

T.C.
AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AFYONKARAHİSAR BÖLGESİNDE BULUNAN
KAPLICA SULARININ
MEVSİMSSEL ANALİZİ**

Mesut AYDINGÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya Anabilim Dalı

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mustafa CEMEK

AFYONKARAHİSAR
2005

AFYONKARAHİSAR BÖLGESİNDE BULUNAN
KAPLICA SULARININ
MEVSİMSEL ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS

Mesut AYDINGÖZ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mustafa CEMEK

KİMYA ANABİLİM DALI

Eylül 2005

Mesut Aydınöz'ün yüksek lisans olarak hazırladığı “Afyonkarahisar Bölgesinde Bulunan Kaplıca Sularının Mevsimsel Analizi” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

.../.../2005

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Muhsin KONUK
(Başkan)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Mustafa CEMEK
(Danışman)

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Muhsin KONUK

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. İbrahim EROL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nunGün
vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

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.

Afyonkarahisar, ülkemizde jeotermal enerji potansiyeli bakımından zengin bir ilimizdir. İl sınırları içerisinde pek çok kaplıca bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; İkbâl, Ömer, Gazlıgöl, Oruçoğlu, Hüdai, Gecek, Heybeli, Soydan, Başak, Yaylakent, Grand Özer, Özdemir, Grand Sönmez ve AFJET’dir. Bu nedenle Afyonkarahisar ilimize, “*kaplıca şehri*” demek yerinde olacaktır. Bu çalışmada, Afyonkarahisar’ın sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli vurgulanmış ve bu bölgede bulunan kaplıca sularının mevsimsel analizi yapılmıştır.

Elde edilen sıcaklık değerleri, çevre illerin kaplıcalarındaki ortalama verilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bundan dolayı, Afyonkarahisar kaplıcalarının hem kaplıca turizmine, hem de ısıtma amaçlı kullanıma uygun olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, 1A, 2A ve 3A grubu elementlerinin kış mevsimindeki değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Kaplıca sularından elde edilen nitrat ve nitrit değerlerinin TSE-266 ve WHO standartlarına uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, analizleri yapılan kaplıca sularındaki ağır metal düzeylerinin halk sağlığını tehdit edecek sınırların altında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Jeotermal Enerji, Afyonkarahisar, Kaplıca, Su analizi, Nitrat-Nitrit, Mineral madde analizi, ICP

ABSTRACT

The earth crust has bountiful and various energy source. Geothermal energy is used as heat that comes from the ground. For geothermal energy which is a renewable, inexhaustible and not to cause to environmental pollution energy source has many using areas have been researching. Geothermal energy is used in electricity production, building heating and agriculture. It is also preferred because of positive contributions for healthy life and at the last times the researchs are densened in this way.

Our country where is located in Alpine-Himalayan Tectonic Belt is situated amongst first five countries in geothermal heating and balneological applications in the World. It is amongst first seven countries aspect of its richness in the World. There are 140 geothermal areas that contain geothermal fluid over 40 °C in Turkey and it was determined about 1300 thermal sources in these areas.

Afyonkarahisar is a rich city from the point of view of geothermal energy potential. There are many hot springs in city borders. Important ones are; İkbāl, Ömer, Gazlıgöl, Oruçoğlu, Hüdai, Gecek, Heybeli, Soydan, Başak, Yaylakent, Grand Özer, Özdemir, Grand Sönmez and AFJET. Because of this, to say hot spring city to the Afyonkarahisar city will be more true word. In this study, it has been pointed out geothermal energy potential of Afyonkarahisar and analyzed hot spring waters as seasonal that located in this area.

Temperature data that we obtain in our study according to the other average data are found higher. Therefore, we can say that Afyonkarahisar thermal waters are appropriate for thermal tourism and heating. We obtain data of 1A, 2A and 3A elements which are usually lower in winter season. Nitrate and nitrite results that is obtained from thermal waters are appropriate to the TSE-266 and WHO standarts. In addition, heavy metal levels in hot spring waters that are analyzed are not toxic effects to the people health.

Key words: Geothermal energy, Afyonkarahisar, Hot spring, Water analysis, Nitrate-Nitrite, Mineral matter analysis, ICP

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Jeotermal Enerji.....	3
2.2. Yerkürenin Bölümleri.....	5
2.3. Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar.....	7
2.4. Jeotermal Sistemler.....	8
2.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları.....	9
2.5.1. Elektrik Üretimi.....	13
2.6. Jeotermalin Tarihçesi.....	14
2.7. Türkiye’de Jeotermal.....	17
2.8. Afyonkarahisar’da Jeotermal.....	22
2.9. Mineral Suların Analizleri.....	25
3. MATERYAL ve METOT.....	37
3.1. Örneklerin Toplanması.....	37
3.2. Analizlerin Yapılması.....	37
3.3. İstatistik Analiz.....	38
4. BULGULAR.....	39
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	68
KAYNAKLAR.....	75
TEŞEKKÜR	
ÖZGEÇMİŞ	

EK	<u>Sayfa</u>
Yaz mevsimi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	82
Sonbahar mevsimi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	85
Kış mevsimi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	88
İlkbahar mevsimi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	91

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

MWt	Megawatt termal
GWh	Gigawatt saat
MWe	Megawatt elektrik
mg/L	miligram/litre

Açıklama

Kısaltmalar

A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri
MTA	Maden Tetkik Arama
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
GDHS	Jeotermal Direkt Kullanım Sistemi
AFJET	Afyon Jeotermal Enerji Tesisleri
TDS	Toplam Çözünmüş Katı
ICP–OES	Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectroscopy
WHO	World Health Organization
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

Açıklama

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1 Kızıldere (Denizli) yöresindeki jeotermal çıkışlar.....	3
2 İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.....	4
3 Yerkürenin bölümleri.....	5
4 Jeotermal sistemin oluşum mekanizması.....	7
5 En çok bilinen jeotermal alanlar.....	7
6 Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı.....	11
7 Kuru buhar sistemi.....	13
8 Flash buhar sistemi.....	13
9 İkili döngü sistemi.....	14
10 Türkiye’de jeotermal alanlar.....	17
11 Grabenlerle ilişkili olarak gelişen jeotermal sahaların görünümü....	18
12 Afyonkarahisar il haritası.....	22
13 Kaplıcalara ait ortalama sıcaklık değerleri.....	53
14 Kaplıcalara ait ortalama pH değerleri.....	54
15 Kaplıcalara ait ortalama iletkenlik değerleri.....	55
16 Kaplıcalara ait ortalama NO ₃ değerleri.....	56
17 Kaplıcalara ait ortalama NO ₂ değerleri.....	57
18 Kaplıcalara ait ortalama Na değerleri.....	58
19 Kaplıcalara ait ortalama K değerleri.....	59
20 Kaplıcalara ait ortalama Ca değerleri.....	60

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
21 Kaplıcalara ait ortalama Mg değerleri.....	61
22 Kaplıcalara ait ortalama Fe değerleri.....	62
23 Kaplıcalara ait ortalama As değerleri.....	63
24 Kaplıcalara ait ortalama B değerleri.....	64
25 Kaplıcalara ait ortalama S değerleri.....	65
26 Kaplıcalara ait ortalama Sr değerleri.....	66
27 Kaplıcalara ait ortalama Li değerleri.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
1	Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım yerleri (Lindal Diyagramı).....	10
2	Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, jeotermal elektrik santrallerinin kurulu güçleri ve üretim kapasiteleri.....	12
3	Jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamaları.....	12
4	2000-2025 yılları arasındaki jeotermal enerji hedefleri.....	20
5	Türkiye’de jeotermal enerjinin direk kullanımı.....	21
6	1 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	39
7	2 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	40
8	3 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	41
9	4 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	42
10	5 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	43
11	6 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	44
12	7 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	45
13	8 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	46
14	9 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi.....	47
15	10 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi...	48
16	11 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi...	49
17	12 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi...	50
18	13 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi...	51
19	14 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi...	52
20	Ortalama sıcaklık düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	53
21	Ortalama pH düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	54
22	Ortalama iletkenlik düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi....	55
23	Ortalama NO ₃ düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	56
24	Ortalama NO ₂ düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	57
25	Ortalama Na düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	58
26	Ortalama K düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	59
27	Ortalama Ca düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	60
28	Ortalama Mg düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi.....	61

ÇizelgeSayfa

29	Ortalama Fe düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	62
30	Ortalama As düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	63
31	Ortalama B düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	64
32	Ortalama S düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	65
33	Ortalama Sr düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	66
34	Ortalama Li düzeylerinin istatiksel değeriendirilmesi.....	67

AFYONKARAHİSAR BÖLGESİNDE BULUNAN KAPLICA SULARININ MEVSİMSSEL ANALİZİ

Mesut AYDINGÖZ

ÖZET

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.

Afyonkarahisar, ülkemizde jeotermal enerji potansiyeli bakımından zengin bir ilimizdir. İl sınırları içerisinde pek çok kaplıca bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; İkbal, Ömer, Gazlıgöl, Oruçoğlu, Hüdai, Gecek, Heybeli, Soydan, Başak, Yaylakent, Grand Özer, Özdemir, Grand Sönmez ve AFJET’dir. Bu nedenle Afyonkarahisar ilimize, “*kaplıca şehri*” demek yerinde olacaktır. Bu çalışmada, Afyonkarahisar’ın sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli vurgulanmış ve bu bölgede bulunan kaplıca sularının mevsimsel analizi yapılmıştır.

Elde edilen sıcaklık değerleri, çevre illerin kaplıcalarındaki ortalama verilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bundan dolayı, Afyonkarahisar kaplıcalarının hem kaplıca turizmine, hem de ısıtma amaçlı kullanıma uygun olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, 1A, 2A ve 3A grubu elementlerinin kış mevsimindeki değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Kaplıca sularından elde edilen nitrat ve nitrit değerlerinin TSE-266 ve WHO standartlarına uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, analizleri yapılan kaplıca sularındaki ağır metal düzeylerinin halk sağlığını tehdit edecek sınırların altında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Jeotermal Enerji, Afyonkarahisar, Kaplıca, Su analizi, Nitrat-Nitrit, Mineral madde analizi, ICP

SEASONAL ANALYSIS OF THERMAL WATERS IN AFYONKARAHISAR REGION

Mesut AYDINGÖZ

ABSTRACT

The earth crust has bountiful and various energy source. Geothermal energy is used as heat that comes from the ground. For geothermal energy which is a renewable, inexhaustible and not to cause to environmental pollution energy source has many using areas have been researching. Geothermal energy is used in electricity production, building heating and agriculture. It is also preferred because of positive contributions for healthy life and at the last times the researches are densened in this way.

Our country where is located in Alpine-Himalayan Tectonic Belt is situated amongst first five countries in geothermal heating and balneological applications in the World. It is amongst first seven countries aspect of its richness in the World. There are 140 geothermal areas that contain geothermal fluid over 40 °C in Turkey and it was determined about 1300 thermal sources in these areas.

Afyonkarahisar is a rich city from the point of view of geothermal energy potential. There are many hot springs in city borders. Important ones are; İkbāl, Ömer, Gazlıgöl, Oruçoğlu, Hüdai, Gecek, Heybeli, Soydan, Başak, Yaylakent, Grand Özer, Özdemir, Grand Sönmez and AFJET. Because of this, to say hot spring city to the Afyonkarahisar city will be more true word. In this study, it has been pointed out geothermal energy potential of Afyonkarahisar and analyzed hot spring waters as seasonal that located in this area.

Temperature data that we obtain in our study according to the other average data are found higher. Therefore, we can say that Afyonkarahisar thermal waters are appropriate for thermal tourism and heating. We obtain data of 1A, 2A and 3A elements which are usually lower in winter season. Nitrate and nitrite results that is obtained from thermal waters are appropriate to the TSE-266 and WHO standards. In addition, heavy metal levels in hot spring waters that are analyzed are not toxic effects to the people health.

Key words: Geothermal energy, Afyonkarahisar, Hot spring, Water analysis, Nitrate-Nitrite, Mineral matter analysis, ICP

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).

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, ilk defa 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. Bununla birlikte kabuklaşma, korozyon gibi sorunların çözülmesi ile temiz bir çevre ortamı sağlanması ve enerji açısından ülkeyi dışa bağımlılıktan kurtarması gibi üstünlüklerinden dolayı çekiciliği giderek artmaktadır (TJD 2004).

Doğada bilinen en iyi çözücü sudur ve aynı zamanda iyi bir taşıyıcıdır. Doğal halinde pek çok çözünmüş 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).

Temiz ve sağlıklı yaşam için su vazgeçilmez bir unsurdur. Su kalitesi hem bireyler için hem de halk sağlığı için en önemli bir etkindir. 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 önemli ölçüde değişmektedir. Bu yüzden bu parametrelerin belirlenmesi halk sağlı açısından da önemlidir.

Bu çalışmada, önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olan Afyonkarahisar bölgesinde yer alan kaplıca sularının mevsimsel olarak analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Jeotermal Enerji

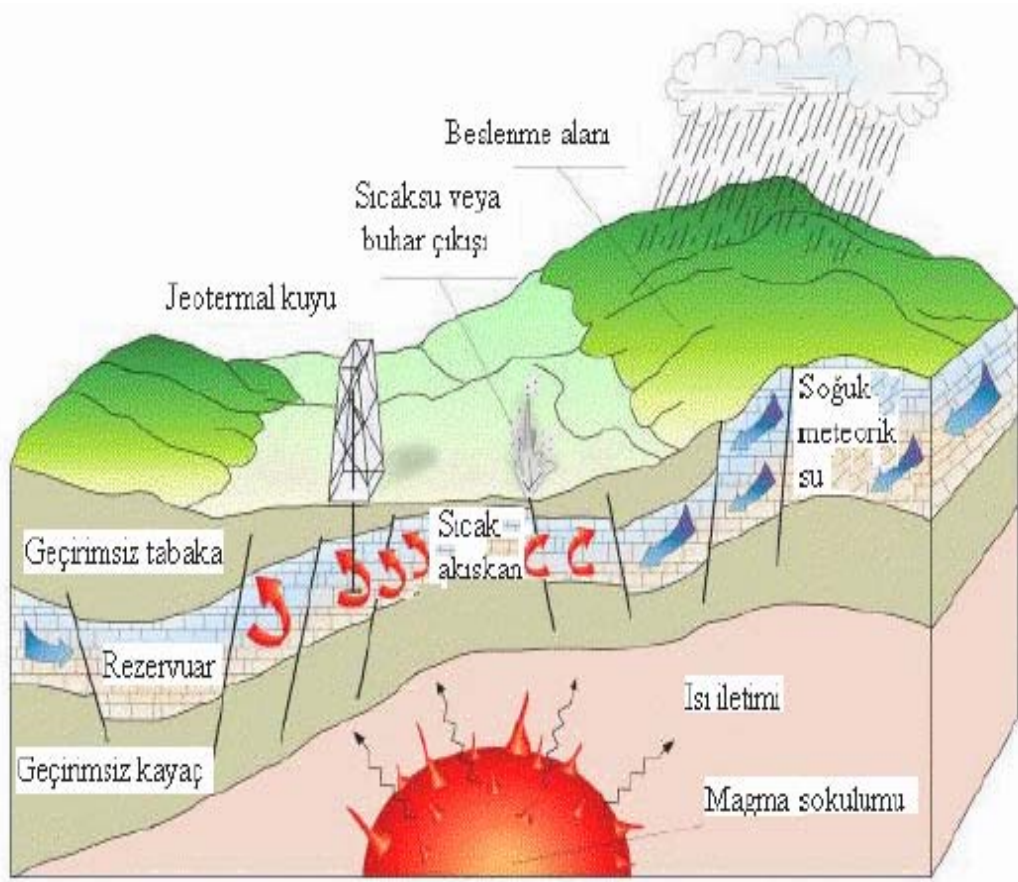
Jeotermal enerji literatürde yerden gelen ısı anlamında kullanılmaktadır (latince, geo: yer, term: ısı). Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısıнын oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir (Şekil 1). Jeotermal enerji, yeni, yenilenebilir, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür (DPT 1996, Red Brochure 2001, McDermott 2003, TJD 2004, Ayaz vd. 2004, Barbier 2002).



Şekil 1. Kızıldere (Denizli) yöresindeki jeotermal çıkışlar

Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığı ile derinlere süzülen meteorit sular, bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzünde değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol

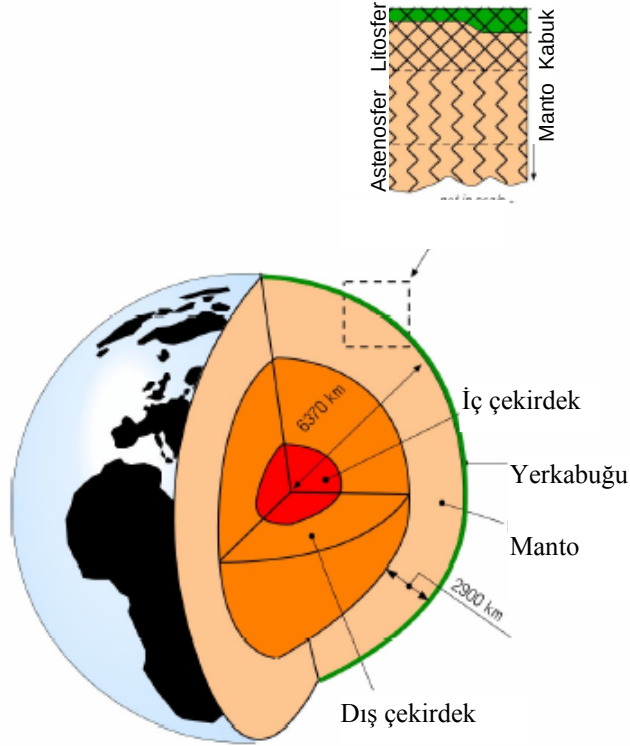
edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda (rezervuar) birikirler. Bu akışkan, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur ya da sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur (Şekil 2). Ayrıca bazı alanlarda bulunan sıcak kuru kayalarda herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir (Toka 2004, Dickson ve Fanelli 2004, Durak 1996).



Şekil 2. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi

2.2. Yerkürenin Bölümleri

Dünya, yer kabuğu, manto ve çekirdek olmak üzere üç konsantre bölgeden oluşmuştur. Dünyanın yarıçapı yaklaşık 6370 km kadardır (Şekil 3.) (Barbier 2002).



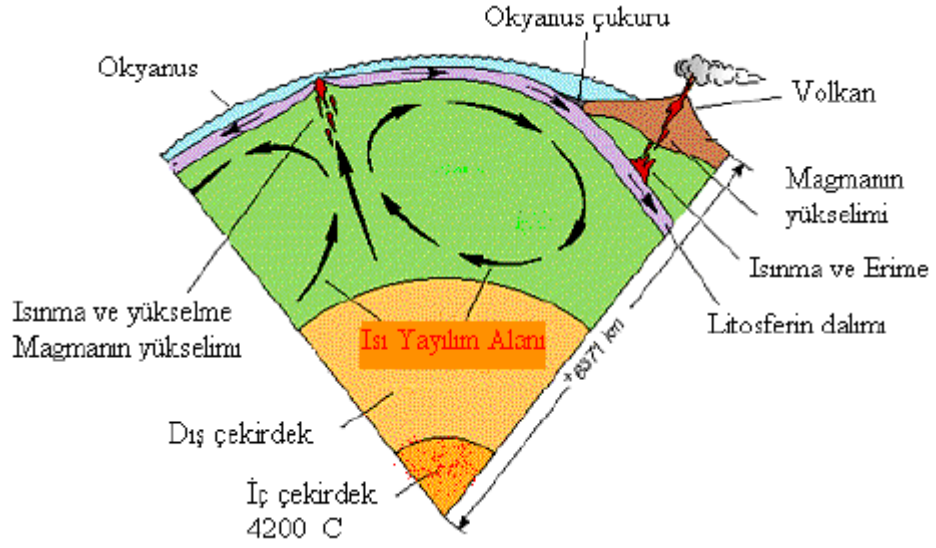
Şekil 3. Yerkürenin bölümleri

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. Sismik dalgalar okyanus kabuğundan daha çabuk geçmiştir. 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.

Litosferin kalınlığı okyanusların altından yaklaşık 70 km, karaların altından ise yaklaşık 100-125 km kadardır. Astenosferin değişik tabakalarındaki sıcaklık farkı nedeniyle on milyonlarca yıl önce ısı yayılım (konvektif) hareketi ve ısı yayılım hücreleri oluşmuştur. Çekirdekten gelen ve radyoaktif elementlerin bozunması sonucu devamlı olarak üretilen ısı, astenosferin oldukça çok yavaş hareket (yılıda birkaç cm) etmesini sağlar. Derinlerdeki çok büyük hacimdeki sıcak kayaçlar, çevresindeki daha az yoğunluklu ve hafif kayaçları yüzeye doğru iterler. Bu sırada yüzeydeki yoğun ve ağır kayaçlar derine doğru batarlar ve tekrar ısınarak yüzeye doğru yükselirler. Litosferin çok ince olduğu (özellikle okyanuslarda) bölgelerde, astenosferden yükselen çok sıcak ve bir kısmı eriyik halde bulunan maddeler litosferi yukarı doğru hareket ettirir ve kırar. Bu sistemin oluşturduğu ve oluşturmaya devam ettiği yükselti okyanusta ada (İzlanda) oluşumlarına da neden olmaktadır. Astenosferden yükselen bu eriyik maddelerin çoğu, litosferi ikiye bölerek farklı yönlerde hareket etmesine neden olur. Devamlı olarak üretilen bu yükselti ve farklı yönlerde hareket eden bu iki tabakanın çekimi okyanus tabanının her yıl birkaç cm her iki yöne de hareket etmesine neden olur. Sonuç olarak okyanus tabanı büyüme eğilimindedir. Fakat dünyanın yüzeyinde herhangi bir büyüme yoktur. Oluşan bu yeni litosfer formasyonu dünyanın diğer ucundaki litosferin küçülmesine neden olur. Bu durum dalma bölgelerinde çok büyük okyanus hendeklerinin oluşmasına neden olur. Bu dalma bölgelerinde aşağı doğru kıvrılan litosfer bitişik litosferin altına doğru dalar ve dolayısıyla derinlerdeki sıcak bölgeye inerek litosferin bir kısmı tekrar eriyik hale gelir ve çatlak ve kırık bölgelerinden tekrar yüzeye yükselerek volkanları oluşturur (Şekil 4). Sonuç olarak yüzeyde oluşan birçok volkana karşı diğer tarafta okyanus hendekleri oluşur (Barbier 2002, Toka 2004).

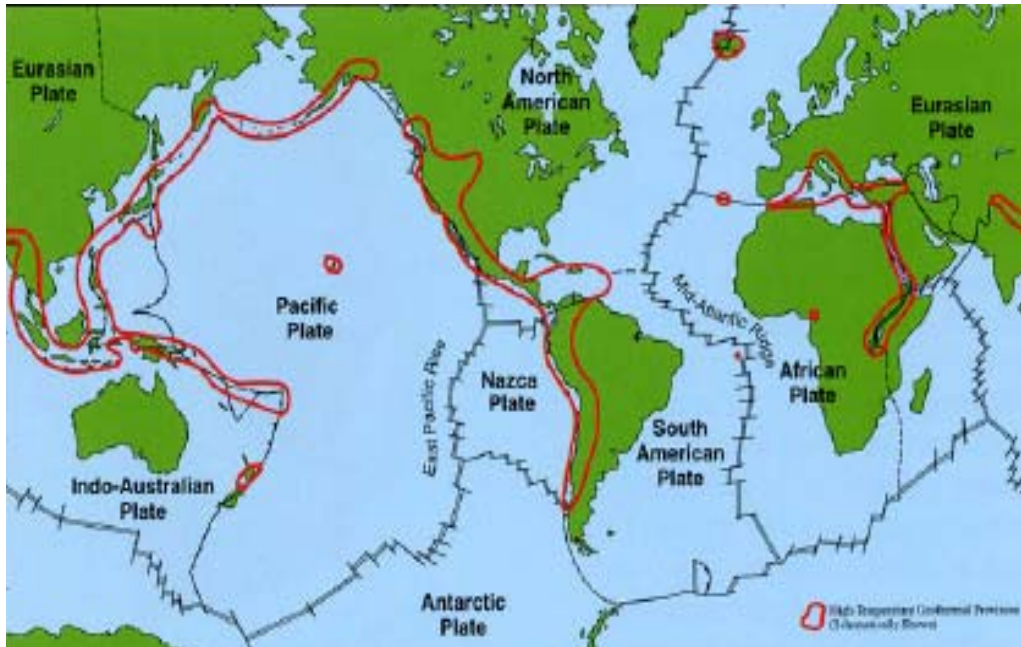
Çekirdek : Çekirdek mantodan itibaren 3470 km'lik bir yarıçapa sahiptir. Sıcaklık 4000°C civarında ve merkezdeki basınç 3.6 milyon bardır. (360.000 MPa) Çekirdek iç ve dış çekirdek olmak üzere iki kısımdan meydana gelir (Barbier 2002).



Şekil 4. Jeotermal sistemin oluşum mekanizması

2.3. Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar

Dünyada, jeolojik özellikleri nedeniyle (genç tektonizma ve volkanizma) birçok jeotermal kuşak bulunmaktadır (Şekil 5) (Red Brochure 2001).



Şekil 5. En çok bilinen jeotermal alanlar

And Volkanik Kuşağı; Güney Amerikanın batı sahillerinde bulunan bu kuşak, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantini kapsamaktadır. Çok sayıda aktif volkanizmanın varlığı nedeniyle, yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin bulunduğu bu kuşaktaki jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir (DPT 1996).

Alp-Himalaya Kuşağı; Hindistan ile Avrasya fay hattının çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak, dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan kuşak, İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunnan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland'ı kapsamaktadır (DPT 1996).

Doğu Afrika Rift Sistemi; Aktif olan bu sistem Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Djibuti gibi ülkeleri içine alır. Aktif volkanizma Kenya, Etiyopya ve Tanzanya'dadır (DPT 1996).

