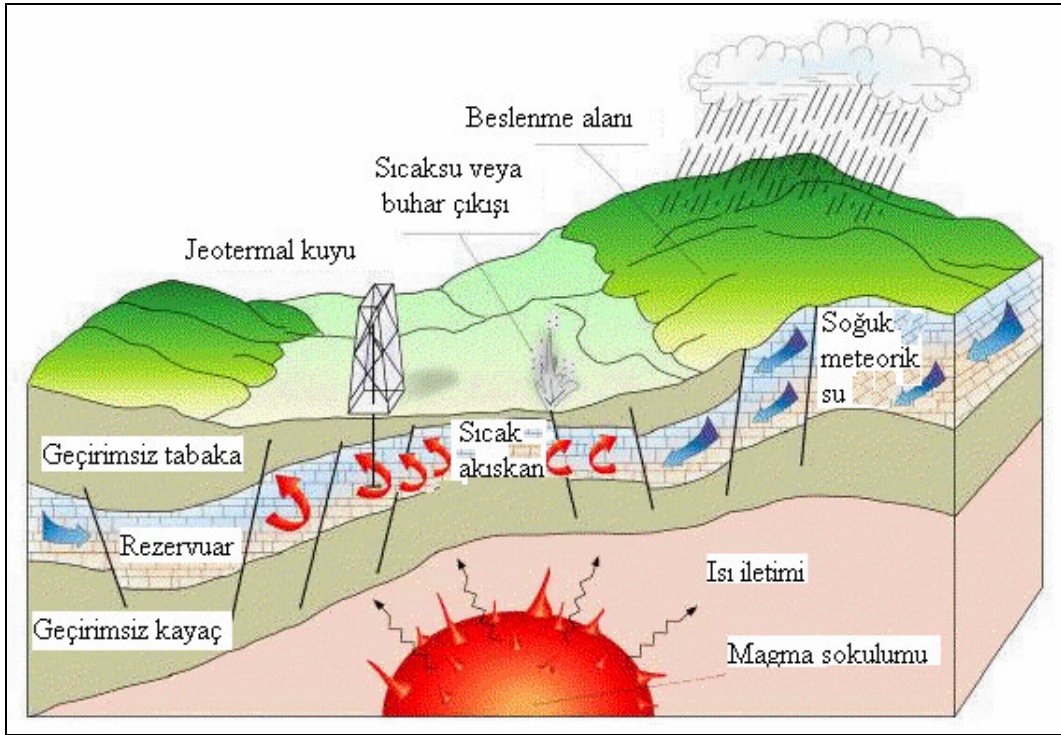
Yeryüzünden (beslenme alanlarından) süzülen meteorik vadoz sular, ısıtıcı özelliğini kaybetmemiş magmanın ısı etkinliği, jeotermal gradyent ve diğer kimyasal etkenlerle ısınıp geçirimli-gözenekli (akifer-rezervuar) kayalar içinde toplanarak termal su (jeotermal akışkan) rezervuarını oluştururlar. Yeryüzünden derinlere süzülme ve toplanma esnasında sıcak sular temas ettikleri kayalardan erittirdikleri mineral, tuzlar ve magma ile ilişkileri nedeniyle çeşitli gazları da bünyelerinde erimiş olarak taşırlar. Çeşitli araştırmacılar tarafından mineralli termal sular pek çok terminolojik terimle ifade edilirler. Bunlar; sıcak su, maden suyu, termomineral su, jeotermal akışkan şeklindedir [4].



Şekil 3.1. Yerkürenin iç kısımları [5].

Bir jeotermal yapı; ısı kaynağını oluşturan magma, akışkan, rezervuar kayaç, örtü kayaktan oluşmaktadır. Kayaların ısı geçirgenliklerine göre magmadan gelen ısı enerjisi rezervuarı ısıtmakta ve bazen de ısınan akışkan (su-buhar fazında veya sıcak gaz şeklinde) toplandığı rezervuarı ve içinde daha önceden toplanmış olan soğuk yer altı suyunu da ısıtarak bir karışım sistemini oluşturabilmektedir. Genellikle

yeryüzündeki geniş beslenme alanlarından (havzalarından) meteorik suların süzülebilmesi (yağmur, kar, buz) ile rezervuar beslenmektedir. Bilindiği gibi dünyadaki hidrolik çevrim (suların yeryüzüne düşüp, yeraltına süzülüp yeryüzüne çıkması, buharlaşıp tekrar yağış şeklinde geri dönmesi) rezervuar için sonsuz bir beslenme sistemini oluşturur. Bu nedenle rezervuarın beslenme miktarından daha az üretim yapıldığı takdirde tükenmeyen, yenilenebilir bir akışkan, dolayısıyla jeotermal enerji eldesi mümkün olmaktadır [4].



Şekil 3.2. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.

Jeotermal akışkan yeraltında sondaj kuyuları ile üretilip eşanjör ile ısı enerjisi alındıktan sonra fizikokimyasal özellikleri korunarak uygun sıcaklıkta reenjeksiyon kuyularından (geri basım yöntemi ile) tekrar yeraltına gönderilirler. Bu sayede çevreyi kirlilemedikleri (bor içeriği, ısı nedeniyle) gibi rezervuarın beslenmesi, parametrelerinin değişmemesi sağlanmaktadır. Rezervuar basınç düzeyi (veya hidrolik sistem basınç düzeyi) topografyanın üzerinde ise faylardan çıkan akışkan “kaynak” ismi verilen doğal boşalım şeklini oluşturmaktadır. Sondaj kuyularında bu durum artezyen ismi verilen doğal fışkırmayı oluşturmaktadır. Basınç düzeyi

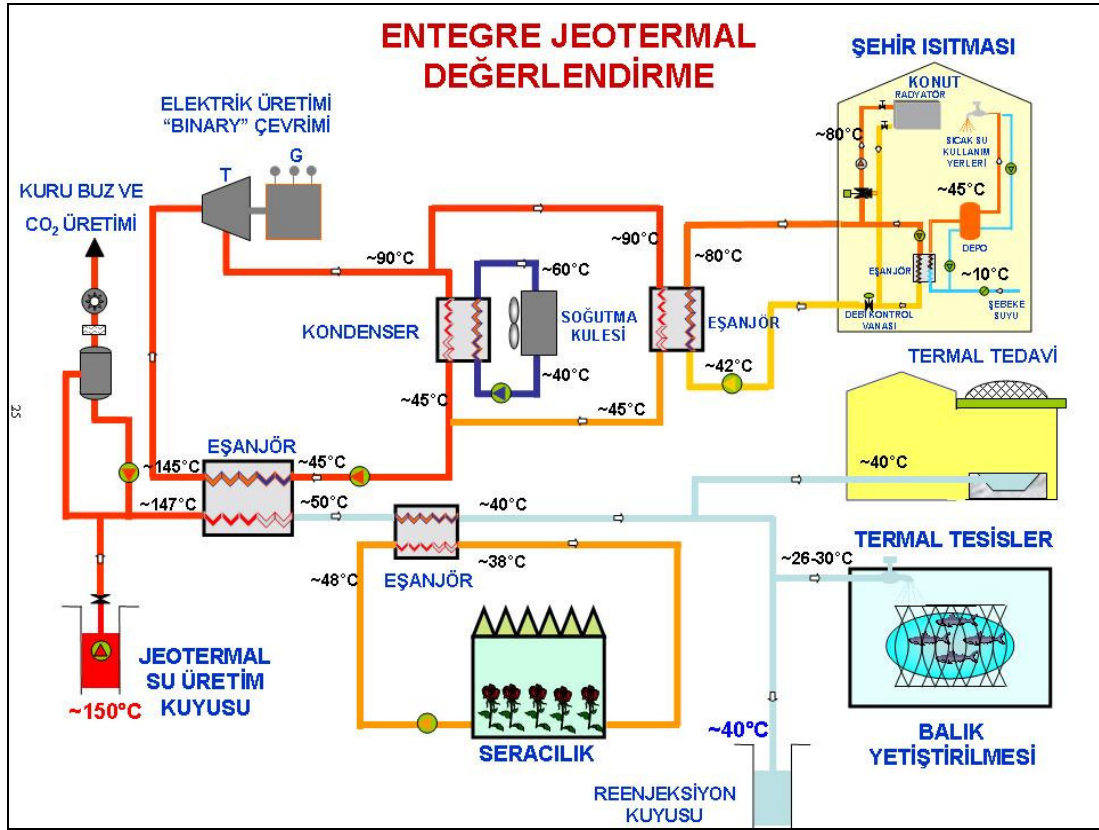
topografyanın altında kaldığı takdirde ise kuyu içine asılı artezyen oluşturmaktadır. Bu tip kuyularda mutlaka kuyu içi üretim yapılır. Sondaj yapıldığında akışkan daha derinden alındığı için sıcaklık ve debi miktarı doğal kaynağa göre önemli bir miktarda artmaktadır. Doğal çıkışların (kaynak) yeterli üretimi sağlamaması, çeşitli etkenlerle debi-sıcaklık-fizikokimyasal özelliklerinin değişebilmesinden dolayı, sondajlar vasıtası ile üretim daha emniyetli olmaktadır. Sondaj yapıldığında basınç düzeyi değişebileceği için termal kaynakların doğal boşalımı durabilmektedir. Bu suyun kaçtığı anlamına gelmemektedir [4].

3.2. Kullanım Alanları

Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynakların ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$) en önemli kullanım alanı elektrik üretimidir. Düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal kaynaklar ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$) çok farklı kullanım alanlarına sahiptir. Klasik Lindal diyagramı farklı sıcaklıklara bağlı olarak jeotermal kaynağın kullanılabilir alanlarını göstermektedir. Bu diyagrama son yıllarda $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerindeki jeotermal kaynakların binary cycle santrallerinde elektrik üretiminde kullanılması da eklenebilir. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki jeotermal kaynaklardan ise ısı pompaları ile ısıtma ve soğutmada faydalanılmaktadır.

Çizelge 3.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanma Yerleri (Lindal diyagramı) [4].

Sıcaklık °C	Jeotermal Akışkanın Kullanım Alanları
180 °C	Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170 °C	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160 °C	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150 °C	Bayer's yöntemiyle alüminyum eldesi
140 °C	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilikte)
130 °C	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120 °C	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110 °C	Çimento kurutulması
100 °C	Organik maddeleri kurutma, (yosun, et, sebze vb.) yün yıkama ve kurutma
90 °C	Balık kurutma
80 °C	Ev ve sera ısıtma
70 °C	Soğutma
60 °C	Kümes ve ahır ısıtma
50 °C	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar
40 °C	Toprak ısıtma
30 °C	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20 °C	Balık çiftlikleri,



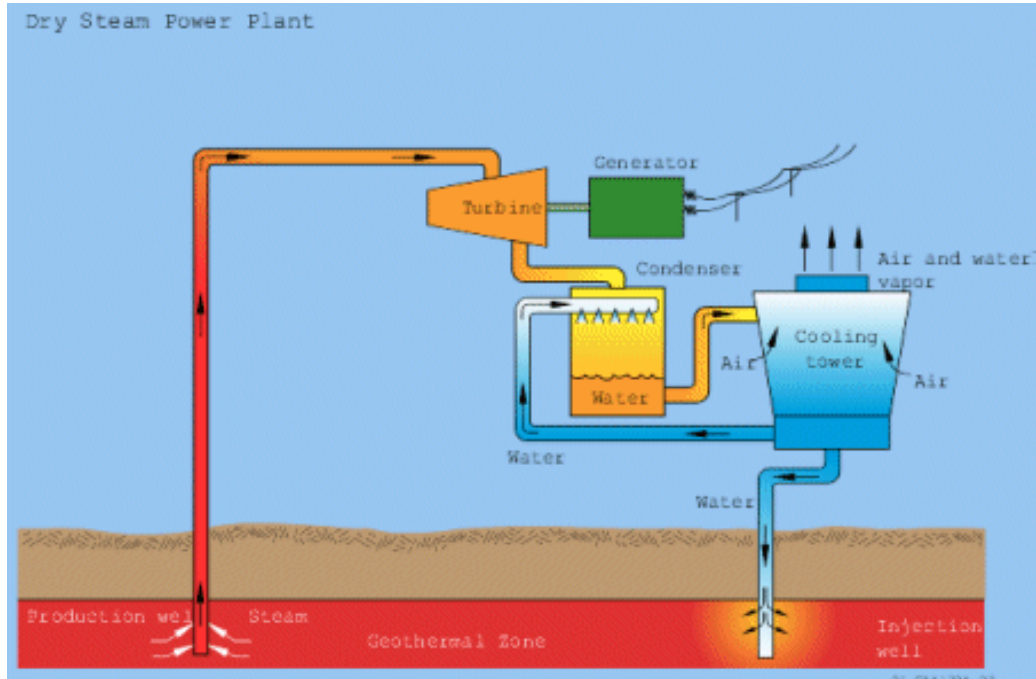
Şekil 3.3. Jeotermal akışkanın farklı kullanım alanlarında entegre olarak değerlendirilmesi [6].

3.2.1. Elektrik üretimi

Jeotermal enerjiye sahip tüm ülkelerde elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır. Ancak üretim değerleri ve kurulu güçleri birbirinden farklıdır. Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır.

Kuru buhar santralleri

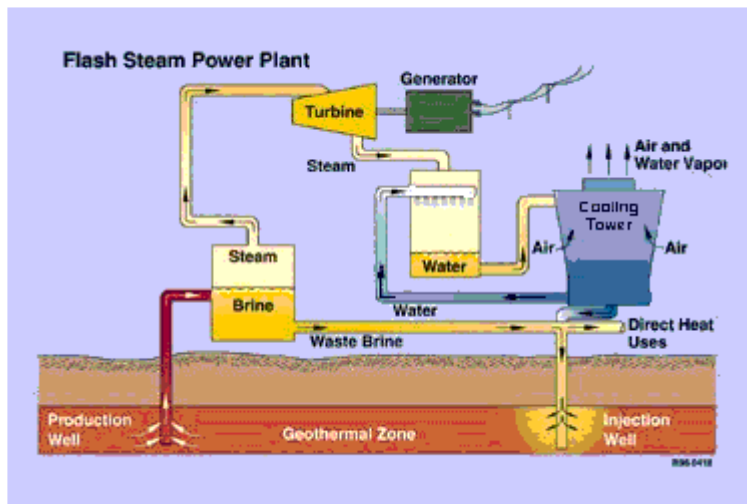
Tribünü döndürmek için kuyudan üretilen kuru buhar direk olarak kullanılır.



Şekil 3.4. Kuru buhar santrali [7].

Flaş buhar santralleri

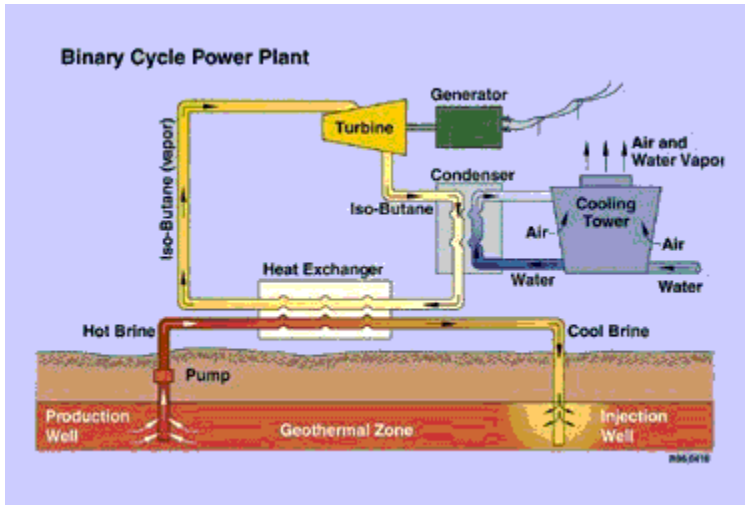
Yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan düşük basınçlı seperatörlerde su ve buhar olarak ayrılır ve ayrıştırılan buhar ile tribünün döndürülmesi sağlanır.



Şekil 3.5. Flaş buhar santrali [8].

Çift çevrim santrali

Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha düşük buharlaşma ve kaynama noktasına sahip akışkan ısı eşanjöründe buharlaştırılır. Buharlaşan bu akışkan ile tribünün döndürülmesi sağlanır.



Şekil 3.6. Çift çevrim santrali [9].

3.3. Jeotermal Enerjinin Çevreye Etkisi

Jeotermal enerjinin harekete geçirilmesi için yapılan işlemler dolayısıyla çevreye etkisi aşağıda verilen iki grup altında incelenebilir [12]:

1- Arama, geliştirme ve inşaat faaliyetleri. Bu kategori aşağıdaki bölümlere ayrılır:

- Ulaşım için temizleme ve hazırlama,
- Sondaj yeri,
- Dağıtım ve enerji dönüşüm yapıları.

2- Akışkan dağıtım ve enerji dönüşümü sistemi işlemleri. Dönüşüm sistemleri işletmeye açıldıktan sonra, esas kirletici bunlardan geçen jeotermal akışkanlar olup, çevreye etkisi aşağıdaki noktalarda oluşur:

- Kuyu başındaki testler ve kaçaklar,
- Seperatördeki ayırımdan sonra atık su,
- Boru hattındaki dışa atım yerleri (vent),
- Atık yoğunlaşmış buhar,
- Kondansörden yoğunlaşmayan gazlar,
- Soğutma kulelerinden sis oluşumu ve havaya atılan kirleticiler,
- Atık soğutma suyu,
- Hava ve su temizleyicilerinin atıkları,
- Tekrar basma sistemi.

Bazı sistemlerde yukarıdaki kirlenme odaklarından bazıları hiç bulunmaz ve bazıları da çok önem kazanır. Bu kirlenme kaynaklarının toplam dışa atıma veya herhangi bir ortama (hava, su, toprak ve yeraltı) verilmesi sırasındaki katkısı çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler dönüşüm sistemlerini, başlangıç akışkan durumunu (sıcaklık, basınç ve bileşim), soğutma suyu kaynağı, soğutma yöntemim ve tekrar basma (reenjeksiyon) uygulamasını içerirler [12].

3.3.1. Jeotermal akışkandan türeyen kirleticiler

Jeotermal Sular

Jeotermal akışkanların kimyasal özellikleri farklı jeotermal rezervuarlar arasında oldukça değişime uğramakla birlikte, aynı rezervuar içinde bile daha az ölçekte olsa da değişebilir. Rezervuarın beslenmesi ve değişken üretim faktörleriyle de bu özellikler zamanla da değişirler. Atık sulardaki esas kirleticiler arsenik, bor, civa, ve diğer ağır metallerdir (kurşun, kadmiyum vs.). Böyle bir suyun dışa atımı canlı varlıklar açısından tehlikelidir. Ayrıca, As ve Hg sedimanlarda ve organizmalarda birikirler. Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3. sırasıyla sudaki yaşam ve tarım için çeşitli kimyasal elementlerin zarar verme kriterlerini göstermektedir. Diğer taraftan, suyla birlikte yeryüzüne çıkan ve çökelen CaCO_3 ile SiO_2 yanında yüzeyde katı olarak çökelen diğer mineraller de zehirli etkileri olmasa da kirlilik yaratırlar. Jeotermal akışkanlarda radyoaktif elementler düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Bunlar uranyum ve toryum izotopları ile radyum ve radondur [13].

Çizelge 3.2. Tatlı su hayatı için kriterler [13].

Bileşenler	Kriter, mg/l
Amonyum	0.002
Kadmiyum	.012-.0012
Demir	1
Cıva	0.0005
H ₂ S	0.0002
Çinko	.001 , 96 hr
Krom	0.1

Çizelge 3.3. Tarımsal sulama için kriterler [13].

Bileşenler	Kriter, mg/l
Arsenik	0.1
Bor	0.75
Kadmiyum	1
Bakır	0.1
Kurşun	<30
Çinko	.4-25
TDS	5000-15000

3.3.2. Sera etkisi ve jeotermal akışkandan üretilen gazlar

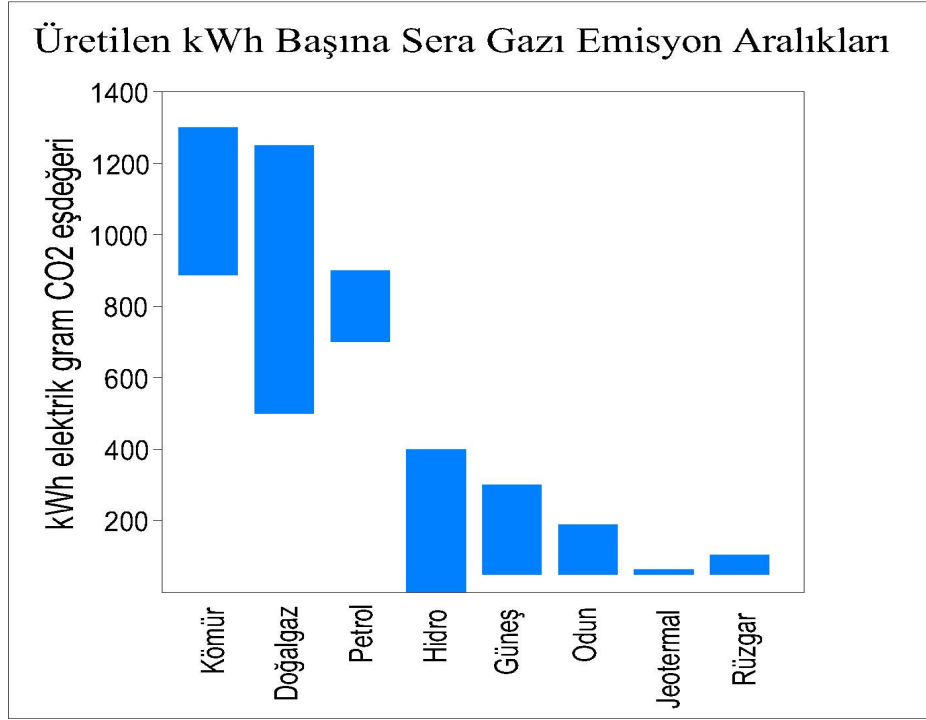
Kömür, doğalgaz ve ful-oil gibi fosil yakıtlar, yüksek basınç altında oluşmuş ve karbondioksit içeriği bakımından çok zengin organik maddelerdir. Bu yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkan CO₂ gazı, atmosfere karışır.

Normalde karbon döngüsünün bir parçası olan bu olay, fosil yakıtların kullanımının artması ile atmosferdeki CO₂ miktarının normalden yüksek seviyelere çıkmasına neden olur. Havanın başlıca iki bileşeni olan oksijen ve azot gazları, güneşin gözle görülebilen dalga boylu ışınlarını yansıtır ve morötesi ışımların bir kısmını da absorbe eder (soğurur). Dünya yüzeyine ulaşabilen güneş ışınları, yeryüzü tarafından soğurularak ısıya dönüştürülür. Bu ısı, yeryüzündeki atomların titreşimine ve kızılötesi ışıma yapmalarına neden olur. Bu kızılötesi ışımlar, oksijen veya azot gazı

tarafından soğurulmaz. Ancak havada bulunan CO₂ ve CFC (kloroflorokarbon) gazları, kızılötesi ışımların bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı çıkmalarını engeller. Bu soğurma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bunun sonucunda dünya, güneşin altına park edilmiş bir arabanın içi gibi ısınır. İşte bu etkiye, "sera etkisi" adı verilir. Sera etkisi dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığını değiştireceği için, uzun vadede iklimlerde değişiklikler, buzulların erimesi, mevsimlerin kayması ve tarım alanlarının verimsizleşmesi gibi çok ciddi sorunlara neden olabilir [14].

Yoğuşmayan gazlar jeotermal akışkanın çevresel etki açısından önemli bileşenleridir. Bunlar, sıvı faz içersinde serbest veya çözülmüş halde bulunurlar; jeotermal akışkanın ağırlıkça % 0.3-5'i arasındadırlar. CO₂, jeotermal yoğuşmayan gazların en büyük bileşenidir. Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi, jeotermal enerji görece olarak fosil yakıtlara göre daha az kirleticidir. İzlanda'da yapı an bir araştırma 1 milyon ton/yıl alümina üreten bir fabrikanın, kömürle çalıştırıldığı zaman 1.2 milyon ton/yıl, jeotermal enerjiyle çalıştırıldığında ise 200 bin ton/yıl CO₂'i atmosfere bırakacağını göstermiştir. Bu durum, jeotermal enerjinin endüstriyel kullanımının da daha az kirleticisi olduğuna işaret etmektedir [14].

H₂S genel olarak jeotermal sahalarda çevre etkisi açısından dikkati çekecek derecede bulunmaktadır. Zehirlilik etkisi ise hemen çıkış yeri civarındadır. ABD'de ise yoğuşmayan gaz emisyonları son derece ciddi bir şekilde kontrol edilmekte ve bunun için çeşitli prosesler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları gaz fazında, bazıları da sıvı faz üzerinde çalışırlar. Kullanım avantajlarına ve de ekonomilerine göre uygulamalarına karar verilir. Jeotermal akışkanların taşıdığı gazların sosyal maliyeti, diğer yakıtlarla karşılaştırılmalı olarak Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi, doğal gaz hariç oldukça düşüktür [14].



Şekil 3.7. Enerji kaynaklarının CO₂ emisyonu [6].

Radyoaktif bir gaz olan radon, jeotermal akışkanlarda genel olarak bulunan en önemli radyoaktif maddedir. Jeotermal bölgelerde radon gazı tayini ile derin çatlakların varlığı belirlenebilmektedir. EPA' nın 136 kaynaktan yaptığı bir araştırma, 13-14000 pci/l arasında değişen ve ortalaması 510 pci/l'lik değerleri göstermiştir [13].

3.3.3. Jeotermal enerji kullanımında gürültü etkisi

Tüm endüstriyel işlemlerde gürültü bir dereceye kadar kabul edilmesi gereken bir kirleticidir. Jeotermal alanlar uzak ve sakin yerler olduğu için, özellikle Jeotermal işlemlerin uygulanması sorun yaratır. En önemli potansiyel gürültü odakları: (1) sondaj (özellikle havayla) ve (2) buharın atmosfere açılmasıdır.

Gürültüyü önlemek amacıyla iki fazlı jeotermal akışkanlar için atmosferik seperatör olan susturucular (silencer) her yerde kullanılmaktadır. Ama kuru buharın atmosfere açılmasının ürettiği gürültüyü kontrol etmek daha zordur.

Çizelge 3.4. Çeşitli gürültü kaynaklarından ses seviyeleri [13].

Gürültü Kaynağı	Ses Seviyesi dB (A)	Yorum
Havayla Sondaj	114	Buhar girişi de ekleniyor
Buhar Kuyusu	89/92	Dar borudan buhar akışı
Buhar Kuyusu	84	Silencer'den buhar akışı
Buhar Kuyusu	105/110	Kısıtlanmamış akış

Jeotermal sahalarda çok iyi kontrol yapıldığı zamanlarda bile çalışanların kulakları için koruyucu takmaları zorunludur [13].

3.3.4. Jeotermal enerji kullanımında atık ısının çevre etkisi

Eğer jeotermal işlemlerden çıkan ısı çevreye girerse bulut oluşumunu etkileyebilir, hatta yerel iklimi bile değiştirebilir. Bunun nedeni de özellikle jeotermal sahaların çok düşük dönüşüm verimiyle çalışmaları ve büyük miktarda ısı dışa atmalarıdır. Örneğin 50-100 MW 'lık bir jeotermal santral 200-400 MW'lık bir termik santral (kömür veya nükleer) kadar ısıyı dışa verir. Eğer atık su yakından geçen bir nehre veya gök akıtılırsa yerel çevrenin biyolojisini ve dolayısıyla ekolojik sistemi ciddi bir şekilde etkileyebilir [15].

3.3.5. Jeotermal enerji kullanımından doğan sosyal ve ekonomik etkiler

Günümüzde, dünya devletleri kendi sosyo-ekonomik şartlarının iyileştirilmesi amacı ile jeotermal projelerinin geliştirilmesine önem vermektedirler. Jeotermal enerjinin kullanımı ile amaçlanan yararlar ve beraberinde maddi-manevi etkiler, jeotermal projelerin başarısı ve kabul edilebilirliği için önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır [16]. Jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri, çevresel etkiler ana başlığı altında çok önemli bir alt başlığı oluşturuyor olsa da dünya genelindeki uygulamalarda üzerinde pek durulmamaktadır. Literatürdeki az sayıda çalışma az gelişmiş ülkelerdeki alt gelir grupları ile o bölgedeki jeotermal kaynaktan yararlanma

konuları ile sınırlandırılmıştır [18].

Jeotermal kaynağın bulunduğu bölgelerdeki yerleşim dokuları, jeotermal uygulamalardan yararlanış biçimleri, bölge halkının sosyal ve ekonomik profilleri ve bu profildeki jeotermal kullanımına dayalı değişiklikler, sosyo-ekonomik etkiler konusunun içinde yer bulmaktadır [18].

