

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE DENİZLİ TERMAL MİNERALLİ SULARININ HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS AND USEAGE OF DENİZLİ THERMAL MINERAL WATERS FROM PAST TO PRESENT

**İpek F. Barut^{1,*}, Nergis Erdoğan², Begüm Berköz Erol²,
Fulya Demircioğlu Güneri²**

¹ *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Müşküle Sokak No: 2, 34116 Vefa-Fatih İstanbul, e-mail: barutif@istanbul.edu.tr*

² *İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı, Millet Cad. 126, 34093 Çapa-Fatih/ İstanbul, e-mail: nerdogan@istanbul.edu.tr*

** Sorumlu Yazar*

ÖZ

Kaplıca yörelerine özgü tarihsel ve kültürel birikimi dikkate alındığında, termal mineralli sular mistik dönemlerden antik çağ uygarlıklarına ve günümüze değin tedavi amaçlı uygulamalarda önemli yer tutmaktadır. Geçmiş uygulamaların deneyimleriyle birlikte değerlendirilerek günümüzde yeni çalışmaların önünün açılması sağlanabilir. Antik dönemlerde özellikle doğal sıcak su kaynaklarına özel önem verilmiştir. Bu tür kaynaklar hem maliyetsiz ve zahmetsiz temizlik hem de bir çok hastalığın tedavisi gibi çok cazip olanaklar sunması nedeni ile gereken değeri görmüşlerdir. Kentler, bu tür kaynakların çevresine kurularak hastalıkların tedavisi amacı ile özel kaplıcalar inşa edilmiştir.

Denizli-Pamukkale yöresi termal suları hem tarihi ve kültürel yanı hem de sularının benzersiz özellikleriyle en önemli kaplıca yörelerimizdendir. Büyük ölçekte horst ve graben yapıları ile temsil edilen Ege Bölgesi'nde geniş dağılımlı, aktif tektonizmanın sonucunda birçok termal kaynak meydana gelmiştir. Bu bölgede yeralan Denizli Havzası çok sayıda ve çeşitlilikte termal mineralli suların yer aldığı Türkiye'de ve Dünya'da önemli bir alandır.

Denizli yöresinde Kızıldere, Tekkehamam, Kamara-Yenice, Karataş, Sarayköy, Tosunlar, Buldan, Gölemezli, Karahayıt, Pamukkale ve Gözpınarı termal mineralli sulardır. Kaynakların sıcaklıkları 23.2-98°C arasında değişmekle birlikte sondajlarda elde edilen en yüksek değer ise 242°C ölçülmüştür. Sular genel itibari ile sülfat ve karbonatlı sular sınıfında olup radyoaktivite özelliği de bulunmaktadır.

Çalışmamızda periyodik olmayan ancak eski çalışmalarda da önemli yer tutan Denizli yöresi termal mineralli su kaynaklarının günümüze değin (1907-2005) fiziksel ve hidrokimyasal özellikleri çerçevesinde kaplıca tıbbi (Balneoloji) kullanımına değinilmiştir. Yine bu suların hidrokimyasal özelliklerine ilişkin yıllara göre değişimi üzerinde durulmuştur. Genel itibari ile zaman içinde bazı kaynaklarda TDS değerlerinde azalma bazılarında da artış belirlenmiştir. Anyon ve katyon içeriğine bakıldığında ise katyon oranlarında değişiklik izlenmezken bazı kaynaklarda anyonların oranlarında değişim gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamukkale termal mineralli suları, Karahayıt termal mineralli suları, kaplıca tıbbi (balneoloji), hidrojeokimya.

ABSTRACT

Considering the historical and cultural accumulations specific to the regions of spa, thermal mineral waters played important role in therapeutic applications since the mystical era and ancient civilizations up to the present. Evaluation of the experiences of past practices paves the way for new studies. Special emphasis was placed especially on natural hot water sources in ancient times. Such sources attracted attention as they provided not only cost-free and effortless way of cleaning but also tempting opportunities for the treatment of several diseases. Ancient cities were built around the thermal mineral springs and special spas were constructed for the treatment of certain diseases.

The Denizli-Pamukkale region is one of the most important spa centres in Turkey both with its historical-cultural characteristics and unique features of its waters. A number of thermal springs were formed in the Aegean region in response to active tectonics which resulted in a horst-graben structure on a large scale. Considering the number and the variety of the thermal springs present, the Denizli Basin in this region is regarded an important area in Turkey and the world.

In the Denizli region, thermal mineral waters are located, from west to east, at Kızıldere, Tekkehamam, Kamara-Yenice, Karataş, Sarayköy, Tosunlar, Buldan, Gölemezli, Karahayit, Pamukkale and Gözpınarı. The temperature of the thermal springs range from 23.2 to 98°C, while the highest value of 242°C was recorded in drill holes. These waters fall, in general, sulphate and carbonate bearing water class and have high radioactive contents.

In this study, the use of the Denizli region thermal mineral waters in spa medicine (Balneology) is discussed in the frame of physical and hydrochemical properties measured, though aperiodic, between 1907 and 2005. Moreover, changing of hydrochemical characteristics of these waters over the years has been emphasized. In general, a decrease in TDS value over time in some spring waters while an increase in others was detected. Regarding the cation and anion contents, although no change in cation ratios was observed, a change occur in anion ratios in some spring waters.

Key words: Hydrogeochemistry, Karahayit thermal mineral waters, medical spa (balneology), Pamukkale thermal mineral waters.

GİRİŞ

Suyun tedavi amaçlı kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir ve bilimsel aşamaya gelene kadar birçok aşamadan geçmiştir. Mistik dönemlerde termal mineralli sular, ilahların gücü olarak değerlendirilirken, Romalılar kaplıcaları daha verimli kullanmaya başlamış ve Kaplıca Mimarisine de büyük katkılarda bulunmuşlardır. Antik çağ uygarlıklarından bu yana Kaplıca Tıbbı (Balneoloji) uygulamaları, hastalıkların tedavisinde önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde tedavi amacı ile kullanılan kaplıcaların birçoğunda Roma ve Bizans döneminde inşa edilen kaplıcaların izini bulmak mümkündür. Herodot ve Hipokrat doğal tedavilerle tedaviye değinen ilk bilim adamlarıdır. 18. ve 19. yüzyıldan itibaren İtalya ve Fransa gibi zengin kaplıca potansiyeline sahip olan ülkelerde bu tedavi doğal, fiziksel, kimyasal, biyolojik yöntemlerle standarttır. Güncel olarak da Ülkemizde termal mineralli suların geleneksel ve ampirik kullanımı halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Denizli ili termal mineralli su kaynakları bakımından oldukça zengindir (Şekil 1). Kaynaklar Büyük Menderes ve Gediz grabenlerini oluşturan çatlak ve kırık hatları boyunca çıkmaktadır. Denizli ilindeki termal mineralli sular 10 jeotermal alanda yer almaktadır. Bunlar Kızıldere, Babacık-Demirtaş kaynakları, Tekkehamam-Uyuz ve İnaltı-Uyuz, Böl-

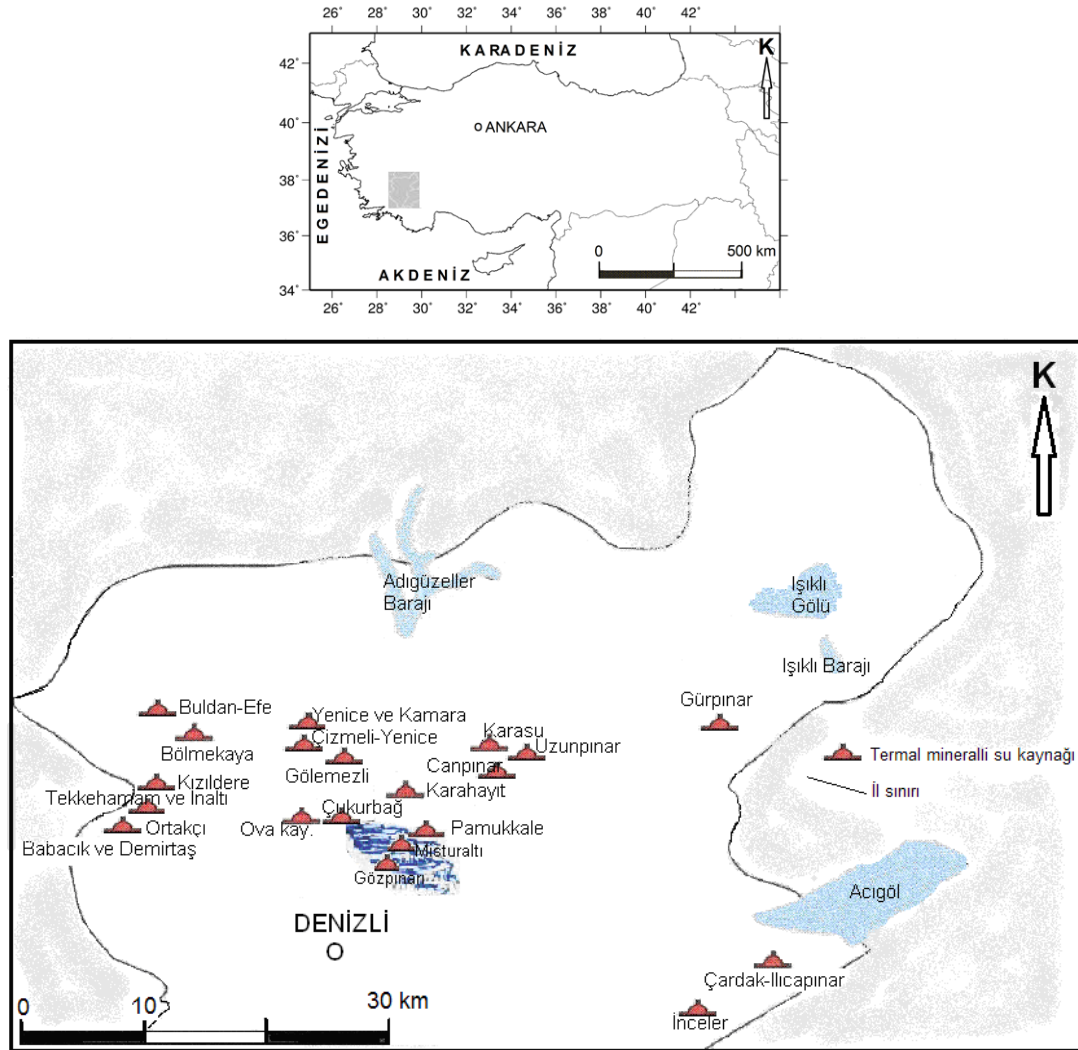
mekaya, Yenice (Çizmeli) ve Kamara, Gölemezli, Buldan-Efe, Karahayit, Pamukkale, Çardak-İlıcınar jeotermal alanlarıdır. Kızıldere jeotermal alanında geçmişte çok sayıda termal mineralli su kaynağının bulunduğu bilinmektedir. Ancak günümüzde Kızıldere Santrali'nin elektrik üretimi sonucu kısmi basınç düşümü sonucunda bu kaynakların pek çoğu kurumuş/kaçmıştır.

Türkiye'nin ilk jeotermal santralının kurulduğu Kızıldere jeotermal alanındaki akışkanlardan elektrik üretiminde yararlanılmakla birlikte santralden yaklaşık 147°C sıcaklığında 1000 t/h atık su boşaldığından bundan da yararlanılarak Sarayköy ilçesindeki ısıtma uygulamasında, ayrıca seracılıkta, yine yan ürün olarak açığa çıkan CO₂ değerlendirilmekte olup, kuru buz üretimi yapılmaktadır (Akkuş vd., 2005).

Babacık ve Demirtaş jeotermal alanında kaplıca amaçlı kullanılan 2 l/s debili Babacık Kaplıca'sında bir, Demirtaş'ta ise birkaç kaynak bulunmaktadır. Ancak Demirtaş kaynağı Büyük Menderes Nehri suları altında kalmıştır. Tekkehamam jeotermal alanında ise Tekkehamam'da 17 ve İnaltı-Uyuz kaynakları ise 4 olup, bu kaynakların toplam debisi 30 l/s dir (Akkuş, 2005). Bu termal mineralli sular kaplıca, tedavi ve kür amacı ile ayrıca seracılık ve mantar üretimi tesislerinde kullanılmaktadır.

Bölmekaya jeotermal alanındaki kaynak bölgenin en düşük sıcaklıklı (36°C) ve en az debili (0.2 l/s) olanıdır ve kullanımı bulunmamaktadır. Yenice (Çizmeli) ve Kamara kaynaklarından kaplıca amaçlı yararlanılmaktadır. Yenice kaynağı 0.3 l/s iken Kamara kaynağı ise yapılan özel sondajla kurumuştur (Akkuş, 2005). Yine Çardak Ilıcapınar jeotermal alanında yer alan kaynağın 1987 yılında kurduğu ancak kaynağın yakınlarında 1998 yılında Beylerli-1 sondajı açılmış ve 53 m de 39.5°C ve 28 l/s özellikli termal su üretimine pompaj ile ulaşılmıştır (Burçak, 1998). Bu sudan kaplıca tesisinde yararlanılmaktadır.

Gölemezli kaynakları birkaç tane olup, bu suların çamur banyosu ve kaplıca amacı ile kullanılmaktadır. Dere kenarından yüzeleyen Buldan-Efe Kaynağı'nın debisi 0.6 l/s olup maden suyu fabrikasında işletilmektedir (Akkuş, 2005). Karahayıt jeotermal alanında çok sayıda kaynak yüzelemektedir. Bunlar İnteroni, Yukarı Şanlı, Köyiçi 1. ve 2. kaynaklar, Hanife sırtı, Kırmızı su kaynakları ile La Fonten Motel kaynağıdır. Sıcaklıkları $27-51^{\circ}\text{C}$ aralığında olup debileri ise $0.5-75 \text{ l/s}$ arasındadır. En yüksek debi İnteroni'de (75 l/s), en düşük debi ise Köyiçi 2. kaynağında (0.5 l/s) ölçülmüştür (Akkuş vd., 2005). Bu kaynaklardan balneolojik amacı ile yararlanılmaktadır.



Şekil 1: Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli suların lokasyon haritası (Tablo 1'e göre).

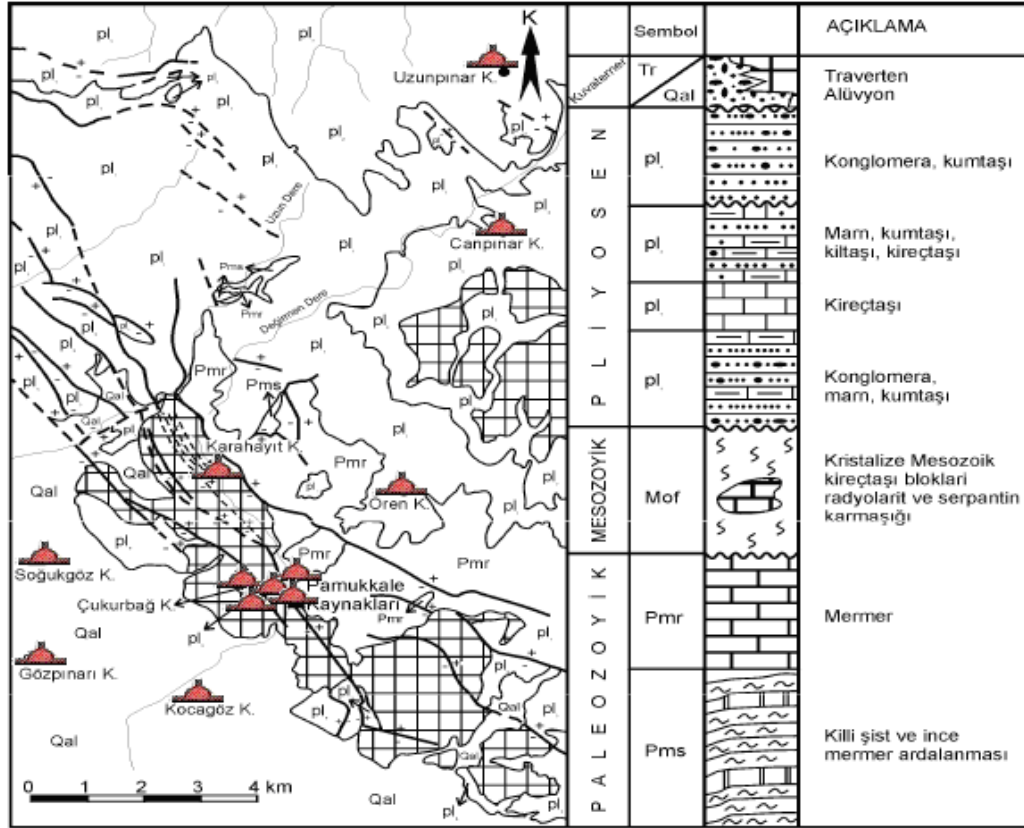
Figure 1. Location map of thermal and/or mineral waters around the Denizli (according to Table 1).