Karayib Adaları; Aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta, önemli potansiyel görülmektedir (DPT 1996).

Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Guatamela, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama'yı içine alan bu kuşakta, çok sayıda jeotermal sistem bulunmaktadır (DPT 1996).

Bunların dışında; Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız Devletler Topluluğu gibi ülkeler farklı tektonik oluşumlar nedeniyle verimli jeotermal sahalara sahiptir (DPT 1996).

2.4. Jeotermal Sistemler

Yeraltındaki ısı, yerçekimsel çökmeye 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, www-1).

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 (www-1).

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 yer kabuğu üzerinde oluşmuş, birer doğal nükleer reaktör olarak kabul edilebilirler (www-1).

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 (www-1).

2.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Yeryüzüne çıkan termal su ve buharın sıcaklığı 20°C ile 400°C arasında bulunabilmektedir. Termal sular, düşük (20-70°C), orta (70-150°C) ve yüksek (>150°C) sıcaklıklı olmak üzere üç kısımda toplanmaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayiinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır (Çizelge 1). Yüksek sıcaklıklı sahalardan

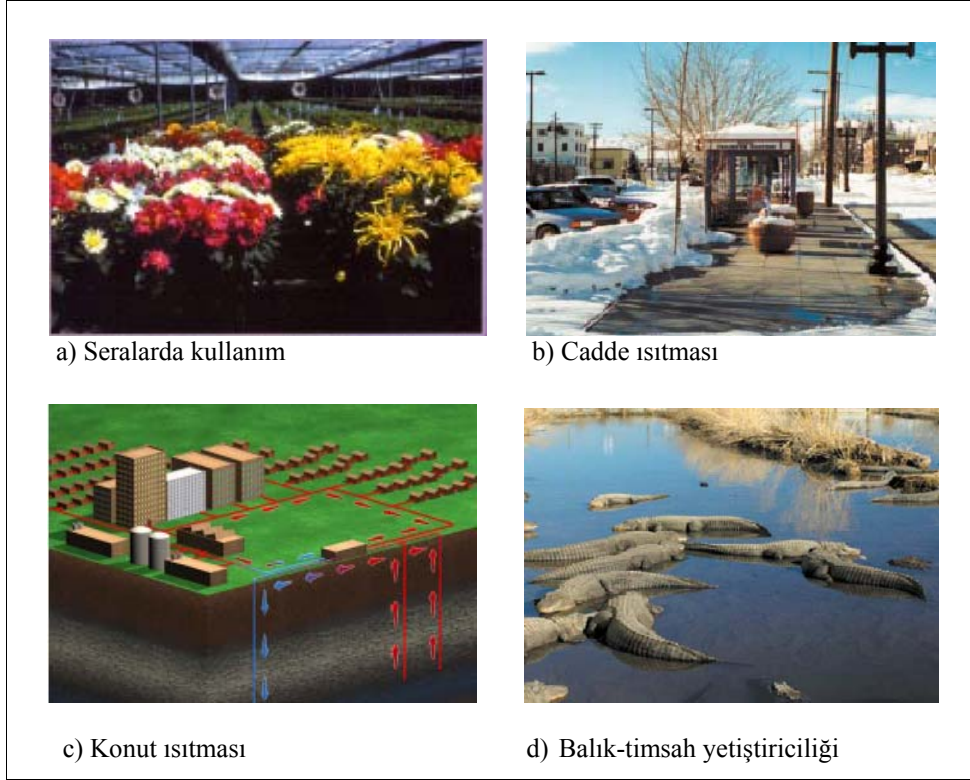
elde edilen akışkandan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir (DPT 1996, TJD 2004).

Çizelge 1. Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım yerleri
(Lindal Diyagramı)

°C	Kullanım yerleri
180	Yüksek konsantrasyon solüsyonun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfür yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservacilikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
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, sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma
20	Balık çiftlikleri

İlk çağlarda başlayan jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı, günümüzde çeşitlenerek ve yaygınlaştırılarak önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Daha düşük sıcaklıktaki kaynakların kullanımına imkan vermesi, yeni ve yüksek teknoloji gerektirmemesi (mevcut teknolojinin yeterli olması) ve elektrik enerjisi eldesi ile kıyaslandığında termal verimin çok daha yüksek olması gibi nedenlerle gelişimi daha hızlı olmuştur. Bugün 30'un üzerinde ülkede jeotermal enerji ısınma ve diğer

amaçlarla (sera, kaplıca, alan-bölge ısıtması, balık timsah yetiştiriciliği) kullanılmaktadır ve kurulu güç 13.000 MW'ta ulaşmıştır (Şekil 6) (DOE 1999, TJD 2004, Durak 1996).



Şekil 6. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı

Dünyada, 1995'den 2000 yılına kadar, jeotermal elektrik üretiminde %17, jeotermal elektrik dışı uygulamalarda ise % 87 artış olmuştur. Filipinler'de toplam elektrik üretiminin %27'si, Kaliforniya Eyaleti'nde %7'si, İzlanda' da toplam ısı enerjisi ihtiyacının %86'sı jeotermalardan karşılanmaktadır. 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. 2000 yılı itibariyle, Dünyadaki jeotermal elektrik üretimi 7974 MW elektrik kurulu güç olup, 65 milyar kWh/yıl üretimdir (Çizelge 2). Jeotermalin doğrudan kullanımı ise 17174 MW termal olup, 3 Milyon konut ısıtma eşdeğeridir (Çizelge 3) (TJD 2004).

Çizelge 2. Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, jeotermal elektrik santrallerinin kurulu güçleri ve üretim kapasiteleri

Ülke	Kurulu Güç (MWt)	Üretim Kapasitesi (GWh)	Ülke	Kurulu Güç (MWt)	Üretim Kapasitesi (GWh)
Çin	29.17	100	Yeni Zelanda	437	2268
Kostarika	142.5	592	Nikaragua	70	583
El Salvador	161	800	Filipinler	1909	9181
Guatemala	33.4	215.9	Portekiz	16	94
İzlanda	170	1138	Rusya	23	85
Endonezya	589.5	4575	Tayland	0.3	1.8
İtalya	785	4403	TÜRKİYE	20.4	119.73
Japonya	546.9	3532	A.B.D.	2228	15470
Kenya	45	366.47	Diğer Ülkeler	12.89	55.55
Meksika	755	5681	Toplam	7974.06	49261.45

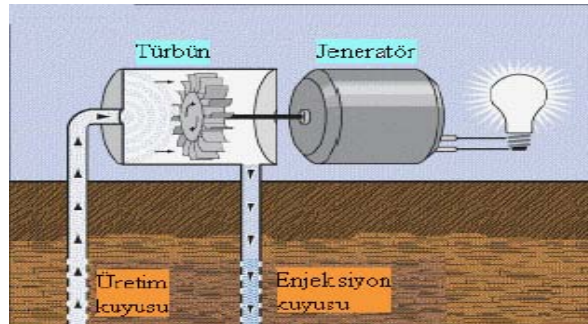
Çizelge 3. Jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamaları

Ülke	Kurulu Güç (MWt)	Ülke	Kurulu Güç (MWt)
Avusturya	255	Yeni Zelanda	308
Kanada	378	Romanya	152
Çin	2814	Rusya	307
Fransa	326	İsveç	377
Gürcistan	250	İsviçre	547
Almanya	397	TÜRKİYE	992
Macaristan	391	Ürdün	153
İzlanda	1469	A.B.D.	5366
İtalya	326	Diğer Ülkeler	1215
Japonya	1159	Toplam	17174
Meksika	164		

2.5.1. Elektrik üretimi: Yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynakların ($>150\text{ }^{\circ}\text{C}$) en önemli kullanım alanı elektrik üretimidir. Jeotermal enerjiyi kullanarak elektrik üretimi, bilinen buhar tribünü ve jeneratör kullanılarak elde edilir. Rezervin içine bir sonda yardımı ile girilir, sıcak su veya buharın tesisin içine alınması sağlanarak elektrik üretimi yapılır. Tesisin yapımı, rezervin sıcaklığına, basıncına ve akışkan miktarına bağlıdır. Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır. Bunlar, kuru buhar santrali, flaş buhar santrali ve ikili döngü santralidir (Şekil 7,8,9) (Toka 2004).

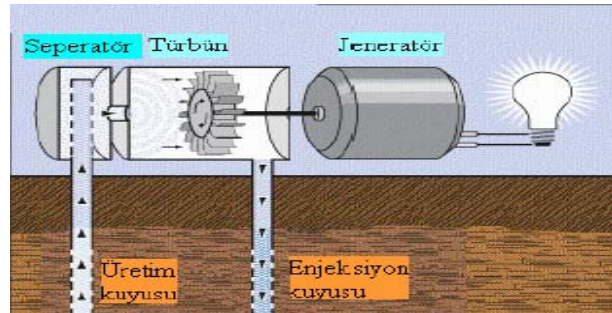
Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk kez 20. yüzyılın başlarında (1904) Larderello Sahası'nda (İtalya) başarıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak Yeni Zellanda'da uygulanmıştır (Durak 1996).

- a) *Kuru buhar sistemi:* Bu tip sistemlerde kuyulardan üretilen kuru buhar direkt olarak kullanılır (Toka 2004).



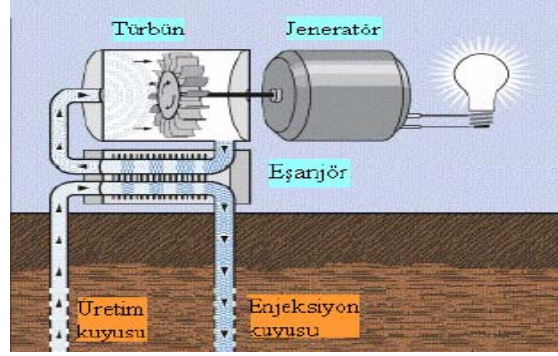
Şekil 7. Kuru buhar sistemi

- b) *Flash buhar sistemi:* Yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan düşük basınçlı separatörlerde su ve buhar olarak ayrılır ve ayrıştırılan buhar ile türbünün döndürülmesi sağlanır (Toka 2004).



Şekil 8. Flash buhar sistemi

- c) *İkili döngü sistemi*: Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan eşanjörde (heat-exchanger) buharlaştırılır ve buharlaşan bu akışkan ile türbinin döndürülmesi sağlanır (Toka 2004).



Şekil 9. İkili döngü sistemi

2.6. 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 yaygılaştırmışlardır (Barbier 2002).

Aşağıdaki tarihsel sıralamada Dünya’da ve Türkiye’deki jeotermal enerjideki gelişim görülmektedir (TJD 2004):

- M.Ö. 10.000: Jeotermal akışkandan Akdeniz Bölgesi’nde çanak, çömlek, cam, tekstil, krem imalatında yararlanıldı.
- M.Ö. 1.500: 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.
- 1800: Fransa’da yerleşim birimlerinin jeotermal enerji ile ısıtılması yaygınlaştı.
- 1800: ABD’de kaplıcaçılık hızla yaygınlaşmaya başladı.
- 1818: F. Larderel ilk defa jeotermal buhar kullanarak Borik Asit elde etti.
- 1833: P. Savi tarafından İtalya’daki Larderello Bölgesi’nin altındaki jeotermal rezervuarın yayılımı araştırıldı.
- 1841: İtalya (Larderello)’da yeni teknikler kullanılarak jeotermal kuyularının açılmasına başlandı.
- 1860: ABD (California)’da “The Geysers” tesisleri açıldı.
- 1870: ABD’de kaplıca ve benzeri yerlere büyük talep doğdu.
- 1900: California (Calistoga)’da otuzdan fazla kaplıca merkezi açıldı.
- 1904: İtalya’da (Larderello), jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi sağlandı.
- 1920: California (The Geysers)’de ilk jeotermal kuyular açıldı.
- 1929: Oregon (Klamath Falls)’da evler jeotermal enerji ile ısıtıldı.
- 1930: İzlanda’da büyük ölçekli merkezi ısıtma projesi çalışmaları başladı.
- 1930: İzlanda, ABD, Japonya ve Rusya’da jeotermal akışkanın kullanımı yaygınlaştı.
- 1943: İtalya (Larderello) jeotermal sahasından elektrik üretimi 132 MWe kapasiteye erişti.
- 1945: Süt pastörizasyonunda ilk kez jeotermal akışkandan yararlanıldı.
- 1945: ABD’de buzlanmaya karşı yer ısıtmasında, hacim ısıtmasında ve sera ısıtmacılığında jeotermal ısı kullanıldı.
- 1958: Yeni Zelanda’da “Flash Metodu” ile jeotermal elektrik üretimine başlandı.
- 1960: California (The Geysers) jeotermal alanında ticari elektrik üretimi için ilk kez kuru buhar kullanıldı.
- 1963: Türkiye’de ilk jeotermal sondaj kuyusu İzmir (Balçova)’de açıldı.
- 1966: Japonya’da ilk jeotermal elektrik santrali kuruldu.
- 1968: Türkiye’de elektrik üretimi amaçlı ilk jeotermal kuyu Denizli (Kızıldere)’de açılarak, Denizli (Kızıldere) jeotermal alanı keşfedildi.
- 1969: İkincil çevrim jeotermal teknolojiler ABD (California)’de başarı ile uygulandı.

- 1969: Fransa’da büyük jeotermal ısıtma projeleri başladı.
- 1970: Çin’de ilk kez elektrik üretiminde jeotermal akışkandan yararlanıldı.
- 1975: ABD (California)’de “The Geysers” jeotermal alanındaki kaynaklardan 500 MWe’lık elektrik üretimi kapasitesine ulaşıldı.
- 1978: ABD (Nevada)’de ilk jeotermal gıda kurutma tesisi kuruldu.
- 1978: Meksika (New Mexico)’da kızgın kuru kayada jeotermal rezervuar oluşturulup test edilmeye başlandı.
- 1979: Endonezya’da ilk jeotermal elektrik üretimi gerçekleştirildi.
- 1980: Batı Amerika’da bazı jeotermal elektrik santralleri kuruldu.
- 1981: Hawaii (Puna)’de kurulan jeotermal tesisler faaliyete geçti.
- 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.
- 1984: ABD (Oregon)’de mantar yetiştiriciliğinde jeotermalden yararlanıldı.
- 1985: Jeotermal elektrik santrallerinde yaklaşık 2.000 MW’lık elektrik üretim kapasitesine ulaşıldı.
- 1987: ABD (Nevada)’de jeotermal akışkan altın üretiminde kullanıldı.
- 1987: Türkiye’nin ilk jeotermal merkezi ısıtma sistemi Balıkesir (Gönen)’de işletmeye açıldı.
- 1990: ABD’de jeotermal elektrik üretimi kurulu kapasitesi 3.000 MWe’e yükseldi.
- 1992: Dünya’da 21 ülkede jeotermal elektrik üretimi yaklaşık 6.000 MWe’e ulaştı.
- 1996: Türkiye’de 15.000 konut ana kapasiteli İzmir (Balçova) jeotermal merkezi ısıtma sistemi devreye girdi.
- 2000: Tüm Dünya’da jeotermalden yaklaşık 8000 MWe jeotermal elektrik ve 17.000 MWt civarında jeotermal doğrudan kullanım gerçekleştirildi.
- 2001: Türkiye’nin jeotermal kurulu ısıtma gücü 493 MWt’e ulaştı. Türkiye böylece jeotermal elektrik dışı uygulamalarda Dünya’nın 5. büyük ülkesi durumuna geldi.

2.7. Türkiye’de Jeotermal

Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde olan ülkemiz jeotermal kaynaklar açısından zengin bir konumdadır. Türkiye’de termal suların dağılımı fay hatlarının ve üçüncül-dördüncül volkanların dağılımına paralel olmuştur (Şekil 10) (Mertoğlu vd. 2003, Kaygusuz ve Kaygusuz 2004, TJD 2004).



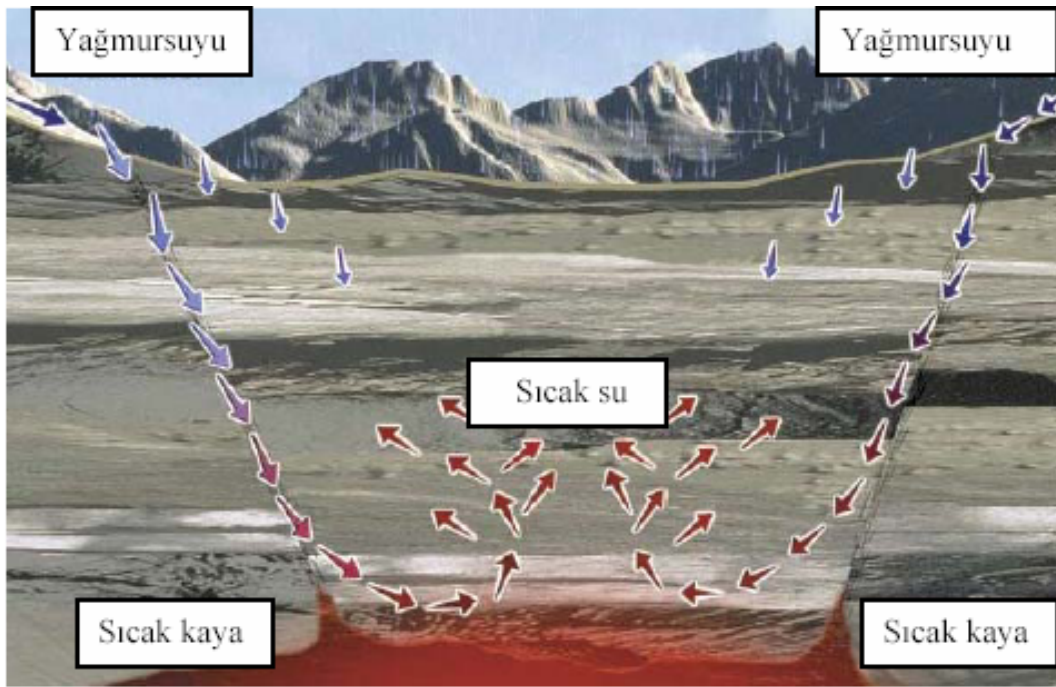
Şekil 10. Türkiye’de jeotermal alanlar

1960’dan beri Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından yapılan sondaj çalışmalarıyla doğrulanan, 500’den fazla termal suyun varlığı, Türkiye’nin önemli bir jeotermal potansiyele sahip olduğunu gösterir (Mutlu ve Güleç 1998).

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) elektrik üretimine uygun, diğerleri ise merkezi ısıtmaya uygundur. Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalar genelde genç tektonik etkinlikler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye’nin batısında yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar ise volkanizmanın ve fay oluşumları etkisi ile Orta ve Doğu Anadolu’da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca da kuzeyde yer almaktadır. Türkiye’de jeotermal enerjinin kullanım alanları; ısıtma, evlere sıcak su kaynağı, sera

ısıtmacılığı, kaplıca, CO₂ ve kuru buz üretimi, yer ısıtmacılığı ve elektrik üretimidir (DPT 1996, Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

Batı Anadolu'daki jeotermal sahaların gelişimi aynı zamanda bölgenin aktif tektonik yapısıyla da ilişkilidir. Genel olarak kuzey-güney açılmaya bağlı olarak düşünülen ve graben-horst yapılarıyla açıklanan bölgedeki yapısal özellikler yağmur ve yüzey sularının derinlerde ısıtılıp tekrar yüzeye taşınmasıyla önemli ölçüde jeotermal etkinliğe yol açmaktadır (Şekil 11) (Ayaz vd. 2004).



Şekil 11. Grabenlerle ilişkili olarak gelişen jeotermal sahaların görünümü

Türkiye'de elektrik üretimine yönelik ilk uygulama 1968 yılında Denizli-Kızıldere sahasının geliştirilmesi ile başlamış ve 1974'de 0.5 MWe kapasiteli pilot santral devreye girmiştir. Daha sonra 1984 yılında TEK tarafından 20.4 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. Aydın-Germencik'te ise kapasitesi 50-100 MWe arasında değişebilecek bir santralin kurulmasına yönelik girişimler sürdürülmektedir. Türkiye'de jeotermal ısıtma uygulamaları 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılması ile başlamıştır. Balıkesir-Gönen'de 1987 yılından beri 16.3 MWt

kapasiteli ısıtma (konutlar, sera ve otel) yapılmakta ve 54 adet tabakhaneinin sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır (DPT 1996).

En önemli yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar aşağıda verilmiştir.

Denizli-Kızıldere Alanı: 1968'de MTA tarafından keşfedilen Denizli-Kızıldere'de kurulan tesis, Türkiye'nin ilk ekonomik güç tesisidir. Denizli-Kızıldere jeotermal alanı Denizli şehrinin merkezinden 31 km uzakta bulunmaktadır. Kızıldere güç tesisi 20.4 MWe kurulu kapasite ile 1984 yılında kurulmuştur. 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).

Aydın-Germencik Alanı: Bu alan Batı Anadolu'da Kızıldere'nin 100 km batısında yer almaktadır. Araştırma kuyularından alınan sıcaklık sonuçları 203-217 °C ve 216-232°C olarak bulunmuştur. 25 MWe üretim kapasitesi ile 2004 yılında kurulmuştur (Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

İzmir-Seferihisar Alanı: 1986-1997 periyotları arasında 15 kuyu açılmış ve bu rezervlerin sıcaklıkları 153 °C civarında ölçülmüştür. Beş kuyudan 9.7 MWt'lık ısı üretilmektedir. Bu ısının 3600 m² lik bir serayı ısıtabilecek bir güce sahip olduğu tahmin edilmektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

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).

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).

Dünya’da, yüksek enerji potansiyeline sahip ülkeler arasında olan Türkiye’nin jeotermal enerjiden elektrik üretimi ve bundan faydalanma potansiyeli oldukça düşüktür. Türkiye’nin 2000 ve 2025 yılları arasındaki jeotermal enerji hedefleri Çizelge 4’de verilmiştir (Köse 2005).

Çizelge 4. 2000-2025 yılları arasındaki jeotermal enerji hedefleri

Yıl	Kapasite (MW)	Elektrik üretimi (GWh)	Alan sayısı	Katılanlar
2000	20	90	1	Denizli-Kızıldere
2001	45	202.5	2	+Aydın-Germencik
2002	45	202.5	2	
2003	80	360	4	+Çanakkale-Tuzla Aydın-Salavathı
2004	100	450	4	
2005	185	832.5	9	+Kütahya-Simav İzmir-Seferihisar İzmir-Dikili
2010	500	2250	9	
2020	1000	4500	9	
2025	1250	5625	9	

Doğalgazdan daha ucuz olan jeotermal merkezi ısıtma, ülkemizde pek çok bölge için uygundur. Ayrıca, 31.000 MW’lık jeotermal enerji potansiyelinin termal uygulamalarda direkt kullanım için uygun olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’nin 2001’deki jeotermal enerji potansiyeli yaklaşık 2468 MW’tır. Fakat jeotermal enerji payı, elektrik ve termal kullanımlar için sadece 1200 MW’tır. Türkiye’de 26 adet jeotermal direkt kullanım sistemi (GDHS) vardır. Ana şehir jeotermal direkt kullanım sistemleri Gönen, Simav ve Kırşehir’de bulunmaktadır. Çizelge 5’de jeotermal enerjinin Türkiye’de direkt kullanımının değişik türleri görülmektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

Çizelge 5. Türkiye’de jeotermal enerjinin direkt kullanımı

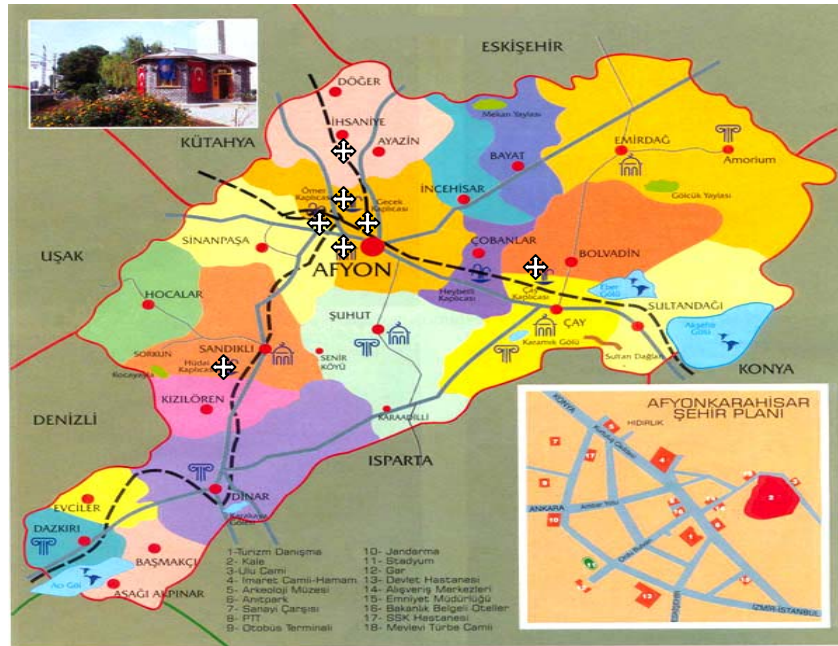
Sistem	Kapasite (MWt)	Uygulama	Sıcaklık (°C)
Adapazarı-Kuzuluk	11.2	K,O	98
Adapazarı-Sapanca	0.0216	IP	
Afyon	24.9	A-B	95
Afyon-Bolvadin	1.05	O	
Afyon-Gazlıgöl	0.64	K, O	64
Thermal Resort			
Afyon-Ömer	3.888	K, O, S	91
Thermal Facilities			
Afyon-Orucoğlu	2.7	K, O	48
Thermal Resort			
Afyon-Sandıklı	37	A-B	66
Ankara-Haymana	0.09	K, C	34–45
Ankara-Kızılcahamam	21.315	A-B, K, O,S	80
Aydın-Germencik	0.1125	A-B	35
Balıkesir-Edremit	9.815	A-B	53–60
Balıkesir-Gönen	37.45	A-B, O, K, S, E	80
Balıkesir-Havran-	1.35	S	
Dernek			
Balıkesir-Sındırgı	1.6	S	57–150
Çanakkale-Ezine-	3.82	A-B, S	62.5–73
Kestanbol			
Denizli-Gölemezli	0.225	K, S	65
Denizli-Kızıldere	2.419	A-B, S, E	90–147
İstanbul	0.4053	IP	
İzmir-Balçova	87.03	A-B, S, K, O, Y, H	40–125
İzmir-Bergama	0.45	K, S	35–100
İzmir-Dikili	2.25	S	90
İzmir-Seferihisar	1.35	K, S	65–140
Kırşehir	19	A-B	57
Kütahya-Gediz	0.61	K, O, S	78–104
Kütahya-Simav	60	A-B, S, K, O	137
Kütahya-Yoncalı	0.93	K, O	90
Manisa-Alaşehir	0.26	K, O	30–73
Manisa-Salihli	0.26	K, O	30–168
Mersin	0.099	IP	
Nevşehir-Kozaklı	12	A-B, S	42–95
Rize-Ayder	0.24	K, O	55
Samsun-Havza	0.07	K, O	54
Sivas-Sıcak Çermik	0.17	K, O	36–70
Tokat-Niksar	0.1125	A-B	27–54
Urfa-Kırcaali	9.28	S	50
Yalova	0.135	S	48–66.2
Yozgat-Saraykent	0.45	S	46
Ara toplam	354.642		
Diğer kaplıcalar	285	K	
Toplam	639.642		

K: kaplıca, C: Cami, S: sera, A-B: alan-bölge ısıtması, O: otel, Y: yüzme havuzu, H: hastane, E: endüstriyel uygulamalar, IP: ısı pompası.

