

ÇANAKKALE-TUZLA JEOTERMAL ALANININ HİDROTERMAL ALTERASYON ETÜDÜ VE VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROLOJİSİ

A. İhsan GEVREK*; Mehmet ŞENER* ve Tuncay ERCAN**

ÖZ.—Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında yer alan hidrotermal alterasyon zonları x ışınları kırınımı ve jeokimyasal analizlerle incelenmiştir. Çalışma alanında alümit, kaolinit, montmorillonit, illit, silis ve silisifiye zonlar saptanmıştır. Bu hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımına göre, çalışma alanı içinde sıcaklığı 150°-225°C olan jeotermal akışkanın varlığı ortaya çıkmaktadır. Çalışma alanının tektonik yapısı, KB-GD ve KD-GB yönlü kuvvetlerle gelişmiştir. Bu kuvvetlerin etkisi ile oluşan D-B doğrultulu faylara bağlı gelişen diyagonal çatlaklardan gelen jeotermal akışkanlar, hidrotermal alterasyon için gerekli zemini hazırlamıştır. İnceleme alanında hidrotermal alterasyon zonlarının gözlemlendiği volkanik kayalar Alt-Orta Miyosen yaşlı olup, latit, andezit, dasit, riyolit türde lavlar ile tuf ve ignimbritlerle temsil olunurlar. Yapılan petrokimyasal çalışmalarla, volkanitlerin yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik özellikler taşıyan kabuksal nitelikli bir kıta içi volkanizması olduğu sonucuna varılmıştır.

GİRİŞ

Jeotermal akışkan aramalarında dikkate alınan Sıcaksu kaynakları, buhar çıkışları, gayzerler ve hidrotermal alterasyon zonları gibi bazı kriterler vardır. Bunların en önemlisi hidrotermal alterasyon olup, Japonya ve italya gibi ülkelerde hidrotermal alterasyon zonlarının araştırılmalarıyla elektrik enerjisi üretimine yönelik bazı jeotermal enerji alanları ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle, çalışma alanındaki volkanik kayalarda gözlenen hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımı, oluşumu ve jeotermal akışkanla olan ilişkisi araştırılmış ve volkanik kayalarda petrokimyasal çalışmalar yapılmıştır.

İnceleme alanı, Marmara bölgesinde, Çanakkale il sınırları içinde olup, Ayvacık ilçesine bağlı Tuzla köyü ve yöresini kapsamaktadır. Bu alandaki hidrotermal alterasyon zonları, Ayvalık I 16 d2, I 16 d3, ve I 16 c3 paftaları içinde Tuzla, Naldöken, Büyük Kestanelik, Kocaköy, Kösedere, Ahmetlerobası ve Kestanbol köyleri çevresinde gözlenmektedir (Şek. 1).

Bu çalışmada gerekli olan mineralojik incelemeler için x ışınları kırınım yöntemi, hidrotermal alterasyonun kayaç kimyasındaki etkilerini incelemek için spektrokimyasal analiz yöntemleri ve kayaç kimyası ile jeotermal akışkan ilişkisini incelemek amacıyla hidrojeokimyasal analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır.

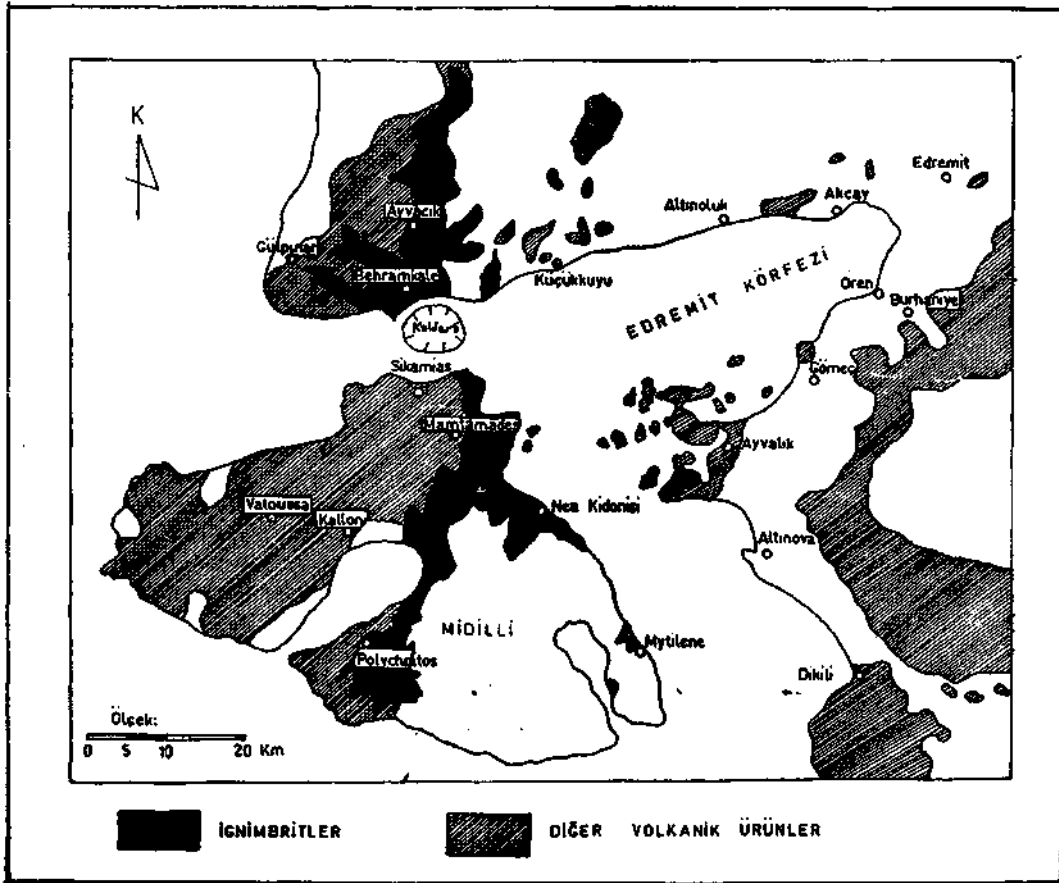
GENEL JEOLojİ

İnceleme alanında temeli, metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Altta biyotitli gnays, kalkışt ve kuvarşistler yer alır. Bunların üzerinde uyumsuz olarak mermer, dolomitik ve kristalize kireçtaşları gözlenirler. Tüm bu metamorfik birimler olası Paleozoyik yaşlı olup, düzgün şistoziteye sahiptirler. Daha sonra bu birimleri kesen granodiyoritik bir pluton yer alır. Araştırmacılar tarafından «Kestanbol (Tuzla) plutonu» olarak adlandırılan (Gözler ve diğerleri, 1983; Ercan ve Türkecan, 1984) bu plutonun çevresinde yer yer de milonitleşmiş siyenit daykları gözlenir. Kestanbol plutonu, arazi verile-

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammade Etüt ve Arama Dairesi, Ankara.

** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

İnceleme alanında Kestanebol plutonu ile birlikte, volkanik kayalar geniş yer kaplarlar. Başlangıçta riyolitik tüf ve aglomeralarla etkin olan volkanizma daha sonra genel olarak latit türde lavlar ve son olarak riyolitik tüf ve ignimbritler oluşturmuştur. Ancak, yer yer de daha değişik türde (andezit, dasit vb.) lavlar da gözlenmiştir. Volkanizma birkaç evrelili olarak tüm Miyosen zamanı boyunca etkin olmuştur. Volkaniklerde K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapan Borsi ve diğerleri (1972), 16.8, 17.1, 19.5 ve 21.5 milyon yıllık (Alt-Orta Miyosen) değerler elde etmişlerdir. Bölgedeki Miyosen volkanizmasında ayrıntılı çalışmalar yapan Öngür (1973), volkanik etkinliğin Ayvacık-Babakale ve Behram (Assos) volkanları olmak üzere üç volkanik merkezde toplandığını, Ayvacık volkanının, latit ve kuvarslatit türde «Ayvacık lavı» ve onlardan türemiş laharik breşlerden, Babakale volkanının çok sayıda lav ve volkanik breş ardalanmasından kurulu olduğunu ve bunun günümüzde denizaltında kalmış bir volkan konisinin yamacından arta kalan tipik bir stratovolkan olduğunu, Behram (Assos) volkanının ise patlama indisi en yüksek volkanik merkez olup, ilk dönem etkinliklerini kuvarslatit, latit, dasit ve riyodasit türde lav püskürmeleri olduğunu, ikinci etkinlik döneminde ise çok sayıda ignimbrit püskürmeleri meydana geldiğini ve bu püskürmelerin çok geniş bir alana yayıldığını belirtmektedir. Assos volkanik merkezinden çıkan olasılı 11 evreden oluşan ignimbritler kuzey ve kuzeybatıya doğru inceleme alanında, güneydoğuya doğru Ayvalık çevresinde ve daha güneye doğru Midilli adasında kalın bir ignimbrit örtüsü oluşturmuştur (Şek. 2). Bu denli büyük ignimbrit püskürmesi, Assos (Behram) kalderasının oluşmasına neden olmuştur (Öngür, 1978). Yaklaşık 4x6 km lik bir büyüklüğe sahip olan kaldera günümüzde, Edremit körfezi çöküntüsü nedeniyle deniz altında kalmıştır. İnceleme alanında her üç volkanik merkezden çıkan volkanik ürünler de yer alırlar ve kimi yerlerde bunları birbirlerinden ayırtlamak son derece güçtür. Volkanitlerin kimyasal özelliklerine ayrı bir bölümde değinilecektir.



Şek. 2 - Volkanizma ve bölgesel yayılımı.

Volkanik kayalarda, özellikle latit nitelikli Ayvacık lavında pek çok yerde hidrotermal alterasyon saptanmıştır.

Volkanizmanın en son ürünü ignimbritler üzerinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller yer alırlar. Bunlar konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı; ardaşmaları şeklinde olup, karasal (görsel ve akarsu) ve denizel ortamlarda oluşmuştur; fasiyes ayırtılmasına yönelik çalışma yapılmamıştır. Pekten, Ostrea, Mactra ve Ostrakod gibi hem denizel, hem somatr, hem de tatlı su ortamlarında yaşayan fosiller gözlemlendiğinden, Neojen boyunca bu bölgede denizin birkaç kez düzey değiştirdiği ve bölgenin birkaç kez regresyon ve transgresyona uğradığı belirlenmektedir (Şâmilgil, 1983).

İnceleme alanında yer yer de Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yüzlekler oluşturmuşlardır. Çalışma alanının sadeleştirilmiş dikme kesiti Şekil 3 te sunulmuştur.

Granodiyoritik pluton, sahadaki jeotermal akışkanın kazan ve/veya ısıtıcı kayası, lavların altere kesimleri hazne kayayı, yaygın olarak gözlenen ignimbritik tüfler ve Neojen çökelleri ise örtü kayayı oluşturmaktadır.

