

# Koçpınar (Aksaray) kaynaklarının su kimyası açısından değerlendirilmesi

## *Hydrochemical evaluation of the Koçpınar springs (Aksaray)*

Mustafa AFŞİN  
Halil BAŞ

Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200 Aksaray  
Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200 Aksaray

### Öz

Koçpınar kaynakları KB - GD yönlü Tuzgölü Fay Zonu (TFZ) boyunca doğrultu atımlı Hasandağı Fay Seti (HFS) üzerinde açığa çıkmaktadır. Çoğunluğu volkanik olan kaynak alanındaki kayalar farklı hidrojeolojik özelliklerine sahiptir. Meteorik kökenli sular yüzeye doğru yükselirken su - gaz - kayaç etkileşimi sonucu iyon değişimi olmaktadır. Kaynakların akiferi Paleozoik yaşlı mermerlerdir. Kaynak sularında kuru buz üretimi yapılabilecek miktarda bulunan CO<sub>2</sub> gazı karbonik asit açığa çıkararak suların kalitesi çözmesine neden olmuştur. Sularında iyon değişimine bağlı Ca - Mg - HCO<sub>3</sub> ve Na - HCO<sub>3</sub> şeklinde iki su kimyası fasiyesi ayrılmıştır. İçme suyu standartlarına uygun kaynakların her türlü kirlenme tehlikesine karşı üç korunma alanı belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Tuzgölü Fay Zonu, Akifer, Su kimyası fasiyesi, Kuru buz, Korunma alanı.

### Abstract

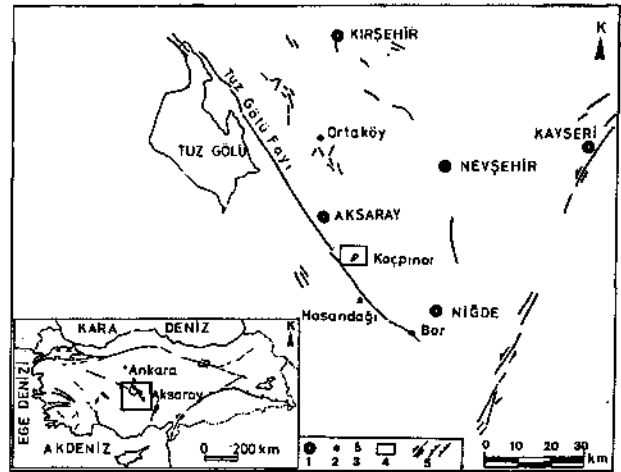
*Koçpınar springs emerge on strike - slip Hasandağı Fault Set (HFS) along Tuzgölü Fault Zone (TFZ) which extends in northwest - southeast direction. The exposed rocks, most of which are volcanic, exhibit different hydrogeologic properties in the study area. As meteoric waters rise to the surface ion concentration occurs through water - gas - rock interaction. Marbles of Paleozoic age form the aquifer of the springs. The CO<sub>2</sub> gas content of the springwaters is high enough to produce dry ice (solidified carbon dioxide). The CO<sub>2</sub> gas is also responsible for the calcite dissolution in the marbles forming carbonic acid through reactions with water. On the basis of ion concentrations, two hydrochemical fades have been identified as Ca - Mg - HCO<sub>3</sub> and Na - HCO<sub>3</sub>, springwaters meet the drinking water standards. Three protection zones are suggested against the external effects in the spring area.*

**Key Words:** Tuzgölü Fault Zone, Aquifer, Hydrochemical fades, Dry ice, Protection area.

### GİRİŞ

Koçpınar kaynakları, Aksaray'ın yaklaşık 28 km GD'sunda ve Hasandağı'nın 10 km K'inde yer alır (Şekil 1). Koçpınar ve yakın çevresiyle ilgili önceki çalışmaların çoğu jeoloji ve jeomorfoloji amaçlıdır [Beekman (1966), Erol (1984), Batum (1978 a, b), Emre (1990), Ercan ve diğ., (1992) ve Toprak ve Göncüoğlu (1993)]. Diğer taraftan Çağlar'ın (1950) çalışması Koçpınar kaynaklarının sadece su kimyasına yöneliktir. Ancak, doğrudan inceleme alanıyla ilgili olmayan genelde Zığa ve dolayındaki sıcak su kaynaklarının hidrojeolojisine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır (Öktü ve Kalkan, 1984; Göçmez, 1994).

Daha önce yapılan çalışmalarda doğrultu atımlı ve aktif olarak tanımlanan Tuzgölü Fay Zonu (TFZ) (Şaroğlu ve diğ., 1987; Toprak ve Göncüoğlu, 1993) boyunca çok sayıda soğuk, sıcak, sıcak ve mineralli su kaynağı açığa çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, TFZ'na giren Hasandağı Fay Seti'nde (HFS) yer alan Koçpınar kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik incelemesine yönelik Eylül 1995 tarihinde başlayan TÜBİTAK YDABÇAG - 120 nolu projenin Koçpınar



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası [1. İl merkezi, 2. İlçe merkezi, 3. Kaynak, 4. İnceleme alanı, 5. Fay (Olasılı vb)].

Figure 1. Location map of the study area [1. Province capital, 2. County town, 3. Spring, 4. Studied area, 5. Fault (Possible etc.)].

kaynaklarına ait su kimyası ve bakteriyoloji analizlerini önceki sonuçlarla birlikte değerlendirmektedir.

Koçpınar kaynaklarının debileri 1994 yılının Nisan ve Ekim ayları ile 1995 yılının Nisan ayında üçgen savakla ölçülmüştür. Kaynak sularının sıcaklık ve gaz dışında tüm parametreleri laboratuvarında saptanmıştır. CO<sub>2</sub> gazı kaynak başında gaz ölçer cihazıyla ölçülmüştür. İncelenen kaynak alanında özel bir kuruluş tarafından CO<sub>2</sub> elde edilmesine yönelik olarak Ağustos 1995 tarihinde başlayan sondaj çalışmaları devam etmektedir.

Kaynakların su kimyası analizleri iki dönemde yapılmıştır. 1994 Mayıs ayında çift kapaklı 1 litrelik plastik şişelere alınan su örnekleri MTA Genel Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarı'nda (Ankara); 1995 Ekim ayında asitli (HNO<sub>3</sub>) ve asitsiz olarak çift kapaklı 1 litrelik plastik şişelere alınan su örnekleri H.Ü. Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Su Kimyası Laboratuvarı'nda (Ankara); 100 ml lik steril şişelere alınan bakteriyoloji örnekleri ise Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda (Aksaray) analiz edilmiştir. İlk dönemde araziden alınıp doğrudan laboratuvara taşınan su örneklerinin analizlerinde laboratuvarından kaynaklanan iki haftalık bir gecikme olmuştur. İkinci dönemdeki analizlerde ise arazi ve laboratuvar arasında sadece 12 saatlik bir gecikme söz konusudur.

## JEOLOJİ

İnceleme alanındaki volkanitler Toros dağ kuşağı eksenine paralel olarak Orta Anadolu masifi ve Toroslar üzerinde gelişen Neojen - Kuvaterner volkanik zincirinin önemli bir halkasını oluşturur (Şekil 2 ve 3). Alandaki volkanik kayaların çoğunluğu yer yer akarsu ve göl çökelleriyle birlikte yüzeylenmektedir. Koçpınar kaynaklarının bulunduğu alanda Neojen öncesi birimler, volkanizma ve sonrasına ait çökellerle örtülü olduğu için gözlenmemektedir. Bunlardan, Paleozoyik yaşlı metamorfizmlerde (Pb: Bozçaldağ formasyonu) mermer, yarı mermer ve metaçörtler baskın durumdadır. Yer yer amfibolit - amfibolit şist arabantlı olan istifli başlıca kayaç yapıcı kalsit minerali yanında, ilerleyen metamorfizma şartlarına bağlı olarak granat, diyopsit, vollastonit, skapolit, muskovit ve epidot mineralleri yer alır. Eosen yaşlı denizel ve Oligo - Miyosen yaşlı karasal çökeller (Tm: Mezgit formasyonu) ise, çakıltaşı, kumtaşı, gips ve kilaşmandan meydana gelmiştir.

İnceleme alanının KD'sunda Boztoprak ovası çevresinde yer alan Kızılkaya ignimbiritlerinin (Tk) alt seviyeleri sıkı dokulu, üst seviyeleri ise bozuşmuş durumdadır. İncekesit örneklerinde kristal tuf özelliği gösteren camsı mikrolitler içermekte, fenokristallerin çoğunluğu ise andezit, biyotit, kuvars ve hornblend oluşturmaktadır (Göçmez, 1994). Tabanda yer yer süngertaşı par-

çaları da içeren birim ile alttaki tüfler (Ts: Selime formasyonu) arasında kırmızı renkli pişme zonu gözlenmektedir. Biyotitlere uygulanan K/Ar yöntemi ile birimin yaşı 4.9 - 5.5 ± 0.2 MY (Alt Pliyosen) olarak (Batum, 1978 a, b) bulunmuştur.

