



Menteş Havzası Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri (Yahyalı- Kayseri)

*Hydrogeochemical Characteristics of Groundwater in Mentesh Watershed
(Yahyalı- Kayseri-Turkey)*

Muhterem DEMİROĞLU¹ ve Yüksel ÖRGÜN²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazaga Kampüsü, 34469 İstanbul
(e-posta: demiroglum@itu.edu.tr)*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazaga Kampüsü, 34469 İstanbul*

ÖZ

Çalışmada Mentesh havzası içinde yer alan demir yataklarının yeraltısularına etkisi araştırılmıştır. Seyhan nehri ana havzasında yer alan Mentesh havzasında yıllık ortalama yağış 460 mm, havza alanı ise yaklaşık 43 km² dir. Çalışma alanında tanımlanmış başlıca birimler Prekambriyen yaşlı metakirintililer, Alt Kambriyen yaşlı kuvarsitler, Orta Kambriyen yaşlı rekristalize kireçtaşları, Ordovisyen yaşlı metakirintililer, Miyosen konglomeralar ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. Rekristalize kireçtaşı ve dolomitler çalışma alanındaki ana akiferler olarak belirlenmiştir. Seçilen 15 adet su noktasında yağışlı ve kurak dönemde su örnekleri alınarak anyon, katyon ve iz elementler açısından içerikleri belirlenmiştir. Suların sıcaklık (T), pH, EC değerleri yerinde ölçülmüştür. Her iki dönem için suların sıcaklık değerlerinin 7 - 19°C arasında, pH değerlerinin 7,26 – 8,7 arasında ve EC değerlerinin 47,3 µS/cm – 642 µS/cm arasında değiştiği ortaya konmuştur. Piper diyagramında karbonat sertliği %50’den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO₃ tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular, rCa > rMg > rNa > rK ve rHCO₃ > rSO₄ > rCl şeklinde bir katyon-anyon trendi sergilemiş olup, bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir. Oksijen-18 (δ¹⁸O) (‰-10,93 – ‰-8,27) ve Döteryum (δ²H) (‰-64,18 -‰-54,58) değerleri suların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Örneklerin ana anyon, ana katyon ve yerinde ölçülen T, pH, EC değerleri içme suyu standartlarında (TS266 ve WHO) verilen limit değerlerin altında kalmıştır. İz element analizleri kapsamında 66 parametre ICP-MS yöntemiyle incelenmiş olup, Hg, Cd, Th ve Ag gibi toksik etkisi yüksek elementlerin de içinde olduğu 30 dan fazla element dedeksiyon limitleri altında kalmıştır. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se ve diğer elementlerin değerleri ise içme suyu standartlarına (TS266 ve WHO) göre ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Elde edilen tüm sonuçlar göstermiştir ki, Mentesh havzasında yer alan demir maden sahaları ve yakın çevresindeki yeraltısuları, incelenen inorganik parametreler açısından TS266 içme suyu standartlarına uygundur.

Anahtar Kelimeler: Demir yatağı, Mentesh havzası, Yahyalı, Yeraltısuyu, Su kalitesi

ABSTRACT

In this study, the effect of the iron deposits, located in Menteş watershed on the ground waters was investigated. The study area is located in the Seyhan river main basin. The Menteş watershed covers an area of 43 km² with an annual average precipitation of 460 mm/year. The study area comprises Precambrian metaclastics, Lower Cambrian quartzite, Middle Cambrian recrystallized limestone, Ordovician metaclastics, Miocene conglomerate and recent alluvium. Recrystallized limestones are main aquifers within the studied area. To determine aquifer parameters totally 15 groundwater samples were taken from springs and wells in dry and wet seasons, T, pH and EC values were measured in-situ and the major anion - cation and trace element analysis were done. Temperature of the waters ranged from 7 °C and 19 °C; pH values ranged from 7,26 and 8,7; EC values ranged from 47,3 µS/cm and 642 µS/cm. The cation and anion sequencing of the water samples are mostly in rCa > rMg > rNa > rK and rHCO₃ > rSO₄ > rCl form, respectively and this sequencing indicate that the groundwater are predominantly located within the limestone and dolomite. δ¹⁸O (‰-10,93 - ‰-8,27) and δ²H (‰-64,18 - ‰-54,58) values show that waters are meteoric origin. The major anion and cation values of the water samples are below the drinking water limit values (TS 266 and WHO). Trace element analysis covering 66 parameters were analyzed by ICP-MS method and more than 30 elements including Hg, Cd, Th and Ag stayed in below detection limits. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se and other elements' values are low enough to be ignored. The examined inorganic parameters showed that ground waters located in Menteş watershed iron mine fields and its close vicinity have drinking water quality.

Key words: Groundwater, Hydrogeochemistry, Iron bed, Menteş basin, Water quality, Yahyalı

GİRİŞ

Menteş deresi tarafından drene edilen Menteş havzasının büyük bir kısmı Yahyalı ilçesinde (Kayseri), güneyde dar bir alan ise Feke ilçesinde (Adana) yer almaktadır (Şekil 1). Menteş havzasının da içinde yer aldığı bu bölgenin özelliği ülkemizin önemli demir yataklarının burada bulunmasıdır. Bölge bu özelliği nedeniyle uzun yıllardır araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Bölgeye ait tespit edilen ilk çalışma Lucias'a (1927) aittir ve çalışmada Zamantı Suyu ile Göksu arasında yer alan Faraşa demir madeni zuhurunun jeolojik özellikleri ele alınmıştır. Bölgede daha sonra yapılan çalışmalarda da ağırlıklı olarak bölgenin değişik yerlerinde tanımlanmış olan demir cevherleşmeleri ile ilgili prospeksiyon

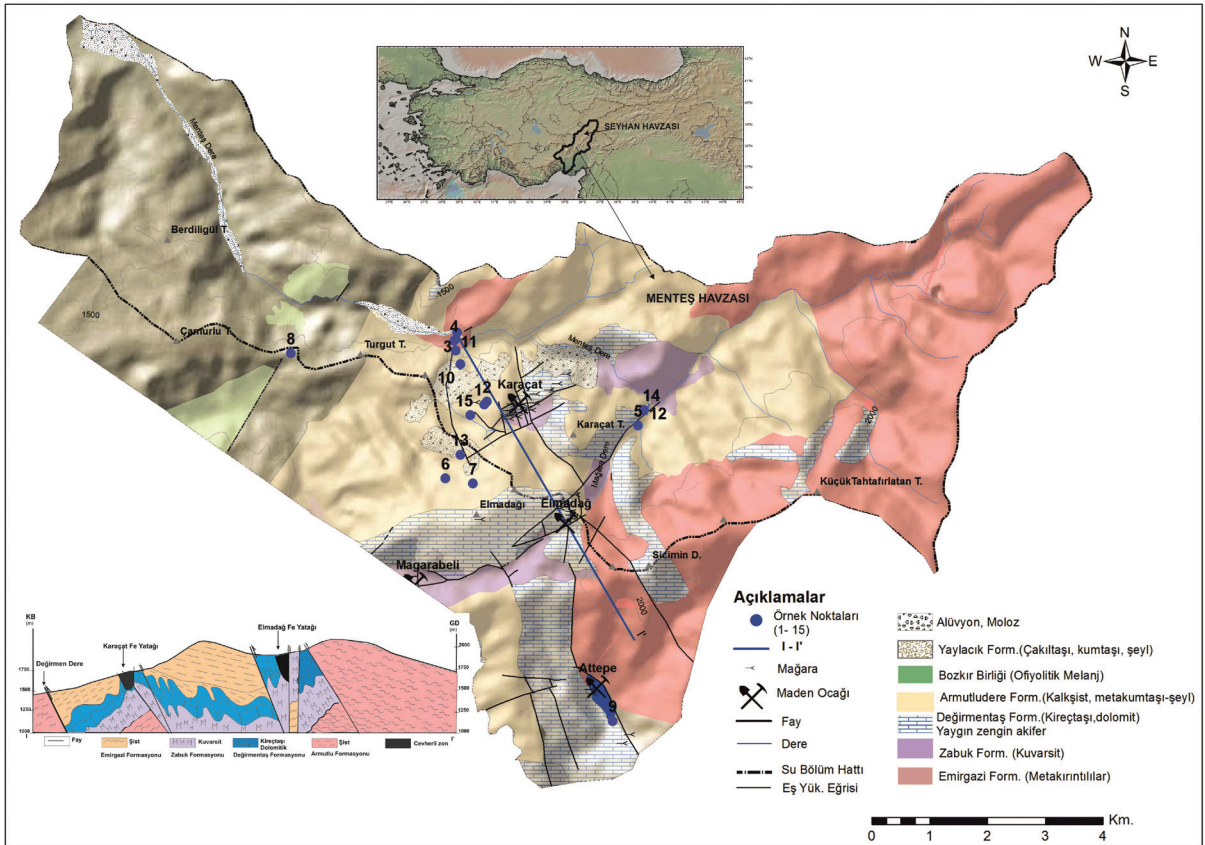
çalışmaları, demir yatakların bulunduğu bölgelerin jeolojisi, stratigrafisi, mineralojisi ve cevherleşmenin kökeni gibi konular araştırılmıştır (Arda vd., 2008; Arıkan, 1968; Bedii ve Usta, 2006; Blumenthall,1941; Dağlıoğlu vd.,1998; Dağlıoğlu ve Arda, 2000; Dayan ve diğ., 2008; Demirtaşlı, 1967; Gürkan,1966; Henden, 1974; Henden ve Önder,1980; Küpeli, 1991 ve 1998; Özgül ve Kozlu, 2002; Şahin ve Bakırdağ, 1985; Tekeli, 1980; Tiringa, 2009; Tiringa vd., 2009 ve 2011; Ünlü, 2003). Bölgede yapılan çalışmaların kapsamlı referans listesi Tringa (2009) ve Eken (2012)'de verilmiştir.

Yaklaşık 60 yıldır demir cevheri üretimi yapılan havzada, havzanın hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini

tanımlamaya yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Özyurt ve Bayarı (1999) tarafından gerçekleştirilen “Aladağ (Yahyalı-Kayseri) akiferinde fiziksel, kimyasal ve izotopik parametreler ile kloroflorokarbon yaşları arasındaki ilişkiler” başlıklı çalışma, Yıldız (2007)’e ait Kayseri- Sultansazlığı sulak alanında yeraltı ve yerüstü suları ilişkisinin belirlenmesi başlıklı doktora çalışması, Pelen vd., 2008 tarafından gerçekleştirilen Zamantı regülatörü ve derivasyon (gıcık) tüneli yeraltısuyu durumu ve izotop hidrolojisi, bölgede yeraltularına ait tespit edilen çalışmalardır. Günümüzde hem yüzey hem

de yeraltı madenciliği ile demir cevheri üretimi yapılan bölgede, yeraltısuyu içmesuyu olarak kullanılmaktadır.

