



KÜTAHYA İLİ İÇME SULARININ BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE BAKTERİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

H.DAYIOĞLU* & M.S.ÖZYURT*
N.BİNGÖL* & C.YILDIZ*

Özet

Bu çalışmada, Kütahya şehir içme suyunun 2002 yılına ait fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapılmıştır. İçme suyu örnekleri 6 ayrı mahalleden 30 gün aralıklarla alınmıştır. Alınan örneklerin bulanıklık, renk, koku, tat, tortu, pH, toplam sertlik, sülfat, klorür, nitrit, amonyak, nitrat ve toplam organik madde tayinleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Kütahya ili içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin WHO, EPA ve TSE içme suyu standartlarına uygunluk gösterdiği saptanmıştır.

1. Giriş

İnsanlara ve tüm canlılara hayat veren su, dünya üzerinde %71'lik bir alanı kaplamaktadır [1]. Bu oranın %97,4'ü deniz suyu, %2,6'sı ise karalarda bulunan toplam su potansiyelidir. Karalardaki suyun ancak %10 kadarı teorik olarak kullanılabilir tatlı su potansiyelini oluşturmaktadır (3-4 milyon km³). Bu miktar yeryüzündeki toplam su potansiyelinin ise ancak %0,3'ü kadardır. Bu %0,3'lük tatlı su rezervi toplam 214 ülke tarafından paylaşılmaktadır [2].

Dünya üzerinde bu kadar kısıtlı oranda kullanılabilir su bulunmasına rağmen, insanlar yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek "su kirliliği" olarak adlandırılan problemi ortaya çıkarmışlardır [3]. FAO su kirliliğini; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici, su kalitesini zedeleyici etkiler yaratabilecek maddelerin suya atılması şeklinde tanımlamıştır [4]. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak için kullandıkları suyun temiz ve uygun nitelikte olması gereklidir [5]. Bu yüzden büyük öneme sahip olan suyun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak devamlı incelenmesi gerekmektedir. Su kalitesinin belirlenmesinde fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler önem taşımaktadır. Bu parametreleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

Anahtar Kelimeler : İçme suyu, bulanıklık, klorür, pH, sertlik

1. 1. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

1. 1. 1. Bulanıklık (Görünüő) ve Renk

İçme ve kullanma suyunun berrak olması gerekir. Sudaki bulanıklık silt, kil, parçalanmış organik madde, plankton ve bakterilerin varlığından ileri gelir [6]. Bulanık su patojenik olabilir (hastalık yapan bakterilerde ihtiva edebilir). Patojenik bakteriler bulanıklığı meydana getiren katı parçaların gözeneklerine yerleşebilir [7].

Renk, içme suyu için çok önemli bir özelliktir. Temiz sular renksizdir. Sarı veya kahverengi sularda organik maddeler, kırmızımtırak veya koyu kahverengi sularda demir ve mangan bulunur. Su içerisinde çözünmüş ve kolloidal haldeki maddelerde sular renk verir [8].

1. 1. 2. Koku ve Tat

İçme ve kullanma suları kokusuz ve tatsız olmalıdır. Genel olarak sulara koku ve tat organik maddelerden, canlı ve cansız bitkisel organizmalardan (algler), metallere (demir, mangan vs.), fenol, klor ve klor bileşiklerinden gelir. Humuslu, asitli, demirli ve manganlı sular suya mürekkep lezzeti ve kükürtlü hidrojen suya kokmuş yumurta kokusu verir. Fazla miktarda klorid bulunan sular, tuzlu bir tada sahip olurlar [8].

1. 1. 3. pH Değeri

pH değeri suyun asit veya alkali karakterde olduğunu gösterir. Saf suyun pH derecesi 7'dir. pH değerinin düşük olması suyun asit karakterde, yüksek olması ise bazik karakterde olduğunu gösterir. pH değeri suların temizlenmesinde büyük öneme sahiptir. Sulardaki demir, mangan bileşiklerinin artırılması, tat, koku ve korozyon kontrolü doğrudan suyun pH derecesi ile ilgilidir [6]. Doğal suların biyolojik ve kimyasal sistemlerinde önemli bir faktör olan pH'ın sucul yaşam için gerekli optimum sınırları 8,5 – 9,0 arasındadır [9]. pH değerinin yüksek olması ayrıca diğer kirleticilerin toksisitesini de değiştirmektedir [10].

1. 1. 4. Sertlik

Suyun sertliği; sudaki çok değerlikli metal iyonlarının sabunlarla (potasyum ve sodyumun yüksek yağ asitleriyle oluşturdukları organik tuzlar) çözünmeyen bileşikler meydana getirme özelliğidir. Sularda sertlik oluşturan en önemli tuzlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Sabun, özellikle suda her zaman bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çökeltilir [11]. Su sertliği, aynı zamanda kirlenme indikatörü olarak da kullanılır.[12].

1. 1. 5. Sülfat

Su kaynaklarındaki sülfat, genellikle sülfat içeren toprak yapısından, tarım arazilerinde kullanılan sülfatlı gübrelere, atık kağıt, H₂SO₄ ilaç sanayi, şeker fabrikası ve süt endüstrisi atıklarının alıcı su ortamına ulaşmasından kaynaklanmaktadır. Sülfat özellikle su canlıları açısından incelenmesi gereken parametrelerden biridir [13]. Sülfat iyonu bitki beslenmesi için esas olduğundan, bütün sulama sularında mevcut olmalıdır. Sülfatlı sular betonun tahrip olmasına, demir boruların da dayanıklılıklarını kaybetmelerine neden olur [14].