"the" silinecek

Pamukkale termal kaynağını meydana getiren jeolojik olaylar geniş bir bölgeyi etkilemiştir. Bu kaynaklar, KB-GD doğrultulu bir fay boyunca yükselen sıcak suyun, düşük kotlu noktalardan akması şeklinde oluşmuştur. Sıcaklıkları 35-100°C derece arasında değişen 17 sıcak su alanı bulunmaktadır (Şekil 2). Pamukkale termal kaynağı, bölgesel potansiyel içinde farklı bir ünite olmakla birlikte kaynakların oluşumu bileşik kaplar teorisine benzemektedir. Bu tarzda oluşan 4 kaynağın (Beltes, Özel İdare, Jandarma ve Çocuk Bahçesi) sıcaklığı 34.5°C olup, debileri de 30-130 l/s arasında değişmektedir. Bunların toplam debileri 370 l/sn dir (Akkuş vd., 2005). Pamukkale jeotermal alanı ve çevresinde bulunan yüksek debili kaynaklardan kaplıca, banyo ve turizm amaçlı yararlanılmaktadır.

DENİZLİ VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

Denizli çevresinde yüzeyleyen jeolojik birimler, havzayı çevreleyen, yüksek ve dağlık kesimlerde görülen ve temeli oluşturan Paleozoyik metamorfitleer gnays, şist, kuvarsit, kalkışit, klorit, biyotit, muskovitşist ve mermerlerden oluşan metamorfitleerdir. Denizli doğusu ile Pamukkale harabeleri kuzeyinde küçük alanlarda yüzeylemiş Mesozoyik kayalar kireçtaşı ve şistli hornştayn fasiyesleri ile tanımlanmıştır. Karbonatlı kayalar ise açık gri-beyaz masif beyaz olup şistli hornştayn fasiyesi killi şist ve hornştaynlardan oluşmaktadır. Bu formasyon içinde yer yer serpantinler de görülür (Tamgaç vd. 1995; Güner ve Elhatip, 1999) (Şekil 2 ve 3). Havzanın değişik kesimlerinden alınmış jeolojik kesitlerden Menderes Neojen birimleri; alüvyal yelpaze, yelpaze deltası, yamaç molozu, göl ve akarsu ortamlarında depolanan ve graben dolguları olarak nitelendirilebilecek çökellerden oluşmuştur (Şimşek, 1984).



Şekil 2: Pamukkale civarının jeolojisi ve kaynakların dağılımı (Tamgaç vd. (1995)'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Geology of Pamukkale and the surrounding area and the distribution of natural springs (modified from Tamgaç et al. (1995)).

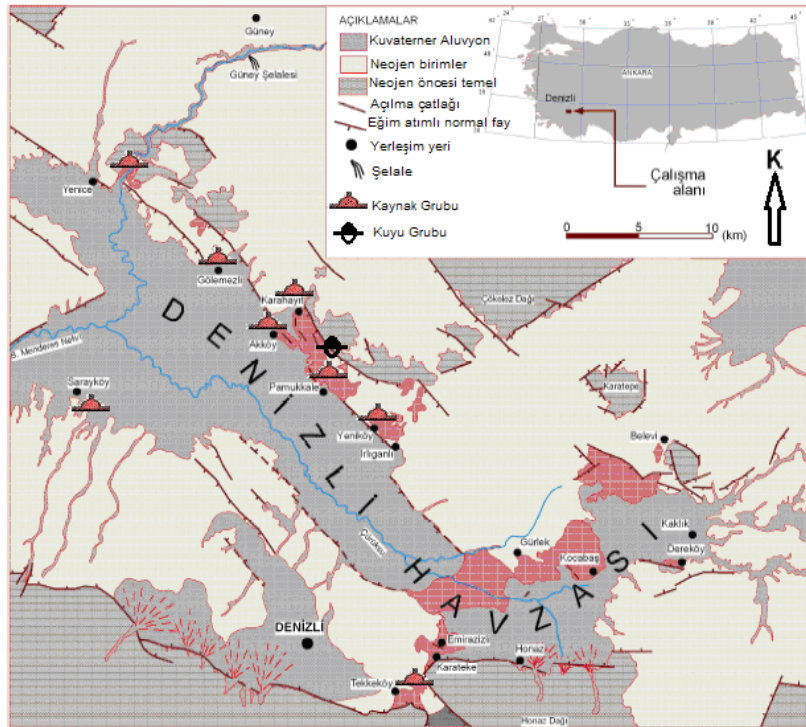
Neojen öncesi temel kayalar üzerine otokton konumlu ve açılmal uyumsuz olarak Neojen kırıntılı çökeller gelmektedir. Neojen yaşlı çökeller, en altta Alt Pliyosen yaşlı Kızılburun Formasyonu, bu birim üzerine de yanal ve düşey geçişli olarak Alt Pliyosen yaşlı Sazak Formasyonu gelmektedir. Üst Miyosen yaşlı Denizli Volkanitleri gelmektedir (Tangaç vd. 1995).

Kuvaterner birimleri, alüvyal çökellerle temsil edilen orta-kalın ve az belirgin tabakalanma gösteren gevşek tutturulmuş çakıltaşı-kumtaşı-silttaşı-çamurtaşı düzensiz ardalanması başlıca kaya topluluğunu oluşturur. Neojen çökel istifin üzerinde yer yer görülen traverten, eğim atımlı normal fayların sıçrama yaptığı alanlarda depolanmıştır (Çakır, 1999). Kuvaterner alüvyon ve traverten büyük alanlar kaplamaktadır. Çürüksu Çayına bağlı oluşmuş alüvyonun kalınlığı yer yer 100 m'den fazladır. Traverten ise, Pamukkale termal kaynaklarına bağlı olarak oluşmuştur (Tangaç vd. 1995). Travertenler yeşilimsi gri, krem renkli göl bataklık çökelleri ve kırmızımsı kahverengi alüvyal çökeller, eski toprak ve kaba kırıntılı geçici akarsu çökelleri ile yanal ve düşey geçişlidir (Özkul vd., 2002) (Şekil 3).

BÖLGESEL HİDROJEOLOJİ

Bölgedeki sıcak sular genellikle fay hatları ve grabenleri oluşturan faylar üzerinde yer almaktadır. Menderes Masifi metamorfikleri (mermer, kalkışit, kuvarsit, çeşitli şistler ve gnayslar) içindeki mermer-kalkışit ve kuvarsit zonları kırıklı-çatlaklı, geçirimli özellikte olup en önemli sıcak su akiferini oluşturmaktadır. Denizli-Yenice, Karahayıt havzaları bu şekilde açıklanabilir. Denizli-Karahayıt havzasında, Neojen kilaşı, marn ve kireçtaşı görülmektedir. Denizli jeotermal alanlarında bu birimler içinde kireçtaşları ve bazaltlar termal sular için 1. rezervuarı oluşturmuştur (Uzel 1991; Şimşek, 1984).

İnceleme alanında hidrojeolojik açıdan geçirimli birim olarak Paleozoyik mermer, Mesozoyik kireçtaşı, Pliyosen kireçtaşları, alüvyon ve traverten yüzeylenmektedir. Paleozoyik mermer Pamukkale-Karahayıt arasında ve Pamukkale termal kaynaklarının kuzeydoğusunda, Mesozoyik kireçtaşı Pamukkale termal kaynaklarının hemen kuzeyinde yer alan tepelerde, Pliyosen çökeller Pamukkale kaynakları civarında ve Yenice Horstu'nun üst kotlarında Pamukkale-Karahayıt arasında gözlenmektedir. Debi ölçümlerine göre, yağışların kaynak akımına etkisi uzun süreli olmakta ve kaynakların yıllık değişim yüzdesi % 5'den fazla değildir (UKAM 1994, 1995 ve 1996).



Şekil 3: Denizli ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Özkul vd. (2002)'den değiştirilerek alınmıştır).
Figure 3. Generalized geological map of Denizli and the surrounding area (modified from Özkul et al. (2002))

En üste yer alan Kuvaterner kum, kil ve çakıldan oluşan alüvyon birimleri ve travertenler de genellikle soğuk yeraltı suları ile termal suların karıştığı sığ ikincil (tali) rezervuarları oluşturmaktadır. Rezervuarı oluşturan bu akifer birimleri dışında, fay hatları da termal suyun dolaşım yaptığı ve depolandığı önemli zonları oluşturmaktadır. İnceleme kapsamındaki bütün termal suların oluşumu, derinlere inen meteorik kökenli suların jeotermal gradyanla ısınması ve faylar-kırıklar yoluyla yüzeye ulaşması ile açıklanabilir. Bununla birlikte Denizli çevresindeki mevcut doğal kaynak çıkışlarına ilave olarak açılan sondaj kuyuları ile termal su miktarı birkaç kat artırılmıştır. (Uzel 1991; Şimşek, 1984). Kızılder Jeotermal Sahasında derin rezervuarı temsil eden, yeni açılan üretim kuyularının derinliği 1551-2872 m, sıcaklığı 220-243°C, elektriksel iletkenlik değerleri de 4600-5200 mmhos/cm arasında değişmektedir. Derin rezervuardan beslenmeyi gösteren parametrelerden biri olan Cl- değeri üretim kuyularında 92-115 mg/l aralığında, bu değer reenjeksiyon kuyularında ise 90-94 mg/l arasında belirlenmiştir (Tut-Haklıdır vd., 2012).

Pamukkale termal mineralli su kaynakları, ortalama sıcaklığı 35-36°C olan kar beyazı rengi ile görsel açıdan önemli bir değere sahip, dünyanın en büyük traverten alanlarından birini oluşturmaktadır. Ortalama debisi 381.8 l/s olup, bikarbonat, sülfat, kalsiyum ve karbondioksitli sular sınıfındadır.

Pamukkale Hidrotermal alanında termal akışkanlarda CO₂ yüksek değerdedir. Pamukkale ve Karahayıt termal kaynaklarında %CO₂ değeri 69-86 ve 66-90 aralığında, sondaj kuyusu su örneklerinde ise 69-85 ve 67-84 arasındadır (Selçuk 1996). Son yıllarda, CO₂'in kaynağının Paleozoik mermer ve Mesozoik kireçtaşından termal metamorfik ya da hidroliz reaksiyonları sonucu olarak karbonat kayaların ayrışmasından serbest CO₂'in açığa çıktığı Şimşek vd., (2000) ve Özler, (2000) tarafından öne sürülmüştür. Kaynaktan traverten teraslara doğru akış boyunca meydana gelen CO₂ kaybının en yüksek değerine kanallardan traverten alanına geçiş ve teraslardan küçük şelalelerin oluştuğu noktalarda ulaştığı belirlenmiştir (Ekmekçi vd., 1995). Vengosh vd (2002)'nin belirttiği gibi, Filiz (1984) ve Ercan vd., (1994) tarafından da önerilen serbest CO₂'in diğer bir kaynağı da magma çıkışlı olmasıdır.

Üç kaynaktan çıkan Karahayıt termal mineralli sularının sıcaklığı 42-56°C aralığında ve debisi 40 l/s üzerindedir. Karahayıt-Kızıllağın termal mineralli suları ise 40°C olup bikarbonat, sülfat,

kalsiyum ve karbondioksitlidir bunun haricinde florür ile demir içerir. Buldan hipotermal/termal mineralli sularının sıcaklığı ise 16-56°C arasındadır ve bikarbonat, sülfat, kalsiyum, sodyum ve karbondioksit ile florür içerir. Diğer bir grup olan Sarayköy termal mineralli suları 55-99°C arasında sıcaklığa sahiptir ve bikarbonat, sülfat, sodyum ve sülfürlü olup, ayrıca florür ile arsenik içeren sulardır.

Çürüksu Grabenini oluşturan fay hattı boyunca yer alan (Şekil 2) Jandarma kaynak grubu (4 kaynak), Gelin Hamamı, Pamukkale Motel, İnciraltı ve Beltes Kaynağı adı altında toplam 8 adet noktadan boşalan Pamukkale Termal kaynakları ile bu kaynaklarından yaklaşık olarak 200 m daha düşük kotta yer alan ova içinde yer alan Kocagöz, Soğukgöz ve Gözpinarı kaynakları (Ova kaynakları), Pamukkale kaynakları ile benzer izotopik ve hidrokimyasal özelliklere sahiptir (Güner ve Elhatip, 1999). Suyu izleme deneyleri yapılmış ve akım yönü güney-kuzey doğrultusunda Beltes Kaynağı-Pamukkale Motel Kaynağı-Jandarma Kaynakları (Jandarma kaynak grubundaki 1, 2 ve 3 nolu kaynaklar) hattını izlediği ancak daha sonra sonlandığı, 4 no'lu kaynaktan ise izlenememiştir (UKAM 1995, 1996).

Yine Jandarma kaynak grubundaki 4 nolu kaynaktan 1995 yılında gerçekleştirilen pompa deneyi sırasında 85 l/s sabit debi ile 24 saat çekim yapılmış ve 5 cm düşüm meydana gelmiş olup 1., 2. ve 3. boşalım noktaları ile bu boşalım noktalarına en yakın olan Pamukkale Motel Kaynağında bir düşüm gözlenmemiştir (UKAM 1995). Jandarma kaynak grubundaki 1., 2. ve 3. hattı ile 4. kaynağında yüzeylenen yeraltısularının, Pamukkale ve Develi köyleri arasında bulunan doğu-batı doğrultulu bir fay ile doğu yönünde ovaya doğru akışa geçip Gözpinarı, Soğukgöz ve Kocagöz kaynaklarından boşalırma geçtiği değerlendirilmiştir (Güner ve Elhatip, 1999).

ESKİ ÇALIŞMALARDA DENİZLİ TERMAL MİNERALLİ SULARININ KULLANIMI

Denizli çevresindeki termal suların kullanımı ile ilgili olarak bazı eski çalışmalarda (D'Andria, 2003; Çakalgöz, 2009) Hierapolis (Pamukkale) termal kaynaklarının, bölgesel potansiyel içinde farklı bir ünite olduğu vurgulanmıştır.

Lykos vadisinde Hierapolis kenti kurulmadan önce, yerleşimin merkezi, sıcak su kaynağı Plutonium kutsal mağarasının çevresi idi. Ancak, kutsal alanın bu dönemdeki kullanımı ile ilgili buluntular

eksiktir. Muhtemelen Seleukoslar tarafından M.Ö III.yüzyılda kurulan kent, Apameia barışından sonra (MÖ 188), Bergama Krallığı'nın hakimiyetine girer (D'Andria, 2003). II. ve III. yüzyıllarda çok gelişerek, kaplıcaları ile ünlenmiştir. Büyük Hamam olarak adlandırılan ve Hierapolis kentinin en büyük yapılarından olan Roma hamam yapısı günümüzde arkeolojik eserlerin sergilendiği bir müze olarak kullanılmaktadır (Çakalgöz, 2009).

Antik dönemlerde yöre tekstil dokumacılığının yanı sıra, tekstilin yan uğraşı olarak boyacılık, keçecilik ve halı imalatı ile ünlenmişti (Malay, 1989). Hierapolis antik kentinin yerleşim alanı içindeki sıcak su kaynaklarından yün boyamasında yararlanılmaktaydı. Yine, Hierapolis yakınlarından çıkan bu doğal termal sular, dokuma boyalarının sabitleştirilmesinde kullanılmakta ve termal sularda boya maddesi için gerekli olan şapın bol miktarda bulunması, kentte çok sayıda yünlü dokuma atölyesinin kurulmasını sağlamıştır (Demir 2004). Denizli Şer'iyye Sicilleri'nde Kayalık Mahallesi'nde Hacı Ömer Hamamı adıyla bilinen bir yapının 1781'de büyük bir onarım geçirdiği (D.Ş.S 671/77) ile ilgili ayrıntılı bilgi yer almıştır (Demir, 2007). 19. yüzyıl sonlarında (İsimsiz, 1907) Denizli San-

cağı'nda Kızılhamam'ın (Kızıleğen) 27°C sıcaklığında ve sülfatlı olduğu ve cilt hastalıklarında geleneksel kullanıldığı yer almıştır. Yine cilt hastalıklarında kullanılan diğer kaynaklar da Saray Kazası'nda yer alan Kızıldere (45°C) ve Babacık (60°C, kükürtlü)'tır.