Alp orojenik kuşağı içinde yer alması nedeniyle tektonik hareketlerden ileri derecede etkilenen bölge son derece engebeli bir morfolojiye sahiptir. Akarsu yönünden zengin olan bölgede aynı zamanda yüksek debili birçok kaynak da mevcuttur. Stratigrafisi Prekambriyen meta-kırıntılılarla başlayıp, Miyosen konglomeralar ve güncel alüvyonlarla devam eden Mentş havzasında rekristalize kireçtaşı ve dolomitler ana akiferleri oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı'nın jeolojisi ve su örneklerinin lokasyonları.
Figure 1. Geology of the study area and locations of the water samples

Madencilikle ilgili önemli çevre problemlerinden biri değişen miktarlarda sülfid minerali (özellikle pirit, pirotin ve markazit) içeren maden atıklarının çevreye dağılması sonucu meydana gelen yüzey ve yeraltısuyu kirliliğidir. Bu mineraller içinde doğada en fazla ve en yaygın bulunması nedeniyle pirit mineralinin varlığı özellikle önemlidir. Atmosfere açık hale gelen ortamlarda, pirit mineralinin oksijen ve su ile oksidasyonu genellikle son derece düşük pH-yüksek $SO_4^{=}$ 'lı sularla sonlanır ve Fe, Al and Mn gibi metaller ve As, Cd, Cr, F, Hg, Pb, Ni, ve Se gibi potansiyel toksik iz elementler yüksek konsantrasyonlarda serbest bırakılır (Equeenuddin et al., 2010; Kim and Chon, 2001; Shim et al., 2015). Bu olay Asit Maden Drenajı (AMD) olarak adlandırılır ve bölgedeki yüzey ve yeraltısuyu kaynaklarının miktarını, kalitesini, potansiyel kullanımını ve ilişkili ekosistemi etkiler (US Environmental Protection Agency 2002).

Menteş havzasının içinde kaldığı bölge, Akdeniz iklimi ile karasal iklimin arasında "Geçiş İklimi" özelliği gösteren bir iklim tipine sahiptir. Yarı karasal iklim şartları görülen sahada yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Yağış kışları çoğunlukla kar şeklindedir. Akdeniz iklimi etkisiyle kış soğukları nispeten hafiflemiştir. Özellikle yüksek kotlarda yağışların kar şeklinde olması karstik akiferlerin beslenmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada Mentş havzasındaki demir yataklarının ve madencilik faaliyetlerinin yeraltısularına etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, karmaşık jeolojik yapısına bağlı olarak beslenme, depolanma ve akım rejiminde heterojen ve karmaşık sınır koşullarına sahip Mentş havzasının hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen su kalitesi parametreleri standartlarla

karşılaştırılmış ve bölge sularının içilebilirlik ve kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

JEOLJİ

Çalışma alanında hâkim litoloji şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalardan oluşan Geyikdağı birliğinin Prekambriyen-Ordovisiyen dönemini temsil eden Emirgazi, Zabuk, Değirmentaş ve Armutludere formasyonlarıdır (Tringa, 2009) (Şekil 1). Bunlar içinde en yaşlısı sahada temeli oluşturan Emirgazi formasyonudur. Yer yer kloritleşmiş, serisitleşmiş meta kırıntılılardan oluşan Prekambriyen yaşlı Formasyon, volkanik, rekristalize kireçtaşı ve dolomit ara katkı, bant ve mercekleri içerir. Emirgazi formasyonu Alt Kambriyen yaşlı Zabuk formasyonuna ait kuvarsitler tarafından açılı bir uyumsuzlukla üstlenir. Kuvarsitlerin üzerine uyumlu olarak gelen Orta Kambriyen yaşlı Değirmentaş formasyonu killi seviye ile başlar, üste doğru dolomit-dolomitik kireçtaşlarıyla devam eder; rekristalize kireçtaşlarıyla sona erer. Mentş havzası ve yakın çevresinde ana akiferleri oluşturan Değirmentaş formasyonunun ortalama kalınlığı 150 metre olarak belirlenmiştir (Özgül ve Kozlu, 2002), ancak inceleme alanında yapılan Kçt 162 no'lu sondajla 349 m rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı kesilmiş ve taban görülmeden sondaj, dolomitik kireçtaşlarının içinde sonlandırılmıştır.

Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Armutludere formasyonu tabanı uyumlu olarak Değirmentaş formasyonuna ait yumrulu kireçtaşı ara katkılı kalkşist mercekleriyle (40-50m) başlayıp, metaşeyl, killi şistler, metasilttaşı, bitümlü şist seviyelerinin ardalanmasıyla devam eder (Tringa, 2009). Kıvrımlı yapıların yoğun olarak gözlendiği Formasyonun kalınlığı 1500 m.

olarak belirtilmiş (Özgül ve Kozlu, 2002) ancak inceleme alanındaki kuyularda kesilen maksimum kalınlık 498 metredir. Elmadağ'ın kuzey batısında açılan 498 metre derinliğindeki temel sondajın tamamında Ordovisiyen şistleri kesilmiştir.

Çalışma alanının güney batısında yüzeyleyen melanaj niteliğindeki Bozkır birliği asidik tüf ve bazik ultrabazik kayaçlardan oluşur. Kendi içinde tektonik dilimlere ayrılmış birim, Miyosen yaşta karasal çökellerle örtülüdür (Özgül, 1976). Çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, tüf blok ve çakılları içeren konglomera ve marn ardalanmasından oluşan Miyosen yaşlı seri tüm birimlerin üzerinde açılmal uyumsuzlukla yer alır. Çalışma sahasında en genç birim akarsu çevrelerinde gelişen alüvyonlar ve maden atıklarından oluşan molozlardır.

Bölgede karbonatlı birimler tektonik hareketlerin etkisiyle bol miktarda kırık ve çatlaklı bir yapı sunar. Kalkışistler gerek ornatılmaya uygun kimyasal bileşimleri, gerekse cevherli çözeltilerin hareketlerini kolaylaştıran bu süresizlik düzlemleri nedeniyle, bölgedeki demir cevher yerleşimi açısından birinci derecede etkili olmuştur. İnceleme alanında Değirmentaş ve Armutludere formasyonları içindeki cevherli zonlarda kalkışistlerde çok yaygın ankeritleşmeler mevcuttur; kırık ve çatlaklar ise yaygın olarak kalsit, kuvars, hematit ve siderit mineralleriyle dolmuştur. Dolomitlerin maruz kaldığı ve günümüzde de devam eden karstik süreçler nedeniyle birçok mağara ve dolin içerdiği, bu karstik mağaralarda karst içi sedimanların yanı sıra kalsit ve aragonit minerallerinin geliştiği, bazılarının da yer yer başta götit olmak üzere cevher mineralleriyle doldurulduğu belirlenmiştir.

Demir Yataklarının Genel Özellikleri

“Mansurlu Demir Madenleri” olarak adlandırılan

Attepe, Elmadağbeli, Mağarabeli, Karakızoluğu, Ayıdeliği, Mağradere, Kızıl, Karaçat, Mentеш deresi, Kartalkaya, ve Uyuzpınarı demir yatakları ile çok sayıdaki demir zuhur, Kayseri-Adana il sınırında yer almaktadır (Eken, 2012). Bu yataklardan, Kızıl, Karaçat, Mentеш deresi, Kartalkaya ve Uyuzpınarı demir yatakları Yahyalı (Kayseri) ilçesinde, diğerleri Feke (Adana) ilçesinde bulunmaktadır. Çalışma alanındaki yataklar Şekil 1’de gösterilmiştir. Türkiye’nin Divriği-Hekimhan Havzası’ndan sonra ikinci büyük demir havzası olan Mansurlu bölgesi demir yataklarının kökenine dair farklı görüşler ileri sürülmüştür; konuyla ilgili çalışmaların geniş özeti Tringa, (2009) ve Eken, (2012)’de verilmiştir. Mentеш havzasında cevher zonları, Zabuk formasyonu, Değirmentaş formasyonu ve Armutludere formasyonu ile tektonik ilişkilidir ve cevherleşmeler Değirmentaş formasyonu başta olmak üzere Değirmentaş ve Armutludere formasyonlar içinde tamamen tektonizmanın kontrolünde gelişmiş damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütleler şeklinde konumlanmıştır. Cevherleşme sonrası gelişen fayların yatakları yüzeye taşıdığı ve özellikle bu zonlarda Tersiyer başlarından itibaren etkili olmaya başlayan karstlaşma süreçleri ve paralel gelişen yüzeysel etkileşimlerle siderit, ankerit ve hematitlerden oluşan birincil cevherlerin limonit ve götit’ e dönüştüğü konusunda sahada çalışan araştırmacılar görüş birliği içerisindedir. Yataklarda tanımlanmış başlıca demir cevher mineralleri siderit, ankerit, hematit, götit, limonit ve az miktarda lepidokrosit ve pirittir (Tringa, 2009). Bölgede halen işletilmekte olan Attepe, Elmadağbeli, Mağarabeli, Karakızoluğu, Ayıdeliği, Mağradere, Kızıl ve Karaçat yataklarında üretilen başlıca cevher mineralleri ise götit, limonit, hematit ve az miktarda siderittir.

YÖNTEM

Bölge jeolojisi ve Menteş havzının jeolojisini açıklayan önceki çalışmalar, uydu görüntüleri ve arazi çalışmalarıyla revize edilmiştir. Hidrojeokimyasal parametreleri ortaya koymak amacıyla, jeoloji üzerine hidrojeoloji ve su kimyası verileri işlenmiştir. Yapılan arazi gözlem ve incelemeleri sonucunda havzada 15 su noktası belirlenmiş; bu noktalarda yağışlı dönemi temsilen Nisan 2014, kurak dönemi temsilen Temmuz-Ekim 2014 'de arazide yerinde suların T, pH, Eh ve EC parametreleri ölçülmüş ve kimyasal ve izotop analizleri için örnekler alınmıştır. Suların pH ve Eh değerleri "Crison PH 25 model" EC değerleri ise "Crison CM 35 model" cihazlarla ölçülmüştür. Örnek noktaları koordinatları ve ölçüm tarihleri Çizelge 1'de, örnek alınan yerler Şekil 1'de gösterilmiştir. Ekim 2014 döneminde 1, 2, 3, 4, 10 ve 11 no'lu su kaynakları kuruduğu için ölçüm yapılamamıştır; 13 ve 15 no'lu su noktaları ise yalnızca Ekim 2015 döneminde örneklenmiştir. Tümü renksiz, kokusuz ve berrak olan suların anyon, katyon, iz element, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve trityum ($\delta^3\text{H}$) analizleri için örnek alımı sırasında her bir örnek kabı 3 kez çalkalanmış ve sular steril şırınga ve tek kullanımlık filtre ile (0.45 μm millipore), filtrelenmiştir. Katyon ve iz element analizleri için alınan örnekler pH<2.0 olacak şekilde % 2 HNO_3 (v/v) eklenmiştir. Örneklerin tümü laboratuvara gönderilinceye kadar 4°C'de saklanmıştır. Anyon

analizleri (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 ve F) Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası Laboratuvarında DIONEX LC25, ICS-1000 Ion Chromatography sistem, YSI MPS 556 Multi-probe sistem ve Automatic acid titration burette cihazları kullanılarak yapılmıştır (Metotlar (1989, 17th ed; Kimyasal Referans: Battle-02, Lethbridge-03 Canada). Majör katyon ve iz element analizleri ACME laboratuvarında (Kanada) "STD TMDA-70 standards" göre ICP-MS (PerkinElmer SCIEX-ELAN 9000) cihazıyla yapılmıştır. $\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^2\text{H}$ analizleri Hacettepe Üniversitesi Karst Su Araştırma ve Uygulama Merkezinde, Trityum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Çevresel Trityum Laboratuvarında ve EUROFINs Turkey laboratuvarlarında yapılmıştır.

