

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KASTAMONU-İĞDİR CİVARINDAKİ EVAPORİTLERİN JEOKİMYASI
(BATI KARADENİZ, TÜRKİYE)**

Burak DEMİRAL

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KASTAMONU-İĞDİR CİVARINDAKİ EVAPORİTLERİN JEOKİMYASI (BATI KARADENİZ, TÜRKİYE)

Burak DEMİRAL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdoğan TEKİN

Bu yüksek lisans tezi Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve Karabük-Safranbolu Paleojen Havzasının doğusundaki 1/100.000 ölçekli F30 paftasındaki İğdir, Yukarıgüney, Terke, Karcılar köyü Göde Mah. ve Gergen köyleri arasında kalan Eosen yaşlı Pürçükören (Tep) formasyonuna ait ekonomik ölçekli evaporitlerin, kökenini ve depolanma koşullarını ortaya koymak için yapılmıştır. Bunun için arazi, sedimantoloji çalışmalarıyla farklı jips mostralarına ait Ölçülü Stratigrafik Kesitler hazırlanmış ve bu kesitlerle 5 farklı evaporitik fasiyes ortaya çıkarılmıştır. Bunlar masiv jips fasiyesi (F.1), bantlı-laminalı jips fasiyesi (F.2), nodüler/yumrulu jips fasiyesi (F.3), ikizlenmeli selenitik jips fasiyesi (F.4) ve lifsi satin-spar jips fasiyesidir (F.5). Bu litofasiyeslere ait örnekler genellikle alabastrin ve porfiroblastik dokulu geç diyajenetik ikincil jipslerdir. SEM-EDS çalışmalarında; sölestin, kalsit ve dolomit mineralleri ile F.2 fasiyesine ait örneklerin bazılarında detritik kuvars ve kil mineral dolguları gözlenmiştir. Bunlar (kil ve kırıntılı malzeme)'da; evaporit çökelişinin tek düze olmadığını, çökeliş esnasında havzaya kırıntılı malzeme gelimini yani kısmen tektonizmanın aktif olduğunu gösterir. Mineralojik XRD çalışmalarında söz konusu bu killerin, ağırlıklı olarak sıcak/kurak iklim koşullarının işaretçisi olan illit-klorit grubu killer oldukları saptanmıştır. Ayrıca, Pürçükören Formasyonu'na ait evaporitlerin ICP-MS'de ölçülen esas oksit-iz element jeokimyası verileri ile $\delta^{16}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ ve $^{87/86}\text{Sr}$ verileri dünyadaki ve Türkiye'deki Paleojen yaşlı evaporitlerin esas oksit-iz element değerleriyle korele edildiğinde, sıg denizel ortamda çökeldiklerini ve çökeliş yaşının da Orta- ?Geç Eosen (? Bartonien- Priyabonien) olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak; Pürçükören Formasyonu evaporitlerinin depolanmasında bölgesel sıkışma tektoniği, Geç Eosen dönemi regresyonu ve MECO (Orta Eosen Klimatik Optimum) küresel ısınma süreçleri de etkili olmuştur.

Haziran 2022, 105 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karabük-Safranbolu Havzası, Orta?-Geç Eosen Evaporitleri, Sedimantoloji, Pürçükören Formasyonu

ABSTRACT

Master Thesis

GEOCHEMISTRY OF EVAPORITES AROUND KASTAMONU-İĞDİR (WEST BLACKSEA, TURKEY)

Burak DEMİRAL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erdoğan TEKİN

This master thesis was done for reveal to origin and depositions conditions economic scale, aged Eocene evaporites of Pürçükören Formations which is located in the Inner Pontide Suture Belt in the Western Black Sea Region, between İğdir, Yukarıgüney, Terke, Gergen, Karcılar Göde villages in the Southeast of the Karabük-Safranbolu Basin. Therefore; Measured Stratigraphic sections of different gypsum outcrops were prepared by field and sedimentology studies and 5 different evaporitic facies were revealed with these sections. These; massive gypsum facies (F1), banded-laminated gypsum facies (F2), nodular gypsum facies (F3), twinned selenitic gypsum facies (F4), and satin-spar gypsum facies (F5). Examples of these lithofacies are generally late diagenetic secondary gypsum with porphyroblastic and alabaster texture. Celestin, calcite, dolomite and detrital quartz and clay mineral deposits some of F2 facies samples had been observed at SEM-EDS studies. The clay and clastic material shown indirectly that the evaporite deposition is not uniform, clastic material inflows into the basin during the deposition so partly tectonism is active. It has been determined that these clays were illite-chlorite group clays, which are indicative of hot/arid climate conditions at mineralogical XRD studies. Also when main oxide-trace element values measured in ICP-MS the evaporites of Pürçükören Formations correlated with the essential oxide-trace element and $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ ve $^{87/86}\text{Sr}$ isotope values of Paleogene evaporites in the world and in Turkey, it was concluded that this evaporites were deposited in a shallow marine environment and aged Middle? - Late Eocene (? Bartonian-Priabonian). Consequently, regional compressional tectonics, Late Eocene regression, MECO (Middle Eocene Climatic Optimum) global warming processes were effective in the deposition of Pürçükören Formation evaporites in the study area,

June 2022, 105 Pages

Key Words: Karabük-Safranbolu Basin, Middle?-Late Eocene Evaporitics, Sedimentology, Pürçükören Formation

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Çalışmalar kapsamında maddi, manevi desteğini ve bilgi birikimini şahsımla paylaşan danışmanım sayın Prof. Dr. Erdoğan TEKİN'e (Ankara Üniversitesi) teşekkür ederim. Tezimin başından beri gerek arazi çalışmalarında gerekse laboratuvar çalışmalarında bana her türlü desteği veren, bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan sayın Dr. Öğretim Üyesi Muhammed Sami US'a (Ankara Üniversitesi/Munzur Üniversitesi) teşekkür ederim. Ayrıca gerek arazi çalışmalarım gerekse laboratuvar çalışmalarım için her defasında hiç sorun etmeden izin veren ve bana her türlü desteği sağlayan, asistanı olduğum sayın Prof. Dr. Selahattin KADİR (ESOGÜ) ile Sayın Doç. Dr. Hülya ERKOYUN'a (ESOGÜ) ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Rektörlüğü ve Personel Daire Başkanlığı'na teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez çalışması bursiyer araştırmacı olarak görev aldığım 116Y140 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında desteklendiği için TÜBİTAK ve proje çalışma ekibine de ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Katkı ve yönlendirmeleri için değerli jüri üyeleri sayın Prof. Dr. Turhan AYYILDIZ'a (Ankara Üniversitesi) ve sayın Doç. Dr. Elif Varol MURATÇAY'a (Hacettepe Üniversitesi), fosil tayinlerini yapan sayın Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ'e (Ankara Üniversitesi) ve sayın Dr. Ali DEVECİLER'e (Ankara Üniversitesi) teşekkürlerimi sunarım. XRF ve ICP-MS ölçümleri yapan, Ankara Üniversitesi optik laboratuvarını açan ve gerekli ince kesit çalışmaları için gerekli ekipmanları ve ortamı sağlayan sayın Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na (Ankara Üniversitesi/YEBİM) ve sayın Dr. Öğretim Üyesi Kıymet DENİZ'e (Ankara Üniversitesi/YEBİM), teşekkürlerimi sunarım. Yoğun işleri arasında petrografik ince kesitlerimi hazırlayan Sayın Murat Yıldırım'a da teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile her daim yanımda olan anneciğime, babacığım ve her zaman arkamda duran, destek olan ablam Hakim Büşra İNAL'a en kalbi şükranlarımı sunar, naçizane bu çalışmamı kendilerine ve tezimin sonuna doğru doğan biricik yeğenim Betül İNAL'a ithaf ederim. Ayrıca tez sürecim boyunca bana yardımcı olan ve yükümü hafifleten sınıf arkadaşım Nafiz İlker ÇORUMLUOĞLU'na teşekkür ederim.

Burak DEMİRAL

Ankara, Haziran 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı	1
1.2 Çalışma Alanının Konumu	2
1.3 Önceki Çalışmalar.....	4
1.4 Materyal ve Yöntem.....	7
1.4.1 Arazi çalışmaları	7
1.4.2 Laboratuvar çalışmaları.....	10
2. BÖLGESEL JEOLojİ.....	12
3. STRATİGRAFI	15
3.1 Kışlaköy Formasyonu	16
3.2 Safranbolu Formasyonu	16
3.3 Karabük Formasyonu.....	17
3.3.1 Çerçen üyesi.....	18
3.4 Soğanlı Formasyonu	19
3.5 Pürçükören Formasyonu.....	23
3.6 Akçapınar Formasyonu	24
3.7 Yunuslar Formasyon	26
3.8 Örencik Formasyonu	27
4. SEDİMANTOLOJİ.....	28
4.1 Fasiyesler.....	28
4.1.1 Masiv jips fasiyesi (F.1)	28
4.1.2 Bantlı- laminalı jips fasiyesi (F.2)	31
4.1.3 Nodüler/Yumrulu jips fasiyesi (F.3)	34
4.1.4 Selenitik jips fasiyesi (F.4)	35
4.1.5 Lifsi Satin-Spar jips fasiyesi (F.5).....	37
4.2 Ölçülü Stratigrafik Kesit Çalışmaları	39

4.2.1 Karcılar- Göde Mahallesi jips mostrası (ÖSK-1).....	39
4.2.2 Terke jips mostrası (ÖSK-2)	40
4.2.3 Gergen jips mostrası (ÖSK-3).....	42
5. PETROGRAFİ	44
5.1 Dokular.....	44
5.1.1 Alabastrin doku.....	44
5.1.2 Porfiroblastik doku	47
5.2 SEM-EDS Çalışmaları	49
6. MİNERALOGİ.....	57
6.1 XRD Çalışmaları	57
7. JEOKİMYA.....	59
7.1 Element Jeokimyası	59
7.1.1 Jeostatistiksel değerlendirmeler	63
7.1.1.1 Çok değişkenli jeostatistiksel analizler	79
7.1.1.1.1 Cluster (kümeleme) analizi	79
7.1.1.1.2 Faktör analizi.....	82
7.2 İzotop Analizi Çalışmaları.....	83
7.2.1 Duraylı O ¹⁸ analizi çalışmaları	84
7.2.2 Duraylı S ³⁴ analizi çalışmaları	86
7.2.3 ^{87/86} Sr Analizi çalışmaları	90
8. EVAPORİTLERİN DİYAJENEZİ VE OLUŞUM MODELİ	94
9. TARTIŞMA.....	97
9.1 Sedimentoloji-Petrografi-Mineraloji	97
9.2 Jeokimya.....	97
10. SONUÇLAR	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Türkiye'deki evaporit havzaları (Apaydin 2016)'dan değişiklikle hazırlanmıştır. (2 ve 3 çalışma alanı)	2
Şekil 1.2 Tercih edilen güzergah ve çalışma bölgesinin Google Earth uydu görüntüsü.....	3
Şekil 1.3 ÖSK ve örneklerin alındıkları yerleri gösteren Google Earth haritası	10
Şekil 2.1 Türkiye'nin Sadeleştirilmiş Tektonik Birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999).....	12
Şekil 2.2 Çalışma sahasının içinde bulunduğu Karabük-Safranbolu Havzası 1/100.000 'lık jeoloji haritası F29/F30 (Google Earth görüntüsü üzerine bindirme), (Timur ve Aksay 2002)'den değişiklikle hazırlanmıştır.	14
Şekil 3.1 Çalışma alanındaki birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Timur ve Aksay 2002, Tekin vd. 2018 ve Us 2021)'den değiştirilerek hazırlanmıştır (ölçeksiz).....	15
Şekil 3.2 Kırmızı renkli, çapraz tabakalı Çerçen Üyesi kumtaşının arazi görünümü. (41°11'28.09"K, 32°48'55.01"D)	18
Şekil 3.3 Soğanlı Formasyonu kireçtaşlarının genel arazi görünümü (41° 08'39,48, D:32° 45'28,12).....	19
Şekil 3.4 Soğanlı kireçtaşlarının yakın plan görünümü görünümü (41° 07'57,39, D:33° 02'12,86).....	20
Şekil 3.5 Soğanlı Formasyonu kireçtaşlarının arazi görünümü (K:41° 08'54,14, D:32° 51'14,76).....	20
Şekil 3.6 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen <i>Nummulites</i> sp. fosilleri	21
Şekil 3.7 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen <i>Nummulites</i> sp. fosilleri	22
Şekil 3.8 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen <i>Nummulites</i> sp. Fosilleri	22
Şekil 3.9 Pürçükören masiv jips fasiyesinin Bilimkent maden ocağı'ndaki arazi görünümü (41°8'22.07"K, 32°55'25.20"D)	24
Şekil 3.10 Akçapınar Formasyonu killi kireçtaşlarının arazi görünümü, Bilimkent maden ocağı yol yarması (41°8'22.15"K, 32°55'25.50"D)	25
Şekil 3.11 Çört ara tabakalı Akçapınar kireçtaşı parçası	26
Şekil 4.1 Jips-kiltaşı /çamurtaşı ardalınması (Terke jips mostrası) (41° 7'37,968, D:33° 3'59,265).....	29
Şekil 4.2 Pürçükören tabakalı ve kıvrımlı yapıdaki jipsler ile masiv jips, (Bilimkent maden ocağı) (41°8'22.07"K, 32°55'25.20"D)	29

Şekil 4.3 Masiv yapıda jipsler (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$).....	30
Şekil 4.4 Masiv yapıda jipsler (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$).....	30
Şekil 4.5 Karcılar Göde Mah.'ndeki altta masiv yapıdaki, üste altere olmuş yumuşak dokulu jipslerin arazi görünümü ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	31
Şekil 4.6 Karcılar Göde Mah.'nde gözlenen karbonat ara bantlı lamine jipslerin arazi görünümü ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	32
Şekil 4.7 Karcılar Göde Mah.'nde gözlenen karbonat ara bantlı lamine jipslerin arazi görünümü ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	32
Şekil 4.8 Kıvrımlı, tabakalı jipsler, (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$).....	33
Şekil 4.9 Altta tabakalı-lamine, üstte masiv yapıda jipsler, (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)	33
Şekil 4.10 Nodüler jipslerin arazi görünümü (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$).....	34
Şekil 4.11 Nodüler jipslerin arazi görünümü (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$).....	35
Şekil 4.12 Karcılar Göde Satin-Spar jipslerle birlikte gözlenen selenitik jipsler ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	36
Şekil 4.13 Karcılar Göde Satin-Spar jipslerle birlikte gözlenen selenitik jipsler ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	36
Şekil 4.14 Lifsi Satin-Spar jipsler, (Karcılar Göde jips mostrası) ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$).....	37
Şekil 4.15 Lifsi Satin-Spar jipsler (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)	38
Şekil 4.16 Lifsi Satin-Spar jipsler (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$).....	38
Şekil 4.17 Karcılar Köyü, Göde Mah.'deki ÖSK-1 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)	39
Şekil 4.18 Karcılar Göde ÖSK-1 kolon kesiti ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$).....	40
Şekil 4.19 Terke Köyü ÖSK-2 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)	41
Şekil 4.20 Terke ÖSK-2 kolon kesiti ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)	42
Şekil 4.21 Gergen Köyü ÖSK-3 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$)	43
Şekil 4.22 Gergen ÖSK-3 kolon kesiti ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$).....	43
Şekil 5.1 BD11-13-14 nolu örneklerde gözlenen alabastrin doku /N: Tek nikol, //N: Çift nikol J: Jips	45

a-b) Porfiroblastik, çubuksu ve prizmatik jips kristallerinin gözleendiği alabastrin doku, c-d)	
Porfiroblastik jips kristalleri ile çatlak/boşluk dolgusu kil sıvamalar/dolgusunun	
gözleendiği alabastrin doku, e-f) Porfiroblastik kristallerinin gözleendiği alabastrin doku	45
Şekil 5.2 BD-13-44 nolu örneklerde gözlenen öz şekilsiz sölestin kristalleri /N: Tek nikol	
//N: Çift nikol), S: Sölestin	46
Şekil 5.3 BD11-12 nolu örneklerde gözlenen porfiroblastik doku /N: Tek nikol, //N: Çift	
nikol J: Jips A:Anhidrit.....	48
a-b) Jips ve anhidrit kristallerinin beraber gözleendiği porfiroblastik doku c-d) Jips ve	
anhidrit kristallerinin ile.....	48
Şekil 5.4 BD10 Soğanlı Formasyonuna ait kireçtaşında gözlenen mikritik matriks/hamur içindeki	
porfir evaporit (anhidrit?) mineral taneleri (a-c- tek nikol, b-d- çift nikol)	49
Şekil 5.5 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips ve dolomit gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim	
noktaları b) EDS Spot-1 grafiği	50
Şekil 5.6 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips, dolomit, sölestin ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS	
çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği.....	51
Şekil 5.7 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips ve kuvars gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları	
b) EDS Spot-3 grafiği	52
Şekil 5.8 BD15 nolu masiv jipslerin dolomit ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları	
b) EDS Spot-3 grafiği	53
Şekil 5.9 BD15 nolu masiv jipslerin kuvars, dolomit ve sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS	
çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği c) EDS Spot-3 grafiği.....	53
Şekil 5.10 BD15 nolu masiv jipslerin kuvars, dolomit, sölestin ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS	
çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği c) Seçili alan grafiği, d) EDS Spot-3 grafiği	54
Şekil 5.11 BD16 nolu masiv jipslerin sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b)	
EDS Spot-1 grafiği.....	55
Şekil 5.12 BD16 nolu masiv jipslerin sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b)	
EDS Spot-2 grafiği	56
Şekil 6.1 Satin-spar jipslere (BD12) ait XRD diyagramı	57
Şekil 6.2 Nodüler jipslere (BD13) ait XRD diyagramı	57
Şekil 6.3 Masiv jipslere (BD14) ait XRD diyagramı	58
Şekil 7.1 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)	72
Şekil 7.2 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)	73
Şekil 7.3 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın doğusu)	73
Şekil 7.4 Orta pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)	74

