

Süleyman Demirel Üniversitesi İçme ve Kullanma Sularının Kalitesinin İzlenmesi

Selma DEMER^{*1}, Ümit MEMİŞ, Nevzat ÖZGÜR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi / ISPARTA
Alınış tarihi:01.01.2010, Kabul tarihi:04.05.2010

Özet: Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularının izlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada hidrojeokimyasal, izotop jeokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Süleyman Demirel Üniversitesi kampusu içme ve kullanma sularının sağlandığı 6 adet sondaj kuyusu ve bu suların toplandığı biri doğu kampusunda diğeri ise batı kampusunda olmak üzere 2 adet de su deposu bulunmaktadır. Bunlara ek olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi'nin arıtma girişi ve arıtma çıkışından olmak üzere 2 ayrı noktadan da örnek alınmıştır.

Bu çalışmada 2007-2008 yıllarında her ay periyodik olarak Süleyman Demirel Üniversitesi'ne ait içme ve kullanma sularının hidrojeokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini izlemek için örnek alımı yapılmış ve yapılan analiz sonuçları ulusal (TS-266, 2005; SKKY, 1998) ve uluslararası (EU, 1998; US-EPA, 2002; WHO, 2006) içme ve kullanma suyu kriterleri ile karşılaştırılarak suların bu standartlara uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca izotop jeokimyasal çalışmalarla bu suların köken ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süleyman Demirel Üniversitesi, Hidrojeokimya, Su Kalitesi İzleme, İzotop Jeokimyası

Monitoring of the Quality of Drinking Waters Within Süleyman Demirel University Campus and Environs

Abstract: In this study, hydrogeochemical, isotope geochemical and microbiological analyses were made to reveal quality of the drinking water of Suleyman Demirel University. There are 6 wells and 2 water warehouses which are in the eastern and western sides of the SDU campus area and used for drinking water of Suleyman Demirel University. Furthermore, samples were collected from both inlet and outlet of the water refining system of the SDU Medical Faculty.

In this study, water samples have been periodically collected between the year 2007-2008 to determine the hydrogeochemical and microbiological features of the drinking water of Suleyman Demirel University. Compared with the national (TS-266, 2005; SKKY, 1998) and international drinking water criteria (EU, 1998; US-EPA, 2002; WHO, 2006), it has been concluded that the results of the analyses are compatible with the standards. Moreover, genetic relations of these waters were investigated, using isotope geochemistry.

Keywords: Süleyman Demirel Üniversitesi, Hydrogeochemistry, Monitoring of the Water Quality, Isotope Geochemistry

Giriş

Artan nüfus, tarımsal faaliyetler, hızlanan kentleşme ve gelişen sanayileşme su kaynaklarının kirlenmesi problemini beraberinde getirmektedir. Bu durum, su kaynaklarının daha dikkatli kullanılması ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Su kaynaklarının kalitesinin izlenmesi bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Yeraltı ve yüzey sularının kalitesi (fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri) suların içme, kullanma ve sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde, kalitesinin korunmasında en önemli kriterlerdir. Su analizlerinin çeşitli alanlardaki kullanımına ilişkin çeşitli standartlar bulunmaktadır. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları kullanılmaktadır (TS 266). Bunun yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Çevre Koruma Ajansı (U.S.EPA) ve Avrupa Birliği (EU) standartları da içme suyu sınıflamasında kullanılan diğer standartlardır. Ayrıca yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıta içi su

Kaynaklarının sınıflarına göre suların kalite kriterleri belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada (i) SDÜ içme ve kullanma sularının beslenme alanının jeoloji ve hidrojeoloji haritası düzenlenmiş, (ii) beslenme alanında bulunan Süleyman Demirel Üniversitesi'ne ait içme ve kullanma sularının hidrojeokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri her ay periyodik olarak izlenmiş, (iii) bu suların ulusal (TS-266, 2005; SKKY, 1998) ve uluslararası (EU, 1998; US-EPA, 2002; WHO, 2006) içme ve kullanma suyu kriterlerine göre doğal ve yapay kirliliğin olup olmadığını belirlemek için karşılaştırmalar yapılmış ve (iv) izotop jeokimyasal çalışmalarla bu suların köken ilişkisini ortaya çıkarılmıştır.

Süleyman Demirel Üniversitesi kampusu içme ve kullanma sularının sağlandığı 6 adet sondaj kuyusu ve bu suların toplandığı biri doğu kampusunda diğeri ise batı kampusunda olmak üzere 2 adet de su deposu bulunmaktadır. Bunlara ek olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi'nin arıtma girişi ve arıtma çıkışından olmak üzere 2 ayrı yerden de örnek alınmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma alanının jeoloji ve hidrojeoloji haritası önceki çalışmalardan yararlanarak kullanılmıştır. Bu çalışmalar sonrasında belirlenen üniversite kampusu ve çevresindeki içme ve kullanma suyu kuyularından her ay düzenli olarak in-situ ölçümleri yapılarak örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında her ay düzenli olarak hidrojeokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak alınan su örneklerinde suların kökenini araştırabilmek için $\delta^{18}\text{O}$, δD ve ^3H (TU) analizleri Münih, Almanya Hidrojeoloji Enstitüsü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Elde edilen hidrojeokimyasal veriler bilgisayar programları yardımıyla diyagramlara aktarılmış ve yorumlamaları yapılmıştır.

Hidrojeokimyasal ve mikrobiyolojik analiz çalışmalarında SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan in-situ cihazları (Çizelge 1) ve hidrojeokimyasal analiz cihazları (Çizelge 2) kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri

In-situ parametresi	Ölçüm birimi	Cihazın adı ve markası
Sıcaklık	°C	Termometre-Testo-95-1
pH		pH metre-WTW 330i
Redoks potansiyeli (Eh)	mV	pH metre-WTW pH95
Elektriksel iletkenlik (EC)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Elektriksel iletkenlik ölçer-WTW cond 330i ve 340i
Çözünmüş oksijen içeriği (O_2)	mg/l	Oksimetre-WTW Oxi 340
Alkalinite	mmol/l	Alkalinite test kiti-Merck Aquamerck 11109
Asidite	mmol/l	Asidite test kiti-Merck Aquamerck 11109

Çizelge 2. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri

Analiz parametresi	Cihazın adı	Analiz metodu
Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Al^{2+}	Perkin Elmer ICP-OES 2100 DV	Optik emisyon spektrometresi
Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{2-}	Merck-Spectroquant Nova 60	Spektrofotometrik
Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-}	Dionex ICS-3000	İyon kromatografisi
HCO_3^- , CO_3^{2-}	Merck-Aquamerck test kitleri	Titrimetrik
Otoklav	Nüve OT-032	
İnkübatör	Enolab MB-80	
Toplam koliform	Vakum pompası vs.	Membran filtrasyon
Fekal koliform	Vakum pompası vs.	Membran filtrasyon
^3H	kütle spektrometresi	Sıvı sintilasyon sayımı
δD , $\delta^{18}\text{O}$	kütle spektrometresi	Sıvı sintilasyon sayımı

kapsamında alınan tüm örneklerin hidrojeokimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan cihazlar kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 2). Çalışma alanındaki suların mikrobiyolojik analizleri için membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. İzotop analizleri Berlin Teknik Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarı ve GSF-Hidroloji Enstitüsü İzotop Laboratuvarı'nda (Münih, Almanya) yapılmıştır. δD ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri kütle spektrometresi, trityum (^3H) analizleri ise

Arazide örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması belirli standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Ortamı temsil edecek doğru örneğin alınması büyük önem taşımaktadır. Hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizler için örnek alımında polipropilen örnek şişeleri kullanılmıştır. Örnek alınan şişeler en az 3 kez örnek suyu ile çalkalanmış daha sonra içinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapakları kapatılmıştır. Laboratuvar ortamına getirilinceye kadar geçen sürede katyon örneklerinin korunması amacıyla derişik HNO_3 ilave edilerek $\text{pH}<2$ olması sağlanmıştır. Mikrobiyolojik örnekler için cam örnek şişeleri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz yapılacak örnek şişelerinin steril olması gerekir. Bu nedenle örnek alınacak şişeler 121°C 'de 15 dakika otoklavda steril edilmiş ve örnek alımı sırasında bu şişenin ağzına ve kapağına kesinlikle dokunulmadan şişe doldurulmuştur. Örnek alınmadan önce, steril edilmiş şişenin ağzının açılmamasına ve hava ile temas etmemesine özen gösterilmiştir. Örnekler şişelendikten ve etikelendikten sonra $+4^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Alınan örneklerin mikrobiyolojik analizleri, laboratuvara getirildikleri anda yapılmıştır. Hidrojeokimyasal analizler ise 2-3 gün içerisinde tamamlanmıştır. Çalışma

elektrolitik zenginleşmeden sonra sıvı sintilasyon sayım yöntemiyle yapılmıştır.