HİDROLOJİ ve HİDROJEOLOJİ

Yarı karasal iklim şartları görülen sahada, yağış kışları çoğunlukla kar şeklindedir. özellikle yüksek kotlarda yağışların kar şeklinde olması karstik akiferlerin beslenmesi açısından önemlidir. Yeraltısuyu beslenim koşullarını belirlenmesi için inceleme alanına yakın Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ve Devlet Su İşleri (DSİ) yağış istasyonlarının (Çizelge 2) verileri kullanılarak yağış yükseklik ilişkisi belirlenmiş ve alana düşen ortalama yağış, yüksekliğe bağlı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki örneklerin koordinatları, ve yerinde ölçümleri

Table 1. *Coordinates of the study area water samples and in-situ measurements*

Örnek No	Örnek yeri	Ölçüm tarihi	X	Y	Z	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC* (µS/cm)
1	Yertaş galerisi	Nisan	730000	4208609	1497	9,3	8,16	-66	274
		Temmuz				12,5	8,09	-63	275
2	Şantiye kaynağı 1	Nisan	730034	4208646	1627	10,2	8,06	-62	226
		Temmuz				13	8,26	-69	238
3	Menteş dere	Nisan	729600	4209573	1400	12	8,7	-96	206
		Temmuz				14	7,84	-58	218
4	Değirmen kaynağı	Nisan	729560	4209464	1741	12	8,36	-77	420
		Temmuz				19	7,84	-59	432
5	Uyuz Pınarı	Nisan	732107	4208380	1683	10,8	8,0	-57	189
		Temmuz				14	7,76	-42	194
		Ekim				9,2	7,5	-39	182
6	Şantiye kaynağı 2	Nisan	729493	4207587	1845	9	7,27	-43	47,3
		Temmuz				13	7,81	-55	51
		Ekim				12,5	7,27	-30	67
7	Şantiye kaynağı 3	Nisan	729874	4207527	1741	10	8,37	-75	108
		Temmuz				16	7,34	-34	241
		Ekim				12	7,9	-61	221
8	Şehitler çeşme	Nisan	727336	4209230	1497	12	8,04	-59	415
		Temmuz				17	7,65	-32	442
		Ekim				15	7,86	-59	434
9	Attepe kaynak	Nisan	731002	4201425	1517	7,5	7,9	-52	597
		Temmuz				9,7	7,56	-40	613
		Ekim				11	7,45	-39	642
10	Tünel 1	Nisan	729657	4209149	1416	-	7,98	-56	480
		Temmuz				18	7,84	-57	490
11	Tünel 2	Nisan	729586	4209329	1418	-	8,48	-86	530
		Temmuz				18	7,77	-50	550
12	Karaköy kaynak	Temmuz	732185	4208594	1676	16	7,31	-30	204
		Ekim				10,5	7,63	-31	223
13	Avlağın kaynağı	Ekim	729693	4207915	1730	13	7,42	-25	144
14	Galeri içi yatay sondaj	Temmuz				15,5	7,26	-26	273
		Ekim				11	7,48	-36	245
15	Kuyu	Ekim	729812	4208456	1660	11	7,54	-43	253
TS266 *						12,5-25	6,5-8,5		650
TS266 **						12,5-25	6,5-9,5		2000

*: TS266 1. Kaynak (membra) suları,**: TS266 2-1. İşlem görmüş kaynak suları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005)

Çizelge 2. Yağış İstasyonları ve akım istasyonu**Table 2.** *Meteorological stations and flow measurement station.*

İstasyon	Ölçüm Aralığı	İst. Kotu	X	Y	Ort. Yağış (mm)	1974-1992 Ort. Yağış (mm)
İncesu	1974-1992	1075	689362	4277441	341.56	349.23
Musahacılı	1974-1992	1076	700843	4232914	270.38	315.86
Develi	1970-2001	1204	718362	4250314	344.15	393.6
Yahyalı	1972-2014	1260	707059	4224263	460.8	429.37
Zamantı Irm. Çamlıca HES	2003-2013	1185	721328	4211926		

Menteş deresi drenaj alanında yüksekliğe bağlı yağış, 1500 metrelerde 513 mm, 1500-2000 metrelerde 587 mm, 2000 metrede ise 697 mm olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanının potansiyel ve gerçek buharlaşması Yahyalı meteorolojik istasyonu verileri kullanılarak, PENMAN (Penman, 1948) yöntemine göre belirlenmiştir. Ayrıca Zamantı ırmağı Çamlıca istasyonu (DSİ akım verileri, 2004-2013) ölçümlerinden faydalanılarak baz akım grafikleri çizilmiş ve buharlaşma (% 71), yüzeysel akış (3,06 milyon m³/ yıl; % 12) ve yeraltısuyu yüzdeleri (% 17) hesaplanarak Mentеш havzası meteorolojik su bütçesi hazırlanmış ve Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Mentеш havzası meteorolojik su bütçesi**Table 3.** *Meteorological water budget of Mentеш watershed*

Toplam yağış	25,5*10 ⁶ m ³ /yıl
Akış (yüzey + yüzeyaltı +yeraltısuyu)	7,395*10 ⁶ m ³ /yıl
Yeraltısuyu	4,335*10 ⁶ m ³ /yıl
Yüzeysel Akış	3,06*10 ⁶ m ³ /yıl
Buharlaşma (ET)	18,105*10 ⁶ m ³ /yıl
Sıcaklık (°C)	10,7
ET (%)	71

Yapılan hidrolojik hesaplamalara göre sahada yıllık ortalama yağış miktarı, 25,5 milyon m³dür ve 4,3 milyon m³/yıl’ı yeraltına sızmaktadır. Mentеш Deresi drenaj sınırı, su noktaları ve jeoloji haritası Şekil.1’de verilmiştir.

Çalışma alanını oluşturan formasyonlar hidrojeolojik özelliklerine göre karstik, taneli akiferler ve zayıf su taşımazlar olarak gruplandırılmıştır. Değirmentaş Formasyonunun karbonatlı birimleri (dolomit-dolomitik kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları) tektonizmanın etkisiyle oluşan ikincil süreksizleri (kırık-çatlak sistemi, faylar) ve Tersiyer başlarından itibaren etkili olmaya başlayan karstlaşma süreçleri ile verimi iyi akifer özelliğini kazanmıştır (Tringa, 2009). Geçirimsiz ortam olarak sınıflandırılan Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan dolomit-dolomitik kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları yeraltısuyu ana rezervuar kayaç niteliğindedir. Emirgazi ve Armutludere formasyonlarındaki şistlerin akifer ortam özelliği, bünyelerindeki kırık ve çatlaklar boyunca hareket eden su ile sınırlıdır. Yüksek kotlarda yer alan Armutludere şistlerinin aşınmasıyla yüzeylenen Elmadag ve civarında yayılım sunan karbonatlar havzanın besleniminde de önemli rol oynar. Birçok mağara ve dolini bünyesinde barındırmakta olan dolomitlerde arazi çalışmaları sırasında 50 metre derinliğe ulaşan karstik boşluklar tesbit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Karaçat üretim galerisinde belirlenen düşey yönde gelişmiş düden
Figure 2. Sinkhole developed vertically in the production gallery

Arazide yapılan temel sondajlarla geçilen karstik boşluklar haritaya işlendiği zaman Karaçat ocağı civarında kuzeydoğu-güneybatı yönünde sıralanan boşlukların, Attepe ocağının batısında; kuzeybatı-güneydoğu yönünde sıralandığı görülmüştür (Şekil 1). Karaçat ocağı civarında gözlenen karstik boşluklar genelde hidrolik döngü dışında kalmış askıda fosil mağaralardır. Söz konusu birim içinde yeraltısuyu akışı, vadoz zonda kırık çatlak ve karstik yapılar boyunca tektonik engellere bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 1’de drenaj alanı sınırları verilen Mentеш Deresi, Zamantı nehrine boşalmaktadır. Mentеш Deresi kuzey doğuda 2100 m ve 2150 m kotlarından boşalan kaynaklarla başlamaktadır. Çalışma alanı içindeki kaynaklardan 1675 m ve 1685 m. kotlarından boşalan Uyuzpınarı (5 no’lu örnek) ve Karaköyün içmesuyu (12 no’lu örnek) kaynakları, kuzeybatıya doğru Mentеш deresine boşalırken, 1730 m- 1740 m kotlarından boşalan Avlağa kaynağı (13 no’lu örnek) ve Şantiye kaynağı (6 no’lu örnek), Mentеш deresi drenaj alanı dışına Turgut Dere ve Magara Dereye boşalmaktadır. Saha içinde Ekim 2014 tarihinde

açılan su kuyusunda (örnek no: 15) yeraltısuyu seviyesi 1438 m. olarak belirlenmiştir.

HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER

Yeraltısularının normal koşullarda yağmur sularıyla beslendiğine ve bu suların da çok az miktarda çözülmüş gaz içeren yaklaşık saf su olduğu kabul edildiğine göre, suların kimyasal bileşimleri, süzülükleri ortamla yaptıkları iyon alış verişiyle belirlenir. Bu alış verişte belirleyici olan da ortamdaki kayaçların mineralojik ve jeokimyasal bileşimidir (Freeze ve Cherry, 1979, Şahinci, 1991). Dolayısıyla, suların EC, pH, ana anyon (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) ve katyonlarının (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+) yanı sıra Fe, F, Si, Sr, B, Al ve diğer metal ve iz element içerikleri (Pb, Cu, Cr, Mn, Ni, As, Ba, Br, U, Cd, Se, Ra, Th, Ce, Cs, Bi, Hg, Sn gibi) esas olarak temas halinde oldukları kayaçların mineralojik ve kimyasal özelliklerini yansıtır (Apeleton ve diğ., 1996; Banks ve diğ.; 1998; Freeze and Cherry, 1979; Örgün, 2007).

Menteş havzasında yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini ortaya koymak

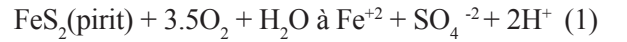
amacıyla Çizelge 1’de verilen su noktalarından alınan örneklerin T, pH, Eh ve EC değerleri okunmuş, alınan örneklerin ana anyon-katyon, metal, iz element ve 2 örnekte de izotop analizleri, yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar havzanın jeolojik ve hidrojeolojik özellikleriyle birlikte değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

Suların Fiziksel Parametreleri

Havzada seçilen 15 su noktasında in situ (arazide yerinde) ölçülen T, pH, Eh ve EC değerleri Çizelge 1’de Türki içme suyu limit değerleriyle (TS266) birlikte verilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerleri 7,5 °C (örnek no:9) ile 19°C (örnek no:4) arasında değişmektedir. Çizelgede görüleceği üzere üç farklı dönemde yapılan ölçümlerde pH değerleri 7,26 (örnek no:14) - 8,7 (örnek no:3) aralığında değişmiştir. Bu değerler havzanın litolojik bileşimiyle uyumlu olarak suların karbonatlı kayaçlar ile temas halinde olduğunu göstermektedir. Menteş havzası sularının Eh değerleri ise - 96 mV (örnek no: 3) ile -25 mV (örnek no: 13) arasında değişmekte olup, değerlerin yaklaşık % 67’si -30 ila -60 arasında dağılmıştır. Bu da suların oksitleme potansiyelinin son derece düşük olduğunu göstermektedir. İncelenen örneklerin tümü yeraltısuyunu temsil etmektedir. 3 no’lu örnek havzadaki yüzey suyunu temsil amacıyla Menteş deresinden alınmıştır. Bununla birlikte 3 nolu örneğin Eh değerlerinin de yeraltı suyu değerlerine benzer çıkması (Çağatay ve Erler, 1993), yüzey ve yeraltı sularının karstik sistemden dolayı, doğrudan ilişkili olduğunu gösterebilir. Menteş havzasında su noktalarının trityum değerleri de yeraltı sularının akiferden geçiş süresinin 5 ila 10 yıl arasında değiştiğini ortaya koymuştur (Çizelge 7) ve bu durum suların Eh değerlerinin değişim aralığını desteklemektedir.