Şekil 7.5 Orta negatif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)	74
Şekil 7.6 Yüksek negatif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)	75
Şekil 7.7 Yüksek negatif korelasyon çiftleri (Havzanın doğusu).....	75
Şekil 7.8 SiO ₂ 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın batısı).....	76
Şekil 7.9 SiO ₂ 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın doğusu).....	77
Şekil 7.10 SO ₃ 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın batısı).....	77
Şekil 7.11 SO ₃ 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın doğusu)	78
Şekil 7.12 Esas oksitlerin benzerliklerini gösteren dendogram	80
Şekil 7.13 NTE ve eser elementlerin benzerliklerini gösteren dendogram.....	80
Şekil 7.14 Tüm elementlerin benzerliklerini gösteren dendogram	81
Şekil 7.15 Faktör analizine göre gruplanmış tüm elementleri gösteren grafik	83
Şekil 7.16 Önemli bazı kayalardaki $\delta^{18}\text{O}$ Değerleri (Hoefs 1987)	86
Şekil 7.17 Jeolojik olarak önemli bazı kayalardaki $\delta^{34}\text{S}$ değerleri (Hoefs 1987)	89
Şekil 7.18 Denizel sülfatların $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin CDT değerleriyle karşılaştırılması (Degens 1965)	89
Şekil 7.19 S izotopu ile evaporitlerin tuzluluk ve yaş ilişkisi (Holser ve Kaplan 1977)	90
Şekil 7.20 Fanerozoik'ten günümüze denizel karbonatların ^{87/86} Sr oranlarının değişimi (Burke vd. 1982)	92
Şekil 8.1 Eosen'de meydana gelen önemli klimatolojik olaylar (Sotak 2010).....	94
Şekil 8.2 Pürçükören evaporitlerinin çökelim modeli.....	95
Şekil 8.3 Evaporitlerin diagenetik gelişimi.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Örneklerin alındıkları yerler ve uygulanan analizler	8
Çizelge 7.1 Evaporitlerdeki ana/esas oksitlerin yüzdesel olarak değerleri	60
Çizelge 7.2 Evaporitlerdeki bazı NTE, iz ve eser elementlerin ppm cinsinden değerleri.....	61
Çizelge 7.3 Türkiye’deki bazı Paleojen yaşlı evaporitlerin ana oksit ve iz element değerlerinin Pürçükören evaporitleri ile karşılaştırılması	62
Çizelge 7.4 Esas oksit elementlerin istatistiksel değerleri	64
Çizelge 7.5 İz element ve NTE elementlerin istatistiksel değerleri	65
Çizelge 7.6 Korelasyon katsayısı alt disiplinleri.....	66
Çizelge 7.7 Element çiftlerine özgü “r” korelasyon katsayısı değerleri	67
Çizelge 7.8 Yüksek artı korelasyon ($r > +0,90$) element çiftleri.....	68
Çizelge 7.9 Orta artı korelasyon ($+0,60 < r < + 0,90$) element çiftleri	69
Çizelge 7.10 Düşük artı korelasyon ($r < + 0,60$) element çiftleri	70
Çizelge 7.11 Düşük eksi korelasyon ($r > - 0,60$) element çiftleri	71
Çizelge 7.12 Orta negatif korelasyon ($- 0,60 > r > -0,90$) element çiftleri	72
Çizelge 7.13 Yüksek negatif korelasyon ($r > - 0,90$) element çiftleri.....	72
Çizelge 7.14 Esas oksitlere ait faktör verileri	82
Çizelge 7.15 NTE ve eser elementlere ait faktör verileri.....	82
Çizelge 7.16 Tüm elementlere ait faktör verileri	83
Çizelge 7.17 $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizi sonuçları.....	85
Çizelge 7.18 $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizi sonuçları	88
Çizelge 7.19 $^{87/86}\text{Sr}$ izotop analizi sonuçları.....	91
Çizelge 7.20 Türkiye’deki bazı Paleojen yaşlı evaporitlerin izotop $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$, $^{87/86}\text{Sr}$ değerlerinin Pürçükören evaporitleri ile karşılaştırılması	93

1.GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı

Evaporitlerin tüm dünyada ve ülkemizde oldukça yaygın olmaları, bulundukları bölgelerde paleoklimatoloji açısından önemli bir veri kaynağı olmaları ve aynı zamanda farklı alanlarda kullanılan endüstriyel ham madde olmaları bunların önemini göstermiştir. Bu çalışma yeni evaporit mostralarının ve minerallerinin (Sölestin, Glouberit, Ternardit, Mirabillit, Halit vb. gibi) belirlenmesine olanak sağlanabileceği için önem arz etmektedir. Bu tez çalışması Kastamonu-İğdir civarındaki evaporitlere ait sedimantolojik, petrografik, mineralojik ve jeokimyasal çalışmalarını kapsamakta olup; Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak tamamlanmıştır. Çalışma sahası tanıtılarak çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmış ve bölgede yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir. Bölgesel jeoloji özetlenerek havzaya ait formasyonları tanıtılmıştır. Arazi çalışmaları yapılarak ÖSK'ler hazırlanmış ve bu kesitlerden çeşitli litofasiyesler ortaya çıkarılmıştır. Evaporitlerin mikroskobik özellikleri görmek adına petrografik ince kesit çalışmaları ve mikroskop altında seçilemeyen dokusal özellikleri görmek amacıyla SEM-EDS çalışmaları yapılmıştır. Evaporitlerin mineralojik bileşimini belirlemek amacıyla XRD çalışmaları yürütülmüştür. Evaporitlerdeki element ve oksit dağılımını görmek ve evaporitlerin oluşum ortamı koşullarını ortaya çıkarmak amacıyla element jeokimyası çalışmaları yapılmış olup bu element ve oksitlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymak adına jeostatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Ek olarak çalışma sahasına ait evaporitlerin kökenini, yaşını saptamak ve evaporitik eriyiklerin paleosıcaklık ve tuzluluk değerlerini saptamak amacıyla izotop çalışmaları (O^{18} , S^{32} ve $^{87/86}Sr$) gerçekleştirilmiştir. Sonuçta evaporitlerin oluşum ve depolanma koşulları ortaya çıkarılarak evaporitlerin diyajenezi ve oluşum modeli açığa çıkarılmaya çalışılmıştır. Jeokimyasal bulgular dünyadaki ve Türkiye'deki eş yaşlı olan ve depolanma ortamı bilinen evaporitlerin jeokimyasal değerleriyle korele edilmiştir. Teze özgün bulgular ise sonuçlar kısmında açıklanmıştır.

1.2 Çalışma Alanının Konumu

Evaporitler dünyada ve ülkemizde oldukça yaygın olan kimyasal sedimanter kayaçlardır (Şekil 1.1). Çalışma konusu Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve Karabük-Safranbolu Paleojen Havzasının doğusundaki 1/100.000 ölçekli F30 paftasındaki İğdir, Yukarıgüney, Terke, Karcılar Köyü Göde Mah. ve Gergen köyleri arasında yer alan Pürçükören Formasyonu evaporitleridir, Formasyonun tip lokalitesi Pürçükören Köyü civarı olup; Pürçükören Köyü Karabük İli'ne bağlı Ovacık İlçesi'ne ait olup Karabük İli'ne 35 km, Ovacık İlçesi'ne ise 11,5 km uzaklıktadır. Ankara'dan yola çıkılarak araziye ulaşım için tercih edilen güzergah Şekil 1.2'de gösterilmiştir.





Şekil 1.2 Tercih edilen güzergah ve çalışma bölgesinin Google Earth uydu görüntüsü

1.3 Önceki Çalışmalar

Tez sahası ve civarında çalışma konumuzla alakalı veya yakın ilişkili birçok çalışma ve yayın gerçekleştirilmiştir (doktora ve yüksek lisans tezleri, jeoloji raporları, ulusal ve uluslararası makaleler). Bunlardan tez sahamıza ait havzayı ve çevresini yakından ilgilendiren çalışmalar özetlenmiştir.

(Blumenthal 1948) Karabük-Safranbolu Paleojen Havzası ve çevresinde 1/100.000 ölçeğinde olan ilk jeolojik çalışmayı yapmıştır. (Blumenthal 1948) havzanın kuzeybatı kenarının Karabük Hattı, Bolu Ovası doğusu ile Eskipazar batısı arasında kalan güney kenarını da Eskipazar Hattı olarak adlandırmış ve bunların tektonik nitelikli olduğunu vurgulamıştır. Karabük-Safranbolu Havzasındaki birimleri kireçtaşı ve fliş olarak ikiye ayırmıştır.

(Ketin 1955), ‘‘Zonguldak Doğusunda Ovacuma Bölgesinin Jeolojisi Hakkında’’ adını verdiği bir çalışma yapmıştır. Karabük ve Safranbolu formasyonlarını kalker ve fliş (Maastrichtiyen-Eosen yaşlı) olarak belirlemiştir.

(Güner 1975) Karabük-Safranbolu Havzasının stratigrafik dizilimini araştırmış, tabanda Eosen yaşlı kireçtaşlarının bulunduğunu belirtmiştir.

(Güven 1977) Karabük-Safranbolu Havzasında sedimantoloji amacıyla bir doktora tezi çalışması ve bu kapsamda 1/100 000 ölçekli bir jeoloji haritası yapmıştır. Havzadaki birimleri Safranbolu, Karabük, Soğanlı, Boyalı, Terke formasyonları olarak ayırmıştır. Safranbolu Formasyonu Köydere, Küpler, Bulak üyelerinden, Soğanlı formasyonu ise Akyar ve Çakmak üyelerinden oluşmaktadır.

(Saner vd. 1979) tarafından ‘‘Karabük-Safranbolu Bölgesinin Jeolojisi’’ adlı genel jeoloji açısından son derece ayrıntılı bir çalışma yürütülmüştür. Bölgedeki Paleojen

birimleri ingiller, Kışlaköy, Alkısarak, Safranbolu, Karabük, eren, Soğanlı, Akçapınar ve Yunuslar formasyonları olarak ayrılmıştır.

(Saner vd. 1980) yapmış oldukları çalışmalarda Safranbolu Havzasının Jeolojik Yapısı ve Tersiyer paleocoğrafyasını ortaya çıkarmışlardır. Buna göre Paleozoyik birimleri üzerinde transgresif olarak başlayıp regresif olarak biten Mesozoyik birimleri ökelmıştır. Üst Paleosen’de tekrardan başlayan transgresyonla Safranbolu Havzasının birimleri ökelmıştır.

(Koçyigit 1987) Karabük-Safranbolu civarında havzanın kuzeybatı kenarının ayrıntılı stratigrafisini, Karabük Hattı’nın niteliğini ve oluşumunu açıklamıştır. Havzanın kuzey ve güney kenarlarını incelemesinin sonucunda havzanın güneybatı kesiminin tektonik nitelikli olduğu sonucuna varıp havzanın güneybatı kesiminin çok daha dar olduğunu belirtmiştir.

(Yerkök vd. 1987) alışmalarında Batı Karadeniz Bölgesi’nin jeolojisini inceleyerek Karabük yakın çevresinde yer alan birimler, Zonguldak yakın çevresindeki Paleozoyik yaşlı birimler ve bunların üzerine gelen Erken Jura-Orta Jura yaşlı çökeller; Zonguldak yakın çevresinde yer alan Mesozoyik ve Tersiyer istifi olmak üzere üç başlık altında düzenlemişlerdir

(Şen 2001) alışmasında Karabük-Safranbolu Havzasının stratigrafisini ortaya koymuş ve sedimanter analizini yapmıştır. Bu çalışmaya göre Safranbolu Formasyonunda sadece bentik fosilli kireçtaşları değil aynı zamanda Karabük batısında üst seviyelerde çakıltaşı, kayma-oturma yapılı sedimentler ve türbiditlerde yer almaktadır. Safranbolu Formasyonu havzasının kuzeyinde ramp tipi karbonat platformu, güneyinde sınırlandırılmış karbonat platformu, Soğanlı Formasyonu korunaklı sığ denizel-gelgit düzlüğü, Akçapınar Formasyonu gelgit arası, gelgit düzlüğü, lagün-şapka, Yunuslar Formasyonu menderesli akarsu ve Yörük Formasyonu göl-akarsu çökellerinden oluşmaktadır.

(Tekin vd. 2018a) Safranbolu, Karabük, Soğanlı, Pürçükören ve Akçapınar Formasyonlarına ait kıltaşı, kumtaşı ve evaporitler üzerinde palinolojik çalışmalar yaparak Karabük, Safranbolu ve Soğanlı formasyonlarında foraminifer faunası ile Karabük Formasyonunda nanoplankton faunası tanımlamışlardır. Ayrıca Akçapınar Formasyonunun depolanmasında karasal süreçlerin etkili olduğu açıklanmıştır.

(Tekin vd. 2018b) çalışmalarına göre Karabük-Safranbolu Havzasında iki farklı karbonat platformu (Safranbolu platformu ve Soğanlı platformu) oluşumu söz konusudur. Safranbolu platformu 150-200 metre kalınlığında, bol fosil içerikli (kırmızı alg, *bryozoa*, *nümmülit*, *alveolin*, *assilina*, *orbitolites*), genellikle yumrulu/sedimanter budinaj yapılı ve Erken Eosen (Küvizien) yaşlı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu platform yamaç/yokuş tipi karbonat platformu karakterindedir. Soğanlı platformu 100-150 metre kalınlığında, Orta Eosen=Geç Lütisen yaşlı, korunmalı kıyı bölümlerinde *miliolid*, *orbitolites*, *rotalid*, *pelecypod*, yeşil alg ve *ostracodlu* karbonatlardan, kıyı-kıyönü ortamlarında kırmızı alg, *alveolin*, *nümmülites* içeren karbonatlardan oluşmaktadır. Bu platform bank tipi karbonat platformu karakterindedir.

(Us ve Tekin 2019a) yaptıkları çalışmada Akçapınar Formasyonunun tip lokalitesi olarak Pürçükören Formasyonuna ait evaporitleri işletmek üzere açılan ‘‘Gülefler Mezarlığı-Bilimkent Maden Ocağı’’ yol güzergahını önermişlerdir.

(Us 2021) Akçapınar Formasyonunun sedimantolojisini ve stratigrafisini ortaya koymak adına çalışmalar yürütmüştür. Çalışmalar sonucunda makro özellikte sekiz adet litofasiyes ve karbonatlı birimlerde altı adet mikro fasiyes ile iki adet mikro alt fasiyes tanımlamıştır. RAMAN ve SEM-EDS çalışmalarıyla anoksik ortam koşullarını yansıtan veriler elde etmiştir. Jeokimyasal çalışmalarla Akçapınar Formasyonunun Geç Eosen/Erken Oligosen döneminde, sınırlı kapalı koşullarda ve sığ denizel-lagünel ortamda çökeldiğini ortaya koymuştur.

Şu ana kadar Karabük-Safranbolu Paleojen Havzası ve çevresinde yapılan çalışmalar sahamızda yer alan evaporitlerin kökenine ait yeterli veriler sunmamaktadır ve eksik kalmaktadır. Dolayısıyla bu tez çalışması Kastamonu ve civarındaki evaporitlerin depolanma ortamını, kökenini ve diyajenezini ortaya koymak adına önem arz etmektedir.

1.4 Materyal ve Yöntem

Bu yüksek lisans tezi arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde iki bölümde yürütülmüştür.

