

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI
2013-YL-016**

**AYDIN VE ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL SULARDAKİ
BAZI ELEMENTLERİN ve İYONLARIN ICP-OES VE
IC İLE ANALİZİ**

Nergiz Susen YILMAZ

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Mustafa DEMİR**

AYDIN

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Nergiz Susen YILMAZ tarafından hazırlanan “Aydın ve Çevresindeki Jeotermal Sulardaki Bazı Elementlerin ve İyonların ICP-OES ve IC ile Analizi” başlıklı tez, 31.08.2012 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan : Prof. Dr. Mustafa DEMİR	ADÜ
Üye :Doç. Dr. Halil BIYIK	ADÜ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Cem ESEN	ADÜ

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, enstitü yönetim kurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

Enstitü Müdürü

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

14/08/2012

Nergiz Susen YILMAZ

ÖZET

AYDIN VE ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL SULARDAKİ BAZI ELEMENTLERİN VE İYONLARIN ICP-OES VE İC İLE ANALİZİ

Nergiz Susen YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa DEMİR

2013, 58 sayfa

Yer kabuğu bol ve çeşitli enerji kaynaklarına sahiptir. Jeotermal enerji yerden gelen ısı anlamında kullanılmaktadır. Tükenmeyen, yenilenebilen ve çevre kirliliğine neden olmayan bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin daha yaygın kullanım alanları araştırılmaktadır. Jeotermal enerji, elektrik üretiminde, konutların ısıtılmasında, ziraat alanında kullanılmaktadır. Bununla birlikte sağlıklı yaşama olumlu katkılarda bulunduğu için de, son zamanlarda yapılan araştırmalar bu yönde yoğunlaşmaktadır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında ilk 5 ülke arasında bulunan ülkemiz, Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde yer almakta ve kaynak zenginliği açısından ise dünyada ilk 7 ülke arasında bulunmaktadır. Türkiye’de 40°C’nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha ve bu sahalarda 1300 dolayında termal kaynak tespit edilmiştir.

Aydın İlinde mevcut kaynaklar, jeotermal enerji uygulamaları için önemli kaynaklar olarak görülmektedir. Aydın, ülkemizde jeotermal enerji potansiyeli bakımından zengin bir ilimizdir. İl sınırları içerisinde ve çevresinde pek çok kaplıca bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Aydın’ın sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli vurgulanmış ve bu bölgede bulunan kaplıca sularının analizi yapılmıştır. Elde edilen sıcaklık değerleri, çevre illerin kaplıcalarındaki ortalama verilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bundan dolayı, Aydın kaplıcalarının hem kaplıca turizmine, hem de ısıtma amaçlı kullanıma uygun olduğu söylenebilir. Bu çalışmada sıcak sulara bulunan çeşitli eser elementler(Cd, Cr, Ni, Pb, Ba, Cu, Zn, Al vb.) anyonların (F, Cl, Br, I, NO₃, NO₂, SO₄, PO₄) ve katyonların (Na, K, Ca, Mg, NH₄, Mn, Fe) analizi yapılmıştır.

Analizleri yapılan kaplıca sularındaki ağır metal düzeylerinin halk sağlığını tehdit edecek sınırların altında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kaplıca, Aydın, Su analizi, Mineral madde analizi, ICP-OES

ABSTRACT

THE ANALYSIS OF TRACE ELEMENTS IN GEOTHERMAL WATER RESOURCES via ICP-OES AND UV-Vis TECHNICS AROUND AYDIN AND AYDIN'S CENTER

Nergiz Susen YILMAZ

M. Sc. Thesis, Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa DEMİR

2013, 58 pages

Earth crust has abundant and various energy resources. Geothermal energy is used to mean that energy comes from the earth. Geothermal energy is a type of energy resource that is nonconsumable, renewable and it is not caused environmental pollution and is researched more widespread area of utilization. Geothermal energy is used for production of electricity, heating the dwellings and area of cultivation. At the same time, geothermal energy is contributed to positive effects on healthy life, recent researchs are concentrated on this direction. Our country is ranked among 5 countries all over the world.using geothermal heating and thermal spring's applications, and is located on Alpine-himalayan tectonik zone and is also ranked among 7 countries all over the world in terms of resources abundance. In Turkey, it is determined that over 40 °C which contains geothermal fluid 140 unit-geothermal zones and in this zones, is determined around 1300 thermal resources.

Current resources in Aydın are seen as important resources for geothermal energy application. As a result of geologic structure and morphologic situation and also Turkey has abundance mineral waters and thermal springs, there are plenty of good reputation waters, Aydın is a city which has abundance in terms of geothermal energy potential in Turkey. There are many thermal springs around and inside the provincial borders.

In this study, it is emphasized Aydın city's geothermal energy potential and the thermal springs waters are analysed which is stated in this region, temperature values are observed higher than nearby cities. Because of this reason, it can be said that Aydın's thermal springs are suitable for both thermal spring tourism and for using heating purpose. In this study, various trace elements in hot water (Cd, Cr, Ni, Pb, Ba, Cu, Zn, Al etc.), some anions (F, Cl, Br, I, NO₃, NO₂, SO₄, PO₄) and cations (Na, K, NH₄, Mg, Ca, Mn, Fe) are analysed. Heavy metal levels which was analysed in thermal spring waters is under the limits that is not threatened public healthy.

Key Words: Thermal spring, Aydın, Water analysis, Mineral substance analysis, ICP-OES

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bana yol gösteren, bilimsel birikim ve deneyimleri ile çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen danışmam hocam Prof. Dr. Mustafa DEMİR' e,

Tez çalışmalarımı yürütebilmek için ihtiyaç duyduğum imkanları bana sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Başkanlığı'na ve araştırma projeme kaynak sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu' na,

Deneysel çalışmalardaki yardımlarından ve desteklerinden dolayı Arş. Gör. Gülşen GÜVEN' e,

Yardımlarından ve desteklerinden dolayı ve Yüksek lisans öğrencileri Fulya TOPAÇ ve Ceylan YILMAZ' a,

Bu günlere gelmemin en önemli nedeni olan annem, babam ve kardeşim Sevgi Safi- Alp Eren YILMAZ' a,

Her zaman desteğiyle yanımda olan İsmail ÖZEL' e,

Ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Jeotermal Tarihçesi	2
1.2. Jeotermal Enerji	3
1.3. Yerkürenin Bölümleri	5
1.4. Jeotermal Sistemler	6
1.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları	7
1.5.1. Elektrik Enerjisi Üretimi:	8
1.5.2. Sanayi Alanında Kullanımı:	9
1.5.3. Isıtma İşlerinde Kullanımı:.....	10
1.5.4. Turizm Alanında Kullanımı:	10
1.5.5. Sulama alanında kullanımı:	10
1.5.6. Kimyasal Madde Üretiminde Kullanım:	11
1.6. Türkiye’de Jeotermal.....	11
1.7. Jeotermal Suların Sınıflaması.....	16
1.8. Mineral Suların Analizleri.....	18
1.8.1. Nötr Bileşiklerin Analizleri.....	18
1.8.2. Katyonların Analizleri.....	18
1.8.3. Anyonların Analizleri.....	19
1.9. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi_(ICP- OES).....	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. İstasyonların Tespiti ve Numunelerin Alınması.....	24

3.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar	27
3.3 Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	28
3.4. Deneylerde Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları	28
3.4.1. Stok Çözeltiler.....	29
3.5. Yöntem	30
3.5.1. Jeotermal Suların Analizinde Kullanılan Metotlar	30
3.5.1.1. ICP-OES ile Yapılan Tayinler.....	30
3.5.3. İyon Kromatografisi ile Yapılan Tayinler	34
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	36
4.1.Örneklerin Analiz Sonuçlarının değerlendirilmesi.....	36
5. SONUÇ	48
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	57

SİMGELER DİZİNİ

ICP-OES	Inductively coupled plasma optic emission spectrometry
IC	İyon Kromatografi
MWt	Megawatt termal
GWh	Gigawatt saat
MWe	Megawatt elektrik
mg/L	Miligram/litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
MTA	Maden Tetkik Arama
WHO	World Healt Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yerkürenin bölümleri.....	5
Şekil 1.2. Jeotermal sistemin oluşum mekanizması	6
Şekil 1.3. Türkiye’de jeotermal alanlar	11
Şekil 1.4. Aydın ili jeotermal sahaları.....	13
Şekil 1.5. Kızıldere termal kuyularından çıkarılan sıcak su buharları	15
Şekil 1.6. Jeotermal suların anyonlarına göre sınıflaması.....	16
Şekil 1.7. ICP-OES cihazı	20
Şekil 3.1. Alangüllü Yol Haritası	25
Şekil 3.2. Kızıldere Yol Haritası	25
Şekil 3.3. Salavatlı Yol Haritası.....	25
Şekil 3.4. İmamköy Yol Haritası.....	26
Şekil 3.5. B için kalibrasyon grafiği.....	31
Şekil 3.6. Cd için kalibrasyon grafiği.....	31
Şekil 3.7. Zn için kalibrasyon grafiği.....	32
Şekil 3.8. Ni için kalibrasyon grafiği	32
Şekil 3.9. Pb için kalibrasyon grafiği	32
Şekil 3.10. Cu için kalibrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.11. Co için kalibrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.12. Mn için kalibrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.13. Cr için kalibrasyon grafiği	34
Şekil 3.14. Fe için kalibrasyon grafiği	34
Şekil 4.1. Fe değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	40
Şekil 4.2. Cu değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	40
Şekil 4.3. B değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	41
Şekil 4.4. Cr değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	41
Şekil 4.5. Mn değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	42
Şekil 4.6. Co değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	42
Şekil 4.7. Na değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	43
Şekil 4.8. K değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	43
Şekil 4.9. Ca değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	44

Şekil 4.10. Mg değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	44
Şekil 4.11. Nitrat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	45
Şekil 4.12. F değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği.....	45
Şekil 4.13. Cl değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	45
Şekil 4.14. Nitrit değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	46
Şekil 4.15. Sülfat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	47
Şekil 4.16. Fosfat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya’da ve Türkiye’de jeotermal enerjideki gelişim.....	3
Çizelge 1.2. Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım yerleri	7
Çizelge 1.3. Ülkemizdeki termal kaynakların sıcaklık değerleri	9
Çizelge 1.4. Isıtma sistemi jeotermal kaynaklarla sağlanan illerimiz	10
Çizelge 1.5. Ilıcabaşı İmamköy jeotermal sahasındaki kaynaklar	13
Çizelge 3.1. Su numunelerinin alındığı bölgeler	26
Çizelge 3.2. Analizlerde kullanılan cihazlar	27
Çizelge 3.3. ICP-OES çalışma koşulları	27
Çizelge 3.4. Deneyleerde kullanılan kimyasal maddeler	28
Çizelge 4.1. Örneklerin arazide yapılan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi	36
Çizelge 4.2. ICP-OES ile yapılan analizler	37
Çizelge 4.3. İyon Kromatografisi ile yapılan analizler	38
Çizelge 4.4. İstasyonlara göre analiz yöntemleri	39

1.GİRİŞ

Günümüzde Dünya' da, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidrolik enerji ve fosil yakıtlarından karşılanmaktadır. Ancak gelecekte, fosil yakıtlarının giderek tükenmesi ve yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Jeotermal enerji, fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları arasında en önemlilerden birisi durumundadır (DOE, 1999. DPT, 1996. Aydınöz, 2005). İnsanlar, ilk çağlardan başlayıp, 20. yüzyıla kadar sıcak su kaynaklarından yalnızca tedavi edici ve dinlendirici olarak yararlanmışlardır. Bu zengin enerji kaynağının, daha farklı ve ekonomik kullanımı ise yenidir. İlk kez 1904-1905 yıllarında İtalya'da başlayan jeotermal enerji araştırmalarında, bu ülkenin Larderello kentinde bulunan bir jeotermal kaynak, elektrik üretimi için kullanılmıştır. Bundan sonra, jeotermal enerjinin potansiyelini kavrayan insanoğlu, bu yöndeki çalışmalara hız vererek, bu enerjinin kullanım yöntemlerini geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur (TJD, 2004).

Günümüzde jeotermal enerji, elektrik üretimi, tıp, ziraat, ısıtma, soğutma, çeşitli sanayi kuruluşları, kurutma, turizm gibi sayısız alanlarda kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının diğer enerji kaynaklarına göre yenilenebilir özelliği, araştırma ve üretimin ucuz, dolayısıyla maliyetinin düşük olması, yatırımını kısa zamanda karşılaması önemli bir avantajdır (TJD, 2004).

Doğada bilinen en iyi çözücü sudur ve aynı zamanda iyi bir taşıyıcıdır. Doğal halinde pek çok çözülmüş madde, katı parçacık ve canlı organizma içerir. İnsanlar yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suyu hidrolojik çevrim denilen bir döngüden alır ve kullandıktan sonra çevrime geri verirler. Bu işlevler sırasında suya karışan maddeler, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirirler ki, bu olay su kirliliği olarak adlandırılmaktadır (Akkurt vd., 2002. Aydınöz, 2005).

Temiz ve sağlıklı yaşam için su vazgeçilmez bir unsurdur. Su kalitesi hem bireyler için hem de halk sağlığı için en önemli bir etkidir. Kaplıca sularının pek çoğunun içmece olarak kullanıldığı göz önünde bulundurulursa, bu suların kalitesinin belirlenmesi son derece önemlidir. Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir derişimin üzerinde sağlık için zararlıdır. Ancak bunlardan bir kısmı için sınır derişim oldukça yüksektir. Zehirli maddeler ise suda çok küçük derişimlerde bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar vererek hastalıklara ve hatta

ölümlere neden olabilirler. Eser miktarda bile sakıncalı olabilen bu maddeler arasında en önemli grubu “ağır metaller” diye adlandırılan Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se ve Zn gibi elementler oluşturur (Dişli vd. 2004). Bununla birlikte, bilinçsiz zirai ilaç kullanımı, endüstriyel atıklar ve atık suların yeraltına inmesiyle jeotermal kaynaklar kirlenmektedir. Bunun sonucu olarak da bu kaynak sularında nitrat ve nitrit düzeyleri de önemli ölçüde değişmektedir. Bu yüzden bu parametrelerin belirlenmesi halk sağlığı açısından da önemlidir.

1.1. Jeotermalin Tarihçesi

Jeotermal enerjinin pratik olarak kullanımı, banyo, yıkama, pişirme amaçlı olarak Prehistorik zamanlara dayanmaktadır. Romanlar, Hindistanlılar, Çinliler, Meksikalılar ve Japonlar çok eski zamanlarda sıcak sulardan faydalanmışlardır. Japonlar bedeni arıtmada termal suları kullanmışlardır. Bunun yanında Romanlar eğlence amaçlı olarak da değerlendirmişlerdir. Orta çağda Türkler ve Araplar geleneksel kullanım olan, şimdilerde Türk hamamı olarak bilinen, termal hamamları kullanmış ve yaygınlaştırmışlardır (Barbier, 2002).

Aşağıdaki tarihsel sıralamada Dünya’ da ve Türkiye’deki jeotermal enerjideki gelişim görülmektedir:

Çizelge 1.1. Dünya’da ve Türkiye’de jeotermal enerjideki gelişim (TJD, 2004 Aydıngöz, 2005)

M.Ö. 10.000	Jeotermal akışkandan Akdeniz Bölgesi’ nde çanak, çömlek, cam, tekstil, krem imalatında yararlanıldı.
M.Ö. 1500	Romalı’ lar ve Çin’ liler doğal jeotermal kaynakları banyo, ısınma ve pişirme amaçlı olarak kullandı.
630	Japon İmparatorluğu’ nda kaplıca geleneği yaygınlaştı.
1200	Jeotermal enerji ile mekan ve su ısıtması yapılabileceği Avrupa’ lılar tarafından keşfedildi.
1322	Fransa’da köylüler doğal sıcak su ile evlerini ısıtmaya başladı.
1818	F. Lardere ilk defa jeotermal buhar kullanarak Borik Asit elde etti
1841	İtalya (Lardere) da yeni teknikler kullanılarak jeotermal kuyularının açılmasına başlandı.
1860	ABD (California)’da “The Geysers” tesisleri açıldı.
1904	İtalya’da (Lardere), jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi sağlandı.
1945	Süt pastörizasyonunda ilk kez jeotermal akışkandan yararlanıldı
1963	Türkiye’de ilk jeotermal sondaj kuyusu İzmir (Balçova)’ de açıldı.
1968	Türkiye’de elektrik üretimi amaçlı ilk jeotermal kuyu Denizli (Kızıldere)’ de açılarak, Denizli (Kızıldere) jeotermal alanı keşfedildi.
1982	Türkiye’ de Aydın (Germencik) jeotermal alanı keşfedildi.
1983	Türkiye’de kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal ısıtma sistemi İzmir’de (Balçova) kuruldu.
1984	Türkiye’nin ilk ve Avrupa’nın İtalya’dan sonra ikinci jeotermal enerji santrali (20.4 MWe kapasiteli) Denizli (Kızıldere)’ de hizmete açıldı.
1987	Türkiye’nin ilk jeotermal merkezi ısıtma sistemi Balıkesir (Gönen)’ de işletmeye açıldı.
1996	Türkiye’ de 15.000 konut ana kapasiteli İzmir (Balçova) jeotermal merkezi ısıtma sistemi devreye girdi
2001	Türkiye’nin jeotermal kurulu ısıtma gücü 493 MWt’ e ulaştı. Türkiye böylece jeotermal elektrik dışı uygulamalarda Dünya’ nın 5. büyük ülkesi durumuna geldi.