2.8. Afyonkarahisar'da Jeotermal

Afyonkarahisar termal sular yönünden zengin bir ilimizdir. İl sınırları içerisinde pek çok kaplıca vardır. Bunlar; İkbal, Ömer, Gazlıgöl, Oruçoğlu, Hüdai, Gecek, Heybeli, Soydan, Başak, Yaylakent, Grand Özer, Özdemir, Grand Sönmez ve AFJET'dir. Bu nedenle Afyonkarahisar ilimize, "*kaplıca şehri*" demek yerinde olur (www-2).

Afyonkarahisar, doğuyu batıya, kuzeyi güneye bağlayan, Anadolu Yarımadasının batısında, Ege Bölgesinin İçbatı Anadolu bölümünde yer alan ilimiz, doğuda Konya, güneyde Burdur, güneydoğuda Isparta, batıda Uşak, kuzeyde Eskişehir ve kuzeybatıda Kütahya illeri ile komşudur (Şekil 12) (SAG 2000, www-3).



Şekil 12. Afyonkarahisar il haritası

Kapasitesi 70.17 MWt, sıcaklığı 40 ile 98 °C arasında olan Afyonkarahisar'daki termal sulardan alan ısıtmasında, otellerde, kaplıcalarda, sera ısıtmasında ve turizm amaçlı faydalanılmaktadır. Pek çok hastalığa iyi geldiği sanılan bu kaplıcalara her yıl binlerce insan gelmektedir. Bu suların romatizmal, kalp ve

dolaşım sistemi, böbrek ve idrar yolları, karaciğer-safrakesesi, sindirim sistemi, metabolizma bozuklukları, kemik ve kireğlenme, cilt hastalıkları, sinir ve kas yorgunluğu, sinirsel hastalıklar, kadın hastalıkları gibi sağlık sorunlarına iyi geldiği belirtilmektedir (www-2). Bu kaplıcaların genel özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Afyonkarahisar Jeotermal Enerji Tesisleri (AFJET): Kısa adı AFJET olan Afyonkarahisar Jeotermal Enerji Tesisleri ve Turizm ve Sanayi Ticaret Anonim şirketi; Afyonkarahisar İl zel İdare Müdürlüğü, Afyonkarahisar Belediye Başkanlığı, Afyonkarahisar Ticaret ve Sanayi Odası, YNTAş Ař, Afyonkarahisar Eğitim Vakfı, Afyonkarahisar Esnaf ve Sanatkarlar Birliği ve Afyonkarahisar Ticaret Borsasının bir araya gelmesi ile 1994 yılında kurulmuştur. Amaç, Afyonkarahisar'ın batısında bulunan ve uzun yıllardan beri büyük bir potansiyele sahip olduğu bilinen, mer-Gecek yöresindeki sıcak su potansiyelini, ısıtma amaçlı olarak Afyonkarahisar şehir merkezine taşımadır. 10.000 adet abone olarak düşünülen ısıtma sistemi, 31.01.1998 tarihi itibariyle 4453 aboneye sahiptir ve ısıtılan alan miktarı ise 523.219 m² olarak ifade edilmektedir (Yılmaz 1999).

Gazlıgöl Kaplıcası: Afyonkarahisar'a 21 km uzakta, Afyonkarahisar-Eskişehir demiryolu üzerinde, Hamam Köyü'ndedir. Bu yre, denizden 1045 metre yüksektir. Gazlıgöl Kaplıcasının çok eski tarihten beri işletildiği saptanmıştır. Gazlıgöl kaplıcalarında halen dört hamam faaliyettedir. Bunların en eskisi, adından da anlaşıldığı üzere Eskihamam'dır. Roma dönemi görünümlü yapısı vardır. İçme olarak, ağrılı midelere, karaciğer, safrakesesi, mesane yolları böbrek taşları düşürülmesinde üstün etkileriyle şifa sağlar. Kalbin çalışması ve damar sertliğinin giderilmesinde görülen faydaları yanında, tansiyon düşürücü nitelikleriyle de ünlüdür (www-2, www-4).

Gecek Kaplıcası: Afyonkarahisar'a 18 km uzakta, Afyonkarahisar-İzmir demiryolu üzerindedir. Gecek Kaplıcası suları, mide ifrazını artırır, içimi kolaydır. Uzun devam eden nezlelerde, kronik boğaz iltihaplarında, astımlı hastalarda, çok

faydalı olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte banyosu romatizma, nevralji, kadın hastalıklarına da iyi gelmektedir (www-2).

Ömer Kaplıcası: Afyonkarahisar'a 18 km mesafede ve Afyonkarahisar-Kütahya karayolu üzerindedir. Kadınlara ve erkeklere mahsus hamamlar, çok sayıda havuzlar ve bir de çamur banyosundan oluşan büyük bir kuruluştur. Bunların dışında, Afyonkarahisar Özel İdaresince, "100.Yıl Atatürk Yüzme Havuzu" adıyla yaptırılan modern bir havuza da sahiptir. Ömer kaplıca suları, romatizma, kadın hastalıklarında, kısırlıkta, böbrek ve idrar yolları taşlarında, damar hastalıklarında, cilt hastalıklarında büyük faydalar sağlamaktadır (www-2, Yılmaz 1999).

Sandıklı (Hüdei) Kaplıcaları: Afyonkarahisar-Antalya karayoluna 6 km uzaklıkta bulunan Hüdei Kaplıca tesisleri termal belde görünümündedir. Sandıklı Hüdei (Hüzai) Kaplıcaları Friglerden bugüne kadar yaklaşık iki bin yıldır şifa dağıtmaktadır. Frigler döneminde ve daha sonraları da Afyonkarahisar iline kaplıcalarından dolayı Şifalı Frigya denilmiştir. Hristiyanlığın ilk dönemlerinde, o çevrenin başpiskoposu Sen Mişel, bu kaplıcada hastaları tedavi ederek mucizeler göstermiş, bu olay eski kitaplara "Sen Mişel'in Mucizeleri" olarak geçmiştir. Kaplıcanın, Bizans döneminden kalma üç hamamı, günümüzde bile ayaktaadır. Kaplıcanın şifalı suları 500 metre derinlikten jeolojik bir çatlağın değişik yerlerinden çıkmaktadır. Sandıklı şifalı suları ve çamurları, romatizmal hastalıklara, nevralji, kadın hastalıklarına, safrayolları ve metabolizma bozukluklarına üstün şifalar sağlamaktadır (www-3).

Heybeli (Kızılkilise) Kaplıcası: Afyonkarahisar'a 30, Bolvadin ilçesine 20 km uzaklıkta ve Afyonkarahisar-Çay karayolundan ise 1 km içerdedir. Daha önceleri Kızılkilise veya Kızılkürse olarak anılan kaplıcaya, 1945 yılından itibaren Heybeli adı verilmiştir. Deniz seviyesinden 1000 metre yüksektedir. Kaplıcada üç havuz mevcuttur. 120 yataklı bir oteli ile, öteden beri halkın büyük ilgisini çekmektedir. Heybeli kaplıcaları, romatizma, nevralji ve kadın hastalıklarına iyi gelmektedir (www-2).

2.9. Mineral Suların Analizleri

Mineral sularda araştırılan önemli parametreler;

A - Duyusal araştırmalar:

1 - Koku, 2-Tat, 3- Renklilik, 4 - Berraklık.

B - Fiziksel ve kimyasal araştırmalar:

1- Renk, 2- Sertlik, 3- Bulanıklık, 4- Isı, 5- Reaksiyon, 6- Hidrojen iyonları konsantrasyonu, 7- İletkenlik, 8- Radyoaktivite, 9- Özgül ağırlık .

C - Kimyasal araştırmalar:

Anyonlar: Klorür (Cl^-), bromür (Br^-), iyodür (I^-), florür (F^-), sülfat (SO_4^{2-}), sülfat (SO_3^{2-}), sülfür (S^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-), hidroksil (OH^-), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-).

Kasyonlar: Demir ($\text{Fe}^{+2,+3}$), manganez (Mn^{+2}), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), amonyum (NH_4^+), stronsiyum (Sr^{+2}), sodyum (Na^+), aliminyum (Al^{+3}), potasyum (K^{+1}), bakır ($\text{Cu}^{+1,+2}$), çinko (Zn^{+2}), kurşun ($\text{Pb}^{+2,+4}$), bizmut (Bi^{+2}), nikel (Ni^{+2}), krom ($\text{Cr}^{+2,+3,+6}$), kobalt ($\text{Co}^{+2,+3,+4}$), galyum ($\text{Ga}^{+1,+3}$), talyum ($\text{Tl}^{+1,+3}$), gümüş (Ag^{+1}), indiyum (In^{+1}), vanadyum ($\text{V}^{+2,+3,+5}$), stronsiyum (Sr^{+2}), baryum (Ba^{+2}), kadmiyum (Cd^{+2}).

D- Suyun erimiş ve serbest gazları: Karbondioksit (CO_2), oksijen (O_2), hidrojen sülfür (H_2S) (MTA 1946).

Koku:

Kimyasal maddelere göre

Fenol kokusu

Katran kokusu

Klor kokusu

Kükürtlü hidrojen kokusu

Amonyak kokusu

Sabun kokusu

Mineral yağ kokusu

(MTA 1946).

Genel manalara göre

Aromatik koku, toprak kokusu

Turba kokusu

Balık kokusu

Bataklık kokusu

Çürük kokusu

İdrar kokusu

Kömür kokusu, pislik kokusu

Tat: Suyun lezzetine, bulaşıcı bir hastalık tehlikesi bulunmadığı zaman bakılmalıdır. Lezzete genel olarak 8 - 12 °C arasında bakılır, 30 °C'de suyun lezzeti daha çok belli olur. Suyun lezzeti doğal, tuzlu, ekşi, acı, tatlı, tatsız, alkali gibi deyimler kullanılarak tarif edilir (MTA 1946).

Renk: Suyun rengi denilince 15 - 20 santimetre çapta ve 10 santimetre kalınlıkta bir su tabakasının, beyaz bir zemin üzerinde gösterdiği renk anlaşılır. Berrak sulara renk, renksiz bir şişe içine doldurulan suyun, beyaz bir zemine (beyaz buzlu cam, beyaz porselen tabak, beyaz kâğıt gibi) tutulmasıyla anlaşılır. Sular renksiz oldukları gibi, sarımsı, yeşilimsi, esmerimsi, kırmızımsı ve diğer renklerde de olurlar. Renkler açık veya koyu olabilir (MTA 1946).

Sularda renk; yapraklar, kozalaklı ağaç meyveleri, ağaç ve sebze atıkları gibi organik maddelerin suyla temasında çözünmeleriyle meydana gelir. Bu sular pek çok süspanse halde madde içerirler. Suya renk veren hücreler; tannin, hümik asit ve ligninin parçalanması ile açığa çıkan hümattır. Bazen demir suda ferrik hümata formunda bulunarak yüksek renk potansiyeli oluşturur. Suların organik maddelerden kaynaklanan rengine “gerçek renk” denir. Bunun dışında özellikle yüzey sularında süspanse halde bulunan maddelerden oluşan renk gözlenebilir. Bu da “görünen renk”tir (www-5).

Sertlik: Bir suyun sertliği, o suyun sabunu çökeltme özelliği olarak tarif edilebilir. Sabun, su içindeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının mevcudiyeti ile çöker. Diğer bazı metal iyonları: demir, çinko, alüminyum ve manganez bu çökelmeye katılırlar. Fakat genellikle su içindeki kalsiyum ve magnezyum iyonları diğerlerine nazaran çok fazla olduğundan sertlik, bu iki mineralin bulunması ile ifade edilir. Suyun sertliği, temas etmiş olduğu topraktaki minerallerin erimesinden veya endüstri artıklarının su içerisine karışmasından meydana gelebilir. Suların sertliği, temas ettikleri jeolojik yapıyla alakalıdır. Genel olarak yer altı sularının yüzeysel sulara nazaran daha sert oldukları söylenebilir.

Sert sular, aşırı sabun tüketimine, deride tahrişlere, sıcak su borularında, ısıtıcılarda, kazanlarda kireç birikimine, porselenlerde renk bozunmalarına, kumaşların ömrünü azaltıp, yıpranmalarına ve konserve endüstrisinde pek çok problemlere neden olabilirler (www-6).

pH: pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir terimdir. Diğer bir ifadeyle çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonudur. pH su temininde kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, su yumuşatma ve korozyonun önlenmesinde çok büyük önem taşır. Endüstriyel ve evsel atık su arıtılmasında biyolojik yaşamı sağlamak üzere çok iyi bilinmeli ve kontrol edilmelidir. Yine atık su arıtılmasında kimyasal pıhtılaştırma-yumaklaştırma, çamur koyultma, özel bazı kirleticilerin giderilmesi gibi işlemlerde çok önemlidir (www-6).

Sudaki karbonat, hidroksit bikarbonat iyonları suyun bazikliğini; serbest mineral asitler ve karbonik asit ise suyun asitliğini artırır. Yüksek pH değeri içme sularında hafif koku oluşturur. Suların renk yoğunluğu pH'ın yükselmesi ile artar. Suyun mikrobiyolojik entegrasyonu pH'a bağlıdır. Bu da klorla dezenfeksiyon işleminin etkinliğini değiştirir. TSE-266 standartlarına göre içme suyundaki pH sınırı 6.5-9.2 olarak belirlenmiştir (Dişli vd. 2004).

İletkenlik: İletkenlik, suyun elektrik kapasitesinin bir ölçüsüdür. İletkenlik, sularda çözünmüş katıların konsantrasyonundaki değişimi ifade etmektedir. Suda iletkenliğin artışı, aynı zamanda suyun kirliliğinin bir ölçüsüdür. Çünkü suya karışan iyon sayısı artıyor demektir (Kara ve Çömlekçioğlu 2004).

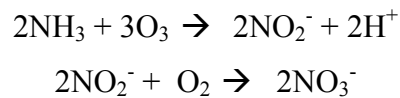
Nitrat-nitrit: Nitrat (NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) yaygın olarak bulunan iyonlardır. Her ikisi de, bitkilerde, toprakta, suda bulunan organizmalarca ve yıldıırım sonucu, azotun oksidasyonu ile oluşan ürünlerdir. Nitratlar (NO_3^-) organik maddelerin çözünmesiyle oluşan son ürün olarak bilinmektedir. Nitrat, oksitlenmiş azotun en kararlı formudur. Nitratlar, inorganik gübreler olarak yaygınca kullanılmaktadırlar. Nitrat ayrıca patlayıcı yapımında, kimya endüstrisinde yükseltgeyici olarak ve yiyecek korunmasında da kullanılmaktadır. Nitrat

eriye bilme ve toprağın geçirgen özelliği nedeniyle kaynak sularına karışabilmektedir. Nitrit ise organik maddelerin ayrışması sırasında meydana gelen bir ara ürün olarak bilinmektedir (Eleroğlu ve Sarıca 2002, www-7).

Yüzey ve yer altı sularındaki nitrat kirliliği, topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması ve gübre kullanımı olmak üzere başlıca iki nedenden oluşmaktadır. Toprakta oluşan nitratın bitkiler tarafından kısmen tüketilmesi durumunda, kalan nitrat yağmur suları ile topraktan suya geçmekte; hem yer altı sularını hem de yerüstü sularını kirletmektedir. Diğer taraftan gereğinden fazla gübre kullanımı da toprağa ve dolayısıyla suya nitrat geçmesine yol açmaktadır. İdeal koşullarda toprağa atılan azotun %50-70'inin bitkiler tarafından kullanıldığı; %2-20'sinin buharlaşma yoluyla kaybedildiği, %15-25'inin kil toprakta bulunan organikler ile birleştiği ve geri kalan %2-10'luk kısmının yüzey ve yer altı sularına karıştığı söylenmektedir. Ancak toprakta biriken nitratın suya geçişini etkileyen pek çok faktör bulunması nedeniyle, bu değerler değişebilmektedir (Akkurt vd. 2002).

Amonyum ve nitrata kıyasla nitrit iyonları daha düşük derişimlerde bulunurlar. Bunun nedeni nitritin ortama göre gerçekleşen indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarının bir ara ürünü olmasındandır. Böylece nitrit ya oksitlenerek nitrata dönüşmekte yada indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Nitrit varlığı bakterial enfeksiyonun kanıtıdır. Artan nitrat ve nitrit düzeyi, suya evsel atıksu veya gübre suyunun karıştığının önemli bir göstergesidir (www-6).

Oksijenli şartlarda amonyak (NH₃), Nitrosomonas bakterisi tarafından kolaylıkla yükseltgenerek nitrite, nitritte Nitrobacter bakterisince nitrata yükseltgenir.



İçme suları ele alındığında özellikle nitratın sağlık üzerine olan olumsuz etkileri hemen göze çarpmaktadır. İçme sularında nitrat konsantrasyonlarının 500 mg/L'yi

aşması halinde yetişkinlerde sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar ve yüksek nitrat konsantrasyonları (>50-100mg/L) bebeklerde *methamoglobinemia* hastalığına (mavi bebek hastalığı) neden olmaktadır. Ayrıca artan bir şekilde yüksek nitrat içeren suların tüketimi kanseri de içeren diğer bazı hastalıklara sebebiyet verir. Bu etkilerden dolayı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Çevre Koruma Ajansı gibi kuruluşlar içme sularında nitrat için sınır değerleri yeniden düzenleyerek limit seviyeleri saptamışlardır. Her iki örgüt de nitrat (NO₃) için sınır değer olarak 50 mg/L (50 ppm), nitrit (NO₂) için 0.1mg/L (0.1 ppm) limit değerlerini saptamışlardır (Karagözoğlu ve Peker 2004, WHO 1998).

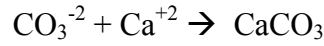
Sodyum (Na): Dünya’da en fazla bulunan elementlerden biri olan sodyum, suda çözünürlüğü çok fazla olmasından ve çok aktif bir element olmasından dolayı doğada bileşikleri halinde bulunur. Sulardaki Na konsantrasyonu lağım suları, endüstriyel atıklar ve kışın yollara dökülen tuzlardan dolayı artış gösterir. WHO standartlarına göre içme suyundaki Na konsantrasyonu standardı 200 mg/L’dir. Standartlara uygun sodyum alımlarında vücudun elektrolit dengeleyicisidir. Aşırı miktarda Na alımıyla kan basıncının bozulduğu görülmüştür (Chapman ve Kimsfach 1992).

Potasyum (K): Potasyum yumuşak, grimsi bir renkte, çok aktif bir elementtir. Laboratuvarlarda ayıraç olarak ve gübre yapımında kullanılırlar. K yanabilen, kimyasal reaksiyonlara yatkın ve patlayıcı bir maddedir. Solunum yoluyla alınımında boğazı ve burnu tahriş ederek akciğere zarar verir. K dumanı göze ve deriye zarar verir. İçme sularındaki potasyum derişimi TSE-266 standartlarına göre 12 mg/L’dir (OSHA 2001).

Kalsiyum (Ca): Kalsiyum iyonlarının fizyolojik rolü, hücre çeperinin ve katikulanın suya ve iyonlara karşı geçirgenliğini azaltmasıdır. Bu rolü ile organizmaların yaşamında önemli bir yer işgal eder. Sularda kalsiyumun varlığı biyolojik açıdan önemlidir. Çünkü, kalsiyum karbonat şeklinde *Mollusca*, *Crustacea*, *Foraminifera* ve özellikle *Anthozoolar* gibi birçok su organizmalarının iskeletlerinin temelini oluşturur. Tatlı sularda kalsiyum ile metabolik ilişkisi

olmayan hiçbir canlı yok gibidir. Kalsiyum alglerin normal metabolizmasında büyümelerini sağlayan önemli bir elementtir. Bununla birlikte insan vücudunda en çok bulunan element olan kalsiyum yetişkin bir insanda yaklaşık 1kg (24.95 mol) bulunmaktadır. TSE-266 standartlarına göre içme suyundaki Ca derişimi 200 mg/L'dir. Biyosferde kalsiyumun en önemli kaynağı organojen kaya kütleleridir. Sular, bu kalsiyum kaynaklarını çözerek karbonat ve bikarbonat şeklinde sulu ortamlara taşırlar. Volkanik kayalardan bazaltlar Ca ve Mg iyonunun bir kaynağını teşkil eder (Egemen ve Sunlu 1999).

Kalsiyum karbonat: CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} ilişkileri önemli olup, su içindeki CO_3^{2-} , karbonik asidin ayrışması ve kalsiyum ile birleşmesi sonucu CaCO_3 meydana gelir (Egemen ve Sunlu 1999).



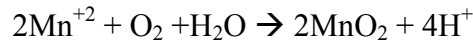
Magnezyum (Mg): Magnezyum sulara klorofilli bitkiler için yaşamsal önem taşır. Enzimlerin oluşmasında etkisi çok önemlidir. Alglerde, mantarlarda ve bakterilerde fosfor metabolizmasını düzenler. Tatlı sulara bu amaçların sağlanmasına yetecek kadar Mg bulunur. Magnezyum bileşikleri kalsiyum bileşiklerine oranla suda daha kolay çözünürler. TSE standartlarına göre içme sularındaki magnezyum standardı 50 mg/L'dir (Egemen ve Sunlu 1999).

Magnezyum, MgCO_3 şeklinde ve CaCO_3 ile birleşmiş halde omurgalıların iskeletinde bulunur. Ayrıca bazı *Foraminifer*'lerde, *Crustacea*'lerde toplam mineral oranının %10'unu teşkil eder (Egemen ve Sunlu 1999).

Demir (Fe) ve Manganes (Mn): Demir ve manganez yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sulara ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun olmaktadır. TSE-266 standartlarına göre sınır değerler Fe için 0.2 mg/L, Mn için 0.05 mg/L'dir. Demir ve mangan (manganez) suda çözünmeyen (Fe^{+3} ve Mn^{+4}) ile çözünen (Fe^{+2} ve Mn^{+2}) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve mangan, genellikle yeraltı sularında bulunur.

Gerçekte demir doğal sularda şu şekilde bulunur; çözünür ferrous iyonları, ferrik iyonları (asidesi yüksek sularda çözünür), ferrik hidroksit (doğal veya alkali sularda çözünmezler), ferrik oksit gibi.

Organik bileşiklerde kombine halde veya demir bakterileri bünyesinde su hava ile temas ettiğinde CO₂ havaya karışırken moleküler oksijen suya karışmaya başlar. Oksijen ferrus (Fe⁺²) iyonlarını oksitleyerek Fe⁺³'e dönüştürür. Bu bileşik çözünmez jelatinimsi bir yapıya sahiptir ve bulunduğu yüzey üzerinde birikimler yapar. Aynı şekilde Mn⁺² iyonları da Mn⁺⁴'e dönüşürler.



Demir ve manganın yüksek konsantrasyonlarda olması, su iletim hatlarında demir bakterilerinin çoğalmasına neden olur. Bu bakteri kütleleri suya kırmızı-kahverengimsi renk verirler (www-5).

Bakır (Cu): Bakır, kırmızımsı bir renge sahip, kolayca eriyebilen ve şekillendirilen bir metaldir. Tüm canlılar için gerekli olan bir elementtir. Bakır bileşikleri, tarım alanında bitki hastalıklarını yok etmede, sulardaki algeayı yok etmek için, deri ve ahşap koruması gibi alanlarda kullanılırlar. Yer kabuğundaki ortalama bakır konsantrasyonu yaklaşık olarak milyonda elli paya sahiptir.

İçme sularında bakır için verilen sınır değerler insanlar için 1.3 mg/L , hayvanlar için 0.5 mg/L'dir. TSE-266 standartlarına göre bu sınır 3 mg/L olarak belirlenmiştir. Alınan fazla miktardaki bakırın sindirim sisteminde bozukluklara yol açtığı, karaciğer ve böbreğe zarar verdiği saptanmıştır. Bakır düzeyinin yüksekliğinden dolayı suların tadı acılaşmaktadır. Normal düzeyde bakır alımlarında, bakırın vücudun demirden faydalanmasına yardımcı olduğu görülmüştür (BSR 2003, TSE-266 1997).

Kobalt (Co): Kobalt ve bileşikleri doğada kayalarda, toprakta, suda ve bitkilerde bulunur. Kobalt ayrıca, kömür ve yağ yakılmalarından, araba eksozundan ve endüstriyel atıklardan dolayıda çevrede bulunan bir elementtir. Sağlık ve vücut

gelişimi için Co gerekli bir elementtir. Çünkü beslenme için gerekli olan vitamin 12'yi içermektedir. Kobalt kırmızı kan hücreleri yapımıyla aneminin tedavisinde kullanılan etkili bir elementtir. Ancak yüksek dozlarda alımı zararlıdır. Bulantı, kusma, zatürre ve göz rahatsızlıklarına yol açabilir (BSR 2002).

