

VOLKANİK KAOLİNİN OLUŞUMU VE ANDEZİT PROBLEMİ*

İsmail SEYHAN

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

1. GİRİŞ

Dünya literatüründe kaoline genellikle feldispatça zengin asit kayaların bir alterasyon ürünü gözüyle bakılmaktadır. Seramik sanayiinin içinde bulunduğu hızlı gelişme dolayısıyla kaolin jeolojisi konusunda yapılan çalışmalar, Türkiye kaolinlerinin büyük ölçüde volkanik kayalara bağlı olduğunu göstermiştir. Kaolin yataklarının oluşumu için feldispatların daha magmatik ve volkanik olaylar sırasında kaolinleşmeye başlamış olmaları şarttır. SiO_2 - Al_2O_3 ve Fe_2O_3 bileşiklerinin birbirlerinden ayrılması için eriyiklerin pH değerinde anî ve büyük değişikliklerin gerekmesi ve kaolinin magmatik ve volkanik oluşumu minerallerle olan parajenezi yalnızca aşağıya inen suların alterasyonu ile izah edilemez. Magmatik-subvolkanik ve volkanik kayalarda hem filonlar halindeki hidrotermal kaolin yatakları hem de lateral kaolinleşme zonları genellikle sıcak-asit bünyeli termal eriyiklerin etkisiyle meydana gelmişlerdir.

2. KAOLİN OLUŞUMUNDA KİMYASAL ORTAM

2.1. Yer kabuğunda Al^{+++} muhtevasının dağılımı

Yer kabuğunda oksijen ve silisyumdan sonra en fazla bulunan element alüminyumdur. Bu elementi ihtiva eden feldispatlar ve kil mineralleri de o nispette yaygındır. Feldispatlar gerek asit ve gerekse bazik kayalarda bol miktarda mevcut olduğundan bazalt ve gabrolarda % 15 olan Al_2O_3 oranı riolit ve granitlerde de aynıdır. Bu tenor kaolinleşme sırasında iki misli artarak kil minerallerinde % 30-40 a ve boksitleşme sırasında da tekrar iki misli artarak % 50-80 arasına kadar yükselir. Bol miktarda feldispat ihtiva eden bazı aplit ve pegmatitlerde, alünitlerde, metamorfik silimanit, korindon minerallerinde ve zımpara taşında Al bakımından zenginleşme görülmekle beraber, bunların kaolin teşekkülünde ana kayaç olarak büyük bir değeri yoktur. Bazik kayalarda ve bazik ortamlarda Ca, Mg ve Fe gibi bol bulunan elementlerin kil minerallerinin bünyesine girmesi sebebiyle bu bölgelerde Al_2O_3 tenöründe fazla bir zenginleşme görülmemektedir.

2.2. Feldispatların kaolinleşmesi ve diğer minerallerin tesiri

Kaolin ana kayacının başlıca minerali olan ortoklaz % 64.63 oranında SiO_2 , % 18.49 oranında Al_2O_3 ve % 16.88 oranında potas ihtiva eder. Aşağıya inen sula-

* Bu makale 18 şubat 1971 tarihinde Türkiye Jeoloji Kurumunun 25 inci Jeoloji Kongresinde tebliğ olarak verilmiştir.

rin veya asit bünyeli termal eriyiklerin alterasyonu sırasında feldispatlar potasın tamamını ve SiO_2 nin bir kısmını kaybedip, bunların yerine bünyelerine bir miktar H_2O olarak bileşimi % 39.56 Al_2O_3 , % 46.50 SiO_2 ve % 13.94 H_2O olan kaolinit mineraline dönüşürler. Buna göre kaolinleşme alüminyum-alkali-silikatlardan alüminyum-hidro-silikatların meydana gelmesi demektir.

Kaolinleşme olayına feldispat ile beraber bulunan, kuvars, mika ve demirce zengin bazı minerallerin muhtelif biçimlerde iştirak edecekleri tabiidir. Kuvarsin bazı hidrotermal kaolin filonlarında feldispatın bünyesinden atılan fazla silisle birlikte opal damarları meydana getirdikleri görülür. Fakat yerinde bir kimyasal alterasyon sonucu meydana gelen kaolinlerin içindeki kuvars mineralleri ancak sunî yıkama yolu ile ayrılmaktadır. Çok ince taneli kuvars ihtiva eden tüflerde ancak çok cüzî miktarda eriyen ve hareket edebilen silisin kaolini çimentolayıp sertleştirdiği görülmektedir. Gerek serbest kuvars, gerekse bağlayıcı silisi az olan kaolinler genellikle az asidik ve nötr volkanit ile magmatitlerden meydana gelmişlerdir. Çünkü silisin asit ortamda az erimesine rağmen, kaoliniti meydana getiren iyonların kuvarstan fazlaca uzaklaşabilmeleri mümkün değildir. Bu bakımdan ana kayaç eğer kuvarsça zengin ise kaolin de zengindir.