Araştırma Bulguları

Jeoloji

Çalışma alanının stratigrafisinin belirlenmesinde daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır ve aynı adlandırmalar kullanılmıştır. Bölgedeki birimler otokton ve allokon olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Otokton birimler, alttan üste doğru Menteşe formasyonu, Davras kireçtaşı, Çiğdemtepe kireçtaşı, Koçtepe formasyonu, Kayıköy formasyonu,

Gölcük volkaniklerinden oluşmakta olup tüm birimleri uyumsuz olarak üstleyen yamaç molozu ve alüvyondan ibarettir. Allohton birimler ise Gökçebağ karışığı ve Akdağ kireçtaşı'dır (Gutnic vd., 1979; Yalçinkaya vd., 1986; Yalçinkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995; Şenel, 1997; Poisson vd., 2003; Demer, 2008; Şekil 1).

Menteşe formasyonu gri, grimsi siyah renkli, orta-kalın katmanlı, sık erime boşluklu, üzerinde bol megalodont kavkuları bulunduran dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin yaşı dolomitik kireçtaşları üzerinde gözlenen megaladontlara göre Noriyen-Resiyen olarak tespit edilmiştir (Dumont ve Kerey, 1975; Yalçinkaya vd., 1986).

Davras kireçtaşı birimi altta dolomitik kireçtaşları ile başlar. Bu dolomitik seri üzerine bej, krem, açık gri, açık kahve renkli, orta-kalın tabakalı sık çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu kireçtaşları gelir. Üste doğru en kalın seviyesini oluşturan orta-kalın tabakalı, açık gri, bej, krem açık kahve renklerde gözlenen kireçtaşlarına geçer. Birimin yaşı Üst-Triyas-Turoniyen olarak belirlenmiştir (Yalçinkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995).

Söbüdağ kireçtaşı üyesi sıkı dokulu, homojen bir yapıya sahip, bol çatlaklı ve çatlakları ikincil kalsit ile doldurulmuştur. Bölgede meydana gelen tektonizma koşullarından büyük ölçüde etkilenmiş olan kireçtaşları, şiddetli kırık ve kıvrımlı bir yapı kazanmıştır. Birimin yaşı, Senomaniyen-Turoniyen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992; Görmüş ve Özkul, 1995; Karaman, 2000).

Çiğdemtepe kireçtaşı, pelajik kireçtaşları ile temsil edilmektedir ve egemen olarak açık krem ile beyazımsı boz renkli plakiteli pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin yaşı Orta-Geç Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995).

Koçtepe formasyonu, konglomeratik-breşik bir taban ile başlayıp, üste doğru kırmızı, kırmızımsı pembe, şarabi renkli, ince-orta katmanlı, yer yer böbreğimsi ayrışmalı, pelajik marnlarla devam eder. Koçtepe formasyonunun yaşı Orta-Üst Paleosen-Alt Eosen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yalçinkaya, 1989; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992; Görmüş ve Özkul, 1995).

Kayıköy formasyonu, filiş karakterinde kiltası, siltaşı, kumtaşı, konglomera ardalanmasından oluşur. Egemen litolojiyi kiltası ve kumtaşı oluşturmaktadır. Fosil içeriğine göre formasyonunun yaşı Alt-Orta Lütasiyen olarak belirtilmiştir (Karaman, 1990; Görmüş ve Özkul, 1995; Yalçinkaya, 1989).

Gölcük volkanikleri, Gölcük volkanizması ile şekillenmiştir. Andezitik ve trakiandezitik karakterli lavlar, Gölcük krater gölüne izfeten Gölcük volkanikleri adını almıştır. Gölcük volkanikleri Pliyosen volkanizmasının son ürünüdürler (Yalçinkaya, 1989; Karaman, 2000). Gölcük volkaniklerinin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğu düşünülür (Görmüş ve Özkul, 1995). Özellikle Gölcük Gölü kalderası içinde bulunan Pilav Tepe trakitlerinin Ar/Ar yöntemiyle 24.000 yıla kadar varan yaşları ortaya konulmuştur (Platevoite vd., 2008). Volkanikler, (i) piroklastikler, (ii) ignimbitler

ve (iii) volkanik lavlar olarak 3 bölümde incelenmektedir.

Ova içerisinde tutturulmamış kum, çakıl, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan alüvyonun tanelerini çoğunlukla kireçtaşı, çört, tuf ve volkanikler oluşturur. Genellikle yüksek tepelerin ovaya indiği dik yamaçlar önünde gelişen birikintiler kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşmuştur.

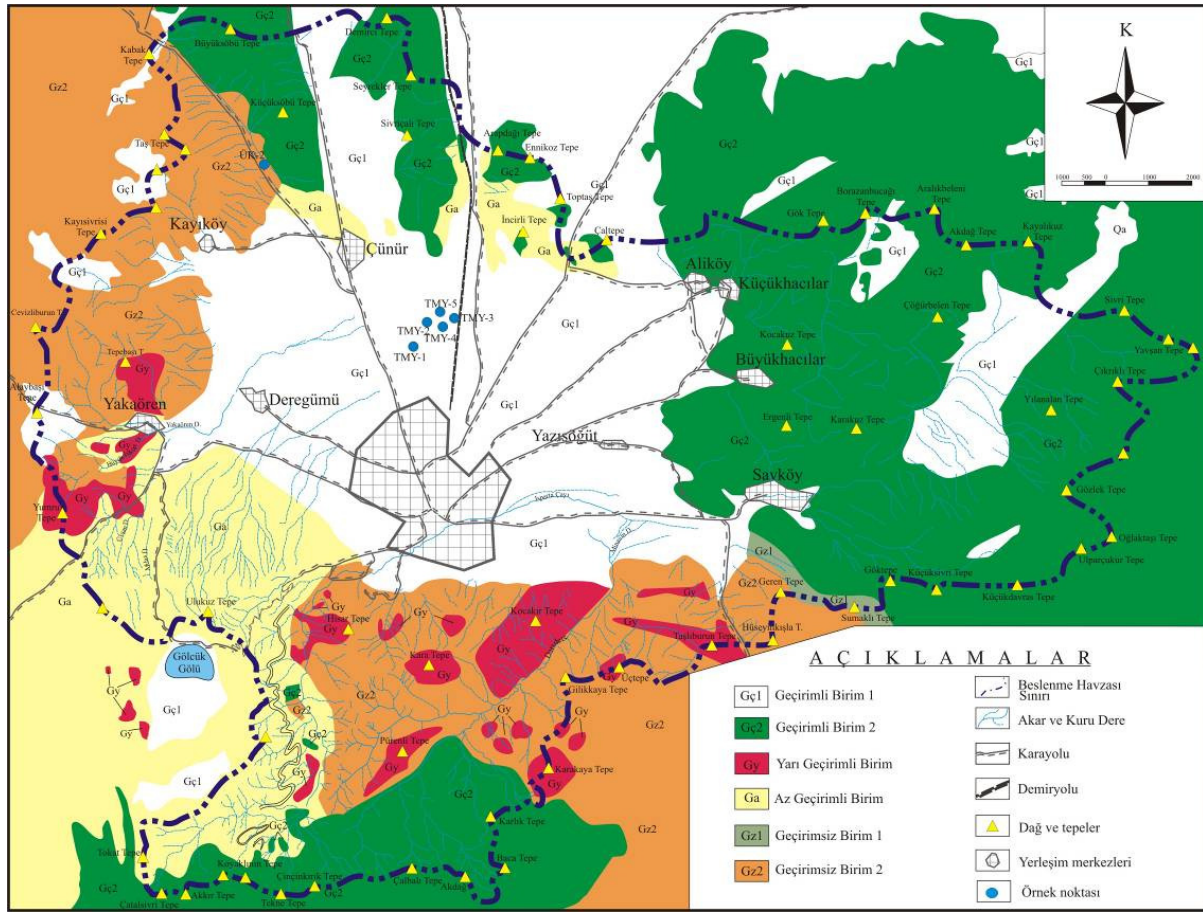
Gökçebağ karışığı, bazik-ultrabazik kayalardan oluşan, kuvvetli tektonikle karışmış ofiyolitik birimdir. Başlıca serpantin, gabro, diyabaz, çört, radyolarit ile kireçtaşı bloklarından oluşurlar. Kireçtaşı blokları ise daha sert yapılı olmaları nedeniyle aşınmayıp, bölgenin yüksek tepe ve dağlık kesimlerini oluştururlar (Yalçinkaya, 1989; Karaman, 1990). Gökçebağ karışığının fosil kapsamına göre oluşum yaşının Mesozoyik, yerleşiminin ise stratigrafik konum itibariyle Paleosen'de başlayıp Geç Miyosen'e kadar devam eden tektonik aktivite ile bu zaman aralığında gerçekleştiği düşünülür (Yalçinkaya vd., 1986; Yalçinkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995).