Jeotermal enerjinin sosyo-ekonomik etkileri üzerine, dünya literatüründeki çalışmalara bakıldığında, genel olarak Endonezya, Filipinler, El Salvador gibi az gelişmiş ülkelerde ve ekseriyetle fakir halkın bulunduğu bölgelerdeki çalışmaları konu alan araştırmaların yapıldığı ve yoksul kesime yönelik ucuz enerji üretimi ve paylaşımları hedefleyen sonuçların elde edildiği görülmüştür [17]. Fakat bu çalışmalar gerek ülke profilleri açısından gerekse proje hedefleri açısından Türkiye özelinde örnek olabilecek nitelikte bulunmamaktadır. Gerek kullanım alanları gerekse kullanıcı kesimi, sosyo-ekonomik bağlamda jeotermal enerjinin ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği bilinmektedir [24, 25].

Herhangi bir jeotermal projenin karar, planlama ve yönetim aşamalarında sosyal konuların da göz önünde bulundurulması, uluslararası anlaşmalar, protokoller, yasalar ve uluslararası finans kuruluşlarının getirdiği bir zorunluluktur. Sosyo-ekonomik parametreler projenin büyüklüğüne göre değişebilir. Etki değerlendirme amacıyla bazı parametreler ya da belirleyiciler ölçülür. Jeotermal enerji kullanımı bazında ölçülmesi gereken bu parametreleri beş ana başlık altında toplayabiliriz [18];

- 1) Bölgede yaşayanlara ilişkin veriler; nüfus, nüfus yoğunluğu, yaşam biçimi- ihtiyaçları-problemleri, jeotermal projelere ilgisi-beklentisi-içinde olma isteği,
- 2) Yönetimsel ve idaresel veriler; yerel yönetim biçimi, yönetici siyasal pozisyonu-profil, merkezi yönetimin bakış açısı, sivil toplum örgütlerinin yaklaşımı-beklentileri-uyarıları, yerel-ulusal-uluslar arası boyutlarda yasal durum,
- 3) Fiziksel ve sosyo-kültürel veriler; jeotermal kaynağın rezerv alanı ve koruma bölgeleri yönelik haritalar, çalışma alanına yönelik Jeolojik ve Hidrojeolojik haritalar, alanın arazi kullanım ve bitki örtüsü yönelik planlar, imar planları

(Nazım İmar ve Uygulama İmar planları), alan içerisinde bulunan yerleşim dokuları, ekolojik,tarihi,kültürel korunması gereken alan yada yapılar (miras),

- 4) Ekonomik veriler; arsa ve konut fiyatları, işgücü ve çalışanların durumları
- 5) Altyapı verileri; elektrik-su-kanalizasyon sistemleri, jeotermal dağıtım sistemleri mevcut durumu potansiyelleri, ulaşım sistemleri, genel altyapı sistemlerinin birbirine entegrasyonudur.

3.3.6. Jeotermal enerji kullanımının yüzey etkileri

Çevre üzerindeki ilk belirgin etki sondaj sırasında oluşur ve yüzeyde birçok tahribata neden olur. Sondaj donanımının kurulumu, kuyu başına ulaşımı sağlayacak yol ve kuyu çevresindeki altyapıyı gerektirir. Kuyu çevresinde, 300-500 m² (küçük bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 300-700 m) ile 1200-1500 m²'lik (küçük-orta bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 2000 m) bir alana ihtiyaç vardır. Yapılan işlemler, çevredeki yüzey morfolojisini değiştirir, yerel bitki örtüsü ve yaban hayatına zarar verebilir. Gerek düşük gerekse yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerde, arama amaçlı sondaj sırasında gerekli önlemler alınmaz ise akiferler geçildiğinde yeraltı suları ile sondaj akışkanlarının karışması yeraltı suyu kirlenmesine neden olabilir [22].

3.3.7. Jeotermal enerji kullanımının yeraltı etkisi

Yeraltından çekilen su aşağıda detayları verilen sismik ve göçük (subsidence) tehlikelerine neden olur:

Sismik tehlike

Jeotermal akışkanın büyük miktarlarda çekimi ve/veya enjeksiyonu bazı bölgelerde sismik aktivite oluşturabilir ya da tetikleyebilir. Bunlar mikro-sismik olaylardır ve sadece sismograflarla belirlenebilirler. Bu nedenle zarar verici bir etkisi yoktur. Mevcut veriler jeotermal enerjinin işletilmesi sırasında sismik riskinin çok düşük olduğunu göstermektedir ve şu ana kadar belirlenmiş herhangi bir büyük sismik olay yoktur [19].

Göçük tehlikesi

Yeraltı rezervuarlarından büyük hacimlerde akışkan çıkarılır ve yerine bir şey konulmazsa, üst tabaka basıncı gözenekli rezervuar kayacını sıkılaştırabilir. Bu da, yüzeydeki arazide göçmelere neden olabilir. Suyun çekilmesi veya yeraltına enjekte edilmesi durumunda rezervuar kayacının gerilme koşulları değişerek deprem oluşumu olasılığını artırabilir. Büyük miktarda suyun yüksek basınçla aktif faylara basılması durumunda da sismik aktivite ortaya çıkacağından, bunlardan kaçınmak gerekir. Ne kadar dikkatli olursa da çeşitli jeotermal sahalarda doğal mikrosismik olaylar sık sık oluşur, fakat zarar verici sarsıntılar yok denecek kadar azdır. Yerkabuğundaki gerilimlerin küçük yerel sarsıntılarla sık sık boşalımı, bu alanlar üzerinde yüksek gerilimlerin yeteri derecede toplanmasını ve böylelikle büyük depremlerin oluşmasını önler. Bazı sahalarda atık suyun rezervuara geri basımıyla göçme azaltılarak doğal yapının korunmasına çalışılmaktadır. Bu yüzden jeotermal alanlarda rezervuar basıncının korunmasına önem verilmelidir [20].

Jeotermal rezervuara tekrar-basma işleminin aşağıda sıralanmakta olan çok yönlü yararları vardır [21]:

1. Kullanılmayan sıcak suyun çevreyi kirletmesi önlenecektir.
2. Üretilen su rezervuara tekrar basıldığından dolayı rezervuarın su dengesi bozulmayacak, rezervuarın basıncı korunmuş olacaktır. Her ne kadar üretilen suyun bir bölümü doğal beslenme yoluyla karşılanabilirse de, genellikle doğal beslenme yoluyla rezervuara giren miktar üretilen miktar kadar olmayacaktır. Böylece doğal beslenme için gereksinim azalmış olacaktır.
3. Jeotermal rezervuarlardan üretilen orijinal akışkanla elde edilen enerji üretimi, rezervuarın yerinde enerjisi göz önüne alındığında, çok düşük bir düzeyde olacaktır. Dolayısıyla rezervuardan ek enerji üretimi için en uygun çözüm rezervuara göre daha soğuk olan kullanılmayan suyun rezervuara basılması olacaktır. Tekrar-basma işleminin uygulanmasıyla rezervuarın üretim dönemi uzar.

4. Üretimden dolayı rezervuar hacmindeki azalmanın sonucunda oluşan yeryüzü çökmeleri en aza indirgenmiş olur.

3.3.8. Türkiye'de jeotermal kirlenme

Jeotermal sahalarda karşılaşılan en önemli fiziksel etki olan gürültü seviyeleri, özellikle sondaj sırasında çok yüksektir fakat sürekli değildir. 2-3 aylık sondaj süresi sonunda sona erecek geçici bir etkidir. Kızıldere Jeotermal Sahası yakınında yerleşim bölgesi bulunmadığı için sadece çalışanlar açısından bir problemdir ve gerekli tedbirlerin alınması ile zararları en aza indirilebilir. Balçova Jeotermal Sahası'nda ise yerleşim bölgesi ile iç içe olunması, sondaj yapılacak yer bulunmaması ve bu nedenle konutlara çok yakın parklarda sondaj yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bunun da nedeni çarpık şehirleşmedir ve jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri kapsamına girmektedir. Yerleşim bölgeleri yakınında bulunan jeotermal sahaların sit alanı ilan edilerek yapılaşmaya izin verilmemesi, sahanın geliştirilmesi sırasındaki bir zorunluluk olan sondaj işlemlerinin olumsuz bir çevresel etki olarak karşımıza çıkmasını önleyecektir. MTA'nın sahip olduğu sondaj makinalarının eski teknoloji ürünü olmaları da gürültü seviyesini artıran önemli bir etkendir [22].

Gürültü ve vibrasyonunun insan sağlığı üzerindeki fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans kaybı etkileri gözönünde bulundurularak hem çalışanlar hem de çevrede yaşayanlar için gerekli önlemler alınmalıdır. Perdeleme, susturucu kullanımı, düşük gürültü seviyesine sahip ekipman seçiminin yanı sıra her iki Saha'da da çalışanların mutlaka kulaklık kullanmaları sağlanmalıdır [22].

Literatürde, kuyu ve kuyubaşı ekipmanlarının temizliği ve üretim sırasında oluşan katı atıkların düşük miktarlarda Co, Ni, Zn, As, Sb, Cd, Ba, Hg, Pb gibi ağır metaller içerebilecekleri belirtilmiştir (Rybach, 2005) fakat Kızıldere katı atıklarında bu metallere rastlanmamıştır. Sondaj sırasında çıkarılan katı maddeler özel atık tanklarında ya da havuzlarında depolanmalıdır. Bu önlemlerin alınmaması durumunda; yüzeysel su ve toprak kirlenmesi, habitatın etkilenmesi ve doğal örtünün bozulmasıyla karşılaşılabilir [22].

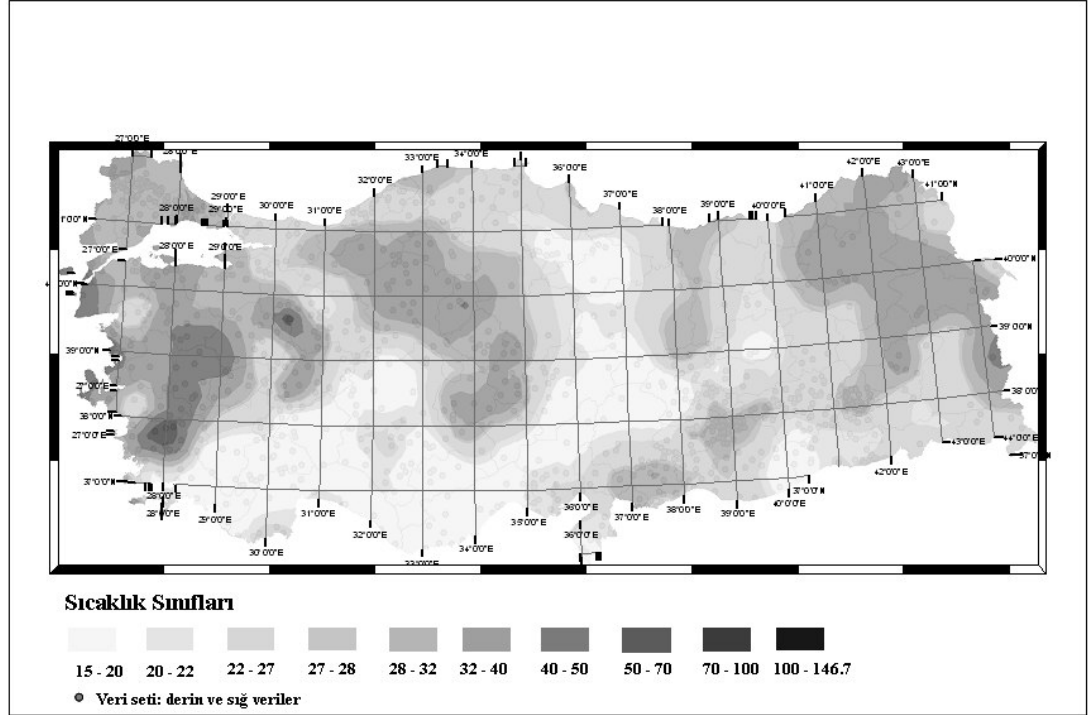
Büyük Menderes Havzası'nda görülen kirliliğin Denizlide de gözlenmektedir. Özellikle Çürüksu Çayı'ndaki kirlilik, Kızıldere jeotermal sahasından Büyük Menderes'e verilen jeotermal akışkan, aşırı sayıdaki kaçak sondajlar Denizli için en önemli sorunlardır. Son 10-15 yılda Denizli'deki yeraltı suyu seviyelerinin 7-8 m düştüğü göz önüne alınırsa bu düşüme iklim koşulları yanı sıra ruhsatlı kuyular da dâhil kaçak sondajlarla aşırı su çekiminin neden olduğu açıktır [23].

Büyük Menderes Nehri üzerindeki örnekleme noktalarından alınan sıcaklık ölçümlerinde santral'in nehir suyu sıcaklığını artırdığı görülmüştür. Bu ısı kirliliğin su canlılarına olan etkisi incelenmelidir [22].

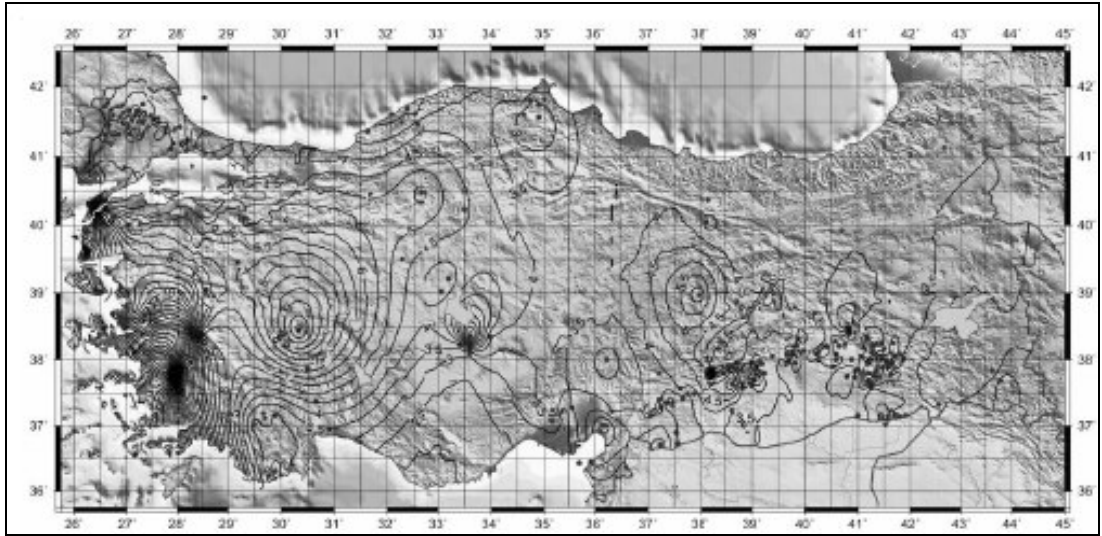
Balçova Jeotermal Sahası'nda jeotermal ve yüzey sularında bulunan kirlilik potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla toplanan su örneklerinin analizi sonucu üretim kuyularında yüksek bor ve arsenik konsantrasyonları belirlenmiştir. Kuyularda ayrıca flor ve klor konsantrasyonları yüksektir. Jeotermal sahalarda en önemli kirleticiler bor ve arseniktir. Saha ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar da B ve As'in hem üretim kuyularında hem de Saha'nın kuzeyinde bulunan İnciraltı ve Bahçelerarası mevkiinde tarım, narenciye ve seracılık yapılan bölgede bulunan pek çok soğuk su kuyusunda yüksek olduğunu göstermiştir. Sulama ve kullanım suyu olarak kullanılan soğuk su kuyularına aşırı çekim nedeniyle jeotermal akışkanın karışmış olduğu belirlenmiştir. 8.5 mg/L bor, 0.17 mg/L arsenik belirlenen bu sular kullanıma uygun değildir. Bölgede narenciye ağaçlarının kuruduğu ve seralarda topraksız tarım yapıldığı bilinmektedir. Narenciye ağaçları bora karşı en hassas ağaçlardır [24].

3.4. Türkiye'nin Jeotermal Potansiyeli ve Uygulamaları

Jeotermal enerji açısından zengin ülkeler arasında bulunan ülkemizde 1962 yılından beri MTA Genel Müdürlüğü'nce sürdürülen sistematik araştırmalar sıcak su kaynaklarının envanter çalışmaları ile başlamıştır. Daha sonra uygun sahalarda sürdürülen detaylı etütlerle, özellikle;



Harita 3.1. Türkiye'nin 500 m derinliğindeki sıcaklık dağılımı haritası [25].



Harita 3.2. Sıcaklık gradyanı haritası [26].

Batı Anadolu'da (Denizli-Kızıldere, Aydın-Germencik ve Salavatlı, İzmir-Seferihisar ve Dikili, Çanakkale-Tuzla, Kütahya-Simav, Afyon-Ömerli, Manisa-Salihli ve Balıkesir-Gönen), Orta Anadolu'da (Ankara-Kızılcahamam, Haymana,

Kırşehir-Kozaklı) ve Doğu Anadolu'da (Sivas-Sıcakçermik, Van-Erciş-Zilan) önemli Jeotermal alanlar saptanmıştır.

Türkiye'de 40 °C'nin üzerinde Jeotermal akışkan içeren 140 adet Jeotermal saha bulunmaktadır.

Bunlardan;

*Aydın-Germencik (200-232 °C)

*Denizli – Kızıldere (200 – 212 °C)

*Çanakkale – Tuzla (173 °C)

*Aydın – Salavatlı (171 °C) sahaları elektrik üretimine uygundur.

Diğer sahalar ise ısıtma ve diğer düşük sıcaklıklı endüstriyel kullanıma uygundur.



Harita 3.3. Türkiye’de jeotermal kaynakların dağılımı [6].

3.5. Dünyadaki Jeotermal Enerji Potansiyeli Ve Belli Başlı Uygulamaları

Jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanımları vardır. Elektrik üretiminin başlangıcından 100 yıl sonra, jeotermal santrallerin kurulu güç kapasitesi 25 ülkede 8900 MWe’e çıkmış olup, 56830 GWh/yıl enerji üretilmektedir [28]. Çizelge 3.5,

jeotermal enerjiden elektrik elde eden ülkelerdeki kurulu gücü göstermektedir [27]. Geçen asır içinde elektrik üretimi üç aşamada gelişmiştir. Elektrik üretimi 1920'lerde İtalya'daki Larderello sahasından kuru buhar üretimiyle başlamış, 1950'lerde Y. Zelanda'daki Wairakei'den doymuş buharla geleneksel buhar çevrimlerini kullanarak devam etmiş ve en sonunda 1980'lerden itibaren orta entalpili akışkanlar için Organic Rankin çevrimiyle sürdürülmüştür. 1970 ve 1985 arasında güç üretiminde önemli bir artış (birkaç kat) başarılmış ve daha sonra güç üretimindeki artış hızı bugüne kadar azalmıştır. Jeotermal proje yatırımları için 1970 ve 1985 arasında artan istek, petrol krizleri dolayısıyla yükselen petrol fiyatlarına atfedilebilir. Öte yandan, daha sonraki yıllarda jeotermal enerjinin kullanılmasındaki artış hızının azalması, 1983-2002 periyodundaki çok düşük petrol fiyatlarıyla ilişkilendirilebilir. Son zamanlarda çok yükselen petrol fiyatları, yakında dünyadaki jeotermal enerji üretimini arttırabilir [1].

Doğrudan kullanım için 2004 sonu itibariyle kurulu güç tahmini, 27825 MWt'dir. Kullanılan ısıl enerji ise 261418 TJ/yıl olup, bu da 2000 yılına göre neredeyse %40'lık bir artış göstermiştir [29]. Çizelge 3.6. 1995-2005 yılları arasında dünyadaki değişik doğrudan kullanım kategorilerini göstermektedir. Çizelge 3.6. kategoriler temelinde incelendiğinde, jeotermal ısı pompaları için kullanılan ısıl enerji dağılımı yaklaşık %33, banyo ve yüzme havuzu %29, mekan ısıtması %20 (%77'si merkezi ısıtma), sera ve zemin ısıtması %7.5, endüstriyel proses ısısı %4, akuakültür %4 ve diğer kullanımlar %2 olmaktadır [29]. Termal kullanım dağılımı doğrudan kullanım için kurulu gücün %56.5'u çok düşük kapasite faktörü olan ısı pompalarından gelmektedir (Çizelge 3.6.). Son on yılda jeotermal ısı pompalarının kurulu kapasite artışı 8.5 kat olmuş ve 2 kat artan diğer doğrudan kullanımları geride bırakmıştır. Dolaylı kullanımın aksine, doğrudan kullanım için kapasite faktörleri düşük veya çok düşük olarak sınıflandırılabilirler. Endüstriyel kullanım için kapasite faktörleri diğerlerine göre görece olarak yüksektir. Merkezi ısıtma sistemlerinin düşük kapasite faktörleri kaynak kullanımı açısından avantajlı kabul edilebilir, çünkü kullanılmayan periyotta kaynak kendini toparlar [10].

Çizelge 3.5. Dünyada elektrik Santral kapasitesi [28].

Ülkeler	1995, (MW)	2000, (MW)	2005, (MW)	Artış, %
Avustralya	0.2	0.2	0.2	-
Avusturya	0	0	1	Yeni giriş
Çin	29	29	28	-
Kosta Rika	55	143	163	14%
El Salvador	105	161	151	-
Etiyopya	0	7	7	-
Fransa	4	4	15	275%
Almanya	0	0	0.2	Yeni giriş
Guatemala	0	33	33	-
İzlanda	50	170	202	19%
Endonezya	310	590	797	35%
İtalya	632	785	790	1%
Japonya	414	547	535	-
Kenya	45	45	127	182%
Meksika	753	755	953	16%
Y. Zelanda	286	437	435	-
Nikaragua	35	70	77	10%
Papua Yeni Gine	0	0	6	Yeni giriş
Filipinler	1227	1909	1931	-
Portekiz	5	16	16	-
Rusya	11	23	79	244%
Tayland	0.3	3.3	0.3	-
Türkiye	17.8	17.8	17.8	-
ABD	2817	2228	2544	3%
Toplam	6795	7972	8910	12%

Dünyanın jeotermal potansiyeli söz konusu olduğunda, WEC (1980) enerji kaynakları üzerine yaptığı bir çalışmada [30] EPRI'nin jeotermal temel kaynak listesini kullanmış ve jeotermal kaynakların doğrudan ve dolaylı kullanım

potansiyelinin tahmini için bir metodoloji önermiştir. WEC'in metodolojisi kullanılarak, dolaylı kullanım için jeotermal potansiyel 1.14×10^8 MW yıl olarak bulunmuş olup, bu değer dünya enerji tüketiminin yaklaşık %70'dir. Öte yandan, doğrudan kullanım için üretilebilir ısı enerjisi 2.9×10^{24} J olarak tahmin edilmiş olup, bu değer de, sıcaklık dereceleri dikkate alınmaksızın, kabaca dünya birincil enerji tüketiminin 10 000 katı olmaktadır. Bu rakam çok anlamlı olup, doğrudan kullanım için dünya jeotermal potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. WEC tarafından belirlenen coğrafi jeotermal enerji potansiyel dağılımları Çizelge 3.7'de verilmektedir. Potansiyel, bir bölgeden diğerine çok değişmektedir. Orta Amerika ve Pasifik Adaları elektrik gereksinimlerinin önemli bir kısmını karşılayabilecek potansiyele sahiptirler. Orta Amerika'da şu sıralarda bazı ülkeler elektrik üretimlerinin büyük bir kısmını jeotermal enerjiden sağlamaktadırlar. Jeotermal Enerji Birliği (GEA) Gawel et al, (1999) [31] tarafından yapılan bir çalışmanın özetini yayınlamış ve bugünün teknolojisini kullanıldığı taktirde jeotermal kaynakların 35,448 and 72,392 MWe'lık elektrik üretimini destekleyecek bir potansiyele sahip olduğunu açıklamıştır. Bugünlerde geliştirilmekte olan ileri teknoloji kullanılarak, jeotermal kaynakların 65,576 ve 138,131 MWe arasında elektrik üretim kapasitesini destekleyebileceği düşünülmektedir [31]. Bu analiz tarafından ortaya çıkarılan jeotermal potansiyel, toplam dünya yıllık elektrik üretiminin yaklaşık %8,3'ü temsil etmektedir [10].

Çizelge 3.6. Dünyadaki değişik doğrudan kullanım kategorileri özeti, 1995-2005[29].

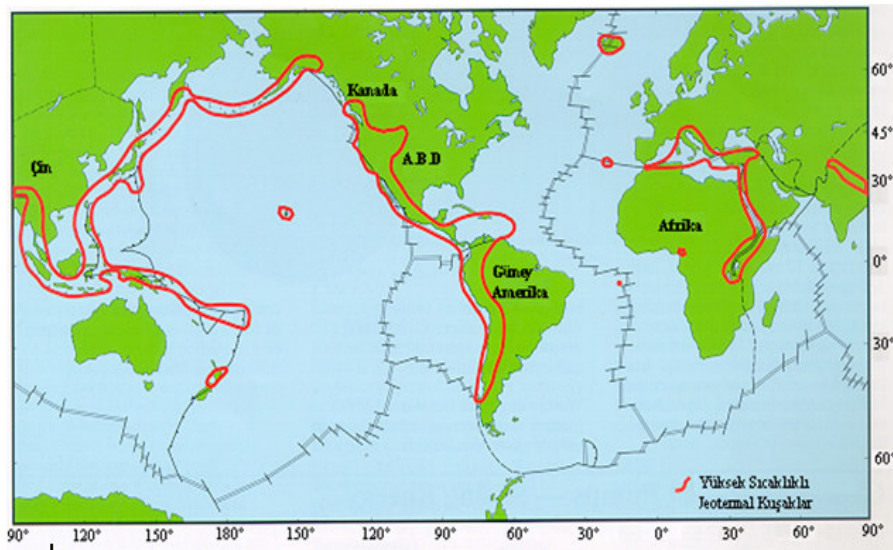
	Kapasite, MW _t & Kapasite Faktörü		
	2005	2000	1995
Jeotermal ısı pompaları	15723-0.17	5275-0.14	1854-0.25
Mekân ısıtma	4158-0.4	3263-0.42	25790.47
Sera ısıtma	1348-0.46	1246-0.45	1985-0.46
Akuakültür	616-0.56	605-0.61	1097-0.39
Tarımsal kurutma	157-0.41	74-0.44	67-0.53
Endüstriyel kullanım	489-0.72	474-0.68	544-0.59
Banyo ve yüzme	4911-0.49	3957-0.64	1085-0.46
Soğutma	338-0.18	114-0.30	115-0.31
Diğer	86-0.39	137-0.70	238-0.30
Toplam	27825-0.3	15145-0.4	8664-0.41

Çizelge 3.7. Dünyada jeotermal kaynakların dağılımı [30].

Coğrafik bölgeler	%
Kuzey Amerika	20.99
Orta Amerika	0.66
Güney Amerika	13.91
Batı Avrupa	3.90
Doğu Avrupa	17.09
Asya	20.75
Afrika	13.67
Pasifik adaları	9.03
Toplam	100

3.5.1. Dünyadaki önemli jeotermal kuşaklar

Dünyadaki jeotermal sistemler, levhaların çarpışması sonucu aktif kıta kenarlarında, okyanus ortası sırtlarda, aktif kıta yarıklarında (riftlerde) ve volkanik adalar üzerinde bulunurlar. Zayıflık zonlarına bağlı olarak oluşan tektonik ve aktif volkanik kuşaklar boyunca kuzey ve güney Amerika kıtasının batı kıyıları (Amerika, Meksika, El Salvador, Nikaragua, Kostarika, Arjantin) Akdeniz ülkelerinde (Türkiye, Yunanistan, İtalya) doğu ve güneydoğu Asya ülkelerinde (Çin, Tayland, Filipinler, Endonezya), Yeni Zelanda, Japonya, Portekiz'in Azor adalarında, Afrika kıtasında (Kenya, Etiyopya) ve İzlanda da jeotermal kaynaklar bulunmaktadır.



Harita 3.4. Dünyadaki önemli jeotermal kuşaklar ve levha (plaka) sınırları [32].

And volkanik kuşağı

Güney Amerika'nın batı sahillerinde bulunan bu kuşak Venezüella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'i kapsamaktadır. Çok sayıda Aktif Volkanizmanın oluşumu nedeni ile yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin gelişmesine yol açmış bulunmaktadır. Ancak buralarda mevcut jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir [11].

Alp-Himalaya kuşağı

Hindistan Platosu ile Avrasya Platosunun çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak Dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğinde ve 3000 km. uzunluğunda olan bu kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin, Myanmar ve Tayland'ı kapsamaktadır [11].

Doğu Afrika rift sistemi

Aktif olan bu sistem Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Djişuti gibi ülkeleri içine alır. Aktif volkanizma Kenya, Etiyopya ve Tanzanya'dadır [2].

Karayip Adaları

Bu adalarda Aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir [11].

Orta Amerika volkanik kuşağı

Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panamayı etkileyen bu kuşak aktif çok sayıda jeotermal sistemin oluşmasına yol açmıştır [11].