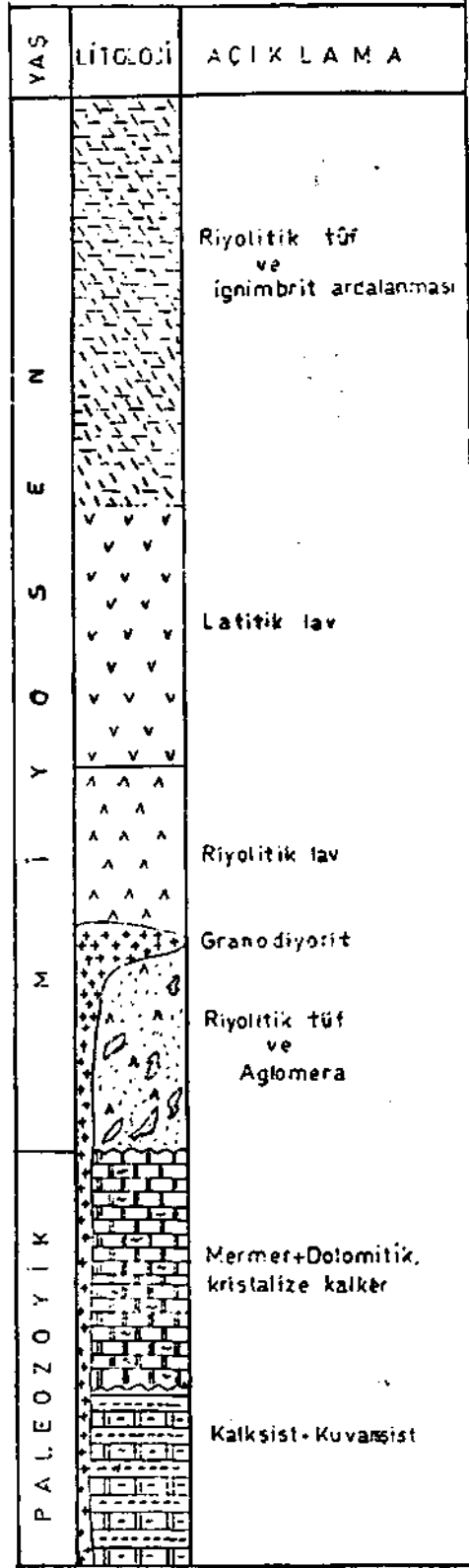
Bu bilgiler ışığında inceleme alanında Tuzla köyü doğusunda Tuzla tepe yakınlarında iki yerde sondaj yapılmış (Şek. 4, T₁, T₂ kuyuları) ve elde edilen karot örneklerinde kimyasal analizler yaptırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

TEKTONİK

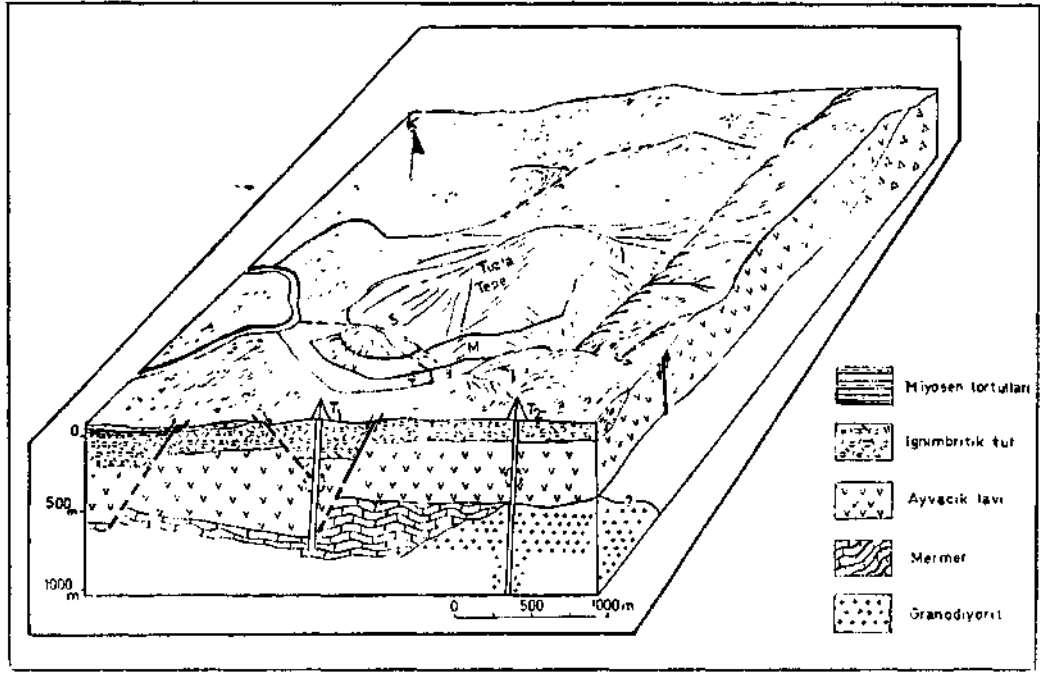
Çalışma alanının genel tektonik yapısı üç ana süreçle oluşmuştur (Öngür, 1973). Volkanizma öncesinde temeli sınırlandıran ve volkanizma ile birlikte oluşumunu sürdüren BKB-DGD uzanımlı kırılmalar (Üst Oligosen-Alt Miyosen), Assos volkanındaki kaldera çökmesi (Alt Pliyosen) ve hemen bunu izleyen ve tüm Batı Anadolu'yu şekillendiren epirojenik hareketler içindeki Edremit körfezi kuzey kıyısı fay zonu (D-B) oluşumu, bu ana süreçleri oluşturur. Yapısal gelişimi günümüzde de süregelen sahadaki Edremit körfezi genç bir graben yapısıdır. Deniz kıyısındaki kıyıya paralel genç faylar bunun görünür kanıtıdır. Deniz yönündeki blokları düşen bu normal faylar, 2-3 km eninde ve 40 km ye değin uzanan basamaklar oluşturur. Genç çökelleri de etkileyen bu faylar, Edremit körfezinin kuzey sınırını oluşturan faylar olup, çalışma alanına kadar uzanmaktadır. Bunların etkisi ile kıyıya 1 km yaklaşan Tuzla çayı, Behramkale'de dönerek kıyıya 20 km ara ile paralel olarak küçük bir graben içinde akmaktadır (Şek. 1).

İnceleme alanında KB-GD uzanımlı birçok fay gözlenmektedir. Eski yapısal doğrultular ve Tuzla domunun etkisi ile sahanın yapısal şekli belirlenmiştir. Sahanın merkezinde yer alan Tuzla tepe yöresindeki faylar ve fayların yakınlarında gözlenen çatlaklar, jeotermal akışkanın hareket yeteneğini artırmış ve hidrotermal alterasyona zemin hazırlamıştır.

Çalışma alanında dokuz lokasyonda 1010 adet çatlak konumu ölçülerek sahadaki gelişen tektonizmaya bağlı olarak bu çatlakların genel tektonik yapı içindeki konumları ve jeotermal akışkanların geliş yönleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma içinde Kurtlukuyu deresi içinde ölçülen çatlak konumlarına göre gül diyagramları çizildiğinde, Kurtlukuyu deresi boyunca uzanan D-B doğrultulu Kurtlukuyu fayına bağlı olarak dikine, enine, boyuna ve diyagonal çatlak sistemlerinin geliştiği belirlenmiştir. KD-GB yönlü kuvvetler etkisiyle oluşan bu çatlaklardan dikine, enine ve boyuna gelişen çatlak sistemleri hidrotermal alterasyon açısından sterilidir. Bu yörede gelişen hidrotermal alterasyonlar salt diyagonal çatlaklardan gelen jeotermal akışkan ile oluşmuştur. (Şek. 5 a,b,c). Gerendere içinde yer alan çatlak konumlarına göre gül diyagramı çizildiğinde, KD-GB ve KB-GD yönlü kuvvetlerin hâkim olduğu izlenir ve buna bağlı olarak gelişen D-B doğrultulu faya göre diyagonal ve boyuna olarak gelişen çatlak sistemleri silis dolguludur (Şek. 5 d). Naldöken-Taşboğaz yolu üzerinde ölçülen çatlak konumlarına göre KD-GB ve ikincil KB-GD yönlü kuvvetler egemen durumdadır. Aktivitesini yitirmiş hidrotermal alterasyon gözlenen bu yörede silis dolgulu çatlaklara göre boyuna ve dikine gelişen çatlaklar ikincil olarak demirli eriyikler getirmişlerdir (Şek. 6 a). Kocaköy batısında diğer yörelere benzer olarak KD-GB ve KB-GD yönlü kuvvetler etkin durumdadır. Bu kuvvetlerin etkisi ile oluşmuş KD-GB yönlü faya göre boyuna olarak gelişen çatlak sistemi ile getirilen jeotermal akışkan kaolinitleşmeyi oluşturmuştur (Şek. 6 b, d). Kestanbol plütönünde ise KB-GD yönlü kuvvetlerle gelişen paralel çatlaklarda halit gelişi vardır (Şek. 6 c).



Şek. 3 - İnceleme alanının sadeleştirilmiş dikme kesiti.



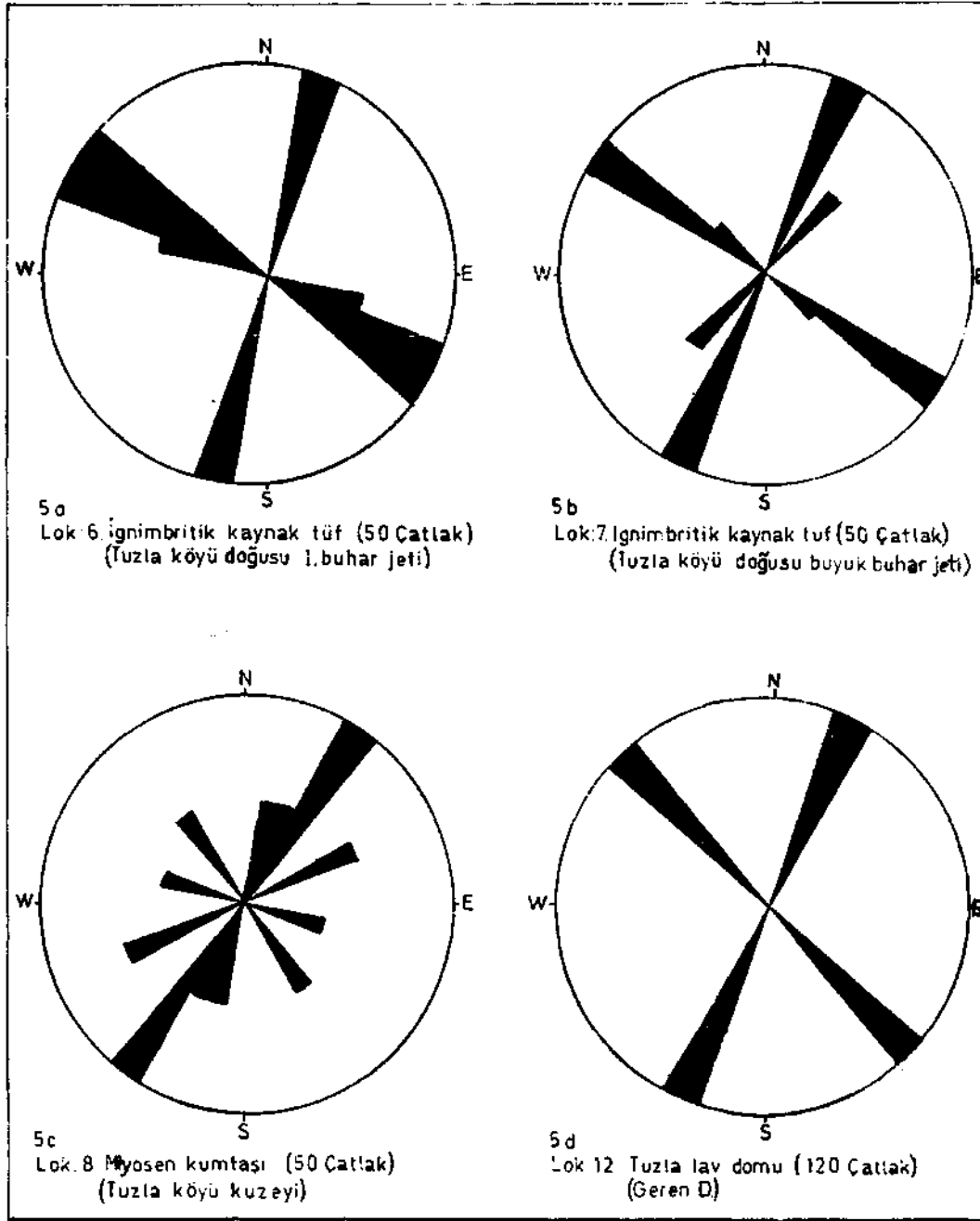
Şek. 4 - Tuzla köyü yöresini ve T₁-T₂ sondaj kuyularını gösteren blok diyagram.

