Yerbilimleri, 14, 45-61 (1987)

NEOJEN YAŞLI EMET GÖLSEL VOLKANOSEDİMANTER BASENİNİN MİNERALOJİK-PETROGRAFİK İNCELENMESİ : NEOFORMASYON MİNERALLERİNİN OLUŞUMU VE DAĞILIMI

MINERALOGIC-PETROGRAPHIC INVESTIGATION OF EMET LACUSTRINE VOLCANOSEDIMENTARY BASIN OF NEOGENE AGE: FORMATION AND DISTRIBUTION OF NEOFORMATION MINERALS

Hüseyin Yalçın ve M. Niyazi Gündoğdu
Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe-Ankara

ÖZET

Bu çalışmada, Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Emet volkanosedimanter baseninde gölsel birimlerin mineralojik-petrografik özellikleri ile bazı neoformasyon minerallerinin oluşumu ve dağılımları incelenmiştir.

Sedimanter birimlerde belirlenen neoformasyon minerallerinden simektit, klinoptilolit, analsim, opal-CT, kuvars, K-feldispat, jips, kükürt, realgar ve örpimentin diyajenetik süreçler sırasında; karbonat (kalsit ve dolomit) ve borat (kolemanit, üleksit, probertit ve hidroborasit) minerallerinin kimyasal çökelme sonucunda oluştukları belirlenmiştir.

Camsı kül/toz tüflerinden oluşan Köpenez formasyonunda basenin beslenme rejimine bağlı olarak KB-GD yönünde, volkanik cam + simektit, klinoptilolit, analsim ve K-feldispat biçiminde dizilim gösteren mineralojik zonlanmalar gelişmiştir. Emet formasyonunda ise yaklaşık K-G doğrultusundaki Ca ve NaCa-borat fasiyeslerinin alansal dağılımına kükürt ve sülfat mineralleri eşlik etmektedir.

SUMMARY

In this study, the mineralogic-petrographic properties, the formation and the distribution of some neoformation minerals of lacustrine units which is located in the Emet basin in Northwestern Anatolia have been investigated.

It has been concluded that smectite, clinoptilolite, analcime, opal-CT, quartz, K-feldspar, gypsum, celestite, sulphur, realgar and orpiment which is determined in the sedimentary units are auhigenic; while carbonate (calcite and dolomite) and borate minerals (colemanite, ulexite, probertite and hydroboracite) are the products of chemical precipitation.

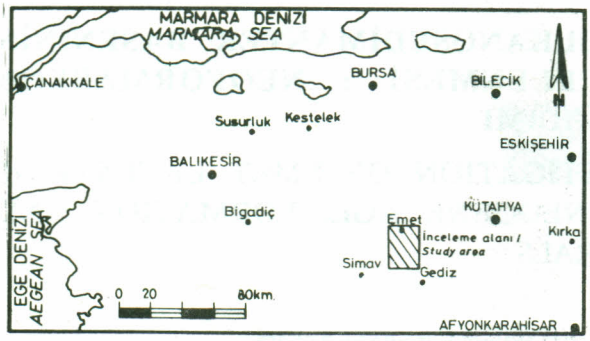
In the vitric ash/dust tuffs of the Köpenez formation, a mineralogic zoning of volcanic glass + smectite, clinoptilolite, analcime and K-feldspar has developed to be the result of the feeding regime of the basin from northwest towards southeast. Sulphur and sulphate minerals have been accompanied to lateral distribution of Ca and NaCa-borate facies which is nearly from north towards south in the Emet formation.

GİRİŞ

Bu çalışmada, Neojen yaşlı Emet gölsel beseninin mineralojik-petrografik özellikleri, zeolit ve borat gibi bazı neoformasyon minerallerinin oluşumu, dikey ve alansal dağılımları araştırılmıştır.

İnceleme alanı, Kuzeybatı Anadolu'da Kütahya'nın yaklaşık 100 km güneybatısında yer almakta olup Hisarcık'ın güneyindeki 1:25 000 ölçekli Kütahya J22 c1, c2, d2 ve d3 paftalarını (245 km^2) kapsamaktadır. Endüstriyel hammadde açısından önemli olan boratlı Emet formasyonunun incelenmesi ise Emet-Espey, İğdeköy Göktepe ve Hisarcık-Dereköy bölgelerini (Kütahya J22 a2, a3, b1, b4, c1 ve d2) içine alacak biçimde daha geniş bir alanda (yaklaşık 300 km^2) gerçekleştirilmiştir (Şekil-1)

Bölgedeki ilk çalışma, borat yatağının varlığını da ortaya çıkaran Gawlik (1956) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmayı; boratların oluşumu ve mineralojisi (Özpeker, 1969; Brown ve Jones, 1971; Helvacı ve Firman, 1977; Helvacı, 1984; Yalçın ve Gündoğdu, 1985a), zeolit oluşumları (Ataman,



Şekil 1. İnceleme alanının bulduru haritası
Figure 1. Location map of the investigated area.

1977; Ataman ve Gündoğdu, 1982), kil mineralojisi (Ataman ve Baysal, 1978; Yalçın ve Gündoğdu, 1985b), volkanitlerin petrolojisi (Ercan ve diğ., 1984), bölgenin jeolojisi (Gün ve diğ., 1979; Akdeniz ve Konak, 1979; Akbulut ve diğ., 1984; Yalçın ve diğ., 1985), volkanosedimanter birimlerin sedimantolojisi (Semelin ve Yalçın, 1984; Semelin, 1985), borat ve karbonat minerallerinin jeokimyası (Gündoğdu ve Yalçın, 1985) gibi farklı konulara yönelik araştırmalar izlemiştir.

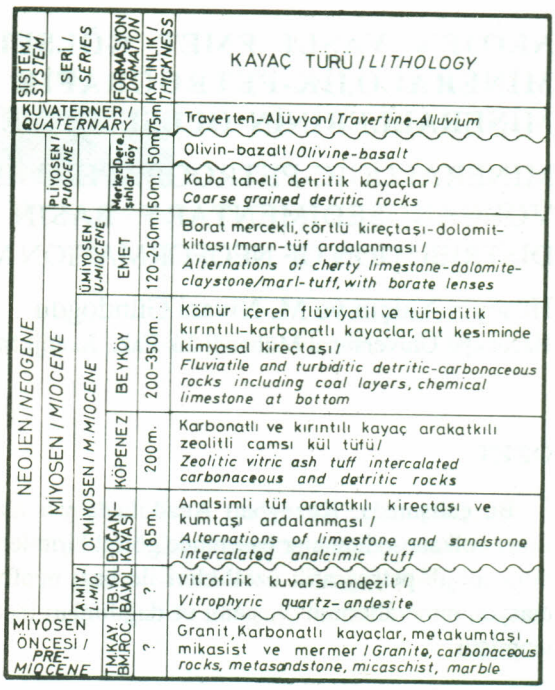
BÖLGESEL JEOLOJİ VE STRATİGRAFİ

Menderes masifinin kuzeydoğu ucunda yer alan inceleme alanı ve yakın çevresinde Paleozoyik yaşlı metamorfitler, karbonat kayaçları (Alt Triyas-Jura), Paleosen yaşlı Eğrigöz granitik kayaçları (Akdeniz ve Konak, 1979) ile Neojen yaşlı volkanitler ve gölsel sedimanter birimler bulunmaktadır.

Yukarıda kabaca verilen ve istifin Hisarcık güneyinde kalan kesimi Yalçın ve diğerleri (1985) tarafından dokuz litostrotigrafi birimine ayrılmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi Neojen yaşlı gölsel istif, tüflü-killi-karbonatlı-kırıntılı-silisli kayaçlar ve boratlar ile temsil edilmekte ve bu çalışmanın asıl konusunu oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Litostratifrafik birimlerden noktasal ve ölçülü kesitler boyunca alınan örnekler ile sondaj karotları üzerinde optik mikroskop (OM),. taramalı elektron mikroskop (SEM), X-ışınları tüm kayaç (XRD-TK) ve kil fraksiyonu (XRD-KF) gibi inceleme ve çözümleme yöntemleri uygulanmıştır.



Şekil 2. Emet gölsel baseninin basitleştirilmiş stratigrafi dikme kesiti (Ölçeksiz).
Figure 2. Simplified stratigraphic column of Emet lacustrine basin (Not to scale).

X-ışınları çözümlemeleri Philips PW 1140 model difraktometrede H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde SEM incelemeleri ise Strasbourg Jeoloji Enstitüsü'nde Cameca 07 tip 20.000 büyütmeli mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerden X-ışınları çözümlemeleri sedimanter kayaçlardaki submikroskopik mineralleri ve bunların kil fraksiyonunu tanımlamak; SEM incelemeleri otijenik minerallerin şekil, biçim ve boyut gibi morfolojik özelliklerini ve diğer bileşenlerle olan dokusal ilişkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. OM incelemeleri ile de örneklerin dokusal özellikleri, mineralleri ve olasıl ikincil değişimler belirlenerek kayaçlar adlandırılmıştır.

MİNEROLOJİ-PETROGRAFİ

Taban Volkanitleri

Birimi oluşturan volkanik kayaçlar vitrofirik-porfirik dokuya sahiptir. Açık renkli bileşenlerden kuvars, plajiyoklaz ve alkali feldispat (sanidin ve anortoklaz); koyu renkli minerallerden opasitleşmiş biyotit ve eser miktarda bulunan hornblend kayacı

oluşturan fenokristallerdir. Plajiyoklaz andezin bileşiminde olup yer yer killeşme, serisitleşme ve karbonatlaşma gibi bozunmalar gösterir. Çoğunlukla volkanik cam ve çok az da kuvars, feldispat ve biyotit mikrolit-kristalitlerinden oluşan hamurun devitrifikasyonu sonucu ikincil silisleşmeler gelişmiştir.

Modal çözümleme ile % 9-14 kuvars, % 5-19 alkali feldispat ve % 81-95 plajiyoklaz içeren bu kayaçlar, "feno-kuvars andezit" olarak adlandırılmıştır (Streckeisen, 1979).