Yüzey ve yeraltı sularında düşük pH’ın en önemli nedeni demir sülfür minerallerinin

(pirit, pirotin ve markazit vb.) oksidasyonudur. Atmosfere açık nemli ortamda bakterilerin katalizörlüğünde sonradan sürece katılan diğer metallerin (Fe, Zn vb.) de etkisiyle oksidasyon olayı ilerler ve ortamda, koşullarına bağlı olarak asit kaya drenajı (AKD) ve/veya asit maden drenajı (AMD) meydana gelir (Jacobs et all.,2014; Karadeniz,2008; Lee and Chon, 2006; Mitchell, 2000). Bu süreçte aşağıda (1) nolu eşitlikte gösterildiği şekilde gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton (H⁺ iyonu) vermesi ile çözümlerin veya suların asitlik derecesi artar. Madencilik faaliyetleri esnasında veya sonrasında açık-kapalı maden ocaklarında, cevher stoklarında, pasalarda meydana gelen bu tip olaylar, yüksek miktarda çözülmüş SO₄⁻², Fe ve ağır metal içerikli düşük pH’lı sular meydana getirir. Düşük pH’lı sular daha sonra yerel çevre kayalar çözebilir ve suya başka metallerin de katılmasına sebep olabilir (Tabaksbat, 2002).



Bununla birlikte Menteş havzasındaki demir yataklarında eser miktarda pirit mineralinin cevher minerallerine eşlik etmesine (Tringa,2009) karşın, su kimyası verileri, havzada asit maden drenajı oluşmadığını göstermektedir.

Menteş havzasındaki suların EC değerleri de maden sahalarından beklenen değerlerin son derece altında çıkmıştır. Çizelge 1’de görüleceği gibi değerler 47,3 µS/cm ile 642 µS/cm arasında değişmektedir. En düşük EC değerlerinin okunduğu örnek (örnek no:6) maden şantiyesinde içme suyu olarak kullanılan, kireçtaşları ile kuvarsitlerin dokanağında, kuvarsitlerden boşalan düşük debili bir kaynağa aittir. En yüksek EC değerleri ise yaklaşık 60 yıldır demir cevheri üretilen Attepe maden ocağında biriken suyu drene eden galeriden çıkan suyu temsil etmektedir (örnek no: 9, Ekim 2014 dönemi). Ölçülen EC değerlerinin yaklaşık % 55’i 108 µS/cm - 275 µS/cm arasında dağılmıştır. Suların düşük EC

değerleri, Menteş havzasında yeraltularının uzun süredir dolaşımında olmadığını, akiferleriyle temas süreleri kısa, genç sular olduğunu göstermektedir.

Suların Ana Anyon ve Ana Katyonları

Menteş havzası sularının ana anyon ve katyon analizlerini tayin etmek için seçilen 15 su noktasından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4’de TS 266 limit değerleriyle birlikte verilmiştir. Örnek noktaları 1, 2, 3 ve 4 kurduğu için Ekim 2014 döneminde örnek alınamamıştır. Temmuz ayında örneklenen 5 ve 12 nolu örnekler ise laboratuvara gönderilme sırasında

zayı olmuştur. 13, 14 ve 15 nolu su noktaları yalnızca Ekim ayında örneklenmiştir. Çizelge 4’den görüldüğü gibi TS266 limit değerleriyle karşılaştırıldığında suların majör iyon değerlerinin EC değerleriyle uyumlu olarak limit değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Sularsa ana anyonun HCO_3^- , ana katyonun da Ca^{+2} olması, Menteş havzasında ana akiferin dolomit-dolomitik kireçtaşları, rekristalize kireçtaşı ve dolomit bileşimli olması ile uyumludur, ancak iyon değerlerinin düşük olması hem suların pH değerlerinin yüksek/alkali olması hem de suların sığ dolaşımını genç sular olmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 4. Sularının majör anyon ve katyon değerleri ve TS266* limit değerleri (mg/l)

Table 4. Major anions and cations analysis results of water samples and TS266 * limit values (mg / l)

Örnek no	Ca	Mg	Na	K	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	NO_2	NO_3	PO_4	F
Yağışlı												
1	44,65	6,78	6,77	3,31	0,00	177,67	1,46	4,63	0,13	5,16	≤0,01	0,08
2	37,30	5,37	5,19	2,26	0,00	136,21	1,16	10,26	≤0,01	1,39	≤0,01	0,14
3	37,30	5,87	1,53	0,54	11,65	136,21	1,37	4,79	≤0,01	6,21	≤0,01	0,05
4	61,64	21,14	5,72	1,78	11,65	148,06	9,90	14,21	≤0,01	42,32	≤0,01	0,11
5	-	-	-	-	0,00	130,29	1,01	2,76	≤0,01	4,34	≤0,01	0,03
6	5,63	0,80	1,40	1,46	0,00	29,61	0,63	2,44	≤0,01	2,18	≤0,01	0,03
7	21,98	2,90	1,97	0,78	0,00	47,38	0,97	3,52	≤0,01	2,77	≤0,01	0,05
8	62,49	16,47	2,89	0,15	0,00	266,50	1,97	4,87	≤0,01	12,25	≤0,01	0,17
9	74,38	28,40	2,90	1,78	0,00	165,47	1,67	190,93	≤0,01	11,46	≤0,01	0,06
10	55,77	29,94	4,54	1,08	29,13	189,51	2,64	48,12	≤0,01	0,02	≤0,01	0,06
11	68,27	24,97	16,68	2,44	0,00	266,50	2,17	65,93	≤0,01	≤0,01	≤0,01	0,29
12	-	-	-	-	0,00	82,91	1,26	2,54	≤0,01	15,71	≤0,01	0,07
Kurak												
5	37,74	7,16	1,10	0,42	0,00	133,62	1,25	2,11	≤0,01	4,48	≤0,01	0,04
6	14,28	2,37	1,66	0,91	0,00	52,29	0,83	2,94	≤0,01	2,65	≤0,01	0,03
7	41,44	6,92	5,28	2,18	0,00	145,24	1,25	10,04	0,02	1,76	≤0,01	0,01
8	66,89	18,36	3,08	0,24	0,00	261,43	2,08	4,25	0,02	13,97	≤0,01	0,11
9	88,32	33,56	3,36	1,14	0,00	174,29	1,91	186,08	0,02	12,30	≤0,01	0,23
12	40,26	6,80	1,79	1,00	0,00	145,24	1,90	1,80	0,02	4,15	≤0,01	0,06
13	25,96	1,88	2,28	0,29	0,00	81,33	1,08	1,52	≤0,01	6,12	≤0,01	0,05
14	41,85	8,58	1,91	0,51	0,00	156,86	1,34	2,13	≤0,01	5,28	≤0,01	0,02
15	41,50	5,82	7,97	0,57	0,00	145,24	1,36	7,17	0,03	7,43	≤0,01	0,02
TS266T	100	30	20	10	-	-	25	25	-	25	0,4	1,0
TS266M	200	50	200	12	-	-	600	250	0,5	50	5,0	1,5

*: TS266 T tavsiye edilen, TS266M maksimum izin verilen sınır değerler (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005)

Suların İz Element İçerikleri

İz elementler suların bileşiminde % 0.01 den daha az miktarda bulunur ancak, suların içme ve kullanma potansiyeli üzerinde son derece etkilidir (Edmunds and Smedley, 1996). İz elementlerden Ag, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb ve Se içme suyu standartlarında zehirli, Al, Fe, Mn, Cu ve Zn ise içilebilme özelliğine etki yapan maddeler başlıkları altında değerlendirilmektedir. Bu çalışmada yağışlı ve kurak dönemlerine ait örnekler 66 iz element açısından analiz edilmiştir. Bu elementlerden Ag, Au, Bi, Cd, Ce, Dy, Er, Eu, Ga, Hf, Hg, Ho, In, Lu, Nb, Pd, Pr, Ru, Sm, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, Yb, ve Zr dedeksiyon limitleri altında kalmıştır; Be, Ce, Gd, Ge, La, Pt, Re, Rh, Sc, Se, Te, ve Y bir veya iki örnekte dedeksiyon limitinde okunmuştur. Arsenik (As), Co, Mo, Ni, Sn, Pb ve W değerleri örneklerin bazılarında dedeksiyon limitinin altında kalırken geri kalan örneklerde ise ihmal edilecek derecede düşük çıkmıştır. Çizelge 5 ve 6'da, örneklerin en az yarısında, dedeksiyon limitleri üstünde kalan elementlerin sonuçları verilmiştir. Yağışlı dönemi temsil eden örneklerin sonuçları incelendiğinde (Çizelge 5), 6 no'lu örnekte Fe ve Al ve 10 no'lu örnekte Mn hariç metal element değerleri ihmal edilecek kadar düşük olduğu görülecektir. Benzer şekilde ve 1, 3, 4 ve 11 no'lu örneklerde Ba değerleri dikkat çekecek kadar yüksektir. İncelenen sularda bir diğer dikkat çekici sonuç da U içerikleridir. Görüldüğü gibi incelenen örneklerin tümünde U değeri okunmuş olup, incelenen 9 nolu örnekte her iki dönemde de diğer örneklere göre yüksek U değeri okunmuştur; değerler kurak dönemde 8,28 µg/L, yağışlı dönemde ise 9,85 µg/L dir. 9 nolu örnekte okunan yüksek U değerleri Attepe maden ocağındaki hidrotermal süreçlerin etkisinin bir sonucu olarak yorumlanabilir, ancak diğer örneklerde okunan U değerleri karbonatlı akiferleri çevreleyen kumtaşlarının etkisini yansıtmaya olabir. Öte yandan yağışlı dönemde alınan sularında Si analizi de yapılmış ve Çizelge

5'de görüldüğü gibi sonuçlar oldukça yüksektir. Suların silis değerlerinin yüksek olması suların pH değerleriyle son derece uyumludur. Bilindiği gibi silikatlar alkali ortamda çözünmekte olup, soğuk iklimlerde tatlı su göllerinde silis miktarı 2000-10000 µg/L ye kadar çıkabilir. (Şahinci, 1991). Örneklerde tayin edilen silis değerleri (2900 µg/L – 12442 µg/L arasında değişen), Menteş havzasındaki pH değerleri yüksek suların (>pH=7) kayalarda bulunan silikatları çözerek, suları silis açısından zenginleştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Gerek TS266 gerekse de Dünya Sağlık Örgütü içme sularında Si için sınır değeri belirlememiştir. Benzer şekilde metal element değerleri ile karşılaştırıldığında B, Br, Ga, Rb, Sr gibi bazı elementlerin değerlerinin de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonucu cevherleşmeden çok, bölgede tektonizma ile aşırı derecede örselenip porozitesi artmış kumtaşları ve kuvarsitlerin varlığı ve suların alkali karakteriyle açıklanabilir. Kurak dönemde 14 no'lu örnekte Al ve Fe değerleri; 5, 12, 14 ve 15 no'lu örneklerde Ba değerleri ve 15 no'lu örnekte Mn değeri hariç (Çizelge 6), tayin edilmiş olan değerler yağışlı dönemde olduğu gibi ihmal edilecek kadar düşüktür.

