



**Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzası Üst Miyosen Evaporitlerinin Jeokimyasal ve Jeostatistiksel İncelemesi
(Demirci Köyü, KD Sivrihisar-İç Anadolu)**

Geochemical and Geostatistical Investigation of Upper Miocene Evaporites in the Polatlı-Sivrihisar Neogene Basin (Demirci Village, NE Sivrihisar; Central Anatolia, Turkey)

Pelin GÜNGÖR YEŞİLOVA Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Kampüs, Van / pelingungor@yyu.edu.tr
Erdoğan TEKİN Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara

ÖZ

Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzasındaki Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesi, beş farklı alt litofasiyesle temsil olur. Bunlar; a) masif yapılı ikincil jipsler, b) laminalı birincil anhidritler, c) breşik-nodüler yapılı ikincil jipsler, d) kırıntılı jipsler (jipsarenitler) ve e) şevron yapılı selenitik jipsler'dir. Bunlardan masiv jipslerdeki demirli-manganlı ara bantlar ile seyrek elementer kükürt kristallenmeleri ve laminalı birincil anhidritlerdeki stromatolitik alg yaygınları oluşum mekanizmaları açısından oldukça önemlidirler. Bu alt fasiyeslere ait farklı mineralleşme tiplerini karakterize eden jips-anhidrit örneklerinin jeokimyasal ve jeostatistiksel açıdan değerlendirilmesi, bunların oluşumlarına kökensel bir ön yaklaşım sağlamıştır. Bunun için 24 adet farklı tipteki örneğin 13 adet ana oksit, 15 adet eser element ve 13 adet nadir toprak elementi analizi sonuçları üzerinde; element çiftlerine özgü korelasyon katsayı hesaplamaları ile istatistiksel grafik çizimleri yapılmıştır. Bu jeostatistiksel çalışmalar sonucunda üç ana grup element birlikteliği belirlenmiştir. Bunlardan birinci grup; SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Rb, ΣFe₂O₃, MgO, MnO, As, V, TiO₂, P₂O₅, Zr, Zn, Ni, Co ve Cu ile ikinci grup; Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au ve Na₂O ve üçüncü grup; CaO ve SO₃ element birliktelikleridir. Bu birlikteliklere göre, evaporitler içerisinde yoğun diyajenetik kil mineral sıvamaları ve/veya dolguları ile karbonatlaşmaların bulunduğu saptanmıştır. Diğer yandan jeokimyasal analizlerdeki eser element değerlerinin, evaporitik playa göl çökeltme ortamı jeokimyası değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak; Üst Miyosen paleo gölünün evaporitleşme sırasında zemin-tatlı su girişlerine, kısa periyotlarla değişebilen iklimsel şartlara (kuraklık ve yağış gibi), gölün izole olmuş alanlarında gelişen sınırlı indirgeyici ortam koşullarına ve depolanma sonrası etkin olan hidrotermal çözeltilere bağlı olduğu düşünülmektedir.

Üst Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu Jips Üyesine ait evaporitlerin jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmesinde bunların; paleo iklimsel koşulların, dönemsel karasal volkanizmanın, depolanmayla eş zamanlı tektonizmanın ve farklı litolojilere (silisiklastik ve karbonatik gibi) sahip depolanma sistemlerinin etkin olarak geliştiği playa gölü kompleksinde çökelindiği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Jips, Anhidrit, Ana ve Eser Elementler, Cluster Analizi, Polatlı-Sivrihisar, Türkiye.

ABSTRACT

The gypsum member of the upper Miocene aged Sakarya formation in the Polatlı-Sivrihisar Neogene basin is represented by five different sub-lithofacies. These are: a) secondary massive gypsums b) primary laminated anhydrite c) secondary laminated brecciated-nodular gypsum d) clastic gypsum (gypsum arenite) and e) chevron selenitic gypsum. Among these, massive gypsum with iron-manganese bands separated by sparse sulphur crystals and primary laminated anhydrite with algal stromatolithic structures are important in respect of their formation mechanisms. The geochemical and geostatistical evaluation of different mineralization types from gypsum-anhydrite samples of these sub-facies provide evidence of their possible source of origin. For this purpose 24 samples of different types including 13 major oxides, 15 trace elements and 13 rare earth elements were analyzed and from these results the correlation coefficient values for couple elements were determined and statistical graphics were prepared. After these geostatistical studies, three main groups of elements were identified. Among these: Group-I comprised SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Rb, $\Sigma \text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO, MnO, As, V, TiO_2 , P_2O_5 , Zr, Zn, Ni, Co and Cu, Group II comprised Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au and Na_2O and Group III comprised CaO and SO_3 combinations. These combinations commonly show excessive vug-filling diagenetic clay minerals and/or carbonization within evaporites. On the other hand, the results of geochemical analysis of trace elements show higher values than the chemistry of evaporitic playa lake sedimentary environments. The reasons for these high values are considered to be: the fact that during the evaporation process the upper Miocene paleolake was under the influence of fresh ground water input, variation in climatic conditions for a short period of time (like dryness and wetness), limited reducing environmental conditions in isolated parts of the lake and post depositional hydrothermal dissolution.

The geochemical and geostatistical evaluation of upper Miocene evaporites of the gypsum member of Sakarya formation have identified that these evaporites were deposited in a playa lake complex with different depositing lithologies (siliciclastics and carbonates) which were affected by paleoclimatic conditions, periodic terrestrial volcanism and syn-sedimentary tectonics.

Keywords: Gypsum, Anhydrite, Major and Minor elements, Cluster Analyze, Polatlı-Sivrihisar, Turkey.

GİRİŞ

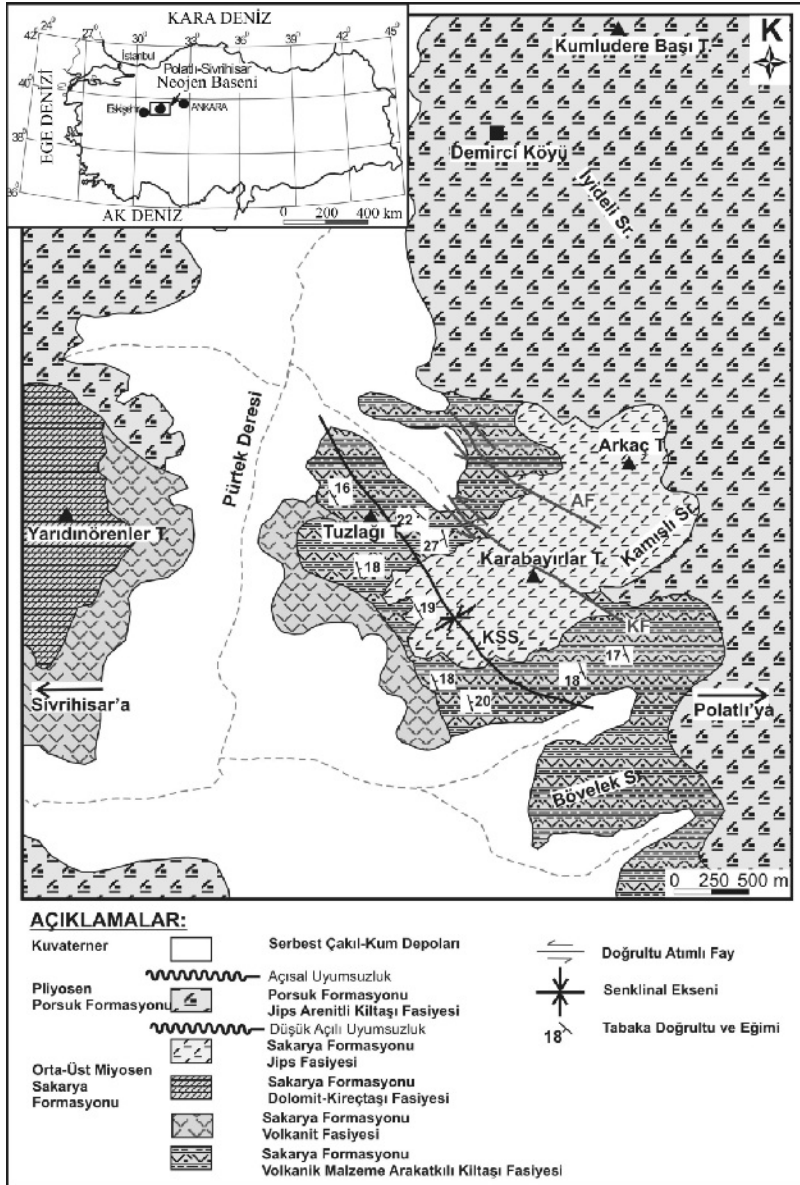
Akdeniz kuşağı ülkelerinde özellikle Tersiyer döneminde yaygın evaporit oluşumları vardır (Hsü vd., 1973; Playa vd., 2000; Rouchy ve Caruso, 2006). Ülkemizde ise bilhassa İç Anadolu Tersiyer havzalarında (Sivas, Çankırı-Çorum, Ereğli-Ulukışla, Tuzgölü, Haymana-Polatlı ve Beypazarı gibi) denizel ve gölsel kökenli yaygın evaporit mostraları bulunmaktadır (Baysal and Ataman, 1980; Derman, 1980; Karadenizli, 1995; Karakaş ve Varol, 1994; Oktay, 1982; Palmer et al., 2004; Tekin, 1995; Varol vd., 2000 ve Varol vd., 2002 vb. gibi). Dünyada gölsel havzaların stratigrafisi, sedimentolojisi ve jeokimyası üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bilhassa bu alanlardaki birimlerin depolanma özellikleri, yanal ve düşey fasiyes değişimleri, diyajenez özellikleri ve buna bağlı olarak oluşan evaporit ve karbonat mineral oluşumları ayrıntılı olarak pek çok çalışmada incelenmiştir (Bain, 1990; Calvo vd., 1989; Cody, 1991; Cody ve Cody, 1998; Hardie ve Eugster, 1971;

Hardie, 1984; Holiday, 1970; Krauskopf ve Bird 1995; Magee, 1991; Ogniben, 1955; Orti, 1976; Orti vd., 2002; Orti et al., 2007; Palmer vd., 2004; Sinha ve Raymahashay, 2004; Sonnenfeld; 1984; Usdowski, 1973; Yağmurlu ve Helvacı, 1994; vb. gibi).

Orta Anadolu Neojen havzaları içerisinde oldukça geniş bir yayılıma sahip olan Polatlı-Sivrihisar havzası; Miyosen öncesi temel kayalar (mağmatik ve metamorfik) üzerinde gelişen Miyos-Pliosen evaporitik gölüne ait oldukça kalın klastik, karbonat ve evaporitik bir istif ile temsil olunur. Bu istifin Orta-Üst Miyosen devrini temsil eden bölümü Sakarya Formasyonu olarak adlandırılır ve alttaki birimlerle uyumsuz ilişkilidir (Gözler vd., 1996). İnceleme alanında bu formasyonun evaporitik karakterli bölümü Varol vd., (2003 ve 2005) tarafından Sakarya Formasyonu Jips Üyesi olarak adlandırılmış olup; yaklaşık kalınlığı 100 metre civarında ve olası yaş konağı da Üst Miyosen'dir (Şekil 1). Bölgedeki evaporitler ve ekonomik kil

mineralleşmeleri uzun yıllardır endüstriyel amaçlı kullanımlar için işletilmektedirler. Bu nedenle havzadaki evaporitli gölsel serilerin ayrıntılı sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri henüz tam olarak aydınlatılmamıştır. Çünkü yapılan önceki çalışmalar; Orta Sakarya bölgesinin jeolojik evrimi, stratigrafisi ile çalışma alanı ve yakın çevresinde açığa çıkan kil ağırlıklı endüstriyel minerallerin jeolojisine ve ekonomik potansiyeline yöneliktir (Gençoğlu ve İrkeç, 1994; Gençoğlu, 1996; Gözler vd., 1996; Karakaş, 1992; Karakaş ve Varol, 1994; Temel, 2001;

Umut ve Acarlar, 1991; ve Weingart ve Erol, 1954; gibi). Bu çalışma ise; arazi gözlemleri, petrografik ve mineralojik bulgular çerçevesinde seçilen jips ve anhidritlerin ana oksit, eser element ve nadir toprak element analizi çalışmalarını kapsayan ve sonuçların da jeostatistiksel açıdan değerlendirildiği bir çalışmadır. Böylece bu çalışmayla; güneydeki Haymana-Polatlı ve kuzeydeki Beypazarı Tersiyer havzaları ile aynı çökel sistemlerinin ürünü olan evaporitlerin, oluşum koşulları kökensel açıdan yorumlanacaktır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve 1/25.000 ölçekli sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Gözler vd.1996'dan değiştirilmiştir).
Figure 1. Location map and 1/25000 scaled simplified map of the study area (Modified from Gözler et al. 1996)

MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanındaki Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesini temsil eden beş farklı alt litofasiyese ait evaporit kayaç örneklerinin öncelikle petrografik incelemeleri yapıldı. Bunun için evaporitlere yönelik özel ince kesit hazırlama teknikleri olan peel-asetat ve araldit ile soğuk yapıştırma tarzındaki yöntemler (Mandado ve Tena, 1985) kullanıldı (A.Ü. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl. İnce Kesit Lab.). Daha sonra masiv jipslerin mineralojik karakterlerinin tayini için tüm kayaç X-ışınları difraktometresi (XRD) çalışmaları Rigaku Gelgerflex D/D Max-Q/2QWC model cihazda (MTA MAT Analizleri Lab.da) gerçekleştirildi. Elde edilen diyagramlar A.S.T.M (1972) tablolarına göre değerlendirildi. Bu ayrıntılı petrografik ve mineralojik çalışmalar sonucu belirlenen farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinden 24 tanesi, agat havanda öğütülerek 250 mesh'lik elekten geçirilip toz haline getirildi. Daha sonra bunların jeokimyasal analizleri (ana oksit, eser element ve nadir toprak elementi analizi) Kanada Acme Lab. da, ICP-ES (Inductively Coupled Plasma-Emission Spectroscopy) ve XRF (X-ışınları Floresans) analizi yöntemi 0200 rm Sample By Liboz Fusion cihazıyla Norrish ve Chappel (1977)'e göre yanmadaki yitim hesaplanarak yapıldı. Böylece elde edilen jeokimyasal verilerin jeostatistiksel değerlendirmesinde bilgisayarda faktör analizleri için "Stratigraphics 5.1" ve cluster analizleri için ise "Minitab 14" paket programları kullanıldı ve gerekli grafikler hazırlandı.