Doğankayası formasyonu

Birimin ana litolojisini temsil eden kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar kalsit, kuvars, feldispat, muskovit, biyotit, kil mineralleri, opak mineral ve kayaç parçacıkları içermektedir. Karbonatlı kayaçlar dokusal açıdan Folk'un (1968) sparit ve kumlu sparit tanımına karşılık gelmektedir. Kırıntılı kayaçlar ise Van Andel (1958) ve Travis'in (1971) sınıflamalarına göre subarkoz/kuvarslı kumtaşı şeklinde adlandırılmıştır.

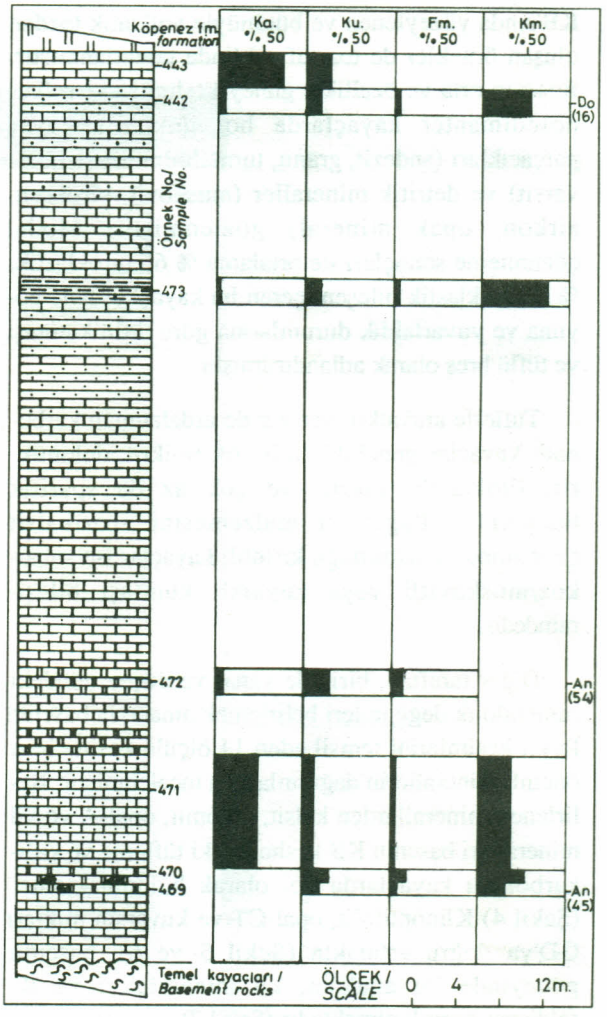
Formasyonun alt seviyelerinde gözlenen piroklastik kayaçlar; analsim, kil mineralleri, kuvars, sanidin, andezin, biyotit, lifsi özellikteki pomza ve kayaç parçacıklarından oluşmaktadır. Bu bileşenler toz boyundaki volkanik malzeme ile bağlanmış olup kayaca camsı kül tüf adı verilmiştir (Schmid, 1981).

Yukarıda tanımlanan önemli minerallerin dikey dağılımları Şekil 3'de gösterilmiştir. Buna göre, karbonat ve kil mineralleri birimin esas minerallerini oluşturmakta ve killi-karbonatlı ve tüflü seviyelerde yer almaktadır.

Köpenez formasyonu

Litostratigrafik birimin piroklastik, karbonatlı ve kırıntılı kayaçlarında yapılan OM (64 adet) ve XRD-TK (181 adet) incelemeleri ile bunların klinoptilolit, analsim, kuvars, andezin, K-feldispat kil mineralleri, biyotit, kalsit, dolomit, opal-A, opal-CT, hornblend, muskovit, opak mineral, kayaç parçacıkları ve pomza parçaları içerdikleri belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki piroklastik kayaçlar, lekeli kahverengi-siyah toz boyutundaki (1/16 mm'den küçük) volkanik malzeme ile bağlanmış olup vitroklastik dokuya sahiptir. Bağlayıcı malzemede



Şekil 3. Doğankayası formasyonu Doğankayası D. kesitinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ka: Kalsit, Ku: Kuvars, Fm: Feldispat mineralleri, Km: Kil mineralleri, Do: Dolomit, An: Analsim.

Figure 3. *The vertical distributions of some important minerals determined in Doğankayası D. section from Doğankayası formation (Ka: Calcite, Ku: Quartz, Fm: Feldspar minerals, Km: Clay minerals, Do: Dolomite, An: Analcime).*

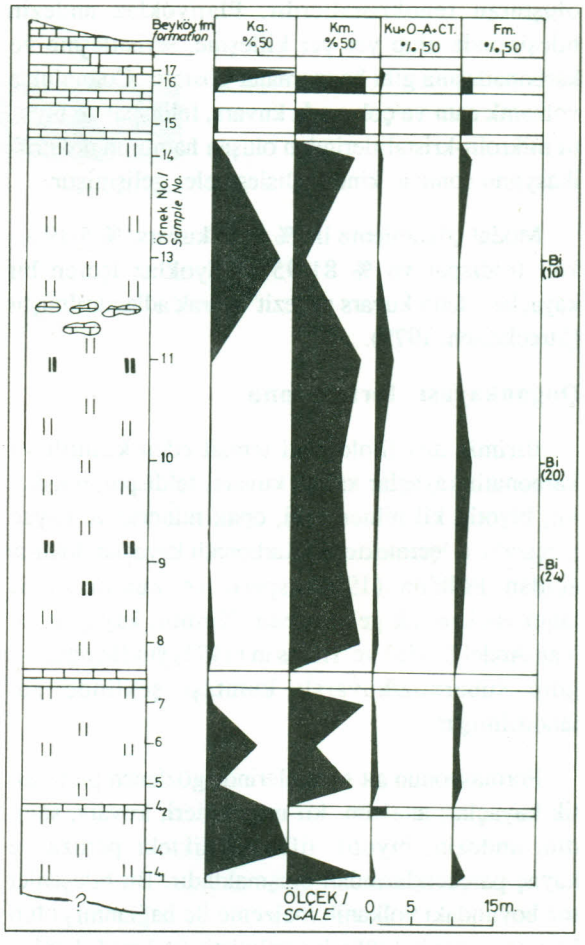
gözenek suyundan çökelmiş sparitik karbonat çimento, killeşme-opaklaşma gibi bozunmalar ve perlitik doku da gözlenmiştir. Modal çözümlemeler (Kristal parçaları :% 1-13, Pomza ve cam: % 65-92, Kayaç parçacıkları : % 1-14; Kuvars: % 5-6, Alkali feldispat: % 1-6, Plajiyoklaz : % 88-94) ile bunların andezitik bileşimli (Streckeisen, 1979) camsı kül tüfü (Schmid, 1981) oldukları saptanmıştır. Basenin

KB'sında yüzeylenen ve bütünüyle volkanik tozdan oluşan örnekler de toz tüf şeklinde tanımlanmıştır. Basenin orta ve özellikle güney kesimindeki volkanosedimanter kayaçlarda bol miktarda kayaç parçacıkları (andezit, granit, turmalinli mikaşist, kuvarsit) ve detritik mineraller (muskovit, piroksen, zirkon, opak mineral) gözlenmiştir. Modal çözümleme sonuçları ile ortalama % 65 piroklastik, % 35 epiklastik bileşen içeren bu kayaçlar, tane boyuna ve yuvarlaklık durumlarına göre tüflü kumtaşı ve tüflü breş olarak adlandırılmıştır.

Tüflerle arakatkılı yer yer de ardalanmalı karbonatlı kayaçlar genellikle mikritik (mikrit, dolomikrit, litoklastlı mikrit) ve çok az da sparitik bünyelidir. Bağlayıcı malzemesini sparikalsit çimentonun oluşturduğu kırıntılı kayaçlar ise subarkoz/muskovitli veya kuvarslı kumtaşı bileşimindedir.

Diğer taraftan, birimde yanal ve düşey yöndeki mineralojik değişimleri belirlemek amacıyla basenin farklı kesimlerini temsil eden 11 ölçülü kesitte bazı önemli minerallerin dağılımları da incelenmiştir. Belirlenen minerallerden kalsit, dolomit, opal-A ve kil mineralleri basenin KB kesimindeki tüflerde ve killikarbonatlı kayaçlarda bol olarak bulunmaktadır (Şekil 4) Klinoptilolit, opal-CT ve kuvarsın miktarı GD'ya doğru artmakta (Şekil 5 ve 6), basenin güneyinde ise analsim, kil mineralaleri ve K-feldispat önemli olmaktadır (Şekil 7).

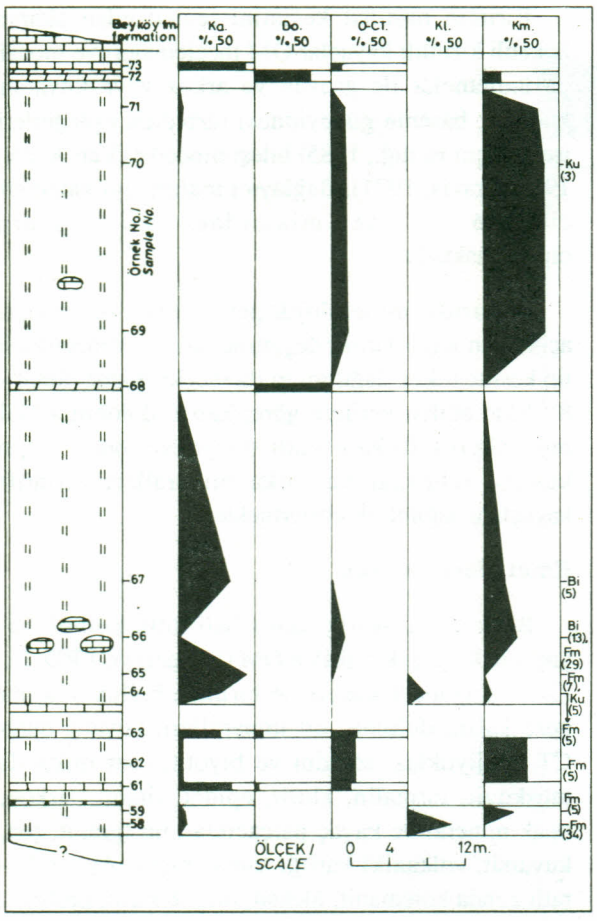
Tüflerde belirlenen minerallerin kökenine açıklık getirmek için SEM incelemeleri yapılmıştır. Basenin kenar fasiyeslerinde yer alan toz tüflerin taze volkanik çam ve pomza içerdikleri (Levha 1, a) ve bunların kısmen veya bütünüyle simektite dönüştükleri (Levha 1, b) gözlenmektedir. Camsı kül tüflerinde bulunan özşekilli klinoptilolitler, tabletler/levhalar biçiminde tipik monoklinik simetriye sahiptir. 5-20 mikron uzunluğunda ve 1-3 mikron kalınlığında bu minerallerin kayacın boşluklarında geliştiği görülmektedir (Levha 1, c ve d). Boşluklarda gözlenen özşekilli kristallerin miktarı, kayaçta XRD-TK çözümlemeleri ile belirlenen zeolit yüzdesinin (% 20-90, ort. % 60) çok altındadır. Bigadiç basenindeki zeolitli serilerde araştırmalar yapan Gündoğdu (1982) ile Baysal ve diğ. (1986) da aynı ilişkiyi gözlemişler ve kayaçtaki masif kesimin de zeolit olduğunu belirt-



Şekil 4. Köpenez formasyonu Karapınar D. kesitinde taze volkanik cam+simektit fasiyesinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ka: Kalsit, Km: Kil mineralleri, Ku: Kuvars, O-A: Opal-Amorf, O-CT: Opal-Kristobalit/Tridimit, Fm: Feldispat mineralleri, Bi: Biyotit).