1.2. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji literatürde yerden gelen ısı anlamında kullanılmaktadır (latince, *geo*: yer, *term*: ısı). Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir (DPT, 1996; Red Brochure, 2001; McDermott, 2003; TJD, 2004; Ayaz vd., 2004., Barbier, 2002., Aydıngöz, 2005).

Jeotermal kaynak kısaca yer ısısı olup yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji ise jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Jeotermal enerji yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür. Yağmur, kar, deniz ve magmatik suların yeraltındaki gözenekli ve çatlaklı kayaç kütlelerini besleyerek oluşturdukları jeotermal rezervuarlar, yeraltı ve re-enjeksiyon koşulları devam ettiği müddetçe yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar. Kısa süreli atmosferik koşullardan etkilenmezler.

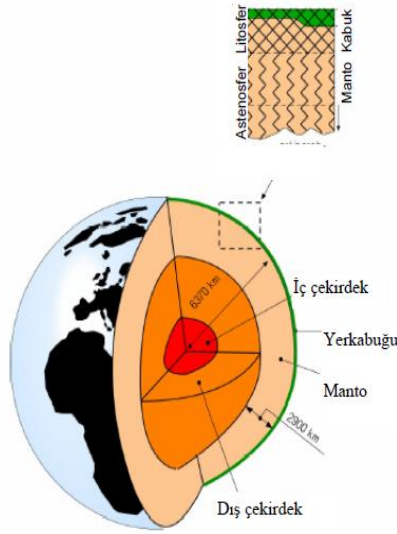
Ülkelere ve kökenlerine göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, yaygın olarak kullanılan sıcaklık içeriğine göre başlıca üç gruba ayrılır (Aydingöz, 2005)

- 1) Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70 °C sıcaklık)
- 2) Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C sıcaklık)
- 3) Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C den yüksek)

Türkiye’de toplam 600 dolayında sıcak su kaynağının yer aldığı 170 adet jeotermal alanın % 95’i düşük ve orta sıcaklıklı, % 5’i yüksek sıcaklıklı olup elektrik üretimine uygun niteliktedir. Yüzey sıcaklığı 35 °C nin üzerinde olan sahalardan 161 tanesi merkezi ısıtmaya, sera ısıtmasına, endüstriyel proses ısı kullanımına ve kaplıca kullanımına uygundur. Diğer 9 jeotermal sahanın ise teknik olarak elektrik üretimine uygun olduğu tespit edilmiştir (Akkuş 2002, Baba 2007).

1.3. Yerkürenin Bölümleri

Dünya, yer kabuğu, manto ve çekirdek olmak üzere üç konsanre bölgeden oluşmuştur (Barbier, 2002).

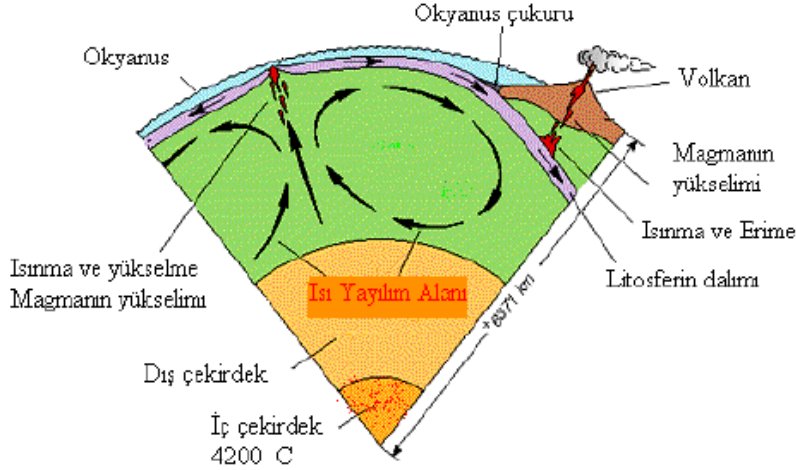


Şekil 1.1. Yerkürenin bölümleri

Yer kabuğu: Bir elmanın kabuğuna benzeyen yer kabuğunun kalınlığı okyanus tabanından 7 km, karalardan 20-65 km kadardır. Sismik çalışmalar okyanus tabanının karalarinkinden daha ince olduğunu göstermiştir. Okyanus ve karalar farklı kaya yapılarına sahiptir. Okyanus tabanı bazalttan, karalarinki ise granitten oluşur (Barbier, 2002).

Manto: Manto yerkabuğundan itibaren 2900 km' lik bir kalınlığa sahiptir. Sıcaklık yaklaşık 930 °C kadardır. Mantonun yapısında çok zengin Fe ve Mg kayalarının olduğu belirtilmektedir. Yerkabuğu ve mantonun en üst kısmı litosferi oluşturur (Barbier, 2002, Toka, 2004).

Çekirdek: Çekirdek mantodan itibaren 3470 km' lik bir yarıçapa sahiptir. Sıcaklık 4000 °C civarında ve merkezdeki basınç 3.6 milyon bardır (360.000 MPa). Çekirdek iç ve dış çekirdek olmak üzere iki kısımdan meydana gelir (Barbier 2002).



Şekil 1.2. Jeotermal sistemin oluşum mekanizması

1.4. Jeotermal Sistemler

Yeraltındaki ısı, yerçekimsel çökmeyle dünyanın oluşumu sırasında ve çeşitli izotopların radyoaktif bozunmalarından oluşur. Kayaların ısı iletkenliği çok az olduğundan dünyanın soğuması milyarlarca yıl almıştır. Şimdiye kadar üç çeşit jeotermal sistemin varlığı saptanmıştır. Bunlar, sıcak kuru kaya sistemi, sıcak su sistemi ve kuru buhar sistemidir (Kutscher, 2000).

Sıcak Su Sistemi: Yeryüzünde sıcak su esaslı sistemler buhar esaslı sistemlerden yirmi kat daha fazla bulunmaktadır. Sıcak su sisteminde, derindeki hazne kaya içerisinde, basınç altında, yüksek sıcaklıkta, erimiş kimyasal madde bakımından çok zengin, farklı kimyasal özelliklerde sular bulunmaktadır. Bu tür sistemlerden sondajlarla yeryüzüne çıkarılan sıcak su-buhar karışımından elde edilen buhardan, elektrik enerjisi üretilmekte, buharı alınmış sıcak su ise atılmaktadır.

Kuru Buhar Sistemi: Buhar esaslı sistemler, sıcak su esaslı sistemlerden farklı olarak, çok fazla ısınmış, nem miktarı az, sıcaklığı yüksek buhar üretirler. Bu tür buhar, bir enerji kaynağı olarak doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bunlar yerkabuğu üzerinde oluşmuş, birer doğal nükleer reaktör olarak kabul edilebilirler.

Sıcak kuru kaya sistemleri: Yerküremizde özellikle genç, aktif volkanik kuşaklarda, jeotermal gradyanın çok yüksek olduğu bölgelerde, sıcak su içermeyen yüksek sıcaklığa sahip kızgın, kuru kayalar bulunmaktadır. Bu tür sistemlere soğuk su basılarak sıcak su-buhar karışımı alınmakta ve bu, bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Aydingöz, 2005).

1.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Yeryüzüne çıkan termal su ve buharın sıcaklığı 20 °C ile 400 °C arasında bulunabilmektedir. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtıcılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır (Çizelge 1.2) (DPT, 1996., TJD, 2004., Aksoy, 2003).

Çizelge 1.2. Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım yerleri (DPT, 1996, TJD, 2004)

°C	
180	- Yüksek Konsantrasyonlu çözeltinin buharlaşması, - Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	- Hidrojen sülfid yolu ile ağırsu eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	- Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	- Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	- Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilikte)
130	- Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	- Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması
110	- Çimento kurutulması
100	- Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	- Balık kurutma
80	- Ev ve sera ısıtma
70	- Soğutma
60	- Kümes ve ahır ısıtma
50	- Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)
40	- Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri
30	- Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	- Balık çiftlikleri

Dünyada, 1995'den 2000 yılına kadar, jeotermal elektrik üretiminde %17, jeotermal elektrik dışı uygulamalarda ise % 87 artış olmuştur. Dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması; A.B.D., Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya'dır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması; Çin, Japonya, A.B.D., İzlanda ve Türkiye'dir (TJD, 2004, Aydınğöz, 2005).

1.5.1. Elektrik Enerjisi Üretimi:

Sıcaklığı 60-180 °C arasında değişen sular, elektrik enerjisi üretiminde kullanılabilir. Bunlardan sıcaklığı 150 °C üzerinde olan jeotermal kaynaklar, yüksek basınçlı bir buhar haline geldiğinden buhar makinelerini işleterek elektrik enerjisi üretecek güce ulaştırır. Nitekim ülkemizde Denizli-Kızıldere ve Sarayköy, Aydın Germencik, Afyonkarahisar-Gecek, İzmir-Seferihisar ve Balçova, Kütahya-Sivas şu anda tespit edilmiş, en zengin jeotermal alanlardır. Ancak bunlardan sadece Denizli-Sarayköy ve Aydın-Germencik yakınlarındaki jeotermal alanlara santral kurulmuş ve üretime geçirilmiştir. Son yıllarda buharlaşma noktası düşük gazlar kullanılarak, sıcaklığı 60-90°C arasında değişen sıcak sulardan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu durum enerji açığı bulunan ülkemiz için oldukça sevindiricidir. Çünkü ülkemizde sıcaklığı 60°C ve üzerinde çok sayıda termal kaynak vardır.

Çizelge 1.3. Ülkemizdeki termal kaynakların sıcaklık değerleri (Yıldırım, 1988)

Kaplıcalar	Sıcaklık
Bursa-Bademlibahçe kaplıcası	53-84°C
Balıkesir-Gönen kaplıcası Yalova Valide Hamamı Kaynağı	77-83°C
Balıkesir-Ilıcadağ kaplıcası	58-63°C
Edremit-Derman kaplıcası	54-60°C
Çanakkale-Gülpınar kaplıcası	38-100°C
Çanakkale-Ezine-Kestanbol kaplıcası	62-73°C
Çanakkale-Hamdibey kaplıcası	38-80°C
İzmir-Dikili-Bademli kaplıcası	41-70°C
Dikili kaplıcası	42-64°C
Manisa-Salihli-Kurşunlu kaplıcası	53-73°C
Turgutlu-Urganlı kaplıcası	50-78°C
Manisa-kula-Şehitler kalıcası	60°C
Manisa-Soma-Menteş Kaplıcası	42-62°C
Afyonkarahisar-Sandıklı Kaplıcası	60-70°C
Afyon-Gazlıgöl Kaplıcası	60-80°C
Kütahya-Simav- Eynal kaplıcası	66-78°C
Kütahya-Gediz kaplıcası	57-75°C
Ankara-Kızılcahamam kaplıcası	44-86°C
Kırşehir-Çiçekdağ-Mahmutlu kaplıcası	63-73°C

1.5.2. Sanayi Alanında Kullanımı:

Sıcaklığın 90 °C ve üzerinde olduğu hidrotermal kaynaklar, sanayide kurutma işleminin yapımı sırasında kullanılabilir. Gıda sanayi alanında (pastörize süt yapımı, bira mayalama işlemi, ot, sebze, balık ve et kurutulması, buharlaşma ile şeker rafinajı, buharlaşma ve kristalleşme ile tuz üretimi, konserve imali) sıcaklığı 90-140 °C arasında değişen sular kullanılırken, inşaat sanayinde (çimento kurutulması) 110 °C, kimya sanayi alanında (damıtma ile saf su elde edilmesi, hidrojen sülfid ve ağır su elde edilmesi, bazı kimyasal maddelerin elde edilmesi) 120-170 °C, kağıt ve selüloz sanayi alanında (mobilya ahşabı ve inşaat kerestelerinin kurutulması ve kraft kâğıdı hamurunun hazırlanması, kağıt ağartma işlerinin yapımı) 160-180 °C arasında değişen sular kullanılır.

Sanayi alanında ihtiyaç duyulan sıcak su Aydın-Germencik, Denizli-Kızıldere ve Sarayköy, Afyonkarahisar-Gecek, İzmir-Seferihisar ve Balçova, Kütahya- Sivas jeotermal alanlarından sağlanmaktadır.

1.5.3. Isıtma İşlerinde Kullanımı:

Sıcaklığı 50 °C ve üzerinde olan sular çeşitli ısıtma işlemlerinin yapılması için kullanılır. Merkezi ısıtma sistemi ile şehirlerdeki konutlar, kamu kuruluşları, caddeler, havaalanları ve pistler, toplu köylerde evler, ahır, kümes ve seralar ısıtılabilir.

Çizelge 1.4. Isıtma sistemi jeotermal kaynaklarla sağlanan illerimiz (Kaya, 1994)

İl	Kaynaklar
Bursa, Balıkesir	Balya, Edremit, Susurluk, Gönen, Burhaniye
Çanakkale	Yenice, Ezine, Biga, Ayvacık
İzmir	Çeşme, Seferihisar, Balçova, Dikili
Denizli	Sarayköy, Akköy
Kütahya	Simav, Gediz
Ankara	Kızılcahamam, Beypazarı, Ayaş
Manisa	Salihli, Turgutlu, Soma, Kula
Bolu	Seben, Mudurnu
Afyon	Sandıklı, İhsaniye
Yozgat	Sorgun, Sarıkaya
Kırşehir	Çiçekdağ
Ağrı	Diyadin
Tokat	Artova, Reşadiye

1.5.4. Turizm Alanında Kullanımı:

Ülkemiz genç tektonik hareketlerin etkisi ile fayların, volkanik alanların, aktif deprem kuşaklarının bulunduğu bir hat üzerindedir ve bu nedenlere bağlı olarak termal sular bakımından oldukça zengindir. Termal kaynakların sayısı 1500'den fazladır, ancak 200 kadarı kaplıca olarak işletilmektedir. Kaplıca kaynaklarının mevcut potansiyeline rağmen kaplıca turizmi büyük ölçüde yöresel düzeyde kalmıştır (Örme, 1996).

1.5.5. Sulama alanında kullanımı:

Yer altı sularının 20°C ve altında olanları ise sulama amacıyla kullanılmaktadır. Ancak suların içindeki kimyasal bileşimlerin önceden saptanması, tuz oranı yüksek olanların tercih edilmemesi gerekir. Sulamada ülkemizde yer altı sularından kuyular açılması ile faydalanılır.

1.5.6. Kimyasal Madde Üretiminde Kullanım:

Jeotermal enerjinin bir başka kullanım şekli de kimyasal madde üretimidir. Jeotermal kaynaklar yer içinden farklı derinliklerde ve farklı jeolojik kayaçları kat ederek geldikleri için, içlerinde çok miktarda erimiş halde mineral maddeleri içerirler. Erimiş halde bulunan mineral maddenin hem çeşidi hem de oranları her kaynak için farklılık gösterir. Bu nedenle her kaynakta belli bir kimyasal maddenin fazlalığı söz konusudur.

Daha önceleri fuel-oil ile elde edilen karbondioksit, Türkiye'de ve Dünya'da ilk defa gerçekleştirilen Kızıldere (Denizli) Jeotermal santraline entegre karbondioksit üretim tesisi sayesinde elde edilmektedir. Kolaların içersinde bulunan karbondioksit, Jeotermal karbondioksittir. Halen Dünya'da ilk ve tek uygulama olması açısından da önemlidir.

Bunun yanında kimyasal madde üretiminde, Meksika'da potasyum klorür üretimi görülmektedir. Meksika potasyum klorür tüketiminin % 80' ini Jeotermal suyun içinde bulunan potasyum klorürün geri kazanılmasıyla üretmektedir. Diğer yandan Dünya ülkeleri Jeotermal kaynaklardan lityum üretimi, çeşitli mineraller üretimi, borikasıit üretimi ve hatta altın üretimi bile yapabilmektedir. (Örme, 1996).

1.6. Türkiye'de Jeotermal

Türkiye jeotermal enerji potansiyeli açısından dünya sıralamasında ilk yediye girmektedir. Anadolu'daki neotektonik kuşaklar boyunca gözlenen zengin jeotermal etkinlik, Ege bölgesinde daha ayrı bir öneme sahiptir. Ülkemizde bulunan jeotermal sistemlerin tümü de sıvının etken olduğu jeotermal sistemlerdir (Şimşek vd., 2005, Kaygusuz, 2004).



