



## An investigation on physical, chemical and microbiological quality of drinking water in Erzurum city

### Erzurum ili şebeke sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri üzerine bir araştırma

Banu Tuluk<sup>1</sup>, Figen Kayserili Orhan<sup>2</sup>, Kamber Kaşalı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup>Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Erzurum, Turkey

<sup>3</sup>Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Erzurum, Turkey

#### Abstract

**Objective:** Because of growth in human population, decrease in usable water resources makes this resource significantly more important for these days. Idea to treat surface water in order to obtain drinking water became prominent. In this study, the aim was to analyze the drinking water obtained from the treatment of surface water in Palandöken Dam (which supplies drinking water in Erzurum), rain waters, and finally snow, which joins drinking water by melting during summer period, using parameters of Regulation on Water Intended for Human Consumption, in terms of physical, chemical and microbiological aspects.

**Materials and Methods:** By following rules of sample taking, the samples that are taken from 9 different station between June 2015 and August 2015 were analyzed as physically (colour, turbidity, odour, flavor, conductivity, pH), chemically (fluoride, chloride, nitrite, nitrate, sulfate, ammonium) and microbiologically (*E.coli*, Coliform bacteria) and the results were evaluated according to the regulations.

**Results:** According to the physical analysis of drinking water of contemporary water network, all the tested samples have pure features for parameters of color, turbidity, odour and flavor and also conductivity and pH values of samples are in line with the regulations of drinking water. In respect to the chemical analysis of drinking water, it has found that there is no nitrite in samples and the values of nitrate, sulfate, ammonium are in line with the drinking water regulations. Considering the microbiological analysis of drinking water, pollution were found in three different stations in different months.

**Conclusion:** After the results were evaluated, it is found that while the (drinking water) obtained from purified (surface) water, meets the physical and chemical criteria of related regulations. However, microbiologically pollutions were found in some stations.

**Keywords:** City Of Erzurum; Drinking Water; Quality Parameters.

#### Öz

**Amaç:** Hızlı nüfus artışına rağmen, kullanılabilir su kaynaklarının her geçen gün azalması, zaten önemli olan suyu, günümüzde daha da önemli kılmış ve yüzeysel sularının arıtılarak içme suyu olarak kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, 2008 yılında faaliyete geçen Palandöken Barajı'ndan gelen yüzeysel suyun arıtılmasıyla elde edilen ve Erzurum ilinin içme suyu ihtiyacını karşılayan içme sularının; yağmur ve kar sularının eriyerek içme-kullanma sularına karıştığı yaz ayları boyunca bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri yönünden incelenmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntemler:** Haziran-Ağustos 2015 tarihleri arasında ayda bir kez, şehir merkezinin 9 farklı noktasından, numune alma kurallarına uygun olarak alınan numuneler; bazı fiziksel (renk, bulanıklık, koku, tat, elektriksel iletkenlik, pH), kimyasal (florür, klorür, nitrit, nitrat, amonyum, fosfat, sülfat) ve mikrobiyolojik (*Esheria coli*, koliform bakteri) kalite parametreleri yönünden incelenmiş ve elde edilen sonuçlar İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Şebeke suyunun, fiziksel analizleri sonucunda; analiz edilen tüm numunelerin renk, bulanıklık, koku, tat, parametreleri kendine has özellikte, elektriksel iletkenlik ve pH değerleri ise ilgili yönetmelik sınır değerleri altında bulunmuş olup, kimyasal analizleri sonucunda; tüm numunelerde nitrit belirlenmezken, florür, klorür, nitrat, amonyum, fosfat ve sülfat değerleri ilgili yönetmeliğin sınır değerlerinin altında bulunmuştur. Mikrobiyolojik analizler sonucunda ise; üç istasyonda değişik aylarda kirlilik tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Sonuçlar değerlendirildiğinde; Erzurum iline içme suyu sağlayan yüzeysel suyun arıtılması ile elde edilen şehir şebeke suyu analizi yapılan fiziksel ve kimyasal parametreler bakımından ilgili yönetmeliğe uygun bulunurken, mikrobiyolojik açıdan bazı noktalarda kirlilik tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Erzurum İli; İçme Suyu; Kalite Parametreleri.

