

# Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı çevresinin ayrıntılı jeolojisi ve ilişkili hidrotermal anomalileri

**Rüstern Pehlivan**, İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar / İstanbul

*Bu araştırma Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağıyla ilgili olarak gerçekleştirilmiştir\*. Bu incelemede: 1. Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı civarının 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, 2. İnceleme alanından toplanan kayaç örneklerinin ana ve iz element, toprak ve güncel birikim örneklerinin iz element ve sıcak suyun majör iyon analiz sonuçları verilmiş, 3. litojeokimyasal verilerle hidrojeokimyasal veriler karşılaştırılarak güncel birikimler, maden yatağı oluşumu bakımından değerlendirilmiştir. Böylelikle, kuzuluk sıcak suyunun etkisiyle çevre kayaçlarda oluşan anomaliler ile güncel birikimlerdeki element zenginleşmelerinin türleri belirlenmiştir.*

## Giriş

İnceleme alanı, Sakarya Di Akyazı İlçesi güneydoğu kesiminde Kuzuluk Köyü dolaylarında bulunur (Şekil 1). Araştırmada yaklaşık 1.5 km<sup>2</sup>lik bir alanın ayrıntılı 1/10.000 ölçekli hidrotermal anomali oluşumları değerlendirilmiştir.

Araştırmada, Kuzuluk Kaplıcası (Adapazarı) dolaylarında önceki yıllarda araştırmalar yapan, Baykal (1955)'in jeoloji, Yılmaz vd. (1987)'nin tektonik, Şentürk ve Demirel (1986, 1987)'in hidrojeoloji Önder (1987)'in sıcak su aramaları ve Pehlivan (1996)'nın ise jeoloji ve hidrojeokimya yöneltik çalışmalarından yararlanılmıştır.

## Materyal ve metod

Kayaç, toprak ve güncel birikim örneklerinin mineralojik bileşimleri XRD, element miktarları ise XEF teknikleri kullanılarak İ.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Jeokimya Laboratuvarında belirlenmiştir. Sistemati olarak araziden, alman kayaç, toprak ve güncel birikim örnekleri, önce kurutulmuş, kırılmış ve Fritsch marka değirmende öğütülmüş tür. Sonra her bir numuneden 5'er gram alınarak 2 gram nişasta ile birlikte agat havanda karıştırılmış, pres aletinde 20 ton yük altında sıkıştırılarak tabletleri, hazırlanmış ve ana oksitler ile Sb, (X Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Zn, Pb, As, U ve Cd elementlerinin miktarları (ppm) tesbit edilmiştir., Au elementi analizleri XRAL laboratuvarlarında (İzmir) fire assay yöntemi ile yaptırılmıştır. Diğer taraftan, Nisan. 1995'de araştırma safi.asıdan. alman termomineral suyun kimyasal analizi, ise İÜMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı ve TÜBİTAK - Gebze Yerbilimleri Bölümü Kimya Laboratuvarlarında atomik, absorpsiyon spektrometre, gravimetrik ve titrimetrik yöntemlerle yapılmıştır.

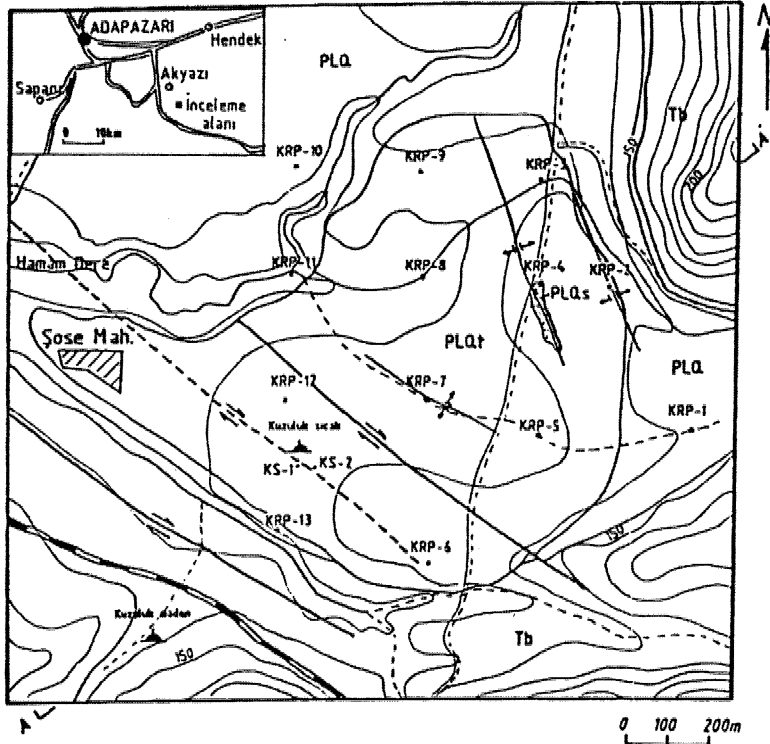
## Litostratigrafi

Beydili Volkanitleri: • Siyah, yeşil, kırmızı renkte andezit, bazalt ve liflerden oluşur. Çalışma alanında oldukça geniş bir alan kaplar., Araştırma sahasının doğu, güney ve güneybatı bölümlerinde mostra verir. Yer yer alterasyona uğramışlardır., İnce kesit, değerlendirmelerinde andezitlerin hamuru limoniüleşmiş olup küçük boşlukların zeolit dolgulu olduğu ve amfibol kristallerinin de yer yer karbonata dönüşmüş olduğu, gözlenmiştir,...