TERMAL MİNERALLİ SULARIN TIBBİ KULLANIMLARI

Kaynakların termal ve toplam mineralizasyonlarına göre tanımlanmaları Tablo 1 ve 2'de görülmektedir. Tanım ve sınıflamada 1907 -2002 yılları arasındaki sıcaklık değerleri ile 1947-2002 arasındaki toplam mineralizasyon ortalamaları esas alınmıştır.

Denizli suları termal mineralli su özelliği taşımaktadır (Tablo 3). Eşik değer üzerinde içerdikleri mineral ve gazlarına göre; eşik değer üzerinde serbest CO₂ içeren Karahayıt Kırmızı Su (1144 mg/l), Pamukkale hamam (1144 mg/l), Pamukkale ÖİM (1010 mg/l), Koru Motel (1010 mg/l) kaynaklarıdır. Bölgedeki bu karbondioksitli kaynaklar termik etkisi yanı sıra periferik damar hastalıklarında ve hipertansiyon tedavisinde kullanılabilir.

Tablo 1. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli su kaynaklarının fiziksel özellikleri (1907-2005). Birimler: T(°C); EC (mmhos/cm); TDS (mg/l).

Table 1. Some physical properties of thermal and/or mineral waters of around the Denizli (1907-2005). (Units: T(°C); EC (mmhos/cm); TDS (mg/l)).

Kaynak	Debi	T°C	pH	EC	TDS
Pamukkale hamam (1947)		35	6		3540,65
Pamukkale hamam (1980)	50,6	35	7,2		2861,74
Pamukkale 1.kaynak (1966)					
Pamukkale 1.kaynak (1971) (Tiyatro harabasi yanı)		35,5	6,02	2450	2430,93
Pamukkale 1.kaynak (1976)		35	6,2	2120	
Pamukkale 2.kaynak (1971) (Mağara ağzı)		35	5,83	2450	2400,5
Pamukkale 2.kaynak (1966)					
Pamukkale 3.kaynak (1971)		33	5,85	2200	2342,76
Pamukkale 3.kaynak (1966)					
Pamukkale 4.kaynak (1966)					
Pamukkale ÖİM (1971)		35,3	6,1		
Pamukkale termal kaynak ÖİM (1976)		34,5			
Pamukkale ÖİM (1990)		35	6,3	2850	
Pamukkale ÖİM (2005)	90	34,5			
Koru motel kaynağı (1971)		34,2	6,1		
ESOT (1971)		31,5	6,5		
ESOT üst kaynak (1971)		34,5	6,2		
Pamukkale Mis tur altı (1976)		59	7,7		
Jandarma kaynağı (1971)		21	6,1		
Jandarma kaynağı (1990)		34,9	6,7	2800	
Jandarma kaynağı (2000)		35,1	6,28	2800	2624,44
Jandarma kaynağı (2005)	130	34,5			

Kaynak	Debi	T°C	pH	EC	TDS
Traverten Girişi (1990)		33,9	6,4	2780	
Traverten Eteği (1990)		29,9	6,5	1850	
Kilise yanı (1990)		34,9	6,8	2800	
Pamukkale Kavakbaşı kükürtlü (1963)	5	31	6		
Pamukkale Akköy-Kavakbaşı (1980)		30	6,4		
Pamukkale Akköy (2002)		24,2	6,72	2500	2989,06
Karahayıt Kubbeli Hamam (1963)	10	57	6		
Karahayıt Kubbeli Hamam (1971)		56	5,98	2780	3033,28
Karahayıt Kubbeli Hamam (1976)		40	6,7		
Karahayıt (2005) kay2	0,5	41			
Karahayıt Cami kaynağı (1947)		50	6,2		3402,2
Karahayıt Cami kaynağı (1963)	su çekilmiş				
Karahayıt Cami kaynağı (1971)		42	6,26	2730	3019,61
Karahayıt Cami kaynağı (1976)		46,5	6,5		
Karahayıt (2005) kay1	4	50			
Kızıleğen (1907)		27			
Karahayıt Kızıleğen (1947)		42	6,2		3634,55
Karahayıt Kızıleğen (1963)	1	42	6		
Karahayıt Kızıleğen (1971)		40	6,02	2720	3155,43
Karahayıt Kızıleğen (1976)		55	6,25		
Karahayıt Kızıleğen (1980)	1	56	6,5		3596,4
Karahayıt Kırmızısu (1999)		51			3046
Karahayıt Kırmızısu (2005)	2,5	51			
Karahayıt- Uyuz Ilicası (1947)		56	6,2		3765,36
Karahayıt- Uyuz Ilicası (1980)	4	61,6	6,2		3997,95
Karahayıt kaynağı (1990)		53	6,3	4420	
Karahayıt İnteroni (2005)	75	50			
Buldan Kayadibi Kaynağı Maden suyu (1963)	0,1	18	6		
Buldan Kayadibi Kaynağı Maden suyu (1980)	0,25	19	5,5		3712,89
Buldan Maden suyu (Baş) (1947)		19	6		1276,63
Buldan Maden suyu (Baş) (1963)	0,1	18	6		
Buldan Maden suyu (Baş) (1969)		17,5	6,6	880	814,3
Buldan Maden suyu (Orta) (1947)		19	6		1290,88
Buldan Maden suyu (Orta) (1963)	0,05	18	6		
Buldan Maden suyu (Orta) (1969)		16	6,14	1270	1163,48
Buldan Efe Maden suyu (1994)		25	6,7		
Buldan Efe Maden suyu (2005)	0,6	25			
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1947)		41,5	6,3		2957,34
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1969)		40,5	6,4	2420	2371,58
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1976)		40,8	5,8		
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (2005)	0,3	36			
Buldan Yenice Açık (1947)		33	6,2		2356,64
Buldan Yenice Açık (1963)	1,5	42	5		
Buldan Yenice Açık (1969)		56	6,89	3850	3210,67
Buldan Yenice Açık (1980)	1	41,5	5,8		5982,2
Buldan Yenice Karşıyaka kaynağı (1947)		37	6,2		3619,5
Buldan Yenice Karşıyaka kaynağı (1976)		39,5	6		
Yenice-Kamara (1963)	10	55	7		
Yenice-Kamara (1980)	10	38	6,7		4227,7
Yenice-Kamara (2005)	özel sondaj nedeniyle kurumuş	27			
Bölmekaya (1976)		36	7,4		
Gölemezli Hamamı (1947)		55	6,2		5208,65

Kaynak	Debi	T°C	pH	EC	TDS
Gölemezli Hamamı (1976)		57	6,3		
Gölemezli kaynağı (1947)		50	6,3		5072,8
Gölemezli kaynağı (1963)		42	6		
Gölemezli kaynağı (1976)		52	6,3		
Gölemezli kaynağı (1980)		55	6,1		5986,28
Gölemezli kaynağı (2005)		50-57			
Sarayköy-Ortakçı Ilıcısı (1947)		50	7,4		1341,39
Sarayköy-Ortakçı Ilıcısı köykaynağı (1947)		47	7,6		1281,19
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcısı kaynak (1947)		82	7,4		4255,5
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcısı kaynak (1963)	5	94	8		
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcısı kaynak (1969)		55	7,36	4800	4207,31
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcısı kaynak (1980)	5	60	7,6		3934,87
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı k. Çam.(1947)		97	7,6		4220,5
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1969)		99	7,36	4700	3572,61
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1976)		99	7,6		
Sarayköy-Demirtaş kaynağı (1976)		98	6,7		
Sarayköy-Demirtaş kaynağı (1980)	2	95	6,7		2850,43
Sarayköy-Demirtaş kaynağı (2005)	nehirin altında	62-100			
Sarayköy-Babacık kaynağı 1 (1907)		60			
Sarayköy-Babacık kaynağı 1 (1947)		43	6		3805,12
Sarayköy-Babacık kaynağı 2 (1947)		62	6		3675,55
Sarayköy-Babacık kaynağı 2 (1963)	4	65	6		
Sarayköy-Babacık kaynağı (1997)		65	6,2		
Sarayköy-Babacık kaynağı 2 (2005)	2	62			
Sarayköy-Tekkehamam-1 (1976)		60	7,9		
Sarayköy-Tekkehamam-2 (1976)		72	7,7		
Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1947)		60	6,2		3565,19
Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1969)		60	6,56	4400	3721,86
Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1980)		57			3756,2
Sarayköy-Tekkehamam-İnaltı (2005) 17 kaynak ort.	30*	29-97,2			
Sarayköy-Tekkeköy İnaltı mağarası kaynağı (1963)	1,5	54	8		
Sarayköy-Tekkeköy İnaltı mağarası kaynağı (1976)		55,5	6,45		
Tekkeköy-Gerenlik Gölü kaynağı (1976)		73,5	7,1		
Sarayköy-Kızıldere (dereiçi kaynak) (1907)		45			
Sarayköy-Kızıldere (dereiçi kaynak) (1947)		88	kalevi		4324,6
Sarayköy-Kızıldere (dereiçi kaynak) (1963)		100	8		
Sarayköy-Kızıldere (dereiçi kaynak) (1969)		92	8,64	5250	3609,5
Sarayköy-Kızıldere (dereiçi kaynak) (1980)		100	7,9		4337,19
Çardak Beylerli (2005)	1987 den beri kuru	31			
Kuyu					
Colossea Sıcak Sondaj (1999)		34			3098
Colossea Soğuk Sondaj (1999)		30			3036
Richmond Sondaj I (1999)		47,8			2764
Richmond Sondaj I (2000)		47,8	6,32		3134,53
Richmond Sondaj I (2002)		46,8	6,19	3000	3030,57
Richmond Sondaj II (1999)		47,6			2770
Richmond Sondaj II (2002)		46,8	6,19	3000	3079,32
Richmond Sondaj III (1999)		46,1			2693
Richmond Sondaj III (2002)		41,2	6,23	3000	3041,48
Yenicekent Belediye (1999)		34			2918

Tüm sulara florür konsantrasyonu 1 mg/l'yi aşmaktadır (Tablo 2). En yüksek F değeri Kızıldere (dereiçi kaynak) (19 mg/l), Bölmekaya (16 mg/l), Tekkeköy Ilıcısı ve Buharhamamı (14 mg/l), Tekkehamam-2 (13 mg/l) ve Tekkeköy-Gerenlik Gölü kaynağı (12 mg/l)'ndadır. Beslenmeye bağlı florür eksikliklerinde ve diş çürükleri profilaksisinde bu sular kullanılabilir. Ancak, uzun süreli içilmeleri halinde florozis yönünden hastalar uyarılmalıdır.

Karahayit bölgesi kaynakları kalsiyum, magnezyum, sülfatlı ve bikarbonatlı, florürlü termomineral sulardır (Çizelge 3). Yenicekent örneği ise sodyum, kalsiyumlu, bikarbonatlı ve sülfatlı, florürlü termomineral bir kaynaktır. İncelenen kaynaklar 1968/1974 döneminde yapılan ve Türkiye Maden Suları Ege Bölgesi kitabında yer alan aynı kaynakları kapsayan analizlerle karşılaştırıldığında, çoğunluğunun toplam mineralizasyonları arasında önemli fark görülmemişse de Denizli Karahayit ve Yenicekent kaynaklarında 1 g/l'ye varan düşmeler olduğu görülmektedir (Tablo 1, Şekil 7).

İçme kürlerinde kullanılması açısından; Bikarbonatlı sular sınıfında olanlar; Pamukkale Kilise yanı (1268.8 mg/l), Misturaltı (1415 mg/l), Jandarma (1815 mg/l). Karahayit-Kubbeli Hamam

(1281 mg/l), Cami Kaynağı (1268.8 mg/l), Kızıleğen (1368 mg/l), Kırmızı su (2874.32 mg/l), Yenice Çizmeli Hamamı (1340-1390 mg/l) ve açık kaynaktan (1716.46 mg/l), Yenice Karşıyaka (1452 mg/l), Gölemezli (1324-1500 mg/l), Tekkeköy Ilıcısı (1457.9 mg/l), Buharhamamı (1328 mg/l), Babacık (1842 mg/l), Tekkehamam-2 (1370 mg/l), Gerenlik Gölü (1715 mg/l), Kızıldere (dereiçi kaynak) (1365.63 mg/l) kaynakları ile kuyulardan Richmond Sondaj-1 ve 3 dışındaki tümünde eşik değer üzerinde HCO_3^- bulunmaktadır. Bu kaynaklarda 1300 mg/l üzerinde bikarbonat içermekte olup özellikle, hiperasidite ile seyreden gastrointestinal sistem hastalıklarında, diabette ve üriner sistemin yukarıda sayılan hastalıklarında içme kürü olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Karagülle, 2002 a).

Sülfatlı sular sınıfında olanlar; Karahayit kaynağı (1388.6 mg/l) ve Kırmızı su (4910.4 mg/l), Gölemezli hamam (1670 mg/l) ve kaynağında (1820 mg/l), Tekkeköy Ilıca (1233 mg/l), Buharhamamı (1230 mg/l), Babacık (1351 mg/l), İnalıthamamı (1638.5 mg/l) ve mağara kaynağı (1700 mg/l) ile tüm kuyularda (1125-5096.6 mg/l) eşik değer üzerinde SO_4^{2-} bulunmaktadır.

"of" silinecek

Table 2. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli su kaynaklarının kimyasal özellikleri (1947-2002).
Table 2. Some chemical properties of thermal and/or mineral waters around of Denizli. (1947-2002).

Kaynak	Na	K	Ca	Mg	Fe	HCO_3	CO_3	SO_4	CO_2	Cl	F	I	Br	Katyon	Anyon
Pamukkale hamam (1947)	32,3	13,5	464,5	91,1		1045,3		675,5	1144	53				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale 1.kaynak (1966)	48,3	8,4	503,1	96,4		1281		676		14,1				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale 1.kaynak (1971) (Tiyatro harabası yanı)	38,96	7,17	495,5	62,86	0,85	1061,4		675	903,58	49	1,58	0,01	0,2	Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale 1.kaynak (1976)	39	5	430	67		1080		660	109	16				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale 2.kaynak (1971) (Mağara ağızı)	38,71	6,92	492	63,47	0,67	1073,6	-	666,99	998,97	18	1,3	0,01	0,24	Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale 2.kaynak (1966)	26,4	8	367	91,8		793		675,3		10,6				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale 3.kaynak (1971)	38,71	6,51	496	54,05	0,87	1067,5	-	624,39	972,22	18	1,98	0,02	0,14	Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale 3.kaynak (1966)	25,5	12,9	456,7	91,5		1067,5		679,9		10,6				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale 4.kaynak (1966)	23,1	12,5	434,9	91		988,2		680,2		10,6				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale ÖİM (1971)	43,5	7,8	442	102	0	1006		650	1010	16				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
Pamukkale ÖİM (1990)	59,7	4,3	376,8	121,7		1200		1068	725	21,3				Ca>> Mg>>Na	$\text{HCO}_3> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Koru motel kaynağı (1971)	43,5	7	442	102	0,02	1037		632	1010	16				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3>> \text{SO}_4>>> \text{Cl}$
ESOT (1971)	40,9	7,4	440	99,6	0,06	1006		600	790	14,2				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
ESOT üst kaynak (1971)	42,8	7,4	456	97,6	0	1021		632	930	14,2				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale Mis tur altı (1976)	130	22	530	110		1415		830		34	2,5			Ca>> Na>Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale termal kaynak (1976)	38	48	450	90		1060		670		15	1			Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Jandarma kaynağı (1971)	40,9	7	562	102		1825		632		16				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Jandarma kaynağı (1990)	39,1	4,7	551,2	132,8		1091,9		1130,4	725	14,2				Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Jandarma kaynağı (2000)	40,92	4,69	505	97,24	0,01	1110		810	888	14,38	1,8	0,01	0,03	Ca>> Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Traverten Girişi (1990)	110,6	4,3	459,2	110,7		999,2		1022,9	425	14,2				Ca>> Na>Mg	$\text{SO}_4>> \text{HCO}_3>>>> \text{Cl}$
Traverten Eteği (1990)	41,4	4,7	376,6	117,4		400,8		1096,8	145	8				Ca>> Mg	$\text{SO}_4>> \text{HCO}_3>>>> \text{Cl}$
Kilise yanı (1990)	63,7	4,7	562,2	143,3		1268,8		1033,9	525	14,2				Ca>> Mg>Na	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Pamukkale Akköy (2002)	158,17	20,72	214,3	310	0,35	854		1250	143	138,25	2,34	0,01	0,14	Mg> Ca>Na	$\text{SO}_4>>> \text{HCO}_3>>> \text{Cl}$
Karahayit Kubbeli Hamam (1971)	114,95	25	554	83,21	2,77	1281	-	881	943,36	29	2,6	0,08	0,01	Ca>>> Na>Mg	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Karahayit Kubbeli Hamam (1976)	105	20	505	121		1312		886		31	3			Ca>> Mg>Na	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$
Karahayit Cami kaynağı (1947)	95,5	29,1	521,1	114,8		1157,7		944,4	431,2	68,9				Ca>> Mg>Na	$\text{HCO}_3> > \text{SO}_4>>>> \text{Cl}$