Akdağ kireçtaşı, kalın tabakalı masif kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Ugradıkları tektonizmaya bağlı olarak ilksel konumlarını tamamen kaybetmişlerdir. Akdağ kireçtaşlarının Likya napının bir bölümünü oluşturduğu belirtilmektedir. Birimin üzerine ise uyumsuz olarak volkanik birimler gelmektedir (Karaman, 1990; 1994; Yalçinkaya, 1989). Akdağ kireçtaşının yaşı Orta-Üst Triyas olarak belirtilmektedir (Yalçinkaya, 1989). Gutnic vd. (1979) ise bu kireçtaşlarının yaşının Triyas'a kadar inebileceği belirtmektedirler. Görmüş ve Özkul (1995) Akdağ kireçtaşlarının oluşum yaşının Geç Triyas-Geç Kretase olduğunu belirtmektedir.

Hidrojeoloji

Jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre; Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga), Geçirimsiz (Gz) olarak ayrılmış ve hidrojeoloji haritasında (Şekil 2) gösterilmiştir. Isparta Ovasında çeşitli litolojik ve sedimentolojik özelliklere sahip olan ve pomza seviyeleri içeren volkanik birimler az geçirimli (Ga) olarak sınıflandırılmıştır. Gölcük volkanizmasının ürünü olan trakiandezit ve trakit bileşimli volkanitler yarı geçirimli birim (Gy) olarak sınıflandırılmıştır. Gökçebağ karışığı Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1) olarak isimlendirilmiştir. Genel olarak filiş karakterinde gözlenen Kayıköy ve Koçtepe formasyonları Geçirimsiz Birim 2 (Gz-2) olarak sınıflandırılmıştır. Alüvyon ve yamaç molozu ise geçirimli birim olarak tanımlanmıştır (Gç1). Isparta Ovasındaki kireçtaşları ise geçirimli karstik kayalardır (Gç2). Bu hidrojeolojik birimler arasında alüvyon, volkanikler (tüfler) ve kireçtaşları bölgenin akiferleri olarak tanımlanabilir (Şekil 2; Demer, 2008).

Üniversitenin batı kampusu bölümünde yer alan su kuyusu (ÜK-2) geçirimli özelliğe sahip olan kireçtaşı birimi içerisinde bulunmaktadır. Yine üniversitenin doğu kampusunu besleyen üniversitenin 5 su kuyusu (TMY-1,2, 3,4,5) ise alüvyonun egemen olduğu ova içerisinde bulunmaktadır. Alüvyon akifer kalınlıkları 15-150 m arasında değişmektedir. Yeraltısuyu seviyesi kot olarak 1040 m ile 880 m arasında değişmektedir. Buna göre yeraltısuyu hidrolik akış yönü genelde güneybatıdan kuzeydoğuya doğru olmaktadır (Karagüzel ve Irlayıcı, 1998; Demer, 2008).



Şekil 2. Isparta ve yakın çevresinin hidrojeoloji haritası (Irlayıcı, 1993; Demer, 2008).

Üniversite kuyularının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

(1) **TMY-1:** Bu kuyu 122 m derinlikte olup 36284439 (x) ve 4186372 (y) koordinatlarında bulunmaktadır. 18 l/s debisi olan bu kuyuda yeraltı suyu seviyesi 66 m, dinamik su seviyesi 106,15 m'dir. Adı geçen kuyudan 15 l/s su üniversite deposuna pompalanmaktadır ve kuyu akiferini alüvyon oluşturmaktadır.

(2) **TMY-2:** 177 m derinliğe sahip olan bu kuyuda yeraltı suyu seviyesi 81,65 m civarında olup dinamik su seviyesi 115,20 m olarak verilmiştir. Kuyu koordinatları: 36.284721 (x) ve 41.86660 (y) olarak ölçülmüştür. 20,69 l/s debisi olan bu kuyudan 20 l/s su üniversite su deposuna pompalanmaktadır. Kuyu akiferini alüvyon oluşturmaktadır.

(3) **TMY-3:** Bu kuyu 36285359 (x) ve 4186708 koordinatlarına sahiptir. Kuyuda 80 m yeraltı suyu seviyesi ve 106 m dinamik su seviyesi bulunmaktadır ve kuyu debisi 25 l/s olarak ölçülmüştür. Kuyudan üniversite su deposuna pompalanan su miktarı 20 l/s olarak belirlenmiştir. Kuyu akiferini alüvyon oluşturmaktadır. Burada toplam kuyu derinliği 160 m'dir.

(4) **TMY-4:** Kuyu 36285093 (x) ve 4186435 (y) koordinatlarına sahiptir. Kuyuda 81,15 m yeraltı suyu seviyesi ve 111,25 m dinamik su seviyesi bulunmaktadır ve kuyu debisi 221 / s olarak

ölçülmüştür. Akiferi alüvyon olan bu kuyudan üniversite su deposuna 20 l/s su pompalanmaktadır. Burada toplam kuyu derinliği 175 m'dir.

(5) **TMY-5:** Kuyu koordinatları 36284935 (x) ve 4186990 (y) olarak ölçülmüştür. Toplam 160 m derinliğe ve 14 l/s debiye sahip olan bu kuyuda 76,90 m yeraltı suyu seviyesi ve 106,85 m dinamik su seviyesi bulunmaktadır. Bu kuyudan üniversite su deposuna yaklaşık 15 l/s su pompalanmaktadır.

(6) **ÜK-2:** Kuyu koordinatları 36283562 (x) ve 4190491 (y) olarak ölçülmüştür. Toplam 310 m derinliğe ve 5 l/s debiye sahip olan kuyuda 187 m yeraltı suyu seviyesi ve 187 m dinamik su seviyesi bulunmaktadır.

2007-2008 yılları arasında toplam on (10) lokasyonda periyodik olarak her ay in-situ ölçümleri yapılmış (Çizelge 3 ve 5), su örnekleri alınmış ve alınan su örneklerinde hidrojeokimyasal analizler (Çizelge 4 ve 6) ile mikrobiyolojik testler yapılmıştır.