Diğer

Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve doğu Avrupa ve Bağımsız Devletler Topluluğu da farklı tektonik oluşumların etkisiyle verimli Jeotermal sahalara sahip bulunmaktadır [2].

4. MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ

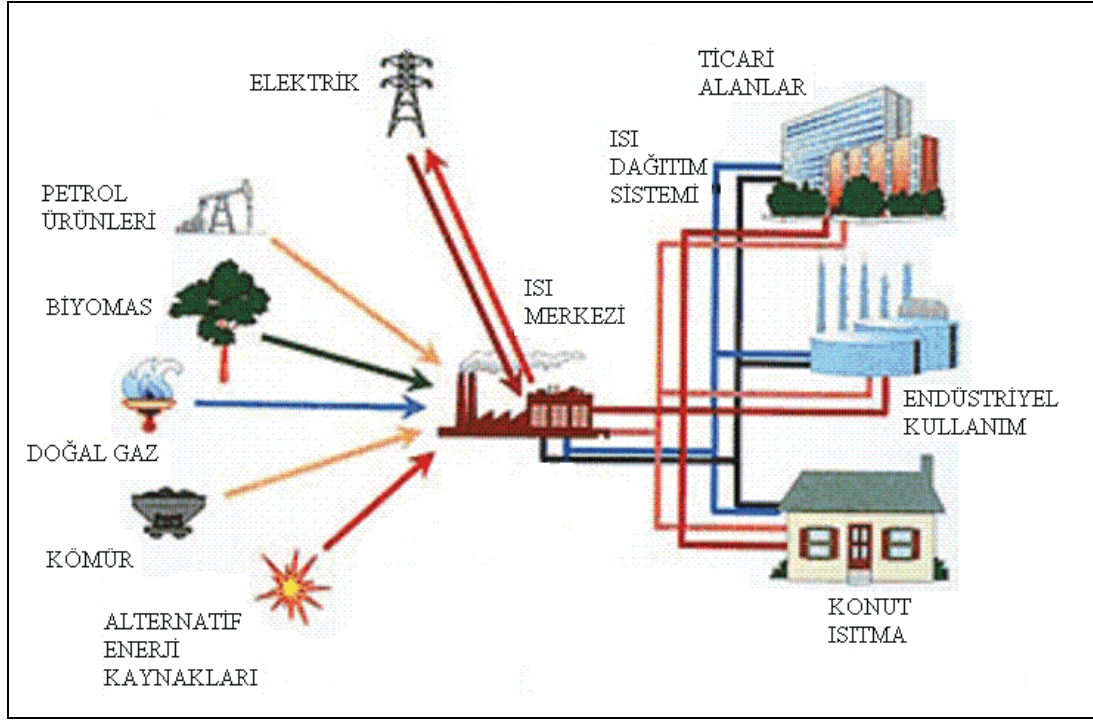
Bir ısıtma merkezinde üretilen ısının, taşıyıcı bir akışkan vasıtasıyla ısıtılması istenen ortamlara yerleştirilmiş ısıtıcılara gönderilmesi suretiyle gerçekleştirilen ısıtmaya, merkezi ısıtma denir. Merkezi ısıtma, ısı taşıyan ortamın cinsine göre çeşitli isimler alır [33].

Merkezi ısıtma sistemleri hacimlerin tek tek bağımsız olarak ısıtıldığı münferit ısıtma sistemine göre ucuz, sağlıklı, temiz ve modern ısıtma sistemleridir. Yanma bir tek merkezde sobalara göre daha gelişmiş cihazlarda geliştirildiği için münferit ısıtmada uygun olmayan düşük kaliteli yakıtların verimli bir şekilde yakılması mümkündür. Bu sebeple daha ucuz ısınma sağlanır. Isıtılacak hacim içinde yanma olmadığından, yanma yakıt taşıma, kül alma, yangın kontrolü gibi sorunlar yoktur. Dolayısıyla daha temiz ve rahat bir ısınma sağlar. Isıtıcı yüzey sıcaklıkları düşük olduğundan ve bütün hacimler ısıtıldığından sağlıklı ve dengeli bir ısınma elde edilir. Oda sıcaklıklarını ve yanmayı otomatik olarak kontrol etmek mümkündür. Böylece yakıt israfı önlenmiştir. Bütün bu avantajları sebebi ile modern ısıtma sistemleri, merkezi ısıtma sistemleridir [34].

4.1. Klasik Merkezi Isıtma Sistemi Ve Teknolojisi

4.1.1. Tanımı

Her binada ayrı ayrı kazan daireleri tesis etmek yerine, bu binaların dışına tesis edilecek bir tek merkezden ısıtma yapılırsa böyle bir sisteme merkezi ısıtma denir [35]. Merkezi ısıtma sistemlerinde petrol ürünleri, biyomas, doğalgaz, kömür ve alternatif enerji kaynakları gibi pek çok enerji kaynakları kullanılabilir. Doğalgaz, kömür ve petrol ürünleri gibi fosil yakıtların kullanıldığı merkezi ısıtma sistemlerine Klasik Merkezi Isıtma Sistemleri (KMIS) denilmektedir [1].



Şekil 4.1. Bir KHMIS taslağı.

Klasik merkezi ısıtma sistemleri, büyük bina grupları için örneğin: hastaneler, kışlalar, konut siteleri, üniversite kampüsleri, endüstriyel üretim tesislerinde özellikle uygulanır. Konjenarasyon; ısı ve elektrik enerjisi üretiminin aynı tesiste ve genellikle tek çeşit yakıt kullanarak, birlikte gerçekleştirildiği sistemlere verilen isimdir. Aynı zamanda “Birleşik güç üretim sistemleri” olarak da anılan sistem için, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de “Konjenarasyon” terimi kullanılmaktadır [36].

Merkezi ısıtma sistemlerinin diğer ısıtma sistemlerine göre avantajları şöyle sıralanabilir;

- Çeşitli enerji kaynaklarını birlikte kullanma imkânı sağlar.
- Bacadan ısı kayıpları çok daha azdır.
- Kazanlar daha az yer kaplar.
- Binalara yakıt ve kül taşıma problemi yoktur.
- Isıtma temiz ve kolaydır.
- Çevreyi daha az kirletir.

- g) İşletme maliyeti daha küçüktür.
- h) Otomatik kontrol maliyeti çok daha azdır.
- i) Yangın tehlikesi daha azdır
- j) Daha sağlıklı ve konforlu bir ısıtma yöntemidir.

Merkezi ısıtmasının dezavantajları ise şunlardır;

- a) Galerilerin, galerilerdeki boruların, izolasyonlarının ve konsollarının yapım maliyeti yüksektir.
- b) Galerilerdeki borulardan ısı kaybı olur. Rutubet, izolasyonların çürümesi ve kontrol zorlukları nedeniyle izolasyonlar zamanla bozulur. Bunun sonucu olarak uzun vadede galerilerdeki boruların ısı kaybı çok ciddi boyutlara ulaşabilir.
- c) Borulardaki su hacminin fazla olması genleşme deposu hacmini artıracaktır.
- d) Galerideki boruların su hacmi, sistemin ısınma süresini geciktirecek, kesintili işletmede yakıt giderini artıracaktır.
- e) Arızalar sırasında oluşacak su kayıpları sebebiyle sistemin kabuklaşma riski artacaktır.[37]

Şekil 4.2. Klasik Merkezi Isıtma Sistemlerini oluşturan kısımlar [1].

4.1.2. Sistemin ana bölümleri ve görevleri

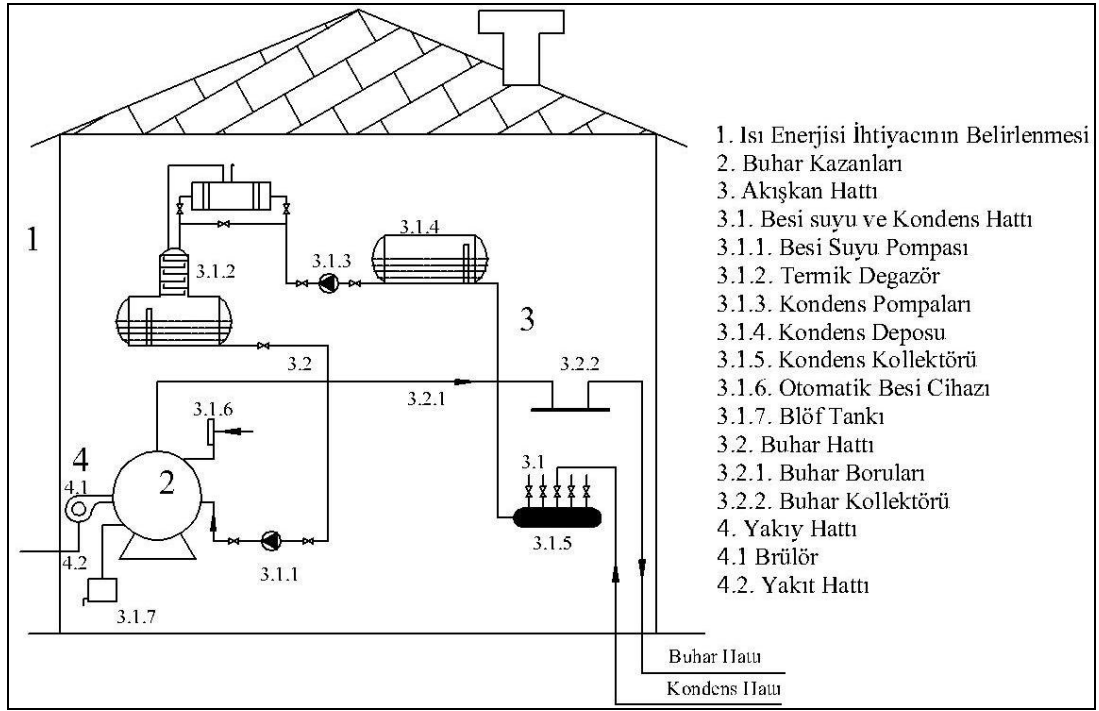
Klasik Merkezi Isıtma Sistemlerini oluşturan esas kısımlar üç ana başlık altında incelenebilir (Şekil 4.2.). Bunlar;

- a) Isı Üretim Merkezi,
- b) Isı Dağıtım Sistemi,
- c) Bina Sistemi'dir.

Isı üretim merkezi

KMIS'de ısıнын üretildiği birim ısı merkezidir. Katı, sıvı veya gaz yakıtın yakılması suretiyle, kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüştürüldüğü ve ısıнын, ısıtma şebekesinde dolaştırılan suya transfer edildiği araçlar kazan veya ısıtma kazanı olarak adlandırılır. KMIS kullanılan ısıtıcı akışkan cinsleri; Sıcak su ve Buhar olarak sıralanabilir. Sıcak sulu tesislerde su sıcaklığı 120°C'nin altındadır. Ancak sıcak sulu sistem tanımı pratikte 90°C ve daha düşük sıcaklıktaki ısıtma için yapılır. 90°C-70°C klasik sıcak su sistemi sıcaklığıdır. Modern ısıtmada (Düşük sıcaklık ısıtmasında) 70°C-50°C sistem seçilir. Bu sistemlerde su gidiş dönüş sıcaklıkları arasındaki fark 20°C'den daha büyüktür. Su sıcaklıklarının yükselmesi boru boyutlarını ve eşanjör boyutlarını azaltırken, basıncın artmasına bağlı olarak daha dayanıklı ve kaliteli boru, fittings ve cihaz gereksinimini doğurur. Sıcaklık farklarının artması ise boru çaplarını azaltırken ısıtıcı yüzeylerini büyütür. Dolayısıyla her sistem için optimum çözüm, bir fizibilite çalışması ile belirlenmelidir [1].

Buhar daha çok büyük KMIS tesisleri için geçerlidir. Konjenarasyon sistemlerinde de buhar kullanılmaktadır. Bu çalışmada buhar ile çalışan KMIS üzerinde durulacaktır [35].



Şekil 4.3. Buhar üreten bir ısı merkezi [1].

KMIS'lerinde ısı merkezinde, yakıt hattı ile akışkan hattı birlikte yer alır. Akışkan hattında, besleme suyu deposu, hidrofor, dozajlama tankı, dozaj pompası, kum filtre, su yumuşatma cihazı, degazör, degazör pompası, kondens tankı, kazan besleme pompaları, eşanjörler, flaş buhar tankları ve buhar kolektörü bulunur. Şekil 4.3'de buhar üreten bir ısı merkezi görülmektedir [1].

Buhar Kazanları

Kazanlar yakıtta bulunan kimyasal enerjiyi ısı enerjisine dönüştürüp bir ısı taşıyıcı akışkana aktaran elemanlardır. Kazanların yedekli veya yedeksiz olması işletme şartlarına bağlıdır. Eğer işletme kısa bir süre için bile düşük kapasitede çalışmaya izin vermiyorsa kazanlar yedekli olmalıdır. Genellikle sistem ihtiyacını tek kazan yerine birden fazla sayıda kazan ile karşılamak, işletme esnekliği ve düşük kapasitelerde çalışma durumlarında verim açısından üstünlük sağlar [38].

Buhar kazanları; istenilen miktar, basınç ve özellikle buharın üretildiği ısı üretim sisteminin ana elemanlarıdır. Uygulamada çok sayıda farklı tipte buhar kazanı mevcuttur. En çok karşılaşılan iki buhar kazan tipi, alev (duman) borulu silindirik tip kazanlar ile su borulu kazanlardır. Su borulu kazanlarda su akımı doğal su akımlı (dolaşım) ve cebri akımlı olabilir. Doğal su akımlı kazanlarda suyun akımı su ve buharın özgül ağırlık farkından ileri gelir. Zorlu, cebri, akımlı kazanlarda akım bir pompa yardımı ile sağlanabilir [1].

Su borulu kazanları yatay ve düşey olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Aslında yatay kazanlarda borular düşey olmakla beraber kazanın toplam uzunluğu yüksekliğinden fazla olduğundan bu isim verilmiştir. Ayrıca bu kazanlar, bazı düşey kazanlar gibi, taşınabilir olduğundan bunlara “paket kazan” adı da verilir. Dik su borulu yatay, paket, kazanlarının karakteristik değerleri Çizelge 4.1’de özetlenmiştir [39].

Çizelge 4.1. Dik su borulu, paket, kazanlarının karakteristik değerleri [39].

Basınç	8	40	Bar
Isıtma yüzeyi	100	600	M ²
Buhar yükü	3500	30 000	Kg/h
Isı gücü	1400	12 000	KW

Cebri akımlı ısı kazanlarında sirkülasyon bir pompa yardımı ile sağlanabilir. Bu da iki türlü olur;

- Kapalı çevrimli kazanlarda ayrı bir sirkülasyon pompası bulunur ve bunun basıncı yalnız akımdan ileri gelen sürtünme kayıplarını karşılar. Bu bakımdan bu pompayı kalorifer tesisatındaki pompaya benzetebiliriz. Bu kazanların özelliği, dağıtıcı kolektördeki her borunun girişine özel bir nozul, lüle, yerleştirilmesidir. Bu nozul ek bir basınç kaybı sağlar. Tam silindirik ve (doymuş) buhar üreten kazanların karakteristik değerleri aşağıdaki Çizelge 4.2’deki gibi özetlenebilir [39].

Çizelge 4.2. Tam silindirik ve buhar üreten kazanlarının karakteristik değerleri [39].

Basınç	0,5	25	Bar
Isıtma yüzeyi	5	600	m ²
Buhar yükü	150	25 000	Kg/h
Isı gücü	60	10 000	KW

- b) Açık çevrimli kazanlarda besli pompasının basıncı hem kazan basıncını karşılayacak hem de borulardaki basınç kaybını yenecek şekilde hesaplanır. İlk yapılan bu tip kazanlarda ekonomizer, buharlaştırıcı ve kızdırıcı bir tek borudan ibaret olarak yapılmıştır. Daha sonra yapılan büyük güçlü kazanlarda birkaç boru paralel olarak bulunur ve her borunun boyu birkaç metreyi bulabilir [39].

Orta kapasitede endüstriyel buhar ihtiyacı büyük oranda alev duman borulu kazanlarda karşılanmaktadır. Ancak büyük kapasitelere gidildiğinde ve enerji santralleri söz konusu olduğunda 30 atü işletme basıncı ve 50 ton/h toplam buhar kapasitesi değerleri üzerinde su borulu kazanlar kullanılır. Burada buhar kazanı olarak cebri çekişli su borulu tip kazanlar esas alınacaktır. Birden fazla sayıda buhar kazanı kullanmak gerektiğinde kapasite ölçümü Çizelge 4.3’de verilmiştir [40].

Çizelge 4.3. Birden fazla sayıda buhar kazanı kullanmak gerektiğinde kapasite bölüşümü [40].

Kazan Sayısı	Kapasite Bölüşümü
2 adet (kısmi yedekli)	$2/3 + 2/3$
3 adet (yedeksiz)	$1/3 + 1/3 + 1/3$
3 adet (yedekli)	$1/2 + 1/2 + 1/2$

Gerekli yükün karşılanmasında 2-3 veya daha çok sayıda kazan kullanılmalıdır. 2 kazan halinde toplam kazan kapasitesinin $2/3$ ’ü oranında 2 kazan seçilmesi pratiktir. 3 kazan kullanıldığında kazan büyüklükleri % 33,3 ve % 50 olarak önerilir.

Bir buhar kazanında genel olarak aşağıdaki elemanlar bulunur [1]:

1. Yakıcı: Yakıtların yakılarak ısı enerjisinin elde edildiği elemanlardır. Katı yakıt kullanan kazanlarda bu kısma ocak adı verilirken gaz ve sıvı yakıt kullanılan kazanlarda bu bölüme brülör adı verilir.
2. Asıl Isıtma Yüzeyi: Sıcak duman gazları ile buharlaşmakta olan suyun temasta olduğu yüzeydir.
3. Seperatör: Kuru buhar elde edildiği yüzeylerdir.
4. Kızdırıcı: Doymuş buharın, sabit basınçla ısıtılarak sıcaklığının artırıldığı yüzeylerdir.
5. Hava ısıtıcıları: Yakma havasının duman gazları ile ısıtıldığı yüzeylerdir.
6. Su ısıtıcıları (ekonomizör): Besleme suyunun asıl ısıtma yüzeyine girmeden önce bir miktar ısıtıldığı yüzeylerdir.
7. Baca: Duman gazlarını kazandan uzaklaştıran ve çekmeyi sağlayan elemanlardır.

Bu elemanlardan başka emniyetli, verimli ve çevreyi kirletmeden buhar kazanlarının çalışması için üzerlerine besleme cihazları, kızdırıcı üfleme, sıcaklık, hız ve gaz bileşimi ölçen cihazlar, su arıtma cihazları ve emniyet cihazları konulur. Buhar kazanları üzerine konulan bu emniyet ve kontrol elemanlarının hangilerinin hangi sayıda kullanılacağı kazanın işletme biçimine bağlıdır. Alman TRD 601, 602 ve 604 standartları işletme biçimlerini [1];

- 1- Sürekli Gözetimli İşletme,
- 2- Sınırlı Gözetimli İşletme,
- 3- Sürekli Gözetim Gerektirmeyen İşletme olarak ayırmıştır.

Sürekli gözetim altındaki işletmede; Otomatik su besleme cihazı ve brülörü kontrol eden düşük seviye alarmı (bu kontroller çok seviyeli tek elektrot ve buna bağlı seviye şalteri ve seviye kontrolünden kumanda alır), sürekli üst blöf kontrolü (dışarı su atıcı sistem), kesintili alt blöf kontrolü iki adet presostat (işletme ve emniyet presostatları), iki adet manometre, su seviye göstergesi, iki adet emniyet valfi, besleme suyu girişinde çek valf bulunması gerekir.

Sınırlı gözetimli işletmede, otomatik su besleme ve brülörü kumanda eden seviye alarmı ayrı ayrı iki seviyede elektrotundan beslenir. 24 saat gözetimsiz işletmede

otomatik su besleme ve brülörü kumanda eden seviye alarmı ayrı ayrı iki seviye elektrotundan beslenir. Bunlardan biri tek kanallı diğeri iki kanallıdır. Ayrıca bu kontroller kendiliğinden göstergelidir ve otomatik su besleme sadece şalter olarak pompaya değil, aynı zamanda oransal çalışan motorlu vanaya kumanda eder. İlave olarak emniyet termostatu, yağ dedektörü, kondaktivite (geçirgenlik), sınırlayıcı dedektör bulunur [40].

Buhar kazanlarında esas olarak iki kontrol söz konusudur. Bunlardan birincisi kazan çalışma basıncı, diğeri de su seviyesinin kontrolüdür. Kazan çalışma basıncı presostatlar vasıtası ile on-off veya oransal olarak kontrol edilir. Kontrol brülöre uygulanır [1].

Kazan su seviyesi ise otomatik olarak su tavsiye cihazı tarafından kontrol edilir. Burada kontrol bes suyu pompalarına uygulanır. Daha büyük kazanlarda veya kazan gruplarında ise seviye kontrolü oransaldır ve kontrol bir motorlu vana üzerinden yapılır [1].

4.1.3. Dünyadaki klasik merkezi ısıtma sistemleri

Gelişmiş ülkelerde kojenerasyon uygulamaları elektrik üretimiyle birlikte başlamıştır. 19 ve 20 yüzyıl başlarından itibaren endüstriyel işletmeler, elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için ısı ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak tesisler kurmuşlardır. Ancak daha sonra bu ülkelerde, yeni ve ucuz yakıtların kullanma sunulmasıyla birlikte Avrupa ülkelerindeki şehir ısıtma sistemleri hariç diğer kojenerasyon uygulamaları duraklamaya girmiş ve bu duraklama eğilimi 1973 enerji krizine kadar devam etmiştir. Bu tarihten sonra “kojenerasyon” tekrar önem kazanmış ve birçok ülke bu tesislerin kurulması için teşviklerle desteklemiştir [36].

4.1.4. Türkiye’de klasik merkezi ısıtma sistemleri

Türkiye’de de klasik merkezi ısıtma uygulamalarında dünya ile paralel gelişmeler yaşanmıştır. Cumhuriyetin ilanından sonra başlatılan sanayi hamlesinde Şeker fabrikaları, Demir Çelik tesisleri Kâğıt sanayi, Rafineriler, Petro kimya tesisleri ve Tekstil Sanayinde elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamak için kojenarasyon tesisleri kurulmuştur [1].

Ülkemizde münferit küçük yerleşim birimlerinde klasik merkezi ısıtma uygulamaları ufak çapta yapılmaktadır. Bu uygulamalar istenilen düzeyde yaygınlaşmamıştır. Klasik merkezi ısıtma uygulamalarının en gelişmişlerinden birine örnek olarak İstanbul Esenyurt Doğal gaz santrali ve Isıtma sistemi Projesi verilebilir. Proje ile 180MW kurulu güçle 1 milyar 400 milyon kWh elektrik üretiminin yanı sıra bölgede yerleşik konutların ısı ihtiyacı karşılanacaktır. Esenyurt bölgesinde yer alan uydu kentler Esenyurt ve Boğazköy’de yaklaşık 14.000 konut ısıtılacaktır [36].

4.2. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi

4.2.1. Tanımı

Jeotermal enerji, merkezi ısıtma sistemleri için diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha uygundur. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi(JMIS); bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim sahasının, bir grup binaya ısı enerjisi sağlamak amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilir. Bir JMIS’ de entegre kullanım ile binaların ısıtılması, ev içi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel uygulamalar ve termal turizm (kaylıca) uygulaması bulunabilir [1].

Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapıldığında, enerji taşıyıcısında sadece üretilen sıcak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalarda kazan, yakıt deposu ve benzeri ekipmanlar kullanılmamaktadır. Sadece bina altında ısı eşanjörleri bulunmaktadır. Tabiatıyla jeotermal üretim alanından sıcak suyu taşıyan boru sistemi de burada ilk yatırımda göz önünde bulundurulacak ana elemanlardan biridir. Ülkemizde halen

birçok yörede bölgesel ısıtma sistemi uygulanmış ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bunlardan en önemlileri: Balçova, Narlıdere, Afyon, Gönen, Simav, Kızılcahamam, Kırşehir, Sandıklı, Kozaklı ve Diyardin'dir. Bu sistemlerin çoğunda bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bunların en önemlisi reenjeksiyon sorunudur. Re-enjeksiyon yani kullanılan termal akışkanın tekrar kuyuya geri basılmasıdır. Bugün 247°C civarında maksimum sıcaklığa sahip olan Kızıldere'deki jeotermal kaynaktan ısıtmada kullanıl-mamasının sebebi budur. Öte yandan Kızıldere deki kaynağın Denizliye mesafesi 31 km olması ve ayrıca buraya ait tam bir fizibilite etüdünün yapılmamış olması, bu kaynağın jeotermal ısıtma için uygun olup olmadığı kesinleşmemiştir. Bunun dışında bu kaynaktan tüm sene boyunca 10MWe lik bir güçle devamlı elektrik enerjisi üretilirken, eğer ısıtma için kullanılmış olsaydı sadece yılın belirli aylarında kullanılmış olacaktı. Elektrik enerjisi üretildikten sonra atılan jeotermal su, bugün Sarayköy'ün ısıtılmasında kullanılmaktadır [41].

Jeotermal enerjinin bölge ısıtma sistemlerinde kullanılmasında en önemli üstünlükleri sırasıyla şunlardır [42]:

- Yerli ve temiz enerji
- Esnek sistem büyüklüğü
- Kullanım çeşitliliği
- Modülerlik
- Yüksek verim
- Birleşik kullanım kolaylığı
- Düşük işletme ve bakım maliyeti

Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin tasarımında; kaynağın genel özellikleri dışında birçok faktör vardır.

Sınırlayıcı faktörler:

- Jeotermal akışkanın kompozisyonu
- Kuyu başı debisi
- Jeotermal kaynak sıcaklığı
- Enerji kullanım yoğunluğu

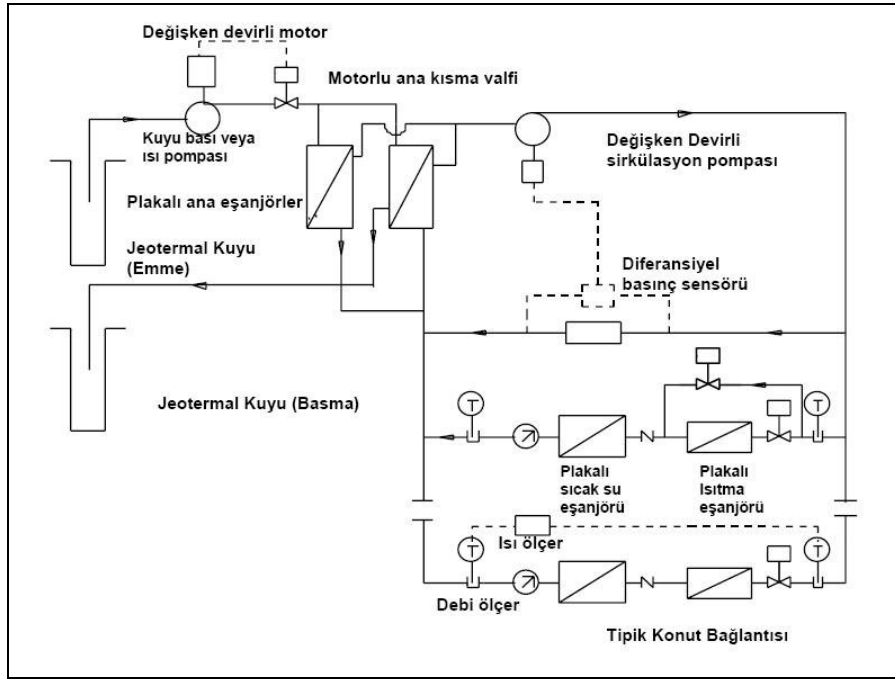
- Jeotermal kaynak derinliği
- Jeotermal kuyularla uygulama alanları arası uzaklık
- Alternatif enerji maliyeti

Tasarım parametreleri:

- Kuyu başı ve kuyu içi ünitelerin seçimi
- Jeotermal dağıtım sistemi
- Sıcaklık düşümü
- Sistem yükü faktörü ve toplam yükü
- Son kullanıcı üniteler, ısıtıcılar
- Uygun malzeme seçimi

olarak 2 ayrı grupta toplanabilir. Karar ve tasarımda bu faktörler göz önünde bulundurularak tüketiciye gidecek enerjinin ekonomik ve uygulanabilir sınırlarda kalıp kalmadığı kontrol edilir. Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, rezervuarın performansı, jeotermal akışkanın kimyasal özellikleri, debisi, basınç ve sıcaklığa, ısıtılacak bölgenin topografik özellikleri, meteorolojik koşulları, konutların yerleşim şekilleri ve binaların termofiziksel özellikleri gibi birçok parametre dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Sistemde ısının akışkan yoluyla dağıtımı iki şekilde gerçekleştirilebilir.

- Açık devreli jeotermal bölge ısıtma sistemleri.
- Kapalı devreli jeotermal bölge ısıtma sistemleri [41].