Mahmutlar Tepede, bazaltik cüruf, kül, lapilli ve volkan bombasından oluşmuş Alt Kuvaterner yaşlı koni (sinter cone) (Emre, 1990) yer almaktadır.

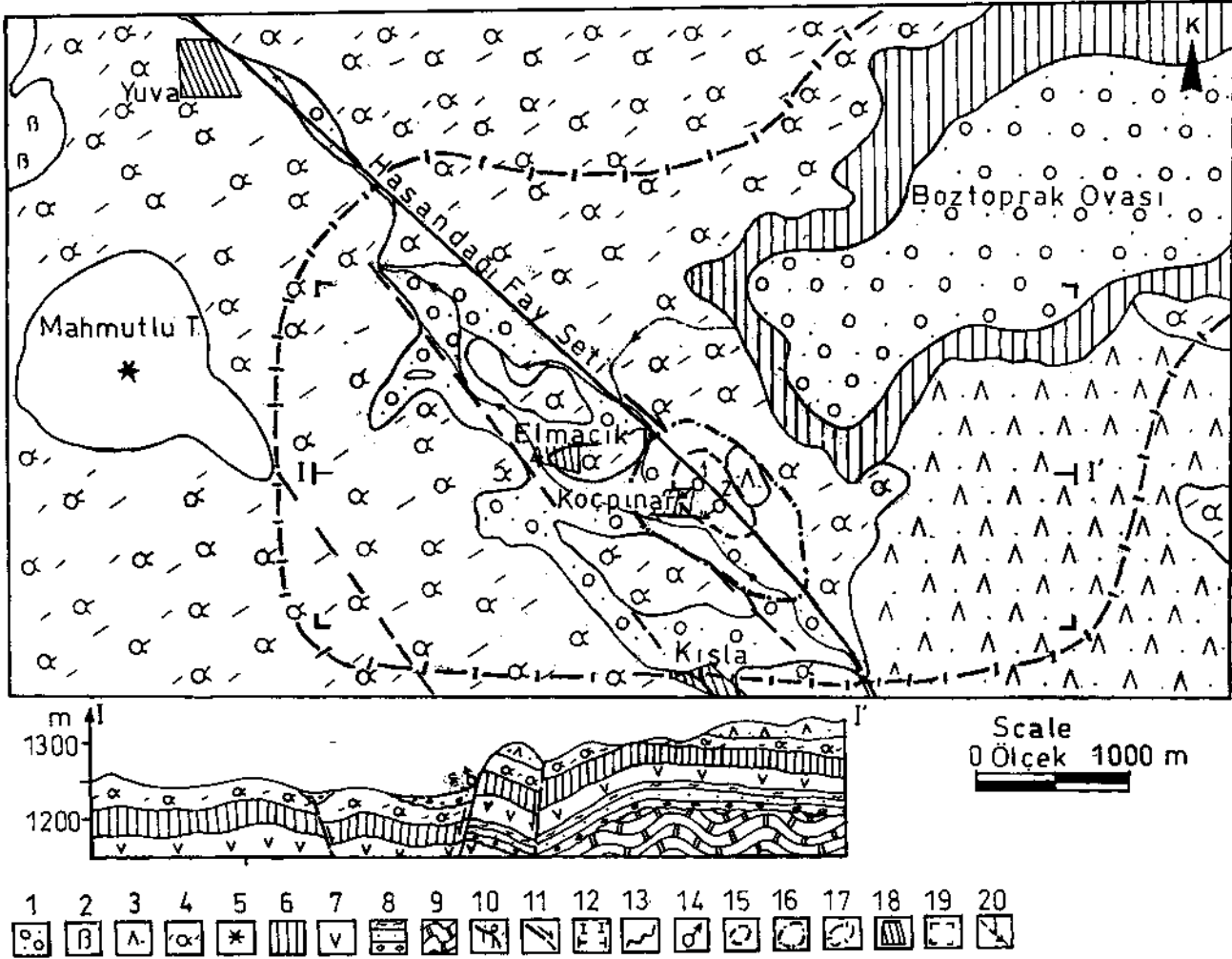
Yuva, Elmacık ve Koçpınar dolaylarında gözlenen Yuva laharı (Qy) olarak da adlandırılan (Emre, 1990) birim, andezit, kısmen dasit bileşimli kül, lapilli, tuf, aglomera ve kum boyutundan birkaç metreye varan çaplardaki lav bloklarının karışık yapısından oluşmuştur. Hasandağ'ının ilk volkanik ürünleri büyük olasılıkla Yuva volkanitleridir (Ercan ve diğ., 1992). Bunların üzeri daha genç volkanik ürünlerle örtülmüştür.

Hasandağ külleri (Qhk) tarafından örtüldüğü için kaynak alanında gözlenemeyen Akçeşme riyoliti (Qa), riyolitik lav ve obsidyenden oluşmuştur. Hasandağ ana konisini çevreleyen Hasandağ külleri, muhtemelen alt Kuvaterner'de genelde karasal yer yer de gölsel ortamda çökelmiştir. Bu piroklastik birim, mercek şeklinde lapilli yatakları, tuf, süngertaşı, obsidyen ve lav parçalarını içerir. Koçpınar kaynakları ve çevresinde yüzeyleyen, aynı çıkış merkezli Hasandağ volkanitleri (Ohv), stratovolkan kompleksi çevresinde tek dönemli andezit ve dasit türde lav ve piroklastikler ile geniş yayılım alanları gösteren kısmen ignimbiritik tüflerden oluşmuştur. Kuru kaynak alanının 20 m kuzeyinden alınan kayaç örneklerinin incekesitlerinde, volkanik cam (% 40 - 45), plajiyoklaz mikrolitleri (% 30 - 35), feldispat ve piroksen (% 1 - 2), opaklaşmış hornblend ve biyotit (% 10) ikincil kuvars tarafından doldurulmuş olan kayaçlar genelde pırfirik, hamurlanmış ise hiyalopolitik dokuludur. Birime ait andezitik lavlar plajiyoklaz, yer yer opasitleşmiş hornblend, ojit, daha az hipersten ve biyotit fenokristalleri içerir. Birimin yaşı K/Ar yöntemiyle Üst Kuvaterner olarak saptanmıştır (Batum, 1978 a, b).

Kaynak alanı ve çevresinde genelde alüvyon yelpazesi şeklinde gözlenen volkanik kökenli akarsu sedimanları (Qal), kum, silt ve kil boyutundadır. Tuzgölü havzasının çalışma alanındaki devamı olan Boztoprak ovasındaki havza taban dolgulunun kalınlığı sondaj verilerinden 4 - 6 m dolayında ölçülmüştür.

## Fay zonu

İnceleme alanı, TFZ üzerinde yer alır. Geç Kretase esnasında gelişmiş Tuzgölü havzasının (Görür ve diğ., 1984) kuzeyinden başlayarak KB - GD Yönünde Bor'a kadar devam eden genç bir morfolojiye sahip Tuzgölü Fayının uzunluğu 180 km dir (Şaroğlu ve diğ., 1987). Fay, çalışılan alanda Yuva'dan başlayarak GD yönünde



Şekil 2. inceleme alanının jeoloji haritası ve enine kesiti [1. Qal: Alüvyon, 2. Qhv: Hasandağı volkanitleri, 3. Qhk: Hasandağı külleri, 4. Qy: Yuva laharı, 5. Cüruf konisi, 6. Kızılkaya ignimbiriti, 7. Ts: Selime formasyonu, 8. Tm: Mezgıt formasyonu, 9. Pb: Bozçaldağ formasyonu, 10. Dokanak, 11. Doğrultu atımlı fay (Olasılı vb), 12. Kesit yönü, 13. Uyumsuzluk, 14. Kaynak (1. Koru, 2. Ayazmana), 15. I. Korunma alanı, 16. II. Korunma alanı, 17. III. Korunma alanı, 18. Yerleşim merkezi, 19. Blok diyagram alanı, 20. Mevsimlik akarsu [Emre (1990) ile Toprak ve Göncüoğlu (1993)'ndan gözden geçirilerek çizilmiştir].

Figure 2. Geological map and cross - section of the study area [1. Qal: Alluvium, 2. Qhv: Hasandağı volcanics, 3. Qhk: Hasandağı ash, 4. Qy: Yuva laharı, 5. Sinter cone, 6. Kızılkaya ignimbrite, 7. Ts: Selime formation, 8. Tm: Mezgıt formasyonu, 9. Pb: Bozçaldağ formasyonu, 10. Contact (Boundary of formation), 11. Strike - Slip fault (Possible etc.), 12. Cross - section line, 13. Unconformity, 14. Spring (1. Kору, 2. Ayazmana), 15. Protection zone - I, 16. Protection zone - II, 17. Protection zone - III, 18. Settlement, 19. Boundary of block diagram area, 20. Perennial stream]. [From Emre (1990) and Toprak and Göncüoğlu (1993) revised by the authors].

