

## Sivas-Ulaş sölestin oluşumlarının (Tersiyer) mikrodokusal özellikleri ve sıvı kapanım çalışmaları

*Fluid inclusion studies and microtextural characteristics of Sivas-Ulaş celestite deposits (Tertiary)*

Erdoğan TEKİN  
Zeynep AYAN  
Baki VAROL

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara  
M.T.A Genel Müdürlüğü, M.A.T. Dairesi, Ankara  
Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

### Öz

Bu çalışmada Sivas-Ulaş havzası Tersiyer çökellerinde yer alan 9 adet sölestin mostrası incelenmiştir. Bu alanlarda sölestinler, yataklanma tipleri ile bunlara eşlik eden yan kayaç litolojisine göre; 1. Karbonatlı birimlerdeki sölestin (boşluk dolgusu-zebroïd), 2. Kıvrımlı birimlerdeki sölestin (yumrulu), 3. Evaporitli birimlerdeki sölestin (som) şeklinde farklı tiplere ayrılmaktadır. Bu yataklardaki sölestinler kristallenme ve mikrodokusal özelliklere göre ise;

a. Çubuksu-prizmatik, b. Tabuler ve c. Lifsi-ışınal kristaller olmak üzere 3 temel petrografik tip sergilemektedir.

Yukarıda ayrılan bu sölestin tipleri farklı yaşlardaki formasyonlar içinde yer almaktadır. Bu sölestinlerde yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre Orta-Üst Eosen'deki boşluk dolgusu-zebroïd sölestinlerin (Tip 1) homojenleşme sıcaklıkları 320-360°C, Oligosen'in yumrulu sölestinlerinin (Tip 2) homojenleşme sıcaklıkları 260-290°C, Orta Miyosen'deki som sölestinlerin (Tip 3) homojenleşme sıcaklıkları ise 220-270°C arasında yoğunlaşmaktadır. Bu tiplere ait tuzluluk değerleri ise farklı olmayıp, ortalama % 14-23 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

Bulunan yüksek sıcaklık ve tuzluluk değerleri Sivas-Ulaş havzası Tersiyer sölestin mineralleşmelerinin oluşum sürecinde hidrotermal-zemin suyu etkilerinin olduğu görüşünü desteklemektedir.

### Abstract

9 celestite occurrences which are found in Tertiary sediments of Sivas-Ulaş basin, are examined in this study. These celestites are divided into 3 groups according to the relationship between bedding types and the host rock. These groups are: 1. Celestite found in carbonaceous units (void filling-zebroïde), 2. Celestite found in detrital units (nodular), 3. Celestite found in evaporitic units (massive)

These occurrences are also divided into 3 main petrographic types according to their crystallization and microtextural characteristics. These types are; a elongated-prismatic, b.tabular and c. fibrous-radial crystals.

All these celestite types take place in different levels of the Tertiary evaporitic section. According to the fluid inclusion studies carried on these occurrences, the homogenization temperatures of void filling-zebroïde celestites (type 1) in Middle-Upper Eocene, concentrate between 320-360 C, nodular celestites (type 2) in Oligocene, between 260-290°C and massive celestites (types 3) in Middle Miocene between 220-270 C. The salinities of these types do not differ from one to another and are about 14-23 % NaCl equivalent. These high salinity and temperature values support the idea of hydrothermal effects during the formation of Tertiary celestite mineralizations at Sivas basin.

### GİRİŞ

Sölestin oluşumlarının sedimanter veya hidrotermal gibi farklı kökenlere bağlılığı, çok sayıdaki araştırmacı tarafından geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Bunlar kronolojik olarak, Skinner (1958), Müller (1962), Turekian (1964), Evans ve diğ. (1964), Brower (1973), West (1973), Nickless (1976), Olausson (1981), Kesler ve Jones (1981), Brodtkorb ve diğ. (1982), Wells (1973), Sonnefeld (1984), Martin ve diğ. (1984), Carlson (1987) ve Scholle ve diğ. (1990) çalışmalarıdır.

Sedimanter kökene bağlı oluşumlar çoğunlukla evaporit havzalarının jeokimyası ile yakın ilişkili olup, çeşitli faktörlere kontrol edilmektedir.

Turekian (1964), çalışmasında sedimanter sölestin oluşumlarını kontrol eden faktörleri aşağıdaki şekilde sıralamıştır:

Sr/Ca oranının 1/3 olması; sıcaklığın 30° nin üzerinde bulunması; ortamın aşırı tuzlu (hipersalin) olması; Eh'nin -0.4 ila 1.2 arasında olması; pH'nin 2 ila 6.1 arasında bulunması ve organizmaların bolluğu ile canlı faaliyetinin yoğunluğudur. Bu faktörlerin hepsinin birarada oluşması gerekmemektedir. Fakat ilk üçü sedimanter sölestin oluşumunda zorunludur.

Hidrotermal kökene bağlı oluşumlar için gerekli olan faktörleri ise Brower (1973)'de şu şekilde sıralamıştır:

Derinde magmatik bir haznenin (ısıtıcının bulunması); hidrotermal eriyiklerin aktif dolaşımı; volkanik aktivitenin olması; yoğun tektonik faaliyetin bulunması ve yoğun sıcak su-gaz çıkışlarının olmasıdır.

Bölgede yapılan çalışmalarda Sivas-Ulaş sölestin havzasındaki oluşumlarla tam uyumlu veriler bugüne

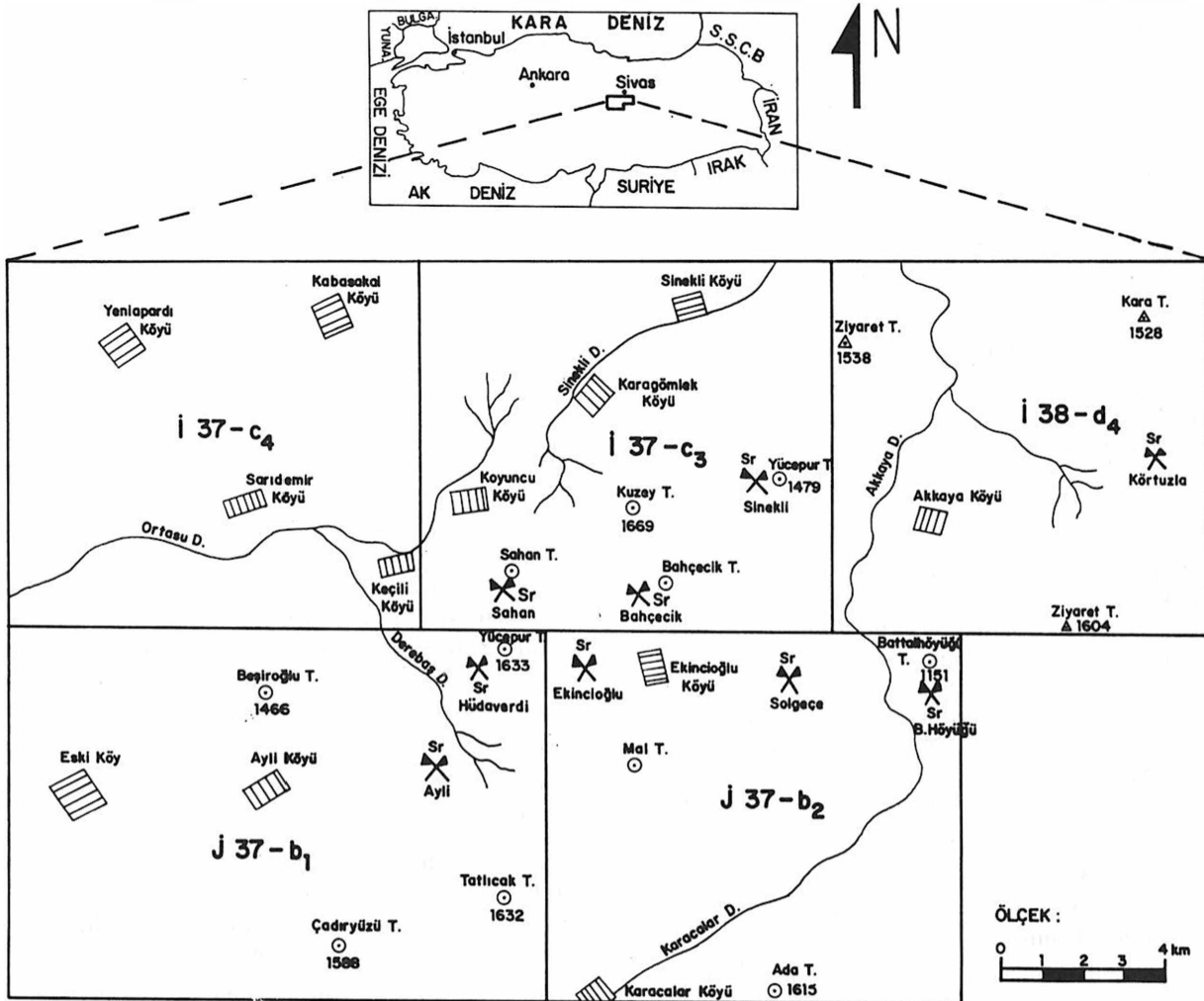
kadar açık olarak ortaya konmamıştır. Bununla birlikte Gökçe (1989) ile Çubuk ve diğ. (1992) sedimanter, Karaman deresi ve diğ. (1992) hidrotermal, Tekin ve Varol (1993) ise sedimanter-hidrotermal gibi modelleri savunmuşlardır.