İki ayrı kampustan oluşan Süleyman Demirel Üniversitesi Doğu Kampus'ta 6 adet (TMY-1, 2, 3, 4, 5 ve ÜD-8), Batı Kampus'ta 2 adet (ÜK-2 ve ÜK-3) ve SDÜ Araştırma Uygulama Hastanesinde 2 adet (ÜH-9 ve ÜH-10) olmak üzere toplam 10 lokasyonda ölçümler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Alınan örneklerde katyon (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), anyon (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-}), bazı eser element (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+}) analizleri yapılmıştır (Çizelge 4 ve 6).

a) 2007 yılı Doğu Kampusu sularının değerlendirilmesi:

SDÜ Doğu Kampusu nü besleyen 5 adet su kuyusu (TMY-1, 2, 3, 4, 5) ve 1 adet su deposuna (ÜD-8) ait ölçümler değerlendirildiğinde suların sıcaklıkları mevsimsel değişimlere bağlı olarak 10,8-15,2 °C arasında değişmektedir. Bu suların pH değerleri de 7,06-7,84 değerleri arasında olup içme suyu standartları ile uygunluk göstermektedir.

2007 yılı için Doğu Kampus suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- Na⁺ değeri doğu kampusu sularında 17,90-39,56 mg/l (ortalama 27,17 mg/l) arasında değerlere sahiptir.
- K⁺ değeri 6,71-12,50 mg/l (ortalama 8,96 mg/l) ve Mg²⁺ 5,22-10,50 mg/l (ortalama 7,31 mg/l) arasındadır.
- Ca²⁺ doğu kampusu sularında 63,65-169,70 mg/l arasında (ortalama 85,92 mg/l) konsantrasyona sahiptir.
- Fe²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Al³⁺, Zn²⁺ değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.
- Suların HCO₃⁻ konsantrasyonu 307 mg/l ortalama değer ile temsil edilmektedir.
- NO₃ 6,7-27,6 mg/l (ortalama 11,61 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.

- Cl⁻ konsantrasyonu 3,0-7,2 mg/l (ortalama 4,7 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir.
- SO₄²⁻ değerleri 30-44 mg/l arasındaki değerler ile içme suyu standartları uyumludur.
- NO₃-N (1,5-6,3 mg/l), NH₄-N (<0,05 mg/l) ve NO₂-N (<0,02 mg/l) değerleri bu suların iyi kaliteli yeraltuları olduğunu göstermektedir. Eğer artan azot değerleri mevcut ise bunun orada bulunan bitkilerin yapay gübrenlenmesinden geldiği düşünülmektedir.

b) 2007 yılı Batı Kampusu sularının değerlendirilmesi:

SDÜ Batı Kampusu nü besleyen 1 adet su kuyusu (ÜK-2) ve 1 adet su deposuna (ÜK-3) ait ölçümler değerlendirildiğinde suların sıcaklıkları mevsimsel değişimlere bağlı olarak 11,9-20,7 °C arasında değişmektedir. Bu suların pH değerleri de 7,05-7,61 değerleri arasında olup içme suyu standartları ile uygunluk göstermektedir.

2007 yılı için Batı Kampus suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- Na⁺ değeri batı kampusu sularında 4,51-10,43 mg/l (ortalama 7,64 mg/l) arasında değerlere sahiptir.
- K⁺ değeri 1,57-2,44 mg/l (ortalama 1,97 mg/l) ve Mg²⁺ 22,68-36,91 mg/l (ortalama 29,71 mg/l) arasındadır. Çalışılan sularda K⁺ ve Mg²⁺ suların kökenleri itibariyle düşüktür. Mg²⁺ değeri batı kampusu sularında, doğu kampusu sularına oranla 2-3 kat daha fazladır. Bu Mg²⁺ değeri muhtemelen kireçtaşları içindeki MgCO₃ bileşiminden gelmektedir.

Çizelge 3. 2007 yılı in-situ analiz sonuçları ortalaması

Örnek	TMY-1	TMY-2	TMY-3	TMY-4	TMY-5	ÜK-2	ÜK-3	ÜD-8	ÜH-9	ÜH-10
T (°C)	12,70	12,90	13,29	12,73	13,89	18,34	18,36	13,58	16,14	15,23
pH	7,57	7,48	7,60	7,53	7,48	7,18	7,26	7,58	7,87	7,57
Eh (mV)	165	197	212	190	227	241	236	232	222	234
EC(mS/cm)	503	540	555	547	581	642	628	553	585	553
O ₂ (mg/l)	7,97	7,75	8,02	7,91	7,95	6,09	6,65	7,83	7,84	8,01
TDS (mg/l)	352	367	379	373	396	438	440	377	400	419

Çizelge 4. 2007 yılı hidrojeokimyasal analiz sonuçları ortalaması

Örnek	TMY-1	TMY-2	TMY-3	TMY-4	TMY-5	ÜK-2	ÜK-3	ÜD-8	ÜH-9	ÜH-10
Na ⁺ (mg/l)	28,27	28,00	26,34	28,85	25,89	7,52	7,76	26,25	68,17	27,29
K ⁺ (mg/l)	9,80	9,74	9,22	8,74	7,94	1,96	1,99	8,79	7,01	8,83
Mg ²⁺ (mg/l)	6,08	6,85	7,29	6,65	8,86	29,17	30,20	7,55	5,25	7,76
Ca ²⁺ (mg/l)	72,95	90,30	89,14	80,46	90,33	100,89	105,17	87,65	59,81	90,16
Cl ⁻ (mg/l)	4,1	4,7	4,8	4,6	4,8	7,3	6,8	5,0	9,3	4,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	36,6	36,3	36,3	38,0	37,8	<5	<5	37,0	36,4	36,7
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	269,3	302,0	311,6	294,8	334,0	436,4	441,2	315,2	305,5	311,6
NO ₃ ⁻ (mg/l)	12,0	11,8	12,3	10,4	11,4	10,3	10,7	12,0	11,2	10,4
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fe ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pb ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Al ³⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NO ₃ -N (mg/l)	2,7	2,7	2,7	2,4	2,5	2,3	2,3	2,6	2,6	2,4
NO ₂ -N (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NH ₄ -N (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
%Na	26,25	23,29	22,03	24,43	20,13	4,82	4,74	21,43	47,25	21,41
SAR	0,85	0,78	0,73	0,83	0,69	0,17	0,17	0,72	2,17	0,74

Çizelge 5. 2008 yılı in-situ analiz sonuçları ortalaması

Örnek	TMY-1	TMY-2	TMY-3	TMY-4	TMY-5	ÜK-2	ÜK-3	ÜD-8	ÜH-9	ÜH-10
T (°C)	11,8	12,0	12,1	13,2	12,7	18,0	18,1	12,5	14,2	13,4
pH	7,49	7,49	7,47	7,43	7,35	7,14	7,15	7,45	7,84	7,52
Eh (mV)	216	246	241	220	247	266	292	297	233	241
EC(mS/cm)	506	537	550	550	587	651	650	546	618	545
O ₂ (mg/l)	7,22	7,03	7,45	7,35	6,66	4,78	5,02	7,16	6,83	7,09
TDS (mg/l)	356	377	385	387	412	455	457	383	435	384

Çizelge 6. 2008 yılı hidrojeokimyasal analiz sonuçları ortalaması

Örnek	TMY-1	TMY-2	TMY-3	TMY-4	TMY-5	ÜK-2	ÜK-3	ÜD-8	ÜH-9	ÜH-10
Na ⁺ (mg/l)	25,92	25,65	25,73	26,65	25,51	7,53	7,55	26,15	88,71	26,20
K ⁺ (mg/l)	10,80	11,07	10,77	9,99	9,46	2,94	3,02	10,33	8,22	10,45
Mg ²⁺ (mg/l)	5,87	6,81	7,36	6,53	8,93	33,07	31,98	7,81	4,37	7,65
Ca ²⁺ (mg/l)	72,08	80,48	83,20	77,62	88,54	102,21	99,39	84,20	48,29	82,27
Cl ⁻ (mg/l)	3,9	4,4	4,3	4,7	4,7	4,8	5,2	4,6	23,6	4,4
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	42,2	42,9	40,9	46,5	43,2	11,0	11,1	43,2	43,3	43,1
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	252,1	268,4	271,7	289,5	285,7	400,1	407,7	274,0	268,4	270,9
NO ₃ ⁻ (mg/l)	9,2	9,4	11,0	10,3	10,4	7,5	6,8	10,4	10,3	10,6
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fe ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pb ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu ²⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Al ³⁺ (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
%Na	26,25	23,29	22,03	24,43	20,13	4,82	4,74	21,43	47,25	21,41
SAR	0,85	0,78	0,73	0,83	0,69	0,17	0,17	0,72	2,17	0,74