Birimin tipik, mostraları ilk kez Abdüsselamoğlu (1959) tarafından, grimsi siyah ve morumsu, renkli andezit ve bazaltlar şeklinde Beydili (Göynük.) dolaylarında tanımlandığı için tarafımızdan, Beydili volkanitleri olarak, adlandırılmıştır. Bu volkanik kayaçlar, Baykal (1955)'in andezitleri, Sentürk ve Demirel (1986)'in volkanik kayaçları ile aynıdır« Volkanitler, Baykal (1955)'in yaptığı çalışmalarına göre Eosen, yaşındadır.

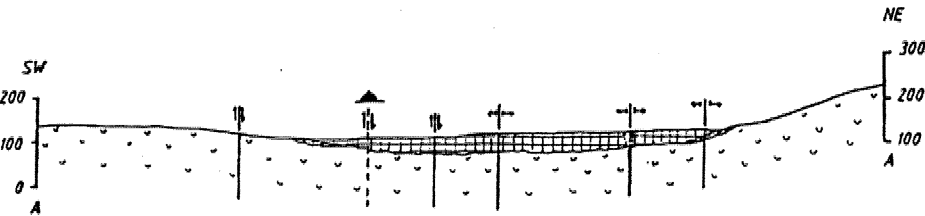
Bölgede, 1987 yılında açılan, iki adet sıcak su sondajında volkanitler, KS-1 sondajı ile 61 m, KS-2 sondajı

## KUZULUK KAPLICASI (AKYAZI) ÇIVARININ AYRINTILI JEOLOJİ HARİTASI VE JEOLOJİ ENİNE KESİTİ



### AÇIKLAMALAR

|  |                      |
|--|----------------------|
|  | Süslüye zon          |
|  | Traverten            |
|  | Taraça               |
|  | Beydili Volkanitleri |
|  | Karayolu             |
|  | Stabîze yol          |
|  | Otokanak             |
|  | Doğruktu atımlı fay  |
|  | Açılma çatlığı       |
|  | Drenaj               |
|  | Termomineral kaynak  |
|  | Yerleşim merkezi     |
|  | Örnek no             |
|  | MTA sondajı          |
|  | Kesit yönü           |
|  | Münhani              |



ile 87 m olarak kesilmiştir (Şentürk ve Demirci, 1987). Ancak rezistivite etüdü sonuçları kayaçların kalınlıklarınının 150 - 200 metre arasında değiştiğini göstermektedir (Şentürk ve Demirel, 1986).

**Taraça:** Genellikle yuvarlak metamorfik ve volkanik kayaç çakılları., killi, kumlu ve karbonatlı çimento ile gevşek olarak, bağlıdır,.. Bu oluşumlar en çok 70 m kalınlığında ve Pliyo - Kuvaterner yaşlıdır. Çalışma sahasında geniş bir alanda gözlenir..

**Traverten:** Travertenler çalışma alanında Kuzuluk köyü dolayında, mostra verir. Yaklaşık .1 km<sup>2</sup> İlk bir alanı kaplar. Travertenler beyaz, sarı, kırmızı kahverenkli olup boşlöklo. bir yapıya sahiptirler. .Pliyo - Kuvaterner yaşlı, travertenlerin kalınlıkları 0 - 25 m. arasında değişir. Travertenler Kuzuluk'ta daha. önce MTA tarafından açılan K -1 sondajında 25 m. ve K - 2 sondajında ise 8 m. olarak, kesilmiştir (Şentürk ve Demirel, 1987). Travertenler Kuzey Anadolu Fay Zomına bağımlı olarak gelişmiş, olan kırık zonları boyunca yüzeye çıkan bir karbonatlı sıcak suların basınç serbestleşmesi sonucu karbondioksit gazlarını kaybetmeleri ile kalsiyum karbonat çökmesi, sonucunda oluşmuşlardır..

## Mineralojik ve petrografik inceleme

Şekil 1'de görülen lokasyonlardan alınan örneklerin özelliklerin aşağıda belirtildiği gibidir.,

İnceleme alanındaki taraçalarda alınan KRP-1, KRP -11 ve KRP - 13 nolu kayaç örnekleri mikroskopik olarak,, gri ve sarımsı renkli ve gevşek yapılıdır. Kayaç içerisinde bulunan volkanik kayaç: çakılları killi, kumlu ve karbonatlı çimento ile tutturulmuştur. XRD difraktogramına göre örnekler kuvars ve plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır.

Az çok. birbirlerine benzeyen. KRP - 6 ve KRP - 9 nolu örneklerinin gevrek, kırılabilir, ve beyaz, gri ve kahverenkli olduğu ve boşlöklo bir yapı içerdiği tespit edilmiştir. XRD difraktogramına göre KRP-6 nolu kayaç örneği kalsit, kuvars ve opal A. (amorf silis) minerallerinden oluşmaktadır.