Bu çalışma, Sivas sölestin oluşumlarının mikrodokusal ve sıvı kapanım özelliklerini tanımlamayı ve bu yönden kökensel bir yaklaşım sağlamayı hedeflemiştir. Bu çerçevede, amaca yönelik olarak, Tekin ve Varol (1993)'de tanımlanan petrografik tiplere göre seçilen 23 adet sölestin örneğinde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntü taraması yapılmıştır. Ayrıca bunlar arasında seçilen 12 adet örnekte ise sölestin kristalleri ve bunlara eşlik eden litolojik tiplerin Enerji Dispersif X-Işımları Spektrometresi (EDS) ile yarı kantitatif kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden SEM çalışmaları Jeol JSM-840 A sistemiyle, EDS çalışmaları ise Tracor TN-5502 sistemiyle yapılmıştır.

Ayrıca bu değişik sölestin tiplerinden amaca uygun

olarak seçilen 10 örnekte sıvı kapanım çalışmaları M.T.A. Laboratuvarlarında yürütülmüş olup, bunlarda yaklaşık 200 ölçüm yapılmıştır. Bu çalışmalarda ısıtma deneyleri polarizan bir mikroskoba monte edilen Chino marka ısıtma tablası ile, soğutma deneyleri ise, yine aynı şekilde mikroskop üzerine takılan soğutma tablası ile yapılmıştır. Isıtma tablası 600°C kapasiteli olup, soğutma tablası da, sıvı azot kullanılarak, -120°C'a kadar soğutabilmektedir. Ölçümler için iki yüzü parlatılmış, en çok 0.5 mm kalınlığındaki kesitler kullanılmıştır. Ayrıca bu tiplerden seçilen 3 örnek Almanya Clausthal Technische Universität Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe Laboratuvarlarında ölçümlendirilmiştir. Bu laboratuvarlarda ölçülen değerlerle M.T.A. Laboratuvarlarında ölçülen değerler arasında tam bir uyum olduğu görülmüştür.

Diğer yandan sıvı kapanım ölçümleri yapılan örneklerde olası potasyuma bağlı renklenme özelliği gösterenler Ye-Sen ve Xu-Yin (1991)'in önerisi doğrultusunda



Şekil 1 Çalışma alanında bulunan sölestin mostralarının durumunu gösterir kroki.

Figure 1 The schematic diagram showing the celestine occurrences in investigated area.

DÖT DÜSTEM / UPPER SYSTEM		SİSTEM / SYSTEM		SERİ / SERIES	KAT / AGE	KALINLIK (m) / THICKNESS	FORMASYON / FORMATION	ÜYE / MEMBER	LİTOLOJİ / LITHOLOGY	AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS	FOSİL İÇERİĞİ / FOSSIL CONTENT	ÇÖKELME ORTAMI / DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
<b>SENOZOYİK CENOZOIC</b>												
<b>TERSİYER TERTIARY</b>												
Paleosen / Paleocene	Eosen / Eocene	Miyosen / Miocene	Öst / Upper	0 - 30	Karatepe			Qal		Serbest çakıl, kum, kil Alluvium		Karadöl (Östü) Terrestriyal
Paleosen / Paleocene	Eosen / Eocene	Miyosen / Miocene	Orta / Middle	150 - 800	Hacıali			Th		Kayatazu olugumu Malye Masif jips, mam Massive gypsum, marl		Acısal Diskordans / Unconformity
Paleosen / Paleocene	Eosen / Eocene	Miyosen / Miocene	Üst / Upper	300 - 850	Karayün			Tk		Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı Conglomerate, sandstone, mudstone	Geatopoda Pelecypods	Karadöl (Akarsu-delta) Terasial (alluvial-deltaic)
								Tha		Kumtaşı, mam ve kumlu kireçtaşı Yer yer ince jips arabandı Sandstone, marl, and sandy limestone with occasional gypsum bands.	Miolepidocytina Mactra Indent Mioogyptaria sp. Cibicides	Çalf - lagün Shelf - Lagoon
								Ts		Kırmızı renkli çamurtaşı, kiltaşı; tabanda jipsli seviye içeren birim Red coloured mudstone, claystone; gypsum bearing beds at the bottom		Acısal Diskordans / Unconformity
								Tb		- SÖLESTİN (yumrular şeklinde) CELESTITE (nodular)		Bölgesel geçişli ve diskordanslı / Unconformity and regional transition
								Tbv		- SÖLESTİN (boşluk dolgu) / CELESTITE (in vugs)	Nummulites galensis Nummulites uronensis Globigerina sp. Kırmızı alg Globorobulites sp.	Derin deniz / Deep sea
								Ttk		Çakıltaşı, kumtaşı, tüf, tüft ve yer yer lev ara katkılı volkanik kırıntılı bent (volkanik fiş) / Conglomerate, sandstone, tuff, and volcano-clastic series with occasional lava levels (volcanic fliche)		
								Tyd		Koyu gri-mavi renkli, bal fosilli, yer yer killi-kumlu bileşik dolomitize kireçtaşı / Dark grey-blue coloured fossiliferous occasionally clayey-sandy dolomitized limestone with brecciated character		Çalf / Shelf
										Çakıltaşı, yer yer resifal kireçtaşı blokları, volkanik ara katkılı yamaç malozu özelliğindeki detritik seri / Detritical series		

ÖLÇEK: 0 10 20 m  
SCALE: 0 10 20 m

Şekil 2 İnceleme alanının kolon kesiti.

Figure 2 Columnar section of the investigated area

\*Gökçe (1988) ve Yılmaz Vd.(1989) Çalışmalarından değiştirilmiştir.

da Au testine tabi tutulmuş olup, bu testi GBC Atomik Absorbsiyon-Grafit fırın tekniği ile gerçekleştirilmiştir.

