

## Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi Water Quality of Lower Değirmendere (Trabzon) Basin

**Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK, Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 61080 Trabzon

e-posta:fatma@ktu.edu.tr, dilek@ktu.edu.tr

### ÖZ

Günümüzde sağlığa uygun nitelikli su kaynakları yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle içme ve kullanma suyu kaynakları uluslararası ticari açıdan da önem kazanmıştır. Değirmendere Havzasında çok sayıda mineralli ve tatlı su kaynakları bulunmaktadır. Ayrıca Esiroğlu Arıtma Tesislerinin devreye girmesinden önce Trabzon Kentinin içme ve kullanma suyunun sağlandığı Değirmendere alüvyonları da aynı havzada yer alır. Bu çalışmanın amacı, Değirmendere Havzasındaki tatlı su ve mineralli su kaynaklarının nitelik ve miktar yönünden kullanıma uygunluk durumlarının belirlenmesi ve uygun nitelikte olanlarının ekonomiye kazandırılması için yapılacak yatırımlara bir temel oluşturmasıdır.

Değirmendere vadisinde bulunan sular yüzey, yeraltı ve mineralli sular kapsamında incelenerek suların hidrokimyasal özellikleri belirlenmiş, Türk Standartları ve su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre niteliklerinin uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre havzadaki suların hidrokimyasal fasiyesleri yönünden genel olarak "kalsiyum bikarbonatlı" sular sınıfında yer aldığı ve incelenen sulardan yüzey sularının ve mineralli suların bir kısmının dolomit ve kalsite, sadece bir iki kuyu suyunun da kalsit ve aragonite doygunluğu belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki Yanlıca mineralli suyunda Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se), Akoluk mineralli suyunda ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) değerleri standartlarda verilen limit değerlerin üzerindedir. KTÜ'ye ait kuyu suyu ve Kendirli akiferi suyunda ise Krom (Cr) değerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Değirmendere ve kollarına ait sular pH, TDS, Cl<sup>-</sup> ve SGy<sup>2</sup> miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında, ancak N<sub>2</sub> miktarına göre Sümela Deresi yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Dere suları kirli su, Değirmendere suyu ise çok kirlenmiş su sınıfındadır. Değirmendere vadisindeki yeraltı suları ise pH, TDS, Cl<sup>-</sup>, SCy<sup>2</sup>, N<sub>2</sub> ve N<sub>3</sub> miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında yer alır.

**Anahtar kelimeler:** Aşağı Değirmendere Havzası, Mineralli sular, İnorganik elementler, Su kimyası

### ABSTRACT

*in recent years, high quality fresh water source becomes insufficient. Thus, sources of drinking and using water is became international commercial trade value. Many fresh and mineral water springs are located in the Değirmendere basin. Değirmendere alluviums that were provided drinking water of Trabzon before the Esiroğlu cleaning and refining facilities become providing water, also found in the basin. The goal of current study is determination of quality, and quantity of fresh and mineral water sources, and development basic knowledge about appropriate sources for later investment.*

Surface, groundwaters and mineral waters of the Değirmendere basin have been investigated and hydrochemical properties have been determined. They were evaluated according to Turkish Standards for water and the Polluted Water Control Statement.

According to hydrochemical properties of streams, spring and mineral waters in the Değirmendere basin, the dominant ions in waters are  $Ca^{+2}$  and  $HCO_3^-$ , and all waters are classified as "calcium bicarbonate water". Mineral saturation index of the waters are calculated, and they are generally classified as unsaturated waters. However, mineral spring waters are saturated with calcite and dolomite. Groundwaters are not saturated except a few well water saturated with calcite and aragonite.

Representative water samples of the basin were analyzed for some inorganic elements. Obtained data indicated that Sb and Se contents of the Yanlıca mineral water, and Cr and Pb contents the Akoluk mineral water are above the limits representing the Değirmendere aquifer and the Kendirli aquifer's water is also above the limits.

According to pH, TDS, CT and  $SO_4^{2-}$  value, surface waters are high quality. But according to  $NO_2$  value Sümela stream water is high quality, Meryemana, Maçka and Galyan streams waters are contaminated water, Değirmendere water is highly contaminated water quality. According to pH, TDS, Cl,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_2$  and  $NO_3$  values groundwater of the Değirmendere basins are classified as high quality water.

**Key words:** Loyver Değirmendere Basin, Mineral Water, inorganic elements, Water chemistry

## GİRİŞ

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümünde kaynakların çoğunun havzanın aşağı kısımlarında Trabzon İl sınırları içerisinde yer alır. 1/25.000 yer alması nedeniyle Aşağı Değirmendere ölçekli Trabzon G43 a2-a3-b1 paftalarında yer Havzası incelenmiştir, alan Değirmendere havzası yaklaşık 1061 km<sup>2</sup>

yağış alanına sahiptir (Şekil 1). Ancak bu çalışmada yeraltısuyu taşıyan formasyonların ve



Şekil 1: Çalışma alanına ait yer buldurü haritası  
Figure 1: Location map of the study area

Çalışmanın amacı, havzada bulunan Kayflıklardan ekonomik değeri olanları ortaya çıkarabilmek, aynı zamanda daha temiz ve güvenli olan Değirmendere akiferinin taşıdığı yeraltısuyunun kullanılmasını ve yeraltısı rezervinin korunmasını sağlamaktır.

İnceleme alanında kuzeyden güneye doğru Akoluk, Çağlayan ve Esiroğlu Beldeleri, Maçka İlçesi gibi yerleşim yerleri ile Doğu Karadeniz Bölümüne özgü dağınık düzende kurulmuş olan mahalleler yer alır.

Değirmendere Havzası kuzeyden güneye doğru yükselen bir topografyaya sahiptir. Havzanın deniz seviyesinden başlayan sınırı 2500 m'lere kadar uzanır. Yüksek kot değerleri havzanın güney kesiminde yer alır. İnceleme alanını kuzey- güney yönde kat eden Değirmendere ve yan kollarının oluşturduğu yamaçlar genellikle 30-40 dereceye varan eğime sahiptir. Kuzeyden güneye doğru gittikçe yükselteleri artan tepeler çok sayıda kuru ve sulu yan vadilerle birbirinden ayrılmıştır.

İnceleme alanında her mevsim yağışlı ve

ılıman olan Doğu Karadeniz ikliminin özellikleri görülür. Trabzon meteoroloji istasyonundan alınan veriler yardımıyla Thomthwaite yöntemine göre hidrolojik bilanço hazırlanmıştır (Çizelge 1). Bu verilere göre ortalama sıcaklık 14.6°C, ortalama yıllık yağış 807,3 mm, gerçek buharlaşma terleme (Etr) 583,8 mm, fazla su ise 223.5 mm'dir. Çizelgeye göre Trabzon ve çevresinde Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında su fazlası, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise su eksikliği görülür. Bu sonuçlara göre yağışın yaklaşık %72'si buharlaşma-terleme yolu ile tekrar atmosfere geri dönmektedir.