Travertenler içerisinde boşalan, sıcak su birikintilerinden alınan KRP-2, KRP-3, KRP-5, KRP-7, KRP-8, KRP-10 ve KRP-12 nolu güncel birikim örneklerinin ise bolluk sıralarıyla, göre kuvars, opal A ve plajiyoklas minerallerinden oluştuğu XRD ile belirlenmiştir.

## Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı» özellikle faylar ve açılma çatlakları oluşturan tektonik hareketlerden çok etkilenmiştir.

.Faylar: Sahada çalışma, alanının güneyindeki Kuzey Anadolu. Fay Zonu (KAFZ) ve kuzeyindeki Düzce - Hendek faylarının etkisi ile oluşan bir ihtimallilik üzere üç adet GD - KB doğrultulu, doğrultu almı sağ yönlü faylar tespit edilmiştir,

**Açılma çatlakları:** Kuzuluk kaplıcası dolaylarında, travertenlerin olduğu alanda, üç adet. açılma çatlakları belirlenmiştir. Genellikle bu. çatlaklar KD - GB doğrultuludur.

## Hidrojeoloji

Çalışma alanının önemli akarsuyu Hamam. Deresi'dir. .Araştırma sahasının, hemen civarında bulunan birimlerden Akveren formasyonunun Paleosen yaşlı kireçtaşları bol fa.nk.li. çatlaklı, erime boşluğu ve su tutma, özelliklerine sahip oldukları için iyi bir akifer özelliği sunarlar. Rezervuar karakteri gösteren söz konusu birimler' üzerinde bulunan Eosen yaşlı Beydili volkanitleri ile Pliyo - Kuvaterner yaşlı çökellerin killi - süflü seviyeleri, jeotermal akışkan için örtü kayasıdır. Kuzuluk suyunun yüzeydeki sıcaklığı 51°C ve debisi 42 lt/s'dir.

## Hidrojeokimyasal inceleme

Kuzuluk termomineral kaynağından alınan bir adet su örneği analizinde (Çizelge 1) kanyonlarda egemen iyonun r(Na+K) [r(Na+K) > rCa > rMg], anyonlarda ise r(HCO<sub>3</sub>) [r(HCO<sub>3</sub>) > iÇi > rSO<sub>4</sub>] olduğu belirlenmiştir .Dolayısıyla Kuzuluk termomineral kaynağının, kanyon dizilimi literatürde verilen (Şahinci, 1991) volkanik kayaç [r(Na+K) > rCa > rMg., rSO<sub>4</sub> > rCl > r(HCO<sub>3</sub>)] gibi hidrojeolojik birimden gelen suların dizilimleriyle benzerlik gösterirken anyon dizilimlerinde farklıdır. Termomineral sular,, meydana gelmelerine sebep olan değişik türdeki (atmosferik,juvenil ve miks) suların yerin derinliklerine inerken, ikincil ortamda, dolaşırken ve yüzeye doğru hareket ederken geçtikleri ortamların litolojik özellikleri, .tektonik yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ayrışma dereceleri vb. gibi etkenlerin etkisiyle iyon yüklenirler. Sıcak suların ilk kimyasal, bileşimleri temas halinde oldukları birbirlerinden .farklı litolojik birimler' (kayaç, mineral, cevher) den çözerek, bünyelerine aldıkları iyonlar yüzünden değişebilir. Bu durum, Kuzuluk termomineral kaynağının anyon diziliminde etkilenmiştir.

Çizelge 1'deki veriler' sıcak suyun, yüksek oranda SiO<sub>2</sub> taşıdığı ve silisleşmeyi artırdığını HCO<sub>3</sub>'ca oldukça zengin, olduğunu (kireçtaşları ile temasta bulunduğunu), içme» ısıtma ve banyo amaçlı kullanım halinde: tesisatta kabuklaşma yapabileceğini göstermektedir..

Çizelge 1. Kuzuluk sic aksu kaynağının kimyasal analiz sonucu (ppm).

| Katyon                       | mg/l | Anyon                          | mg/l  |
|------------------------------|------|--------------------------------|-------|
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 3.5  | Cl <sup>-</sup>                | 388.1 |
| Li <sup>+</sup>              | 3.5  | Br <sup>-</sup>                | -     |
| Na <sup>+</sup>              | 740  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 58    |
| K <sup>+</sup>               | 37   | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | -     |
| Ca <sup>2+</sup>             | 103  | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | -     |
| Mg <sup>2+</sup>             | 19   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 1176  |
| Fe <sup>2+</sup>             | -    | CO <sub>2</sub>                | 153   |
| Al <sup>3+</sup>             | -    | SiO <sub>2</sub>               | 131   |
| As <sup>3+</sup>             | 0.01 | pH                             | 7.4   |
| Sb <sup>3+</sup>             | -    | T ° C                          | 51    |
| B <sup>3+</sup>              | 27   |                                |       |

## Hidrotermal alterasyon

Çalışma sahası, aşırı silisleşmiş traverten örtü ile kaplı olduğu için tipik hidrotrenal alterasyon zonları yüzeylenmemektedir. Fakat hidrotrenal alterasyonun bir diğeri belirteci olan silisli siltli ve zoolitli siltli kayalar saptanmıştır.