Feldispatla birlikte bulunan mikalar hidromuskovit ve hidrobiyotit halinde kaolin içinde yer aldıkları gibi, demir ve alkali-oksitlerin iyonlar halinde yıkandıkları ve uzaklaştıkları hallerde yeni oluşumlu kil minerallerinin ortaya çıktığı da görülür. Ortoklaz ve muskovitten gelen K^+ , plajiyoklazlardan gelen Ca^{++} ve Na^+ kaolinin kimyasal bileşiminde büyük bir değişiklik yapmazlar, fakat demir oksit bakımından zengin olan mineraller kaolinin kalitesini düşüren sebeplerin başında gelirler.

2.3. pH— değerinin değişmesi ve kaolin yataklarında parajenez

İyi kaliteli bir kaolinin oluşumu için tabiatta en yaygın olarak bulunan ve bunun zaruri bir neticesi olarak da genellikle beraber ortaya çıkan Si-Al-Fe elementlerinin birbirinden ayrılması şarttır. pH değeri çok düşük, yani yüksek asit dereceli eriyiklerde Fe ve Al hidroksitleri eriyiğe geçerler. pH değeri 9-10 üstünde bir değer alır, yani kuvvetli bazik ortam meydana gelirse Al hidroksidin tekrar erimeye başladığı görülür. Ortamda bulunan SiO_2 ise asit ortamda az, bazik ortamda çok eriyen bir bileşiktir. Bu duruma göre asit ortamlarda $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ oranı 1/2 olan kaolinit minerali, bazik ortamlarda ise $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ oranı 1/3-4 olan montmorillonit minerali oluşur. Kaolin oluşumunda asit ortam genellikle karbonik asit, sülfürik asit ve humus asidi ile sağlanır. Bu ortamı nötr ve bazik hale getiren olaylar ise, karbon dioksidin uçması, H_2O miktarının artması, çevrede bazik kayaç ve kalker bulunması, feldispatların bünyesinden açığa çıkan Na^+ ve K^+ iyonlarının eriyiğe geçmesidir. pH değişikliği yanında kimyasal Sedimentasyona sebep olan diğer hususlar eriyiklerin doyma derecelerinin aşılması ve eritken maddenin buharlaşması vb. gibi olaylarla azalmasıdır.

Bütün anlatılan kimyasal ortam değişiklikleri kaolin yataklarında muayyen mineral parajenezlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Kaolin işletmelerinde bu parajenez bazan aşağıda anlatıldığı gibi bariz olarak görülür.

Çok kuvvetli asit eriyiklerin çözdüğü demir bileşikleri eğer pH değerindeki yükselme yavaş ise, kaolin yatağının yan kayacında konsantre olarak az çok iktisadî değeri olan küçük demir yatakları meydana getirmektedir. pH değerinde anî yük-

selme vuku bulursa, demir bileşiklerinin ana kayaç eklemlerinde ve kaolin içinde kaldığı görülür. pH değerinin yükselmesi ile başlayan kaolin oluşumu büyük miktarlarda silisin açığa çıkmasına sebep olur. Bu silis ya ana kayacın veya kaolinin bir kısmını silisleştirir. Alkalitenin daha da yükselmesi, içinde serbest kuvars olmayan kaolinin ve giderek montmorillonitlerin, bazı hallerde de boksitlerin oluşumuna yol açar. Kaolin yataklarında açılan bazı galerilerin demirce çok zengin asidik yan kayacı ve kaolini kestikten sonra suda erimeyen sert bir kaoline, daha sonra ise, sırası ile kuvarslı yumuşak kaoline, kuvarssız yağlı kaoline, boksitleşmiş kaoline, sonunda bentonitik killere, nihayet serpantin ve diyabaz gibi bazik yan kayalara girdiği görülür. Bunların içinde jeolojik yapı özellikleri ve oluşum bakımından kaolin zuhurlarına benzeyen manyezit yatakları oluşabilir. Eğer sülfürik asitli eriyikler kaolin oluşumuna iştirak etmişse, bu takdirde kaolin içinde jips kristalleri, saf kü-kürt ve alünit meydana gelir. Bu parajeneze termal kaplıcaların ve jeotermik enerji kaynaklarının bulunduğu bölgelerde sık sık rastlanır.

Kaolinleşme sırasında büyük ölçüde açığa çıkan potasın lagünlerde şalin bir faz meydana getirmesi teorik olarak mümkündür. Fakat kayatuzu zuhurlarının bol, potasın ise nadiren bulunması K⁺ iyonlarının kil minerallerinin içinde tutulduğunu göstermektedir. Kil minerallerinin atom şebekesi içinde yer alamayacak derecede iyon büyüklüğüne sahip olan Na⁺ ise denizlere kadar gidebilmektedir. Bu sebeplerden yer kabuğunda K/Na oranı=1/1 iken, deniz suyunda 1/30 dur.