Figure 4. The vertical distributions of some important minerals determined in the fresh volcanic glass+smectite facies in Karapınar D. section from Köpenez formation (Ka: Calcite, Km: Clay minerals, Ku: Quartz, O-A: Opal-Amorph, O-CT: Opal-Cristobalite/ Tridymite, Fm: Feldspar minerals, Bi: Biotite).

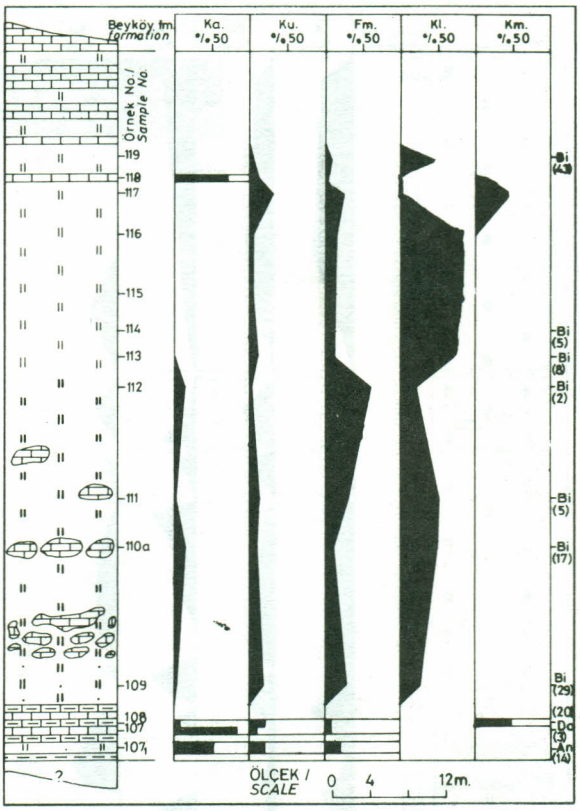
mişlerdir. Tüflerdeki klinoptilolit ile birlikte bulunan opal-CT ise sferülit-iğnelerin oluşturduğu 10-15 mikron çapında küreler şeklinde bulunmaktadır. Diğer zeolit minerallerinden analsim, kübik-trapezohedral simetrileri ile kolayca tanınmaktadır. (Levha 1, e). Özşekilli kristalleri 10-40 mikron



Şekil 5. Köpenez formasyonu Balçaoluk D. kesitinde klinoptilolit+opal-CT fasiyesinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ka: Kalsit, Do: Dolomit, O-CT: Opal-Kristobalit/Tridimit, Kl: Klinoptilolit, Km : Kil mineralleri, Ku: Kuvars, Fm: Feldispat mineralleri, Bi: Biyotit).

Figure 5. The vertical distributions of some important minerals determined in the clinoptilolite+ opal CT facies in Balçaoluk D. section from Köpenez formation (Ka: Calcite, Do: Dolomite, O-CT: Opal-Cristobalite/ Tridymite, Kl: Clinoptilolite, Km: Clay minerals, Ku: Quartz, Fm: Feldspar minerals, Bi: Biotite).

çapında olup kuvars ve K-feldispat ile kil matriksi içinde yer almaktadır. K-feldispat ise 5-15 mikron büyüklüğünde, özşekilli, monoklinik kristaller halinde bulunmaktadır (Levha 1, f).

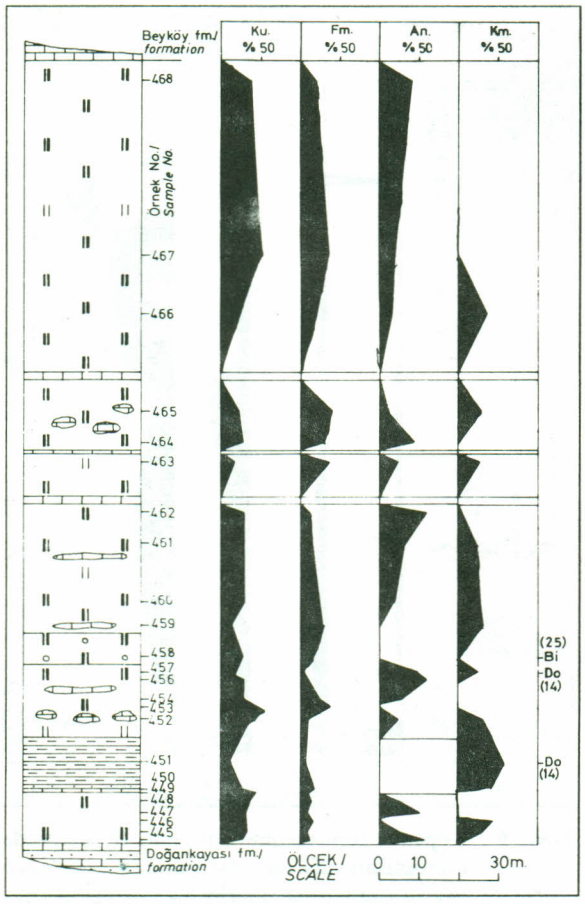


Şekil 6. Köpenez formasyonu Bahçealtı D. kesitinde klinoptilolit+Kuvars fasiyesinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ka: Kalsit, Ku: Kuvars, Fm: Feldispat mineralleri, Kl: Klinoptilolit, Km: Kil mineralleri, Do: Dolomit, An: Analsim, Bi: Biyotit).

Figure 6. The vertical distributions of some important minerals determined in the clinoptilolite+quartz facies in Bahçealtı D. section from Köpenez formation (Ka: Calcite, Ku: Quartz, Fm: Feldspar minerals, Kl: Clinoptilolite, Km: Clay minerals, Do: Dolomite, An: Analcime, Bi: Biotite).

Beyköy formasyonu

Birimin karbonatlı-killi-kırıntılı kayaçlarında gerçekleştirilen OM (40 adet) ve XRD-TK (38 adet) incelemeleri birimde kalsit, dolomit, kil mineralleri, plajiyoklaz, sanidin, ortoklaz, mikroklin, muskovit, biyotit, kayaç parçacıkları (şist, kuvarsit, sedimanter ve volkanik) ve eser miktarda turmalin, klorit, epidot, titanit, zirkon ve opak minerallerin bulunduğunu göstermiştir.



Şekil 7. Köpenez formasyonu Doğankayası D. kesitinde analsim+kuvars fasiyesinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ku: Kuvars, Fm: feldispat mineralleri, An: Analsim, Km:Kil mineralleri, Do: Dolomit, Bi: Biotit).

Figure 7. The vertical distributions of some important minerals, determined in the analcime+quartz facies in doğankayası D. section from Köpenez formation (Ku: Quartz, Fm: Feldspar minerals, An: Analcime, Km: Clay minerals, Do: Dolomite, Bi: Biotite).

Formasyonun alt kesimindeki kimyasal kireçtaşları genellikle mikritik (mikrit, dolomitli mikrit), daha az da sparitik (intraklastlı sparit, mikrosparit) özelliktedir. Birimin orta ve üst kesiminde yer alan kırıntılı karbonatlı kayaçlar Balagopal ve Srivastava'ya (1973) göre biyojenik kireçtaşı: Folk'un (1968) dokusal sınıflamasına göre mikritik (biyomikrit, litoklastlı ve/veya dolomitli mikrit) ve litoklastlı sparit; tane boyuna göre (Bissel ve Chilingar, 1967) de kalkarenit olarak adlandırılabilir.

Birimin orta-üst kesimini temsil eden akarsu kökenli kırıntılı kayaçlar OM incelemeleri ve modal çözümlemeler ile grovak ve arkoz veya kuvarslı kumtaşı; basenin güneyindeki türbiditik eşdeğerleri ise (Yalçın ve diğ., 1985) bileşimindedir (Van Andel, 1958; Travis, 1971). Bağlayıcı malzemeyi karbonat çimento ve az miktardaki kil hamuru oluşturmaktadır.

Yukarıda mineralojik-petrografik özellikleri açıklanan kayaçların bileşimine katılan minerallerin tip kesitte dikey dağılımları da incelenmiştir (Şekil - 8). Elde edilen verilere göre; kalsit, dolomit ve kil mineralleri killi-karbonatlı seviyelere, buna karşın kuvars, feldispat ve mika mineralleri kırıntılı kayaçlara bağımlılık göstermektedir.