Şekil 1.3. Türkiye'de jeotermal alanlar

Batı Anadolu’da bulunan başlıca jeotermal alanlar şu şekilde sıralanabilir:

İzmir-Seferihisar Jeotermal Alanı: MTA tarafından açılmış olan 8 adet kuyu bulunan sahada sıcaklık 72 °C - 153 °C arasında değişmektedir. Jeotermal sistemin denize yakın oluşu deniz suyu girişimi ile sonuçlamakta ve suyun tuzluluk oranını arttırmaktadır (Kaygusuz ve Kaygusuz., 2004, TJD, 2004).

Çanakkale-Tuzla Jeotermal Alanı: Çanakkale’nin 80 km güneyinde bulunan sahada 814 m derinliğinde 173 °C sıcaklık elde edilmiştir. Bu sahada 7.5 MW kurulu güce sahip bir santral kurulması planlanmaktadır.

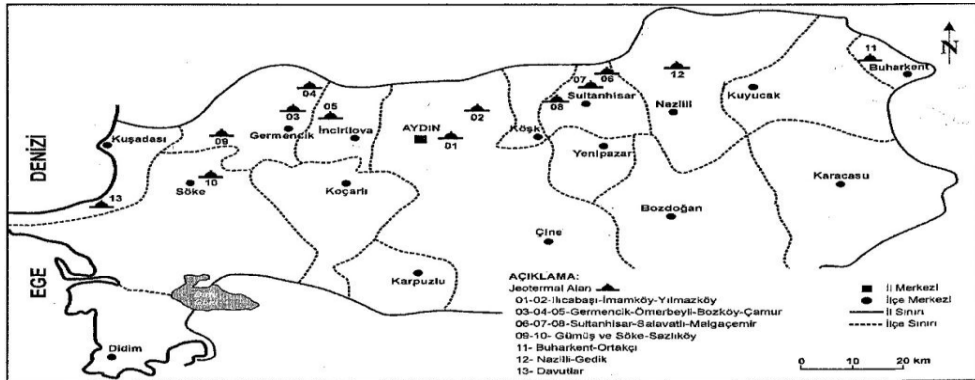
Balçova-Narlıdere Jeotermal Alanı: Toplam 10 adet derin sıcak su kuyusu bulunan sahada ölçülen en yüksek sıcaklık 140 °C’dir. 1983 yılında Türkiye’de ilk kuyuyu ısıtmanın yapıldığı sahada, ayrıca ilk kez 1996’da da frekans konventörlü (atmosferik hava sıcaklığına bağlı olarak jeotermal ve şebeke suyun debisini ayarlayıcı sistem) jeotermal sistem uygulaması yapılmıştır.

Diğer Alanlar: Diğer alanlardaki sıcaklıklar 200 °C’den daha küçüktür. Çanakkale-Tuzla (171 °C), Kütahya-Simav (162 °C), İzmir-Balçova (126 °C) ve Ankara-Kızılcahamam (106 °C) olarak tesbit edilmiştir (Kaygusuz ve Kaygusuz, 2004).

Denizli-Kızıldere Jeotermal Alanı: Ege Bölgesi’nde Büyük Menderes Grabeni’nin doğusunda yer alan jeotermal sahada çalışmalar 1968 yılında başlamıştır. MTA tarafından keşfedilen Denizli-Kızıldere’de kurulan tesis, Türkiye’nin ilk ekonomik güç tesisidir. 1984 yılında devreye giren elektrik santrali Türkiye’nin halen ilk jeotermal elektrik santrali özelliğinde olup, yıllık 20.4 MWe gücündedir. Sahada bulunan kuyuların derinlikleri 550 m ile 2260 m arasında değişmektedir

Aydın-Salavatlı Alanı: Bu alan, Kızıldere ve Germencik alanlarının ortalarına yakın bir yerde bulunmaktadır. 1987-1998 yılları arasında bu alanda on kuyu açılmıştır. Akışkan hızı 600 ton/saat olarak bulunmuş ve rezervin sıcaklığı 162 171 °C civarındadır (Kaygusuz ve Kaygusuz, 2004).

Sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengin olan Aydın'da jeotermal çalışmalar 1981 yılında başlamıştır. MTA'nın Türkiye çapında yaptığı sondaj çalışmalarının büyük bir kısmı Aydın'da gerçekleştirilmiştir. Nitekim Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin büyük bir kısmı da Aydın'da bulunmaktadır.



Şekil 1.4. Aydın ili jeotermal sahaları(Doğdu, 2006)

İlcabaşı-İmamköy Jeotermal Sahası: Saha Aydın il merkezinin doğusundan başlamakta ve 8 km boyunca doğu yönünde uzanmaktadır.

Çizelge 1.5. İlcabaşı İmamköy jeotermal sahasındaki kaynaklar (Doğdu, 2006)

Kaynak	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
İmamköy	37-38	3
Narlidere	37	-
İlcabaşı	38	Kuru

DPT ve MTA'nın İlcabaşı jeotermal sahasıyla ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede bu kaynaklardan termal turizm, termal tesis ısıtmasında faydalanabileceği belirtilmiştir.

Yılmazköy Jeotermal Sahası: Jeoloji ve jeofizik çalışmaları sonucunda, Yılmazköy yakınlarında belirlenen ve MTA tarafından 1999 yılında açılan 1.501 m²'lik AY-1 kuyusunda 142 °C sıcaklık ve 40 l/s debi elde edilmiştir. AY-1 kuyusu bölgenin ciddi bir jeotermal potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bölgede jeotermal kaynaklardan kaplıcada ve kaplıca tesisi ısıtılmasında faydalanılmaktadır.

Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Sahası: Aydın'ın 15 km batısında Ömerbeyli-Alangüllü yerleşim yerleri sınırları içinde yer alan yüksek sıcaklıklı bir sahadır. Sahada arama ve geliştirme amaçlı olarak MTA tarafından 1982-1999 yılları arasında 11 adet sondaj çalışması yapılmıştır. 2002 yılında MTA tarafından yapılan jeofizik değerlendirme raporu sonuçları, Germencik jeotermal sahasının yaklaşık 50 km²'lik bir alana yayıldığını göstermektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz, 2004).

Germencik Jeotermal Santrali için jeotermal akışkan üretimi ve atık jeotermal su enjeksiyonu amacıyla 2007-2008 yılları arasında 9 adet yeni jeotermal kuyu açmıştır.

DPT ve MTA'nın Germencik-Ömerbeyli jeotermal alanıyla ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede bu kaynaklardan elektrik üretimi, şehir ısıtması ve soğutması (Aydın-Germencik-Söke-İncirliova), sera ısıtması, kurutmacılık, tekstil endüstrisi, soğuk hava depoları, termal turizm, termal tesis ısıtılması alanlarında faydalanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca jeolojik ve jeofizik çalışmalara göre 2009 yılında Kuyucak sahasında 1.900 m'de 140.31 °C, 53lt/s debide (AK-1) kuyusu açılmıştır. İsabeyli sahasında 2009 yılında 1.150 m'de 266 m derinlikte 56 °C, 2 lt/sn debide (IS-1) kuyusu açılmıştır. Pamukören sahasında 2009 yılında 1.050 m derinlikte 183 °C ve 217 lt/sn debide (AP-3) kuyusu yine Pamukören sahasında 2009 yılında 1.150 m derinlikte, 188 °C ve 58 lt/sn debide (AP-2) kuyuları açılmıştır.

Kızıldere Jeotermal Sahası: Denizli-Kızıldere jeotermal alanı Denizli şehrinin merkezinden 31 km uzakta bulunmaktadır. Kızıldere jeotermal sahası Denizli ile Aydın illeri arasında Büyük Menderes Grabeni'nin batı ucunda yer almaktadır. İlimizin doğusunda yer alan İlçemizin doğusu ve güneyi Denizli-Sarayköy, kuzeydoğusu Denizli-Buldan, batısı ve kuzeyi Aydın-Kuyucak ilçeleri ile sınırlanmıştır.

Ortalama sıcaklığın 240 °C olduğu sahada 120.000 ton CO₂ üretimi yapılmaktadır. Elektrik üretiminin yanında, bu alanın kaynakları, kuru buz üretiminde (40.000 ton/yıl), sera ısıtmasında (6000 m²'ye yakın), tekstil endüstrisinde (ağartıcı olarak), ev ve ofis ısıtmasında da kullanılmaktadır (Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

Buharkent termal turizm alanı ilan edilmiştir. Aydın'ın Buharkent İlçesi'nin “**Termal Turizm Merkezi**” ilan edilmesine ilişkin Bakanlar Kurulu kararı, 13 Mart 2008 tarihli 26815 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.



Şekil 1.5. Kızıldere termal kuyularından çıkarılan sıcak su buharları

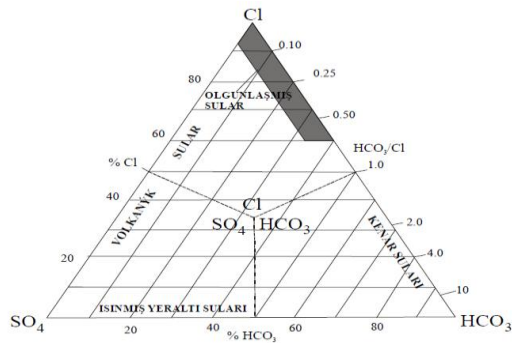
Türkiye'nin enerji üretim amaçlı keşfedilen ilk alanı olan Kızıldere sahası aynı zamanda Türkiye'nin en yüksek sıcaklığa sahip akışkanının elde edildiği sahadır. Sahada ilk jeolojik ve jeofizik çalışmalar MTA tarafından 1965 yılında başlatılmıştır. Kızıldere Jeotermal Enerji Santrali 2010 yılında 75 MWe elektrik üretmiştir.

DPT ve MTA'nın Kızıldere jeotermal sahası ile ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede mevcut kaynaklardan elektrik üretimi ve re-enjeksiyon koşullarına bağlı olarak ısıtma uygulaması, CO₂ üretimi, dokuma endüstrisi, Sarayköy-Denizli-Buharkent'in ısıtmasında, endüstriyel uygulamalarda, kurutma ve soğutma yapılması alanlarında faydalanılmaktadır.

1.7. Jeotermal Suların Sınıflaması

Volkanik ve tektonik kuşaklardaki yüksek sıcaklığa sahip sular baskın anyonlarına göre sınıflandırılırlar.

Klorürlü Sular. Jeotermal suların önemli bir kısmı köken olarak yüksek sıcaklıklı, nötr pH' ya sahip, klorürlü sulardır. Derin hidrotermal sistemlerden sondajlar ile alınan sıcak suların bu derinlikte nötr klorürlü olması bunun kanıtıdır. NaCl, KCl ve SiO_2 bu suların ana bileşenleridir. As, B, I, SO_4 , HCO_3 , NH_3 , Li, Rb, Cs gibi minör bileşenleri de bulunur. Cl/ SO_4 oranı genellikle yüksektir. Bu tür sular en az 1500 m derinlikteki rezervuar sistemlere aittir. Suların sıcaklığı 200-300 °C arasındadır. CO_2 , H_2S , NH_3 ve bazı hidrokarbon gazları içerirler. Gazın toplam suya oranı % 0.01-0.1 mol arasında değişir. Nötr sular yüzeye ulaştığında, buhar ve CO_2 kaybı nedeniyle borat, silikat ve karbonat iyonlarının etkisiyle az da olsa bazik olurlar. Suyun sıcaklığı kalsit ve silikanın doyma sıcaklığına yakındır. Yüzeyle bulunan, yüksek klorürlü sıcak su çıkışları, o bölgenin derin jeotermal sistemle doğrudan bağlantısını gösterir. Bu tür sularda baskın anyon olan klorür 10.000 ppm'e kadar çıkabilir. Tuzlu su formasyonlarının ya da deniz suyunun etkisi ile 100.000 ppm'i geçen jeotermal sahalar da vardır. Katyonlardan sodyum ve potasyum yaklaşık 10/1 oranında bulunur. Derinlik ve sıcaklıkla orantılı olarak artan silika ve bor önemli bileşiklerdir. Sülfat ve bikarbonat derişimleri değişkendir; klorür derişimiyle kıyaslandığında çok küçüktür. Karbondioksit ve hidrojen sülfür ana gazlardır.



Şekil 1.6. Jeotermal suların anyonlarına göre sınıflaması (Koga,1994)

Sülfatlı Sular: Klorürlü suların buhar fazında bulunan H_2S 'in yükseltgenmesi sonucu asit sülfatlı sular oluşur. Sıcak asidik sular kayaçları çözümlenerek yüzeyde krater ve mağaraları oluşturur. Ortamın pH' sı 2.8 civarındadır. Asidik ortamda karbonik asite dönüşeceği için bikarbonat yüksek derişimde bulunmaz. Buharlaşma sırasında buharla taşınan bileşikler, bu suda yoğunlaşacağı için NH_3 , As, B derişimleri artar. Asidik su ile reaksiyona giren yüzey kayaçları ve metalik katyonlardan Na, K, Mg, Ca, Al, Fe su içerisinde yüksek derişimlere ulaşır.

Asit Sülfat-Klorürlü Sular: Bu suların pH' sı 2-5 arasında değişir. Klorürlü ve sülfatlı suların karışımıdır. Karışım klorürlü ve sülfatlı suların doğrudan karışımı olabileceği gibi, klorürlü suların içindeki H_2S 'in yüzeye yakın bölgelerde yükseltgenmesi ile de meydana gelmektedir. Aktif volkanik bölgelerde, yüksek sıcaklığa sahip, düşük basınçlı buhar sıcak kayadan yüzeyde daha soğuk bir seviyeye yükselerek yoğunlaşır. Volkanik buharlardan gelen hidrojen florür nedeniyle bu termal suların florür derişimleri genellikle yüksektir. Buhar sıcaklığının düşmesiyle florür, klorür ve sülfür gazları azalır; asit-sülfat klorürlü sular daha sonra asit sülfatlı sulara dönüşür.

Bikarbonatlı Sular: Bu tip sular, gaz ve buharın yüzeye yakın bölgelerdeki yer altı sularını ısıtması ile oluşur. CO_2 açısından zengin ve nötr sulardır. Jeotermal sistemin üst kısmını bir kabuk gibi kavrar ve sınırlarında yer alır. Bu sular, düşük klorür, yüksek HCO_3 'lü ve farklı SO_4 içeren sulardır. Durgun halde, kayaçla reaksiyona girerek nötr bikarbonatlı veya bikarbonat sülfatlı suları meydana getirirler. Kalsiyumun yüksek sıcaklıklarda az çözünmesi, potasyum ve magnezyumun killer tarafından bağlanması nedeniyle, sodyum bu tip sulara genellikle ana katyondur. Yüksek sıcaklıklarda, sülfat derişimi $CaSO_4$ çözünürlüğü ile sınırlıdır. Rezervuar kayaçta meydana gelen alterasyonla Cl, B, Br, As, Cs hemen suya geçer. Bu maddelerin tekrar tepkimeye girmeleri zordur. Özellikle klorür korunur.

Seyreltik Klorürlü-Bikarbonatlı Sular: Bu tür sular, derin klorürlü suların yer altı suları ile seyrelmesi veya yanal akışlar sırasında karışması sonucu oluşur. En derişik anyon HCO_3 'tür. Bu sular nötr pH'a sahiptir. Yer altı suları karışımı nedeniyle Mg miktarı artar. Sıcaklık yükselimi olan bölgelerin ve jeotermal sahaların kenar bölgelerinde bulunur. Kaynakların çevresinde travertenleşme ya çok azdır, ya da yoktur.

1.8. Mineral Suların Analizleri

Jeotermal suların çözünmüş kimyasal madde miktarı yüksektir. Elementlerin çözünlüğü su-mineral dengesine bağlıdır ve daha çok mineral şeklindedir. Elementlerin miktarları, sıcaklığın ve bulunduğu ortamın karakteristik bir özelliğidir.

1.8.1. Nötr Bileşiklerin Analizleri

Jeotermal sularda yüksek derişimlerde silika, arsenik ve bor bileşikleri bulunur. Silika derişimi genellikle 100-300 ppm arasında değişir. Bu değer silisyum minerallerinin ortamda çözünlmesine bağlı olarak 700 ppm'e kadar çıkabilir. Çözünen silika ortam koşullarına bağlı olarak kuvars, kristobalit, formunda bulunur. Bor, sularda borik asit (H_3BO_3) olarak bulunur. Derişimi, organik maddelerce zenginleşmiş sedimanter kayaçlarda 1000 ppm'e kadar çıkabilir. Andezitlerden gelen sularda diğer volkanik kayaçlara oranla çok daha fazla bor bulunur. Klorürlü sular genellikle 10-50 ppm arasında bor içerir.