TMY-1, TMY-2, TMY-3, TMY-4, TMY-5: Üniversite su kuyuları (Doğu kampusu); ÜK-2: Üniversite su kuyusu (Batı kampusu); ÜK-3: Üniversite depo (Batı kampusu); ÜD-8: Üniversite depo (Doğu kampusu); ÜH-9: SDÜ Araş.Uyg.Hast.arıtma çıkışı; ÜH-10: SDÜ Araş.Uyg.Hast.arıtma girişi

- (iii) Ca²⁺ batı kampusu sularında 75,80-169,10 mg/l (ortalama 103,12 mg/l) arasında konsantrasyona sahiptir.
- (iv) Fe²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Al³⁺, Zn²⁺ değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.
- (v) SDÜ batı kampusu sularında HCO₃ miktarı ortalama 439 mg/l ile temsil edilmekte olup, bu değer doğu kampus sularına oranla daha yüksek olması buradaki suların kireçtaşlarından gelmesi nedeniyledir.
- (vi) NO₃ 5,80-14,60 mg/l (ortalama 10,51 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.
- (vii) Cl⁻ konsantrasyonu 4,9-9,7 mg/l (ortalama 7,0 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir.
- (viii) SO₄²⁻ değerleri batı kampus suları için 2007 yılında kullanılan analiz yöntemine göre ölçülebilir sınır değerinin altında olarak belirlenmiştir.
- (ix) NO₃-N (1,3-3,2 mg/l), NH₄-N (<0,05 mg/l) ve NO₂-N (<0,02 mg/l) değerleri bu suların iyi kaliteli yeraltısuları olduğunu göstermektedir.

e) 2007 yılı SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi sularının değerlendirilmesi:

2007 yılında SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma girişi (ÜH-10) ve arıtma çıkışı (ÜH-9) olmak üzere iki (2) ayrı lokasyonda yapılan ölçümler değerlendirildiğinde suların pH değerleri 7,33-8,08 değerleri arasında olup içme suyu standartlarına uygundur.

SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesindeki arıtma sistemi düzenli olarak hastanedeki yetkililer tarafından çalıştırılmaktadır. Bu çalışma için kimi zaman arıtma işlemlerin yapıldığı zamana çok yakın bir dönemde, kimi zaman ise belli bir süre sonra örnek alımı yapıldığı için Na değerleri bazı dönemler oldukça yüksek değerler vermiştir.

2007 yılı için SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma girişi (ÜH-10) ve arıtma çıkışı (ÜH-9) suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- (i) Na⁺ değeri 18,6-156,6 mg/l arasında değerlere sahiptir. SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma girişinde düşük Na⁺ değerleri, arıtma sonrasında aniden 156,60 mg/l değerine kadar yükseldiği gözlenmektedir. Bu değer artışı doğrudan hastanede yapılan arıtma sistemi ile ilgilidir.
- (ii) K⁺ değeri 1,76-11,03 mg/l (ortalama 7,92 mg/l) arasındadır. Mg²⁺ miktarı ise Na⁺ değerlerinin tersine arıtma sonrasında daha düşük değerler vermektedir. Bu da Mg miktarının yapılan arıtma ile ilişkili olarak muhtemelen tutulduğunu düşündürmektedir.
- (iii) Ca²⁺ miktarı ise ortalama olarak 74,98 mg/l değeri ile temsil edilmekle birlikte SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma sistemine bağlı olarak arıtma çıkışında Na⁺ miktarının artışının tersine Ca²⁺ miktarında ortalama 30 mg/l kadar azalma görülmektedir.
- (iv) Fe²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Al³⁺, Zn²⁺ değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.

- (v) SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi sularının HCO_3^- konsantrasyonu ortalama 308 mg/l ile temsil edilmekte olup bu değer suların sağlandığı kuyuların HCO_3^- konsantrasyonları ile paraleldir.
- (vi) NO_3^- 5,80-16,2 mg/l (ortalama 10,82 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.
- (vii) Cl^- konsantrasyonu 2,6-38,0 mg/l (ortalama 7,03 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir. Cl^- değerindeki artış yine arıtma sistemi ile ilişkilidir.
- (viii) SO_4^{2-} değeri 32-41 mg/l arasında (ortalama 36,5 mg/l) ile temsil edilmekte olup standartlar ile uyumludur.
- (ix) $\text{NO}_3\text{-N}$ (1,3-3,6 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ (<0,05 mg/l) ve $\text{NO}_2\text{-N}$ (<0,02 mg/l) değerlerine sahiptir.

2008 yılında da 2007 yılında olduğu gibi Süleyman Demirel Üniversitesi kampusu içme ve kullanma sularının sağlandığı kuyulara ve suların toplandığı depolara periyodik olarak her ay gidilerek in-situ, hidrojeokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. 2008 yılı temmuz ayında SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesine “iyon kromatografı” cihazı satın alınmasıyla Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- analizleri bu cihazda yapılmaya başlanmıştır.

a) 2008 yılı Doğu kampusu sularının değerlendirilmesi:

SDÜ Doğu Kampusunu besleyen 5 adet su kuyusu (TMY-1, 2, 3, 4, 5) ve 1 adet su deposuna (ÜD-8) ait ölçümler değerlendirildiğinde suların sıcaklıkları mevsimsel değişimlere bağlı olarak 11,9-14,9 °C arasında değişmektedir. Bu suların pH değerleri de 6,89-7,78 değerleri arasında olup içme suyu standartları ile uygunluk göstermektedir.

2008 yılı için Doğu Kampus suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- (i) Na^+ değeri doğu kampusu sularında 21,99-36-52 mg/l (ortalama 25,93 mg/l) arasında değerlere sahiptir.
- (ii) K^+ değeri 8,30-13,68 mg/l (ortalama 10,40 mg/l) ve Mg^{2+} 4,80-12,89 mg/l (ortalama 7,23 mg/l) arasındadır.
- (iii) Ca^{2+} doğu kampusu sularında 60,56-148,80 mg/l arasında (ortalama 81 mg/l) ile temsil edilen değerler vermiştir.
- (iv) Fe^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.
- (v) Suların HCO_3^- konsantrasyonu 273 mg/l ortalama değer ile temsil edilmektedir.
- (vi) NO_3^- 5,94-19,40 mg/l (ortalama 10,11 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.
- (vii) Cl^- konsantrasyonu 3,1-6,4 mg/l (ortalama 4,4 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir.
- (viii) SO_4^{2-} değerleri 31,0-60,11 mg/l arasındaki değerler ile içme suyu standartları uyumludur.

b) 2008 yılı Batı Kampusu sularının değerlendirilmesi:

SDÜ Batı Kampusunu besleyen 1 adet su kuyusu (ÜK-2) ve 1 adet su deposuna (ÜK-3) ait ölçümler değerlendirildiğinde suların sıcaklıkları mevsimsel değişimlere bağlı olarak 14,9-21,1 °C arasında değişmektedir. Bu suların pH değerleri de 6,98-7,28 değerleri arasında olup içme suyu standartları ile uygunluk göstermektedir.