1. 1. 6. Klorür

Hemen hemen bütün doğal sularda bulunan klorür, mineral tuz yataklarından süzülen ve deniz suyunun etkisi altında bulunan sularda yüksek miktarlarda mevcuttur. Çünkü deniz suyunda, erimiş halde bulunan NaCl iyon konsantrasyonunun yarısından fazlasını klorür oluşturmaktadır [15]. Klorür iyonlarının miktarları sağlıklı su için bir göstergedir. Pek çok içme suyunda klorür miktarı 30 mg/l'tyi geçmez. Deniz ve kaya tuzu yataklarına yakın sularda bu klorür konsantrasyonu yükselir [9]. Klorür'ün suda fazla miktarda bulunması suyun tadını bozar. Bundan dolayı klorür konsantrasyonu 250 mg/l't den fazla olmamalıdır. Bu miktarın aşılması halinde sağlık tehlikesi olmasa bile tat bakımından su içilemez hale gelir [6].

1. 1. 7. Nitrit

Sulardaki nitritin kaynağını; organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmemektedir [30]. Azotun, amonyak aracılığı ile oksidasyonundan nitrit meydana gelir. Dolayısıyla nitritin oluşumu sudaki oksijeni azaltan bir etmendir. Azotun dolayısıyla nitritin bir başka olumsuz etkisi de nitrifikasyon sebebi ile sularla ötrafikasyonlara sebep olmasıdır. Bu olay sulardaki kirliliği arttıran bir faktördür. Sularda nitritin bulunması insan ve canlı sağlığı bakımından çok önemlidir. Çünkü; nitrit, asidik ortamda nitrozaminler ve nitrozamidleri oluşturur [13].

1. 1. 8. Nitrat

Nitrat sudaki verimliliği etkileyen önemli su kalitesi parametrelerindedir [13]. Sulardaki nitrat iyonları, hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği protein ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelere, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda azotun doğrudan azotoksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır [12]. Sulardaki nitrat miktarı doğada çok değişkenlik gösterir. Kurak geçen dönemlerden sonraki yağışlarda miktarı çok artabilir. Klorlanmış

sularda miktarı düşükken, klorlanmamış sularda klor miktarı artış gösterir. Nitratlar ayrıca suların kirliliği açısından da bir gösterge olabilir [16].

1. 1. 9. Amonyak

İçme suyunda bulunan amonyak konsantrasyonları organik kökenli kirlenmenin göstergesidir. Amonyanın canlılara toksik etkisi, oksijen eksikliği, sıcaklığın artışı ve diğer toksik maddelerin bulunması ile daha da artar [14,17]. Kil ve toprakta bulunan organiklerle birleşen azotun bir kısmının da , toprakta bulunan bakteriler tarafından amonyağa dönüştürdüğü bilinmektedir. Bu dönüşümün düzeyi ise; toprak tipi, iklim ve o toprak düzeyinde yetiştirilmiş bitki çeşidine bağlı olarak değişmekle birlikte, en fazla %3 olarak gerçekleşmektedir [18].

1. 1. 10. Toplam Organik Madde

Organik madde miktarının artması suda kirliliğinin işaretidir [9]. Organik maddeler, bakteri ve mantarların suda çoğalmalarına sebep olur [6]. Sulardaki organik maddelerin kaynağını, su içinde bulunan fito ve zooplanktonlar, algler, yosun ve su bitkileri ile gelişmiş su canlılarının artıkları oluşturur. Öte yandan çeşitli yollardan suya karışan dere ve akarsuların taşıdığı bitki atıkları da organik madde miktarını etkiler. Ancak suda belirli oranda olması, su verimliliği açısından da önemlidir [13].

1. 2. Bakteriyolojik Parametrelerin Önemi

Suların bakteriyolojik özellikleri çevre sağlığı bakımından son derece önemlidir [6]. İçme sularında mikrobiyolojik kirlenme önemli bir faktördür. Lağım sularında ve insan dışkıında koliform bakterilere ve özellikle *Esherichia coli*'ye rastlamak mümkündür. Bu nedenle suyun bakteriyolojik incelemesinde kirlenme kriteri olarak koliform bakteriler ve özellikle kirlilik kaynağının dışkı atıkları olup olmadığını anlamak için *E. coli* araştırılır. İnsanlarda görülen önemli hastalıkların temel nedeni patojen mikroorganizmalarla suyun kontamine olmasıdır. Patojen mikroorganizmaların insan veya diğer hayvanların boşaltım sistemine su yolu ile girdiği bilinmektedir [19].

Bu çalışmada, Kütahya girişı ve Kütahya çıkışında bulunan mahalleler ile Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerine ulaşan içme sularının fiziksel; bulanıklık, renk, koku, tat, tortu, kimyasal; pH, toplam sertlik, sülfat, klorür, nitrit, amonyak, nitrat ve toplam organik madde ve bakteriyolojik özellikleri araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI

Kütahya ili, Ege Bölgesi'nin İç Anadolu bölümünün iç kesimlerinde, 39° 26' enlemi ile 29° 53' boylamı arasında yer alır. Kütahya'nın kuzeydoğusunda Bilecik, kuzeybatısında Bursa, doğusunda Balıkesir ve İzmir, güneybatısında Uşak, güneyinde Afyon ve doğusunda Eskişehir yer almaktadır.