Hasandağı'na doğru yaklaşık 7 km uzunluğunda devam eden HFS'ne girer (Şekil 2). HFS, yaklaşık birbirine paralel ve aralı aşmalı (en echelon) sıçramalar yapan genelde K48B doğrultulu birçok kırıktan oluşan sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir fay grubudur (Şaroğlu ve diğ., 1987; Toprak ve Göncüoğlu, 1993). Bu fay / fay grubu Yuva lahalarını kesmekte ve alüvyonla dokunmasını oluşturmaktadır. Koçpinar kaynaklarının batı bloğu morfolojik olarak aşağıda bulunmaktadır. Bu blok üzerinde fay boyunca alüvyonla doldurulmuş kapalı havzalar ve fay vadisinde alüvyon düzlükleri gelişmiştir.

Alüvyon yelpaze çökellerinin kesilmesi ve deformasyona uğraması fayın aktif olduğuna işaret edebilir. Dolayısıyla bu durum, inceleme alanındaki kayaların hidrojeoloji açısından yeniden şekillenmesine sebep olmuştur.

#### HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanında yüzeyleyen çoğunluğu volkanik kökenli olan kayalar, heterojen yapılarından dolayı farklı hidroloji ve hidrojeoloji özelliklerine sahiptir. Bu nedenle kaynak alanı ve yakın çevresinde yer alan bi-

ÜST SİSTEM Upper System	SİSTEM System	SERİ Series	LİTOLOJİ Lithology	AÇIKLAMALAR Explanations	HİDROJEOLOJİ ÖZELLİKLERİ Hydrogeologic Properties	
SENOZOYİK Senozoic	KUVATERNER Quaternary	HÖRSE Luff Series	o o o o	Çakıl, kum, silt, kil Gravel, sand, silt, clay	Alüvyon (Alluvium)	Geçirimi Permeable
			β β	Andezit, daşık Andesite, dacite	Hasandağı volkanitleri (H. volcanics)	Az Geçirimi Semi-permeable
			Λ Λ Λ	Kül, tüf Ash, tuff	Hasandağı külleri (H. Ash)	Geçirimi Permeable
			Λ Λ Λ	Riyolit, obsidyen Rhyolite, obsidian	Akçeşme riyoliti (A. rhyolite)	Az Geçirimi Semi-permeable
			α α α	Lahar (Kül, tüf, andezit blokları) Lahar (Ash, tuff, andesite boulders)	Yuva laharı (Y. lahar)	Geçirimi Permeable
			Λ Λ Λ	İgnimbirit Ignimbrite	Kızılıkaya İgnimbiriti (K. ignimbrite)	Geçirimsiz Impermeable
			V V V	Tüf Tuff	Selime formasyonu (S. formation)	Az Geçirimi Semi-permeable
			— — —	Mezgit formasyonu Çakıllı, kumtaşı, lapa, kilitçe Conglomerate, sandstone, gypsum, claystone		Geçirimsiz Impermeable
			— — —	Granitoid Granitoid		Geçirimsiz Impermeable
			— — —	Pb: Bozcaada formasyonu (B. formation) Mermer, şist, gneiss, kuvarzlit Marble, schist, gneiss, quartzite Mermerler geçirimsiz Marbles permeable		Geçirimsiz Impermeable

Şekil 3. inceleme alanı ve dolayının genelleştirilmiş dik-me kesiti.

Figure 3. Generalized stratigraphic columnar section of the study area and its vicinity.

rimleri hidrojeoloji özelliklerine göre birbirinden kesin çizgilerle ayırmak oldukça güçtür. Ancak, birimler oransal olarak geçirimsiz, az geçirimsiz ve geçirimsiz olarak sınıflandırılabilir (Şekil 3).

Geçirimsiz birimler, temeli oluşturan metamorfite- rin şistli seviyeleridir. Fakat bu formasyon içindeki mermerler, tektonizmadan dolayı kırıklı yapıya sahip olmaları nedeniyle ana akifer özelliğindedir.

Oligo - Miyosen yaşlı birimde kökeni ve boyutu farklı kayaç blokları bulunduğundan boylanma oldukça kötüdür. Killi seviyeler birimin geçirimsizliğini azaltmıştır. İnceleme alanında geniş bir alana yayılan volkanik kayaçlardan tüf, aglomera ve laharda gözenekliliğin aksine geçirimsizlik düşüktür. Selime tüllerinde özgül ağırlık yöntemiyle gözeneklilik %20 - 30 dolayında saptanmıştır (Göçmez, 1994). Kaynak alanı ve çevresinde soğuma çatlaklı olan lavların, tüllerin alterasyon ürünü olan killi dolmuş bölümleri geçirimsizdir.

Koçpınar'ın K ve KD'sunda gözlenen ignimbiritlerde yer yer birbirlerini kesen düşey çatlaklar çok geliştiği için üst seviyeler bloklu ve parçalı durumdadır. Bunun için birimin gözenek ve geçirimsizliği artmıştır. Birimde özgül ağırlık yöntemiyle yapılan deneylerle toplam gözeneklilik % 18 ile % 37 arasında hesaplanmıştır (Göçmez, 1994). Sızdırma katsayısının yüksek

olması beklenen birim geçirimsiz olarak değerlendirilebilir. Volkan küllerinin elek analizleriyle saptanan hidrolik iletkenliğinin  $1.6 \times 10^{-14}$  m/s ile  $3.6 \times 10^{-15}$  m/s arasında olması (Öktü ve Kalkan, 1984) orta düzeyde iletkenliğe işaret etmektedir.

Akarsu çökelleri arasındaki bloklu molozlar genelde akım yönüne paralel uzanırlar. Bu yönde gözenekliliğin aksine geçirimsizliğin artması beklenir (Freeze ve Cherry, 1979). İncelenen alanda oldukça geniş bir alanda yayılmış olan alüvyonlar, genelde % 30 dolayında gözenekliliğe sahiptir ve geçirimsizdir. Killi ve siltli seviyeleri geçirimsiz olan birimin beslenmesi muhtemelen yağıştan olmaktadır.

İnceleme alanındaki birimler birleşik bir hidrolik sistem oluşturacak konumdadır. Kaynak sularının asıl su taşıyan formasyonunu oluşturan mermerler basınçlı akifer özelliğine sahiptir. Bu birimin üzerine gelen Kızılıkaya İgnimbiriti, Hasandağı külleri ve alüvyon tali akiferleri; Yuva laharı ve Mezgit formasyonu ise yarı geçirimsiz akiferleri oluşturmaktadır. Bunlar meteorik suların derinlere süzülmesini sağlar. Ayrıca, ana akiferden yükselen sular üstte bulunan ve sığ dolaşım sularla temasa geçerek kaynak sularının karışık su özelliği kazanmasına neden olabilir.

## SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

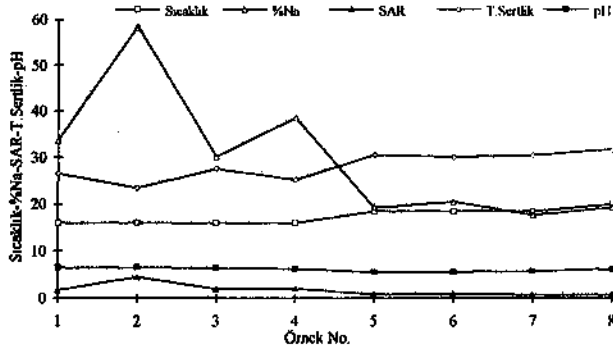
Kaynakların kimyasal özellikleri ve köken yorumu

Koçpınar kaynakları KB - GD yönündeki HFS boyunca, Kuru (1) ve Ayazmana (2) adıyla anılan iki alanda 1248 m kotunda çok sayıda noktada açığa çıkmaktadır (Şekil 2). İnceleme alanının yıllık sıcaklık ortalaması  $11.5^{\circ}\text{C}$  tir. Çağlar (1950) ve bu çalışmada yapılan ölçümler birlikte değerlendirildiğinde tüm kaynakların pH, sıcaklık, toplam debi, toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve çözünmüş  $\text{CO}_2$  miktarları sırasıyla  $5.5 - 6.6$ ,  $16 - 20^{\circ}\text{C}$ ,  $9 - 11$  l/s,  $626 - 1021$  mg/l ve  $461 - 2623$  mg/l arasında değişmiştir (Çizelge 1 ve 2):

Su ve kayaç arasındaki etkileşimler, değişen basınç ve sıcaklık şartları altında su ve gazın bulunduğu bir ortamda minerallerin termodinamik dengesizliği ile ilişkilidir (Stumm ve Morgan, 1981). Bu nedenle, incelenen kaynak sularında saptanan iyonların yorumunda kaynak alanı ve çevresindeki kayaç özellikleri de dikkate alınmıştır.