Received: 08.08.2016

Accepted: 02.11.2016

#### Corresponding Author

Figen Kayserili Orhan, Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Erzurum, Turkey

E-mail: figen.kayserili@hotmail.com

#### GİRİŞ

Hayatımız için son derece önemli olan su ne yazık ki kirlenmeye oldukça müsaittir. Bir çok etmen (yer altı depolama tanklarından sızıntılar, tarımsal akıntılar, elverişsiz endüstriyel uygulamalar, madencilik

uygulamaları, atık kimyasalların toprağa sızıntısı, korozif sular ve kanalizasyonlar) içme-kullanma sularında kirliliğe yol açmaktadır (1).

Dünya nüfusunun yaklaşık %20'si güvenilir olmayan içme suyu kullanmakta, yılda ikiyüz milyon civarında insan su ile ilişkili hastalıklara yakalanmakta ve iki milyondan fazla insan, sağlıklı olmayan sular nedeniyle yaşamını yitirmektedir. Ayrıca yeryüzündeki tüm hastalıkların yarısına yakını sularla ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır (2).

Suyun temizlik ve içilebilirlik gerekliliklerini belirleyerek insan sağlığını korumak amacıyla, 1998'de yayımlanan Avrupa Birliği İçme Suyu Direktifi'ne paralel olarak, ülkemizde 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik' 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiş, 2013 yılında da bazı değişiklikler yapılmıştır. Bu yönetmeliğe göre; içme-kullanma suyu: genel olarak içme, evsel amaçlar, gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orjinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım aşısından temin edilen ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular olarak tanımlanmakta olup, suyun organoleptik ve mikrobiyolojik kalitesi ve aynı zamanda içme suyu arıtımının yapılması durumunda, bu arıtımın (özellikle dezenfeksiyon) etkili olup olmadığı, hakkında düzenli bilgi sağlamak amacı ile kontrol-izleme parametreleri ve sınır değerleri belirtilmiştir (3,4).

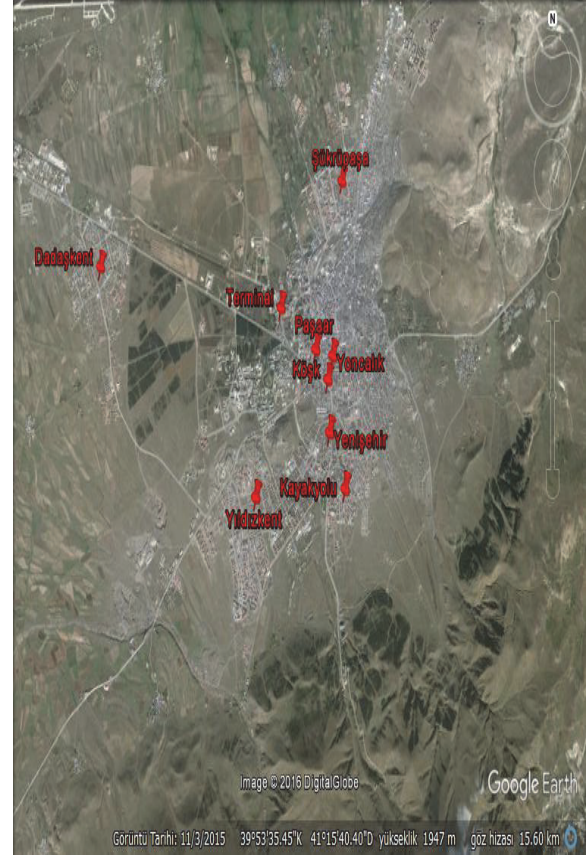
Bu çalışmada, Palandöken Barajından gelen yüzeysel suyun arıtılmasıyla elde edilen Erzurum ili şebeke suyunun, yaz ayları boyunca bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri bakımından gözlemlenmesi, özelliklerinin ortaya konulması, elde edilen sonuçların; ilgili yönetmelik dikkate alınarak incelenmesi, aylara göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