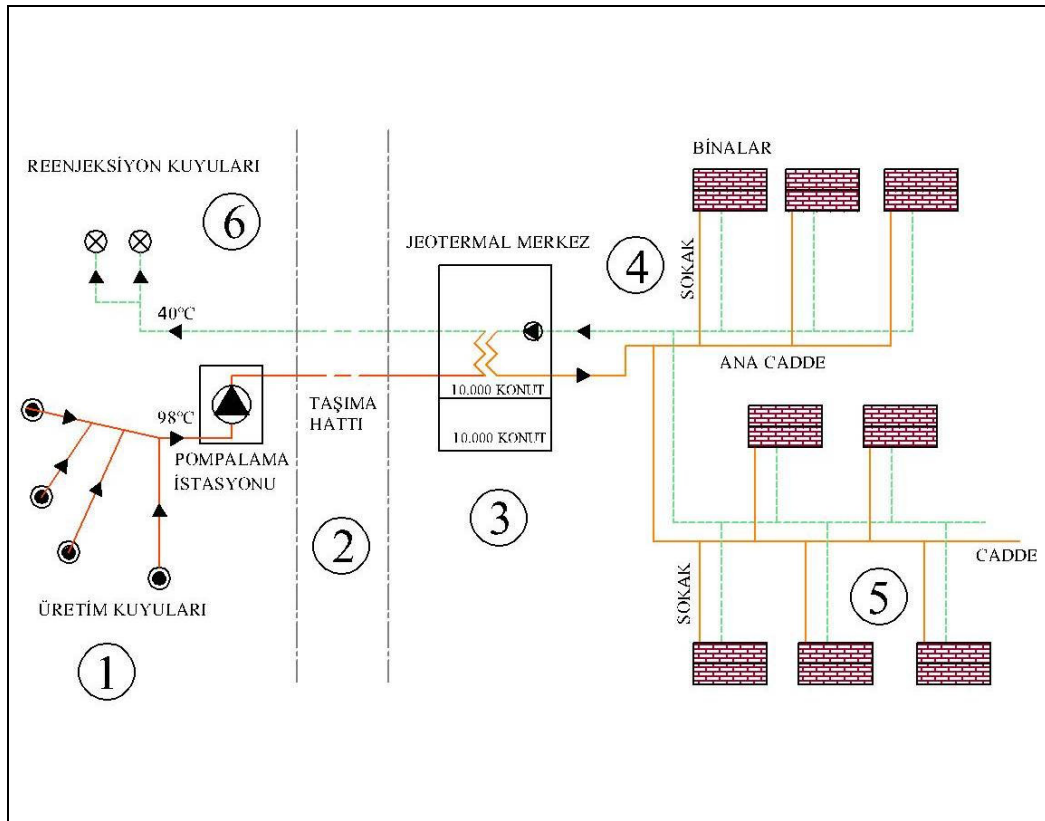
Şekil 4.4. Kapalı jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin şematik gösterimi [42].

4.2.2. Çalışma şekli

Tüm etüt ve incelemeleri yapılmış jeotermal kaynağın değerlendirilebilmesi için değişik aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Jeotermal kaynak içerisindeki akışkan öncelikle açılan jeotermal kuyu yardımıyla yeryüzüne çıkarılır. Kuyu başında bulunan seperatörler yardımıyla buhar, akışkan ayrımı yapılır. Kuyu başındaki pompa istasyonu sayesinde ise akışkan değerlendirme amacına göre değişik sistemlere gönderilir. Jeotermal akışkan bu sistemlerde kullanıldıktan sonra tekrar yeraltına gönderilir sakıncası yoksa atılır [11].

Merkezi ısıtma sistemi için kullanılacak jeotermal akışkan kuyu başından isale hattı aracılığıyla jeotermal ısı merkezine gönderilir. Burada plakalı eşanjörlerden geçirilen jeotermal akışkan ısısı dolaşım suyuna aktarıldıktan sonra reenjeksiyon yoluyla tekrar rezervuara geri gönderilir veya diğer uygulamalarda (kaplıca amaçlı, vs.) değerlendirilir [11].

Jeotermal ısı merkezinde eşanjörler yardımıyla ısınan dolaşım suyu, şehir içi şebekesi aracılığıyla merkezi ısıtma yapılacak konutlara gönderilir. Bina girişlerinde bulunan pompa yardımıyla da bu su bina içerisinde dolaştırılır veya bina girişlerine eşanjör konularak bu dolaşım sisteminin ısısı bina içerisinde dolaşan çevrim suyuna aktarılabilir. Bu sistem jeotermal kaynağın konutların ısıtılması için değerlendirilmesini sağlar [11].



Şekil 4.5. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi genel akış diyagramı.

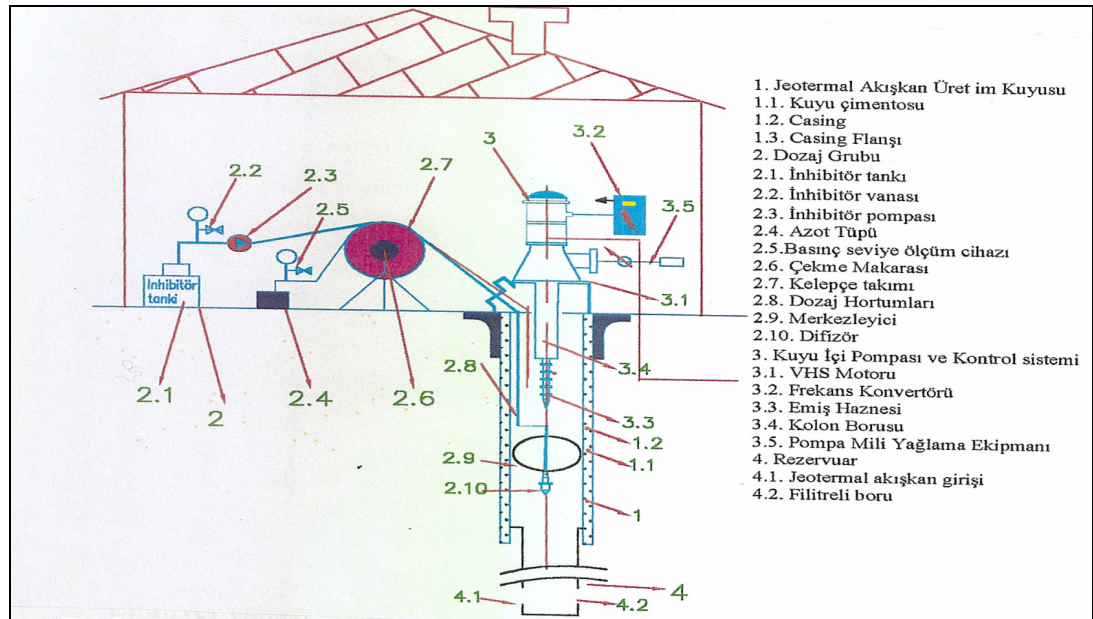
Jeotermal merkezi ısıtma sistemi altı ana bölümde incelenebilir(Şekil 4.5);

1. Enerji üretimi (jeotermal kuyu ve kuyu başı sistem)
2. Taşıma hattı (isale hattı)
3. Jeotermal ısı merkezi
4. Şehir içi ısıtma şebekesi
5. Bina içi tesisatı

6. Reenjeksiyon (geri basma) sistemi.

Jeotermal akışkan üretim kuyusu ve kuyubaşı sistemi

Jeotermal akışkanın rezervuardan üretildiği sondaj kuyularındaki kuyubaşı sistemi, gerekli ısı enerjisini sağlayacak olan jeotermal akışkanın üretildiği sondaj kuyusu üzerine inşa edilir. Jeotermal akışkan üretim kuyusu ve kuyu başı sisteminde; jeotermal akışkan üretim kuyusu, korozyon ve kabuklaşmayı önleyici inhibitör dozaj ve jeotermal akışkan basınçlandırma grubu, kuyudan jeotermal akışkanın üretimini sağlayan kuyu içi pompası bulunur. Kuyu içi pompalarının frekans konvertörlü otomatik kontrol sistemi ile devri ayarlanarak gerektiği kadar jeotermal akışkanın üretilmesi sağlanır (Şekil 4.6.) [1].



Şekil 4.6. Jeotermal akışkan üretim kuyusu ve kuyubaşı sistemi [43].

Jeotermal akışkan üretim kuyuları

Belli derinlikte, uygun çapta açılarak teçhiz edilmiş doğal olarak (artezyenik) veya mekanik yöntemlerle (kuyu içi pompası) jeotermal akışkan üreten sistemlere jeotermal üretim kuyusu denir. Bir bölgede yapılan jeolojik-hidrojeolojik, jeofizik,

jeokimya ve diğer arama yöntemleri sonunda, jeotermal akışkan bulma ihtimali yüksekse gerekli miktarlarda araştırma, tespit, rezerv ve geliştirme sondaj çalışmaları yapılır. Sondaj kuyularında yapılan testlerle elde edilen veriler, konusunda uzman olan mühendis ve ekonomistler tarafından değerlendirilerek, jeotermal enerji kaynağının potansiyeli (teknik ve ekonomik kapasitesi) belirlenir. Hazırlanan teknik ve ekonomik fizibilite raporu doğrultusunda yapılan projenin uygulamasıyla gerekli yatırımlar yapılır. Doğal gaz ve petrol kuyularının açılmasındaki deneyim, jeotermal kuyuların açılmasında iyi bir bilgi temeli, yetişmiş personel ve teknoloji alt yapısı oluşturulmuştur. Ancak jeotermal alanlar volkanik ve/veya tektonik sağlarda (jeotermal kuşak üzerinde) bulunduğu jeotermal formasyonlar gerek yüksek alterasyon ve kırılmalar gerekse volkanik etkinlikler nedeniyle oluşum, yapı, farklı özellikleri ile doğal gaz ve petrol sahalarından oldukça farklıdır. Ayrıca jeotermal enerji sondajları düşük basınçla yapılır, petrol ve doğalgaz kuyuları gibi genellikler çok derin değildir ve jeotermal kuyularda yüksek formasyon sıcaklıkları görülür [44].

Jeotermal enerji kuyularının açılmasında sahanın özelliklerine göre sondaj yöntemi belirlenir. Sondaj ünitesi elemanları aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

- Güç kaynağı
- Kaldırma ünitesi
- Kule ve kule şaseleri
- Sondaj sıvısı sirkülasyon sistemleri
- Basınç kontrol birimleri
- Diğer ekipmanlar
- Emniyet vanası
- Sondaj dizisi

Kuyu açma operasyonlarında, kuyu kazma işlevini yapan donen tijlerin ucundaki sondaj matkabıdır. Çamur pompaları sondaj tekniğine uygun olarak yapılan çamuru kuyu tabanına basarak matkabın kuyu tabanından kestiği formasyon kırıntılarını yüzeye taşır, kuyu cidarını sıvayarak yıkılmayı önler. Sondaj kulesi sondaj ünitesi

elemanları için gövde işlevi görür. resim 4.1’de bir jeotermal akışkan kulesi görülmektedir. Sahaların özelliklerine ve sonda programına göre çeşitli sondaj çamuru yapım sistemleri kullanılır. Yüksek rezervuar basıncı olan jeotermal sahalarda kazılan kuyular, sondaj çamurunun kısmen veya tamamen suyla değiştirilmesinden sonra basınçla artezyen yaparak kolaylıkla üretime geçer [44].



Resim 4.1. Jeotermal akışkan kulesi.

Dozaj grubu

Kabuklaşma, jeotermal akışkanın geçtiği kuyu, boru hattı, ısı değiştiricileri vb. yerlerde akışkanın içerisindeki element ve bileşiklerin uygun koşullarda çökerek mineral ve katı bileşikler oluşturmasıdır. Kabuklaşma üretimin azalmasına neden olur. Oluştugu yerlerdeki mekanik tesisatın çalışmasını engellerler. Isı transferini olumsuz etkiler ve bütün bunların sonunda daha az enerji üretilmesine neden olur. Uygun önlem alınmazsa üretim ve geri basım kuyularının tıkanarak kaybedilmesine neden olur. Verimsiz çalışmanın yanı sıra, doğuracağı ilave masraflarla projeye ekonomik yükler getirir. Bu nedenle kabuklaşma, jeotermal kaynak değerlendirme ve finansal risk analizinde ihmal edilmemesi gereken bir faktördür [45].

Çizelge 4.4. Jeotermal akışkanın içerdiği kabuklaşma ve korozyona yol açan kimyasallar [41].

Element veya bileşik	Etkisi	Formu
Hidrojen	Korozyon	İyon
Kloridler	Korozyon	Katı
Hidrojen sülfat	Korozyon	Gaz
CO ₂	Korozyon	Gaz
Amonyak	Korozyon	Gaz
Sülfatlar	Korozyon	Katı
Oksijen	Korozyon	Gaz
Geçiş metalleri	Korozyon	Katı
Silikatlar	Kabuklaşma	Katı
Karbonatlar	Kabuklaşma	Katı
Sülfidler	Kabuklaşma	Katı
Oksitler	Kabuklaşma	Katı

Dozaj grubu aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

- Depolama Tankı, Bağlantılar ve Karıştırıcılar
- Dozaj Pompaları
- Filtreler
- Kapiler Boru ve Ağırlık
- Tambur, Kule ve Makaralar
- Kuyubaşı ve Sızdırmazlık
- Vana ve Çekvalfler
- Basınç ve Debi Ölçerler

Kuyu içi pompası ve kontrol sistemi

Kendiliğinden yeryüzüne çıkan jeotermal akışkanlardan tarih boyunca sağlık amacıyla yararlanılmıştır. Kendiliğinden yeryüzüne çıkamayan jeotermal

kaynaklardan yararlanmak için kuyuların açılması ve burada bulunan jeotermal akışkanın yeryüzüne kuyu içi pompalarıyla taşınması gerekir. Bu konudaki gelişmeler sondaj ve pompa teknolojisinin ilerlemesiyle yaşanabilmektedir. 1970 yılından önce jeotermal akışkanların pompalanması için normal soğuk su tipi derin kuyu pompaları kullanılmıştır. Sıcaklığın ve dinamik seviyenin yüksek olmadığı durumlarda sınırlı bir ölçekte sonuç alınmıştır. 1970'lerin başlarında enerji üretimi maksadıyla açılan kuyularda kullanılan yüksek sıcaklıklı jeotermal pompaların ömürleri 30-60 gün olmuştur. Daha sonraları jeotermal akışkanın sıcaklık, gaz, kimyasal özelliği nedeniyle derin kuyu pompalarının hidroliğine ve mekaniğine yaptığı etkiler incelenmeye başlanmış, yapılan konstrüktif (yatak, fan, vs) değişiklikler sonucunda 1980'lerin sonuna doğru pompa ömürleri 12-14 ay civarına çıkarılmıştır. 1990'larda ise kuyu içindeki kabuklaşma sorununa kesin çözümler üretilmiş ve pompaların çalıştırılması ve durdurulması talimatları geliştirilerek işletme hatası yapılmadan işletilen uygun pompaların ömürleri 5 yılın üzerine çıkarılmıştır. Jeotermal kuyu içi pompa seçimi; montaj derinliği, kuyu çapı, kıyı düzgünlüğü ve kuyu sıcaklığı, jeotermal akışkanın fizikokimyasal özellikleri gibi faktörler göz önüne alınarak kararlaştırılır [1].

Şartlar belli bir pompa tipini kullanmaya mecbur etmiyorsa pompa, ömrü boyunca en düşük maliyet sağlayacak şekilde seçilir. Pompa seçiminde; enerji maliyeti, beklenen ömür, onarım maliyeti, yedek parça temini, çalışmama maliyeti, sıcaklık, motor verimi, kablo uzunluğu, kolon borusu boyu, özel çark ve ara çanak dizayn gereksinimi gibi faktörler göz önüne alınmalıdır [1].

Kuyu içi pompaları, su içinde çalışan ve kuyu teçhiz borusu içine girebilecek şekilde dizayn edilmiş elektrik motorları ile tahrik edilen kademeli pompalardır. Bu pompaların pompa kısmı su içerisinde, tahrik kısmı ise kuyu dışında olabileceği gibi motor ve pompa kısmı kuyu içerisinde bulunan dalgıç pompalar şeklinde de olabilir. Dalgıç pompalar maliyetlerinin yüksekliği ve çok yüksek sıcaklıklarda kullanılamaması gibi sebeplerden jeotermal akışkan üretiminde tercih edilmemektedir, genellikle dik ve milli derin kuyu tipi pompalar kullanılmaktadır(şekil 4.7.).

Şekil 4.7. Su ile yağlamalı dik milli pompa kesiti.

Jeotermal akışkan taşıma hattı (İsale hattı)

JMIS'nin bulunduğu bölgenin üretim kuyularından uzak olması durumunda, jeotermal akışkanın taşınması gerekir. Jeotermal akışkanın taşınma hatlarına isale hattı denilmektedir. Üretim kuyusundan alınan jeotermal akışkanın ilk önce pislik tutucular ve seperatörler yardımıyla içerisindeki katı madde ve gazlardan ayrılır. Daha sonra jeotermal akışkan kuyubaşından alınarak minimum ısı kaybı sağlanarak ısı merkezine kadar taşınır orada ısısını temiz bir akışkana aktardıktan sonra ayrı bir hat ile tekrar yeraltına reenjeksiyon kuyusu vasıtasıyla uygun sıcaklık ve yerden yere basılır [1].

Yüksek sıcaklıklardaki ($>90\text{ }^{\circ}\text{C}$) jeotermal akışkan izoleli paslanmaz çelik borularla taşınırken, daha düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar CTP (izolasyonlu özel paket boru) ile kuyubaşından ısı merkezine taşınmaktadır. Taşıma hattında CTP kullanarak $0,1\text{ }^{\circ}\text{C/km}$ ile $0,5\text{ }^{\circ}\text{C/km}$ arasında sıcaklık kaybıyla jeotermal akışkan taşınabilmektedir. Doğrudan toprağa gömülme suretiyle CTP borular kullanarak yapılan jeotermal akışkan taşıma hatlarında düşük sıcaklık kaybı, boru iç yüzey kalitesi, korozyona karşı mükemmel resistans, daha az askı maliyeti gibi klasik betonlu ısı galerili sisteme göre daha düşük maliyet avantajları vardır. Teknik ve ekonomik şartlar uygun olduğu durumda, jeotermal su 150-200 km mesafeye teknik olarak taşınabilmektedir. Ancak CTP borular $80-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ye kadar dayanır. Taşıma hattının uzunluğu yatırımın ekonomisine bağlıdır. Bu borular, kuyu başından jeotermal akışkanın alınıp jeotermal merkeze getirilmesi ve jeotermal akışkanın enerjisinin suya aktarılmasından sonra jeotermal akışkanın reenjeksiyon için reenjeksiyon kuyusuna taşınmasında kullanılır. Jeotermal akışkanın nakli direkt olarak toprağa gömülen izolasyonlu özel paket borular aracılığı ile yapılmaktadır [47].

Paslanmaz çelik borular yüksek basınç ve sıcaklıkta kullanılmaktadır ($190\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa dayanabilir). Çelik borunun etrafında poliüretan izolasyon kılıfı, en dışta da PVC koruma kılıfı bulunmaktadır [11].

EN 253 standardına göre üretilen bir jeotermal akışkan taşıma borusunu oluşturan elemanlar ve malzemeler şöylece sıralanabilir [1].

1. Çelik boru: St 37 standardında veya daha yüksek kalite çelikten üretilir. Boyunda ek bulunmamaktadır.
2. Epoksi kaplama: 130 °C'ye dayanıklı ve asgari 300µ kalınlıktadır. Boru iç yüzeyinin korozyona karşı kaplanması için kullanılır.
3. Isı izolasyon malzemesi: 80kg/m³ yoğunlukta, uygun gözenekli bir yapıda poliüretan malzemeden üretilmektedir.
4. Su kaçağı izleme sistemi: Bir veya daha fazla su kaçağı yeri, bilgisayar destekli olarak kablo kopma ve kısa devre noktalarını 1,5 m yakınlıkta tespit edilebilmektedir.
5. Polietilen kılıf: En az 944 kg/m³ yoğunluktaki polietilenden uygun miktarda karbon kullanılarak imal edilir.

Çizelge 4.5. Jeotermal akışkan taşımada kullanılabilen boruların minimum boru çapları ve et kalınlıkları [48].

Boru iç çapı (r_1)	Boru et kalınlığı	İzolasyon Kalınlığı (r_3-r_2)	Dış kılıf et kalınlığı (r_4-r_3) ve dış çapı
Ø50	3,2	37	3,0/140
Ø65	3,2	39	3,0/160
Ø80	3,2	42	3,5/180
Ø100	3,6	51	4,0/225
Ø125	3,6	51	4,2/250
Ø150	4,0	51	4,5/280
Ø200	4,5	62	5,6/355
Ø250	5,0	81	7,0/450
Ø300	5,6	80	7,6/500
Ø350	5,6	93	8,8/560

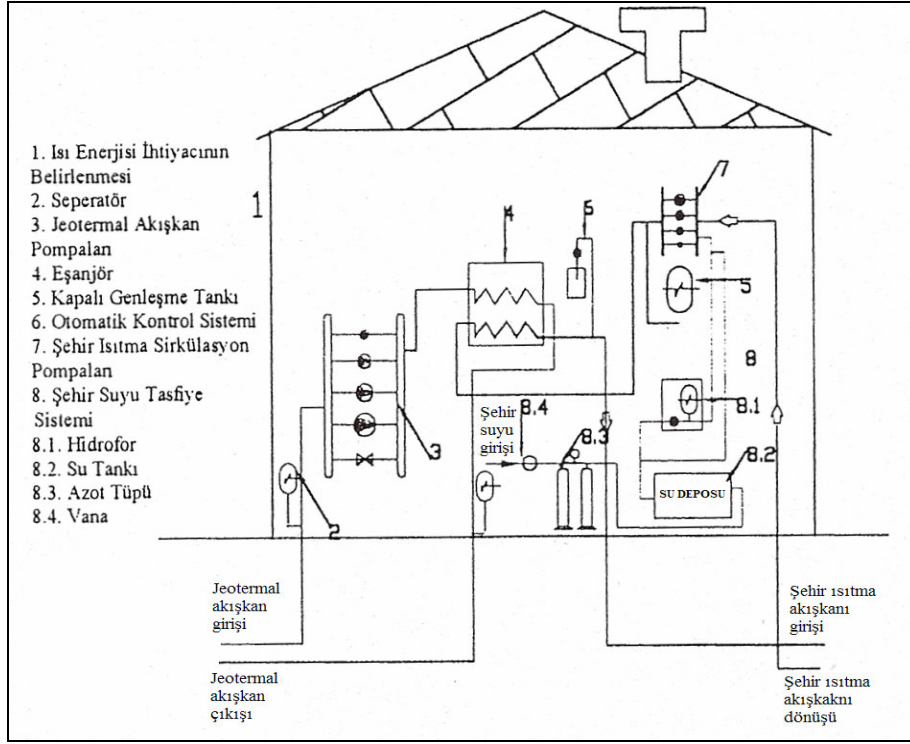
Toprak altı hatlarda bulunan borular 12-18 m arası boylarda üretilir. Korucu muhafaza polietilenden oluşur. İzolasyon malzemesi olarak yoğunlukla muhafaza içine poliüretan enjeksiyonu yapılır. Boruların birbirine kaynaklanmasından sonra kaynak yerine poliüretan bir gömlek giydirilir ve her iki kenarından yalıtılır (eritme

kaynağı ile). Daha sonra küçük muhafaza parçası üzerinde küçük bir delik açılır ve izolasyon köpüğü yeni oluşturulmuş olan boşluğa enjekte edilir. Bu delikler sonradan uygun malzeme ile su geçirmeyecek şekilde tıkanır. Boruların zemindeki derinliği (muhafaza yüzeyine kadar) yaklaşık olarak 0,8-1 m kadardır [11].

Toprak üstü hatlar kaya yünü ile izole edilir. Bunun üzerine bir çuha iliklenerek sabitleştirilir ve onun üzerine de alüminyum muhafaza eklenir. Bu çuha izolasyon etrafında bir hava tabakası oluşturur. Ancak bu, muhafaza sacından geçerek girmesi mümkün olan rutubetin yoğunlaştırılmasına veya su halinde muhafaza sacının altındaki deliklerden dışarıya atılmasına yarar [11].

Jeotermal ısı merkezi

Jeotermal rezervuardan kuyu başı sistemi vasıtasıyla elde edilen jeotermal akışkan, isale hattı ile jeotermal ısı merkezine getirilir. Bu akışkan ısı merkezindeki eşanjörlerden geçirilerek ısısı, daha temiz, kabuklaşma ve korozyona yol açmayan şehir içi dolaşım suyuna aktarılır. Eşanjörlerde ısısı aktarılarak soğuyan (45-50 °C) akışkan, entegre olarak kullanım veya reenjeksiyon kuyularına gönderilir. Bir JMIS’de gerekirse birden fazla ısı merkezi bulunabilir. Şekil 4.8’de bir ısı merkezi yapısı ve ekipmanları görülmektedir.



Şekil 4.8. Bir ısı merkezinin yapısı ve ekipmanları [43].

Jeotermal akışkan pompaları

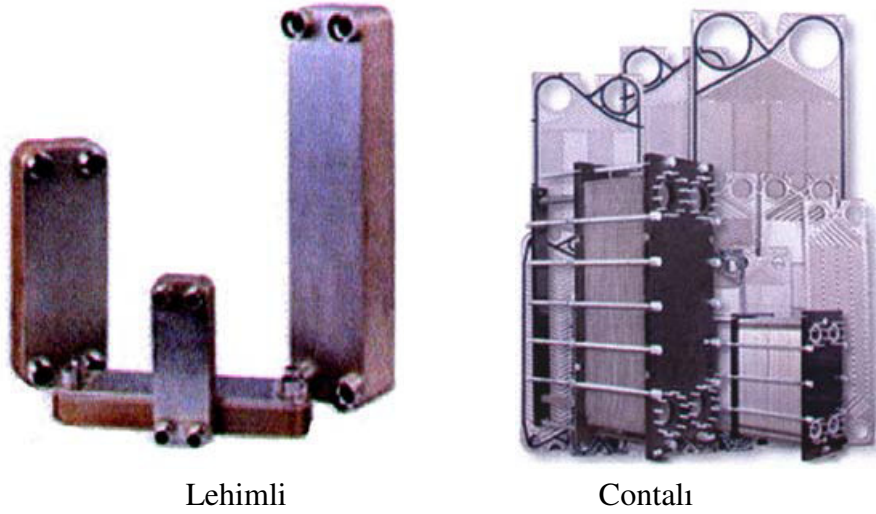
Isı merkezinde jeotermal akışkan pompaları vasıtasıyla, jeotermal akışkan Eşanjörlere gönderilir. Jeotermal akışkan pompalarının diğer sirkülasyon pompalarından farkı pompanın fanı ve milinin korozyona ve kabuklaşmaya dayanıklı malzemelerden yapılmış olmasıdır [1].

Eşanjörler

Jeotermal akışkanın ısını, kabuklaşma ve korozyon yapmayacak şehir içi çevrim suyuna aktarmak için kullanılan cihazlara eşanjör (ısı değiştirici) denilmektedir. JMIS’de plakalı eşanjörler kullanılmaktadır. Plakalı eşanjörler, çağımızın en iyi ve en verimli ısı transfer ekipmanlarıdır. Plakalı eşanjörler titanyum gibi korozyon ve kabuklaşmaya karşı dayanıklı malzemeden üretilmektedirler. Plakalı eşanjör kullanımı ile düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanın kullanım imkânı da artmıştır. Tüplü bir eşanjörde jeotermal akışkanın eşanjörden çıkış sıcaklığı ile giriş sıcaklığı

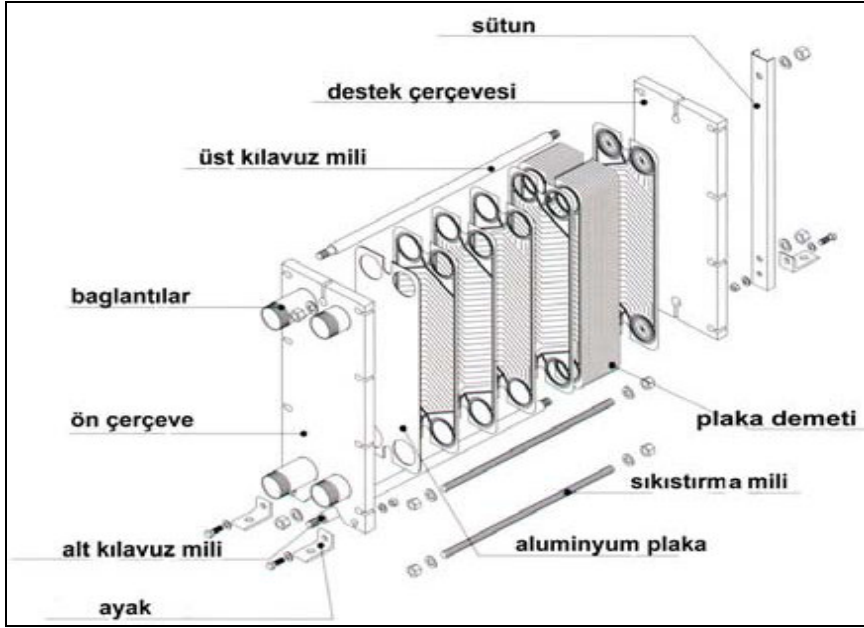
arasında en az 7°C bulunması gerekirken, plakalı eşanjörle, birbirlerine 2°C 'ye, çok ekonomik olarak istenildiğinde $0,2^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yaklaşım sağlanmaktadır. Bu da kullanılması gereken jeotermal akışkan miktarını ve kapalı temiz şehir içi çevrim suyu debisini azaltmaktadır [46].