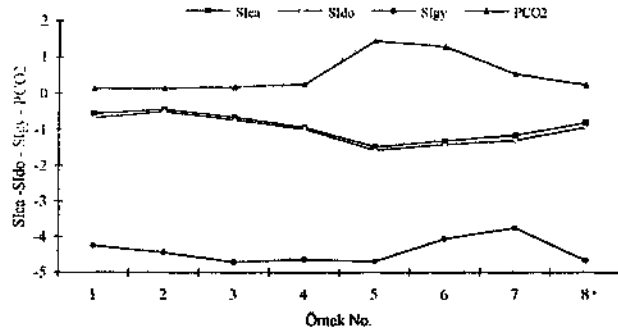
Koçpınar kaynaklarının basınçlı akiferi olan mermerlerde kapalı bir dolaşım söz konusu olabilir. Birleşik hidrolik sistemin üst seviyelerinde havalanma kuşağında, bitkilerin solunumu, organik maddelerin oksidasyonu ve volkanik kayaçlarla temas sonucu açığa çıktığı tahmin edilen  $\text{CO}_2$  gazının bir bölümü meteorik sularla basınçlı akifere kadar taşınmış olabilir. Ercan ve diğ., (1992) Hasandağı - Karacadağ Kuvaterner vol-

## KOÇPINAR (AKSARAY) KAYNAKLARI



**Şekil 4.** Koçpinar kaynaklarının bazı parametre değişimleri (Örnek numaraları Çizelge 1'deki gibidir).

**Figure 4.** Variation of some parameters of the Koçpinar springs (Sample numbers are as in Table 1).

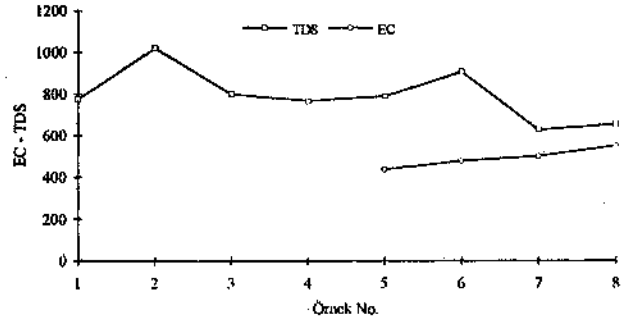


**Şekil 6.** Kaynak sularının kalsit (Slca), dolomit (Slido) ve jips (Slgy) doyma indekslerinin değişimi.

**Figure 6.** Variation of calcite (Slca), dolomite (Slido) and gypsum (Slgy) saturation index values of the springwaters.

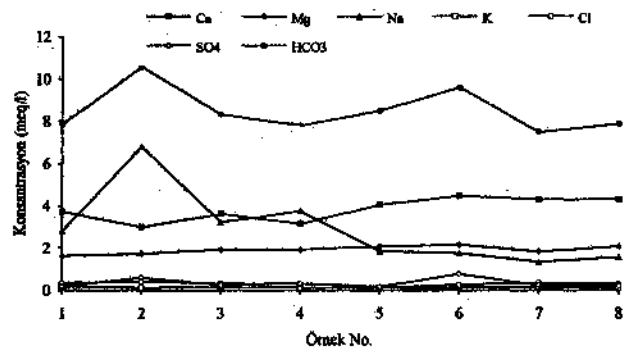
kanizmasına bağlı ürünlerin, Arap - Afrika plakası ile Anadolu plakası arasında meydana gelen çarpışma zonunda kabuk kalınlaşması ve bunu izleyen litosfer incelmelerinin doğurduğu genişleme kuvvetlerinin etkileriyle basınç azalması ve siğ mantoda kısmi ergimelerle oluştuklarını ileri sürmüştür. Dolayısıyla plaka sınırları boyunca sürtünme prosesleriyle aktif olarak etkilenen ve litosfer plakalarıyla ilişkili olan denizel karbonatların metamorfizmasıyla (Barnes, 1978; Greber, 1992) Hasandağı Fay Seti boyunca CO<sub>2</sub> gazı açığa çıkmış olabilir. Yani CO<sub>2</sub> gazı, sıcaklığın 100°C in altında olduğu mofet evresine (Başkan ve Canik, 1983; Pinnerker, 1983; Yılmaz, 1994) karşılık gelmektedir. Karbonatların metamorfizmasma bağlı CO<sub>2</sub> gazı ile manto kökenli CO<sub>2</sub> gazı izotop analizleri sonucu ayrıntılı şekilde açıklanabilir. Bu amaçla izotop analiz (<sup>18</sup>O ve <sup>13</sup>C) çalışmaları sürdürülmektedir.

Kaynak alanında pekçok noktada kabarcıklar halinde çıkmakta olan CO<sub>2</sub> gazı, kaynak sularında H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> şeklindedir (Hem, 1985). Suların karbonat doygunluğu



**Şekil 5.** Kaynak sularında toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı ve elektriksel iletkenlik (EC) parametrelerinin değişimi.

**Figure 5.** Variation of total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity (EC) parameters of the springwaters.



**Şekil 7.** Kaynak sularında iyon değişimi.

**Figure 7.** Variation of ionic composition of the springs.

içerdiği Ca<sup>2+</sup>, CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in konsantrasyonlarıyla ilişkilidir. Suların pH değeri arttıkça pCO<sub>2</sub> ve %H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> değerleri azalarak %HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> artmıştır (Çizelge 1, Şekil 4). Karbonat minerallerinin çözünmesi için gerekli olan karbonik asidin eksikliği kütle transferinin hızını azalttığı için (Bayan ve Kurttaş, 1995) toplam iyon miktarında da azalmalar gözlenmiştir (Şekil 5).

Kaynak sularındaki kalsit (Slca), dolomit (Slido) ve jips (Slgy) doyma indekslerinin (Şahinci, 1991) sıfırdan küçük değerlere çıkması, bu suların uygun fizikokimyasal şartlar sağlandığında kalsit çökeltebileceğine işaret etmektedir. Karbonik asidin azalması jipsin çözünmesini doğrudan etkilemez. Çünkü aralarında termodinamik bir ilişki yoktur (Şekil 6).

İnceleme alanındaki kaynak sularında baskın olarak bulunan Ca<sup>2+</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> m kökeni değişik şekilde yorumlanabilir. Suda çözünmüş CO<sub>2</sub> miktarı arttıkça kalsitin çözünürlüğü artmış olabilir. Ca<sup>2+</sup>\volkanik kayalarlardaki albitin bozuluşu, Mezgit formasyonundaki jipslerin ve mermerleri oluşturan kalsitin çözünmesi sonucu suya katılmış olabilir. Ayrıca, derinlere süzülen

meteorik kökenli sular jeotermik gradyanla ısınmıştır. Dolayısıyla yeraltısulunun doyma indekslerinin yükselmesinde sıcaklığın artmasının da rolü olabilir. Çünkü, akifer formasyonda dolaşan yeraltısuyu yüksek hidrolik basınç altında bulunduğu için çözünen karbonat miktarı da buna bağlı olarak artmış (Bayan ve Kurttaş, 1995) olabilir.

Kaynak sularındaki  $SO_4^{2-}$  m kökeni çoğunlukla akifer formasyonun üzerinde yer aldığı düşünülen jipslerin çözünmesine bağlanabilir. Jipsin çözünmesini doğrudan etkileyen  $Ca^{++}$  iyonudur. Şekil 7 de  $Ca^{++}$  iyonu arttıkça  $SO_4^{2-}$  m bir başka kaynağı olabilir. Sansu kaynağı (Ayazmana) çıkışındaki demirhidroksit çökellerinin kimyasal analizlerinde %0.07 S tespit edilmiştir. Bunun nedeni, bakterilerin etkisi sonucu  $SO_4^{2-}$  m uzaklaştırılması olabilir. Sansu kaynağında çürük yumurta kokusunun alınması burada bir miktar  $H_2S$  gazının olabileceğine (Hem, 1985) işaret edebilir.

$Mg^{++}$  ise Yuva ve Hasandağı volkanitlerindeki biyotit, hornblend, ojit ve piroksenlerin bozuşmalarıyla açığa çıkmış olabilir. Hasandağı küllerindeki albitin çözünürlüğü  $pCO_2$  in artmasıyla önemli ölçüde artmış (Stumm ve Morgan, 1981) ve  $Na^+$  bu fazdan kanşımış olabilir.  $Na^+$  miktannın artmasında yeraltısulundaki  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonlarının mineral - su ilişkisi ile yer değiştirmesinin de rolü olabilir. 1 ve 2 nolu örnekler arasında  $Na^+$  ve  $HCO_3^-$  m değerlerinde keskin bir artış gözlenmektedir (Şekil 7). Bu durum sulann killerle temas süresinin uzun olmasına bağlanabilir. Daha sonra  $Na^+$  un azalarak  $Ca^{++}$  un artması, jipslerin çözünmesinin artmasıyla iyon değişiminin  $Ca^{++}$  lehinde geliştiğini gösterebilir.