HİDROTERMAL ALTERASYON VE İNCELEME ALANINDAKİ ETKİNLİKLERİ

Tanım

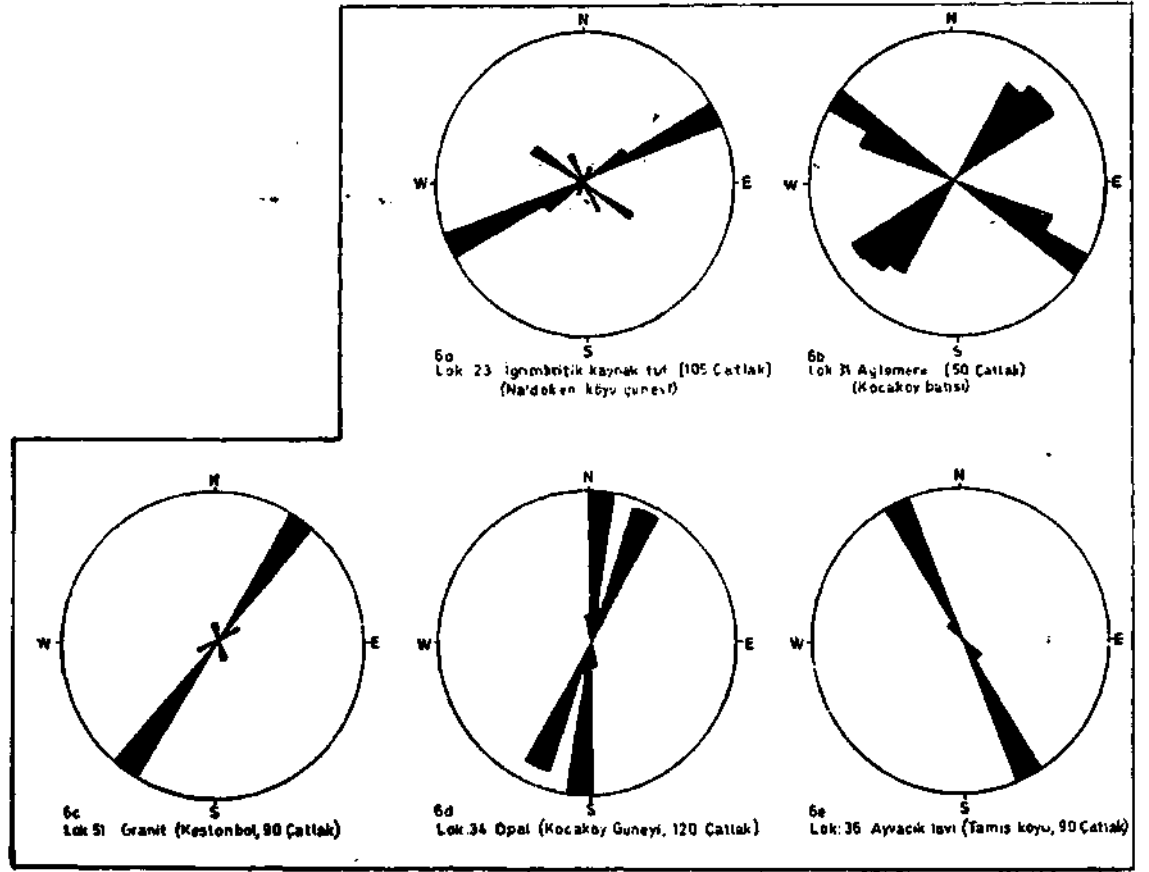
Yerkabuğunun görece sığ kesimlerindeki kayaçların, içlerinde dolaşan ısı yüklü akışkanlarla (hidrotermal) etkilenmesi sonucu kayaçlarda oluşan kimyasal ve mineralojik faz değişimleri topluca «hidrotermal alterasyon» olarak adlandırılmaktadır. Feldispatların kaolenleşmesi bunun bir örneğidir. Ayrıca hidrotermal akışkanın kattığı ya da çektiği elementlerle kayaçta oluşan değişimler de (örneğin silisleşme), bu kapsamda düşünülebilir (Öngür, 1980). Hidrotermal alterasyon, aktif ve aktif olmayan hidrotermal alterasyon olmak üzere iki çeşittir. Aktif hidrotermal alterasyon, süreklilik kazanan hidrotermal alterasyon olup, jeotermal enerji gibi ekonomik önemi olan akışkan yataklarının araştırılmasında kullanılır. Aktif olmayan hidrotermal alterasyon ise, aktifliği zamanla giderek azalan hidrotermal alterasyon olup, ekonomik önemi olan duraylı yataklarının araştırılmasında kullanılır. Aktif ve aktif olmayan hidrotermal alterasyon olarak iki kısımda incelenen bu kavramda gelişen faz değişimleri sırasında kayaç bileşimi, jeotermal akışkanın bileşimi ve fizikokimyasal koşullarına (basınç ve sıcaklık) bağlıdır. Faz değişimleri sonucu oluşan minerallerin oluşum ve kararlılığında,

1. Sıcaklık
2. Porozite - permeabilite
3. Kayaç tipi
4. Akışkan bileşimi
5. Toplam basınç
6. Su akışı ve reaksiyon için gerekli zaman faktörleri önemlidir.



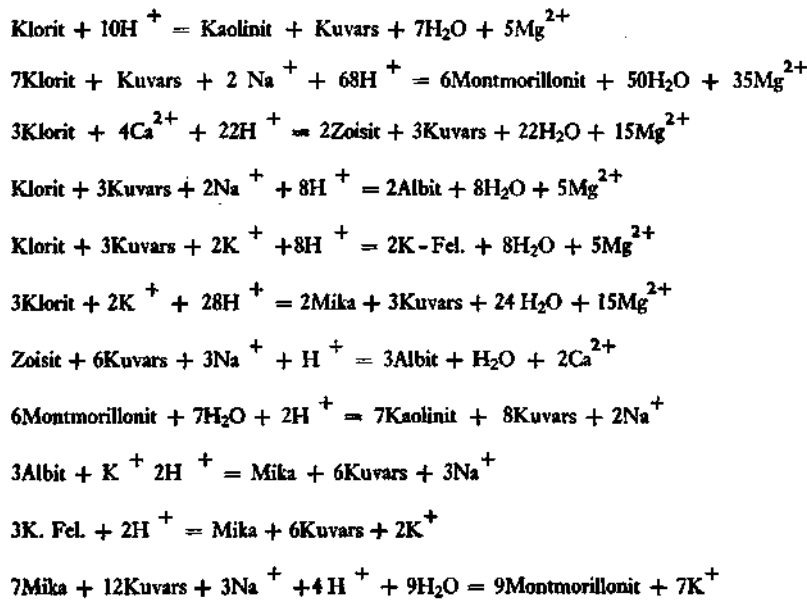
Şek. 5 - Tuzla köyü yöresine ve Geren dereye ait gül diyagramları.

Bu faktörlere bağlı olarak volkanik cam alterasyona çok elverişli olduğundan, 120°C nin altında yaygın olarak montmorillonit, illit daha az oranlarda ise klorit, kalsit, siderit, K-feldispat ve kuvarsa dönüşürken, hipersten, hornblend ve biyotit mineralleri yüksek sıcaklıklarda altere olarak klorit, illit, kalsit, kuvarsa veya piriti oluştururlar. Andezin ise altere adularya, albit, kalsit, illit, vairekit, epidot ve kuvarsa oluşturur. Oluşan bu hidrotermal alterasyon minerallerinin jeotermal akışkan ile kayaç arasındaki reaksiyonları Çizelge 1 de verilmiştir.



Şek. 6 - Naldöken, Kocaköy, Kestanbol ve Tamış yörelerinin gül diyagramları.

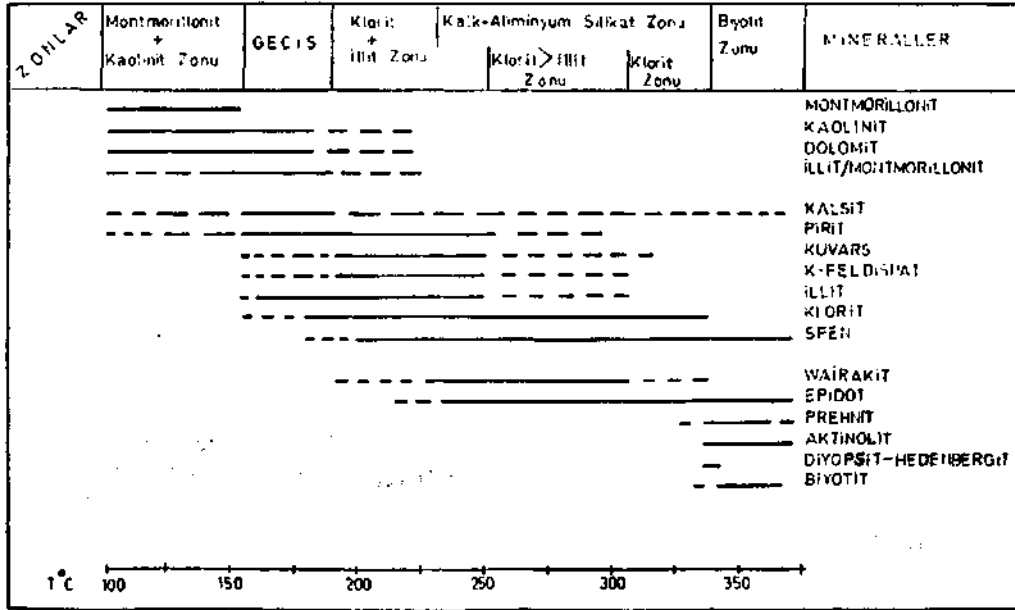
Çizelge 1 - 300°C'deki alterasyon minerallerinin oluşum reaksiyonları (Helgeson, 1967)



Hidrotermal alterasyon zonları

Hidrotermal alterasyon sonucu kayalarda oluşan yeni mineraller ile jeotermal akışkanın sıcaklığı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (Şek. 7). Elders ve diğerlerinden (1984) alınan şekilde görüldüğü gibi neoformasyon minerallerinin karakteristik parajenezlerine göre gelişen zonlar:

1. Montmorillonit - kaolinit zonu (100° - 150°C)
2. Geçiş zonu (montmorillonit - illit) (150° - 180°C)
3. İllit - klorit zonu (180° - 250°C)
4. Kalk - alüminyum silikat zonu (250° - 330°C)
5. Biotit zonu (330° ve yukarısı)



Şek. 7 - Jeotermal sahalarda kil minerallerinin kullanılması (Elders ve diğerleri, 1984).

Bu zonların karakteristik mineralleri:

Kalsit. — Andezin ile birlikte ikincil albit, adularya, kuvarşın yer değiştirmeleri ile oluşmakla birlikte yerine göre, bazı kayalardaki kararsız fenokristallerden oluşabilir.

Pirit. — Oluşumu için Fe ve S iyonları gereklidir. Pirit oluşumu 200°C nin üzerinde gerçekleşmektedir.

Kuvars. — Yaygın olarak gözlenen kuvars, silişe doygun jeotermal akışkanla dokanaklı kesimlerde birincil olarak oluşabilir.

K - feldspat

1. Normal dengede albite eşit plajiyoklaslardan,

2. Camların devitrifikasyonu ile
3. Çok ender olarak eriyikten birincil olarak pH ve CO₂ basıncına bağlı olarak oluşabilir.

Epidot. — Kalsit oluşumuna benzer olarak yeraltındaki yüksek CO₂ basıncına ve konsantrasyonuna bağlı olarak 260°C nin üzerinde oluşabilir.

Hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımları

Çalışma sahasında yer alan hidrotermal alterasyon minerallerinin kararlılığına göre,

1. Killi zon (geçiş zonu, illit-klorit zonu, kalk alüminyum silikat zonu),
2. Silisli zon,
3. Silisifiye zonlar ayırtlanmıştır.

Adı geçen bu zonların dağılımları aşağıdaki gibidir:

A. Tuzla köyü yöresi. — Bu yörede aktif hidrotermal alterasyon gözlenmektedir.

Silisli zon: Tuzla tepesi oluşturan Tuzla lav domunda gözlenen bu zon, kayacın oluşumu esnasında silisçe zengin solüsyonların sinjenetik etkisi ile oluşmuştur. Silis içeriği % 65-95 arasında değişmektedir.

Geçiş zonu: Hidrotermal solüsyonların ignimbritik tüf ve Ayvacık lavını etkilemesi sonucu oluşan bu zon, Tuzla tepenin güneydoğusunda, özellikle Roma hamamı yöresinde gözlenmektedir. Bu zonda yer alan kayaçlardaki mineral parajenezi: Montmorillonit + illit + montmorillonit karışık katlı kil minerali olarak saptanmıştır.

İllit zonu: Montmorillonit zonu altında yer alan bu zon Tuzla tepe çevresinde gözlenmektedir. Bu zonun mineral parajenezi: İllit+kaolinit+halit +kuvars olarak saptanmıştır.

Kalk alüminyum silikat zonu: H₂SO₄ içeren hidrotermal solüsyonlar ile ignimbritik tüf ve Ayvacık lavının etkileşimi sonucu oluşmuştur. Bu zonda yer alan mineral parajenezi: Alünit+kristobalit+halit+albittir.