	Na	K	Ca	Mg	Fe	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CO ₂	Cl	F	I	Br	Katyon	Anyon
Karahayıt Cami kaynağı (1971)	130,27	224,05	509	108,4	2,45	1268,8		912	649,09	28	2,68	0,04	0,13	Ca>> K>Na	HCO3>>SO4>>>> Cl
Karahayıt Cami kaynağı (1976)	119	20	475	120		1245		857		31	2,9			Ca>> Mg>Na	HCO3>>SO4>>>> Cl
Karahayıt Kızılgeçen (1947)	244	68,8	498,8	70,11		1368		953,5	347,6	38,5				Ca>>> Na>Mg	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Karahayıt Kızılgeçen (1971)	102,17	24,29	533,5	100,5	3,75	1329,8		990	1116,5	30	2,44	0,07	0,28	Ca>>> Na>Mg	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Karahayıt Kızılgeçen (1976)	120	21	480	135		1281		930		29	2			Ca>>> Mg>Na	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Karahayıt Kırmızısu (1999)	294,17		2514	543,1		2874,3		4910,4		47,57				Ca>>> Mg>Na	SO4>>>> HCO3>>>> Cl
Karahayıt-Uyuz Ilıcasi (1947)	231,3	60,2	500,8	70,7		1303,8		959,2	556,6	47,5				Ca>>Na>>>Mg	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Karahayıt kaynağı (1990)	93,4	24,2	614	181,2		305		1388,6	490	14,2				Ca>>> Mg>Na	SO4>>>> HCO3>>>> Cl
Buldan Maden suyu (Baş) (1947)	15,7		85,4	49,1		436,7		48		42,4				Ca>>Mg>>Na	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Buldan Maden suyu (Baş) (1969)	20,92	10,16	98,28	42,82	16,5	542,83		42,5	908,1	14	3			Ca>>>Mg	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Buldan Maden suyu (Orta) (1947)	15,7		86	51,4	3,27	463,9		40	567,6	37,1	2,8			Ca>>>Mg	HCO3>>>SO4>>>> Cl
Buldan Maden suyu (Orta) (1969)	13,33	12,08	149,8	69,95		708,11		99	1034	20				Ca>>>>Mg	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Efe Maden suyu (1994)	100,1		100,2	55,9		488		32,4		186,7				Ca=Na>>>>Mg	HCO3>>>>>> Cl>>>>>>SO4
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1947)	248,7	52,4	303,8	38,4		1340,6		358,9	517	58,3				Ca>Na>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1969)	222,77	58,65	288,8	35,97	1,51	1366,4		306,6	818,4	36	6,8			Ca>Na>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1976)	260	42	300	36		1390		350		34	2,6			Ca>Na>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Açık (1947)	164,5	34,4	254,7	49,7		1081,1		273,5	407	58,3				Ca>Na>>>>Mg	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Açık (1969)	455,66	106,74	247,6	53,1	0,08	1716,5		510,99	572	51,5	2,8			Na>>>Ca>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Karşiyaka kaynağı (1947)	514,2	90,6	231,8	46,3		1452		682,9	468,6	79,5				Na>>>Ca>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Buldan Yenice Karşiyaka kaynağı (1976)	540	48	230	46		1560		680		49	2,8			Na>>>Ca>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Bölmekaya (1976)	23,5	9,8	1,5	77		430		342		18	16	0		Mg>>>Na	HCO3>>>> SO4>>>>>> Cl
Gölemzli Hamamı (1947)	819,7	58,6	382,7	85,6		1500,6		1759	385	90,2				Na>>>>Ca>>>>Mg	SO4>>>>>> HCO3>>>>>> Cl
Gölemzli Hamamı (1976)	540	56	420	141		1324		1670		90	2,3			Na>>>Ca>>>>Mg	SO4>>>>>> HCO3>>>>>> Cl
Gölemzli kaynağı (1947)	816,9	58,6	388,9	86,7		1500		1759	242	99,7				Na>>>>Ca>>>>Mg	SO4>>>>>> HCO3>>>>>> Cl
Gölemzli kaynağı (1976)	400	46	530	136		1030		1820		65	2			Ca>Na>>>>Mg	SO4>>>>>> HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Ortaççi Ilıcasi (1947)	251	45	41,8	14		528,9		293,3	44	33,2				Na>>>K>>Ca	HCO3>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Ortaççi Ilıcasi köykaynağı (1947)	234	53,1	40,6	15,1		510,4		286	26,4	28,5				Na>>>K>>Ca	HCO3>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcasi kaynak (1947)	933,2	226,7	20,5	15,1		1365		1229	2	99,7				Na>>>>K>>>>Ca	HCO3>>>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy Ilıcasi kaynak (1969)	1013,39	191,59	18,04	13,14	0,67	1457,9		1140	117,04	105	14		0,01	Na>>>>>>K>>>>>>Ca	HCO3>>>>>>>> SO4>>>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı k. Çam (1947)	930,5	226,7	18,3	6,3		1328		1233	99	104,5				Na>>>>K>>>>Ca	HCO3>>>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1969)	912,7	104	9,36	3,71	0,05	1220		1010	112,64	92,5	13,7			Na>>>>K>>>>Ca	HCO3>>>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1976)	995	95	16	3,4		1269		1230		102	14	0,8		Na>>>>K>>>>Ca	HCO3>>>>>> SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Demirtaş kaynağı (1976)	650	46	50	16		600		1030		74	7,5			Na>>>>Ca>>K	SO4>>>> HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Babacık kaynağı 1 (1947)	598	53,9	264,7	46,8		947,1		1352	257,4	76				Na>>Ca>>>>K	SO4>>>> HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Babacık kaynağı 2 (1947)	562,5	39,1	260,6	43,7		947,1		1249,5	334,4	71,2				Na>>>>Ca>>>>Mg	SO4>>>> HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Babacık kaynağı (1997)	860	113	266	74		1842		1351		93				Na>>>>Ca>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkehamam-1 (1976)	530	64	217	53		1090		1070		90	0			Na>>Ca>>>>K	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkehamam-2 (1976)	984	99	45	15		1370		1190		97	13	1,9		Na>>K>>>>Ca	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1947)	719,2	68	138,5	14,2		467,4		1638,5	121	85,5				Na>>Ca>>>>K	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1969)	719,77	82,11	222,8	29,12	0,6	780,8		1550	154,88	85	8,2		0,01	Na>>Ca>>>>K	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Sarayköy-Tekkeköy İnaltı mağarası kaynağı (1976)	735	73	186	35		543		1700		87	6	1,4		Na>>Ca>>>>K	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Tekkeköy-Gerenlik Gölü kaynağı (1976)	1000	94	29,5	1		1715		1070		110	12			Na>>>>>>K>>>>>>Ca	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Kızıldere (dereici kaynak) (1947)	1245,4	136,2	7	2,3		1602,5		557	0	137,8				Na>>>>>>K>>>>>>Ca	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Sarayköy-Kızıldere (dereici kaynak) (1969)	982,36	50,04	2,34	yok	0,02	1365,6	128	650	yok	115	19			Na>>>>>>K>>>>>>Ca	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Kuyu															
Colossea Sıcak Sondaj (1999)	276,23		2364,4	639,36		2617,51		5084,16		132,42				Ca>>>>>>Mg>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Colossea Soğuk Sondaj (1999)	276,46		2298	699,6		2891,4		4740,48		99,4				Ca>>>>>>Mg>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Richmond Sondaj I (1999)	305,67		2445,2	574,08		2713,28		5083,20		73,49				Ca>>>>>>Mg>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Richmond Sondaj I (2000)	113,11	14,07	489,0	160,44	2,15	1183,00		1100,00	748	29,93	2,39	0,22	0,58	Ca>>>>>>Mg>Na	HCO3>>>>>>SO4>>>>>> Cl
Richmond Sondaj I (2002)	147,14	21,04	205	316,03	1,37	1098		1125	770	71,43	2,42	0,07	0,11	Mg>Ca>>>>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Richmond Sondaj II (1999)	303,37		2427,6	582,48		2705,96		5096,64		73,49				Ca>>>>>>Mg>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Richmond Sondaj II (2002)	135,64	21,03	223,6	309,95	1,27	1189,50		1125,00	726	32,26	2,5	0,12	0,06	Mg>>Ca>>>>Na	HCO3>>>>SO4>>>>>> Cl
Richmond Sondaj III (1999)	299,92		2436	590,88		2790,14		4976,64		69,58				Ca>>>>>>Mg>Na	SO4>>>>>>HCO3>>>>>> Cl
Richmond Sondaj III (2002)	160,93	21,11	223,65	303,88	0,89	1037		1140	572	104,15	2,49	0,06	0,15	Mg>>Ca>>>>Na	SO4>>>>HCO3>>>>>> Cl
Yenicekent Belediye (1999)	1236,48		1248	219,36		3828,36		3245,76		94,1				Ca>>>Na>>>>>>Mg	HCO3>>>>SO4>>>>>> Cl

Tablo 3. Termal ve/veya mineralli su kaynaklarının tanım ve sınıflandırılması (Avrupa Kaplıcalar Birliği (ESPA).
Table 3. Definition and classification of thermal and/or mineral waters (European Spas Association).

1- Kaynak suları: 500 m/l altında çözülmüş madde içeren, yeraltındaki bir kaynaktan elde edilmiş, mikrobiyolojik olarak sağlıklı, kirlenme riskine karşı korunmuş, içilebilir nitelikteki sular

2 -Termal sular: Çıkış noktasındaki sıcaklıkları \uparrow 20°C sular

3 -Mineralli sular: Toplam mineralizasyonu 1000 m/l \uparrow

4- Termomineral sular : 2. ve 3. maddelerdeki özellikleri bir arada barındıran sular

5- Akrototermal (oligometalik) sular : Sıcaklıkları 20°C \uparrow , toplam mineralizasyonu 1000 m/l \downarrow

6-Akratopegal sular: Sıcaklıkları 20°C ve toplam mineralizasyonları 1g/l atında olan sular

7- Özel sular: Eşik değer üzerinde aşağıdaki mineral ve gazları içeren sulardır.

a) **CO₂'li sular:** Banyolar için 500m/l, içme kürü için 1000 m/l CO₂ \uparrow içeren sular

b) **Kükürtlü sular:** 1 m/l üzerinde kükürt (S₂-) içeren sular

c) **Radonlu sular:** 666 Bq/l veya 18 nCi/l \uparrow radon kaynaklı α ışınımı olan sular

d) **Demirli sular:** 20 m/l \uparrow demir (Fe₂+) içeren sular

e) **Florürlü sular:** 1 m/l \uparrow F₋ içeren sular

f) **İyotlu sular:** 1 m/l \uparrow I₋ içeren sulardır .

g) **Tuzlu sular:** Litresinde 1g \uparrow NaCl çözülmüş sular

8-Tuzlular: 14 g/l NaCl veya 5.5 g/l Na ve 8.5 g/l Cl içeren sulardır

9- %20 milivalin üzerindeki anyon ve katyonlarına göre :

- Katyonlar sodyum (Na₊), kalsiyum (Ca₂+) ve magnezyum (Mg²⁺)
- Anyonlar, bikarbonat (HCO₃⁻), sülfat (SO₄²⁻) ve klörür (Cl⁻)

10- İçme kürlerinde kullanılan minimum konsantrasyonlarına göre:

Bikarbonatlı sular: 1300 m/l \uparrow HCO₃⁻

Sülfatlı sular: 1200 m/l \uparrow SO₄²⁻

Sodyumlu sular: 500 m/l \uparrow Na⁺

Kalsiyumlu sular: 500 m/l \uparrow Ca²⁺

Magnezyumlu sular: 150 m/l \uparrow Mg²⁺ anyonu içeren sular

Bu sülfatlı kaynaklarda bikarbonat da bulunmaktadır. Termik etkileri yanı sıra içme kürleri şeklinde sülfatın gastrointestinal etkilerinden yararlanmak üzere kullanılabilirler. Sülfatlı suların kür şeklinde kullanımda mide asiditesi üzerine normalleştirici etkileri üzerinde durulmuştur. Bağırsak üzerine düşük konsantrasyonlarda refleks germe yolu ile yüksek konsantrasyonlarda osmotik etki ile hareket arttırıcı etkileri bulunmaktadır. Bu yolla kronik konstipasyonlarda kullanılabilir. Sülfatlı suların karaciğer, safra kesesi ve yolları, pankreasa etkileri de söz konusudur. Duodenal mukozadan kolesistokinin salınımı, safra kesesi kontraksiyonunun stimülasyonu yolu ile koleretik ve kolagogik etkilerinin varlığı na dikkat çekilmiştir. Bu yollarla safra yollarının temizlenmesi sağlanmaktadır. Sülfatlı sularla pankreas enzimlerinin, amilaz ve lipaz sekresyonunun da arttığı gözlenmiş olmakla birlikte karbonhidrat metabolizması da olumlu etkilenecek insülin etkisinin güçlendiğine

dikkat çekilmiştir (Gürdal vd., 2002; Karagülle, 2002 b). Üriner sistem üzerine etkileri osmotik diürez ve idrari asitleştirmekte ve bu nedenle profilaktik etkileri yalnızca kalsiyum fosfat taşlarında. Ürik asit taşlarında ise kontrindike oldukları belirtilmektedir (Gürdal vd., 2002; Karagülle, 2002 b).

Yenice açık (514.2 mg/l) ve Karşıyaka (540 mg/l), Gölemezli hamam (540 mg/l), Sarayköy alanındaki tüm kaynaklar (530- 1245.4 mg/l) sodyumlu sular sınıfındadır. Jandarma (551.2 mg/l), Karahayit suları (480-2514 mg/l) ile Buldan Gölemezli (530 mg/l) kaynakları kalsiyumlu kaynaklar içme kürü şeklinde kronik inflamatuvar mide-bağırsak hastalıklarında, allerjik hastalıklarda, beslenmeye bağlı kalsiyum eksikliklerinde ve osteoporozda destekleyici olarak günlük kalsiyum ihtiyacının %50'sini karşılayacak miktarlarda kullanılabileceği değerlendirilmiştir (Gürdal vd., 2002).

Fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre, kay-

nakların tümü termal/hipertermal mineralli sular-
dır. İncelenen kaynaklar sıcaklıkları yönünden ele
alındıklarında, 20-35°C arasında yer alan kaynağın,
doğrudan egzersiz ve rekreasyon amaçlı havuzlarda
kullanılabileceği değerlendirilebilir. Sıcaklıkları 35-
40°C arasında yer alanlar ise balneolojik uygulama-
larda, termik etkileri nedeniyle müdahale gerekmeden
tam ve kısmi banyolar şeklinde lokomotor sistem
hastalıklarında kullanılabilir (Erdoğan-Sevin vd.,
2008). Yine sıcaklığı 40°C üzerinde olanlar ise uygun
sıcaklıklara kadar soğutulmak yoluyla aynı amaçlarla
kullanılabilir (Erdoğan-Sevin vd., 2008).

Denizli ve çevresinde bulunan yatak kapasitesinin
yıllara bağlı artışı dikkate alındığında uluslararası
sağlık turizmine açılması son yıllara ait umutlandırıcı
bir gelişmedir. Buna karşın yüksek mineralizasyonlu,
balneoterapötik açıdan birçok olumlu fiziksel ve kim-
yasal özelliği olan kaynakların halen gerektiği gibi
değerlendirilemediği de yadsınamaz bir gerçektir.
Bunun yanında kaynaklarda bakteriyolojik kirliliğin
saptanması (Barut vd., 2004), kaynakların koruma
alanlarında uyulması gereken kurallara uyulmadı-
ğının ve belli yörelerde toplam mineralizasyonların
düşmüş olması da bu bölgede termomineral suların
denetimsiz sondajlarla gelişigüzel kullanıldığını dü-
şündürmektedir (Ege Bölgesi, 1999).