1.4.1 Arazi çalışmaları

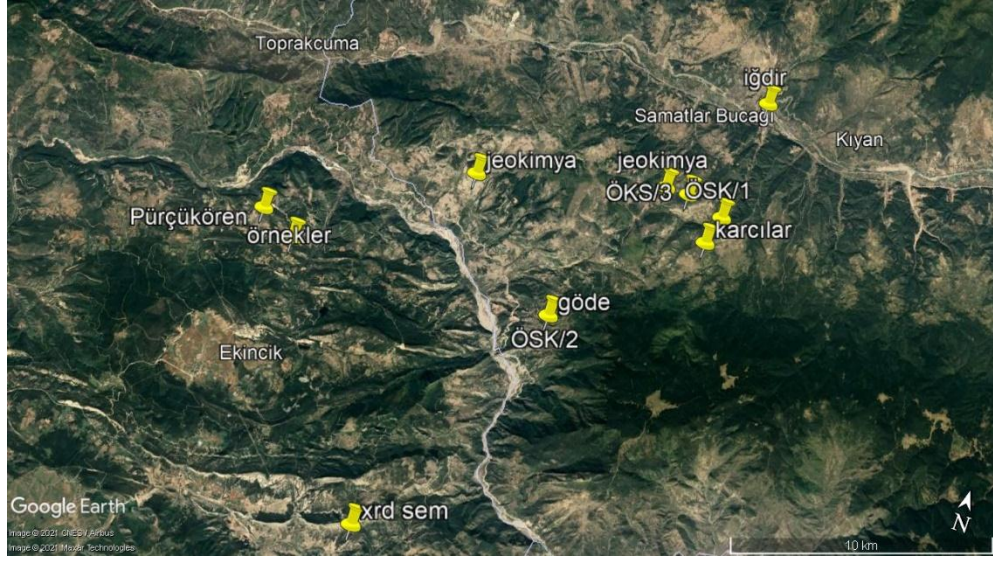
Yapılan arazi çalışmasında; MTA tarafından daha önce yapılan Kastamonu F30 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası paftasında yer alan ve Karabük-Safranbolu Havzasının doğusundaki alan incelenmiştir. 2019, 2020 ve 2021 yaz aylarında yapılan arazi çalışmalarında alanındaki jips-anhidrit-kiltaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı mostralarında ayrıntılı kayaç örneklemeleri yapılmıştır. Toplam 55 adet evaporit örneğinin alındıkları yerler Google Earth uydu görüntüsü Şekil 1.3’de gösterilmiş olup; Çizelge 1.1’de sunulmuştur. Bunlardan 22 tanesi jeokimya, 3 tanesi SEM-EDS, 6 tanesi XRD, 8 tanesi petrografik ince kesit ve 9 tanesi de izotop analizleri için kullanılmıştır. Karcılar-Göde, Terke ve Gergen jips mostraların her birinden toplam 3 adet ÖSK çalışması yapılmış ve gerekli görülen sistematik örnekler alınmıştır.

Çizelge 1.1 Örneklerin alındıkları yerler ve uygulanan analizler

Örnek No	Makroskobik Tanımlama	Alındığı Yer	Analiz Türü
BD1	Anhidrit arabantlı Masiv jips	Terke-Aşağıgüney	Jeokimya
BD2	Bantlı nodüler jips	Terke-Aşağıgüney	Jeokimya
BD3	Masiv jips	Terke jips ocağı	Jeokimya
BD4	Satin-spar jips	Davutlar Köyü	Jeokimya
BD5	Karbonat ara katkılı jips	Pürçükören	Jeokimya
BD6	Bantlı- lamine jips	Pürçükören	Jeokimya
BD7	Mikro nodüler jips	Terke Ocağı	Jeokimya
BD8	Masiv jips	Yukarıgüney	Jeokimya
BD9	Nodüler jips	Davutlar Köyü	Jeokimya
BD10	Kumlu, fosilli kireçtaşı	Soğanlı	Pet
BD11	Nodüler jips/anhidrit	Pürçükören	Min-Pet
BD12	Satin-spar jips	Pürçükören	Min-Pet
BD13	Nodüler jips	Pürçükören	Min-Pet
BD14	Masiv jips	Pürçükören	Min-Pet
BD15	Masiv jips	Pürçükören	Min-Pet
BD16	Nodüler jips	Pürçükören	Pet
BD17	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD18	Bantlı masiv jips	Pürçükören	Pet
BD19	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD20	Masiv jips	Pürçükören	Jeokimya
BD21	Nodüler, Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD22	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD23	Satin-Spar jips	Pürçükören	Jeokimya
BD24	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD25	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD26	Masiv jips	Pürçükören	Jeokimya
BD27	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD28	İkizlenmeli selenitik jips	Karcılar-Göde	Pet
BD29	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD30	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Jeokimya
BD31	Lamine jips	Karcılar-Göde	Pet
BD32	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD33	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD34	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet

Çizelge 1.1 Örneklerin alındıkları yerler ve uygulanan analizler (devamı)

Örnek No	Makroskobik Tanımlama	Alındığı Yer	Analiz Türü
BD35	Nodüler jips	Karcılar-Göde	Pet
BD36	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD37	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Jeokimya
BD38	Satin-Spar jips	Karcılar-Göde	Pet
BD39	Kiltaşı	Terke	Pet
BD40	Nodüler jips	Terke	Jeokimya
BD41	Nodüler jips	Terke	Pet
BD42	Anhidrit kalıntılı masiv jips	Terke	Jeokimya
BD43	Laminalı jips	Terke	Jeokimya
BD44	Masiv jips	Gergen	Pet
BD45	Masiv jips	Gergen	Jeokimya
BD46	Masiv jips	Gergen	Pet
BD47	Masiv jips	Gergen	Jeokimya
BD48	Satin-Spar jips	Gergen	Pet
BD49	Masiv jips	Gergen	Jeokimya
BD50	Masiv jips	Gergen	Pet
BD51	Masiv jips	Gergen	Pet
BD52	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD53	Masiv jips	Pürçükören	Jeokimya
BD54	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD55	Bantlı masiv jips	Pürçükören	Jeokimya
BD56	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD57	Satin-Spar jips	Pürçükören	Pet
BD58	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD59	Satin-Spar jips	Pürçükören	Pet
BD60	Masiv jips	Pürçükören	Pet
BD61	Çört bantlı kireçtaşı	Pürçükören	Pet



Şekil 1.3 ÖSK ve örneklerin alındıkları yerleri gösteren Google Earth haritası

1.4.2 Laboratuvar çalışmaları

ÖSK'lerle alınan evaporitlerin mikrodokusal özelliklerinin belirlenebilmesi için seçilen bazı jips/anhidrit örneklerinde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve yarı kantitatif analiz tekniği olan (EDS) çalışmaları; MTA MAT Dairesi Elektron Mikroskobu laboratuvarında ve FEI INSPECT 50 cihazıyla yapılmıştır.

Karcılar- Göde Mah. jips mostrasına ait BD11 (nodüler anhidrit), BD12 (satin-spar jips), Terke ve Gergen jips mostrasına ait BD13 (nodüler jips), BD14 (Masiv jips), BD15 (masiv jips), BD16 (nodüler jips), Terke jips mostrasına ait BD44 (anhidrit ara banthlı masiv jips) ve BD45 (Karbonatlı nodüler jips) numaralı evaporit örnekleri ile Soğanlı Formasyonuna ait BD10 (kumlu, fosilli kireçtaşı), örneklerden Ankara Üniversitesi İnce Kesit Laboratuvarı'nda ince kesitler hazırlanmış ve detaylı petrografik incelemeler yapılmıştır. Petrografik bulgular (Holiday 1970) baz alınarak açıklanmıştır.

Tüm kayaç örneklerinin (jips, anhidrit, dolomit, kıltaşı vb. gibi) mineralojik bileşimlerini belirlemek amacıyla her bir örnekten tüm kayaç toz X-Işını Kırınımı (XRD) analizleri; MTA MAT Dairesi XRD laboratuvarında ve Cu X-ışın tüpü Buruker D8 Advance XRD analiz cihazıyla yapılmıştır. Evaporit örneklerinin mineral

bileşimini görmek ve kil minerallerini tespit etmek amacıyla XRD analizi M.T.A MAT Dairesi XRD laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Öğütücü makine ve agat öğütücüler vasıtasıyla örnekler 200 mesh tane boyu altına getirilerek hazır XRD analizi için hazır hale getirilmiştir.

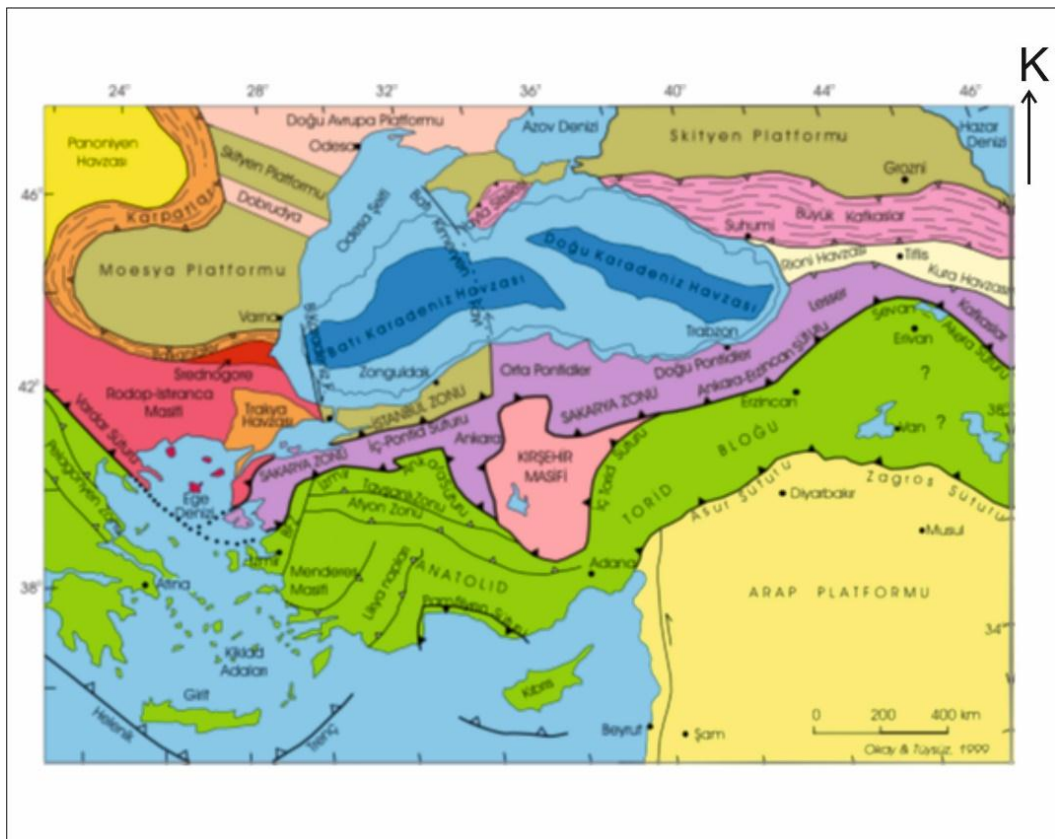
İnceleme alanındaki evaporitlerin litofasiyes ve petrografik özelliklerine göre seçilen örneklerde tezin amacına yönelik olarak; ACME ve YEBİM laboratuvarlarında jeokimyasal karakterlerin ayrıntılı olarak belirlenmesi için Perkin Elmer marka XRF ve ICP-MS cihazlarında ana element/esas oksit, iz element (Sr, Ba, Pb, Cu, Na, F, Br, Li vb.) ve nadir toprak elementi çalışmaları yürütülmüştür.

Ayrıca bölgedeki evaporit istifinin oluşum şekli ve kökeninin aydınlatılabilmesi için ise $O^{18/16}$, $S^{34/32}$ ve $^{87/86}Sr$ çalışmaları Arizona Üniv. Duraylı İzotop Jeokimyası Laboratuvarı'nda Finnigan MAT 261-8 Mass Spectrometresinde gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar analiz çalışmaları sonucunda elde edilen veriler, hataları en aza indirmek ve grafiksel dağılım diyagramının ötesinde daha kolay gözlenebilecek istatistiksel değerler (r korelasyon katsayıları, element çifti ve birliktelikleri gibi) kazanarak daha özgün sonuçlara ulaşmak için bilgisayar ortamında “SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences)” ve “Minitab 18” paket programları kullanılarak jeostatistiksel değerlendirmeler (Faktör ve Cluster analizleri) yapılmıştır.

2. BÖLGESEL JEOLJİ

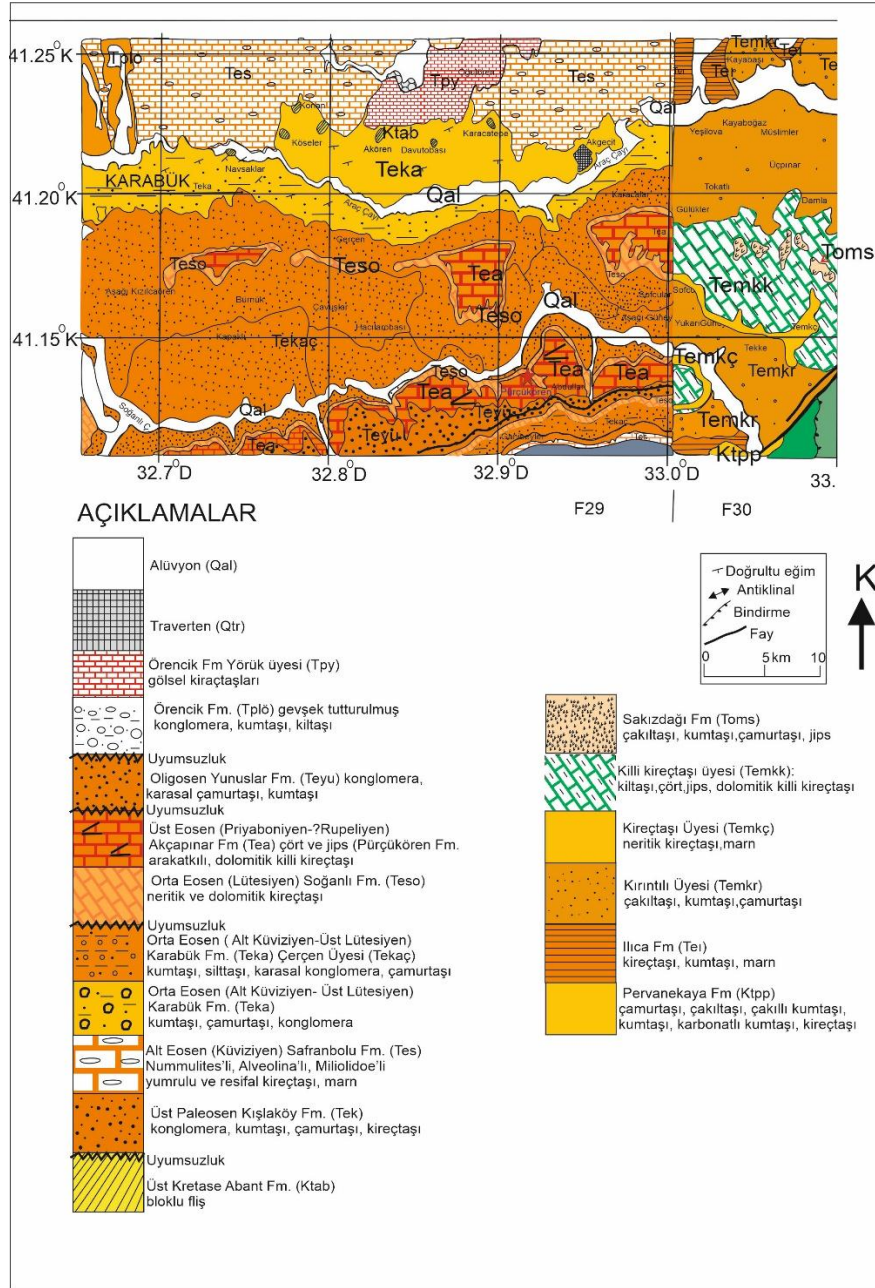
Türkiye'nin tektonik birliklerinin sadeleştirilmiş hali Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Türkiye'nin ana tektonik unsurlarından biri olan Batı Karadeniz Bölgesi (Ketin 1966) tarafından "Pontidler" olarak adlandırılmıştır ve daha sonraki çalışmalarda ise Pontidler'in diğer kısımlardan farklılıkları göz önünde tutularak Batı Pontid (Şengör ve Yılmaz 1981, Tüysüz 1990), İstanbul Zonu (Okay 1989) gibi isimlerle anılmıştır. Bölgede Safranbolu, Soğanlı Formasyonları ile Çerçen Üyesini etkileyen, muhtemel Eosen yaşlı olan Hatlardağ bindirmesi ile Pürçükören ve Akçapınar formasyonlarını etkileyen, Karagöl bindirmesi söz konusu olmaktadır (Şen 2001).



Şekil 2.1 Türkiye'nin Sadeleştirilmiş Tektonik Birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999)

Türkmen ve Çemen (2020) yaptıkları çalışmada Kretase-Eosen arasındaki dönemde normal faylanmaların Eosen dönemindeki kıvrım-bindirme yapılarına etkisini ve

dolayısıyla havzanın geçirdiği tektonostratigrafik gelişimi araştırmışlardır. Bu tektono-stratigrafik gelişime göre havzada 3 ana ünite gözlenmektedir. Bunlardan Eosen'den günümüze olan rift sonrası, Pontid kuşağının oluşum dönemi sedimanter birimleri oluşturan dönem tektono-stratigrafik gelişim bakımından çalışma sahası ile benzerdir. Neotetis Okyanusu'nun kapanması sırasında Pontidler boyunca kıvrım-bindirme kuşağı şekillenmeye başlamış ve bu kapanmayla Batı Karadeniz Bölgesi'nde tektonik rejim genişlemeli rejimden sıkışmalı rejime çevrilerek, Eosen'den günümüze baskın olarak sıkışmalı karakterde havza gelişimin devam etmesine neden olmuştur (Robertson vd. 2012). Daha sonra baskın olarak güneyden kuzeye sıkışmalı rejim içerisinde bindirme hatlarının ve kıvrımlarının gözlemlendiği Soğanlı, Pürçükören ve Akçapınar formasyonlarının oluşumu gözlenmektedir. Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerde özellikle Gergen jips mostrasında ve formasyonumuzun tip lokalitesi olan Bilimkent Maden Ocağı'nda bu kıvrımlanmalı yapıları gözlenebilmektedir. Çalışma sahasının ve yakın çevresinin jeoloji haritası Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Çalışma sahasının içinde bulunduğu Karabük-Safranbolu Havzası 1/100.000 'lık jeoloji haritası F29/F30 (Google Earth görüntüsü üzerine bindirme), (Timur ve Aksay 2002)'den değişiklikle hazırlanmıştır.