2015 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında birer kez olmak üzere, aynı şebeke dağıtım sistemine dahil olan ve genel olarak tüm şehri temsil edecek şekilde (arıtma tesisi çıkışı temsil eden Yıldızkent'te bir nokta, nüfusun yoğunlaştığı her semtten bir nokta seçilerek), 9 noktadan düzenli olarak numune alınmıştır. Numune alma noktalarını gösteren harita Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu noktalardan numune alma kurallarına uygun alınan toplam 27 adet su örneği ilgili yönetmelik doğrultusunda analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Numunelerin; fiziksel ve kimyasal analizleri Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında, mikrobiyolojik analizleri Atatürk Üniversitesi Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarında tarafımızca yapılmıştır. Renk, bulanıklık, koku ve tat analizleri organoleptik olarak yapılırken, pH ve elektriksel iletkenlik analizleri (numunenin alındığı yerde), multiline pH-iletkenlik ölçer kullanılarak, florür, klorür, nitrit, nitrat, fosfat ve sülfat analizleri iyonkromatografi cihazı

kullanılarak, amonyum analizi ise spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Seçilen numune alma noktaları (5)

Mikrobiyolojik parametrelerden *E.coli* ve koliform bakterilerinin tespiti için; 250 ml'lik steril tiyosülfat içeren numune kaplarına alınan numuneler, bekletilmeden laboratuvara götürülmüş ve analize alınmıştır. *E. coli* ve koliform bakterilerinin tespit ve sayımı TS EN ISO 9308-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. 100 ml su numunesi 0.45 µm por çaplı filtre kullanılarak membran filtreden süzülmüş ve CCA agar besiyeri (Hypet Aqua) üzerine konularak 36±2 °C'de 21±3 saat inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra bakteri üremesi görülen plaklarda standartta belirtildiği şekilde doğrulama yapılmıştır (6). Ayrıca kalite kontrol suyu olarak *E. coli* ATCC 25922 suşu kullanılmıştır (3,4,6). Yapılan analizler ve kullanılan yöntemler Tablo 1'de verilmiştir.

## İstatistiksel Analiz

Çalışma verileri üç ay boyunca elde edilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılımına Shapiro Wilk testi ile bakılmıştır. İki grup arasında sürekli değişkenlerin kıyaslanmasında; normal dağılım şartı sağlandığı durumda tekrarlı ölçümlerde t testi, sağlanmadığı durumda friedman testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak alınmıştır.

Tablo 1. Yapılan analizler, kullanılan yöntem, metod ve sınır değerleri

Yapılan Analiz	Kullanılan Yöntem-Cihaz	Kullanılan Metod	Sınır Değer		
			İ.T.A.S.H.Y <sup>1</sup>	TS 266 <sup>2</sup>	98/83 EC <sup>3</sup>
Renk	Organoleptik	Organoleptik yöntem	Anormal değişim yok	Kendine has	Anormal değişim yok
Bulanıklık	Organoleptik	Organoleptik yöntem	Anormal değişim yok	-	Anormal değişim yok
Koku	Organoleptik	Organoleptik yöntem	Anormal değişim yok	Kendine has	Anormal değişim yok
Tat	Organoleptik	Organoleptik yöntem	Anormal değişim yok	Kendine has	Anormal değişim yok
pH	Elektrometrik/ WTW MultiLine P4	TS EN ISO 10523	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5
Elektriksel İletkenlik	Elektrometrik/ WTW MultiLine P4	SM 2510 B	2500µs/cm	2500µs/cm	2500µs/cm
Florür	İyon kromatografik/ Dionex ICS 3000	EPA 300.1	1,5 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L
Klorür	İyon kromatografik/ Dionex ICS 3000	EPA 300.1	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L
Nitrit	İyon kromatografik/ Dionex ICS 3000	EPA 300.1	0,5 mg/L	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Nitrat	İyon kromatografik/ Dionex ICS 3000	EPA 300.1	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L
Amonyum	Spektrofotometrik Spektroflex 6600	Kit metodu(Merck)	0,5 mg/L	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Fosfat	İyon kromatografik/ DionexICS 3000	EPA 300.1	-	-	-
Sülfat	İyon kromatografik/ DionexICS 3000	EPA 300.1	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L
<i>E. coli</i>	Membran filtrasyon	TS 9308-1	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
Koliform bakteri	Membran filtrasyon	TS 9308-1	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml

1. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik,

2. TS 266: Türk Standartları Enstitüsü, TS 266,

3. Official Journal of the European Communities. Council Directive 98/83/EC.

## BULGULAR

Analiz edilen tüm su numunelerinin; renksiz, kokusuz ve normal tatta olduğu belirlenmiştir, pH (7,48-8,61) ve elektriksel iletkenlik değerleri (232-260µs/cm); ilgili yönetmeliğin sınır değerleri içerisinde bulunmuştur. Numunelerde nitrit belirlenmezken; florür (0,10-0,20 mg/L), klorür (15,81-21,87 mg/L), nitrat (1,03-2,18 mg/L), fosfat (1,38-1,44 mg/L), sülfat (18,54-24,48 mg/L) ve amonyum (0,06-0,19 mg/L) değerleri yönetmelikte belirtilen sınır değerinin oldukça altında bulunmuştur.

Mikrobiyolojik olarak üç ayrı noktada, sadece koliform bakteri üremesi görülmüş (ağustos ayında şükürpaşa ve paşalar semti, temmuz ve ağustos ayında yoncalık semti), *e. coli* açısından hiçbir bölgede kirlilik tespit edilmemiştir.

İstatistiksel analizlerde pH, elektriksel iletkenlik, florür, klorür, nitrat ve amonyum değerleri için aylar arasındaki fark anlamlı bulunurken ( $p < 0,05$ ), sülfat değeri anlamsız bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Fiziksel ve kimyasal parametrelere ait medyan değerleri Tablo 2'de, istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Fiziksel ve kimyasal parametrelere ait medyan değerleri

MEDYAN	HAZİRAN 2015	TEMMUZ 2015	AĞUSTOS 2015
Elektriksel İletkenlik(µs/cm)	238,00	246,00	257,00
pH	8,50	8,23	7,79
Amonyum(mg/L)	0,08	0,08	0,11
Florür(mg/L)	0,19	0,17	0,12
Klorür(mg/L)	17,41	19,36	21,05
Nitrat(mg/L)	1,84	1,63	1,10
Sülfat(mg/L)	20,62	22,21	23,61

Tablo 3. İstatistiksel analiz sonuçları

		ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	ki-kare	P	Post-hoc
Elektriksel İletkenlik (µs/cm)	Haziran	238,33	5,98	238,00	232,00	252,00	18,000	<0,001	Haziran -ağustos
	Temmuz	246,89	4,08	246,00	242,00	255,00			
	Ağustos	256,56	2,51	257,00	251,00	260,00			
pH	Haziran	8,48	0,11	8,50	8,28	8,61	18,000	<0,001	Haziran -ağustos
	Temmuz	8,23	0,11	8,23	8,07	8,38			
	Ağustos	7,76	0,12	7,79	7,48	7,87			
Amonyum (mg/L)	Haziran	0,09	0,04	0,08	0,06	0,19	12,235	0,002	Haziran -ağustos
	Temmuz	0,09	0,02	0,08	0,06	0,12			
	Ağustos	0,11	0,03	0,11	0,07	0,16			
Florür (mg/L)	Haziran	0,19	0,01	0,19	0,17	0,20	18,000	<0,001	Haziran -ağustos
	Temmuz	0,16	0,02	0,17	0,13	0,18			
	Ağustos	0,12	0,01	0,12	0,10	0,13			
Klorür (mg/L)	Haziran	17,70	1,60	17,41	15,81	20,58	9,556	0,008	Haziran -ağustos
	Temmuz	19,65	0,85	19,36	18,67	21,12			
	Ağustos	20,90	0,92	21,05	19,31	21,87			
Nitrat (mg/L)	Haziran	1,66	0,39	1,84	1,20	2,18	11,371	0,003	Haziran -ağustos
	Temmuz	1,42	0,30	1,63	0,98	1,73			
	Ağustos	1,18	0,25	1,10	1,03	1,82			
Sülfat (mg/L)	Haziran	21,45	2,06	20,62	18,54	24,70	3,556	0,169	Yok
	Temmuz	22,21	0,95	22,21	20,36	23,78			
	Ağustos	23,35	0,83	23,61	21,75	24,48			