JEOLJİK KONUM

Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzası istifleri göl ortamında çökelen; volkanik, volkaniklastik silisiklastik, karbonat ve evaporitik kayaçlar ile temsil olur. Tektonizma, eski iklimsel değişimler, volkanizma ve paleocoğrafya gibi faktörler bu kayaç gruplarının bir veya birkaçının göl ortamında istifler içerisinde ardalınlı şekilde depolanmasını sağlamıştır. Alt-Orta Miyosen'de etkili olan volkanizma; bazaltik-andezitik lav, volkaniklastik ve volkanik malzemenin alterasyon ürünü olan kilaşlarının oluşumuna kaynak sağlamıştır. Buna karşın Üst Miyosen-Pliyosen zaman sürecindeki evaporit ağırlıklı göl çökelleri; yer yer çeşitli kalınlıkta çamurtaşı, kireçtaşı, dolomit ve silisiklastik kayaçlarla birlikte depolanmıştır. Bu istif Gözler vd.,

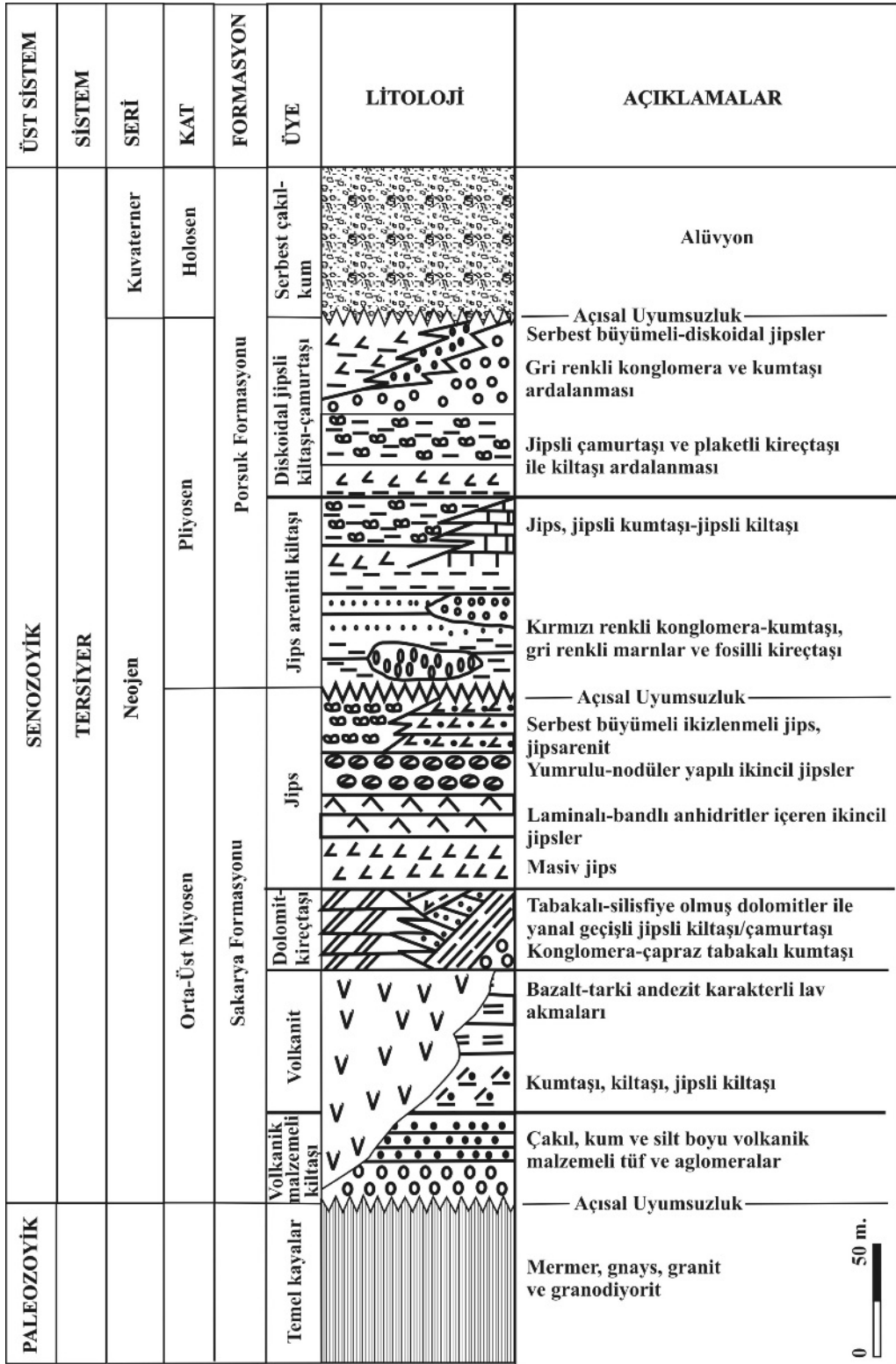
(1996) tarafından Sakarya formasyonu (Orta-Üst Miyosen) ve Porsuk formasyonu (Pliyosen) olarak adlandırılmıştır. Demirci Köyü güneyi (KD Sivrihisar) Karabayırlartepe tip kesiti bu istifin depolanma modelinin en iyi görüldüğü yerlerden biridir. Bu zaman süreci içerisinde alttan üste doğru kalınlıkları, litolojik ve sedimentolojik karakteristikleri farklı dört depolanma paketi oluşmuştur (Aydoğdu, 2004; Varol vd., 2003 ve 2005) (Şekil 2). Bunlar, aşağıda sırasıyla tanımlanmıştır.

a) Volkanik-volkaniklastik taban seviyesi üzerine düşük açılı bir uyumsuzlukla gelen ve ilk depolanma paketini oluşturan toplam 15 metre kalınlığındaki istif; kalın kanallı konglomera, çapraz tabakalı kumtaşı - çamurtaşı ve ince jips ara bantlı olup, bunlar silisiklastik göl ortamında depolanmışlardır.

b) Bunu üzerleyen 2. depolanma paketi istif toplam 12 metre kalınlıklı olup; paketi diğer litolojik birimleri ise bireysel jipsli (diskoidal ve kıvrımlı kuyruğu ikizlenmeli serbest büyümelili jipsler), karbonat çamurtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çok iri (10-30 cm boyunda) selenit kristalli çamurtaşıdır. Bu depolanma paketi kurusığ göl ortamı koşullarını yansıtır.

c) 3. depolanma paketi 60 metre kalınlıklı olup; yer yer tabakalı silisifiye olmuş dolomit, dolomitik kireçtaşı, jipsarenit, bireysel jips kristalli çamurtaşı ardalınlı şekilde oluşmuştur. Diğer depolanma paketlerine göre göreceli olarak daha derin göl ortamı yansıtır.

d) Bu çalışmaya konu olan ve jeokimyasal çalışmaların yapıldığı toplam 80 metre kalınlığındaki 4. depolanma paketi; orta-kalın tabakalı, orta-iri kristalli ve genellikle saf jipsli seviyelerden meydana gelir. Sakarya formasyonunun en üst seviyelerini oluşturan bu istif; yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri gösterir ve yer yer de kil-karbonat matriksli ara bantlar ile stromatolitik laminalı birincil anhidrit ara zonları içerir. Bunların inceleme alanında en iyi görüldüğü yer ise, Karabayırlar Sırtı Tepe ile bu tepenin civarında bulunan jips ocağı yarımlarıdır. Buradaki jipsler beyaz, gri, kahverengi renkli; bazı yerlerde taneli/kırıntılı yapıda (kum boyutunda oldukları için "jipsarenitler" olarak adlandırılır; Warren, 1999), çapraz tabakalı ve yer yer de yumrulu-breşik yapıda görülmektedir. Yumruların çapı yaklaşık 50-70 cm arasında değişmektedir. Tüm bu evaporitik depolanma paketi tipik olarak göl ortamı karakterize eder.



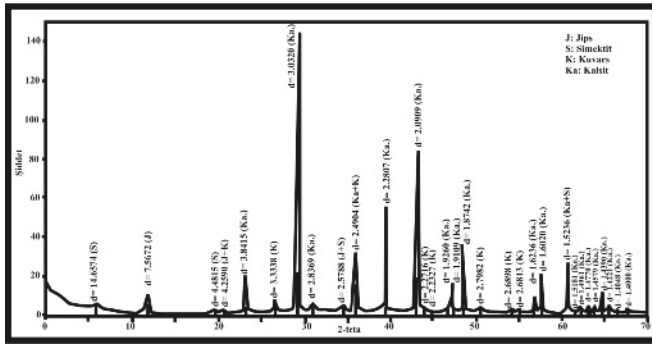
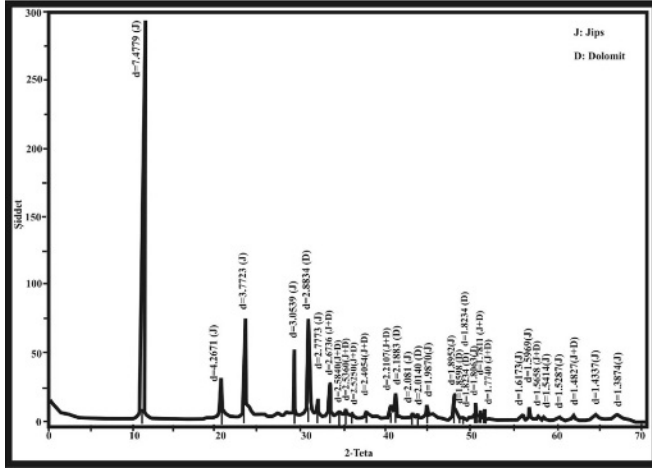
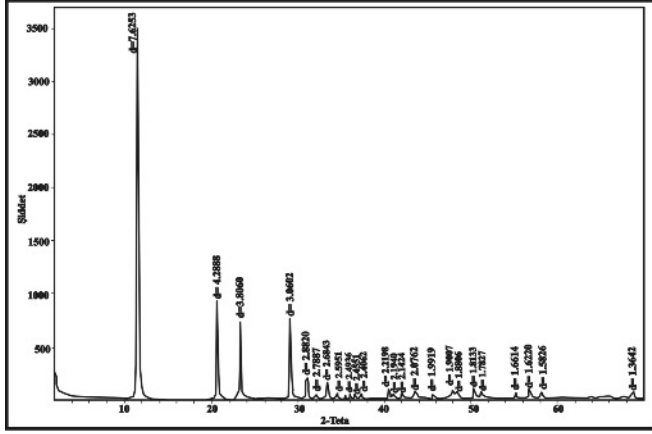
Şekil 2. İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti (Gözler vd., 1996 ile Aydoğdu, 2004' den değiştirilmiştir)
Figure 2. Generalized columnar section of study area (Modified from Gözler et al., 1996 and Aydoğdu, 2004)

MİNERALojİK ÇALIŞMALAR

Çalışma alanındaki Sakarya Formasyonu Jips Üyesinin önemli bir bölümünü oluşturan ve arazide geniş yayılma sahip masiv jipslere ait toz örneklerin X-Işınları Difraktometresindeki (XRD) tüm kayaç analizleri sonucu bunların; i) saf jips, ii) karbonatlı jips ve iii) killi jips olmak üzere başlıca üç mineralojik

bileşim sergilediği belirlenmiştir. Sonuçta saf jips örneklerinin X-Işınları Difraktogramlarında 7.625 Å olan çok şiddetli bir piki gözlenmiştir (Şekil 3a). Bununla birlikte jips minerali için tipik olan diğer pikler de 4.288 Å, 3.806 Å, 3.069 Å'daki (021), (130, 040), (041), (150, 220) yansıma yüzeylerine aittir. Karbonatlı jipslerin mineralojik tanımlamalarında ise dolomit mineralleri gözlenmiştir. Dolomite ait piklerin en şiddetlisi 2.88 Å'dır. Diğer dolomit pikleri ise 2.188 Å, 2.014 Å, 1.858 Å'dır. Ayrıca bazı difraktogramlarda jips+dolomit ve saf jips veren pikler de bir arada bulunmaktadır (Şekil 3b). Çalışma alanındaki bu karbonatlı jipsler Sakarya Formasyonu Jips Üyesi (Sj) içerisinde açılan "Batı Yarması"nda yoğun olarak görülmektedir. Diğer yandan Karabayırlar tepe "Güney Yarması"ndaki masiv jipslerde yaygın kil sıvımları ve/veya dolguları izlenmiştir. Bunların mineralojik tanımlamaları için çekilen difraktogramda 14.657 Å, 4.481 Å'lardaki simektit türü killerin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte 3.841 Å, 2.280 Å, 2.090 Å, 1.926 Å, 1.874 Å'lardaki kalsit minerali için tipik olan diğer pikler de bu grup içerisinde belirlenmiştir (Şekil 3c).