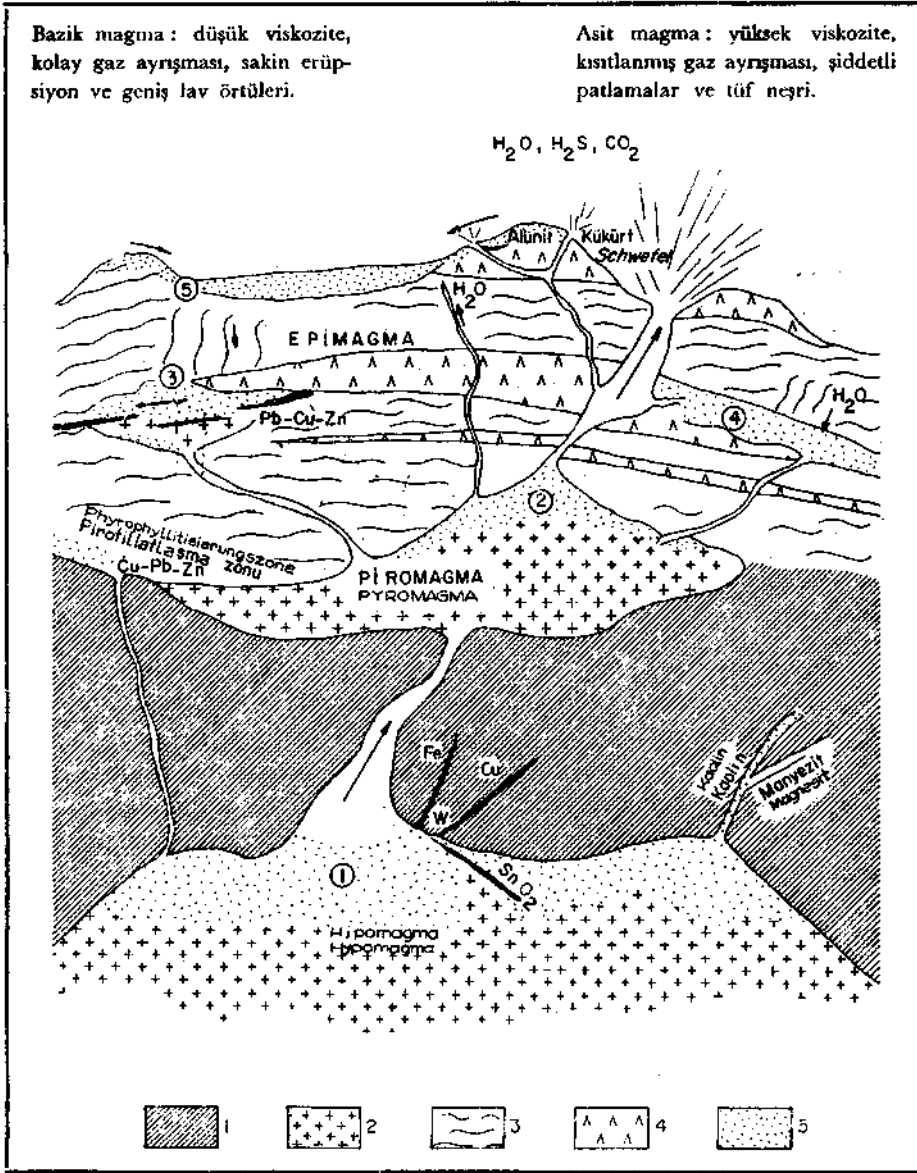
Feldispatların kaolinite dönüşmesi esnasında açığa çıkan alkalik eriyiklerin turba oluşumunu başlatmaları, bu arada hâsıl olan humus asitlerinin de kaolinleşmeyi kolaylaştırdıkları bilinen bir gerçektir. Bu bakımdan kaolinli kil-kaolin-linyit parajenezi tabiatta oldukça yaygındır. Hidrotermal kaolin yataklarının Gu-Pb-Zn-Sb mineralleri ile zuhur ettikleri de sık sık görülür. Bütün bu olaylar tabiatta mevcut kaolinin büyük ölçüde volkanik ve magmatik faaliyetlerle ilgili olarak oluştuğunu göstermektedir. Aşağıya inen suların alterasyonu oluşumun ikinci safhasını teşkil etmektedir. Asit lav ve tüfler içinde tabakalar ve yuvalar halinde bulunan, subvolkanik ve plutonik kitlelerin üzerinde bir şapka gibi oturan lateral kaolin zuhurlarında yüksek asit ve bazik bünyeli sıcak termal eriyiklerin tesirini görmek her zaman mümkündür. Hematit ve manyetit demir için, kalkopirit ve kalkozin vb. bakır için ne ise, boksit ve kaolinit-grupu mineralleri de Al için aynıdır. Al cevheri gözüyle bakılması gereken bu sonuncuların oluşumu da en az diğerleri kadar magmatik ve volkanik olaylarla ilgilidir.

3. VOLKANİK VE MAGMATİK OLAYLARLA İLGİLİ KAOLİN OLUŞUMU

Volkanik ve magmatik oluşumlu kaolin yataklarının kalitesi ve jeolojik yapı özellikleri magmanın katılaştığı derinliğe ve onun kimyasal bileşimine bağlıdır. Lavların ve magmanın bazik-nötr veya asit özellikte oluşu, volkanik-subvolkanik veya plutonik derinliklerde katılaşması değişik tip kaolin yataklarının oluşumuna sebep olmaktadır (Şek. 1).