## TARTIŞMA

İçme suyunun estetik açıdan uygunluğu söz konusu olduğunda renk istenmez ve içilen suyun berrak olması gerekir. Sudaki herhangi bir bulanıklık muhtemel bir atık su karışması ile bağdaştırılır (8). Estetik olarak güven vermeyen şebeke suyundan dolayı insanlar, hijyenik olup olmadığını önemsemeden farklı içme suyu kaynağı arayışına girmektedirler (9). Çalışmamızda, seçilen tüm noktalardan alınan numuneler renk, bulanıklık, koku, tat bakımından yönetmeliğe uygun bulunmuştur.

pH; sulardaki kimyasal reaksiyonlar ve biyolojik yaşam için önemli bir faktördür. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), aşırı alkali veya aşırı asidik suların insan sağlığı için çeşitli problemler yarattığını bildirmekte ve bu nedenle, pH değeri 8'in altında olan suları içilebilir veya iyi içme suyu olarak nitelendirilmektedir (10,11).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin pH değeri 7,48-8,61 arasında bulunmuş olup, bu değerler ilgili yönetmeliğin sınır değerleri (6.5-9.5) içerisinde yer almaktadır.

Sulardaki toplam çözünmüş madde miktarının bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik, suyun çözünmüş mineral miktarına bağlı olarak artar. Elektriksel iletkenlik kavramı suyun içilebilirliğinin sınıflandırılmasında bir gösterge olarak kullanılabilir. <325 µs/cm iletkenlik değerine sahip sular tatlı içilebilir sular olarak değerlendirilmektedir (10,12).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin elektriksel iletkenlik değeri 232-260 µs/cm arasında bulunmuş olup, ilgili yönetmeliğin sınır değeri altındadır.

En hafif halojenlerden biri olan florürün, suda belli miktarda bulunması istenilmektedir. Florür uygun miktarda alındığında, diş çürüklerini önleyip kemik

gelişine yardımcı olur. Bu nedenle çocukların içme sularına florür takviyesi önerilmektedir. Ancak uzun süre fazla miktarda florüre maruz kalma flor zehirlenmesine ve ağır iskelet problemlerine (florozis) yol açmaktadır. Hem yararı hem zararı göz önüne alındığında florürün sudaki miktarı oldukça önemlidir. DSÖ, içme suyunda bulunması gereken maksimum florür konsantrasyonu 1,5 mg/L olarak belirlemiştir (13,14).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin florür değeri 0,10-0,20 mg/L arasında bulunmuş olup, bu değerlerin ilgili yönetmeliğin sınır değeri (1,5 mg/L) altında olduğu görülmüştür.

Doğal suların önemli bir bileşeni olan klorür iyonu belli konsantrasyonlarda insanlar için zararlı değildir. Ancak 250 mg/L'nin üzerindeki konsantrasyonlarda suya pek çok insan için hoş olmayan tuzlu bir tat verir. Bu nedenle EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı), içme suyu klorür konsantrasyonu için 250 mg/L sınır değerini belirlemiştir (8,9,15).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin klorür değeri 15,81-21,87 mg/L arasında bulunmuş olup, bu değerlerin ilgili yönetmeliğin sınır değerleri altında olduğu belirlenmiştir.

İçme suyunda bulunan amonyum konsantrasyonları muhtemelen taze bir fekal kirlenmeye, sağlık açısından sakıncalı bir duruma işaretken, nitrat bulunması ise eskimiş bir kirlenmeye ve muhtemelen daha az sakıncalı bir durumun olduğuna işaret eder. Nitrat IARC (Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı) tarafından 2010 yılında insanlar için muhtemel kanserojen sınıfına alınmıştır. İçme suyunda nitrat bulunması aynı zamanda deri ve solunum hastalıklarına yakalanma riskini artırır (1,8).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin amonyum değeri 0,06-0,19 mg/L, nitrat değeri 0,98-2,18 mg/L

arasında bulunmuştur. Bu değerlerin ilgili yönetmeliğin sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Sularda fosfor, fosfat olarak bulunur ve içme kullanma sularına korozyonu gidermek amacı ile eklenebilirler (8).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerden sadece ikisinde haziran ayında fosfat tespit edilmiş olup (yıldızkent 1,44- yenişehir 1,38) ilgili yönetmelikte bu parametre ile ilgili sınır değer bulunmamaktadır.

