

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

Rüstem 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 İli Akyazı İlçesi güneydoğu kesiminde Kuzuluk Köyü dolaylarında bulunur (Şekil 1). Araştırmada yaklaşık 1.5 km²lik 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. (1981)'nin tektonik, Şentürk ve Demirel (1986, 1987)'in hidrojeoloji, Önder (1987)'in sıcak su aramaları ve Pehlivan (1996)'nın ise jeoloji ve hidrojeokimyaya yönelik çalışmalarından yararlanılmıştır.

Materyal ve metod

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

Jeokimya Laboratuvarında belirlenmiştir. Sistematik olarak araziden alınan kayaç, toprak ve güncel birikim örnekleri önce kurutulmuş, kırılmış ve Fritsch marka değirmende öğütülmüştür. 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, Cr, 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 sahasından alınan 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.

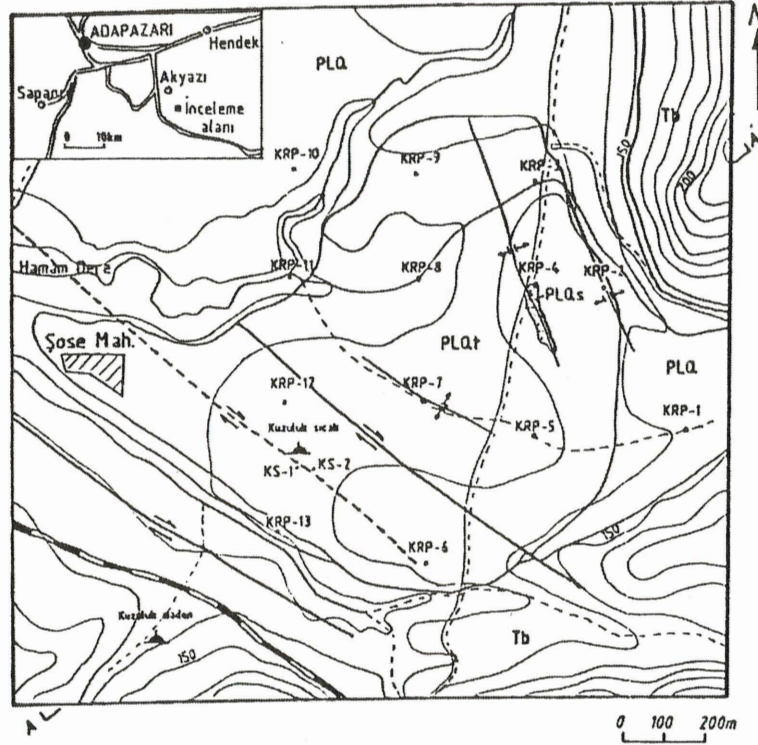
Litostratigrafi

Beydili Volkanitleri: Siyah, yeşil, kırmızı renkte andezit, bazalt ve tüflerden 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 limonitleşmiş olup küçük boşlukların zeolit dolgulu olduğu ve amfibol kristallerinin de yer yer karbonata dönüşmüş olduğu gözlenmiştir.

Birimin tipik mostralari 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, Şentürk ve Demirel (1986)'in volkanik kayaçları ile aynıdır. Volkanitler, Baykal (1955)'in yaptığı çalışmalarına göre Eosen yaşındadır.

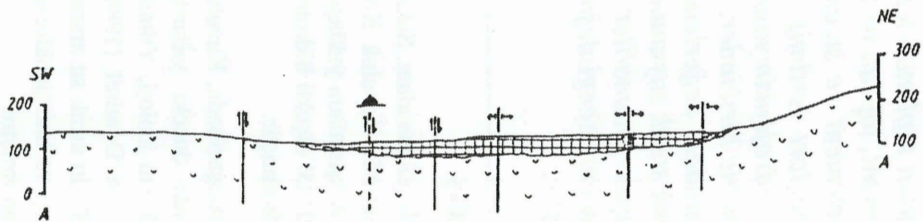
Bölgede, 1987 yılında açılan iki adet sıcak su sondajında volkanitler, KS-1 sondajı ile 61 m, KS-2 sondajı