B. Kocaköy yöresi. — Şekil 8 de görüldüğü gibi Gülpınar-Kocaköy yolu üzerinde KB-GD yönlü faylarla sınırlanmıştır.

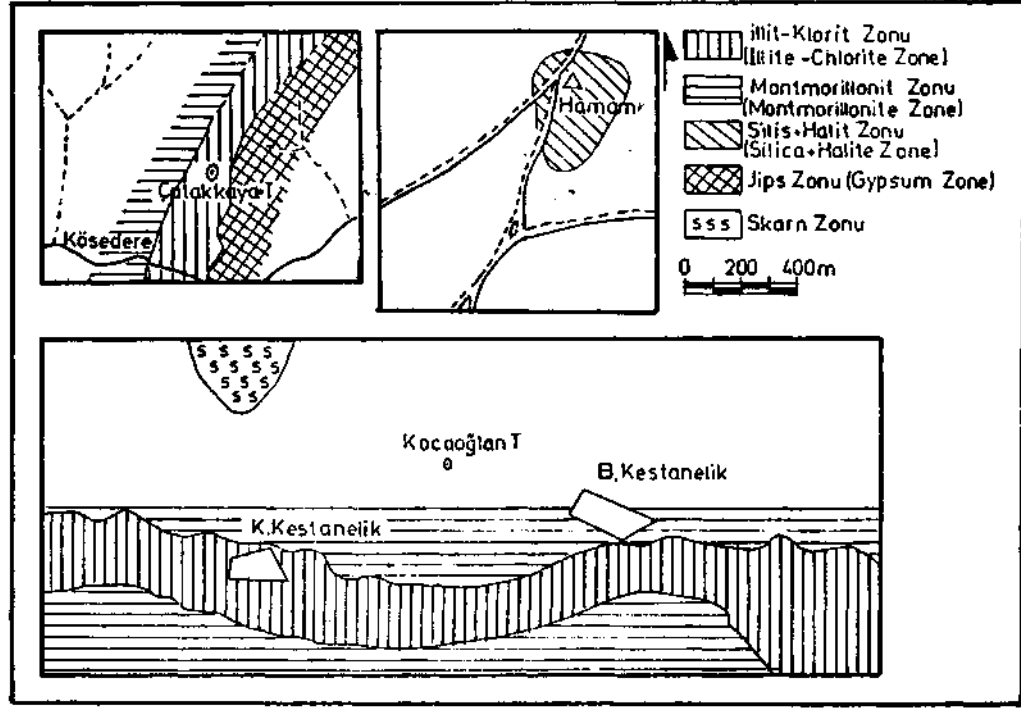
Opal zonu: Silisçe zengin hidrotermal solüsyonların postjenetik olarak ana kayayı etkilemesi sonucu gelişmiştir. Yöredeki opal oluşumu hidrotermal solüsyonun ana kayaya amorf silis bırakması ile oluşmuştur.

Faylara bağlı olarak gelişen kaolinit, montmorillonit ve illit zonları bulunmaktadır. Bu zonlardan kaolinit zonu iç kesimlerde faylarla sınırlıdır. Montmorillonit zonu ile devam eden alterasyon dış kesimlerde illit zonunu oluşturmaktadır.

C. Kestanelik, Kösedere ve Kestanbol yöreleri. — Şekil 9 da görüldüğü gibi bu yörelerden Kestanbol ve Kestanelik yörelerinde gözlenen alterasyon aktif olup, illit, montmorillonit zonları ile silis-halit zonunu içermektedir.

Aktivitesini tamamlamış alterasyonların gözleendiği Kösedere yöresinde illit, montmorillonit ve jips zonları gözlenmektedir.

D. Naldöken, Taşboğaz -ve Ahmetlerobası yöreleri. — Aktif olmayan hidrotermal alterasyon zonlarının gözleendiği bu yörelerde: Jips zonu, montmorillonit zonu, illit zonu gelişmiştir (Şek. 10).



Şek. 9 - Kestanelik, Kösedere, Kestanbol yörelerinin hidrotermal alterasyon haritası.

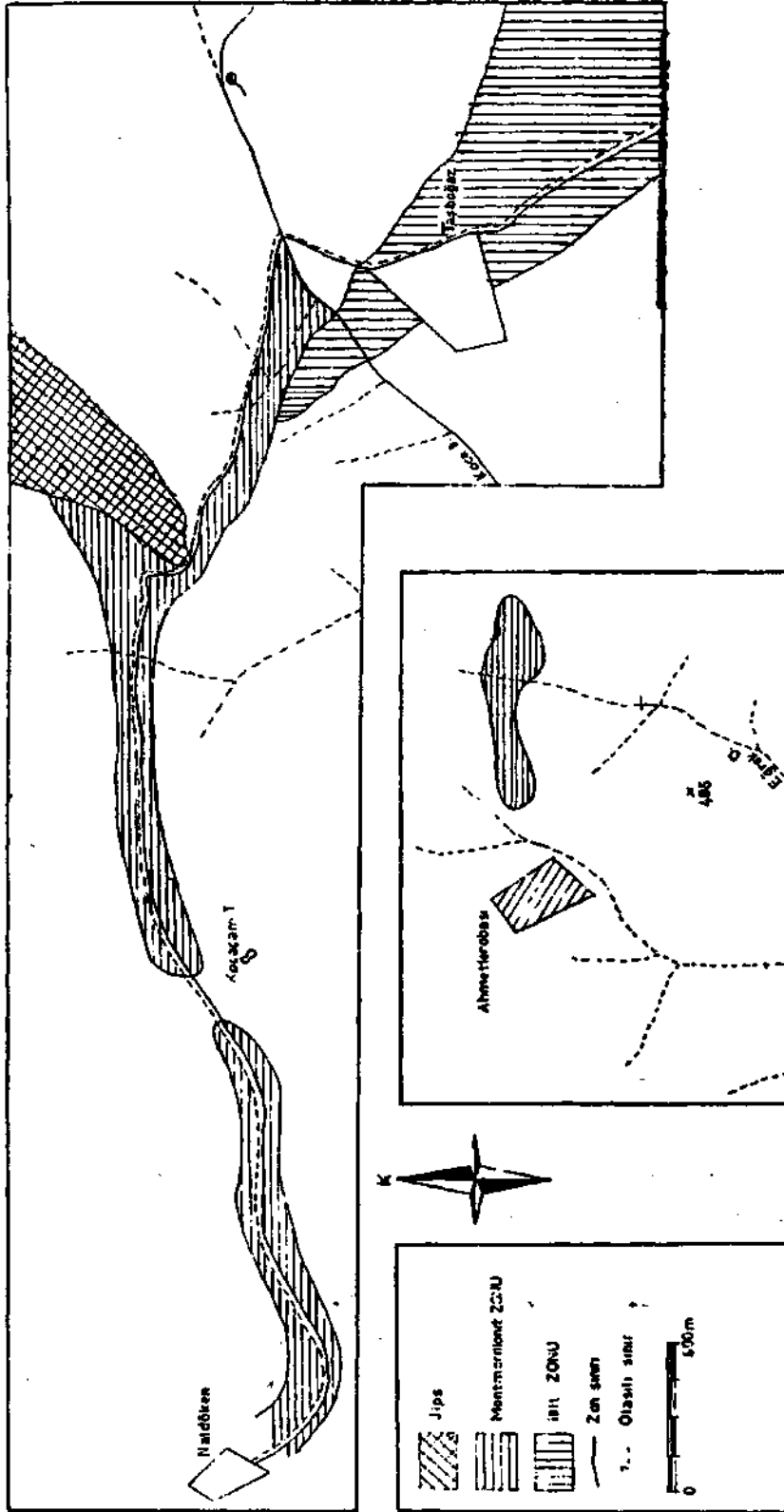
KİMYASAL ANALİZLER

İnceleme alanındaki hidrotermal alterasyon zonlarından alınan 52 adet yüzey örneğine ait majör element kimyasal analizleri MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesinde yaptırılmıştır. Çizelge 2 de sunulan hidrotermal alterasyon zonları kayaçlarının kimyasal analizlerine göz atıldığında, alterasyon sonucu volkanik kayaçların kimyasal bileşimlerinde sapmalar olduğu görülmüş ve bu nedenle volkanik kayaçlardan toplanan örneklerde yapılan kimyasal analizlerin yorumlarının sağlıklı olabilmesi için sağlam ve alterasyona uğramamış örneklerin titizlikle seçilmesinin gereği ortaya çıkmıştır. Hidrotermal alterasyon zonundan alınan örneklerin kimyasal analizleri (Çizelge 2) ele alındığında, örneklerin SiO_2 içeriklerinin çok yüksek değerler verdikleri görülmektedir. A_6 numaralı örnek mangan cevherleşmesi olan bir zondan, A_{20} ve A_{38} numaralı örnekler ise demir cevherleşmesi olan zondardan alınmışlardır.

Termodinamik özellikler

Basınç, sıcaklık, konsantrasyon, EH, pH ve kimyasal potansiyeli içeren çeşitli değişkenler ile mineral denge diyagramları birçok araştırmacı tarafından deneysel olarak gösterilmiştir (Helgeson, 1969; Montoya ve Hemley, 1975). Bu denge diyagramları ile hidrotermal alterasyon sonucu oluşan minerallerin termodinamik prensiplere uygunluğu tespit edilir.

Bu çalışmada, Şamgil'den (1983) alınan değerler ile $\log^a \text{Ca}/^a \text{H} - \log^a \text{K}/^a \text{H}$, $\log^a \text{Na}/^a \text{H} - \log^a \text{K}/^a \text{H}$, $\log^a \text{Mg}/^a \text{H} - \log^a \text{K}/^a \text{H}$ (Şek. 11) ve $\log \text{Na}/\text{H}$, $\log \text{Ca}/\text{H}$, $\log \text{Mg}/\text{H}$ değerlerinin birbirlerine göre fonksiyonel dağılım grafikleri (Şek. 12) çizilmiştir. Çizilen grafikler sonucu kaolinit, illit, klorit gibi kil minerallerinin duraylılığı saptanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar x ışınları çalışmaları ile de uyumluluk göstermektedir (Gevrek ve Şener, 1985).



Şek. 10 - Naldöken, Taşboğaz, Ahmetlerobası yörelerinin hidrotermal alterasyon haritası.

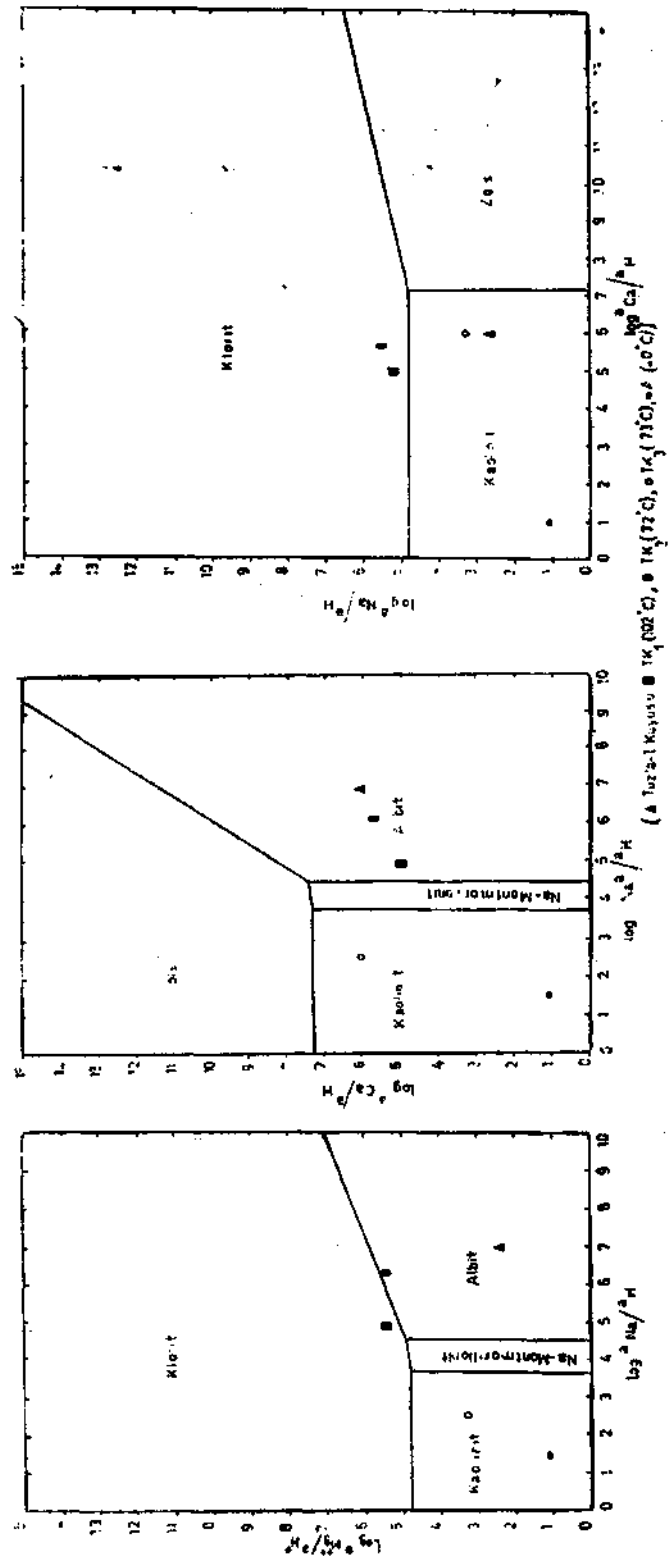
Çizelge 2 - Örneklerin % oksit değerlerini gösterir çizelge