3.1. Hipomagmatik (plutonik) kaolin yatakları

Plutonik derinliklerde katılaşma bir yandan kristalleşme dolayısıyla alttan yukarı doğru gelişirken, bir yandan da erken soğuma sebebiyle üst kontakt zonuna paralel felsitik dokulu bir kabuk meydana gelir. Feldispat fenokristalleri bakımın-



Şek. 1 - Kaolin yataklarının oluşum şeması.

- 1 - Sedimenter ve metamorfik kayalar; 2 - Asit kayalar (plutonik ve subvolkanik);
3 - Lavlar; 4 - Tüfler; 5 - Kaolin.

dan fakir olan bu porfirik tavan ile ana kütle arasında magmatik ayrışma sonucu meydana gelen gaz ve asit eriyiklerce zengin artık magma eğer çok yüksek iç basınç altında değilse ve yan kayaç killi ve tektonik yapı yönünden sağlam ise, o zaman hem porfirik kabuğun hem de feldispatça zengin ana kütleinin yer yer kendi hidrotermal eriyiklerinin etkisi altında lateral kaolinleşmeye uğradığı görülmektedir. Subvolkanik ve plutonik kütlelerin üstünü örten bu kaolin yataklarının asit kayaların atmosferik alterasyonu sonunda oluşmuş oldukları fikri yaygın olmakla beraber doğru değildir. Bu kaolin yataklarının (Şek. 1 de, 1 ve 2) yüksek temperatur mineralleri, özellikle kasiterit damarları ile beraber zuhur etmeleri onların otometamorfizma ile meydana geldiklerini göstermektedir. Artık magmanın orijinal

halde çok az — % 3 civarında — H₂O ihtiva etmesi (pegmatitik eriyiklerde), uçucu ve akıcı elemanların kaynağının magma mı yoksa yan kayaç ve yeraltı suları mı olduğu sorunu, pnömatolitik fazın çok düşük pH lı asit eriyiklerinin feldispatların çözülmesi sonucu bazik özellik kazanması gibi hususlar, plutonik kaolin yataklarının incelenmesinde göz önünde tutulmalıdır.

3.2. Piromagmatik (subvolkanik) kaolin yatakları

Magmanın hangi derinliklerde plutonik, hangi derinliklerde ise subvolkanik şartlar altına gireceği onun kimyasal terkibine, tavan kayacının da petrografik ve tektonik özelliklerine bağlıdır. İyi kapanan killi tavan kayacı altında akıcı ve uçucu elemanları az olan kuru bir magmanın 1.5 km derinde, hatta bazı özel hallerde 0.5 km derinde plutonik şartlar altında katılaştığı bilinen bir gerçektir. Sert-kompakt ve kalın banklı kalker ve kumtaşlarının ise, kırılma ve çatlamalara müsait olması yüzünden subvolkanik şartların 3-4 km yi aşan derinliklerde ortaya çıktığı görülür (5). Kristalin masiflerde ise, 30 km derinlikte bile pegmatit oluşumunun mümkün olduğu iddia edilmektedir. Hangi derinlikte olursa olsun, katılaşmanın erüpsiyonlarla zaman zaman kesintiye uğradığı subvolkanlarda kaolin oluşumu bazı özellikler göstermektedir.

Subvolkanlarda bacanın kapanması dolayısıyla erüpsiyonun durduğu devrelerde bir basınç ve ısı artışı görülür. Bu birikim alkali-silikatların erimesine yol açar. Dolayısıyla erüpsiyonların vuku bulduğu devrelerde dışarı çıkan lavlar alkali bakımından zengindir. Erüpsiyon devresinde subvolkanın kuruması ve alkali-silikatların uzaklaşması Plajiyoklazların anortit bakımından zenginleşmesini ve pirit gibi bazı metal sülfidlerin çökmesini gerektirir. Böyle bir ana kayaçtan hâsıl olan kaolinler ise, Ca bakımından zengin ve piritin alterasyonu dolayısıyla de demir oksitlerle kirlenmiş olarak bulunur. Erüpsiyonların az ve sükûnet derecesinin uzun sürdüğü devrelerde ise plajiyoklazlar alkali bakımdan, dolayısıyla kaolinler K₂O ve Na₂O muhtevası yönünden zengin olurlar. Erüpsiyonlarla subvolkanın kuruması kaolin oluşumunu önleyen bir olaydır. Ancak ısınan ve asit özellik kazanan yeraltı sularının katılaşmanın son safhasına iştiraki ile Şekil 1 ve 2 no. ile şematik olarak gösterilen kaolin oluşumu mümkün olabilir.