1.8.2. Katyonların Analizleri

Jeotermal sularda Na^+ , K^+ gibi alkaliler, Li^+ , Rb^+ , Cs^+ gibi nadir alkaliler, NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} gibi toprak alkaliler, Al^{3+} ve Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} gibi geçiş elementleri görülmektedir. Sıcak sularda Na/K oranı 10'dan büyüktür. Na derişimi 200-2000 ppm arasında değişir. Ender alkali elementlerden Li, Rb, Cs derişimleri yüzeye yaklaştıkça azalmaktadır. Termal sulardaki tipik derişimleri $Li < 20$ ppm, $Rb < 2$ ppm, $Cs < 2$ ppm'dir. Bu derişimler, riyolitik, andezitik karakterli rezervuar kayaçlardan veya benzer bileşime sahip sedimanter kayaçlardan gelen sularda 1-10 ppm arasında değişirken, bazaltik ortamdan gelen sularda 0.1 ppm'den küçüktür. Yüksek sıcaklığa sahip sistemlerde, sıcak su içerisinde çözünmüş Ca derişimi genellikle 50 ppm'den küçüktür. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda Mg derişimi 0.01-0.1 ppm arasındadır. Daha yüksek derişimler yüzeye yakın kayaçlardan ya da sığ sulardan karışımı göstermektedir.

Demir, klorürlü sularda tuzluluk ve pH değerlerine bağlı olarak 0.001-1 ppm arasında bulunmaktadır. Mangan, jeotermal sularda eser miktarda bulunur. Nadiren 0.01 ppm'i aşar. Jeotermal sularda amonyum (NH_4^+) iyonu ve amonyak gazı (NH_3) da bulunur. Yüksek miktarda NH_4^+ yüzeye yakın yerde buhar etkisiyle

ısınan suların bir ürünüdür. Derin sedimanter kayalardan gelen sular da yüksek miktarda NH_4^+ bulunur.

1.8.3. Anyonların Analizleri

Jeotermal sular da HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Br^- ve I^- bulunmaktadır. Karbon dioksit ile bikarbonat ve karbonat iyonlarının su kimyası üzerinde büyük etkisi vardır. Bu türlerin birbirine oranı suyun pH'ını tamponlayabileceği gibi, özellikle karbonat bir çok mineralin çökmesine de neden olabilir.

$\text{pH} = \text{pK}_{a1} = 6.35$ ise, suda, birbirine eşit derişimde olmak üzere $\text{CO}_2(\text{su})$ ve HCO_3^- vardır. Aynı şekilde, $\text{pH} = \text{pK}_{a2} = 10.33$ ise, suda, birbirine eşit derişimde olmak üzere HCO_3^- ve CO_3^{2-} vardır. Suyun pH'sı 4.3'ün altındaysa tamamen CO_2 (suda), pH 8 ile 9 arasında ise tamamen HCO_3^- , pH 11.8'in üzerinde ise tamamen CO_3^{2-} vardır. Basıncın azalmasıyla CO_2 gazı ortamdaki ayrılırsa pH yükselir.

Derin jeotermal sular da sülfat miktarı 50 ppm'den azdır. Yüzeğe yakın yerlerde hidrojen sülfürün yükseltgenmesi ile artış gösterir.

Klorür, jeotermal sistemlerin aranması ve yorumlanmasında çok kullanılan bir iyondur. Bir kez çözüldükten sonra başka minerallerin bünyesine kolay girmemesi nedeniyle doğrudan jeotermal suyu karakterize eder. Jeotermal sular da florür miktarı genellikle 10 ppm' den daha azdır. Bromür, jeotermal sular da çok az bulunur.

1.9. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)

ICP-OES, birçok elementin aynı anda nicel tayininde kullanılan analitik metotlardan birisidir. Düşük derişim seviyelerinin tayininde başarılı bir analitik yöntemdir.

ICP-OES cihazının temel prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz' lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda,

aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Bu tanecikler plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analiz tamamlanır.



Sekil 1.7. ICP-OES cihazı

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Türkiye' nin başlıca doğal kaynaklarının jeolojik durumlarının araştırılması gibi konular üzerinde, Ege Kalkınma Ajansı GEKA (2009) tarafından Aydın' a ait jeotermal kaynakların ve jeotermal enerji santrallerinin araştırma raporu yayımlanmıştır.

Mutlu ve Güleç'in Türkiye' deki termal suların hidrokimyasal araştırmasında, termal suların sönmüş volkanlar boyunca bulunduğunu saptamışlardır. Türkiye'deki termal suların ağırlıklı olarak Batı Anadolu'da olduğu görülmüştür. İncelenen suların alkali-bikarbonat, alkali-klorür ve sülfat tipli sular olduğu görülmüştür (Mutlu ve Güleç, 1998).

KANBER, 2007' de Aydın ilindeki bazı yer altı kaynaklarındaki kirlilik durumlarının belirtilmesi için araştırmalar yapmıştır. ODTÜ ve EİE ile yürütülen bu projede Denizli ve Aydın ili arasında yer alan Kızıldere Jeotermal Sahasından üretilen jeotermal akışkan elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra sera ve konut ısıtmacılığında ve kuru buz üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir.

VEREL (2009), Kızıldere'de jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretimi üzerinde ege bölgesi enerji formu kapsamında incelemeler yapmıştır. 1967 yılından bu tarafa MTA tarafından belli bölgelerde jeotermal kaynak araştırılması yapılmıştır.

Erenöz ve Ternek Türkiye' de ortalama 529 adet termomineral kaynak olduğunu ileri sürmektedir. Çalışmalar MTA tarafından yürütülmektedir. Ayhan (2006), yeni yöntemle jeotermal sulardan borun kazanılması ve değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Aydıngöz (2005), Afyonkarahisar bölgesindeki kaplıca sularında ICP-OES ve UV-VIS yardımıyla mevsimsel analizleri üzerinde çalışmıştır. Elde edilen bulguların istatistik işlemleri SPSS 10.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Balçova Jeotermal Sahası ülkemiz için oldukça önemli bir saha olduğundan, daha önce pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Alacalı (2006), sahada bulunan derin sıcak su kuyularından sıcak su örnekleri alınmış ve Aquachem 3.70 adlı bilgisayar programından elde edilen grafiklerin yardımı ile suların sınıflamasını yapmıştır.

Baba (2007), Biga yarımadası (Çanakkale) sıcak su kaynaklarındaki arseniğin voltometri ve indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) teknikleri ile kantitatif tayinini yapmıştır. Özel (2010), Diyarbakır (Çermik) ve Şanlıurfa (Karaali) illerinde yer alan kaplıca kaynaklarının kökensel incelenmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Bilal (2002), Balçova-Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminin Jeotermal Devresinin Analizi üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmanın amacı Balçova-Narlıdere Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi'nin performansının belirlenmesi ve kritik noktalarının açığa çıkarılmasıdır.

Çakın (2003), Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkilerinin İncelenmesine Örnek olarak Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi üzerine çalışmalar yapmıştır. Jeotermal enerjinin hem elektrik üretiminde hem de elektrik dışı kullanımlarında (konut, sera, havuz ısıtma, balık yetiştirme vb.), fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-kültürel çevreye olumlu ve olumsuz etkiler irdelenmiştir.

Canik (1991), Kırşehir Çiçekdağı-Bulamaçlı kaplıcasının hidrojeolojik incelenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Bulamaçlı sıcak su kaynaklarının kökeni, beslenme ve fiziko-kimyasal nitelikleri aydınlatılmaya çalışılmış ve debisini çoğaltmaya yönelik yapılması önerilen sondajın özellikleri verilmiştir.

Karakuş ve Çetin (2003), çalışmalarında ülkemizde zengin bir potansiyel olmasına rağmen, yeterince değerlendirilmeyen jeotermal enerjinin kullanım alanları ve Kırşehir kenti örneği üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Ertürk (2010), Bursa ilindeki jeotermal kaynaklara ilişkin bilgilerin derlenmesi, güncelleştirilmesi ve bölgenin jeotermal enerji açısından potansiyelinin değerlendirilmiştir.

Tükenmeyen ve yenilenebilen bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjiye ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Sağlığa olumlu katkılarından dolayı, ülkemizde yer alan kaplıca sularının kullanım alanı çoğunlukla kaplıca turizmi yönündedir. Önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olan Afyonkarahisar'da ülkemizin pek çok bölgesine göre daha çok kaplıca tesisi mevcuttur. Bu tesisleri gerek yerli gerekse yabancı olmak üzere pek çok sayıda turist ziyaret etmekte ve hastalıklarına şifa aramaktadırlar. Bu kaplıca sularının mevsimsel olarak analizinin yapılmasıyla şifa

kaynağı olarak düşünölen bu tesislerin sağlık açısından analizlerinin yapılmasının önem arz etmektedir.

Akbaşı ve Mutlu (1992), Aksaray yöresinde yer alan Ilısu, Ziga ve Acıgöl kaplıcalarında yaptıkları çalışmada bu suların sıcaklıklarını sırasıyla 31, 48, 65 °C, pH değerlerini; 7.66, 7.17 ve 8.61 olarak belirlemişlerdir.

Ankara’da yer alan Kızılcahamam, Sey, Ayaş, Haymana, Melikşah ve Mürtet’de yapılan çalışmalarda bu kaynaklardan alınan su örneklerinde sıcaklık değerlerinin sırasıyla 73.8, 42.5, 30, 44, 39, 28 °C olduğu, pH değerlerinin ise; 6.9, 6.4, 8.32, 6.7, 8.84 ve 8.8 olduğu saptanmıştır (Güleç, 1994).

Ölmez vd., (1986) Eskişehir yöresinde yer alan Eskişehir, Sarıcakaya ve Sivrihisar’daki suların sıcaklıklarını 40, 55 ve 35 °C olarak, pH değerlerini ise; 8.59, 6.4 ve 7.45 olarak belirlemişlerdir. Tekin ve etiner (1988) Konya yöresindeki Ilgın, Beyşehir ve Cihanbeyli-Yapalı’daki kaplıca sularının sıcaklıklarını; 42, 35, 35 °C olarak, pH değerlerini; 6.80, 7.6 ve 6.6 olarak ölçmüşlerdir.

İzmir’de yer alan Agamemnun, Seferihisar-Cumali, eşme, Ilıcaburun, Dübek, Kaynarca, Kocaoba ve Balçova’da yapılan çalışmalarda alınan örneklerdeki sıcaklık değerleri sırasıyla; 100, 150, 56, 56, 60, 80, 70, 110 °C olarak, pH değerleri; 8.7, 6.61, 7.4, 6.1, 8.7, 7.9, 8.65, 7.9 olarak saptanmıştır (Yılmazer ve Sünger, 1989).

Gemici vd., (2004), Kütahya yöresindeki Emet, Simav-Eynal, Simav-Naşa, Gediz, Hisarcık, Yoncalı’da yaptıkları çalışmada suların sıcaklık değerlerini sırasıyla; 42, 75, 43.5, 74, 38, 41.5 °C olarak, pH değerlerini; 6.32, 9.61, 7.6, 7.5, 6.72 ve 7.12 olarak tesbit etmişlerdir.

Ellis ve Mahon (1977), Denizli yöresindeki, Kızıldere, Tekehamamı, Pamukkale, Sarayköy, Buldan ve ardak’daki suların sıcaklıklarını; 201, 78, 59, 100, 57, 40 °C olarak, pH değerlerini; 9.42, 6.3, 7.7, 8, 6.7, 6.97 olarak belirlemişlerdir.

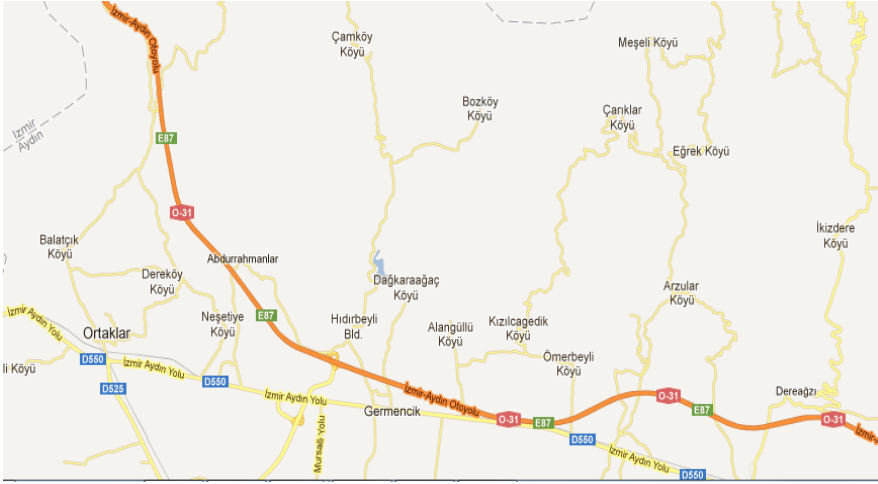
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. İstasyonların Tespiti ve Numunelerin Alınması

Aydın ve çevresinde, 5 adet bölge seçilmiştir. Kaplıcalardan su örnekleri alınırken özellikle farklı yönlerden alınmasına dikkat edilmiş ve İzmir-Aydın-Denizli karayolu üzerindeki noktalar tercih edilmiştir. Bir bölgeye ait farklı kuyulardan ve termal otellerden numuneler alınmıştır.

Jeotermal suların sıcaklıkları yüksek olduğu için numune alınırken uygun kıyafet ve numune kapları tercih edilmiştir. Örnekleme stratejisi, çalışmanın amacı ve alanın yapısına göre belirlenmiştir. Daha önceden temizlenmiş ve saf sudan geçirilmiş olan sıcaklığa dayanıklı olan plastik numune kapları önce bir miktar kuyulardan alınan su numunesi ile çalkalanmıştır. Kaplarda hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve ağzı kapatılmıştır. Kapların üzerine istasyon numarası ve adı yazılmıştır. Arazide yapılacak olan ölçümler numune alındıktan sonra orada gerçekleştirilmiştir.

ICP-OES ve İyon kromatografisinde yapılacak deneyler için deneyler yapıldıktan sonra 4 °C’ deki buzdolabında saklanmıştır. Su numunelerinde herhangi bir kalıntı, bulanıklık gözlemlenmediği için süzme işlemine gerek duyulmamıştır. Alınan numunelerin saklanması TS 266’ da yer alan ‘kimyasal Analizler İçin Numunelerin Saklanması ve Korunması’ standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



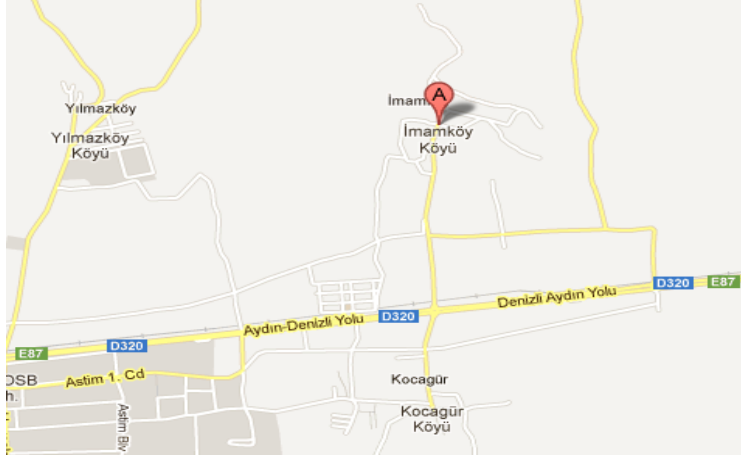
Şekil 3.1. Alangüllü yol haritası



Şekil 3.2. Kızıldere yol haritası



Şekil 3.3. Salavatlı yol haritası



Şekil 3.4. İmamköy yol haritası

Çizelge 3.1. Su numunelerinin alındığı bölgeler

No	İstasyon Adı	İstasyonun Yeri
1	Kızıldere R-1 Savak	Aydın-Denizli karayolu üzerinde(Buharkent ilçesinde)
2	Kızıldere KD-16 Condanser	Aydın-Denizli karayolu üzerinde(Buharkent ilçesinde)
3	Kızıldere R-1 Condanser	Aydın-Denizli karayolu üzerinde(Buharkent ilçesinde)
4	Alangüllü 1	Aydın-İzmir karayolu üzerinde (Germencik ilçesinde)
5	Alangüllü 2	Aydın-İzmir karayolu üzerinde (Germencik ilçesinde)
6	Salavatlı	Aydın-Denizli karayolunda (Sultanhisar ilçesinde)
7	İmamköy	(Aydın'a 6 km Ilıcabaşı bölgesinde)
8	Ortaklar, Gümüşköy	Aydın-İzmir karayolu

Kızıldere' de 3 istasyon bulunmaktadır. Özel bir grup şirket tarafından ihalesi alınmış olan kıızıldere'deki kuyulardan 3 ayrı numune alınmıştır. Aydın- Denizli karayolu üzerinde Buharkent ilçesinde bulunmaktadır.