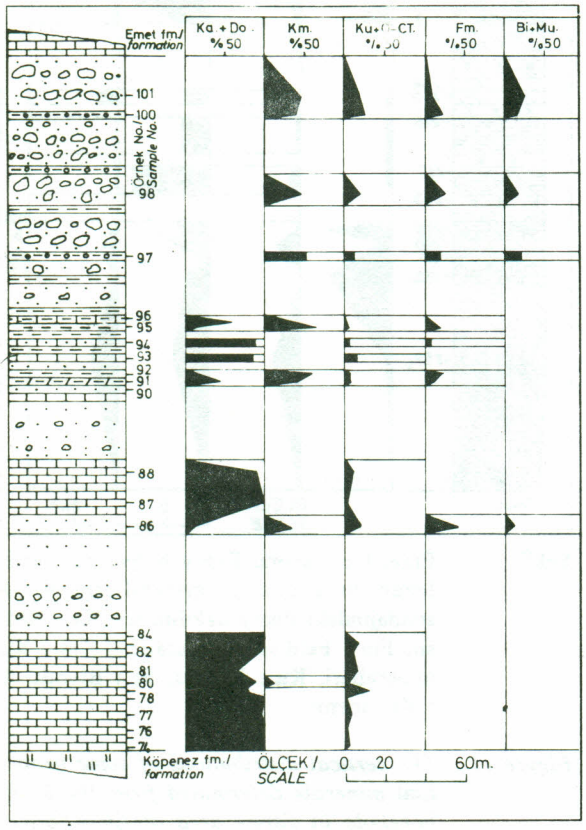
Emet formasyonu

Birimin killi-karbonatlı-silisli-tüflü-kırıntılı kayaçlarında gerçekleştirilen OM (53 adet) ve XRD-TK (245 adet) incelemeleri ile birimde bolluk sırasına göre kalsit, dolomit, kil mineralleri, kuvars, opal-CT, plajiyoklaz, sanidin ve biyotit, eser miktarda muskovit, turmalin, klorit, epidot, titanit, zirkon, opak mineral ve kayaç parçacıklarının (granit, şist, kuvarsit, volkanik) varlığı saptanmıştır. Ayrıca boratlı zonda kolemanit, üleksit, hidroborasit, probertit gibi borat minerallerinin dışında jips, sölestin, elementer kükürt, realgar ve örpimente de rastlanılmıştır. Bu minerallerden başka terujit (Negro ve diğ., 1973), meyerhofferit, viçit-A, tünelit ve kahnit (Helvacı ve Firman, 1977) gibi ekonomik olmayan yerel oluşumlar şeklindeki borat minerallerinin varlığı da bilinmektedir.

Karbonatlı-silisli kayaçlarda yapılan OM incelemeleri ve modal çözümlemeler ile boratların da yer aldığı alt seviyelerin sparitik (sparit, mikro- veya litoklastlı sparit, dolosparit), orta-üst seviyelerin mikritik (mikrit, dismikrit, dolomikrit, dolomitli veya pelletli mikrit), çört oluşumlarının yoğun olduğu kesimlerin sparitik (karbonatlı çört, dolomitli ve/veya çörtlü sparit, dolo- veya intrasparit) özellikte bulunduğu gözlenmiştir. Boratlı zonda yer yer rastlanılan kırıntılı kayaçlar ise arkoz/feldispatlı kumtaşı olarak adlandırılmıştır.

OM ve SEM incelemeleri ile boratlardan kole-

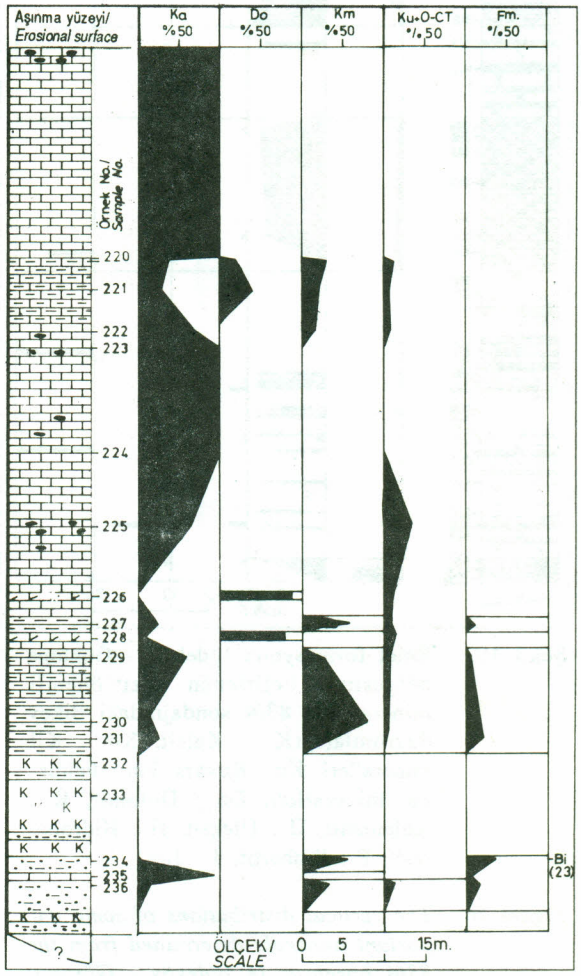
manit, bir merkezden itibaren büyümüş, ışınsal dizilimli özşekilli kristaller halinde olup kalsitleşme dışında herhangi bir bozunma izine rastlanılmamıştır. Yelpazeler biçimindeki kolemanitlerin ise bol miktarda kil kapanımları içerdiği ve kil minerallerinin kolemanit lifleri arasına fırçalar şeklinde girmiş ve mikroskopik yumruların kil kınları ile birbirinden ayrılmış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca diğer borat mineralleri arasında da birbirlerine dönüşmüş ikincil değişimler gözlenmemiştir.



Şekil 8. Beyköy formasyonu Kazılyar T. + Tilki T. kesitlerinde belirlenen bazı önemli minerallerin dikey dağılımları (Ka : Kalsit, Do: Dolomit, Km:Kil mineralleri, Ku: Kuvars, O - CT : Opal - Kristobalit/ Tridimit, Fm: Feldispat mineralleri, Bi: Biyotit, Mu: Muskovit).

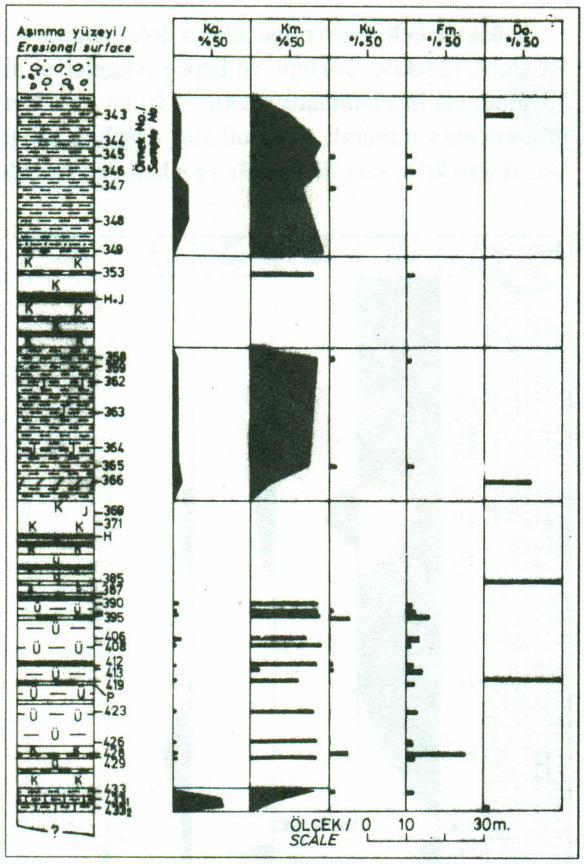
Figure 8. The vertical distrubutions of some important minerals in Kızılyar T. + Tilki T. sections from Beyköy formation (Ka : Calcite, Do:Dolomite, Km: Clay minerals, Ku: Quartz, O - CT : Opal - Cristobalite / Tridymite, Fm : Feldspar minerals, Bi: Biotite, Mu: Muscovite).

Yukarıda belirlenen minerallerin dikey dağılımları Hisarcık, İğdeköy-Göktepe ve Espey bölgelerine ait 10 sondajda incelenmiştir (Şekil 9, 10 ve 11). Birimin egemen minerali olan kalsitin dağılımı alttan üste doğru killi, kumlu, boratlı ve silisli seviyelerde



Şekil 9. Emet formasyonu Hisarcık bölgesinde belirlenen bazı önemli minerallerin 79/ 13 sondajındaki dikey dağılımları (Ka : Kalsit, Do : Dolomit, Km : Kil mineralleri, Ku : Kuvars, O - CT : Opal - Kristobalit / Tridimit, Fm : Feldispat mineralleri, Bi : Biyotit, K : Kolemanit).

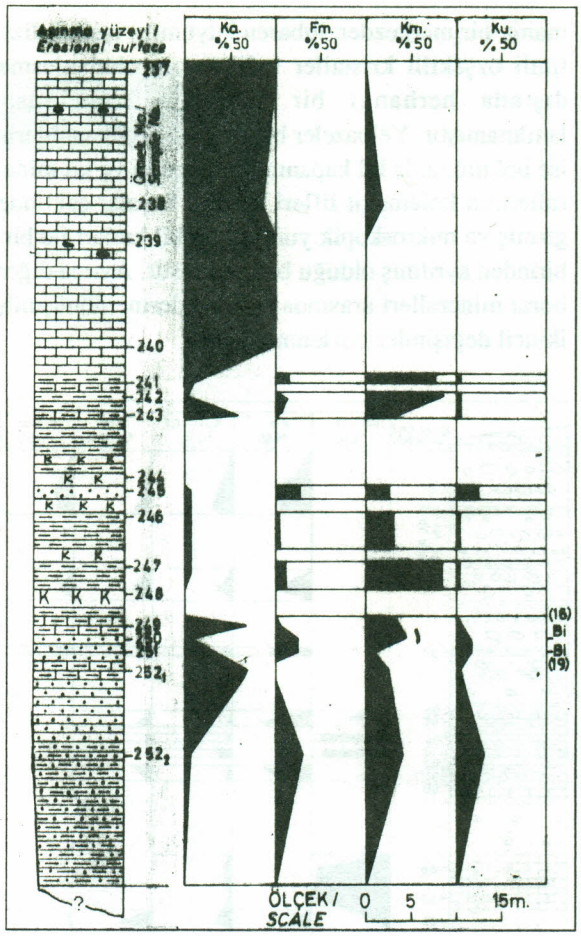
Figure 9. The vertical distributions of some important minerals determined from the 79 / 13 borehole in Hisarcık area of Emet formation (Ka : Calcite, Do : Dolomite, Km : Clay minerals, Ku : Quartz, O - CT - Opal - Cristobalite / Tridymite, Fm : Feldspar minerals, Bi : Biotite, K : Colemanite).