MALZEME VE YÖNTEM

Bölgede MTA Enstitüsü Genel Müdürlüğü tara-
findan 1946 yılında geniş kapsamlı ilk çalışma olan
ve tüm Türkiye’deki mineralli suların yerlerini tespit
etmek ve özelliklerinin ortaya konması için Prof.
Dr. Kerim Ömer Çağlar (YZE) ve ekibi tarafından
envanter çalışmaları 1946-1961 arasında tamamlan-
mış ve Çağlar (1970) de yayınlanmıştır. Bu envanter
çalışmasında fiziksel ve kimyasal analizlerde kaynak
başında ve termometre, pH metre ve barometre kul-
lanılarak kolorimetrik veya elektrometrik cihazlar
ile kullanılmıştır. Suların radioaktivitelerini ölçmek
için elektrometre, fontaktoskop, iyonometre ile ger-
çekleştirilmiştir (MTA, 1946).

Yenal vd. (1975) Türkiye Maden Suların Envanteri
çıkarmak için Ege Bölgesi’ndeki araştırmalarında
bölgede bulunan 81 termal mineralli su kaynaklarının
kimyasal analizlerini yapmış, pH, iletkenlik, sıcak-
lık ölçümleri ile karbonat-bikarbonat-karbon dioksit
analizlerini kaynak başında yapmış ve literatür ağır-
lıklı jeoloji verileri ile kaynaklar sınıflandırılmıştır
Kimyasal analiz yöntemlerinde çoğunluğu spekt-
rofotometrik, küçük kısmı titrimetrik yöntemlerle,
sodyum ve potasyum analizleri ise alev fotomet-

resi ile yapılmıştır. Radyoaktif analizler ise ÇNA-
EM de gerçekleştirilmiştir. Yine İ.Ü. Tıbbi Ekoloji
ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı tarafından Ege
Bölgesi mineralli su kaynaklarının değerlendirilme-
si amacıyla 1996 yılında bir proje hazırlanmış ve
yeni bir anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuç-
larına göre, ülke genelinde toplam 233 kullanıma
açık kaplıca tesisi bulunmakta olup, bu tesislerin
113 tanesi (% 48) Ege Bölgesinde yer almaktadır.
Yaklaşık 10 yıl içinde kaynak sayısında iki katını
aşan bir artış Ege Bölgesinin gerek kaynak gerekse
kullanım açısından önemini yeterince gösterir ni-
telikte olduğu vurgulanmıştır (Ege Bölgesi, 1999).

MTA tarafından yapılmış envanter çalışmalarında
(İsimsiz, 1907; Alpman ve Sezginman, 1963; MTA,
1980; Akkuş vd., 2005) dönemlerine göre ve amaca
uygun fiziksel, kimyasal ve radyoaktivite sonuçları
verilmiştir. Alpman ve Sezginman (1963) ve MTA
(1980)’de fiziksel, kimyasal ve radyoaktivite de-
ğerleri ile suların sınıflamasına yer verilirken Akkuş
vd., (2005)’de jeotermal alanların jeolojisi ayrıntılı
olarak incelenmiş ve termal mineralli suların fiziksel
ve kimyasal analizleri verilmiştir (Çizelge 2 ve 3).
Çalışmamızda yukarıda belirtilen çalışmalarda yera-
lan fiziksel, kimyasal ve radyoaktif ölçüm sonuçları
dikkate alınmıştır. Birimlerde aşağıdaki dönüştürücü
web sayfaları kullanılmıştır.

<http://www.unitconversion.org/unitconverter/electric-conductance.html>
<http://www.translatorscafe.com/cafe/units-converter/radiation--activity/c/>; Online Unit Converters. Radi-
ology Converters. (Radiation - Activity Converter)

Yine bölgedeki mineralli su kaynaklarının güncel
değerlerini incelemek amacı ile 2000-2009 yılları
arasında İ.Ü. İ.T.F. Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji
Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilen analiz sonuçları
bu kapsam içinde değerlendirilmiştir. Laboratu-
ar analizlerinde Flamefotometre, HACH LANGE
DR/5000 UV-VIS Spektrofotometre ve HACH
LANGE DR/2000 Spektrofotometre kullanılmıştır.
Kaynak başında ölçümler HACH LANGE DR/2000
Spektrofotometre ile yapılmıştır.

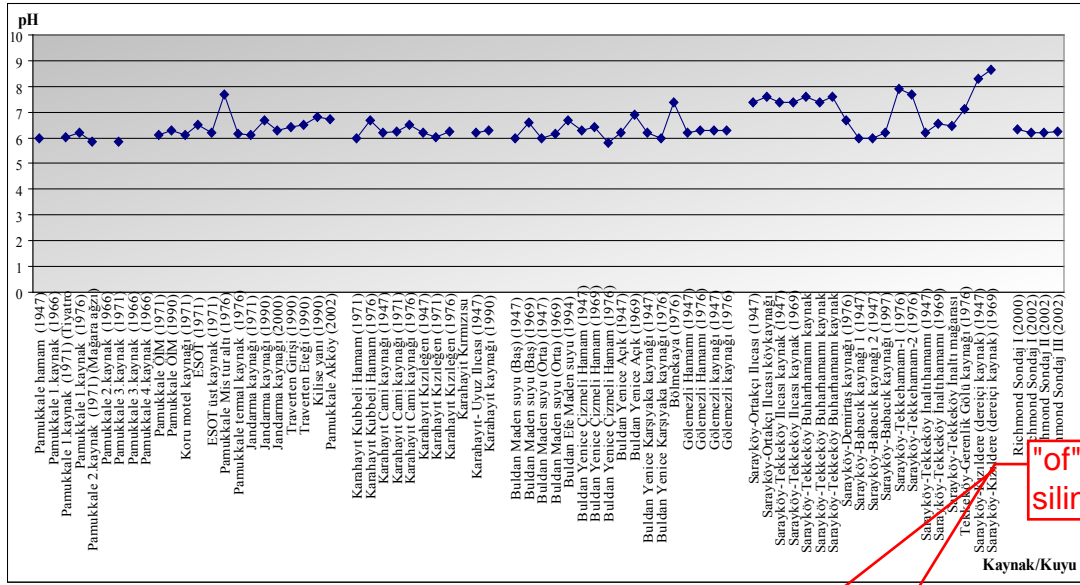
TERMAL MİNERALLİ SU KAYNAKLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE RADYOAKTİVİTE ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kaynaklar 10 jeotermal alandan çıkmakta olup,
Denizli’nin KB bölgesinde Sarayköy, Akköy ve
Buldan çevresi ile ilin KD sında Çardak ilçesi çev-
resinde toplanmış bulunmaktadır. Denizli merkez
ve çevresinde Gölemezli, Karahayıt ve Pamukka-

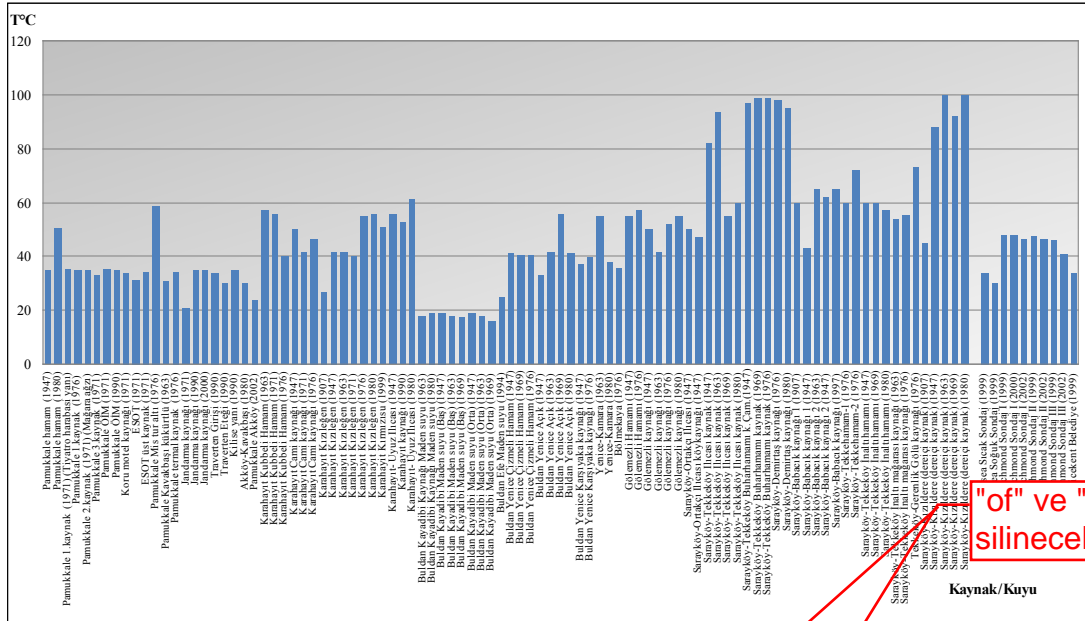
le, Sarayköy’de Kızıldere, Babacık ve Demirtaş, Tekkehamam ve İnaltı, Buldan’da Bölmekaya, Buldan-Efe, Akköy çevresinde Akköy, Yenice ve Kamara, Çardak’ta ise Çardak-Beylerli-İlıcıpınar jeotermal alanları yer almaktadır (Şekil 1).

Kaynakların sıcaklığı çoğunlukla 30-60°C arasında olmakla birlikte en yüksek sıcaklık değerleri Sarayköy-Tekkeköy kaynaklarında görülmektedir (Çizelge 1, Şekil 4). Pamukkale kaynakları ortalama

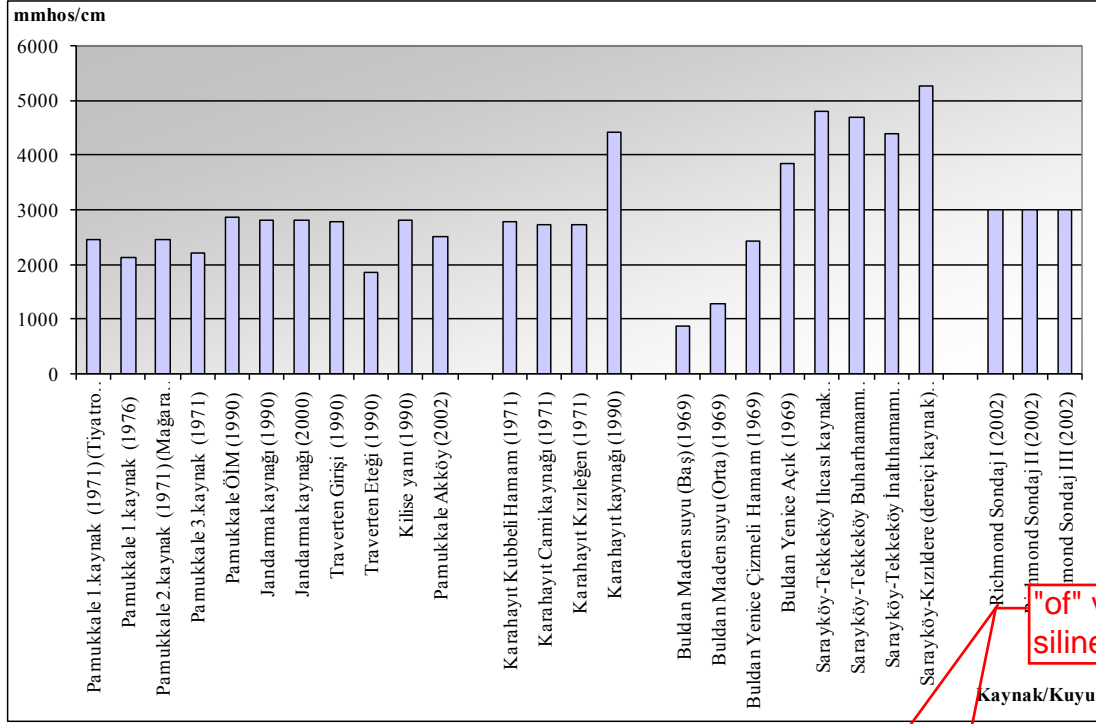
35°C, Karahayıt kaynakları ise 40-56°C arasındadır. Pamukkale çevresinde açılmış kuyular ise 46°C civarındadır. pH dağılımı (Şekil 5) Pamukkale, Karahayıt, Buldan kaynakları ile Pamukkale çevresinde açılmış kuyular benzer özellikte ve 6 civarında olup, Sarayköy kaynakları ise 7-8 arasındadır. EC dağılımına (Şekil 6) bakıldığında Karahayıt ile Sarayköy kaynakları 4000 mmhos/cm üzerinde değere ulaştığı diğer kaynak ve kuyularda ise 2000-3000 mmhos/cm arasında olduğu bulunmuştur.



Şekil 4. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının sıcaklık değişimi (1947-2005)
 Figure 4. The variation of temperature (°C) in thermal and / or mineral waters of around the Denizli (1947-2005).



Şekil 5. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının pH değişimi (1947-2002 yılları arasında çeşitli tarihlerdeki ölçümler).
 Figure 5. The variation of pH values in thermal and / or mineral waters of around the Denizli (The measurements in various dates between of 1947-2002).



Şekil 6. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının EC (mmhos/cm) değişimi (1947-2002) yılları arasında çeşitli tarihlerdeki ölçümler.

Figure 6. The variation of EC (M mhos/cm) values in thermal and / or mineral waters of around the Denizli (The measurements in various dates between of 1947-2002).

Toplam mineralizasyon dağılımına bakıldığında (Şekil 7) Gölemezli hamam ve kaynağının 1947 ölçümlerine göre 5000 mg/l nin üzerine çıkmış olduğu zaman içinde ise düştüğü belirlenmiştir. Pamukkale kaynaklarından da yine 1947 yılında 3500 mg/l olan değeri günümüzde 2400 mg/l ye düşmüş olup, Pamukkale çevresinde açılmış kuyularda ise 3000 mg/l civarındadır. CO₂ dağılımı (Şekil 8) Pamukkale, Karahayit, Buldan kaynaklarında özellikle günümüz ölçümlerinde yükselme eğilimi görülmektedir.

Major anyon ve katyon içeriğinin dağılımı (Çizelge 2, Şekil 9) Pamukkale ve Karahayit jeotermal alanının suları Ca-HCO₃'lü olduğu ancak Akköy kaynağının farklı özellikte Mg-SO₄'lü olduğu belirlenmiştir. Buldan jeotermal alanı suları Ca-HCO₃, Na-SO₄ ve Na-Ca-HCO₃'lü olduğu görülmektedir. Ancak Buldan maden suyunun güncel analizinde suyun kimliğinin değiştiği dikkat çekmektedir. Bu sudaki Na ve Cl yükselirken, Ca ile SO₄ düşmüştür. Sarayköy suları ise Ca-HCO₃ ile Na-SO₄ özelliğini taşımaktadır. Pamukkale çevresinde açılmış kuyular kaynak-

lardan farklı özellik göstermekte ve Ca-SO₄ ve Mg-HCO₃'lüdür.

Denizli ve çevresinin sularının radyoaktivite özelliği (Şekil 10) 1947, 1969 ve 1971 yıllarında yapılmış analizlerinden her ne kadar geçmiş dönemlere ait sonuçlar olsa da genel bir izlenim vermesi açısından çalışmamızda değinmek gereği hissedilmiştir. 1947 yılına ait Buldan madensuyu (Baş) ile Yenice Çizmeli hamam radon değerleri 250-350 Bq/l arasında seyrederken diğer noktalarda 0.63-73.26 Bq/l arasında değişmektedir. Farklı tarihlerde yapılmış aynı noktalarda olan değerlerden Pamukkale 1. kaynağa göre 1971 'de yükselme görülürken, Karahayit cami, Buldan madensuyu baş ve orta ve Yenice açık kaynaklarında ciddi oranlarda düşüş görülmektedir.