Ancak Değirmendere havzasındaki ortalama yağış değerini hesaplayabilmek için havza ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait yağış değerleri (Akkaş,1990) kullanılmış; eş yağış eğrileri (izohiyet) ve Thissen yöntemleri ile havzaya ait yıllık ortalama yağış değerleri sırasıyla 673,6 mm ve 696,5 mm olarak belirlenmiştir. Havzadaki yıllık ortalama yağış değeri bu değerlerin ortalaması alınarak 685 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre Değirmendere

Çizelge 1: Thornthwaite yöntemine göre deneştirmeli yağış ve buharlaşma-terleme tablosu  
Table 1: According to Thomthwaite formula comparison of the precipitation and evapotranspiration

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Sıcaklık (°C)	7,2	7,4	8,2	11,6	15,8	20	22,6	23	20	16,4	13,1	9,6	14,6
Yağış (mm)	86,3	65,6	56,6	55,5	51,1	48,5	35,4	44,4	80,5	104	95,3	84,1	807,3
Sıcaklık indisi	1,74	1,81	2,11	3,58	5,71	8,16	9,81	10,07	8,16	6,04	4,29	2,68	64,15
(i) Enlem Düz Ks.(41°)	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Etp(mm)	15,8	16,5	23,8	43,3	77,4	111,2	135,5	129,6	91,8	62,8	38,3	23,4	769,4
Topraktaki Nem Değ.					-26,3	-62,7	-11			41,2	57	1,8	
Topraktaki Fay Su Rez	100	100	100	100	75,7	11	0	0	0	41,2	98,2	100	
Etr	15,8	16,5	23,8	43,3	77,4	111,2	46,4	44,4	80,5	62,8	38,3	23,4	583,8
Açık							89,1	85,2	11,3				
Fazla Su	70,5	49,1	32,8	12,2								58,9	223,5
Akış	50,5	49	41	26	13	7	3	2	1	1	1	29	223,5

havzasına düşen yıllık yağış miktarı ise  $726 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>tür.

728.4 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahip, 160 m korundaki Öğütlü Akım Gözlem İstasyonu'na ait DSİ 22. Bölge Müdürlüğünden alınan 13 yıllık verilere göre, Değirmenderenin yıllık ortalama akımı yaklaşık 358 hm<sup>3</sup>, yıllık ortalama debisi ise 11.36m<sup>3</sup>/sn'dir.

İnceleme alanında çatlak ve faylara bağlı çok sayıda kaynak oluşmuştur. Bu kaynakların bazıları mineralli su (maden suyu) niteliğindedir. Mineralli su kaynaklarından Yanlıca ve Akoluk mahallelerinde bulunan kaynaklar yöre halkı tarafından içilmektedir. Çevresinde demir iyonu içeriğine bağlı olarak kırmızı tortu bırakan Akoluk mineralli su kaynağının suyu, ağız tadına uygun olmayan lezzeti dolayısıyla ile çevre halkı tarafından kullanılmamaktadır. Ayrıca Akoluk Beldesinde mineralli suya 50-100 m uzaklıkta değişik noktalardan sızıntı şeklinde çıkan tatlı su kaynakları da bulunmaktadır.

Artan Trabzon nüfusunun su gereksiniminin karşılanamaması ve çevredeki tesislerle kirlilik riski taşıması nedeniyle, Değirmendere alüvyonlarında açılmış bulunan işletme kuyuları terkedilmiş ve Değirmendere suyunu kullanan Esiroğlu arıtma tesisleri devreye sokulmuştur. Ancak aşırı kirliliği nedeniyle Değirmendere suyunun arıtılması yerine, çok daha temiz olan Galyan Deresi regülatörü ile sağlanan su aynı

tesislerde arıtılarak kente verilmiştir. Esiroğlu arıtma tesislerinin kullanıldığı suyun gelecekte yeterli olmayacağı düşünülerek, Galyan Deresi üzerinde Atası Barajı projesi uygulanmaya başlanmıştır.

## JEOLojİ

Çalışma alanının jeolojisine yönelik ayrıntılı bilgiler Güven (1993), Güven vd (1993) ve Aydın (2003) tarafından verilmiştir (Şekil 2).

Çalışma alanında Kampaniyen-Mastrihtiyen yaşlı tortul ara katmalar içeren bazalt, spilitik bazalt, andezit ve bunların piroklastiklerinden oluşan Düzköy Formasyonu (Korkmaz, 1993), bunun üzerine uyumlu olarak gelen Kampaniyen-Mastrihtiyen yaşlı beyaz, açık gri, sarımsı gri renkli kireçtaşı ve killi kumlu kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Tonya Formasyonu (Korkmaz, 1993), Neojen (?) yaşlı bazalt ve asidik bileşimli volkanitlerden oluşan Karadağ Formasyonu (Korkmaz, 1993) yüzeylemektedir. Pliyosen yaşlı kumlu, killi silttaşı seviyeleri içeren ayrılmış volkanik breş ve tüflerden oluşan Çilekli Formasyonu (Aydın, 2003) Neojen (?) yaşlı volkanik kayalarla yatay ve düşey yönde geçişlidir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı kırmızı, sarı-kahvemsilerden oluşan Soğuksu Formasyonu (Aydın, 2003) ise Çilekli Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Alanındaki en genç birim ise oluşumları devam eden alüvyonlardır.



## Hidrojeoloji

İnceleme alanının hidrojeolojisine yönelik ayrıntılı bilgiler Dilek (1979), Aydoğan (1987), tarafından verilmiştir. Değirmendere su toplama havzasındaki suların kimya ve kalitesine yönelik veriler ise DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, İller Bankası 17. Bölge Müdürlüğü ve KTÜ'ye ait kuyu suları için yapılmış az sayıdaki kimyasal su analizleri ile sınırlıdır. Ayrıca Esiroğlu Arıtma Tesisinin ve daha sonra içme suyu sağlamak amaçlı planlanan Atasu Barajının gündeme gelmesi ile Değirmendere ve yan kollarının belirli aralıklarla kimyasal analizleri yapılmıştır. Mineralli su kaynakları ile ilgili çalışmalar ise Gültekin ve Dilek (2001) tarafından verilmiştir.