Gümüş (Ag): Gümüş genelde doğada bileşikleri halinde bulunan bir maddedir. Gümüş kuyumculukta, süs eşyalarında, elektronik donanımlarda ve dişçilikte dolgu maddesi olarak, fotoğrafçılıkta, suların dezenfeksiyonunda ve sigara içimini azaltmak için sakızlarda kullanılır. TSE-266 standartlarına göre içme suyundaki Ag sınırı 0.01 mg/L'dir (OSHA 2001).

Alimünyum (Al): Dünyada en çok bulunma özelliğine sahip olan Al metali toprakta, suda ve havada bulunmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri ile geniş bir kullanım alanına sahiptir (yapıştırıcılarda, ilaç sanayinde, besin korumasında, suların dezenfeksiyonunda). İçme sularındaki Al miktarı yetişkin bir insan için %5 dolaylarında olmalıdır. WHO ve TSE-266 standartlarına göre bu sınır 0.2 mg/L'dir. Al toksik etkisi olmayan bir element olarak bilinmektedir. Ancak aşırı miktarda alımında sinir sistemine etki ettiği ve kansızlığa yol açtığı görülmüştür. Alimünyum ayrıca Alzheimer ve diyabet hastalıklarında kullanılan bir elementtir (Canada^b 2003).

Arsenik (As): Arsenik çok eski zamanlardan beri bir zehir olarak bilinmektedir. As yer kabuğunda bulunan bir elementtir. Canlıların tümünde az miktarda As bulunmaktadır. As içeren mineral ve kayaların suda çözünmesiyle nehir, göl ve yer altı sularındaki As derişimi artmaktadır. Arsenik ayrıca endüstriyel atıklardan, fosil yakıtların yanmasından, metal üretiminden (madencilik), böcek ilaçları ve katkı maddelerinden dolayı da çevreye katılmaktadır. İçme sularındaki As kan akışıyla vücuttaki değişik organlara alınır. Vücuttaki en yüksek dozları saç ve tırnakta bulunur. İçme sularında uzun süreli As alımında deride incelme ve solma, bulantı, ishal, kan hücrelerinin üretiminde düşme, kalp çarpıntısı, el ve ayaklarda uyuşukluğa yol açtığı görülmüştür. WHO standartlarına göre As miktarı 0.05 mg/L'yi aşmamalıdır. Standart dozun aşılması halinde deri, karaciğer, böbrek ve

mesane kanserine yol açtığı saptanmıştır (Shaw ve Mechenich 2001, Canada^a 2003, WHO 1999).

Bor (B): Yurdumuz bor mineralleri bakımından çok zengin olup Dünyada ilk sırayı alır. Yerel olarak bor derişimi yüksek sulara rastlanılmakta ve bu sular gerek sulama, gerekse içme suyu açısından bazı sakıncalar çıkarmaktadır.

Amerikan halk sağlığı servisi içme sularında 1.0 mg/L (max 5.0 mg/L) ve çoğu sulama sularında 0.7 mg/L bor derişimlerini önermektedir. Yüksek bor derişimli suların içilmesiyle bu suların içerdiği bor merkezi sinir sistemini etkilemekte ve derişimin belli bir düzeyi aşması halinde Borizm adı verilen bir hastalık görülmektedir (Egemen ve Sunlu 1999).

Baryum (Ba): Baryum beyaz gümüşümsü renkte, doğada çoğunlukla oksijen, kükürt ve karbonla bileşikleri halinde bulunan bir elementtir. Yağ ve gaz endüstrisinde delme çalışmalarında yağlayıcı olarak kullanılır. Ba ayrıca boya, cam, tuğla, kiremit ve plastik yapımında kullanılan bir maddedir. Suda iyi çözünmeyen Ba bileşikleri sağlık amaçlı kullanılır. Suda iyi çözünen Ba bileşiklerinin alımında solunum zorluğu, kan basıncında artış ve kalp ritminde bozukluklar görülür. TSE-266 standartlarına göre içme suyundaki Ba standartları 0.3 mg/L olarak belirlenmiştir (ATSDR 2003).

Nikel (Ni): Yer altı sularındaki nikel konsantrasyonu, toprağın kullanılması, pH ve suyun derinliğine bağlıdır. Asit yağmurlarıyla topraktaki Ni değişkenliği artar, dolayısıyla sudaki Ni konsantrasyonu da artar. pH < 6.2 olduğu yer altı sularındaki Ni konsantrasyonu 980 µg/L'nin üzerindedir. WHO standartlarına göre içme sularındaki Ni derişimi 0.02 mg/L'dir. İnsanlarda nikel seviyesinin, vücutta kilo başına 7-35 mg aralığında olduğu tahmin ediliyor. Aşırı miktarda nikel alan kişilerde bulantı, kusma, baş dönmesi, ishal, kalp çarpıntısı ve baş ağrısı görülmüştür (WHO 1996).

Fosfor (P): Fosfat tayini çevre mühendisliği uygulamalarında gittikçe önem kazanmaktadır. İçme ve kullanma sularında polifosfatlar korozyonu gidermek amacı ile suya eklenebilirler. Aynı zamanda, bazı su yumuşatma işlemlerinde fosfatlar eklenerek, kalsiyum karbonatın ortamdan çökeltme sureti ile uzaklaştırılması kolaylaştırılır. Yüzeysel sularda azot ve fosfor alg gelişmesini sınırlayan iki faktördür. Ortamda azot ve fosfor fazla olduğu zaman alg üremesinde patlama şeklinde bir büyüme olmaktadır. İnorganik fosfor değerleri, kritik yaz mevsiminde 0,005 mg/L seviyesinde tutulabilirse kirliliğe neden olan ötrifikasyon olarak nitelendirilen olay meydana gelmeyecektir (www-6).

Kükürt (S): Kükürt sarı renkte, toz ve katımsı halde bulunan, kokusuz, bazıları yumurta kokusunda olan bir elementtir. Kükürt, gübre yapımında, mantar öldürücü olarak ilaç sanayinde ve meyvaların kurutulmasında kullanılır. Solunum yoluna etki ederek burnu ve boğazı tahriş eder. Kükürdün toz hali tehlikeli yanıcı bir maddedir. Kükürt sularda genelde H_2S , H_2SO_3 gibi asit formlarında bulunur (OSHA 2001).

Selenyum (Se): Selenyum doğada kayalarda ve toprakta mineralleri halinde bulunur. Selenyumun saf hali siyah-grimsi bir renkte olup, hekzagonal kristalleri halindedir. Se çoğunlukla elektronik endüstrisinde kullanılır. Se ayrıca cam, plastik, boya, mürekkep ve şampuanlarda da kullanılan bir elementtir. Se'nin az bir miktarı beslenme için gereklidir. Yüksek düzeylerde alımlarında bulantı, kusma, iştahsızlık ve *selenosis* hastalığı (saç dökülmesi, tırnaklarda zayıflık) görülür. WHO standartlarına göre içme sularındaki Se derişimi 0.01 mg/L'dir (ATSDR 2003).

Stronsiyum (Sr): Stronsiyum doğada kayalarda, toprakta, tozda, kömürde ve yağda bulunan bir elementtir. Sr cam ve seramik yapımında, floresans ışıklarda ve boya pigmenti olarak kullanılır. Stronsiyumun, ^{90}Sr izotopu radyoaktif özelliğe sahiptir. Radyoaktif Sr izotopunun yüksek dozları, kemik iliğine etki ederek kansızlığa yol açar ve kan akışının düzenini bozar (ATSDR 2003).

Kadmiyum (Cd): Atık suların atıldığı nehirler ve kirletilmiş yer altı sularının denizlere ulaşması şehirselleşen yada endüstriyel kadmiyum kirliliğini oluşturmaktadır. Suda Cd'un bulunması ve orada kalabilmesi, su içindeki diğer maddelerin bulunmasına bağlıdır. Cd sudaki partiküllerin üzerinde adsorbe edilmiş olarak, bileşiklerin yapısına katılarak veya dibe çökelmiş halde bulunabilir.

Vücut içine alınmış Cd'un atılması çok yavaş olmakta ve insanlardaki yarı ömrünün yaklaşık olarak 16-33 yıl olduğu belirtilmektedir. Çözünabilir Cd bileşikleri Fe ve As kadar zehirlidir. TSE-266 ve WHO standartlarına göre içme sularındaki Cd sınırı 0.005 mg/L'dir (Egemen ve Sunlu 1999).

Krom (Cr): Krom yaygın olarak yer kabuğunda bulunan bir elementtir. Krom ve krom tuzları dericilikte, katalizör yapımında, boyacılıkta, mantar öldürücü ilaçlarda, seramik ve cam endüstrisinde, alaşım yapımında ve korozyon kontrolünde kullanılmaktadır. Sulardaki krom derişimi endüstriyel hareketliliğe bağlıdır. Genelde yer altı sularındaki krom derişimi düşüktür. WHO standartlarına göre içme suyundaki krom konsantrasyonu 0.05 mg/L olarak belirlenmiştir. İnsan sağlığı için kromun farklı yükseltgenme basamağındaki etkileri araştırılmış, Cr (VI) bileşiklerinin akciğer kanserine neden olduğu belirlenmiştir (WHO 1998, BSR 2002).

Galyum (Ga): Galyum yanıcı olup, yarı iletken bir madde olarak kullanılır. Solunum yoluyla alımlarda burunda ve boğazda tahribata neden olur, akciğer ve karaciğere zarar verir, sinir sistemine etki eder. Deriyle teması halinde deriyi yakar. Yüksek miktarlarda Ga alımında kemik iliğine etki ederek kansızlığa yol açar (OSHA 2001).

Lityum (Li): Lityum grimsi renkte, yumuşak bir metaldir. Pil imalatında, ısı iletici sıvılarda, metal alaşımlarında ve ilaç sanayinde kullanılır. Deriyle teması halinde tahriş edip yakar. Lityuma maruz kalındığında bulantı, kusma, baş ağrısı, dikkat dağınıklığı ve kaslarda zayıflık görülür. Lityum korrosif, çok aktif bir kimyasal ve patlayıcı özelliğe sahip tehlikeli bir maddedir (OSHA 2001).

Talyum (Tl): Talyum yumuşak, kokusuz ve gri renkli bir metaldir. Talyum yanmaz, fakat ateşe atıldığında zehirli bir duman çıkartır. Akut ve kronik sağlığa etkisiyle talyum çok fazla zehirli bir elementtir. Belirli bir miktar talyumun deri yoluyla veya solunum yoluyla alınması ölümcül sonuçlara yol açabilir (Teckcominco 2005).

Vanadyum (V): Vanadyum grimsi beyaza yakın bir renkte olup, çoğunlukla kristalleri halinde bulunur. Vanadyum ve bileşikleri yer kabuğunda, kayalarda, bazı demir cevherlerinde ve petrol yataklarında bulunur. Vanadyum çoğunlukla alaşımlarda kullanılır. Vanadyum oksit otomobil parçalarında, yaylarda ve metal bilye olarak kullanılır. V-Fe alaşımları uzay araçlarında motor bölümünde kullanılır. Fazla miktarda V solunulduğu zaman ciğeri, boğazı ve gözü tahriş eder. Burnun acı bir şekilde akmasına, öksürüğe ve göğüste hırıltıya neden olur (ATSDR 2003).

Çinko (Zn) ve Kurşun (Pb): Çinko metalinin çözünmüş önemli bir kısmı düşük pH ve yüksek sıcaklıkta yer altı sularında bulunur. Kurşun içeren mineraller oldukça çoktur, fakat bunların yer altı sularındaki çözünürlüğü çok azdır. Kurşunun manganes oksitle çökmesi ve organik ve inorganik tortulardaki kurşunun adsorpsiyonu, yer altı sularında düşük konsantrasyon seviyelerinde bulunmasına yardım eder. İçme sularında görülen kurşunun pek çoğu antropojenik kaynaklardan ve su tesisatlarından gelir (Freeze ve Cherry 1979).

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Örneklerin Toplanması

Kaplıcalardan toplanılacak analiz örneklerini koymak için kullanılacak olan 500 ml'lik numune kapları öncelikle laboratuvarında steril edildi. Her bir kaplıcaya ait numaralar, numune kaplarının üzerine özenle yazıldı. Mevsimsel olarak yapılan araştırmamızda kullanılacak su örnekleri Temmuz 2004, Ekim 2004, Ocak 2005 ve Nisan 2005 tarihlerinde toplanılmıştır.

3.2. Analizlerin Yapılması

Kaplıcalardan toplanan su örnekleri her bir kaplıcanın kaynak çıkışından alındı. Sıcaklık ölçümleri ise kaynak çıkışında termometre ile ölçülerek not edildi.

Laboratuvara getirilen su örnekleri oda sıcaklığına getirildikten sonra pH değerleri, pH 890 dijital pH metre ile ölçülerek kaydedildi.

Numunelerde iletkenlik ölçümleri oda sıcaklığında, WTC 330i kondüktometresi ile ölçüldü.

Su kirliliğinin önemli bir göstergesi olan nitrat (NO_3) ve nitrit (NO_2) konsantrasyon tayinleri spektrofotometrik yöntem kullanılarak yapıldı.

Kaplıca sularında yer alan 28 elementin (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Co, Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Mn, Ni, P, S, Se, Sr, Cd, Cr, Ga, In, Li, Tl, V, Zn, Pb) analizi ICP-OES (inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy) spektroskopisinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında yaptırıldı.

ICP-OES çoklu element araştırmaları için yaygın olarak kullanılan bir spektrometredir. ICP-OES spektrometresinin çalışma koşulları ve araştırması yapılan elementlerin dalga boyları aşağıda verilmiştir.

Güç:	1400W
Dış gaz:	13.5 L/min
Ara gaz:	1.2 L/min
Nebulizer gaz:	0.90 L/min
Örnek istek hızı:	2.0 ml/min
Preflush zamanı:	45 s
Okuma zamanı:	3x 24 s

Analiz edilen elementlere ait dalga boyları (nm);

Element	Dalga boyu (nm)	Element	Dalga boyu (nm)	Element	Dalga boyu (nm)	Element	Dalga boyu (nm)
Ag	328.068	Ga	294.363	Cd	214.439	Ni	231.604
Al	396.152	In	230.606	Co	238.892	P	213.618
As	188.980	K	766.491	Cr	267.716	Pb	220.353
B	249.772	Li	670.783	Cu	327.395	S	181.972
Ba	455.403	Mg	279.553	Fe	238.204	Se	196.026
Bi	223.061	Mn	257.610	Ca	317.933	Na	589.592
Sr	407.771	Tl	190.794	V	292.401	Zn	213.857

3.3. İstatistik Analiz

Elde edilen bulguların (sıcaklık, pH, iletkenlik, NO₃, NO₂, Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Co, Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Mn, Ni, P, S, Se, Sr, Cd, Cr, Ga, In, Li, Tl, V, Zn, Pb) istatistik işlemleri, SPSS 10.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Çalışmada elde edilen veriler “ortalama ± standart hata ortalaması” olarak ifade edildi ($X \pm SE$).

Gruplarda varyans analizi (ANOVA) ve Tukey post testi uygulanarak istatistiksel ilişki belirlendi. İstatistik anlamlılık için $p < 0.05$ kabul edildi.

4. BULGULAR

Her bir kaplıcanın Yaz (13.07.2004), Sonbahar (21.10.2004), Kış (12.01.2005) ve İlkbahar (18.04.2005) dönemlerine ait parametreleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6. 1 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	42	41	40	41	41
pH	7.44	7.38	7.33	7.29	7.36
İletkenlik (µs/cm)	281	290	286	283	285
NO ₃ (ppm)	5.172	3.871	4.089	7.122	5.064
NO ₂ (ppm)	0.072	0.069	0.074	0.090	0.076
Na (mg/L)	9.531	9.278	3.576	4.752	6.784
K (mg/L)	74.978	58.641	21.334	19.728	43.670
Ca (mg/L)	80.089	84.819	75.110	89.755	82.443
Mg (mg/L)	24.820	17.969	9.295	7.728	14.953
Fe (mg/L)	0.078	0.040	0.028	0.034	0.045
Cu (mg/L)	0.007	0.003	0.006	0.001	0.004
Co (mg/L)	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002
Ag (mg/L)	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As (mg/L)	0.914	1.283	0.011	0.456	0.666
B (mg/L)	6.018	7.415	1.022	3.473	4.482
Ba (mg/L)	0.019	0.043	0.084	0.059	0.051
Bi (mg/L)	0.009	0.004	0.000	0.000	0.003
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni (mg/L)	0.020	0.000	0.003	0.000	0.006
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	49.218	47.186	4.046	16.837	29.322
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	0.513	0.786	0.219	0.633	0.538
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Cr (mg/L)	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001
Ga (mg/L)	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001
In (mg/L)	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
Li (mg/L)	0.855	0.768	0.187	0.263	0.518
Tl (mg/L)	0.002	0.002	0.007	0.006	0.004
V (mg/L)	0.007	0.000	0.001	0.000	0.002
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.016	0.004
Pb (mg/L)	0.002	0.005	0.000	0.000	0.002

Çizelge 7. 2 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	94	87	87	88	89
pH	7.99	7.89	7.85	7.90	7.91
İletkenlik (µs/cm)	1563	1579	1559	1560	1565.3
NO ₃ (ppm)	3.872	4.088	3.654	4.305	3.980
NO ₂ (ppm)	0.069	0.070	0.070	0.071	0.070
Na (mg/L)	14.405	12.829	13.551	13.147	13.485
K (mg/L)	238.509	205.862	233.477	217.263	223.777
Ca (mg/L)	226.502	180.081	238.762	243.058	222.100
Mg (mg/L)	14.817	12.037	14.179	13.378	13.602
Fe (mg/L)	0.104	0.097	0.086	0.025	0.078
Cu (mg/L)	0.032	0.023	0.031	0.036	0.031
Co (mg/L)	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001
Ag (mg/L)	0.004	0.003	0.000	0.000	0.002
Al (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
As (mg/L)	4.486	3.475	4.228	3.924	4.028
B (mg/L)	5.076	4.514	5.299	4.999	4.972
Ba (mg/L)	0.054	0.043	0.092	0.102	0.073
Bi (mg/L)	0.001	0.001	0.005	0.001	0.002
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni (mg/L)	0.012	0.000	0.000	0.000	0.003
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	139.984	109.506	127.393	114.453	122.834
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	3.287	2.478	3.929	3.909	3.401
Cd (mg/L)	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Cr (mg/L)	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001
Ga (mg/L)	0.029	0.011	0.004	0.000	0.011
In (mg/L)	0.000	0.022	0.017	0.002	0.010
Li (mg/L)	4.240	3.504	3.989	3.718	3.863
Tl (mg/L)	0.012	0.000	0.000	0.003	0.004
V (mg/L)	0.007	0.004	0.004	0.004	0.005
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.009	0.006	0.010	0.008	0.008

Çizelge 8. 3 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	64	64	62	63	63.3
pH	7.43	7.43	7.39	7.35	7.4
İletkenlik (µs/cm)	851	845	853	851	850
NO ₃ (ppm)	3.872	7.122	4.305	6.255	5.389
NO ₂ (ppm)	0.073	0.073	0.075	0.059	0.070
Na (mg/L)	12.343	12.199	12.278	9.272	11.523
K (mg/L)	182.719	194.960	189.801	125.502	173.246
Ca (mg/L)	194.807	167.681	207.779	197.948	192.054
Mg (mg/L)	16.994	17.554	17.260	13.296	16.276
Fe (mg/L)	0.329	0.284	0.237	0.288	0.285
Cu (mg/L)	0.008	0.016	0.035	0.024	0.021
Co (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Ag (mg/L)	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As (mg/L)	0.031	0.000	0.016	0.038	0.021
B (mg/L)	8.649	9.496	9.486	6.099	8.433
Ba (mg/L)	0.405	0.466	0.536	0.382	0.447
Bi (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002
Mn (mg/L)	0.007	0.005	0.019	0.049	0.020
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	2.194	2.528	1.699	2.593	2.254
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	1.340	1.362	1.478	1.085	1.316
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Cr (mg/L)	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001
Ga (mg/L)	0.012	0.004	0.000	0.007	0.006
In (mg/L)	0.000	0.022	0.015	0.009	0.011
Li (mg/L)	5.700	5.809	5.411	3.556	5.119
Tl (mg/L)	0.000	0.011	0.009	0.001	0.005
V (mg/L)	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.019	0.005
Pb (mg/L)	0.013	0.007	0.015	0.002	0.009

Çizelge 9. 4 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	49	48	47	48	48
pH	6.08	6.02	5.98	6.04	6.03
İletkenlik (µs/cm)	803	792	790	794	794.8
NO ₃ (ppm)	7.123	4.738	7.339	6.427	6.407
NO ₂ (ppm)	0.069	0.072	0.075	0.073	0.072
Na (mg/L)	10.617	9.135	9.876	9.792	9.855
K (mg/L)	157.014	132.744	158.574	145.368	148.425
Ca (mg/L)	253.899	245.513	264.859	248.462	253.183
Mg (mg/L)	25.144	22.935	26.211	29.624	25.978
Fe (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu (mg/L)	0.001	0.017	0.016	0.019	0.013
Co (mg/L)	0.002	0.000	0.003	0.007	0.003
Ag (mg/L)	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
Al (mg/L)	0.012	0.000	0.000	0.009	0.005
As (mg/L)	2.095	1.676	1.710	1.065	1.637
B (mg/L)	3.105	2.820	3.329	3.961	3.304
Ba (mg/L)	0.037	0.030	0.040	0.453	0.140
Bi (mg/L)	0.002	0.000	0.004	0.004	0.003
Mn (mg/L)	0.006	0.000	0.000	0.005	0.003
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	74.352	58.375	67.028	71.258	67.753
Se (mg/L)	0.012	0.000	0.000	0.000	0.003
Sr (mg/L)	2.362	2.099	2.766	2.654	2.470
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Cr (mg/L)	0.000	0.002	0.003	0.002	0.002
Ga (mg/L)	0.000	0.021	0.000	0.018	0.010
In (mg/L)	0.000	0.015	0.017	0.021	0.013
Li (mg/L)	2.385	1.909	2.237	4.536	2.767
Tl (mg/L)	0.001	0.007	0.003	0.005	0.004
V (mg/L)	0.017	0.014	0.024	0.018	0.018
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.002	0.004	0.003	0.004	0.003

Çizelge 10. 5 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	67	66	64	65	65.5
pH	6.38	6.51	6.35	6.39	6.41
İletkenlik (µs/cm)	415	434	414	429	423
NO ₃ (ppm)	4.955	3.654	4.305	3.871	4.196
NO ₂ (ppm)	0.084	0.068	0.075	0.083	0.078
Na (mg/L)	5.521	5.699	4.972	4.289	5.120
K (mg/L)	87.970	94.232	84.257	65.933	83.098
Ca (mg/L)	259.720	266.110	256.481	263.591	261.476
Mg (mg/L)	24.605	25.374	24.386	21.356	23.930
Fe (mg/L)	0.046	0.040	0.022	0.027	0.034
Cu (mg/L)	0.006	0.002	0.006	0.027	0.010
Co (mg/L)	0.001	0.004	0.000	0.004	0.002
Ag (mg/L)	0.003	0.006	0.001	0.003	0.003
Al (mg/L)	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001
As (mg/L)	0.860	0.919	0.858	0.645	0.821
B (mg/L)	0.932	1.093	1.092	0.995	1.028
Ba (mg/L)	0.049	0.043	0.040	0.053	0.046
Bi (mg/L)	0.012	0.002	0.009	0.004	0.007
Mn (mg/L)	0.193	0.211	0.164	0.115	0.171
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	157.216	159.882	129.714	115.557	140.592
Se (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Sr (mg/L)	6.653	6.985	6.698	6.687	6.756
Cd (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cr (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Ga (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In (mg/L)	0.000	0.010	0.000	0.000	0.003
Li (mg/L)	0.437	0.459	0.415	0.317	0.407
Tl (mg/L)	0.012	0.000	0.007	0.000	0.005
V (mg/L)	0.006	0.008	0.010	0.008	0.008
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.081	0.020
Pb (mg/L)	0.002	0.003	0.004	0.004	0.003

Çizelge 11. 6 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	82	82	79	80	80.8
pH	8.38	7.96	7.84	7.92	8.03
İletkenlik (µs/cm)	1624	1611	1602	1608	1611.3
NO ₃ (ppm)	3.438	3.654	3.438	6.905	4.359
NO ₂ (ppm)	0.073	0.072	0.070	0.084	0.075
Na (mg/L)	15.917	14.654	13.234	13.353	14.289
K (mg/L)	273.226	266.129	216.457	223.689	244.875
Ca (mg/L)	186.173	223.696	219.233	238.405	216.877
Mg (mg/L)	15.724	15.598	14.211	12.622	14.539
Fe (mg/L)	0.078	0.070	0.034	0.058	0.060
Cu (mg/L)	0.046	0.039	0.038	0.211	0.084
Co (mg/L)	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001
Ag (mg/L)	0.004	0.002	0.004	0.003	0.003
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.038	0.000	0.01
As (mg/L)	4.772	4.589	4.230	4.142	4.433
B (mg/L)	6.985	6.045	4.827	5.237	5.773
Ba (mg/L)	0.076	0.073	0.093	0.100	0.09
Bi (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni (mg/L)	0.009	0.000	0.000	0.000	0.002
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	194.604	151.708	119.012	121.050	146.593
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	3.811	3.947	3.536	3.901	3.799
Cd (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Ga (mg/L)	0.025	0.041	0.008	0.000	0.019
In (mg/L)	0.000	0.010	0.019	0.021	0.013
Li (mg/L)	4.932	4.770	3.704	3.828	4.309
Tl (mg/L)	0.002	0.011	0.007	0.008	0.007
V (mg/L)	0.001	0.006	0.004	0.005	0.004
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.097	0.024
Pb (mg/L)	0.010	0.007	0.009	0.021	0.012

