

## EMET VE HİSARCİK BÖLGESİ (KÜTAHYA) YERALTI SUYU KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Gülçin ACAR<sup>1</sup>, Cem TOKATLI<sup>1\*</sup>, Esengül KÖSE<sup>1</sup>, Arzu ÇİÇEK<sup>2</sup>, Hayri DAYIOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kütahya

<sup>2</sup>Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Eskişehir

<sup>3</sup>Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya

\*cemtokatli@superposta.com

Geliş Tarihi:06.01.2012 Kabul Tarihi:06.02.2012

### ÖZET

Bu çalışma, 2010 yılı Kasım ayı içerisinde, Kütahya ili Emet ve Hisarcık ilçeleri civarında bulunan ve bölgeyi en iyi temsil edeceğini düşündüğümüz 10 istasyondan alınan yeraltı suyu örneklerinde, bazı fizikokimyasal (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, NO<sub>3</sub>-N ve NH<sub>4</sub>-N), inorganik (Al, As, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb, Ca, K, P, Na, Mg) ve mikrobiyolojik (toplam koliform) gözlemler yapılarak suların kalitesini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmamızın sonuçları, SPSS 11.5 paket programı kullanılarak varyans analizi uygulandıktan sonra “Tukey çoklu karşılaştırma testi”ne tabi tutulmuş ve elde edilen ortalama veriler arasındaki farkın önem durumu yorumlanmıştır. Ayrıca tespit ettiğimiz veriler, SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), TSE (Türk Standartları Enstitüsü), WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) kriterlerine göre değerlendirilmiş ve bölge sularının içme suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Emet, Hisarcık, Yeraltı suyu, Su kalitesi, ICP-OES*

## THE INVESTIGATION OF GROUNDWATER QUALITY IN THE AROUND OF EMET AND HİSARCİK (KÜTAHYA)

### ABSTRACT

This study was carried out in November 2010 to determine the quality of groundwater by some physicochemical (temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, oxygen saturation, NO<sub>3</sub>-N and NH<sub>4</sub>-N), inorganic (Al, As, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb, Ca, K, P, Na, Mg) and microbiological (total coliform) observations made in water samples taken from 10 stations in the around of Emet and Hisarcık (Kütahya), where we think will best represent the region. “Tukey multiple comparison test” was applied to the results by using the SPSS 11.5 package program and the importance of the difference between the average data were interpreted. Also water samples were evaluated according to the criteria of SKKY (Water Pollution Control Regulation), TSE (Turkish Standards Institute), WHO (World Health Organization) and EPA (U.S. Environmental Protection Agency) and we determined that, groundwater of the regions can not be used as drinking water.

**Keywords:** *Emet, Hisarcık, Groundwater, Water quality, ICP-OES*

### 1. GİRİŞ

Artan nüfus ve gelişen sanayiye bağlı olarak evsel ve endüstriyel atıklardaki artış, arıtılmaksızın deşarj edilen kanalizasyon suları, tarımsal ilaçlar vb. her tür kirletici, mevcut yeraltı sularını tehdit etmektedir [1]. Kirletilen su kaynağının temizlenmesinin, korunmasından daha güç ve pahalı olduğu bilinen bir gerçektir ve yeraltı sularının kirliliğinin kontrolü ve önlenmesi çalışmalarının gerekliliği tartışılmaz bir gerçektir [2].