### YATAKLANMA TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Çalışılan sölestinler Sivas ili Ulaş ilçesinin kuzeybatısında yaklaşık 500 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzeylenirler. Tersiyer çökelleri içerisindeki bu yataklar Körtüzla, Sinekli, Sahan, Ayli, Hüdaverdi (Keçili), Ekincioğlu, Solgeçe, Bahçecik ve Battalhöyüğü olarak isimlendirilmiştir (Şekil 1). Bunlar da yan kayac litolojisi ile yataklanma şekline göre aşağıdaki üç farklı tipe ayrılmaktadır:

1. Karbonatlı birimlerdeki sölestin (boşluk dolgusu-zebroid)
2. Kıvrımlı birimlerdeki sölestin (yumrulu)
3. Evaporitli birimlerdeki sölestin (som)

Bunlar arasında 1. tip Eosen; 2. tip Oligosen; 3. tip ise Miyosen yaşlıdır (Şekil 2).

Eosen'deki yataklar, Eosen istifinin üst seviyelerindeki fiş tipi ardalanma gösteren esmer-gri renkli, kireçli kilaş-çamurtaş ile biyoklastik ve yer yer de kumlu-killi karstik kireçtaşları içerisinde gelişmiş olup, bu yataklar Oligosen yaşlı evaporitlerle örtülmüştür. Bu yatakların kalınlıkları ve devamlılıkları sınırlı olup, yanal yönde maksimum 70-100 m'lik uzanımlar gösterirler. Çalışmamızda karbonatlı birimlerdeki sölestin (Tip 1) olarak tanımlanan bu yataklarda iki farklı mineralleşme özelliği izlenir. Birinci tip, karstik kireçtaşlarının aşağı yukarı tabakalanma düzlemlerine paralel gelişen tabuler (Tip b) kristaller olup, zebroid bir doku oluşturmaktadırlar (Levha 1-a). Zebroid yapıdaki karbonat tabuları ise mikritik dokuludur. Zebroid tipi yataklar: Horodski (1975), Brodtkorb ve diğ. (1982), Kesler ve Jones (1981)'in çalışmalarında da tanımlanmıştır. İkinci tip ise Battalhöyüğü Tepe'deki sondaj örneklerinde tipik olarak izlenen ve esmer killi-kireçtaşlarını kesen çatlak dolgusu tipinde olanlardır (Levha 1-b). Bunlar milimetrik ve desimetrik boyuttaki çatlakları dolduran lifsi-ışmsal (Tip c) kristallerle karakterize olurlar. Bu mineralleşme türleri Solgeçe, Ayli, Bahçeciktepe ve Ekincioğlu sölestin yataklarında izlenir. Fakat bunlarda, yalnızca geniş karstik boşluklarda ve çatlaklarda dolgu olarak gelişmiştir. Çoğu kez bu sölestin kristalleri boşluk duvarından merkeze doğru irileşen bir oluşum sergiler. Bunlar arasındaki mikro boşluk veya kovuklar, yer yer elementer kükürt içerirler (Bahçeciktepe mostrası, Levha 1-c). Ayrıca Solgeçe yatağının çevresinde bu sölestinli kireçtaşları aşırı derecede renk değişimine uğramış olup, demirle kiremit rengine boyanmıştır.

İnceleme alanında görülen Oligosen birimlerindeki yataklar iki farklı litoloji tipini seçmiştir. Bunlardan bi-

rincisi tabandaki jips, ile ikincisi bunlarla yanal geçişli olan kırıntılı (Tip 2) birimlerdir. Hem jipsli hemde kırıntılı istiflerde sölestin, ince bantlaşmalar gösteren 10-30 cm boyutundaki yumrular (kafalar) biçimindedir. Bunların kristalleri genellikle küçük boyulu olup, kırıltı mavi renkli ve tabulerdirler (Tip b). Kıvrımlı yataklar ise bordo renkli kumtaşı-kilaş ardalanmaları ile temsil olunan alüvyal yelpaze tortulları içerisindeki yumrulardır. Bu yumrular (kafalar) tabakalanma içerisinde gelişigüzel dağılmıştır. Bunlardaki tabuler (Tip b) kristallerin boyları orta-iri olup, mavi renklidir. İnceleme alanındaki Oligosen'in tipik yataklanma yeri olan Sahantepe'de sölestin yumrularının boyları bir metreyi bulmakta olup, kırmızı renkli kil matrisi içinde gömülü halde dizilmişlerdir. Oligosen'in Sahantepe ve Hüdaverdi (Keçili) sölestin yatakları ekonomik boyuta sahip değildir (Levha 2-a). Benzer tip yataklanmalar Müller (1962), Bain (1990) ve Goldschmidt (1954)'ün çalışmalarında da tanımlanmıştır.

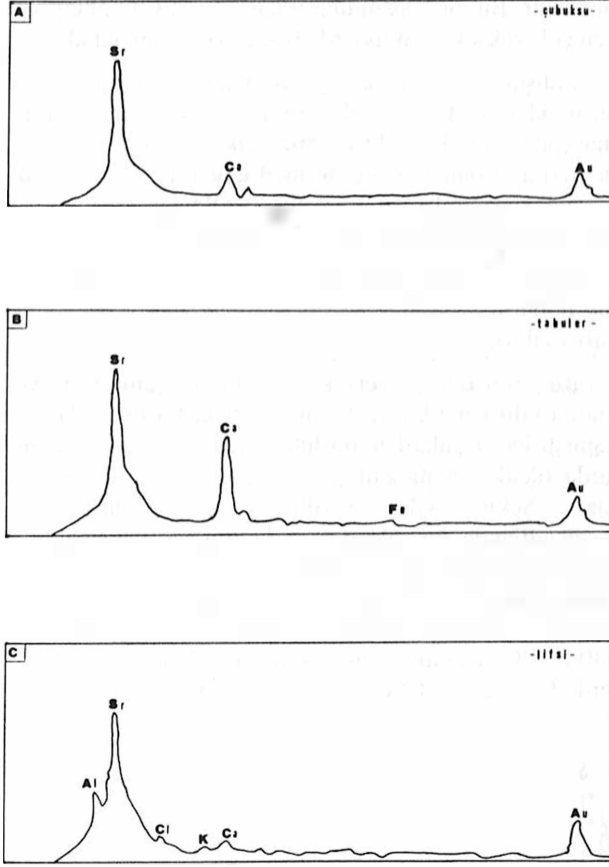
Miyosen'deki yataklar ise sert dokulu, beyaz-yeşil renkli, anhidrit aratabakalı, diyapirik yapıdaki masif jipsler içerisinde yer almakta olup, bunlara kalın karbonatlaşma zonları eşlik eder. Ayrıca bunların yataklanma geometrileri mercekleşme şeklinde olup, mercekleşme yanal uzanımları yaklaşık 100-300 m arasında değişmektedir. Miyosen'in evaporit birimleri içerisindeki bu sölestin mercekleşme (Tip 3), altın demirli-manganlı-kükürtlü ince bir zon ile sınırlandırılmıştır. Bu durum tipik olarak Körtüzla sölestin yatağının tabanında görülmektedir. Diğer yandan, Sinekli sölestin yatağında jipslerdeki karbonatlaşma zonlarının çevresindeki boşluk-mikrokarstlar içerisinde de sölestinler gelişmiştir. Bunlar jeodumsu şekilli sölestin oluşumlarıdır. Yaklaşık 1x2 m boyutunda olup, mavi renkli, çok iri tabuler-prizmatik sölestin kristalleri (Tip b) tarafından doldurulmuştur (Levha 2-b). Benzer sölestin yatakları Olaussen (1981) ve Carlson (1987)'nin çalışmalarında da verilmiştir.