Kütahya'da yıllık ortalama sıcaklık 10,6 °C'dir. Sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz ayı olup 21,1 °C ve sıcaklığın en düşük olduğu ay ise Ocak ayı olup 0,6 °C'dir. Yıllık ortalama yüksek sıcaklık 24,7 °C'dir. Ortalama yüksek sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz ayı olup 35,0 °C ve ortalama yüksek sıcaklığın en düşük olduğu ay ise 12,4 °C ile Ocak ayına aittir. Yıllık ortalama düşük sıcaklık -1,7 °C'dir. Ortalama düşük sıcaklığın en yüksek olduğu ay 9,1 °C ile Ağustos ayına ait olup, ortalama düşük sıcaklığın en düşük olduğu ay ise Ocak ayı olup -11,6 °C'dir [20].

Kütahya Ege bölgesiyle İç Anadolu bölgesi arasında geçiş iklimine (yarı karasal) sahiptir. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları kurak ve sıcak, baharları ise değişken ve bol yağışlıdır. Geçiş iklimi olması nedeniyle yıldan yıla farklılık arz etmektedir [21]. Yıllık toplam yağış miktarı 19 yıllık verileri içermektedir. Buna göre Kütahya 531,2 mm yıllık toplam yağış miktarına sahiptir. En fazla yağış miktarı 83,4 mm ile Aralık ayında, en az yağış miktarı ise 17,1 mm ile Eylül ayında gerçekleşmiştir [20].

3. MATERYAL VE METOD

Kütahya il merkezine içme suyu temin eden tesisler; Porsuk Terfi Merkezi Toplama Deposu (1000 m³, 6x2001 /sn'lik motor gücü -8756 mt 1000 mm'lik çelik), Hacı Azizler Ara Deposu (1000 m³), Özbek Deposu, Hisar Su Deposu, Aydınlık Evler (Yukarı) Su Deposu (200 m³) ve Okmeydanı Su Deposu (200 m³)'dur. Porsuk terfi merkezinde pompalanan içme suyu Hacıazizler Mahallesi ara deposuna akıtılmakta buradan da şehrin %90'ına dağıtım yapılmaktadır. Ayrıca, Kütahya ili merkez İni köyünde bulunan Türkmen Su Dolun Tesisleri, Türkmen Dağı'ndan çıkan kaynak suyunu hijyenik koşullarda yönetmeliklere uygun olarak halkın tüketimine sunmaktadır [22].

2002 yılı Kütahya ili içme suyu kalitesini belirlemek amacıyla TS 266'da belirtilen esaslara uygun olarak Kütahya ilinin mahallelerine dağıtılan içme sularından aylık numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin analizleri Sağlık Bakanlığı Kütahya Hıfzısıhha Enstitüsü'nde standart metotlarla (TS 266) yapılmıştır. Hıfzısıhha Enstitüsünde bulanıklık, renk, koku, tat, tortu, pH, sertlik, sülfat, klorür, nitrit, amonyak, nitrat, toplam organik madde ve koliform grubu bakteriler incelenmiştir.

Çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, JMP SAS [23] Programı'nı, kullanarak istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. pH, toplam sertlik, klorür ve toplam organik maddenin seçilen alanlarda mevsim, ay ve lokalite ana etken olmak üzere değişip-değişmediğini belirlemek için ANOVA (Varyans Analizi) Testi uygulanmıştır. ANOVA test sonuçlarına göre $p < \alpha = 0,05$ göre ortalama değerlerinde fark olduğu saptanan karakterler üzerinde mevsim, ay ve lokalite ana etken olmak üzere regresyon testi uygulanmıştır. Ho istatistiksel olarak $p < \alpha = 0,05$ seviyesinde red edildikten sonra, yukarıda sayılan her bir özelliğın regresyon analizleri yapılarak aralarındaki ilişkiler ortaya konulmuştur [24].

4. SONUÇLAR

4. 1. Bulanıklık ve Renk

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; Eylül ayında Okmeydanı Mahallesi, Kasım ayında ise Kütahya ili çıkışındaki mahallerin sularının bulanık ve sarı renkli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4. 1).

4. 2. Koku ve Tat

Kütahya girişı, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlıkevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin tamamının kokusuz ve tatsız olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 1. Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin Bulanıklık ve Renk Analiz Sonuçları

Aylar	Kütahya Girişindeki Mahalleler	Kütahya Çıkışındaki Mahalleler	Okmeydanı Mahallesi	Aydınlikevler Mahallesi	Hamidiye Mahallesi	Maltepe Mahallesi
Ocak	+	+	+	+	+	+
Şubat	+	+	+	+	+	+
Mart	+	+	+	+	+	+
Nisan	+	+	+	+	+	+
Mayıs	+	+	+	+	+	+
Haziran	+	+	+	+	+	+
Temmuz	+	+	+	+	+	+
Ağustos	+	+	+	+	+	+
Eylül	+	+	-	+	+	+
Ekim	+	+	+	+	+	+
Kasım	+	-	+	+	+	+
Aralık	+	+	+	+	+	+