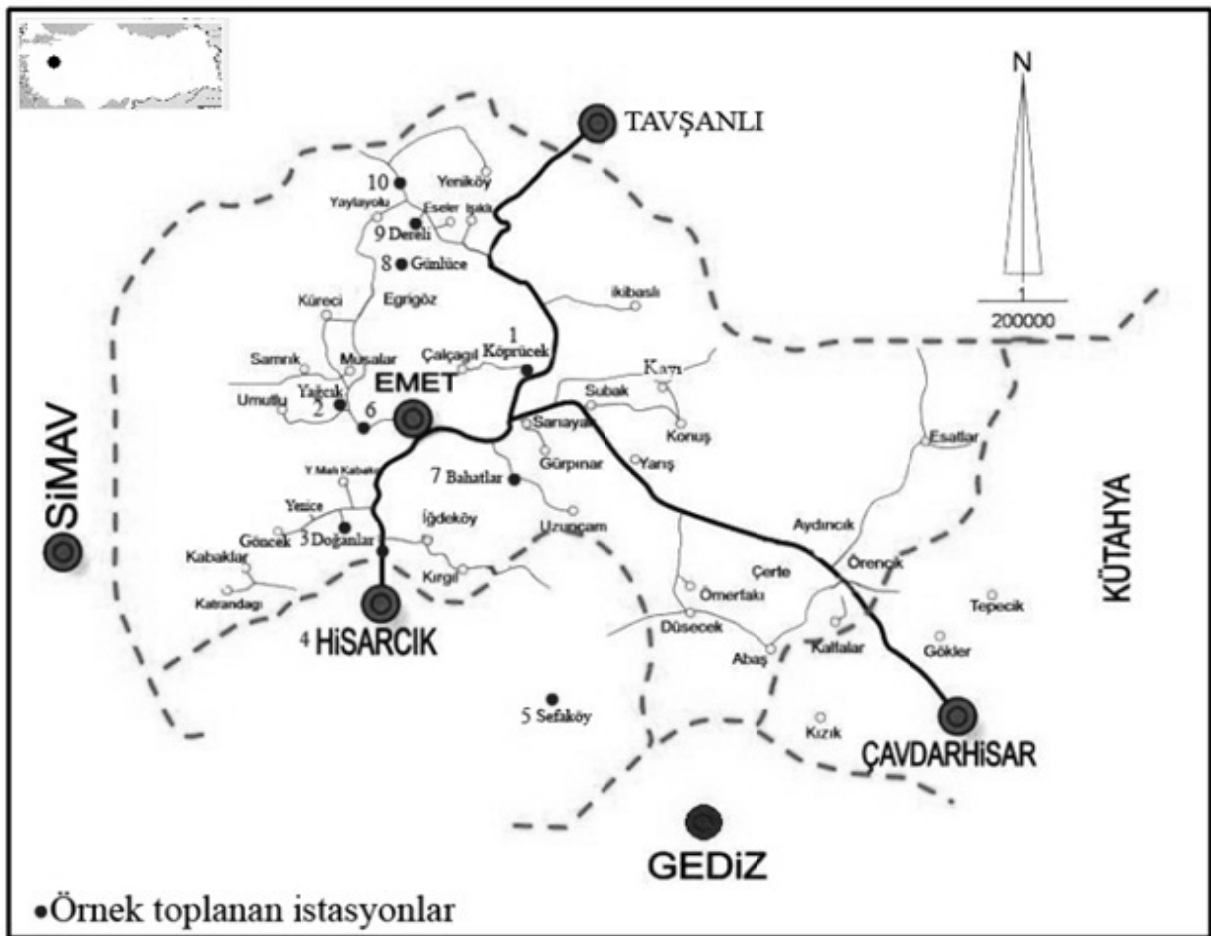
Çalışma alanımızı teşkil eden Emet ve Hisarcık bölgesinde en önemli aktiviteler, bor ve kömür işletmeleri ile termik santraldir. Bölgede, yeraltı sularının kalitesinin hem kimyasal hem biyolojik yönden ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda, Kütahya iline bağlı Emet ve Hisarcık ilçelerinin çevresinden seçtiğimiz 10 istasyondan alınan yeraltı suyu örneklerinde yapılan fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik araştırmalar sonucu, suların sulama ve içme suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması ve sonuçların SKKY, TSE, WHO ve EPA kriterlerine göre değerlendirilerek halk sağlığı açısından herhangi bir risk oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1.Çalışma Alanı

Emet ve Hisarcık Kütahya İli'nin güneybatısında yer almaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen bölgede; sebze ve meyve bahçeleri, çayır ve meralar, hububat, sanayi bitkileri, yem bitkileri ve yemeklik baklagil üretilen tarım arazileri bulunmaktadır. Ayrıca, hem büyükbaş hem de küçükbaş hayvancılık, kanatlı hayvan yetiştiriciliği ve arı yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Bölge de kullanılan gübreler; sülfat, nitrat, çinko ve potasyum ağırlıklıdır. Bölgedeki en önemli endüstri bor işletmeleridir. Ayrıca, demir, krom, kurşun, çinko, bakır, mangenez metalik madenleri, jeotermal enerji sahaları, kömür (linyit) ve çeşitli endüstriyel hammaddeler bulunmaktadır [3].