Suların Demir ve Mangan İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Yukarıda açıklandığı gibi çalışma alanında götit, limonit, hematit ve az miktarda siderit'in üretildiği birden çok sayıda demir yatağı vardır. Buna karşın Çizelge 5 ve 6'da görüleceği gibi suların Fe değeri 6 ve 14 ve 15 nolu örnekler hariç son derece düşüktür; 6 nolu örneğin Fe içeriği de kurak dönemde dedeksiyon limiti altında kalmıştır. 14 ve 15 nolu örnekler ise maalesef tek dönemi temsil etmektedir, ancak 1, 10, 11 ve 14 no'lu örnekler birbirine yakın galeri ve tünellerden boşalan suları temsil etmekte olup (Şekil 1), Çizelge 5'den görüleceği gibi 1, 10 ve 11 no'lu örneklerin Fe

değerleri dedeksiyon değerinin altındadır. 15 no'lu örnek ise şantiyede açılan kuyudan alınmıştır. 14 ve 15 no'lu örneklerdeki yüksek Fe değerleri (Çizelge 6) tamamen örnek lokasyonundaki özel mineralojik koşullardan (örneğin, limonit ve hematit zonundan süzülme gibi) kaynaklanıyor olmalıdır.

Analizlerde ortaya çıkan bir diğer ilginç sonuç mangan (Mn) değerleridir. Çizelge 5 ve 6'da görüleceği gibi Fe değerleri düşük olmasına karşın 10,14 ve 15 no'lu örneklerin Mn değerlerinin diğer örneklerle göre çok yüksek olmasıdır. 10 no'lu örnekte ölçülen 316,72 µg/L değeri TS266 Sınıf 2-2 içme ve kullanma suları için verilen sınır

değerin (50 µg/L) çok üstündedir. Tringa (2009), hem cevherlerin yan kayaçlarında hem de cevherli zonlarda mangan grubu minerallerden piroluzit ve psilomelan tanımlamıştır. Örnek muhtemelen mangan minerallerinin zenginleşmiş olduğu sınırlı /noktasal zonları temsil ediyor olabilir. Yukarıda açıklandığı gibi, ortamda pirit minerali olmasına karşın, suların pH değerlerinin yüksek olmasının, sülfat değerlerinin düşük olmasının ve birkaç örnek hariç Fe, Mn ve diğer metal ve iz element değerlerinin düşük olmasının nedeni, akiferin ana kayaç yapıcı mineralleri olan kalsit ve dolomit mineralinin ortamı nötralize etmesiyle açıklanabilir.

Çizelge 5. Yağışlı dönem su örneklerinin metal ve iz element analiz sonuçları (µg/L)

Tablo 5. The metal and trace element analysis results of wet season samples (µg/L)

Örnek	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	TS266*
Al	46	29	2	10	139	5	4	1	2	1	50-200
As	1,2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0,6	1,3	10
B	29	25	21	24	16	12	18	15	28	19	1000
Ba	202,5	22,1	205,1	193,9	21,9	56,6	47,9	41,4	64,9	229,6	100-300
Br	10	19	10	44	12	15	35	16	22	27	-
Co	<0.02	<0.02	<0.02	0,11	0,04	0,03	0,03	<0.02	<0.02	0,02	-
Cr	3,1	3,6	0,7	0,5	<0.5	0,6	3,6	<0.5	<0.5	<0.5	50
Cu	0,5	0,6	0,3	1,5	0,7	1,1	0,6	2,3	1	1,2	100
Fe	<10	<10	<10	<10	14	<10	<10	<10	<10	<10	50-300
Li	2,4	6,1	0,4	1,9	0,2	1,2	1,1	1,9	16,5	15,9	-
Mn	3,46	0,3	0,27	2,79	3,56	0,79	0,71	1,23	317	6,95	20-50
Ni	0,8	0,9	<0.2	<0.2	<0.2	1	1,4	0,3	<0.2	<0.2	20
Pb	1,1	1	<0.1	0,2	<0.1	0,5	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	10
Rb	9,28	3,02	0,34	0,52	0,18	0,31	0,11	1,01	1,21	3,66	-
Sb	0,1	0,4	<0.05	0,21	0,06	<0.05	<0.05	1,97	0,48	0,2	10
Si	5836	10379	4281	5671	3578	3760	14653	2900	8509	12442	-
Sr	98,53	68,25	72,97	165	23,58	58,32	162,6	128,6	80,07	238,87	-
Ti	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-
U	0,53	0,42	0,39	1,34	0,04	0,31	0,62	8,28	0,11	0,2	30**
V	1,3	1,3	<0.2	0,3	0,2	0,2	4,3	<0.2	<0.2	<0.2	-
Zn	2,2	4,1	0,8	1,6	0,7	3,7	1,1	1,2	1,4	1,1	100

*: TS266 tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değer aralıkları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005) ; **: Dünya Sağlık Örgütü (2011) içme suları için Uranyum (U) sınır değeri.

Çizelge 6. Kurak dönem su örneklerinin metal ve iz element analiz sonuçları (µg/L)**Table 6.** The metal and trace element analysis results of dry season samples (µg/L)

Örnek	5	6	7	8	9	12	13	14	15	TS266*
Al	45,4	57,1	53,8	43,1	38,6	41,3	40	280,3	193,9	50-200
As	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,356	<0.001	10
Ba	153,4	29,9	27,69	43,07	38,05	191,6	97,81	179,7	168,8	100-300
Be	0,064	0,185	0,125	0,163	0,091	0,103	0,067	0,148	0,206	-
Cd	0,06	0,04	0,02	0,07	0,02	0,02	0,06	0,035	0,076	5
Co	0,01	0,02	0,02	0,07	0,08	0,03	0,01	0,134	0,023	-
Cr	<0.001	<0.001	1,94	2,12	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	50
Cs	0,004	0,011	0,005	<0.001	0,036	<0.001	<0.001	0,07	0,026	-
Fe	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	250,2	108,5	50-300
Ga	3,073	0,583	0,587	0,84	0,72	3,724	1,89	3,592	3,242	-
Ge	0,066	0,028	0,071	0,1	0,072	0,084	0,016	0,11	0,12	-
Mn	<0.001	<0.001	0,6	<0.001	0,39	<0.001	<0.001	18,98	22	20-50
Pb	2,16	2,22	2,22	2,12	2,11	2,14	2,39	2,571	2,411	10
Rb	0,569	0,968	3,262	0,356	1,322	0,501	0,365	1,21	1,663	-
Rh	0,037	0,04	0,032	0,036	0,022	0,026	0,021	0,032	0,025	-
Sb	<0.001	0,12	0,26	<0.001	1,52	<0.001	0,03	0,01	0,018	10
Sr	32,95	29,76	54,98	135,7	114,2	40,88	41,33	66,5	96,99	-
Ta	1,973	1,37	1,352	2,21	1,645	0,946	1,889	6,314	6,29	-
Ti	<0.001	<0.001	0,36	0,19	<0.001	<0.001	<0.001	4,606	2,051	-
U	0,52	1,09	0,48	0,7	9,85	0,45	0,33	0,402	0,374	30**
V	0,89	0,68	1,69	3,89	<0.001	<0.001	<0.001	0,222	0,088	-
Y	0,009	0,03	0,005	0,055	0,009	0,008	0,013	0,23	0,116	-
Zn	<0.001	0,22	<0.001	<0.001	<0.001	0,71	<0.001	<0.001	<0.001	100
Zr	0,013	0,031	0,043	0,017	0,042	0,009	0,01	0,005	0,538	-

*: TS266 tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değer aralıkları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005) ; **: Dünya Sağlık Örgütü (2011) içme suları için Uranyum (U) sınır değeri.

SULARIN İÇME VE KULLANILABİLME POTANSİYELİ

Türk İçme Suyu Standartı (TS 266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17/02/2005), insani tüketim amaçlı suları aşağıdaki gibi sınıflamıştır:

- Sınıf 1: Kaynak (membra) suları

- Sınıf 2: Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular;

-Sınıf 2-Tip 1 (İşlem görmüş kaynak (membra) sular) ve

-Sınıf 2-Tip 2 (içme ve kullanma suları) olarak iki sınıfa ayırmıştır.

TS 266'da su sınıfları için belirlenen limit değerler Çizelge 1, 4, 5 ve 6 'da verilmiştir. Örneklerde ölçülen değerler limit değerlerle karşılaştırıldığında, suların fiziksel parametreler ve ana anyon-katyon değerleri açısından sınıf 1, kaynak suyu özelliğinde olduğu görülmektedir. Özellikle suların sağlık açısından içilebilirliğini belirleyen en önemli parametre olan nitrit (NO₂) ve F değerlerinin çok düşük olması son derece önemlidir. Metal ve iz element içerikleri bakımından ise 10 no'lu örnekte Mn (317 µg/L) ve 14 nolu örnekte Al (280 µg/L) değerleri hariç, analiz edilen tüm elementler için ölçülen değerler TS 266 da içme suları için verilen limit değerler uyumlu çıkmıştır. Hatta birkaç örnekte ölçülen Al, Ba, Fe ve Mn değerleri hariç diğer değerlerin tümü ihmal edilecek kadar düşük çıkmıştır.

Ayrıca suların içilebilir olup/olmadığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan H. Schoeller diyagramında sular değerlendirilmiş ve sonuçlar Şekil 3' de verilmiştir. Görüldüğü gibi her iki dönem örnekleri ilgili parametreler açısından baskın olarak "çok iyi kaliteli sular" sınıfına girmiştir.

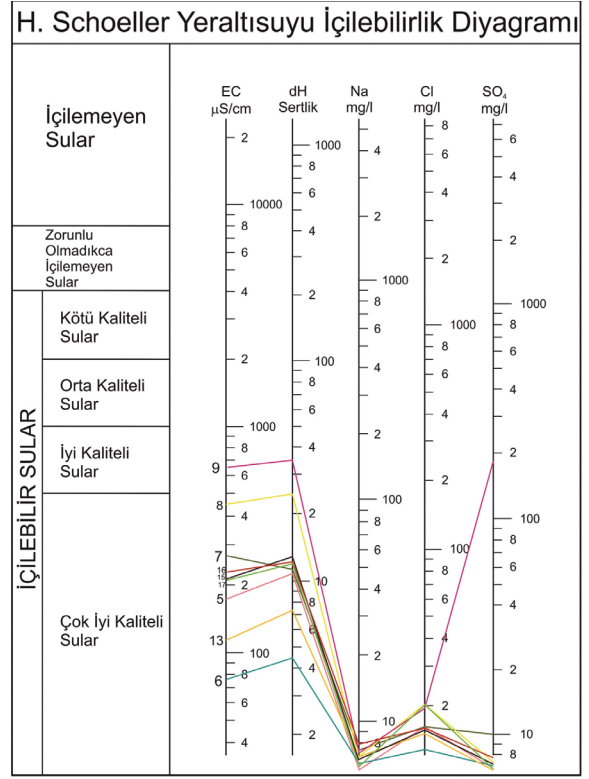
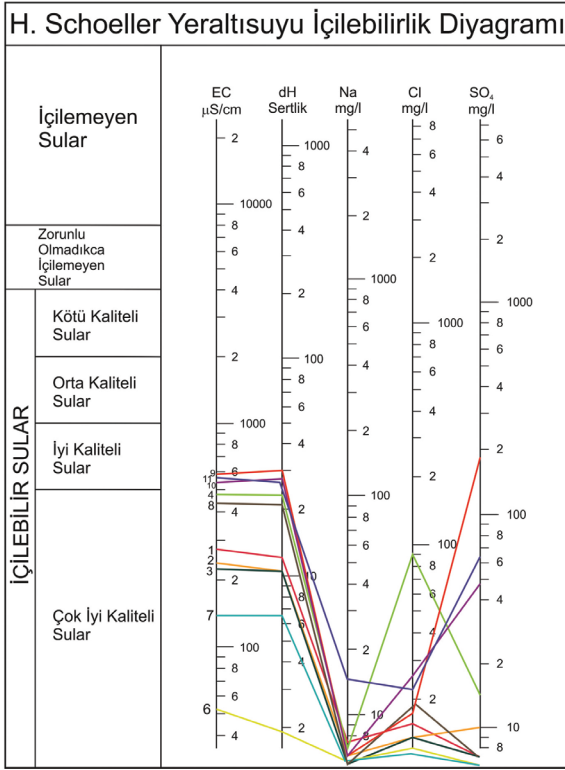
Sular kullanma ve sulama suyu açısından da araştırılmış ve bu amaçla sıkça kullanılan, SAR ve Wilcox diyagramlarında değerlendirilmiştir. Beklenildiği gibi yukarıda verilen sonuçlara uygun olarak örneklerin tümü çok iyi-iyi kullanılabilir sular alanında yer almıştır (Şekil 4a ve 4b).