Tüm kayaç XRD çalışmalarına ilaveten evaporitlerin mineralojisine yönelik olarak; Karabayırlartepe jips ocağının Batı ve Güney yarmasında tipik olarak izlenen masiv jipslerdeki hidrotermal alterasyon ara zonlarından alınan örneklerin parlatma kesit incelemelerinde olası 50-80°C arası sıcaklık koşullarını işaretleyen (Dr. Y.K. Kadioğlu ile sözlü görüşme, 2005) limonit, bakteriyel kökenli pirit, detritik mangan ve hematit mineral parajenezleri de saptanmıştır.



Şekil 3a. Saf jipse ait XRD
Figure 3a. XRD of pure gypsum

Şekil 3b. Karbonatlı jipslerin XRD
Figure 3b. XRD of carbonaceous gypsums

Şekil 3c. Jipsli çamurtaşının XRD
Figure 3c. XRD of gypsum with mudstone

JEOKİMYA

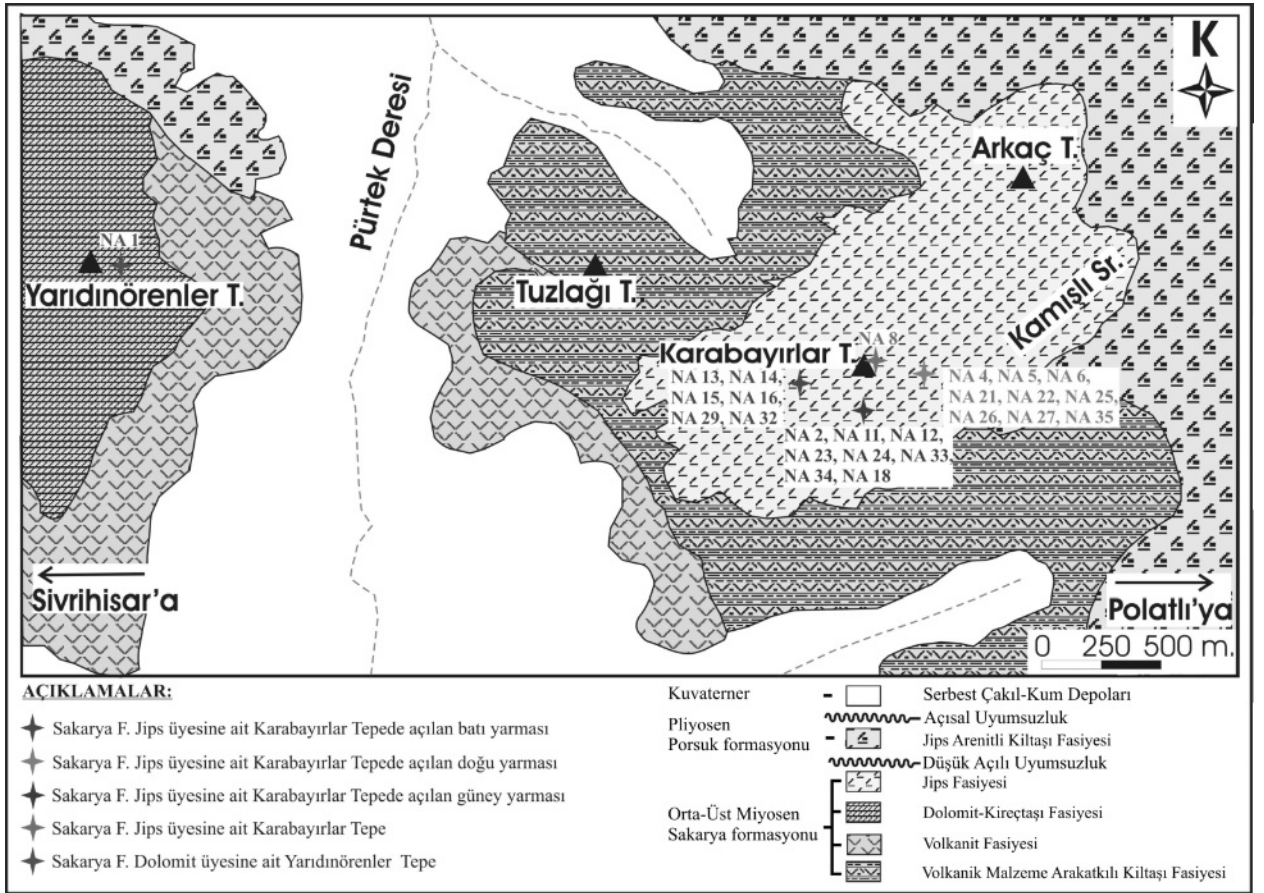
Orta-Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesi alt fasiyeslerinin tipik olarak izlendiği Karabayırlartepe'de açılan jips ocağı yarmalarından petrografik-mineralojik çalışmalarla seçilen ve farklı mineralleşme tiplerini (merceksi-yumrulu, mikrokristalen dokulu masiv ve hidrotermal alterasyonlu jips gibi) karakterize eden 24 adet evaporit (jips-anhidrit) numunesi üzerinde ana oksit, eser element ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu analizler 13 ana oksit, 15 eser element ve 13 nadir toprak elementinden oluşmaktadır.

Evaporitlerin Kimyasal Analizleri

Amaca yönelik olarak seçilen değişik türdeki 24 adet jips-anhidrit örneğinin analizleri sonucunda ana

oksitler; SiO_2 , $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 ve P_2O_5 , eser elementler; Ba, Co, Ni, Rb, Sr, V, W, Zr, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Au ve F, nadir toprak elementleri; La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm ve Yb olarak belirtilmiştir. Jeokimyasal analizler için seçilen kayaç örneklerinin ayrıntılı litolojik tanımlamaları ile bu kayaç örneklerinin çalışma alanında alındığı yerlere ait örnek dağılım haritası Çizelge 1 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Bunlarla beraber ana elementlerin değerleri % de olarak, eser elementler ve nadir toprak element değerleri ise ppm. cinsinden verilmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4). Ayrıca ana oksit, eser ve nadir toprak elementlerine ait minimum-maksimum değerler, ortalama değerler ve standart sapmalar Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Sülfatlı örneklerin ana oksitleri nicel açıdan değerlendirildiğinde SO_3^{2-} içeriğinin hemen hemen



Şekil 4. Çalışma alanına ait jeokimyasal analizi yapılan kayaçların örnek dağılım haritası
Figure 4. Sample distribution map of geochemically analysed rocks of study area

bütün örneklerde birbirine yakın değerlere sahip bir alan içinde dağılım sergilediği gözlenmektedir (Çizelge 2). Jips ve anhidrit örneklerinde SiO_2 ve Al_2O_3 değerlerinin Çizelge 2'deki miktarlarda ve birbirleriyle uyum halinde olması ortamda diyajenetik kil mineral dolguları veya sıvamaları olabileceğini işaretlemektedir. $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ miktarının bazı jips-anhidrit örneklerinde deteksiyon limitinin altında çıkması Ünlü ve Stendal, (1989)'a göre, bu jips anhidrit örneklerinin hidrotermal çözeltilerden etkilenmemiş olabileceğini düşündürmektedir. MgO içeriğinin de $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'teki gibi aynı örnekler için birbirine benzer fakat daha yüksek miktarda değiştiği gözlenmiş olup, bu durum evaporitler içerisinde yer yer karbonatlaşma-dolomitleşmelerin olduğuna işaret etmektedir. MgO ve Na_2O değerlerinin K_2O 'ya göre yüksek değerlerde olması, Emelyanov and Shimhus (1986)'a göre hidrotermal çözeltilerin kaynak kayacının kısmen nötr-bazik karakterli bir volkanik kayaç olduğuna işaret etmektedir.

Eser elementlerden olan Sr, Ba, Cu, Pb, Zn, Ni, Au, Zr, V, As ve F element değerleri özellikle bazı jips-anhidrit kayaç örneklerinde oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır. Bu yüksek anomaliler; evaporitleşme sırasında göl suyunun mineralojik-jeokimyasal karakterlerinin farklı bölgelerde (göl kıyısı, göl düzlüğü ve derin göl alanı gibi) değişik faktörlerin (hidrotermal eriyiklerin, zemin-yüzey suyunun ve sınırlandırılmış-kapalı indirgeyici ortam koşullarının vb. gibi) kontrolü altında olduğunu işaretlemektedir. Ayrıca As'nin bu kadar geniş aralıklarda yayılması ve yüksek değerlerde olması izole olmuş indirgeyici bataklık ortamı koşullarını temsil etmektedir (Emelyanov and Shimhus, 1986, Tekin ve Varol 1993, Tekin vd. 1994). Buna göre arazi çalışmalarında izlenen stromatolitik yapıli birincil ince anhidrit laminaları-bantları ile yüksek değerdeki As arasında ortamsal açıdan doğrudan bir ilişki vardır. Ayrıca jips-anhidrit örneklerinin Sr içeriklerinin 178,10 ppm ile 3336,30 ppm arasında yüksek oranlarda değişmesi, göl ortamlardaki evaporit

oluşumlarının Sr içeriklerine göre oldukça dikkat çekicidir. Normalde karasal evaporit ortamlarında Sr değerleri en fazla 50-500 ppm'i geçmemekte (Krauskopf ve Bird 1995); denizel ortamlarda ise genelde yaklaşık 1000 ile 5000 ppm arasında değişmektedir (Emelyanov ve Shimhus 1986, Hasselöv vd. 1999). Bu değerler bize denizel ortamı işaretlese de, arazi çalışmalarındaki stratigrafik fasiyes ilişkileri ile jips-anhidritlerin petrografik ve mineralojik özellikleri inceleme alanının flüvyal-gölsel sistemde depolanan istifleri içeren bir evaporit ortamı olduğunu açıkça göstermektedir. Böylece Sr değerlerinin 3336 ppm'e kadar yüksek olmasının nedeni Tekin vd., (1998)'e göre; volkanik faaliyetten dolayı aktif olan hidrotermal eriyiklerin çevredeki temel ve karbonat-evaporitik kayaçları yıkaması ile anhidrit-jips (dehidratasyon-rehidratasyon) dönüşümleri sonucu açığa çıkan Sr'ca zengin eriyiklerin, evaporitlerin kristal kafesleri içerisinde muhtemelen sölestin mineral kapanımlarını veya stronsiyanit mineralleşmelerini oluşturmasıdır. Bu elementlerin dışındaki F iz elementi sadece 6 örnek için yapılmış ve 10 ppm ile 70 ppm arasında önemli ve yüksek değerlerde çıkmıştır. F elementi Baysal ve Ataman (1979)'a göre, göl ortamlarındaki evaporitlerde 50 ppm değerini geçmemektedir. Ancak NA.34 örneğinde 50 ppm'in üstünde (70 ppm gibi) olması bu anomalinin yine Baysal and Ataman (1979)'ın çalışmasına göre hidrotermal eriyiklerin varlığını yansıtmaktadır.

Diğer yandan jeokimyasal çalışmalarda La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm ve Yb gibi nadir toprak elementlerinin örneklerin yaklaşık tamamında deteksiyon limitinin altında çıktığı; yalnızca birkaç örnekte çok küçük değerler sergilediği görülmüştür. Bunun nedeni inceleme alanının batısında bulunan Yunusemre ilçesi civarındaki ofiyolitik kayaçlarda çok fazla bulunan nadir toprak elementlerinin yüzey sularıyla taşınarak bölgedeki evaporitlerin içerisine yerleşmiş olabileceğidir.