Çalışmamızda, 10 istasyondan (Sonbahar, 2010) su örnekleri alınmış (Şekil 1) ve analizleri standart yöntemlere göre yapılmıştır. Tespit edilen istasyonların koordinatları ve mevkileri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

**Tablo 1.** Örneklerin alındığı mevkiler ve koordinatları

Örnek No	Örnek Alınan Yer	Koordinatlar		Rakım (m)
1	Köprücek Su Tesisi-Emet İçme Suyu	39° 21.861' K	29° 19.601' D	1040
2	Yağcık Köyü-Kullanılan Su	39° 21.033' K	29° 13.670' D	701
3	Doğanlar Köyü-Tulumba Suyu	39° 17.362' K	29° 13.053' D	729
4	Hisarcık-Tulumba Suyu	39° 14.801' K	29° 12.150' D	767
5 (a)	Hisarcık-Sefaköy Kaplıcaları-Kaplıca Suyu	39° 12.273' K	29° 16.587' D	879
5 (b)	Hisarcık-Sefaköy Kaplıcaları-İçme Suyu	39° 12.273' K	29° 16.587' D	879
6	Emet Kaplıcaları-Kaplıca Suyu	39° 20.583' K	29° 15.382' D	877
7	Bahatlar-Tulumba Suyu	39° 19.822' K	29° 19.038' D	1100
8	Günlüce-Tulumba Suyu	39° 25.371' K	29° 18.915' D	1089
9	Dereli-Dalgıç Motor Suyu	39° 27.256' K	29° 15.798' D	639
10	Dereli Kaplıcaları-Kaplıca Suyu	39° 27.798' K	29° 15.956' D	578

## 2.2. Örnek Alımları ve Analizler

Araziden alınan örnekler araç tipi buzdolabı ile laboratuara getirilerek 24 saat içinde analize alınmıştır. Her istasyonda örnek alımları sırasında sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu Multi Ölçüm Cihazı (HQ40D) ile arazide, NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub> analizleri Merck spectroquant Multi colorimeter cihazı ile laboratuarda yapılmıştır. Su örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerde ise EMS (En Muhtemel Sayı) yöntemi kullanılmıştır ve sonuçlar TS 266'ya göre değerlendirilmiştir [4].

Mikrobiyolojik analizlerde kullanılmak üzere LST Broth besiyeri hazırlanmıştır (merck 1.10266). Besiyeri bileşiminde bulunan lauryl sulfatı, refakatçi floranın gelişimini baskılayarak yüksek düzeyde bulunan besin maddeleri ve fosfat tampon "laktozu yavaş kullanan" koliform bakterilerin daha hızlı gelişimini ve fazla miktarda gaz çıkışının sağlar. İnkübasyon sonunda gelişme saptanan tüplerde gaz çıkışı, durham tüplerinde gaz birikmesi ile belirlenmiştir [5].

Laboratuara getirilen su örnekleri, çözülmüş elementlerin belirlenmesi için öncelikle, 0,45 µm gözenek çaplı membran filtreden (selüloz nitrat) süzülür. Süzütüden alınan bir miktar su numunesi (1+1) nitrik asit ile hemen pH < 2'ye ayarlanmıştır. Örneğin asit derişimi % 1 (v/v) nitrik asite karşılık gelecek şekilde, uygun hacimde (1+1) nitrik asit (örnek; 20 ml örneğe 0,4 ml (1+1) HNO<sub>3</sub>) ilave edilmiştir. Tüp kapatılıp karıştırılarak, örnek analize hazır hale getirilmiştir. Çözülmüş elementlerin içerikleri ICP-OES Varian 720 ES cihazı ile ölçülmüştür [6].

Ayrıca toplam elementlerin belirlenmesi için (toplam krom ve toplam fosfor) iyi karışmış ve asitle korunmuş örnekten 100 ml ± 1 ml alınarak 250 ml'lik behere aktarılmış, ölçülmüş hacimde örnek içeren behere 2 ml (1+1) nitrik asit ve 1 ml (1+1) hidroklorik asit eklenmiştir. Çözeltilinin buharlaşması için, beher ısıtıcı üzerine yerleştirilmiştir. Beherin ağzı saat camı ile kapatılıp 85 °C'de yavaşça ısıtarak (kaynatmadan) örneğin hacminin yaklaşık 20 ml'ye inmesi sağlanmış, beherin soğuması için beklenmiştir. Örnek çözeltisi nicel olarak 50 ml balon jöjeye aktarılmış ve saf su ile 50 ml hacme tamamlanıp karıştırılmıştır. Bir gece bekleterek çözünmemiş katıların çökmesi sağlanıp, hazırlanmış örneğin bir kısmı berrak olana kadar santrifüj edilip (HETTICH Universal 320-R) ve 0,45 µm gözenek çaplı membran filtreden (selüloz nitrat) süzülür. Toplam elementlerin içerikleri ICP-OES Varian 720 ES cihazı ile ölçülmüştür [6].