Şekil 10. Emet formasyonu İğdeköy - Göktepe bölgesinde belirlenen bazı önemli minerallerin 83/4 sondajındaki dikey dağılımları (Ka : Kalsit, Km : Kil mineralleri, Ku : Kuvars, Fm : Feldispat mineralleri, Do : Dolomit, K : Kolemanit, Ü : Üleksit, H : Hidroborasit, P : Probertit, J : Jips).

Figure 10. The vertical distributions of some important minerals determined from the 83/4 borehole in İğdeköy - Göktepe area of Emet formation (Ka : Calcite, Km : Clay minerals, Ku : Quartz, Fm : Feldspar minerals, Do : Dolomite, K : Colemanite, Ü : Ulexite, H : Hydroboracite, P: Probertite, J : Gypsum).

azalmakla birlikte karbonatlı kayaçların artışı ile doğrusallık göstermektedir. Kuvars ve opal-CT, çörtlü ve kırıntılı, feldispat ve biyotit tüflü-killi-kırıntılı seviyelere bağımlılık göstermektedir.



Şekil 11. Emet formasyonu Espey bölgesinde belirlenen bazı önemli minerallerin 81/18 sondajındaki dikey dağılımları (Ka : Kalsit, Fm : Feldispat mineralleri, Km : Kil mineralleri, Ku : Kuvars, Bi : Biyotit, K : Kolemanit).

Figure 11. The vertical distributions of some important minerals determined from the 81/18 borehole in Espey area of Emet formation (Ka : Calcite, Fm : Feldspar minerals, Km : Clay minerals, Ku : Quartz, Bi : Biotite, K : Colemanite).

Dereköy bazaltı

Çoğunlukla pilotaksitik ve glomeroporfirik dokulu olan bu volkanik kayaçlarda basit ve polisentetik ikizlenmeli ojit, opaklaşmış biyotit, iddingsit ve opak minerallere dönüşmüş olivin gözlenen fenokris-

tallerdir. Periklin ve karisbad ikizlenmeli plajiyoklaz mikrolitleri, az orandaki opak mineraller ve volkanik cam, hamuru oluşturmaktadır. Hamurda killeşme ve karbonatlaşma gibi bozunmalar da izlenmiştir. Yapı-doku ve tanınabilen bileşenleri gözönüne alınarak bu kayaç olivin-bazalt olarak adlandırılmıştır (Streckeisen, 1979).

NEOFORMASYON MİNERALLERİNİN OLUŞUMU VE DAĞILIMI

Zeolitleşme Olayı ve Diyajenetik Fasiyeslerin Dağılımı

Köpenez formasyonu tüflerinde gözlenen ve ürünleri klinoptilolit ve analsim biçiminde olan zeolitleşme olayının ilk aşamasının volkanik camın su ortamında hidrolizi olduğu ve kapalı alkalin-tuzlu göllerdeki ekonomik zeolit yataklarının varlığı çeşitli araştırıcılar tarafından belirtilmiştir (Hay, 1966 ve 1978; Sheppard ve Gude, 1968, 1969 ve 1973; Mariner ve Surdam, 1970; Ataman ve Beseme, 1972; Surdam ve Parker, 1972; Surdam ve Eugster, 1976; Ataman, 1977; Surdam, 1977; Surdam ve Sheppard, 1978; Ataman ve Gündoğdu, 1982; Gündoğdu, 1982). Gene aynı araştırıcılarca ifade edildiği gibi bu çözünmenin hızı başta pH ve tane boyuna bağlıdır. Bir jel ara fazından geçerek (Mariner ve Surdam, 1970) veya doğrudan oluşan zeolit minerallerinin cinsini denetleyen ana parametreler ise, çözeltilerin Si/Al oranı, katyon içeriği ve oranları (Na+K/H, K/Na+Ca+Mg, Ca/H, Mg/H) ve H_2O'un aktivitesidir. Bu parametreler ise tuzluluk ve/veya alkalinite, volkanik malzemenin ilerleyen çözünmesi ve ilksel malzemenin bileşimine bağlı olarak değişmektedir. pH ise gözenek suyunun kimyasını özellikle Si/Al oranını denetlemektedir. Hay (1966) ve Ataman (1977) jeolojik yaşlanmanın da önemli olduğunu belirtmektedir. Diğer taraftan zeolitleşmenin camsı bir tüften kısa bir zaman aralığında (1000 yıl veya daha az, Hay, 1966; 10.000-23.000 yıl, Smith, 1962) hızlı bir şekilde geliştiği ifade edilmektedir.

Bu görüşlerin ışığı altında inceleme alanında belirlenen neoformasyon minerallerinin oluşumu, diyajenetik evrimi ve dağılımı aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

Besenin kuzeybatısında güneydoğusuna doğru gidildikçe volkanik cam + dioktaedrik simektit, klinoptilolit, analsim ve K-feldispat biçiminde gelişen ve buna montmorillonit, baydelit ve 10_I-14_S'in de eşlik ettiği (Yalçın ve Gündoğdu, 1985b) yanal yönde bir mineralojik zonlanmanın varlığı söz konusudur (Şekil12). Bu zonlanma kenar kesimlerinden (pH yaklaşık 7) basenin merkezine doğru pH (9 veya daha yüksek) pH ve tuzluluğun artması ve buna bağlı olarak Si/Al oranının düşmesinden ileri gelmektedir. Emet baseninde belirlenen bu diyajenetik fasiyeslerin dağılımı, çökelme ortamlarının dağılımına da uymaktadır. Bir başka ifade ile Köpenez formasyonu üzerinde yer alan Beyköy formasyonunun çökelimi sırasında KB'dan beslendiği ortaya konulan (Yalçın ve diğ., 1985) basende, flüviyatil ortam taze volkanik cam+simektit zonuna, zeolit ve K-feldispat fasiyesleri gölsel ortama karşılık gelmektedir. Diğer taraftan bu mineralojik zonlar arasındaki sınırların temel kayaçların dokunaklarını keser durumda olması, basenin bu dönemde de KB-GD yönünde beslendiğini vurgulamaktadır.

Basenin KB'sındaki kenar fasiyeslerinde gölün taze su ile beslenmesi sonucu nötral pH koşullarına ulaşan ortamda volkanik malzemenin kısmi çözünmesiyle kil mineralleri (simektit) ve opal-A oluşmuştur. Gölün merkezine doğru (KB'dan GD'ya) tuzluluk ve pH'ın artması (pH=7-9) silisin çözünürlüğünü artırarak (Si/Al=4-5) klinoptilolitlerin (Ca,K,Na) $Al_2Si_{8-10}O_{18-24} . 6H_2O$ oluşumuna neden olmuştur. Klinoptilolit oluşumundan artan silis ise opal-CT ve kuvars neoformasyonunda kullanılmıştır. havzanın merkezine doğru pH'ın artması (pH=9-11) ise Si/Al oranını düşürmüştür (Si/Al=2-4). Ortamın Na bakımından zenginleşmesi ile analsim ($NaAlSi_2O_6 . H_2O$), K bakımından zenginleşmesi ile de K-feldispat($KAlSi_3O_8$) oluşmuştur.

Diğer taraftan bazı örneklerde klinoptilolit+analsim, klinoptilolit veya analsim+K-feldispat parajenezlerinin belirlenmesi, gözenek suyunun kimyasındaki değişikliklerin (pH ve buna bağlı Si/AL oranı) otijenik minerallerin oluşumunda ne kadar önemli olduğuna da işaret etmektedir.

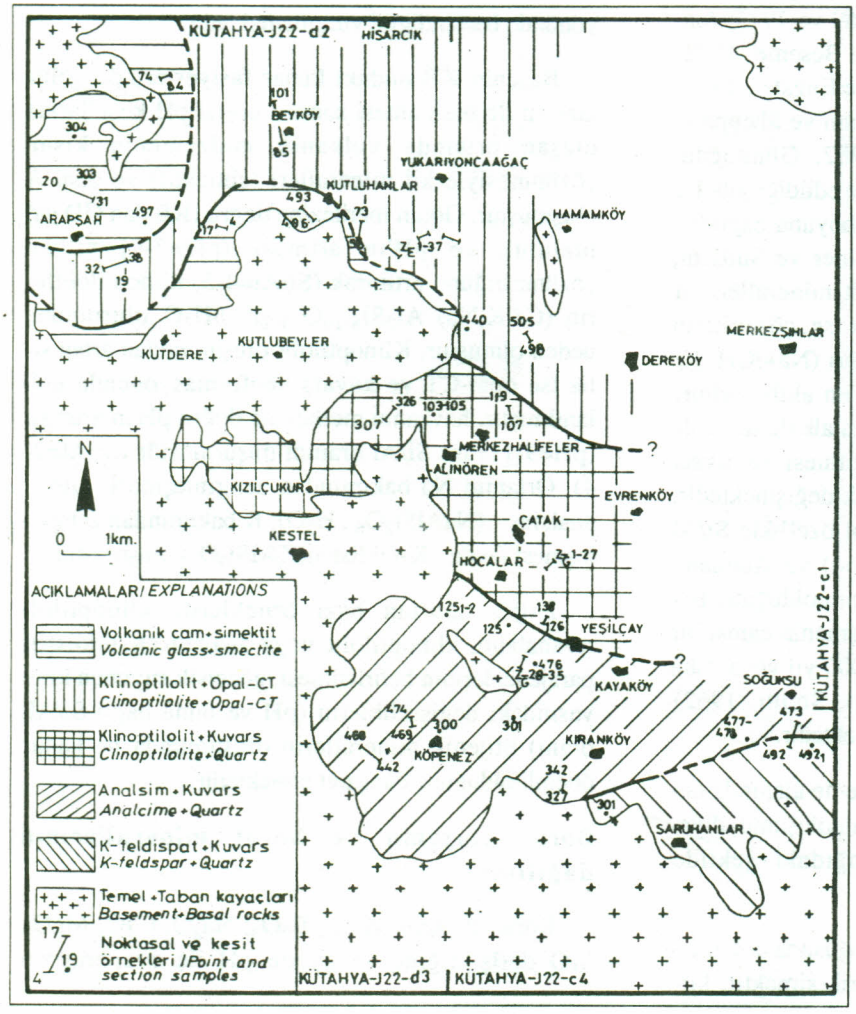
Borat oluşumu ve borat minerallerinin dağılımı

Borat minerallerinin, B_2O_3, Na_2O, CaO, MgO, SrO derişikliğine ve uygun pH ile evaporasyon

koşullarına ulaşmış doğal çözeltilerden itibaren kapalı tuzlu göllerde çökelerek ekonomik borat yataklarını oluşturduğu, volkanizma ile borat oluşumu arasında sıkı bir ilişkinin bulunduğu çeşitli araştırıcılarca ifade edilmektedir (Christ ve diğ., 1967; Özpeker, 1969; Baysal, 1972; İnan, 1975 ve 1977; Helvacı ve Firman, 1977; Helvacı, 1984; Ataman ve Baysal, 1978; Gündoğdu, 1982; Yalçın, 1984).