3. STRATİGRAFİ

Karabük-Safranbolu Paleojen Havzası en altta Kışlaköy Formasyonu ile başlayıp Örencik (Yörük) Formasyonu ile sona ermektedir. Formasyonların yaşları, litolojileri, birbirlerine göre stratigrafik ilişkileri ve diğer özellikleri (sedimanter yapılar, paleontolojik özellikler vs.) Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Şekil 3.1’de gösterilen İnaltı, Ulus ve Abant Formasyonları Pürçükören evaporitlerinin bulunduğu Karabük-Safranbolu Paleojen Havzasına ait olmadıkları için stratigrafik bölümünde anlatılmamıştır.

Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Üye	Simgeler	Açıklamalar
Eosen	Oligosen	Alt	Örencik	Yörük		Görsel kireçtaşı
			Yunuslar			Konglomera, kumtaşı, kiltası
	Orta	Üst	Priyaboniyen-?Rupeliyen	Akçapınar		Uyumsuzluk
			Pürçükören			Karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı menderesli akarsu çökelleri
		Alt	Bartoniye-?Priyaboniyen	Soğanlı		Uyumsuzluk
			Alt Küviziye-Üst Lütésiye	Karabük		Açık renkli, ince tabakalı, yer yer jips (pürçükören jipsleri) katkılı, dolomitleşmiş killi kireçtaşı, kiltası, çamurtaşı, marm
Paleosen	Üst	Üst	Pürçükören	Çerçen		İnce tabakalı kiltası arabantları içeren masif, nodüler ve Satın-Spar yapıdaki jips ve anhidrit
			Karabük			Kırmızı sarı renkli, masif ve dolomitik kireçtaşı
	Alt	Alt	Safranbolu			Lokal Uyumsuzluk
			Kışlaköy			Kırmızı renkli karasal konglomera, kumtaşı, silttaşı akarsu çökelleri
Kretase	Üst	Üst	Abant			Kırmızı renkli konglomera, paralel/çapraz tabakalı kumtaşı-şeyl ardalanması
			Ulus	Ahmetusta Sunduk		Uyumsuzluk
	Alt	Alt	Abant			Nummulite, Alveolina, Miliolidae fosilleri içeren yer yer resifal ve yer yer yumrulu kireçtaşı
			Ulus			Uyumsuzluk
Jura			İnaltı	Avlukaya İnprı		Orta-kalın tabakalı yer yer masif kireçtaşı

Şekil 3.1 Çalışma alanındaki birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Timur ve Aksay 2002, Tekin vd. 2018 ve Us 2021)’den değiştirilerek hazırlanmıştır (ölçeksiz).

3.1 Kışlaköy Formasyonu

Tanım: İlk kez (Saner vd. 1979) tarafından adlandırılan Kışlaköy Formasyonu Karabük-Safranbolu Paleojen Havzasının temelini oluşturmaktadır. Çeşitli çalışmalarda Mıcık, Çingiller, Alkısarak Formasyonu olarak da adlandırılmaktadır. Litoloji: Akarsu ortamlarını yansıtan silttaşı, çamurtaşı ve kumtaşı gibi kırıntılı kayalardan ve karbonatlı seviyelerden oluşur.

Kalınlık: 1500 metreye kadar çıkmaktadır (Timur ve Aksay 2022).

Alt-Üst Sınırlar: Altındaki Abant Karmaşığı ile uyumsuz, Safranbolu Formasyonu ile uyumludur (Şekil 3.1).

Fosil Topluluğu ve Yaş: Birimin yaşı pelajik kireçtaşlarında gözlenen fosil içeriğine ve stratigrafik konumuna göre Paleosen-Erken Eosen olarak verilmiştir.

Depolanma Ortamı: Alüvyal-akarsu ortamında depolanmıştır.

3.2 Safranbolu Formasyonu

Tanım: İlk olarak (Güven 1977) tarafından adlandırılmıştır.

Litoloji: Formasyon beyaz-krem renkli yumrulu kireçtaşları ve killi kireçtaşlarından oluşur.

Kalınlık: Genellikle 100 metre kalınlığa sahip olan bu formasyon batıya doğru artarak 500 metre kalınlığa kadar ulaşır.

Alt-Üst Sınırlar: Formasyon altındaki Kışlaköy Formasyonu ve üstündeki Karabük Formasyonu ile uyumlu ve yer yer dereceli geçişlidir (Şekil 3.1).

Fosil Topluluğu ve Yaş: Formasyonun yaşı *Nummulites*, *Alveolina*, *Miliolidae* fosillerine göre Geç Paleosen (?)-Erken Eosen (Güven 1977) ve Geç Paleosen(?)-Orta Eosen (Saner 1979, Yerkök vd. 1987) yaşları önerilmiştir. (Okur ve Kutluk 2020) yaptıkları çalışmada *Alveolina*, *Nummulites*, *Assilina*, *Rotalia*, *Discocyclina*

ve *Orbitolites* fosilleri tespit etmişlerdir. Ek olarak *Alveolina* fosiline ait altı cins (*Alveolina archiaci*, *A. axiample*, *A. barattoloi*, *A. carantana*, *A. colatiensis*, *A. cuspidata*, *A. distefanoi*, *A. histrica*, *A. lehneri*, *A. oblonga*, *A. polatliensis*, *A. rakoveci gueroli*, *A. ruetimeyeri*, *A. rugosa*, *A. safranboluensis* and *A. sirelii*.) ile *Alveolina* fosiline ait iki adet cins (*safranboluensis*, *A. Sirelii*) bulmuşlardır. Bu fosillerle Safranbolu Formasyonunun yaşını Erken Eosen (Küvizien) olarak vermişlerdir.

Depolanma Ortamı: Büyük bentik foraminiferlerin bolluğu ve çeşitliliği, Safranbolu Formasyonunun transgresif koşullarda çökeldiğini göstermiştir. Formasyonda bulunan önemli miktardaki fosiller (*nummulit*, *alveolin*, *miliolid*, *orbitolites* ve iri bentiklerden *Nummulites cantabricus*) ile diğer rotalid, mercan, alg cins ve türleri sığ denizel ortam koşullarını yansıtan resif kompleksi ile neritik açık platform (kısmen derin denizel) koşullarına sahip ortamsal değişikliği göstermektedir (Saner vd. 1979, Cerit 1983, Erendil vd. 1991).

3.3 Karabük Formasyonu

Tanım: İlk adlandırılması (Güven 1977) tarafından yapılan bu formasyon, daha sonra (Saner 1979) tarafından Karabük ve Çerçen formasyonlarına ayrılmıştır. Bu tezde ise (Tekin vd. 2018) çalışması temel alınarak Karabük formasyonu olarak Çerçen ise üye olarak kabul edilmiştir.

Litoloji: Birim altta yeşilimsi gri renkli, belirsiz tabakalı, jips parçalı marnlardan oluşmakta ve üste doğru kilaşı ve kumtaşı birimlerine geçmektedir.

Kalınlık: Birimin kalınlığı 350 ile 400 metre civarında olup Eflani bölgesi civarında artarak 2000 metreye kadar ulaşmaktadır.

Alt-Üst Sınırlar: Birim altta Safranbolu Formasyonu ile geçişlidir ve bazı alanlarda daha yaşlı birimler üzerine aşmalı olarak gelmektedir (Şekil 3.1).

Fosil Topluluğu ve Yaş: Bu formasyonun yaşı (Güven 1977) tarafından bentik ve planktik foraminiflerle Orta-Geç Eosen, (Saner 1979) ve (Yerkök vd. 1987) tarafından ise Erken-Orta Eosen olarak verilmiştir.

Depolanma Ortamı: Sığ- derin deniz ortamında depolanmıştır.

3.3.1 Çerçen üyesi

Litoloji: Bu üye kırmızı renkli çakıltaşı, çapraz tabakalı kumtaşı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır (Şekil 3.2).

Kalınlık: Birimin kalınlığı 420 ile 470 metreler arasında değişmektedir.

Alt-Üst Sınırlar: Çerçen Üyesi ile üstündeki birim (Soğanlı Formasyonu) arasında ortamsal olarak uyumsuz söz konusudur (Şekil 3.1).

Depolanma Ortamı: Karasal ortamda akarsu ortamını yansıtmaktadır.



Şekil 3.2 Kırmızı renkli, çapraz tabakalı Çerçen Üyesi kumtaşının arazi görünümü. (41°11'28.09"K, 32°48'55.01"D)

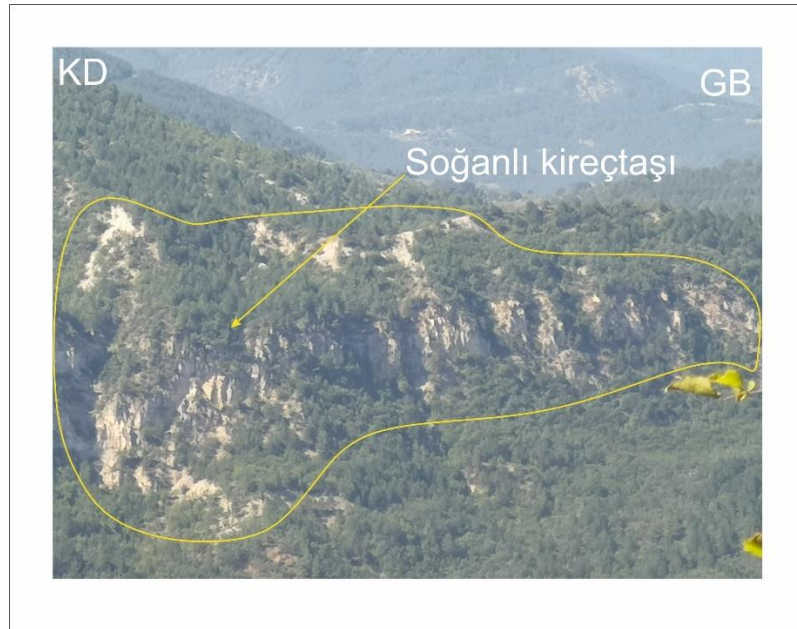
3.4 Soğanlı Formasyonu

Tanım: Saner vd. (1979) tarafından adlandırılan Soğanlı Formasyonun adı Soğanlı kireçtaşına karşılık olarak kullanılmıştır.

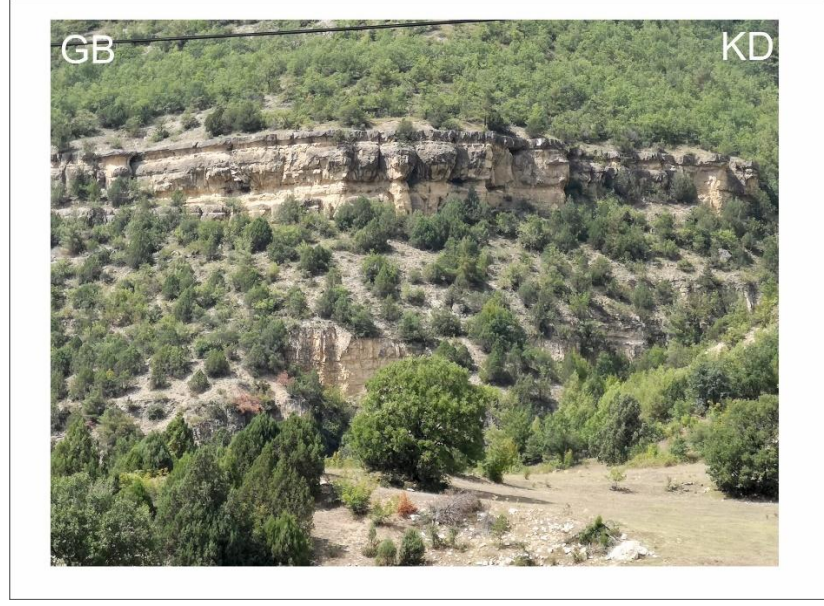
Litoloji: Kirli sarı renkli, altta ince ve kumlu, üstte ise kalın tabakalı-masif ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur (Şekil 3.3-3.5).

Kalınlık: Formasyon 100 ile 150 metre arasında bir kalınlığa sahiptir.

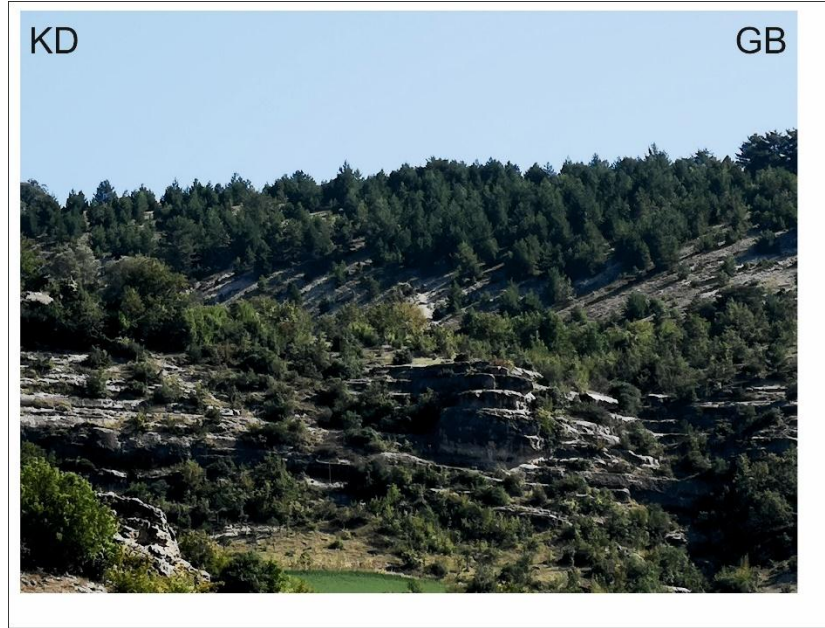
Alt-Üst Sınırlar: Soğanlı Formasyonu havza kenarında altta Çerçen Üyesi ile yer yer uyumsuz ve havza ortasında ise Karbük Formasyonu ile geçişlidir. Üst sınırı ise Akçapınar Formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir (Tekin vd. 2018b). Soğanlı Formasyonu havza içerisinde batıdan doğuya doğru Bağırsak Dere mevkiinde, Bilimkent maden ocağı mevkiinde ve Sofçular Köyü kuzeydoğu yamacında Pürçükören Formasyonu evaporitleri ile uyumlu dokanak sergiler (Us 2021).