Sülfat iyonu suda bulunan başlıca anyonlardan birisidir. Aşırı miktarlarda bulunduğu insanlar üzerindeki müshil etkisinden dolayı, evsel su kaynaklarında bulunan miktarı önem taşımaktadır (9).

Çalışmamızda analiz edilen numunelerin sülfat değeri 18,54-24,70 mg/L arasında bulunmuş olup, bu değerler ilgili yönetmeliğin sınır değerleri altında tespit edilmiştir.

2015 yılında Banks ve ark.(16) tarafından Avrupa ülkelerinden toplanan 579 şebeke suyunda yapılan bir çalışmada, numunelerin minimum ve maksimum pH değerleri 6,1-8,6, elektriksel iletkenlik değerleri; 20-1811 µs/cm, florür değerleri; <0,003-1,45 mg/L, klorür değerleri; 0,11-458 mg/L, nitrat değerleri; <1-44,8 mg/L, amonyum değerleri; <0,005-1,15 mg/L, sülfat değerleri; <0,01-267 mg/L olarak tespit edilmiş olup, ilgili sınır değerler dikkate alındığında toplanan numunelerin büyük çoğunluğu içme suyu olarak tüketilmeye uygun bulunmuştur.

2011 yılında Isparta ili içme sularında yapılan bir çalışmada, incelenen numunelerin florür değerleri 0,14-1,13 mg/L arasında bulunmuştur ve bu değer Erzurum ili içme suyu florür değerlerinden yüksektir (14).

2009-2010 yılları arasında İtalya'da yapılan bir çalışmada; 157 istasyonda, şebeke suyunda ağır metal, iyon, pH ve elektriksel iletkenlik analizleri yapılmış, pH değerleri; 7,2-8,6, elektriksel iletkenlik değerleri; 76-2360 µs/cm, florür değerleri; 0,02-1,43 mg/L, klorür değerleri; 0,3-536 mg/L, nitrat değerleri; 0,04-228 mg/L, amonyum değerleri; <0,005-1,64 mg/L, fosfat değerleri; <0,02-16,4 mg/L, sülfat değerleri; 0,1-181 mg/L arasında tespit edilmiş olup, bazı noktalarda klorür, nitrat amonyum parametrelerinde ilgili sınır değerler aşılmıştır (17). Ortalama değerler dikkate alındığında şebeke sularının çoğu ilgili kriterlere uygun bulunmuştur.

2009 yılında Bitlis ili içme sularında yapılan bir çalışmada; alınan numunelerin pH değerleri; 7,41±0,06, klorür değerleri; 8,04±0,46 mg/L, sülfat değerleri; 8,12±0,99 mg/L arasında bulunmuş olup, yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, Erzurum içme suyunun pH, klorür ve sülfat değerlerinin Bitlis ili içme suyuna göre daha yüksek olduğu söylenebilir (10).

İlimizde, 2008-2009 yılında Palandöken Barajı faaliyete geçtikten hemen sonra yapılan bir çalışmada; şebeke sistemine dahil seçilen 11 nokta, içme suyu kalite parametreleri bakımından incelenmiştir. Zaman zaman bazı numuneler koku ve tat yönünden uygun bulunmazken, pH değerleri 6,94- 8,13, elektriksel iletkenlik değerleri 167-641 µs/cm, florür değerleri 0,02-

0,13 mg/L, klorür değerleri 0,30- 60,97, nitrit değerleri <0,020-0,090 mg/L, nitrat değerleri 0,59-68,02 mg/L arasında bulunmuştur. Amonyuma çalışmanın ilk dört ayında rastlanılmazken, en yüksek değer 0,2682 mg/L olarak elde edilmiştir. Numunelerde fosfata rastlanmazken, sülfat değerleri 2,13-31,92 mg/L arasında tespit edilmiştir (18). Yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında koku ve tatta iyileşme olduğu, pH'nın yükseldiği, elektriksel iletkenliğin, ve nitratın düştüğü, florür, klorür, nitrit, fosfat ve sülfat'ın ise fazla değişmediği, ancak dalgalanmadığı söylenebilir.