Kökensel açıdan kimyasal çökelme, otijenik ve diyajenetik transformasyon sonucu oluşabilen borat minerallerinin türünü belirleyen başlıca parametreler; göl suyuna katılan hidrotermal veya yüzeysel kaynaklı detritik katyonların içeriği (Ca, Na, Mg, Sr, Si, As, S) ve oranları (Ca/Na, Ca/Mg, Ca/Sr, Ca/As, Ca/Si), gözenek suyunun kimyasal bileşimi, H_2O'un aktivitesi ve sıcaklığıdır. Bu parametreler ise tuzluluk, borlu getirimlerin miktarı ve bileşimi, evaporasyon ve basenin beslenme rejimine bağlı olarak değişmektedir.

Doğal çözeltilerden ilk çökelen boratların kendi serisinin en yüksek sulu borat minerali olması gerektiği belirtilmekle birlikte (Muessig, 1959; Christ ve Garrels, 1959; Hanshaw, 1963; Christ ve diğ., 1967; Özpeker, 1969; Baysal, 1972; İnan ve diğ., 1973), doğadaki borat yatakları incelendiğinde (Schaller, 1930; Gale, 1946; Smith, 1960, Aristarian ve Hurlbut, 1972; Baysal, 1972; Yalçın, 1984) bu yataklarda inyoit ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$) veya meyerhofferit ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 7H_2O$) yerine kolemanitin ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$) egemen olduğu görülmektedir. Bu durumu İnan (1978), Özpeker ve İnan (1978) kolemanitin duyarlılık alanının inyoitinkinden çok geniş olmasına bağlamakta ve yataklar gömüldükten sonra



Şekil 12. Köpenez formasyonu tüflerindeki neoformasyon minerallerinin alansal dağılımı (Mineralojik zonlanma haritası).

Figure 12. The regional distribution of neoformation minerals in the tuffs of Köpenez formation (Mineralogic zoning map).

inyoitin suyunu kaybederek kolemanite dönüştüğünü ifade etmektedir.

Kolemanitin kökenini açıklamak için çeşitli araştırıcılar tarafından (Nikolaev ve Chelischeva, 1940; Kurnakova ve Nikoloev, 1948; İnan ve diğ., 1973; Ataman ve Baysal, 1973) yapılan deneysel çalışmalarda inyoit veya meyerhofferit → kolemanit dönüşümlerinin gerçekleşmediğini gözlemişlerdir. Helvacı (1986) ise kolemanit+kalsit karışımlarının buharlaşma ürünlerinin yine aynı mineraller olduğunu deneysel çalışmalarında belirtmektedir. Diğer araştırıcılardan İnan (1977) inyoitin yüzeysel koşullarda, 34°C'nin (±3) üstündeki sıcaklıklarda kolemanite geçebileceğini, kolemanit oluşumu için gömülmenin önemli olmadığını, asıl etkinin sıcaklık olduğunu ifade etmektedir. Yazarlar tarafından Emet ve Bigadiç basenlerinde kolemanitli zonda bulunan Heterocypris sp. cinslerinin yaşadığı ortam (35-51.5°C ve pH=8.5, Van Morkhoven, 1962) boratların oluşumu için gerekli sıcaklık ve pH koşullarına işaret etmektedir (Gündoğdu, 1982, Yalçın, 1984).

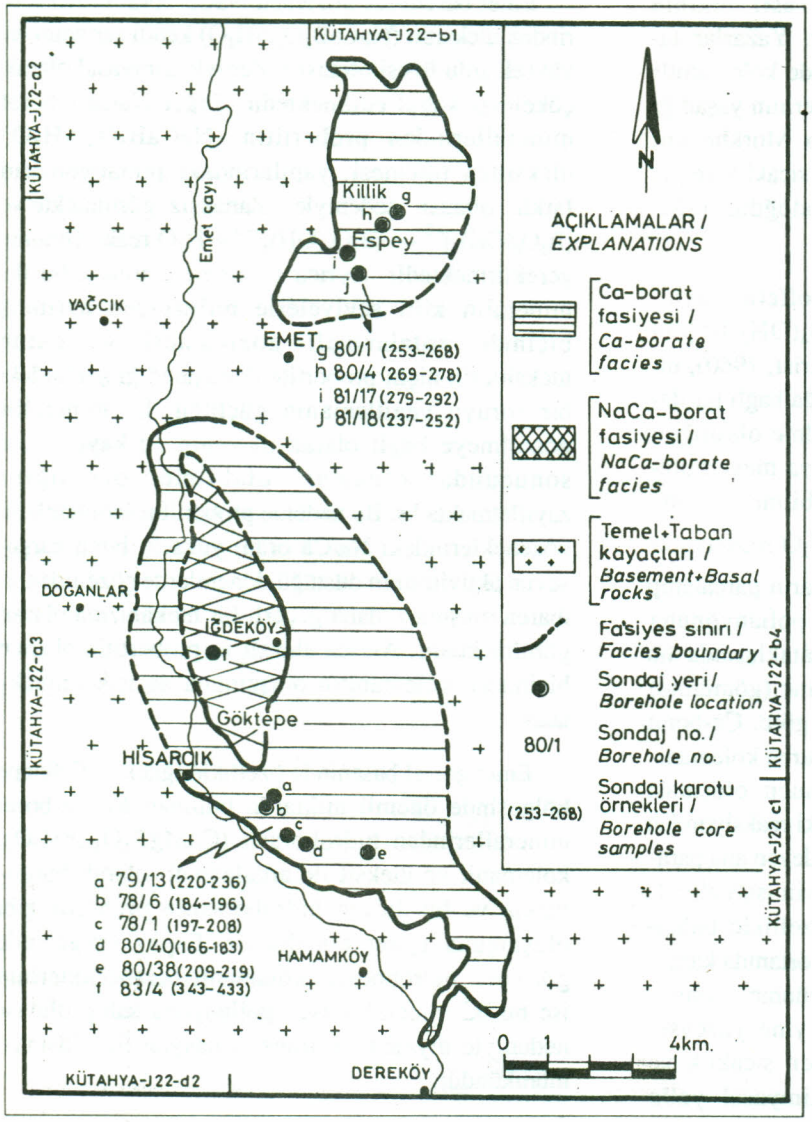
Diğer taraftan inyoit ve meyerhofferitin aynı $[B_3O_3(OH)_5]^{-2}$ kolemanitin ise $[B_3O_4(OH)_3]^{-2}$ gibi farklı bir polianyondan oluşması (Christ, 1960), inyoit → myerhofferit geçişinin sıcaklığa bağlı bir dehidratasyon sonucunda gerçekleşebilme olasılığını artırmaktadır. Buna karşın inyoit veya meyerhoferitten itibaren kolemanitin oluşabilmesi için $[B_3O_3(OH)_5]^{-2} \rightarrow [B_3O_4(OH)_3]^{-2} + H_2O$ reaksiyonu gereği, bu minerallerdeki polianyonların parçalanıp yeniden düzenlenerek kolemanit polianyonuna dönüşmesi gerekmektedir. Borat yataklarında bu değişimi sağlayacak sıcaklık ve basınç (gömülme) koşullarına ulaşılmadığı bilindiğine göre, Ca-borat serisinin yüksek sulu üyelerinden itibaren kolemanitin katı fazdaki bir dönüşüm sonucu oluşması mümkün görülmemektedir. Yukarıdaki reaksiyondan da görüleceği gibi bu dönüşümü denetleyen ana parametre suyun aktivitesidir. Bu görüşlerin ışığı altında kolemanitin, yüzeysel koşullarda özellikle buharlaşmaya bağlı olarak daha az sulu bir ortamda kararlı durumunu koruyamayan inyoitin çözünmesi sonucu oluşan çözeltilerden itibaren veya yine yüzeysel koşullarda aşırı doygun çözeltilerden sıcaklık ve suyun aktivitesine bağlı olarak kimyasal yolla çökeldiği düşünülmektedir. Kolemanitlerde gözlenen detritik mineral kapanımları ve bu mineralin yumrular biçiminde büyümesi, ayrıca başka borat minerallerinden türediğini gösteren psöydomorflarına rastlanılmaması, Emet kolemanitlerinin birincil olduğu görüşünü geçerli kılmaktadır. Diğer yandan kolemanit ile yaygın bir şekilde bulunan kükürt, havza kenarına karşılık gelen Hisarcık kesiminde indirgen olan ortamda realgar (AsS), örpiment (As_2S_3) ve elementer kükürt (S) minerallerini oluştururken; diğer yörelerde (Dereköy, İğdeköy-Göktepe,Espey) ise oksidan/yükseltgen koşullarda jips ($CaSO_4.2H_2O$) ve sölestin ($SrSO_4$) gibi reoformasyon minerallerin oluşumuna katkıda bulunmuştur.