Şekil 3.3 Soğanlı Formasyonu kireçtaşlarının genel arazi görünümü (41° 08'39,48, D:32° 45'28,12)



Şekil 3.4 Soğanlı kireçtaşlarının yakın plan görünümü (41⁰ 07'57,39, D:33⁰ 02'12,86)

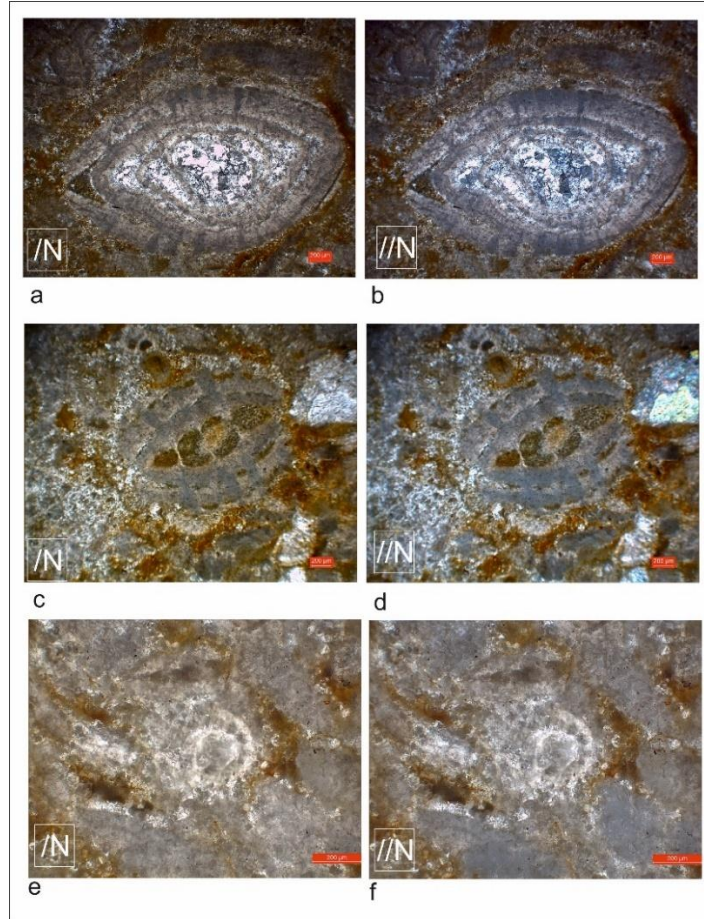


Şekil 3.5 Soğanlı Formasyonu kireçtaşlarının arazi görünümü (K:41⁰ 08'54,14, D:32⁰ 51'14,76)

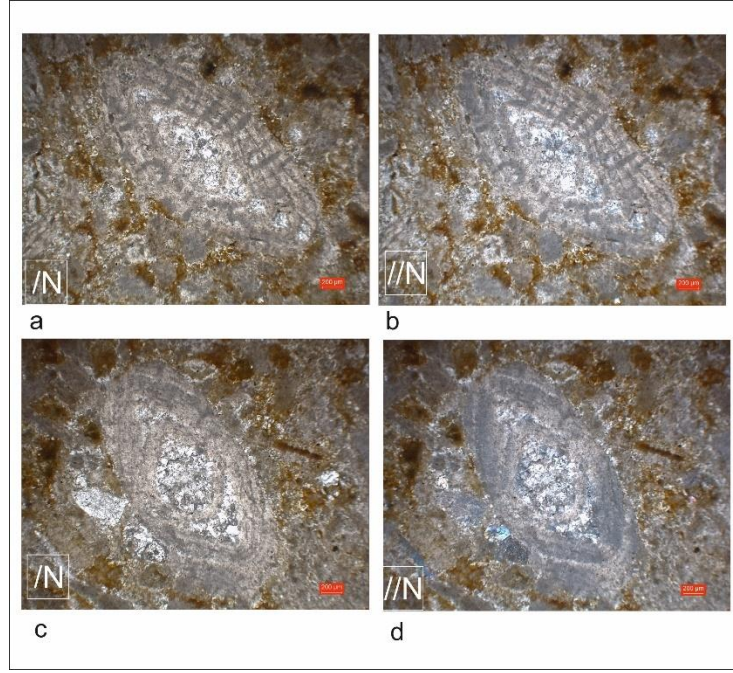
Fosil Topluluğu ve Yaş: Formasyona bentik foraminifere ve stratigrafik pozisyonuna göre Geç Eosen (Güven 1977), Erken ve Orta Eosen (Saner 1979) ve Orta Eosen (Lütesiyen) yaşları verilmiştir (Yerkök vd. 1987, Tekin vd. 2018a).

Bu çalışmada *Nummulites* sp cinsleri tespit edilmiştir (Şekil 3.6-3.8). Fosillerin büyük olan protokonkları sayesinde genellikle Orta Eosen (Lütesiyen) olarak yaşlandırılan *N. millecaput* gibi bir türe ait olabileceği düşünülmektedir.

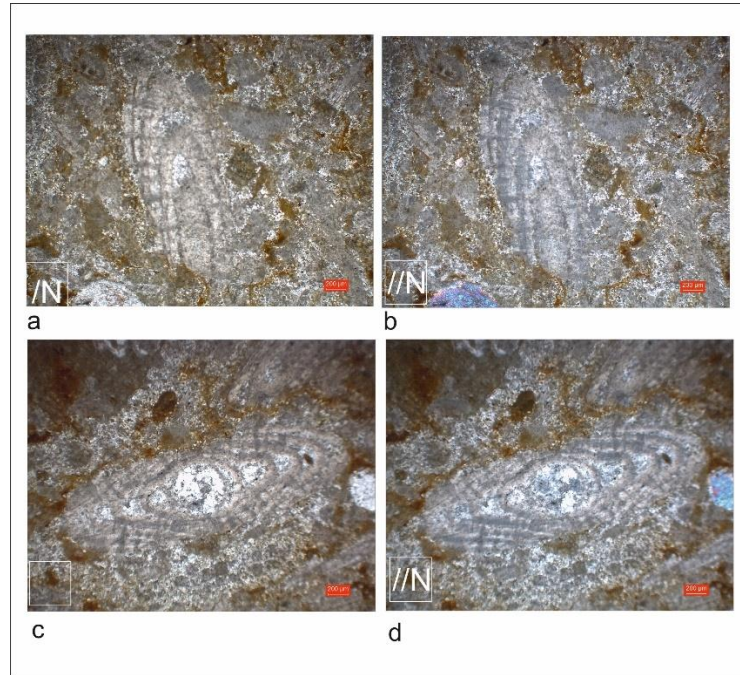
Depolanma Ortamı: İçerdiği Rotalidae, Textularidae, Miliolidae fosillerine göre sığ bir ortamda çökeldiği söylenebilir.



Şekil 3.6 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen *Nummulites* sp. fosilleri



Şekil 3.7 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen *Nummulites* sp. fosilleri



Şekil 3.8 BD-10 nolu Soğanlı kireçtaşı örneğinde gözlenen *Nummulites* sp. Fosilleri

3.5 Pürçükören Formasyonu

Tanım: İlk kez (Tekin vd. 2018a) tarafından adlandırılan bu formasyon Karabük-Safranbolu Paleojen Havzasının doğusundaki 1/100.000 ölçekli F30 paftasındaki İğdir, Yukarıgüney, Terke, Karcılar köyü Göde Mah. ve Gergen köyleri arasında kalmaktadır.

Tip Yeri: Bilimkent maden ocağı işletmesine ait olup formasyonun en tipik olarak görüldüğü yerdir (Şekil 3.9).

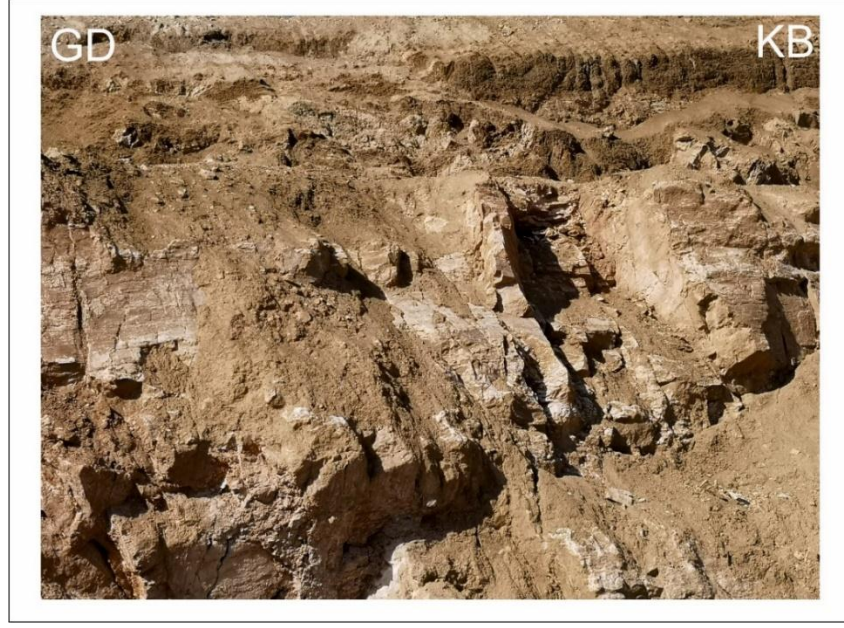
Litoloji: Birim farklı litofasiyeslere sahip evaporitlerden oluşmaktadır.

Kalınlık: Masiv jipslerin kalınlığı 30 metreye kadar çıkmaktadır (Tekin vd. 2018, Us 2021).

Alt-Üst Sınırlar: Altta Soğanlı Formasyonuna tedrici geçiş gösterirken, üstte Akçapınar Formasyonu ile uyumludur (Şekil 3.1).

Fosil Topluluğu ve Yaş: Evaporitik fasiyesler içerisinde yer alan çamurtaşı ve organik madde içerikli kilitaşları katmanlarından alınan spor ve polenlere göre birimin yaşını Orta?- Geç Eosen (Bartoniye- ?Priyaboniyen) olarak verilmiştir (Tekin vd. 2018a).

Depolanma Ortamı: Formasyonun sığ deniz-sabka ortamında çöktüğü ortaya konulmuştur (Tekin vd. 2018a).



Şekil 3.9 Pürçükören masiv jips fasiyesinin Bilimkent maden ocağı'ndaki arazi görünümü (41°8'22.07''K, 32°55'25.20''D)

3.6 Akçapınar Formasyonu

Tanım: İlk olarak Saner vd. (1980) tarafından adlandırılmıştır.

Tip Yeri: Akçapınar Formasyonunun açık krem renkli killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kilaşı, çört ara bantları ve ikincil satin-spar jips ara tabakalı litolojiye sahip istifin sedimantolojik ve stratigrafik özelliklerinin yanı sıra, yapısal olarak geçirdiği yumuşak tortul deformasyon yapılarını da yansıtmaları bakımından Pürçükören Formasyonuna ait evaporitik fasiyeslerinden oluşan istif, yeni tip kesit lokalitesi olmaya daha uygundur (Tekin ve Us 2019a).

Litoloji: Formasyon beyaz, sarımsı gri renkli killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kilaşı ve çört ardalanmalarından oluşmaktadır (Tekin ve Us 2019b) (Şekil 3.10, Şekil 3.11).

Kalınlık: Akçapınar Formasyonu yaklaşık 190 m kalınlığa sahiptir (Us 2021).

Alt-Üst Sınırlar: Pürçükören Formasyonun çökelmediği alanlarda Akçapınar Formasyonu, Soğanlı Formasyonu ile uyumlu olarak bulunmaktadır (Us 2021).

Fosil Topluluğu ve Yaş: Spor polen analizlerine dayanarak birimin yaşını geç Eosen-?Erken Oligosen (Priaboniyen-?Rupeliyen) olarak belirlemişlerdir (Tekin ve Us 2020, Tekin vd. 2018a). Us (2021) daha önceki çalışmalarda fosil tespit edilemeyen Akçapınar Formasyonunda gastropod fosilleri ve bir adet yaprak fosili tespit ederek bu fosilleri formasyonun yaşlandırılmasında kullanmıştır.

Depolanma Ortamı: Sığ – kapalı (restricted) denizel ortam.



Şekil 3.10 Akçapınar Formasyonu killi kireçtaşlarının arazi görünümü, Bilimkent maden ocağı yol yarması (41°8'22.15"K, 32°55'25.50"D)



Şekil 3.11 Çört ara tabakalı Akçapınar kireçtaşı parçası

3.7 Yunuslar Formasyon

Tanım: Saner vd. (1980) tarafından Yunuslar olarak adlandırılan bu formasyon, (Güven 1977) tarafından Boyalı Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Dağılım: Formasyonun Safranbolu Havzasının güney kesimlerinde sınırlı bir yayılıma sahip olup doğu-batı uzanım göstermektedir.

Litoloji: Birim karasal ortamda çökelen bu formasyon kırmızı renkli çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı ve çamurtaşlarından oluşur (Saner vd. 1980).

Kalınlık: Üstten aşındırılmış olan birimin kalınlığı 150 metredir.

Fosil Topluluğu ve Yaş: Formasyon içerisinde bulunan kilitaşı seviyelerinden elde edilen spor-polen üzerinde yapılan analize göre formasyonun yaşı Erken Oligosen (Rupeliyen) olarak tespit edilmiştir (Tekin vd. 2018a).

Depolanma Ortamı: Karasal ortamda (akarsu-göl) depolanmıştır.

3.8 Örencik Formasyonu

Tanım: İlk kez Saner vd. (1980) tarafından adlandırılan bu formasyon Yörük Formasyonu olarak da adlandırılmaktadır.

Litoloji: Birim kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kilaşı birimlerinden oluşmaktadır (Saner vd. 1980).

Kalınlık: Formasyonun kalınlığı aşınma fazla olduğundan dolayı 1 ile 100 metre arasında değişmektedir.

Alt-Üst Sınırlar: Kendisinden yaşlı olan tüm birimleri açısal uyumsuzlukla örter (Şekil 3.1).

Fosil ve Yaş Topluluğu: Kilaşı ara katmanlarından alınan örneklerde yapılan spor-polen analizine göre formasyonun yaşı Miyosen olarak verilmiştir (Tekin ve Us 2020).

Depolanma Ortamı: Alüvyal/akarsu ortamında depolanmıştır.

4.SEDİMANTOLOJİ

Bu tez çalışmasında Terke, Gergen, Karcılar Göde Mah. lokasyonlarında gözlenen jips mostraları detaylı olarak incelenmiştir. Bu lokasyonların her birinden belirli aralıklarla örnekler alınarak Ölçülü Stratigrafik Kesit'ler hazırlanmış ve mostraların en iyi gözlendiği yerlerden arazi fotoğrafları çekilmiştir. Bu yapılan ÖSK çalışmalarındaki örnekler litofasiyeslere ayrılarak bazılarında petrografik, bazılarında mineralojik, bazılarında ise jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

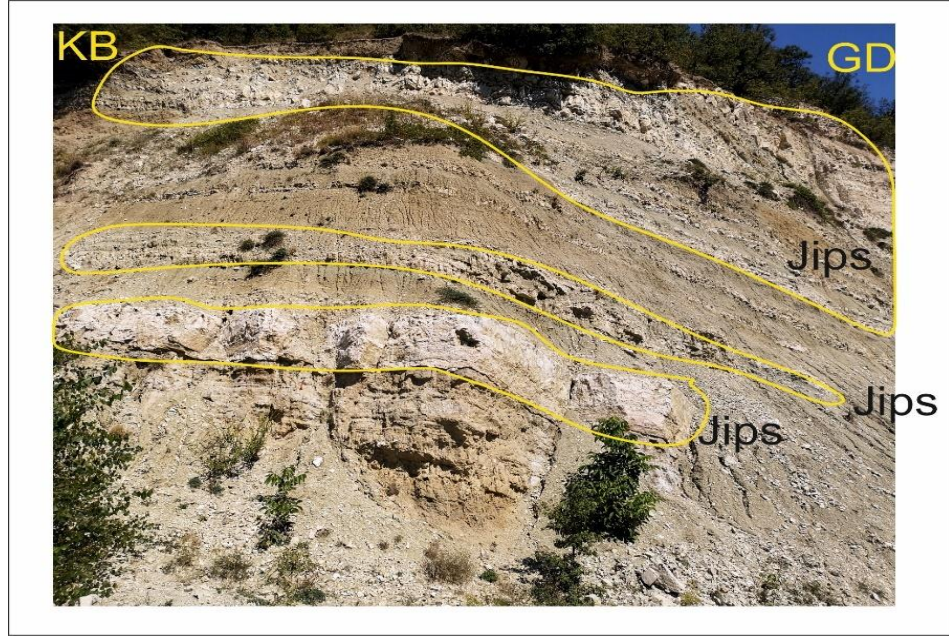
4.1 Fasiyesler

Fasiyes; belirli bir zaman aralığında, belirli hidrodinamik şartlarda ve belirli bir depolanma ortamında oluşan, kendine has özellikleri olan sedimanter kayaç veya sedimanter kayaç grubudur. Yapılan ÖSK çalışmalarında beş adet litofasiyes tanımlanmıştır. Bunlar;

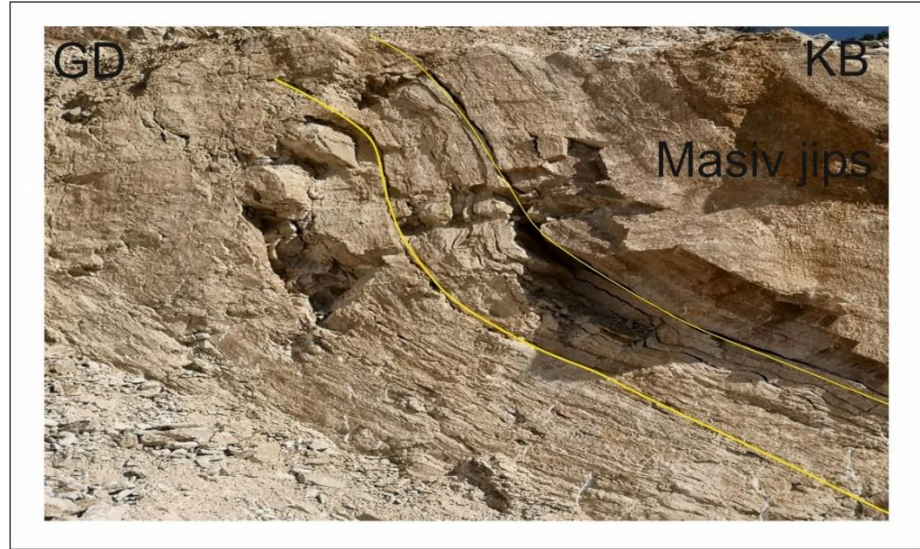
- a) Masiv jips fasiyesi (F.1)
- b) Bantlı-laminalı jips fasiyesi (F.2)
- c) Nodüler/yumrulu jips fasiyesi, (F.3)
- d) Selenitik jips fasiyesi (F.4)
- e) Lifsi Satin-Spar jips fasiyesidir (F.5) dir.