Kızıldere dışındaki numuneler o bölgelerdeki termal otellerden alınmıştır.

3.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada çalışılan metal iyonlarından Fe, Co, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb ve Ni analizi, Adnan Menderes üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında bulunan Teledyne leeman Labs Prism Model indüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon spektrometresini (ICP OES)' de, Na, K, Ca, Mg, Cl, F, NO₃, NO₂, PO₄, SO₄ analizleri ise DSI Aydın Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Laboratuvarlarında bulunan iyon kromatografisi (IC) ile gerçekleştirmiştir. Deneyler sırasında kullanılan cihazlara ilişkin bilgiler çizelge 3.2'de, ICP cihazına ilişkin analiz parametreleri ise Çizelge 3.3.' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Analizlerde kullanılan cihazlar

1	WTW Multiline P3 pH/LF- SET pH-metre/Sıcaklık
2	ICP-OES Teledyne Leeman labs Prism Model aksiyal görüş ICP-OES
3	IC Dionex ICS 1000

Çizelge 3.3. ICP-OES çalışma koşulları

ICP-OES	Teledyne Leeman Labs Prism Model aksiyal görüş ICP-OES
Monokromatör	Eşel spektrometre (200 nm'de 0.008 nm çözünürlük)
Dedektör	C-PAD dedektör
Sisleştirici	Eş merkezli
RF jeneratörü	40 MHz
RF gücü	1.0 kW
Plazma gaz akışı	19 L/min
Yardımcı gaz akışı	0.3 L/min
Nebulizör akış basıncı	50 psi
Pompa hızı	1.4 mL/min
Dalga boyu	Cu: 324.754 nm, Zn: 206,200 nm, Cd: 214.441 nm, Co: 228.615 nm, Pb: 220.353 nm, Ni: 231.604 nm

Katyon ve anyon analizleri ise Aydın DSİ Bölge müdürlüğü kalite kontrol laboratuvarında IC cihazı ile gerçekleştirildi.

pH ölçümleri için WTW pH 315i dijital pH metre kullanıldı.

Kolonda gerçekleştirilen çalışmalarda çözeltilerin akış hızlarını ayarlamak için Longer Precision Pump Co. Ltd. BT 100-1L model 8 kanallı peristaltik pompa kullanıldı.

3.3 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Deneylerde kullanılan kimyasal maddelerin tümü analitik saflıktadır ve kullanılan kimyasal maddeler ve sağlandığı firma detaylı olarak Çizelge 3.4' te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal maddenin adı	Firma
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Merck
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	Merck
Cd metali	Merck
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	Merck
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Merck
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Merck
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	Merck
NaCl	Merck
KCl	Merck
CaCl_2	Merck
HNO_3	Merck
Na_2CO_3	J.T. Baker
MSA (Metil Sülfonik asit)	Merck

3.4. Deneylerde Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları

Tüm çözeltilerin hazırlanmasında Milipore marka saf su sistemiyle elde edilen ultra saf su kullanıldı ($18.2 \text{ M}\Omega/\text{cm}$).

3.4.1. Stok Çözeltiler

Stok Bakır (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.3802 g $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ saf suda çözüldü ve 10mL derişik HNO_3 eklendikten sonra saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Çinko (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.4548 g $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ saf suda çözüldü ve 10 mL derişik HNO_3 eklendikten sonra saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Kadmiyum (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.1000 g kadmiyum metali 4 mL derişik HNO_3 ' de çözüldü, 8 mL derişik HNO_3 eklendi ve saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Kobalt (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.4938 g $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ saf suda çözüldü ve 10 mL derişik HNO_3 eklendikten sonra saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Kurşun (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.1599 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ minimum miktardaki 1+1 HNO_3 ' te çözüldü. 10 mL derişik HNO_3 eklendikten sonra saf su ile 1000 mL' ye seyreltildi.

Stok Nikel (II) Çözeltisi, 100 µg/mL

0.4953 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ saf suda çözüldü ve 10 mL derişik HNO_3 eklendikten sonra saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Na (I) Çözeltisi, 10000 µg/mL

25.4196 g NaCl , saf suda çözüldü ve saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok K(I) Çözeltisi, 10000 µg/mL

19.2628 g KCl , saf suda çözüldü ve saf su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

Stok Na₂CO₃ Çözeltisi, 10 mM

0.5M Na₂CO₃ 'den 20 ml alındıve 1000 ml'ye ultra saf su ile tamamlandı.

Stok MSA Çözeltisi, 18 mM

Konsantre MSA'dan 65 ml alındı ve ultra saf su ile 1 litreye tamamlandı. 1 N MSA'dan 18ml alınıp 1 litreye ultra saf su ile tamamlandı (2N MSA'dan 9 mL alınıp 1 litreye tamamlandı). 18mM MSA hazırlanmış oldu.

3.5. Yöntem**3.5.1. Jeotermal Suların Analizinde Kullanılan Metotlar**

Bu çalışmada, pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik tayinleri arazide yapılmıştır. Diğer tayinler laboratuarda yapılmıştır. Krom, mangan, kobalt, bakır, nikel, kadminyum, çinko, demir, kurşun, bor iyonlarının tayinleri ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry , indüktif eşleşmiş plazma optik (atomik) emisyon spektrometri) kullanılarak yapılmıştır. Anyonların (F, Cl, NO₃, SO₄, PO₄) ve katyonların (Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe) analizi ise IC (iyon kromatografisi) kullanılarak analizlenmiştir. Analizlenecek numunelerin elektriksel iletkenliklerine bakılarak seyreltme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elektriksel iletkenlik 300 ve altında olacak şekilde numunelerin seyreltmeleri ayarlanmıştır.

Aydın çevresindeki kaplıca sularından alınan su örnekleri hemen analizlenmeyecekse asitlendirilerek +4 °C' de saklanmıştır.

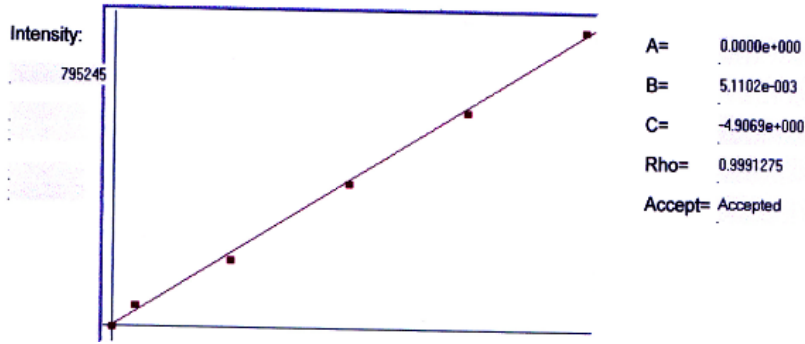
3.5.1.1. ICP-OES ile yapılan tayinler

Krom, mangan, kobalt, bakır, nikel, kadminyum, çinko, demir, kurşun, bor iyonlarının tayinleri ICP-OES yöntemiyle analizlenmiştir.

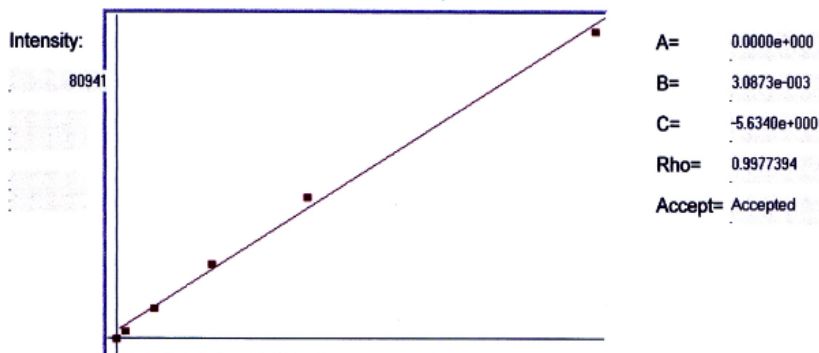
ICP-OES ile analizlenmiş örneklere ilişkin kalibrasyon grafikleri aşağıda verilmiştir.

Bu yöntemde analit derişimi kesin olarak bilinen standart çözeltiler hazırlanır ve tanık çözeltilisiyle birlikte her birinin sinyali elde edilir. Çalışma standartları yüksek derişime sahip stok standart çözeltilinin seri seyreltilmesiyle hazırlanır. Standartların sinyalleri derişime karşı grafiğe geçirilir ve kalibrasyon grafiği çizilir.

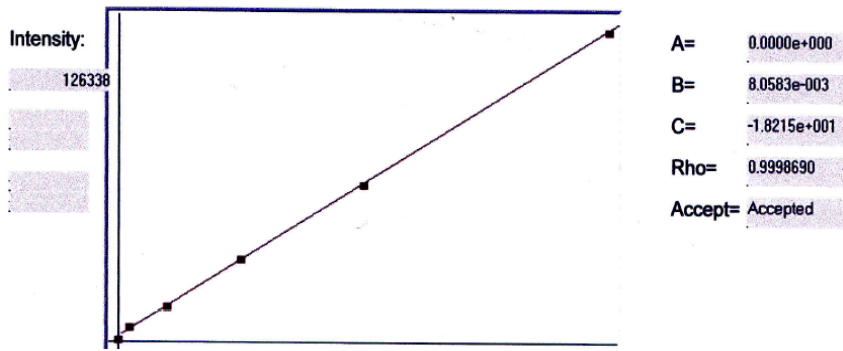
Bu grafik $y = A + Bx$ şeklindedir. Burada y cihazın cevabına, x ise analit derişimine karşılık gelir. Eşitlikteki A , doğrunun y eksenini kestiği noktayı, B ise eğimini verir. Buradaki B aynı zamanda kalibrasyon grafiğinin (ölçüm metodunun) duyarlılığının da göstergesidir; ne kadar büyük ise metot o kadar duyarlıdır.



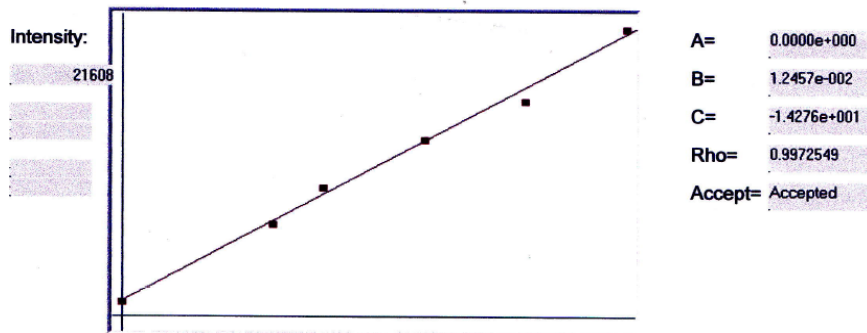
Şekil 3.5. B için kalibrasyon grafiği (B için dalga boyu: 249.772 nm)



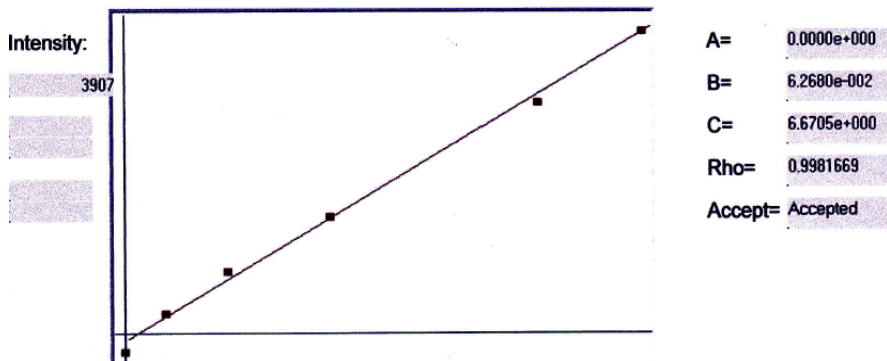
Şekil 3.6. Cd için kalibrasyon grafiği (Cd için dalga boyu: 214.441 nm)



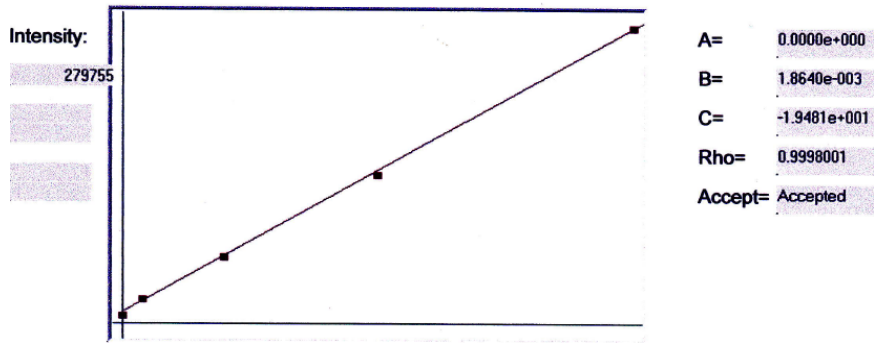
Şekil 3.7. Zn için kalibrasyon grafiği (Zn için dalga boyu: 213. 856 nm)



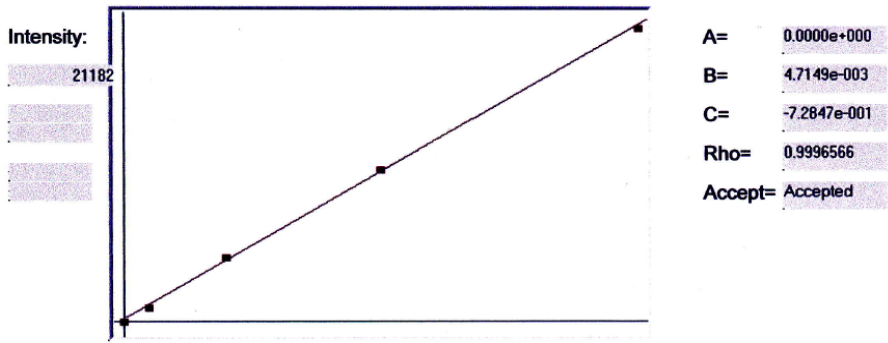
Şekil 3.8. Ni için kalibrasyon grafiği (Ni için dalga boyu: 231. 604 nm)



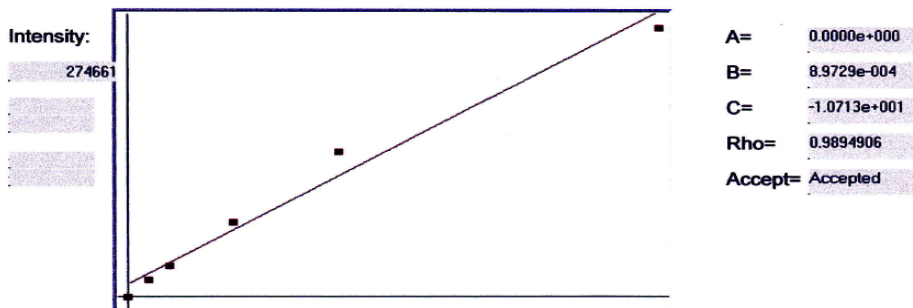
Şekil 3.9. Pb için kalibrasyon grafiği (Pb için dalga boyu: 220.353 nm)



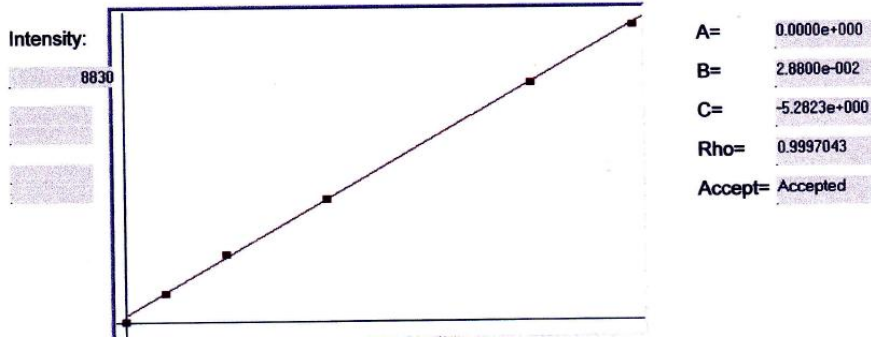
Şekil 3.10. Cu için kalibrasyon grafiği (Cu için dalga boyu: 324. 754 nm)



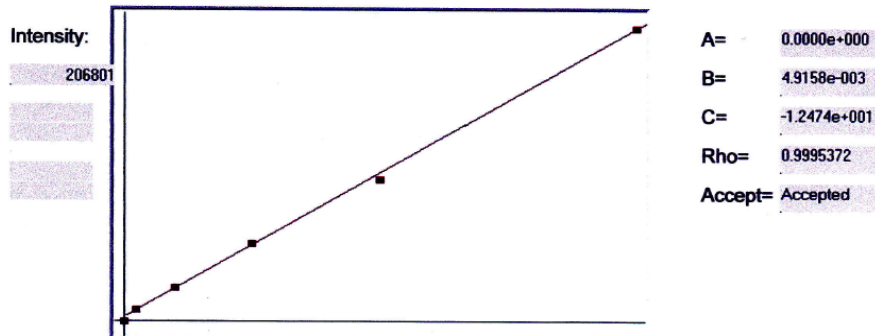
Şekil 3.11. Co için kalibrasyon grafiği (Co için dalga boyu: 228.615 nm)



Şekil 3.12. Mn için kalibrasyon grafiği (Mn için dalga boyu: 257.610 nm)



Şekil 3.13. Cr için kalibrasyon grafiği (Cr için dalga boyu: 206.149 nm)



Şekil 3.14. Fe için kalibrasyon grafiği (Fe için dalga boyu: 259.940 nm)

3.5.3. İyon Kromatografisi ile Yapılan Tayinler

Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, flor, klor, nitrit, nitrat, sülfat, fosfat analizleri İyon kromatografisi yöntemi yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

8 ayrı istasyondan alınan numunelerin elektriksel iletkenliklerine bakılarak seyreltme oranları belirlenmiştir. Elektirksel iletkenlikleri 300 ve altında olacak şekilde numunelerin seyreltme oranları ayarlanmıştır.