+: Berrak, Renksiz

-: Bulanık, sarı renkli

4. 3. pH

Analiz sonuçlarına göre Kütahya ili içme sularının pH değerlerinin 6,88 ile 7,68 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kütahya ili girişindeki mahallelerden alınan su örneklerinin pH'sının 6,88 - 7,52, Kütahya ili çıkışındaki su örneklerinin pH'sının 7,06 - 7,52, Okmeydanı mahallesindeki su örneklerinin pH'sının 7,01 - 7,68, Aydınlikevler mahallesindeki su örneklerinin pH'sının 7,15 - 7,64, Hamidiye mahallesindeki su örneklerinin pH'sının 7,26 - 7,57 ve Maltepe mahallesindeki su

örneklerinin pH'sının 7,26 - 7,54 arasında olduğu bulunmuştur. En yüksek pH değeri 7,68 ile Temmuz ayında Okmeydanı mahallesinde iken, en düşük pH değeri ise 6,88 ile yine Temmuz ayında Kütahya girişı mahallelerinde tespit edilmiştir.

Kütahya ili içme sularına ait pH ANOVA sonuçlarına göre, pH ile ay (F=1,88 p<0,17), örneklik alanlar (yer) (F=0,61 p<0,69), mevsim x ay (F=3,98 p<0,05), mevsim x yer (F=1,38 p<0,24), ay x yer (F=0,31 p<0,89) ve mevsim x ay x yer (F=1,10 P<0,37) arasında istatistiki açıdan bir önemin olmadığı saptanmıştır. Buna karşılık Kütahya ili içme suları pH değerleri ile mevsim (F=5,96 p<0,01) arasında istatistiki açıdan bir önemin olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 2).

Çizelge 4. 2. Kütahya girişı, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin pH değerlerinin karşılaştırıldığı ANOVA sonuçları (Ort ± SE: Ortalama ± Standart hata).

KAYNAK	Df	F Değeri	p Değeri	Ort ± SE
Mevsim	1	5,9622	0,0184*	
Kış				7,46 ± 0,02
İlkbahar				7,38 ± 0,02
Sonbahar				7,39 ± 0,03
Yaz				7,30 ± 0,05
Ay	1	1,8845	0,1762	
Yer	5	0,6111	0,6918	
Mevsim x Ay	1	3,9889	0,0515	
Mevsim x Yer	5	1,3828	0,2475	
Ay x Yer	5	0,3192	0,8990	
Mevsim x Ay x Yer	5	1,1029	0,3713	

* p<0,05 önemli

4. 4. Sertlik

Analiz sonuçlarına göre Kütahya ili içme sularının toplam sertlik değerlerinin 19,48 ile 44,8 °f arasında deđiştđđi belirlenmiştir. Kütahya girişindeki mahallelerden alınan su örneklerinin toplam sertlik değerinin 28,6 - 44,8 °f, Kütahya çıkışındaki su örneklerinin toplam sertlik değerinin 28 - 39,36 °f,

Okmeydanı mahallesindeki toplam sertlik değerinin 19,88 - 35,2 °f, Aydınlikevler mahallesindeki toplam sertlik değerinin 24,16 - 35,2 °f, Hamidiye mahallesindeki toplam sertlik değerinin 19,48 - 35,2 °f ve Maltepe mahallesindeki su örneklerinin toplam sertlik değerinin 19,68 - 35,2 °f arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek toplam sertlik değerine 44,8 °f ile Haziran ayında Kütahya girişindeki mahallelerde, en düşük toplam sertlik değerine ise 19,48 °f ile Ağustos ayında Hamidiye mahallesinde saptanmıştır.

Kütahya ili içme sularına ait toplam sertlik ANOVA sonuçlarına göre, toplam sertlik ile seçilen örneklik alanlar ($F=0,76$ $p<0,57$), mevsim x yer ($F=1,16$ $p<0,33$), ay x yer ($F=1,11$ $p<0,36$) ve mevsim x ay x yer ($F=0,92$ $P<0,47$) arasında istatistiki açıdan bir önemin olmadığı saptanmıştır. Buna karşılık Kütahya ili içme suları toplam sertlik değerleri ile mevsim ($F=9,56$ $p<0,003$), ay ($F=4,97$ $p<0,03$) ve mevsim x ay ($F=4,16$ $p<0,04$) arasında istatistik önemlilik tespit edilmiştir (Çizelge 4. 3).

4. 5. Sülfat

Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin tamamında sülfata rastlanmamıştır.

4. 6. Klorür

Analiz sonuçlarına göre Kütahya ili içme sularının klorür değerlerinin 10,2 ile 43,0 mg/l arasında değiştirdiği saptanmıştır. Kütahya girişindeki mahallelerden alınan su örneklerinin klorür değerlerinin 15,3 - 43,0 mg/l, Kütahya çıkışındaki mahallelerden alınan su örneklerinin klorür değerlerinin 10,2 - 31,4 mg/l, Okmeydanı mahallesindeki su örneklerinin klorür değerlerinin 14,4 - 29,1 mg/l, Aydınlikevler mahallesindeki su örneklerinin klorür değerlerinin 14,8 - 25,0 mg/l, Hamidiye mahallesindeki su örneklerinin klorür değerlerinin 12,5 - 23,6 mg/l ve Maltepe mahallesindeki su örneklerinin klorür değerlerinin 17,0 - 23,6 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek klorür miktarına 43,0 mg/l ile Haziran ayında Kütahya girişindeki mahallelerde, en düşük orana ise 10,2 mg/l ile Kasım ayında Kütahya çıkışındaki mahallelerde rastlanmıştır.