**Silisyum zonu:** Araştırma sahasında KRP - 4 nolu aşırı silisleşmiş kayalar örneğinin alındığı lokasyonun batısında bulunan açılma çatlaklarının yaklaşık 200 metrelik kısmında mostra verir (Şekil 1)., Oldukça, sert ve grimsi, renklidir. KRP - 4 nolu kayalar örneğinin XRD difraktogramında bolluk sırasına göre kuvars mineralinden ve az miktarda da antimon, nikel ve gümüş tellüridleri ile illit mineralinden, oluştuğu ve jeokimyasal analizi sonucunda ise %89.97 SiO<sub>2</sub> içerdiği belirlenmiştir. Söz konusu silisyum zonu bölgedeki hidrotrenal sülasyonların travertenler üzerinde gelişen açılma çatlakları içerisinden geçerek yüzeye kadar ulaşması sonucunda, oluştuğu söylenebilir.

## Litojeokimyasal İnceleme

İnceleme sahasından alınan iki örneğin ana, element analiz, sonuçları (Çizelge- 2) ve diğer bütün örneklerin iz element analiz sonuçları. (Çizelge 3) değerlendirildiğinde, traverten örnekleri, arasından seçilmiş olan KRP-6 nolu kayalar örneğinde ana elementlerin büyük miktarını SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO in oluşturduğu gözlenmiştir. Çökel örneklerinde Cr, Me., Fe, Co, Zn, Pb, U ve Cd, silisyum zondan alınmış, örnekte As, taraça örneğinde ise Ni elementlerinin maksimum değerinde olduğu, kayaların tümünde U, çok azında ise- As. elementinin, varlığı belirlenmiştir.

## Güncel hidrotermal anomali oluşunları

Kuzuluk sıcak suyu etkisiyle çevre kayalarla geli-

Çizelge 2. Silis zonu ve traverten örneklerinin ana- elementi analiz sonuçları.

|                                | KRP-4(Silis zonu)<br>(%) | KRP-6(Traverten)<br>(%) |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 89.97                    | 87.78                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.18                     | 2.65                    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.19                     | 0.88                    |
| MnO                            | >0.001                   | 0.005                   |
| MgO                            | >0.01                    | 0.09                    |
| CaO                            | 0.18                     | 2.4                     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.41                     | 0.2                     |
| K <sub>2</sub> O               | 0.47                     | 0.47                    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.15                     | 0.13                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.01                     | 0.01                    |
| AK                             | 4.47                     | 4.73                    |
| <b>Toplam</b>                  | <b>99.04</b>             | <b>99.35</b>            |

şen güncel hidrotermal anomaliler Şekil 2 ve Şekil 3'le verilmiştir. Haritalarda belirlenmiş olan anomali alanları, traverten içerisindeki elementlerin tarafımızdan belirlenen normal miktarları (aritmetik ortalama + standart sapmaları) baz alındığında:

**Krom anomali:** Cr'un normal değeri traverten.de 140 ppm olduğu için KRP-10 nolu çökel örneğinde görülür.

**Mangan anomali:** Mn'nın normal değeri traverten.de 120 ppm olduğu için KRP-2 ve KRP-5 çökel örneklerinde görülür.

**Demir anomali:** Fe'oin normal değeri travertende 36619 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülür\*

**Kobalt anomali:** Co'in normal değeri travertende 1.525 ppm olduğu için KRP-8 nolu çökel örneğinde- görülür.

**Nikel anomali:** Ni'in normal değeri travertende 190.2 ppm olduğu için KRP-10 ve KRP-1.1 nolu örneklerde- görülür,,

**Bakır anomali:** Cu'in normal değeri, travertende 25.36 ppm olduğu için KRP-4 ve KRP-5 nolu çökel örneklerinde görülür.

**Çinko anomali:** Zn'nun normal değeri travertende 29,4 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülün

**Kurşun anomali:** Pb'un' normal değeri travertende 161 ppm olduğu için KRP-5 ve KRP-12 nolu çökel örneklerinde görülür.

**Arsen anomali:** As'in normal değeri travertende

Çizelge 3. Araştırma sahasından alınan örneklerdeki iz element değerleri (ppm) ve örneklerin tanımlaması.