### PETROGRAFIK TİPLER

Yukarıda açıklanan 3 yataklanma tipine ait örneklerde yapılan, Tekin ve Varol (1993)'de tanımlanan temel petrografik tipler elektron mikroskop ölçeğinde ele alınmış olup, aşağıdaki kristalleşme ve mikrodokusal karakterler ayrılmıştır. Bunlar; a. Çubuksu-prizmatik, b. Tabuler ve c. Lifsi ışmsal kristallerdir.

#### a. Çubuksu-prizmatik kristaller

Bu tip kristaller som sölestin yataklanma tipi (Tip 3) içerisinde yer alır. Bunlar çok iri, öz şekilli mikroboşluk dolgusu sölestin kristalleri olup, değişik yönlerde büyümüşlerdir. Bazı alanlarda bu büyümeler birbirini engeller konumdadır. Bu nedenle kristal gelişimlerinde kesintiler izlenmektedir (Levha 3-a). Evans ve diğ.



**Şekil 3.** Çalışmada tanımlanan petrografik tiplere ait yarı kantitatif kimyasal analiz (EDAX) diyagramları

**Figure 3.** Semi quantitative chemical analyses diagrams (EDAX) of different petrographic types

(1964), prizmatik çubuksu kristallerin bu büyüme karakterlerini, b eksenlerine paralel olarak uzamış olmalarından kazandıklarına, serbest çökelmeli türdeki bu kristallerin bundan dolayı birbirini kesen gruplar halinde birarada bulduklarına ve ayrıca bunlarda yönelmiş karbonat-anhidrit kalıntılarının olduğuna işaret etmişlerdir. Diğer yandan, bu tipler yüksek büyümelerde incelendiğinde, zonlanma ve kapamın içerdikleri görülmektedir.

Böylece sölestin mineralleşme alanları çoğu kez ufak kristalle ve öz şekilli anhidritlerle çevrilmiştir. Ayrıca, bunların arasında kalıntı halinde jips kristalleri

de gözlenmektedir (Levha 3-b). Bu durum, Usdowski (1973)'ün deneysel çalışmasında belirtilen kapalı sistemde Sr' lu sıcak çözeltilerden iri prizmatik-çubuksu kristallenmelerin gerçekleşmesi ile bu kristallerdeki yapısal gelişimleri (zonlanma vb.) büyük benzerlikler gösterir. Ayrıca bu tip kristallerin EDS ile yapılan yarı kantitatif kimyasal analizleri yüksek oranda Sr, ikinci sırada ise Ca vermektedir (Şekil 3-a).

#### b. Tabular kristaller

Bu mikrodoku özelliği yatak tipi 1 ve 3'de yaygın olarak, 2'de ise daha az ve iri kristalli şekilde izlenir. Böylece tipik olarak ortorombik sistemde kristallenen bu kristaller hem karbonatlar hemde jipsler içinde gelişmişlerdir. Elektron mikroskop görüntülerinde bunlar, mikrokristalen dolomit matrisi içinde gelişmiş sölestinler şeklinde izlenmektedir. Dolomit ile sölestinler arasındaki sınır oldukça belirgin olmakla birlikte düzensiz bir yapıdadır. Bu durum büyük olasılıkla bir mikroçatlak dolgusunu ifade eder. Kristaller arasında kalıntı halde, taban kayasına ait dolomit silti ile kalsit parçacıkları yer alır. Bu siltasyon alanları kristaller arası boşlukları doldurarak sölestinlerin bu alanlarda büyümesini engellemiştir. Tabular kristaller içinde zonlu büyüme hatları çok belirgindir. Bunlar kademeli olarak gelişmekte olup, birbirini takip eden koyu-açık renkli zonlar biçiminde dizilmektedir (Levha 3-c). Magee (1991), Avusturalya'daki çalışmasında bu zonlu (kademeli) büyüme olayını, değişik zamanlarda ortama gelen Sr'lu çözeltilerinin olası dönemsel periyotlarına bağlamaktadır. Bu durum, çalışmamızdaki bu tür kristallerin de olası aynı mekanizmayla oluştuğuna işaret etmektedir. Çünkü yaptığımız SEM çalışmaları ile Magee (1991)'nin SEM çalışmaları arasında büyük benzerlikler vardır. Ayrıca bu tip kristallerin EDS ile yapılan yarı kantitatif kimyasal analizleri yüksek oranda Sr, ikinci sırada Ca ve çok az da Fe vermektedir (Şekil 3-b).

#### c. İfissal kristaller

Bunlar tip 1 e 3'de görülmekte olup, kireçtaşı veya jips ilksel taban kayası içinde yer alırlar. Kireçtaşı örneklerinde, sölestinli alanlar içindeki, taban kayasına ait aragonitik karbonat yumağı ile birlikte nannoplankton kalıntıları izlenir. Bu kalıntılar çeşitli boyutlarda olup, çoğu zaman sölestinler içinde yüzer konumdadır (Levha 4-a). Diğer yandan karbonat veya esmer renkli killi karbonatların çatlak ve mikrokovuklarında büyüyen sölestinler tipik olarak lifsi-ışmsal karakter sergilemektedir. Kalsitik kalıntılarla sarılan bu oluşumlarda ışmsal büyümeler birbirinden farklı yönsel gelişimler sunar (Levha 4-b). Benzer kristallenme tipi Ekinciöğlü ve Hüda-verdi (Keçili) sölestin yataklarındaki jipsli düzeyler içinde de izlenir. Bu örneklerde sölestinlerle temasta bulunan jipslerde aşırı derecede burulmalar ve deformasyonlar oluşmuştur. Sölestin kristalleri bu jipsleri keser

durumda meydana gelmiş olup, büyük ölçüde mikroçatlakları izlemektedirler. Jipsler üzerinde yer yer izlenen kalsitler olasılıkla jipsten dönüşen kalsitleşmeyi yansıtır (Levha 4-c). Tüm bu dokusal özellikler Ye-Sen ve Xu-Yin (1991) ile Scholle ve diğ. (1990)'ın çalışmalarıyla büyük paralellikler göstermektedir. Ayrıca bu tip kristallerin EDS ile yapılan yarı kantitatif kimyasal analizleri yüksek oranda Sr, sonra Al ve daha sonra sırasıyla Cl, Ca ve K vermektedir (Şekil 3-c).

### SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sivas-Ulaş Tersiyer havzasında, farklı yaşlardaki litolojik birimler içinde yer alan 9 adet sölestin mineralleşmesinin oluşum koşullarına bir yaklaşım sağlamak amacı ile sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Günümüzde güvenilir jeotermometre yöntemlerinden biri olarak kullanılan sıvı kapanım çalışmaları, bize aynı zamanda mineral oluşturan eriyiklerle ilgili geniş bilgi vermektedir (Roedder, 1984). Bu nedenle, 3 değişik yaştaki birimde yer alan sölestin mineralleşmelerinde oluşum sıcaklığını saptayabilmek amacı ile ısıtma, mineralleşmeye neden olan eriyiklerin tuzluluklarını bulabilmek amacı ile de soğutma deneyleri yapılmıştır. Çalışma sırasında kapanımlar, önce polarizan mikroskop altında detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda sölestin örneklerinde üç tip kapanımın varlığı ortaya konmuştur. Bunlar:

**1. İkincil kapanımlar:** Genellikle iki fazlı (gaz + sıvı), bezende tek fazlı (sıf gaz fazı) kapanımlardan oluşmaktadır (Levha 5-a). Yapılan çalışmalarda, ilkel koşulları yansıtmayıp, mineral oluşumundan daha sonraki olayları gösterdikleri için bu tip kapanımlardan kaçınılmıştır. Bunlara çalışılan örneklerde bol miktarda rastlanmıştır.