Kütahya ili içme sularına ait klorür ANOVA sonuçlarına göre, klorür ile mevsim ($F=1,83$ $p<0,18$), yer ($F=0,33$ $p<0,88$), mevsim x ay ($F=2,61$ $p<0,11$), mevsim x yer ($F=0,88$ $p<0,50$), ay x yer ($F=0,37$ $p<0,86$) ve mevsim x ay x yer ($F=0,71$ $p<0,61$) arasında istatistiki açıdan önemlilik sınırına ulaşamazken; Kütahya ili içme suları klorür değerleri ile ay ($F=6,73$ $p<0,01$) arasında çok önemli ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 4).

4. 7. Nitrit, Nitrat ve Amonyak

Önemli bir kirlilik parametresi olan nitrit, nitrat ve amonyak, Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin hiçbirinde tespit edilmemiştir.

Çizelge 4. 3. Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin sertlik değerlerinin (°f) karşılaştırıldığı ANOVA sonuçları (Ort ± SE: Ortalama ± Standart hata).

KAYNAK	Df	F Değeri	p Değeri	Ort± SE
Mevsim	1	9,5628	0,0033*	
Kış				34,01 ± 0,75
İlkbahar				30,60 ± 1,01
Sonbahar				28,12 ± 1,55
Yaz				27,91 ± 1,55
Ay	1	4,9768	0,0304*	
Aralık				32,14 ± 2,17
Ocak				34,85 ± 0,21
Şubat				35,05 ± 0,15
Mart				32,85 ± 2,34
Nisan				28,46 ± 1,61
Mayıs				30,48 ± 0,74
Haziran				31,35 ± 2,82
Temmuz				26,82 ± 2,83
Ağustos				25,56 ± 2,23
Eylül				27,26 ± 3,35
Ekim				27,08 ± 2,21
Kasım				30,02 ± 2,74
Yer	5	0,7677	0,5777	
Mevsim x Ay	1	4,1614	0,0469*	
Mevsim x Yer	5	1,1692	0,3381	
Ay x Yer	5	1,1146	0,3653	
Mevsim x Ay x Yer	5	0,9213	0,4754	

* p<0,05 önemli

Çizelge 4. 4. Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin klorür değerlerinin (mg/l) karşılaştırıldığı ANOVA sonuçları (Ort \pm SE: Ortalama \pm Standart hata).

KAYNAK	Df	F Değeri	P Değeri	Ort \pm SE
Mevsim	1	1,8351	0,1819	
Ay	1	6,7366	0,0125*	
Aralık				24,01 \pm 2,41
Ocak				19,4 \pm 1,51
Şubat				16,83 \pm 0,16
Mart				17,01 \pm 0,01
Nisan				18,6 \pm 1,24
Mayıs				22,58 \pm 0,58
Haziran				24,18 \pm 3,97
Temmuz				23,13 \pm 1,99
Ağustos				20,3 \pm 2,60
Eylül				19,77 \pm 1,87
Ekim				23,08 \pm 2,01
Kasım				19,48 \pm 2,61
Yer	5	0,3385	0,8871	
Mevsim x Ay	1	2,6191	0,1121	
Mevsim x Yer	5	0,8824	0,5002	
Ay x Yer	5	0,3755	0,8630	
Mevsim x Ay x Yer	5	0,7118	0,6176	

* p<0,05 önemli

4. 8. Toplam Organik Madde

Analiz sonuçlarına göre Kütahya ili içme sularının toplam organik madde değerlerinin 0,27 ile 3,01 mg/l arasında değiştiği saptanmıştır. Kütahya girişindeki

mahallelerden alınan su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,27 - 1,55 mg/Lt, Kütahya çıkışındaki mahallelerden alınan su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,27 - 3,01 mg/Lt, Okmeydanı mahallesindeki su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,26 - 1,02 mg/Lt, Aydınlıkevler mahallesindeki su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,34 - 1,62 mg/Lt, Hamidiye mahallesindeki su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,6 - 1,19 mg/Lt ve Maltepe mahallesindeki su örneklerinin organik madde değerlerinin 0,6 - 1,19 mg/Lt arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek organik madde miktarına 3,01 mg/Lt ile Kasım ayında Kütahya çıkışındaki mahallelerde, en düşük miktar ise 0,27 mg/Lt ile Ocak ayında Kütahya girişindeki ve çıkışındaki mahallelerde tespit edilmiştir.

Kütahya ili içme sularına ait organik madde ANOVA sonuçlarına göre, organik madde miktarı ile mevsim ($F=2,37$ $p<0,12$), ay ($F=0,01$ $p<0,89$), yer ($F=1,54$ $p<0,19$), mevsim x ay ($F=2,70$ $p<0,10$), mevsim x yer ($F=1,81$ $p<0,12$), ay x yer ($F=2,24$ $p<0,06$) ve mevsim x ay x yer ($F=1,08$ $p<0,38$) arasında istatistik olarak önemli bir ilişki kaydedilmiştir.

4. 9. Bakteriyojik Analizler

Kütahya ili içme sularının mikrobiyojik analizi sonucu çalışma alanlarını oluşturan mahallelere ait su örneklerinde koliform bakteriye rastlanmamıştır.