|          | Kayaç adı       | Cr  | Mn  | Fe    | Co  | Ni  | Cu | Zn | Pb  | As | U  | Cd | Sb | Au (ppb) |
|----------|-----------------|-----|-----|-------|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----------|
| KRP-1    | Taraça örneği   | 122 | 84  | 27545 | 10  | 112 | 8  | 27 | 84  | -  | 23 | 32 | -  |          |
| KRP-2    | Sıcak su çökeli | 111 | 133 | 27545 | 9   | 99  | 8  | 19 | 17  | -  | 7  | -  | -  |          |
| KRP-3    | Sıcak su çökeli | 56  | 70  | 31849 | 17  | 125 | 5  | 14 | 17  | -  | 60 | -  | -  |          |
| KRP-4    | A.silis.kayaç   | 111 | 42  | 19798 | 17  | 144 | 33 | 13 | 71  | 53 | 10 | 18 | 46 | 86       |
| KRP-5    | Sıcak su çökeli | 89  | 154 | 42179 | 3   | 97  | 38 | 57 | 181 | -  | 41 | -  | 23 |          |
| KRP-6    | Traverten       | 89  | 70  | 8608  | 9   | 152 | 8  | 8  | 64  | 15 | 12 | 28 | 46 | 15       |
| KRP-7    | Sıcak su çökeli | 56  | 70  | 25824 | 14  | 108 | 7  | 15 | 185 | -  | 12 | -  | -  |          |
| KRP-8    | Sıcak su çökeli | 111 | 70  | 26684 | 19  | 123 | 25 | 30 | 68  | 10 | 23 | -  | -  |          |
| KRP-9    | Traverten       | 122 | 63  | 11190 | 9   | 140 | 16 | 24 | 60  | -  | 17 | -  | 69 |          |
| KRP-10   | Sıcak su çökeli | 178 | 112 | 31849 | 5   | 198 | 3  | 26 | 68  | -  | 10 | 9  | -  |          |
| KRP-11   | Taraça örneği   | 144 | 105 | 35293 | 7   | 245 | 13 | 28 | 81  | -  | 23 | 9  | 58 |          |
| KRP-12   | Sıcak su çökeli | 100 | 70  | 30988 | 5   | 160 | 2  | 20 | 252 | -  | 36 | 36 | -  |          |
| KRP-13   | Taraça örneği   | 150 | 101 | 31220 | 5   | 173 | 3  | 22 | 61  | -  | 9  | 8  | -  |          |
| Ortalama |                 | 110 | 88  | 26967 | 9.9 | 144 | 13 | 23 | 93  | 6  | 22 | 11 | -  |          |

49.1 ppm olduğu için KRP-4 nolu kayaç örneğinde görülür.

Uranyum anomalisi: U'un normal değeri teaverteo.de 34.35 ppm olduğu için KRP-3, KRP-5 ve KRP-12 nolu çökel örneklerinde görülür.

Kadmiyum anomalisi: Cd'un normal, değeri travertende 29-26 ppm olduğu için KRP-12 nolu çökel örneğinde görülür.

Antimon anomalisi: Sfö'nün normal değeri travertende 28.50 ppm olduğu için KRP-4, KRP-6 ve KRP-9 nolu çökel. om.ekleri.nde görülür.

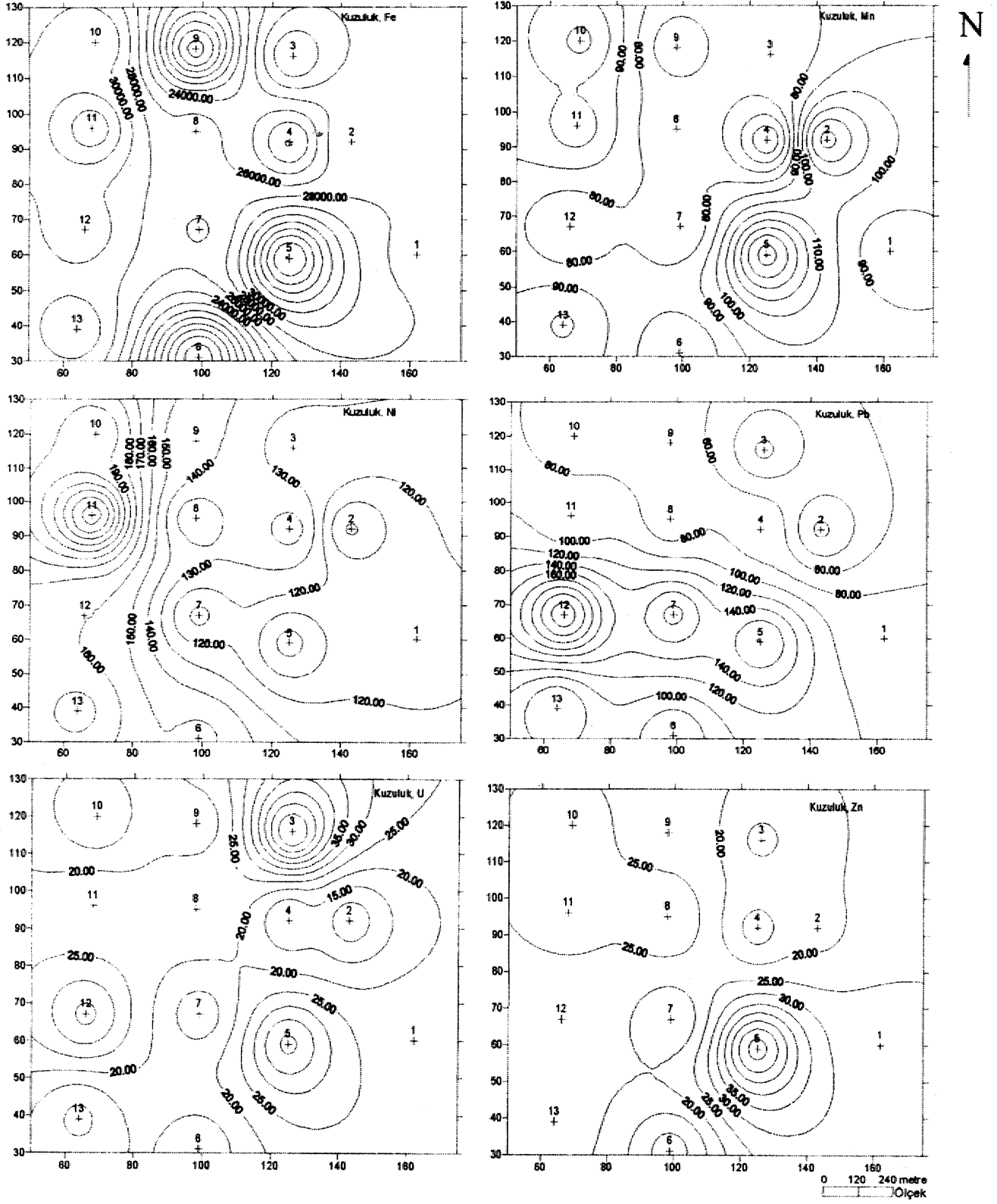
Sonuç olarak, Kuzuluk termomineral kaynağı yakın civarında sıcak solar etkisiyle fayaç ve güocel birikim örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb,, As, U, Cd ve. Sb anomalilerinin varlığı belirlenmiştir. Taraça örneklerinin (KRP-1, KRP-11 ve KRP-13) normal değeri tarafımızdan belirlenemediği için,, anomali sunup sunmadıkları ile az, sayıdaki Au. analizi sonucuna göre de AB anomalisi konularında bir görüş ileri sürülemez.

## Güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi

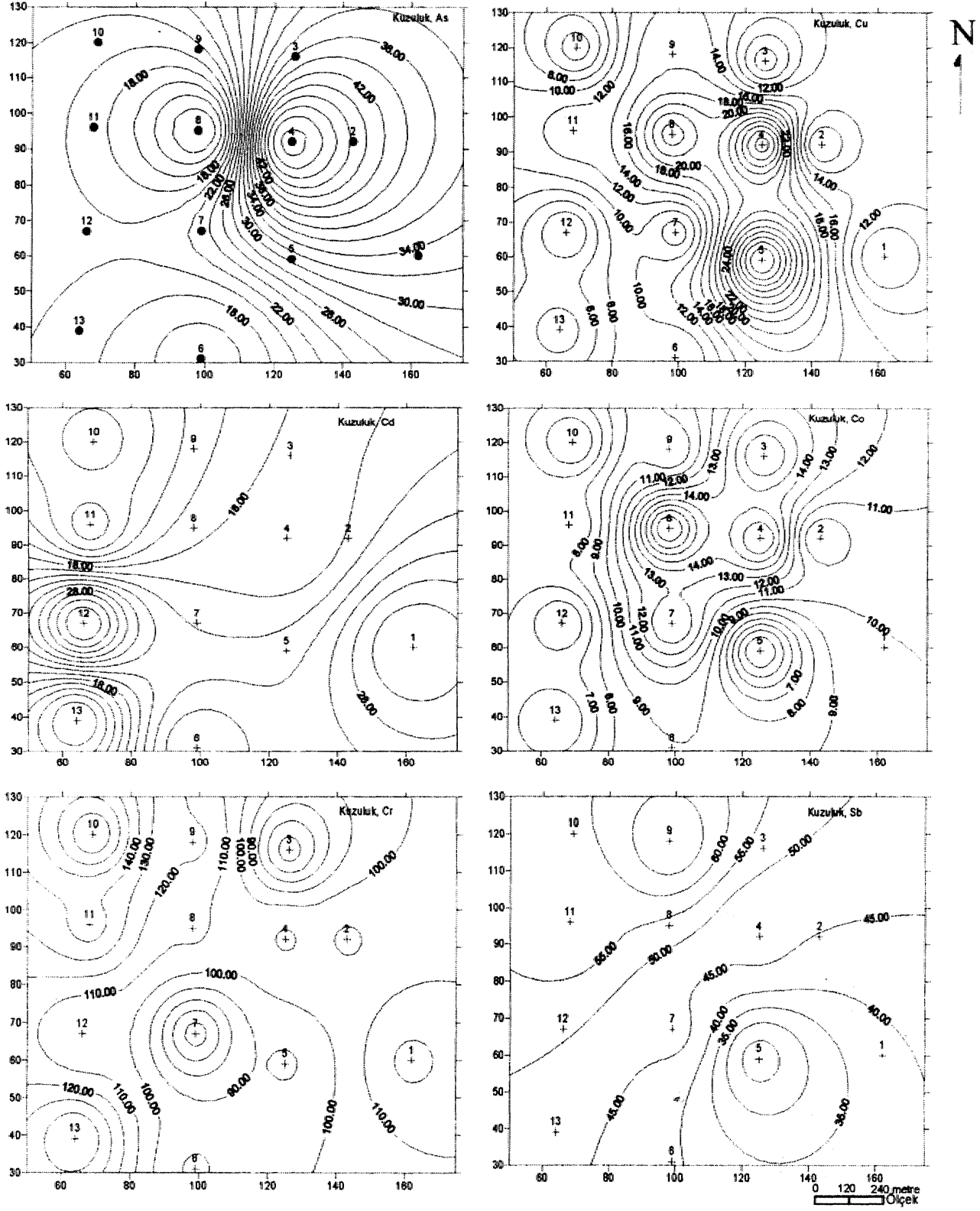
Bu bölümde, Kuzuluk (Akyazı.) sıcak su kaynağı etkisiyle oluşan güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi yapılacaktır. Analiz sonuçlarını topluca değerlendirebilmek için çalışma sahasında belirlenen