Yine şehrimizde 2007 yılında, içme suyu yeraltı su kuyularından temin edilmekte iken Koçak ve ark.(19) tarafından içme kullanma sularında, yaz aylarında yapılan bir çalışmada; ortalama pH değerlerinin 6,64-7,26, nitrit değerlerinin 0,01-0,07 mg/L arasında olup, ilgili yönetmeliğe uygun olduğu, nitrat değerlerinin; 6,11-66,87 mg/L arasında olup, bazı noktalarda sınır değerden yüksek olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen verilerle karşılaştırıldığında yüzeysel suda artılmasıyla elde edilen içme suyunun pH değerinin arttığı, nitrite raslanmazken, nitrat değerlerinde iyileşme olduğu görülmektedir.

Mikrobiyolojik açıdan bakıldığında bakteri, virus, mantar ve parazitler içme kullanma sularında patojen olabilen mikroorganizmalardır (13). Ancak bu mikroorganizmaların tümünün varlığının araştırılması ekonomik olmayıp, uzun zaman alan yöntemlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle sularda mikrobiyolojik kirlenmenin indikatörü olarak koliform grubu mikroorganizmaların varlığı araştırılmaktadır. Bu grup bakterilerin tümü patojen değildir. Ancak bu bakterilerin sudaki varlığı, direkt ya da indirekt yolla bir fekal bulaşmayla birlikte patojenlerin de bulunma olasılığını ve hijyenik kalitenin yetersizliğini ifade etmektedir (20). "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik"e göre içme ve kullanma sularının 100 ml'sinde, doğal kaynak sularının 250 ml'sinde toplam koliform ve *E. coli* bulunmamalıdır (3). Çalışmamızda, *E.coli* parametresi açısından kirlilik saptanmazken, toplam koliform parametresi açısından Yoncalık semtinde iki farklı ayda, Paşalar ve Şükrüpaşa semtinde ise sadece ağustos ayında kirlilik görülmüştür. Ağustos ayında mikrobiyal kirliliğin arttığı dikkati çekmektedir. Seçilen bölgelerden en fazla sayıda toplam koliform üremesi Yoncalık semtinde görülmüştür.

Koçak ve ark.(19) şehrimizde yaz aylarında yaptıkları bir çalışmada; 70 su örneğinin 34'ünün (%48.57) toplam mezofilik aerob mikroorganizma, dokuzunun (%12.85) koliform bakteri ve birinin fekal koliform açısından uygun olmadığını bildirmişlerdir.

2012 yılında Malatya'da yapılan bir çalışmada; 1502 kontrol izleme numunesine ait sonuçlar ilgili yönetmelik kapsamında değerlendirilmiş ve numunelerin mikrobiyolojik sonuçları mevsimlere göre analiz edilmiştir. Mevsimlere göre yapılan istatistiksel analizde, ilk sırada yaz aylarındaki kirlilik oranı, ikinci sırada ise sonbahar aylarındaki kirlilik oranı artışının istatistiksel olarak anlamlı farklılık yarattığı bulunmuştur (p<0,05) (21).

Bitlis ilinde içme kullanma suları ile yapılan bir çalışmada koliform bakterilerin pozitiflik oranı %12 bulunmuş, ayrıca istatistiksel değerlendirmede; yerleşim yeri, kaynak ve mevsimin, koliform bakteriler üzerine etkisinin önemsiz ( $p>0.05$ ) olduğu kanısına varılmıştır (10).

Abdelrahman ve ark.,(22); Sudan'da 240 içme suyu örneğini incelemiş ve mevsimsel olarak kirliliği en yüksek sonbaharda, daha sonra ise kış ve yaz döneminde tespit etmişlerdir.

Mc Donald ve ark.(23); 480 numune ile İskoçya'da yaptıkları çalışmalarında; numunelerinin %75'inden fazlasında *E.coli*; % 85'inde ise toplam koliform tespit etmiş ve en yüksek kirliliğin yaz aylarında olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonucunda; yapılan analizler ile elde edilen pH, elektriksel iletkenlik, florür, klorür, nitrat ve amonyum değerleri için aylar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ( $P<0,05$ ), sülfat değerleri için aylar arasındaki fark anlamsız bulunmuştur ( $P>0,05$ ).