**2. Bozulmuş kapanımlar:** Bunlar mineral oluşumu ile eş zamanlı olmalarına rağmen, daha sonraki bir dönemde meydana gelmiş olan çeşitli mekanik olaylarla ilkel özelliklerini tamamen kaybetmişlerdir (Levha 5-b). Bunlarda çatlama nedenli ile sızmalar (dolayısı ile ilkel sıvının miktarının değişmesi), veya iç basınçlarında çok fazla artmalar olmuştur. Bunlar yanlıtıcı sonuç verdiklerinden, bu tür kapanımlar çalışma dışı bırakılmıştır.

**3. Birincil kapanımlar:** Bunlar sölestin oluşumları ile eş zamanlı olan, iki fazlı (gaz + sıvı) kapanımlardır (Levha 5-c ve d). Gerek homojenleşme sıcaklıkları, gerekse tuzluluk değerleri bu tür kapanımlarda ölçülmüştür.

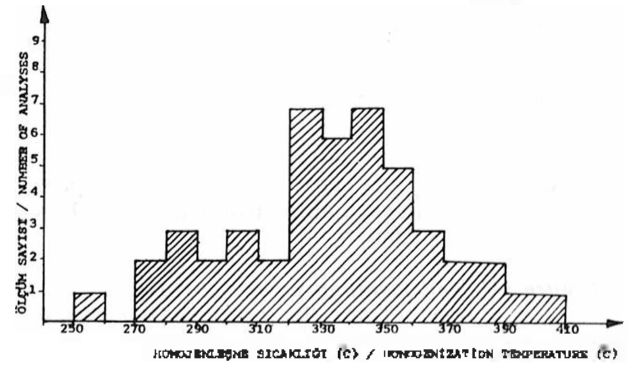
İkincil kapanımlar çoğunlukla yönlenme gösterirler. Ender olarak rastlanan 10-15 mikron büyüklüğündeki kapanımların yanı sıra, genelde 1-2 mikron büyüklüğündedirler. Bunlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları 110-190°C arasında değişmektedir.

Bozulmuş olan kapanımların ya sınırlarında çatlaklar görülmekte veya sınırları çok kalın ve koyu renkli, gaz kabarcıkları (bubble) ise aşırı büyük olarak izlenmektedir. Bu tür kapanımların kabarcıkları (bubble) bazen çok yüksek sıcaklıklarda bile kaybolmamaktadır.

Çalışmanın amacına uygun olarak, homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri, üç farklı yaştaki formasyonda yer alan sölestin mineralleşmesinin her birinde ayrı ayrı olmak üzere, birincil kökenli, iki fazlı (gaz + sıvı) kapanımlarda ölçülmüştür. Ölçülen kapanımların boyutları 10-25 mikron arasında değişmektedir.

Orta-Üst Eosen yaşlı formasyonlarda yer alan boşluk dolgusu-zebroid sölestinlerde yapılan sıvı kapanım çalışmaları:

Bu mineralleşmeler kireçli kilaştır-çamurtaş ve kumlu-killi karstik kireçtaşları içindeki boşluklarda gelişmiştirler. Bunlardan boşluk dolgusu şeklinde olanlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıklarına ait histogram Şekil 4'de verilmiştir. Bu histogramı incelendiğinde, bu sölestinlerin homojenleşme sıcaklıklarının 320-360°C'lar arasında yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Bu bölgeden alınan zebroid dokulu birkaç sölestin örneğinde yapılan ölçümlerden de ortalama 340-350°C sıcaklıklar elde edilmiştir. Ayrıca, bu örneklerde % 14-23 NaCl eşdeğeri tuzluluklar saptanmıştır.

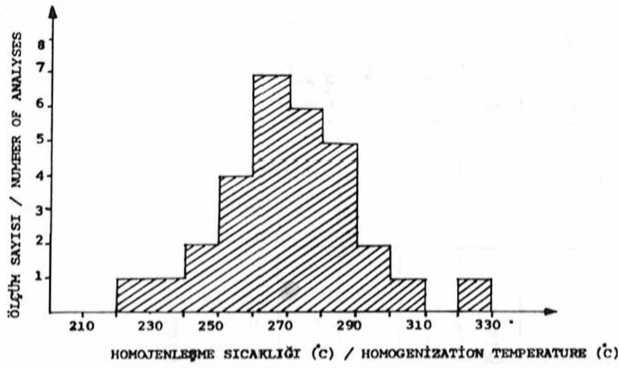


Şekil 4 Orta-Üst Eosen yaşlı birimler içinde bulunan zebroid sölestinlerin homojenleşme sıcaklığı histogramı.

Figure 4 Histogram showing homogenization temperature of the zebroid celestites found in the Middle-Upper Eocene units.

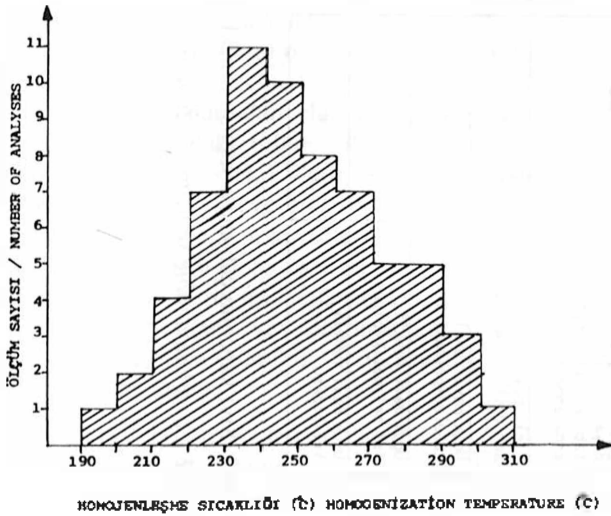
Oligosen yaşlı formasyonlarda yer alan yumrulu sölestinlerde yapılan sıvı kapanım çalışmaları:

Bunlar Oligosen'in kırmızı-bordo renkli alüvyal yelpaze tortulları içinde bulunmaktadır. Bu yumrulu tipler-



**Şekil 5** Oligosen yaşlı birimler içinde bulunan yarı-nodular sölestinlerin homojenleşme sıcaklığı histogramı.

**Figure 5** Histogram showing homogenization temperature of the nodular celestites found in the Oligocene units.



**Şekil 6** Orta Miyosen yaşlı birimler içinde bulunan masiv sölestinlerin homojenleşme sıcaklığı histogramı.

**Figure 6** Histogram showing homogenization temperature of the massive celestites found in the Middle Miocene units.

de ölçülen homojenleşme sıcaklıkları Şekil 5'de verilmiştir. Bu histograma göre sölestinler ilk oluşmaya 300 °C civarında başlamışlardır, esas oluşum evrelerini 260-290°C arasında tamamlamışlardır.

Oligosen'in taban bölümündeki jipsler içinde bulu-

nan sölestinlerden de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu eriyiklerin tuzlulukları gene yaklaşık % 14-23 NaCl eşdeğeri civarındadır.