Emet baseninde gözlenen NaCa-borat minerallerinden üleksitin ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) kendi serisinin en yüksek sulu üyesi olması nedeniyle kimyasal olarak çökeldiği kabul edilmektedir. Diğer NaCa - borat minerallerinden probertitin ($NaCaB_5O_9.5H_2O$) üleksitten türemesi, yapılarındaki polianyonların farklı olması nedeniyle olanaksız görülmekte ve $[B_5O_6(OH)_6]^{-3} \rightarrow (B_5O_7(OH)_4]^{-3} + H_2O$ reaksiyonunu gerektirmektedir. Ayrıca inceleme alanında bu iki mineralin killi seviyelerle birbirinden ayrılmış biçimde ardalanmalı gözlenmesi ve bütün üleksitlerin niçin probertite dönüşmediği şeklindeki bir soruyu yanıtlamanın güçlüğü, bu mineralin gömülmeye bağlı olarak üleksitin su kaybetmesi sonucunda oluşmuş olabilme olasılığını zayıflatmaktadır. Bu nedenle probertitin sedimanların gözeneklerindeki Na/Ca oranı yüksek, buna karşın suyun aktivitesinin düştüğü dönemlerde çözeltiden itibaren oluşması, daha geçerli bir mekanizma olarak görülmektedir. Ayrıca üleksit ve probertitin oluşum biçimleri, kolemanitin oluşumuna da ışık tutmaktadır.

Emet gölsel baseninde özellikle İğdeköy-Göktepe bölgesinde önemli miktarda bulunan MgCa-borat minerallerinden hidroborasit ($CaMgB_6O_{11}.6H_2O$), kolemanit ve üleksit ile ardalanmalı olarak bulunmakta ve bu durum hidroborasitin probertit gibi oluştuğuna işaret etmektedir. Espey bölgesinde gözlenen hidroborasit+kolamanit beraberliklerinin ise bu iki mineralin aynı polianyona sahip olması nedeniyle diyajenetik transformasyon ile oluşması mümkündür.

Helvacı (1984) tarafından gözlenen diğer borat minerallerinden tünelitin diyajenetik, viçit-A, terujit ve kahnitin ise kolemanitin diyajenetik alterasyonu olduğu ileri sürülmektedir. Ancak bu minerallerin killerin içinde özşekilli ve yumrular biçiminde ve diğer borat minerallerinden bağımsız olarak yer alması nedeniyle bunların gözenek suyunun kimyasal bileşiminin ve suyun aktivitesinin değiştiği dönemlerde neoformasyon yoluyla oluştuğunu düşündürmektedir.

Diğer yandan, bölgedeki borat yatakları, birbirinden temel kayaçların oluşturduğu bir eşikle ayrılmış iki kesimde (Hisarcık ve Espey) yer almaktadır (Yalçın ve diğ., 1985). Basenin güneyindeki zeolitli fasiyesin oluşumundan sonra düşey yönlü bloklanma hareketleri sonucu güneyde kuruyan, kuzeyde ise varlığını sürdüren gölde (Yalçın ve diğ., 1985) boratların, Ca-NaCa-Ca borat biçimindeki dikey ve yanal yöndeki mineralojik zonlanmaları gelişmiştir. Bu zonlanmanın alansal dağılımı Şekil 13'de gösterilmiştir. Kenarlardan merkezi kesime doğru tuzluluğun ve buna bağlı olarak Na/Ca oranının kaynaklanan bu dağılım Emet baseninin bu dönemde tipik bir kapalı havza özelliği kazandığına işaret etmektedir.



Şekil 13. Emet formasyonu borat minerali fasiyeslerinin alansal dağılım.

Şekil 13. The regional distribution of borate minerals facies from Emet formation.

SONUÇLAR

Neojen yaşlı Emet gölsel baseninde gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda, basenin Hisarcık güneyinde kalan kesimindeki tüm istifin, kuzeyinde ise sadece boratlı birimin mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiş, özellikle zeolit ve borat gibi ekonomik öneme sahip minerallerin dikey ve alansal dağılımları ortaya çıkarılmış, bu minerallerin oluşumlarına ve diyajenetik evrimlerine açıklık getirilmiştir.

Köpenez formasyonu tüflerinde KB-GD yönünde taze volkanik cam+simektit, klinoptilolit, analsim ve K-feldispat biçiminde yanal mineralojik zonlanma gelişmiştir. Bu zonlanma, çökelme ortamı fasiyeslerinin dağılımı ve/veya basenin beslenme rejimi ile yakından ilişkilidir. Emet formasyonunda borat mineralleri Ca-NaCa-Ca borat şeklinde yanal ve düşey yönde dizilim göstermektedir. Borat minerallerinin alansal dağılımına ise kükürt ve sülfat mineralleri eşlik etmektedir.

TEŞEKKÜR

Türkiye Neojeninde zeolit oluşumları ile ilgili ilk çalışmaları gerçekleştiren ve bu konudaki araştırmalarımızda bize öncülük eden rahmetli hocamız Prof.Dr. Gürol Ataman'ın aziz ruhuna ithaf ettiğimiz bu çalışma, Fransa Büyükelçiliği Kültür Müsteşarlığı ile Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün maddi ve Etibank'ın lojistik desteği ile gerçekleştirilmiştir. Yazarlar anılan kuruluşlara, elektron mikroskobu fotoğraflarının elde edilmesini sağlayan Dr. Bruno Semelin'e (Strasbourg Jeoloji Enstitüsü) ve çalışmanın çeşitli aşamasında görüş ve eleştirileri ile katkıda bulunan Prof.Dr. Orhan Baysal'a (Y.Ö.K. Üyesi) teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

Akbulut, A., Aygün, A., Dündar, A., 1984 Emet yöresi bor tuzu sahalarının jeolojisi ve çökel ortamları. M.T.A. Derg., 101/102, 20-46.

Akdeniz, N., Konak, N., 1979. Simav-Emet-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi. M.T.A. Rap. No. 6547 (Yayınlanmamış).

Aristarian, L.F., Hurlbut, Jr. C.S., 1972. Boron minerals and deposits. Part I. Uses, distribution and economic minerals of boron. Min. Record, 3, 165-172.

Ataman, G., 1977. Batı Anadolu zeolit oluşumları. Yerbilimleri, 3, 85-95.

Ataman, G., Baysal, O., 1973. Bazı bor minerallerinin termik reaksiyonları ve bunların atom yapısına etkisi. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, 537-565.

Ataman, G., Baysal, O., 1978. Clay mineralogy of Turkish borate deposits. Chem. Geol., 22, 233-247.

Ataman, G., Besème, P., 1972. Decouverte de l'analcime sédimentaire en Anatolie du Nord-Ouest (Turquie): Minéralogie, genèse, paragenèse. Chem. Geol., 9, 203-225.

Ataman, G., Gündoğdu, M.N., 1982 Analcimic zones in the Tertiary of Anatolia and their geological positions. Sediment. Geol., 31, 89-99.

Balagopal, A.T., Srivastava, V.K., 1973. Petrography and classification of the arenites of the Chari Sedies in the Jurassic rocks of Central Kutch, Gujarat (India). Sediment. Geol., 10, 215-224.

Baysal, O., 1972. Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve jenetik incelenmesi. H.Ü. Doç. Tezi, Ankara, 157 s.

Baysal, O., Gündoğdu., M.N., Temel, A., Öner, F., 1986. Bigadiç zeolit oluşumlarının ekonomik jeolojik incelenmesi projesi. H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje No. YUVAM/85-2, 155 s.

Bissel, H.J., Chilingar, G.V., 1967. Classification of sedimentary carbonate rocks. In: Carbonate Rocks, G.V. Chilingar, H.J. Bissel

and R.W. Fairbridge (Eds.), Elsevier Publ., Amsterdam, 87-168.

Brown, W.W., Jones, K.D., 1971, Borate deposits of Turkey. In: Geology and History of Turkey, A.S. Campbell (Ed.), Pet Exp. Soc., Libya, Tripoli, 384-492.

Christ, C.L., 1960. Crystal chemistry and systematic classification of hydrated borate minerals. Amer. Min., 45, 334-340.

Christ, C.L., Garrels, R.M., 1959. Relations among sodium borate hydrates at the Kramer deposit, Boron, California. Amer. J. Sci., 257, 516-528.

Christ,C.L., Truesdell, A.H., Erd, C.R., 1967. Borate mineral assemblages in the system Na_2O-CaO-MgO-B_2O_3-H_2O. Geochim. Cosmochim. Acta, 31, 313-339.

Ercan, T., Günay, E., Savaşçın, M.Y., 1984. Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması. M.T.A. Derg., 97/98, 86-101.

Folk,R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, Austin-Texas, 170 p.

Gale, H.S., 1946. Geology of the Kramer borate district, Kern County, California. Calif. J. Mines Geol., 42, 325-378.

Gawlik, J., 1956. Emet (Kütahya) Neojen'indeki borat zuhuruna ait rapor. M.T.A. Rap. No. 2479 (Yayınlanmamış).

Gün, H., Akdeniz, N., Günay, E., 1979. Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları. Jeoloji Müh. Derg., 8, 1-13.

Gündoğdu, M.N., 1982. Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. H.Ü. Dok.Tezi, Ankara, 386 s (Yayınlanmamış).

Gündoğdu, M.N., Yalçın, H., 1986. Possible use of strontium in borate exploration: An example from Bigadiç and Emet Neogene basins of Turkey. I.World Congress on Nonmetallic Minerals, Belgrade, Yugoslavia, 15-19 April, Summary, 2, 289-300.

Hanshaw, B.B., 1963. Preliminary relations in the system $Na_2B_4O_7$-$Ca_2B_6O_{11}$-H_2O. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 475B, 24-27.

Hay, R.L., 1978. Geologic occurrence of zeolites. In: Natural Zeolites, occurrence, properties, use. L.B. Sand and F.A.Mumpton (Eds.), Pergamon Press, New York, 135-145.

Helvacı, C., 1984. Occurrence of rare borate minerals: Veatchite-A, tunellite, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey. Mineral. Deposita, 19, 217.

Helvacı, C., 1986. Geochemistry and origin of the Emet borate deposits, Western Turkey. C.Ü. Bull. Fac. Engineering, Series A-Earth Sciences, 3, 1, 49-73.

Helvacı, C., Firman, R.J., 1977. Emet borat yataklarının jeolojik konumu ve mineralojisi. Jeoloji Müh. Derg., 2, 17-29.