Çalışma alanında geniş alanda yüzeyleyen volkanao-tortul özellikli Düzköy Formasyonu, kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşı ve marn araldanmasından oluşan Tonya Formasyonu ve tamamen volkanitlerden oluşan Karadağ Formasyonu geçirimsizdir. Bu kayaçların kırık ve çatlaklarından yüzeye çıkan küçük debili kaynaklar bulunmaktadır. Ayrıca havzada mineralli su özelliğinde, değişik debili kaynaklar da bulunmaktadır.

Değirmendere ve onun yan kolları boyunca, dar şeritler şeklinde uzanan alüvyonlar havzadaki akifer birimlerini oluştururlar. Değirmenderenin Karadenize döküldüğü noktadan itibaren güneye doğru 3 km uzanan, yaklaşık 1 km genişlikte ve kalınlığı 17-40 m arasında değişen üçgen şeklinde bir alüvyon örtü (Değirmendere 1 akiferi), diğeri ise Akoluk ve Çağlayan Belde sınırları içerisinde Değirmendere vadisinde yer alan 6.2 km uzunluğunda, 250-500 m genişliğinde ve kalınlığı 20-25 m olan (Değirmendere 2 akiferi) alüvyonlardır. Akifer özelliğindeki bir başka birim ise Kendirli (Aşağımahalle) Deresi'nin Değirmendereye birleştiği yerden Kendirli Deresi vadisi boyunca uzanan yaklaşık 500 m uzunluğunda ve 50-100 m genişlikteki yamaç molozlarıdır (Kendirli akiferi).

Değirmendere 1 akiferinde günümüze kadar 25 kuyu açılmıştır. 1980'li yıllarda bunlardan 20 tanesi, 1992-96 larda 14 tanesi işletilmiştir. Tıfalmı KTÜ ve Askeriye'ye ait kuyular işletilmektedir. Değirmendere 2 akiferinde 1987'lerde açılmış bulunan 8 adet kuyulardan hiç biri günümüzde kullanılmamaktadır. Kendirli akiferinde ise özel şahıs tarafından 1998'de açtırılmış bulunan iki kuyu halen işletilmektedir.

Serbest akifer özelliğindeki Değirmendere 1 akiferini kesen birbirine paralel iki fay nedeniyle akifer üç kısma ayrılmıştır. İki fay arasında akifer kalınlığı 40 iriye kadar ulaşmaktadır. Alüvyonun kalınlığı akiferin diğer yerlerinde en fazla 20 m'ye erişir. Dilek, (1979)'a göre %80 çakıl, %20 kum, şilt ve kil boyutundaki elemanlardan oluşan Değirmendere 1 akiferi üniformluluk katsayısı 28.9, derecelenme katsayısı 0.87 ile "üniform olmayan kötü derecelenmiş" bir malzemedir oluşmuştur. Değirmendere 1 Akiferi  $10^{-5}$  m/sn'lik permeabilite katsayısı (K), %21.4'lük porozite (n) değeri ile "yarı geçirimli" malzeme sınıfında yer alır. Akiferde depolanan toplam yer altı suyu rezervi  $8.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ 'tür (Dilek, 1979).

Değirmendere 2 akiferinde yapılan jeofizik çalışmalarından alüvyonun kalınlığının 20-25 m olduğu belirlenmiştir (Aydoğan,1987). Alüvyonun üst kısımlarında yaklaşık 2 m kalınlığında dolgu malzemesi bulunmaktadır. Dolgu malzemesinin altında alüvyonu oluşturan malzeme, dasit, andezit, bazalt, tüf ve kireçtaşlardan türemiş iri bloklu kum ve çakıldan oluşmaktadır. %80 çakıl, %20 kum'dan oluşan akifer malzemesinin üniformluluk katsayısı 41.7, derecelenme katsayısı ise 2.6 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre akifer malzemesi "üniform olmayan iyi derecelenmiş" bir malzemedir. Akifere ait permeabilite değeri (K) ise  $6.4 \times 10^{-5}$   $2.3 \times 10^{-4}$  m/sn olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre akifer malzemesi "geçirimli malzeme" sınıfında yer alır.

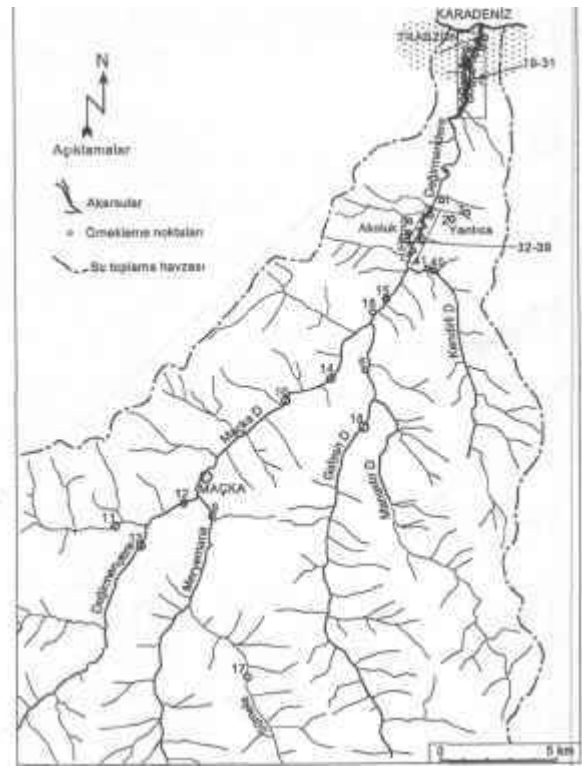
Kendirli Deresinin Değirmendere'ye birleşme yerine 700 m uzaklıkta bulunan 30 m derinliğindeki sondaj kuyusundan akiferin değişik birimlerden oluştuğu görülmektedir. Yüzeiden derine doğru 8 m çoğu çakıl olmak üzere kum çakıl karışımı alüvyon malzemesi, altında 4 m kalınlığında tüfler ve tüflerin altında bazalt bileşiminde volkanik kayaların olduğu sondaj logundan anlaşılmaktadır (Çatal, 1998). Akifere ait transmissibilite (T) değeri 152 m<sup>2</sup>/gün, permeabilite değeri (K) ise 5.8\*10<sup>-4</sup> (H m/sn) olarak hesaplanmış ve akifer malzemesinin "geçirimli malzeme" sınıfında olduğu belirlenmiştir.

### Su Kimyası

Değirmendere vadisinde bulunan yüzey (dere) suları ve yeraltı sular hem konutlarda içme ve kullanma suyu olarak hem de endüstride kullanılmaktadır. Yüzey suları ise arıtılarak kullanılmaktadır. Ayrıca yörede bulunan mineralli su kaynaklarının bir kısmı içirmektedir. İçme ve kullanma sularının içerdiği çözünmüş maddelerin türü ve miktarının kullanım amacına göre standartlarda belirlenen limit değerleri aşmaması istenir. Bu nedenle inceleme alanındaki yüzey, yeraltı, mineralli su ve az sayıdaki kaynak sularından alınan örneklerin (Şekil 3) kimyasal analizleri yapılarak, iyon içeriklerinin bu limitler içerisinde olup olmadığı araştırılmıştır.