Erees vd., (2007) tarafından Denizli Havzası'nda Mayıs-Aralık 2000 döneminde radon ölçümleri ZnS (Ag) sintilasyon sayacından aylık olarak gerçekleştirilmiş ve 0.67-25.90 kBq/m⁻³ aralığında bulunmuştur. Denizli Havzası'nda in-

"of" ve "the"
silinecek

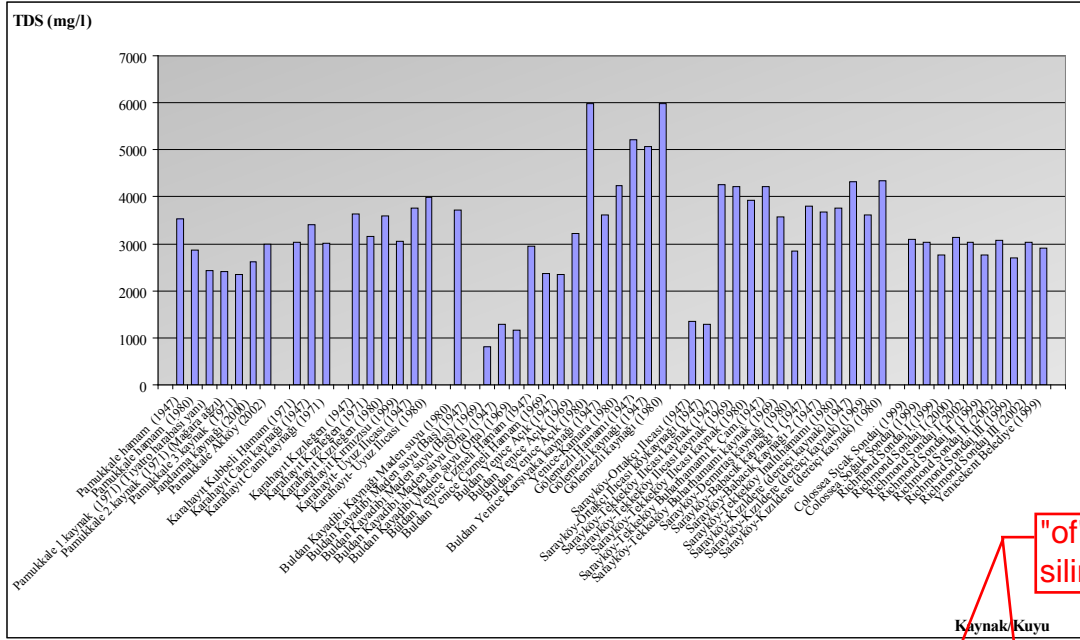
celeme sırasında 3.3-4.8 büyüklüğündeki deprem öncesi ve sonrasında önemli radon anomalilerinin gözlemlendiğine dikkat çekilmiştir. Bölgede mikrosismik aktivite sırasında radon konsantrasyonu 5.58 kBq/m^3 standart sapma ile ortalama $4.84 \pm 0.75 \text{ kBq/m}^3$ ölçülmüştür. Radon konsantrasyonu en yüksek Pamukkale termal kaynaklarında $7.77\text{--}25.94 \text{ kBq/m}^3$ arasında ve ortalama $16.42 \pm 1.86 \text{ kBq/m}^3$ (16420 Bq/m^3), en düşük olarak Kızıldere termal kaynaklarında $0.70\text{--}2.48 \text{ kBq/m}^3$ arasında ve ortalama $1.23 \pm 0.23 \text{ kBq/m}^3$ (1230 Bq/m^3) ölçülmüştür. Yine söz konusu çalışma sırasında radon konsantrasyonları EC ve sıcaklık parametreleri karşılaştırıldığında dikkat çekecek düzeyde değişim izlenmiştir.

Radon konsantrasyonları Kızılsu (Kızılleğen) kaynaklarında $4.44\text{--}7.40 \text{ kBq/m}^3$ aralığında ve ortalama $5.71 \pm 0.33 \text{ kBq/m}^3$ (5710 Bq/m^3) olarak Yenice termal kaynaklarında ise $1.44\text{--}5.55 \text{ kBq/m}^3$ ve ortalama $2.38 \pm 0.49 \text{ kBq/m}^3$ (2380 Bq/m^3), İnaltı'da da $0.70\text{--}3.89 \text{ kBq/m}^3$ arasında ve ortalama $1.6 \pm 0.39 \text{ kBq/m}^3$ (1600 Bq/m^3) ölçülmüştür. Tekke termal kaynaklarında $0.74\text{--}13.51 \text{ kBq/m}^3$ ortalama $4.29 \pm 1.4 \text{ kBq/m}^3$ (4290 Bq/m^3) bulunmuş olup, kaynaklarda EC, pH ve sıcaklık değerlerinde küçük değişimlere rastlanılmıştır. Bu termal kaynaklara yaklaşık 30 km uzaklığında Denizli-Sarayköy'de M4.8 büyüklüğündeki depremden hemen önce radon konsantrasyonu ortalama 13.51 kBq/m^3 (13510 Bq/m^3) ölçülmüştür. Babacık termal kaynaklarında ise $0.67\text{--}3.89 \text{ kBq/m}^3$ arasında ve ortalama $2.22 \pm 0.32 \text{ kBq/m}^3$ (2220 Bq/m^3) ölçülmüştür. Bu kaynaktan yine depremden hemen önce radon konsantrasyonu 2.2 kBq/m^3 değerine kadar yükselmiştir.

8. SONUÇLAR

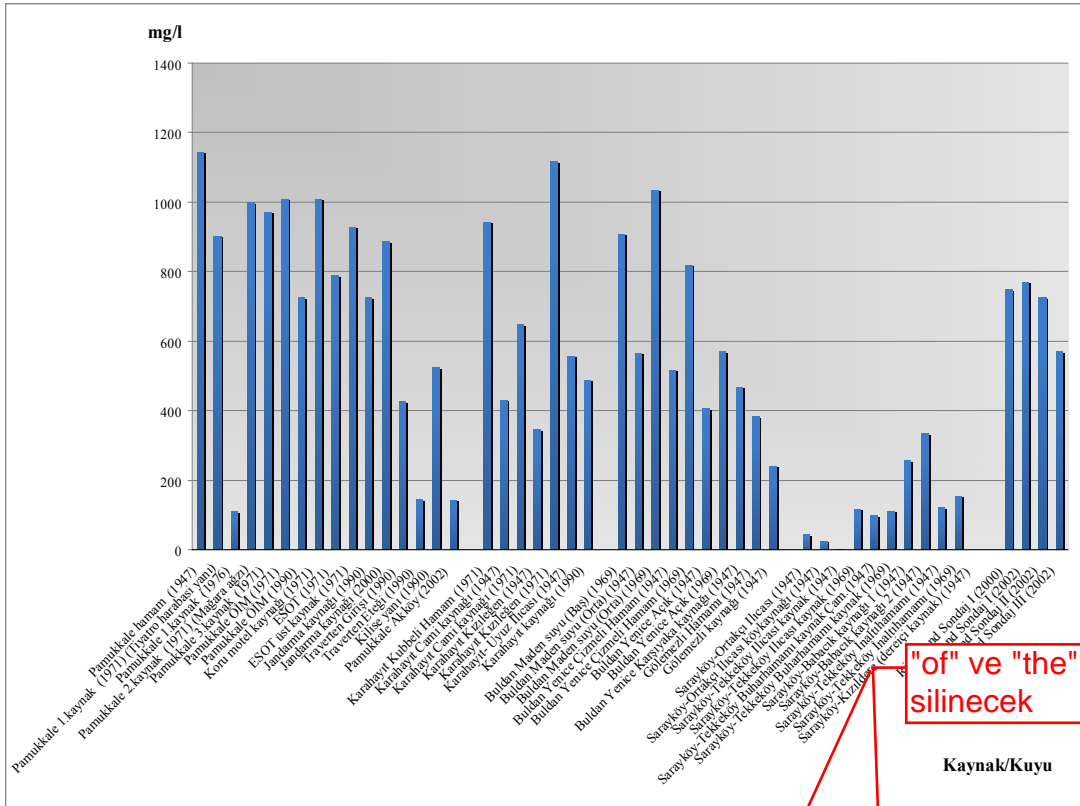
Kaynaklarda zaman içinde TDS değerlerinde Karahayıt Cami kaynağı ile Kızılleğen, Yenice Çizmeli, Sarayköy Ortakçı ve Tekkeköy Ilıcası'nda azalma, Buldan Yenice açık, Gölemezli, Tekkeköy İnaltıhamam'da ve kuyularda ise yükselme eğilimi belirlenmiştir. Genel olarak anyon ve katyon konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimi incelendiğinde anyon oranlarının birbirlerine göre değişiminde belirgin bir değişime gözlenmezken bazı kaynaklarda ise katyon oranları değişmiştir. Belirgin değişikliklerin gözlemlendiği kaynaklar sırasıyla: Pamukkale ÖİM 1971'de $\text{Ca} \gg \text{Mg}$, 1990'da $\text{Ca} \gg \text{Mg} \gg \text{Na}$ olmuştur. Karahayıt Kubbeli Hamam 1971'de $\text{Ca} \gg \text{Na} \gg \text{Mg}$, 1976'da $\text{Ca} \gg \text{Mg} \gg \text{Na}$; Karahayıt Cami Kaynağı 1947'de $\text{Ca} \gg \text{Mg} \gg \text{Na}$, 1971'de $\text{Ca} \gg \text{K} \gg \text{Na}$, 1976'da yeniden $\text{Ca} \gg \text{Mg} \gg \text{Na}$ olarak belirlenmiştir. Karahayıt Kızılleğen kaynağında ise 1947'de $\text{Ca} \gg \text{Na} \gg \text{Mg}$, 1976'da $\text{Ca} \gg \text{Mg} \gg \text{Na}$; Buldan Yenice Açık 1947'de, $\text{Ca} \gg \text{Na} \gg \text{Mg}$, 1969'da $\text{Na} \gg \text{Ca} \gg \text{K}$; Gölemezli kaynağı 1947'de $\text{Na} \gg \text{Ca} \gg \text{Mg}$, 1976'da ise $\text{Ca} \gg \text{Na} \gg \text{Mg}$ 'dir. Yine Sarayköy Babacık Kaynağı'nda anyon ve katyonların oranındaki değişiklik 1947'de $\text{Na} \gg \text{Ca} \gg \text{K}$ ve $\text{SO}_4 \gg \text{HCO}_3 \gg \text{C}$, 1997'de $\text{Na} \gg \text{Ca} \gg \text{K}$ ve $\text{HCO}_3 \gg \text{SO}_4 \gg \text{Cl}$ olarak gözlenmiştir.

İnceleme alanındaki kaynaklar aktif tektonizma ile ilişkili olarak açığa çıkmaktadır. Termal mineralli su kaynaklarının sıcaklıkları $21\text{--}99^\circ\text{C}$ arasında değişim gösterirken; soğuk suların sıcaklıkları ise $17.5\text{--}19^\circ\text{C}$ aralığındadır. EC değerleri termal mineralli sularda $880\text{--}4800 \text{ mmhos/cm}$ arasında değişir. Termal mineralli su kaynaklarında hâkim katyon Ca^{+2} ve Mg^{+2} , hâkim anyon ise HCO_3^- ve SO_4^{2-} 'dir.



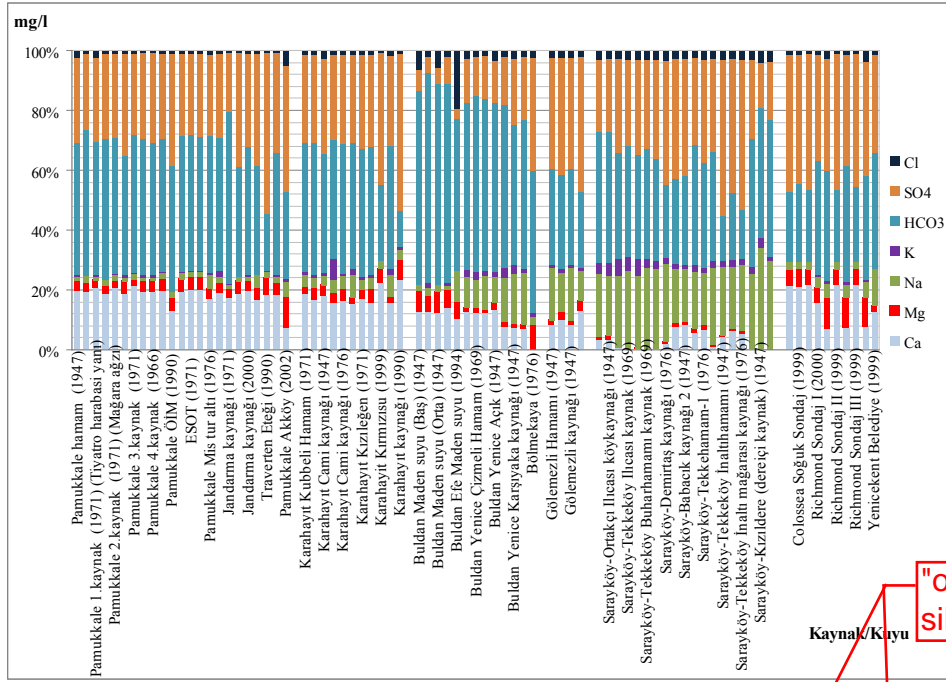
Şekil 7. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının toplam mineralizasyon (mg/l) değişimi (1947-2002 yılları arasında çeşitli tarihlerdeki ölçümler).

Figure 7. The variation of total mineralization (mg/l) values in thermal and / or mineral waters of around the Denizli (The measurements in various dates between of 1947-2002).



Şekil 8. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının CO₂ (mg/l) değişimi (1947-2002).

Figure 8. The variation of CO₂ (mg/l) values in thermal and / or mineral waters of around the Denizli (1947-2002).



Şekil 9. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularında başlıca anyon ve katyonların değişimi (Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, SO₄ mg/l).

Figure 9. The variation of major anions and cations in thermal and/or mineral waters of around the Denizli (Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, SO₄ mg/l).



Şekil 10. Denizli civarındaki termal ve/veya mineralli sularının Rn²²² (Bq/l) değişimi (1947, 1969, 1971 yıllarındaki ölçümler).

Figure 10. The variation of Rn²²² (Bq/l) in thermal and/or mineral waters of around the Denizli (measurements in years of 1947, 1969, 1971)

Anhidrit-karbonat akiferleri içeren kayalarda suların dolaşımında soğuk sulara Ca^{2+} - Mg^{2+} iyon grupları, HCO_3^- ile SO_4^{2-} gruplarının ayrıldığı desteklemektedir. Klorürlü bileşiklerde, suların dolaşımı sırasında akiferde ve interaksiyonlu ince killi denizel Neojen çökellerde singenetik sular perkolasyonla karışmıştır değerlendirilmesi yapılabilir. Yüksek CO_2 değeri aktif tektonik bölgelerin en belirgin özelliğidir. Karbonat minerallerinde SiO_2 varlığı CO_2 oluşumu ($<200^\circ C$) düşük sıcaklıklara oranla (Barnes vd., 1978) dekarbonizasyonla meydana gelir (Fyfe vd., 1978). Düşük Ca (Mg) ve HCO_3^- iyon içeriği yüksek pH'dan dolayı kalsit oluşmasını hızlandırır (Duchi, 1992). Bu değerlendirmeye göre, özellikle Sarayköy-Tekkeköy- Buharhamamı Ilıca ve kaynağı, Tekkehamam kaynağı ile Kızıldere dereiçi kaynağında hızlı kalsit oluşumundan sözedilebilir.

Piper diyagramında (Piper 1953) (Şekil 11) suların genel dağılımı 2 grupta (alkali toprak elementleri yüksek olan ve yüksek olmayan sular) yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Pamukkale ve Karahayıt kaynak suları alkali toprak elementleri yüksek sular sınıfında yer almaktadır. Sarayköy sularının dağılımı hem alkali elementlerin yüksek olduğu hem de alkali ve güçlü asitlerin egemen olduğu karbonat olmayan alkalinitesi %50 den fazla olan sular grubundadır. Buldan suları ise karbonat sertliği %50 den fazla olan ve iyonların hiçbirisinin % 50'yi geçmeyen karışık sular grubunda yer almaktadır. Kuyuların dağılımına bakıldığında sadece Yenicekent Belediyesi'nin kuyusu diğer kuyulardan farklı bir özellikte olduğu ve iyonların hiçbirisinin % 50'yi geçmeyen karışık sular grubunda yer alırken, diğerlerinin alkali toprak elementleri yüksek sular sınıfında toplandığı görülmektedir.