No.	Lab. no.	Örnek no.	CaO	MgO	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	SO ₃	A. za.
1	94649	TK.1	1.15	0.22	0.14	2.53	4.25	75.53	10.4	1.0	0.27	0.01	—	2.0
2	93154	TK.2	0.55	0.23	0.15	2.09	4.55	75.91	30.9	1.7	0.3	0.02	0.13	3.6
3	94650	TK.3	1.10	0.38	0.35	3.35	5.38	72.00	15.0	2.0	0.36	0.04	—	1.3
4	93155	TK.4	0.78	0.64	0.06	0.31	0.78	54.00	21.0	6.7	0.9	0.01	0.10	14.4
5	94651	TK.5	1.61	0.39	0.68	3.42	4.90	67.20	14.3	2.7	0.34	0.03	—	3.38
6	94652	TK.6	2.15	0.80	0.26	3.20	4.20	66.00	14.7	1.7	0.54	0.13	—	4.8
7	93156	TK.7	1.13	1.41	0.09	1.23	1.05	65.50	14.8	2.1	0.50	0.01	0.08	12.7
8	93157	TK.8	1.13	1.05	0.09	0.96	0.90	66.00	16.0	1.7	0.50	0.02	0.15	12.1
9	93158	TK.11	1.90	2.10	0.07	2.91	1.57	53.10	18.5	3.6	0.60	0.01	0.03	15.8
10	93159	TK.12	0.85	0.36	0.04	3.20	5.80	67.70	14.6	2.6	0.30	0.09	0.03	2.5
11	93160	TK.14	0.28	0.10	0.14	3.06	5.42	71.60	14.5	1.5	0.40	0.01	0.03	3.5
12	93161	TK.15	0.35	0.22	0.26	2.90	6.10	71.50	15.2	1.1	0.40	0.02	0.08	2.2
13	93162	TK.17	0.85	0.48	0.24	2.29	5.15	69.50	11.6	1.5	0.40	0.01	0.25	7.5
14	93163	TK.21	0.73	0.15	0.05	0.96	0.90	69.00	13.1	5.9	0.70	0.01	0.20	9.0
15	93164	TK.28	1.61	0.30	0.08	0.41	0.67	66.00	16.2	5.3	0.80	0.02	0.38	9.0
16	93165	TK.33	0.81	0.87	0.33	2.83	1.45	60.50	18.2	3.4	0.50	0.01	0.03	12.1
17	93166	TK.34	0.42	0.46	0.32	1.21	6.19	71.50	14.2	2.0	0.50	0.03	0.50	4.0
18	93167	TK.35	1.44	0.92	0.31	2.91	4.14	64.00	15.9	2.7	0.50	0.02	0.08	7.6
19	93168	TK.36	0.35	0.43	0.32	2.76	6.75	67.50	16.3	3.0	0.40	0.04	0.08	2.5
20	93169	TK.38	0.58	1.20	0.15	2.33	2.70	64.10	15.6	2.5	0.50	0.01	0.03	10.6
21	93170	TK.42	1.00	1.16	0.08	2.16	1.45	58.90	15.1	3.6	0.60	0.01	0.03	14.9
22	94653	A.1	0.65	0.44	0.34	1.43	4.77	73.20	13.7	1.9	0.30	0.01	—	5.0
23	94654	A.3	0.90	0.01	0.01	1.46	0.25	81.40	11.4	0.1	0.10	0.01	—	4.0
24	94655	A.6	5.14	0.43	—	4.90	1.60	36.10	1.3	0.6	0.10	47.00	—	23.5
25	94656	A.7	24.20	0.88	1.09	2.46	1.20	38.10	8.7	7.6	0.20	—	—	15.0
26	94657	A.9	0.40	0.03	2.93	1.18	0.30	91.30	2.0	3.7	0.11	0.20	—	1.1

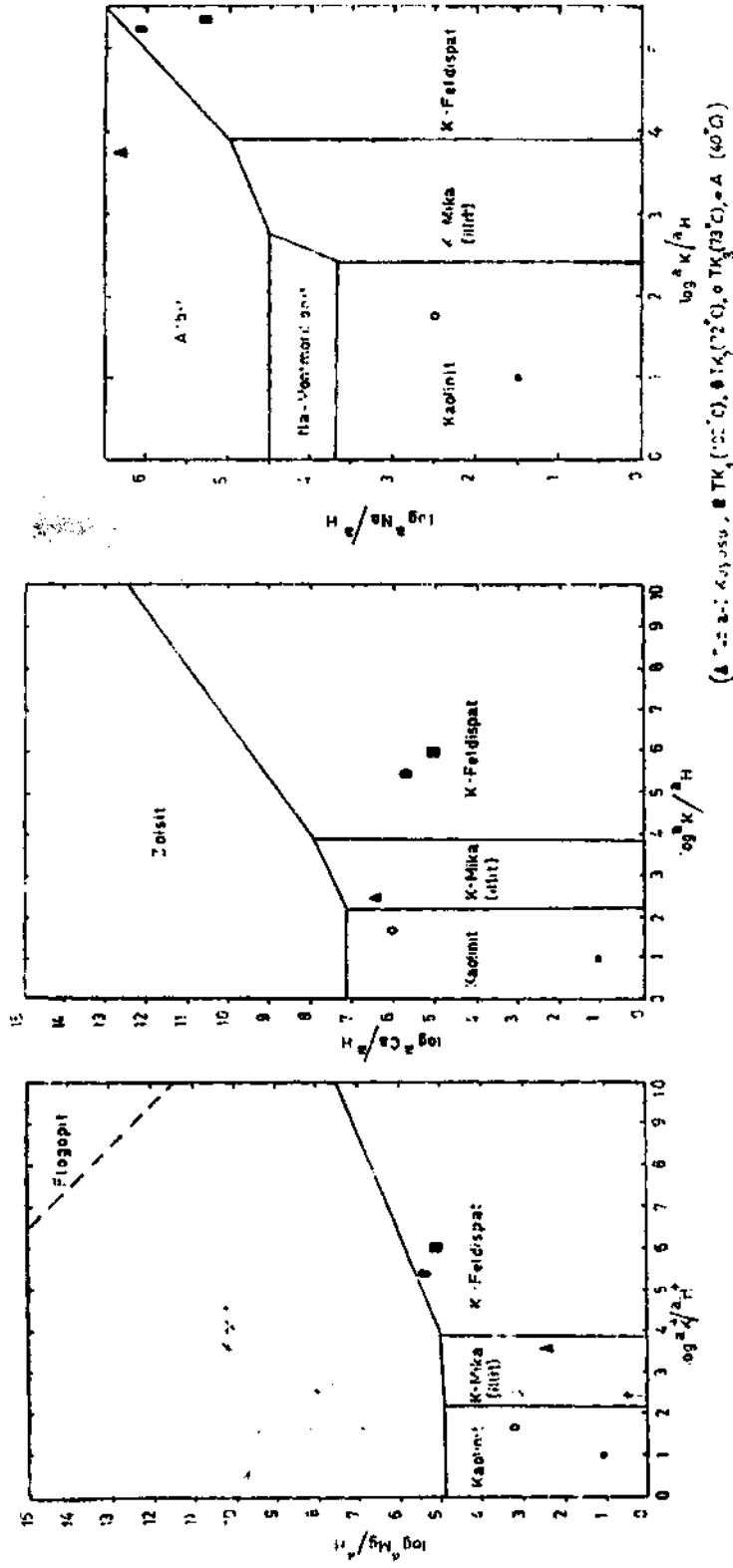
Çizelge 2 - Örneklerin % oksit değerlerini gösterir çizelge

No.	Lab. no.	Örnek no.	CaO	MgO	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	SO ₃ A.	devamı
27	94658	A.11	0.40	0.64	0.79	0.25	4.40	77.30	8.3	4.6	0.34	0.03	—	2.5
28	94659	A.17	0.80	0.28	0.06	1.86	4.65	63.40	16.6	3.7	0.65	0.01	—	7.3
29	94660	A.19	0.63	1.09	0.38	0.68	6.15	69.90	15.5	2.5	0.42	0.01	—	4.2
30	94661	A.21	0.35	0.90	0.06	0.90	5.50	60.00	12.0	8.2	0.70	0.01	—	10.5
31	94662	A.22	1.20	0.83	0.24	0.85	3.28	70.50	12.7	2.6	0.70	0.03	—	6.0
32	94663	A.25	0.40	0.64	0.55	3.68	5.15	63.90	18.1	4.5	1.02	0.02	—	4.7
33	94664	A.26	0.30	1.00	0.42	0.18	4.13	57.50	17.0	7.2	0.88	0.02	—	10.4
34	94665	A.27	1.05	0.40	0.01	2.81	5.80	67.30	16.6	1.9	0.30	0.83	—	5.3
35	94666	A.28	2.15	1.30	—	2.05	1.21	56.60	19.4	3.0	0.37	0.47	—	8.8
36	94667	A.29	1.46	1.06	—	0.32	0.40	49.70	3.0	36.0	0.15	0.35	—	10.8
37	94668	A.36	2.05	0.93	0.27	3.19	5.15	66.00	14.5	4.1	0.77	0.01	—	3.4
38	94669	A.38	0.60	1.03	0.31	0.96	6.20	64.10	19.5	3.6	0.65	0.05	—	9.4
39	94670	A.42	1.95	1.10	—	2.05	5.00	64.20	15.0	5.0	0.62	1.45	—	5.3
40	94671	A.46	0.12	0.41	0.38	3.90	4.15	63.90	17.4	5.2	0.68	0.02	—	5.5
41	94672	A.47	0.63	1.11	0.57	0.39	2.92	48.90	14.4	8.7	0.80	0.11	—	22.6
42	94673	A.48	0.56	0.28	0.68	0.15	1.55	16.10	6.4	52.0	0.27	0.01	—	24.9
43	94674	A.51	0.19	0.54	0.11	2.32	3.55	69.50	27.0	4.3	0.53	0.01	—	4.1
44	94675	A.66	1.50	4.60	—	0.44	2.26	56.70	18.7	6.7	0.88	0.08	—	12.1
45	94676	A.12						69.10						
46	94677	A.13						89.50						
47	94678	A.14						90.01						
48	94679	A.15						93.18						
49	94680	A.16						92.94						
50	94681	A.18						96.60						
51	94682	A.63						91.90						
52	94683	A.65						80.90						

• Ateşte azalma.



Şek. 11 - Çanakkale-Tuzla jeotermal sahasındaki kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri.



Şek. 12 - Çanakkale-Tuzla jeotermal sarsındalı kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri.

VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ülkemizin önemli jeotermal alanlarından biri olan inceleme alanındaki volkanik kayaların kimyasal özelliklerini irdelemek amacıyla lavların hidrotermal alterasyona ve kimyasal değişime uğramamış çeşitli yüzleklerinden değişik yerlerden 22 adet sağlam (bozunmamış) örnek toplanmış ve majör element kimyasal analizleri yaptırılmıştır (Çizelge'3). Ayrıca, salt yüzeysel örnek toplamakla kalınmamış; Tuzla köyü doğusundaki Tuzla tepe yakınlarında yapılan T₁ ve T₂ sondajlarından (Şek. 4) elde edilen volkanik karot örneklerinin de sağlam ve hidrotermal alterasyona uğramamış olanları seçilerek kimyasal analizleri yaptırılmış ve yüzeysel toplanan örneklerle birlikte değerlendirilmiştir. Çizelge 4 te de sunulan kimyasal analizlerin ilk dört tanesi T₁ sondajına ait ve 224 m, 416 m, 522 m ve 610 m derinliklerden alınan karotlara; diğerleri ise T₂ sondajına ait ve 126 m, 325 m, 434 m, 560 m, 590 m ve 630 m derinliklerden alınan karotlara ilişkindir. T₁ sondajı 620 metrede sona erdirilmiştir. T₂ sondajı ise 720 m derinlikten sonra 720-1000 m arasında granodiyorit kesmiş ve 1000 metrede sona erdirilmiştir. Böylece toplam 32 adet örneğin majör element kimyasal analiz değerleri MTA Jeofizik Dairesi Bilgi İşlem Merkezindeki bilgisayara verilmiş ve programlama yapılarak volkanik kayaların CIPW normları ve çeşitli parametreleri hesaplanarak, bazı diyagramlara uygulanmış ve kökensel yoruma gidilmiştir.

örnekler, % 56-75 arasında değişen oranlarda (çoğunlukla %58-62) SiO₂ içerirler. Al₂O₃ kapsamları % 10-20.5 arasında (ortalama % 16-18) değişir. Alkalilerden, Na₂O % 0.32-3.37 arasında (ortalama % 2.5), K₂O ise % 2.65-9.04 arasında (ortalama % 5) değerler gösterir ve K₂O içerikleri bir hayli yüksektir. MgO içerikleri düşük olup, % 0.01-3.70 arasında değişir. CaO kapsamları da % 1.31-10 arasında değişen değerlerdedir.