İnceleme alanındaki sular, yüzey suları, yeraltısuları ve mineralli sular olmak üzere üç ayrı grupta toplanabilir. Yüzey sular kapsamında Değirmendere ve bunun yan kolları olan Meryemana, Sümela, Galyan dere suları incelenmiştir. Yer altı suları olarak Değirmendere 1 ve 2 akiferlerinde ve Kendirli akiferinde değişik tarihlerde açılmış kuyuların suları incelenmiştir. Mineralli su olarak Değirmendere akiferlerine yakın mesafelerde bulunan Yanlıca kaynakları (bu kaynaklar birkaç noktadan çıkmaktadır), Akoluk kaynakları (bu kaynaklar da birbirine yaklaşık 50 m uzaklıkta farklı üç noktadan çıkmaktadır), Atasu ve Kendirli mineralli sular incelenmiştir. Atasu

olarak adlandırılan kuyu suyu Galyan deresi vadisinde yapılmakta olan Atasu Barajı çalışmaları sırasında şantiyeye su sağlamak için açılan sondajla elde edilmiştir. Kendirli (Aşağımahalle) adıyla verilen örnek ise Kendirli akiferinde yapılan sondajdan alınmıştır. Atasu ve Kendirli mineralli suları içilmemekte, Kendirli sondaj suyu temizlik amaçlı kullanılmaktadır. Bu suların alman örneklerin kimyasal analiz sonuçları çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgedeki suları kimyasal analizlerinin bir kısmı bu çalışma kapsamında DSİ 22. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında yapılmış, bir kısmı ise daha önce yapılmış olan çalışmalardan derlenmiştir.



Şekil 3: İnceleme alanındaki örnekleme yerleri  
Figure 3: Sample location in the investigated area

Çizelge 2 incelendiğinde Sümela ve Galyan derelerinin pH, sertlik, elektriksel iletkenlik değerleri ile majör anyon ve katyon içeriği birbirine oldukça yakındır. Bu iki dere suyu 7.5-7.2 pH değerleri ile nötr, 6,9-6.7 °F sertlik dereceleri ile "oldukça yumuşak" sulardır (Egüvanlı ve Yüzer, 1987). Meryemana, Maçka ve Değirmendere sular da kimyasal içerikleri

bakımından birbirlerine benzer özelliktedir. pH'ları 7.6-8.5, sertlikleri 8-18 °F arasındadır. pH değerlerine göre Sümela ve Galyan dere suları *nötr*, Meryemana, Maçka ve Değirmendere suları *bazik*, sertliklerine göre Sümela ve Galyan dere suları "mamba suyu", Meryemana, Maçka ve Değirmendere suları "tatlı su" sınıfında yer alır (Egüvanlı ve Yüzer, 1987). Dere sularının hepsinde katyon olarak  $Ca^{+2}$ , anyon olarak  $HCO_3^-$  iyonları en yüksek değere sahiptir. Ayrıca Meryemana, Maçka ve Değirmendere sularında 0.01-0.36 mg/l arasında  $NO_2^-$ , 0.02-3.06 mg/l arasında  $NO_3^-$ , 0.03 mg/l'ye kadar da  $NH_3$  bulunmaktadır.

Değirmendere akiferlerine ait yeraltısularının kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, pH değerlerine göre bir kısmının nötr bir kısmının ise

hafif asidik karakterde olduğu görülür. Değirmendere 1 akiferinde katyon olarak  $Ca^{+2}$ , anyon olarak  $HCO_3^-$  iyonları en yüksek değere sahiptir. Genel olarak 7- 20 °F arasında sertlik dereceleri ile "mamba suyu" ve "tatlı su" sınıfında yer alırlar. Değirmendere 2 akiferindeki kuyu sularının pH değerleri 6.5-7.5 arasındadır. 19-29°F arasında değişen sertlik değerleri ile Değirmendere 1 akiferine göre daha sert sulara sahiptir. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözülmüş madde miktarları da daha yüksek değerlerdedir. Değirmendere 1 akiferinde bulunan halen KTÜ'ye ait kuyu suyu 6.2'lik pH değeri ile asit özellikte ve 33°F ile de "çok sert su" sınıfında yer alır. Değirmendere 1 ve Değirmendere 2 akiferlerine ait sularda baskın iyon çifti  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$ 'dir.

Çizelge 2: Çalışma alanındaki suların kimyasal bileşimleri  
Table 2: Chemical composition of the waters in the study area