Plakalı ısı değiştirgeçleri, contalı (çerçevesi) ve lehimli olmak üzere iki tiptir(resim 4.2.). Lehimli plakalı ısı değiştirgeçlerinin, özellikle lehim dikişleri korozyona karşı hassas olup, jeotermal uygulamalarda fazla tercih edilmezler ve çok sık kullanılmazlar. Bu bildiride plakalı ısı değiştirgeci olarak anılacak ve incelenecek ısı değiştirgeçleri, contalı-plakalı ya da çerçeve-plaka olarak anılan ısı değiştirgeçleridir. Plakalı ısı değiştirgeçleri, şekil 4.9'da da görüldüğü gibi; Contalanmış plaka demeti, destek-baskı çerçevesi, kılavuz ve sıkıştırma milleri, akışkan bağlantı ağzları ve ayaklar olmak üzere 5 temel parçadan oluşurlar [49].



Resim 4.2. Lehimli ve contalı ısı eşanjörleri [49].

En önemli ve işlevsel parçanın contalanmış plakalar olduğu ortadadır. Diğer parçalar, işlevi gerçekleştirecek plaka demetinin bir arada tutulmasını, sızdırmazlık tesisini ve ısı değiştirgecinin tesisata bağlanmasını sağlarlar. Plakalı ısı değiştirgeçleri, contalanmış plakalar demetinin, alt ve üst taşıyıcı miller üzerinde merkezlenip, iki güçlü metal blok (ön ve arka çerçeve) arasında sıkıştırılıp sabitlenmesi ile elde edilirler [49].



Şekil 4.9. Contalı plakalı ısı değıştirici parçaları [49].

Contalı plakalı ısı değıştirgeçlerinin, jeotermal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmalarını sağlayan özellikleri şunlardır [49];

- Yüksek ısı performans gösterirler,
- Üretim teknikleri açısından, korozyona dayanıklı malzemeler ile üretilebilirler,
- Montaj ve yerleşimleri kolayca yapılabilir, özel bilgi ve teknik eleman gerektirmezler,
- Değişen kapasitelere göre aynı gövde içinde ve gerektiği kadar büyütülebilirler,
- Kapasitelerine göre en az yeri işgal ederek avantaj sağlarlar.

Kapalı genleşme tankı

JMIS'lerinde genellikle kapalı genleşme depoları vardır. Genleşme depoları sistemin güvenliğini yani basıncın yükselmemesini ve sisteme gerekli su desteği görevini yerine getirir. Kapalı genleşme depoları emniyet ventili ile birlikte kullanılır ve sistemdeki statik basınca ek olarak yaklaşık 2 atü basınç getirirler. Statik su basıncı, bina yüksekliği 40 m'i geçen yapılarda sistemdeki işletme basıncı 60 MSS değerine ulaşacağı için binaların doğrudan ana eşanjöre bağlantı yapılması sakıncalıdır. Bu nedenle yüksek blok altlarında plakalı eşanjör kullanılır. JMIS'lerinde yarı açık

genleşme tertibatları kullanılabilir. Genleşen suyun bir kısmı depolanır, bir bölümü düşük basınçlı kapalı su deposuna atılır. İhtiyaç olduğunda akışkan pompa yardımıyla sisteme geri gönderilir. Membranlı kapalı genleşme depolarında da gazın difüzyonla membrandan suya geçmesi mümkündür. Bu nedenle basınçlandırıcı gaz olarak daima azot kullanılmalıdır. Tesisattan gelebilecek çapak vs. gibi maddelerin depoya zarar vermemesi için;

1. Tesisat dolumuna bir pislik ayırıcı konulmalıdır.
2. Dolaşım hattında bir pislik ayırıcı bulunmalıdır [37].

Otomatik kontrol sistemi

JMIS’nde ısı tüketimi, dış hava sıcaklığına göre değişir. Bunu sağlamak için tüketicilere gönderilen ısı enerjisinin de değişken olması gerekir. Bu durum iki şekilde sağlanabilir. Bunlar;

1. Değişken sıcaklıklı ısı dağıtım sistemi.
2. Değişken debili ısı dağıtım sistemi.

Değişken sıcaklıklı ısı dağıtım sisteminde dış hava sıcaklığına göre şehir içi kapalı çevrim ısıtma suyunun sıcaklığı değiştirilir. Debi sabit tutulur. Bu sistemde tüketicilerden gelen ısı talebine cevap verme süresi çok uzundur. Ayrıca bu durum boru ömrünün azalmasına da sebep olmaktadır [1].

Değişken debili ısı dağıtım sisteminde tüketicilerden gelen ısı talebine göre şehir içi kapalı çevrim ısıtma suyunun debisi değiştirilir. Sıcaklık sabit tutulur. Jeotermal Merkezi Isıtma sistemlerinde dış hava sıcaklığına göre sabit sıcaklık farkı değişken debili olarak çalışmaktadır. Bu durum kritik diferansiyel basınca göre çalışan frekans konvertörleri veya kademeli pompalama ile sağlanabilir. Dış hava sıcaklığına göre enerji ihtiyacı, kuyu başına değişik mesafelerde yerleştirilen jeotermal akışkan pompalama istasyonlarındaki pompaların kademeli olarak çalıştırılması ile sağlanır. Böylece konutlar için gerekli ısı enerjisi elde edilir. Frekans konvertörleri ile değişken debi uygulaması, enerji tasarrufunun yanı sıra pompa ve sistemde bulunan tüm elemanların ömrünü de uzatmaktadır [1].

Şehir ısıtma sirkülasyon pompaları

Şehir ısıtmasında kullanılacak temiz kapalı çevrim suyunun binalara kadar gönderilmesinde sirkülasyon pompaları kullanılmaktadır. Sirkülasyon için en uygun pompa tipi olarak santrifüj pompalar seçilir. Santrifüj pompalarda debi, basınç ve güç pompanın dönme hızına bağlı olarak değişmektedir [39]. Sirkülasyon pompası seçilirken pompa veriminin en fazla olduğu nokta civarında kalmaya dikkat edilmesi faydalı olacaktır. Çok devirli pompa seçerken de karakteristiği ara devirde sağlayan bir pompa seçilmelidir. Isıtma sistemlerinde pompalar genellikle çift olurlar biri yedekte bekler diğeri çalışır. Böylece sistemin devamlılığı sağlanır [37].

Şehir suyu şartlandırma sistemi

Suyun ısıyı taşıma etkisinden faydalanan proseslerde, yine suyun prosese kötü etkilerinin engellenme işine su şartlandırması denilir. Bu kötü etkilerinin en önemlilerini; buhar kazanları veya suyla soğutma sistemlerinin, ısı transfer yüzeylerinde oluşan kireçlenme ve suyla teması olan metal yüzeylerin aşınması, yani korozyon olarak nitelendirebiliriz.

Şehir suyu şartlandırma sistemi oluşabilecek su kayıpları sonucunda sirkülasyondaki suyun azalması durumunda gerekli akışkanı sağlamak için kullanılır. Şehir suyu sistemine yeni giren akışkan eğer şartlandırmadan devreye sokulursa sistemde korozyon ve kabuklaşma olayları görülecektir. Şehir suyu şartlandırma sisteminin kapasitesi sistemin 48-72 saatte doldurulabilmesi esasına dayanır. Bu şekilde hesaplanarak oluşturulan şehir suyu şartlandırma sistemi sistem kaçaklarını rahatlıkla karşılayabilmektedir. Şehir şebekesinden alınan temiz su bir yumuşatma cihazından geçirilir ve bir betonarme depoda toplanır. Depodaki su bir paket hidrofor sayesinde basınçlandırılır. Hidroforun basınçlandığı su kapalı genleşme tankına basılır [43].

Ventiller ve pislik tutucular

Tesisat basıncının aşırı yükselerek tesisata ya da tesisata bağlı kazan gibi cihazlara zarar vermesini önlemek amacıyla tesisat sıvısını tahliye eder. Karşı basınç prensibiyle çalışan yaylı bir mekanizmaya sahiptir. Kapalı devre ısıtma sistemlerinde, güneş enerjisi sistemlerinde, boyler tesisatlarında kullanılır. Ayrıca hidrofor tesisatı çıkışında, kullanma ve yangın suyu tesisatında kullanılabilir.

Boru tesisatında dolaşan akışkan az veya çok pislik adı verilen yabancı maddeleri de beraberinde sürükler. Bunlardan özellikle çamur, kaynak damlacıkları, pas parçaları, conta parçaları gibi maddeler, kontrol vanaları, pompalar, sayaçlar gibi elemanların sızdırmazlığını ve ayarını bozar ve bu elemanlara zarar verir. Bu bozulmayı önlemek için tesisata pislik tutucular yerleştirilir [37].

Şehir içi ısı dağıtım sistemi

Isı merkezinde eşanjör vasıtasıyla sıcaklığı arttırılan temiz çevrim suyu pompalar ile ısıtma yapılacak yerlere gönderilir. Isı merkezinden, ısıtma yapılacak binalara kadar ısıyı taşıyan bu sistem şehir içi ısı dağıtım sistemidir.

Şehir içi kapalı temiz çevrim suyu dağıtım hatları

JMIS’nde jeotermal akışkan doğrudan kullanılmadığı için, şebeke tasarımı esas olarak sıcaklık dışında içme suyu dağıtım hatlarından bir farkı bulunmamaktadır. Bu nedenle sıcaklığın akışkan özellikleri (yoğunluk ve viskozite gibi) üzerindeki etkisi ve düğüm noktalarından çekilen debilerin hesabında gerekli ısı yük göz önünde bulundurularak içme suyu şebeke tasarım yöntemleri kullanılabilir [50].

İçme suyu şebekeleri boyutlandırılırken nüfus yoğunluğu ve kişi başına günlük su kullanımı göz önüne alınarak düğüm noktalarından gerekli debinin geçtiği varsayılmaktadır. JMIS’nde ise gerekli ısı yükü sağlayacak debinin düğüm noktasından geçtiği kabul edilebilir. Şebeke içerisinde, gerekli basınçları sağlayabilmek için sistemin gerekli noktalarına pompa yerleştirilmesi veya aşırı basınçların olduğu bölgelerde basıncı düzenleyebilmek için basınç düşürücü

vanalar kullanılması gerekmektedir. Şehir içi kapalı temiz çevrim suyunun şebeke içerisinde dağıtımında en önemli sorun ısı kayıplarını minimum düzeye indirecek malzeme ve yapım teknolojisi uygulamaktır. Bu koşulu sağlayacak boru fiyatları içme suyunda kullanılan borulara göre çok fazla olup jeotermal dağıtım şebekesi maliyetinin yaklaşık %60'ını boru maliyeti, %20'sini montaj bedeli oluşturmaktadır. Bu nedenle şebeke tasarımında ekonomik kriterlerine özen gösterilmesi son derece önemlidir. Boru çaplarının seçiminde sağlanacak yüzde birkaç düzeyinde bir ekonomi bile çok büyük değerlere ulaşabilir [50].

JMIS ısı dağıtım hattında gömülü tip boru sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar “Bonded veya Sliding” boru sistemleridir. Borular toprak altında kanalsız olarak döşenmektedir, sıcak akışkandan ve toprağa direk temastan dolayı borularda yüksek düzeyde gerilimler oluşmaktadır. Bonded boru sisteminde bu gerilimi iç boru (çelik) ve dış izolasyon borusu (poliüretan) birlikte taşır. Bu boru sisteminde gerilim altında iç boru ile dış kılıf, fittingsler ve vanalar birlikte hareket eder. Bonded boru sisteminde iç borunun dış kılıfa çok iyi tutunması için korona işlemi uygulanır. Korona işlemi çok iyi yapılmadığı zaman iç boru dış kılıf ile birlikte hareket etmez(uzamaz). Bu durum boruda deformasyona sebep olabilir. Sliding boru sisteminde ise borularda boy yönünde gerilim yoktur. Oluşan gerilim iç boru tarafından taşınır [43].

Şehir içi kapalı temiz çevrim suyu ısı dağıtım boruları

Avrupa merkezi ısıtma boru üreticileri birliği, merkezi ısıtmada kullanılan boruları standartlaştırmıştır. Buna göre EN 253 boru standardıdır, EN 448 fittings standardıdır, vanalar (flanşsız, dişsiz, kaynaklı bağlantılı) EN 448 standardındadır, boru izolasyon ve ek yeri malzemeleri EN 489 standardıyla belirlenir. JMIS’de kullanılan borular toprak altında kanalsız olarak döşenebilirler. Kanalsız boru sisteminde, fleksibl borular, ser poliüretan-sert köpük izolasyonlu borular, çelik borular, çift poliment tabakası en dışta polietilen koruyucu tabaka bulunan ısıtma boruları, ön izolasyonlu paket ısı boruları, cam elyaf takviyeli borular (CTP) kullanılabilir. JMIS’de kullanılan ön izolasyonlu paket ısı boruları sandviç

yapısındadır. Bu borular orta derecede ısı işlem görmüş çelik servis borusu, poliüretan köpük izolasyonu (PUR veya PU) ve dış koruyucu kaplama olarak yüksek yoğunlukta polietilen (PE, PEH)'den meydana gelmektedir [51]. Cam elyaf takviyeli borular hammaddesi ithal edilerek ülkemizde üretilebilmektedir. Hafif, dayanıklı, korozyona ve yorulmaya dayanıklı olması birçok avantaj sağlanmaktadır. CTP boruların avantajları şöylece özetlenebilir;

1. Toprağa doğrudan gömülerek çalışmaya uygundur.
2. Kompansatörlere ihtiyaç göstermez.
3. İç yüzeyi çok az pürüzlüdür, bu yüzden pompalama enerjisi düşüktür ve çeperler katı madde tutulması azdır.
4. Kimyasal, elektrolitik ve bakteri korozyonuna dayanıklıdır.
5. Isı iletkenliği düşüktür.
6. Boruların birleştirilmesinde; yapıştırma, muflu o-ringli, flanşlı, kilitleme teknikleri kullanılabilir.
7. İzolasyon olarak iç boru üzerine poliüretan dış kovan dış kovan birlikte uygulanmaktadır. Böylece 70 °C'de 0.1 °C/km sıcaklık kaybı olmaktadır.
8. Bakım gerektirmez.

CTP boruların uygulanabilirliği su sıcaklığına bağlıdır. Yerli üretim CTP boruların uygulama sıcaklığı 80 °C civarındadır. Yüksek sıcaklıktaki suyu taşımak için iç boru ST37 çelik malzemeden yapılır. Çelik borunun korozyona karşı korunması için özel önlemler alınır. Hem çelik boruyu hem de izolasyonu korumak için bu borularda su kaçağını haber veren kontrol sistemleri bulunur [46].

Kompansatörler

JMIS'lerinde boru hatlarındaki sıcaklık değişimine bağlı uzamalar ve kısaltmalar meydana gelir. Boru boyu arttıkça meydana gelen toplam uzamalar uzamalarda artar. Ancak JMIS akışkan taşıma borularındaki uzamaları karşılamak için özellikle küçük çaplarda kompansatör kullanılmaz. Bunun için cam elyaf takviyeli polyester ve yapışık çelik boruların sıcaklık tesiri ile uzamasına izin verilmez. Sıcaklık tesiri ile

oluşan uzama kuvvetleri borunun mukavemetinden küçük kalacak şekilde dizayn edilir. Borular dizayn kriterlerine göre kompensatörsüz olarak döşenir [46].

Bina sistemi

JMIS planlanırken her binanın ısı ihtiyacı tespit edilir ve buna göre binaların altına kontrol vanaları yerleştirilir. Bu vanalar binaya ihtiyacından fazla akışkanın girmesinin engeller. Binaya ulaşan ısıtıcı akışkan binaların ısıtılması ve sıcak suyun hazırlanması için kullanılır [1].

Bina içi ısıtma sistemi

Binaya giren sıcak akışkan direk olarak radyatörlere verilerek binanın ısıtılmasında kullanılabilir veya binalar ısı ihtiyaçlarına göre gruplandırılarak her bina grubuna bir eşanjör takılır. JMIS'deki binalar çok katlı ve fazla daire içeriyorsa her binanın altına bir eşanjör takılması gerekir. Bina sistemlerine eşanjör konularak jeotermal merkezde bulunan akışkan pompalarının basıncından bina ısıtma ve sıcak su hazırlama sisteminin etkilenmesi engellenmektedir [1].

Bina ısıtıcı akışkanı bina içi eşanjöründen aldığı ısıyı sirkülasyon pompası yardımıyla radyatörlerde dolaştırmaktadır. Böylece binada istenilen mekânlar ısıtılmaktadır. Bu sistem kaloriferli ısıtma sistemine benzerlik göstermektedir. Ancak aralarında önemli farklar mevcuttur. Kalorifer sistemi kesintili olarak çalışırken bir jeotermal bina ısıtma sistemi sürekli bir ısıtma sağlamaktadır [43].

Bina içi sıcak su sistemi

Eşanjörden alınan bina içi ısıtıcı akışkanı boylere bir sirkülasyon pompası yardımıyla gönderilmektedir. Boylerde bulunan ısıtıcı borularda dolaşan akışkan ısısını temiz kullanım suyuna aktarmaktadır. ısısını kullanım suyuna aktaran akışkan ise tekrar eşanjöre giderek buradan ısı almaktadır [1].

Reenjeksiyon (Tekrar basma)

Suyun etken olduğu jeotermal rezervuarlardan çok yüksek miktarlarda sıcak su üretimi yapılır. Üretilen sıcak suyun bir kısmı sıcak su olarak doğrudan kullanılırken geri kalan önemli bir kısmı ise merkezi jeotermal ısıtma sistemlerinde ısısı alındıktan sonra artık su olarak kalır. Artık su saha yakınındaki deniz, göl ve akarsu gibi yerlere verilebilirse de, her jeotermal sahanın yakınında bu tür olanaklar bulunmayabilir. Kaldı ki olsa bile hem en doğru çözüm değildir ve hem de bazı çevre sorunları kaçınılmazdır. Dolayısıyla doğru olanı, suyu geldiği yere veya uygun yer altı formasyonlarına basmaktır [52].

Jeotermal rezervuarlardan üretilen akışkanların enerjisi farklı amaçlarla kullanılmaktadır; elektrik üretimi, yerleşim alanlarının ısıtılması, endüstriyel amaçlı, seracılık, v.b. Üretilen akışkanın enerjisinden yararlandıktan sonra kalan atık veya artık suyun ya yararlı alanlarda kullanılması veya çevreye zarar vermeden ortadan kaldırılması gerekmektedir. Atık veya artık suyun değerlendirilmesi uygulamada ve saha işletiminde önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorun için en uygun çözüm kullanılmayan sıcak suyun rezervuara tekrar basılmasıdır. Söz konusu işlem tekrar-basma veya reenjeksiyon olarak tanımlanmaktadır. Jeotermal rezervuara tekrar-basma işleminin aşağıda sıralanmakta olan çok yönlü yararları vardır [53].

1. Kullanılmayan sıcak suyun çevreyi kirletmesi önlenecektir.
2. Üretilen su rezervuara tekrar basıldığından dolayı rezervuarın su dengesi bozulmayacak, rezervuarın basıncı korunmuş olacaktır. Her ne kadar üretilen suyun bir bölümü doğal beslenme yoluyla karşılanabilirse de, genellikle doğal beslenme yoluyla rezervuara giren miktar üretilen miktar kadar olmayacaktır. Böylece doğal beslenme için gereksinim azalmış olacaktır.
3. Tekrar-basma işleminin uygulanmasıyla rezervuarın üretim dönemi uzar.

4. Üretimden dolayı rezervuar hacmindeki azalmanın sonucunda oluşan yeryüzü çökmeleri en aza indirgenmiş olur.

Tekrar-Basmanın Tasarımı

Tekrar-basmanın tasarımı ve uygulanması sırasında dikkatle incelenmesi ve gözlemlenmesi gerekli faktörler de aşağıda sıralanmaktadır [52]:

- a. Suyun basıldığı bölgedeki hidrolojik koşullar iyi belirlenmelidir. Basılan suyun doğrudan ana jeotermal bölgesine gitmeyip te çevreye yayılması ve kirlenme sorunları doğurması göz ardı edilmemelidir. Özellikle çevredeki içilebilir veya kullanılabilir su kaynaklarına zarar verilmemesi gerekmektedir. Bu konunun incelenmesi için tekrar-basma uygulaması başlamadan önce bir izleyici testi (tracer test) yapılması önerilir. Basılan su ile orijinal rezervuar suyu arasındaki kimyasal bileşim farkı gözlenmelidir. Bu amaçla, bölgedeki su kuyuları ve varsa yeryüzüne ulaşmakta olan su kaynakları gözlem noktaları olarak ve sistematik olarak analiz edilebilir. Üretilen akışkanın buhar fazının ayrılmadığı durumlarda, enjekte edilen su ile rezervuardaki orijinal su arasında gözlenebilir ölçekte kimyasal bileşim farkı olmayabilir. Yine de enjekte edilen suyun kimyasal bileşim analizinin yapılıp, orijinal su bileşimiyle karşılaştırılmasından sonra kimyasal bileşim farkının gözlenmesi konusu kararlaştırılmalıdır [52].
- b. Yüzey donanımlarında, enjeksiyon kuyusunda ve suyun basıldığı formasyonda oluşabilecek mineral çökmesi önemli sorunlar yaratabilir [54]. Olası çökme sorununu ve su içinde askıda katı maddelerin formasyonu kirletme sorununu en aza indireyecek tasarımlar yapılması önemlidir.
- c. Basılan suyun kimyasal bileşimi rezervuardaki orijinal suyun bileşiminden farklı olması durumunda, bileşimlerdeki farklılıktan dolayı oluşan kimyasal cephe ki bu cephe hidrolik cephe olarak ta tanımlanmaktadır, sıcaklık cephesinden (veya ısı cephesinden) daha hızlı hareket edecektir [55]. Şekil 4.10 ısı cephenin ve hidrolik cephenin rezervuarda ilerlemesini şematik olarak göstermektedir. Üretim

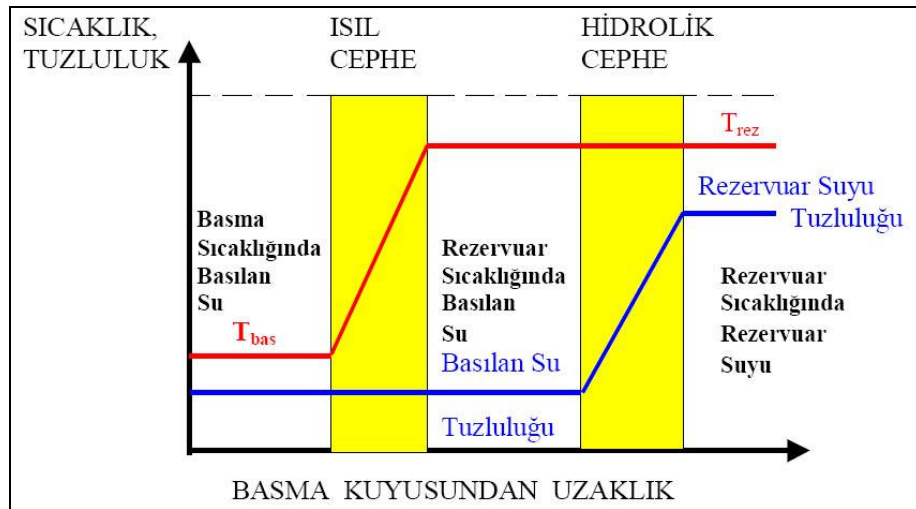
kuyularında herhangi bir sıcaklık değişmesi oluşmadan önce üretilen su bileşiminde basılan su ile orijinal rezervuar sularının karışmasından dolayı oluşan bileşim değişimi gözlenmelidir. Bu gözlem sahada tekrar-basma uygulamasının tasarımında incelenmesi gerekli ve önemli bir faktördür.

- d. Isıl cephenin üretilen suyu etkileyip etkilemediğinin belirlenebilmesi için kolaylıkla başvurulacak yöntem, enjeksiyon kuyusunun yakınındaki üretim kuyularından üretilen suyun sıcaklığının ölçülmesidir. Basılan suyun ve üretilen suyun sıcaklıkları periyodik olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir.
- e. Tekrar-basma uygulaması sırasında basılan formasyonda yeraltı hareketleri olabilir. Dolayısıyla uygulama boyunca belirli dönemlerde sismik çalışmaların (veya mikro sismik çalışmaların) yapılmasında yarar vardır.
- f. Enjeksiyon kuyularının maliyeti ile birlikte pompa ve pompaları çalıştırmak için gerekli gücün tekrar-basma uygulaması ekonomisinin değerlendirilmesinde önemli faktörler olduğu unutulmamalıdır [52].

Tekrar-basma olayında yanıtlandırılması gerekli en önemli sorulardan birkaçı arasında: suyun basılması için kaç kuyu kullanılacağı, pompa gerekip-gerekmeyeceği ve suyun nereye basılacağı sayılabilir. Basılan suyun debisi biliniyorsa, ısıl kirlenmeyi önlemek için rezervuarınkinden daha düşük sıcaklıktaki suyun üretim bölgesinden ne kadar uzakta bir kuyudan veya kuyulardan basılması gerektiği tekrar-basma uygulanmasında incelenmesi gerekli en önemli konu olmaktadır. Enjeksiyon kuyularının yerleri seçilirken özellikle basılan soğuk suyun üretilen sıcak rezervuar suyunu hemen etkilememesi istenir. Basılan suyun yüksek geçirgenlikli akış kanalları içinde akışı ve üretim kuyularına erken varışı önlenmelidir. Genellikle çatlaklı kayalar içerisinde akışın enjeksiyon kuyusunun etrafında simetrik ilerlemesi beklenmez. Akışkanın bazı yönlerde daha hızlı ilerleyeceği göz önüne alınmalıdır. Dolayısıyla enjeksiyon ve üretim kuyuları arasında güvenilir bir aralığın olması gerekmektedir. Bu aralıklar, ancak sağlıklı basınç girişim ve özellikle de izleyici

testleri ile rezervuardaki akış yollarının tanımlanmasından sonra belirlenebilmektedir [52].

Tekrar-basma sırasında enjeksiyon kuyusu etrafında basılan suyun oluşturduğu bir zon bulunur. Şekil 4.10'da gösterildiği gibi, enjeksiyon kuyusu etrafındaki zonun sıcaklığı orijinal rezervuar sıcaklığından daha düşük olacaktır. Bu düşük sıcaklıklı zon zamanla büyür ve sonuçta üretim kuyusuna varır. Basılan suyun bu hareketi sırasında, kayaçla temas eden su ısınırken kayaç ise soğuyacaktır. Düşük sıcaklık zonunun formasyonda ilerleme hızı basılan suyun hidrolik ilerleme hızından doğal olarak daha düşük olacaktır. Basılan soğuk suyun üretim kuyularına varışından belirli bir süre geçtikten sonra üretilen su sıcaklığı düşer. Dolayısıyla üretim kuyularındaki suyun sıcaklığının basılan su debisine, zamana ve enjeksiyon ile üretim kuyuları arasındaki aralığa bağlı olarak tahmini önemli olmaktadır [52].



Şekil 4.10. Tekrar-Basma İşleminde Hidrolik Cephe ve Isıl Cephenin Rezervuar İçinde İlerlemesi [52].

5. MATERİYAL VE YÖNTEM

5.1. Araştırmada Kullanılan Materyal

Araştırmanın temel materyalini Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sisteminden elde edilen bilgiler oluşturmaktadır. Veriler söz konusu tesiste gerçekleştirilen alan araştırmaları ve yetkililerle yapılan birebir görüşmelerle elde edilmiştir. Bunlarla birlikte, konuyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalardan ve literatürden yararlanılmıştır.

5.2. Araştırmada Kullanılan Yöntem

5.2.1. Sistemin incelenmesi ve verilerin toplanması

Araştırmanın başında, saha ve sistemle ilgili yazılı kaynaklar incelenmiştir. Daha sonra, Kızılcahamam jeotermal merkezi sisteminde incelemelere ve araştırmalara devam edilmiştir. Sistem üzerinde incelemeler bizzat yapılarak yetkililerle ve çalışanlarla fikir alışverişinde bulunularak sistem hakkında eksiksiz bilgiye ulaşılmaya çalışılmıştır.

5.2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Veriler değerlendirilmeden önce kontrol edilerek çelişkili olanlar ayıklanmış, eski olanlar da güncellenmiştir. Sistem teknolojik ve ekonomik yönden değerlendirilmiştir.