5. TARTIŞMA

İçme sularının, kullanma isteğini engellememesi açısından berrak ve renksiz olması gerekmektedir [25, 26]. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Kütahya ili içme sularının genellikle berrak ve renksiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4. 1). Ancak Eylül ayında Okmeydanı mahallesinde, Kasım ayında ise Kütahya çıkışındaki mahallelerde suların bulanık ve sarı renkli olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, yağışların başlamasıyla birlikte toprakta bulunan ve suda eriyebilen maddelerin içme sularına karışması olarak açıklanabilir. Ayrıca, organik orijinli maddeler, sanayi artığı maddeler, suda tabii olarak bulunan Fe ve Mn, boruların korozyonu neticesi suya karışan maddelerde içme sularının berraklığını ve rengini etkilemektedir. Suyun berraklık ve renginin borularla taşınması sırasında çeşitli yollarla kirlenmesi sonucu değıştiği Esen [27]'in yaptığı çalışmada da belirtilmiştir.

Sulardaki koku ve tat organik ve inorganik maddelerden ileri gelebileceği gibi içinde taşıyan organizmalardan da ileri gelebilir. İçme suyu standartlarına göre sular kokusuz ve tatsız olmalıdır [28]. Kütahya ili içme suları bu standartlara uygunluk göstermiştir. Bütün mahallelerde içilen sular kokusuz ve tatsızdır.

Suyun pH değeri, o sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunu gösterir [28]. İçme suyu standartları açısından pH'ın 6,5 - 8,5 arasında olması gerekmektedir. Bu

araştırmada elde edilen pH değerleri (6,88-7,68) WHO, EPA ve TS 266 kriterlerine uygunluk göstermektedir (Çizelge 5. 1). Mahallelerdeki pH değerleri, borularla taşıma sırasında meydana gelen aksaklıklar ve mahalleler arasındaki mesafenin uzaklığına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Kütahya girişindeki mahalleler, Kütahya çıkışındaki mahalleler, Okmeydanı, Aydınlıkevler, Hamidiye ve Maltepe mahallesindeki içme sularının pH'sının mevsimlerle değiştiği, kışın pH'ın en yüksek yazın ise en düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 2). Kütahya ilindeki içme sularının pH değerleri ile Boysan ve şengörür [29] ile Morrison et.al [10]'in sonuçları kriterlere uygunluk göstermiştir. pH'ın su ortamında virüs, bakteri ve diğer zararlı organizmaların uzaklaştırılmasında katkıda bulunması nedeniyle sağlık üzerine dolaylı bir etkisi vardır. Ayrıca pH değerinin yüksek olması sulardaki diğer kirleticilerin toksisitesini değiştirmektedir [16].

Çizelge 5. 1. WHO [30], EPA [29] ve TSE [31, 32, 33] İçme Suyu Standartları

Parametreler	WHO*	EPA*	TSE*
PH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Sertlik (°f)	500	150	500
Sülfat (mg/l)	400	250	400
Klorür (mg/l)	250	250	600
Nitrit	-	-	-
Nitrat (mg/l)	45	10	45
Amonyak	0,05	0,05	-
Toplam organik madde (mg/l)	3,5	3,5	3,5
Fökal koliform (100 ml)	-	-	-

* Müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar

Suyun sertliği onun eritme özelliğinde meydana gelmektedir. Bazı sular, içinde bulunan erimiş maddelere bağlı olarak daha fazla eritme özelliğine sahiptirler. Örneğin, suda erimiş halde CO₂ varsa, Ca ve Mg'u daha kolaylıkla eriterek bu maddelerin suda erimiş bikarbonatlar haline gelmesine neden olur [28]. Zengin, prodüktif suların sertlik değerlerinin 7,5 – 17,5 °f arasında olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir [34]. Kütahya ili içme suları sertlik değerleri 19,48 ile 44,8 °f arasında değişim göstermektedir. En yüksek toplam sertlik değeri 44,8 °f ile Haziran ayında Kütahya girişindeki mahallelerde, en düşük değer ise 19,48 °f ile Ağustos ayında Hamidiye mahallesinde rastlanmıştır. Bu değerler içme suyu standartlarına uygunluk göstermektedir (Çizelge 5. 1). Klee [35]'e göre sertlik

sınıflaması yapıldığında Kütahya girişi ve çıkışındaki mahallelerde sert; Okmeydanı ve Aydınlikevler mahallelerinde oldukça sert; Hamidiye ve Maltepe mahallelerinde orta sert olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5. 2). Mahallelerdeki içme sularının farklılığı depolarının ayrı olmasından ve borularla taşıma sırasında meydana gelen aksaklıklardan kaynaklanmaktadır. Genel olarak Kütahya ili içme suları sert sular grubu içerisine girmektedir. İçme sularının sert olması kayalardaki toprak alkalisi minerallerin parçalanmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5. 2. Kütahya girişi, Kütahya çıkışı, Okmeydanı, Aydınlikevler, Hamidiye ve Maltepe mahallelerinden alınan içme suyu örneklerinin toplam sertlik değerlerine göre sınıflandırılması.