Sıra No	örnek no	Tanımlaması	Alındığı yer
1	NA 1	Disköoidal jips kristal kapanması içeren dolomit	Dolomit üyesine ait Yarımözele: T.
2	NA 2	Laminah Anhidrit	Güney Yarması
3	NA 4	Jips kristal kapantlı anhidrit	Doğu Yarması
4	NA 5	Beyaz renkli masiv jips	Doğu Yarması
5	NA 6	Hidrotermal alterasyonlu anhidrit	Doğu Yarması
6	NA 8	Sevror yapılı jips	Güney Yarması
7	NA 11	Beyaz renkli masiv jips	Güney Yarması
8	NA 12	Masiv anhidrit	Güney Yarması
9	NA 13	Masiv anhidrit	Batı Yarması
10	NA 14	Laminah anhidrit	Batı Yarması
11	NA 16	Anhidritleşmiş jips	Batı Yarması
12	NA 18	Elementer kükürt kristalli masiv jips	Batı Yarması girişi
13	NA 21	Masiv jips	Doğu yarması
14	NA 22	Bağırsağmsı yapılı anhidrit	Doğu Yarması
15	NA 23	Serbest büyümlü iri jips kristalleri	Güney Yarması
16	NA 24	Masiv anhidrit	Güney Yarması
17	NA 25	Stramatolitik yapılı bandlı anhidrit	Doğu Yarması
18	NA 26	Nedüler jips-anhidrit	Doğu Yarması
18	NA 27	Arenitik yapılı masiv jips	Doğu Yarması
20	NA 29	Masiv anhidrit	Batı Yarması
21	NA 32	Beyaz renkli masiv jips	Batı Yarması
22	NA 33	Jipsarenit	Güney Yarması
23	NA 34	Hidrotermal alterasyonlu jips	Güney Yarması
24	NA 35	Hidrotermal alterasyonlu jips	Doğu Yarması

Çizelge 1. Örnek tanımlamaları ve alındıkları yerler
Table 1. Sample definitions and locations

Ö No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	CO ₂ ⁻	SO ₃ ⁻
NA1	6,37	1,26	5,07	10,47	35,20	0,13	0,29	0,06	0,05	0,07	28,90	*
NA2	1,19	0,19	0,19	1,01	35,10	0,10	0,05	0,01	0,01	0,01	*	41,70
NA4	0,22	0,03	0,05	0,15	34,23	0,12	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA5	0,05	0,03	0,04	0,02	34,10	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	43,50
NA6	0,39	0,03	0,70	0,05	34,70	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA8	0,39	0,07	0,28	0,09	34,40	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	*	42,71
NA11	0,14	0,03	0,04	0,04	33,60	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA12	0,80	0,20	0,14	0,06	34,40	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	41,50
NA13	0,91	0,3	0,13	0,33	35,20	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	*	43,60
NA14	1,05	0,22	0,20	0,07	35,40	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01	*	43,50
NA16	0,22	0,03	0,04	0,02	32,62	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	*	45,25
NA18	0,14	0,03	0,04	0,01	33,33	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	44,66
NA21	0,27	0,03	0,04	0,41	34,21	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,22
NA22	0,68	0,08	0,08	0,87	35,58	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	*	41,26
NA23	0,48	0,11	0,05	0,50	32,49	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	43,46
NA24	0,17	0,16	0,09	0,08	32,65	0,08	0,04	0,01	0,01	0,01	*	42,99
NA25	0,70	0,10	0,11	1,25	35,21	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	41,84
NA26	0,42	0,09	0,14	0,05	32,70	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	44,40
NA27	1,57	0,28	0,15	1,69	31,90	0,07	0,06	0,02	0,02	0,01	*	40,89
NA29	2,28	0,50	2,26	3,39	31,31	0,12	0,11	0,03	0,03	0,01	*	36,14
NA32	0,25	0,06	0,04	0,02	34,78	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	*	42,48
NA33	0,86	0,26	0,13	0,10	33,86	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	*	43,00
NA34	0,02	0,03	0,12	0,01	34,81	0,1	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,69
NA35	0,46	0,09	0,16	0,30	35,41	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	*	41,12

Çizelge 2. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin ana oksit (%) kimyasal analiz sonuçları
Table 2. Major element (%) chemical analysis results of different type gypsum-anhydrite samples

Ö.No	Sr	Ba	Zn	Cu	Pb	Au ppb	Ni	Co	Rb	Mo	Zr	V	W	As	F
NA1	1204,4	77	97	7,5	2,4	1,2	94,1	4,20	13,7	2,40	25,6	52,0	0,30	605,3	-
NA2	618,4	41	3	1,1	1	0,5	1,70	<0,5	1,80	0,50	2,40	6,00	0,10	1,90	-
NA4	658,7	<5	2	0,6	0,1	1,5	0,80	<0,5	<0,5	0,10	0,60	∆	0,10	<0,5	--
NA5	551,2	<5	1	0,5	<0,1	1,5	0,40	<0,5	<0,5	0,20	<0,5	∆	<0,1	<0,50	20
NA6	691,9	5	14	3,3	3,1	3,0	0,90	<0,5	<0,5	4,10	<0,5	5,00	<0,1	∆2,10	20
NA8	178,1	<5	3	1,8	3,7	2,9	13,4	1,30	0,70	3,50	0,80	∆	<0,1	27,50	-
NA11	212,4	<5	1	0,8	<0,1	2,8	1,30	<0,5	<0,5	0,20	0,80	∆	<0,1	2,60	-
NA12	1407,8	67	2	1,3	1,5	0,5	2,80	0,80	1,00	0,20	2,40	∆	0,10	10,60	-
NA13	3191,1	59	2	1,2	1,9	3,2	3,70	<0,5	2,70	2,10	3,30	∆	0,20	∆7,40	-
NA14	1289,4	36	1	1,3	0,5	3,4	1,40	<0,5	3,40	4,60	2,50	∆	1,40	10,50	-
NA16	519,9	<5	1	0,4	0,1	0,8	0,30	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	∆	0,10	6,70	-
NA18	506	<5	1	0,5	<0,1	1,4	0,80	<0,5	<0,5	0,40	<0,5	∆	<0,1	0,50	10
NA21	1752,6	25	1	0,5	0,1	1,3	0,10	<0,5	<0,5	0,10	<0,5	∆	<0,1	<0,5	-
NA22	1382,4	49	2	0,8	1,6	1,3	1,60	<0,5	0,60	1,80	1,30	∆	<0,1	1,90	-
NA23	2151,6	43	2	1	0,2	4,0	0,80	<0,5	1,00	0,20	0,60	∆	<0,1	1,60	-
NA24	1832,5	29	2	0,7	1	1,1	1,80	<0,5	1,80	1,80	1,70	∆	<0,1	35,30	-
NA25	3336,3	14	3	1,8	1,8	0,7	1,60	0,60	0,60	4,30	1,40	∆	0,10	5,20	30
NA26	3519,3	85	1	1	1,5	1,1	2,10	<0,5	<0,5	0,50	1,20	∆	<0,1	7,10	-
NA27	1018,7	87	3	1	1	1,8	2,20	<0,5	2,40	0,50	4,50	7,00	0,20	1,20	-
NA29	2088,1	99	6	2,9	3,1	3,0	2,60	0,50	3,30	0,80	5,80	14,0	0,20	196,2	-
NA32	744,7	<5	<1	0,10	<0,1	1,0	0,40	<0,5	0,60	<0,1	1,20	∆	<0,1	<0,5	-
NA33	479,5	104	3	0,90	0,9	0,5	2,10	<0,5	2,10	0,20	3,20	∆	<0,1	1,60	-
NA34	252,9	<5	1	0,40	<0,1	4,5	0,50	<0,5	1,30	0,60	1,60	∆	0,10	15,50	70
NA35	462,4	21	5	0,20	2,3	<0,5	1,10	<0,5	1,80	2,70	2,60	∆	<0,1	84,10	30

Çizelge 3. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin eser element kimyasal analiz sonuçları

Table 3. Trace element chemical analysis results of different types of gypsum anhidrite samples

Ö.No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
NA1	5,3	9,10	0,98	3,70	0,90	0,22	0,93	0,15	0,98	0,19	0,66	0,08	0,64
NA2	0,70	1,10	0,14	0,60	0,10	<0,05	0,13	0,03	0,10	<0,05	0,06	<0,05	0,05
NA4	<0,50	<0,50	0,03	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA5	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA6	<0,50	<0,50	0,04	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA8	<0,50	<0,50	0,04	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA11	<0,50	<0,50	0,03	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA12	0,60	1,10	0,20	0,50	0,10	<0,05	0,09	0,02	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA13	0,70	1,10	0,12	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA14	0,70	1,20	0,12	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA16	<0,50	<0,50	0,06	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA18	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA21	<0,50	<0,50	0,05	<0,40	0,10	<0,50	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA22	0,50	0,70	0,08	<0,40	0,10	<0,50	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA23	<0,50	0,60	0,07	0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA24	<0,50	0,60	0,09	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA25	<0,50	0,80	0,07	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA26	0,50	0,70	0,07	<0,40	0,10	<0,05	0,08	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA27	0,80	1,40	0,14	0,70	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA29	1,70	2,80	0,31	1,30	0,10	<0,05	<0,05	0,03	0,22	<0,05	0,11	<0,05	<0,05
NA32	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA33	0,70	1,40	0,13	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA34	0,50	0,90	0,09	0,60	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA35	0,50	0,80	0,09	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Çizelge 4. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin nadir toprak element (ppm) kimyasal analiz sonuçları

Table 4. Rare earth element chemical analysis results of different types of gypsum-anhidrite samples

ANA OKSİTLER (%)											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₄ ²⁻
Minimum Değer	0,02	0,03	0,04	0,01	23,20	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	36,13
Maksimum Değer	6,37	1,26	5,07	10,47	35,42	0,13	0,29	0,06	0,05	0,07	45,25
Standart Sapma	0,83	0,26	1,08	2,18	2,33	0,04	0,05	0,01	0,009	0,01	1,83
Ortalama Değer	1,29	0,17	0,43	0,87	33,13	0,04	0,04	0,01	0,01	22,44	42,58

ESER ELEMENTLER (ppm)															
	Sr	Ba	Zn	Cu	Pb	Au	Ni	Co	Rb	Mo	Zr	V	W	As	F
Minimum Değer	178,1	4,00	1,00	0,10	0,10	0,40	0,10	0,40	0,40	0,10	0,40	0,40	0,10	0,40	10,0
Maksimum Değer	3519	144	97,0	7,50	3,70	4,50	94,1	4,20	13,7	4,30	25,6	52,0	1,40	605,3	70,0
Standart Sapma	995,6	40,3	19,4	1,53	1,12	1,21	19,1	0,78	2,72	1,50	5,06	10,0	0,26	126,4	21,0
Ortalama Değer	1252	41,7	6,58	1,32	1,18	1,81	6,40	0,62	1,75	1,33	2,72	6,36	0,17	46,10	30,0

NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (ppm)														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Minimum Değer	0,40	0,40	0,02	0,30	0,10	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
Maksimum Değer	5,30	9,10	0,98	3,70	0,90	0,22	0,93	0,15	0,98	0,19	0,66	0,08	0,64	0,08
Standart Sapma	1,00	1,77	0,19	0,70	0,16	0,12	0,23	0,02	0,19	0,02	0,12	0,01	0,12	0,01
Ortalama Değer	0,75	1,16	0,12	0,56	0,13	0,09	0,16	0,01	0,10	0,05	0,07	0,05	0,07	0,01

Çizelge 5. Tüm elementlere özgü maksimum-minimum değerler, standart sapmalar ve ortalama değerler
Table 5. Maximum-minimum rates, standard deviations and average rates for all elements

JEOİSTATİSTİK

Jeostatistiksel çalışmaların esası jeokimyasal analizlerle belirlenen 28 elemente özgü değerler yardımıyla hazırlanan değişim diyagramlarında element çiftleri arasındaki dağılım ve gidişlerin izlenmesidir. Bunun için değişim grafiklerinin nicel açıdan değerlendirilmesinde ortaya çıkan ve çoğunlukla da nokta dağılımlarında izlenmiş olan uyumlu ilişki, jeostatistiksel parametreler açısından oldukça önemlidir. Buradan hareketle öncelikle

Çizelge 5'te minimum/maksimum değerler, standart sapma ve ortalama değerler elde edildi. Sonra dağılım ve gidişlerin daha anlaşılır hale gelebilmesi için elementlerin, değişim diyagramlarının ardından korelasyon katsayıları hesaplandı (Çizelge 6). Ayrıca element çiftlerine özgü korelasyon katsayılarının grafiksel olarak karşılaştırılması sonucu element çiftlerinin birbirleriyle olan ilişkileri yani birbirlerine göre nasıl hareket ettikleri belirlendi. Böylece hazırlanan tüm grafikler içinden “dağılım-uyumlu ilişkiler” parametresi dikkate alınarak evaporitlerin

kökensel yorumlamalarında yardımcı olabilecek 6 adet değişim diyagramı Şekil 5'te sunuldu. Sonuçta seçilen bazı önemli esas oksitlerin birbirleriyle ve bazı eser elementlerle yaptıkları yönelimler açık olarak bu değişim diyagramlarında izlendi. Örneğin SiO_2 'nin, Al_2O_3 'le nokta dağılımlarının gidişlerindeki çizgiselliğe özdeş gidişten dar açınımlı dağılımları dikkate değerdir. Rb ile olan değişim diyagramı ise çizgisel gidişli dar açınımlı artan ilişkili uyumlu bir dağılım sergilemektedir. Aynı şekilde $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'le As'in ilişkisine bakıldığında çizgisele yakın doğru orantılı olduğu gözlenmekte, TiO_2 ve P_2O_5 ile yine benzer şekilde doğru orantılı olarak artmaktadır.