Suların Piper Diyagramı ve litoloji ile ilişkisi

Suların ana katyon ve ana anyon değerleri kullanılarak hazırlan Piper diyagramda (Piper,

1944), örneklerin tümü Karbonat sertliği %50'den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO₃ tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular, sınıfında yer almıştır (Şekil 5). Bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir ve sahadaki akiferlerin litolojik özellikleri ile bire bir örtüşmektedir. Bu sonuç Şekil 6'de verilen yarı- logaritmik Schoeller diyagramında örneklerin dağılımı ile de bire bir uyumludur. Piper diyagramında olduğu gibi her iki dönemde alınan suların baskın katyonunun Ca, baskın anyonun da HCO₃ olduğu görülmektedir. Katyonların kendi içinde (rCa>rMg>rNa+rK), anyonların da kendi içindeki iyon dizilimi (rHCO₃+>r SO₄r>Cl), Piper diyagramında olduğu gibi, suların Ca içeriği çok yüksek Mg ve Na+K lu sular olduğunu ortaya koymuştur.

Benzer trend gösterdiği için sadece yağışlı dönem örneklerinin verildiği Şekil 6'da ortaya çıkan dağılım incelendiğinde; Mentş havzası ve çevresinde Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan kireçtaşı ve dolomitlerin, yeraltı suyunun ana rezervuar kayacı olduğunu doğrulamaktadır. Ancak Na+K değerleri, kireçtaşı ve dolomitlerin yanı sıra sahada yaygın olarak bulunan volkanik arakatlı şistlerin (Emirgazi ve Armutludere formasyonları) ve Miyosen yaşlı birimlerin suların kimyasal bileşimi üzerinde zayıf da olsa etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda Emirgazi ve Armutludere formasyonlarındaki şistlerin, bünyelerindeki kırık ve çatlaklar boyunca suları taşıyıp-biriktirip-ileterek zayıf da olsa akifer özelliği taşıyabileceğini göstermektedir.

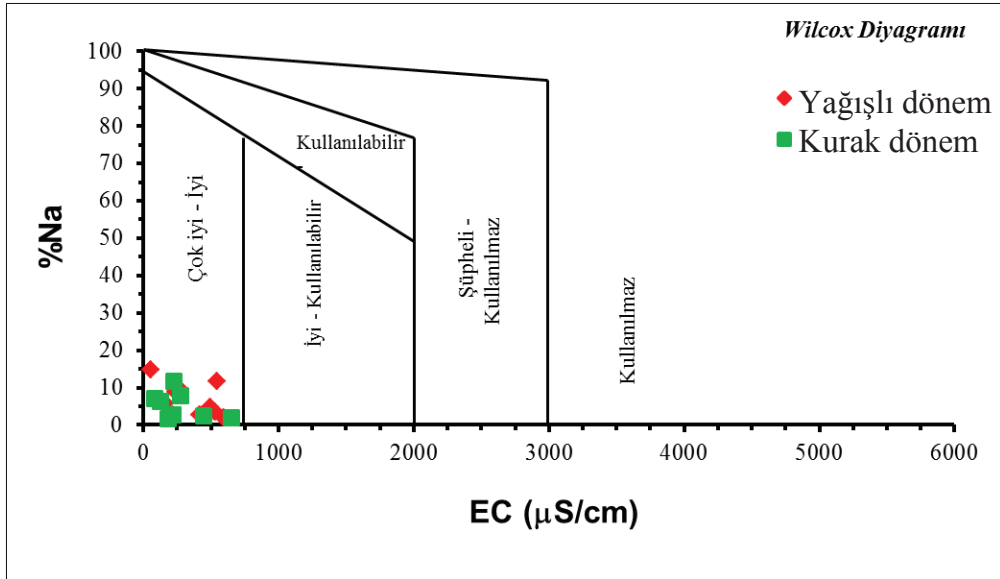


(a)

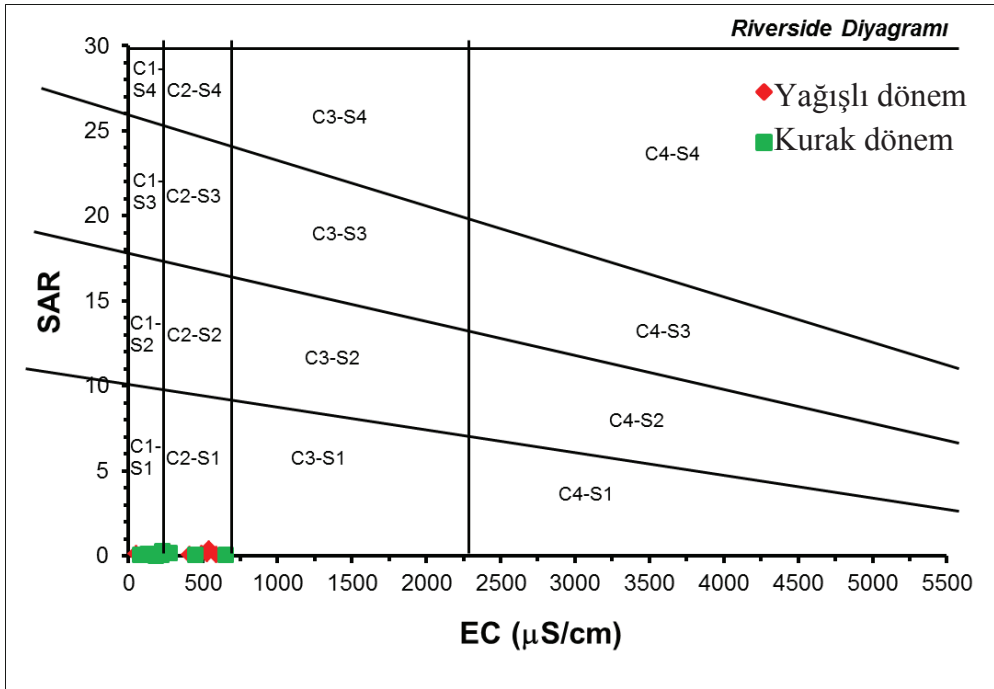
(b)

Şekil 3. Kurak dönem (a) ve Yağışlı dönem (b) örneklerin Schoeller diyagramındaki dağılımı

Figure 3. Schoeller plots of dry season (a) and wet season (b) water samples



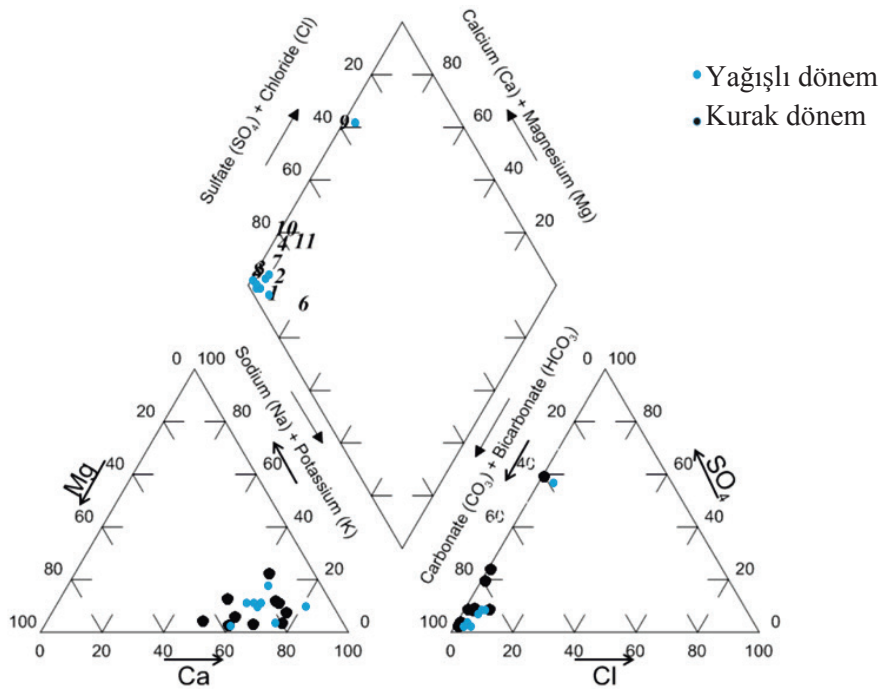
a



b

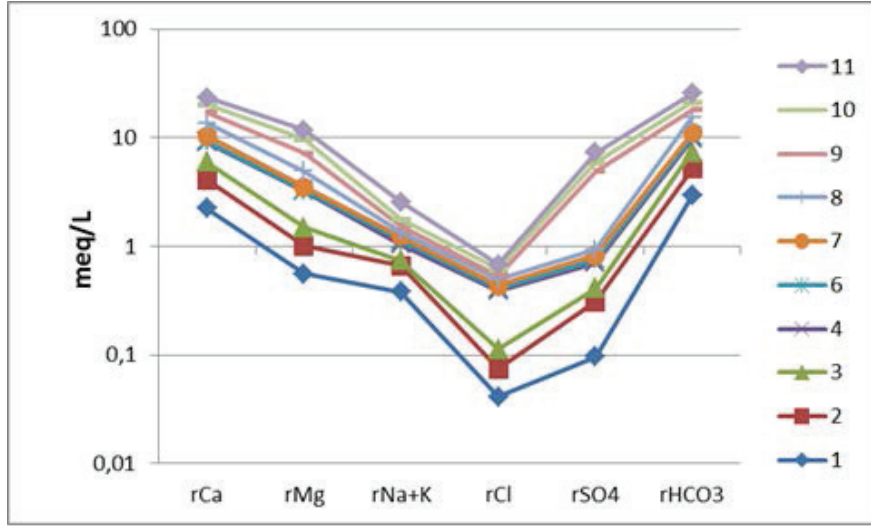
Şekil 4. Suların (a) Wilcox ve (b) SAR diyagramlarında konumu

Figure 4. Water samples distribution on (a) Wilcox and (b) the SAR diagram



Şekil 5. Su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi. (a) yağışlı ve (b) kurak dönem ölçümleri

Figure 5. Plot of water samples in Piper Diagram (a) wet and (b) dry season measurements



Şekil 6. Yağışlı dönemi örneklerin yarı-Logaritmik Schoeller diyagramı

Figure 6. Plot of water samples in semi-logarithmic Schoeller diagram for wet season measurements

Suların İzotop Analizleri

Suyun moleküllerini oluşturan oksijen ve hidrojenin izotopları, su ile birlikte hareket ettikleri için ideal birer izleyicidir (Mazor, 1991). İzotop analizleri ile Menteş havzasında yeraltı suyu dolaşım süresi ve yaklaşık 60 yıl üretim yapıldıktan sonra terk edilen Attepe maden sahasında oluşan baraj gölü sularıyla, Karaçat demir sahasında yeraltı işletmesi yapmak amacıyla açılan Yertaş galerisinde biriken yeraltısularının ilişkisi araştırılmıştır. Yertaş galerisinde üretim sırasında boşalan ve kontrol edilemeyen bu suyun, Attepe baraj gölünde biriken su ile bağlantılı olup olmadığını araştırmak amacıyla Attepe ocağından boşalan su (örnek no:9) ve Yertaş galerisinde boşalan yeraltı suyundan örnekler (örnek no:1) alınmıştır. Örneklerde Oksijen-18, Döteryum ve Tritiyum analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 7’de verilmiştir.