KUZULUK KAPLICASI (AKYAZI) ÇİVARININ AYRINTILI JEOLOJİ HARİTASI VE JEOLOJİ ENİNE KESİTİ



AÇIKLAMALAR

	Silisifiye zon
	Traverten
	Taraça
	Beydili Vulkanitleri
	Karayolu
	Stabilize yol
	Dukanak
	Doğruktu atımlı fay
	Açılma çatlığı
	Drenaj
	Termomineral kaynak
	Yerleşim merkezi
	Örnek no
	MTA sondajı
	Kesit yönü
	Münhani



Sekil 1. İnceleme alanının jeolojî haritası.

ile 87 m olarak kesilmiştir (Şentürk ve Demirel, 1987). Ancak rezistivite etüdü sonuçları kayaçların kalınlıklarının 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 km² lik bir alanı kaplar. Travertenler beyaz, sarı, kırmızı kahverenkli olup boşluklu 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 Zonuna bağımlı olarak gelişmiş olan kırık zonları boyunca yüzeye çıkan bikarbonatlı sıcak suların basınç serbestlenmesi 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 taraçalardan alınan KRP-1, KRP - 11 ve KRP - 13 nolu kayaç örnekleri makroskopik olarak, gri ve sarımsı renkli ve gevşek yapılıdır. Kayaç içerisinde bulunan volkanik kayaç çakılları killi, kumlu ve karbonatlı çimonta ile tutturulmuştur. XRD difraktogramlarına göre örnekler kuvars ve plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır.

Az çok birbirlerine benzeyen KRP - 6 ve KRP - 9 nolu traverten örneklerinin gevrek, kırılğan ve beyaz, gri ve kahverenkli olduğu ve boşluklu bir yapı içerdiği tesbit 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 sıralarına göre kuvars, opal A ve plajiyoklas minerallerinden oluştuğu XRD ile belirlenmiştir.

Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı, özellikle faylar ve açılma çatlaklar oluşturan tektonik hareketlerden çok etkilenmiştir.

Faylar: Sahada çalışma alanının güneyindeki Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve kuzeyindeki Düzce - Hendek faylarının etkisi ile oluşan biri ihtimalli olmak üzere üç adet GD - KB doğrultulu, doğrultu atımlı sağ yönlü faylar tesbit edilmiştir.

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

Hidrojeoloji

Çalışma alanının önemli akarsuyu Hamam Dere-si'dir. Araştırma sahasının hemen civarında bulunan birimlerden Akveren formasyonunun Paleosen yaşlı kireçtaşları bol kırıklı çatlaklı, erime boşluklu 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 - siltli 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) katyonlarda egemen iyonun $r(\text{Na}+\text{K})$ [$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$], anyonlarda ise $r(\text{HCO}_3)$ [$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$] olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla Kuzuluk termomineral kaynağının katyon dizilimi literatürde verilen (Şahinci, 1991) volkanik kayaç [$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$, $r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3)$] gibi litolojik 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 diziliminide etkilemiştir.

Çizelge 1'deki veriler sıcak suyun yüksek oranda SiO_2 taşıdığını ve silisleşmeyi arttırdığını, HCO_3 'ca oldukça zengin olduğunu (kireçtaşları ile temasta bulunduğu), içme, ısıtma ve banyo amaçlı kullanım halinde tesisatta kabuklaşma yapabileceğini göstermektedir.

Çizelge 1. Kuzuluk sıcak su kaynağının kimyasal analiz sonucu (ppm).

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

Hidrotermal alterasyon

Çalışma sahası, aşırı silisleşmiş traverten örtü ile kaplı olduğu için tipik hidrotermal alterasyon zonları yüzeylenmemektedir. Fakat hidrotermal alterasyonun bir diğeri belirteci olan silisifiye zon saptanmıştır.