Koçpınar kaynaklarında 0.09 - 018 mg/l olarak saptanan toplam demir, derindeki suların gerçek değerinin çok altında olmalıdır. Çünkü sudaki demirin önemli bir bölümünün hava ile temasta demir bakterileri etkisiyle oksitlenerek  $Fe(OH)_3$  şeklinde çökelmiş olduğu Sansu kaynaklarında açıkça gözlenmektedir. Bazı analizlere göre (Çağlar, 1950) mineralli su olarak görünen Koçpınar kaynaklarında, yüksek miktarda  $CO_2$  in bulunması piroksen, biyotit vb demirli minerallerin çözünmesi için etkin bir ortamdır. Kayaç analizlerinde saptanan toplam demir miktan %10 dolayındadır (Emre, 1990). Suda demir iyonlarının fazla miktarda bulunması kuyu vç su borularında paslanma ve tıkanmalara yol açar. Özellikle Crenothrix adlı demir bakterileri iplik yumaklan şeklinde yeraltısuyunun akımını yavaşlatır (Şahinci, 1991; Edet, 1993).

Kaynaklardaki  $SiO_2$  miktan 80 - 110 mg/l dolayındadır. Bölgede yer alan riyolit, andezit ve dasit gibi magmatik kayaçlarda bulunan silikat minerallerinin bozunumu ve alkali ortamlarda bulunan kuvarsın çözünmesi sonucu suya silis karışmış olabilir. Kaynak alanı

ve çevresine ait kayaç analizlerinde  $SiO_2$  miktannın %50 dolayında olması (Emre, 1990; Ercan ve diğ., 1992), volkan külü, lav akıntısı ve tüflerin baskın olduğu yerlerde silis miktannın yüksek olması gerektiğine ilişkin görüş (Şahinci, 1991)  $SiO_2$  in kökeniyle ilgili yukandaki yorumu desteklemektedir.

Koçpınar kaynaklarındaki katyon ve anyonların kendi aralarında konsantrasyon (meq/l) büyüklüklerine göre sıralanması şöyledir (Çizelge 1): Aksu (1) ve Üst Kaynak (3);  $Ca^{++} > (Na^+ + K^+) > Mg^{++}, HCCV > Cl^- > SO_4^{2-}$  (Çağlar, 1950).

Sansu (2) ve Alt Kaynak (4);  $(Na^+ + K^+) > Ca^{++} > Mg^{++}, HCCV > SO_4^{2-} > d^-$  (Çağlar, 1950).

Bu çalışma ile ilgili analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanması şöyledir:

$Ca^{++} > Mg^{++} > (Na^+ + K^+), HCA_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$  (1994).

$Ca^{++} > Mg^{++} > (Na^+ + K^+), HCCV > Cl^- > SO_4^{2-}$  (1995).

Baskın iyon sıralamasında meydana gelen değişikliğin nedeni öncelikle analiz yöntem ve sürelerindeki farklılığa ve deneysel hata oranına bağlanabilir. Ayrıca, Sansu (Ayazmana) kaynağında organik bir kirlenme ihtimalinin yanısıra yüzey sulanyla daha az kanşım, Kuru'daki kaynaklarda ise süzülme nedeniyle daha fazla kanşım gözlenmektedir. Sansu kaynağının sıcaklığı ve iyon miktannın Aksu kaynağından daha fazla olması (Şekil 4 ve 5) Aksu kaynağının yüzeye çıkmadan önce alüvyon içerisinde dağılmış olabileceğini gösterebilir.

Bütün kaynak sulannında baskın katyon ve anyonların genelde  $Ca^{++}$  ve  $HCO_3^-$  olduğu görülmektedir (Şekil 7 ve 8). Bu durum, kayfiaklann akifer formasyonunun aynı olduğuna işaret edebilir. Sadece 2 ve 4 nolu kaynak sulannında  $Na^+ + K^+$  üstün durumdadır. Bu sularda  $Na^+ > Mg^{++}$  ve  $Na^+ > Ca^{++}$  olması, suların kaynak alanındaki tüflerin alterasyon ürünü olan killerle temasa geldiğini gösterebilir.  $Na^+$  ve  $Cl^-$  miktarları arasında büyük fark olması baz değişimine yani sulann killerdeki sodyumu çözmesine bağlanabilir.  $SO_4^{2-}$  miktarlanın diğer iyonlara göre çok düşük olması ise sularda sülfat indirgenmesinin olduğuna işaret edebilir.

### Su kimyası fasiyesleri ve sınıflama

Su kimyasa fasiyesi (Seaber, 1962; Morgan ve Winner, 1962; Back, 1961) hidroloji sistemlerindeki suların farklı kimyasal özelliklerini göstermek için kullanılmıştır (Back, 1966). Yani fasiyes, yeraltı suyu ile kayaç mineralleri etkileşimi, sular arası kanşım, evaporasyon vb. kimyasal prosesleri yansıtır (Edet, 1993).

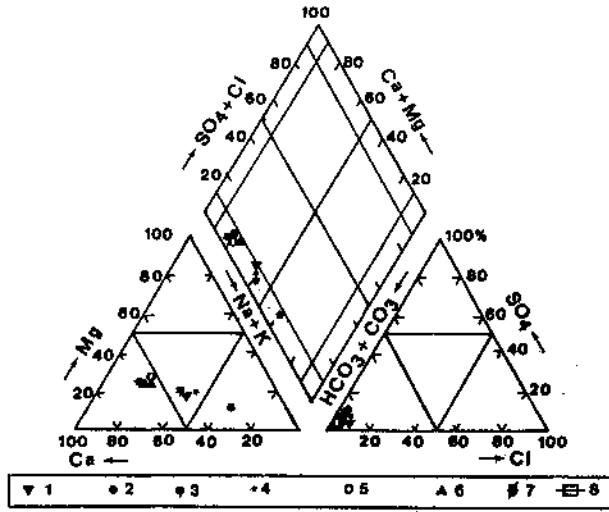
Koçpınar kaynakları köken olarak aynı akiferden gelmektedir. Ancak, sulann dolaşım yolunda ilişkili ol-

KOÇPINAR (AKSARAY) KAYNAKLARI

Kaynak No	1(Aksu -Ayzama)			2(Sarsu-Ayzama)			3 (Koru-Der Kaymak)			4 (Koru -Alt Kaymak)			5 (Aksu -Koru)			6 (Sarsu -Ayzama)			7 (Aksu -Koru)			8 (Sarsu-Ayzama)		
	28.7.1948 (Çağlar, 1950)			28.7.1948 (Çağlar, 1950)			28.7.1948 (Çağlar, 1950)			28.7.1948 (Çağlar, 1950)			6.6.1994 (Bu çalışma)			6.6.1994 (Bu çalışma)			31.10.1995 (Bu çalışma)			31.10.1995 (Bu çalışma)		
Analiz Tarihi	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%	mg/l	meq/l	%
Ca ++	74.4	3.71	22.23	59.90	2.99	12.88	72.30	3.61	20.29	63.00	3.14	18.60	81.20	4.05	24.52	89.60	4.47	23.42	86.00	4.29	27.38	86.00	4.29	26.13
Mg ++	19.60	1.61	9.65	20.80	1.71	7.37	23.20	1.91	10.74	23.20	1.91	11.32	23.00	2.06	12.47	26.00	2.14	11.21	23.00	1.81	11.55	25.00	2.06	12.55
Na <sup>+</sup>	64.2	2.79	16.72	156.60	6.81	29.34	73.90	3.21	18.05	74.70	3.25	19.25	34.00	1.48	8.96	40.00	1.74	9.12	30.88	1.34	8.55	35.71	1.55	9.44
K <sup>+</sup>	7.90	0.20	1.20	4.80	0.12	0.52	6.20	0.16	0.90	5.30	0.14	0.83	4.90	0.13	0.79	5.30	0.14	0.73	6.00	0.15	0.96	5.00	0.13	0.79
Cl <sup>-</sup>	12.40	0.35	2.10	14.40	0.41	1.77	10.80	0.31	1.74	10.80	0.31	1.84	4.60	0.13	0.79	9.23	0.26	1.36	12.41	0.35	2.23	10.64	0.30	1.83
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9.00	0.19	1.14	28.50	0.59	2.54	12.70	0.26	1.46	16.40	0.34	2.01	8.16	0.17	1.02	35.50	0.74	3.88	11.87	0.25	1.60	11.16	0.23	1.40
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	478.20	7.84	46.97	645.60	10.38	45.58	508.10	8.33	46.92	475.20	7.79	46.15	518.5	8.50	51.45	585.60	9.60	50.29	456.28	7.48	47.73	479.46	7.86	47.86
Fer (mg/l)	0.18			0.15			0.12			0.092			0.13			<0.1								
Al+++ (mg/l)	0.53			0.16			0.17			0.19			0.13											
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	108.30			85.50			90.20			85.10			100											
Asr (mg/l)	-			-			-			-			<0.1			<0.1								
F <sup>-</sup> (mg/l)	-			-			-			-			<0.1			<0.1								
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-			-			-			-			<0.1			<0.1								
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1.10			3.80			1.50			1.50			2.52			0.12								
TDS (mg/l)	773.91			1021.14			799.19			763.56			790.00			907.00								
Sıcaklık (°C)	16			16			16			16			18.5			18.5								
CO <sub>2</sub> (mg/l)	1518.00			872.90			1347.30			1866.50			2623.42			2353.53								
pH	6.5			6.5			6.4			6.2			5.5			5.6								
FC (µmho/cm)	-			-			-			-			437.00			478.00								
Buharlaştırma Kalıntısı (mg/l)	-			-			-			-			520.00			530.00								
Radioaktivite (Emman)	6.8			8.8			7.9			7.6			-			428								
Toplam Sertlik (Fr )	26.60			23.50			27.60			25.25			30.55			33.05								
% Na	33.57			58.56			36.10			38.51			19.17			20.50								
SAR (Na Abs. Oram)	1.71			4.44			1.93			2.05			0.85			0.96								
[Lyonik Kıvrak]	0.0111			0.0143			0.0118			0.0106			0.0114			0.0133								
Sıca (Kalıt Doyma İndeksi)	-0.5458			-0.4338			-0.6518			-0.9789			-1.4727			-1.3019								
Sıdo (Dolomit Doyma İndeksi)	-0.6687			-0.4971			-0.7222			-0.9799			-1.5625			-1.4053								
Sıgy (İpse Doyma İndeksi)	-4.2442			-4.444			-4.7061			-4.6417			-4.6927			-4.0359								
PCO <sub>2</sub>	0.1344			0.1425			0.1798			0.2647			1.4576			1.2932								
HCO <sub>3</sub> (%)	60			58			57			38			12			17								
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (%)	40			42			43			62			88			83								