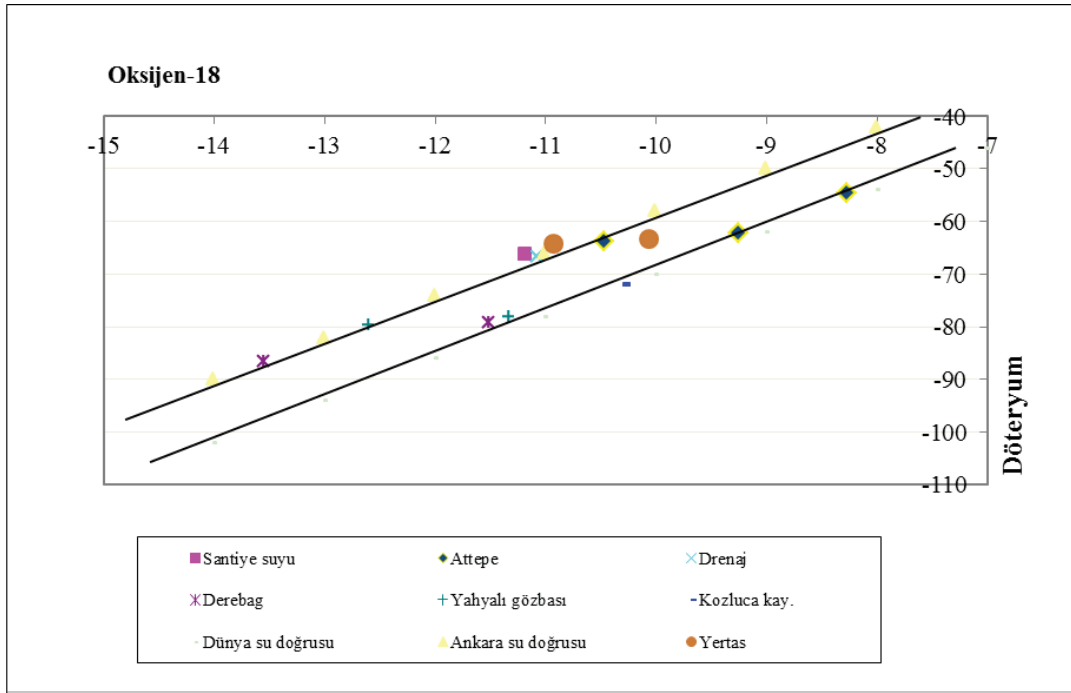
Çizelge 7’de görüldüğü gibi 1 ve 9 no’lu örneklerin Ekim dönemindeki Oksijen-18 ve Döteryum değerlerinde Nisan dönemine göre artış meydana gelmiştir. Yertaş galerisinde (1 no’lu

örnek) bu fark, ” yeraltısuyunun yağışlı dönemde beslenimi ile açıklanabilir. Bu sonuçlardan, buharlaşmanın etkisiyle Oksijen-18 ve Döteryum miktarları yüksek olan Attepe ocağında biriken suyun, Yertaş galerisinde yükselen yeraltısuyu ile bağlantısı olmadığı, döteryum fazlası verileri ve jeolojik profillere bağlı olarak söylenebilir. Attepe ocağında oluşan barajın sağ sahilinde yer alan kireçtaşlarının kuzeyde inceleme alanı içindeki kireçtaşları ile bağlantısının faylanmalarla, şistler tarafında kesildiği belirlenmiştir (Şekil 1). Örnek noktaları ile yakın civarında daha önce yapılan çalışmalardan alınan $\delta^{18}\text{O}$ (‰-10,93 - ‰-8,27), ve $\delta^2\text{H}$ değerleri (‰-64,18 -‰-54,58) kullanılarak $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiği çizilmiştir (Şekil 7). Derebağ şelalesi, Yahyalı -Gözbaşı Yıldız (2007) ve Kozluca kaynağı verileri Pelen vd. (2008)’ den alınmıştır. Sular meteorik su doğruları üzerinde ve bunların arasında dağılmaktadır. Bu sonuçlar çalışma alanı ve yakın civarındaki yeraltısularının meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Su noktalarının trityum değerleri ile yeraltısuyunun akiferden geçiş süresinin kısa, 5-10 yıllık sular olduğundan söz edilebilir.

Çizelge 7. Su noktalarının kurak ve yağışlı dönem Oksijen-18 (‰), Döteryum (‰), Tritiyum ve Döteryum fazlası d(-‰) verileri

Table 7. Oxygen-18, deuterium (‰), tritium (T) and deuterium excess contents of water samples in dry and wet season.

Ornek No	Tarih	O ₁₈ (‰)	D(‰)	T(TU)	d(-‰)
1	01.04.2014	-10,93±0,1	-64,18±0,25	5,68±0,49	23,26
	09.10.2014	-10.07±0,11	-63,23±0,85	< 5	17,33
9	01.04.2014	-9,25±0,15	-62,1±0,37	6,75±0,50	11,9
	09.10.2014	-8,27±0,003	-54,58±0,99	> 6	11,58



Şekil 7. Suların Oksijen-18, Döteryum diyagramındaki dağılımı

Figure 7. Plot of water samples in Deuterium and Oxygen-18 diagram

SONUÇLAR

Menteş havzası ve çevresinde Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan kireçtaşı ve dolomitler, yeraltısularının ana rezervuar kayacıdır. 43 km² lik bir alana sahip havzanın bütçe hesaplarının önemli bileşenlerinden yağış girdisi; Yahyalı, Develi, Musahacılı,

İncesu yağış istasyonunun yağış verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu çevre istasyonlarının kotları ile ortalama yıllık yağış miktarları arasındaki ilişki belirlendikten sonra, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-GIS) tabanlı ArcMap 9 (ESRI 2012) programı kullanılarak havzaya düşen yağış miktarı, 25,5 milyon m³/

yıl olarak hesaplanmıştır. Toplam yağışın yaklaşık 18.1 milyon m³/yıl' ının buharlaştığı, 3,1 milyon m³/yıl suyun yüzeysel akışa geçtiği ve 4,34 milyon m³/yıl' suyun da yeraltına sızdığı hesaplanmıştır. Yeraltısuyu beslenimi ağırlıklı olarak güney, güney doğu yönünden Elmadağ civarında yüzeyleyen rekristalize kireçtaşları ve dolomitlerden olmaktadır. Karaçat açık ocağında hiç su birikmemesi de suların noktasal beslenimle doğrudan akifere taşındığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ (-10,93 ‰ - -8, 27 ‰) ve $\delta^2\text{H}$ -64,18 ‰ - -54,58 ‰) değerleri, Ankara meteorik doğrusu ($\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 14,5$) ve Dünya meteorik su doğrusu ($\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 10$) ile karşılaştırılmış ve tüm sular Ankara meteorik doğrusu ile Dünya meteorik su doğrusu arasında kalmıştır. Sonuç olarak inceleme alanındaki suların meteorik kökenli olduğu söylenebilir.

Sular, karbonat sertliği %50' den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO₃ tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular, $r_{\text{Ca}} > r_{\text{Mg}} > r_{\text{Na}} > r_{\text{K}}$ ve $r_{\text{HCO}_3} > r_{\text{SO}_4} > r_{\text{Cl}}$ şeklinde bir katyon-anyon trendi sergilemiş olup, bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir ve sahadaki akiferlerin litolojik özellikleri ile örtüşmüştür.

pH aralığı 7,26 - 8,7 arasında değişen suların EC değerleri 47,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 642 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir. EC değerleriyle uyumlu olarak toplam iyon miktarları düşük olan suların iz ve metal element değerleri birkaç örnekte Fe, Mn, Ba değerleri hariç ihmal edilebilir düzeyde tespit edilmiş olup, TS 266 da verilen içme suyu limit değerleriyle uyumludur; dolayısıyla suların tümü sulama suyu için de uygundur.

Metal element değerleri ile karşılaştırıldığında Si, B, Br, Ga, Rb, Sr gibi bazı elementlerin değerlerinin oldukça yüksek olması

cevherleşmeden çok, bölgede tektonizma ile aşırı derecede örselenip porozitesi artmış kumtaşları ve kuvarsitlerin varlığı ve suların alkali karakteriyle açıklanabilir. Menteş havzasındaki demir yataklarında eser miktarda pirit mineralinin cevher minerallerine eşlik etmesine karşın, su kimyası verileri, havzada asit maden drenajı oluşmadığını göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu makale de idari ve mali desteklerinden dolayı İ.T.Ü. Maden Fakültesi Vakfı İktisadi İşletmeleri Maden Fakültesi yönetimine, arazi çalışmaları sırasında vermiş olduğu destekten dolayı Özkoyuncu Madencilik Şirketi yönetimine, genel müdür yardımcısı Şefik Akkoyunlu, Jeolojik araştırmalar müdürü, jeoloji Yük.Müh. Hakan Tayyar'a ve diğer çalışanlara teşekkürlerimizi sunarız.

EXTENDED SUMMARY

In this study hydrogeological and hydrogeochemical properties of the Menteş watershed, located in the Seyhan main basin area at the Kayseri-Yahyalı, were studied and groundwater quality and environmental impacts were determined.

*The study area covers an area of 43 km² with an annual average precipitation of 460 mm/year. Precipitation data, which are the main component of a water budget, were obtained from the local stations of the region, such as Yahyalı, Musahacılı, Develi, İncesu meteorological stations. The amount of precipitation for basin, 25,5*10⁶ m³/year, was calculated by using GIS and Arc-Map applications based on the relationship between precipitation and altitude. In the study area and its vicinity, there are Zamantı stream gauging stations administered by DSI (State Hydraulic Works). Using flow data of DSI for the*

Zamanti River, regional evapotranspiration (ET), surface runoff and base flow were calculated. Potential and real ET were calculated by the Penman methods and it is shown that 71 % of the total annual precipitation turns back to the atmosphere through ET and the rest 29 % flows either as surface water runoff or percolates to form groundwater.