Silisifiye zon: Araştırma sahasında KRP - 4 nolu aşırı silisleşmiş kayalık örneğinin alındığı lokasyonun batısında bulunan açılma çatlaklarının yaklaşık 200 metrelik kısmında mostra verir (Şekil 1). Oldukça sert ve grimsi renklidir. KRP - 4 nolu kayalık örneğinin XRD difraktogramında bolluk sırasına göre kuvars mineralinden ve az miktarda da antimon, nikel ve gümüş tellüridler ile illit mineralinden oluştuğu ve jeokimyasal analizi sonucunda ise %89.97 SiO₂ içerdiği belirlenmiştir. Söz konusu silisifiye zonanın bölgedeki hidrotermal solüsyonların travertenler üzerinde gelişen açılma çatlakları içerisinde 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 arasında seçilmiş olan KRP-6 nolu kayalık örneğinde ana elementlerin büyük miktarını SiO₂, Al₂O₃ ve CaO in oluşturduğu gözlenmiştir. Çökel örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Pb, U ve Cd, silisifiye zondan alınmış örnekte As, tıraşta örneğinde ise Ni elementlerinin maksimum değerinde olduğu, kayaların tümünde U, çok azında ise As elementinin varlığı belirlenmiştir.

Güncel hidrotermal anomali oluşumları

Kuzuluk sıcak suyu etkisiyle çevre kayalarla geli-

Çizelge 2. Silis zonu ve traverten örneklerinin ana element analiz sonuçları.

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

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

Krom anomalisi: Cr'un normal değeri travertende 140 ppm olduğu için KRP-10 nolu çökel örneğinde görülür.

Mangan anomalisi: Mn'nin normal değeri travertende 120 ppm olduğu için KRP-2 ve KRP-5 çökel örneklerinde görülür.

Demir anomalisi: Fe'nin normal değeri travertende 36619 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülür.

Kobalt anomalisi: Co'nun normal değeri travertende 15.25 ppm olduğu için KRP-8 nolu çökel örneğinde görülür.

Nikel anomalisi: Ni'nin normal değeri travertende 190.2 ppm olduğu için KRP-10 ve KRP-11 nolu örneklerde görülür.

Bakır anomalisi: Cu'nun normal değeri travertende 25.36 ppm olduğu için KRP-4 ve KRP-5 nolu çökel örneklerinde görülür.

Çinko anomalisi: Zn'nun normal değeri travertende 29.4 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülür.

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

Arsen anomalisi: 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.

Uranium anomalisi: U'un normal değeri travertende 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: Sb'un normal değeri travertende 28.50 ppm olduğu için KRP-4, KRP-6 ve KRP-9 nolu çökel örneklerinde görülür.