3.3. Epimagmatik (volkanik) kaolin yatakları

Her erüpsiyon safhasının subvolkanın «kuruması» na yol açması kaolinin oluşumuna imkân veren şartların erüpsiyonlarla yeryüzüne taşındığını göstermektedir. Bu temel ilkedен hareket edilirse, epimagmatik ortamda muhtelif kaolin yataklarının ortaya çıktığı görülür. Eriyikler içinde yüzen iri feldispat fenokristallerinin, bu taşınma sırasında kaolinleşmeye başlamaları muhtemeldir. Netekim, beyaz benekli andezit ve dasitlerdeki iri feldispatların kaolinleştiği halde, matriste bir kaolinleşme görülmemesi bu ihtimali güçlendirmektedir. Kaolinleşmeyi sağlayan ve volkanik gazların % 90-95 ini teşkil eden su buharının uzaklaşması matrisin katılaşmasından önce, fakat feldispat fenokristallerinin oluşumundan sonra vuku bulduğu için bu durum ortaya çıkmaktadır.

Eski erüpsiyonların getirdiği kalın lav ve tuf seviyeleri altında veya sığ deniz sedimentleri içinde katılan bazı andezit ve dasitlerde Pb-Zn ve Gu mineralleri bakımından zengin olan seviyelerin kaolin ile birlikte oluştuğu görülmek-

tedir. Bu da kaolinleşmeyi yapan uçucu ve akıcı magma elemanlarının mahsur kalarak ayrışmaya uğradığını göstermektedir. Eski lav ve tüflerin içinde mahsur kalarak soğuyan lavların kimyasal bir değişmeye maruz kaldıkları, bu nispeten soğuk ve değişik özellikli lavların sonraki erüpsiyonlar sırasında öncelikle dışarı atıldıkları son senelerde yapılan volkanojeolojik etütlerde tespit edilmiştir. Şekil 1 de 3 no. lu kaolin yatağında gösterildiği gibi, bu tip yataklarda ısınan yeraltı sularının feldispatın kaolinleşmesinde büyük rol oynamaları muhtemeldir.

Volkanizmanın son safhasında çıkan sıcak termal suların ve asit eriyiklerin bazı tüflü seviyeler içinde yayılarak (Şek. 1 de no. 4) onları kaolinleştirmesi sık sık görülür. Eriyikler kifayetsiz ve pH değişiklikleri düzensiz olduğundan, tabakalı, kaolinize tüfler genellikle silisleşip ve çoğu zaman yıkanamayan sert yatakları meydana getirirler. Bunların aşağıya inen suların etkisiyle yumuşak ve ekonomik değeri olan kaolin zuhurları meydana getirmeleri de mümkündür.

Plutonlardan uzaklaşan termal eriyikler genellikle alkalik özelliktedirler. Halbuki subvolkanik şartlarda bunların getirdiği sülfidlerin yeraltı sularının etkisiyle oksitlenirken sülfürik asidin açığa çıkması, yeryüzüne çok yakın seviyelerde yeniden kuvvetli bir asit ortamın meydana gelmesine yol açmaktadır. Pirofillatlaşmanın alünilleşmeye dönmesine yol açan bu olay (2) bazı kaolin yataklarının da oluşumuna ve bunlarda kükürt -alünit -kaolin parajenezinin ortaya çıkmasına sebep olur.

Volkanik olaylar sırasında yakın çevre morfolojisinin devamlı değişeceği, lav akıntılarının bazı vadileri tıkayarak kapalı havzalar meydana getireceği muhakkaktır. Volkanik erüpsiyonlara şiddetli yağmur yağışlarının refakat ettiği de bilinmektedir. Adı geçen kapalı havzalarda biriken göllerde tüflerin çökmesi, lavların göllere ulaşması, sıcak termal eriyiklerin göl sularına karışması gibi olaylar sonucu tüflerde toz halinde bulunan feldispatın erimesine ve kaolin oluşumuna yol açan pH şartları ortaya çıkmaktadır. Çıkan gazların havzada biriken sularla reaksiyona girmesi de bu şartların meydana gelmesinde etkili olabilir. Solfatar ve fümerol fazında bulunan volkanlarda, gayzerlerde ve sıcak su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde killi-kükürtlü-silisli ve karbonatlı sinterler sık sık görülür. Lavların içinde gazların uzun süre mahsur kaldığı, hatta gaz ayrışmasının bazan yıllarca sürdüğü bilinmektedir. Lav tabakalarının içine nüfuz ederken ısınan ve ayrışmakta olan gazları da bünyesine alan satih sularının aktif hale gelip, kaolinleşmeyi başlatması muhtemeldir. Yukarıda oluşumu anlatılan ve Şekil 1 de (5 no.lu yatak) şematik olarak gösterilen kapalı havzalarda kaolinleşme ilerledikçe suya geçen ve uzaklaşamayan alkaliler bazik bir ortam yaratırlar. Bu ortam kaolinin bünyesindeki silise de etki ederek boksit oluşumuna yol açmaktadır. Bu havzalarda sedimentasyonun da vuku bulması ve alkalik eriyiklerin turba oluşumuna yol açmaları kil-kaolinli kil-boksit ve linyit parajenezini ortaya çıkarmaktadır.