5.2.3. Teknolojik karşılaştırmanın yapılması

Sistemlerin teknolojik analizinde bir merkezi ısıtma sistemini meydana getiren beş ana unsur esas alınmıştır. Bunlar;

a) Enerji Elde Etme Sistemi

- b) Enerji Taşıma
- c) Isı Üretim Merkezi
- d) Isı Dağıtım Sistemi
- e) Bina Sistemi'dir.

Bu bölümlerin sistem içindeki yerleri, teknik özellikleri hakkındaki bilgiler Kızılcahamam JMIS ve Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS için ayrı ayrı açıklanmaya çalışılmıştır. Daha sonra bu beş bölüme göre sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

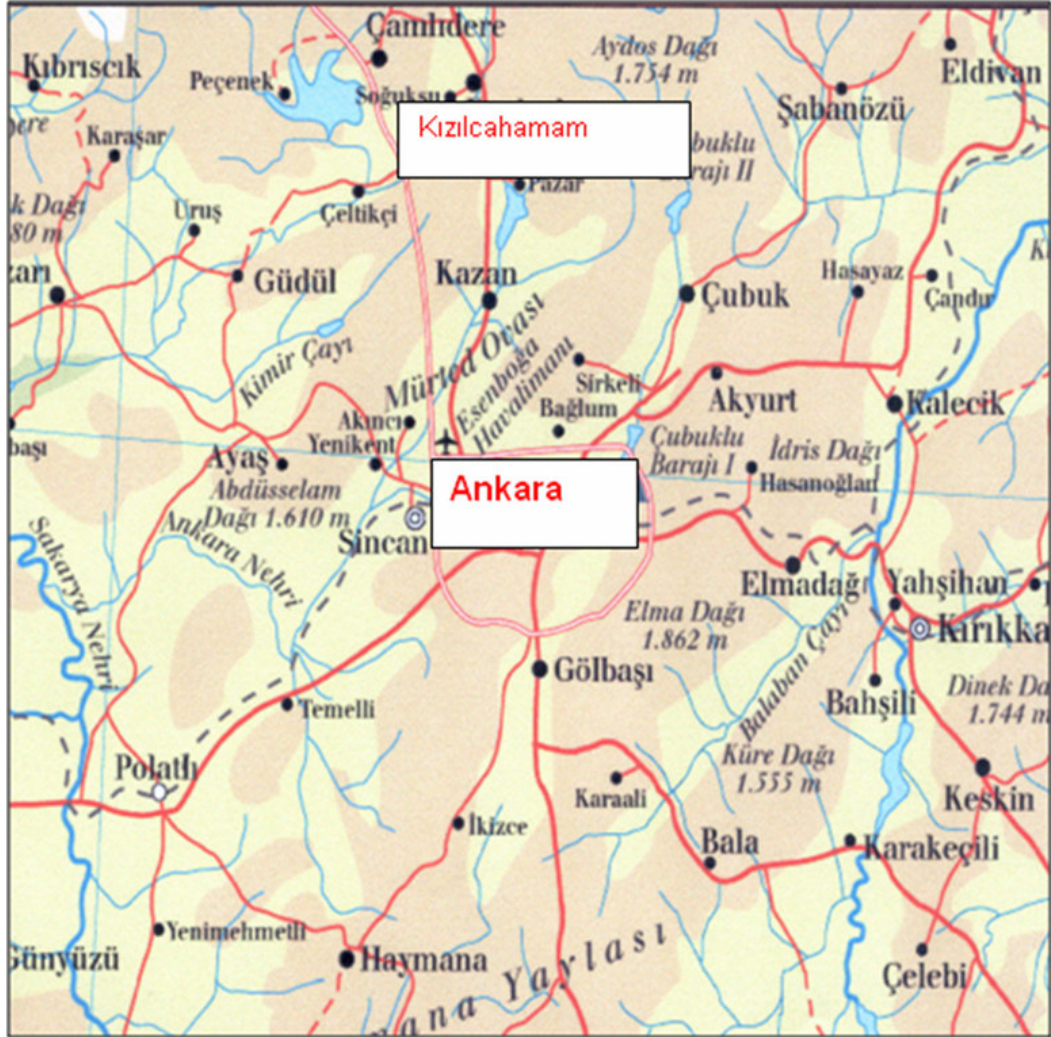
5.2.4. Ekonomik karşılaştırmanın yapılması

Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ekonomik karşılaştırmalarını yapabilmek için ilk önce sistemlerinin bugünkü ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Bu yapılırken 2009 yılı bayındırlık bakanlığı birim fiyatları ve Aralık 2009 piyasa fiyatları karşılaştırılmıştır. Daha sonra merkez bankası dolar kuruna ($1\$ = 1.48 \text{ TL}$ ve $\text{EURO}/\$ = 1.51$) çevrilerek ilk yatırım maliyetleri belirlenmiştir. İşletme maliyetleri ise kullanılan enerji kaynağına göre belirlenmiştir.

6. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ

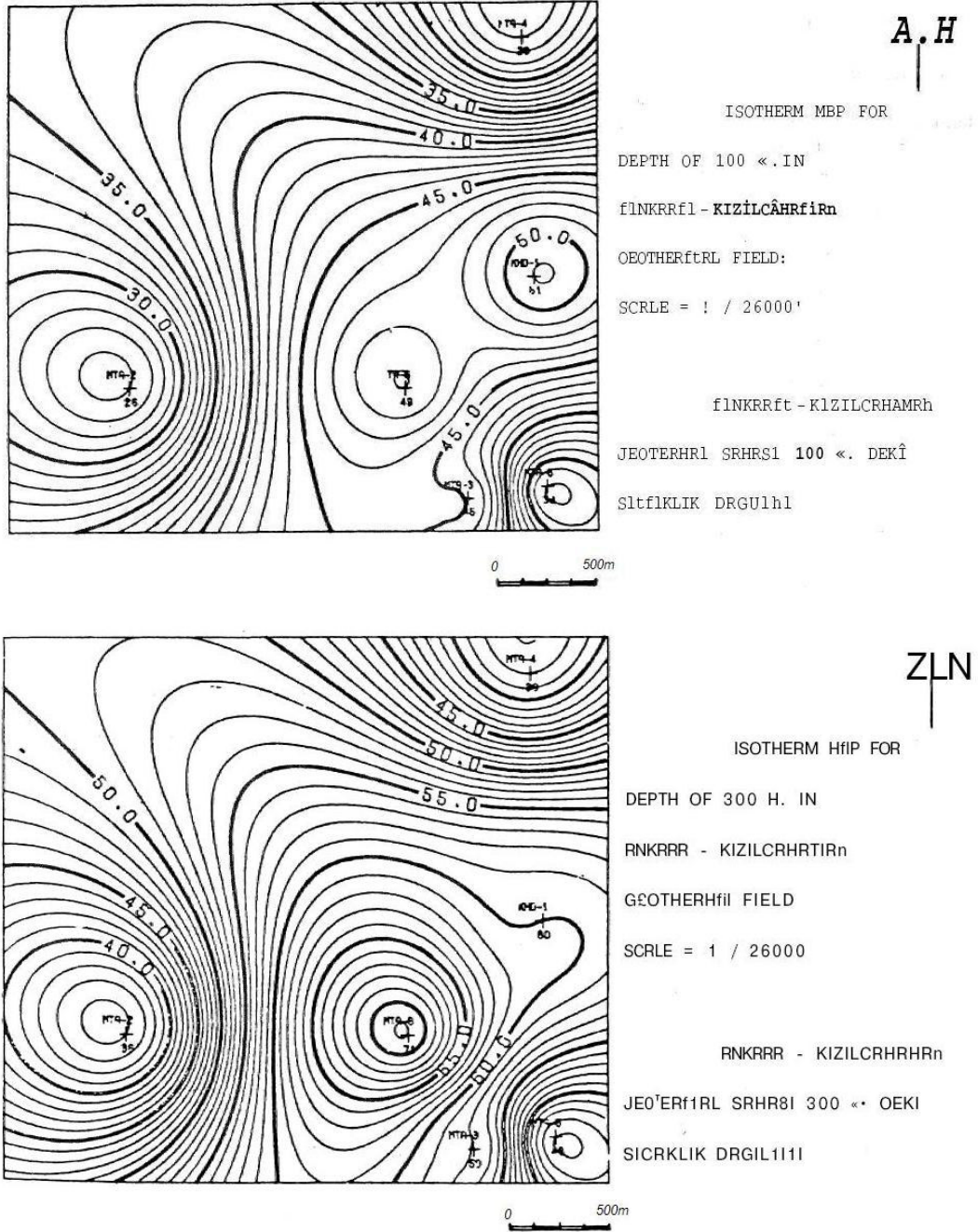
6.1. Kızılcahamam Jeotermal Sahası

Kızılcahamam Jeotermal Sahası Ankara'ya 76 km uzaklıkta olup jeotermal saha 1994 yılından bu yana işletilmektedir. Jeotermal kaynaklar termal otel ve kaplıca kullanımını dışında, 25 MWt kurulu güç kapasiteli jeotermal ısı merkezinden 2500 konutun ısıtılması ve sıcak su sağlanması için kullanılmaktadır.



Harita 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasının konumu.

Kızılcahamam Jeotermal Sahasının çeşitli derinliklerdeki sıcaklık dağılım haritaları aşağıda verilmiştir.



Harita 6.2. Ankara-Kızılcahamam jeotermal alanı 100m ve 300 m. derinlikteki eşsıcaklık dağılım haritaları [56].

Kızılcahamam jeotermal sahasında üretilen akışkanın analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasında üretilen akışkanın analiz sonuçları.

FİZİKSEL ÖZELLİKLER			
KOKU-TAD		Kendine Has	
RENK		N.D	PtCo
BULNİKLİK		5	FTU
ÇÖKELTİ (örnek alındıktan 24 saat sonra)		YOK	
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLER			
PH		7.2	
İLETKENLİK (25 °C' DE)		3.14	mS/sm
YOĞUNLUK		1.0038	gr/cmi
KİMYASAL ÖZELLİKLER			
KATYONLAR			
SODYUM	Na	667.28	Mg/lit
POTASYUM	K	60.08	Mg/lit
KALSİYUM	Ca	41.86	Mg/lit
MAKGNEZYUM	Mg	11.02	Mg/lit
AMONYUM	NH ₄	1.35	Mg/lit
TOPLAM DEMİR	Fe	0.161	Mg/lit
MANGAN	Mn	0.074	Mg/lit
ANYONLAR			
BİKARBONAT	hco ₃	1525	Mg/lit
KLORÜR	Cl	288.34	Mg/lit
SÜLFAT	So ₄	127.6	Mg/lit
FLORÜR	F	3	Mg/lit
BROMÜR	Br	0.256	Mg/lit
İODÜR	I	0.001	Mg/lit
HİDROJEN FOSFAT	HPO ₄	1.19	Mg/lit
FOSFAT	Po ₄	1.18	Mg/lit
SÜLFÜR	S	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
NİTRİT	NO ₂	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
NİTRAT	NO ₃	8.44	Mg/lit
ÇÖZÜNMEYEN MADDELER			
SİLİKAT ASİDİ	H ₂ SiO ₃	73.97	Mg/lit
BORİK ASİT	H ₃ BO ₃	38.82	Mg/lit
ESER ELEMENTLER			
TOPLAM KROM	Cr	0.003	Mg/lit
NİKEL	Ni	0.002	Mg/lit
ANTİMON	Sb	0.005	Mg/lit
ALÜMİNYUM	Al	0.002	Mg/lit
ARSENİK	As	0.635	Mg/lit
BARYUM	Ba	0.133	Mg/lit
ÇİNKO	Zn	0.022	Mg/lit
BAKIR	Cu	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
MOLİBDEN	Mo	0.005	Mg/lit
VADANYUM	V	0.006	Mg/lit
KADMİYUM	Cd	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
CİVA	Hg	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
KURŞUN	Pb	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
SELENYUM	Se	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
KOBALT	Co	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
KALAY	Sn	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
GÜMÜŞ	Ag	ND.(Bulunamadı)	Mg/lit
KİRLİLİK BELİRLEYİCİ ZEHİRLİ MADDELER			
SİYANÜR	CN	0.001	Mg/lit
Org. madde için sarf edilen O ₂ miktarı		0.9	Mg/lit

6.2. Kızılcahamam Jeotermal Akışkan Üretim Kuyuları Ve Kuyu Başı Sistemleri

6.2.1. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim ve reenjeksiyon kuyuları

Kızılcahamam jeotermal sahasında 1984'ten bu yana üretim, gradyan ve reenjeksiyon amaçlı kuyular açılmıştır. 2008 yılı itibarıyla 8 kuyudan üretim yapılmaktadır. 1984 yılında açılan ve ilk kuyu olan MTA-1 kuyusu üretim yapılamaz duruma geldiğinden reenjeksiyon kuyusu olarak kullanılmaktadır. 1987 yılında gradyan ölçümü için açılmış olan MTA-6 kuyusu reenjeksiyon kuyusu olarak hazırda beklemektedir fakat kullanılmamaktadır. Ayrıca İHL-1 kuyusu düşük sıcaklık sebebiyle kullanılamamaktadır. Kızılcahamam jeotermal sahasında gradyan ölçümü amaçlı 5 üretim amaçlı 10 olmak üzere toplam 15 adet kuyu açılmıştır.

Çizelge 6.2. Kızılcahamam jeotermal sahasında üretim amaçlı açılan kuyular.

Sıra No	Kuyu Adı	Açıldığı Yıl	İlk Üretim		Kuyu Derinliği (m)	2008 Yılı Değerleri				
			Debi (lt/sn)	Sıcaklık (°C)		Pompa Derinliği (m)	Üretim (lt/sn)	Sıcaklık (°C)	Statik seviye (m)	Dinamik seviye (m)
1	KHJ-2	2006	10	72	295	İptal edildi.				
2	MTA-1	1984	45	75.5	180	Reenjeksiyon kuyusu olarak kullanılıyor.				
3	MTA-1A	1998	30	77	310	90	15	77	79	89
4	MTA-7	1995			590	87	20	75	76	87
5	KHJ-1	2006	60	76	350	100	30	74	56	68
6	KHD-1	1986	35	86	1556	59	12	80	42	48
7	İHL-1	1999	30	59	510	45	50	30	5	20
8	İHL-2	2000	30	78	672	75	15	78	35	46
9	İHL-3	2001	30	76	750	70	12	76	45	57
10	AL-1	2002	14	77	750	50	4	77	55	74

Çizelge 6.3. Kızılcahamam jeotermal sahasında gradyan ölçümü için açılan kuyular.

Sıra No	Kuyu Adı	Açıldığı Yıl	Derinlik (m)	Kuyu Tb. Sıcaklığı (°C)	Ort. Gradyan Artışı °C/10m
1	MTA-2	1986	350	38	
2	MTA-3	1986	750	85	0.65
3	MTA-4	1986	524	53	0.533
4	MTA-5	1986	352	53	0.63
5	MTA-6	1987	686	85	0.96

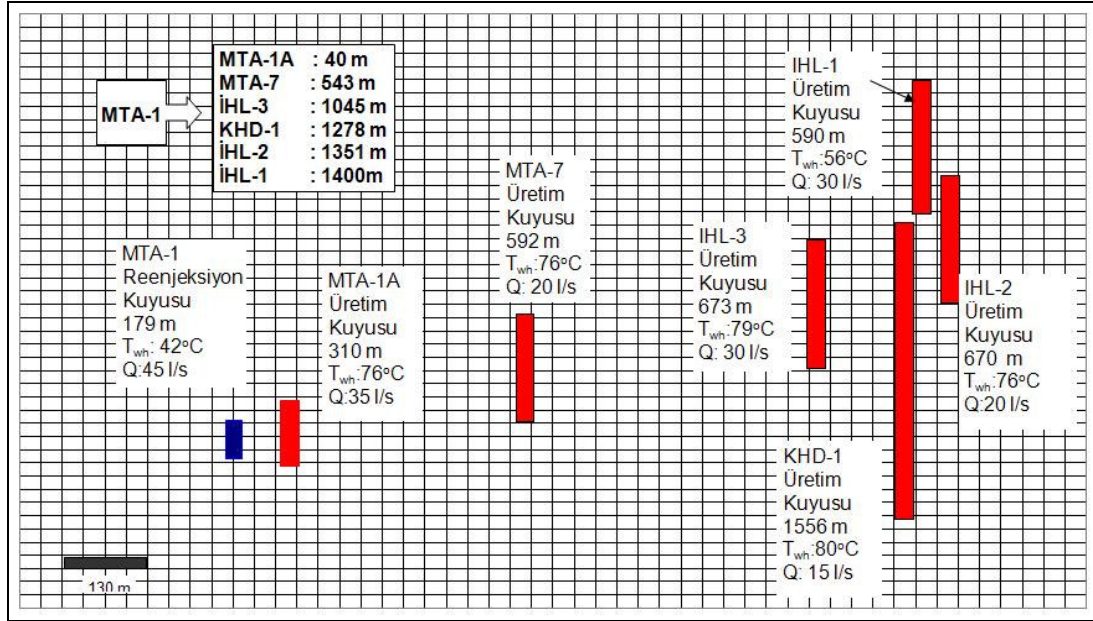
Kızılcahamam jeotermal sahasını daha iyi tanımak ve daha verimli kullanmak için çeşitli test ve analizler yapılmıştır. Tracer (izleyici) testi ile kuyuların birbiriyle olan etkileşimleri incelenmiştir.

Tracer (izleyici) testi

07.11.2004 tarihi itibari ile MTA-1 Kuyusu Reenjeksiyon debisi 34-38 l/s (ortalama 36 l/s, 129,6 m³/h) reenjeksiyon sıcaklığı: 42 °C'dir. Tracer olarak 2 kg Fluorescein 20 kg su ile karışımı yapılarak yaklaşık 6 dakika içerisinde reenjeksiyon kuyusu olan MTA-1 kuyusuna basılmıştır. Sahayı daha iyi tanıyabilmek için geri basınç kuyusu olarak kullanılan MTA-1 kuyusundan izleyici (tracer) olarak fluorescein basımı yapılmış ve MTA-1A, Fethi Bey, İHL-1 ve İHL-3 kuyularından 3 ay boyunca numuneler alınmıştır. Toplam yaklaşık 900 numune alınarak ODTÜ Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümünde laboratuvarda spektrofotometre ile analizler yapılmıştır. Fluorimetre cihazı kullanılarak alınan numunelerdeki fluorescein derişimleri tespit edilerek derişim-zaman eğrileri elde edilmiştir.

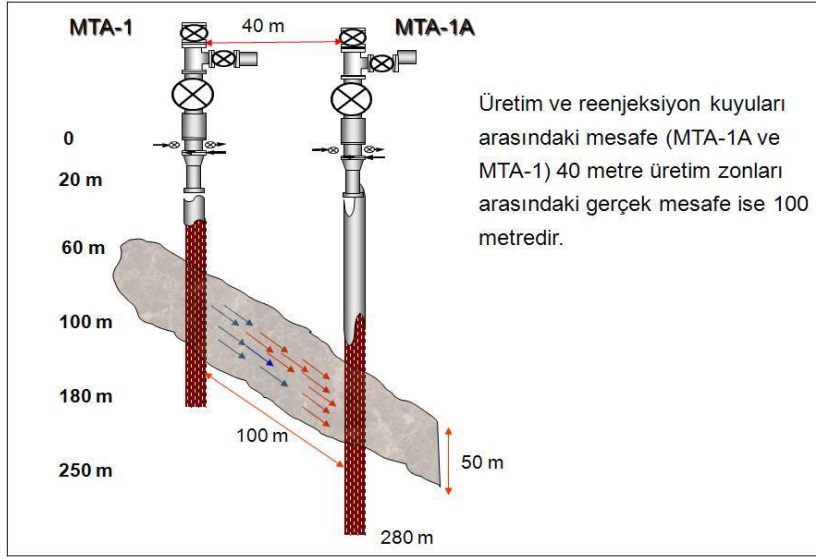
Çizelge 6.4. Tracer testi için kuyulardan numune alım zamanları.

Kuyu adı	Alınan numune sayısı/gün	Numune alım zamanı
MTA-1	1	08:00
MTA-1A	4	08:00-14:00-20:00-02:00
MTA-7	2	08:00-20:00
İHL-1	1	08:00
İHL-3	1	08:00



Şekil 6.1. Kızılcahamam jeotermal sahasındaki üretim ve reenjeksiyon kuyularının lokasyonları ve birbirine olan uzaklıkları.

Geri basım kuyusunun yakınında bulunan MTA-1A ve MTA-7 kuyularına fluorescein çok kısa sürede ulaşmakta, ancak İHL-1 ve İHL-3 kuyularına ise belirli bir zaman sonrasında ulaşmaktadır. Yapılan tracer testleri sonunda sahada bulunan tüm kuyular arasında bir etkileşim olduğunu göstermektedir. Derişim-zaman verileri çeşitli matematiksel modellerle karşılaştırılmış ve her iki testte de çoklu çatlak modelinin en iyi çakışmayı sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak sahanın homojen olmadığı görülmüştür. Üretilen suyun yeterli miktarının geri basılmamasının basınç düşümüne sebep olacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 6.2. MTA-1 ve MTA-1A kuyularının birbirine konumu.

6.2.2. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim kuyu başı sistemleri

Kızılcahamam jeotermal sahasındaki kuyularda VHS tip dik milli derin kuyu pompaları kullanılmaktadır. Bu pompaların kontrolü elektrik panosu ve frekans konvertörü ile yapılmaktadır.

Kuyu başında kabuklaşma ve korozyona karşı bir dozajlama grubu bulunmaktadır. Kuyularda inhibitör olarak fosforik asit kullanılmaktadır. Bu sistem inhibitör enjeksiyonu yapmanın yanı sıra azot gazı ile seviye kontrolü yapmaktadır.

Ek olarak bu sistemlerin kontrolü ve montajı için, ölçü aletleri, vanalar ve fittingsler bulunmaktadır.

Şekil 6.5. Kızılcahamam jeotermal akışkan üretim kuyuları kuyubaşı sistemi ekipmanlar.

6.3. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi İsale Hattı

Kuyulardan üretilen jeotermal akışkan isale hattı vasıtasıyla ısı merkezlerine gönderilmektedir. Bütün kuyular arasında bağlantı bulunmaktadır. Kuyu arızası veya üretim yetersizliği durumlarında diğer bölgelerden arıza bölgesine takviye verilmektedir. Üretim kuyuları ile ısı merkezleri arasındaki mesafe çok yakındır. İsale hattında cam elyaf takviyeli plastik borular (CTP) kullanılmaktadır. Kuyulardan elde edilen jeotermal akışkanın ortalama sıcaklığı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$T_{ort} = \frac{1k_s \times 1k_d + 2k_s \times 2k_d + \dots n k_s \times n k_d}{G} \quad (6.1)$$

Eşitlikte;

k_s = kuyu sıcaklığı

k_d = kuyu debisi

T_{ort} = kuyuların ortalama sıcaklığı

$n k_s$ = “n” kuyusundaki akışkan sıcaklığı

$n k_d$ = “n” kuyusundaki akışkan debisi

G = kuyuların toplam debisi

Eş. 6.1 ile $T_{ort} = 76 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bulunur.

6.4. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Isı Merkezleri

Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sisteminde, arazi yapısı sebebi ile üç adet ısı merkezi bulunmaktadır. Kuyuların yakınında bulunan bu üç ısı merkezinde toplam altı adet jeotermal ısı eşanjörü bulunmaktadır.

Çizelge 6.5. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi ısı merkezlerinde kullanılan eşanjörler.

Isı merkezi	Eşanjör kapasitesi (KWsaat)	Eşanjör adedi	Toplam kapasite (KWsaat)	Isıtılan konut adedi	Isıtılan alan (m ²)
1. bölge	8 721	2	17 442	1 100	110 000
2. bölge	4 070	2	8 140	500	50 000
3. bölge	5 232	2	10 464	853	85 300
toplam		6	36 046	2 453	245 300

Kuyulardan gelen $76 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki jeotermal akışkan, jeotermal akışkan pompaları ile eşanjörlere basılır. $76 \text{ }^{\circ}\text{C}$ jeotermal akışkandan $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta temiz kapalı çevrim suyu elde edilir. Bu çevrim suyu sirkülasyon pompalarıyla şehir içi şebekesine basılır. Sirkülasyon pompaları dış hava sıcaklığına yani ısı ihtiyacına göre

çalışır. Ek olarak bu sistemlerin kontrolü ve montajı için, ölçü aletleri, vanalar, pislik tutucular ve fittingsler bulunmaktadır.



Resim 6.1. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi 1. Bölge ısı merkezi.



Resim 6.2. 1. Bölge ısı merkezindeki jeotermal akışkan ve sirkülasyon pompaları.

6.5. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Şehir İçi Şebekesi

Şehir içi şebekesinde ısı merkezlerine bağlı olarak üç ayrı ana hat vardır. Şehir içi şebekesinde ilk olarak özel yalıtımlı paslanmaz çelik borular kullanılmıştır. Fakat bu borular CTP borularla değiştirilmiştir. Isı merkezine en uzak olan bina 2200 m uzaklıkta olup isale hattı da dâhil toplam 15 km CTP boru döşenmiştir.



Harita 6.3. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi krokisi.

Şehir içi şebekesinde ana hatlar ve ara sokaklarda kullanılan boru çapları değişikli göstermektedir. Şehir içi şebekede kullanılan CTP boruların ortalama çapla 250 mm'dir. Normal bir apartmanın bina girişi boru çapı 50mm'dir.

Çizelge 6.6. Şehir içi şebekesinde kullanılan boruların çapları.

Hat	En Küçük Boru Çapı (mm)	En Büyük Boru Çapı (mm)
1. BÖLGE	65	350
2. BÖLGE	65	200
3. BÖLGE	65	250

Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi şehir içi şebekesiyle temiz çevrim suyu yaklaşık 1 °C'lik sıcaklık kaybıyla bina altlarına ulaştırılır.

6.6. Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Bina İçi Tesisatı

Şehir içi şebekesi vasıtasıyla bina altlarına kadar gelen sıcak suyun ısısı, pompa vasıtası ile radyatörlere be boylere gönderilir. Böylelikle bina içinde gerekli olan ısı enerjisi tümüyle sağlanmış olur. Bina içinde; kontrol vanaları ve ölçü aletleri de bulunmaktadır.

7. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KIZILCAHAMAM JMIS'YE EŞDEĞER DOĞALGAZLI KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ'NİN TEKNOLOJİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Kızılcahamam JMIS ile KMIS'nin karşılaştırılması merkezi ısıtma sistemlerindeki beş temel nitelikte karşılaştırılabilir. Merkezi ısıtma sistemlerinde birbirine karşılık gelen elemanlar Çizelge 7.1'de görülebilir.

Çizelge 7.1. Kızılcahamam JMIS ile KMIS'nin teknolojik yönden karşılaştırılması.

	Karşılaştırılan elemanlar	Klasik merkezi ısıtma sistemi	Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi
Enerjinin elde edilmesi	Üretim kuyusu	Doğalgaz üretim kuyusu	Jeotermal akışkan üretim kuyusu
	Kuyu içi pompası	Yok	Dik milli derin kuyu pompası
	Dozaj grubu	Yok	İnhibitör dozajı
Enerjinin taşınması	Taşıma sistemi	Doğalgaz taşıma sistemi	Jeotermal akışkan taşıma sistemi (isale hattı)
	Reenjeksiyon	Yok	Reenjeksiyon kuyuları
Isı üretimim merkezi	Yakma sistemi	Brülör	Yok
	Isıtıcı	Buhar kazanı	Eşanjör
	Isıtıcı akışkan sistemi	Su-buhar devresi (187 °C)	Şehir ısıtma sıcak su devresi (76°C)
	Geri dönen akışkan	Kondens (90°C)	Sıcak su (45°C)
Isı dağıtım sistemi	Isıtıcı akışkan hattı	Buhar boruları (187 °C)	Sıcak su boruları (76°C)
	Geri dönen akışkan hattı	Kondens boruları (90°C)	Sıcak su boruları (45°C)
	Dağıtım şebekesi	Toprağa gömülü borularla dağıtım	Toprağa gömülü borularla dağıtım
Bina sistemi	Eşanjör	Plakalı eşanjör	Yok

7.1. Enerji Elde Edilme Sisteminin Karşılaştırılması

Kızılcahamam JMIS'de gerekli olan ısı enerjisi jeotermal kuyulardan üretilen jeotermal akışkanla sağlanır. Bu akışkan tamamen kendi yer altı zenginliğimiz olup hiçbir şekilde dış ülkelere enerji bağımlılığımız söz konusu değildir. Her gün

değişen dünya piyasasında gerek petrol fiyatları gerek doğalgaz fiyatları gibi ani artışlar ve dalgalanmalardan etkilenmez. Doğru ve yeterli reenjeksiyon sağlanabilirse kendini yenileyen, tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

Doğalgazlı KMIS’de ise dış ülkelere ithal ettiğimiz doğalgaz kullanılmaktadır. İthal edildiği için dış ülkelere bağımlılık söz konusudur. Fiyatları tedarikçi ülkeler belirlemektedir. Türkiye doğalgaz ihtiyacını karşılayabilmek için dış ülkelere büyük paralar ödeyerek, milyonlarca metreküp doğalgaz satın almaktadır. Doğalgazlı KMIS’lerinde tüketicilerden alınan ücretlerin tahsil edilememesi durumunda çok büyük sıkıntılar yaşanabilmektedir. Kızılcahamam JMIS’de Doğalgazlı KMIS’lerinde olduğu gibi periyodik bir şekilde ödenmesi gereken yakıt ücreti yoktur ve finansmanı daha kolaydır.