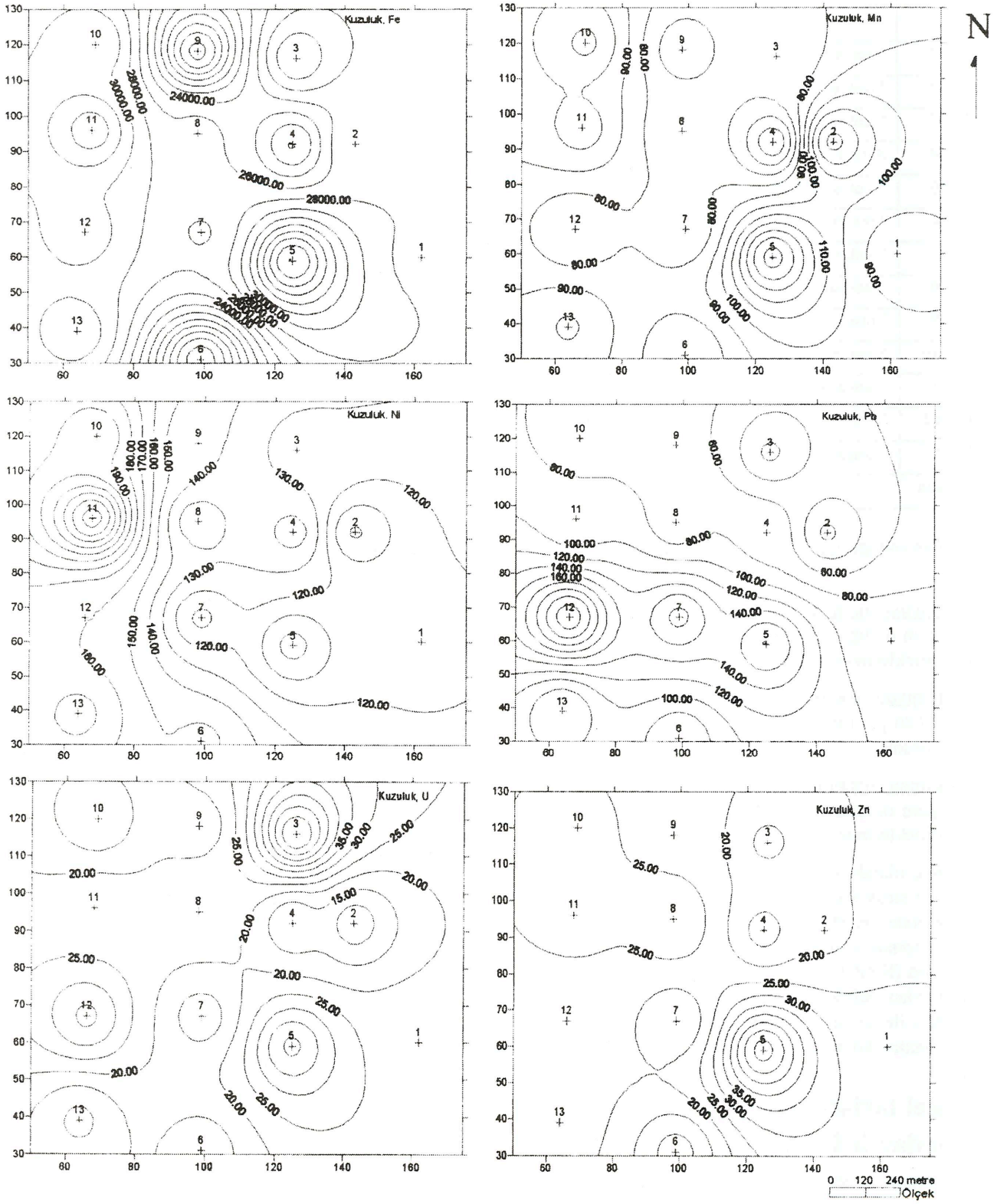
Sonuç olarak, Kuzuluk termomineral kaynağı yakın civarında sıcak sular etkisiyle kayaç ve güncel birikim örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, U, Cd ve Sb anomalilerinin varlığı belirlenmiştir. Taraça örneklerinin (KRP-1, KRP-11 ve KRP-13) normal değeri tarafımızdan belirlenemediği için, anomali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

Güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi

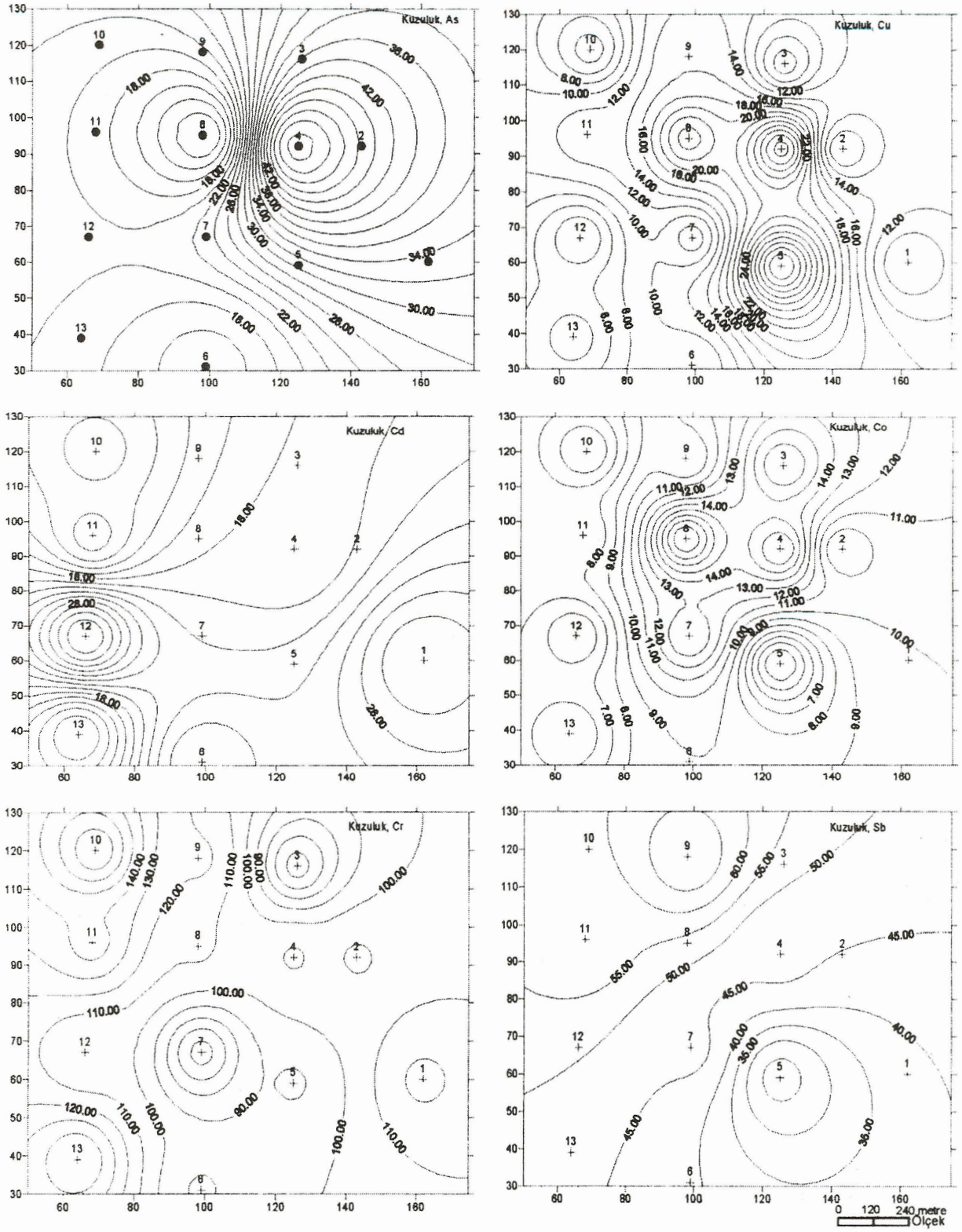
Bu bölümde, Kuzuluk (Akyazı) sıcak su kaynağı etkisiyle oluşan güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi yapılacaktır. Analiz sonuçlarını topluca değerlendirebilmek için çalışma sahasında belirlenen

sonuçların elementlere göre ortalama değerleri Çizelge 4'de sunulmuştur. Karşılaştırma amacıyla aynı tabloda elementlerin yerkabuğu, bazalt ve andezitlerdeki ortalama değerleride verilmiştir. Burada (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 elementlerinde gelişmiştir. Bu elementlerin yüksek değerlerini yakın kayaçlara bağlamak olası değildir. Bu nedenle bu dört element sıcak sularda zenginleşmiş ve sular tarafından çöktürülmüştür.