3.4. Kaolin oluşumu ile magmanın kimyasal terkihi arasındaki münasebetler

Volkanik kayaçların juvenil-bazaltik sima magmasından mı, yoksa palinjenorojenetik sial magmasından mı meydana geldikleri sorunu kaolin oluşumu bakımından son derece önemlidir. Bazaltik magmanın su ve gaz bakımından fakir, kuru bir magma olduğu, düşük viskozite yüzünden de bazaltik lavların sakin erüpsiyon sonucu geniş alanlara yayıldığı bilinmektedir. Halbuki, asit magmanın viskozitesi daha çok, uçucu ve akıcı eleman muhtevası da daha fazladır. Bazik kayaç-

lardaki feldispatlar pH değeri yüksek eriyiklerde bozulduklarından, genellikle bentonitik kil minerallerine dönüşürler. Kaolin oluşumunda bu kayaçların oynadığı rol sadece asit eriyiklerin alkalileşmesi ve silisin eritilmesinde ortaya çıkar.

Yüksek asit özellikteki lavlardan hâsıl olan ponza ve süngertaşlarındaki ince cidarlı çok sayıdaki gözenekler bu magmanın gaz zenginliği ve yüksek viskozitesi hakkında bir fikir verebilir. Bu sebeplerden asit lavlardan gazların ayrışması çok uzun sürer; bu arada asit özellik kazanan ve ısınarak aşağıda inen suların feldispatları kaolinleştirmesi de kolaylaşır. Basınç azalmasının asit lavları çok daha evvel katılaştırması, asit magma erüpsiyonunun şiddetli patlamalarla vukua gelmesi ve bol tuf neşrine sebep olması, kaolin oluşumu yönünden önemli olaylardır.

Türkiye'deki kaolinlerin büyük bir kısmı andezitler içinde ortaya çıkmaktadır. Andezitleri de daha çok montmorillonit alterasyonu gösteren bazik ve nötr andezitler ve daha çok kaolinit alterasyonu gösteren beyaz asit andezitler olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür. Andezitlerin değişik kökenli magmalardan değil, sadece bazaltik magmanın büyük derinliklerde ayrışmasından hâsıl olduğu yaygın bir görüştür (3). Çok yerde kaolinin ana kayacım temsil eden andezitlerin menşeyini ve andezit volkanizmasını detaylı olarak araştırmak kaolin yataklarının ve kaolin provenslerinin jenezini ortaya koymak bakımından son derece lüzumludur.

Ultrabazik kayaçların özellikle serpantinlerin iyi kapanan tavan kayaçları teşkil ederek volkanizmayı engellediği ve plutonik kaolin oluşumunu kolaylaştırdığı bir gerçektir. Andezit volkanizması ve palinjen magma kökenli asit volkanizma ise, serpantin yaygın olduğu bölgelerde görülmemekte, dolayısıyla sayısız kaolin zuhurlarının bir arada bulunduğu provenslerin doğmasına yol açmaktadır.

4. KAOLİN OLUŞUMUNUN JEOTEKTONİK VE VOLKANİZMA İLİŞKİSİ YÖNÜNDEN ETÜDÜ

4.1. Gabro ve Peridotit Kuşağının meydana gelmesi

Yapılan deneyler çöken olivin kristallerinin ana magma ile gravitatif yönden dengelenmesinin 60 km derinlikte gerçekleşebileceğini göstermiştir (4). Yerküresinin ilk katılmasında bu şekilde 60 km derine inen olivinlerden ortalama 20 km kalınlığında bir peridotit kuşağı meydana gelmiştir. Olivinlerin yanında feldispatların da çökelmeye başlaması fiziksel özellikler değişik bir gabro kuşağını ortaya çıkarmıştır. Kristallenme yoluyla gelişen bu magmatik ayrışmanın son safhasında yerküresinin primer diferansiyasyonunu temsil eden granitik sial malzemesi çökelmiştir. Bu sonuncu granit kuşağı ile gabro kuşağı sınırı Konrad-Gabro Kuşağı ile Peridotit Kuşağı arasındaki sınır ise Moho-Süreksizliği olarak bilinir. Bu primer ayrışma kuşaklarının mevcudiyeti ve kalınlığı, değişik yerkaşuğu tiplerine göre değişiktir. Peridotit Kuşağından daha derinde bulunan magma ise ayrışmamış ortalama yerküresi terkinde toleit bazaltiktir ve «yüksek basınç fasiyesi» diye isimlendirilen ve cismin «dördüncü hali» diyebileceğimiz bir durumdadır. Bu durumun ne derece derinliğe kadar devam ettiği ise münakaşalıdır.