Örneklerin kimyasal analizleri kullanılarak yapılan tüm diyagramlarda yüzeysel toplanan 22 örnek, içi dolu yuvarlak simgelerle, T₁ ve T₂ sondaj karotlarına ait değerler ise içi boş üçgen simgelerle gösterilmişlerdir.

örneklerin (Na₂O+K₂O) ve SiO₂ içerikleri kullanılarak diyagramları yapıldığında (Şek. 13), yüzeysel toplananların çoğu kalkalkalen, 5 tanesinin alkalen; sondaj karotlarına ait olanların ise tümünün alkalen, sak 1 tanesinin kalkalkalen özellikler taşıdıkları ortaya çıkmaktadır. Alkalen-kalkalkalen alanları ayıran trendler Irvine ve Baragar (1971) ile Macdonald ve Katsura'dan (1964) alınmıştır.

Aynı durum, örneklerin Rittmann indisleri kullanılarak (Rittmann indisi $\sigma = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$)

yapılan Rittmann (1962) diyagramında da belirlenmekte, yüzeysel örnekler doymun-orta-zayıf kalkalkalen; sondaj karotlarına ait örnekler ise daha çok, zayıf ve orta alkalen nitelikte ve potasyum serisine ait olarak izlenmektedirler (Şek. 14).

örneklerin, Irvine ve Baragar parametreleri kullanılarak 0l'-Ne'-Q' üçgen diyagramları yapıldığında, yüzeysel olanların subalkalen, karotlara ilişkin olanların ise subalkalen ve alkalen özellikler taşıdıkları belirlenmektedir (Şek. 15).

Subalkalen nitelikleri kesin olan yüzeysel örneklerin normatif plajiyoklas bileşimleri $(N.P.C. = 100 / (An + Ab + \frac{5}{3} Ne))$ ve Al₂O₃ kapsamları kullanılarak Irvine ve Baragar'e (1971) göre diyagramları yapıldığında (Şek. 16), biri dışında, kalkalkalen özellikler taşıdıkları, toleyitik hiç bir örnek bulunmadığı ortaya çıkmaktadır.

Tüm volkanitlerin normatif plajiyoklas bileşimleri (N.P.C.) ve normatif renk indisleri $(NCL = 01 + Opx + Cpx + Mt + Il + Hm)$ kullanılarak yine Irvine ve Baragar'e (1971) göre diyagramları yapılmış ve yüzeysel volkanitlerin kabaca andezit-dasit-riyolit; sondaj karot örneklerinin ise andezit-dasit bileşiminde oldukları ortaya çıkmıştır (Şek. 17).

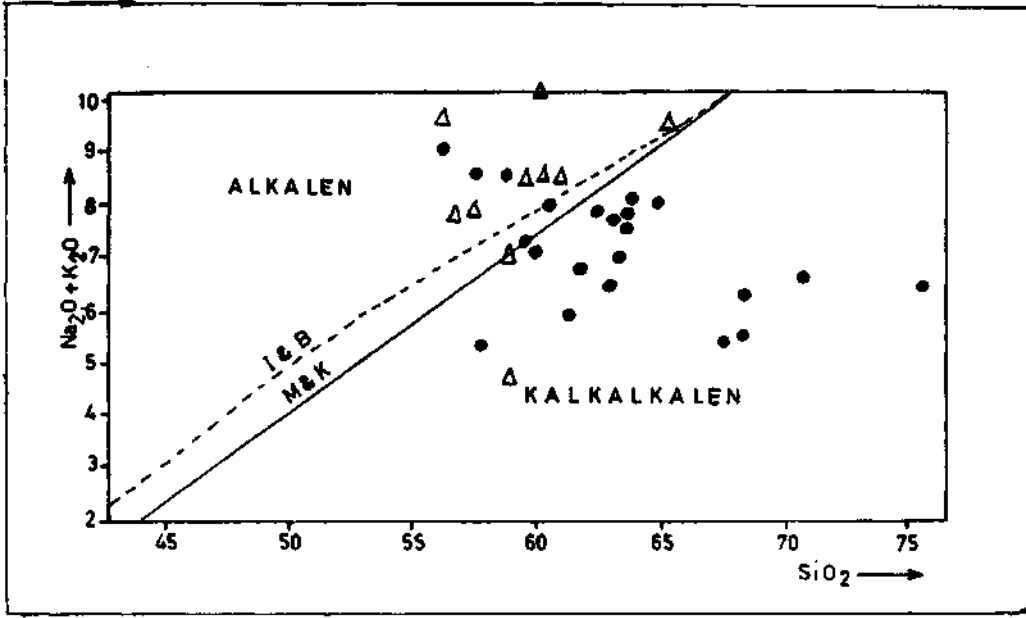
Çizelge 3 - İnceleme alanındaki volkanik kayaların majör element kimyasal analizleri (% olarak)

Örnek No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂	Toplam
1	56.00	19.50	8.45	0.14	1.10	1.60	2.10	6.95	0.14	0.91	0.65	2.25	0.47	100.26
2	63.37	15.20	5.02	0.57	1.50	4.10	2.10	4.20	0.09	0.72	0.30	0.33	0.90	98.40
3	58.50	20.50	5.86	0.22	0.35	3.52	3.20	5.45	0.18	0.68	0.37	0.52	0.73	100.08
4	63.50	17.50	4.22	0.93	1.10	3.40	2.80	4.75	0.08	0.71	0.36	0.51	0.52	100.38
5	61.75	17.20	5.20	0.72	0.72	2.25	2.80	5.05	0.04	0.78	0.37	0.85	1.10	98.83
6	61.25	19.51	4.67	0.93	0.01	5.00	3.10	3.57	0.06	0.93	0.37	0.81	0.66	100.51
7	68.50	15.50	2.24	1.00	0.60	3.32	2.30	3.10	0.06	0.49	0.14	1.83	1.39	100.47
8	67.00	14.75	1.14	2.58	0.90	3.20	2.00	3.20	0.07	0.55	0.17	2.03	1.81	99.40
9	63.00	17.30	4.30	0.36	2.90	3.20	2.80	4.87	0.02	0.67	0.38	0.76	0.35	100.01
10	59.00	19.15	5.92	0.57	1.00	3.90	2.70	4.30	0.09	0.96	0.44	0.62	0.58	99.23
11	60.00	16.70	5.43	0.79	2.60	4.30	2.80	5.05	0.10	0.76	0.45	0.54	0.17	99.69
12	62.80	20.50	2.36	0.58	0.65	3.55	2.80	5.35	0.04	0.60	0.25	0.59	0.21	100.28
13	61.07	18.00	3.27	1.65	1.95	5.10	2.70	3.10	0.09	0.67	0.30	0.47	0.68	99.05
14	57.50	18.65	3.28	3.08	1.50	7.20	2.70	2.65	0.10	0.86	0.44	0.10	1.14	99.20
15	56.50	18.70	5.40	0.72	3.70	4.10	3.20	5.30	0.05	0.73	0.51	0.78	0.08	99.77
16	58.00	18.15	5.37	1.07	1.20	5.20	2.70	4.65	0.06	0.87	0.48	0.56	0.89	99.20
17	62.50	19.60	3.88	0.43	0.01	3.22	3.10	4.70	0.05	0.85	0.22	0.38	0.18	99.12
18	63.80	18.30	3.55	0.36	0.70	1.65	2.50	5.57	0.05	0.55	0.29	1.22	0.91	99.45
19	68.15	15.10	2.40	1.07	0.01	3.50	2.30	4.00	0.08	0.48	0.17	0.83	1.28	99.37
20	70.63	16.02	1.25	0.30	0.01	2.09	1.94	4.46	0.02	0.69	0.31	2.15	0.12	99.99
21	62.50	19.00	2.95	0.85	0.80	4.25	2.90	4.10	0.03	0.97	0.30	0.05	1.28	99.98
22	75.50	13.10	0.02	1.79	0.01	1.40	2.10	4.30	0.09	0.14	0.01	0.68	0.01	99.15

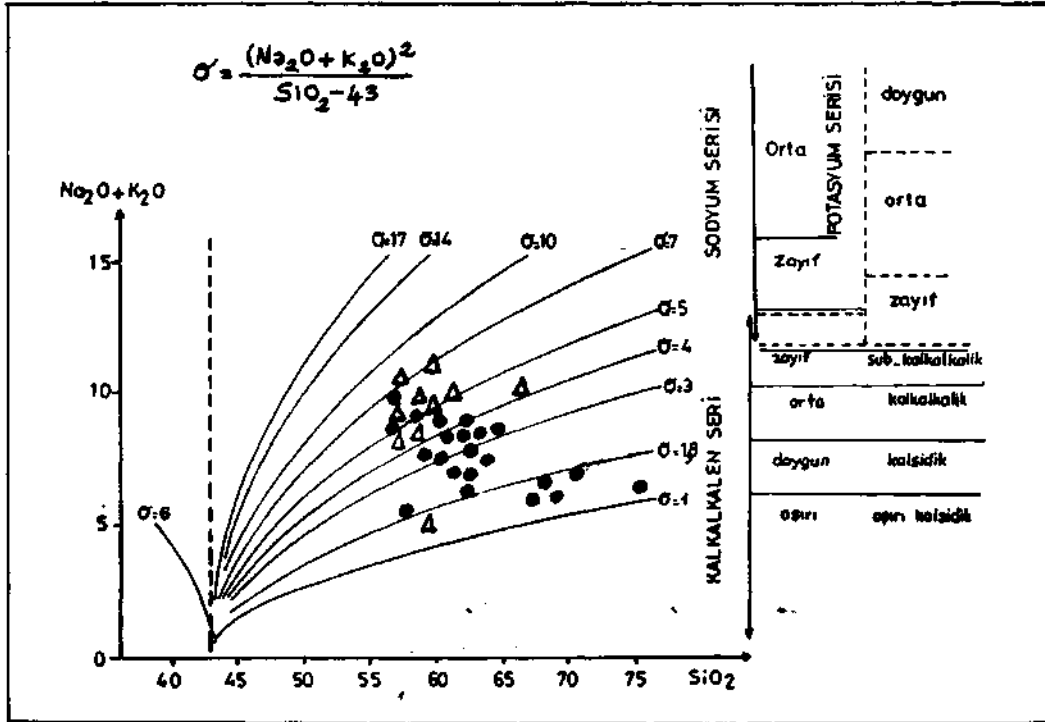
Çizelge 4 - T₁ ve T₂ sondajlarından elde edilen karotların majör element kimyasal analizleri (% olarak)

Örnek no.	Derinlik (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	A.K.*	Toplam
T ₁ 1	224	56.00	14.80	7.78	0.20	0.76	5.25	0.55	9.04	0.20	0.70	5.10	100.38
T ₁ 2	416	60.00	16.40	4.72	0.44	0.43	2.75	2.11	9.45	0.10	0.70	3.50	100.60
T ₁ 3	522	65.00	14.00	5.57	0.12	0.59	1.31	1.38	7.80	0.10	0.60	4.20	100.67
T ₁ 4	610	57.90	11.60	4.13	0.70	2.21	7.00	2.16	4.74	0.10	0.50	8.70	99.74
T ₂ 1	126	58.10	15.20	6.15	0.04	1.10	2.44	2.52	5.84	0.10	0.80	6.20	98.49
T ₂ 2	325	56.80	14.20	4.70	0.99	1.98	4.44	1.45	6.25	1.00	0.80	7.00	98.71
T ₂ 3	434	56.00	11.60	3.76	1.66	0.70	10.0	0.32	7.25	0.10	0.60	6.90	98.89
T ₂ 4	560	59.00	10.00	2.23	1.78	1.42	9.20	1.15	3.50	0.10	0.60	9.70	99.68
T ₂ 5	590	59.60	15.40	3.53	1.60	2.40	3.57	3.37	5.00	0.10	0.60	3.00	98.17
T ₂ 6	630	60.00	13.00	2.32	1.52	1.78	6.26	2.82	5.53	0.10	0.40	7.20	98.61

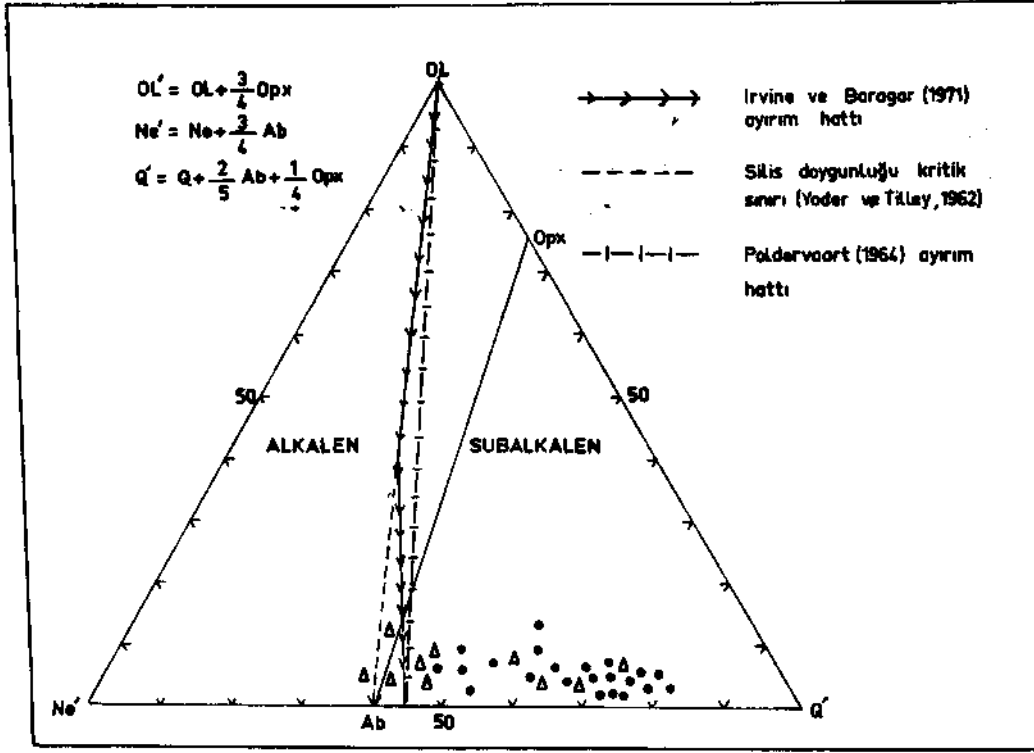
* Ateşte kayıp.