No	Örnek adı	Tarih	pH	Sertlik °F	EC S/cm	TDS mg/l	Ca <sup>+2</sup> mg/l	Mg <sup>+2</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>3</sub> mg/l	Fe mg/l
Mineralli veya acı sular																	
1	Yanlıca (1)	1998	5.8	37	814	681	97	30	33	0.8	479	19.2	17.8	0.00	0.01	0.02	0.08
2	Yanlıca (2)	1998	6.2	39	926	791	103.1	31.6	53	1.6	579.5	1.4	20	0.00	0.03	0.04	0.06
3	Akoluk (1)	1999	6.2	29	600	708	74	24	73.6	0.78	456.9	66.7	10.6	0.00	0.01	0.04	1.2
4	Akoluk (2)	1999	6.2	44	1360	1025	112	37.2	112.3	3.12	567.3	160.3	32	0.01	0.5	0.03	1.4
5	Akoluk (3)	1999	6.3	350	4300	5970	880	312	173.4	20.3	4171.8	288	124	0.01	11.7	0.07	1.1
6	Alasu	2001	6.6	122	2612	1915	334.7	92.4	157	4.3	860	153	314	0.21	0.5	0.076	2.2
Kaynak suları																	
7	Yanlıca	1998	7.8	32	713	598	83	26	34	0.4	396.5	44.6	12.8	0.00	0.01	0.09	0.02
8	Akoluk	2002	6.9	26	638	396	52.1	31.6	10	0.3	145	147.2	8.9	0.01	13.9	0.036	0.02
Dere suları																	
9	Meryemana	1994	8.0	12	242	178	38.3	4.6	2.1		115.7	7.5	4.7	0.048	0.38	0.03	0.02
10	Maçka	1994	7.8	17	342	270	52.9	8.3	4		181.5	14.6	8.5	0.022	3.06	0.01	0.02
11	Değirmend	1979	7.5	14	291	218	36.8	11.7	8.1		163.5	15.9	6	0.026	0.03	0.02	0.00
12	Değirmend	1986	7.0	18	292	262	51	10.2	8.6		82.35	104.1	6	0.018	3.08	0.01	0.02
13	Değirmend	1987	7.0	15	295	254	47	6.6	9.7		164.7	14.4	11.4	0.072	0.00	0.02	0.88
14	Değirmend	1992	8.5	8	176	131	24.8	2.9	-		84.7	11	7	0.010	0.30	0.01	0.01
15	Değirmend	1994	8.1	17	351	266	56.1	8.1	2.2		170.2	17.1	7.5	0.20	2.28	0.02	0.60
16	Değirmend	1998	7.6	12	243	182	36.7	5.5	1.5		124.3	6.81	6.7	0.36	0.02	0.03	0.02
17	Sümela	1998	7.5	6.9	139	111	20.1	4.4	2.1		72.4	3.98	7.3	0.00	0.00	0.01	0.10
18	Galyan	1994	7.2	6.7	145	102	20	4.1	1.2		61	5.92	9.8	0.03	0.00	0.01	0.10
Değirmendere 1 akiferi																	
19	30294	1986	6.9	14	394	251	49	4.8	8.1		164.7	16.3	7.5	0.00	0.00	0.01	0.08
Çizelge 1 devam ediyor																	
20	32518	1986	6.9	15	292	263	51	6	9.0		176.9	11	8.5	0.00	0.00	0.01	0.04
21	32671	1986	7.0	15	295	261	47	6.6	10.1		164.7	21.6	11.3	0.00	0.00	0.02	0.14
22	28593	1986	7.4	16	317	218	41	6	7.7		140.3	10.1	12.7	0.00	0.00	0.01	0.02
23	28593	1992	7.2	12	260	216	32	9.6	11.3		107.4	48.3	7.1	0.00	0.01	0.00	0.02
24	28594	1992	7.2	11	220	293	28	9.6	9.06		219.6	19.8	7.1	0.09	0.03	0.02	0.03
25	29951	1992	7.1	11	220	287	28	9.6	8.8		213.5	21.4	7.1	0.00	0.00	0.00	0.20
26	29952	1992	7.1	7	140	192	16	7.2	7.2		146.4	10.6	3.6	0.00	0.00	0.00	0.01
27	1430	1991	6.8	19	440	330.1	63.6	8.2	7.6		192.8	25	18.6	0.00	0.00	0.00	0.20
28	1377	1990	6.3	32	706	529	103	15.9	9.4		312.5	20.7	47.4	0.00	0.00	0.00	0.14
29	1261	1990	6.8	20	413	310	66	8.5	3		190.5	26	16	0.00	0.00	0.00	0.03
30	1617	1992	7.2	14	307	230	44	6	9.8		144.5	20.2	12	0.00	0.09	0.06	0.10
31	KTÜ Kuyu	2002	6.2	33	118	490	76.1	34	6.1		225	136.8	11.6	0.001	13.7	0.09	0.01
Değirmendere 2 akiferi																	
32	36206	1987	6.5	19	388	346	56	12.1	16.9		216.5	29.8	14.5	0.00	0.00	0.00	0.01
33	36205	1987	7.0	27	537	474	83	15	22.9		253.1	79.2	21.3	0.00	0.00	0.00	0.02
34	36157	1987	7.2	29	563	495	90	14.4	20.8		280.6	71.	18.4	0.00	0.00	0.00	0.01
35	36462	1987	6.9	21	473	354	64	11.4	23.8		61	173.7	19.9	0.00	0.00	0.00	0.30
36	1414	1991	7.3	27	615	461	83.7	13.5	13.5		303.1	19	18.6	0.00	0.00	0.00	0.22

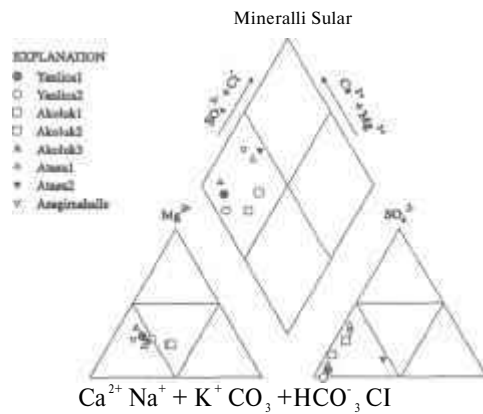
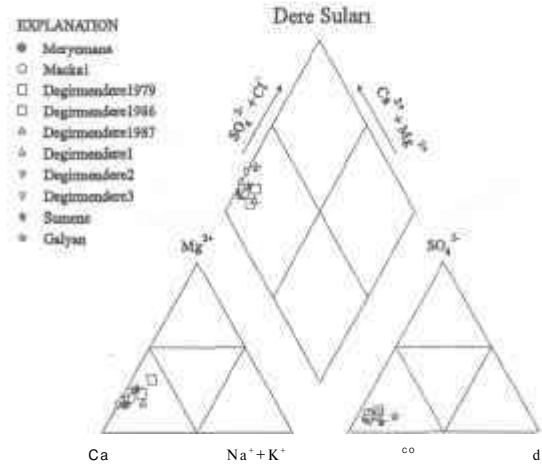
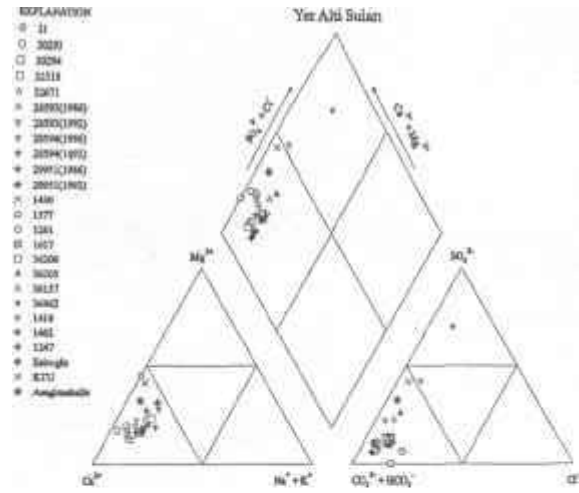


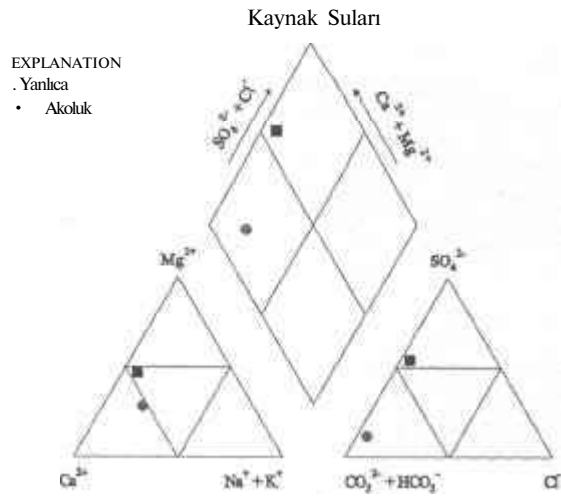
Kendirli akiferine ait su örneklerinde pH değeri 6.8, sertlik ise 30F'dir. Bu değerlere göre buradaki yer altı suyu hafif asit özellikte ve sert su sınıfında yer alır.