4.2. Volkanizmanın kaynağı

Peridotit Kuşağı altında yer alan yüksek basınç fasiyesinin «eklojit» karakterinde olduğu, son yapılan yer sarsıntısı etütlerinde 700 km derinliğe kadar yerkaşuğunun katı halde bulunduğu ve bu derinlikte magmanın bazaltik terkipte bulu-

nuşu konusunda ileri sürülen yeni görüşler volkanizmanın kaynağını da en az bu derinliklerde aramak lâzım geldiğini göstermiştir. Jeoloji ilminde gelişmeler devam ettikçe volkanizmanın kaynağı da daha derinlere götürülmeye başlanmıştır. Önceleri jeosenklinallerdeki çökme sonucu Sedimentlerin yüksek basınç altına girmeleri bütün volkanik olayların kaynağı olarak bilinmekte idi. Daha sonraları ise, volkanizmanın kaynağı Gabro Kuşağı ile izah edilmiştir. Fakat bazaltik magmanın kimyasal bileşiminde ve intruzyon tekniğinde Prekambrienden beri bir değişme görülmeşi magmanın çok daha derinlerde aranması lüzumunu hissettirmiştir. Peridotit Kuşağı daha ziyade «yeşil kayaçların oluşumundan mesul tutulmuş, bazaltik magmanın basınç azalması sonunda çok daha derinlerdeki «Gutenberg kanalları»ndan mobilize edildiği iddia edilmiştir. «Dış çekirdek» sonunda meydana gelen konveksiyon akımlarının adı geçen basınç azalması ile dolaylı olarak irtibatlandırılması volkanizmanın kaynağını 2900 km den ileri götürmüştür (3, 4).

4.3. Andezit magması ve Pasifik andezit çizgisi

«Gutenberg kanallarından harekete geçen magma katettiği yol boyunca ayrışmalara uğrarsa, önce «alkali-bazaltik» bir magmayı, sonra da «andezit magmasını» meydana getirmektedir. Özellikle metamorf masiflerin ve sialin oldukça kalın olduğu kıtalarda volkanizma andezitiktir. Pasifik okyanusu zemininde böyle bir sialin bulunmayışı sebebi ile volkanik kayaçların bazalt bileşiminde bir değişiklik olmamaktadır. Farklı yer kabuğu tiplerinin değişik volkanizmaya sahip oluşu bu bölgeler arasında Pasifik'te olduğu gibi bir «Andezit Çizgisi»nin düşünülmesine yol açmaktadır. Kaolinin en yaygın ana kayacı olan andezitlerin bazaltlardan ayrı bir bölgede ve genellikle ayrı zamanlarda oluşması volkanik kaolin yataklarının belli bir bölgede toplanmasına ve bazı «kaolin Provensleri»nin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

5. TÜRKİYE'DE VOLKANİK KAOLİNİN OLUŞUMU

5.1. Türkiye'de volkanik kayaçlar ve kaolin zuhurları

Yurdumuzun altında birini volkanik kayaçlar kaplar. Yeşil kayaçlar grupuna giren diyabaz, spilit, pikrit ve emsalleri dikkate alınmaz ise asit ve bazik volkanik kayaçların takriben 100 000 km² lik bir alana yayıldığı görülür. Bunlar altı büyük bölgede toplanır. Güney Marmara bölgesinin andezit-porfirit-riyolit ve asit tüfleri kaolin yönünden zengindir. Bunların içinde yer alan granit ve granodiyoritler de bazan (Söğüt ve Mihaliççık'ta olduğu gibi) kaolinin ana kayacı durumundadır. Kaolin bazı yerlerde kükürt, bazı yerlerde Pb-Sb cevheri ile parajenez halindedir. Bölgede hipo-, piro- ve epimagmatik kaolin yataklarının her çeşidi görülür. Seydişehir-Mihaliççık arasındaki İçbatı Anadolu eşliğinde zuhur eden andezit-trakit ve asit tüfler içinde de kaolinleşme yaygındır. Kaolin oluşum bakımından alünit ve manyezit gibi muhtelif cevherlerle parajenez halindedir. Ankara-Çankırı-Bolu arasındaki geniş andezit ve tuf sahasında kaolin oluşumu az, bentonit oluşumu yaygındır. Doğu Karadeniz'in sığ deniz sedimentleri içinde yer alan andezit, dasit ve granodiyoritler de buradaki kaolin-bentonit ve illit yataklarının ana kayaçlarıdır. Bunlarla Pb-Zn-Cu ve alünit cevherleri arasında parajenetik münasebetler mevcuttur. Bütün bunlar Türkiye kaolin yataklarının büyük ölçüde volkanik ve magmatik olaylarla ilgili olarak oluştuğunu göstermektedir. Aşağıya inen sularla feldispat minerallerinin alterasyona uğraması kaolin oluşumunun ikinci safhasını teşkil eder.

Sayılan dört bölgenin dışında kalan iki bölgede, yani Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da da volkanik kayalar oldukça yaygındır. Bu kayalar daha ziyade bazalt ve andezit-bazalt bileşiminde olduklarından genellikle kaolin alterasyonu göstermezler (Şek. 2).