Durov Diyagramı'na yerleştirilmesiyle (Durov, 1948) (Şekil 12) çalışma alanına ait suların, ana anyonun HCO_3^- ve SO_4^{2-} , kationun ise Na+K ve Ca olduğu anlaşılmaktadır. Kimyasal bileşenlerine göre dağlık kesim Ca-Mg- HCO_3^- su tipindedir. Bu su tipi, çözülmüş sulara oluşan su-kayaç ilişkisinin ilk basamağı olarak yorumlanabilir ki bu havzadaki mermerlerin varlığı ile de açıklanır. Jeotermal suların Cl- HCO_3^- - SO_4^{2-} iyonlarının % mg/l değerleri dikkate alınarak sınıflandırıldığı diğer bir üçgen diyagramda (Nicholson, 1993) çalışma alanındaki termal mineralli kaynak ve kuyu suları buhar egemen sular grubuna girmektedir (Şekil 13).

SUMMARY

Since ancient times, civilizations Medical Spas (balneology) applications, has an important place in the treatment of disease. In recently, with the aim of treatment is used in many of the spa built in the Roman period it is possible to find traces of the spa. Currently, our country traditional and empirical use of thermal mineral water is of great importance in terms of public health. Specific historical and cultural background to the hot springs area, past experience with the applications are assessed in front of today's opening of the new studies can be provided.

Denizli-Pamukkale thermal springs region, as well as cultural history and unique features, the most important spa waters are from our district area. At the large-dimension horst and graben structures represented by the wide distribution in the Aegean region with many thermal springs as a result of active tectonism has occurred. In this region, a large number and variety of the Denizli Basin, where the thermal mineral waters in Turkey and is an important area in the world.

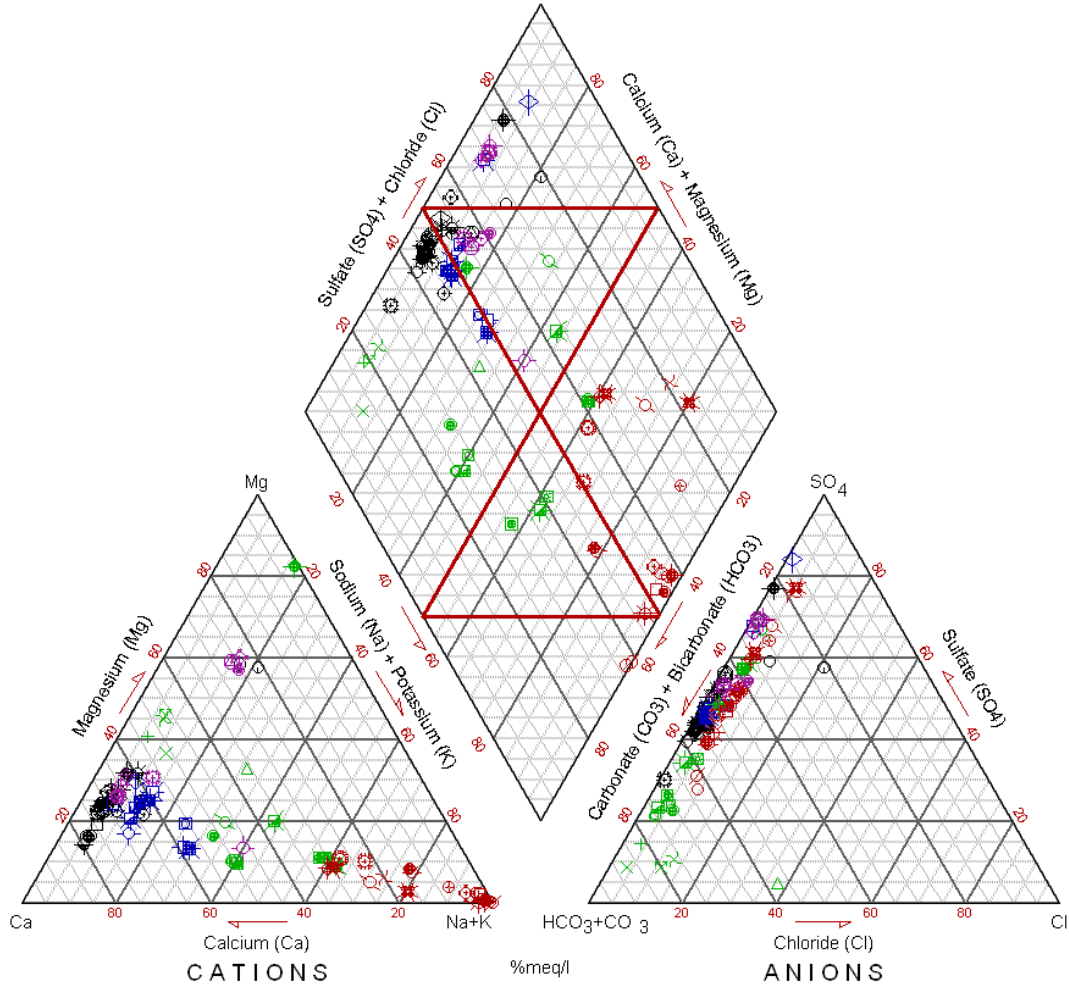
Of these, Pamukkale thermal mineral water springs, the average temperature of $35-36^\circ C$ with snow white in color with a value visually important, the world's largest travertine areas constitutes one. The average flow of 381.8 l/s and water is include of bicarbonate, sulfate, calcium and carbon dioxide. Karahayıt's thermal mineral water springs that runoff from three springs places $42-56^\circ C$ temperature and the flow rate 40 l/s above. Thermal mineral water while Karahayıt-Kızıllıgen is $40^\circ C$, and water is include of bicarbonate, sulfate, fluoride, iron, calcium, carbon dioxide. Buldan's hypothermal / thermal mineral water temperature is between $16-56^\circ C$ and bicarbonate, sulfate, calcium, sodium and contain carbon dioxide, and fluoride. Another group, the thermal mineral waters Saraykoy has a temperature between $55-99^\circ C$ and water is include of bicarbonate, sulfate, sodium, fluoride, arsenic, sulfur.

As a general decrease in value over time, in some spring waters, some increase in concentrations is determined. In terms of the cation and anion content in some spring waters, while there was change in anion rates was observed and no change in the proportion of cation change. In general, while decrease in value over time, in some spring waters, in some increase in the total dissolved solids concentration.

Katkı Belirtme

Yazarlar, İ.Ü. Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı'nda 1999-2002 yılları arasındaki

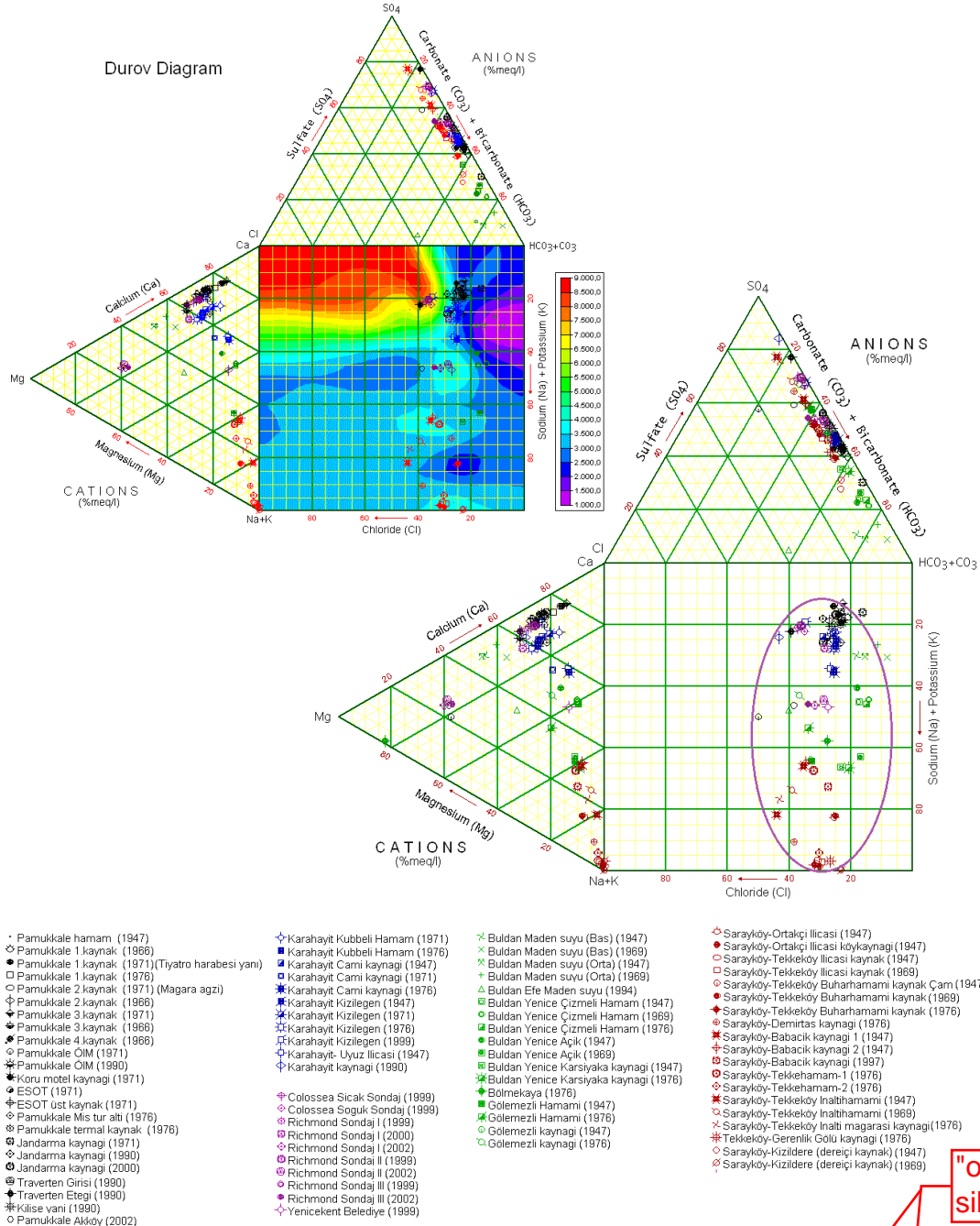
su kimyası analizlerini yapmış olan Msc. Kim. Müh. Ender Başak ve Sağlık Teknikeri Recai Koç'a teşekkür ederler.



- Pamukkale hamam (1947)
- ◊ Pamukkale 1 kaynak (1966)
- Pamukkale 1 kaynak (1971) (Tiyatro harabesi yanı)
- ◻ Pamukkale 1 kaynak (1976)
- ◻ Pamukkale 2 kaynak (1971) (Magara agzi)
- ◊ Pamukkale 2 kaynak (1966)
- ◊ Pamukkale 3 kaynak (1971)
- ◊ Pamukkale 3 kaynak (1966)
- ◊ Pamukkale 4 kaynak (1966)
- ◊ Pamukkale ÖİM (1971)
- ✦ Pamukkale ÖİM (1990)
- ✦ Kuru metal kaynağı (1971)
- ◊ ESOT (1971)
- ✦ ESOT üst kaynağı (1971)
- ◊ Pamukkale Mis tur altı (1976)
- ◊ Pamukkale termal kaynağı (1976)
- ◊ Jandarma kaynağı (1971)
- ◊ Jandarma kaynağı (2000)
- ◊ Traverten Omsi (1990)
- ✦ Traverten Eleş (1990)
- ✦ Klise yanı (1990)
- ◊ Pamukkale Akköy (2002)
- ◊ Karahayıt Kubbeli Hamam (1971)
- ◊ Karahayıt Kubbeli Hamam (1976)
- ◊ Karahayıt Cami kaynağı (1947)
- ◊ Karahayıt Cami kaynağı (1971)
- ◊ Karahayıt Cami kaynağı (1976)
- ◊ Karahayıt Kizilegen (1947)
- ◊ Karahayıt Kizilegen (1971)
- ◊ Karahayıt Kizilegen (1976)
- ◊ Karahayıt Kizilegen (1996)
- ◊ Karahayıt-Uyuz Ilıcasi (1947)
- ◊ Karahayıt kaynağı (1990)
- ◊ Colossea Sıcak Sondaj (1999)
- ◊ Colossea Soğuk Sondaj (1999)
- ◊ Richmond Sondaj I (1999)
- ◊ Richmond Sondaj I (2000)
- ◊ Richmond Sondaj II (1999)
- ◊ Richmond Sondaj II (2002)
- ◊ Richmond Sondaj III (1999)
- ◊ Richmond Sondaj III (2002)
- ◊ Richmond Sondaj III (2002)
- ◊ Traverten Elgesi (1990)
- ◊ Yenicikent Belediye (2002)
- ✦ Buldan Maden suyu (Bas) (1947)
- ✦ Buldan Maden suyu (Bas) (1969)
- ✦ Buldan Maden suyu (Orta) (1947)
- ✦ Buldan Maden suyu (Orta) (1969)
- ✦ Buldan Efe Maden suyu (1994)
- ◊ Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1947)
- ◊ Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1969)
- ◊ Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1976)
- ◊ Buldan Yenice Açık (1947)
- ◊ Buldan Yenice Açık (1969)
- ◊ Buldan Yenice Karsiyaka kaynağı (1947)
- ◊ Buldan Yenice Karsiyaka kaynağı (1976)
- ◊ Bölmekeaya (1976)
- ◊ Gölemezli Hamamı (1947)
- ◊ Gölemezli Hamamı (1976)
- ◊ Gölemezli kaynağı (1947)
- ◊ Gölemezli kaynağı (1976)
- ◊ Sarayköy-Ortaçlı Ilıcasi (1947)
- ◊ Sarayköy-Ortaçlı Ilıcasi kaynağı (1947)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy kaynağı (1947)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy Ilıcasi kaynağı (1969)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynağı (1947)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynağı (1969)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynağı (1976)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynağı (1976)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy İnaltmamamı (1947)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy İnaltmamamı (1969)
- ◊ Sarayköy-Tekkeköy İnaltmamamı kaynağı (1976)
- ✦ Tekkeköy-Çeremlik Gölü kaynağı (1976)
- ◊ Sarayköy-Kızıldere (dereçli kaynağı) (1947)
- ◊ Sarayköy-Kızıldere (dereçli kaynağı) (1969)

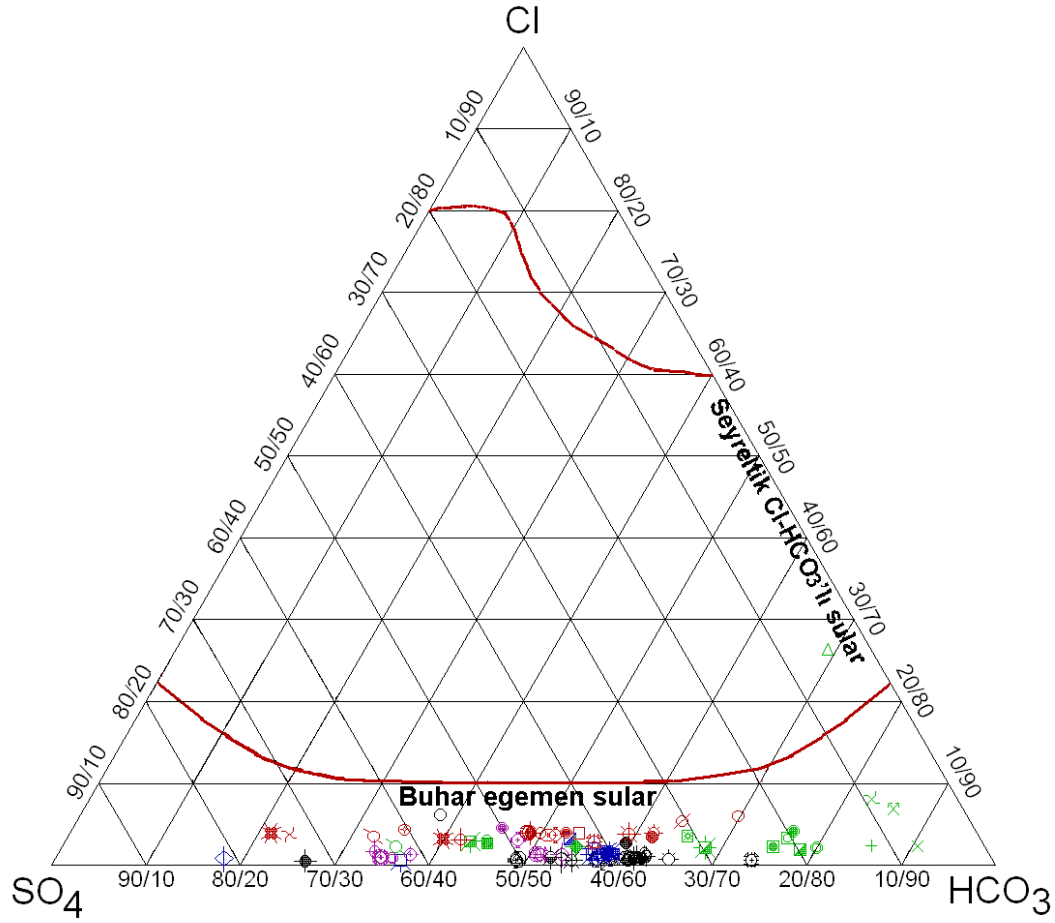
"of" ve "the" silinecek

Şekil 11. Piper diyagramında Denizli civarındaki termal/hipertermal minerali suların genel dağılımı. **Figure 11. Distribution in Piper diagram of the thermal/ hyperthermal mineral waters of around the Denizli.**



Şekil 12. Denizli Çevresindeki termal mineralli suların Durov Diyagramındaki (Durov, 1948) gene dağılımı (%mek/l).
Figure 12. Distribution in Durov diagram (Durov, 1948) of the thermal mineral waters of around the Denizli (mcc/l%).