Orta Miyosen yaşlı formasyonlarda yer alan som sölestinlerde yapılan sıvı kapanım çalışmaları:

Orta Miyosen'in masiv jipsleri içinde yer alan som sölestinlerin homojenleşme sıcaklıkları ve tuzlulukları ölçülmüş olup, sıcaklık sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Bu histogram incelendiğinde som sölestinlerin oluşumlarının 220-270°C arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu eriyiklerin tuzlulukları ise, herhangi bir değişiklik göstermeyip, % 14-23 NaCl eşdeğeri civarındadır. Bütün bu veriler Tablo 1'de özetlenmiştir.

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sivas-Ulaş Tersiyer havzasında Eosen-Miyosen birimleri içinde izlenen sölestin oluşumları oldukça karmaşık bir görüntü sergilerler. İlk bakışta evaporit tercihli bir mineralleşme izlenimini veren sölestinlerin, evaporitlerin yanı sıra, kireçtaşı-killi kireçtaşı ve kumtaşı-kiltaşı gibi değişik birimleri de seçmesi, bu oluşumların litolojik tercihli olmadıklarını gösterir. Çalışmamızda tanımlanan farklı litoloji grupları içerisindeki yatak türleri de (Tip 1, 2, 3) bu görüşü desteklemektedir.

Sölestinlerin saha konumları dikkate alındığında, çoğu kez tabakalanmaya bağımsız bir yataklanma görülür. Eosen yaşlı olanlar faylara, Oligosen yaşlılar kırıklı sedimanların permeabilitesine, Miyosen yaşlı olanlar ise evaporitlerin diyapirik yapılarına bağlıdır. Ayrıca çoğu yatakta yan kayaç çözülmesine bağlı çeşitli boyutlarda boşluk-kövk ve karstlaşma izleri mevcuttur. Buna ek olarak kireçtaşlarında aşırı alterasyonlar ile FeO boyamaları, evaporitlerde (bilhassa Miyosen yaşlı olanlarda) ise karbonatlaşma ve anhidritleşmeler sölestin mineralleşmesine eşlik eden önemli olaylardır.

Petrografik çalışmalarla ayrılan üç farklı kristal tipi (Tip a, b, c) büyük ölçüde serbest büyümeyle olup, zonlu yapı göstermekte ve bol miktarda birincil-ikincil kökenli sıvı kapanım içermektedir. Bu kapanımların homojenleşme sıcaklıkları alttan üste doğru gidildikçe (yaşlıdan genç doğru, Eosen-Miyosen) belirli ölçüde azalmaktadır. Bunun yanı sıra, tuzlulukları belirgin bir fark göstermeyip, % 14-23 NaCl eşdeğeri civarındadır. Tuzlulukların bu kadar yüksek olmasına çevrede bulunan evaporitik kayalar neden olmuş olabilir.

Yukarıda özetlenen bu veriler çerçevesinde Sivas-Ulaş Tersiyer havzası sölestinlerinin oluşumları üzerine şu sonuçlar çıkarılmıştır:

Sölestinlerde sedimenter kökeni destekleyen açık bir kanıt yoktur. Bununla birlikte Miyosen evaporitlerinde ölçülen 9300 ppm gibi yüksek Sr içeriği (Gökçe, 1989)

ÖRNEK NO	YATAKLAMA TİPİ	PETROGRAFİK TİP	FABRİK	KAPANTININ TÜRÜ	ORTALAMA SICAKLIK DEĞERLERİ (°C) BİRİNCİL	ORTALAMA TUZLULUK DEĞERLERİ (% NaCl)	Au TESTİ DEĞERLERİ (PPb)	YATAK ADI
10	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Mavi renkli, iri çubuksu-prizmatik	Birincil kökenli iki fazlı kapanımlar	260	15-20	< 5	Sinekli
S.3	Tip 1 <sub>a</sub> (Som)	Tip-c	Beyaz renkli, iri lifsi-ışınsal yelpaze şekilli,	"	350	-	< 5	Aylli-Battalhöyüğü
S.4	Tip 1 <sub>a</sub> (Som)	Tip-b	Kirli mavi renkli, boşluk dolgusu	"	330	14-18	-	Bahçecik
S.5	Tip 1 <sub>a</sub> (Som)	Tip-a	Sarımsı-turuncu renkli karbonat matriksli, boşluk dolgusu	"	360	-	< 5	Solgeçe
S.6	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Uçuk mavi renkli, iri çubuksu-prizmatik	"	270	-	< 5	Körtuzla
E.T 90/56	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Uçuk mavi renkli, iri çubuksu-prizmatik tabuler bloksu	"	240	13-24	-	Sinekli
E.T 90/59	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Uçuk mavi renkli, iri çubuksu-prizmatik bloksu	"	270	14-17	-	Sinekli
E.T 90/79	Tip 2 (Yumrulu)	Tip-b	Kirli mavi renkli iri taneler	"	260	15-20	< 5	Sahantepe
Zet.1	Tip 1 <sub>b</sub> (Zebroid)	Tip-b	Beyaz, kirli beyaz tabuler, karbonat ardalı (bandlı)	"	350	-	-	Bahçecik
*SH.6	Tip 2 (Yumrulu)	Tip-b	Kirli mavi renkli, anhidrit arabandlı	"	280	15-19	-	Sahantepe
*KT.2	Tip 3 (Masiv)	Tip-b	Uçuk mavi renkli, bloksu, tabuler-prizmatik	"	220	-	-	Körtuzla
*SY.1	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Uçuk mavi renkli, iri prizmatik-bloksu	"	250	-	-	Sinekli
SY.3	Tip 3 (Masiv)	Tip-a	Uçuk mavi renkli, iri bloksu	"	240	-	-	Hüdaverdi Sinekli Ekincioglu

Tablo 1 Sıvı kapanım çalışması yapılan örneklerin korelasyon tablosu.

Table 1 Correlation table showing the fluid inclusion measurement of different samples.



ile birlikte Oligosen'deki kırıntılı alüvyal yetpaze çökel-  
lerindeki, permeabiliteye bağlı sölestin mineralleşmele-  
ri ilk bakışta yüzey veya zemin sularının etkinliğini  
vurgulayabilecek görüntülerdir. Bu düşünce Evans ve  
diğ. (1964) ile Olausen (1981)'de ortaya konulan sölestin  
oluşumlarında zemin (yeraltı) sıyunun etkisi olduğu  
görüşü ile paraleldir. Bununla birlikte, bu tipleri temsil  
eden örneklerimizin tümünde, yukarıdaki çalışmalarda  
(Evans ve diğ., 1964; Olausen, 1981) beklenenden da-  
ha yüksek sıcaklıklar (260-290°C) ölçülmüştür. Bu du-  
rum normal sıcaklıktaki bir zemin suyuna bağlı sölestin  
mineralleşmesine ters düşmektedir. Bu nedenle hidro-  
termal eriyiklerin Sr'ca zengin zemin suyu ile karışarak,  
sözü edilen mineralleşmeler için daha doygun bir hale  
geldiği düşünülebilir. Böylece sıvı kapamılardan elde  
edilen yüksek ısı değerleri, sölestinleşme esnasında  
hidrotermal ve/veya hidrotermal-zemin suyu karışımı  
eriyiklerin etkisini işaretleyebilmektedir. Bu kökensel  
yaklaşım ilk bakışta, Strübell (1966)'da öne sürülen  
Sr'nin çözünürlüğünün düşük ısıda arttığı görüşüne ters  
düşmektedir. Ancak, Usdowski (1973)'de deneysel ola-  
rak ortaya konulan, kapalı sistemler içindeki sıcak çö-  
zeltiilerden de sölestinin kristallendiği görüşü ve Gund-  
lach (1959) 'da açıklanan hidrotermal kökenli  
sölestinlerin jeokimyasal özellikleri ile büyük bir uyum  
sağlamaktadır. Sivas-Ulaş sölestinlerinde yapılan sıvı  
kapamı çalışmalarından elde edilen yüksek sıcaklık  
değerleri, yukarıdaki bilgiler ile birleştirildiğinde, bu  
mineralleşmelerin, Şekil 7'deki şematik modelde de  
gösterildiği gibi, yüzeye çıkan sıcak suların konvektif  
bir sistem şeklinde, yan kayalardan aldıkları Sr'ca zen-  
ginleşmesi sonucu gerçekleşmiş olduğu düşünülmek-  
tedir. Ayrıca sölestin mineralleşmelerine eşlik eden yo-  
ğun karstlaşmalar ve çözülmelerin yüzey altı  
şartlarında gelişen gömülü termokarstlarda oluşmuş  
olması mümkündür.