Mineralli sulara ait kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, kaynakların pH değerlerinin 5.8 ile 6.6 arasında değiştiği görülür. Kaynakların hemen hepsinde  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  iyonları baskındır. Akoluk (2) kaynağında  $Ca^{+2}$  ve  $Na^+$  iyonları aynı değerdedir. İçerdiği toplam çözülmüş madde miktarının 1000 mg/l' nin altında olmasına rağmen, bu kaynak suları ekşimsi tatta ve gaz içermeleri nedeniyle mineralli sular sınıfında incelenmiştir. Diğer kaynaklarda toplam çözülmüş madde miktarı 1000 mg/l'nin üzerindedir, ancak bu kaynaklarda demir iyonu miktarının fazla olması nedeniyle kullanılmamaktadır.

Yanlica ve Akoluk kaynak suları kimyasal bakımdan mineralli kaynaklara benzer özellikte, ancak daha az çözülmüş madde içerirler. Yüzeysel sularına oranla daha fazla çözülmüş madde içeren kaynakların mineralli kaynaklara yakın yerlerde bulunmaları nedeniyle sularının karışmış olabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki yüzey, yeraltı ve mineralli suların hidrokimyasal fasiyeslerini belirlemek üzere, suların kimyasal analiz sonuçları Piper Diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 4). Diyagramlar incelendiğinde sulara  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  iyon çiftinin baskın olduğu; kation ve anyonların birlikte değerlendirilmesinden yüzey ve yer altı sularının "kalsiyum bikarbonatlı", mineralli suların Akoluk dışındakilerin "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk suyunun ise "karışık bileşimli sular" sınıfında olduğu görülür.





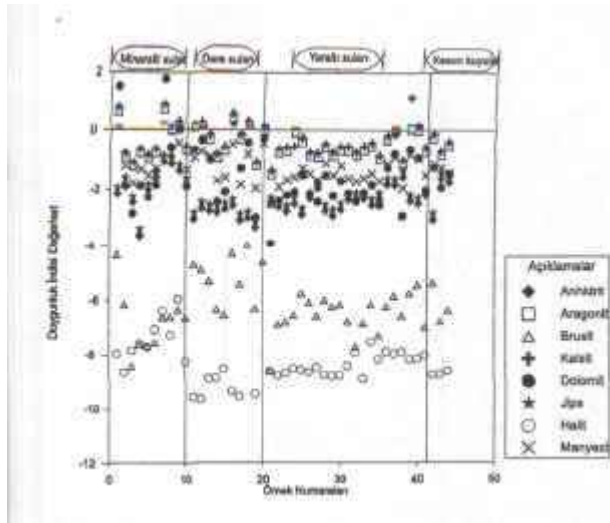
Şekil 4: Değirmendere havzasındaki suların piper diyagramındaki konumları  
 Figure 4: Piper Diagram showing of investigated waters.

Kaynak sularından Yanlıca kaynak suyu "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk kaynak suyu ise kationları bakımından karışık, anyonları bakımından sülfatlı sular sınıfında yer alır. Genel olarak değerlendirildiğinde Akoluk kaynak suyu dışında kalan su örneklerinin Ca+Mg miktarının Na+K miktarından fazla olduğu,  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  (zayıf asit kökleri) in  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$  (kuvvetli asit kökleri) tan fazla olduğu, karbonat sertliğinin karbonat olmayan sertlikten fazla ve karbonat sertliğinin %50'den fazla olduğu sular bölgesinde yer aldığı görülür. Akoluk kaynak suyu ise iyonlarının hiç biri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sular bölgesinde yer alır.

İnceleme alanındaki sularda  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  iyon çifti baskın durumdadır. Sedimanter ve volkanik kayaların hakim olduğu çalışma alanında sular akış süresinin bir kısmında kalsiyum ve karbonatça zengin minerallerle temas eder. Bu temas sonucunda karbonatlı minerallerde çözünme olur. Çözünme belli

şartlarda dengeye ulaşıncaya kadar devam eder. Ortamın pH, sıcaklık, basınç gibi özelliklerinin değişmesi yada ortama yeni iyonların girmesi kurulan dengenin bozulmasına neden olur. Denge anında su ile mineral arasında herhangi bir reaksiyon yoktur. Dengenin bozulması yeniden su ile mineral arasında bir reaksiyonun olmasını sağlar.

Son yıllarda suların herhangi bir tuz yönünden doymun olup olmadıkları kimyasal denge hesaplarıyla yapılmaktadır (Cheery ve Freeze, 1979; Fetter, 1980; Domenico ve Schvartz, 1990). Bu araştırmada da yüzey, yeraltı ve mineralli suların kalsit yönünden doymun olup olmadıkları kimyasal denge yöntemiyle araştırılmıştır. Bu çalışmada inceleme alanına ait su örneklerinin mineral doymunlukları WATEQ4F (Ball ve Nordstrom, 1991) programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar çökelebilecek başlıca mineraller olan kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), aragonit ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), brusit ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), manyezit ( $\text{Mg}_4(\text{CO}_3)_3(\text{OH}) \cdot 2.3\text{H}_2\text{O}$ ), jips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), halit ( $\text{NaCl}$ ) gibi mineraller için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda incelenen suların genelde minerallere doymun olmadıkları belirlenmiştir. Kaynak sularından Yanlıca (2) kaynağının dolomit ve kalsite doymun, Akoluk suyunun hiçbir minerale doymun olmadığı görülür. Mineralli sulardan Akoluk (3) kaynağı kalsit, dolomit ve manyezite doymun, Atası kaynakları kalsit, aragonit ve dolomite doymundur. Kendirli, Akoluk (1) ve (2), Yanlıca (1) ve (2) kaynakları doymun değildir. Değirmendere sulanında ise kalsit aragonit ve dolomite doymunluk görülür. Yeraltı su örneklerinin bir kaçında kalsit ve aragonite doymun ve denge durumuna yakın değerler bulunmuştur. Su örneklerinin mineral doymunluk değerleri şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5: Su örneklerinde mineral doymuluklarının değişimi