Sıcak su etkisiyle oluşan aşırı silisli traverten örneklerinden KRP-6 nolu kayaç örneğinde 15 ppb Au ve 46 ppm Sb elementi, silisleşmiş zondan alınan 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 diseminasyon cevherleşmelerden daha fazla olabilir. Kuzuluk sıcak sularında en fazla derişim gösteren iyonlar Na, HCO₃ ve Cl'dür. Bu iyonlar antimonun taşınması ve çökmesinde önemli derecede etkin olabilirler (Köksöy ve İleri, 1977). Ancak elde edilen 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 yerkabuğu, bazalt ve andezit ortalamaları ile karşılaştırılması (ppm).

Element	Yerkabuğu (L ₁) (1)	Bazalt (L ₂) (2)	Andezit (L ₃) (3)	Kuzuluk sahası ortalama (M)	Zenginleşme katsayısı (Z ₁ : M / L ₁)	Zenginleşme katsayısı (Z ₂ : M/L ₂)	Zenginleşme katsayısı (Z ₃ : M/L ₃)
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 kayalarda oluşan anomaliler ve güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi konularında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Litojeokimyasal verilerle hidrojeokimyasal veriler karşılaştırıldığında güncel birikim örneklerinin SiO₂'ce zengin olduğu Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağında halen 100 ppm'den fazla SiO₂ taşıdığı tesbit edilmiştir. Diğer taraftan, sıcak suyun içerisindeki SiO₂'in silisleşmeyi arttırdığı, HCO₃'ca oldukça zengin olması kullanım halinde kabuklaşma yapacağını ve kireçtaşları 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 sular tarafından çökeltilmiş 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 getiriminin devam edebileceğini göstermektedir. Kuzuluk sıcak sularında en fazla derişim gösteren iyonlar arasında Na, HCO₃ ve Cl iyonlarının bulunması, söz konusu iyonların antimon elementinin taşınması ve çökmesinde etkili olduklarına işaret etmektedir.

KATKI BELİRTME

Hazırlamış olduğum makalenin değerlendirilmesi aşamasında öneri ve düzeltmeleriyle katkı yapan sayın hakeme içtenlikle teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdüsselamoğlu, M.Ş., 1959, Almacıkdağı ile Mudurnu ve Göynük civarının jeolojisi, İ.Ü.F.F. Monografileri, Sayı: 14, İstanbul.
- Baykal, F., 1955, Çamdağ ve civarı, Geyve - Akyazı dağları, Hendek - Akyazı ovası, Gebze kuzeyinde ovacık bölgelerinin jeolojik etüdüleri, MTA rapor no 2280, Ankara.
- Ewart, A., 1982, The mineralogy and petrology of tertiary - recent orogenic volcanic rock, In andesites: Orogenic andesites and related rocks, R.S. Thorpe (ed.), p: 26 - 87, Chichester.
- Köksoy, M., İleri, S., 1977, Türkiye antimon oluşum ilkeleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, Cilt: 3, No: 1 - 2, Sayfa: 95 - 114, Ankara.
- Mason, B., Moore, C.B., 1982, Principle of geochemistry, 344 s., ISSN 0196 - 427X, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Önder, İ., 1987, Sakarya - Akyazı Kuzuluk kaplıcası sıcaksu aramaları rezistivite etüd raporu, MTA rapor no: 8253, Ankara.
- Pehlivan, R., 1996, Mamara Bölgesi Termomineral Kaynaklarının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelemesi, İ.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora tezi, 165s., Ek11, İstanbul, (Yayınlanmamış).

- Rose, A.W., Hawkes, E.H., Webb, J.S., 1979, Geochemistry in mineral exploration, Geochemical 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 - İzmir.
- Şentürk, N., Demirel, E., 1986, Akyazı (Sakarya) Kuzuluk kaplıcası hidrojeoloji incelemesi, MTA rapor no: 7085, Ankara.
- Şentürk, N., Demirel, E., 1987, Sakarya - Akyazı - Kuzuluk K-1 ve K-2 sıcaksu sondajları kuyu bitime raporu, MTA rapor no: 8296, Ankara.
- Yılmaz, Y., Gözübol, A.M., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., 1981, Abant (Bolu)-Dokurcan (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi, MTA rapor no: 7085, Ankara.