Çizelge 12. 7 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	56	56	54	55	56.25
pH	6.68	6.25	6.13	6.19	6.31
İletkenlik (µs/cm)	788	771	770	753	770.5
NO ₃ (ppm)	4.305	6.905	3.871	4.088	4.792
NO ₂ (ppm)	0.077	0.075	0.074	0.075	0.075
Na (mg/L)	9.791	9.615	7.260	6.839	8.376
K (mg/L)	153.466	161.343	102.707	96.386	128.476
Ca (mg/L)	276.975	269.823	283.785	285.678	279.065
Mg (mg/L)	34.651	34.826	31.684	30.970	33.033
Fe (mg/L)	0.267	0.204	0.175	0.186	0.208
Cu (mg/L)	0.015	0.003	0.009	0.024	0.013
Co (mg/L)	0.003	0.005	0.003	0.006	0.004
Ag (mg/L)	0.003	0.007	0.004	0.001	0.004
Al (mg/L)	0.000	0.019	0.000	0.001	0.005
As (mg/L)	2.369	2.414	1.506	1.387	1.919
B (mg/L)	2.584	2.906	1.983	1.881	2.338
Ba (mg/L)	0.040	0.059	0.033	0.035	0.042
Bi (mg/L)	0.000	0.001	0.003	0.010	0.004
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni (mg/L)	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	301.028	265.111	199.618	184.085	237.460
Se (mg/L)	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	2.944	3.247	3.362	4.242	3.449
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Cr (mg/L)	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Ga (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In (mg/L)	0.000	0.006	0.000	0.034	0.010
Li (mg/L)	2.295	2.444	1.436	1.354	1.882
Tl (mg/L)	0.000	0.001	0.004	0.001	0.001
V (mg/L)	0.012	0.012	0.014	0.021	0.015
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000

Çizelge 13. 8 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	64	62	61	63	62.5
pH	7.59	7.55	7.50	7.56	7.55
İletkenlik (µs/cm)	616	628	613	618	618.8
NO ₃ (ppm)	10.807	11.890	7.772	7.339	9.452
NO ₂ (ppm)	0.079	0.073	0.082	0.073	0.077
Na (mg/L)	9.946	14.978	14.022	9.477	12.106
K (mg/L)	137.616	280.607	251.884	130.308	200.104
Ca (mg/L)	154.004	197.041	222.854	195.132	192.258
Mg (mg/L)	14.591	22.703	21.369	13.538	18.051
Fe (mg/L)	0.236	0.140	0.124	0.132	0.158
Cu (mg/L)	0.021	0.039	0.033	0.012	0.026
Co (mg/L)	0.000	0.002	0.003	0.000	0.001
Ag (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As (mg/L)	0.109	0.091	0.046	0.037	0.071
B (mg/L)	6.319	14.569	12.694	6.195	9.944
Ba (mg/L)	0.295	0.550	0.542	0.403	0.448
Bi (mg/L)	0.011	0.001	0.000	0.008	0.005
Mn (mg/L)	0.002	0.015	0.032	0.041	0.023
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	3.391	2.621	2.656	2.457	2.781
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	1.046	1.764	1.850	1.131	1.448
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Cr (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga (mg/L)	0.021	0.034	0.017	0.000	0.018
In (mg/L)	0.000	0.011	0.031	0.000	0.011
Li (mg/L)	4.007	8.707	7.838	3.652	6.051
Tl (mg/L)	0.003	0.001	0.009	0.005	0.005
V (mg/L)	0.005	0.005	0.001	0.000	0.003
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.029	0.000	0.007
Pb (mg/L)	0.000	0.012	0.005	0.000	0.004

Çizelge 14. 9 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	46	45	42	44	44.25
pH	6.77	6.68	6.55	6.65	6.66
İletkenlik (µs/cm)	617	613	603	612	611.3
NO ₃ (ppm)	4.738	3.221	4.738	6.472	4.792
NO ₂ (ppm)	0.073	0.069	0.072	0.062	0.069
Na (mg/L)	10.533	13.162	12.874	9.487	11.514
K (mg/L)	143.158	207.530	213.191	128.971	173.213
Ca (mg/L)	169.982	138.190	214.142	195.358	179.418
Mg (mg/L)	23.038	26.744	13.845	13.384	19.253
Fe (mg/L)	0.115	0.108	0.096	0.103	0.337
Cu (mg/L)	0.014	0.028	0.022	0.014	0.019
Co (mg/L)	0.001	0.002	0.003	0.000	0.002
Ag (mg/L)	0.002	0.004	0.003	0.000	0.002
Al (mg/L)	0.005	0.000	0.009	0.000	0.004
As (mg/L)	0.000	0.015	4.008	0.029	1.013
B (mg/L)	6.449	10.236	4.9403	6.191	6.954
Ba (mg/L)	0.162	0.244	0.084	0.401	0.222
Bi (mg/L)	0.017	0.000	0.002	0.000	0.005
Mn (mg/L)	0.008	0.000	0.000	0.041	0.012
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	0.852	1.345	112.206	2.461	29.216
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	0.599	0.801	3.329	1.123	1.463
Cd (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Cr (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001
Ga (mg/L)	0.000	0.011	0.012	0.002	0.006
In (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003
Li (mg/L)	3.763	5.847	3.717	3.682	4.252
Tl (mg/L)	0.003	0.006	0.021	0.013	0.011
V (mg/L)	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.000	0.001	0.009	0.000	0.003

Çizelge 15. 10 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	39	38	37	38	38
pH	6.39	6.23	6.18	6.20	6.25
İletkenlik (µs/cm)	972	957	948	968	961.3
NO ₃ (ppm)	3.655	3.654	3.653	3.654	3.654
NO ₂ (ppm)	0.073	0.074	0.075	0.075	0.074
Na (mg/L)	15.186	10.637	9.239	13.146	12.052
K (mg/L)	262.040	145.682	124.177	153.463	171.341
Ca (mg/L)	268.882	263.629	272.581	286.493	272.896
Mg (mg/L)	29.144	23.598	20.690	18.674	23.027
Fe (mg/L)	0.015	0.011	0.000	0.026	0.013
Cu (mg/L)	0.027	0.018	0.005	0.028	0.020
Co (mg/L)	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004
Ag (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Al (mg/L)	0.024	0.000	0.000	0.018	0.011
As (mg/L)	0.659	0.155	0.271	0.038	0.281
B (mg/L)	5.395	3.172	2.703	4.652	3.981
Ba (mg/L)	0.024	0.065	0.039	0.058	0.047
Bi (mg/L)	0.000	0.013	0.008	0.018	0.010
Mn (mg/L)	0.000	0.011	0.038	0.042	0.023
Ni (mg/L)	0.011	0.013	0.005	0.009	0.010
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	147.158	83.944	64.543	132.241	106.971
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	2.441	2.234	2.288	2.864	2.457
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Cr (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Ga (mg/L)	0.054	0.013	0.007	0.012	0.022
In (mg/L)	0.015	0.007	0.013	0.011	0.012
Li (mg/L)	4.642	2.373	1.966	3.214	3.049
Tl (mg/L)	0.000	0.000	0.004	0.008	0.003
V (mg/L)	0.011	0.009	0.010	0.098	0.032
Zn (mg/L)	0.000	0.173	0.055	0.098	0.082
Pb (mg/L)	0.007	0.003	0.000	0.005	0.004

Çizelge 16. 11 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	83	81	79	80	80.75
pH	7.63	7.58	7.52	7.56	7.57
İletkenlik (µs/cm)	1164	1159	1152	1161	1159
NO ₃ (ppm)	7.339	7.466	7.467	7.466	7.435
NO ₂ (ppm)	0.075	0.075	0.073	0.075	0.075
Na (mg/L)	13.755	12.987	14.256	12.368	13.341
K (mg/L)	237.050	221.421	213.356	216.783	222.152
Ca (mg/L)	183.958	175.684	173.587	186.542	179.943
Mg (mg/L)	16.199	17.543	16.304	16.875	16.730
Fe (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.019	0.005
Cu (mg/L)	0.030	0.045	0.020	0.005	0.025
Co (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag (mg/L)	0.004	0.003	0.002	0.005	0.004
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As (mg/L)	3.914	3.215	3.452	4.032	3.653
B (mg/L)	4.414	4.965	4.456	5.026	4.715
Ba (mg/L)	0.017	0.011	0.009	0.016	0.013
Bi (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Mn (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Ni (mg/L)	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001
P (mg/L)	10.481	8.204	0.000	0.000	4.671
S (mg/L)	132.221	134.624	120.368	129.439	129.163
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	1.959	0.003	1.126	1.764	1.213
Cd (mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Cr (mg/L)	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001
Ga (mg/L)	0.024	0.029	0.021	0.019	0.023
In (mg/L)	0.017	0.029	0.029	0.021	0.024
Li (mg/L)	4.229	4.328	4.016	4.219	4.198
Tl (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
V (mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002

Çizelge 17. 12 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	76	75	73	74	74.5
pH	7.83	7.72	7.61	7.76	7.73
İletkenlik (µs/cm)	855	849	843	850	849.3
NO ₃ (ppm)	6.687	6.689	6.689	6.689	6.689
NO ₂ (ppm)	0.086	0.085	0.085	0.081	0.084
Na (mg/L)	12.973	11.873	13.687	13.976	13.127
K (mg/L)	209.585	195.634	215.352	211.937	208.127
Ca (mg/L)	118.517	114.623	201.352	197.567	158.015
Mg (mg/L)	18.473	19.267	16.381	15.689	17.452
Fe (mg/L)	0.000	0.001	0.000	0.016	0.004
Cu (mg/L)	0.017	0.025	0.019	0.038	0.025
Co (mg/L)	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001
Ag (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As (mg/L)	0.029	0.016	0.015	0.025	0.021
B (mg/L)	10.198	11.653	12.453	12.068	11.593
Ba (mg/L)	0.251	0.212	0.176	0.315	0.239
Bi (mg/L)	0.007	0.001	0.011	0.009	0.007
Mn (mg/L)	0.016	0.023	0.000	0.015	0.014
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	1.277	1.452	1.358	1.420	1.377
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	0.963	0.846	2.356	1.254	1.355
Cd (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Cr (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ga (mg/L)	0.069	0.075	0.052	0.063	0.065
In (mg/L)	0.005	0.020	0.017	0.004	0.012
Li (mg/L)	6.203	6.561	6.134	6.253	6.288
Tl (mg/L)	0.004	0.001	0.001	0.001	0.002
V (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge 18. 13 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	62	61	59	61	60.75
pH	6.90	6.86	6.74	6.85	6.84
İletkenlik (µs/cm)	622	619	615	620	619
NO ₃ (ppm)	4.365	4.335	4.305	4.355	4.340
NO ₂ (ppm)	0.072	0.073	0.076	0.072	0.073
Na (mg/L)	10.744	9.857	15.534	14.687	12.705
K (mg/L)	163.191	159.254	178.654	171.652	168.188
Ca (mg/L)	139.571	121.345	159.406	176.748	149.268
Mg (mg/L)	21.342	17.687	17.025	16.984	18.259
Fe (mg/L)	0.028	0.024	0.009	0.015	0.019
Cu (mg/L)	0.020	0.016	0.014	0.025	0.019
Co (mg/L)	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
Ag (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Al (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
As (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
B (mg/L)	7.208	8.546	8.327	8.964	8.261
Ba (mg/L)	0.132	0.106	0.098	0.152	0.122
Bi (mg/L)	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ni (mg/L)	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	1.558	1.964	2.123	2.346	1.997
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	0.597	0.567	1.814	0.967	0.986
Cd (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr (mg/L)	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Ga (mg/L)	0.000	0.001	0.003	0.002	0.002
In (mg/L)	0.011	0.031	0.016	0.026	0.021
Li (mg/L)	4.628	4.605	4.128	4.496	4.464
Tl (mg/L)	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001
V (mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pd (mg/L)	0.005	0.004	0.002	0.003	0.004

Çizelge 19. 14 numaralı kaplıcaya ait parametrelerin mevsimsel değişimi

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Sıcaklık (°C)	87	85	83	85	85
pH	8.08	7.95	7.78	7.84	7.91
İletkenlik (µs/cm)	1462	1453	1448	1459	1455.5
NO ₃ (ppm)	5.088	6.905	4.088	5.687	5.442
NO ₂ (ppm)	0.078	0.075	0.079	0.077	0.077
Na (mg/L)	13.582	15.218	11.552	14.563	13.729
K (mg/L)	281.164	278.530	177.297	175.691	228.171
Ca (mg/L)	205.485	196.173	188.691	197.654	197.0
Mg (mg/L)	21.459	16.396	10.819	18.754	16.857
Fe (mg/L)	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001
Cu (mg/L)	0.042	0.038	0.026	0.049	0.039
Co (mg/L)	0.004	0.003	0.001	0.006	0.004
Ag (mg/L)	0.004	0.003	0.004	0.006	0.004
Al (mg/L)	0.008	0.008	0.000	0.009	0.006
As (mg/L)	4.857	4.561	2.957	4.952	4.332
B (mg/L)	7.542	6.528	3.964	8.125	6.539
Ba (mg/L)	0.084	0.073	0.061	0.076	0.074
Bi (mg/L)	0.007	0.007	0.009	0.006	0.007
Mn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S (mg/L)	186.253	166.156	88.238	171.265	152.978
Se (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr (mg/L)	4.624	3.997	2.726	3.968	3.829
Cd (mg/L)	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Cr (mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Ga (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In (mg/L)	0.016	0.013	0.000	0.011	0.010
Li (mg/L)	5.327	4.904	2.935	3.985	4.288
Tl (mg/L)	0.006	0.000	0.009	0.007	0.006
V (mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Zn (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/L)	214.158	0.014	0.007	0.043	53.556

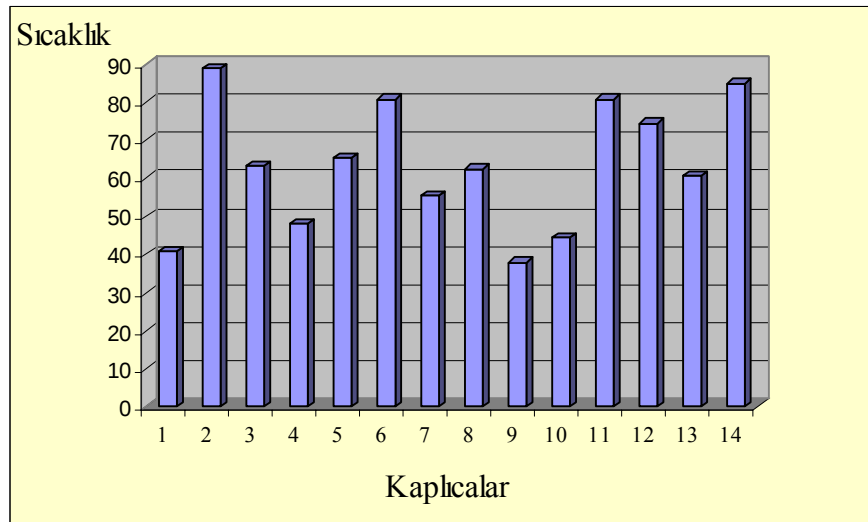
Her parametreye ait değerlerin kaplıcalardaki değişim grafikleri ve istatistiksel değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

Çizelge 20. Ortalama sıcaklık düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Sıcaklık (°C)	Kaplıca kodu	Sıcaklık (°C)
1	41 ± 0.82	8	62.5 ± 1.3 ^{a, b, e, h, j}
2	89 ± 3.37 ^a	9	38 ± 0.82 ^{b, d, e, f, h, j, l}
3	63.3 ± 0.96 ^{a, b}	10	44.3 ± 1.71 ^{b, d, f, h, j, l, m}
4	48 ± 0.82 ^{a, b, d}	11	80.8 ± 1.71 ^{a, b, d, f, e, j, l, m, n}
5	65.5 ± 1.3 ^{a, b, e}	12	74.5 ± 1.3 ^{a, b, d, e, f, h, j, l, m, n, o}
6	80.8 ± 1.5 ^{a, b, d, e, f}	13	60.8 ± 1.26 ^{a, b, e, g, h, k, m, n, o, p}
7	55.3 ± 0.96 ^{a, b, d, e, f, h}	14	85 ± 1.63 ^{a, c, d, e, f, i, j, l, m, n, o, p, r}

a: 1'den farklıdır, p<0.001
b: 2'den farklıdır, p<0.001
c: 2'den farklıdır, p<0.05
d: 3'den farklıdır, p<0.001
e: 4'den farklıdır, p<0.001
f: 5'den farklıdır, p<0.001
g: 5'den farklıdır, p<0.01
h: 6'dan farklıdır, p<0.001
i: 6'dan farklıdır, p<0.05

j: 7'den farklıdır, p<0.001
k: 7'den farklıdır, p<0.01
l: 8'den farklıdır, p<0.001
m: 9'dan farklıdır, p<0.001
n: 10'dan farklıdır, p<0.001
o: 11'den farklıdır, p<0.001
p: 12'den farklıdır, p<0.001
r: 13'den farklıdır, p<0.001



Şekil 13. Kaplıcalara ait ortalama sıcaklık değerleri

Çizelge 21. Ortalama pH düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	pH	Kaplıca kodu	pH
1	7.36 ± 0.07	8	7.55 ± 0.04 ^{d, i, j, k, m}
2	7.91 ± 0.06 ^a	9	6.25 ± 0.10 ^{a, c, f, k, o}
3	7.40 ± 0.04 ^c	10	6.66 ± 0.10 ^{a, c, f, i, k, n, o, r}
4	6.03 ± 0.04 ^{a, c, f}	11	7.57 ± 0.05 ^{e, i, j, k, m, s, ş}
5	6.41 ± 0.07 ^{a, c, f, h}	12	7.73 ± 0.09 ^{b, g, i, j, l, m, s, ş, y}
6	8.03 ± 0.02 ^{a, f, i, j}	13	6.84 ± 0.07 ^{a, c, f, i, j, k, m, o, s, t}
7	6.31 ± 0.03 ^{a, c, f, k}	14	7.91 ± 0.01 ^{a, f, i, j, m, p, s, ş, u, y}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001

^b: 1'den farklıdır, p<0.01

^c: 2'den farklıdır, p<0.001

^d: 2'den farklıdır, p<0.01

^e: 2'den farklıdır, p<0.05

^f: 3'den farklıdır, p<0.001

^g: 3'den farklıdır, p<0.05

^h: 4'den farklıdır, p<0.01

ⁱ: 4'den farklıdır, p<0.001

^j: 5'den farklıdır, p<0.001

^k: 6'dan farklıdır, p<0.001

^l: 6'dan farklıdır, p<0.05

^m: 7'den farklıdır, p<0.001

ⁿ: 7'den farklıdır, p<0.01

^o: 8'den farklıdır, p<0.001

^p: 8'den farklıdır, p<0.01

^r: 9'dan farklıdır, p<0.01

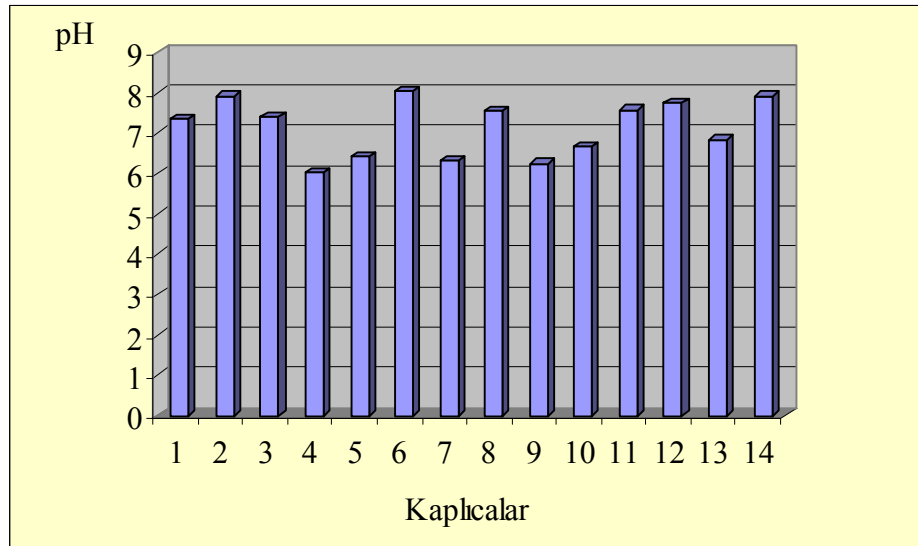
^s: 9'dan farklıdır, p<0.001

^ş: 10'dan farklıdır, p<0.001

^t: 11'den farklıdır, p<0.001

^u: 11'den farklıdır, p<0.05

^v: 13'den farklıdır, p<0.001



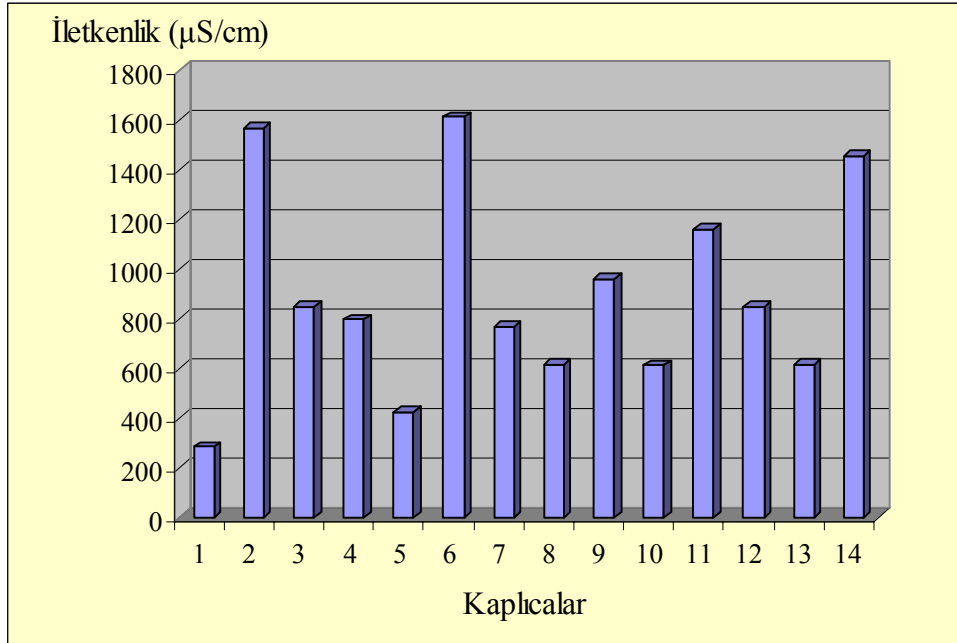
Şekil 14. Kaplıcalara ait ortalama pH değerleri

Çizelge 22. Ortalama iletkenlik düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	İletkenlik (μS/cm)	Kaplıca kodu	İletkenlik (μS/cm)
1	285 ± 3.9	8	618.8 ± 6.5 ^{a, b, c, d, f, g, h}
2	1565.3 ± 9.3 ^a	9	961.3 ± 10.9 ^{a, b, c, d, f, g, h, i}
3	850 ± 3.5 ^{a, b}	10	611.3 ± 5.9 ^{a, b, c, d, f, g, h, j}
4	794.8 ± 5.7 ^{a, b, c}	11	1159 ± 5.1 ^{a, b, c, d, f, g, h, i, j, k}
5	423 ± 10 ^{a, b, c, d}	12	849.3 ± 4.9 ^{a, b, d, f, g, h, i, j, k, l}
6	1611.3 ± 9.3 ^{a, b, c, d, f}	13	619 ± 2.9 ^{a, b, c, d, f, g, h, j, l, m}
7	770.5 ± 14.3 ^{a, b, c, e, f, g}	14	1455.5 ± 6.3 ^{a, b, c, d, f, g, h, i, j, k, l, m, n}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001
^b: 2'den farklıdır, p<0.001
^c: 3'den farklıdır, p<0.001
^d: 4'den farklıdır, p<0.001
^e: 4'den farklıdır, p<0.01
^f: 5'den farklıdır, p<0.001
^g: 6'dan farklıdır, p<0.001

^h: 7'den farklıdır, p<0.001
ⁱ: 8'den farklıdır, p<0.001
^j: 9'dan farklıdır, p<0.001
^k: 10'den farklıdır, p<0.001
^l: 11'den farklıdır, p<0.001
^m: 12'den farklıdır, p<0.001
ⁿ: 13'dan farklıdır, p<0.001



Şekil 15. Kaplıcalara ait ortalama iletkenlik değerleri

Çizelge 23. Ortalama NO₃ düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	NO ₃ (ppm)	Kaplıca kodu	NO ₃ (ppm)
1	5.06 ± 1.49 ^a	8	9.45 ± 2.24
2	3.98 ± 0.28 ^{a, d}	9	4.79 ± 1.33 ^a
3	5.39 ± 1.55 ^b	10	3.65 ± 0.0 ^{a, e, f}
4	6.41 ± 1.18 ^c	11	7.43 ± 0.64
5	4.20 ± 0.57 ^{a, d}	12	6.69 ± 0.17
6	4.36 ± 1.70 ^{a, d}	13	4.34 ± 0.26 ^{a, d}
7	4.79 ± 1.42 ^a	14	5.44 ± 1.18 ^b