4.1.1 Masiv jips fasiyesi (F.1)

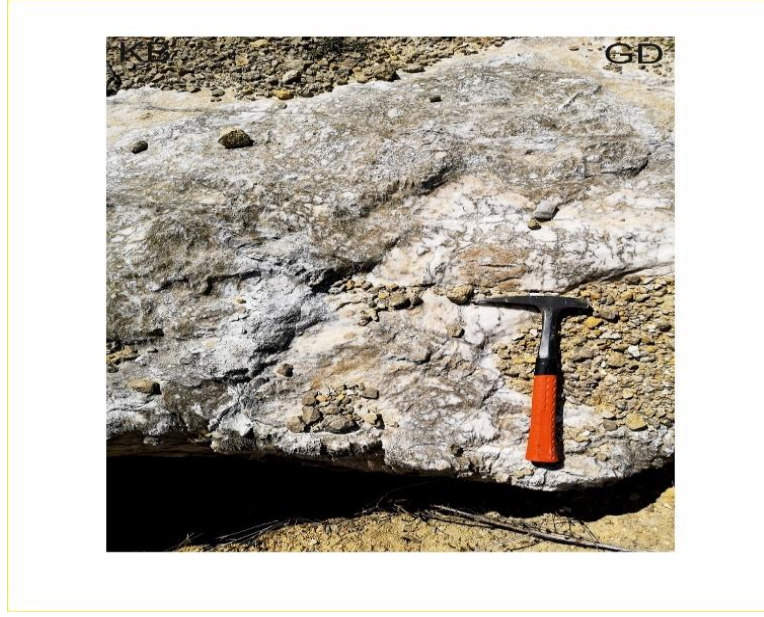
Herhangi bir iç yapısı olmayan, 1 metreden daha kalın olan masiv jipsler çalışma sahamızda oldukça geniş bir yayılıma sahiptirler. Daha çok Karcılar, Terke ve Gergen mostralarında yüzeylenmektedirler. Masiv jipsler genellikle beyaz renkli, sert, mat görünümlü özellikler sunmaktadır. Terke mostrasında gözlenen masiv jipsler ise kilaşları ile ardalanmalı olarak yer almaktadır (Şekil 4.1). Masiv jips ve anhidritler sırasıyla Terke, Gergen ve Karcılar-Göde mostralarında gözlenir (Şekil 4.3, 4.4, 4.4). Pürçükören Formasyonunun tip lokalitesi olan Bilimkent Maden Ocağı'nda gözlenen masiv jipsler sıkışma tektoniğinin etkisiyle kıvrımlı bir yapı kazanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.1 Jips-kiltaşı /çamurtaşı ardalınması (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)



Şekil 4.2 Pürçükören tabakalı ve kıvrımlı yapıdaki jipsler ile masiv jips, (Bilimkent maden ocağı) ($41^{\circ}8'22.07''K$, $32^{\circ}55'25.20''D$)



Şekil 4.3 Masiv yapıda jipsler (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7' 37,968$, $D:33^{\circ} 3' 59,265$)



Şekil 4.4 Masiv yapıda jipsler (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11' 6,681$, $D:33^{\circ} 6' 45,022$)



Şekil 4.5 Karcılar Göde Mah.'ndeki altta masiv yapıdaki, üste altere olmuş yumuşak dokulu jipslerin arazi görünümü ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)

4.1.2 Bantlı- lamineal jips fasiyesi (F.2)

Karbonat ara bantlı lamineal jipsler, evaporit havzasında önce mil boyutuna sahip jips kristallerinin çökmesiyle oluşmaktadır. Terke jips mostrasında istifin üst kısımlarında, Karcılar jips mostrasında istifin orta kısımlarında rastlanılan bu jipsler gri-beyaz renkli, camsı parlaklığa sahip, yarı şeffaf özellikler sunmaktadır. Karcılar Göde jips mostrasında yer alan karbonat ara bantlı lamineal jipsler satin-spar jipslerle beraber ve uyumlu olarak gözlenmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.7) Gergen jips mostrasında rastlanılan bu jipsler sıkışma tektoniğinin etkisiyle kıvrımlı bir yapı kazanmıştır (Şekil 4.8). Terke jips mostrasında ise bantlı lamineal jipsler masiv jipslerle beraber gözlenmiştir (Şekil 4.9). Lamineal jipsler hem sığ hem derin su ortamlarını yansıtır.

Derin su ortamını yansıtan lamineal jipsler yalnız başlarına veya karbonatla birlikte gözlenirler. Bu çökeller genellikle mevsimsel çökeller olarak tanımlanırlar. Lamineal karbonatlar ve sülfatlar, tabanları dalga ve akıntı tarafından etkilenmeyen tuzlu çözeltilerdeki depolanmayı gösterir (Kendall 1992).



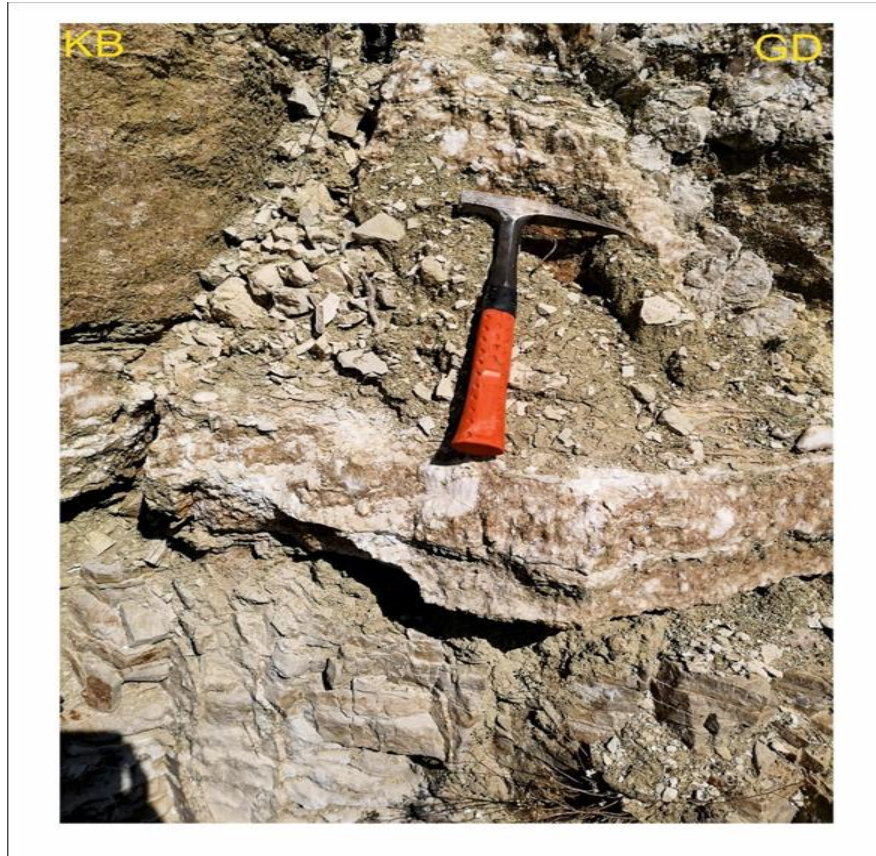
Şekil 4.6 Karcılar Göde Mah.'nde gözlenen karbonat ara bantlı laminalı jipslerin arazi görünümü (41° 10' 50,439, D:33° 7' 51,222)



Şekil 4.7 Karcılar Göde Mah.'nde gözlenen karbonat ara bantlı laminalı jipslerin arazi görünümü (41° 10' 50,439, D:33° 7' 51,222)



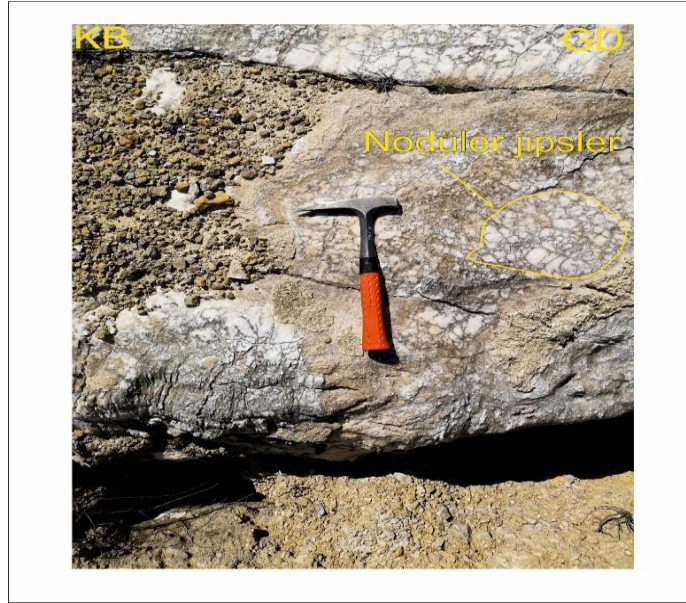
Şekil 4.8 Kıvrımlı, tabakalı jipsler, (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$)



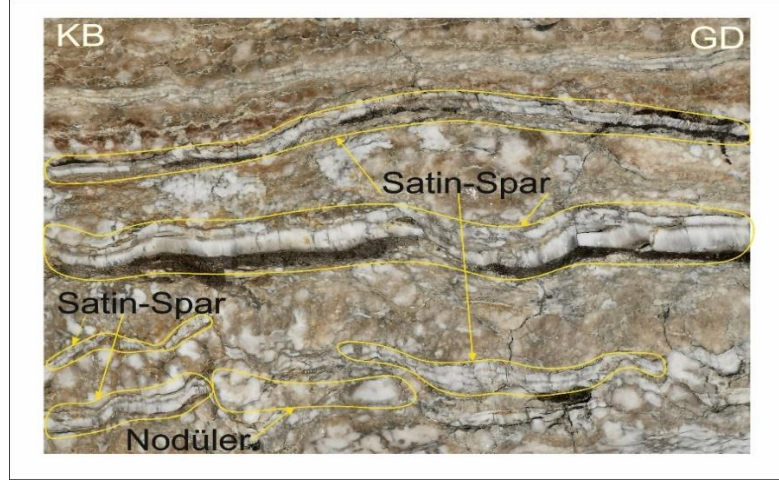
Şekil 4.9 Altta tabakalı-laminalı, üstte masiv yapıda jipsler, (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)

4.1.3 Nodüler/Yumrulu jips fasiyesi (F.3)

Nodüler jipsler, çökelme alanında meydana gelen diyajenetik süreçler sonucu suyunu kaybeden birincil jipslerin tekrar su alması ile oluşmuş ikincil jipslerdir. Nodüler jipsler yaklaşık 5-10 cm boyutlarında beyaz renkli, mat görünümlü olup düzensiz yüzlekler halinde gözlenmektedir. Bu oluşumlar çökelme sonrası erken diyajenez sürecinde kristal yapısındaki suyu kaybeden jipslerin yeniden bünyesine su alarak oluşturduğu alabastrin dokulu ikincil jipslerdir. Terke jips mostrasına ait beyaz renkli, düzensiz yüzlekler veren, mat görünümlü nodüler jipsler gözlenmektedir (Şekil 4.10). Terke ve Karcılar jips mostralarında istifin üst kısımlarında gözlenen nodüler jipsler Gergen mostrasında satin-spar jipslerle beraber gözlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10 Nodüler jipslerin arazi görünümü (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)



Şekil 4.11 Nodüler jipslerin arazi görünümü (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$)

4.1.4 Selenitik jips fasiyesi (F.4)

Jipsler killi veya karbonat hamuru içerisindeki boşluklarda sülfatça zengin zemin sularının etkisiyle serbest halde kristallenerek ikizlenmeli-selenitik bir yapı kazanırlar. Genellikle parlak yüzeyli olan selenitik jipslerin mızrak ve kırlangıç kuyruğu şeklinde ikizleri de bulunmaktadır (Warren 2006). Karcılar-Göde Mah'ndeki jips mostrasının alt kısımlarında rastlanılan selenitik jipsler, gri renkli, camsı parlaklığa sahip ve yarı şeffaf olup masiv yapıdadır. Selenit oluşumunu etkileyen önemli faktörlerden ikisi tuzluluk ve su derinliğidir. İnce selenit kristalleri düşük tuzluluk koşullarında gelişirken, kalın selenit kristalleri yüksek tuzluluk koşullarında gelişmektedir (Javor 1983, Orti vd. 1984, Geisler - Cussey 1985/1997). Karcılar jips mostrasında gözlenen ince kristalli selenitler (Şekil 4.12, Şekil 4.13) çalışma sahamızda yer alan jipslerin düşük tuzluluk ortamında geliştiğine işaret etmektedir. Su derinliği arttıkça selenit kristallerinin büyümesi ve jips çökelimi azalmaktadır (Babel 2004).



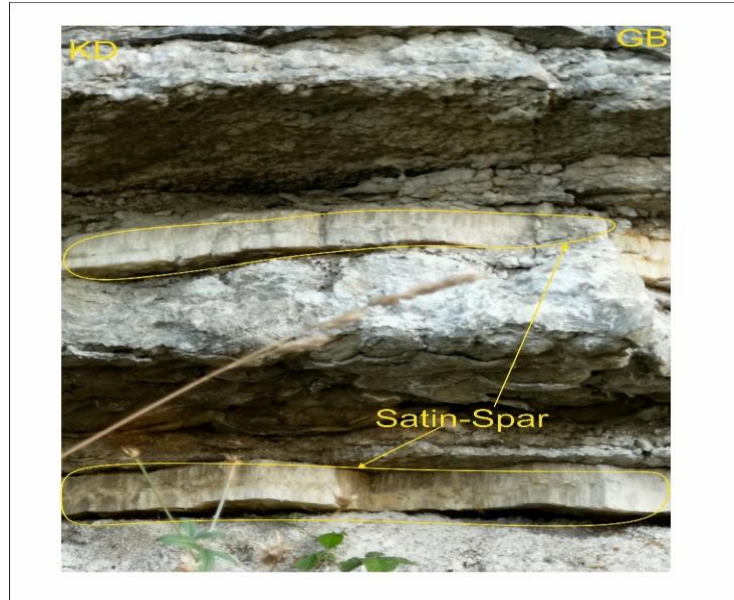
Şekil 4.12 Karcılar Göde Satin-Spar jipslerle birlikte gözlenen selenitik jipsler (41° 10'50,439, D:33° 7'51,222)



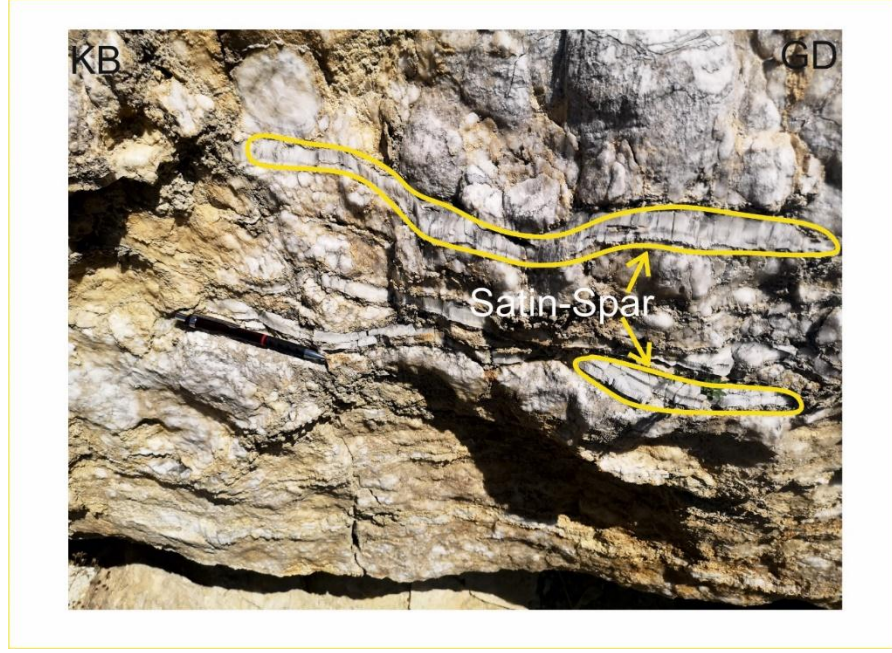
Şekil 4.13 Karcılar Göde Satin-Spar jipslerle birlikte gözlenen selenitik jipsler (41° 10'50,439, D:33° 7'51,222)

4.1.5 Lifsi Satin-Spar jips fasiyesi (F.5)

Folk (1962)'nin 9 mikrondan büyük karbonat kristalleri için kullandığı spar terimini, Hardie (1984) evaporitlerde de kullanılabileceğini söylemektedir. Satin-spar, ipeksi parlaklığa sahip, ışığı ileten ama geçirmeyen jipsler olarak tanımlanmaktadır. Ortamdaki jips çökelimi, anhidritin hidratasyonu (su alma) veya sülfatça zengin kalıntı gözenek suyunun tekrardan çökmesiyle oluşmaktadır (Tucker 2003). Yapılan detaylı arazi çalışmasında Terke, Karcılar- Göde Mahallesi ve Gergen jips mostralarında satin-spar yapıları gözlenmiştir (Şekil 4.14-16). Karcılar-Göde Mah.'nde gözlenen lifsi satin-spar jipsler, ikizlenmeli selenitik jipslerle, karbonat ara bantlı laminalı jipslerle ve masiv jipslerle beraber gözlenmektedir. Karcılar-Göde Mah. jips mostrası çalışma sahamızda satin-spar jipslerin en iyi gözlendiği mostradır. Tıpkı masiv jipslerde olduğu gibi satin-spar jipsler de çalışma sahamızda geniş yer kaplamaktadır. Karcılar Göde Mah.'nde gözlenen satin-spar jipsler beyaz renkli, şeffaf ve camsı görünüme sahip olup diğer jipslerle uyumlu olarak gelişmektedir. Terke ve Gergen mostralarında gözlenen bu jipsler beyaz-gri renkli, camsı parlaklığa sahip olup kıvrımlı bir şekilde gözlenmiştir.