Kızıldere R-1 Savak 1/20, KD-16 Condanser 1/20, R-1 Condanser 1/20, Alangüllü 1 1/20, Alangüllü 2 1/20, Salavatlı 1/10, İmamköy 1/10, Ortaklar 1/20 oranında seyreltilmiştir. Manyetik karıştırıcı yardımıyla numuneler hazır hale getirilmiştir.

Anyon analizleri için Na_2CO_3 , Katyon analizleri için MSA eluentleri hazırlanmıştır. İyon kromatografisinde kullanılan viallerin içerisine 4'er ml numune alınmıştır. Anyon ve katyon kısımları için her numuneden 2'şer defa 4 ml numune alındıktan sonra hazırlanan vialler otosampler'a yerleştirilmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Örneklerin Analiz Sonuçlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.1. Örneklerin arazide yapılan analiz sonuçları

İstasyonlar	pH	Sıcaklık(°C)	Elektriksel iletkenlik (mS/cm)
R-1 Savak	8.8	80	6280
KD-16 Condanser	8.2	205	4940
R-1 Condenser	8.6	242	5700
Alangüllü 1	7.78	43	5530
Alangüllü 2	7.78	38	5670
Salavatlı	5.69	30	1662
İmamköy	6.85	34.1	1140
Ortaklar	6.58	38.1	4170

Çizelge 4.2. ICP-OES ile yapılan analizler

İSTASYONLAR	PARAMETRELER(µg/l, ppb)									
	Demir(Fe)	Bakır(Cu)	Bor(B)	Krom(Cr)	Mangan(Mn)	Kobalt(Co)	Kadmiyum(Cd)	Nikel(Ni)	Kurşun(Pb)	Çinko(Zn)
KD-16 Condanser	53,548	1,046	3,177	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
R-1 Condanser	17,750	T.E.	2,320	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
R-1 Savak	53,414	0,783	3,002	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Alangüllü 1	186,432	T.E.	4,112	6,007	8,280	0,576	T.E.	0,001	T.E.	T.E.
Alangüllü 2	208,272	31,522	4,192	7,092	8,382	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
İmamköy	51,678	T.E.	2,324	T.E.	T.E.	0,001	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Salavath	54,876	T.E.	3,012	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Ortaklar	34,675	0,001	3,024	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.

* T.E : Tayin edilemedi.

Çizelge 4.3. İyon kromatografisi ile yapılan analizler

İSTASYONLAR	PARAMETRELER(mg/l, ppm)									
	Sodyum(Na)	Potasyum(K)	Kalsiyum(Ca)	Magnezyum(Mg)	Nitrat(NO ₃)	Flor(F)	Klor(Cl)	Nitrit(NO ₂)	Sülfat(SO ₄)	Fosfat(PO ₄)
KD-16 Condanser	1162,39	117,490	13,600	0,008	40,871	21,253	115,853	0,635	690,284	0,490
R-1 Condanser	1351,55	182,267	11,131	0,848	40,710	23,062	131,591	0,673	665,451	0,319
R-1 Savak	1503,621	196,643	11,630	0,793	0,063	12,135	42,585	0,008	105,921	0,094
Alangüllü 1	1059,795	80,918	114,559	51,406	42,226	3,087	865,381	43,624	67,354	0,273
Alangüllü 2	1094,509	95,054	115,875	51,103	42,204	3,049	886,659	23,839	66,466	0,481
İmamköy	40,661	6,590	59,688	110,605	20,255	0,531	37,382	0,069	197,020	0,047
Salavath	26,252	1,477	177,98	117,23	T.E.	1,647	42,256	0,008	454,39	89,955
Ortaklar	727,651	52,656	140,345	28,637	42,028	1,294	960,887	T.E.	89,955	0,585

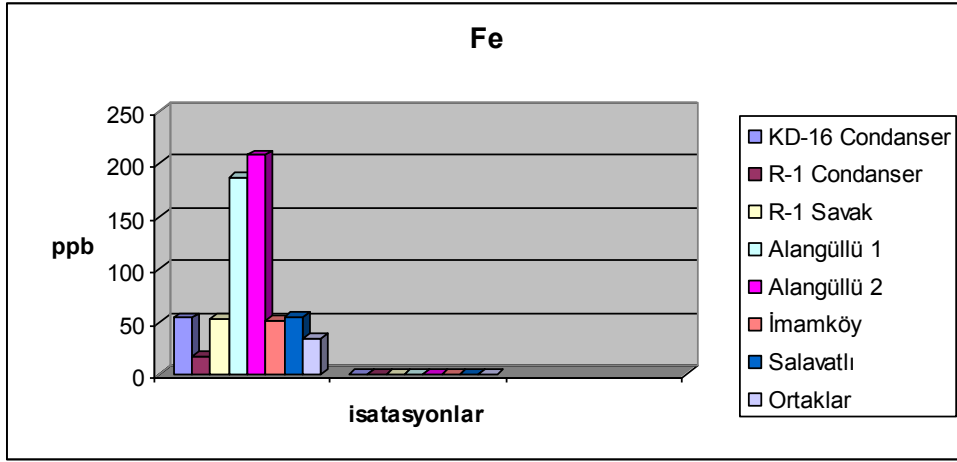
* T.E : Tayin edilemedi.

Çizelge 4.4. İstasyonlara göre analiz yöntemleri

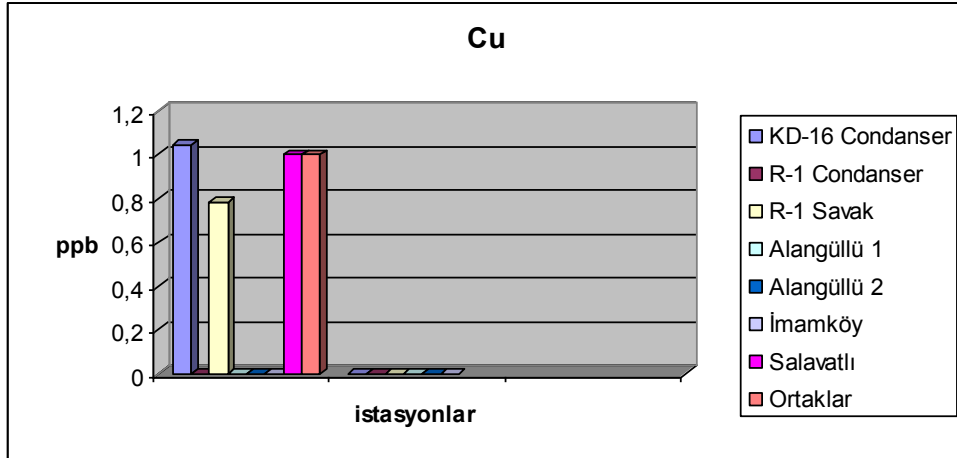
Parametreler	İSTASYONLAR								ANALİZ YÖNTEMLERİ
	KD-16 Condanser	R-1 Condanser	R-1 Savak	Alangüllü 1	Alangüllü 2	İmamköy	Salavath	Ortaklar	
Fe	53,548	17,750	53,414	186,432	208,272	51,678	54,876	34,675	ICP-OES
Cu	1,046	T.E.	0,783	T.E.	31,522	T.E.	T.E.	0,001	ICP-OES
B	3,177	2,320	3,002	4,112	4,192	2,324	3,012	3,024	ICP-OES
Cr	T.E.	T.E.	T.E.	6,007	7,092	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Mn	T.E.	T.E.	T.E.	8,280	8,382	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Co	T.E.	T.E.	T.E.	0,576	T.E.	0,001	T.E.	T.E.	ICP-OES
Cd	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Ni	T.E.	T.E.	T.E.	0,001	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Pb	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Zn	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	ICP-OES
Na	1162,3	1351,5	1503,6	1059,7	1094,5	40,6	26,2	727,6	IC
K	117,49	182,26	196,64	80,91	95,05	6,59	1,47	52,65	IC
Ca	13,60	11,13	11,63	114,55	115,87	59,68	177,98	140,34	IC
Mg	0,088	0,848	0,793	51,406	51,103	110,60	117,23	28,63	IC
NO3	40,871	40,710	0,063	42,226	42,204	20,255	T.E.	42,028	IC
F	21,253	23,062	12,135	3,087	3,049	0,5315	1,6477	1,2949	IC
Cl	115,85	131,59	42,58	865,38	886,65	37,38	42,25	960,88	IC
NO2	0,635	0,673	0,008	43,624	23,839	0,069	0,086	T.E.	IC
SO4	690,28	665,45	105,92	67,35	66,46	197,02	454,39	89,95	IC
PO4	0,490	0,319	0,094	0,273	0,481	0,047	0,631	0,585	IC

* T.E: Tayin edilemedi.

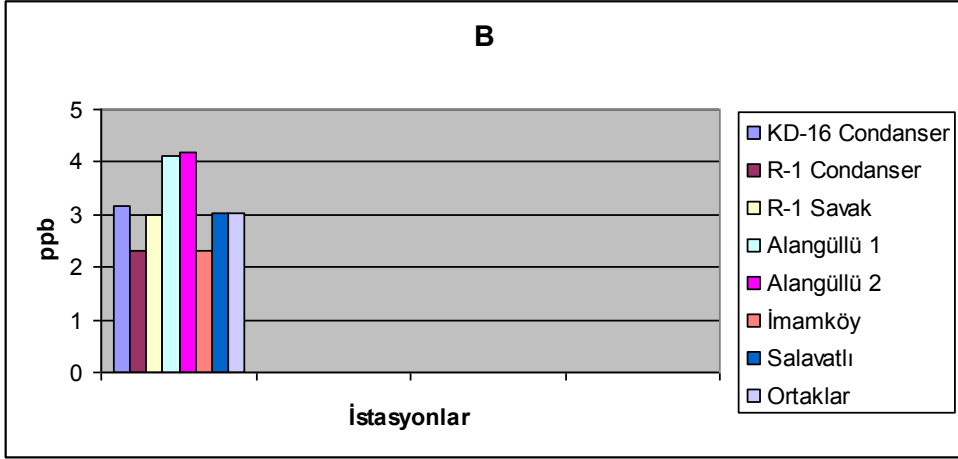
Yapılan analiz sonuçlarına göre parametrelerin karşılaştırma grafikleri aşağıda verilmiştir:



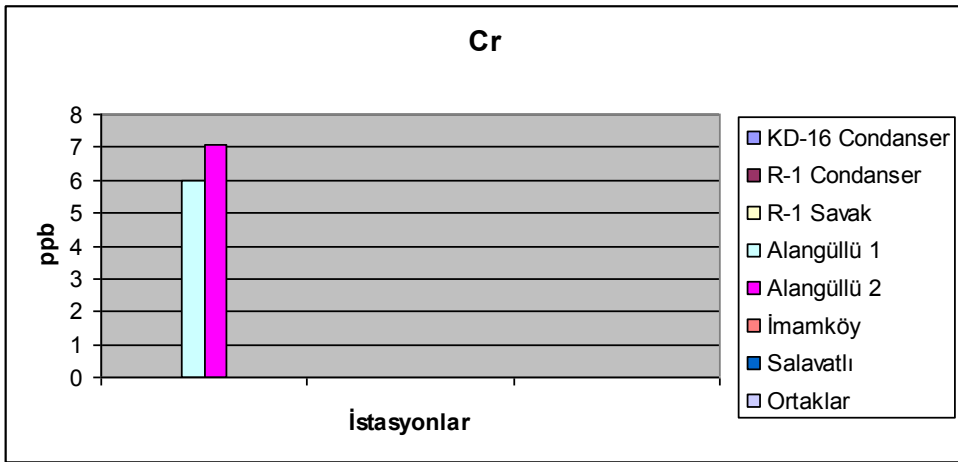
Şekil 4.1. Fe değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



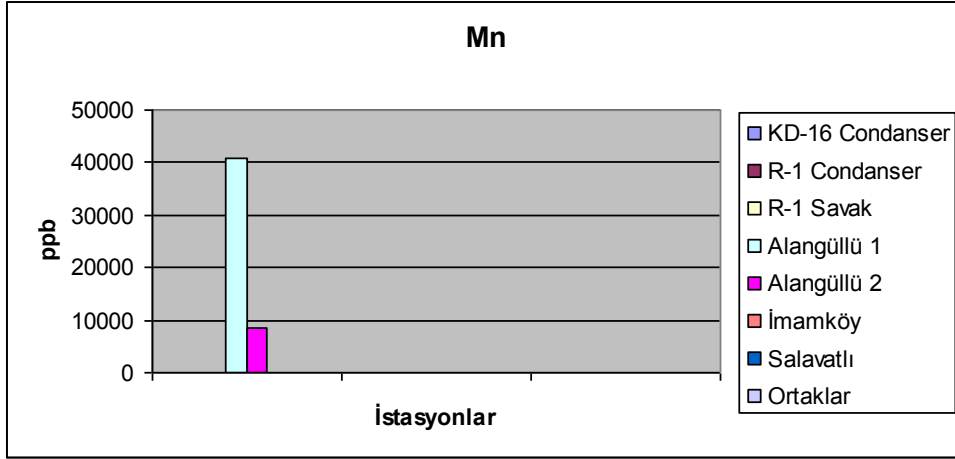
Şekil 4.2. Cu değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



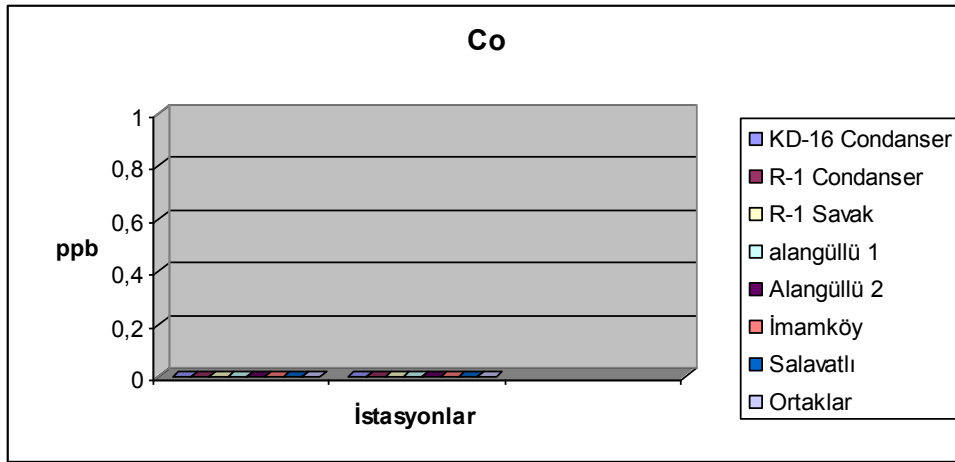
Şekil 4.3. B değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