Diğer yandan; elementlerin korelasyon katsayı değerlerini kümeleme veya gruplama çalışmasında öncelikle artan ve eksilen korelasyon katsayısı değerlerinin yüzdeleri elde edildi ve grafiksel biçimde gösterildi (Çizelge 7 a, b), (Şekil: 6 a, b). Ayrıca Çizelge 7 a, b'den yararlanılarak hazırlanan korelasyon katsayısı kümülatif yüzde dağılımları ve grafiksel sunumları da verildi (Çizelge 8), (Şekil 7 a, b). Şekil 7a, b incelendiğinde, artan korelasyon katsayılarının 3 grup, eksilen korelasyon katsayılarının da 3 grup şeklinde kümelendiği gözlenmektedir. Pozitif korelasyon için 1. grup $r < +0,53$; 2. grup $+0,53 < r < +0,85$ ve 3. grup ise $r > +0,85$ değerlerini göstermektedir. Negatif korelasyon için ise 1. grup $r > -0,28$; 2. grup $-0,28 > r > -0,68$ ve 3. grup ise, $r < -0,68$ değerleri ile özgünleşmektedir. Bu sınır değerler sırasıyla zayıf, orta ve iyi pozitif ile zayıf, orta ve iyi negatif korelasyon katsayısı gruplarına karşılık gelmektedir.

Korelasyon katsayılarının bu alt disiplinlere Çizelge 9'a göre gruplanmış bulunan element çifti kombinasyonları nicel biçimde Çizelge 10 ve 11'de sunulmuştur. Bunların sentezlenmesi sonucu ortaya konulan iyi ve orta korelasyon alt disiplinine özgü artan ve eksilen element grup ve birliktelikleri ise Çizelge 12'de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 12'nin geliştirilmesi ve bir çok element bileşeninden oluşan büyük bir küme içindeki birlikte ve karşıt hareket eden elementlerin somutlaştırılıp kümenin daha da

daraltılması açısından elementlerin tümüne "Cluster" analizi de uygulanmıştır (Şekil 8). Bunlara göre $r > +0,85$ (yüksek pozitif korelasyonlu) değerli artan korelasyonlu tek bir grup ortaya çıkmaktadır. Bu grup SiO_2 , K_2O , Rb, Zr, Al_2O_3 , MgO, TiO_2 , V, $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, As, MnO, Zn, Ni, Co, P_2O_5 , Cu elementleri ile temsil olunmaktadır. Bu birliktelikte her element birbirleri ile beraber hareket etmekte, yani bir element artarken diğer bir elementte artmakta veya biri azalırken diğeri de azalmaktadır. İkinci grup $+0,53 < r < +0,85$ değerleri arasında olup; Ba, Sr, Mo, W, Pb, F, Au ve Na_2O elementleri ile temsil edilmektedir. Üçüncü bir grupta CaO ve SO_3 elementleri ile temsil olunmaktadır. Burada en önemli unsur, her iki grup birbiriyle artan korelasyon ilişkisi, ancak 3. grupta eksilen korelasyon ilişkisi göstermektedir. Yani 1. ve 2. grubun elementleri artarken 3. grubun elementleri azalmakta veya 1. ve 2. grubun elementleri azalırken 3. grubunki azalmaktadır. Ayrıca kökensel ve ortamsal yorumlamalara katkı sağlaması bakımından söz konusu bu 3 ana grubu kendi içinde de şu şekilde alt gruplara ayırabiliriz:

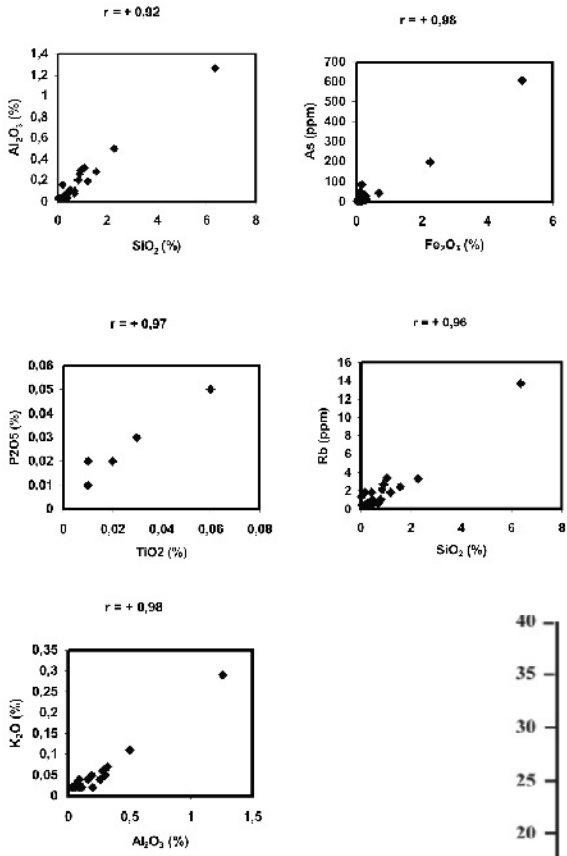
1. grupta olan SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO, MnO, V, TiO_2 , P_2O_5 , Zr, Zn, Ni, Co, Cu'yu:

- a- SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Rb
- b- Fe_2O_3 , MgO, MnO, As
- c- V, TiO_2 , P_2O_5
- d- Zr, Zn, Ni, Co, Cu şeklinde,

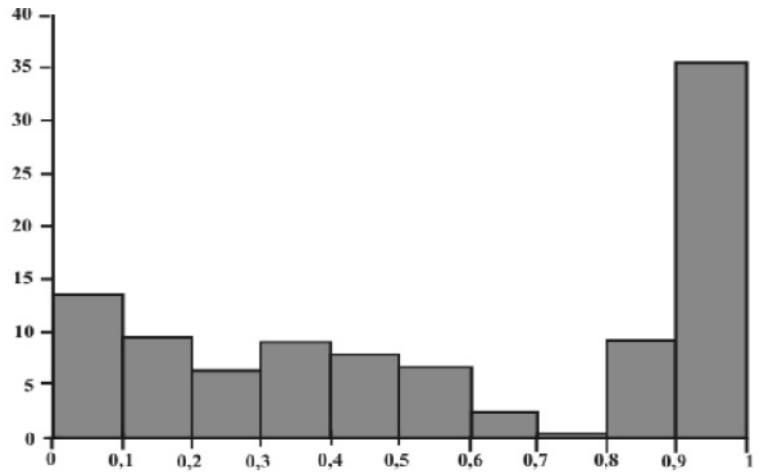
2. grupta olan Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au, Na_2O 'yu

- a- Ba, Sr, Pb, F, Au
- b- W, Mo
- c- Na_2O şeklinde, ve

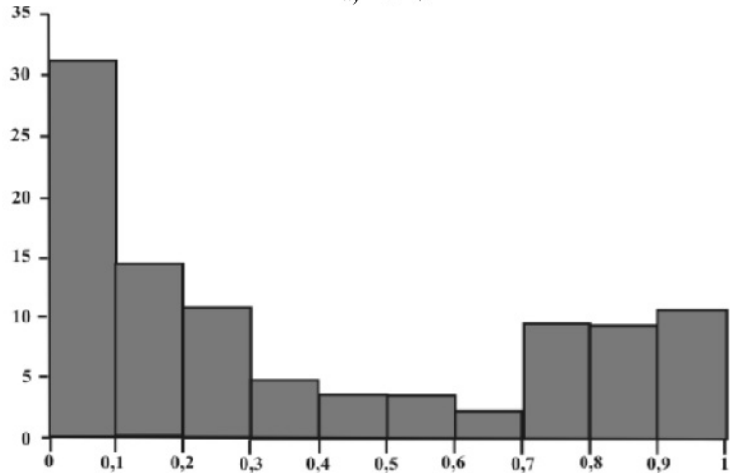
3. grupta olan CaSO_4 'da CaO+ SO_3 olarak ayırmak mümkündür. Bu şekilde Cluster analizi çalışması sonucu, bir çok element bileşeninden oluşan büyük bir küme içindeki birbirleri ile birlikte ve karşıt hareket eden elementler somutlaştırılmış, küme daha da daraltılmış ve jeokimyasal açıdan bu bileşenlerin birlikte hareket davranışları istatistiksel olarak şekillendirilmiştir



Şekil 5. Elementlerin birbirlerine göre değişim diyagramları
Figure 5. Change comparison diagrams of elements

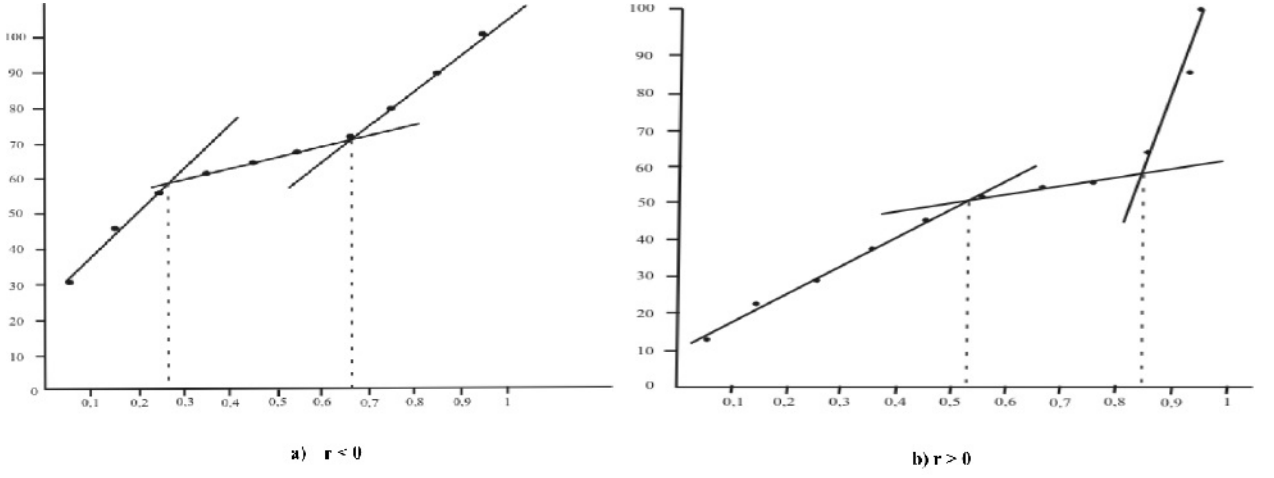


a) $r > 0$

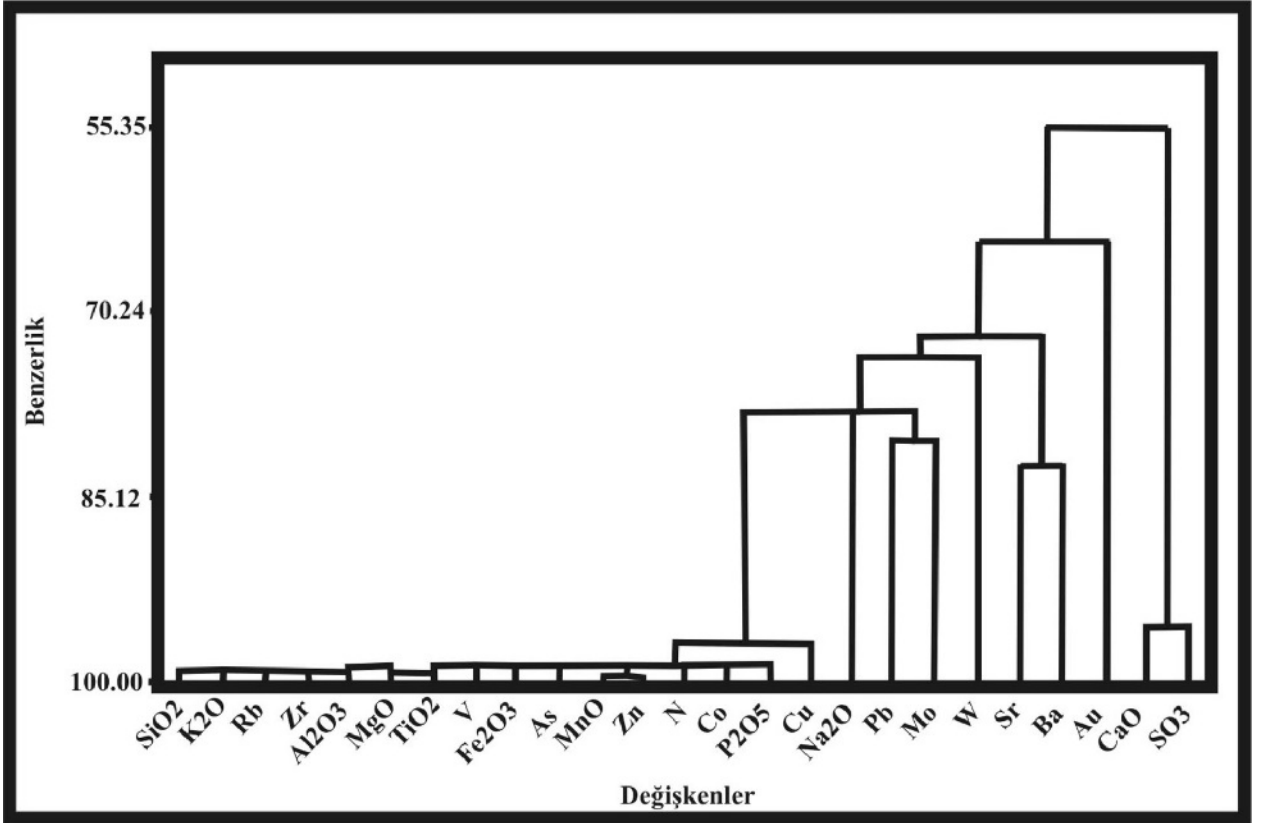


b) $r < 0$

Şekil 6. Korelasyon katsayılarının yüzde dağılımı
Figure 6. Percent distribution of correlation coefficients