Hydrochemical and isotopic analysis supports the hydrological and hydrogeological data. In order to represent aquifer characteristics of samples obtained from 15 locations, springs and a well within the research area have been examined. The groundwater has pH values ranging from 7,26 to 8,3, EC values ranging from 47,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 642 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and temperature changes between 7 – 19 °C. Piper and Schoeller semilogarithmic diagrams were both used in order to specify the dominant lithology in the formation of chemical composition, and to classify water samples with respect to their chemical composition. Results indicate that they generally show $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na} > r\text{K}$ and $r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$ character. Therefore carbonate rocks are dominant in the formation of chemical composition. The chemical composition of water samples is consistent with the lithological properties of the researched area.

The study area comprises Precambrian metaclastics, Lower Cambrian quartzite, Middle Cambrian recrystallized limestone, Ordovician metaclastics, Miocene conglomerate and recent alluvium. Recrystallized limestones are main aquifer within the studied area. Groundwater mainly recharge from the recrystallized limestone and dolomites in the south east of watershed around Elmadağ. Lack of water storage in the open pit mine field suggest that recharge directly infiltrate into the aquifer via sinkholes after heavy rains in Karaçat open mine field.

The $\delta^{18}\text{O}$ (-10,93 ‰ - -8, 27 ‰) and $\delta^2\text{H}$ (-64,18 ‰ - -54,58 ‰) values show that all water samples are located in between or on the Ankara meteoric line ($\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 14,5$) and Global meteoric line ($\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 10$) indicating that all water are of meteoric origin.

The major anion and cation values of the water samples are below the drinking water limit values (TS 266 and WHO). Trace elements including 66 parameters were analyzed by ICP-MS and more than 30 elements including Hg, Cd, Th and Ag stayed in below detection limits. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se and the other elements' values are low and can be ignored. In Mentesh watershed, although ore zones include slightly pyrite mineral, sulfate and pH values and Fe and Mn other metals and trace element values are low except for a few examples. This is due to the fact that calcite and dolomite mineral neutralizes the environment. The obtained results show that groundwaters located in Yahyalı iron mine fields and its close vicinity have drinking water quality.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Apeleton, J.D., Fuga R., McCall, G.J.H., 1996. Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A. Balkema Publishers, Holland.
- Arda, N., Tiringa, D., Ateşçi, B., Akça, A. ve Tufan, E. 2008. Yahyalı (Kayseri)-Mansurlu (Feke-Adana) yöresi demir sahaları maden jeolojisi ara raporu. MTARap. No: 11093, 75 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Arıkan, Y. 1968. Mansurlu (Feke-Yahyalı) demir zuhurları. MTA Derleme No:3992.
- Banks, D., Reimann, C., Skarphagen, H.1998. The comparative hydrochemistry of two granitic island aquifers: The Isles of Scilly, UK and the Hvaler Islands, Norway, Sci.Total Environ. 209, 169-183.
- Bedii, Y. ve Usta, D. 2006. Tufanbeyli-Feke-Kozan dolayının Paleozoyik stratigrafisi (Doğu

- Toroslar), Stratigrafi Komitesi 6. Çalıştayı, Bildiri Özleri, 22-23.
- Blodau C., 2006. A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watershed. *Science of the Total Environment*, 369, 307-332.
- Blumenthall, M. M. 1941. Niğde ve Adana vilayetleri dahilindeki Torosların jeolojisine umumi bir bakış. MTA Derleme No: 6.
- Çağatay, N ve Erler, A, 1993. Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler, TMMOB JMO yayınları No:32, ikinci basım
- Dağhoğlu, C., Bahçeci, A. ve Akça, İ. 1998. Attepe, Koruyeri (Mağarabeli), Hanyeri batısı (TDÇİ) jeoloji raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2823.
- Dağhoğlu, C. ve Arda, N. 2000. Koruyeri (Mağarabeli) ile Kovalı ve Mustafabeyli(TDÇİ Gen. Müd. lüğüne ait) demir sahalarının jeoloji raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2891.
- Dayan, S., Ünlü, T. ve Sayılı, İ.S. 2008. Adana-Mansurlu Attepe demir yatağının maden jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 32, 2008.
- Demirtaşlı, E. 1967. Pınarbaşı-Sarız-Mağara civarının jeoloji raporu. MTA Enst.Raporu, Rap. No: 1935, 129 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Doulati AF, Jodeiri SB, Bagheri M, Soleimani E., 2010. Investigation of pyrite oxidation and acid mine drainage characterization associated with Razi active coal mine and coal washingwaste dumps in the Azad shahr-Ramian region, northeast Iran. *Environ Earth Sci* 61,1547-1560.
- Downing B.W. ve Mills C., 2000. Natural Acid Rock Drainage. <http://technology.infomine.com/enviromine/ard/introduction/natural.htm>
- Edmunds, P. L. and Smedley, P.L., 1996. Groundwater geochemistry and health: an overview. In: *Environmental Geochemistry and Health, with special reference to developing countries.* Appleton, J.D., Fuge, R., McCall, G.J.H.(Eds), Geological Society special Publication No:113, pp, 91-105.
- Eken, E., 2012. Mağarabeli (Mansurlu – Feke havzası, adana) demir yatağının maden jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 139 s. Ankara(yayınlanmamış).
- Equenuddin SM, Tripathy S, Sahoo PK, Panigrahi Mki., 2010. Hydrogeochemical characteristics of acid mine drainage and water pollution at Makum coalfield, India. *J. Geochem. Explor* 105, 75–82.
- Ficklin WH and Mosier EL (1999) Field methods for sampling and analysis of environmental samples for unstable and selected stable constituents, in Plumlee, G.S., and Logsdon, M.J., eds., *The environmental geochemistry of mineral deposits, Part A: Processes, techniques, and health issues, Reviews in Economic Geology*, Littleton, Colorado, Society of Economic Geologists, Inc., 6A, 249–264.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Gürkan, A. 1966. Mansurlu-Feke demir zuhurları ön raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No:861.
- Henden, İ. 1974. Karaköy-Mansurlu demir zuhurları genel prospeksiyonu. MTA Derleme No:6394.
- Henden, İ. ve Önder, E. 1980. Attepe demir madeninin jeolojisi. *TJK Bülteni*, 23(1), 153-163.
- Jacobs JA, Lehr JH, Testa SMi., 2014. Acid mine drainage, rock drainage, and acid sulfate soils: causes, assessment, prediction, prevention, and remediation. Wiley, New York
- Karadeniz M., 2008. Asit Maden Drenajı ve Çözümü. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Oda Yayın No:146, 231 s.
- Karadeniz M., 2011. Balıkesir-Balya-Kurşun-Çinko Madeni Flotasyon Artıklarının Asit Maden Drenajı Oluşum Potansiyelinin Derinlikle Değişiminin Araştırılması. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kim J-Y, Chon H-T., 2001. Pollution of a water course impacted by acid mine drainage in the Imgok creek of the Gangreung coal field, Korea. *Appl. Geochem* 16:1387–1396.
- Küpeli, Ş., 1991. Attepe (Mansurlu-Feke) Yöresi Demir Yataklarının Jeolojik, Petrografik ve Genetik İncelemesi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 227 s., Konya (yayınlanmamış).
- Küpeli, Ş., 1998. Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) yöresi demir yataklarının jeolojisi ve kökeni. *C. Ü. Müh. Fak. Derg.*, Seri A-Yerbilimleri, 15 (1), 101-118.
- Lee J.Y. ve Chon J.Y., 2006. Hydrogeochemical Characteristics of Acid Mine Drainage in the

- Vicinity of an Abandoned Mine, Daduk Creek, Korea. *Journal of Geochemical Exploration*. 88, 37-40.
- Lucius, M., 1927. Antitoros silsilesinde, Zamantı Suyu ile Göksu arasında Faraşa demir madeni zuhurunda yapılan jeolojik taharriyat hakkında rapor. MTA Derleme No: 421, 84s.
- Mazor, E., 1991. Applied chemical and isotopic groundwater hydrology, OpenUniversity Pres, Celtic Court 22, Ballmoor Buckingham.
- Mitchell P., 2000. Prediction, Prevention, Control and Treatment of Acid Rock Drainage.In: Warhurst, A.ve Noronha, L. Eds. Environmental policy in mining – Corporate strategy and planning for closure. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 513 p.
- Örgün, Y., 2007. İstanbul yeraltısularının hidrojeokimyası. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 07-09 Aralık 2007, İstanbul. TMMOB JMO İstanbul Şb. Yayını, ISBN:978-9944-89-887-4
- Özgül, N. ve Kozlu, H. 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) yöresinin stratigrafisi ve yapısal konumu ile ilgili bulgular. TPJD Bülteni, 14(1), 1-36.
- Özyurt, N. ve Bayarı, S., 1999. Aladağ (Yahyalı-Kayseri) akiferinde fiziksel, kimyasal ve izotopik parametreler ile kloroflorokarbon yaşları arasındaki ilişkiler, Türkiye Jeoloji Bülteni, Türkiye 42(1), 97-103,
- Pelen N., Akdeniz U., Süral, A. U.,Başaran N., Türkileri S., 2008, Zamantı Regülatörü ve Derivasyon (Gıcık) Tüneli Yeraltısuyu Durumu ve İzotop Hidrolojisi, 3.Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, İstanbul
- Piper, A. M., 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25., 914-923.
- Shim MJ, Choi BY, Lee G, Hwang YH, Yang J-S, O'Loughlin EJ, Kwon MJ (2015) Water quality hanges in acid mine drainage streams in Gangneung, Korea, 10 years after treatment with limestone. *Journal of Geochemical Exploration* 159: 234-242.
- Şahin, M. ve Bakırdağ, L. 1985. Kayseri-Adana-Yahyalı, Delialıuşağı, Karakızoluğu gediği, Mağarabeli (güney bölüm) Hanyeri demir madeni jeoloji ve rezerv raporu. MTA Derleme No: 7635.
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 151-246, İzmir.
- Tabaksblat, L.S., 2002. Specific features in the formation of the mine water microelement composition during ore mining. *Water Resource* 29, 333–345.
- Tekeli, O. 1980. Toroslarda Aladağların yapısal evrimi. TJK Bülteni, Cilt: 23; s. 11-14.
- Tiringa, D. 2009. Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat demir yatağının maden jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 139 s., Ankara(yayınlanmamış).
- Tiringa, D., Ünlü, T. ve Sayılı, İ. S. 2009. Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat demir yatağının maden jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 33 (1), 1-43.
- Tiringa, D., Çelik, Y., Ateşçi, B., Akça, İ. ve Keskin, S., 2011. Kayseri-Adana havzası demir aramaları ve Menteşdere (Yahyalı-Kayseri) ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu. MTA Derleme No: 11435, 153 s.
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 151-246, İzmir.
- Ünlü, T. 2003. Attepe Demir Yatağı'nda Jeotermometrik Ölçüm Çalışmaları Makalesi Üzerine Eleştiri. *MTA Dergisi*, 126, 87-88.
- Yıldız, F. E. 2007, Kayseri – Sullansazlığı sulak alanı'nda yeraltı ve yerüstü suları ilişkisinin belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara
- US Environmental Protection Agency 2002. National recommended water quality criteria-2002. EPA/822-R-02- 047. Washington, DC: U.S. Environment Protection Agency..

Makale Geliş Tarihi : 27 Mayıs 2016

Kabul Tarihi : 2 Ağustos 2016

Received : 27 May 2016

Accepted : 2 August 2016