7.2. Enerji Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Kızılcahamam JMIS’de kuyulardan üretilen jeotermal akışkan CTP borular kullanılarak isale hattı ile ısı merkezlerine gönderilir. Doğalgazlı KMIS’lerinde ise ana hattan alınan doğalgaz özel doğalgaz boruları kullanılarak hat ile ısı merkezlerine gönderilir. Herhangi bir sebeple doğalgaz hattındaki bir kesinti Doğalgazlı KMIS’nin durmasına neden olur. Kızılcahamam JMIS’de ise üretim kuyuları bir birine bağlantılı olduğu için herhangi bir kuyu arızasında sistem kendini dengeler ve ısıtma sistemi durmaz.

7.3. Isı Üretim Merkezlerinin Karşılaştırılması

Kızılcahamam JMIS’de kuyulardan üretilen jeotermal akışkan CTP borular kullanılarak isale hattı ile ısı merkezlerine gönderilir. Isı merkezinde jeotermal pompalarla eşanjöre basılan jeotermal akışkanın eşanjörde ısısının temiz şehir içi çevrim suyuna aktarılmasıyla ısı enerjisi elde edilir. Doğalgazlı KMIS’lerinde ise ana hattan gelen doğalgaz yakılarak buhar elde edilir. Şehir ısıtması söz konusu olduğundan buhar üreten kazanlar kullanılmalıdır. Çizelge 7.2’de Kızılcahamam JMIS ısı merkezi ile Doğalgazlı KMIS ısı merkezi karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.2. Isı merkezlerinin karşılaştırılması [1].

	1.Devre	Isıtıcı	2.Devre
Doğalgazlı KMIS	Yakıt hattı	Buhar kazanı	Buhar ve kondens hattı
Kızılcahamam JMIS	Jeotermal akışkan devresi (İsale hattı)	Eşanjör	Şehir ısıtma devresi (sıcak su)

Kızılcahamam JMIS ve Doğalgazlı KMIS ısı merkezleri arasındaki teknolojik farklılıklar çeşitli karşılaştırma konuları itibarıyla Çizelge 7.3’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.3. Isı üretim merkezlerinin arasındaki teknolojik farklılıklar [1].

Karşılaştırma konusu	KMIS	Kızılcahamam JMIS
Emniyet	Sistem yüksek basınç altında çalışmaktadır. Patlama ve yangın riski oluşabilir.	Patlama ve yangın riski oluşabilir.
Sirkülasyon pompası	Gerekmez buhar kendi basıncıyla dolaşır.	Sirkülasyon pompası kullanılır.
Buhar kapağı	Gereklidir. Bunlar sistemin en çok servis ve kontrol gerektiren elemanlarıdır.	Yoktur.
Blöf kaybı	Çok fazladır.	Yoktur.
Kesintili çalışma	Fazla.	Kesintisiz çalışma sistemi.

7.4. Isı Dağıtım Sisteminin Karşılaştırılması

Kızılcahamam JMIS ısı dağıtım sisteminde toprağa gömülebilen CTP borular kullanılmaktadır. KMIS söz konusu olduğunda bu dağıtımı yapmak için hat boyunca galeriler inşa edilip buhar dağıtım hattı ve kondens hattı bu galerilerden geçirilmelidir. Çünkü buhar hattında oluşan basınç hattın korunmasını gerektirir. KMIS buhar dağıtım hattında kullanılan boru çapları, buhar yüksek kapasitede enerji taşınması yapabildiği için JMIS’dekinden daha küçük olur. KMIS buhar dağıtım

hattında izolasyonlu çelik borular kullanılır. Kondens hattı ise izolasyonsuzdur. Çizelge 7.4’de ısı dağıtım sistemleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.4. ısı dağıtım sistemleri arasındaki teknolojik farklılıklar [1].

Karşılaştırma konusu	KMIS	Kızılcahamam JMIS
Korozyon problemi	Risk yüksek	Az riskli
Boru malzemesi	Çelik boru	CTP Boru
Boru çapları	Küçük çaplar yeterlidir.	Büyük çaplı boru kullanılır.
Boruların döşenmesi	Galeriler içinde	Toprağa gömülü
Kompansatör	Var	Yok

7.5. Bina Sisteminin Karşılaştırılması

Kızılcahamam JMIS bina sisteminde binaya giren ısıtıcı akışkan doğrudan radyatörlere basılır. KMIS’de ise buhar eşanjörü kullanılır. Bina içi temiz kullanım suyu sağlanırken de birinde sıcak su boyleri kullanılırken diğerinde buhar boyleri kullanılmaktadır.

Çizelge 7.5. Bina sistemleri arasındaki teknolojik farklar.

Karşılaştırma konusu	KMIS	Kızılcahamam JMIS
Eşanjör	Buhar eşanjörü	Yok
Bina içinde ısıtıcı akışkan dolaşım sıcaklığı	70/90 °C	40/75 °C
Bina içi sıcak su sistemi	Buhar boyleri	Sıcak su boyleri

8. KIZILCAHAMAM JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ İLE KLASİK MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ’NİN EKONOMİK ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

8.1. İlk Yatırım Maliyetleri

8.1.1. Kızılcahamam JMIS ilk yatırım maliyetleri

Kızılcahamam Jeotermal AŞ. Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği Başkanlığı ile aynı binada faaliyet göstermektedir. Şirketin % 99,952 si Kızılcahamam Belediyesine aittir. Kızılcahamam JMIS ilk yatırım maliyetleri; kuyu başı sistem maliyetleri, ısı merkezi maliyetleri ve akışkan taşıma hatları maliyetleri başlıkları altında incelenebilir.

Kızılcahamam JMIS üretim kuyuları ve kuyu başı sistem maliyetleri

Kızılcahamam JMIS’de üretim amaçlı 10 adet kuyu açılmıştır. Bu 10 kuyunun toplamı 5963 m’dir. MTA’nın güncel metre fiyatı 793.3 \$’ dır. Kızılcahamam JMIS toplam kuyu maliyeti aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir;

$$\text{Toplam metre} \times \text{Birim fiyatı} = \text{Toplam kuyu maliyeti} \quad (8.1)$$

Eş. 8.1 ile toplam kuyu maliyeti= 4 730 447.9 \$ olur.

Kızılcahamam JMIS’de her kuyu başında dozajlama yapılmaktadır. Çizelge 8.1’de dozaj grupları ve fiyatları görülmektedir.

Çizelge 8.1. Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan dozaj grupları ve fiyatları.

Sıra	Kuyu Adı	Dozajlama Derinliği (M)	Fiyatlar (\$)
1	MTA-1A	122	6 075
2	MTA-7	117	5 873
3	KHJ-1	135	6 750
4	KHD-1	80	3 983
5	İHL-1	61	3 038
6	İHL-2	101	5 063
7	İHL-3	95	4 725
8	AL-1	68	3 375
Toplam (\$)			38 880

Kızılcahamam JMIS kuyu başlarında dik milli derin kuyu pompaları kullanılmıştır. Bu pompaların özellikleri ve fiyatları Çizelge 8.2’de görülmektedir.

Çizelge 8.2. Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan pompaların özellikleri ve fiyatları.

Sıra	Kuyu Adı	Pompa Derinliği (m)	Motor Ve Pompa Tipi	Fiyatlar (\$)
1	MTA-1A	90	45 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	37 162
2	MTA-7	87	45 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	36 486
3	KHJ-1	100	90 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	50 676
4	KHD-1	59	22 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	28 378
5	İHL-1	45	45 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	27 027
6	İHL-2	75	55 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	33 784
7	İHL-3	70	45 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	31 757
8	AL-1	50	45 KW VHS Motorlu Dik Milli Derin Kuyu Pompası	27 027
Toplam				272 297

Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan pompalar frekans konvektörlü panolar ile kontrol edilir. Bu kontrol sistemlerinin özellikleri ve fiyatları Çizelge 8.3’de görülmektedir.

Çizelge 8.3. Kızılcahamam JMIS kuyularında kullanılan kontrol sistemleri ve fiyatları.

Sıra	Kuyu Adı	Motor Ve Pompa Tipi	Fiyatlar (\$)
1	MTA-1A	45 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 416
2	MTA-7	45 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 416
3	KHJ-1	90 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	3 624
4	KHD-1	22 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	1 812
5	İHL-1	45 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 416
6	İHL-2	55 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 778
7	İHL-3	45 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 416
8	AL-1	45 KW VHS Motor İçin Frekans Konvertörlü Kontrol Panosu	2 416
Toplam (\$)			20 294

Kızılcahamam JMIS kuyu başı sisteminde bunlara ek olarak bu sistemlerin kontrolü ve montajı için, ölçü aletleri, vanalar ve fittingsler bulunmaktadır. Bu grubun toplam maliyeti de 7000\$'dır.

Kızılcahamam JMIS kuyu başı sisteminin toplam maliyeti Çizelge 8.4'de görülmektedir.

Çizelge 8.4. Kızılcahamam JMIS kuyu başı sisteminin toplam maliyeti.

Sıra	Ekipman Türü	Fiyatlar (\$)
1	Toplam kuyu maliyeti	4 730 448
2	Toplam dozaj grubu fiyatı	38 880
3	Toplam pompa fiyatı	272 297
4	Toplam kontrol sistemi fiyatı	20 294
5	Toplam ölçü aletleri, vanalar ve fittings fiyatı	7 000
Toplam		5 068 919

Kızılcahamam JMIS ısı merkezlerinin maliyetleri

Kızılcahamam JMIS’de arazi yapısı sebebiyle üç adet ısı merkezi inşa edilmiştir. Bu ısı merkezlerinde toplam 36 046 KWsaat kapasitede 6 adet plakalı eşanjör bulunmaktadır. Isı merkezlerinin ekipmanları ve bu ekipmanların fiyatları aşağıda ki Çizelgelerde görülmektedir.

Çizelge 8.5. Kızılcahamam JMIS 1. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.

Ekipman	Adet	Birim fiyat	Toplam (\$)
8 721 KW kapasiteli plakalı eşanjör	2	19 101	38 203
45 KW motorlu kademeli jeotermal akışkan pompası	3	3 429	10 287
2,5 tonluk kapalı genleşme tankı ve ekipmanları	1	2 027	2 027
Su yumuşatma sistemi/dozajlama	1	2 027	2 027
Hidrofor sistemi	1	3 378	3 378
45 KW motorlu 240 m3/saat şehir ısıtma sirkülasyon pompası	3	3 277	9 831
Vanalar, pislik tutucular, çekvalf, emniyet ventili, manometre, termometre vd. Aksesuarlar	1	10 135	10 135
Frekans Konvertörlü kontrol panosu	1	2 703	2 703
2,5 tonluk su deposu	1	676	676
Genel Toplam (\$)			79 267

Çizelge 8.6. Kızılcahamam JMIS 2. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.

Ekipman	Adet	Birim fiyat	Toplam (\$)
4 070 KWsaat kapasiteli plakalı eşanjör	2	12 085	24 170
10 KW motorlu 70 m3/saat jeotermal akışkan pompası	1	1 385	1 385
2 tonluk kapalı genleşme tankı ve ekipmanları	1	1 486	1 486
Su yumuşatma sistemi/dozajlama	1	1 014	1 014
Hidrofor sistemi	1	1 351	1 351
55 KW motorlu 270 m3/saat şehir ısıtma sirkülasyon pompası	1	3 632	3 632
18 KW motorlu 110 m3/saat şehir ısıtma sirkülasyon pompası	2	1 909	3 818
Vanalar, pislik tutucular, çekvalf, emniyet ventili, manometre, termometre vd. Aksesuarlar	1	8 784	8 784
Frekans Konvertörlü kontrol panosu	1	2 027	2 027
2,5 tonluk su deposu	1	676	676
Genel Toplam (\$)			48 343

Çizelge 8.7. Kızılcahamam JMIS 3. Bölge Isı Merkezi ekipmanları ve fiyatları.

Ekipman	Adet	Birim fiyat	Toplam (\$)
5 232 KWsaat kapasiteli plakalı eşanjör	2	14 122	28 243
37 KW motorlu 170 m3/saat kademeli jeotermal akışkan pompası	1	2 838	2 838
2 tonluk kapalı genleşme tankı ve ekipmanları	1	1 486	1 486
Su yumuşatma sistemi/dozajlama	1	1 351	1 351
Hidrofor sistemi	1	2 027	2 027
55 KW motorlu 270 m3/saat şehir ısıtma sirkülasyon pompası	3	3 632	10 895
Vanalar, pislik tutucular, çekvalf, emniyet ventili, manometre, termometre vd. Aksesuarlar	1	8 784	8 784
Frekans Konvertörlü kontrol panosu	1	2 703	2 703
2,5 tonluk su deposu	1	676	676
Genel Toplam (\$)			59 003

Kızılcahamam JMIS'nin toplam ısı merkezi maliyeti aşağıdaki Çizelgede verilmiştir.

Çizelge 8.8. Kızılcahamam JMIS'nin toplam ısı merkezi maliyeti.

Isı Merkezi	Maliyet (\$)
1. Bölge ısı merkezi	79 267
2. Bölge ısı merkezi	48 343
3. Bölge ısı merkezi	59 003
Toplam ısı merkezi maliyeti (\$)	186 613

Kızılcahamam JMIS akışkan taşıma hatları maliyeti

Kızılcahamam JMIS'de ısı merkezleri kuyulara oldukça yakın inşa edilmiştir. Bu yüzden isale hattı ayrı bir yöntem düşünülmeden aynı şehir içi şebekede olduğu gibi izolasyonlu CTP boru kullanılmıştır. Sistemde isale hattı da dâhil 15 km. CTP boru kullanılmıştır. Şehir içi şebekesinde binalara gidişte izolasyonlu, binalardan dönüşte ise izolasyonsuz CTP boru kullanılmıştır.

Reenjeksiyon sistemi ise; kullanılan jeotermal akışkanın çok az bir kısmı reenjekte edildiğinden ve reenjeksiyon kuyusunun çok yakın olması sebebiyle 15 m'lik DN 65

çelik boru ile pompa kullanılmadan gerçekleştirilmektedir. Çizelge 8.9’da gidiş ve dönüş hatları maliyetine, %30 oranında fittings ve montaj malzeme gideri eklenerek Kızılcahamam JMIS şehir içi kapalı suyu dağıtım hattı ve isale hattı maliyeti hesaplanmıştır.

Çizelge 8.9. Kızılcahamam JMIS akışkan taşıma hatları maliyeti.

Kullanılan malzemenin cinsi	Birim fiyatı (M/\$)	Uzunluk (M)	Toplam fiyat (\$)
İzolasyonlu CTP boru	89	7 500	667 500
İzolasyonsuz CTP boru	71	7 500	532 500
Reenjeksiyon hattı	6	15	90
Fittings ve montaj malzemeleri	30%		360 027
Toplam fiyat (\$)			1 560 117

Kızılcahamam JMIS toplam ilk yatırım maliyetleri

Kızılcahamam JMIS’nin ilk toplam ilk yatırım maliyetleri Çizelge 8.10’da verilmiştir.

Çizelge 8.10. Kızılcahamam JMIS’nin ilk toplam ilk yatırım maliyetleri.

Bölümün adı	Fiyatı (\$)
Kızılcahamam JMIS kuyu başı sisteminin toplam maliyeti	5 068 919
Kızılcahamam JMIS’nin toplam ısı merkezi maliyeti	186 613
Kızılcahamam JMIS akışkan taşıma hatları maliyeti	1 560 117
KDV (%18)	1 226 817
Toplam maliyet (\$)	8 042 466

8.1.2 Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin ilk yatırım maliyetleri

Kızılcahamam ilçesine 2010 yılında doğalgaz getirilecektir. Şu an mevcut bir doğalgaz hattı yoktur. Doğalgazın gelmesiyle birlikte, şehir ısıtmasının da doğalgazla yapılıp yapılamayacağı tartışılmaktadır.

Bu kısımda Kızılcahamam JMIS'ne eşdeğer bir doğalgazlı KMIS söz konusu olduğundan Kızılcahamam JMIS'nin kapasitesi göz önünde bulundurulacaktır. KMIS'nin ilk yatırım maliyetlerinin çıkartılmasını; ısı merkezi maliyetleri ve şehir içi dolaşım hatları maliyeti olarak iki başlıkta inceleyebiliriz.

Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ısı merkezi maliyetleri

Kızılcahamam JMIS'de arazi yapısı nedeniyle 3 adet ısı merkezi bulunmaktadır. Bu koşullar KMIS için de geçerlidir. Çizelge 8.11'de Kızılcahamam JMIS'de bulunan ısı merkezlerinin ısı kapasitesi verilmiştir.

Çizelge 8.11. Kızılcahamam JMIS ısı merkezlerinin ısı kapasitesi.

Isı merkezi	Toplam kapasite (KWsaat)
1. Bölge	17 442
2. Bölge	8 140
3. Bölge	10 464
Toplam	36 046

1. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri Çizelge 8.12'de verilmiştir.

Çizelge 8.12. 1. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.

Özellik	Kapasite
Tip	3 çekimli skoç kazan
Kazan ısı gücü	8 721 KWsaat
Kazan buhar gücü	12 ton buhar/saat
Çalışma basıncı	12 ATM
Isıtma yüzeyi	300 m ²

1. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi ve fiyatları aşağıdaki Çizelge 8.13'de verilmiştir.

Çizelge 8.13. Bölge 1 ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.

Ekipmanın adı	Adet/Komple	Birim fiyat (\$)	Toplam (\$)
8 721 KWsaat buhar kazanı	2	98 000	196 000
Brülör	2	67 500	135 000
Baca	2	6 500	13 000
Kazan besisi suyu sistemi	2	7 000	14 000
Montaj, tesisat ve diğer kazan armatürleri	2	55 000	110 000
Toplam (\$)			468 000

2. Bölge 1 ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri Çizelge 8.14’de verilmiştir.

Çizelge 8.14. 2. Bölge 1 ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.

Özellik	Kapasite
Tip	3 çekimli skoç kazan
Kazan ısı gücü	4 070 KWsaat
Kazan buhar gücü	6 ton buhar/saat
Çalışma basıncı	12 ATM
Isıtma yüzeyi	150 m ²

2. Bölge 1 ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi ve fiyatları aşağıdaki Çizelge 8.15’de verilmiştir.

Çizelge 8.15. 2. Bölge 1 ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.

Ekipmanın adı	Adet/Komple	Birim fiyat (\$)	Toplam (\$)
4 070 KWsaat buhar kazanı	2	50 000	100 000
Brülör	2	40 500	81 000
Baca	2	4 000	8 000
Kazan besisi suyu sistemi	2	7 000	14 000
Montaj, tesisat ve diğer kazan armatürleri	2	47 300	94 600
Toplam (\$)			297 600

3. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri Çizelge 8.16’da verilmiştir.

Çizelge 8.16. 3. Bölge ısı merkezi için uygun kazanın teknik özellikleri.

Özellik	Kapasite
Tip	3 çekimli skoç kazan
Kazan ısı gücü	5 232 KWsaat
Kazan buhar gücü	7.5 ton buhar/saat
Çalışma basıncı	12 ATM
Isıtma yüzeyi	190 m ²

3. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi ve fiyatları aşağıdaki Çizelge 8.17’de verilmiştir.

Çizelge 8.17. 3. Bölge ısı merkezi için buhar kazanı ve buhar kazanı armatürlerinin listesi.

Ekipmanın adı	Adet/Komple	Birim fiyat (\$)	Toplam (\$)
5 232 KWsaat buhar kazanı	2	55 000	110 000
Brülör	2	50 500	101 000
Baca	2	5 500	11 000
Kazan besı suyu sistemi	2	7 000	14 000
Montaj, tesisat ve diğer kazan armatürleri	2	50 000	100 000
Toplam (\$)			336000

Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin toplam ısı merkezi maliyetleri Çizelge 8.18’de verilmiştir.

Çizelge 8.18. Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin toplam ısı merkezi maliyetleri.

Isı merkezi	Maliyet (\$)
1. Bölge ısı merkezi maliyeti	468 000
2. Bölge ısı merkezi maliyeti	297 600
3. Bölge ısı merkezi maliyeti	336 000
Toplam (\$)	1 101 600

Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin şehir içi dolaşım hatları maliyeti

Şehir içi dolaşım hattı buhar hattı ve kondens hattından oluşmaktadır. Buhar hattı izolasyonlu, kondens hattı ise izolasyonsuz olacaktır. Buhar hattı için öngörülen boru özellikleri Çizelge 8.19'da verilmiştir.

Çizelge 8.19. Buhar hattı için öngörülen boru özellikleri.

Taşıyıcı Boru	DN 200 dikişsiz çelik boru
Kılıf Boru	HDPE 100 siyah, UV resistant
İzolasyon	PUR + Taşyünü

Hatta termodinamik kondenstop kullanılması ve hattaki kondenstop miktarı 60 m'de 1 adet olacak şekilde 125 adet olacağı belirlenmiştir. Toplam boru ve kondenstop maliyetinin %30'u kadar montaj ve fittings maliyeti eklenerek KMIS'nin şehir içi dolaşım hatları maliyeti belirlenmiştir(Çizelge 8.20.).

Çizelge 8.20. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin şehir içi dolaşım hatları maliyeti.

Kullanılan malzemenin cinsi	Birim fiyatı (M,Adet/\$)	Uzunluk (M) veya adet	Toplam fiyat (\$)
Taş yünü İzolasyonlu dikişli çelik boru	95	7 500	712 500
İzolasyonsuz dikişli çelik boru	30	7 500	225 000
Termodinamik kondenstop	270	125	33 750
Fittings ve montaj malzemeleri	30%		291 375
Toplam fiyat (\$)			1 262 625

Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam ilk yatırım maliyetleri

Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam ilk yatırım maliyetleri Çizelge 8.21'de verilmiştir.

Çizelge 8.21. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam ilk yatırım maliyetleri.

Maliyet cinsi	Maliyet
KMIS toplam ısı merkezi maliyetleri	1 101 600
KMIS toplam şehir içi dolaşım hatları maliyetleri	1 262 625
KDV (%18)	425 560
Toplam	2 789 785

8.1.3. İlk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması

Burada ilk yatırım maliyetlerini karşılaştırarak konut başına düşen ilk yatırım maliyetlerini ve ilk yatırım tutarına göre ısı maliyeti farklılıklarını da göreceğiz. Çizelge 8.22'de Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ilk yatırım maliyetlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 8.22. Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin ilk yatırım maliyetlerine göre karşılaştırılması.

Karşılaştırma konusu	KMIS	JMIS
Isı kapasitesi	31 x 10 ⁶ kcal/saat	31 x 10 ⁶ kcal/saat
Konut sayısı	2453	2453
Toplam ilk yatırım tutarı	2 789 785 \$	8 042 466 \$
Konut başına düşen ilk yatırım tutarı	1137 \$	3279 \$

Çizelge 8.22'de görüldüğü gibi konut başına düşen ilk yatırım maliyetleri arasındaki 2142 \$'lık fark, KMIS'yi ilk yatırım maliyetleri açısından oldukça avantajlı kılmaktadır.

8.2. İşletme Giderleri

8.2.1. Kızılcahamam JMIS işletme giderleri

Kızılcahamam JMIS işletme giderleri; elektrik giderleri, tamir-bakım giderleri, kimyasal giderleri ve genel giderler başlıkları altında incelenebilir.

Kızılcahamam JMIS elektrik giderleri

Kızılcahamam JMIS elektrik giderleri, 2008-2009 ısıtma sezonu için 152 300\$'dir.

Kızılcahamam JMIS tamir-bakım giderleri

Tesisatın tamir ve bakım gideri olarak ilk yatırım tutarındaki ekipman giderlerinin (KDV dahil değildir) %1.5'i olan 31 280 \$/yıl alınmıştır [1].

Kızılcahamam JMIS kimyasal giderleri

Kızılcahamam JMIS kimyasal giderleri, 2008-2009 ısıtma sezonu için 68 700 \$'dır.

Kızılcahamam JMIS Genel giderleri

Haberleşme, kırtasiye, posta, seyahat vb. giderler için 25 000 \$/yıl bir gider öngörülebilir.

Kızılcahamam JMIS toplam yıllık işletme giderleri

Kızılcahamam JMIS toplam yıllık işletme giderleri yukarıdaki 4 kalem toplanarak Çizelge 8.23'de verilmiştir.

Çizelge 8.23. Kızılcahamam JMIS toplam yıllık işletme giderleri.

SIRA	GİDERLER	TUTAR (\$)
1	Elektrik giderleri	152 300
2	Tamir-bakım giderleri	31 280
3	Kimyasal giderleri	68 700
4	Genel giderleri	25 000
5	KDV (%18)	49 910
	Toplam	327 190

8.2.2. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin işletme giderleri

KMIS'nin işletme giderleri; yakıt giderleri, tamir bakım giderleri ve muhtelif giderler olarak hesaplanabilir.

Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS yakıt giderleri

Burada KMIS için öngörülen yakıt doğalgazdır. Sistemin yakıt giderinin hesaplayabilmemiz için Kızılcahamam ilçesinin ısı ihtiyacını bilmemiz gerekir.

Isı ihtiyacının belirlenmesi

KMIS'nin ısı ihtiyacının belirlenmesi için ilk önce dış hesap sıcaklığı (T_{dhs}) belirlenir ve ısıtılacak alanların toplam hacmi (V) tespit edilir. Isı kayıplarını hesaplamak için bina karakteristikleri (pencere yüzey alanı, izolasyon durumu) saptanır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla maksimum ısı yükü (Q_{isitma}) hesaplanır[1].

$$Q_{isitma} = V \times k \quad (8.2)$$

Kızılcahamam JMIS'de ısıtılan toplam konut alanı $245\,300\,m^2$ 'dir. Binaların tavan yüksekliklerini $2,8\,m$ kabul ettiğimizde $V = 686\,840\,m^3$ olur[1].

Bina karakteristiklerinden doğan k değeri, Kızılcahamam JMIS için $0.03\,KW/m^3h$ 'tir [1].

Bu değerleri yerine koyduğumuzda konut ısıtma ısı yükü (Q_{isitma}) Eş. 8.2 ile,

$$Q_{isitma} = 20\,764\,KW/saat\,olur.$$

Sıcak kullanım suyu ısı yükü hesaplanırken bir binada konut bazında standart su ihtiyaçları göz önüne alınır [1]. Çeşitli su kullanım yerlerindeki su tüketimleri Çizelge 8.24'de görülebilir.

Çizelge 8.24 Çeşitli su kullanım yerlerindeki su tüketimleri [1].

Sıra	Su kullanım yeri	Tüketim (L/saat)
1	Lavabo	8
2	Eviye	40
3	Çamaşır mak.	70
4	Bulaşık mak.	40
5	Banyo	100
Toplam		258

Çizelgedeki değerlere kullanım eş zaman faktörü de ilave edilir. Apartman bazında toplam 258 L/saat kullanım eş zaman faktörü 0.3, şehir bazında ise 0.25 olarak alındığında bir konutun sıcak su ihtiyacı 19.5 L/saat olacaktır.

Sıcak su ısı yükü ($Q_{\text{sıcaksu}}$);

$$Q_{\text{sıcaksu}} = \text{konut sayısı} \times \text{sıcak su ihtiyacı} \times \Delta T \times c_p \times \rho \quad (8.3)$$

Burada;

ΔT kullanım suyu sıcaklığından (T_2), şebeke suyu giriş sıcaklığı (T_1) çıkarılarak bulunur. $T_1 = 10^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$ alındığında $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ olacaktır [1].

c_p : suyun özgül ısısı (1 kcal/kg $^\circ\text{C}$)

ρ : su yoğunluğudur (0.933 kg/m³).

Elde edilen değerler yerine konulduğunda Eş. 8.3 ile;

$$Q_{\text{sıcaksu}} = 2\,231\,432 \text{ kcal/saat bu da } 2594.5 \text{ KWsaat olur.}$$

Yukarıdakilere göre ısı yükü (Q) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$Q = Q_{\text{ısıtma}} + Q_{\text{sıcaksu}}$$

Eş. 8.3 ile $Q = 23\,360.4 \text{ KWsaat olur.}$

Toplam ısı yükünün ortalama dış hava sıcaklığının +18°C'nin altına düştüğü günler tespit edilerek başlanmaktadır. Ortalama dış sıcaklığın altına düştüğü zamanlarda ısıtma yapılması gerekmektedir. Buna göre Ankarada ortalama dış sıcaklığın altına düştüğü günler Çizelge 8.25'de verilmiştir.

Çizelge 8.25. Ankara'da aylara göre ısıtma yapılan günler ve ortalama sıcaklıklar [1].