sonuçların elementlere göre ortalama değerleri Çizelge 4'de sunulmuştur. Karşılaştırma amacıyla aynı tabloda elementlerin yerkabuğu, bazalt ve andezitlerdeki ortalama değerleride verilmiştir. Birada (M) Kuzuluk sahası örneklerinin ortalamasını, (L1) yerkabuğu, (L2) bazalt ve (L3) andezit ortalama değerlerini, (Z1) yerkabuğuna, (Z2) bazalta, (Z3) ise andezite göre zenginleşme katsayılarını gösterir. Örneklerdeki Mn, Fe» Co,, Cu, Zn değerleri yerkabuğu, bazalt, ve andezit ortalamalarından küçük, Cr, Ni, Pb, As, U, Cd, Sb ve Au elementlerinin de ise büyüktür. Örneklerdeki en çok zenginleşme Sb, Cd, U ve. Au elementlerinin gelişmiştir. Bu elementlerin yüksek değerlerini yakın kayalara bağlamak olası değildir. Bu nedenle bu dört element sıcak, sularda zenginleşmiş ve sular tarafından, çöktürülmüştür.

Sıcak su etkisiyle oluşan, aşın silisli tea verteil örneklerinden KRP-6 nolu kayaç örneğinde 15 ppb Au ve 46 ppm. Sb elementi, silisleşmiş zondan alınao KRP-4 nolu örnekte ise 86 ppb Au ve 46 ppm Sb elementi (Çizelge 3) tesbit edilmiştir. Kalınlığı 0 - 25 metre arasında değişen traverten örtünün altında tellüridler şeklindeki Au ve Sb elementleri silisifiye zonlardaki dissimine cevherleşmelerden daha fazla olabilir. Kuzuluk sıcak sularında en fazla derişim, gösteren iyonlar Ma, HCO<sub>3</sub> ve Cl'dür. Bu iyonlar antimonun taşınması ve çökmesinde önemli derecede etkin olabilirler (Köksoy ve İleri, 1977). Ancak eldeki verilere göre söz konusu, elementlerin bugün için bir cevher yatağı oluşturabilecek düzeyde olduğu söylenemez...



Şekil 2. Kuzuluk sıcak suyu sahasındaki Fe, Mn,, Ni, Pb, U ve Zn anomalileri\*



Şekil 3. Kuzuluk sıcak suyu sahasındaki As, Cu, Cd, Co, Cr ve Sb anomalileri.

**Çizelge 4.** Kuzuluk sıcak su sahasındaki ortalama metal değerlerinin yerkaşu, bazalt ve andezit ortalamaları ile karşılaştırılması (ppm).

| Element | Yerkaşu (L <sub>1</sub> )<br>(1) | Bazalt (L <sub>2</sub> )<br>(2) | Andezit (L <sub>3</sub> )<br>(3) | Kuzuluk sahası<br>ortalama (M) | Zenginleşme katsayısı<br>(Z <sub>1</sub> : M / L <sub>1</sub> ) | Zenginleşme katsayısı<br>(Z <sub>2</sub> : M/L <sub>2</sub> ) | Zenginleşme katsayısı<br>(Z <sub>3</sub> : M/L <sub>3</sub> ) |
|---------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|---|---|
| Cr      | 100                              | 170                             | 87.4                             | 110                            | 1.10  | 0.64  | 1.25  |
| Mn      | 950                              | 2200                            | 1006                             | 88                             | 0.09  | 0.04  | 0.08  |
| Fe      | 50000                            | 86500                           | 48807                            | 26967                          | 0.53  | 0.31  | 0.55  |
| Co      | 25                               | 48                              | 21.3                             | 9.9                            | 0.40  | 0.20  | 0.46  |
| Ni      | 75                               | 130                             | 34.4                             | 144                            | 1.92  | 1.10  | 4.18  |
| Cu      | 55                               | 72                              | 51.8                             | 13                             | 0.23  | 0.18  | 0.25  |
| Zn      | 70                               | 94                              | 72                               | 23                             | 0.32  | 0.24  | 0.31  |
| Pb      | 13                               | 4                               | 9.9                              | 93                             | 7.15  | 23.25   | 9.39  |
| As      | 1.8                              | 1.5                             | 2.4                              | 6                              | 3.33  | 4   | 2.50  |
| U       | 1.8                              | 0.53                            | 0.5                              | 22                             | 12.22   | 41.80   | 44  |
| Cd      | 0.2                              | 0.2                             | 0.19                             | 11                             | 55.00   | 55  | 57.90   |
| Sb      | 0.2                              | 0.1                             | 0.15                             | 19                             | 95.00   | 190   | 126.6   |
| Au      | 0.004                            | 0.0032                          | 0.0035                           | 0.051                          | 12.75   | 15.93   | 14.59   |