"of" ve "the" silinecek



- ♣amukkale hamam (1947)
- ♣amukkale 1 kaynak (1966)
- ♣amukkale 1 kaynak (1971)(Tiyatro harabesi yanı)
- ♣amukkale 1 kaynak (1976)
- ♣amukkale 2 kaynak (1971) (Magara agzi)
- ♣amukkale 2 kaynak (1966)
- ♣amukkale 3 kaynak (1971)
- ♣amukkale 3 kaynak (1966)
- ♣amukkale 4 kaynak (1966)
- ♣amukkale ÖM (1971)
- ♣amukkale ÖM (1990)
- ♣oru motel kaynagi (1971)
- ♣SOT (1971)
- ♣SOT üst kaynak (1971)
- ♣amukkale Mis tur alti (1976)
- ♣amukkale termal kaynak (1976)
- ♣Jandarma kaynagi (1971)
- ♣Jandarma kaynagi (1990)
- ♣Jandarma kaynagi (2000)
- ♣Traverten Giniş (1990)
- ♣Traverten Etegi (1990)
- ♣İlise yanı (1990)
- ♣amukkale Akköy (2002)
- ♣Karahayıt Kubbeli Hamam (1971)
- ♣Karahayıt Kubbeli Hamam (1976)
- ♣Karahayıt Cami kaynagi (1947)
- ♣Karahayıt Cami kaynagi (1971)
- ♣Karahayıt Cami kaynagi (1976)
- ♣Karahayıt Kizilegen (1947)
- ♣Karahayıt Kizilegen (1971)
- ♣Karahayıt Kizilegen (1976)
- ♣Karahayıt Kizilegen (1998)
- ♣Karahayıt- Uyuz İlicasi (1947)
- ♣Karahayıt kaynagi (1990)
- ♣Colossea Sıcak Sondaj (1999)
- ♣Colossea Soguk Sondaj (1999)
- ♣Richmond Sondaj I (1999)
- ♣Richmond Sondaj I (2000)
- ♣Richmond Sondaj I (2002)
- ♣Richmond Sondaj II (1999)
- ♣Richmond Sondaj II (2002)
- ♣Richmond Sondaj III (1999)
- ♣Richmond Sondaj III (2002)
- ♣Yenicent Belediye (1999)
- ♣Buldan Maden suyu (Bas) (1947)
- ♣Buldan Maden suyu (Bas) (1969)
- ♣Buldan Maden suyu (Orta) (1947)
- ♣Buldan Maden suyu (Orta) (1969)
- ♣Buldan Efe Maden suyu (1994)
- ♣Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1947)
- ♣Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1969)
- ♣Buldan Yenice Çizmeli Hamam (1976)
- ♣Buldan Yenice Açık (1947)
- ♣Buldan Yenice Açık (1969)
- ♣Buldan Yenice Karşıyaka kaynagi (1947)
- ♣Buldan Yenice Karşıyaka kaynagi (1976)
- ♣Bölmekaya (1976)
- ♣Gölemzili Hamamı (1947)
- ♣Gölemzili Hamamı (1976)
- ♣Gölemzili kaynagi (1947)
- ♣Gölemzili kaynagi (1976)
- ♣Sarayköy-Ortakçı İlicasi (1947)
- ♣Sarayköy-Ortakçı İlicasi köykaynagi (1947)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy İlicasi kaynak (1947)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy İlicasi kaynak (1969)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak Çam (1947)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1969)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy Buharhamamı kaynak (1976)
- ♣Sarayköy-Demirtaş kaynagi (1976)
- ♣Sarayköy-Babacık kaynagi 1 (1947)
- ♣Sarayköy-Babacık kaynagi 2 (1947)
- ♣Sarayköy-Babacık kaynagi (1997)
- ♣Sarayköy-Tekkehamam-1 (1976)
- ♣Sarayköy-Tekkehamam-2 (1976)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1947)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy İnaltıhamamı (1969)
- ♣Sarayköy-Tekkeköy İnaltı magarasi kaynagi (1976)
- ♣Tekkeköy-Gerenlik Gölü kaynagi (1976)
- ♣Sarayköy-Kızıldere (dereci kaynak) (1947)
- ♣Sarayköy-Kızıldere (dereci kaynak) (1969)

Şekil 13. Cl-SO₄-HCO₃ bağılı oranlarına göre üçgen diyagramdaki (Nicholson, 1993) sınıflaması (tüm derişimler %mg/l).

Figure 13. Classification of thermal mineral waters of the study area on the Cl vs SO₄ vs HCO₃ ternary diagram (Nicholson, 1993). All concentrations in mg/l%.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akkuş, İ., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z. 2005,** Jeotermal Kaynaklar Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201, Ankara, 849s.
- Alpman N., Sezginman, Y. 1963,** Batı Anadolu Tabii Sıcak Suları, İçmeleri ve Madensularının Teknik Envanteri. MTA Rapor No.1278, 104 s., (yayınlanmamış), Ankara.
- Barut, İ.F., Erdogan (Yüzbaşıoğlu), N., Başak, E. 2004,** Hydrogeochemical evaluation of Western Anatolian mineralwaters. *Environmental Geology*, 45 (4), 494-503.
- Burçak, M. 1998,** Denizli-Çardak-Beylerli Ilıcapınar kaplıcası jeotermal etüd raporu. MTA Derleme Rapor No:10138, 8 s. (yayınlanmamış), Ankara.
- Barnes, I., Irwin, W., White, D.E. 1978,** Global distribution of carbon dioxide discharge and major zones of seismicity. *US Geol. Survey, Water-Resources Investigations*, 78-39, 1-12.
- Çağlar, K.Ö. 1970,** Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları. MTA Yayını, Ankara, No: 1, 791s.
- Çakalgöz, S. 2009,** Antik dönemlerde sıcak su kaynaklarının kullanımı. Sempozyum Bildirileri - www.izmir-dikili.bel.tr
- Çakır, Z., 1999,** Along-Strike Discontinuity Normal Faults and its İnfluence on Quaternary Travertine Deposition; Examples From Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 8, 67-80.
- D'Andria, F. 2003,** Hierapolis (Pamukkale) Arkeoloji Rehberi. (Çev: Nalân Fırat), Ege Yayınları, İstanbul. 166 s.
- Demir, T. 2004,** Şer'iyye Sicillerine Göre XVIII: Yüzyılın Sonlarında Denizli'de Mukataa ve Vakıflar. *EJOS (Electronic Journal of Oriental Studies) Utrecht University*, VII ,9 ,1-8.
- Demir, T. 2007,** Şer'iyye Sicillerine Göre XVIII: Yüzyılın Sonlarında Denizli. Uluslararası Denizli ve Çevresi Tarih ve Kültür Sempozyumu, 6-8 Eylül 2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Bildiriler I, Denizli.
- Duchi, V., Minissale, A., Paolieri, M., Prati, F., Valori, A. 1992,** Chemical relationship between discharging fluids in the Siena-Radicofani graben and the deep fluids produced by the geothermal fields of Mt.Amiata, Torre Alfina and Latera (Central Italy). *Geothermics*, 21 (3), 401-413.
- Durov, S.A. 1948,** Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions. *Akademiya Nauk SSSR Doklady* 59, 87-90.
- Ege Bölgesi (Türkiye Mineralli Su Kaynakları I), 1999,** İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidro-Klimatoloji Anabilim Dalı, İ.Ü. Araştırma Fonu Projesi (yayınlanmamış rapor), Sonuç Raporu: 874/090896, 119s., İstanbul.
- Ekmekçi, M., Günay, G., Şimşek, Ş., Yeşertener, C., Elhatip, H., ve Dilsiz, C., 1995,** Pamukkale sıcak sularının traverten çökeltme özelliklerinin CO₂ kaybı-çökeltme kinetiği ilişkileri açısından irdelenmesi, *Yerbilimleri*, 17, 101-113.
- Ercan, T., Ölmez, E., Matsudo, I. Wagao, K., Kıta, I., 1994,** Kuzey ve Batı Anadolu'da sıcak ve mineralize sular ile içerdikleri gazların kimyasal ve izotopik değerleri. *Türkiye Enerji Bülteni*, 1 (2). TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayını. No. 20-21.
- Erdoğan-Sevin, N., Gürdal, H., Afsin, M., Oruç, Ö. 2008.** Orta Anadolu Termomineral Sularının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi. *Aksaray Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü Su-Enerji-Sağlık Sempozyumu (20-23 Ekim 2008 Aksaray) Bildiri Özetleri*, s.86.
- Erees, F.S., Aytas, S., Sac, M.M., Yener, G., Salk, M. 2007,** Radon concentrations in thermalwaters related to seismic events along faults in the Denizli Basin, Western Turkey. *Radiation Measurements*, 42 (2007), 80-86.
- Filiz, S., 1984,** Investigation of the important geothermal areas by using C, H, O, isotopes. Seminar on the utilization of Geothermal Energy for Electric Power Generation and Space Heating, 14-17 May 1984, Florence, Italy. Seminar ref. No:EP/SEM. 9/R.3.
- Fyfe, W.S., Price, N.J., Thompson, A.B. 1978,** Fluids in the Earth's Crust. Elsevier, Amsterdam, 383p.
- Güner, İ.N., Elhatip, H., 1999,** Pamukkale Yöresi (Denizli) Termal Kaynaklarının Hidrokimyasal ve İzotopik İncelenmesi, *N.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 35-47.
- Gürdal, H., Karagülle, O., Karagülle, M.Z., 2002,** İçme Kürleri. *Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı* (ed. Karagülle Z.), Nobel Tıp Kitabevleri, (ISBN: 975-420-165-x), 153-159.
- <http://www.unitconversion.org/unit-converter/electric-conductance.html>
- <http://www.translatorscafe.com/cafe/>

- units-converter/radiation--activity/c/; Online Unit Converters. Radiology Converters. (Radiation - Activity Converter)
- İsimsiz, 1907**, Türkiye maden suları ve ılıcaları hakkında ihrai malûmat. MTA Rapor No. 375. 32s. Ankara.
- Karagülle, M., 2002 a**, Bikarbonatlı Sular. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı (ed. Karagülle Z.), Nobel Tıp Kitabevleri, (ISBN: 975-420-165-x), 191-195.
- Karagülle, M., 2002 b**, Sülfatlı Sular. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı (ed. Karagülle Z.), Nobel Tıp Kitabevleri, (ISBN: 975-420-165-x), 183-189.
- Malay, H., 1989**, Antik Devirde Denizli Yöresinde Ekonomik Durum. Türk Kültür Tarihinde Denizli Sempozyumu, Eylül 1988, Denizli, Denizli Valiliği, s. 295-298.
- MTA, 1946**, Mineralli suların araştırılması, fiziksel ve kimyasal analiz metodları. Dökümantasyon, MTA Dergisi, Yıl 11, 1-35, Ankara.
- MTA, 1980**, Türkiye Sıcaksu, İçmece ve Maden Suları Envanteri. Derleme no: 6833, MTA, Ankara 78s., Ankara.
- Nicholson, K. 1993**, Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 263s.
- Özkul, M., Varol, B. Ve Alçiçek, M.C. 2002**, Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. MTA Dergisi, 125, 13-29
- Özler, H.M. 2000**, Hydrogeology and geochemistry in the Curuksu (Denizli) hydrothermal field, western Turkey. Environmental Geology, 39 (10), 1169-1180.
- Piper, A.M. 1953**, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans. U.S. Geol. Surv. Groundwater Notes 12. Printing, Washington, 42p.
- Selçuk, B., 1996**, Pamukkale ve Kizilcahamam jeotermal alanlarından çıkan gazların gaz kromatografi yöntemiyle incelenmesi [Gas chromatographic of gas discharges in Pamukkale and Kizilcahamam geothermal areas]. MSc Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, Ankara.
- Şimşek, Ş. 1984**, Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Olanakları. MTA, Project No: 7846, Ankara.
- Şimşek, Ş., Günay, G., Elhatip, H., Ekmekçi, M. 2000**, Environmental protection of geothermal waters and travertines at Pamukkale, Turkey. Geothermics 29, 557-572.
- Tamgaç, Ö.F., Yıldırım, N., Çetiner, L. 1995**, Denizli-Karahayit-Pamukkale ve Çevresi Sıcaksu Kaynaklarının Korunması ve Gelistirilmesine Ait Hidrojeoloji Etüt Raporu, MTA Derleme No:9942, Ankara.
- Tut-Haklıdır, F.S., Akın, T., Güney, A., Uzun, A., 2012**, Kızıldere Jeotermal Sahasında Derin Rezervuarda Tamamlanan Yeni Kuyuların Jeokimyasal Değerlendirmesi. 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı 2-6 Nisan/ 2012, MTA Genel Müdürlüğü Ankara, 308-309.
- UKAM (Günay, G., Simsek, S., Keloglu, N., Ekmekçi, M., Elhatip, H., Yesertener, C., Bektas., D., Öncel, E., Dilsiz, C., Erenbilge, T., ve Çetiner, Z.), 1994**, Pamukkale Koruma Amaçlı İmar Planında Öngörülen Travertenlerin Korunması ve Gelistirilmesi İle İlgili Bilimsel-Teknik Araştırmalar ve Müsavirlik Hizmetleri (I), 132 s., Beytepe-Ankara.
- UKAM (Günay, G., Simsek, S., Keloglu, N., Ekmekçi, M., Elhatip, H., Yesertener, C., Dilsiz, C., Bektas., D., ve Öncel, E.), 1995**, Pamukkale Koruma Amaçlı İmar Planında Öngörülen Travertenlerin Korunması ve Gelistirilmesi İle İlgili Bilimsel-Teknik Araştırmalar ve Müsavirlik Hizmetleri (II), 83 s., Beytepe-Ankara.
- UKAM (Günay, G., Simsek, S., Keloglu, N., Ekmekçi, M., Elhatip, H., Yesertener, C., Sisman, M., Dilsiz, C., Güner, İ.N. ve Öncel, E.), 1996**, Pamukkale Koruma Amaçlı İmar Planında Öngörülen Travertenlerin Korunması ve Gelistirilmesi İle İlgili Bilimsel-Teknik Araştırmalar ve Müsavirlik Hizmetleri (III), 104 s., Beytepe-Ankara.
- Uzel, A. 1991**, Pamukkale (Hierapolis) Koruma Amaçlı İmar Planı. Uluslararası Pamukkale Çalışma Grubu Toplantısı (30 Haziran-3 Temmuz 1991), Pamukkale Toplantısı, 62s.
- Vengosh, A., Helvaci, C., Karamanderesi, I.H., 2002**, Geochemical constraints for the origin of thermal waters from western Turkey. Appl Geochem 17:163-183
- Yenal, O., Usman, N., Bilecen, L., Kanan, E., Öz, G., Öz, Ü., Göksel, S.A., Alkan, H., Yassa, K. 1975**, Türkiye Maden Suları (3), Ege Bölgesi, İ.Ü. Tıp Fakültesi Hidroklimatoloji Kürsüsü, Sermet Matbaası, 351s., İstanbul.