Şekil 4.14 Lifsi Satin-Spar jipsler, (Karcılar Göde jips mostrası) ($41^{\circ} 10'50,439$, $D:33^{\circ} 7'51,222$)



Şekil 4.15 Lufsi Satin-Spar jipsler (Terke jips mostrası) ($41^{\circ} 7'37,968$, $D:33^{\circ} 3'59,265$)



Şekil 4.16 Lufsi Satin-Spar jipsler (Gergen jips mostrası) ($41^{\circ} 11'6,681$, $D:33^{\circ} 6'45,022$)

4.2 Ölçülü Stratigrafik Kesit Çalışmaları

4.2.1 Karcılar- Göde Mahallesi jips mostrası (ÖSK-1)

Karcılar Kastamonu'nun Araç ilçesine bağlı olan bir köydür. Kastamonu iline 71 km, Araç ilçesine ise 26 km uzaklıktadır. Samatlar olarak da bilinen İğdir semtine bağlı olan Karcılar Köyü-Göde Mahallesi'nden GD çıkışından yaklaşık 1 km uzaklıkta jips mostrası gözlenmiştir (Şekil 4.17). Mostranın belirli kademelerden örnekler alınarak detaylı bir ÖSK hazırlanmıştır. ÖSK çalışması sonucunda lifsi Sain-Spar jips (F.5), nodüler/yumrulu jips (F.3), bantlı-laminalı jips (F.2), selenitik jips (F.4) fasiyesleri ortaya çıkarılmış olup bu fasiyesler 4.2 Fasiyesler bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır. ÖKS-1'e ait hazırlanan stratigrafik kolon kesit Şekil 4.18'de sunulmuştur.



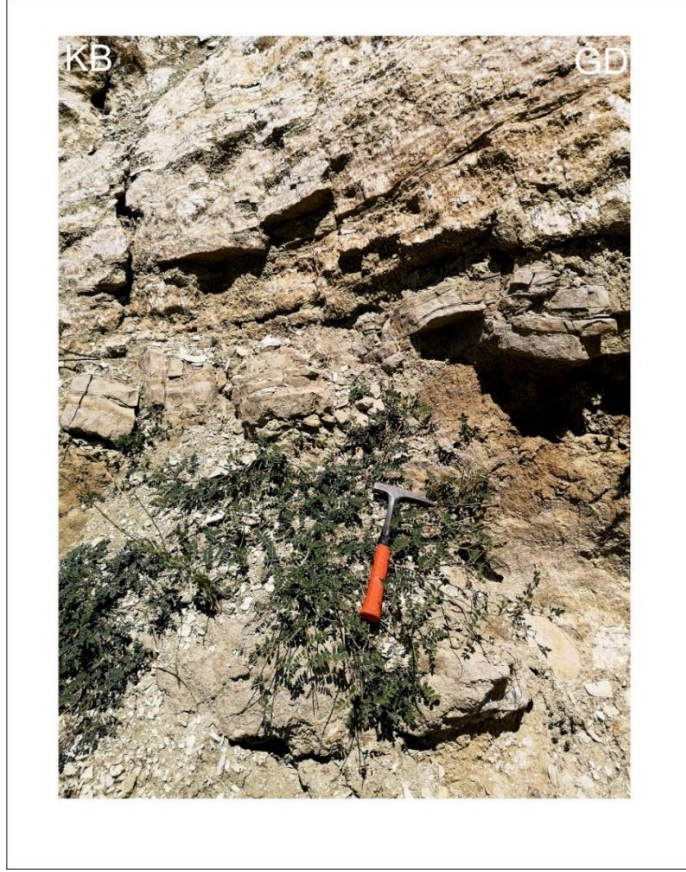
Şekil 4.17 Karcılar Köyü, Göde Mah.'deki ÖSK-1 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü (41° 10'50,439, D:33° 7'51,222)

Yaş		Formasyon	Örnek No	Kalınlık(cm)	Litoloji	Açıklamalar	Litofasiyesler
EOSEN	Bartoniyen- ?Priaboniyen	PÜRÇÜKÖREN	BD38	155		Beyaz renkli, mat, yumuşak dokulu lifsi satin-spar jipsler	Lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5)
			BD37	150		Renksiz, yarı şeffaf, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	
			BD36	140		Renksiz, yarı şeffaf, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	
			BD35	135		Gri renkli, masiv yapıda nodüler jips	Nodüler/yumrulu jips fasiyesi (F.3)
			BD34	115		Renksiz, camsı parlaklığa sahip, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	Lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5)
			BD33	105		Renksiz, camsı parlaklığa sahip, yarı şeffaf, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	
			BD32	90		Renksiz, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	
			BD31	80		Siyahımsı gri renkli, yarı şeffaf, camsı parlaklığa sahip bantlı-laminalı jipsler	Bantlı-laminalı jips fasiyesi (F.2)
			BD30	60		Renksiz, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	Lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5)
			BD29	40		Renksiz, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	
			BD28	30		Beyaz renkli, camsı parlaklığa sahip, masiv yapıda ikizlenmeli-selenitik jips	Selenitik jips fasiyesi (F.4)
			BD27	10		Beyaz renkli, masiv yapıda lifsi satin-spar jipsler	Lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5)

Şekil 4.18 Karcılar Göde ÖSK-1 kolon kesiti (41° 10' 50,439, D:33° 7' 51,222)

4.2.2 Terke jips mostrası (ÖSK-2)

Terke Köyü Kastamonu ilinin Araç ilçesine bağlı olan bir köydür. Kastamonu iline 67 km, Araç ilçesine ise 26 km uzaklıktadır. Samatlar olarak da bilinen İğdir semtine bağlı olan Terke Köyü çıkışındaki jips mostrası gözlenmiştir (Şekil 4.19). Mostranın belirli kademelerden örnekler alınarak detaylı bir ÖSK hazırlanmıştır. ÖSK-2 için alttan üste doğru sistematik olarak alınan 5 örneğin makroskobik tanımlaması ÖSK-2'de sunulmuştur (Şekil 4.20). ÖSK çalışması sonucunda kilaşı fasiyesi ile nodüler/yumrulu jips (F.3), masiv jips (F.1) ve karbonat ara katkılı bantlı-laminalı jips (F.2) fasiyesleri ortaya çıkarılmıştır.



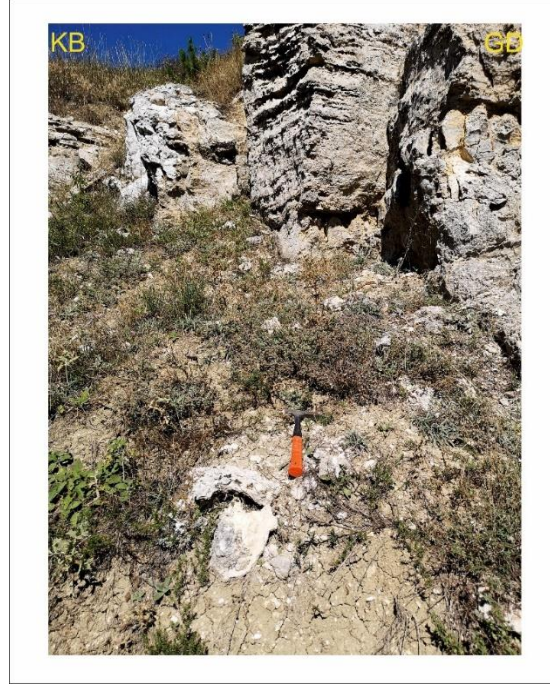
Şekil 4.19 Terke Köyü ÖSK-2 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü
(41° 7' 37,968, D:33° 3' 59,265)

EOSEN		Yaş	Formasyon	Örnek No	Kalınlık (cm)	Litoloji	Açıklamalar	Litofasiyesler
Bartoniyen- ?Priaboniyen								
PÜRÇÜKÖREN			BD43	50		Beyaz renkli, camsı parlaklığa sahip, yarı şeffaf, siltli ve karbonat ara katkılı lamine jips	Lamine jips fasiyesi (F.2)	
			BD42	40		Beyaz renkli, mat, anhidrit ara bantlı masiv jips	Masiv jips fasiyesi (F.1)	
			BD41	30		Beyaz renkli, mat nodüler/yumrulu jips	Nodüler jips fasiyesi (F.3)	
			BD40	20		Beyaz renkli, camsı parlaklığa sahip nodüler/yumrulu jips		
			BD39	10		Gri renkli, karbonatlı kilaşı	Kilaşı fasiyesi	

Şekil 4.20 Terke ÖSK-2 kolon kesiti (41° 7'37,968, D:33° 3'59,265)

4.2.3 Gergen jips mostrası (ÖSK-3)

Gergen, Kastamonu ilinin Araç ilçesine bağlı olan bir köydür. Kastamonu iline 71 km, Araç ilçesine ise 21 km uzaklıktadır. Samatlar olarak da bilinen İğdir semtine bağlı olan Gergen jips mostrası bu köyün içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.21). Bu mostradan sistematik olarak örnekler alınarak detaylı bir ÖSK çalışması yapılmıştır. ÖSK-3 için alttan üste doğru alınan örneklerin tanımlamaları ÖSK-3'de gösterilmiştir (Şekil 4.22). ÖSK Çalışması sonucunda masiv jips (F.1) ve lifsi satinspar jips (F.5) fasiyesleri tespit edilmiştir.



Şekil 4.21 Gergen Köyü ÖSK-3 çalışması yapılan jips mostrasının arazi görünümü (41° 11' 6,681, D:33° 6' 45,022)

Yaş	Formasyon	Örnek No	Kalınlık cm	Litoloji	Açıklamalar	Litofasiyesler
EOSEN	Bartoniyen- ?Priaboniyen PÜRÇÜKÖREN	BD51	80			
		BD50	70		Beyaz renkli, mat masiv jips	Masiv jips fasiyesi (F.1)
		BD49	60			
		BD48	50		Beyaz renkli, yumuşak dokulu lifsi satin-spar jipsler	Lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5)
		BD47	40		Beyaz renkli, camsı parlalığa sahip masiv jips	
		BD46	30			
		BD45	20		Beyaz renkli, mat masiv jips	Masiv jips fasiyesi (F.1)
		BD44	10			

Şekil 4.22 Gergen ÖSK-3 kolon kesiti (41° 11' 6,681, D:33° 6' 45,022)

5. PETROGRAFI

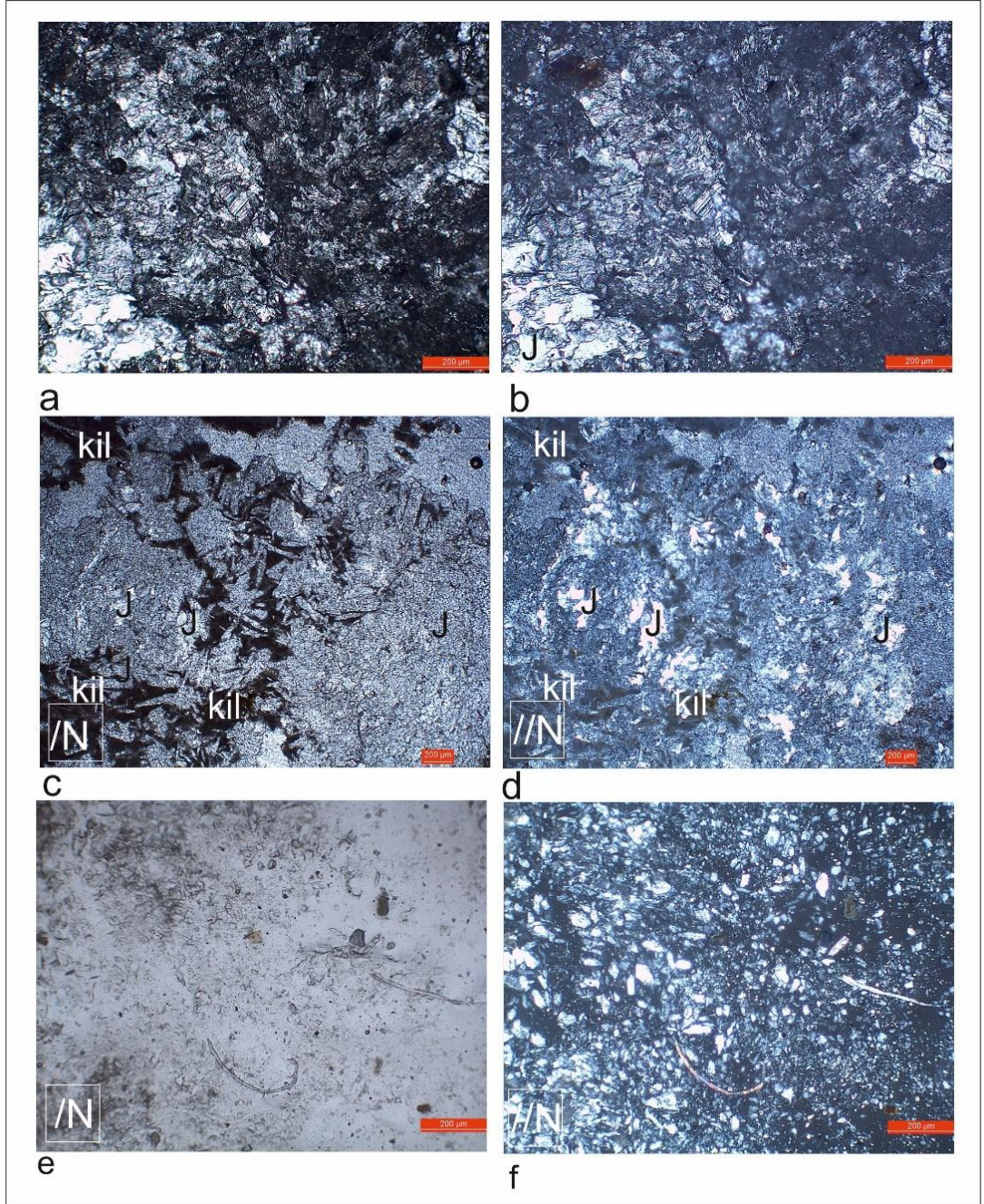
Petrografik analizler sonucunda alabastrin ve porfiroblastik dokular tespit edilmiştir ve bu dokular geç diyajenez (yüzeye çıkma) koşullarını işaret etmektedir (Tekin vd. 2018).