Şekil 7. Korelasyon katsayılarının kümülatif% dağılımı
 Figure 7. Cumulative percentage distribution of correlation coefficients



Şekil 8. Elementlerin benzerlik derecesini gösteren diyagram
 Figure 8. Diagram indicating similarity degree of elements

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃ ⁻	Sr	Ba	Zn	Cu	Pb	Au	Ni	Co	Rb	Mo	Zr	V	W	As	F
SiO ₂	1																									
Al ₂ O ₃	0.92	1																								
Fe ₂ O ₃	0.95	0.93	1																							
MgO	0.98	0.94	0.96	1																						
CaO	-0.93	-0.91	-0.89	-0.94	1																					
Na ₂ O	0.49	0.46	0.55	0.54	-0.50	1																				
K ₂ O	0.98	0.98	0.96	0.97	-0.92	0.52	1																			
TiO ₂	0.97	0.94	0.97	0.98	-0.93	0.57	0.97	1																		
P ₂ O ₅	0.92	0.90	0.94	0.94	-0.87	0.57	0.92	0.97	1																	
MnO	0.91	0.88	0.91	0.94	-0.91	0.43	0.92	0.91	0.85	1																
AK	0.56	0.51	0.56	0.63	-0.55	0.51	0.52	0.61	0.62	0.46																
SO ₃ ⁻	-0.75	-0.75	-0.76	-0.85	0.22	-0.39	-0.69	-0.79	-0.74	0.00	1															
Sr	0.11	0.15	0.05	0.10	-0.19	-0.20	0.05	0.05	0.04	-0.01	-0.13	1														
Ba	0.43	0.44	0.29	0.37	-0.38	-0.05	0.32	0.33	0.31	0.19	-0.45	0.65	1													
Zn	0.92	0.88	0.93	0.94	-0.89	0.44	0.92	0.92	0.86	0.99	-0.35	-0.02	0.19	1												
Cu	0.90	0.86	0.93	0.89	-0.84	0.43	0.88	0.88	0.82	0.86	-0.44	0.12	0.34	0.91	1											
Pb	0.38	0.36	0.44	0.35	-0.22	-0.01	0.36	0.35	0.32	0.23	-0.51	0.19	0.34	0.32	0.57	1										
Au	-0.08	-0.03	0.02	-0.08	0.06	0.20	-0.03	-0.02	-0.04	-0.11	0.01	0.00	-0.24	-0.09	0.07	0.05	1									
Ni	0.92	0.88	0.89	0.93	-0.89	0.44	0.92	0.89	0.83	0.98	-0.15	-0.04	0.19	0.97	0.87	0.31	-0.12	1								
Co	0.89	0.85	0.89	0.90	-0.86	0.36	0.89	0.88	0.82	0.97	-0.14	-0.03	0.19	0.96	0.88	0.36	-0.09	0.97	1							
Rb	0.96	0.98	0.92	0.94	-0.91	0.47	0.98	0.93	0.88	0.94	-0.49	0.05	0.31	0.93	0.85	0.30	-0.01	0.93	0.90	1						
Mo	0.18	0.19	0.19	0.14	-0.07	-0.17	0.21	0.09	0.04	0.15	-0.07	0.18	0.16	0.21	0.39	0.61	0.19	0.18	0.22	0.22	1					
Zr	0.98	0.97	0.94	0.97	-0.92	0.48	0.98	0.96	0.92	0.96	-0.72	0.05	0.34	0.96	0.87	0.32	-0.09	0.95	0.93	0.98	0.15	1				
V	0.95	0.92	0.96	0.97	-0.93	0.53	0.95	0.97	0.93	0.97	-0.69	0.01	0.25	0.97	0.90	0.31	-0.08	0.96	0.94	0.94	0.09	0.97	1			
W	0.20	0.28	0.13	0.09	-0.14	-0.01	0.26	0.11	0.09	0.10	0.04	0.05	0.05	0.08	0.14	-0.06	0.30	0.09	0.08	0.29	0.48	0.16	0.03	1		
As	0.94	0.93	0.98	0.96	-0.89	0.50	0.96	0.96	0.92	0.94	-0.73	0.05	0.25	0.95	0.90	0.42	-0.03	0.92	0.92	0.94	0.20	0.96	0.97	0.10	1	
F	-0.23	0.00	-0.12	-0.01	0.41	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.38	-0.01	-0.01	-0.24	-0.25	-0.21	0.65	-0.19	0.00	0.57	-0.13	0.50	-0.23	0.00	0.05	1

Çizelge 6. Element çiftlerine özgü korelasyon katsayısı değerleri
Table 6. Correlation coefficient values for to element couples

Korelasyon Katsayı Değerleri	Korelasyon Katsayı Yüzdeleri	
	(r>0)	(r<0)
0.00 – 0.10	13,41	30,96
0.10 – 0.20	9,31	14,29
0.20 – 0.30	6,33	10,72
0.30 – 0.40	8,94	4,76
0.40 – 0.50	7,83	3,57
0.50 – 0.60	6,72	3,57
0.60 – 0.70	2,37	2,38
0.70 – 0.80	0,35	9,52
0.80 – 0.90	9,31	9,52
0.90 – 1.00	35,43	10,71
Toplam	100,00	100,00

Korelasyon Katsayı Değerleri	Korelasyon Katsayı Nokta Sayısı	
	(r>0)	(r<0)
0.00 – 0.10	36	26
0.10 – 0.20	25	12
0.20 – 0.30	17	9
0.30 – 0.40	24	4
0.40 – 0.50	21	3
0.50 – 0.60	18	3
0.60 – 0.70	6	2
0.70 – 0.80	1	8
0.80 – 0.90	25	8
0.90 – 1.00	95	9
Toplam	268	84

Çizelge 7. a) Korelasyon katsayısı yüzdeleri b) Korelasyon katsayısı nokta sayıları
Table 7. a) Percentage of correlation coefficient b) Point numbers of correlation coefficient

Korelasyon Katsayı Değerleri	Korelasyon Katsayı Kümülatif Yüzdeleri (%)	
	(r>0)	(r<0)
0.00 – 0.10	13,41	30,96
0.10 – 0.20	22,72	45,25
0.20 – 0.30	29,05	55,97
0.30 – 0.40	37,99	60,73
0.40 – 0.50	45,82	64,3
0.50 – 0.60	52,54	67,87
0.60 – 0.70	54,91	70,25
0.70 – 0.80	55,26	79,77
0.80 – 0.90	64,57	89,29
0.90 – 1.00	100,00	100,00

Çizelge 8. Korelasyon katsayısı kümülatif yüzde dağılımları
Table 8. Cumulative percentage distributions of correlation coefficient

Korelasyon Katsayısı Alt Disiplinleri	Pozitif Korelasyon	Negatif Korelasyon
İyi Korelasyon	$r \geq 0,35$	$r < -0,68$
Orta Korelasyon	$+0,53 < r < +0,85$	$-0,28 > r > -0,68$
Zayıf Korelasyon	$r < -0,53$	$r > -0,28$

Çizelge 9. Korelasyon katsayısı alt disiplinleri
Table 9. Sub-disciplines of correlation coefficient

(r > +0.85) Yüksek pozitif korelasyon

Cu/SiO ₂	ΣFe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	Zn/MgO	V/K ₂ O	Cu/TiO ₂	Zn/P ₂ O ₅	Rb/MnO	As/Zn	Co/Cu	Rb/Ni	V/Co	V/Rb	V/Zr
Co/SiO ₂	Zn/Al ₂ O ₃	NE/MgO	Zr/K ₂ O	Zn/TiO ₂	Rb/P ₂ O ₅	Cu/MnO	Rb/Zn	Zr/Cu	Zr/Ni	Zr/Co	As/Rb	As/Zr
ΣFe ₂ O ₃ /SiO ₂	MnO/Al ₂ O ₃	As/MgO	P ₂ O ₅ /K ₂ O	Ni/TiO ₂	Zr/P ₂ O ₅	As/MnO	Ni/Zn	As/Cu	Co/Ni	Rb/Co	Zr/Rb	As/V
Rb/SiO ₂	V/Al ₂ O ₃	Cu/MgO	MnO/K ₂ O	Zr/TiO ₂	As/P ₂ O ₅	Co/MnO	Co/Zn	Ni/Cu	As/Ni	As/Co		
TiO ₂ /SiO ₂	As/Al ₂ O ₃	Co/MgO	As/K ₂ O	P ₂ O ₅ /TiO ₂	V/P ₂ O ₅	Zr/MnO	Zr/Zn	V/Cu	V/Ni			
V/SiO ₂	P ₂ O ₅ /Al ₂ O ₃	V/MgO	Zn/K ₂ O	As/TiO ₂		Ni/MnO	V/Zn					
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	Cu/Al ₂ O ₃	Rb/MgO	Cu/K ₂ O	Co/TiO ₂		V/MnO						
MnO/SiO ₂	MgO/Al ₂ O ₃	MnO/MgO	Co/K ₂ O	V/TiO ₂		Zn/MnO						
K ₂ O/SiO ₂	TiO ₂ /Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ /MgO	Ni/K ₂ O	Rb/TiO ₂								
MgO/SiO ₂	Ni/Al ₂ O ₃	K ₂ O/MgO	TiO ₂ /K ₂ O									
As/SiO ₂	K ₂ O/Al ₂ O ₃	Zr/MgO	Rb/K ₂ O									
Ni/SiO ₂	Rb/Al ₂ O ₃	As/ΣFe ₂ O ₃										
Zr/SiO ₂	Zr/Al ₂ O ₃											
Zn/SiO ₂												

Orta pozitif korelasyon (+0.53 < r < +0.85)

Co/Al ₂ O ₃	Na ₂ O/ΣFe ₂ O ₃	TiO ₂ /Na ₂ O	Na ₂ O/MgO	Ni/P ₂ O ₅	Ba/Sr	Pb/Cu	Mo/Pb	F/Au	F/Rb
		P ₂ O ₅ /Na ₂ O							
		F/Na ₂ O							

(r < +0.53) Zayıf pozitif korelasyon

Na ₂ O/SiO ₂	Na ₂ O/Al ₂ O ₃	Pb/ΣFe ₂ O ₃	Ba/MgO	SO ₃ /CaO	Ba/K ₂ O	K ₂ O/Na ₂ O	Ba/P ₂ O ₅	Ba/TiO ₂	Ba/MnO	Au/SO ₃		
Ba/SiO ₂	Ba/Al ₂ O ₃	Ba/ΣFe ₂ O ₃	Pb/MgO	Au/CaO	Pb/K ₂ O	As/Na ₂ O	Pb/P ₂ O ₅	Pb/TiO ₂	Ba/MnO	W/SO ₃		
Pb/SiO ₂	Pb/Al ₂ O ₃	Mo/ΣFe ₂ O ₃	Sr/MgO		Mo/K ₂ O	MnO/Na ₂ O	Sr/P ₂ O ₅	W/TiO ₂	Mo/MnO			
W/SiO ₂	W/Al ₂ O ₃	W/ΣFe ₂ O ₃	Mo/MgO		W/K ₂ O	Cu/Na ₂ O	Sr/P ₂ O ₅	Sr/TiO ₂	W/MnO			
Sr/SiO ₂	Sr/Al ₂ O ₃	Sr/ΣFe ₂ O ₃	W/MgO		Sr/K ₂ O	Cu/Na ₂ O	W/P ₂ O ₅	Mo/TiO ₂	F/MnO			
Mo/SiO ₂	Mo/Al ₂ O ₃	Au/ΣFe ₂ O ₃			Ni/K ₂ O	Ni/Na ₂ O	F/P ₂ O ₅	F/TiO ₂	SO ₃ /MnO			
	ΣFe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃				Rb/Na ₂ O	Rb/Na ₂ O						
					Zr/Na ₂ O	Zr/Na ₂ O						
					Co/Na ₂ O	Co/Na ₂ O						
					Au/Na ₂ O	Au/Na ₂ O						
Cu/Sr	Cu/Ba	Pb/Zn	Mo/Cu	As/Ph	Mo/Ni	Mo/Au	Mo/Rb	F/Co	W/Mo	F/Zr	As/W	F/As
Ph/Sr	Ph/Ba	Mo/Zn	W/Cu	Ni/Ph	W/Ni	W/Au	W/Rb	Mo/Co	As/Mo	W/Zr	As/W	F/W
Mo/Sr	Rb/Ba	W/Zn	Au/Cu	Co/Ph				W/Co	Zr/Mo			
Au/Sr	Zr/Ba			Rb/Ph				F/Co	V/Mo			
Rb/Sr	V/Ba			Zr/Ph								
Zr/Sr	As/Ba			V/Ph								
V/Sr	Zn/Ba			Au/Ph								
W/Sr	Ni/Ba											
As/Sr	Co/Ba											
	Mo/Ba											
	W/Ba											