Aylar	Kütahya Girişindeki Mahalleler	Kütahya Çıkışındaki Mahalleler	Okmeydanı Mahallesi	Aydınlikevler Mahallesi	Hamidiye Mahallesi	Maltepe Mahallesi
Ocak	Sert	Sert	Sert	Sert	Sert	Sert
Şubat	Sert	Sert	Sert	Sert	Sert	Sert
Mart	Oldukça sert	Sert	Sert	Sert	Sert	Sert
Nisan	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Orta sert	Oldukça sert
Mayıs	Sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert
Haziran	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Oldukça sert
Temmuz	Sert	Sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Orta sert	Orta sert
Ağustos	Sert	Sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Orta sert	Orta sert
Eylül	Sert	Sert	Orta sert	Oldukça sert	Orta sert	Orta sert
Ekim	Sert	Sert	Oldukça sert	Oldukça sert	Orta sert	Orta sert
Kasım	Sert	Sert	Sert	Sert	Orta sert	Orta sert
Aralık	Sert	Sert	Sert	Sert	Orta sert	Sert

Kalker tabakalarından geçerken suyun bünyesine aldığı klor sağlık için zararlı değildir [8]. Kütahya ili içme sularında en yüksek klorür oranına 43,0 mg/lit ile Haziran ayında Kütahya girişindeki mahallelerde, en düşük orana ise 10,2 mg/lit ile Kasım ayında Kütahya çıkışındaki mahallelerde rastlanmıştır. Buna göre klorür oranları 10,2 mg/lit ile 43,0 mg/lit arasında değişim göstermektedir. Kütahya ili içme sularının klorür oranları aylara göre değişiklik göstermiştir. Klorür miktarının en yüksek olduğu ay 24,18 ± 3,97 ile Haziran, en düşük olduğu ay ise 16,83 ± 0,16 ile Şubat ayı olarak tespit edilmiştir. Bu değerler içme suyu standartları açısından uygunluk göstermektedir (Çizelge 5. 1). Bu değerlerin Kütahya girişindeki ve

çıkışındaki mahallelerde farklılık göstermesi; borularla taşıma sırasında meydana gelen aksaklıklardan ve aradaki mesafenin uzaklığına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Alaş ve Çil [9] ve Boysan ve Şengörür [29]'ün yapmış olduğu sonuçlarda kriterlere uygunluk göstermiştir.

Suların kirliliği açısından bir gösterge olan nitrit, nitrat ve amonyak Kütahya ili içme sularında görülmemiştir. Bunun sebebi de arıtma tesisinde oksijenlenmeye bağlı olarak nitritin hemen yükseltgenmesidir. Alaş ve Çil [9], İnce ve ark. [36] ve Peker ve ark. [19]'in yapmış olduğu çalışmalarında da nitrit ve nitrata rastlanmamışlardır.

Kütahya ili içme sularında toplam organik madde miktarı 0,27 mg/lit ile 3,01 mg/ lit arasında değişim göstermektedir. En yüksek değer 3,01 mg/lit ile Kasım ayında Kütahya çıkışındaki mahallelerde, en düşük değer ise 0,27 mg/lit ile Ocak ayında Kütahya girişindeki ve çıkışındaki mahallelerde rastlanmıştır. Bu değerler içme suyu standartlarına uygunluk göstermektedir (Çizelge 5.1).

Suyun bakteriyolojik analizi; insan atıkları, kullanılmış pis su, gübre ve çöp aracılığıyla kullanma sularına karışabilir [17]. Kütahya ili içme sularında kirlenme kanıtı olarak koliform bakterilere rastlanmamıştır. Buda suların standartlarına uygun olduğunu gösterir (Çizelge 5.1).

Su yaşamımızın en doğal ve en önemli gereksinimlerinden biridir. Çevre kirliliğinin tüm dünyayı tehdit ettiği günümüzde kullanma ve içme sularımızda bu kirlilikten payını almaktadır. Gerek içme sularının gerekse kullanma sularının temiz ve güvenilir olması için sürekli olarak su analizleri yapılmalı, su kalitesinde meydana gelen değişiklerin belirlenmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır.

6. KAYNAKÇA

[1] Tatar, Y., 1994, Su kaynaklarını koruma bilinci, Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları Paneli, Fırat Üniversitesi Yayınları, 39, 5-12

[2] Kocataş, A., 1996, Ekoloji ve çevre biyolojisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi, 51, 564 s.

- [3] T.Ç.S.V., Türkiye'nin çevre sorunları, T.Ç.S.V Yayınları, 5, 99 s.
- [4] Egemen, Ö., 2000, Çevre ve su kirliliği, Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları, 42, 7 s.
- [5] Pektaş, A.G., 1996, Kütahya ili su temini ve şebeke hidroliği, Yüksek Lisans Tezi D.P.Ü İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2 s.
- [6] Karpuzcu, M., 1985, Su temini ve çevre sağlığı, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, 30, 32, 34 s.
- [7] Gündüz, T., 1994, Çevre sorunları, Bilge Yayıncılık,Kağıtsan Ltd. Şti., Ankara, 99, 100s.
- [8] Sümer, B., 1992, Su temini ve çevre sağlığı, İ.T.Ü Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, 24, 26, 27 s.
- [9] Alaş, A. ve Çil, O.H.Ş., 2002, Aksaray iline içme suyu sağlayan bazı kaynaklarda su kalite parametrelerinin incelenmesi, Ekoloji Dergisi, 11(42), 40-44
- [10] Morrison, G., Fatoki, O.S., Persson,L. and Ekberg, A., 2001, Assesment of the impact of point source pollution from the Keiskammahoek Sewage Treatment Plant on the Keiskamma River-pH, electrical conductivity, oxygendemanding substance (COD) and nutrients, [http:// www. wcr. org. za](http://www.wcr.org.za), water SA, 27(4), 475, 480 p.
- [11] Giritoğlu, T., 1975, İçme suyu kimyasal analiz metodları, İller Bankası Yayınları, 18, 343 s.
- [12] Solak, C.N., 2003, Akçay (Muğla-Denizli)'ın fiziko-kimyasal ve epilitik alg florası yönünden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 32, 34 s.
- [13] Atay, R., 1995, Su kirliliği laboratuvar notları, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 17, 43, 44, 54 s.