## 2.3. İstatistiksel Analizler

Analizler her istasyon için altı tekrar olarak yapılmıştır. Altı tekrarın aritmetik ortalamaları hesaplanarak tablolar düzenlenmiştir. Tablolarda ortalama değerlerin sağında standart hataları (±) belirtilmiştir. Elde edilen verilere SPSS 11.5 Paket programı kullanılarak varyans analizi uygulandıktan sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Sonuçlar p<0,05 ise önemli kabul edilmiştir. Varyans analizi elementlerin istasyonlar arasındaki farklılığını belirtmek için yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

Emet ve Hisarcık bölgelerinde seçilen 10 istasyondan alınan yer altı su örneklerinde tespit edilen sıcaklık, pH, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri Tablo 2’de, NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub> değerleri ise Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 2.** Yer altı sularının fizikokimyasal özellikleri

Parametreler	İstasyonlar										
	1.	2.	3.	4.	5(a).	5(b).	6.	7.	8.	9.	10.
Sıcaklık (°C)	13,3	17,8	17,6	17,3	43,3	24,3	43,1	14,8	13,2	14,9	32,9
pH	7,43	7,44	7,45	7,45	7,41	7,46	7,41	7,46	7,44	7,43	7,40
Tuzluluk (‰)	0,26	0,46	0,60	0,44	0,51	0,56	0,29	0,18	0,26	0,87	0,71
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	418	828	1034	758	1395	1192	829	292	411	1385	1653
Çözülmüş oksijen (mg/l)	5,80	3,31	2,64	1,52	1,36	5,72	3,08	1,70	5,26	3,97	1,72
% Oksijen doygunluğu	63,1	38,1	29,5	17,3	25,2	80,4	56,7	19,1	58,5	43,7	27

**Tablo 3.** Yer altı sularının NO<sub>3</sub> (aralık değeri: 2,2-66,4) ve NH<sub>4</sub> (aralık değeri: 0,03-1,67) miktarları

İstasyonlar	Parametreler	
	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
1. istasyon	4,4 mg/l	*
2. istasyon	*	0,81 mg/l
3. istasyon	7,7 mg/l	*
4. istasyon	*	0,14 mg/l
5. istasyon (a)	*	*
5. istasyon (b)	*	*
6. istasyon	*	*
7. istasyon	21,4 mg/l	0,28 mg/l
8. istasyon	12,1 mg/l	*
9. istasyon	**	*
10. istasyon	*	*

(\* aralık değerinin altında, \*\* aralık değerinin üstünde).

Emet ve Hisarcık bölgeleri yeraltı sularından alınan örneklerin ICP-OES ile yapılan metal analiz değerleri Tablo 4’te verilmiştir. Bazı değerler ICP-OES’in ölçüm limitlerinin altında olduğu için tespit edilememiştir ve DLA (dedeksiyon limitlerinin altında) olarak belirtilmiştir.

**Tablo 4.** Yer altı sularının metal konsantrasyonları (mg/l)

Metaller	1. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	2. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	3. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	4. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	5. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	6. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	7. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	8. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	9. İstasyon $\bar{X} \pm SE$	10. İstasyon $\bar{X} \pm SE$
Alüminyum (Al)	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Kalsiyum (Ca)	51.83±0.72	149.17±28.42	129±0.86	42.42±6.01	78.42±0.74	33.57±0.91	46.95±3.18	64.78±1.98	32.57±2.08	68.75±13.28
Demir (Fe)	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Potasyum (K)	0.35±0.01	2.94±0.03	2.90±0.05	4.82±0.03	0.85±0.00	DLA	DLA	DLA	DLA	5.18±0.04
Magnezyum (Mg)	6.54±0.01	33.98±0.21	33.6±0.21	15.07±0.07	41.53±0.32	24.18±0.09	5.03±0.02	4.26±0.02	114.83±5.17	27.5±0.07
Sodyum (Na)	6.07±0.02	17.05±0.11	29.25±0.12	37.68±0.28	7.17±0.03	6.28±0.03	1.75±0.07	2.22±0.04	14.12±0.05	43.02±0.18
Nikel (Ni)	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Çinko (Zn)	0.07±0.00	0.55±0.02	0.08±0.00	0.46±0.00	0.08±0.00	0.09±0.01	1.8±0.21	1.67±0.01	0.04±0.00	0.04±0.00
Arsenik (As)	0.02±0.00	0.01±0.00	0.03±0.00	0.56±0.01	0.04±0.01	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.24±0.00
Bor (B)	0.01±0.00	4.34±0.03	0.59±0.02	0.38±0.00	0.07±0.00	0.02±0.01	0.10±0.04	DLA	0.02±0.00	1.27±0.01
Kadmiyum (Cd)	0.01±0.41	0.01±0.00	0.01±0.41	0.01±0.00	0.01±0.41	0.01±0.41	0.01±0.41	0.01±0.41	0.01±0.00	0.01±0.00
Krom (Cr)	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Bakır (Cu)	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
Mangan (Mn)	DLA	0.10±0.00	DLA	0.36±0.00	DLA	DLA	0.16±0.00	DLA	DLA	0.01±0.00
Fosfor (P)	0.47±0.01	0.01±0.00	0.06±0.03	0.16±0.05	0.04±0.02	0.08±0.04	0.10±0.04	0.01±0.01	0.01±0.01	0.48±0.01
Kurşun (Pb)	0.022±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.024±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00