2008 yılı için Batı Kampus suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- (i) Na^+ değeri batı kampusu sularında 5,94-10,54 mg/l (ortalama 7,54 mg/l) arasında değerlere sahiptir.
- (ii) K^+ değeri 1,97-4,74 mg/l (ortalama 2,98 mg/l) ve Mg^{2+} 26,53-55,90 mg/l (ortalama 32,53 mg/l) arasındadır.
- (iii) Ca^{2+} batı kampusu sularında 79,55-185,40 mg/l (ortalama 100,80 mg/l) arasında konsantrasyona sahiptir.
- (iv) Fe^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.
- (v) SDÜ batı kampus sularında HCO_3^- miktarı ortalama 404 mg/l ile temsil edilmekte olup, yine bu değer doğu kampus sularına oranla daha yüksek olması buradaki suların kireçtaşlarından gelmesi nedeniyle.
- (vi) NO_3^- 3,24-17,50 mg/l (ortalama 7,16 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.
- (vii) Cl^- konsantrasyonu 1,02-6,50 mg/l (ortalama 4,97 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir.
- (viii) SO_4^{2-} değerleri ortalama 11,07 mg/l ile standartlar ile uyumludur.

c) 2008 yılı SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi sularının değerlendirilmesi:

2008 yılında da SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma girişi (ÜH-10) ve arıtma çıkışı (ÜH-9) olmak üzere iki (2) ayrı lokasyonda yapılan ölçümler değerlendirildiğinde suların pH değerleri 6,98-8,08 değerleri arasında olup içme suyu standartlarına uygundur.

2008 yılı için SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma girişi (ÜH-10) ve arıtma çıkışı (ÜH-9) suları için yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- (i) Na^+ değeri 22,86-165,80 mg/l arasında değerlere sahiptir. Yine yüksek Na^+ değerleri hastanedeki arıtma sistemi ile ilgilidir.
- (ii) K^+ değeri 4,29-13,41 mg/l (ortalama 9,33 mg/l) arasındadır. Ortalama olarak 6 mg/l civarında olan Mg^{2+} miktarı ise Na^+ değerlerinin tersine arıtma sonrasında daha düşük değerler vermektedir. Yine bu durum da daha öncede değinildiği gibi arıtma sistemi ile ilgili olarak azaldığı gözlenmiştir.
- (iii) Ca^{2+} miktarı ise ortalama olarak 65,28 mg/l değeri ile temsil edilmekle birlikte yine SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma sisteminin faal olduğu dönemlerde arıtma çıkışında Na^+ miktarının artışının tersine Ca^{2+} miktarında azalma görülmektedir.
- (iv) Fe^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} değerleri ölçülebilir sınır değerinin altında olup (<0,01 mg/l) içme suyu standart değerleri ile uyumludur.

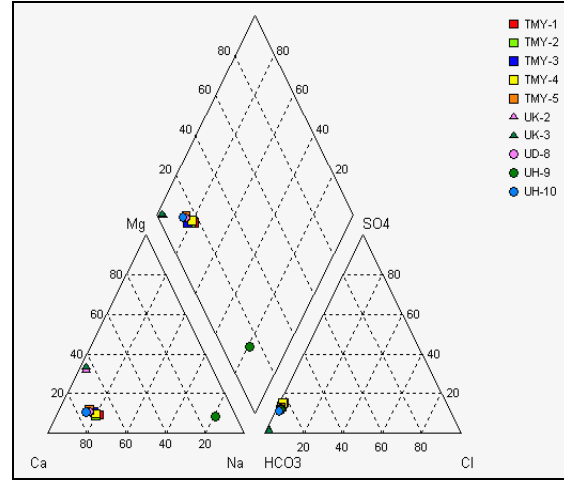
- (v) SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi sularının HCO_3^- konsantrasyonu ortalama 270 mg/l ile temsil edilmekte olup bu değer suların sağlandığı kuyuların HCO_3^- konsantrasyonları ile paraleldir.
- (vi) NO_3^- 7,33-16,20 mg/l (ortalama 10,44 mg/l) arasındaki değerler ile ulusal ve uluslararası standartların sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.
- (vii) Cl^- konsantrasyonu 3,5-63,4 mg/l (ortalama 14 mg/l) standartlar ile uyum göstermektedir. Cl^- değerindeki artış yine arıtma sistemi ile ilişkilidir.
- (viii) SO_4^{2-} değerleri ortalama 43 mg/l değeri ile temsil edilmektedir. Bu değer ile ulusal ve uluslararası standartlar ile uyumludur.

Çalışma alanındaki tüm sulara toprak alkali elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyüktür ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$). Aynı şekilde bölgedeki suların zayıf asit kökleri toplamı, güçlü asit kökleri toplamından da fazladır ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$). SDÜ batı kampusu suları genel olarak Ca-Mg- HCO_3 tipli sular, doğu kampusu suları ise Ca- HCO_3 tipli sular olarak ortaya çıkmaktadır. SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesinde arıtmadan dolayı sular Na- HCO_3 ve Na-Ca- HCO_3 tipi sular olarak belirlenmiştir (Şekil 3-4). Tüm suların hidrojeokimyasal analiz sonuçları Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramında değerlendirildiğinde "iyi-çok iyi kaliteli sular" olarak sınıflandırılabilir (Şekil 5-6).

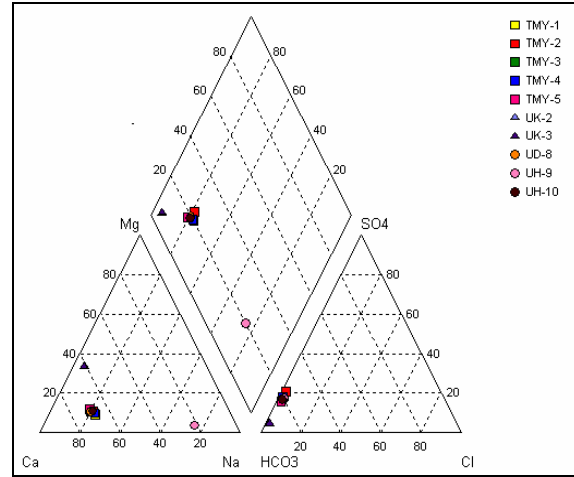
Suların sulamada kullanılabilme özellikleri belirlenmesinde özellikle Na^+ miktarı önemli bir faktördür. Sulama sularındaki sodyumun fazlalığı toprak yüzeyinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engeller. Sodyumca doymuş olan topraklarda yetişen bitkilerin gelişmesi yavaş olur. Bu nedenle sulama sularında sodyum miktarı önemlidir. Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yapılan ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kullanılmaktadır. 2007-2008 yılları için yapılan aylık ölçümlerine göre hazırlanan ABD tuzluluk diyagramına göre tüm sular C2S1 sınıfına girmektedir (Şekil 7-8). Buna göre sular orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilen C2-S1 sınıfına girmektedir.

SDÜ içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik analizleri (fekal ve toplam koliform) membran filtrasyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu sular mikrobiyolojik yönden "iyi kaliteli yeraltıları" olarak sınıflandırılabilir.

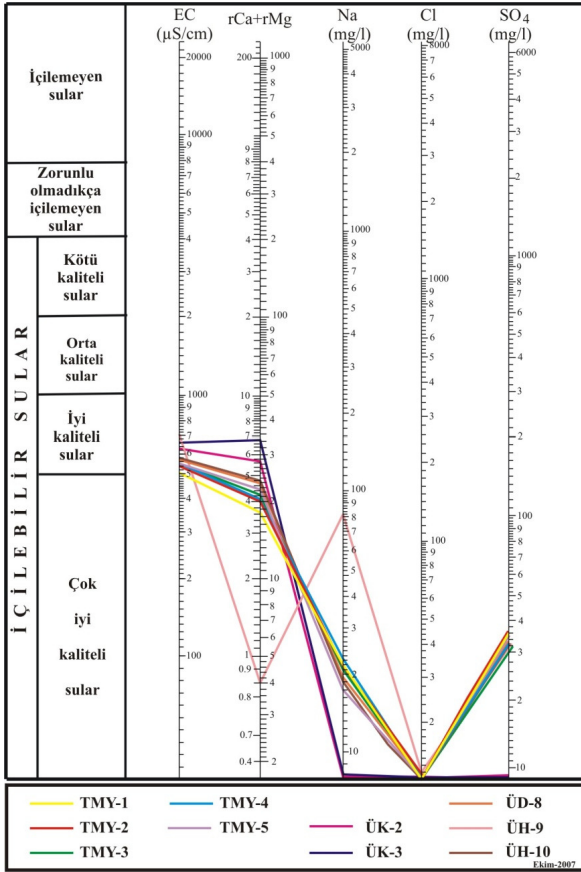
Üniversite su kuyularının kökenini araştırabilmek için Münih (Almanya) Hidroloji Enstitüsü Laboratuvarlarında $\delta^{18}\text{O}$, δD ve ^3H analizleri yapılmıştır (Çizelge 5). 6 adet su kuyusunun $\delta^{18}\text{O}$, δD izotop analiz sonuçlarına göre sular kıtasal meteorik su çizgisi (Craig, 1961) ile çakışmaktadır (Şekil 9). Bu çizgi buharlaşma etkisi altında olmayan atmosferik suları temsil etmektedir. Dolayısıyla bu değerler, bölgedeki suların meteorik kökenli olduğunu gösterir.