- [14] Ünlü, A., 1994, Yeraltı suyu kirliliği ve kontrolü, Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları Paneli, Fırat Üniversitesi Yayınları, 39, 54, 68 s.
- [15] Barlas, M., 1995, Akarsu kirlenmesini biyolojik ve kimyasal değerlendirilmesi ve kriterleri, Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu Kitabı, Erzurum, 465-479
- [16] WHO, 1984, Guidelines for drinking water quality vol. 2, Geneva, 100 - 292 p.
- [17] Albek, E., 2002, Statistical analysis of water quality trends: An application to the Porsuk stream, Anadolu University Journal of Science and Technology, 3(2), 281-292
- [18] Yetiş, Ü., Dilek, F.B. ve Tokmak, B., 1997, Su kaynaklarındaki kirlenme ve içme suyu arıtımı, İlksan Matbaası, Ankara, 3, 16 s.
- [19] Peker, İ., Dingilyan, B., Özen, M., Çiloğlu, F., Özeş, Ö. ve İzmiroğulları, P., 2000, İstanbul ilinde satılmakta olan polikarbonat suları ile geçmişte hizmet veren istasyon sularının kirlilik parametreleri yönünden karşılaştırılması, Arıtım Dünyası Dergisi, 22, 49-60
- [20] DMİ., 2004, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [21] Kütahya İli Çevre Durum Raporu 1999, 63 s.
- [22] Kütahya Çevre Sempozyumu, 1988, Kütahya Valiliği Çevre Koruma Vakfı, 34, 35, 56, 57, 177, 178 s.
- [23] JMP SAS., 1995, JMP SAS. SAS Instute Inc, SAS Campus Drive, Cary, NC, USA.
- [24] LITTLE, T.M. ve HILLS, F.J., 1978, Agricultural Experimentation Desing and Analıysis, John Wiley and Sons, New York, USA, 350 p.

- [25] Dirican, R. ve Bilgel, N., 1993, Halk sağlığı (Toplum hekimliği), Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, 70, 119, 123 s.
- [26] Wigle, D.T., 1998, Position paper, Safe drinking water: A public health challenge. chronic discan 19(3), 103, 107 p.
- [27] Esen, D., 1990, Samsun şehir içme suyu fiziksel ve kimyasal analizleri, Yüksek Lisans Tezi 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [28] Erdemgil, N., 1995, Su getirme, Bilim yayınları, İstanbul, 121, 126, 128 s.
- [29] Boysan, F. ve Şengörür, B., 2001, Şişelenmiş içme sularındaki bazı inorganik parametrelerin insan sağlığına etkilerinin araştırılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(2), 6-11
- [30] Abdulrahman, I.A. and Mujahid, A.K., 1999, Chemical composition of bottled water in Saudi Arabia, Environmental Monitoring and Assessment 54, 173-189
- [31] TS 266, 1972, İçme suları standartları, Türk Standartları Enstitüsü, 3. Baskı
- [32] TS 266, 1984, İçme Suları Standartları, Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı
- [33] Deda, S.N., 1989, Gıda mevzuatı ve tatbikatı, Seçkin Kitabevi, 269, 270 s.
- [34] Ekmekçi (Atalay), F.G.,1989, Sarıyar Baraj Gölündeki ekonomik öneme sahip balık stoklarının incelenmesi, Doktora tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 255 s.
- [35] Klee, D., 1990, Wasser Untersuchen. Biologische Arbeitsbücher. Quelle & Meyer, Heidelberg, 128 p.

[36] İnce, F., Uslu,G. ve Demirbaş,M., 1995, Elazığ kenti evsel atıksularının kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin mevsimsel değişimi, 2.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri Kitabı, 11-13

[37] Topuzoğlu, İ., 1979, Çevre sağlığı ve işçi sağlığı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-27, 25 s.

[38] Sandiford, P., Gorter, A.C., Smith, G.D. and Pauw, J.P.C., 1989, Determinants of drinking water quality in rural Nicaragua, *Epidem. Inf.* 102, 429-438

PHYSICAL, CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF KUTAHYA DRINKING WATER

H.DAYIOĞLU* & M.S.ÖZYURT*
N.BİNGÖL* & C.YILDIZ*

Abstract. In this study, physical, chemical and bacteriological analysis of drinking water of Kütahya were studied during 2002. The drinking water samples were collected from 6 different quarter of a town by 30 days intervals. Analysis parameters for water samples were turbidity, colour, odour, taste, sediment, pH, hardness, sulphite, chlorine, nitrite, ammonium, nitrate and total organic matter. According to the results, It was determined that physical, chemical and bacteriological characteristics of Kütahya drinking water fit the drinking water standarts of WHO, EPA and TSE.

Key Words: Drinking water, turbidity, chlorine, pH, hardness

* Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Kütahya, Türkiye msozyurt@dumlupinar.edu.tr

* Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Kütahya, Türkiye dayioglu@dumlupinar.edu.tr

* Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Kütahya, Türkiye akanil@dumlupinar.edu.tr

* Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Kütahya, Türkiye