^a: 8'den farklıdır, p< 0.001

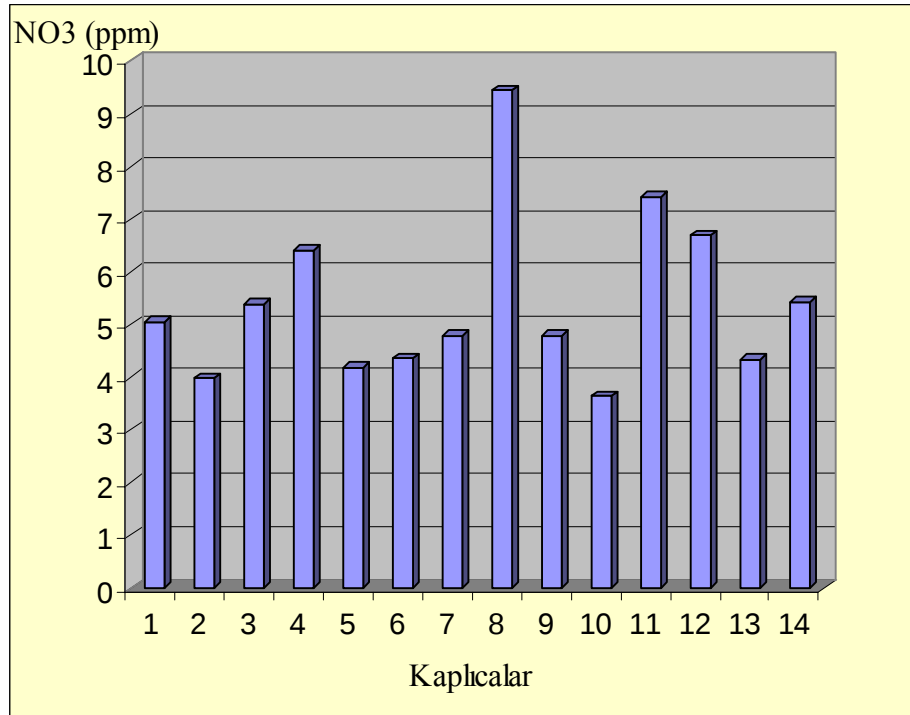
^b: 8'den farklıdır, p< 0.01

^c: 8'den farklıdır, p< 0.05

^d: 11'den farklıdır, p< 0.05

^e: 11'den farklıdır, p< 0.01

^f: 12'den farklıdır, p< 0.05



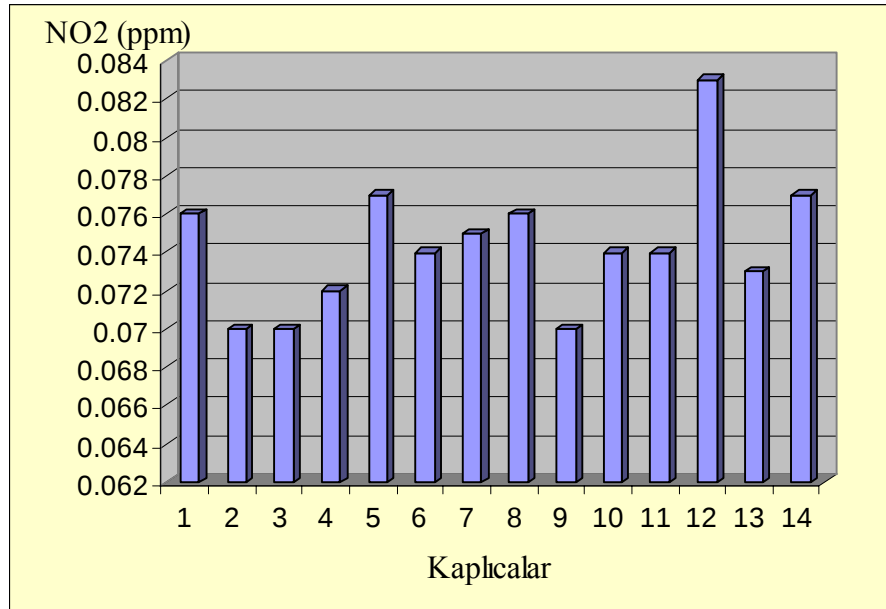
Şekil 16. Kaplıcalara ait ortalama NO₃ değerleri

Çizelge 24. Ortalama NO₂ düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	NO ₂ (ppm)	Kaplıca kodu	NO ₂ (ppm)
1	0.076 ± 0.089	8	0.076 ± 0.076
2	0.070 ± 0.082 ^a	9	0.070 ± 0.069 ^a
3	0.070 ± 0.059 ^a	10	0.074 ± 0.095
4	0.072 ± 0.026 ^b	11	0.074 ± 0.075
5	0.077 ± 0.075	12	0.083 ± 0.022
6	0.074 ± 0.063	13	0.073 ± 0.019 ^b
7	0.075 ± 0.013	14	0.077 ± 0.018

^a: 12'den farklıdır, p< 0.01

^b: 12'den farklıdır, p< 0.05



Şekil 17. Kaplıcalara ait ortalama NO₂ değerleri

Çizelge 25. Ortalama Na düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Na (mg/L)	Kaplıca kodu	Na (mg/L)
1	6.73 ± 3.1	8	12.05 ± 2.8 ^{b,h}
2	13.45 ± 0.7 ^a	9	11.45 ± 1.8 ^{b,i}
3	11.45 ± 1.5 ^b	10	12.00 ± 2.6 ^{b,h}
4	9.80 ± 0.6	11	13.28 ± 0.8 ^{c,h,k}
5	5.05 ± 0.6 ^{d,f,g}	12	13.05 ± 0.9 ^{c,h,k}
6	14.25 ± 1.3 ^{a,h,j}	13	12.65 ± 2.8 ^{c,h}
7	8.33 ± 1.5 ^e	14	13.68 ± 1.6 ^{a,h,k}

^a: 1'den farklıdır, p< 0.001

^b: 1'den farklıdır, p< 0.05

^c: 1'den farklıdır, p< 0.01

^d: 2'den farklıdır, p< 0.001

^e: 2'den farklıdır, p< 0.05

^f: 3'den farklıdır, p< 0.01

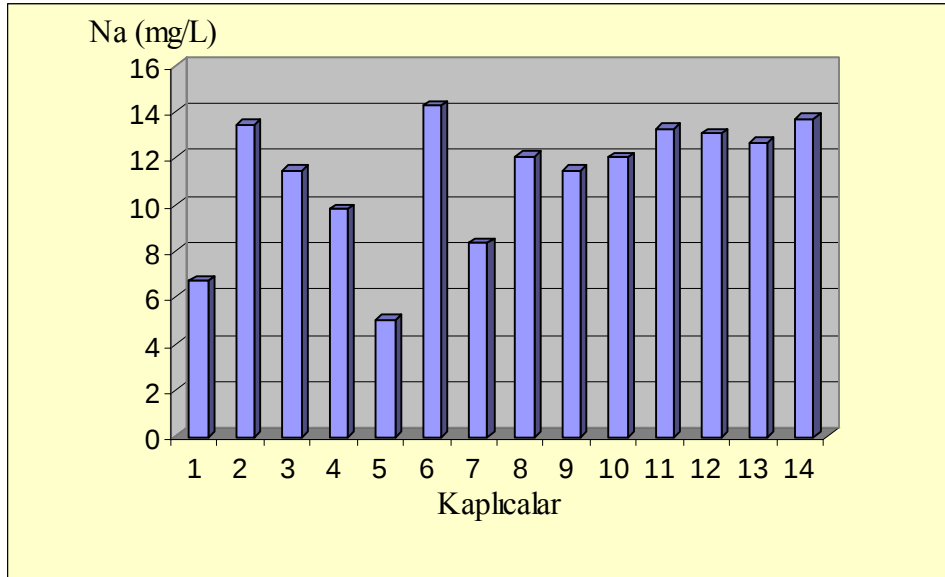
^g: 4'den farklıdır, p< 0.05

^h: 5'den farklıdır, p< 0.001

ⁱ: 5'den farklıdır, p< 0.01

^j: 7'den farklıdır, p< 0.01

^k: 7'den farklıdır, p< 0.05



Şekil 18. Kaplıcalara ait ortalama Na değerleri

Çizelge 26. Ortalama K düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	K (mg/L)	Kaplıca kodu	K (mg/L)
1	43.6 ± 27.5	8	199.9 ± 77.1 ^{a, h}
2	223.7 ± 15 ^a	9	173.2 ± 43.4 ^a
3	173.2 ± 32.2 ^b	10	171.3 ± 61.7 ^a
4	148.4 ± 12.1 ^c	11	222.1 ± 10.4 ^{a, g}
5	83.1 ± 12.2 ^d	12	208.2 ± 8.7 ^{a, h}
6	244.9 ± 28.9 ^{a, f, g, i}	13	168.2 ± 8.7 ^a
7	128.5 ± 33.7 ^e	14	228.2 ± 60 ^{a, g, j}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001

^b: 1'den farklıdır, p<0.01

^c: 1'den farklıdır, p<0.05

^d: 2'den farklıdır, p<0.05

^e: 2'den farklıdır, p<0.001

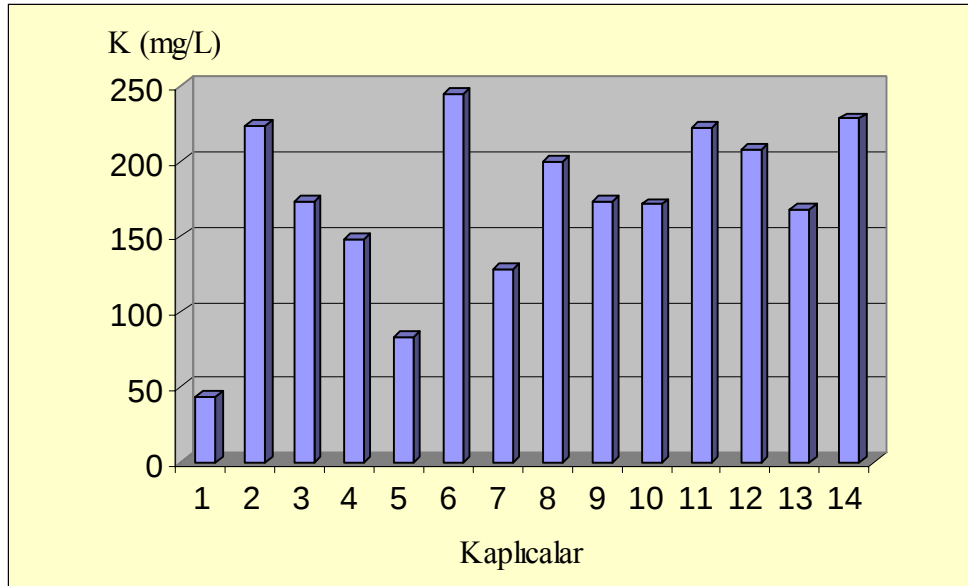
^f: 4'den farklıdır, p<0.05

^g: 5'den farklıdır, p<0.001

^h: 5'den farklıdır, p<0.01

ⁱ: 7'den farklıdır, p<0.01

^j: 7'den farklıdır, p<0.05



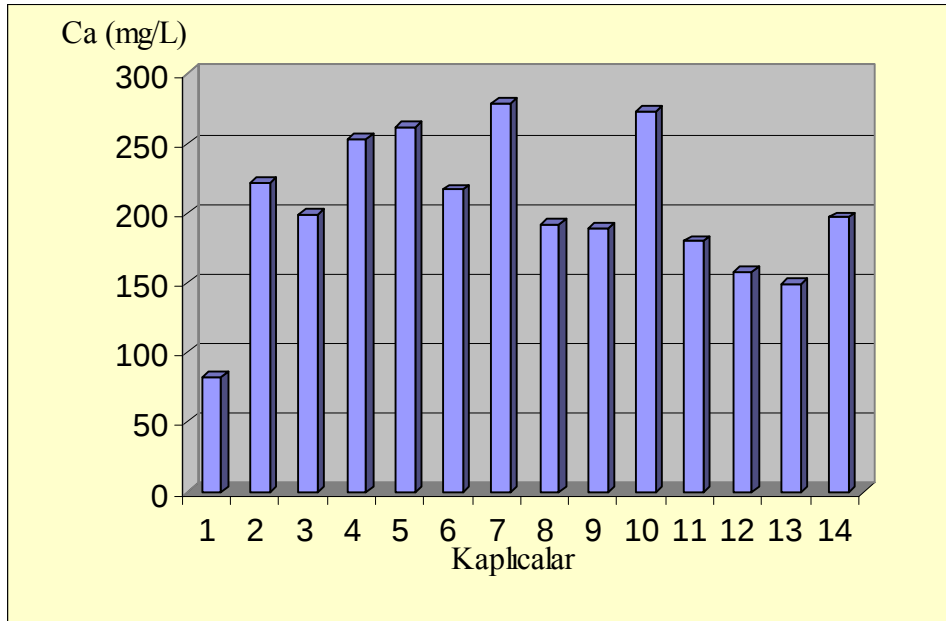
Şekil 19. Kaplıcalara ait ortalama K değerleri

Çizelge 27. Ortalama Ca düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Ca (mg/L)	Kaplıca kodu	Ca (mg/L)
1	82.5 ± 6.3	8	192 ± 28.2 ^{a, h, k, o, p}
2	222.1 ± 28.9 ^a	9	189.4 ± 32.9 ^{a, i, l, o, p}
3	198.9 ± 6.1 ^a	10	272.9 ± 9.8 ^{a, g, n}
4	253.2 ± 8.5 ^{a, e}	11	180 ± 6.3 ^{a, i, l, o, p}
5	261.5 ± 4.2 ^{a, e}	12	158 ± 47.9 ^{b, d, j, l, n, o, p}
6	216.9 ± 22 ^a	13	149.3 ± 24 ^{b, d, j, l, m, o, p}
7	279.1 ± 7.2 ^{a, c, f, m}	14	196.8 ± 6.9 ^{a, h, k, o, r}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001
^b: 1'den farklıdır, p<0.01
^c: 2'den farklıdır, p<0.05
^d: 2'den farklıdır, p<0.01
^e: 3'den farklıdır, p<0.05
^f: 3'den farklıdır, p<0.001
^g: 3'den farklıdır, p<0.01
^h: 4'den farklıdır, p<0.05
ⁱ: 4'den farklıdır, p<0.01

^j: 4'den farklıdır, p<0.001
^k: 5'den farklıdır, p<0.01
^l: 5'den farklıdır, p<0.001
^m: 6'dan farklıdır, p<0.01
ⁿ: 6'dan farklıdır, p<0.05
^o: 7'den farklıdır, p<0.001
^p: 10'dan farklıdır, p<0.001
^r: 10'dan farklıdır, p<0.01



Şekil 20. Kaplıcalara ait ortalama Ca değerleri

Çizelge 28. Ortalama Mg düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Mg (mg/L)	Kaplıca kodu	Mg (mg/L)
1	14.8 ± 8.1	8	18.0 ± 4.7 ^h
2	13.6 ± 1.2	9	19.2 ± 6.7 ⁱ
3	16.3 ± 2.0 ^h	10	23.1 ± 4.5 ^j
4	25.5 ± 2.9 ^{a, c, f}	11	16.7 ± 0.6 ^h
5	23.9 ± 1.8 ^d	12	17.5 ± 1.7 ^h
6	14.9 ± 2.0	13	18.2 ± 2.1 ^h
7	33.0 ± 2.0 ^{b, e, g}	14	16.9 ± 4.5 ^h

a: 1'den farklıdır, p<0.05

b: 1'den farklıdır, p<0.001

c: 2'den farklıdır, p<0.01

d: 2'den farklıdır, p<0.05

e: 2'den farklıdır, p<0.001

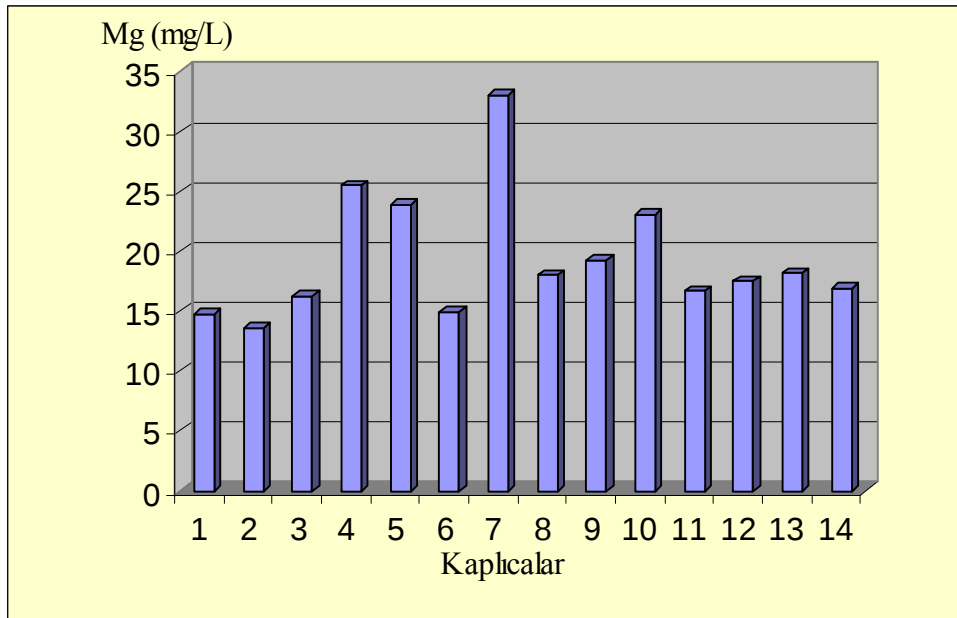
f: 6'dan farklıdır, p<0.05

g: 6'dan farklıdır, p<0.001

h: 7'den farklıdır, p<0.001

i: 7'den farklıdır, p<0.01

j: 7'den farklıdır, p<0.05



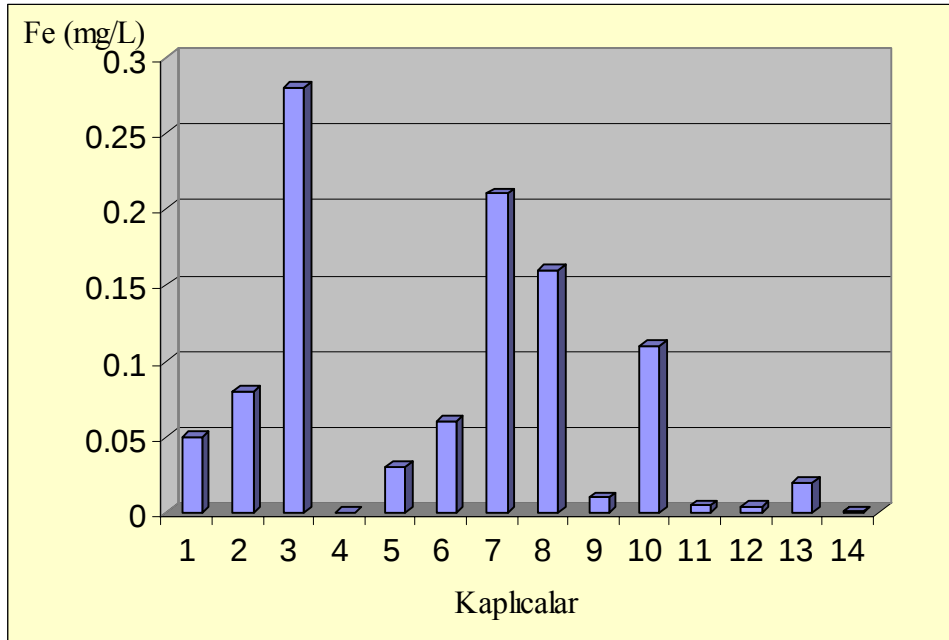
Şekil 21. Kaplıcalara ait ortalama Mg değerleri

Çizelge 29. Ortalama Fe düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Fe (mg/L)	Kaplıca kodu	Fe (mg/L)
1	0.05 ± 0.02	8	0.16 ± 0.05 ^{a, c, e, g, h, j}
2	0.08 ± 0.04	9	0.01 ± 0.01 ^{d, e, k, l, m}
3	0.28 ± 0.04 ^{a, b}	10	0.11 ± 0.01 ^{e, g, h, k}
4	0.00 ± 0.00 ^{c, e}	11	0.005 ± 0.01 ^{c, e, k, l, m}
5	0.03 ± 0.01 ^e	12	0.004 ± 0.01 ^{c, e, k, l, m}
6	0.06 ± 0.02 ^e	13	0.02 ± 0.01 ^{e, k, l, n}
7	0.21 ± 0.04 ^{a, b, g, h, j}	14	0.001 ± 0.00 ^{c, e, k, l, m}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001
^b: 2'den farklıdır, p<0.001
^c: 2'den farklıdır, p<0.01
^d: 2'den farklıdır, p<0.05
^e: 3'den farklıdır, p<0.001
^f: 3'den farklıdır, p<0.01
^g: 4'den farklıdır, p<0.001

^h: 5'den farklıdır, p<0.001
ⁱ: 5'den farklıdır, p<0.05
^j: 6'dan farklıdır, p<0.001
^k: 7'den farklıdır, p<0.001
^l: 8'den farklıdır, p<0.001
^m: 10'dan farklıdır, p<0.001
ⁿ: 10'dan farklıdır, p<0.01



Şekil 22. Kaplıcalara ait ortalama Fe değerleri

Çizelge 30. Ortalama As düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	As (mg/L)	Kaplıca kodu	As (mg/L)
1	0.7 ± 0.6	8	0.1 ± 0.0 ^{b, j, k, m, n}
2	4.0 ± 0.4 ^a	9	1.0 ± 2.0 ^{b, j, m, n}
3	0.0 ± 0.0 ^b	10	0.3 ± 0.3 ^{b, j, m, n}
4	1.6 ± 0.5 ^c	11	3.7 ± 0.4 ^{a, e, h, k, i}
5	0.8 ± 0.1 ^b	12	0.0 ± 0.0 ^{b, j, k, m, n}
6	4.4 ± 0.3 ^{a, e, g, i}	13	0.0 ± 0.0 ^{b, j, k, m, n}
7	1.9 ± 0.6 ^{d, f, j}	14	4.3 ± 0.9 ^{a, e, g, l, i}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001

^b: 2'den farklıdır, p<0.001

^c: 2'den farklıdır, p<0.01

^d: 2'den farklıdır, p<0.05

^e: 3'den farklıdır, p<0.001

^f: 3'den farklıdır, p<0.05

^g: 4'den farklıdır, p<0.001

^h: 4'den farklıdır, p<0.01

ⁱ: 5'den farklıdır, p<0.001

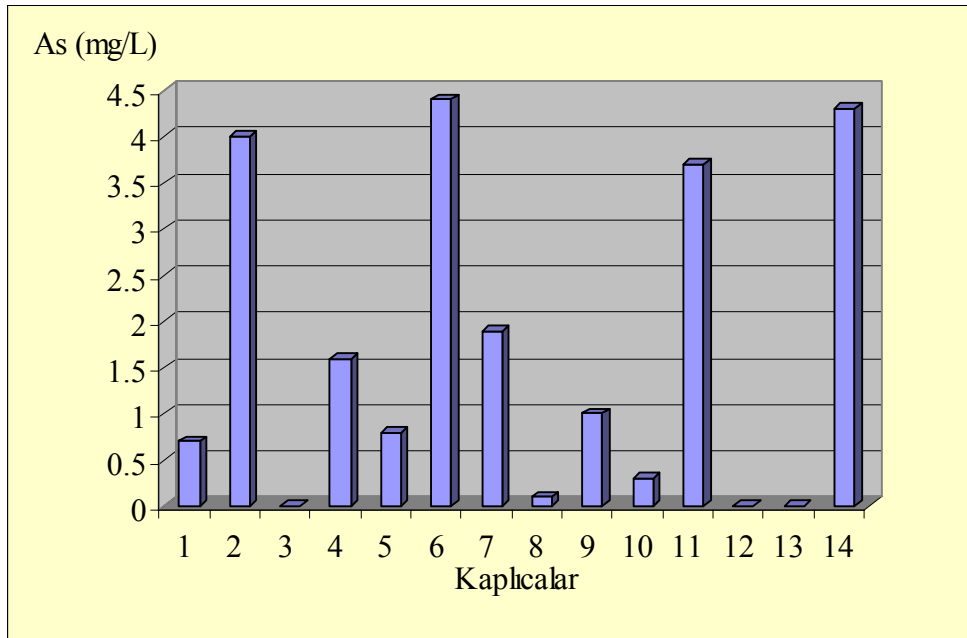
^j: 6'den farklıdır, p<0.001

^k: 7'den farklıdır, p<0.05

^l: 7'den farklıdır, p<0.01

^m: 11'den farklıdır, p<0.001

ⁿ: 14'den farklıdır, p<0.001



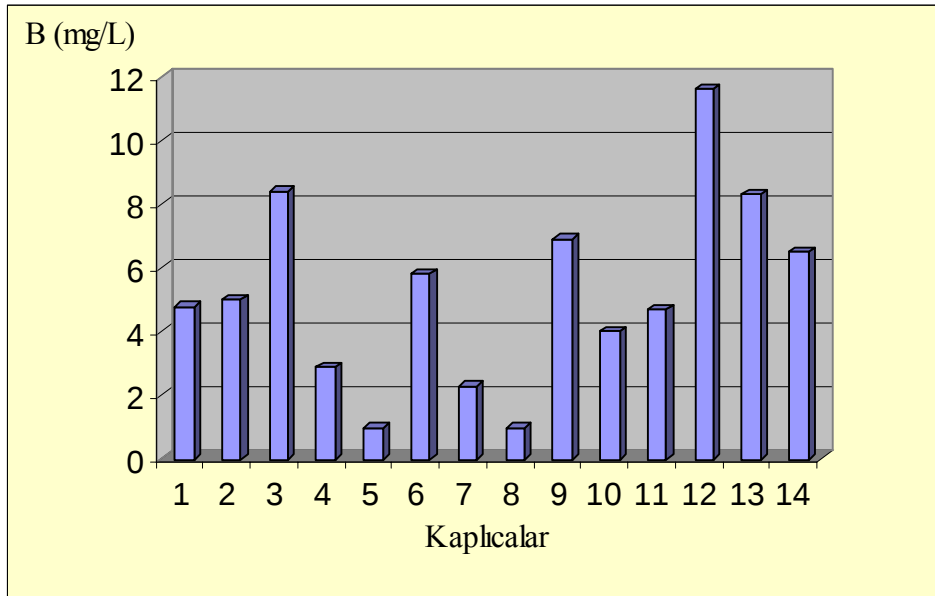
Şekil 23. Kaplıcalara ait ortalama As değerleri