X ± SE: Ortalama ± Standart hata  
DLA: Dedeksiyon limitinin altında

Bölgede tespit ettiğimiz 10 istasyona ait yer altı sularının mikrobiyolojik analizleri EMS yöntemi ile yapılmış ve Tablo 5’de verilmiştir.

**Tablo 5.** Yer altı sularının EMS yöntemi ile yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları

	1. Tüp (10 CC.)	2. Tüp (1 CC.)	3. Tüp (0,1 CC.)	100 cc’deki Koliform Bakteri Sayısı
1. İstasyon	-	-	-	0
2. İstasyon	+	+	-	240
3. İstasyon	-	-	-	0
4. İstasyon	-	-	-	0
5. İstasyon	+	+	-	240
6. İstasyon	-	-	-	0
7. İstasyon	-	-	-	0
8. İstasyon	+	-	-	23
9. İstasyon	+	+	+	240’dan fazla
10.İstasyon	-	-	-	0

Emet ve Hisarcık bölgesi yeraltı sularına element analiz sonuçlarına uygulanan “Tukey çoklu karşılaştırma testi” sonuçlarına göre, 4. , 6. ve 10. kuyuların As değerleri; 2., 3., 4. ve 10. kuyuların B değerleri; 4. ve 7. kuyuların Fe değerleri; 1., 4., 5. ve 10. kuyuların K değerleri; 4. ve 9. kuyuların Mg değerleri; 2., 4. ve 7. kuyuların Mn değerleri; 2., 3., 4., 5., 9. ve 10. kuyuların Na değerleri; 7. ve 8. kuyuların Zn değerleri hem birbirlerine hem de diğer kuyulara göre istatistiksel açıdan önemli derecede yüksektir ( $p<0.05$ ).

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Emet ve Hisarcık bölgesinde bulunan Köprücek, Yağcık, Doğanlar, Hisarcık, Sefaköy, Emet kaplıcaları, Bahatlar, Günlüce, Dereli ve Dereli kaplıcaları olmak üzere toplam 10 istasyonun fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri araştırılmıştır.

Elde edilen fizikokimyasal verilere göre 5. (a), 6. ve 10. istasyonların sıcaklıkları diğerlerine göre oldukça yüksektir. Bunu nedeni ise bu örneklerin kaplıca sularından alınmış olmasıdır. Genel olarak sıcaklık, gazlar hariç sudaki çözünürlüğü artırır. Bu nedenle kaplıca sularından alınan örneklerin oksijen değerlerinin düşük olması normal olarak değerlendirilmiştir. Sıcaklığın düşük olduğu 1., 7. ve 8. istasyonlardan alınan su örneklerinde tuzluluk değerlerinin ve elektriksel iletkenliklerinin diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Genel olarak yeraltı sularının pH değeri 6-8,5 arasındadır [7, 8, 9]. Buna göre istasyonlardan alınan su örneklerinin pH değerleri olması gereken aralıktadır. İstasyonların pH’ı 7’nin üzerinde olduğu için bazik olarak değerlendirilebilirler.