Çizelge 10. Pozitif korelasyon katsayısı alt disiplinleri element çiftleri
Table 10. Positive correlation coefficient for sub-disciplines of element couples

($r > -0,28$) Zayıf negatif korelasyon

Au/SiO ₂	Au/Al ₂ O ₃	Au/MgO	Mn/CaO	Ba/Na ₂ O	Au/K ₂ O	Sr/MnO	Mn/SO ₃	F/Sr	F/Ba	F/Zn	W/Pb	As/Au	F/Cu
F/SiO ₂	F/ΣFe ₂ O ₃	F/MgO	Sr/CaO	Pb/Na ₂ O	Au/TiO ₂	Au/MnO	Sr/SO ₃	Zn/Sr	Au/Ba	Au/Zn	F/Pb	Co/Au	F/V
			W/CaO	W/Na ₂ O	Au/P ₂ O ₅		Ni/SO ₃	Ni/Sr				Rh/Au	F/Ni
			P ₂ O ₅ /CaO	Mn/Na ₂ O			Ni/SO ₃	Co/Sr				Zr/Au	F/Mo
			Sr/Na ₂ O				Co/SO ₃					V/Au	
												Ni/Au	

($-0,28 > r > -0,68$) Orta negatif korelasyon

Na ₂ O/CaO	SO ₃ /Na ₂ O	Zn/SO ₃
Ba/CaO		F/SO ₃
		Ba/SO ₃
		Cu/SO ₃
		Rh/SO ₃
		Pb/SO ₃

($r < -0,68$) İyi negatif korelasyon

SO ₃ /SiO ₂	SO ₃ /Al ₂ O ₃	SO ₃ /ΣFe ₂ O ₃	SO ₃ /MgO	P ₂ O ₅ /CaO	SO ₃ /K ₂ O	V/SO ₃
CaO/SiO ₂	CaO/Al ₂ O ₃	CaO/ΣFe ₂ O ₃	CaO/MgO	Zn/CaO	SO ₃ /TiO ₂	Zr/SO ₃
				Cu/CaO	SO ₃ /P ₂ O ₅	As/SO ₃
				Ni/CaO		
				Co/CaO		
				As/CaO		
				K ₂ O/CaO		
				TiO ₂ /CaO		
				MnO/CaO		
				Rh/CaO		
				Zr/CaO		
				V/CaO		

Çizelge 11. Negatif korelasyon katsayısı alt disiplinleri element çiftleri
 Table 11. Negative correlation coefficient for sub-disciplines of element couples

<p style="text-align: center;">1. grup ($r > +0,85$) İyi pozitif korelasyon</p> <p style="text-align: center;">SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Rb, Fe₂O₃, MgO, MnO, As, V, TiO₂, P₂O₅, Zr, Zn, Ni, Co, Cu</p> <p style="text-align: center;">2. grup ($+0,53 < r < +0,85$) Orta pozitif korelasyon</p> <p style="text-align: center;">Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au, Na₂O</p>
<p style="text-align: center;">3. grup ($r < -0,68$) İyi negatif korelasyon</p> <p style="text-align: center;">CaO, SO₃</p>

Çizelge 12. Element grup ve birliktelikleri
Table 12. Element group and associates

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Sakarya Formasyonu jips üyesine ait beş farklı alt litofasiyesi temsilen seçilen jips-anhidrit kayaç örneklerinde gerçekleştirilen jeokimyasal (ana oksit, eser element ve nadir toprak elementi analizi) ve mineralojik çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ile Aydoğdu (2004)'te sunulan bölgedeki evaporitlerin sedimantolojik-petrografik-mikrodokusal (SEM-EDS) özelliklerini kapsayan bulguları birbirini desteklemektedir. Bu paralellik bölgedeki evaporitleşmelerde, jipslere eşlikçi yoğun bir diyajenetik kil (olası simektit türü) mineral dolgu ve sıvamaları ile karbonatlaşmaların (dolomit ve kalsitleşmelerin) geliştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca eser elementlerden Ba, Sr, Mo, Pb, W, F ve Au değerlerinin Dean ve Anderson (1974)'de açıklandığı gibi evaporitik playa gölü oluşum ortamı kimyasına göre beklenenden yüksek miktarda çıkması ve birbirleriyle uyum halinde olması kökensel açıdan oldukça önemlidir. Bu yüksek değerlerin nedeni; gölün mineralojik bileşiminin yanı sıra, evaporitleşme sırasında göl suyunun kimyasının zemin suyu ve indirgeyici ortam koşullarının denetimi ile flüvyal sistem koşullarına bağlı olarak son derece değişkenlikler göstermesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Çünkü literatürdeki benzer jeokimyasal çalışmalar ve bunun sonucu yapılan kökensel yorumlamalar ile, bu çalışmadaki benzer bulgu ve yorumlar arasında büyük paralellikler vardır. Bunlardan Necdet and Anıl (2006)'da KKTC'deki Miyo-Pliyosen evaporitlerinde saptadıkları 100-300 ppm'lik Sr değerini karadan basene gelen freatik

sulara ve Playa vd., (2000)'de ise Doğu Betik (İspanya) boğazındaki Üst Miyosen karasal+denizel evaporitlerinden bantlı-yumrulu-laminalı jipslere ait 800-1700 ppm arası çıkan değerleri normal deniz suyuna, selenitik ve masiv jipslerdeki 2400 ppm. civarındaki değerleri de hidrotermal çözeltilere kökensel açıdan kaynak teşkil ettiği şeklinde ifade etmişlerdir. Ayrıca Orti (1997) ve Orti vd., (2007) çalışmalarında da; Ebro baseni (İspanya)'nin GD'daki gölsel Miyosen evaporitlerindeki 500 ppm.'in altındaki Sr değerleri ile evaporitlerin sülfat ve klorür iyon kaynaklarının, genel olarak çevredeki Mesozoyik yaşlı karasal tuzların bulunduğu kayaçlar ve bunların zemin-yüzey suyuyla yıkanması olarak açıklanmıştır. Ayrıca evaporit çökelimini kontrol eden faktörler ise; aktif tektonizma, yüksek CaSO₄'ce zengin meteorik su döngüsü, yarı kurak iklim şartları ve büyük boyutlu alüvyal yelpaze gelişimleri olarak sıralanmıştır. Çalışma alanındaki evaporitlerin Ca, Sr ve S iyon kaynaklarının da, büyük olasılıkla karasal Miyo-Pliyosen volkanizması ile bölgedeki Neojen öncesine ait intrüsf ve metamorfik kayaçların freatik-vadoz suyla yıkanması şeklinde yorumlanabilir. Böylece analiz sonuçlarıyla belirlenen bu tür element zenginleşmelerinin; Tekin vd., (2005)'de de ifade edildiği gibi göl ortamının Miyo-Pliyosen boyunca süren yerel volkanik faaliyete bağlı olarak inceleme bölgesinin güneyinde ve kuzeyinde mevcut havzayı sınırlayan faylardan ve kırık sistemlerinden yükselen olası aktif hidrotermal eriyiklerin yoğun etkisinde olduğunu gösterir. Bu çözeltiler olasılıkla fay kontrollü olup, bölgedeki evaporitli serilerin arasında hidrotermal alterasyonlu ara zonlar oluşturmuşlardır.

Bu alterasyon ara zonları içerisinde alınan örneklerin parlatma kesit incelemelerinde saptanan limonit, bakteriyel kökenli pirit, detritik mangan ve hematit mineral parajenezlerinin birlikte gözlenmesi; birbirleriyle iyi pozitif korelasyon gösteren $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO, MnO ve As'nin beraber zenginleşmelerine de kanıt teşkil etmektedir. Diğer yandan bölgedeki evaporitler içerisinde Beypazarı havzasında olduğu gibi; volkanik faaliyet+evaporit çökelinin olası yan ürünleri olarak değerlendirilen trona-ternardit-gluoberit-mirabililit mineralleşmelerinin (Orti vd., 2002) izlenmemiş olması, bunların sınırlı da olsa çökeldiğini fakat, büyük bir olasılıkla düşey faylanmalara bağlı olarak daha derin zonlarda gömülü olarak bulunabileceklerini düşündürmektedir. Buna karşın inceleme alanında sadece lüneburgit ve sepiyolit oluşumlarına rastlanılmaktadır (Dr.E.Bingöl ile sözlü görüşme, 2005).

Sonuç olarak; Üst Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu Jips Üyesine (Sj) ait evaporitlerin jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmesinde; paleo iklimsel koşulların, dönemsel karasal volkanizmanın, depolanmayla eş zamanlı tektonizmanın ve farklı litolojilere (silisiklastik ve karbonatik gibi) sahip depolanma sistemlerinin etkin olarak geliştiği playa gölü kompleksinde çökeldiği belirlenmiştir. Bu çökelimdeki en önemli faktörün ise bölgedeki uzun yada kısa süreli iklimsel değişimler olduğu düşünülmektedir. Çünkü Polatlı-Sivrihisar havzası “perennial saline lake; Warren, (1999)” karakterli Miyo-Pliyosen gölünün genel çökel istifinde, evaporitik (jips-anhidrit ağırlıklı) ve palüstrin (karbonat-marn-kil ağırlıklı) göl koşullarını yansıtan değişimlerin dikey ve yanal ölçekte birkaç defa tekrarlandığı izlenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen YDABAG 102 Y 125 nolu bilimsel araştırma projesi kapsamında yürütülmüştür. Bu nedenle yazarlar başta TÜBİTAK olmak üzere makalenin her aşamasındaki yardım ve katkıları için Prof. Dr. B.Varol, Prof. Dr. T. Ünlü ve Dr. T.Ayyıldız'a, (Ank. Üniv. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl.) Prof. Dr. Cem SARAÇ'a (Hac. Üniv. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl.) arazi çalışmalarındaki yardımları içinde Jeo.Yük.Müh. N. Aydoğdu ile Jeo. Müh. M. Kırtıl'a teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

The Neogene stratigraphy of the study area was given by Gözler et al. (1996). The Midde-Upper Miocene Sakarya Formation overlies pre-Miocene basement rocks unconformably and the Pliocene Porsuk Formation overlies it with low angular unconformity. Aydoğdu (2004), in the first detailed study of these evaporites, noted that the Sakarya Formation is represented by 4 members named, from bottom to top, as i) volcanic material intercalated claystone (Svk), ii) volcanite (Svb), iii) dolomite-limestone (Sd), and iv) gypsum (Sj). The same researcher indicated that the gypsum member (Sj) is also divided into 5 sublithofacieses: a) massive secondary gypsums (Sj1) b) laminated primary anhydrites (Sj2), c) brecciated-nodular secondary gypsums (Sj3), d) clastic gypsums (gypsarenites) (Sj4) and e) chevron type selenitic gypsums (Sj5). These 5 sublithofacieses can be typically observed at the open pit mine near Karabayırlar Hill, being white-gray-brown in color and with a clastic thickness of 80 m. gypsum beds also bear interbeds with clay-carbonate matrix.

The most widespread sublithofacies of all is massive secondary gypsum (Sj1) that bears white-pink colored, fine crystallised (alabastrine texture), selenitic gypsum interbeds that show chevron or swallowtail type twinnings. Their mean thickness is about 5-10 m. The second sub-lithofacies, a laminated primary anhydrite sub-facies (Sj2), has a vertical transition with massive gypsum and was seen as stromatolitic fine interbeds on the top of that facies. These are dirty white-gray colored fair-coarse crystallised (porphyroblast in texture), pure viewed and 2-3 m in average thickness. Brecciated-nodular secondary gypsum (Sj3) is white-pink colored, lenticular, and massive. The nodules are of 50-70 cm in diameter. The internal structure of the nodules exhibits zonning growth, and these are well rounded. These were transformed to anhydrites at some cleavages and, because of this transformation, a brecciated appearance like of a chicken-wire texture was observed in the field. Clastic gypsums, (gypsarenites), the fourth sub-lithofacies, (Sj4) is white-gray colored, fine crystallised (alabastrine texture), 3-10 m in thickness and vertically transits to massive secondary gypsum. These and chevron type selenitic gypsums are massive and orange-light brown colored freely growth-twinned clastic gypsums.