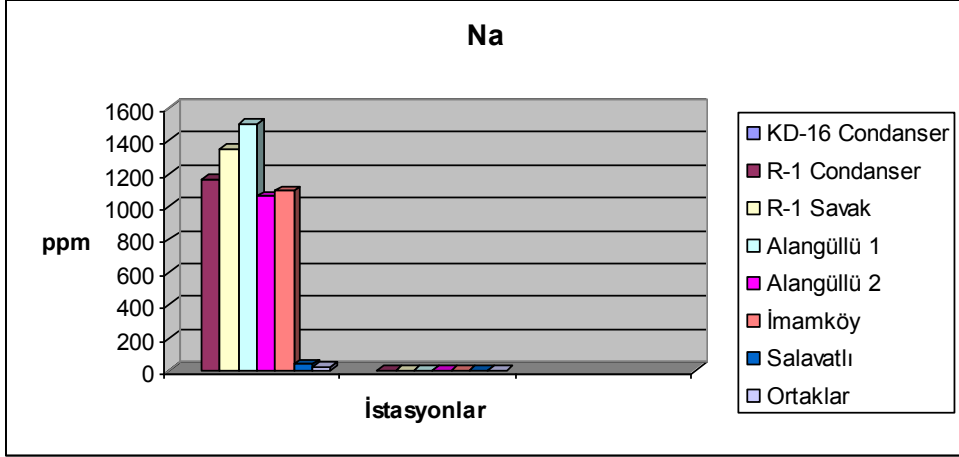
Şekil 4.4. Cr değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



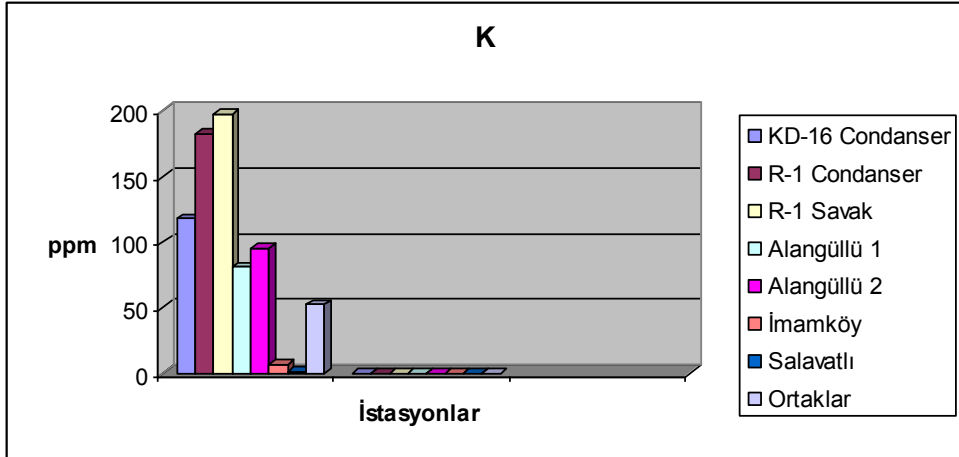
Şekil 4.5. Mn değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



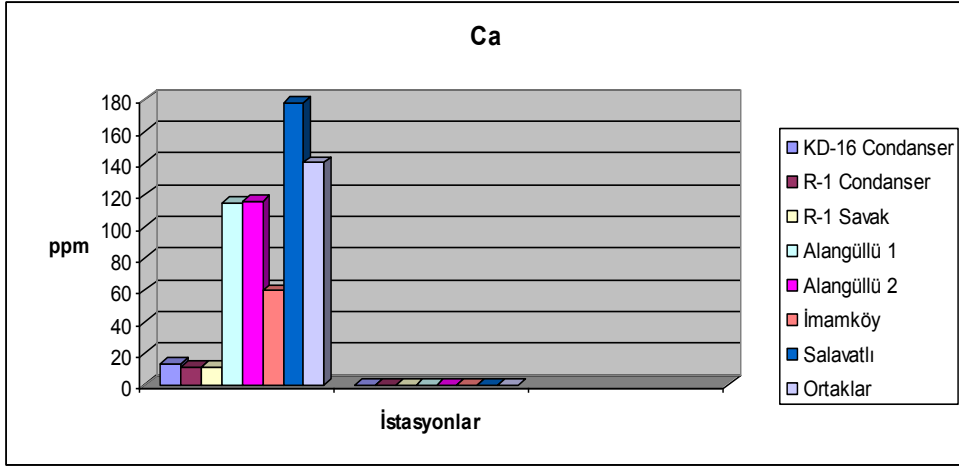
Şekil 4.6. Co değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



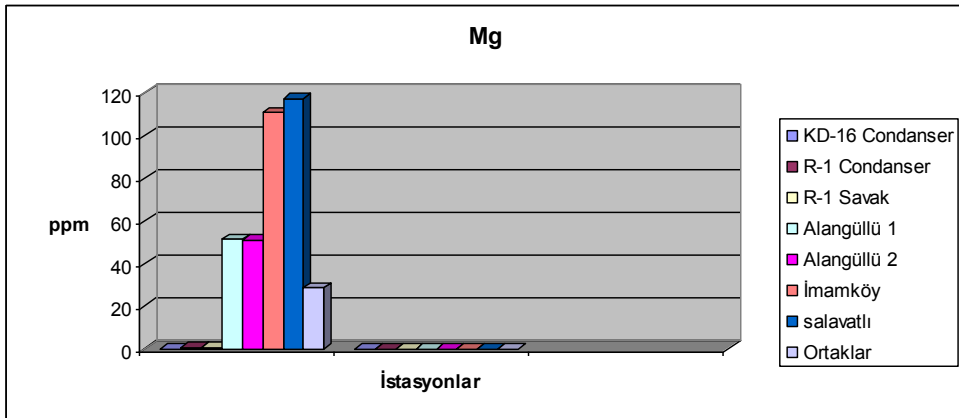
Şekil 4.7. Na değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



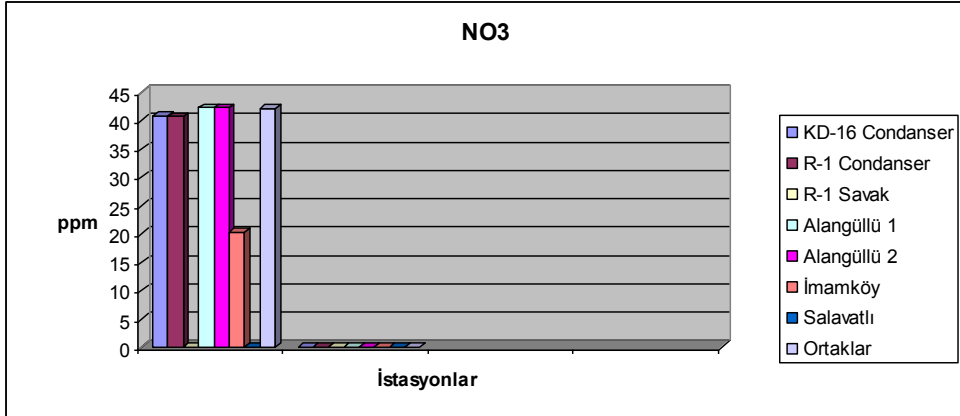
Şekil 4.8. K değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



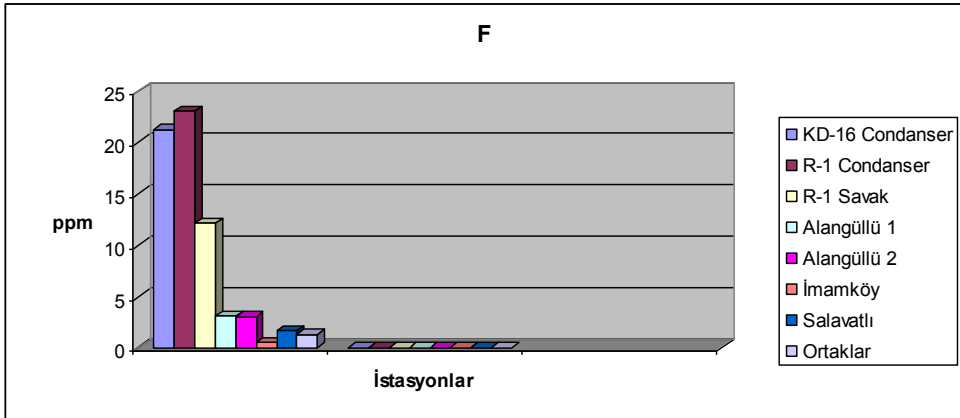
Şekil 4.9. Ca değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



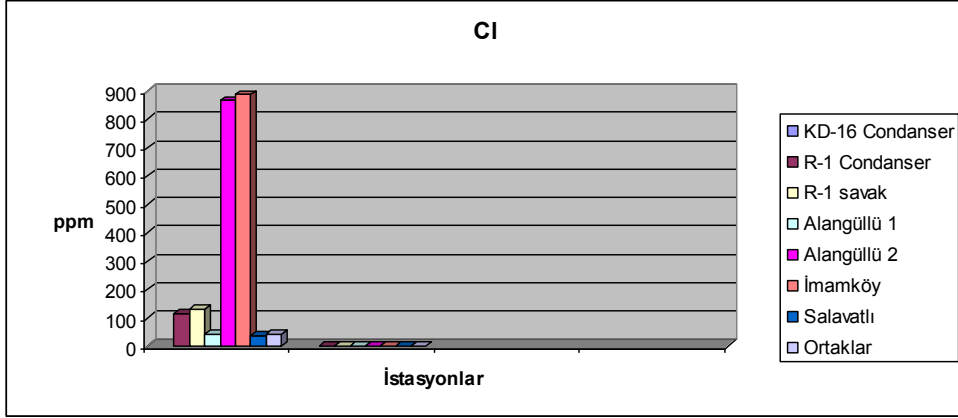
Şekil 4.10. Mg değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



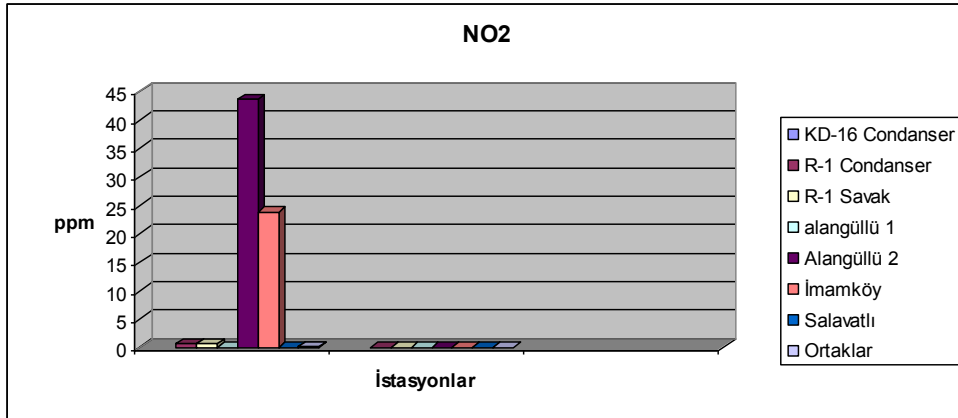
Şekil 4.11. Nitrat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



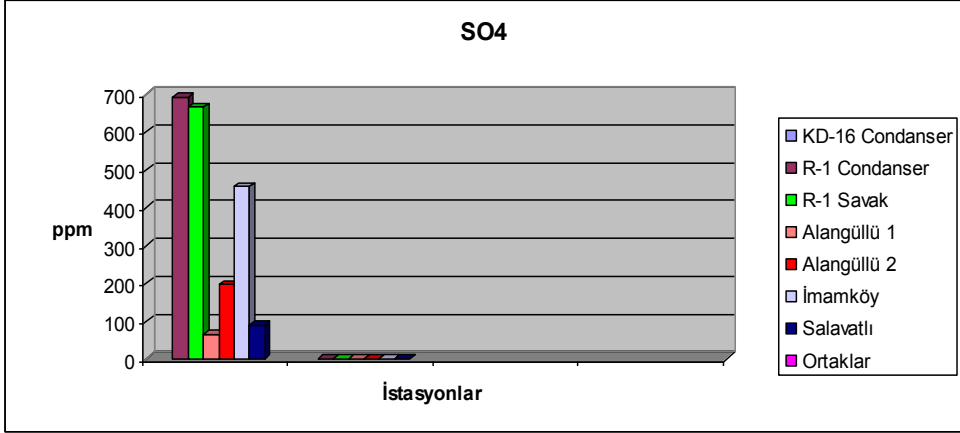
Şekil 4.12. F değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



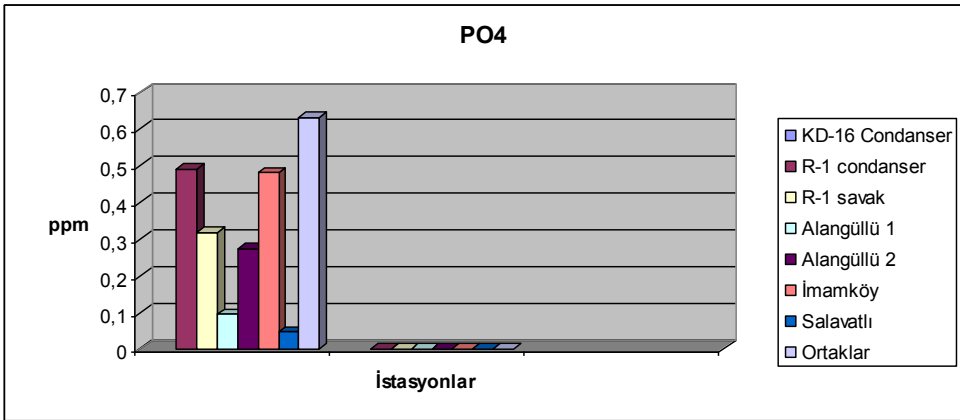
Şekil 4.13. Cl değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



Şekil 4.14. Nitrit değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



Şekil 4.15. Sülfat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği



Şekil 4.16. Fosfat değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırılma grafiği

5. SONUÇ

Jeotermal enerji, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yeraltındaki gözenekli ve çatlaklı kayaç kütlelerinin yağmur, kar, deniz ve magmatik sular ile beslenerek oluşturduğu jeotermal rezervuarlar, atmosferik, yeraltı ve reenjeksiyon koşulları devam ettiği müddetçe yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar.

Jeotermal enerji alternatif bir enerji kaynağı olduğundan bu konuda pek çok araştırmacı ve kurum tarafından çok sayıda inceleme ve araştırma yapılmıştır. Özellikle elektrik enerjisi üretiminde, ısıtma amaçlı kullanımlarda, kimyasal madde üretiminde, sağlık turizmüne getirdiği katkılardan dolayı önemi artan bir enerji türüdür.

İzmir’de yer alan Agamemnun, Seferihisar-Cumali, Çeşme, Ilıca, İlcaburun, Dübek, Kaynarca, Kocaoba ve Balçova’ da yapılan çalışmalarda alınan örneklerdeki sıcaklık değerleri sırasıyla; 100, 150, 56, 56, 60, 80, 70, 110° C olarak, pH değerleri; 8.7, 6.61, 7.4, 6.1, 8.7, 7.9, 8.65, 7.9 olarak saptanmıştır (Yılmaz ve Sünger 1989).

Gemici vd., (2004), Kütahya yöresindeki Emet, Simav-Eynal, Simav-Naşa, Gediz, Hisarcık, Yoncalı’da yaptıkları çalışmada suların sıcaklık değerlerini sırasıyla; 42, 75, 43.5, 74, 38, 41.5 ° C olarak, pH değerlerini; 6.32, 9.61, 7.6, 7.5, 6.72 ve 7.12 olarak tesbit etmişlerdir. Bu çalışmada ise, istasyonlara göre (KD-16 Condanser, R-1 Condanser, R-1 Savak, Alangüllü 1, Alangüllü 2, İmamköy, Salavatlı, Ortaklar) suların sıcaklıkları; 80, 205, 242, 43, 38, 30, 34.1, 38.1 ° C olarak, pH değerlerini; 8.8, 8.2, 8.6, 7.78, 5.69, 6.85, 6.58 olarak, Elektriksel iletkenlik değerleri 6280, 4940, 5700, 5530, 5670, 1662, 1140, 4170 mS/cm olarak ölçülmüştür. Aydın bölgesinde araştırdığımız kaplıca sularının sıcaklık değerleri, yukarıda bahsedilen diğer çalışmalardan elde edilen sıcaklık değerlerinin çoğundan daha yüksektir. Bu sonuçlar bölgemizde yer alan kaplıcaların, kaplıca turizmüne son derece elverişli olduğunu ve aynı zamanda bu suların ısıtma maksadıyla da verimli bir şekilde kullanımının mümkün olabileceğini göstermektedir.

Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda kaplıca sularında çoğunlukla K, Na, Ca ve Mg element düzeyleri araştırılmıştır. Aksaray yöresinde yer alan Ilısu, Ziga ve Acıgöl kaplıcalarında yapılan çalışmalarda bu sulardaki K değerleri; 19, 16,

184 mg/L , Na değerleri; 47, 1220, 550 mg/L, Ca değerleri; 28, 360, 20 mg/L, Mg değerleri; 12.2, 58, 158 mg/L olarak tesbit edilmiştir (Akbaşlı ve Mutlu 1992).