Tespit edilen  $\text{NO}_3$  değerleri çok değişkendir. Bu değişkenliğin başlıca sebepleri gübreleme ve sulama faaliyetleridir. 7., 8. ve 9. istasyonların  $\text{NO}_3$  değerlerinin 10 mg/l’nin üzerinde olması suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. Bu kirlenmenin sebebi tarımsal faaliyetler, zirai mücadele de kullanılan pestisitler ve evsel atıkların toprağa geçmesi oradan da yeraltı suyuna karışmasıdır. 9. istasyonun  $\text{NO}_3$  değerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün belirlediği 45 mg/l’nin üzerine olması nedeniyle içme suyu olarak kullanılması sağlık açısından son derece tehlikelidir. Ayrıca, bu suyun içme suyu olarak kullanılması bebeklerde ciddi kan hastalıklarının meydana gelmesine yol açabilir [10, 11, 12].  $\text{NH}_4$  değerleri  $\text{NO}_3$  değerleri kadar değişken değildir ve sınır değerlerin altındadır. Toprağa uygulanan  $\text{NH}_4$ ’ün hem toprakta geçirdiği sürede, hem de kuyuda kaldığı sürede nitrifikasyonla  $\text{NO}_3$ ’a dönüşmesi ve  $\text{NO}_3$  iyonunun  $\text{NH}_4$  iyonuna göre daha kolay yıkanması bunun nedeni olabilir [13].

Su örneklerinde Al, Ni ve Cr tespit edilememiştir. Bunun nedeni pH’ın bazikliğe daha yakın olmasından dolayı metallerin bazılarının tam olarak çözünememesi olabilir. Çünkü sedimentte ve suda asılı parçacıklara bağlı metaller ancak suyun asidik olması durumunda serbest hale geçer [14]. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre 2.,7. ve 8. istasyonlar Zn değerleri açısından 3. sınıf su kalitesine sahiptir [15]. Özellikle tarımda verimi

arttırmak için kullanılan yapay gübre ve pestisitlerin bileşimine Zn'nin girmesi Zn'nin sudaki derişimini artırır. Zn'nin 1 mg/l de öldürücü etkisi olduğu bilinmektedir [16, 17]. 7. ve 8. istasyonlarda Zn değeri 1 mg/l'nin üzerindedir ve Zn açısından riskli bölgelerdir.

Kurşun; doğal erozyonlarla ve havadaki kurşunun yağmurla taşınması sonucu suya geçer. Sularda kurşun yoğunluğu 0,1 mg/l'den az olduğu zaman buradaki canlılar için zehirleyici etkisi bulunmamaktadır [18]. Ancak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre 1. ve 4. İstasyonlarda tespit edilen Pb seviyeleri yüksektir ve bu bölgeler Pb açısından 3. sınıf su kalitesine sahiptir [15].

Kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarda bulunurlar. Kadmiyumun suda çözünürlüğü, kadmiyum kaynağındaki bulunuş şekline ve pH' a bağlıdır [19]. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre Emet Hisarcık bölgesi yer altı suları Cd değerleri açısından 3. sınıf su kalitesine sahiptir [15]. Yeraltı sularında kadmiyumun artması, zirai mücadele ve çimento sanayinde kullanılan kadmiyumlu atık suların karışmasından kaynaklanabilir [20, 21].

En yüksek As konsantrasyonuna sahip olan 4. istasyonun As değeri, en düşük As konsantrasyonuna sahip 2., 7. ve 8. istasyonlarının yaklaşık 56 katıdır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre 4., 6. ve 10. istasyonlar As açısından 4. sınıf su kalitesine sahiptir [15]. Arsenik pestisit ve herbisitlerin yapısında, yağlı boya sanayinde, seramikçilikte ve sülfirik asit üretiminde kullanılır [22]. Bu istasyonlarda As'nin yüksek çıkmasının nedeni tarımsal faaliyetlerden olan zirai mücadelede pestisit ve herbisit kullanımının fazla olması olabilir.