Çizelge 1. Koçpinar kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları.

Table 1. Results of chemical analyses of the Koçpinar spring-waters.



Şekil 8. Ana iyon yüzdelere göre katyon ve anyon fasiyelerinin sınıflandırılması [(Morgan ve Winner, 1962; Back, 1966)].

Figure 8. Classification of anion and cation facies in terms of major ion percentages [(After Morgan ve Winner, 1962; Bach 1966)].

duğu kayalara bağlı olarak iki fasiyes ayırılmıştır (Şekil 8 ve 9): 1, Ca - Mg -  $\text{HCO}_3$ , 2. Na -  $\text{HCO}_3$ .

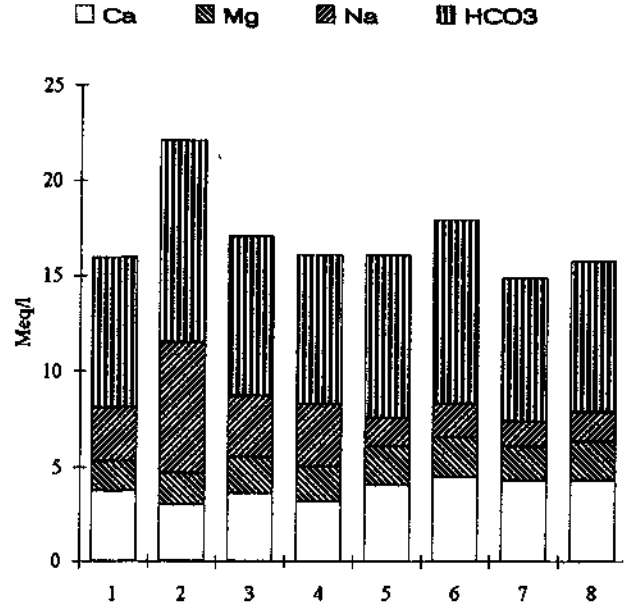
Ca - Mg -  $\text{HCO}_3$  fasiyesinde  $\text{Ca}^{++}$  Mg toplam katyonların %60 m,  $\text{HCO}_3^-$  ise toplam anyonların %90 m oluşturur. Ca - Mg -  $\text{HCO}_3$  lı sular, sığ kuşaklarda hızlı dolaşan, düşük iyon konsantrasyonlu yeraltı sularına işaret edebilir. Na -  $\text{HCO}_3$  fasiyesinde Na toplam katyonların %60 m,  $\text{HCO}_3^-$  ise toplam anyonların %90 m oluşturur. Na -  $\text{HCO}_3$  tipli su, düşük hidrolik iletkenliğe sahip akiferlerdeki yavaş dolaşımından dolayı kayalarla temas süresinin uzaması sonucu iyon miktarı artmış yeraltı sularının göstergesi olabilir.

Koçpınar kaynakları 250 mg/l den fazla çözünmüş  $\text{CO}_2$  içerdiği için  $\text{CO}_2$  li (Yılmaz, 1994); normal klorürlü, normal sülfatlı ve aşın karbonatlı (Schoeller, 1955); sert (Erguvanlı ve Yüzer, 1984); hafif tuzlu, sulama için uygun (Şahinci, 1991) sulardır (Şekil 4 ve 5).

#### Sağlık açısından değerlendirme ve korunma alanları

Koçpınar kaynakları sağlık ve kirlenme açısından Türk Standardları (1986) ve Su Kirliliği Yönetmeliği (1988)'ne göre değerlendirilmiştir (Çizelge 2).

TSE (1986)'ne göre Koçpınar kaynakları içme suyu standartlarına uygundur. Su Kirliliği Yönetmeliği (1988) kıta içi su kalitesi sınıflamasına göre, Aksu (5) ve Sansu (6) kaynakları yüksek kaliteli yeraltı suları (YAS - I) grubuna girmektedir. Bunlar içme suyunda ve gıda sanayiinde antmaya gerek olmadan kullanılabilir.



Şekil 9. Kaynak sularının önemli kimyasal parametrelerinin karşılaştırılması.

Figure 9. Comparison of the main chemical parameters of the springwaters.

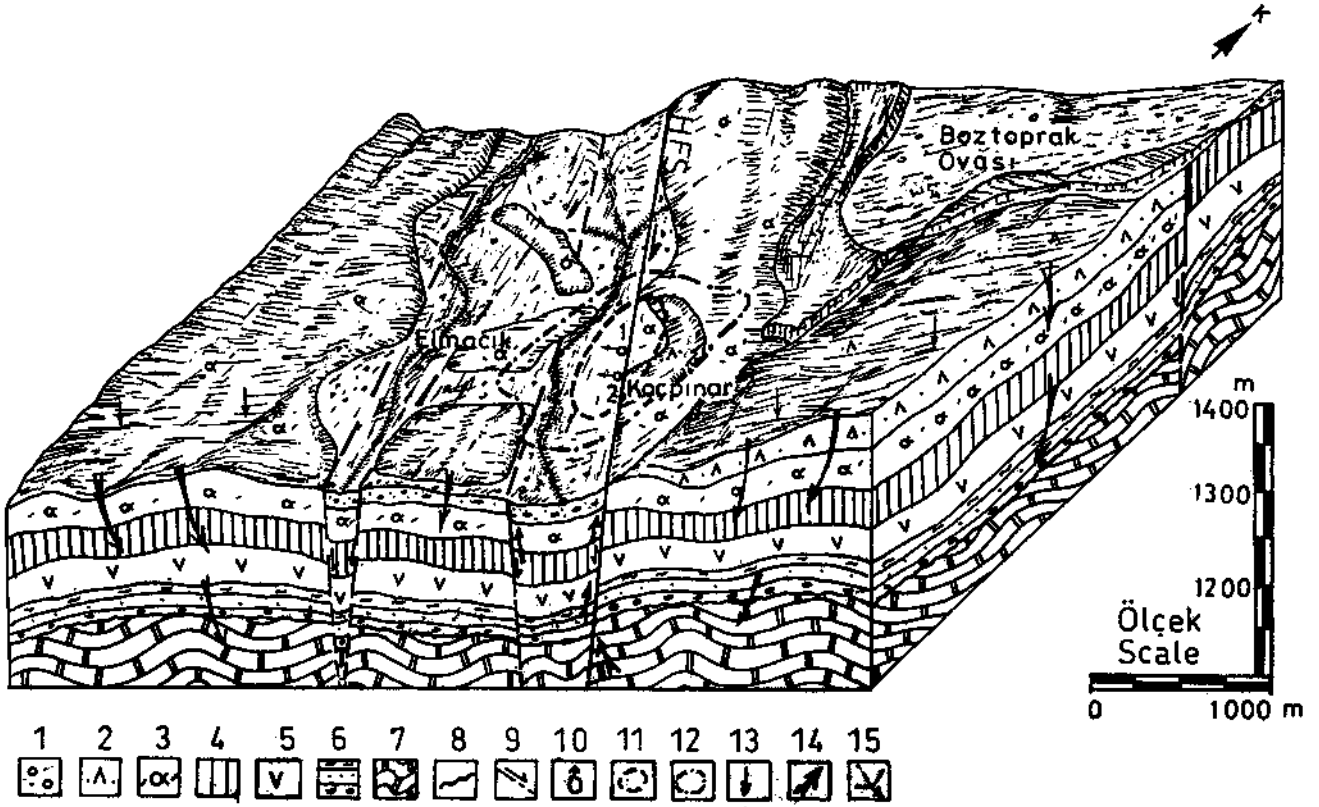
Çizelge 2. Kaynak sularının standartlarla karşılaştırılması.