The lengths of crystals are between 5-15 cm and these were separated as displacive discoidal and swallowtail-twinning gypsums according to their crystal shape. In this study, the evaporites of Middle-Upper Miocene aged Sakarya Formation that outcrop around Demirci Village in Polatlı-Sivrihisar Neogene Basin were examined. The facies' properties and their petrographic and mineralogic characteristics were used to choose gypsum-anhydrite rock samples, and these were analysed by ICP-ES and XRF for major oxides (SiO_2 , Al_2O_3 , $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 ve P_2O_5 , as percent), trace elements (Ba, Ni, Co, Rb, Sr, Zr, W, F as etc. ppm), and rare earth elements (La, Ce, Th etc. as ppm). The results evaluated by geostatistical methods ("Stratigraphics 5.1" for factor analyses and "Minitab 14" software for Cluster analyses) and gypsum-anhydrite samples were interpreted. According to Cluster analyses study, elements that move together and opposite in a huge group were concretized. Afterwards, these three groups were integrated together. Movement conditions of these elements were statistically formed. Thus, ion source, formation conditions and shortly diagenetic history of evaporites were clarified by considering the study of Aydoğdu (2004).

Consequently, intense clay plastering or filling and carbonization were determined in evaporites of study area. Also, according to the element data that is more than the values of evaporitic playa lake environment and togetherness of 3 group of element that were determined in geostatistical studies, the important factor that determine the sediment characteristics of Mio-Pliocene lake is tectonism together with climatologic conditions. Consequently, after gypsum formation following evaporation of lake water, hydrothermal alteration sub-zones with Mn, Fe, S were formed because of faulting in gypsums. It is betrayed that high values of trace elements are originated from instability of lake water chemistry because of hydrothermal solutions, ground water and reductant environment conditions.

DEĞİNİLEN BELGELER

- A.S.T.M., 1972. Inorganic index to the powder diffraction file. Joint committee on powder diffraction standards. Pennsylvania, 1432s.
- Aydoğdu, M. N., 2004. Oğlakçı ve Demirci köyleri (KD Sivrihisar) civarı Üst Miyosen yaşlı evaporitik birimlerin sedimentolojisi. Ank. Üniv. Fen. Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi., 75s. (yayınlanmamış), Ankara.
- Bain, R.J., 1990. Diagenetic non-evaporitic origin for gypsum. *Geology*, 18, 447-450.
- Baysal, O. ve Ataman, G., 1979. Sedimentology, mineralogy and geochemistry of a sulfate series, Sivas-Turkey. *Sediment. Geol.*, 25, 67-81.
- Calvo, J.P., Zarza, A. M. A. ve Garcia, D. C., 1989. Models of Miocene marginal lacustrine sedimentation in response to varied depositional regimes and source areas in the Madrid Basin (Central Spain). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 70, 199-214.
- Cody, R.D., 1991. Organo-crystalline interaction in evaporite system: The effect of crystallization inhibition. *Jour. of Sed. Petro.*, 61, 704-718.
- Cody, R.D. ve Cody A.M., 1998. Gypsum nucleation and crystal morphology in analog saline terrestrial environments. *Jour. of Sed. Petro.*, 58, 247-255.
- Dean, W. E ve Anderson, R. Y., 1974. Trace and minor element variations the Permian Castile Fm. Delaware Basin. Texas and New Mexico revealed by varve calibration, Forthly International Symposium on Salt, Cleveland, Northern Ohio Geological Society, 1, 275-285.
- Derman, S., 1980. Tuz Gölü ve kuzeyinin jeolojisi. TPAO. Rap. No: 1512, Ankara
- Emelyanov, E.M. ve Shimhus, K.M., 1986. Geochemistry and sedimentology of the Mediterranean Sea. 176s. Paris.
- Gençoğlu, H., 1996. Eskişehir-Sivrihisar-Oğlakçı Köyü ÖİR:5877 No'lu sepiyolit sahasına ait maden jeolojisi raporu. MTA Rapor No: 9858.
- Gençoğlu, H. ve İrkeç, T., 1994. Ankara-Polatlı-Türktaciri ÖİR-4790 No'lu sepiyolit sahasına ait maden jeolojisi raporu. MTA Rapor No: 9687.
- Gözler, M.Z. Cevher, F. Ergül, E. ve Asutay, H.J., 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi, MTA Derleme Rapor no: 9973.
- Hardie, L.A. ve Eugster, H.P., 1971. The depositional environment of marine evaporites: A case for shallow, clastic accumulation: *Sedimentology*, 16, 187-220.
- Hardie, L.A., 1984. Evaporites: Marine or non-marine. *Amer. Jour. Scien.*, 284, 193-240.
- Hasselöv, M. Lyven, D. Haraldsson, C. ve Sirmawin, W., 1999. Determination of continuous size and trace element distribution of field-flow fractionation with ICP-MS. *Anal. Chem.*, 71, 3497-3502.

- Holiday, D. W., 1970. The Petrology of secondary gypsum rocks: A review. *Jour of Sed. Petro.*, 40, 2, 734-744.
- Hsü, K.J., Cita, M.B., Ryan, W.B.F., 1973. The origin of the Mediterranean evaporites. In: Ryan, W.B.F., Hsü, K.J., et al., (Eds.) , *Initial Rep. Deep Sea Drill. Prog.*, vol. 13, U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC, 1203-1231.
- Karadenizli, L., 1995. Beypazarı havzası (Ankara Batısı) Üst Miyosen-Pliyosen jipsli serilerinin sedimentolojisi., *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38/1, 63-74.
- Karakaş, Z., 1992. Ballıhisar-İlyaspaşa (Sivrihisar-Eskişehir Güneyi) yöresinin jeolojik, petrografik ve mineralojik incelemesi, A.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 184 s.
- Karakaş, Z. ve Varol, B., 1994. Sivrihisar Neojen Basenindeki gölsel dolomitlerin petrografisi ve oluşum koşullarının duraylı izotoplar (^{18}O ; ^{13}C) yardımıyla yorumlanması. *MTA Dergisi*, 11, 81-95.
- Krauskopf, K.B. ve Bird, D.K., 1995. *Introduction to Geochemistry*, 3rd. Ed.: McGraw-Hill, New York, 647s.
- Magee, J.W., 1991. Late Quaternary lacustrine, groundwater, aeolian and pedogenic gypsum in the Prungle lakes, Southeastern Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 84, 3-42.
- Mandado, J. ve Tena, J.M., 1985. A peel technique for sulfate and carbonate rocks: Research methods papers, 548-549.
- Necdet, M. ve Anıl, M., 2006. The geology and geochemistry of the gypsum deposits in northern Cyprus. *Geosound*, 48-49, 11-49.
- Norrish, K. ve Chappel, B. W., 1977. X-Ray fluorescence spectrometry: Physical Methods in Determinative Mineralogy, 2nd.ed, Academic Press, 201-272.
- Ogniben, L., 1955. Inverse graded bedding in primary gypsum of chemical deposition. *Jour. of Sed. Petro.*, 25, 273-281.
- Oktay, F., 1982. Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi, *TJK Bült.*, 25, 15-23
- Orti, C. F., 1976. An approach to the petrological study of secondary gypsum microstructures and their origin. Unpublished D. I. C. Thesis, Imperial College, 140s.
- Orti, F., 1997. Evaporitic sedimentation in the South Pyrenean Fore-deep and the Ebro basin during Tertiary: a general view. In: Busson, G., Schreiber, B. C. (Eds.), *Sedimentary Deposits in Rift and Foreland Basins in France and Spain*. Columbia University Press, New York, 319-334.
- Orti, F., Gündoğan, İ., ve Helvacı, C., 2002. Sodium sulphate deposits of Neogene Age: the Kirmir Formation, Beypazarı Basin, Turkey: *Sedimentary Geology*, 146, 305-333.
- Orti, F., Rosell, M., Ingles, M., ve Playa, E., 2007. Depositional models of lacustrine evaporites in the SE margin of the Ebro Basin (Paleogene, NE Spain). *Geologica Acta*, 5/1, 19-34.
- Palmer, M.R., Helvacı, C., ve Fallick, A. E., 2004. Sulphur, sulphate oxygen and strontium isotope composition of Cenozoic Turkish evaporites. *Chemical Geology*, 114, 101-117.
- Playa, E. Orti, F. ve Rosell, L., 2000. Marine to non marine sedimentation in the upper Miocene evaporites of the Eastern Betics, SE Spain: sedimentological and geochemical evidence. *Sedim. Geol.*, 133, 135-166.
- Rouchy, J. M. ve Caruso, A., 2006. The Messinian salinity crisis in the Mediterranean basin: A reassessment of the data and an integrated scenario. *Sedimentary Geology*, 188-189, 35-67.
- Sinha, R. Ve Raymahashay, B. C., 2004. Evaporite mineralogy and geochemical evolution of the Sambhar Salt Lake, Rajasthan, India. *Sediment. Geology*, 166, 59-71.
- Sonnenfeld, P., 1984. Brines and evaporites. Academic Press, 631s.
- Tekin, E., 1995. Sivas Tersiyer Havzası (Ulaş KB'sı) Sölestin oluşumlarının kökeni, sedimentolojik ve petrografik özellikleri. A. Ü. Fen Bil. Enst. Doktora tezi, 173 s. (yayımlanmamış).
- Tekin, E., 2001. Stratigraphy, geochemistry and depositional environment of celestite-bearing gypsiferous formations, in Tertiary Ulaş- Sivas Basin, Turkey. *TÜBİTAK Turkish Journal of Earth Science*, 10, 35-49.
- Tekin, E. ve Varol, B., 1993. Sivas (İç Anadolu) havzasındaki sölestin yataklarının petrografik incelemesi. A. Suat Erk. *Jeo. Simp. Bildiri.*, 319-327, Ankara.
- Tekin, E. Ayan, Z. ve Varol, B., 1994. Sivas- Ulaş sölestin oluşumlarının (Tersiyer) mikrodokusal özellikleri ve sıvı kapanım çalışmaları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37/1, 61-76,
- Tekin, E. Çiftçi, D. ve Özgönül, R., 1998. Körtüzla sölestin yatağı (Ulaş kuzeyi Sivas) sölestin oluşumlarının kökenine jeostatistiksel açıdan bir ön yaklaşım. *Fırat Üniv. Jeo. Müh. Eğitiminin 20. Yılı Simp. Bildiri.*, s. 509-520, Elazığ.
- Tekin, E., Ayyıldız, T., Güngör, P. ve Aydoğdu, N., 2005. Demirci Köyü (KD Sivrihisar) civarı Miyo-Pliyosen yaşlı evaporitli serilerin jeokimyası ve kökeni. *TÜBİTAK, Proje No: YDABAG- 102 Y 125*, s.113, Ankara. (yayımlanmamış).
- Temel, A. 2001. Post-collisional Miocene alkaline volcanism in the Oğlaççı region, Turkey: Petrology and Geochemistry. *International Geology Review*, 43, 610-660.
- Umut, M. ve Acarlar, M. 1991. Çifteler-Holanta (Eskişehir), Çeltik (Konya) ve dolayının jeolojisi. *MTA Rapor No: 9204* (yayımlanmamış).

- Usdowski, E., 1973. Das geochemische Verhalten des strontiums bei der genese und diagenese von Ca-carbonat und Ca-sulfat: mineralien cont. Mineral Petrology, 38, 177-195.
- Ünlü, T. ve Stendal, H., 1989. Jeokimya verilerinin çok değişkenli jeostatistik analizlerle değerlendirilmesine bir örnek: Divriği bölgesi demir yatakları, Orta Anadolu. MTA Dergisi, 109, 127-140.
- Varol, B., Kazancı, N. ve Tekin, F. G., 2000. (Özler kitabı) Tuzgözü ve yakın civarı Eosen-Oligosen jipslerinin sedimentolojik ve izotopik özellikleri, Haymana-Tuzgözü-Ulukışla basenleri uygulamalı çalışma (Workshop), N. Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, s. 38, Aksaray.
- Varol, B., Araz, H., Karadenizli, L., Kazancı, N., Seyitoğlu, G. ve Sen, S., 2002. Sedimentology of the Miocene evaporitic succession in the north of Çankırı-Çorum Basin, central Anatolia, Turkey. Carbonate Evaporite, 17/2, 197-209.
- Varol, B., Tekin, E., Aydoğdu, M. N. ve Güngör, P., 2003. Demirci Köyü (KD Sivrihisar) Erken Pliyosen evaporitlerinin fasiyes analizi ve mikrodokusal özellikleri., 16th National Electron Microscopy Congress (With International Participation), s. 83, İzmir.
- Varol, B., Tekin, E., Ayyıldız, T. ve Karakaş, Z., 2005. Polatlı-Sivrihisar Neojen Baseni gölsel evaporitlerinin sedimentolojisi., 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s. 113-117, MTA-Ankara.
- Warren, J., 1999. Evaporites: their evolution and economics. Blackwell Science Ltd., 438s, London.
- Weingart, W. ve Erol, O., 1954. 56/2, 56/4 (Sivrihisar) ve 57/1, 57/3 (Ankara) paftalarının jeolojisi. MTA Rapor No:2473 (yayımlanmamış).
- Yağmurlu, F. ve Helvacı, C., 1994. Sedimentological characteristics and facies of the evaporite-bearing Kirmir Formation (Neogene), Beypazarı Basin, Central Anatolia, Turkey. Sedimentology, 41, 847-860.

Makale Geliş Tarihi : 10 Temmuz 2006

Kabul Tarihi : 26 Mart 2007

Received : *July 10, 2006*

Accepted : *March 26, 2007*