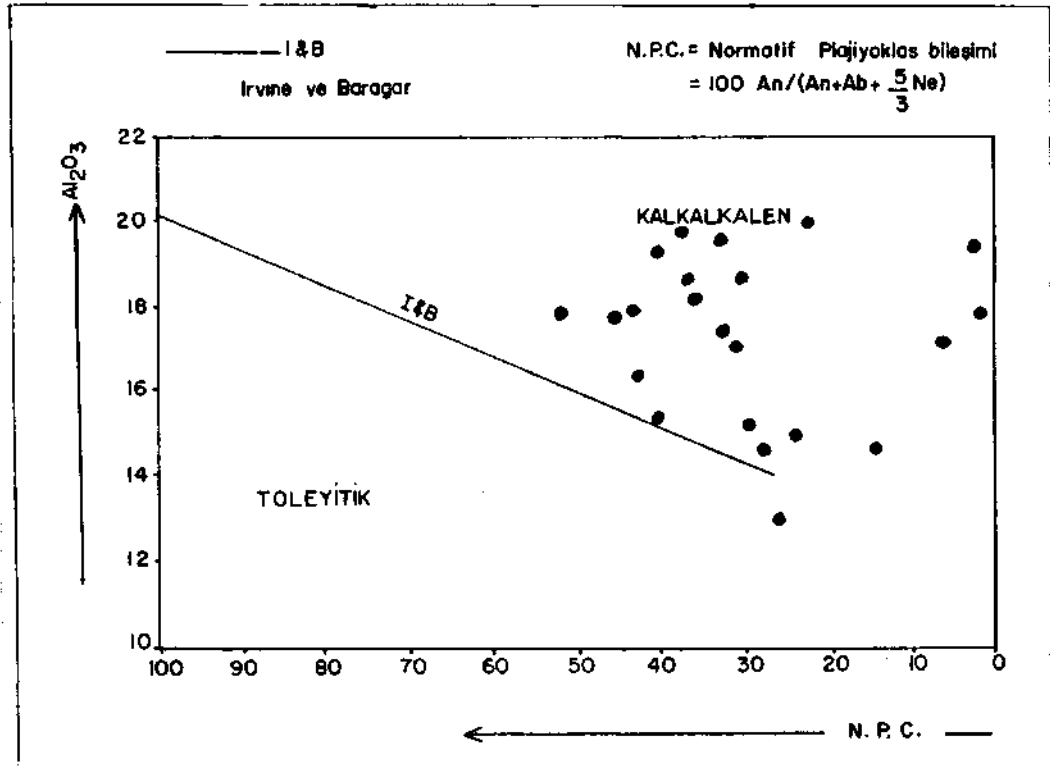
Şek. 13 - Volkanitlerin Na₂O + K₂O ve SiO₂ içerikleri kullanılarak yapılan diyagram.

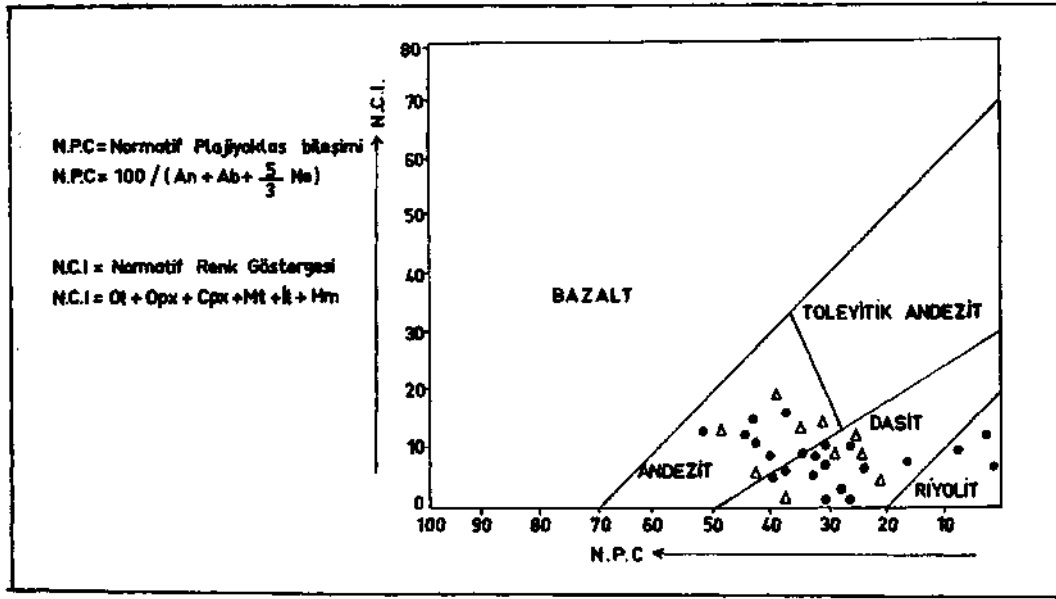


Şek. 14 - Volkanitlerin Rittmann (1962) diyagramı.



Şek. 15 - Volkanitlerin OL-Ne'-Q' Irvine ve Baragar (1971) üçgen diyagramı.

Şek. 16 - Yüzeysel volkanitlerin NPC-Al₂O₃ diyagramı.

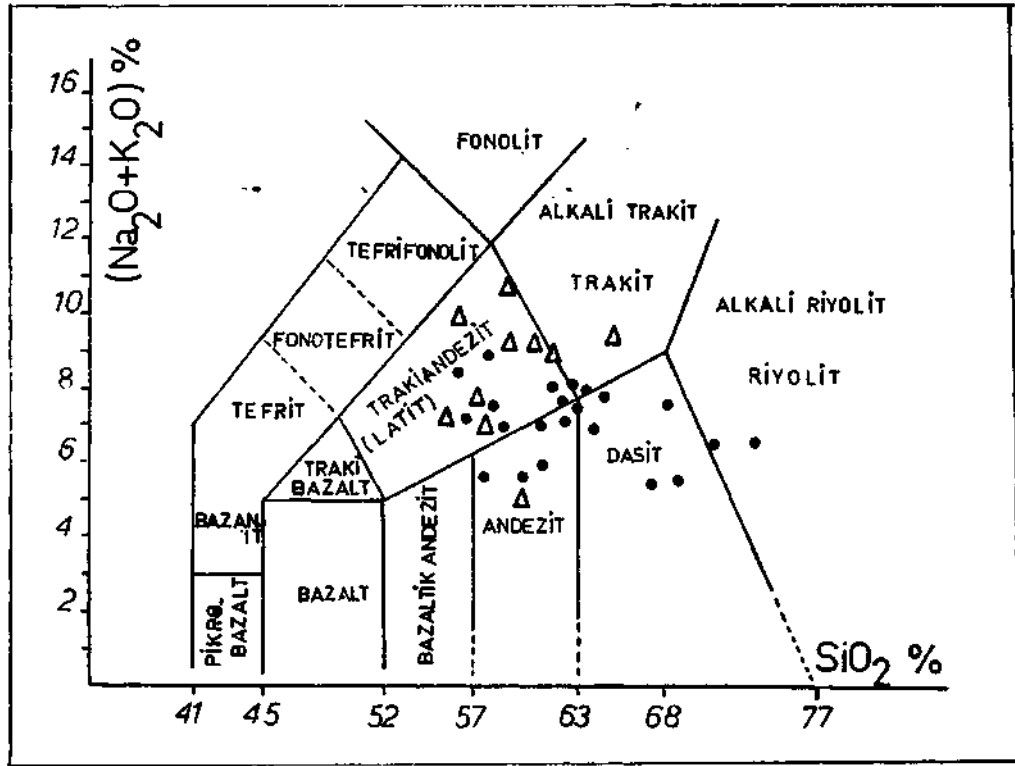


Şek. 17 - Volkanitlerin NPC-NCI diyagramı.

Örneklerin kimyasal yoldan adlandırılmalarını daha ayrıntılı olarak belirleyen ve alkali ($Na_2O + K_2O$)- SiO_2 içerikleri kullanılarak Zanettin (1984) tarafından hazırlanan ve IUGS magmatik kayalar alt komisyonu tarafından önerilen diyagramlar yapıldığı zaman (Şek. 18), yüzeysel olanların trakiandezit, andezit, dasit ve riylit; sondaj karot örneklerinin trakiandezit, birer tanesinin de andezit ve trakit alanına düştükleri görülür. Tüm örnekler potasik olduklarından, trakiandezit alanına düşenlerin «latit» olarak adlandırılmaları gerekmektedir.

Örneklerin K_2O ve SiO_2 içerikleri kullanılarak Peccerillo ve Taylor (1976) diyagramları yapıldığında tümünün yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte oldukları; yüzeysel olanların latit yüksek potasyumlu andezit, yüksek potasyumlu dasit, trakit ve riylit; sondaj karotlarına ait olanların ise çoğun latit, birer tanesinin de andezit ve trakit alanına düştükleri görülmektedir (Şek. 19).