Çizelge 31. Ortalama B düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	B (mg/L)	Kaplıca kodu	B (mg/L)
1	4.8 ± 2.8	8	1.0 ± 4.3 ^{a, c, g, j, m}
2	5.0 ± 0.3	9	6.9 ± 2.3 ^{k, n, r}
3	8.4 ± 1.6	10	4.0 ± 1.3 ^{p, s}
4	2.9 ± 1.2 ^e	11	4.7 ± 0.3 ^{p, s}
5	1.0 ± 0.1 ^f	12	11.6 ± 1 ^{b, d, g, j, l, m}
6	5.1 ± 0.9 ⁱ	13	8.3 ± 0.8 ^{h, j, o}
7	2.3 ± 0.5 ^e	14	6.5 ± 1.9 ^{k, r}

^a: 1'den farklıdır, p<0.01
^b: 1'den farklıdır, p<0.001
^c: 2'den farklıdır, p<0.05
^d: 2'den farklıdır, p<0.001
^e: 3'den farklıdır, p<0.01
^f: 3'den farklıdır, p<0.001
^g: 4'den farklıdır, p<0.001
^h: 4'den farklıdır, p<0.01
ⁱ: 5'den farklıdır, p<0.05

^j: 5'den farklıdır, p<0.001
^k: 5'den farklıdır, p<0.01
^l: 6'dan farklıdır, p<0.01
^m: 7'den farklıdır, p<0.001
ⁿ: 7'den farklıdır, p<0.05
^o: 7'den farklıdır, p<0.01
^p: 8'den farklıdır, p<0.01
^r: 12'den farklıdır, p<0.05
^s: 12'den farklıdır, p<0.001



Şekil 24. Kaplıcalara ait ortalama B değerleri

Çizelge 32. Ortalama S düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	S (mg/L)	Kaplıca kodu	S (mg/L)
1	29.3 ± 22.4	8	2.8 ± 0.4 ^{d, k, m, n}
2	122.9 ± 13.7 ^a	9	29.2 ± 55.3 ^{e, k, m, n}
3	2.3 ± 0.4 ^d	10	107 ± 39.1 ^{a, g, n, p, s}
4	67.8 ± 6.9	11	129.2 ± 6.2 ^{c, f, n, r, t}
5	140.6 ± 21.5 ^{b, f}	12	1.4 ± 8.2 ^{d, k, m, n, ü, y, z}
6	146.6 ± 35.3 ^{b, f, h}	13	2.0 ± 0.3 ^{d, k, m, n, ü, y, z}
7	237.5 ± 55 ^{b, d, f, i, j, l}	14	153 ± 44 ^{b, g, h, o, r, u}

^a: 1'den farklıdır, p<0.05

^b: 1'den farklıdır, p<0.001

^c: 1'den farklıdır, p<0.01

^d: 2'den farklıdır, p<0.001

^e: 2'den farklıdır, p<0.01

^f: 3'den farklıdır, p<0.001

^g: 3'den farklıdır, p<0.01

^h: 4'den farklıdır, p<0.05

ⁱ: 4'den farklıdır, p<0.001

^j: 5'den farklıdır, p<0.01

^k: 5'den farklıdır, p<0.001

^l: 6'dan farklıdır, p<0.01

^m: 6'dan farklıdır, p<0.001

ⁿ: 7'den farklıdır, p<0.001

^o: 7'den farklıdır, p<0.05

^p: 8'den farklıdır, p<0.01

^r: 8'den farklıdır, p<0.001

^s: 9'dan farklıdır, p<0.05

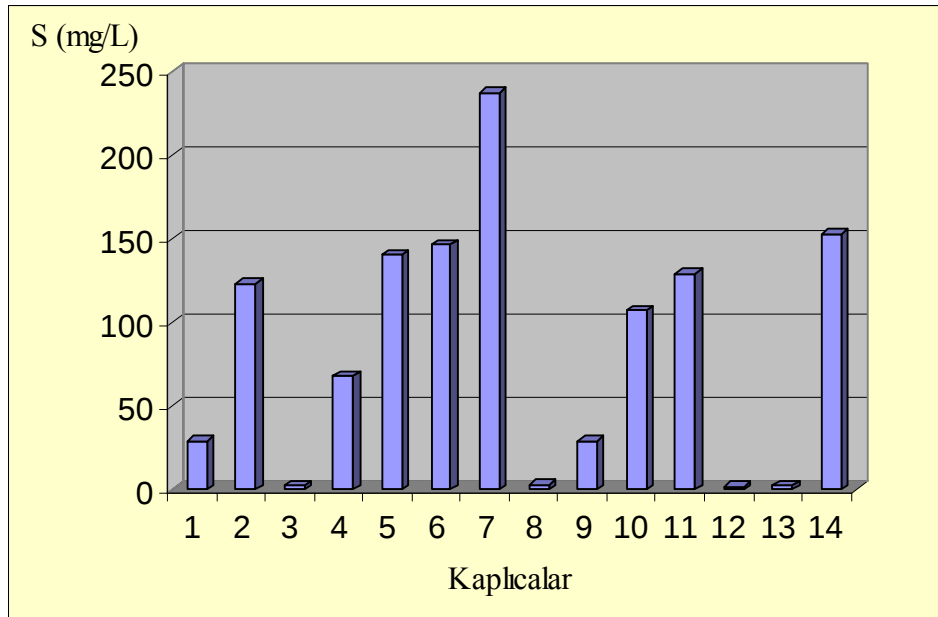
^t: 9'dan farklıdır, p<0.01

^u: 9'dan farklıdır, p<0.001

^ü: 10'dan farklıdır, p<0.01

^y: 11'den farklıdır, p<0.001

^z: 14'den farklıdır, p<0.001



Şekil 25. Kaplıcalara ait ortalama S değerleri

Çizelge 33. Ortalama Sr düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Sr (mg/L)	Kaplıca kodu	Sr (mg/L)
1	0.5 ± 0.3	8	1.5 ± 0.4 ^{d, h, i, k, m}
2	3.5 ± 0.7 ^a	9	1.5 ± 1.3 ^{d, h, i, k, m}
3	1.3 ± 0.2 ^c	10	2.5 ± 0.3 ^{b, h}
4	2.5 ± 0.3 ^b	11	1.7 ± 0.4 ^{d, h, j, k, m}
5	6.8 ± 0.1 ^{a, c, e, f}	12	1.4 ± 0.7 ^{d, h, i, k, m}
6	3.8 ± 0.2 ^{a, e, h}	13	1.0 ± 0.6 ^{c, g, h, i, l, m}
7	3.4 ± 0.6 ^{a, e, h}	14	3.8 ± 0.8 ^{b, e, h}

^a: 1'den farklıdır, p<0.001

^b: 1'den farklıdır, p<0.01

^c: 2'den farklıdır, p<0.001

^d: 2'den farklıdır, p<0.01

^e: 3'den farklıdır, p<0.001

^f: 4'den farklıdır, p<0.001

^g: 4'den farklıdır, p<0.05

^h: 5'den farklıdır, p<0.001

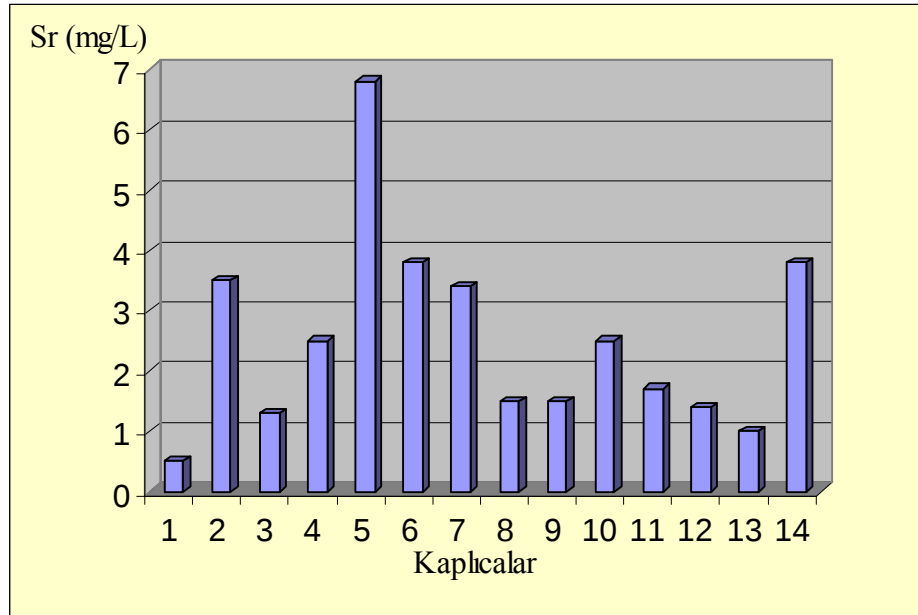
ⁱ: 6'dan farklıdır, p<0.001

^j: 6'dan farklıdır, p<0.01

^k: 7'den farklıdır, p<0.01

^l: 7'den farklıdır, p<0.001

^m: 14'den farklıdır, p<0.001



Şekil 26. Kaplıcalara ait ortalama Sr değerleri

Çizelge 34. Ortalama Li düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Kaplıca kodu	Li (mg/L)	Kaplıca kodu	Li (mg/L)
1	0.6 ± 0.4	8	6.1 ± 2.7 ^{b, f, g, j}
2	3.9 ± 0.3 ^a	9	4.3 ± 1.0 ^{a, g}
3	5.1 ± 1.0 ^b	10	3.1 ± 1.1 ^{h, k}
4	2.8 ± 1.2	11	3.7 ± 1.1 ^{a, i}
5	0.4 ± 8.2 ^{c, d}	12	6.3 ± 0.2 ^{b, f, g, j, l, m}
6	4.3 ± 0.6 ^{a, g}	13	4.5 ± 0.2 ^{b, g}
7	1.9 ± 0.6 ^e	14	4.3 ± 1.1 ^{a, g}

^a: 1'den farklıdır, p<0.01

^b: 1'den farklıdır, p<0.001

^c: 2'den farklıdır, p<0.01

^d: 3'den farklıdır, p<0.001

^e: 3'den farklıdır, p<0.01

^f: 4'den farklıdır, p<0.01

^g: 5'den farklıdır, p<0.001

^h: 5'den farklıdır, p<0.05

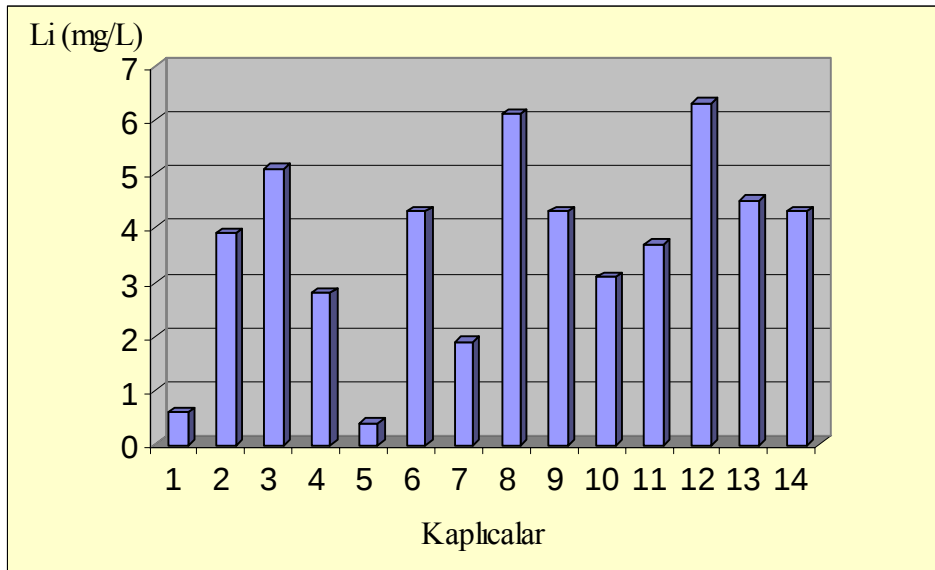
ⁱ: 5'den farklıdır, p<0.01

^j: 7'den farklıdır, p<0.001

^k: 8'den farklıdır, p<0.05

^l: 10'dan farklıdır, p<0.01

^m: 11'den farklıdır, p<0.05



Şekil 27. Kaplıcalara ait ortalama Li değerleri

Bazı ağır metallerin (Cu, Co, Ag, Mn, Ni, Sr, Cd, Cr, Ga, In, Tl, V, Zn, Pb) değerleri çok küçük (<0.01) olduğu için, bunların grafikleri ve istatistiksel yorumları ayrıca belirtilmemiştir.

5. TARTIŞMA ve 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 turizmine getirdiği katkılardan dolayı önemi artan bir enerji türüdür.

U.S. Enerji Birimi, genişletme ve yaygınlaştırma alanında Amerika’da pek çok araştırma yapmış ve bir çok kuyunun açılarak kullanıma sokulmasını sağlamıştır. Bu kuyuların ısıtma ve elektrik amaçlı kullanımlarının ekonomik getirisi araştırılmıştır (DOE 1999).

Kaygusuz yaptığı araştırmada, 61.000 evin jeotermal enerjiyle ısıtılması ile 600.000 ton CO₂’in atmosfere karışmadığını tespit etmiştir. Bu değer 340.000 taşıtın eksozdan çıkardığı değere eşittir. Bu da 7.000.000 ton yakıtın tasarrufu anlamına gelmektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz 2004).

Rybach jeotermal enerjinin direkt kullanımında yaptığı araştırmada hava kirliliği, yer altı kirliliği, kuyu patlaması ve sosyoekonomik problemlerin düşük, yüzey suyu kirliliğinin orta seviyede olduğunu saptamıştır (Rybach 2003).

Mutlu ve Güleç’in Türkiye’de yaptıkları 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).

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 düşünülen bu tesislerin sağlık açısından analizlerinin yapılmasının önemli olduğunu düşünüyoruz.

Kaplıca su analizleri yurt içinde ve yurt dışında yapılan pek çok çalışmada gösterilmiştir. Alp-Himalaya tektonik kuşağında yer alan ülkemizin çeşitli yörelerinde çok sayıda kaplıca mevcuttur. Bir çok çalışmada bu kaplıca sularının analizi yapılmıştır.

Akbaşlı 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, bununla birlikte pH değerlerinin ise; 6.9, 6.4, 8.32, 6.7, 8.84 ve 8.8 olduğu saptanmıştır (Güleç 1994, Özeke ve Çetiner 1987, Keskin 1976, 1974).

Ölmez ve arkadaşları (1986), Uzel (1988) ve Öktü (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.

Öktü ve arkadaşları (1992), Tekin ve Çetiner (1988), Canik (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, Çeşme, 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 (Şamilgil 1964, Eşder ve arkadaşları 1983, 1991, Ölmez 1976, Yılmaz 1986, Yılmaz ve Sünger 1989).

Gemici ve arkadaşları (2004), Erişen ve arkadaşları (1989), Güven ve Taşkın (1985), Uluşahin ve Tamgaç (1994), Didik (1994), Öktü ve Tamgaç (1990), 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), Uysallı ve Keskin (1971), Şimşek (1984), Erzenoğlu (1987), Denizli yöresindeki, Kızıldere, Tekehamamı, Pamukkale, Sarayköy, Buldan ve Çardak’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.

Afyonkarahisar bölgesinde yer alan ve çalışmaya dahil edilen 14 kaplıcaya ait sıcaklık değerleri ise sırasıyla; 41, 89, 63.3, 48, 65.5, 80.8, 55.3, 62.5, 38, 44.3, 80.8, 74.5, 60.8, 85, 63.5 °C, pH değerleri ise; 7.36, 7.91, 7.4, 6.03, 6.41, 8.03, 6.31, 7.55, 6.25, 6.66, 7.57, 7.73, 6.84, 7.91, 7.14 olarak bulunmuştur. pH değerleri dört kaplıca hariç TSE-266 (6.5-9.2) ve WHO (6.5-8.5) standartlarına uygundur. Bahsedilen dört kaplıcadaki pH değerlerinde belirtilen alt limite çok yakın olduğu görülmüştür. pH değerlerinin genel olarak standartlara uygun oluşu asidite ve alkalitenin halk sağlığına zararlı olmadığını gösterir. Afyonkarahisar bölgesinde araştırdığımız kaplıca sularının sıcaklık değerleri, yukarıda bahsedilen diğer çalışmalardan elde edilen sıcaklık değerlerinin çoğundan daha yüksektir. Bu

sonuçlar b6lgemizde yer alan kaplıcaların, kaplıca turizmine 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 y6resinde yer alan Ilısu, Ziga ve Acıg6l 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).

G6le (1994), 6zeke ve etiner (1987), Keskin (1976, 1974), Ankara’da yer alan Kızılcahamam, Sey, Ayaş, Haymana, Melikşah ve M6rtet’de yaptıkları çalışmalarda bu kaynaklardan alınan su 6rneklerindeki 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.

Eskişehir y6resinde 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 (6lmez ve arkadaşları 1986, Uzel 1988, 6kt6 1986).

Konya y6resindeki 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 (6kt6 ve arkadaşları 1992, Tekin ve etiner 1988, Canik 1988).

İzmir’de yer alan Agamemnun, Seferihisar-Cumali, eşme, Ilıcaburun, D6bek, Kaynarca, Kocaoba ve Balçova’da yapılan çalışmalarda alınan 6rneklerdeki 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 (Şamilgil 1964, Eşder ve arkadaşları 1983, 1991, Ölmez 1976, Yilmazer 1986, Yilmazer ve Sünger 1989).

Gemici ve arkadaşları (2004), Erişen ve arkadaşları (1989), Güven ve Taşkın (1985), Uluşahin ve Tamgaç (1994), Didik (1994), Öktü ve Tamgaç (1990), 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.

Denizli yöresindeki, Kızıldere, Tekehamamı, Pamukkale, Sarayköy, Buldan ve Çardak'daki suların K değerleri; 145, 64, 22, 112, 86, 5 mg/L, Na değerleri; 1264, 530, 130, 1300, 580, 95 mg/L, Ca değerleri; 3.1, 210, 530, 13, 290, 266 mg/L, Mg değerleri; 0.1, 53, 110, 1.2, 42, 84 mg/L olarak belirlenmiştir (Ellis ve Mahon 1977, Uysallı ve Keskin 1971, Şimşek 1984, Erzenoğlu 1987).

Çalışmaya dahil edilen 14 kaplıcaya ait K değerleri sırasıyla; 43.6, 223.7, 173.2, 148.4, 83.1, 244.9, 128.5, 199.9, 173.2, 171.3, 222.1, 208.2, 168.2, 228.2 mg/L, Na değerleri; 6.7, 13.5, 11.5, 9.8, 5.1, 14.3, 8.3, 12.1, 11.5, 12, 13.3, 13.1, 12.7, 13.7, 11.2 mg/L, Ca değerleri; 82.3, 222.1, 198.9, 253.2, 261.5, 216.9, 279.1, 192, 179.4, 272.9, 179.9, 158, 149.3, 196.8 mg/L, Mg değerleri; 14.8, 13.6, 16.3, 25.5, 23.9, 14.9, 33, 18, 19.2, 23.1, 16.7, 17.5, 18.2, 16.9 mg/L olarak bulunmuştur.

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 14 kaplıcada da TSE-266 standartlarının üstünde, sodyum ve magnezyum değerlerinin TSE-266 standartlarının altında ve kalsiyum değerlerinin ise altı kaplıcada TSE-266 standartlarının üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 11 kaplıcadaki Arsenik düzeyleri WHO standartlarının belirlediği (0.05 mg/L) sınır değerlerinin üzerinde olduğu bulunmuştur.

Vücuttan atılması zor olan, organizmanın dengesini bozup zehirlenmelere yol açan, hatta ölümlere kadar götüren ağır metallerin sulara bulunmaması önemli bir etkidir. Sağlık açısından mahsurlu olan (toksik etkilerinden dolayı) ve araştırmaya dahil edilen kaplıca sularındaki ağır metal düzeyleri TSE-266 ve WHO standartlarının altında çıkmıştır. Bu elementlerin TSE-266 standartları; As:0.05 mg/L, Cd:0.005 mg/L, Cr:0.05 mg/L, Pb:0.05 mg/L, Ag:0.01 mg/L, Cu:3 mg/L, Fe:0.2 mg/L, Zn:5 mg/L, Ni:0.02 mg/L, Mn:0.05 mg/L'dir. Bu elementlerin WHO standartları; As:0.05 mg/L, Cd:0.005 mg/L, Cr:0.05 mg/L, Pb:0.05 mg/L, Ag:0 mg/L, Cu:0 mg/L, Fe:0 mg/L, Zn:0 mg/L, Ni:0.02 mg/L, Mn:0.5 mg/L'dir. Bu sonuçlar, analizi yapılan kaplıca sularındaki ağır metal değerlerinin halk sağlığını tehdit edecek bir unsur oluşturmadığının bir göstergesidir.

Yüzey ve yer altı sularındaki nitrat kirliliği, topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması ve gübre kullanımı olmak üzere başlıca iki nedenden oluşmaktadır. Toprakta oluşan nitratın bitkiler tarafından kısmen tüketilmesi durumunda, kalan nitrat yağmur suları ile topraktan suya geçmekte; hem yer altı sularını hem de yerüstü sularını kirletmektedir. Diğer taraftan gereğinden fazla gübre kullanımı da toprağa ve dolayısıyla suya nitrat geçmesine yol açmaktadır. İçme suları ele alındığında özellikle nitratın sağlık üzerine olan olumsuz etkileri hemen göze çarpmaktadır.

Halk sağlığı açısından çok önem arzeden bu iki parametrenin (nitrat-nitrit), sulara, özellikle içme sularında mutlaka analizi yapıp, 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 (WHO 1998, TSE-266 1997).

Yapılan literatür taramalarında kaplıca sularında nitrat ve nitrit düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmaya dahil edilen kaplıcalarda nitrat değerleri sırasıyla, 5.06, 3.98, 5.39, 6.41, 4.20, 4.36, 4.79, 9.45, 4.79, 3.65, 7.43, 6.69, 4.34, 5.44 mg/L, nitrit değerleri ise, 0.076, 0.070, 0.070, 0.072, 0.077, 0.074, 0.075, 0.076, 0.069, 0.074, 0.074, 0.084, 0.073, 0.077 mg/L olarak bulunmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde, bu sonuçların TSE-266 ve WHO standartlarına uygun olduğu görülmüştür. Bu açıdan çalışmaya dahil edilen kaplıca sularının sağlık açısından zararlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Sunulan çalışmada 1A, 2A ve 3A grubunda yer alan elementlerin kış mevsimindeki değerlerinin, genel olarak diğer mevsimdeki değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

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 söylenebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akbaşı, A., 1992, Niğde-Sofular (Acıgöl Narlıgöl) sıcaksu sondajları (Nar-1, MTA-1, MTA-2, MTA-3) kuyu bitirme raporu. MTA Report No. 9407, Niğde.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2003, Toxicological profile of metals.
- Akkurt, F., Alıcılar, A., Şendil, O., 2002, Sularda bulunan nitratin adsorbsiyon yoluyla uzaklaştırılması Ankara.
- Ayaz, M.E., Kavak, N.S., Topaloğlu, M., 2004, “Dünya’da ve Türkiye’de önemli bazı jeotermal enerji alanları ve Sivas yöresindeki jeotermal alanların özellikleri”, Sivas.
- Barbier, E., 2002, Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview, Italy.
- BSR (Busines for Social Responsibility), 2002, Water quality guidelines and polutant fact sheet, USA.
- Canada^a, H., 2003, Arsenic in drinking water, Canada.
- Canada^b, H., 2003, Alüminium and human health, Canada.
- Canik, B., 1988, Bozdağ-Yapalı Toprakkale dolayındaki Cihanbeyli sıcak ve mineralli sular ve oluşukları. In: Canik B. (Ed.), Ulusal 1. Hidrojeoloji Simpozyumu, Ankara, Turkey, pp. 111–123.
- Chapman, D., Kimsfach, V., 1992, Selection of Water Quality Variables, USA.
- Dickson, M.H., Fanelli, M., 2004, “What is Geothermal Energy?”, Pisa, Italy.
- Didik, S., 1994. Hisarcık-Kütahya yöresindeki sıcak su kuyularının koruma alanları raporu. MTA report, No. 9809 in Turkish.
- Dişli, M., Akkurt, F., Alıcılar, A., 2004, Şanlıurfa Balıklıgöl suyunun bazı kimyasal parametrelerinin mevsimlere göre değişiminin değerlendirilmesi, Şanlıurfa.
- DOE (U.S. Department of Energy), 1999, Geothermal Today, Geothermal Energy Program Highlights, “Clean Energy For The 21st Century”.
- 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.

- Durak, S., 1996, Jeotermal Enerji Alternatif mi? Madencilik Bülteni, Sayı: 49.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999, Su Kalitesi, İzmir.
- Eleroğlu, H., Sarıca, M., 2002, Kanatlı Üretiminde İçme Suyu Kalitesi, Sivas.
- 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., Yılmazer, S., 1983, İzmir-Seferihisar Cumali-1 jeotermal enerji araması kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 8146, İzmir.
- Eşder, T., Yakabağ, A., Sarıkaya, H., Çiçekli, K., 1991, Aliğa (İzmir) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA report, No. 9467, İzmir.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979, Groundwater: New Jersey, Prentice Hall.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., Çolak, M., Helvacı, C., 2002, Hydrogeochemical and hydrogeological investigations of thermal waters in the Emet area, Kütahya.
- Güleç, N., 1994, Geochemistry of thermal waters and its relation to the volcanism in the Kızılcahamam (Ankara) area. Turkey J. Volcanol. Geotherm. Res. 59, 295–312, Ankara.
- Güven, M., Taşkın, İ., 1985, Simav-Naşa (Kütahya) sıcak su sondajı (N-1) kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 7903, Kütahya.
- Kara, C., Çömlekçioğlu, U., 2004, Karaçay (Kahramanmaraş)’ın kirliliğinin biyolojik ve fiziko-kimyasal parametrelerle incelenmesi, Kahramanmaraş.
- 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.
- Keskin, B., 1974 Ankara-Mürtet MT-1 sıcaksu sondajı kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 5223, Ankara.