Figure 5: Saturation index values of investigated waters

### Su Kalitesi

Değirmendere vadisindeki suların kalite değerlendirmeleri TS 266, TS 9130 ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1988'de verilen kıta içi su kaynakları sınır değerlerine göre analizi yapılmış parametreler için belirlenmiştir. TS 266'da Fe, Cu ve Zn suların tadım bozucu, Pb, Cd ve As ise zehirli iyonlar olarak adlandırılmış ve sularda bulunması gereken sınır değerleri verilmiştir. Sularda bu tür iyonların varlığını belirlemek, aynı zamanda var olan elementlerin içilebilir standartlarına uygun olup olmadıklarını araştırmak açısından, çizelge 3'de verilen bazı iyonların analizleri yaptırılmıştır. Örnekleme KTÜ'ye ait kuyuda, Kendirli akiferi, diğer özellikleri bakımından içmeye uygun görülen Yanlıca (1) ve Akoluk (1) mineralli su kaynaklarında yapılmıştır.

Çizelge 3'den de görüldüğü gibi Yanlıca (1) mineralli suyu Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se) açısından, Akoluk(1) mineralli suyu ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) iyonları açısından içmeye

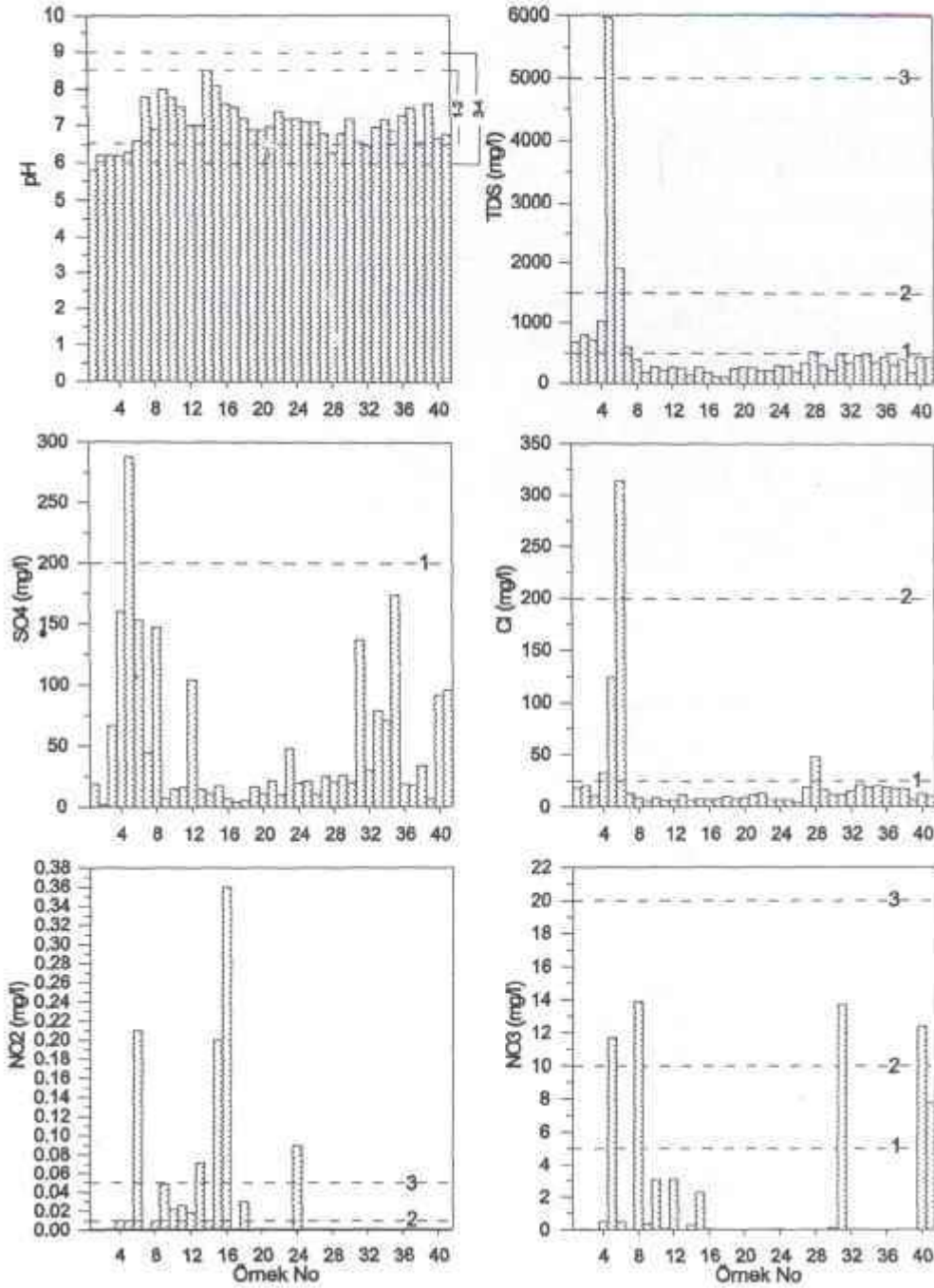
uygun değildir. Değirmendere Kendirli akiferinden alınan su örneklerinde Krom (Cr) iyon değeri açısından içmeye uygun olmadığı; Kurşun (Pb) değeri açısından ise tam bir rakam verilmediği için şüpheli durumda olduğu görülmektedir.

Çizelge 3: Sularda analizi yapılan inorganik bileşenler

Table 3: Inorganic elements in investigated waters

Parametreler (ppm)	Yanlıca (1)	Akoluk (1)	KTÜ Kuyusu	Kendirli (Aşağımahalle)
Arsenik (As)	0.03	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Krom (Cr)	0.02	0.054	0.03	0.03
Bakır (Cu)	0.002	0.514	0.167	0.165
Mangan (Mn)	0.01	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Çinko (Zn)	0.02	0.377	0.254	0.321
Kadmilyum (Cd)	0.003	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Nikel (Ni)	0.025	"	"	"
Kurşun (Pb)	0.01	0.118	<0.1	<0.1
Antimon (Sb)	0.01	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Selenyum (Se)	0.02	"	"	"
Baryum (Ba)	0.02	"	"	"
Bor (B)	0.22	"	"	"

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre Değirmendere ve kollarına ait sular pH, TDS, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında yer alır. Ancak NO<sub>2</sub> değerine göre Sümela Deresi yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Dere suları kirli su, Değirmendere suyu ise çok kirlenmiş sular sınıfına girer. Değirmendere vadisindeki yeraltısuları ise pH, TDS, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>3</sub> değerlerine göre yüksek kaliteli sular sınıfında yer alırlar (Şekil 6). Ancak bunlardan 1377 nolu kuyu (28) Cl<sup>-</sup> bakımından az kirlenmiş su, 28594 nolu kuyu (24) NO<sub>2</sub> bakımından kirli su ve KTÜ kuyusu (31) NO<sub>3</sub> bakımından kirli su sınıfına girer.