Şekil 3. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin Piper diyagramında sınıflandırılması (2007 yılına temsilen)



Şekil 4. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin Piper diyagramında sınıflandırılması (2008 yılına temsilen)



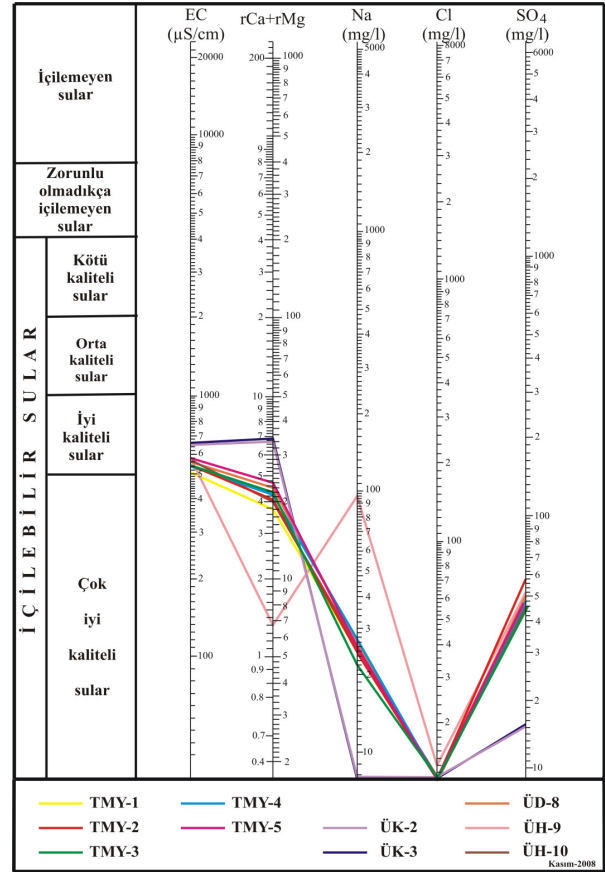
Şekil 5. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin Scholler diyagramında sınıflandırılması (2007 yılı temsil)

Bölgedeki suların sıfıra yakın olan ³H verileri, bu suların en az 50 yıllık bir yeraltı geçiş süresine sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 5).

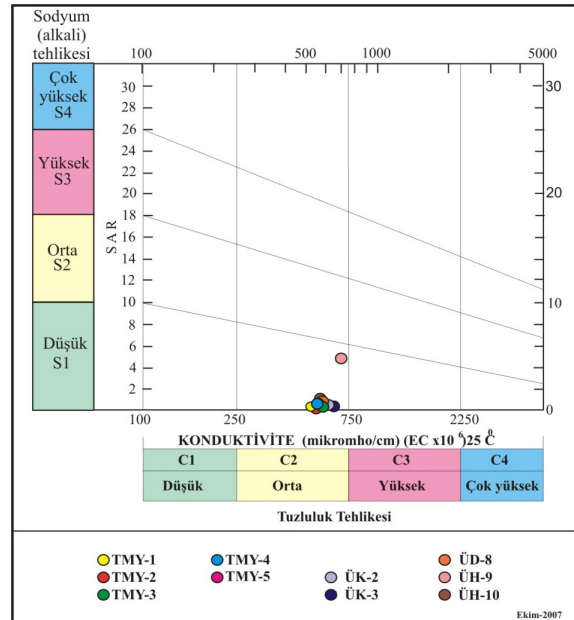
Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında SDU içme ve kullanma suları ulusal (TS-266, 2005; SKKY, 1998) ve uluslararası (EU, 1998; US-EPA, 2002; WHO, 2006) içme ve kullanma suyu standartları ile karşılaştırıldığında iyi kaliteli sular olarak ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin izotop analiz sonuçları

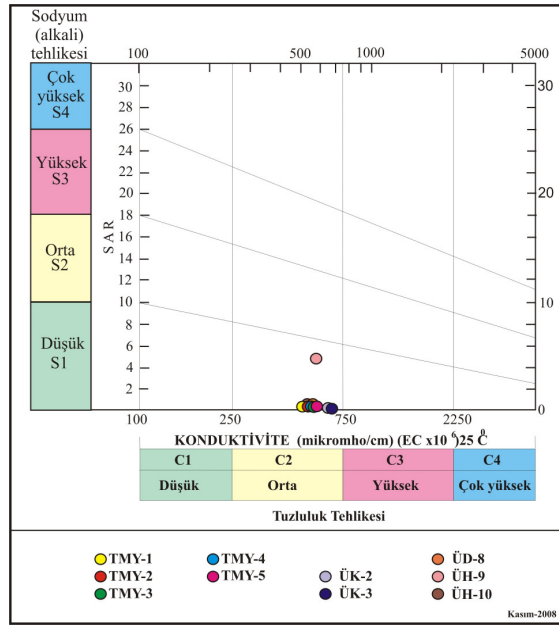
Sıra no	Örnek no	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)	³ H (TU)
1	TMY-1	-8,13	-52,8	<0,9
2	TMY-2	-8,13	-52,8	<0,9
3	TMY-3	-8,22	-53,6	<0,9
4	TMY-4	-8,12	-52,1	<0,9
5	TMY-5	-8,28	-53,2	<1,2
6	ÜK-2	-8,93	-58,0	0,9



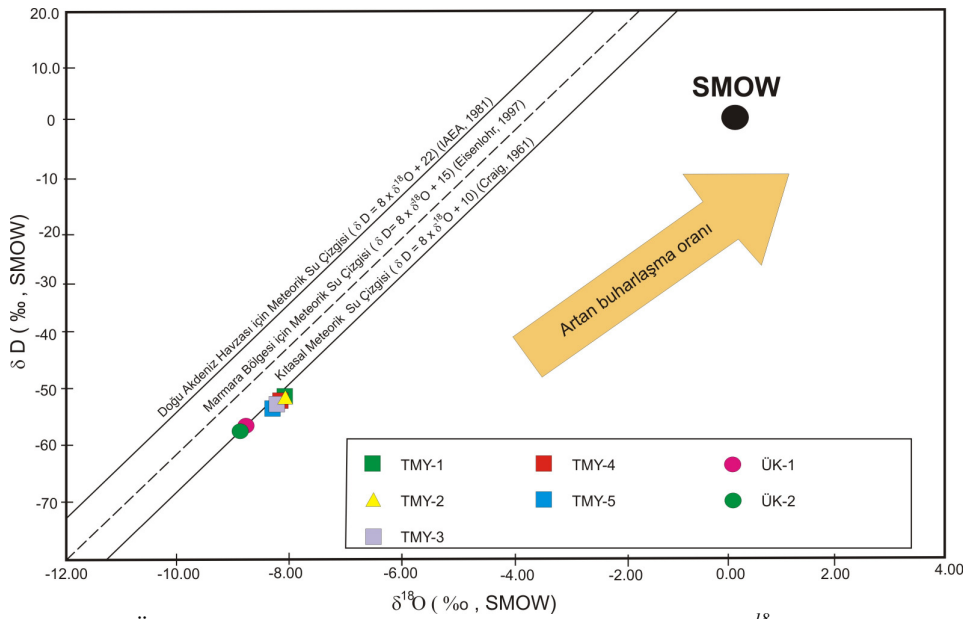
Şekil 6. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin Scholler diyagramında sınıflandırılması (2008 yılı temsil)



Şekil 7. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki konumu (2007 yılı temsil)



Şekil 8. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki konumu (2008 yılını temsilen)



Şekil 9. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularından alınan örneklerin δ¹⁸O-δD ilişkisini gösteren diyagram.