Güleç (1994), Ankara’da yer alan Kızılcahamam, Sey, Ayaş, Haymana, Melikşah ve Mürtet’ de yaptıkları çalışmalarda bu kaynaklardan alınan su örneklerindeki K değerlerini; 60, 24, 28, 7, 5.85, 2.2 mg/L, Na değerlerini; 760, 240, 128, 36, 49, 36.5 mg/L, Ca değerlerini; 48, 111, 71, 144, 67.5, 40.8 mg/L, Mg değerlerini; 9.7, 27, 58, 40, 17.4, 10.9 mg/L olarak belirlemişlerdir. Jeotermal suların tümü minarel bakımından oldukça zengindir. Daha önceki yapılan çalışmalar ve bizim çalışmamızdaki sonuçlar da bunu doğrulamaktadır.

Eskişehir yöresinde yer alan Eskişehir, Sarıcakaya ve Sivrihisar’dan alınan numunelerdeki K değerleri; 2.9, 16.8, 2.9 mg/L, Na değerleri; 18, 320, 44 mg/L, Ca değerleri; 73, 40, 55 mg/l, Mg değerleri; 28, 170, 18 mg/L olarak saptanmıştır (Ölmez vd., 1986).

Konya yöresindeki Ilgın, Beyşehir ve Cihanbeyli-Yapalı’daki kaplıca sularındaki K değerleri; 10, 1.6, 29 mg/L, Na değerleri; 62, 40, 355 mg/L, Ca değerleri; 118, 216, 703 mg/L, Mg değerleri; 37, 45, 209 mg/l olarak bulunmuştur (Öktü vd., 1992). Konya yöresindeki çalışmalar sonucunda bulunan Na değerleri oldukça dikkat çekmektedir. Bizim sonuçlarımızla kıyaslandığında değerlerdeki düşüklük dikkat çekicidir.

Bu çalışmada ise, istasyonlara göre (KD-16 Condanser, R-1 Condanser, R-1 Savak, Alangüllü 1, Alangüllü 2, İmamköy, Salavatlı, Ortaklar) Na değerleri; 1162.3, 1351.5, 1503.6, 1059.7, 1094.5, 40.6, 26.2, 727.6, K değerleri; 117.49, 182.26, 196.64, 80.91, 95.05, 6.59, 1.47, 52.65, Ca değerleri 13.60, 11.13, 11.63, 114.55, 115. 87, 59.68, 177.98, 140.34, Mg değerleri 0.088, 0.848, 0.793, 51.406, 51.103, 110.60, 117.23, 28.63 mg/L olarak ölçülmüştür. Eskişehir, Konya, Aksaray ve Ankara yöresindeki jeotermal suların Na değerlerinin Aydın ve çevresindeki Na değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Konya’ daki Ca değerlerinin İç Anadolu bölgesindeki diğer jeotermal kaynaklara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

İzmir’de yer alan Agamemnun, Seferihisar-Cumali, Çeşme, Ilıcaburun, Dübek, Kaynarca, Kocaoba ve Balçova’da yapılan çalışmalarda alınan örneklerdeki K değerleri; 29, 577, 388, 220, 3.6, 35, 11, 16.8 mg/L, Na değerleri; 380, 6300,

10075, 6350, 360, 540, 310 16,6 mg/L, Ca değerleri; 11.8, 760, 1551, 741, 16, 25,118, 81.4 mg/L, Mg değerleri; 6.9, 190, 240, 609, 720, 1.2, 3, 6.1, 72 mg/L olarak belirlenmiştir (Yılmaz ve Sünger, 1989). Değerleri bizim çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırdığımız anda Çeşme ve Ilıcaburundaki Na değerlerinin oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz.

Gemici vd., (2004), Kütahya yöresindeki Emet, Simav-Eynal, Simav-Naşa, Gediz, Hisarcık, Yoncalı'da yaptıkları çalışmada suların K değerlerini; 8.6, 39, 7, 80, 3.9, 2.4 mg/L, Na değerlerini; 44.2, 480, 126, 640, 11.2, 20 mg/L, Ca değerlerini; 223, 2.8, 56, 96, 365, 120 mg/L, Mg değerlerini; 47.5, <1, 13, 63, 53.5, 41 mg/L olarak saptamışlardır. Farklı yörelerdeki Na, K, Ca, Mg değerleri özellikle kıyaslanmıştır. Analiz sonuçlarını ayrıntılı olarak incelediğimiz zaman da jeotermal suların hepsinin mineral bakımından oldukça zengin olduğunu görmekteyiz.

Bu çalışmada ise, istasyonlara göre (KD-16 Condanser, R-1 Condanser, R-1 Savak, Alangüllü 1, Alangüllü 2, İmamköy, Salavatlı, Ortaklar) Na değerleri; 1162.3, 1351.5, 1503.6, 1059.7, 1094.5, 40.6, 26.2, 727.6, K değerleri; 117.49, 182.26, 196.64, 80.91, 95.05, 6.59, 1.47, 52.65, Ca değerleri 13.60, 11.13, 11.63, 114.55, 115. 87, 59.68, 177.98, 140.34, Mg değerleri 0.088, 0.848, 0.793, 51.406, 51.103, 110.60, 117.23, 28.63 mg/L olarak ölçülmüştür. Değerler arasında çok büyük farklılıklar gözlenmiştir.

İncelenen elementlerin TSE-266 standartları; K: 12 mg/L, Na:175 mg/L, Ca: 200 mg/L, Mg:50 mg/L'dir. Bu dört element incelendiğinde, potasyum değerlerinin 6 istasyonda da TSE-266 standartlarının üstünde, sodyum değerlerinin 5 istasyonda TSE-266 standartlarının altında ve kalsiyum değerlerinin 8 istasyonda da TSE-266 standartlarının altında olduğu tespit edilmiştir.

Salavatlı ve İmamköy' den alınan numunelerdeki analiz sonuçlarına göre Na ve K değerlerinin diğer istasyonlara göre oldukça düşük olduğu gözlenmiştir.

Standartlara göre Na değerlerinin 200-2000 ppm arasında olması beklenmektedir.

İstasyonlardan alınan numuneler (Salavatlı, İmamköy hariç) standartlara uygundur.

Yüksek sıcaklıklarda Ca değerinin 50 ppm'den düşük, Mg değerinin 0.01-0.1 ppm arasında olması beklenmektedir. Jeotermal sulardaki Ca derişimi, doğada yaygın

olarak gözlenen CaCO_3 (kalsit, aragonit), CaSO_4 (anhidrit, jips), CaF_2 (florit) ve diğer kalsiyum minerallerinin ortamdaki çözünürlüğü ile ilgilidir. CO_2 gazının kısmi basıncı CaCO_3 'ün çözünürlüğü ve çökmesini etkiler. Ortam basıncı CO_2 'nin kısmi buhar basıncının altına düşerse, serbest kalan CO_2 açığa çıkar ve ortamdaki CaCO_3 çöker. Yüksek sıcaklığa sahip sistemlerde, sıcak su içerisinde çözünmüş Ca derişimi genellikle 50 ppm'den küçüktür. Na/Ca oranı jeotermometre olarak da kullanılır. Yüksek değerlerin doğrudan rezervuardan beslenmeyi gösterdiği kabul edilmektedir.

Kızıldere'deki KD-16 Condanser, R-1 Savak, R-1 Condanser oldukça yüksek sıcaklıklara sahip oldukları için Ca değerleri 11 ppm civarındadır.

Alangüllü 1, Alangüllü 2 ve Ortaklar Gümüş Kaplıcası, Ca ve Mg bakımından zengindir ve değerleri birbirine çok yakındır. Çünkü kaplıca sularının sıcaklıkları düşüktür.

Bulunan değerlere göre istasyonlar incelenecek olursa, Alangüllü 1 ve Alangüllü 2' den alınan numunelerdeki Fe değerlerin diğer istasyonlardan alınan numunelerin Fe değerlerinden oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Fe değerlerinin TSE 266 standartlarına göre 0.001-1 ppm arasında olması gerekmektedir. Fe için sınır değer 0,2 mg/L' dir. İstasyonlardaki tüm Fe değerleri TSE standartlarına uygundur.

TSE 266 standartlarına göre Cu için sınır değer 3 mg/L' dir. İstasyonlardaki tüm Cu değerleri TSE standartlarına uygundur. Mn için sınır değer 0,005 mg/L' dir.

Bor jeotermal sularda ortalama 1.0 mg/L bulunur. Maksimum 5.0 mg/L' dir.

İstasyonlardan alınan numunelerden alınan B değerleri standartlara uygundur.

pH < 6.2 olduğu yer altı sularındaki Ni konsantrasyonu 980 $\mu\text{g/L}$ ' nin üzerindedir. WHO standartlarına göre içme sularındaki Ni derişimi 0.02 mg/L' dir. Ni sadece Alangüllü 1 istasyonunda 0,001 $\mu\text{g/L}$ kadardır.

Zn ve Pb sadece düşük pH, yüksek sıcaklıkta kendini gösterir. Kızıldere jeotermal sahasından alınan numuneler yüksek sıcaklığa sahip olmasına rağmen düşük pH'a sahip olmadığı için Pb ve Zn miktarına rastlanmamıştır.

Halk sağlığı açısından çok önem arzeden nitrat-nitrit sularda, özellikle içme sularında mutlaka analizi yapılıp, standartlara uygun olup olmadığı belirlenmelidir. Bölgemizde bulunan kaplıca sularının pek çoğunun içmece olarak kullanıldığı göz önünde bulundurulursa bu değerlerin belirlenmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmış olur. TSE-266 ve WHO standartlarına göre nitrat düzeyi max. 50mg/L, nitrit düzeyi max. 0.1 mg/L olmalıdır. 8 istasyondan alınan analiz sonuçlarına göre; nitrat değerlerinin TSE-266 standartlarına uygun olduğu gözlemlenmiştir. Alangüllü 1 ve 2'deki nitrit değerlerinin TSE-266 standartlarının üstünde olduğu tespit edilmiştir. Nitrit değerinin fazla olması sağlık açısından zararlı bir etkisi olduğunu belirtmektedir.

Sonuç olarak; önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olan Afyonkarahisar kaplıcalarından her mevsim şifa kaynağı olarak yararlanılabileceği ve bu bölgede bulunan jeotermal kaynakların daha etkin kullanılabileceği söylenbilir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, F., Alıcılar, A., Şendil, O., 2002. Sularda Bulunan Nitratın Adsorbsiyon Yoluyla Uzaklaştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 17(4): 83-91, Ankara.
- Akkuş, İ., 2002. Jeotermal Uygulamalar ve MTA, Jenarum Yaz Okulu Ders Notları.
- Aydınöz, M., 2005. Afyonkarahisar bölgesinde bulunan kaplıca sularının mevsimsel analizi. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Barbier, E., 2002, Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview, 6(1-2): 3-65, Italy.
- BSR (Busines for Social Responsibility), 2002. Water Quality Guidelines and Polutant Fact Sheet, USA.
- Dişli, M., Akkurt, F., Alıcılar, A., 2004, Şanlıurfa Balıklıgöl suyunun bazı kimyasal parametrelerinin mevsimlere göre değişiminin değerlendirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 19(3): 287-294, Ankara.
- Doğdu, M.Ş., Kırmızıtaş, H., 2006. Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) sıcak suyunun oluşumu ve rezervuar sıcaklığının tahmini. **Jeoloji Mühendisliği Dergisi** 30(1): 1-16
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Yayın No: Dpt:2441.
- Ellis, A.J., Mahon, W.A.J., 1977. Chemistry and Geothermal Systems. Academic Press, New York.
- Erişen, B., Can, A.R., Yıldırım, N., 1989, Simav-Eynal (Kütahya) Jeotermal Alanı EJ-1 ve EJ-2 Sıcak Su Sondajları Kuyu Bitirme Raporu. MTA Report, No. 8916, Kütahya.

- Erzenoğlu, Z., 1987, Denizli-Çardak-Beylerli Kaplıcasının (Ilıca Pınarı) Hidrojeoloji Etüdü. MTA Report, No. 8141, Denizli.
- Eşder, T., Akkuş, I., Demirci, S., Çiçekli, K., Yılmaz, S., 1983, İzmir-Seferihisar Cumali-1 Jeotermal Enerji Araması Kuyu Bitirme Raporu. MTA Report, No. 8146, İzmir.
- IEA. Renewable Energy Essentials: Geothermal. 24 Kasım 2010. http://www.iea.org/papers/2010/Geothermal_Essentials.pdf
- Kanber, 2007, Aydın ili baz yer altı ve yerüstü su kaynaklarının kirlilik durumlarının belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Karagözoğlu, B., Peker, İ., 2004. Sabit Yataklı Kolon Sisteminde Laboratuvar Ölçeğinde Nitrat İçerikli Atık suların Arıtımı, Sivas.
- Kaygusuz, K., Kaygusuz, A., 2004. Geothermal energy in Turkey: The Sustainable future. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, 8: 545- 563.
- Koçak, A., 2002. Jeotermal Sistemler ve Hidrolojik Modelleme. Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (Jenarum) Yaz Okulu Ders Notları, İzmir, s 109-118.
- Mattusch, J., Wennrich, R., Schmidt A. -C., Reisser, W. 2004. Determination of arsenic species in water, soils and plants, **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, 200-203.
- MTA (2008) Mehmet Üzer, Jeotermal Kaynaklarımızın Durumu, Arama Politikaları ve Değerlendirilmesi. MTA. Aydın İli Maden ve Enerji Kaynakları.
- Muharrem Balat (2006), Sultanhisar Salavatlı (Aydın) Jeotermal Sahası Dora1 Jeotermal Enerji Santrali Yatırımı, TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydındaki Geleceği Sempozyumu.
- Nilgün Doğdu (2006), Büyük Menderes Grabeni'nde Jeotermal Enerji Arama Çalışmaları, TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydın'daki Geleceği Sempozyumu.

- Orhan Demir (2006), Bereket Enerji Jeotermal Projeleri, TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydın'daki Geleceği Sempozyumu.
- Özel, 2010, Diyarbakır ve Şanlıurfa illerinde yer alan kaplıca kaynaklarının kökensel incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Şimşek, Ş., 1984, Kızıldere-Tekkehamamı-Tosunlar-Buldan Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA report, No. 7846, Denizli.
- TAF, 2008. Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. **Preventive Medicine Bulletin**, 7(4), 351–356.
- TJD (Türkiye Jeotermal Derneği), Jeotermal Enerji. 08.11.2004 <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>.
- Toksoy M., Aksoy N., 2003. Aydın Jeotermal Gelişme Projesi, İzmir Institute of Technology Geotermal Energy Research Development Test and Education Center.
- Toksoy M., Aksoy N., 2003. Aydın Jeotermal Gelişme Projesi, 25.11.2003- 008.
- WHO, 1996. Guidelines for Drinking Water Quality, Geneva: World Health Organisation.
- WHO, 1998. Guidelines for Drinking Water Quality, Addendum to Vol.1. Recommendations, 2nd ed., Geneva: World Health Organisation.
- Yılmaz, S., “Batı Anadolu’nun Görünür Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Değerlendirilmesi”, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, O.D.T.Ü. Kültür ve Kongre Merkezi, Cilt: 3, Ankara, s.219-231, 3-8 Kasım (1997).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nergiz Susen Yılmaz
Doğum Yeri ve Tarihi : Kdz. Ereğli, 03.04.1985

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Muğla Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Kimya Bölümü
2004-2008

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Kimya Anabilim Dalı
2009-2012

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Lisans Bitirme Tezi: Akrilat Bazlı Polietilen Glikoldiakrilat
Hidrojellerinin Sentezi ve Şişme
Davranışlarının Tespiti (2008)

İŞ DENEYİMİ

Yer	Yıl	Görev
Aydın DSİ Bölge Müdürlüğü Kalite-Kontrol Laboratuvarı	2009-2010	Kimyager
Artı Çözüm Dergisi Dershaneleri AYDIN	2010-2011	Kimya Öğretmeni
Pusula Dershanesi	2011-2012	Kimya Öğretmeni

AYDIN

İLETİŞİM

E-posta Adresi : nergizsusenyilmaz@gmail.com

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nergiz Susen Yılmaz
Doğum Yeri ve Tarihi : Kdz. Ereğli, 03.04.1985

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Muğla Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Kimya Bölümü
2004-2008

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Kimya Anabilim Dalı
2009-2012

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Lisans Bitirme Tezi: Akrilat Bazlı Polietilen Glikoldiakrilat
Hidrojellerinin Sentezi ve Şişme
Davranışlarının Tespiti (2008)

İŞ DENEYİMİ

Yer	Yıl	Görev
Aydın DSİ Bölge Müdürlüğü Kalite-Kontrol Laboratuvarı	2009-2010	Kimyager
Artı Çözüm Dergisi Dershaneleri AYDIN	2010-2011	Kimya Öğretmeni
Pusula Dershanesi AYDIN	2011-2012	Kimya Öğretmeni

İLETİŞİM

E-posta Adresi : nergizsusenyilmaz@gmail.com