- Keskin, B., 1976, Çubuk-Melikşah sondajı kuyu bitirme raporu. MTA report, No.5737, Ankara.
- Köse, R., 2005, Research On The Generation Of Electricity From The Geothermal Resources In Simav Region, Turkey.
- Kutscher, C.F., 2000, The Status and Future of Geothermal Electric Power, Conference, June, 16-21,Visconsin,U.S.A..
- McDermott, C.I., 2003, “Directional And Pressure Dependent Permeability: Effect Of Effective Stress And Poroelastic Deformation On Heat Transfer In A Geothermal Reservoir”, Application to German Continental Deep Drilling Project (KTB).
- Mertoğlu, O., Bakır, N., Kaya, T., 2003, “Geothermal Applications In Turkey”, Geothermics, 32: 419–28.
- M.T.A., 1946, Mineral Suların Araştırılmaları ve Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, Ankara.
- Mutlu, H., Güleç, N., 1998, Hydrogeochemical Outline Of Thermal Waters and Geothermometry Applications In Anatolia, Turkey.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration), 2001, Hazardous substances.
- Öktü, G., 1986, Eskişehir Sivrihisar Hamamkarahisar Kaplıcası koruma alanları etüdü. MTA report, No. 7891, Eskişehir.
- Öktü, G., Tamgaç, Ö.F., 1990, Kütahya Yoncalı Kaplıcası sıcak su sondajları (YON-1 ve YON-2) kuyu bitirme raporu. MTAreport, No. 9051, Kütahya.
- Öktü, G., İslamoğlu, Y., Tekin, Z., 1992, Konya Ilgın Kaplıcası (1-1) sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA report, No.9406, Konya.
- Ölmez, E., 1976, İzmir-Çeşme Ilıca-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 8214, İzmir.
- Ölmez, E., Demirel, Z., Uzel, Ö.F., 1986, Eskişehir ES-1 ve ES-2 sıcak su sondajları kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 8142, Eskişehir.
- Özeke, H., Çetiner, H.L., 1987, Ankara Ayaş Karakaya Kaplıcası AK-1 ve AK-2 sıcak su sondajları kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 8195, Ankara.
- Red Brochure, 2001, Geothermal Energy, Clean, Sustainable Energy For the Benefit of Humanity and The Environment , The University of Utah, U.S.A..

- Rybach, L., 2003, Geothermal Energy: sustainability and the environment, Zurich, Switzerland.
- S.A.G., 2000, TC Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Afyon Sanayi Potansiyeli ve Yatırım Alanları Araştırması, Ankara.
- Şamilgil, E., 1964, İzmir-Agamenmnun Kaplıcası bölgesinde sıcak su sondajları ve hidrotermal incelemeler hakkında rapor. MTA report, No. 3324, İzmir.
- Shaw, B., Mechenich, C., 2001, Health benefits and toxicity of common metals and minerals in Wisconsin drinking water supplies.
- Şimşek, Ş., 1984, Kızıldere-Tekkehamamı-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA report, No. 7846, Denizli.
- Tekin, A.G., Çetiner, H. L., 1988, Konya-Beyşehir-Köşk Kaplıcası K-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA report, No.8537, Konya.
- Teckcominco, 2005, Thallium metal safety data sheet, USA.
- TJD (Türkiye Jeotermal Derneği), Jeotermal Enerji. 08.11.2004
<http://www.jeotermaldernegi.org.tr>.
- Toka, B., 2004, Jeotermal Enerji, Ankara.
- TSE-266, 1997, İçilebilir Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.
- Uluşahin, A., Tamgaç, Ö.F., 1994, Gediz (Kütahya) Abide Kaplıcası sıcak su sondajına yönelik etüd. MTA report, No. 9675, Kütahya.
- Uysallı, H., Keskin, B., 1971, Denizli-Sarayköy KD-1, 2, 1/A, TH-1,3, 4, 6, 8, 9, 12, 13, 14 derin jeotermik sondajları bitirme raporu. MTA report, No. 4441, Denizli.
- Uzel, Ö.F., 1988, Eskişehir-Sarıcakaya Sakarılıca Kaplıcası SK-3 ve SK-4 sıcak su sondajları kuyu bitirme raporu. MTA report, No. 8372, Eskişehir.
- 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.
- www-1 Neden Jeotermal? 24.10.2004
<http://www.izmircevre.gov.tr/yayinayrinti.asp?div=141&did=22>.
- www-2 <http://www.afyon.saglik.gov.tr/htm/kaplicalar.htm>, 13.10.2004.

www-3 <http://www.sandikli.com/kaplica.asp>, 13.10.2004.

www-4 http://www.kulturturizm.gov.tr/portal/turizm_tr.asp?belgeno=44881, 13.10.2004.

www-5 <http://www.pws.com.tr/sontr/tr/icme.htm>, 03.03.2005.

www-6 <http://www.cevresorunlari.atauniedu.tr/su.htm>, 21.12.2004.

www-7 <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/water/pdf/dwg/nitrate.pdf>, 21.12.2004.

Yılmaz, Ö., 1999, Afyonkarahisar'da Jeotermal Alanlar ve Kullanımı, Afyon.

Yılmazer, S., 1986, Geological geophysical studies in the Dikili-Bergama (İzmir) geothermal field of Turkey. MTA report, No.8244, İzmir.

Yılmazer, S., Sünge, Z., 1989, İzmir Balçova Kaplıcalarında açılan BS-1, BS-10 ve BS-11 No'lu kuyuların sıcak su sondajı bitirme raporu. MTA report, No. 8782, İzmir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince beni yönlendiren, araştırmamın her aşamasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa CEMEK'e, her türlü desteğini gördüğüm dekanımız sayın Prof. Dr. Muhsin KONUK'a ve bu yoğun çalışmada maddi ve manevi her türlü destekten çekinmeyen kıymetli eşime teşekkürlerimi sunmayı zevkli bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1991 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Bölümünden 1995 yılında mezun oldu. Kimya öğretmeni olarak göreve başladı. 2003'de Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Öğretmenlik görevine Final Dergisi Dershanelerinde kimya öğretmeni olarak devam etmekte olan Mesut Aydınöz evli ve iki çocuk babasıdır.

EK:

Yaz dönemi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (13.07.2004)

Kaplıca kodu	Sıcaklık (C°)	pH	İletkenlik (µS/cm)	NO ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Co (mg/L)
1	42	7.44	281	5.172	0.072	9.531	74.978	80.089	24.820	0.078	0.007	0.003
2	94	7.99	1563	3.872	0.069	14.405	238.509	226.502	14.817	0.104	0.032	0.003
3	64	7.43	851	3.872	0.073	12.343	182.719	194.807	16.994	0.329	0.008	0.002
4	49	6.08	803	7.123	0.069	10.617	157.014	253.899	25.144	0.000	0.001	0.002
5	67	6.38	415	4.955	0.084	5.521	87.970	259.720	24.605	0.046	0.006	0.001
6	82	8.38	1624	3.438	0.073	15.917	273.226	186.173	15.724	0.078	0.046	0.001
7	56	6.68	788	4.305	0.077	9.791	153.466	276.975	34.651	0.267	0.015	0.003
8	64	7.59	616	10.807	0.079	9.946	137.616	154.004	14.591	0.236	0.021	0.000
9	46	6.77	617	4.739	0.073	10.533	143.158	169.982	23.038	0.115	0.014	0.001
10	39	6.39	972	3.655	0.073	15.186	262.040	268.882	29.144	0.015	0.027	0.004
11	83	7.63	1164	7.339	0.075	13.755	237.050	183.958	16.199	0.000	0.030	0.000
12	76	7.83	855	6.689	0.081	12.973	209.585	118.517	18.473	0.000	0.017	0.001
13	62	6.90	622	4.305	0.072	10.744	163.191	139.571	21.342	0.028	0.020	0.001
14	87	8.08	1462	5.088	0.078	13.582	281.164	205.485	21.459	0.001	0.042	0.004

Yaz dönemi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (13.07.2004)

Kaplıca kodu	Ag (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Bi (mg/L)	Mn (mg/L)	Ni (mg/L)	P (mg/L)	S (mg/L)	Se (mg/L)	Sr (mg/L)
1	0.001	0.000	0.914	6.018	0.019	0.009	0.000	0.020	0.000	49.218	0.000	0.513
2	0.004	0.001	4.486	5.076	0.054	0.001	0.000	0.012	0.000	139.984	0.000	3.287
3	0.001	0.000	0.031	8.649	0.405	0.000	0.007	0.000	0.000	2.194	0.000	1.340
4	0.002	0.012	2.095	3.105	0.037	0.002	0.006	0.000	0.000	74.352	0.012	2.362
5	0.003	0.000	0.860	0.932	0.049	0.012	0.193	0.000	0.000	157.216	0.002	6.653
6	0.004	0.000	4.772	6.985	0.076	0.002	0.000	0.009	0.000	194.604	0.000	3.811
7	0.003	0.000	2.369	2.584	0.040	0.000	0.000	0.008	0.000	301.028	0.000	2.944
8	0.000	0.000	0.109	6.319	0.295	0.011	0.002	0.000	0.000	3.391	0.000	1.046
9	0.002	0.005	0.000	6.449	0.162	0.017	0.008	0.000	0.000	0.852	0.000	0.599
10	0.002	0.024	0.659	5.395	0.024	0.000	0.000	0.011	0.000	147.158	0.000	2.441
11	0.004	0.000	3.914	4.414	0.017	0.000	0.000	0.003	10.481	132.221	0.000	1.959
12	0.001	0.000	0.029	10.198	0.251	0.007	0.016	0.000	0.000	1.277	0.000	0.963
13	0.001	0.000	0.000	7.208	0.132	0.000	0.000	0.003	0.000	1.558	0.000	0.597
14	0.004	0.008	4.857	7.542	0.084	0.007	0.000	0.000	0.000	186.253	0.000	4.624

Yaz dönemi Afyonkarahisar kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (13.07.2004)

Kaplıca kodu	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Ga (mg/L)	In (mg/L)	Li (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.001	0.002	0.003	0.000	0.855	0.002	0.007	0.000	0.002
2	0.000	0.000	0.029	0.000	4.240	0.012	0.007	0.000	0.009
3	0.001	0.003	0.012	0.000	5.700	0.000	0.002	0.000	0.013
4	0.001	0.000	0.000	0.000	2.385	0.001	0.017	0.000	0.002
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.437	0.012	0.006	0.000	0.002
6	0.001	0.002	0.025	0.000	4.932	0.002	0.001	0.000	0.010
7	0.001	0.000	0.000	0.000	2.295	0.000	0.012	0.000	0.000
8	0.001	0.000	0.021	0.000	4.007	0.003	0.005	0.000	0.000
9	0.000	0.001	0.000	0.000	3.763	0.003	0.001	0.000	0.000
10	0.001	0.001	0.054	0.015	4.642	0.000	0.011	0.000	0.007
11	0.001	0.002	0.024	0.017	4.229	0.000	0.001	0.000	0.002
12	0.000	0.000	0.069	0.005	6.203	0.004	0.000	0.000	0.000
13	0.001	0.000	0.000	0.011	4.628	0.003	0.002	0.000	0.005
14	0.002	0.001	0.000	0.016	5.327	0.006	0.002	0.000	214.158

Sonbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (21.10.2004)

Kaplıca kodu	Sıcaklık (C°)	pH	İletkenlik (µS/cm)	NO ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Co (mg/L)
1	41	7.38	290	3.871	0.069	9.278	58.641	84.819	17.969	0.040	0.003	0.002
2	87	7.89	1579	4.088	0.070	12.829	205.862	180.081	12.037	0.097	0.023	0.000
3	64	7.43	845	7.122	0.073	12.199	194.960	167.681	17.554	0.284	0.016	0.000
4	48	6.02	892	4.738	0.072	9.135	132.744	245.513	22.935	0.000	0.017	0.000
5	66	6.51	434	3.654	0.068	5.699	94.232	266.110	25.374	0.040	0.002	0.004
6	82	7.96	1611	3.654	0.072	14.654	266.129	223.696	15.598	0.070	0.039	0.001
7	56	6.25	771	6.905	0.075	9.615	161.343	269.823	34.826	0.204	0.003	0.005
8	62	7.55	628	11.890	0.073	14.978	280.607	197.041	22.703	0.140	0.039	0.002
9	45	6.68	613	3.221	0.069	13.162	207.530	138.190	26.744	0.108	0.028	0.002
10	38	6.23	957	3.654	0.074	10.637	145.682	263.629	23.598	0.011	0.018	0.004
11	81	7.58	1159	7.466	0.075	12.987	221.421	175.684	17.543	0.001	0.045	0.000
12	75	7.72	849	6.689	0.085	11.873	195.634	114.623	19.267	0.001	0.025	0.000
13	61	6.86	619	4.335	0.073	9.857	159.254	121.345	17.687	0.024	0.016	0.001
14	85	7.95	1453	6.905	0.075	15.218	278.530	196.173	16.396	0.001	0.038	0.003

Sonbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (21.10.2004)

Kaplıca kodu	Ag (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Bi (mg/L)	Mn (mg/L)	Ni (mg/L)	P (mg/L)	S (mg/L)	Se (mg/L)	Sr (mg/L)
1	0.000	0.000	1.283	7.415	0.043	0.004	0.000	0.000	0.000	47.186	0.000	0.786
2	0.003	0.000	3.475	4.514	0.043	0.001	0.000	0.000	0.000	109.506	0.000	2.478
3	0.002	0.000	0.000	9.496	0.466	0.000	0.005	0.000	0.000	2.528	0.000	1.362
4	0.002	0.000	1.676	2.820	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	58.375	0.000	2.099
5	0.006	0.004	0.919	1.093	0.043	0.002	0.211	0.000	0.000	159.882	0.000	6.985
6	0.002	0.000	4.589	6.045	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000	151.708	0.000	3.947
7	0.007	0.019	2.414	2.906	0.059	0.001	0.000	0.001	0.000	265.111	0.004	3.247
8	0.000	0.000	0.091	14.569	0.550	0.001	0.015	0.000	0.000	2.621	0.000	1.764
9	0.004	0.000	0.015	10.236	0.244	0.000	0.000	0.000	0.000	1.345	0.000	0.801
10	0.000	0.000	0.155	3.172	0.065	0.013	0.011	0.013	0.000	83.944	0.000	2.234
11	0.003	0.000	3.215	4.965	0.011	0.000	0.001	0.001	8.204	134.624	0.000	1.905
12	0.000	0.000	0.016	11.653	0.212	0.001	0.023	0.000	0.000	1.452	0.000	0.846
13	0.000	0.000	0.000	8.546	0.106	0.000	0.000	0.001	0.000	1.964	0.000	0.567
14	0.003	0.008	4.561	6.528	0.073	0.007	0.000	0.000	0.000	166.156	0.000	3.997

Sonbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (21.10.2004)

Kaplıca kodu	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Ga (mg/L)	In (mg/L)	Li (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.001	0.001	0.000	0.007	0.768	0.002	0.000	0.000	0.005
2	0.001	0.001	0.011	0.022	3.504	0.000	0.004	0.000	0.006
3	0.001	0.002	0.004	0.022	5.809	0.011	0.001	0.000	0.007
4	0.001	0.002	0.021	0.015	1.909	0.007	0.014	0.000	0.004
5	0.001	0.000	0.000	0.010	0.459	0.000	0.008	0.000	0.003
6	0.000	0.000	0.041	0.010	4.770	0.011	0.006	0.000	0.007
7	0.001	0.001	0.000	0.006	2.444	0.001	0.012	0.000	0.001
8	0.001	0.000	0.034	0.011	8.707	0.001	0.005	0.000	0.012
9	0.001	0.000	0.011	0.000	5.847	0.006	0.001	0.000	0.001
10	0.001	0.001	0.013	0.007	2.373	0.000	0.009	0.173	0.003
11	0.001	0.001	0.029	0.029	4.328	0.000	0.001	0.000	0.001
12	0.000	0.000	0.075	0.020	6.561	0.001	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.001	0.031	4.605	0.001	0.002	0.000	0.004
14	0.000	0.001	0.000	0.013	4.904	0.000	0.002	0.000	0.014

Kış dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (12.01.2005)

Kaplıca kodu	Sıcaklık (C°)	pH	İletkenlik (μS/cm)	NO ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Co (mg/L)
1	40	7.33	286	4.089	0.074	3.576	21.334	75.110	9.295	0.028	0.006	0.001
2	87	7.85	1559	3.654	0.070	13.551	233.477	238.762	14.179	0.086	0.031	0.000
3	62	7.39	853	4.305	0.075	12.278	189.801	207.779	17.260	0.237	0.035	0.000
4	47	5.98	790	7.339	0.075	9.876	158.574	264.859	26.211	0.000	0.016	0.003
5	64	6.35	414	4.305	0.075	4.972	84.257	256.481	24.386	0.022	0.006	0.000
6	79	7.84	1602	3.438	0.070	13.234	216.457	219.233	14.211	0.034	0.038	0.002
7	54	6.13	770	3.871	0.074	7.260	102.707	283.785	31.684	0.175	0.009	0.003
8	61	7.50	613	7.772	0.082	14.022	251.884	222.854	21.369	0.124	0.033	0.003
9	42	6.55	603	4.738	0.072	12.874	213.191	214.142	13.845	0.096	0.022	0.003
10	37	6.18	948	3.654	0.075	9.239	124.177	272.581	20.690	0.000	0.005	0.004
11	79	7.52	1152	7.467	0.073	14.256	213.356	173.587	16.304	0.000	0.020	0.000
12	73	7.61	843	6.689	0.085	13.687	215.352	201.352	16.381	0.000	0.019	0.002
13	59	6.74	615	4.355	0.079	15.534	178.654	159.406	17.025	0.009	0.014	0.002
14	83	7.78	1448	4.088	0.079	11.552	177.297	188.691	10.819	0.000	0.026	0.001

Kış dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (12.01.2005)

Kaplıca kodu	Ag (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Bi (mg/L)	Mn (mg/L)	Ni (mg/L)	P (mg/L)	S (mg/L)	Se (mg/L)	Sr (mg/L)
1	0.002	0.000	0.011	1.022	0.084	0.000	0.000	0.003	0.000	4.046	0.000	0.219
2	0.000	0.000	4.228	5.299	0.092	0.005	0.000	0.000	0.000	127.393	0.000	3.929
3	0.000	0.000	0.016	9.486	0.536	0.000	0.019	0.000	0.000	1.699	0.000	1.478
4	0.003	0.000	1.710	3.329	0.040	0.004	0.000	0.000	0.000	67.028	0.000	2.766
5	0.001	0.000	0.858	1.092	0.040	0.009	0.164	0.000	0.000	129.714	0.000	6.698
6	0.004	0.038	4.230	4.827	0.093	0.000	0.000	0.000	0.000	119.012	0.000	3.536
7	0.004	0.000	1.506	1.983	0.033	0.003	0.000	0.000	0.000	199.618	0.000	3.362
8	0.000	0.000	0.046	12.694	0.542	0.000	0.032	0.000	0.000	2.656	0.000	1.850
9	0.003	0.009	4.008	4.9403	0.084	0.002	0.000	0.000	0.000	112.206	0.000	3.329
10	0.000	0.000	0.271	2.703	0.039	0.008	0.038	0.005	0.000	64.543	0.000	2.288
11	0.002	0.000	3.452	4.456	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	120.368	0.000	1.126
12	0.000	0.000	0.015	12.453	0.176	0.011	0.000	0.001	0.000	1.358	0.000	2.356
13	0.000	0.000	0.001	8.327	0.098	0.001	0.000	0.000	0.000	2.123	0.000	1.814
14	0.004	0.000	2.957	3.964	0.061	0.009	0.000	0.000	0.000	88.238	0.000	2.726

Kış dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (12.01.2005)

Kaplıca kodu	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Ga (mg/L)	In (mg/L)	Li (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.001	0.001	0.000	0.000	0.187	0.007	0.001	0.000	0.000
2	0.001	0.002	0.004	0.017	3.989	0.000	0.004	0.000	0.010
3	0.000	0.000	0.000	0.015	5.411	0.009	0.001	0.000	0.015
4	0.000	0.003	0.000	0.017	2.237	0.003	0.024	0.000	0.003
5	0.000	0.001	0.000	0.000	0.415	0.007	0.010	0.000	0.004
6	0.000	0.000	0.008	0.019	3.704	0.007	0.004	0.000	0.009
7	0.000	0.001	0.000	0.000	1.436	0.004	0.014	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.017	0.031	7.838	0.009	0.001	0.029	0.005
9	0.000	0.000	0.012	0.000	3.717	0.021	0.003	0.000	0.009
10	0.000	0.000	0.007	0.013	1.966	0.004	0.010	0.055	0.000
11	0.001	0.000	0.021	0.029	4.016	0.000	0.001	0.000	0.001
12	0.001	0.001	0.052	0.017	6.134	0.001	0.001	0.000	0.000
13	0.000	0.002	0.003	0.016	4.128	0.000	0.002	0.000	0.002
14	0.000	0.001	0.000	0.000	2.935	0.009	0.002	0.000	0.007

İlkbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (18.04.2005)

Kaplıca kodu	Sıcaklık (C°)	pH	İletkenlik (µS/cm)	NO ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Co (mg/L)
1	41	7.29	283	7.122	0.090	4.752	19.728	89.755	7.728	0.034	0.001	0.001
2	88	7.90	1560	4.305	0.071	13.147	217.263	243.058	13.378	0.025	0.036	0.000
3	63	7.35	851	6.255	0.059	9.272	125.502	197.948	13.296	0.288	0.024	0.000
4	48	6.04	794	6.427	0.073	9.792	145.368	248.462	29.624	0.000	0.019	0.007
5	65	6.39	429	3.871	0.083	4.289	65.933	263.591	21.356	0.027	0.027	0.004
6	80	7.92	1608	6.905	0.084	13.353	223.689	238.405	12.622	0.058	0.211	0.000
7	55	6.19	753	4.088	0.075	6.839	96.386	285.678	30.970	0.186	0.024	0.006
8	63	7.56	618	7.339	0.073	9.477	130.308	195.132	13.538	0.132	0.012	0.000
9	44	6.65	612	6.472	0.062	9.487	128.971	195.358	13.384	0.103	0.014	0.000
10	38	6.20	968	3.654	0.074	13.146	153.463	286.493	18.674	0.026	0.028	0.003
11	80	7.56	1161	7.466	0.075	12.368	216.783	186.542	16.875	0.019	0.005	0.000
12	74	7.76	850	6.689	0.081	13.976	211.937	197.567	15.689	0.016	0.038	0.002
13	61	6.85	620	4.355	0.072	14.687	171.652	176.748	16.984	0.015	0.025	0.002
14	85	7.84	1459	5.687	0.077	14.563	175.691	197.654	18.754	0.002	0.049	0.006

İlkbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (18.04.2005)

Kaplıca kodu	Ag (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Bi (mg/L)	Mn (mg/L)	Ni (mg/L)	P (mg/L)	S (mg/L)	Se (mg/L)	Sr (mg/L)
1	0.001	0.000	0.456	3.473	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	16.837	0.000	0.633
2	0.000	0.001	3.924	4.999	0.102	0.001	0.000	0.000	0.000	114.453	0.000	3.909
3	0.000	0.000	0.038	6.099	0.382	0.008	0.049	0.000	0.000	2.593	0.000	1.085
4	0.003	0.009	1.065	3.961	0.453	0.004	0.005	0.000	0.000	71.258	0.000	2.654
5	0.003	0.000	0.645	0.995	0.053	0.004	0.115	0.000	0.000	115.557	0.000	6.687
6	0.003	0.000	4.142	5.237	0.100	0.001	0.000	0.000	0.000	121.050	0.000	3.901
7	0.001	0.001	1.387	1.881	0.035	0.010	0.000	0.000	0.000	184.085	0.000	4.242
8	0.000	0.000	0.037	6.195	0.403	0.008	0.041	0.000	0.000	2.457	0.000	1.131
9	0.000	0.000	0.029	6.191	0.401	0.000	0.041	0.000	0.000	2.461	0.000	1.123
10	0.001	0.018	0.038	4.652	0.058	0.018	0.042	0.009	0.000	132.241	0.000	2.864
11	0.005	0.000	4.032	5.026	0.016	0.001	0.001	0.000	0.000	129.439	0.000	1.764
12	0.002	0.000	0.025	12.068	0.315	0.009	0.015	0.000	0.000	1.420	0.000	1.254
13	0.001	0.001	0.002	8.964	0.152	0.002	0.001	0.001	0.000	2.346	0.000	0.967
14	0.006	0.009	4.952	8.125	0.076	0.006	0.000	0.000	0.000	171.265	0.000	3.968

İlkbahar dönemi Afyon kaplıcalarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (18.04.2005)

Kaplıca kodu	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Ga (mg/L)	In (mg/L)	Li (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.263	0.006	0.000	0.016	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.002	3.718	0.003	0.004	0.000	0.008
3	0.000	0.000	0.007	0.009	3.556	0.001	0.003	0.019	0.002
4	0.000	0.002	0.018	0.021	4.536	0.005	0.018	0.000	0.004
5	0.000	0.001	0.000	0.000	0.317	0.000	0.008	0.081	0.004
6	0.000	0.001	0.000	0.021	3.828	0.008	0.005	0.097	0.021
7	0.000	0.001	0.000	0.034	1.354	0.001	0.021	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	3.652	0.005	0.000	0.000	0.000
9	0.001	0.003	0.002	0.012	3.682	0.013	0.002	0.000	0.000
10	0.001	0.001	0.012	0.011	3.214	0.008	0.098	0.098	0.005
11	0.001	0.002	0.019	0.021	4.219	0.001	0.001	0.000	0.002
12	0.001	0.000	0.063	0.004	6.253	0.001	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.002	0.026	4.496	0.001	0.002	0.000	0.003
14	0.001	0.001	0.000	0.011	3.985	0.007	0.002	0.000	0.043