Tartışma ve Sonuçlar

Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularının beslenme alanının jeolojisi, hidrojeolojisi, ve bu suların hidrojeokimyası, izotop jeokimyası ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir.

SDÜ içme ve kullanma sularının in-situ parametreleri ulusal ve uluslararası içme ve kullanma suyu standartları ile uyumludur. Hidrojeokimyasal analiz sonuçlarına göre çalışılan sularda K⁺ ve Mg²⁺ suların kökenleri itibarıyla düşüktür. Mg²⁺ değeri batı kampusu sularında doğu kampusu sularına oranla 2-3 kat daha fazladır. Bu Mg²⁺ değeri kireçtaşları içindeki MgCO₃ bileşiminden gelmektedir. SDÜ içme ve kullanma

sularının Na⁺ miktarı standart değerler ile uyumlu olmasının yanında SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma sistemi nedeniyle ani şekilde artışı dikkat çekmektedir. Sulardaki Ca²⁺ miktarı ise Na⁺ miktarının artışının tersine SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesi arıtma sistemi ile ilişkili olarak Ca²⁺ miktarında azalma görülmektedir. Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Fe²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Al³⁺, Zn²⁺ değerleri normal içme suyu standart değerleri ile uyum göstermektedir. Azot bileşikleri yeraltısularında çok rastlanan kirleticilerdendir. Yapılan analiz sonuçlarına göre NO₃⁻-N, NH₄⁺-N ve NO₂⁻-N değerleri bu suların iyi kaliteli yeraltısuları olduğunu göstermektedir. Eğer artan azot değerleri mevcut ise bu durum antropojen kökenli kirleticilerin etkisinde olduğunu gösterir.

Çalışma alanı doğu kampusu suları genel olarak Ca-HCO₃ tipli sular olarak ortaya çıkmaktadır. Batı kampusu suları ise Ca-Mg-HCO₃ suları olarak sınıflandırılabilir. SDÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesinde arıtmadan dolayı bu sular Na-HCO₃ ve Na-Ca-HCO₃ tipi sular olarak ortaya çıkmaktadır.

Suların SAR ve EC değerleri kullanılarak suların sulamaya uygunluğu belirlenmiştir. Buna göre sular orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilen C2-S1 sınıfına girmektedir.

Üniversite su kuyularının kökenini araştırabilmek $\delta^{18}\text{O}$, δD ve ^3H izotop analizleri yapılmıştır. $\delta^{18}\text{O}$, δD izotop analiz sonuçlarına göre sular kıtasal meteorik su çizgisi ile çakışmaktadır. Bu da suların meteorik kökenli olduğuna işaret etmektedir. Bölgedeki suların sifıra yakın olan ^3H verileri, bu suların en az 50 yıllık bir yeraltı geçiş süresine sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan tüm çalışmalar ışığında Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma sularının sağlandığı sondaj kuyularından 2007 ve 2008 yılları boyunca periyodik olarak her ay alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına göre SDU içme ve kullanma suları ulusal (TS-266, 2005; SKKY, 1998) ve uluslararası (EU, 1998; US-EPA, 2002; WHO, 2006) içme ve kullanma suyu standartları ile karşılaştırıldığında iyi kaliteli sular olarak ortaya çıkmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen projelerin (proje no: 1473-M-07 ve 1610-M-08) bir ürünüdür. Yazarlar, maddi desteklerinden dolayı, SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Craig, H.1961. Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, 133, 1702-1703.
- Demer, S. 2008. Isparta ve Yakın Çevresi Yeraltısularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi, SDU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (yayınlanmamış), 171 s., Isparta.
- Dumont, J. F., Kerey E. 1975. Eğirdir Gölü Güneyinin Temel Jeolojik Etüdü. TJK Bülteni, 18 (2), 169-174, Ankara.
- Eisenlohr, T., 1997. the Thermal Springs of the Armutlu Peninsula (NW Turkey) and Their Relationship to Geology and Tectonics. Active Tectonics of Northwestern Anatolia-the Marmara Poly Project. In: Schindler, C. and Pfister, M. (eds) vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich, 197-228.

- EU, 1998. European Union (EU) Drinking Water Standards.
- Görmüş, M., Karaman, M. E. 1992. Facies Changes and New Stratigraphical-Paleontological Data in the Cretaceous-Tertiary Boundary Around Söbüdağ (Çünür-Isparta). Geosound, Ç. Üniv. 21, 43-47, Adana.
- Görmüş, M. ve Özkul, M. 1995. Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. SDÜ Fen Bil. Ens. Derg., 1, 43-64, Isparta.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., Dumont, J. F. 1979. Geologie des Taurides Occidentales (Turquie). Mem. Soc. Geol. France, 137, 112 pp., Paris.
- IAEA, 1981. Stable Isotope Hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in Water Cycle. J.R. Gat, R. Gonfiantini (eds.), International Atomic Energy Agency, Vienna, Technical Reports, no: 210, 1-339.
- Irlayıcı, A. 1993. Isparta Ovası Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suları ile İlgili Çevre Sorunları. SDU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s. (yayınlanmamış) Isparta.
- Karagüzel, R. ve Irlayıcı, A., 1998. Groundwater Pollution in Isparta Plain - Turkey, Environmental Geology and Water Sciences, Springer Verlag, 34/4, 303-308, Berlin.
- Karaman, M. E. 1990. Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri. TJK Bülteni, 33, 57-67, Ankara.
- Karaman, M. E. 2000. Tectono-Stratigraphic Outline of the Burdur-Isparta Area (Western Taurides, Turkey). Türkiye Jeoloji Bülteni, 43, 2, 71-81, Ankara.
- Karaman, M. E., Meriç, E., Tansel, İ. 1988. Çünür (Isparta) dolaylarında Kretase-Tersiyer geçişi. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 4, 80-100, Isparta.
- Platevoite, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Poisson, A., Elitok, Ö., Özgür, N., Yağmurlu, F. ve Yılmaz, K., 2008. Pleistocene Eruptive Chronology of the Gölcük volcano, Isparta Angle, Turkey. Quaternaire, 19, 147-156.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M. 2003. New Insights On the Tectonic Setting and Evolution Around the Apex of the Isparta Angle (SW Turkey): Geol. J. 38: 257-282.
- SKKY, 1998. Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Şenel, M. 1997. 1:250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta paftası. MTA yayınları No:4, 47 s., Ankara.
- TS-266, 2005. Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- US-EPA, 2002. U.S. EPA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater American Publish Health Assoc.
- WHO, 2006. World Health Organization (WHO), Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information: WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335 p.
- Yalçinkaya, S. 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) Dolaylarının Jeolojisi. İ. Üniv. Fen Bilimleri Ens., Doktora tezi (yayınlanmamış), 176s., İstanbul.
- Yalçinkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Taner, K. Ve Dalkılıç, H. 1986. Batı Torosların Jeolojisi; Isparta Projesi Raporu. MTA Genel Müdürlüğü Raporları (yayınlanmamış), Ankara.
- Yıldız, A. ve Toker, V. 1991. Çünür Köyü Yöresindeki (Isparta kuzeyi) Üst Kretase-Eosen Yaşlı Birimlerin Planktik Foraminiferler ile Biyostratigrafik İncelemesi. TJK Bülteni, 34 (2), 43-58, Ankara.