5.2. Türkiye andezit çizgisi

Kaolinin ana kayacını teşkil eden asit ve nötr lavların Batı Anadolu'da, bazik lavların ise, Doğu Anadolu'da yaygın olduğu bir gerçektir. Pasifik bölgesinde olduğu gibi yurdumuzda da andezit ve bazalt volkanizmasını ayıran bir sınır mevcuttur. Takriben Artvin ile Alanya arasında çekilebilecek bu andezit çizgisinin batısındaki 40 000 km² lik volkanik bölgede bazalt oluşumu yok denecek kadar azdır, doğusundaki 60 000 km² lik volkanik bölgede ise bazaltik lavlar çoğunluktadır. Andezit çizgisi Kuzey Anadolu kırık hattına (=Paphlagonische Narbe) dik bir tektonik istikameti takip etmektedir. Toros sisteminin bu çizgi boyunca kuzeye yöneldiği ve orojenetik fasiyesin bu istikamette kristalin masiflerden ayrıldığı iddia edilebilir. Germanotip yapı gösteren masiflerde Kelkit fay hattına ve andezit çizgisine paralel 130° ve 50° uzanımlı fayların sıra ile kalkopirit ve pirit cevherleşmesi gösterdiği, sonuncuların daha genç olduğu, iki sistemin kesiştiği yerlerde bakır konsantrasyonunun arttığı bilinmektedir. Bu sistemlerin genç epirogenetik hareketlere bağlanamayacağını, Liastan beri bu fayların zaman zaman çeşitli magmatik ve volkanik olaylara sebep olduğunu Doğu Karadeniz'de yapılan son çalışmalar göstermiştir (6). Böylece andezit çizgisi değişik yer kabuğu tiplerini birbirinden ayıran bir sınır hüviyetini kazanmaktadır. Türkiye'de bilinen ve işletilen bütün kaolin ocakları bu çizginin batısında toplanmıştır (Şek. 2). Bu sial tabakasının oldukça kalın olduğu eski kristalin masiflerde yükselen ve bu arada ara istasyonlar teşkil ederek andezitleşen magmanın bazaltik magmadan bölgesel olarak ayrılmasının doğal bir sonucudur.

6. SONUÇ

Kaolin oluşumu tabiatta en yaygın olan ve genellikle bir arada bulunan Si-Al-Fe elementlerinin birbirlerinden ayrılmalarına bağlıdır. Bunu sağlayacak kimyasal ortam volkanik ve magmatik olaylar sırasında kolayca sağlanabilir. Feldispatın aşağıya inen suların alterasyonu ile kaolinite dönmesi ikinci safha olarak kabul edilmelidir. Kaolinin tabiatta alünit, manyezit, kükürt ve çeşitli hidrotermal cevherlerle müşterek bir jenez göstermesi, onun büyük ölçüde volkanik ve magmatik olaylara bağlı olduğunu ispat etmektedir.

Bazaltik magmadan bölgesel olarak ayrılan andezit magması ve palinjen-orojenetik sial magmasının erüpsiyonuna bağlı asit lavlar kaolinin ana kayacını meydana getirirler. Bunlar daha çok Orta ve Batı Anadolu'da toplanmışlardır; Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da ise bazaltik lavlar yaygındır. Bilinen bütün kaolin yatakları da değişik yapı özellikleri olan bölgeleri birbirinden ayıran andezit çizgisinin batısında toplanmıştır.

B İ B L İ Y O G R A F Y A

- 1 — ADLER, R. & SCHMIDT, M. (1966) : Tektonische Beobachtungen auf Lipari. *N. Jb. Geol.*, 11, S. 641-665, Stuttgart.
- 2 — BORCHERT, H. (1966) : Genetische Typen von Kupfererzlagertstätten und ihre Verknüpfung mit juvenil-basaltischem und/oder sialisch-paligenem Magmatismus. *Schr. d. Ges. d. Metallhütten- u. Berg-Leute*, Heft 18, CI-Z. S. 4-19.
- 3 —————(1967) : Vulkanismus und oberer Erdmantel in ihrer Beziehung zum äusseren Erdkern und zur Geo-Tektonik. *Bolletino die Geofisika Teorica ed Applicata*, Vol. IX, No. 35.
- 4 —————& BÖTTCHER, W. (1967) : Zur Petrologie der Litosphaere in ihrer Beziehung zu geologischen Diskontinuitäten. *Gerlands Beitr. z. Geophysik*, 76, H. 4, Leipzig.
- 5 —————(1968) : Der Wert gesteins-und lagertstätten-genetischer Forschung für die Geologie und Rohstoffnutzung. *Ber. d. Ges. geol. Wiss. B. Miner. Lagerst.*, 13. 1. 65-116, Berlin.
- 6 — KRONENBERG, P. (1969) : Bruchtektonik im Ostpontischen Gebirge (NE-Türkei). *Geol. R. Ba.* 59, S. 257-265, Stuttgart.
- 7 — SEYHAN, İ. (1969) : Die geologische Stellung der Tonlagertstätten bei Bendorf... *M.T.A. Yayınl.*, Nr. 142, 92 S. Ankara.
- 8 — —————& BÖTTKE, H. (1969) : Die montangeologische Bewertung der Zusammenhänge von Geologie und Technologie feuerfester Tone... *Bergb. Wiss.* 16 (1969), S. 459-464. Goslar.
- 9 —————(1968) : Ren Masifi Neuwied havzasının (Batı Almanya) doğu kenarındaki Bendorf kil yataklarının jeolojik durumu. *M.T.A. Derg.* no. 70, Ankara.
- 10 — YALÇINLAR, İ. (1969) : Volkanik rölieif şekilleri. *Strüktüral Morfoloji*, cilt 2, istanbul.