Yukarıda belirli yönleriyle tartışılan ve Sivas-Ulaş  
sölestinlerinin oluşumunda aktif rol oynadığı düşünül-  
en hidrotermal eriyikler büyük olasılıkla bugün gömülü  
olan sıcak bir magmatik kaynaktan beslenmektedirler.  
Bu düşünce Karamandersi ve diğ. (1992)'nin görüşle-  
rine de uymaktadır. Bu sıcak eriyiklerin Tersiyer havza-  
sı içerisine taşınmasında fay ve diyapirizm gibi tektonik  
yapılar aktif rol oynamış olmalıdır. Brower (1973) ve  
Scholle ve diğ. (1990)'nin çalışmalarında da sölestin  
oluşumları ile volkanizma-tektonizma ilişkileri açık  
olarak ortaya konmuştur. Burada önemli olan bir konu,  
farklı yaştaki yatakların (Eosen-Miyosen) tek bir faz  
içinde oluşup oluşmadığıdır. Bu konuya sıvı kapamı  
çalışmaları belirli bir ölçüde açıklık getirmektedir.  
Eosen'de ölçülen yüksek ısı değerleri (320-360°C) yu-  
karı doğru azalmaya uğramaktadır. Bu değerler Miyosen  
yaşlı birimlerde yer alan sölestinlerde 220-270°C'a  
kadar inmektedir. Her üç zondan da elde edilen tuzluluk

değerleri ise değişmemektedir. (% 14-23 NaCl). Bu du-  
rum tek bir epijenetik mineralleşme fazını destekle-  
mektedir. Bununla birlikte, konunun tam açıklığa ka-  
vuşması için ileriki aşamalarda Sr<sup>86/87</sup>, O<sup>16/18</sup> ve S<sup>32/34</sup>  
izotop çalışmalarının da yapılması gerekmektedir.

#### KATKI BELİRTME

Araştırmacılar, arazi çalışmaları sırasında her türlü  
yardımlarından dolayı Sayın Jeo. Yük. Müh. Teoman  
Kayan ve Sayın Jeo. Yük. Müh. Murat Ovacı'ya, Al-  
manya'da yapılan sıvı kapamı analizlerine yardımcı  
olan Sayın Y. Doc. Dr. Sönmez Sayılı'ya ve ölçümleri  
gerçekleştiren Sayın Jeo. Yük. Müh. Nimet Ağdemir'e,  
makalenin şekillendirilmesinde değerli fikirlerini esir-  
gemeyen Prof. Dr. Mehmet Ayan'a teşekkürlerini su-  
narlar.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Bain, R.J., 1990. Diagenetic, nonevaporitic origin for  
gypsum, *Geology*, 18, 447-450, May 1990.
- Brodtkorb, M.K., Ramos, V., Barbieri, M., Ametrano,  
S., 1982. The evaporitic celestite, barite deposits  
of Neuquen, Argentina. *Mineralium Deposita*,  
17, 423-436.
- Brower, E., 1973. Synthesis of barite, celestite and bari-  
um strontium sulfate solid solution crystals. *Ge-  
oc. et Cosmos. Acta.*, 37, 155-158, Ireland.
- Carlson, E.H., 1987. Celestite replacement of evaporites  
in the Salina Group. *Sedimentary Geology*, 54,  
92-112, Amsterdam.
- Çubuk, Y., Ozansoy C., Kayan, T., 1992. Battalhöyüğü  
Tepe (Ulaş-Sivas) sölestin yatağının jeolojisi.  
*Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, S. 7, pp. 1-7,  
Ankara.
- Evans, G.D., Shearman, D.J., 1964. Recent celestite  
from the sediments of the Trucial Coast of the  
Persian Gulf. *Nature*, 202, 385-386.
- Goldschmit, V.M., 1954. *Geochemistry*. Oxford Univ.  
Press, pp. 730.
- Gökçe, A., 1989. Sivas güneyindeki sölestin yatakları-  
nın jeolojisi ve oluşumu. *C.Ü. Müh. Fak. Dergi-  
si, seri-A, Yerbilimleri*, c. 6-7, s. 1-2, Kasım  
1989.
- Gundlach, H., 1959. Untersuchungen zur geochemie  
des Sr auf hydrothermalen lagerstätten. *Geol.,  
Jahrb.*, 76, 637.
- Horodski, R.J., 1975. Stromatolites of the Lower misso-  
ula Group (Middle Proterozoic) Beld Supergro-  
up, Glacier National Park, Montana. *Precambrian  
Research* 2, 215-254, Elsevier.

- Karaman deresi. İ.H., Kılıçdağı, R., Kılıç, N., 1992, Soğukçermik (Sivas ili) jeotermal sistemi ile sölestin oluşumu arasındaki ilişki. 45. Türkiye Jeoloji Kurulunu Bildiri Özleri, s. 65, Ankara.
- Kesler, S.E., Jones, L.M., 1981, Sulphur and strontium isotopic geochemistry of celestite, barite and gypsum from the Mesozoic basins of North-Eastern Mexico. *Chemical Geology*, 31, 221-224, Amsterdam.
- Magee, J.W., 1991, Late Quaternary lacustrine, ground water, aeolian and pedogenic gypsum in the Lakes, South-Eastern Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 84, 3-42.
- Martin, J.M., Ortega-Huertas, M., Torres-Ruiz, J., 1984, Genesis and evolution of strontium deposits of the Granada Basin (south-eastern Spain), evidence of diagenetic replacement of a stromatolite belt. *Sedimentary Geology*, 39, 281-288.
- Müller, G., 1962, Zur geochemie des strontium min Ozeanen evaporites unter besonderer Berücksichtigung der sedimentären celestin lagerstätte von Hemmelte-West (Sudoldenburg). *Geologie*, 11, 35, 1-90.
- Nickless, E.F.P., Booth, S.J., Mosley, P.N., 1976, The celestite resources of the area north-east of Bristol. *Miner. Asses. Rep.*, 25, 1-83, London.
- Olaussen, S., 1981, Formation of celestite in the Wenlock, Oslo region, Norway evidence for evaporitic depositional environment. *Jour. of Sed. Pet.* 51(1), 37-46.
- Reodder, E., 1984, Fluid inclusions. *Reviews in mineralogy*, 12, Mineralogical Society of America.
- Scholle, P.A., Stemmerik, L., Harpoth, O., 1990, Origin of major karst-associated celestite mineralization in Karstrygen, Central East Greenland. *Jour. of Sed. Pet.*, 60(3), 397-470, May 1990.
- Skinner, H.C.W., 1958, Ph.D. Thesis Univ. of Adelaide.
- Sonnenfeld, P., 1984, Brines and evaporites. Academic Press, New York, NY, 631 pp.
- Strübel, G., 1966, Die hydrothermale löslichkeit von celestin im system SrSO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O. *N. Jahrb für mineral*, 4, 99-109, Monatshefte.
- Tekin, E., Varol, B., 1993, Sivas (İç Anadolu) havzasındaki sölestin yataklarının petrografik incelenmesi. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu. *Bildiriler Bül.* 319-327, Ankara.
- Turekian, K.K., 1964, The marine geochemistry of strontium. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1479-1496.
- Udsowski, E., 1973, Das geochemische Verhalten des strontiums bei der gense und diagenese von Ca-carbonat und Ca-sulfat. *Mineralien Contr. Mineral and Petrol.*, 38, 177-195.
- Wells, L.D., Jones, D.K., Schaub, W.J., 1983, Celestite from Salem-Indiana. *Min. Rec.*, 14, 7-12.
- West, L., 1973, Vanished evaporites significance of strontium minerals. *Jour. of Sed. Petro.*, 43, 1, 278-279.
- Ye-Sen, F., Xu-Yin, Y., 1991, Discovery of the "Chrysanthemumshaped celestite" in the Permian carbonates of Pingxiang-Leping Depression of Jiangxi province. *Chinese Science Bult.*, 36, 14, July 1991.