2. ve 10. istasyonlarda tespit edilen B konsantrasyonu oldukça yüksektir ve bu bölgeler bu element açısından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre 4. sınıf su kalitesine sahiptir [15]. 2. İstasyonda tespit edilen bor konsantrasyonu, en düşük B konsantrasyonuna sahip 1. istasyonun yaklaşık 434 katıdır. Atık sularda ve arıtma çamurundaki borun; temel kaynağı evlerde temizleme amacı ile kullanılan deterjanların içerdikleri beyazlatıcı madde olan %10-25'lik perborattır. Atık sular içinde bulunan B bileşikleri yüksek çözünürlükleri nedeniyle arıtma işlemi sırasında tutulamamakta ve büyük kısmı sulara karışmaktadır [23]. Ayrıca deniz, sıcak su kaynakları ve bor maden işletmelerinin bulunduğu bölge yakınlarındaki toprakların ve sulama sularının bor miktarları yüksektir. Bunun yanında fosfat gübrelerinde, 5-115 ppm B bulunur [24]. 2. ve 10. istasyonlar hariç su örneklerinde B konsantrasyonları olması gereken sınırlar içerisindedir. Emet ve Hisarcık bölgelerinde bor rezervlerinin bulunması, ayrıca Emet'teki Eti Bor fabrikasının varlığı bor değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur. Buna göre Bor fabrikasının atıklarını, borik asit fabrikası atık barajı kapasite artışı ve malzeme ocakları 2011 ÇED raporunda belirttiği gibi, üretim artışına paralel olarak atık barajlarının kapasitesinin artırıldığı, malzeme ocaklarının geçirimsiz, geçirimli ve kaya malzeme alanları şeklinde oluşturulduğu bilgisi B konsantrasyonlarının düşük çıkması ile doğrulanmıştır [25].

Mikrobiyolojik analiz olarak laboratuarda EMS yöntemi kullanılarak koliform sayımı yapılmış ve sonuçlar TS266'ya göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda 1., 3., 4., 6., 7. ve 10. istasyonların koliform bakımından TS266'ya göre temiz, diğer istasyonların ise koliform bakımından kirli olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik olarak kaliteli bir yeraltı suyunda, 100 ml'deki koliform bakteri sayısının 2,2'den az olması ve bu bakterilerin 24 saat agar plakta inkübe edildiğinde, ml'de 100'den fazla olmaması istenir [26]. Bu bilgilere göre koliform yönünden bazı istasyonların kirli olmasının nedeni, tarımdaki aşırı gübreleme işlemi, hayvancılıkta dikkat edilmesi gereken bakım kurallarına uyulmaması sonucu hayvanların dışıklarının suya karışması ve kanalizasyon sularının yeraltı sularına karışması olarak düşünülmüştür.

Suların içme suyu olarak kullanılabilmesi için TSE (Türk Standartları Enstitüsü), WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı)'nın belirlemiş olduğu limit değerlere uygunluk göstermesi gereklidir. TSE standartlarına göre; 2. istasyon koliform, Mn ve NH<sub>4</sub> yönünden; 4. istasyon As, Fe ve Mn yönünden; 5. ve 8. istasyonlar koliform yönünden; 6. istasyon As yönünden; 7. istasyon Mn ve Zn yönünden; 9. istasyon koliform, NO<sub>3</sub> ve Mg yönünden ve 10. istasyon ise As yönünden mevzuata göre kabul edilebilir maksimum değerlerin üzerindedir [27]. WHO limitlerine göre örnekler değerlendirildiğinde; 2., 5., 8. ve 9. istasyonlardaki koliform değerleri ile 9. istasyonun NO<sub>3</sub> değeri standartların üzerindedir. 4., 6. ve 10. istasyonlardaki As değerleri de standartların üzerindedir [28]. EPA limitlerine göre örnekler değerlendirildiğinde ise 2., 5., 8. ve 9. örneklerin koliform değerleri ile 9. istasyonun NO<sub>3</sub> değerleri EPA limitleri üzerindedir. Yine EPA limitlerine göre 4., 6. ve 10. istasyonlardaki As değerleri standartların üzerindedir. Fe değeri 4. istasyonda, Zn değeri 7. istasyonda standartların üzerindedir. Bu sebeplerden dolayı bu sular içme suyu olarak kullanılamazlar [29].

Bu alışmada, Emet ve Hisarcık yoresindeki yeraltı suları fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik açıdan araştırılmıştır. Analizler sonucunda tespit edilen değerler SKKY, WHO, EPA, TS266'da verilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, yer altı sularının içme suyu olarak kullanılmasının halk sağlığı açısından tehlikeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## KAYNAKÇA