Table 2. Comparison of the springwaters to the standards.

Parametre	Koçpınar kaynak suları	TSE (1986) Kaynak suları	TSE (1986) İçme suları	Su Kirliliği Yönetmeliği (1988) Kıta içi su kalite sınıflaması
pH	5.5 - 6.6	7.0 - 8.5	6.5 - 8.5	I
Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	16 - 20	-	-	II
TDS (mg/l)	626.29 - 1021.1	500	1500	
$\text{Ca}^{++}$ (mg/l)	59.9 - 89.6	25	75 - 200	
$\text{Mg}^{++}$ (mg/l)	19.6 - 26.0	10	50 - 150	
$\text{Na}^+$ (mg/l)	34 - 156.6	-	-	
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	4.6 - 14.4	30	200 - 600	I
$\text{SO}_4^{--}$ (mg/l)	8.16 - 35.5	20	200 - 400	I
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	< 0.1	-	-	I
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	0.12 - 3.8	25	0 - 45	I
$\text{Fe}^{++}$ (mg/l)	0.09 - 0.18	0.3	0.3 - 1	
$\text{As}^-$ (mg/l)	< 0.1	-	0.01	
$\text{F}^-$ (mg/l)	< 0.1 - 0.14	1	0.8 - 1.7	I
Buharlaştırma Kalınlaşma (mg/l)	428 - 530	500	500 - 1500	
Toplam Organik Karbon (mg/l)	1.6 - 2.6	-	-	I
Fekal Koliform (EMS / 100 ml)	0 - 240	-	-	I - Sansu (6) II

Toplam çözünmüş maddeler (TDS) açısından Aksu (5) ve Sansu (6), fekal koliform bakımından Sansu (6) orta kaliteli yeraltı suları (YAS - II) grubuna girmektedir.





Şekil 10. inceleme alanının bir bölümünün blok diyagramı ve kaynak sularının şematik dolaşım modeli [1. Qal: Alüvyon, 2. Qhk: Hasandağı külleri, 3.Qy: Yuva lahan, 4. Tk: Kızılkaya ignimbiriti, 5. Ts: Selime formasyonu, 6. Tm: Mezgıt formasyonu, 7. Pb: Bozçaldağ formasyonu, 8. Uyumsuzluk, 9. Doğrultu atımlı fay (Olasılı vb), 10. Kaynak (1. Koru, 2. Ayazmana), 11.1. Korunma alanı, 12. II. Korunma alanı, 13. Yağış, 14. Suyun dolaşım yönü, 15. Mevsimlik akarsu].

Figure 10. Block diagram of a part of the study area and schematic circulation model of the springwater [1. Qal: Alluvium, 2. Qhk: Hasandağı ash, 3.Qy: Yuva lahan, 4. Tk: Kızılkaya ignimbrite, 5. Ts: Selime formation, 6. Tm: Mezgıt formation, 7. Pb: Bozçaldağ formamaton ion, 8. Unconformity, 9. Strike - slip fault (Possible etc.), 10. Spring (1. Koru, 2. Ayazmana), 11. Protection zone -1,12. Protection zone -11,13. Precipitation, 14. Flow direction of the springs, 15. Perennial stream].

Koçpinar kaynakları, her türlü kirlenme tehlikesine karşı gerekli tedbirler alınarak korunmalıdır. Çünkü, mevcut kaynak alanının gerek evsel gerekse hayvansal atıklar tarafından kirletilmekte olduğu gözlenmektedir. Yerleşim alanları yakınındaki kaynakların korunma alanlarının belirlenmesinde çok sayıda problem açığa çıkmaktadır. Ancak, içilebilme özelliğine de sahip olan Koçpinar kaynakları için, insan sağlığı ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından Çevre fetki Değerlendirme (ÇED) yönetmeliğine (1993) göre zorunlu hale getirilen bir ÇED raporunun hazırlanması şarttır. Kaynak alanı çevresinde küçük yerleşim alanı bulunduğu için korunma alanlarına yönelik çözümler kolayca uygulanabilir. Bu kaynakları her türlü dış etkiden uzak kalması için yağış ve beslenme alanları ile alandaki birimlerin hid-

rojeoloji, kaynakların su kimyası ve bakteriyoloji özellikleri dikkate alınarak birbiri içinde üç korunma alanı saptanmıştır (Şekil 2 ve 10):

I. Korunma alanının belirlenmesinde kaynak alanı, KB - GD yönlü fay ve alüvyonun yayılımı gözönünde tutulmuştur. Bu alanda örtü tabaka durumundaki alüvyonun etkili gözenekliliği %20 olarak tahmin edilmektedir. İyi temizleme özelliğine sahip geçirimsiz bu birime düşen yağışın çoğunluğu süzülmemektedir. Fayın KD'sunda kalan laharın hidrolik iletkenliği ve sızdırma katsayısı düşük olabilir. Bu nedenle korunma alanının %60'ını alüvyon, %40'ını ise lahar oluşturmuştur. Sadece kaptaja yönelik çalışmaların yapılabileceği yaklaşık 0.20 km<sup>2</sup>'lik bu alandaki foseptik çukurlar kaldırılma-

rak tüm kuşak çim, beton vb gibi temiz tutucu bir madde ile örtülmelidir.

II. Korunma alanı, mikrobiyolojik kirlenmenin azalacağı veya yok olacağı öngörüldüğü 50 gün çizgisi (Demirel, 1988; Fricke, 1993) ve fay kuşağı dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu alanda yer alan alüvyon ve laharın özellikleri I. Korunma alanında açıklanmıştır. Alandaki Hasandağı külleri ise orta düzeyde iletkenliğe sahiptir. Kaynak alanında faylı yapıdan dolayı ikincil gözeneklilik ve geçirimsizlik önem kazanmıştır. Bu alanı en doğru şekilde saptamak için yeraltı suyunun gerçek akış hızının izleyicilerle belirlenmesi gerekir. I. Korunma alanında alınacak tedbirler yaklaşık 0.75 km<sup>2</sup> lik bu alanda da uygulanmalıdır. Ayrıca, atık suları III. Korunma alanının dışına atılmak şartıyla park ve çocuklara yönelik oyun alanları yapılabilir.

III. Korunma alanı, kaynağın beslenme alanı ve çevresindeki bol çatlaklı ignimbiritlerin yayılımına göre belirlenmiştir. Alüvyon akiferin tamamı ile Yuva laharının önemli bir bölümünü içeren bu alan, inceleme alanının dışına kadar uzanabilir. Haritalama alanındaki bölümü yaklaşık 20 km<sup>2</sup> olan Boztoprak ovasını oluşturan alüvyon ile onu çevreleyen geçirimsiz özelliğe sahip ignimbiritlerin tamamını içine alacak şekilde genişletilebilir. Bu alanda kirlenme etkisi dışarı atılmayan hiçbir tesis ve yapılaşmaya izin verilmemelidir.

#### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnceleme alanında yer alan kayaçların çoğunluğu volkanik olduğu için bunların hidrojeoloji özellikleri ancak göreceli olarak birbirinden ayrılabilmiştir. Temelde bulunması gereken çatlaklı ve kırıklı yapıdaki mermerler Koçpınar kaynaklarına ait basınçlı akiferi oluşturmaktadır (Şekil 10). Yağış alanının yüzeyinden uygun süreksizlikler boyunca düşey olarak süzülen meteorik sular, iç kökenli CO<sub>2</sub> in neden olduğu yoğunluk azalması nedeniyle akiferden kolayca yükselen sularla karışarak üst seviyelerdeki ignimbirit, andezit ve tüflere doğru hareket etmiş olabilir. Sular yüzeye doğru yükselirken temas ettikleri kayaçlarla su - gaz - kayaç etkileşimine girerek iyon değişimine uğramıştır. Kaynak sularının kimyasal bileşimi CO<sub>2</sub> in çözünmesiyle kuvvetli şekilde etkilenmiştir. Örneğin sularla fazla miktarda bulunan Na<sup>+</sup> iyonu, CO<sub>2</sub> in etkisiyle volkanik kayaçlardaki plajiyoklazların (albitin) bozulması ve Na<sup>+</sup> ile Ca<sup>++</sup> arasındaki iyon değişimi sonucu suya katılmış olabilir. Akiferden yükselen suların sıcaklıklar sığ yeraltı sularından ve atmosferden etkilenerek düşmüş olabilir.