**LEVHA - 1**

- A. Karstik kireçtaşları içerisinde oluşmuş "Zebra dokusu sölestin" mineralleşmeleri. (Bozbel Form.)(Ayli most., 4x10).
- B. Esmer renkli killi kireçtaşlarından alınan karot örnekleri ve bunlar içerisindeki çatlak dolusu sölestin mineralleşmeleri. (Bozbel Form.)(Battalhöyüğü most., 4x10).
- C. Kireçtaşının kırık-çatlak ve karstik boşluklarında gelişmiş lifsi-ışmsal sölestin mineralleşmeleri. (Bozbel Form.) (Bahçecik most., 4x10). s:sölestin, k:elementer kükürt.

**PLATE - 1**

- A. *Zebra textured celestite mineralizations formed in karstic limestones.*
- B. *Core samples taken from the dark coloured argillaceous limestones and void filling celestite mineralization found in them.*
- C. *Radial-fibrous celestite mineralizations developed in fracture-joint and karstic voids of limestones.*

**LEVHA - 2**

- A. Alüvyal yelpaze düzlüğü sedimanları içerisinde oluşmuş küresel-elipsoidal sölestin ve jips yumruları. (Selimiye form.) (Sahan t. most., 4x10) s:sölestin, j:jips.
- B. Masiv jipsler içerisinde iri-prizmatik ve öz şekilli kristallenmeler gösteren merccekler şeklindeki sölestin mineralleşmeleri. (Purtepe üyesi) (Sinekli most., 4x10).

**LEVHA - 3**

- A. İri çubuksu-prizmatik sölestin kristallerinin SEM görüntüsü. Kristal gelişimlerdeki engelleme ve kesintiler belirgindir. (Purtepe üyesi) (Sinekli most., ET.90/79) s:sölestin, k:kalsit.
- B. Çubuksu-prizmatik sölestin kristallerindeki zonlanma olayı ve bunlardaki kapantı şeklindeki jips-anhidrit kristalleri. (Purtepe üyesi) (Sinekli most., ET. 90/79). s:sölestin, j:jips.
- C. Mikrokristalen dolomit matriks içerisinde gelişmiş özşekli tabular sölestin kristallerinin SEM görüntüsü. Merkezde zonlu büyüme yapısı ile dolomit silti oldukça tipiktir. (Battalhöyüğü most.) (Bozbel form., ET. 90/48). s:sölestin, d:mikrokristalen dolomit.

**LEVHA - 4**

- A. Eosen kireçtaşları içerisindeki aragonitik karbonat yumağı ve bu yumak içindeki nannoplanktonun SEM görüntüsü. (Bozbel form.) (Bahçecik most., Zet.1) s:sölestin.
- B. Farklı yönerde gelişmiş lifsi-ışınal kristallerin SEM görüntüsü. (Bozbel form.) (Ayli most., S.2).
- C. Burulmalı yapıdaki jipslerle sölestinlerin SEM görüntüsü.(Purtepe üyesi) (Körtuzla most., ET. 90/46). j:jips, s:sölestin.

**LEVHA - 5**

- A. Dizilim gösteren ve gaz fazı içeren ikincil kapanımlar. (ET. 90/59, 40x10), ik:ikincil kapanımlar.
- B. İlk özelliğini kaybetmiş kapanımlar. (S.5, 40x10). bk: bozulmuş kapanımlar.
- C. İki fazlı (sıvı-gaz) birincil kökenli bir kapanım. (40x10, 10), ibk:iki fazlı birincil kapanım.
- D. İki fazlı birincil kökenli kapanımların yakın plan görüntüsü. (40x10, 10) ibk:iki fazlı birincil kapanımlar.

**PLATE - 2**

- A. *Spheric-ellipsoidal celestite and nodular gypsum formed in alluvial fan plain sediments.*
- B. *Lenticular celestite mineralizations which have coarse-prismatic and euhedral crystallizations in massive gypsum*

**PLATE - 3**

- A. *SEM photograph of the large elongated prismatic celestite crystal obstructions and interruptions are distinct in the crystal growth.*
- B. *Zonation in elongated prismatic celestite crystal and gypsum-anhydrite inclusions in them.*
- C. *SEM photograph of the idiomorf, tabular celestite crystals, developed in microcrystalen dolomitic matrix. The zonation and dolomite silt is typical in the center.*

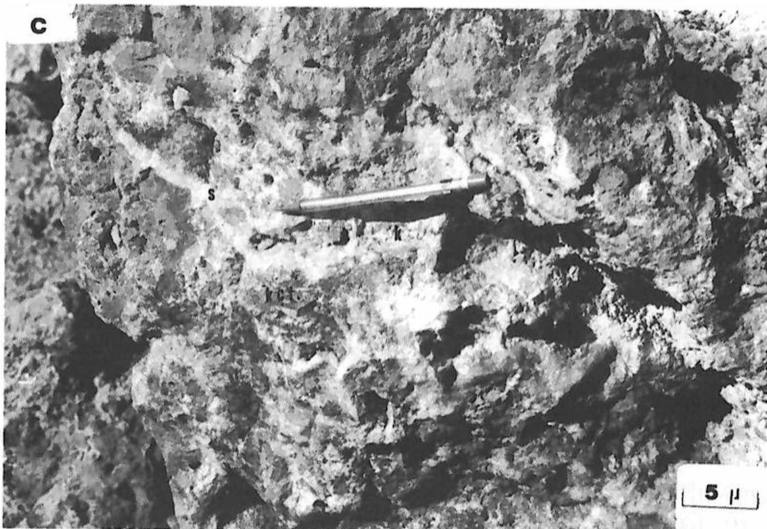
**PLATE - 4**

- A. *SEM pohotograph of the aragonitic carbonate cortex and nannoplanktone seen in the Eocene limestones*
- B. *SEM photograph of the fibrous-radial crystals grown in different directions.*
- C. *SEM photograph of the distorted gypsum and celestite crystals.*

**PLATE - 5**

- A. *Oriented secondary inclusions containing gas phase.*
- B. *Inclusions which lost their primary characters.*
- C. *Two phased (liqued-gas), primary inclusion.*
- D. *Close image of two phased, primary inclusions.*

LEVHA -I  
PLATE - I



**LEVHA -II**  
**PLATE - II**



LEVHA - V  
PLATE - V