## Sonuç ve öneriler

Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağının ayrıntılı jeolojisi, çevre kayalarla oluşan anomaliler ve güncel birikimlerin, maden yatağı açısından Melenmesi konularında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Litojeokimyasal verilerle hidrojeokimyasal veriler karşılaştırıldığında güncel birikim örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ce zengin olduğu Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağında halen 100 ppm'den fazla SiO<sub>2</sub> taşıdığı tesbit edilmiştir. Diğer taraftan, sıcak suyun içerisindeki SiO<sub>2</sub>'in silisleşmeyi arttırdığı, HCO<sub>3</sub>'ca oldukça zengin olması kullanım halinde kabuklaşma yapacağını ve ki-reçtaşları ile temasta bulunduğunu gösterir...

2. Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı etkisiyle oluşan hidrotermal alterasyon zonlarından silisifiye zon tesbit edilmiş olup silisleşmenin gelişimine sebep olan jeotermal akışkan sıcaklığının 100°C'nin altında olduğu söylenebilir\*

3. Araştırma, sahasındaki traverten ve güncel birikim örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, U, Cd ve Sb anomalilerinin varlığı belirlenmiştir.

4. Zenginleşme katsayısı değerlerine göre en çok zenginleşme Sb, Cd, U ve Au elementlerinde gelişmiştir. Bu elementlerin yüksek değerlerini yakın kayalara bağlamak olası değildir. Bu nedenle: bu dört elementin sıcak sularda zenginleşmiş ve solar tarafından, çöktürülmüş oldukları düşünülmektedir.

5. Sıcak su etkisiyle oluşan aşırı, silisli traverten örneğinde 15 ppb Au ve 46 ppm. Sb, silisleşmiş zondan

alınan örnekte ise 86 ppb Au ve 46 ppm Sb nin tesbit edilmiş olması, ilerleyen zaman diliminde silisleşmeye bağlı olarak Au getirimimin devam edebileceğini göstermektedir., Kuzuluk sıcak sularında en fazla, derişim, gösteren iyonlar' arasında Ma, HCO<sub>3</sub> ve Cl. iyonlarının bulunması, söz konusu iyonların antimom elementinin taşınması ve çökmesinde etkili olduklarına işaret etmektedir.

### KATKI BELİRTME

Hazırlanmış olduğum makalenin değerlendirilmesi aşamasında öneri, ve dftzeltmeleriyle katkı yapan sayın hakeme içtenlikle' teşekkür ederim.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- AkSüselamoğk, M S- 1959, Almacıkdağı ile Mudurnu ve Göynük civarının jeolojisi, I.ÜJFJF. Monografi-leri, Sayı: 14, İstanbul.
- Baykal, R, 1955,, Çamdağ ve civarı» Geyve- - Akyazı dağları» Hendek - Akyazı ovası, Gefaze kuzeyinde ovacık bölgelerinin jeolojik etüdüleri, MTA raporu no 2280, Ankara.
- Ewart,, A., 1982, The mineralogy and petrology of tertiary - recent orogenic volcanic rock. In andésites: Ofogenik andésites and related rocks, R.S.. Thorpe (ed.), p: 26 - WI, Chichester.
- Köksöy, M., teri., S., 1977,, Lükiye antimom oluşum ilkeleri,, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri. Dergisi,, Cilt: 3, No: 1 - 2, Sayfa: 95 - 114, Ankara-
- Mason,, B,, Moore, CB,, 1982, Principle ' of geochemistry, 344 s., ISSN 0196 - 427X, John Wiley and Sons» Inc., New Yoik.
- Önder, L, 1987,, Sakarya - Akyazı Kuzuluk kaplıcası sıcak.su. aramaları rezistivite etüd rapora., MTA. rapor no: 8253, Ankara.
- Pehlivan, R, 1996,, Marmara. Bölgesi Termom ineral Kaynaklarının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelemesi., LÜ. Fen Bil., Enst, Doktora, tezi,, 165s., Ekil,, İstanbul (Yayınlanmamış).



- Rose,, A.W., Hawkes, E.H., Webb,, J.S., 1979, Geochemistry in mineral, exploration, Geobchemical characteristics of the elements (Appendix),, p: 549 - 581, Academic: Press Inc.,, 24 - 28 Oval Road 'London.
- Şahinci., A» 1991, Doğal suların jeokimyası, reform matbaası» 546 s., Beyler - izmir..
- Şentnrk, M., Demhrel, E, 1986, Akyazı (Sakarya) Kuzuluk kaplıcası hidrojeoloji incelemesi,, MTA rapor eo: 7085, Ankara.
- Şentirk, N., Demirci, E, 1987, Sakarya - Akyazı - Kuzuluk K-1 ve K-2 sıcaksu sondajlan kuyu bitirme raporu» MTA rapor no: 8296, Ankara.
- Yılmaz, Y<sub>M</sub> Gozûbol, 'Â.ML, Tiysuz, O., Yigitbaş, E., 1981, Abant (Bolu)-Dokurcan. (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu, fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin, jeolojik evrimi, MTA rapor no: 7085» Ankara..