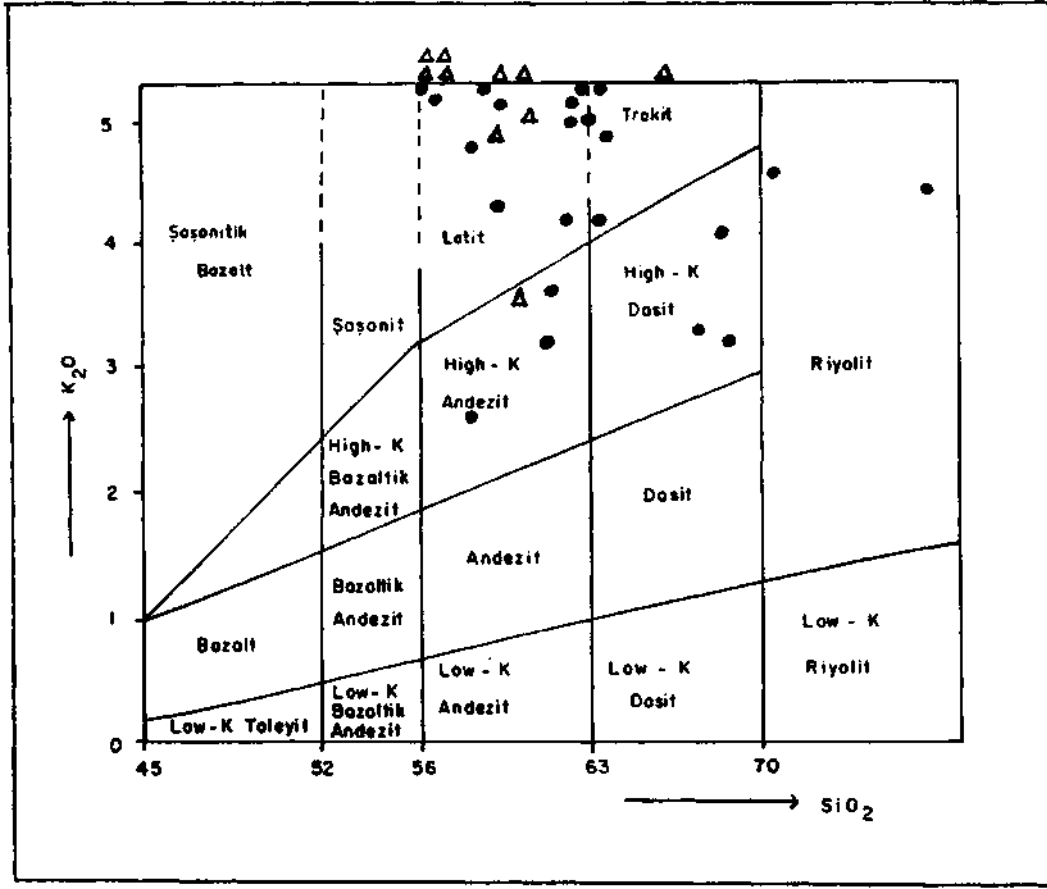
Volkanitlerin K_2O/Na_2O oransallıkları da ele alındığı zaman, yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte oldukları belirginleşir. K_2O/Na_2O oransallığının volkanik kayalarda oluşum koşulları ve nitelikleri konusunda bazı ayırtıcı özellikler gösterdikleri araştırmacılarca saptanmıştır. Örneğin, Jakes ve White (1972), toleyitik volkanitlerde K_2O/Na_2O oranının en düşük, yaklaşık 0.35 ten az olduğu, kalkalkalen volkanitlerde ise ada yayı kalkalkalen volkanitlerinde yaklaşık 0.35-0.75 arasında, kıta içlerinde oluşan kalkalkalen volkanitlerde ise SiO_2 kapsamı genellikle % 63 ten fazla olanlarda yaklaşık 1 ve daha büyük değerler gösterdiklerini saptamışlardır. Şoşonitik nitelikli volkanitlerde ise bu oran 1 den daha büyük değerlerdedir. İnceleme alanındaki tüm örneklerde bu oran 1 den daha büyük olup, bazı örneklerde 17 ye erişmektedir. Böylece inceleme alanındaki volkanik kayaların tamamen yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte oldukları belirlenmektedir. Şoşonitik kayaların genel petrokimyasal özelliklerini ortaya çıkaran Morrison (1980), bunların $(Na_2O + K_2O)$ - SiO_2 diyagramında alkalin kesime düştüklerini belirtmektedir. Gerçekten de inceleme alanındaki volkanitlerin şoşonitik nitelikli olanları bu diyagramda (Şek. 13) alkalin bölgeye düşmüşlerdir. Ayrıca inceleme alanındaki volkanik kayalarda K_2O/Na_2O oransallığı, SiO_2 içeriği arttıkça azalmaktadır. Bu da şoşonitik serinin tipik bir özelliğidir. Şoşonitik kayalar, genellikle yitme zonlarından türeyen ada yaylarında en son volkanik ürün olarak oluşmaktadır. Ancak, yer yer de ada yaylarına yakın bölgelerde ve kıta içlerinde de oluşabilmektedirler (Miyashiro, 1975).



Şek. 18 - Volkanitlerin Zanettin (1984) diyagramı.

İnceleme alanına komşu bölgelerdeki eş kökenli volkanitlerde de araştırmacılarca petrokimyasal çalışmalar yapılmış ve volkanizmanın bir kıta içi volkanizması olup, kabuk kökenli olduğu ve yer yer manto malzemesinin de bulaştığı saptanmıştır. Örneğin, Ercan ve diğerleri (1984), Dikili-Bergama çevresindeki volkanitlerin kabuk kökenli, yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte olduklarını belirtirler. Innocenti ve diğerleri (1977), Dikili, Ezine ve Midilli adasındaki gerek yüksek potasyumlu kalkalkalen, gerekse şoşonitik volkanitlerde iz ve nadir toprak element analizleri yaparak volkanizmanın kabuk kalınlaşması sonucu kabuğun kısmî ergimesi ile oluştuğunu belirtmişlerdir. Innocenti ve diğerleri (1982), Dikili-Bergama volkanitlerinde yaptıkları stronsiyum izotop ölçümleri ile bunların kıtasal volkanitlerden olduklarını belirterek benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Pe-Piper (1980), komşu Midilli adasında da şoşonitik volkanitlerin yer aldığını belirtir. Fytikas ve diğerleri (1980) ise bölgedeki volkanizmayı Eosen-Oligosende kabaca Afrika-Avrupa kıtalarının çarpışmasına bağlamakta ve şoşonitik volkanitlerin kalkalkalen olanlarla birlikte yersel ve zamansal olarak geçişli olduklarını belirtmektedirler. Ercan ve diğerleri (1985), inceleme alanı yakınındaki Ayvalık volkaniklerinde stronsiyum izotop oram ölçümleri yapmışlardır, andezitik lavlarda 0.7056; latitik lavlarda 0.7055 ve ignimbritik lavlarda 0.7088 Sr^{87}/Sr^{86} değerleri elde etmişler ve bunların kabuk kökenli olduklarını belirtmişlerdir.

İnceleme alanındaki şoşonitik nitelikli volkanitler, çoğunlukla Ayvacık lavına ilişkin olup, çeşitli derinliklerden alınan sondaj karotlarına aittir. Bu da olasılıkla derinlerdeki daha eski volkanitlerin şoşonitik olduklarını, bir başka deyişle volkanizmanın önce şoşonitik nitelikte ürünler oluşturup, daha sonra yüksek potasyumlu kalkalkalen ürünler verdiğini ortaya çıkarmaktadır.



Şek. 19 -Volkanitlerin Peccerillo ve Taylor (1976) diyagramı.

Böylece, bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Batı Anadolu'da, Biga yarımadasındaki Miyosen yaşlı volkanizmanın da yakın çevresindeki volkanik kayalarla eş kökenli olup, yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şaşonitik özellikler taşıyan kabuksal nitelikli bir kıta içi volkanizması olduğu ve jeotermal enerji açısından olumlu özellikler taşıdığı belirlenmiştir.

Çizelge 2 ve 3 te yer alan kimyasal analiz sonuçları karşılaştırıldığı zaman alterasyona uğramış T_1 kuyusu karotları ile alterasyona uğrayan yüzey örnekleri arasında büyük bir benzerlik bulunmaktadır. T_2 kuyusu karotları ise bir alterasyon göstermediğinden, gerek T_1 kuyusu karotları gerek yüzey örnekleri ile belirgin bir kimyasal farklılık göstermektedir. Bu nedenle Ayvacık lavının hidrotermal alterasyona uğramış kesimlerinde jeotermal akışkanın getirdiği elementlerle, birtakım mineral değişimleri saptanmıştır. Bunu takiben gelişen porozite ile sahada yer alan jeotermal akışkan için bir rezervuar oluşturmuştur.

İnceleme alanındaki volkanik kayalarda çok sayıda örnekten yaptırılan ince kesitlerden yapılan petrografik çalışmalardan elde edilen veriler de, jeokimyasal verileri desteklemektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, saha çalışmalarında yardımcı olan Dr. Erman Şâmilgil ve İ. Hakkı Karamanderesi'ne teşekkür ederler.

Yayına verildiği tarih, 13 Mayıs 1985

DEĞİNİLEN BELGELER

- Borsi, S.; Ferrara, G.; Innocenti, F. ve Mazzuoli, R., 1972, Geochronology and petrology of recent volcanics in the Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesbos island): Bull. Volcanol., 36, 473-496.
- Bürküt, Y., 1966, Kuzeypbatı Anadolu'da yer alan plutonların mukayeseli jenetik etüdü: Doktora tezi, İTÜ Maden Fak., 272 s., İstanbul.
- Elders, W.A.; Bird, D.K.; Williams, A.E. ve Schiffman, P., 1984, Hydrothermal flow regime and magmatic heat source of the Cerro Prieto geothermal system, Baja California, Mexico: Geothermics, 13, 27-47.
- Ercan, T. ve Türkecan, A., 1984, Batı Anadolu, Ege adaları, Yunanistan ve Bulgaristan'daki plutonların gözden geçirilişi: TJK Ketin Simpozyumu Kitabı, 189-208.
- ; ———; Akyürek, B.; Günay, E.; Çevikbaş, A.; Ateş, M.; Can, B.; Erkan, M. ve özkirişçi, C, 1984, Dikili-Bergama-Çandarlı (Batı Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaçların petrolojisi: Jeoloji Mühendisliği, 20, 47-60.
- ; Satır, M.; Krevzer, H.; Türkecan, A.; Günay, E.; Çevikbaş, A.; Ateş, M. ve Can, B., 1985, Batı Anadolu'daki volkanik kayaçlarda yeni yapılan kimyasal analizlerin, Sr^{87}/Sr^{86} ölçümlerinin ve radyometrik yaş belirlemelerinin yorumu: Türkiye Jeoloji Kurultayı-1985 Bildiri özetleri Kitabı, 34 ve Geol. Rdsch (baskıda).
- Fytikas, M.; Giuliani, O.; Innocenti, F.; Marinelli, G. ve Mazzuoli, R., 1976, Geochronological data on recent magmatism of the Aegean Sea: Tectophysics, 31, T29-T34.
- ; ———; ———; Manetti, F.; Mazzuoli, R.; Peccerillo, A. ve Villari, L., 1980, Neogene volcanism of the northern and central Aegean region: Ann. Geol. Pays. Hellen., 30, 106-129.
- Gevrek, A.İ. ve Şener, M., 1985, Çanakkale-Tuzla jeotermal sahasının hidrotermal alterasyon etüdü: MTA Rap. (baskıda), Ankara.
- Gözler, Z.; Ergül, E.; Akçören, F.; Genç, Ş.; Akat, U. ve Acar, Ş., 1983, Çanakkale boğazı doğusu-Marmara denizi güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege denizi arasındaki alanın jeolojisi ve kompilasyonu: MTA Rap., 7430 (yayımlanmamış), Ankara.
- Helgeson, H.C., 1969, Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures: Am. Jour. Sci., 267, 729-804.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Can. Jour. Earth. Scien., 8, 523-548.
- Innocenti, F.; Manetti, P.; Mazzuoli, R.; Peccerillo, A. ve Poli, G., 1977, REE distribution in Tertiary and Quaternary volcanic rocks from central and Western Anatolia: 6. Ege Ülkeleri Kollokyumu Tebliğler Kitabı, (baskıda), İzmir.
- ; ———; ———; Pasquare, G. ve Villari, L., 1982, Neogene and Quaternary volcanism in Anatolia and NW Iran: Orogenic Andesites da, John Wiley Sons, 327-349, New York.
- Jakes, P. ve White, A.J.R., 1972, Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas: Geol. Soc. Amer. Bull., 83, 28-40.
- Macdonald, G.A. ve Katsura, J., 1964, Chemical Composition of Hawaiian lavas: Journal of Petrology, 5, 82-133.

- Miyashiro, A., 1975, Island arc volcanic rock series, A critical review: *Petrologie*, 1/3, 177-187.
- Morrison, G.W., 1980, Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association: *Lithos*, 13, 97-108.
- Montoya, J.W. ve Heurley, J.J., 1975, Activity relations and stabilities in alkali feldspar and mica alteration reactions: *Econ. Geol.* 70, 577-594.
- Öngür, T., 1973, Çanakkale-Tuzla yöresinin volkanolojisi ve jeotermal enerji olanaktan: MTA Rap., 5510 (yayımlanmamış), Ankara.
- Öngür, T., 1978, Behram kalderası, KB Anadolu: TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri özetleri Kitabı, 42.
- , 1980, Yerisıl dizgelerde hidrotermal alterasyon: *Yeryuvarı ve İnsan*, 5/3-4, 52-59.
- Pe-piper, G., 1980, Geochemistry of Miocene shoshonites Lesbos, Greece: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 72, 387-396.
- Peccerillo, A. ve Taylor, J.R., 1976, Geochemistry of Upper Cretaceous volcanic rocks from the Pontic chain, Northern Turkey: *Bull. Volcan.*, 39/4, 557-569.
- Rittmann, A., 1962, *Volcanoes and their activity*: John Wiley and Sons, 305 s., Nevv York. London,
- Streckeisen, A., 1976, dassification of the common igneous rocks by means of their chemical Composition, A provisional attempt: *N. Jb. Für Miner. Monatsc.*, 1-15.
- Şâmilgil, E., 1966, Çanakkale'nin Tuzla ve Kestanbol sıcak su havzalarında jeotermal enerji araştırması yönünden hidrojeolojik etüt: MTA Rap., 4274 (yayımlanmamış), Ankara.
- , 1983, Çanakkale jeotermal alanları ve Tuzla sondajları: *Türkiye Jeoloji Kongresi Bült.*, 4, 147-158.
- Zanettin, B., 1984, Proposed new chemical dassification of volcanic rocks: *Episodes*, 7/4, 19-20.