**Şekil 6:** Su örneklerinin ölçülen parametrelerinin Su Kirliliği Kalite Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre değerlendirilmesi- -1- -: Yüksek kaliteli su, - -2- -: Az kirlenmiş su, - -3- -: Kirli su, - -4- -: Çok kirlenmiş su.)

**Figure 6:** Assessment of measured parameters of water samples according to Su Kirliliği Kalite Kontrol Yönetmeliği, (1988)(- -1- -: High quality water, - -2- -: Less contaminated water, - -3- -: Contaminated water, - -4- -: Highly contaminated water.)

## SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Değirmendere, Vadisinde dere yatağı boyunca uzanan Değirmendere ve Kendirli alüvyonları yeraltı suyu taşıyan birimleri oluşturur. Akiferler geçirimli ve yarı geçirimli malzemeden oluşmuştur. Değirmendere 1 akiferinde depolanan yeraltı suyu hacmi  $8.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ 'tür.

Değirmendere vadisinde bulunan yüzey, yeraltı ve mineralli sularda baskın iyon çifti  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  iyonlarıdır. Katyon ve anyonlar birlikte değerlendirildiğinde yüzey ve yeraltı sularının "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk dışındaki mineralli suların "kalsiyum pikaarbonatlı", Akoluk mineralli suyunun ise "karışık bileşimli sular" sınıfında olduğu belirlenmiştir. Kaynak sularından Yanlıca lıynak suyu "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk .1 kaynak suyu ise katyon içerikleri bakımından karışık, anyon içerikleri bakımından sülfatlı sular sınıfında yer alır.

Kimyasal analiz sonuçlarından yapılan hesaplamalar sonucunda; Yanlıca (2) mineralli su kaynağının dolomit ve kalsite doymuş olduğu; Akoluk tatlı su kaynağının doymuş olmadığı; Akoluk (3) mineralli su kaynağının kalsit, dolomit ve manyezit minerallerine doymuş olduğu; Atasu mineralli su kaynağının kalsit, aragonit ve dolomite doymuş olduğu; Değirmendere yüzey sularının kalsit aragonit ve dolomite doymuş olduğu; Değirmendere akiferlerine ait su örneklerinin ise hesaplanan minerallere doymuş olmadıkları belirlenmiştir.

Sular kaliteleri açısından incelendiğinde

inorganik iyonlar bakımından Yanlıca (1) mineralli suyunda Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se); Akoluk (1) mineralli suyunda ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) iyon değerleri standartlarda müsaade edilen limit değerinin üzerindedir. KTÜ'ye ait kuyudan ve Kendirli akiferine ait kuyudan alınan su örneklerinde Krom (Cr) iyonunun müsaade edilen değerinin üzerinde olduğu; Kurşun (Pb) iyonu açısından ise durumun belirli olmaması nedeniyle daha duyarlı analiz yapılması uygun olur.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre Değirmendere ve kollarına ait sular Sümela Deresi hariç,  $\text{NO}_2$  yönünden kirliliği su ve çok kirlenmiş su sınıfına girer.

İnceleme alanındaki sulardan ölçülen parametrelere göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988) açısından en kaliteli suların Değirmendere akiferinin taşıdığı yeraltı sularından oluşmaktadır. Halen artırılarak kullanılmakta olan Galyan Deresi suyunun kurak mevsimlerde Trabzon İli'nin su gereksinimini karşılayamadığı durumlarda, çok kirlenmiş su olan Değirmendere suyunun kullanılması yerine yeraltı suyunun kullanılması gerek ekonomik gerekse sağlık yönünden uygun olacaktır. Ancak yüksek kaliteli su rezervine sahip akifer, üzerine kurulan sanayi tesislerinin ve kömür deponi alanlarının atıklarının tehdidi altındadır. Kullanımı devam eden KTÜ kuyusunda bu tür kirlenmenin sonuçları görülmektedir.

Daha kaliteli olan yeraltı suyunun kentin içme ve kullanma suyu olarak kullanılması için kirlenmeye karşı korunması

gerekmektedir. Bunun için sanayi atıklarının akiferi kirletmeyecek şekilde deşarj edilmesi, akifer üzerinde bulunan ve sayılan gittikçe artan kömür depolama alanlarının akifer üzerinden kaldırılması uygun olacaktır.

### **Katkı Belirtme**

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığınca desteklenmiştir. (Proje Kod no: 21.112.005.5). Yazarlar desteklerinden dolayı KTÜ BAP Başkanlığına teşekkür ederler.

### **DEĞİNİLEN BELGELER**

- Akkaş, M., 1990, Trabzon İklim Etüdü, TC Başbakanlık Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Aydm, R, 2003, Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 232 p.
- Aydoğan, B., 1987, Değirmendere (Hacımehmet-Çağlayan) Vadisi hidrojeolojik incelemesi, KTÜ, Jeoloji Müh. Böl. Bitirme Çalışması (yayınlanmamış).
- Ball J. W. ve Nordstrom, D.K., 1991, User's manual for WATEQ4F, with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters: U.S.Geological Survey Öpen- File Report 91-183,189p. (Revised and reprinted August 1992)
- Dilek, R, 1979, Trabzon- Hopa kıyı şeridinin yer altı suyu olanakları, KTÜ Yayın No: 99, Trabzon, 103 s.
- Domenico, P.A. ve Schwartz, F.W., 1990, Physical and chemical hydrogeology, John Wiley & Sons, New York, 824 p.
- Erguvanlı, K ve Yüzer, E., 1987, Yer altı suları jeolojisi, 3. Baskı, İTÜ Maden Fakültesi, YayınNo: 23, İstanbul, 339 s.
- Fetter, C.W,1980, Applied Hydrogeology, Bell and Howel Company, Colombus, Ohio, 488 p.
- Freeze, R.Ave Cheery, J.A.,1979, Groundwater, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 p.
- Gültekin, F. ve Dilek, R., 2001, Trabzon yakın çevresindeki mineralli su kaynaklarının hidrokimyası, Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu, 331-338, İzmir.
- Güven, İ.H., 1993 Doğu Pontidlerin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoglu, S., 1993 MTA Genel Müdürlüğü, 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F43 ve G43 paftaları, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Korkmaz, S., 1993, Tonya-Düzköy (GB Trabzon) yöresinin stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36,151-158.