Sulardaki yüksek CO<sub>2</sub> in kökeni, havalanma kuşağındaki bitki solunumu ve organik maddelerin oksidasyonu ile volkanik kayaçlarla temasın yanı sıra denizel karbonatların metamorfizmasına da bağlanabilir. Ancak

bu varsayım izotop analizleri sonuçlandırıldığında açığa kavuşturulabilecektir.

Kaynakların kökeni aynı akifer olmakla birlikte dolaylı olarak kayaçlarla olan iyon değişimi sonucu kaynaklarda Ca - Mg - HCO<sub>3</sub> ve Na - HCO<sub>3</sub> şeklinde iki su kimyası fasiyesi ayırdedüştür.

İçme suyu standartlarına genelde uygun kaynakların her türlü kirlenme tehlikesine karşı önlem olarak üç korunma alanı önerilmiştir.

Koçpınar kaynaklarında çözünmüş yüksek miktardaki CO<sub>2</sub> gazının sudan ayrılmasıyla kuru buz üretiminde yararlanılabilir. Kaynaklarda yaptığımız gaz ölçümlerine göre günde yaklaşık 500 kg CO<sub>2</sub> gazı elde edilebilecektir.

Bu çalışma, analizleri devam eden izotopik incelemenin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle kaynak sularının izotop analizlerinin (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>H, <sup>13</sup>C) yapılmasıyla köken açısından daha sağlıklı yorum yapılabilecektir.

#### KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın yapılması sırasında su kimyası analizlerinde MTA Genel Müdürü Dr. M.Z. Gözler'e ve MAT Dairesi laboratuvar çalışanlarına; H.Ü. Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürü Prof. Dr. G. Günay'a ve laboratuvar çalışanlarına; bu çalışmayı YDABÇAG - 120 nolu proje ile destekleyen TÜBİTAK'na; bakteriyoloji analizlerinde Aksaray il Sağlık Müdürü Dr. A. Südemen'e, Halk Sağlığı Laboratuvar Müdürü N. Bulak'a ve biyolog Ş. Emekli'ye teşekkür ederler.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Back, W., 1961, Technique for mapping of hydrochemical facies. US. Geol. Surv. Prof. Paper 424 - D, pp. 380 - 382.
- Back, W., 1966, Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. US. Geol. Surv. Prof. Paper 498 - A, 42 pp.
- Barnes, I., Irwin, W.P. and White, D.E., 1978, Global distribution of carbon dioxide discharges and major zones of seismicity, US. Geol. Survey Wat. Res. Invest., 78 - 39, Open - File Report, 12 pp.
- Başkan, M.E. ve Canik, B., 1983, AIH Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası - Ege Bölgesi. MTA Enst. Yay. No. 189.
- Batum, I., 1978a, Nevşehir güneybatısında Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi. H.Ü. Yerbilimleri Dergisi, 4/1 -2.
- Batum, I., 1978b, Nevşehir güneybatısında Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin Jeokimyası ve petrolojisi. H.Ü. Yerbilimleri Dergisi, 4/1 - 2.

## KOÇPINAR (AKSARAY) KAYNAKLARI

- Bayan, C.S. ve Kurttaş, T., 1995, Geochemistry of regional flow in the Aladağ karstic aquifer, Eastern Taurids - Turkey: Effect of flow conditions. *Tr. J. of Earth Sciences*, 4, 29 - 37.
- Beekman, P.H., 1966, Hasandağı - Melendiz dağı bölgesinde ki Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri. *MTADerg.*, 66, 88-103.
- Çağlar, K.Ö., 1950, Türkiye maden suları ve kaplıcaları. *MTA Enst. YayınL, Seri B, No. 11, Fas. 3*, 356 - 362.
- Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği (ÇED). *TC. Resmi Gazete*, 7 Şubat 1993, S. 21489, 20 - 28.
- Demirel, Z., 1988, Korunma alanlarının belirlenmesinde hidrojeoloji kriterleri. *Ulusal I. Hidrojeoloji Semp., Bildiriler, A.Ü.F.F.F. Jeo. Müh. Böl.*, 257 - 269.
- Edet, A.E., 1993, Groundwater quality assessment in parts of Eastern Niger Delta, Nigeria. *Environmental Geology* 22, 41 - 46.
- Emre, Ö., 1990, Hasandağı - Keçiboyduran dağı yöresi volkanizmasının jeomorfolojisi. *Doktora Tezi, I.Ü. Deniz Bil. ve Coğr. Enst.* 207 s.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J.I., Ui, T., Notsu, K., ve Fujitani, T., 1992, Hasandağı - Karacadağ (Orta Anadolu) Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal, izotopik ve radyometrik veriler. *Türk. Jeo. Kur. Bült.*, s. 7, 8-21.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1984, Yeraltısuları jeolojisi (Hidrojeoloji). *İTÜ. Maden Fak.* 339 s.
- Erol, O., 1984, Geomorphology and neotectonics of the pluvial lake basins in the Taurus belt and South Central Anatolia. *Intern. Symp. on the geology of Taurus Belt*, 119 -124. *Min. Res. and Exp. (MTA) Publ.*
- Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979, *Groundwater*. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632, p 604.
- Fricke, M., 1993, Natural mineral waters, curative - medical waters and their protection. *Environmental Geology* 22, 153-161.
- Göçmez, G., 1994, Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi. *Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enst.*, 281 s, Konya.
- Görür, N., Oktay, Y., Seymen, İ. ve Şengör, A.M.C., 1984, Paleotectonics evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey, sedimentary record of a Neo - Tethyan closure. *Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (Ed). Geol. Soc. London Spect. Publ.* 14, 467 - 482.
- Greber, E., 1992, Das Geothermalfeld von Kuzuluk / Adapazarı (NW - Türkei) - Geologie, active Tektonik, Hydrogeologie, Hydrochemie, Gase und Isotope. *Ph. D. thesis, ETHZ, unpubl.*, 213 pp.
- Greber, E., 1994, Deep circulation of CO<sub>2</sub> rich palaeowaters in a seismically active zone (Kuzuluk / Adapazarı, Northwestern Turkey). *Geothermics*, Vol. 23, No. 2, pp. 151 -174.
- Hem, J.D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: *USGS Water Supply Paper* 2254, 263 p.
- Morgan, C.O. and Winner, M.D., 1962, Hydrochemical facies in the 400 foot and 600 foot sands of the Baton Rouge Area, Louisiana. *US. Geol. Surv. Prof. Paper* 450 -B, B120-121.
- Öktü, G. ve Kalkan, I., 1984, Niğde - Aksaray - Ziga kaplıcasının hidrojeoloji incelemesi. *MTA Gen. Mdl. Derleme Rapor No.* 7505.
- Pinneker, E.V., 1983, *General hydrogeology* (Translated by Howard, D.E. and Harvey, J.C.). Cambridge Univ. press, 141 p.
- Schoeller, H., 1955, *Gechemie des eaux souterranes*. *Rev. Inst. Franc. Petrole, Paris*, 10. No. 3-4.
- Schoeller, H., 1962, *Les Eaux Souterraines*. *Mason et Cie, Paris*.
- Seaber, P.R., 1962, Cation hydrochemical facies of ground water in the English town Formation, New Jersey, *US. Geol. Surv. Prof. Paper* 450 - B, pp. B124 B126.
- Stumm, W. and Morgan, J.J., 1981, *Aquatic chemistry - An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters* (2nd Ed), 780 pp. Wiley - Interscience, New York.
- Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, *T.C. Resmi Gazete*, 4 Eylül 1988, S. 19919. s. 13 - 73.
- Şahinci, A., 1991, *Doğal suların jeokimyası*. 548 s. Reform Matbaası, İzmir.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Herece, E., 1987, Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. *Türk. İnşaat Müh. IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt I*, 231 - 245, Ankara.

Toprak, V. and Göncüoğlu, M.C., 1993, Tectonic control on the development of the Neogene - Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey. Geological Journal, Vol. 28, 357 - 369.

---

Makalenin geliř tarihi: 6.06.1995.  
Makalenin yayına kabul tarihi: 15.01.1996.  
*Received June 6, 1995.*  
*Accepted January 15, 1996.*

Türk Standardları, 1986, içme Suları. TSE, Ankara. 97 s.

Yılmaz, H., 1994, Doğal karbondioksit. Türkiye Enerji Bülteni. Cilt 1, Sayı 1, 75 - 86.