İnan, K., 1975. Sulu bor mineral yataklarının oluşum modeli. T.J.K. Bült., 18, 2, 165-168.

İnan, K., 1977. Su taşıyıcı bor mineralleri arasındaki denge ilişkileri. T.B.T.A.K., V. Bilim Kong. Teb., 185-195.

İnan, K., Dunham, A.C., Esson, J., 1973. The mineralogy geochemistry and origin of the Kırka borate deposit, Eskişehir province, Turkey. Inst. Min. Met., 82, 114-123.

Kurnakova, A.G., Nikolaev, A.V., 1948. The solubility isotherm of the system Na_2O-CaO-B_2O_3-H_2O at 25°C. Akad. Nauk. Latv. S.S.R., 45-66.

Mariner, R.H., Surdam, R.C., 1970. Alkalinity and formation of zeolites in saline alkaline lakes. Science, 1970, 977-980.

Muessig, S., 1959. Primary borates in playa deposits, minerals of high hydration. Econ. Geol., 54, 495-501.

Negro, A.D., Kumbasar, I., Ungaretti, L., 1973. The crystal structure of teruggite. Amer. Min., 58, 1034-1043.

Nikolaev, A.V., Chelishceva, A.G., 1940. The 25°C isotherm of the systems: $Ca+B_2O_3 + H_2O$ and $MgO + B_2O_3 + H_2O$. Compt. Rend. Acad. . Sci. URSS, 28, 127-130.

Özpeker, I., İnan, K., 1978. Batı Anadolu borat yataklarında izlenen mineral birliklerinin yatak evrimiyle ilişkileri. T.J.K. Bült., 21, 1, 1-10.

Schaller, W.T., 1930. Borate minerals from the Kramer district, Mohave Desert, California. U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 158-I, 137-170.

Schmid, R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks. Geology, 9, 41-43.

Semelin, B., 1985. Les dépots volcanosédimantaires Neogènes du bassin d'Emet (Turquie Occidentale) et leur diagenèse et zéolites en milieu lacustre. Thèse, Universite Paris-Sud,Orsay, 200 p.

Semelin, B., Yalçın, H., 1984. Sédimentation volcanoclastique en milieu continentale lacustre: Un exemple, le bassin néogène d'Emet (Turquie Ouest). 5ème Congrès Européen de Sédimentologie, Resumés, Marseille, 9-11 Avril, p. 403.

Sheppard, R. A., Gude, A.J. 3rd., 1968. Distribution and genesis of authigenic silicate minerals in tuffs of Pleistocene lake Tecopa, Inyo Country, California. U.S.Geol. Survey Prof.Paper, 547, 38 p.

Sheppard, R.A., Gude, A.J.3rd., 1969. Diagenesis of tuffs in the Barstow Formation, Mud Hills, San Sernardino Country, California. U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 634, 35p.

Sheppard, R.A., Gude, A.J.3rd., 1973. Zeolites and associated authigenic silicate minerals in tuffaceous rocks of the Big Sandy Formation, Mohave Country, Arizona. U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 830, 36 p.

Smith, W.C., 1960. Brox and borates. In: Industrial minerals and Rocks. Amer. Inst. Min. Met. Pet. Eng., 103-122.

Streckeisen, A., 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatite and melilitic rocks: Recommendations and suggestions of the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks. Geology, 7, 331-335.

Surdam, R.C., 1977. Zeolites in closed hydrologic systems. In: Mineralogy and Geology of Natural Zeolites, F.A. Mumpton (Ed.), southern Printing Co., Blackburg, Virginia, 65-89.

Surdam, R.C., Eugster, H.P., 1976. Mineral reactions in the sedimentary deposits of the lake Magadi region. Kenya. Geol. Soc. Amer. Bull., 87, 1739-1752.

Surdam, R.C., Parker, R.B., 1972. Authigenic aluminosilicate minerals in the tuffaceous rocks of Green River Formation, Wyoming. Geol. Soc. Amer. Bull., 83, 689-700.

Surdam, R.C., Sheppard, R.A., 1978. Zeolites in saline-alcaline lake deposits. In: Natural Zeolites, occurrence, properties, use. L.B. Sand and F.A. Mumpton (Eds.), Pergamon Press, New York, 145-175.

Travis, R.B., 1970. Nomenclature for sedimentary rocks. A.A.P.G. Bull., 54, 1095-1107.

Van Andel, Tj.H., 1958. Origin and clasification of Cretaceous, Paleocene and Eocene sandstones of Western Venezuela. A.A.P.G. Bull., 42, 734-763.

Van Morkhoven, F.P.C.M., 1962. Post-Paleozoic Ostracoda. Elsevier Publ., 204 p.

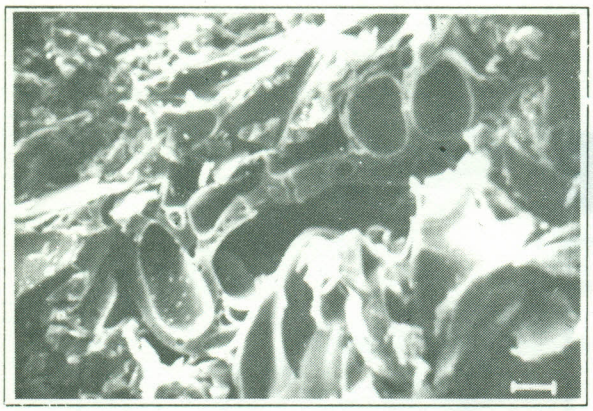
Yalçın, H., 1984. Emet Neojen gölsel baseninin jeolojik ve mineralojik-petrografik incelenmesi. H.Ü. Yük.Müh.Tezi, Ankara, 269 s (Yayınlanmamış).

Yalçın, H., Gündoğdu, M.N., 1985a. Emet Neojen gölsel baseninin mineraloji-petrografi ve jeokimyası. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, Ankara, s. 35.

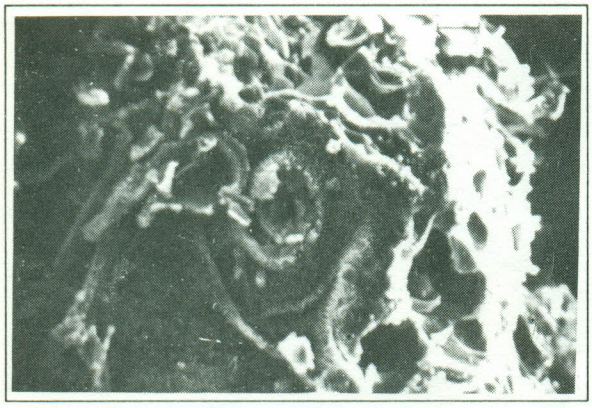
Yalçın, H., Gündoğdu, M.N., 1985b. Emet gölsel Neojen baseninin kil mineralojisi. II. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, M.N. Gündoğdu ve H.Aksoy (Editörler), H.Ü. Ankara, 155-170.

Yalçın, H., Semelin, B., Gündoğdu, M.N., 1985. Emet gölsel Neojen baseninin jeolojik incelenmesi (Hisarcık Güneyi). Yerbilimleri, 12,39-52.

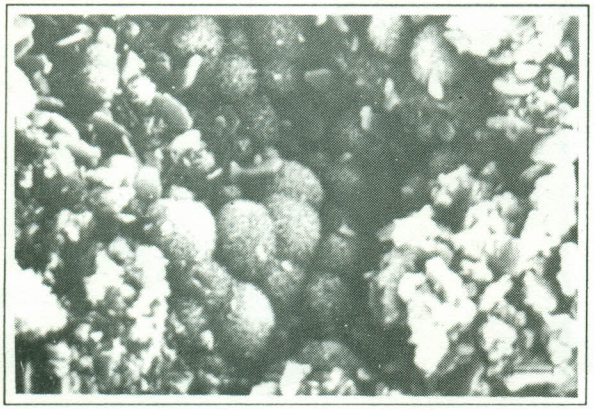
LEVHA/PLATE 1



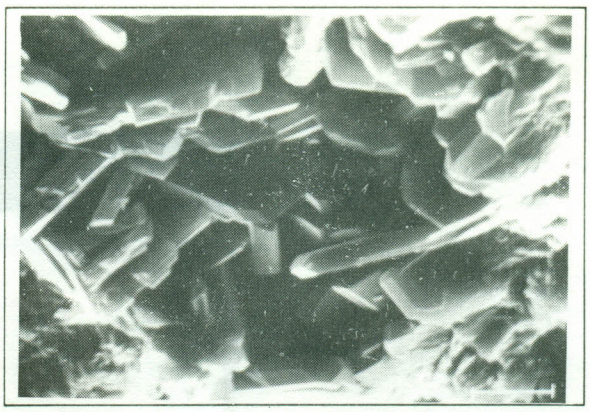
A: Bozunmamış volkanik cam kıymıkları ve lifsi-gözenekli pomza parçaları (X700, çizgisel ölçek: 10 mikron)
Unaltered volcanic glass shards pumice with fiber-ous-porous texture (X700, scale bar: 10 micron).



B. Montromorillonite dönüşmüş volkanik cam (X 700, çizgisel ölçek: 10 mikron).
Volvanic glass transformed into montmorillon-ite (X700, scale bar: 10 micron).



C: Küçük levhamsı klinoptilolit kristalleri ve kris-tobalit sferülitleri (X1500).
Small plate-like crystals of clinoptilolite and cristobalite spherulites (X1500, scale bar: 10: micron).



D: Gözenekleri dolduran klinoptilolit kristalleri (X1500, cizgisel ölçek: 10 mikron).
Clinoptilolite crystals in pores (X 1500, scale bar: 10 micron).



E: Analsim, otijenik kuvars ve K-feldispat(X1500, çizgisel ölçek: 10 mikron)
Analcime crystal with authigenic quartz and K-feldspar (X1500, scale bar: 10 micron).



F: Kısmen kil mineralleri (montmorillonit) ile çevrelenmiş otijenik K-feldispat kristalleri (X1500, çizgisel ölçek:10 mikron).
Authigenic K-feldspar crystals partly coated with clay minerals/montmorillonite (X1500, scale bar: 10 micron).