Yüzeysel suyun arıtılması ile elde edilen şehrin şebeke suyunun, güvenli bir içme-kullanma suyu olduğu, bazı bölgelerde dönem dönem görülen mikrobiyal kirliliğin, özellikle karların eridiği, şiddetli yağmurların yağdığı dönemlerde, eriyen kar ve yağmur sularının isale hattına karışabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şehrimizde yapımına başlanan içme suyuna yönelik altyapı çalışmalarının, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik anlamda, içme suyu arıtma tesisi çıkış suyu kalitesini koruyacağı tahmin edilmektedir.

**Antalya'da 26-30 Ekim 2015 tarihleri arasında yapılan Ulusal Su ve Sağlık kongresinde poster olarak sunulmuştur.**

## KAYNAKLAR

1. Yılmaz M, Kara İH, Poyraz B, Mayda AS. Konuralp beldesinde içme sularının elementer analizi ve içerdiği ağır metaller: şebeke suyu, doğal kaynak suyu ve zemzem suyunun karşılaştırılması. Konuralp Tıp Dergisi, 2014; 6 (3): 54-8.
2. İrmak H. Sularla İlişkili Hastalıklar. 2. Baskı. Ankara: Türkiye halk sağlığı Kurumu, 2012.
3. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 tarih, 25730 sayılı Resmi Gazete.
4. Anonymous. Official Journal of the European Communities. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998. On The Quality Of Water Intended For Human Consumption. L 330 Volume 41, 5 December 1998, p: 32.

5. <http://www.google.com/earth/>, (Erişim Tarihi: 18.10.2016).
6. Türk Standardları Enstitüsü, TS EN ISO 9308-1. Su kalitesi-*E.coli* ve koliform bakterilerin tespiti ve sayımı. Aralık 2014.
7. Türk Standardları Enstitüsü, TS 266. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. 29 Nisan 2005.
8. Samsunlu A. Çevre Mühendisliği Kimyası. 5. Baskı. İstanbul: Birsen Yayınevi, 2005.
9. Sawyer CN, McCarty PL, Parkin GF. Çevre Mühendisliği ve Bilimi İçin Kimya. 5. Baskı. Ankara: Nobel Yayıncılık, 2013.
10. Alemdar S, Kahraman T, Ağaoglu S, Alişarlı M. Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. Ekoloji, 2009; 19 (73): 29-38.
11. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva, 1996.
12. Hanrahan G. Çevre Kimyasında Temel Kavramlar. 1.Baskı. Ankara: Nobel Yayıncılık, 2013.
13. American academy of pediatrics. Drinking Water From Private Wells and Risks to Children. Pediatrics; 123 (6); 2009.
14. Altinkale Demer S, Memiş Ü. Isparta il merkezinde içme Sularının farklı florür içeriklerinin incelenmesi. Ekoloji, 2011; 20 (79):77-82.
15. Bulut S, Mert R, Solak K, Konuk M. Selevir baraj gölü'nün bazı limnolojik özellikleri. Ekoloji, 2011; 20 (80): 13-22.
16. Banks D, Birke M, Flem B, Reimann C. Inorganic chemical quality of European tap-water: 1. Distribution of parameters and regulatory compliance. Applied Geochemistry, 2015; Volume 59,200-10.
17. Dinelli E, Lima A, Albanese S, Birke M, Cicchella D, Giaccio L et.al, Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy. Journal of Geochemical Exploration, 2012; volume 112,368-89.
18. Dombaycı K. Erzurum ili içme suyunun bazı fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri bakımından gözlenmesi ve değerlendirilmesi. Yükek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2009.
19. Koçak Ö, Güner A. Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. Atatürk Üniv Vet Bil Derg 2009;4 (1):9-22.
20. [www.water-research.net/surface](http://www.water-research.net/surface). (Erişim Tarihi) 12.05.2016
21. Avcı HH, Pehlivan E, Avcı S, Selcuk EB. Evaluation of results of control monitoring in drinking water from aspect of public health in Malatya province. J Turgut Ozal Med Cent 2014;21(1):21-6.
22. Abdelrahman AA, Eltahir YM. Bacteriological quality of drinking water in Nyala, South Darfur, Sudan. Environ Monit Assess, 2011;175 (1-4):37-43.
23. Mc Donald AT, Chapman PJ, Fukasawa K. The microbial status of natural waters in a protected wilderness area. J Environ Manage, 2008;87(4):600-8.