AY	Ortalama sıcaklık $\leq 18^{\circ}\text{C}$ Gün	Ortalama sıcaklıklar (T_{dhs}) ($^{\circ}\text{C}$)
OCAK	31	-0.4
ŞUBAT	29	1.3
MART	31	5
NİSAN	29	10.5
MAYIS		15.4
HAZİRAN		19.5
TEMMUZ		22.9
AĞUSTOS		22.6
EYLÜL		17.8
EKİM	12	12.1
KASIM	30	6.5
ARALIK	31	2.2
Toplam Gün Sayısı	193	

Aylara göre ısı yükü hesaplanırken ısı yükü faktörü (A) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A = \frac{T_{iç} - T_{dhs}}{T_{iç}} \quad (8.4)$$

Oda konfor sıcaklığı ($T_{iç}$) 20 °C kabul edildiğinde aylara göre ısı ihtiyacı Çizelge 8.26'da verilmiştir.

Çizelge 8.26. Kızılcahamam JMIS'nin kış aylarına göre ısı ihtiyacı.

Ay	A	B	C	D	E=AXBXCXD
	Isı yükü faktörü	Isıtma yapılan gün sayısı	Isıtma yapılan saat sayısı	Toplam ısı yükü KWsaat(Q)	Aylık ortalama ısı ihtiyacı (KW/ay)
Ekim	0.4	12	24	23 360.4	2.69×10^6
Kasım	0.67	30	24	23 360.4	11.27×10^6
Aralık	0.89	31	24	23 360.4	15.47×10^6
Ocak	0.98	31	24	23 360.4	17.02×10^6
Şubat	0.93	29	24	23 360.4	15.12×10^6
Mart	0.75	31	24	23 360.4	13.03×10^6
Nisan	0.47	29	24	23 360.4	7.64×10^6
Toplam yıllık ısı yükü (KW/yıl)					82.23×10^6

Konut ısıtması yapılmayan yaz aylarında haftada 2 gün, yani ayda 8 gün 24 saat sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır. Kızılcahamam JMIS'nin yaz aylarına göre ısı ihtiyacı Çizelge 8.27'de verilmiştir.

Çizelge 8.27 Kızılcahamam JMIS'nin yaz aylarına göre ısı ihtiyacı.

Ay	A	B	C	D=AXBXC
	Sıcak su hazırlanan gün sayısı	Sıcak su hazırlanan saat sayısı	Sıcak su yükü KWsaat ($Q_{\text{sıcak su}}$)	Aylık ortalama ısı ihtiyacı KW/ay
Mayıs	8	24	2594.5	0.49×10^6
Haziran	8	24	2594.5	0.49×10^6
Temmuz	8	24	2594.5	0.49×10^6
Ağustos	8	24	2594.5	0.49×10^6
Eylül	8	24	2594.5	0.49×10^6
Toplam yıllık ısı yükü (KW/yıl)				2.48×10^6

Buna göre yıllık toplam ısı ihtiyacı aşağıdaki eşitliğe göre;

$$Q_{\text{toplam}} = Q_{\text{kış}} + Q_{\text{yaz}} \quad (8.5)$$

$$Q_{\text{toplam}} = 84.72 \times 10^6 \text{ KW/yıl olur.}$$

Yakıt giderinin belirlenmesi

KMIS’de doğalgaz kullanılması ön görülmüştür. Yıllık ısı ihtiyacı (Q_{toplam}) 84.72×10^6 KW/yıl, 1m^3 doğalgazın 9.59 KW ısı değeri ve ortalama yanma verimi (η_y) %92 olduğuna göre yıllık doğalgaz ihtiyacı (Y_{di}) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Y_{di} = \frac{Q_{\text{toplam}}}{Id \times \eta_y} \quad (8.6)$$

Yıllık doğalgaz ihtiyacı = $9\,599\,473 \text{ m}^3$ olur.

2009 aralık doğalgaz m^3 fiyatı 0.383 \$ baz alındığında toplam yıllık yakıt gideri;

3 676 598 \$’dır.

Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin tamir-bakım giderleri

KMIS’nin tamir bakım giderleri olarak KMIS’nin toplam ilk yatırım maliyetlerinin (KDV. Dâhil edilmeden) % 1.5’i alınarak 35 465 \$ olarak belirlenmiştir.

Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin muhtelif giderleri

Sistem için gerekli olabilecek çeşitli malzemelerin alımı ve beklenmeyen giderler için 10000 \$/yıl bir kaynak öngörülebilir.

Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin toplam işletme giderleri

Kızılcahamam JMIS’ye eşdeğer KMIS’nin toplam işletme giderleri Çizelge 8.28’de verilmiştir.

Çizelge 8.28. Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin toplam işletme giderleri.

Gider çeşidi	Toplam (\$)
Yakıt giderleri	3 676 598
Tamir-bakım giderleri	35 565
Muhtelif giderler	10 000
KDV (%18)	669 990
Toplam (\$)	4 392 153

8.2.3. İşletme giderlerinin karşılaştırılması

Burada işletme giderlerini karşılaştırarak konut başına düşen işletme gideri tutarını görmüş olacağız. Çizelge 8.29'da işletme giderlerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.

Çizelge 8.29. Kızılcahamam JMIS ile Kızılcahamam JMIS'ye eşdeğer KMIS'nin işletme giderlerine göre karşılaştırılması.

Karşılaştırma konusu	KMIS	JMIS
Bir yıllık ısı ihtiyacı (KWsaat)	84 720 930 KWsaat	84 720 930 KWsaat
Konut sayısı	2 453	2 453
Toplam işletme gideri	4 392 153 \$	327 190 \$
Konut başına düşen işletme gideri tutarı	1790 \$	133 \$
1 KW saat maliyeti	5 cent	0.4 cent

Çizelgede de görüldüğü gibi JMIS işletme giderleri bakımından KMIS'ye göre çok daha avantajlıdır.

Çizelge 8.29'da görüldüğü gibi KMIS'de 1 KWh maliyeti 5 cent iken Kızılcahamam JMIS'de 0.4 cent'tir. Bu maliyetler daha önce yapılmış çalışmalarla da örtüşmektedir. Şekil 8.1'de Jeotermal ile bazı fosil yakıtların ısı satış bedellerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 8.1. Jeotermal ile bazı fosil yakıtların ısı satış bedellerinin karşılaştırılması [57].

Çizelge 8.30'da jeotermal enerji ile ısıtılacak potansiyel yerleşim birimleri verilmiştir. Çizelge 8.30' da verilen yerleşim yerlerinin JMIS ile ısıtması yapıldığında; 2 240 000 ton/yıl (2.16 Milyar ABD\$/yıl) Fuel-Oil (kalorifer yakıtı) tasarrufu, 2 824 224 000 m³/yıl (1.1 Milyar ABD\$/yıl) doğalgaz tasarrufu sağlanacaktır.

Çizelge 8.30. Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtılabilir potansiyel yerleşim birimleri [57].

Sıra	Yerleşim birimi	Isıtılabilir konut adedi
1	İZMİR	220 000
2	DENİZLİ VE CİVARI	100 000
3	AYDIN VE CİVARI	90 000
4	BURSA VE CİVARI	75 000
5	BALIKESİR VE CİVARI	65 000
6	AFYON VE CİVARI	65 000
7	MANİSA+TURGUTLU	50 000
8	KÜTAHYA VE CİVARI	35 000
9	ÇANAKKALE VE CİVARI	35 000
10	SAKARYA-AKYAZI-KUZULUK	30 000
11	SALİHLİ	30 000
12	BOLU VE CİVARI	28 000
13	YOZGAT VE CİVARI	25 000
14	NAZİLLİ	25 000
15	ERZURUM	25 000
16	ŞANLIURFA + SİVAS	20 000
17	KIRŞEHİR	20 000
18	DİKİLİ – BERGAMA (İZMİR)	15 000
19	ALAŞEHİR (MANİSA)	10 000
20	ALİAĞA (İZMİR)	10 000
21	Diğer yerleşim birimleri toplamı	27 000
	Toplam	1 000 000

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

9.1. Sonuçlar

9.1.1. Jeotermal enerji ile ilgili sonuçlar

- Jeotermal enerji Dünya'daki enerji problemine yer kürede doğal olarak bulunması, yenilenebilir bir enerji olması, yerel bir kaynak olması ve çevre kirliliği oluşturmaması gibi özelliklerinden dolayı uygun alanlarda çözüme yardımcı olabilecek hatta birçok konuda çözüm olabilecek bir enerji kaynağıdır.
- Bu çalışmada jeotermal enerji hakkında genel bilgi, jeotermal enerjinin kullanım alanları, Dünya çapında ve Türkiye'de kabul edilmiş, kullanılan bazı jeotermal sistemler hakkında bilgiler verilmiştir.
- Jeotermal enerji alışılmış fosil yakıtlara göre çok daha çevrecidir. Jeotermal enerjide CO₂ emisyonu fosil yakıtlara göre çok azdır. Jeotermal enerjide fosil yakıtlarda olduğu gibi yanma sonrası katı atık oluşmaz. Jeotermal enerji reenjeksiyon yapıldığı takdirde su ve toprak kirliliğine neden olmaz.
- Enerji bakımından dışa bağımlı olan ülkemizde kendi öz kaynağımız olan jeotermal enerjiden daha fazla yararlanılması ekonomimize önemli katkı sağlayacaktır.
- Jeotermal sahanın işletilmesinde, üretim ve enjeksiyonun birlikte düşünülmesi, planlanması, tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir.
- Doğal beslenmenin yeterli olmaması durumunda, üretim nedeniyle rezervuarın basıncında düşüş beklenir. Bu düşüş tekrar-basma işleminin uygulanmasıyla etkili bir şekilde önlenirken ayrıca rezervuar kayacının daha fazla ısının üretilmesi ve dolayısıyla rezervuardan yapılan toplam enerji üretiminin artması sağlanır. Reenjeksiyon jeotermal sahanın yenilenebilirliği açısından çok önemlidir.

- Jeotermal enerji, termal turizm, tarım, balık yetiştiriciliği, konut ısıtılması, elektrik üretimi gibi geniş kullanım alanına sahip bir alternatif enerji kaynağıdır.
- Jeotermal enerjinin ülkemizde en yaygın kullanım alanları konut ısıtma ve termal turizmdir.
- Jeotermal akışkanın üretiminde karşılaşılan en önemli sorun kabuklaşma ve korozyondur. Kabuklaşma riski, kullanılacak uygun kabuk engelleyicilerle (inhibitörlerle) azaltılabilir. Ancak boru iç yüzeylerine kabukların yapışmaması, iç yüzeylerde kullanılan kaplamanın kimyasal olarak ilgisiz olması ve kabukla reaksiyona girmemesine bağlıdır.
- Eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri; kuyu içi kuyu dışı eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri ve kuyu dışı eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri olarak ikiye ayrılabilir.
- Kuyu dışı eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri ile çok büyük miktarda ısı enerjisi elde etmek mümkündür. Eşanjörden geçirilerek ısısını temiz çevrim suyuna aktaran jeotermal akışkan daha sonra termal tesisler, seralar, balık çiftlikleri gibi yerlerde entegre olarak kullanılabilir.

9.1.2. Teknolojik karşılaştırmadan elde edilen sonuçlar

Kızılcahamam JMIS ile KMIS'nin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Kızılcahamam JMIS'de gerekli olan ısı enerjisi jeotermal kuyulardan üretilen jeotermal akışkanla sağlanır. Bu akışkan tamamen kendi yer altı zenginliğimiz olup hiçbir şekilde dış ülkelere enerji bağımlılığımız söz konusu değildir. Her gün değişen dünya piyasasında gerek petrol fiyatları gerek doğalgaz fiyatları gibi ani artışlar ve dalgalanmalardan etkilenmez. Doğru ve yeterli reenjeksiyon sağlanabilirse kendini yenileyen, tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

- Kızılcahamam JMIS’de jeotermal akışkan üretilerek ısı enerjisi sağlanır. Bu akışkanı elde etmek için, jeotermal kuyu, dik milli derin kuyu pompası ve dozaj sisteminden faydalanılır.
- Doğalgazlı KMIS’de dış ülkelere ithal ettiğimiz doğalgaz kullanılmaktadır. İthal edildiği için dış ülkelere bağımlılık söz konusudur. Fiyatları tedarikçi ülkeler belirlemektedir. Türkiye doğalgaz ihtiyacını karşılayabilmek için dış ülkelere büyük paralar ödeyerek, milyonlarca metreküp doğalgaz satın almaktadır. Doğalgazlı KMIS’lerinde tüketicilerden alınan ücretlerin tahsil edilememesi durumunda çok büyük sıkıntılar yaşanabilmektedir. Kızılcahamam JMIS’de Doğalgazlı KMIS’lerinde olduğu gibi periyodik bir şekilde ödenmesi gereken yakıt ücreti yoktur ve finansmanı daha kolaydır.
- Kızılcahamam JMIS’de kuyulardan üretilen jeotermal akışkan CTP borular kullanılarak isale hattı ile ısı merkezlerine gönderilir. Burada akışkanın ısısı ikinci bir akışkana aktarılarak jeotermal akışkanın ısı enerjisinden faydalanılır.
- Doğalgazlı KMIS’lerinde ana hattan alınan doğalgaz özel doğalgaz boruları kullanılarak hat ile ısı merkezlerine gönderilir. Isı merkezinde doğalgaz yakılarak ortaya çıkan ısıdan faydalanılır.
- Kızılcahamam JMIS’de akışkan kuyuları birbirine bağlantılı olduğu için, herhangi bir kuyuda çıkan aksaklıktan dolayı sistem durmaz. Kızılcahamam JMIS’de ısıtmanın durması ancak elektrik kesintisiyle gerçekleşir.
- Doğalgazlı KMIS’lerde doğalgazın kesilmesi sistemin durmasına yol açar. Ayrıca bu kesinti patlama riskini de beraberinde getirir.
- Kızılcahamam JMIS’de kuyulardan üretilen jeotermal akışkan CTP borular kullanılarak isale hattı ile ısı merkezlerine gönderilir. Isı merkezinde jeotermal pompalarla eşanjöre basılan jeotermal akışkanın eşanjörde ısısının temiz şehir içi çevrim suyuna aktarılmasıyla ısı enerjisi elde edilir.
- Doğalgazlı KMIS’lerinde ise ana hattan gelen doğalgaz yakılarak buhar elde edilir.

- Doğalgazlı KMIS'ler yüksek basınç altında çalışmaktadır. Bu yüzden patlama ve yangın riski de oluşmaktadır. Fakat Kızılcahamam JMIS'de bu söz konusu değildir.
- Kızılcahamam JMIS'de eşanjörlerde ısı kazanmış kapalı çevrim suyu sirkülasyon pompaları yardımıyla binalara basılır. KMIS'de ısı binalara buhar ile gönderildiği için pompaya gerek yoktur. Buhar kendi basıncıyla dolaşmaktadır.
- Kızılcahamam JMIS ısı dağıtım sisteminde toprağa gömülebilen CTP borular kullanılmaktadır. Bu borular kompensatöre gerek duymazlar. KMIS'de buhar yüksek basınca sahip olduğu için çelik borularla iletilebilmektedir. Ayrıca bu boruları muhafaza edebilmek için galerilere ihtiyaç vardır.
- Kızılcahamam JMIS bina sistemlerinde maalesef bina altı eşanjörü yoktur. Eşanjörün yokluğu hatta basınç problemleri yaratmaktadır. KMIS'de, özellikle buharla çalışıyor ise bina altı buhar eşanjörü bulunmalıdır. Ayrıca JMIS'deki binalarda sıcak su boyleri bulunurken, buharla çalışan KMIS'de buhar boyleri bulunmaktadır.

9.1.3. Ekonomik karşılaştırmadan elde edilen sonuçlar

İlk yatırım giderleri

Kızılcahamam JMIS'de konut başına düşen ilk yatırım maliyeti 3279 \$, KMIS'de ise 1137 \$'dır. İlk yatırım maliyetleri birbirine oranlandığında JMIS'ye göre KMIS 1/3 oranında avantajlıdır. Her alternatif enerji sistemlerinde olduğu gibi JMIS'de KMIS'ye göre daha maliyetlidir.

İşletme giderleri

- Kızılcahamam JMIS'de işletme giderlerinin %55.9'unu elektrik giderleri oluştururken, KMIS'de işletme giderlerinin % 98.7'sini yakıt giderleri oluşturmaktadır.

- Ülkemizde kullanılan doğalgazın tamamı ithal edilmektedir. Bu nedenle yurtdışına büyük paralar ödenmekte ve enerji bağımlılığı oluşmaktadır. Doğalgaz fiyatları düzenli düzensiz sürekli artmakta ve 6 ay sonraki fiyatı konusunda bile bir şey söylemek mümkün değildir. Genellikle kış aylarında yapılan doğalgaz zamları, KMIS abonelerini önemli ölçüde etkilemektedir. JMIS’lerde ise fiyatlar yıllık olarak belirlenmektedir. Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sisteminde son iki kış sezonunda hiçbir zam yapılmamıştır.
- Kızılcahamam JMIS’de konut başına düşen işletme gideri 133 \$ iken KMIS sisteminde 1 790 \$. KMIS’nin işletme gideri JMIS’nin neredeyse 14 katıdır.
- KMIS’nin işletme giderleri kendi ilk yatırım maliyetlerinden % 60 fazladır.
- İşletme giderleri ışığında aşağıdaki çizelge oluşturulabilir.
- KMIS’de 1 KWh maliyeti 5 cent iken Kızılcahamam JMIS’de 0.4 cent’tir.

9.2. Öneriler

- Jeotermal enerjiye sahip olan yerleşim birimlerimizde, münferit olarak fosil yakıtlarla yapılan konut ısıtması yerine JMIS’leri ile toplu şehir ısıtması yapılması devlet tarafından teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.
- Çizelge 8.30’ da verilen yerleşim yerlerinin JMIS ile ısıtması yapıldığında; 2 240 000 ton/yıl (2.16 Milyar ABD\$/yıl) Fuel-Oil (kalorifer yakıtı) tasarrufu, 2 824 224 000 m³/yıl (1.1 Milyar ABD\$/yıl) doğalgaz tasarrufu sağlanacaktır. Doğalgazda tamamen dışa bağımlı olduğumuzdan bu tutar tamamen yurt dışına ödenmektedir. JMIS’de ise tamamen kendi öz sermayemiz olan jeotermal enerji kullanıldığından bu meblağlar ülkemizde kalacaktır.
- Jeotermal enerjinin seralar, balık çiftlikleri, sanayi sektörü gibi kullanım alanlarında da değerlendirilmesi teşvik edilmelidir.

- Jeotermal enerji ve diğ er alternatif enerji kaynaklarına dayalı sistemlerin kurulması, işletilmesi devlet tarafından desteklenmeli ve bir devlet politikası olarak ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Erden, O., “Türkiye’de jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sistemi teknolojilerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması ”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25-35, 64-72 (2002).
2. Devlet Planlama Teşkilatı, “Madencilik özel ihtisas komisyonu enerji hammaddeleri alt komisyonu jeotermal enerji çalışma grubu raporu”, **D.P.T., Ankara**, 10-13 (1996).
3. Axelsson, G., Gunnlaugsson, E., “Long-Term monitoring of high and low entalpy fields under exploitation”, **International Geothermal Association, WGC 2000 Short courses**, 28-30 (2000).
4. Özbek, T., “Jeotermal akışkanların entegre olarak sağlık ve termal turizmde değerlendirilmesi”, **Jeotermal Enerji Ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu Bildirisi**, Ankara, 1-15(2000).
5. Dickson M., M.H. and Fanelli M., “What is geothermal energy?”, **IGA Website**, (2004).
6. Yeşil Enerji, “Yeşil enerji Jeotermal”, Türkiye jeotermal derneği bülteni, **Türkiye Jeotermal Derneği**, Ankara, 2, 150-155 (2000).
7. İnternet: Idaho National Laboratory, “ What is the geothermal energy?”, <https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=512&objID=422&&PageID=3453&mode=2>, (2009).
8. İnternet: Idaho National Laboratory, “ What is the geothermal energy?”, <https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=512&objID=422&&PageID=3453&mode=2>, (2009).
9. İnternet: Idaho National Laboratory, “ What is the geothermal energy?”, <https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=512&objID=422&&PageID=3453&mode=2>, (2009).
10. Serpen, U., “Jeotermal Enerjinin Türkiye ve Dünyadaki Kullanımı”, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı (Aksoy, N., Ed.) **MMO/ E/2005/393-2**, İzmir, 435-444. (2005).
11. Okul, A., “Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemleri”, Yüksek Lisans tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 34-35, 57-58 (2001).
12. Yonar, G., “jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesindeki ısıtma sisteminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve uygulanması gereken

- yenilikler”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 96-97 (2007).
13. Kestin, J., Ed.-in-Chief, DiPippo, R., Khalifa, H.E., and Ryley, D.J., Eds., “Sourcebook on the Production of Electricity from Geothermal Energy”, *U.S. Dept. of Energy, U.S. Government Printing Office*, Washington, DC, 67-68, (1980).
 14. Ármannsson, H., and Kristmannsdóttir, H., “Geothermal environmental impact”. *Geothermics*, 21, (5/6), 869-880, (1992).
 15. Kirk-Othmer, “Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology”, *NY: John Wiley and Sons*, New York, (1980).
 16. Ármannsson, H., and Kristmannsdóttir, H., “Environmental aspects of geothermal energy utilization”. *Geothermics*, 451-461, (2003).
 17. Anayé J.P. and Cala, C.L. “Geothermal Energy Development as a Medium Towards Total Community Development: The Philippine Example”. *World Geothermal Congress*, IGA Publishers. Antalya, 108-109, (2005).
 18. Çakın, A., “Jeotermal Uygulamalar Ve Çevre”, Proje No: 104M301, *TÜBİTAK*, Mart, 11-12, (2008).
 19. Saner, B. (convener), Popovski, K. (Ed.), “Environmental Advantages of Geothermal Energy”, Post Conference Course, *World Geothermal Congress*, Antalya-Turkey, April, 88-89, (2005).
 20. Arslan, F., “Jeotermal Enerji”, *Milli Savunma Bakanlığı Bülteni*, No:17, (2003).
 21. Satman, A., “Jeotermal Rezervuarlarına Soğuk Su Enjeksiyonu İle Enerji Üretiminin İncelenmesi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği”, Proje MAG-593, *TÜBİTAK*, Ankara, Nisan, 45-46, (1983).
 22. Gökçen, G., vd., “Türkiye’de Gerçekleştirilen Jeotermal Enerji Projelerinin Temiz Enerji Bağlamında Değerlendirilmesi: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir ve Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli”, Proje No: 104M301, *TÜBİTAK*, Ankara, Haziran, 65-68, (2008).
 23. İnternet: “Jeoloji Mühendisleri Odası Denizli Şubesi Basın Açıklaması”, *Jeoloji Mühendisleri Odası*, Denizli, http://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=3162&tipi=3, (2009).

24. ŞİMŞEK, C., “Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği”, *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 361-371. (2005).
25. Korkmaz Başel, E. D., Çakın, K., Satman,A., “Türkiye’nin Yer altı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği”, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul, 17-19 Aralık, 635-643, (2008).
26. Mihçakan, M., Onur, M., Erçelebi, S.G., Okay, A., Yilmazer, M., “Türkiye Yer altı Sıcaklık Gradyanı Dağılımının Derin Kuyu Sıcaklıkları ve Variogram Analizi Kullanılarak Haritalanması”, *Tübitak Projesi*, No: YDABÇAG-100Y040, Kasım,50-51, (2006).
27. Lund, J.W., “100 Years of Geothermal Power Product”. *Proceedings, 30 th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University*, Stanford, California, ABD,25-26, (2005).
28. Bertani, R., “World Geothermal Generation 2001-2005”: State of Art, *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya*, Turkey, 2429 (2005).
29. Lund, J.W., Freeston, D.H., Boyd, T.L., “World-Wide Direct Uses of Geothermal Energy 2005”. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*, Antalya, Turkey, 2429 (2005).
30. WEC (World Energy Council), “World Energy Resources: 1985-2020”, *World Energy Conference*, London,66-67, (1980).
31. Gawel, K., Reed, M., Wright, M., “Geothermal Energy, the Potential for Clean Power from the Earth”, *Preliminary Report by GEA*,33-34, (1999).
32. İnternet : Türkiye Jeotermal Dernegi Web Sitesi “Jeotermal Hakkında, Tarihte Jeotermal” <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/> (2007).
33. T.M.M.O., “Kalorifer tesisatı proje hazırlama teknik esasları”, *M.M.O.*, Ankara, 84, (2000).
34. Demirdöküm, “ Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan ısıtıcı elemanlar”, *Demirdöküm Yayınları*, İstanbul, 9, (1987).
35. Gürdal, E., “Merkezi şehir ve bölge ısıtma sistemleri”, *Doğalgaz Dergisi*, Sayı 43, (1999).
36. Enerji Şurası, “Türkiye I. Enerji şurası alt komisyon raporları”, *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, İstanbul,27-28, (1999).
37. Küçükçalı, R, “Kalorifer tesisatı”, *Isısan Çalışmaları*, Ankara,45-50, (1997).

38. Elele, S, Çanakçı, C., “Bölgesel ısıtma sistemleri ısı merkezleri tasarımı”, *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, MMO, 131-140. (2002).
39. Narter, F., Öztürk, İ., “Merkezi ısıtma”, *Tesisat Müh. Der. Yayınları:1*, İstanbul, 56-57, (1996).
40. Küçükçalı, R, “Buhar tesisatı”, *Isısan Çalışmaları*, Ankara,253-266, (2000).
41. Arslan, E., “Jeotermal enerjiden yararlanılarak kuyu içi eşanjörü yardımıyla konut ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanması”, Yüksek lisans tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli,30-35, (2006).
42. Gürses, A.Ç., “Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri”, *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı* (Toksoy, M., Ed.), *MMO/2001/270*, İzmir, 119-127, (2001).
43. Mertoğlu, O., “Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları ve gelişimi”, *Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji Ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu*, Ankara,71-71, (2000).
44. Gülgör, A., “Jeotermal sondaj ve kuyu tamamlama uygulamaları”. *Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji Ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu*, Ankara,92-93 (2000).
45. Aksoy, N., “Jeotermal sahalarda kabuklaşma ve çözüm yöntemleri”, *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, M.M.O., 1-2, (2002)
46. Mertoğlu, O., vd., “Türkiye’de jeotermal enerji uygulamalarının ekonomisi ve jeotermal teknolojilerindeki gelişmeler”, *Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler Ve Türkiye’deki Uygulamaları Konferansı*, M.M.O., 215, (1999).
47. Özbek, T., Mertoğlu, O., “ Türkiye’de her yönüyle jeotermal enerji mevcut uygulamalar ve projeksiyonlar”, *Ulusal Isı Bilim ve Tekniği Kongresi*, Ankara, 58-59, (1995).
48. Popovski, “Summary of technical elements of geothermal district heating schemes”, *International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy*, Makedonya,18-19, (1998).
49. Şahan, A., M., “Jeotermal doğrudan ısıtma sistemlerinde plakalı ısı değiştirgeçleri”, *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, MMO, 187-200, (2003).
50. Karahan, H., “Jeotermal merkezi ısıtma şebekesinin en az eşdeğer boru yöntemiyle tasarımı”, *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu*, Denizli, 166-172, (1994).

51. Randlov, P., "Development of effective scale control for geothermal production wells", *Geothermal Resource Council Bulletin*, 42-47, (1997).
52. Satman, A., "Tekrar-basma (Reenjeksiyon)", *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, MMO, 207-229, (2001).
53. Satman, A., "Reinjection;Reservoir Engineering Assessment of Geothermal Systems", Edited by H.J. Ramey, *Stanford University*, 188-190, (1981).
54. Satman, A., Uğur, Z., Onur, M., "The Effect of Calcite Deposition on Geothermal Well Inflow Performance", *Geothermics*, June, 4(1): 425-444, (1999).
55. Satman, A., Serpen, U., Uğur, Z., Türkmen, N., "Kızıldere Jeotermal Rezervuarı Üretim Performansının ve Tekrar-Basma Testinin Analizi", *Türk Petrol ve Doğal Gaz Dergisi*, Şubat, 3(2):56-64, (1997).
56. Gevrek, A.İ. ve Aydın, N.S., "Hydrothermal, alterations studies in Kızılcahamam (Ankara.) geothermal field and its evolution on the development of this field", *International Mediterranean Congress, on. Solar and other New-Renewable Energy Resources*, November 14-19, Antalya-Turkey, 609-616, (1988).
57. İnternet : Türkiye Jeotermal Derneği, <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/>, (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALTAŞ, Sedat
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 28.07.1983 Mustafakemalpaşa/BURSA
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (224) 636 61 48, 0 (535) 859 17 94
 e-mail : sedat_altas@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Eğitimi	2007
Lise	M.Kemalpaşa E.M.L./Makine Ressamlığı	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2009	Karenpro Müh. Mak. San. Tic. Ltd. Şti.	Proje Şefi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Doğa sporları, Bilgisayar, Mesleki teknolojiler