- [1] Davraz, A., 2010. Isparta ve Jeoloji; Isparta Ovasının Hidrojeoloji İncelemesi. SDUGEO e-dergi, yıl 1, sayı 4, 20-24 s.
- [2] Tombul, M. ve Bilgin, M., 1998. Eskişehir Yeraltı Sularının Kirlenme Sebepleri ve Kirlenme Düzeyi. In: Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, Kayseri, Turkey, 22-24 Haziran.
- [3] Kütahya İl evre Durum Raporu, 2008.
- [4] Megep (Mesleki Eđitim Ve đretim Sisteminin Gclendirilmesi Projesi), 2007. Gıda Teknolojisi Koloni Sayımı, Ankara.
- [5] www.mikrobiyoloji.org
- [6] EPA METHOD 200.7. 2001. Determination Of Metals And Trace Elements In Water And Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
- [7] Clarke, F.E., 1966. Significance of chemistry in water well development: Cento Symposium on Hydrology and Water Resources Development, Proceedings, 367- 390.
- [8] Stevens, H.H., Ficke, J.F. ve Smoot, G.F., 1975. Water temperature- influential factors, field measurement and data presentation: Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geol. Survey, Chapter D1, Book 1, 65p.
- [9] Kelly, G. J., 1983. Assesment and control of corrosion in groudwater: Papers of the International Conference on Grounwater and Man- Vol.2: Water Resources Council Conf. Series No. 8, 185- 195.
- [10] Uslu, O. ve Trkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü T.C. Başbakanlık evre Genel Mdrlđ Yayınları Eđitim Dizisi 1, Ankara.
- [11] Bouchard, D. C., Williams, M. K. ve Surampalli, R. Y., 1992. Nitrate contamination of groundwater: sources and potential health effects. J. Am. Water Work Assoc. 84, 85-90.
- [12] Aiuppa, A., Belomo, S., Brusca, L., D'Alessandro, W. ve Federico, C., 2003. Natural and anthropogenic factors affecting grounwater quality of an active volcano (Mt. Etna, Italy). Applied Geochemistry, 18, 863-882.
- [13] Mengel, K. ve Kirkby, E.A., 1987. Principles of Plant Nutrution. 4thEdition. International Potash Institute Bern, Switzerland.
- [14] Karadede, H., 1997, Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması, Yüksek lisans tezi, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 72 s.
- [15] SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- [16] Mutluay, H. ve Demirak, A., 1996. Su Kimyası. Beta Basım Yayım Dağıtım A.S., 1. Baskı, İstanbul.
- [17] zkan, F., Ger, M., Karayakar, F., Koyuncu, E., Dönmez, E. ve Sağlantımur, B., 1997. Mersin Yoresinde Ekonomik Deđere Sahip ipura (*Sparus aurata* L., 1758), Barbun (*Mullus barbatus* L., 1758) ve Kefal (*Mugil cephalus* L., 1758) Türlerinde Bakır, inko ve Kadmiyum Birikimi. IX. Ulusal Su rnleri Sempozyumu, 17-19 Eylül 1997, Egirdir-Isparta.



- [18] Denny, P., Hart, B, T., Lasheen, M, R., Subramanian, V. ve Wong, M, H., 1987. Group Report: Lead, Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic In The Environment. In: S.C.O.P.E. of the I.C.S.U. (Hutchinson, T, C., Meema, K, M., -eds.). Canada.
- [19] Bebek, M.T., Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, sf. 16-65, Haziran, 2001.
- [20] Parlak, H., 1989. *Girella punctata*'nın Karaciğerindeki Proteinlere Bağlı Çinko Miktarı Üzerine Kadmiyumun Etkileri. Doğa TU Biyol. (Genetik, Mikrobiyoloji, Moleküler Biyoloji, Sitoloji) 13 (2), 97-104.
- [21] Dopson, S., 1992. Cadmium-Environmental Aspects. Environmental Health Criteria. World Health Organization, 135s. Genova.
- [22] Baş, L. ve Demet, Ö., 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. Çevre Dergisi, sayı:5.
- [23] Scheffer, F. ve P. Schachtschabel, 1989. *Lenburch der Bodenkunde*. 12 Aufl. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (442).
- [24] Kabata-Pendias, A. ve H. Pendias, 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*. 2nd Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor London.
- [25] [www.etimaden.gov.tr](http://www.etimaden.gov.tr)
- [26] Serdaroğlu, N., 1976. Su, Filtrasyon, Yumuşatma, Dezenfeksiyon, Perodit Yayınları, Yayın no: 8, İstanbul.
- [27] Türk Standartları Enstitüsü, 1997. TS 266, Sular-İçme ve Kullanma Suları, TSE, TSE Yayınları, Ankara.
- [28] WHO, 2007. Dünya Sağlık Örgütü, İçme Suyu Standardı. [http://who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq](http://who.int/water_sanitation_health/dwq).
- [29] EPA, 2007. Amerika Çevre Koruma Ajansı, İçme Suyu Standardı. <http://www.epa.gov/safewater/consumer>