5.1 Dokular

5.1.1 Alabastrin doku

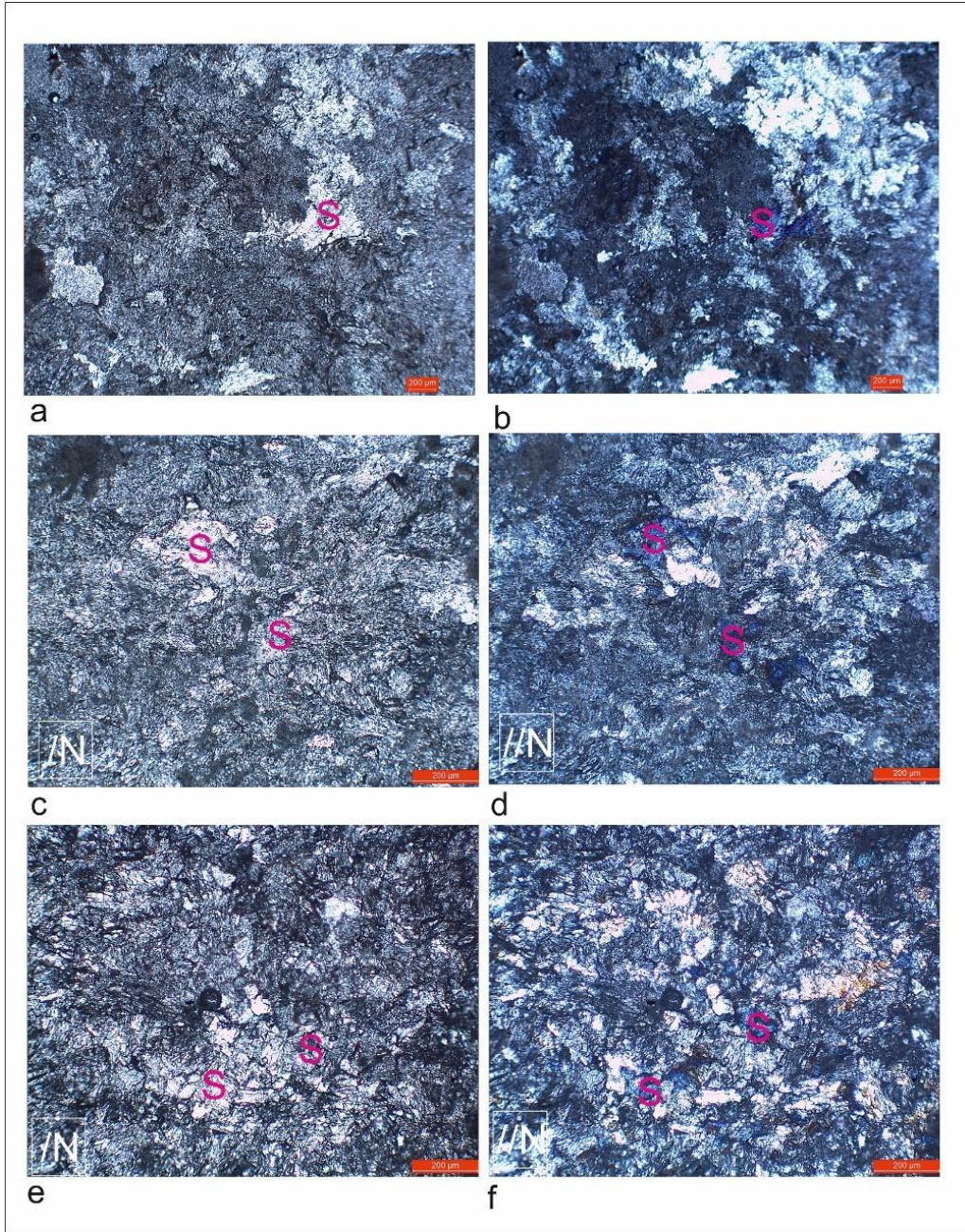
Holiday (1970) tarafından granoblastik doku, Sherman (1977) tarafından alabastrin doku ve Orti (1976) tarafından ise uniform olmayan bileşenler olarak tanımlanmış veya sınıflandırılmıştır.

Holiday (1970)'e göre kristalleri küçük olan, belirgin sınırları olmayan, optik özellikleri belirlenemeyen ve herhangi bir yönlenmesi olmayan jipslerdir. Bu doku su alma olayının hızlı geliştiği ve suyla temasın yüksek olduğu koşullarda oluşmaktadır. Yapılan petrografik incelemeler neticesinde bazı örneklerde alabastrin doku gözlenmiştir (Şekil 5.1). Yer yer porfiroblastik kristallerin de gözleendiği alabastrin dokunun egemen olduğu örneklerde ikincil sölestin oluşumları gözlenmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 BD11-13-14 nolu örneklerde gözlenen alabastrin doku /N: Tek nikol, //N: Çift nikol J: Jips

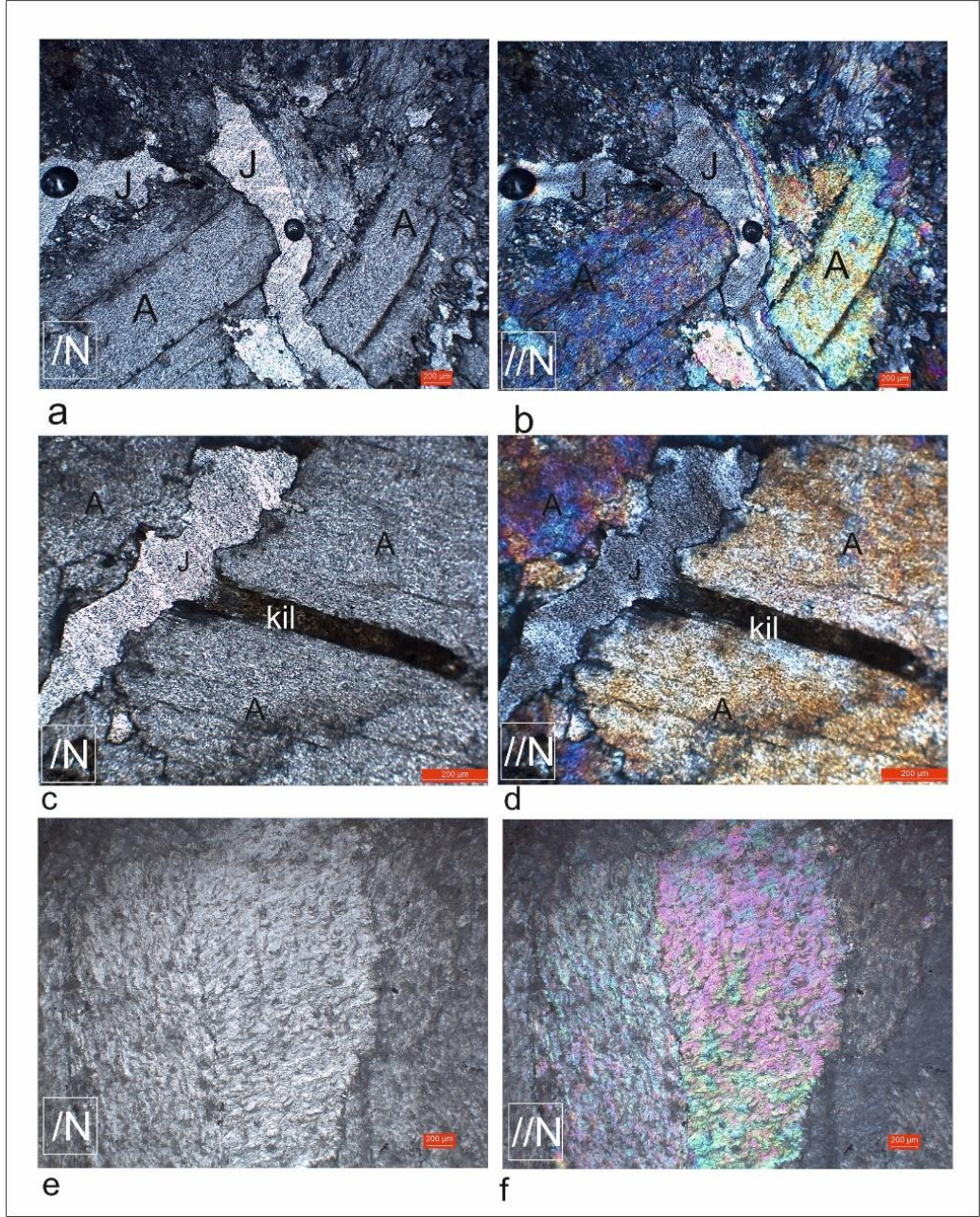
a-b) Porfiroblastik, çubuksu ve prizmatik jips kristallerinin gözlendiği alabastrin doku, c-d) Porfiroblastik jips kristalleri ile çatlak/boşluk dolgusu kil sıvamalar/dolgunun gözlendiği alabastrin doku, e-f) Porfiroblastik kristallerinin gözlendiği alabastrin doku



Şekil 5.2 BD-13-44 nolu örneklerde gözlenen öz şekilsiz sölestin kristalleri /N: Tek nikol //N: Çift nikol), S: Sölestin

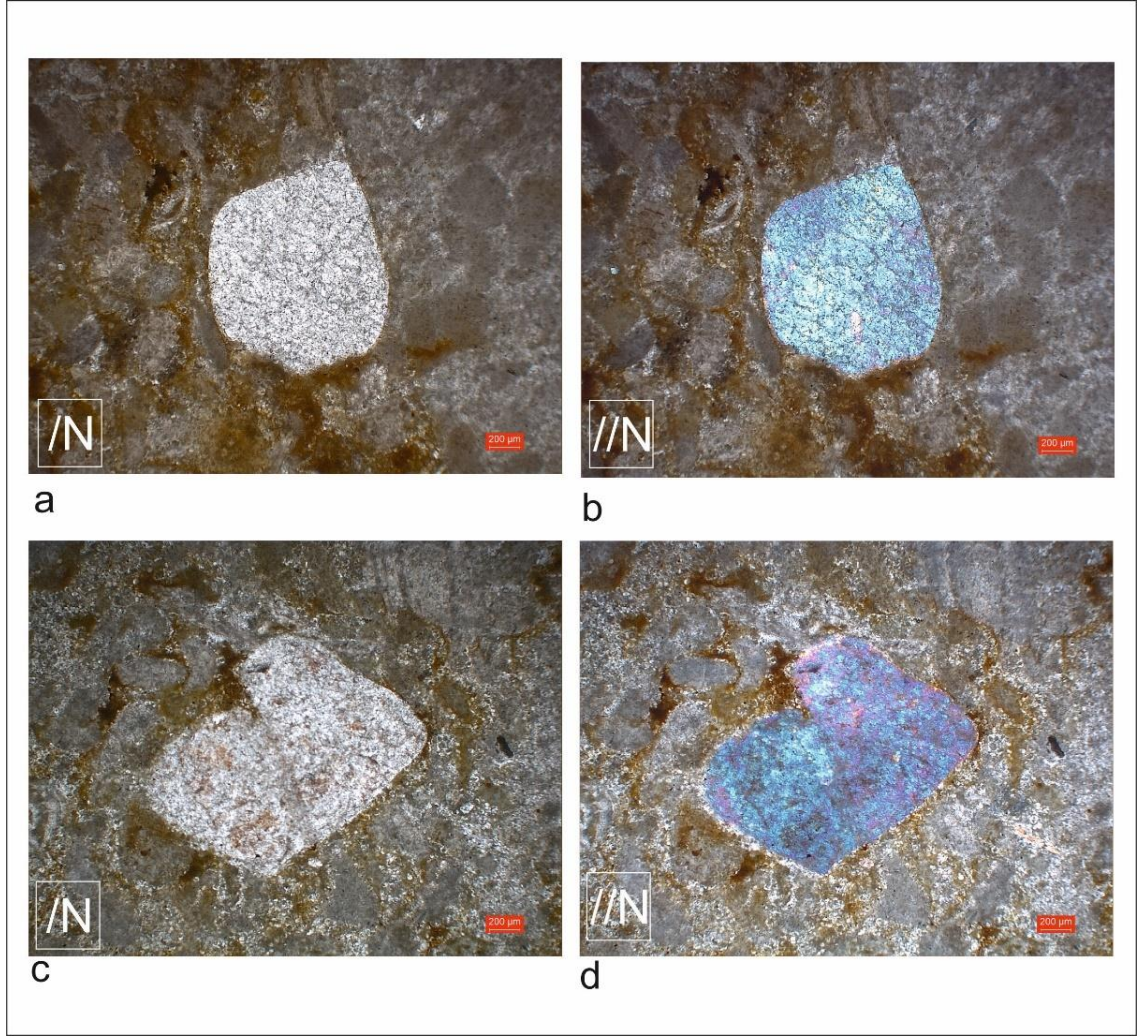
5.1.2 Porfiroblastik doku

Holiday (1970) ve Sherman (1977) tarafından porfirblastik doku, Orti (1976) tarafından ise porfirik doku olarak tanımlanan porfiroblast doku terimi, Murray (1964)'e göre kristalleri büyük olan, belirgin sınırları olan, optik özellikleri tespit edilebilen jipslerdir. Bu doku alabastrin dokunun tam tersi koşullarda (su alma olayının yavaş geliştiği ve suyla temasın az olduğu koşullar) oluşmaktadır. Alabastrin yapıda olan jipslerin yeniden kristalleşmesi ile de oluşabilmektedir. Yapılan petrografik incelemeler neticesinde bazı örneklerde porfiroblastik dokulu jips ve anhidrit kristalleri ile bazı örneklerde kil sıvamaları/dolguları gözlenmiştir (Şekil 5.3). Ayrıca Soğanlı kireçtaşı iri taneli evaporit kristalleri (muhtemelen anhidrit) gözlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.3 BD11-12 nolu örneklerde gözlenen porfiroblastik doku /N: Tek nikol, //N: Çift nikol J: Jips A:Anhidrit

a-b) Jips ve anhidrit kristallerinin beraber gözleendiği porfiroblastik doku c-d) Jips ve anhidrit kristallerinin ile çatlak/boşluk dolgusu kil sıvımlar/dolgusunun gözleendiği porfiroblastik doku e-f) Oldukça iri porfiroblastik anhidrit kristali.

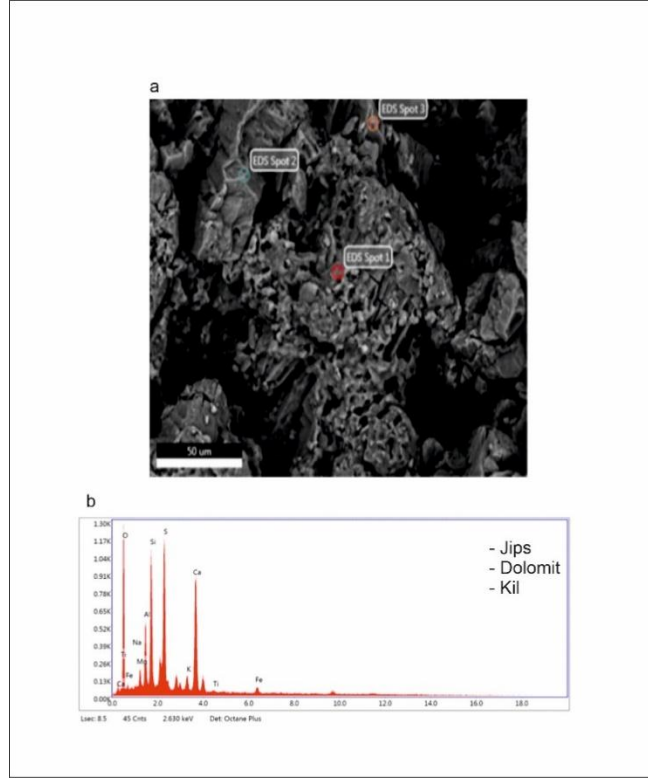


Şekil 5.4 BD10 Soğanlı Formasyonuna ait kireçtaşındaki gözlenen mikritik matriks/hamur içindeki porfir evaporit (anhidrit?) mineral taneleri (a- c- tek nikol, b-d- çift nikol)

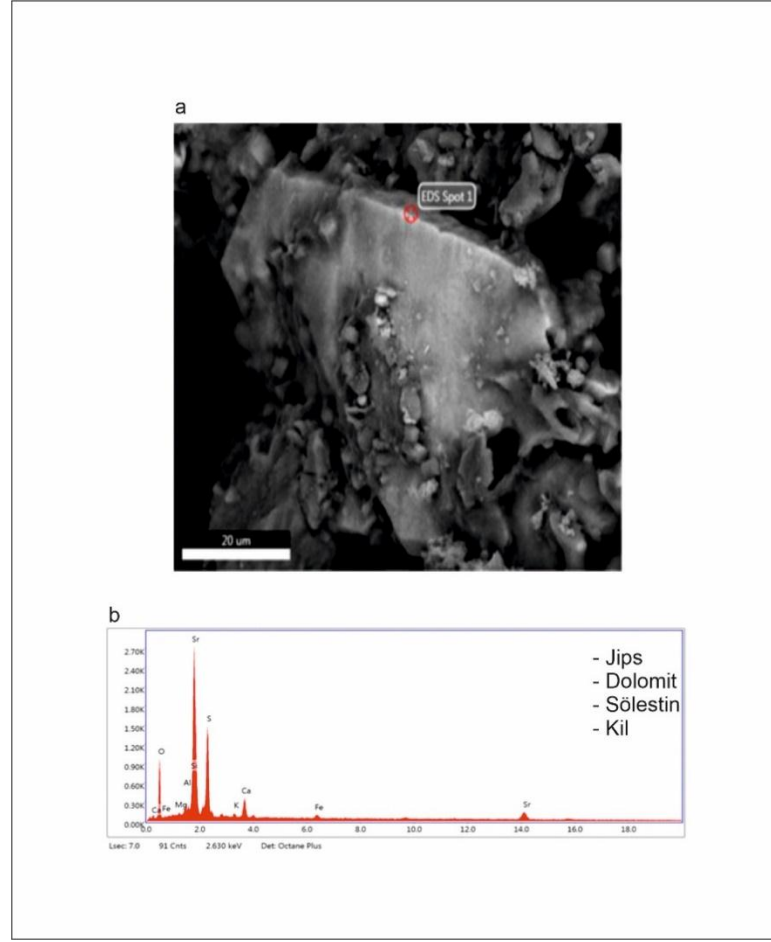
5.2 SEM-EDS Çalışmaları

Evaporitlerin arazi gözlemleri ve petrografik analizlerde ayırt edilemeyen mikrodokusal özelliklerini belirlemek amacıyla BD11 (nodüler anhidrit), BD15 (masiv jips), BD16 (nodüler jips) bu örnekler üzerinde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve yarı kantitatif analiz tekniğiyle çalışılmıştır. BD11, BD15 ve BD16 numaralı örnekler üzerinde yapılan SEM-EDS analizleri neticesinde jips mineralinin yanında başka bir evaporit minerali daha (sölestin) minerali tespit edilmiştir. BD15 numaralı örneğin farklı noktalarından alınan EDS görüntüleri ve elde edilen grafikler

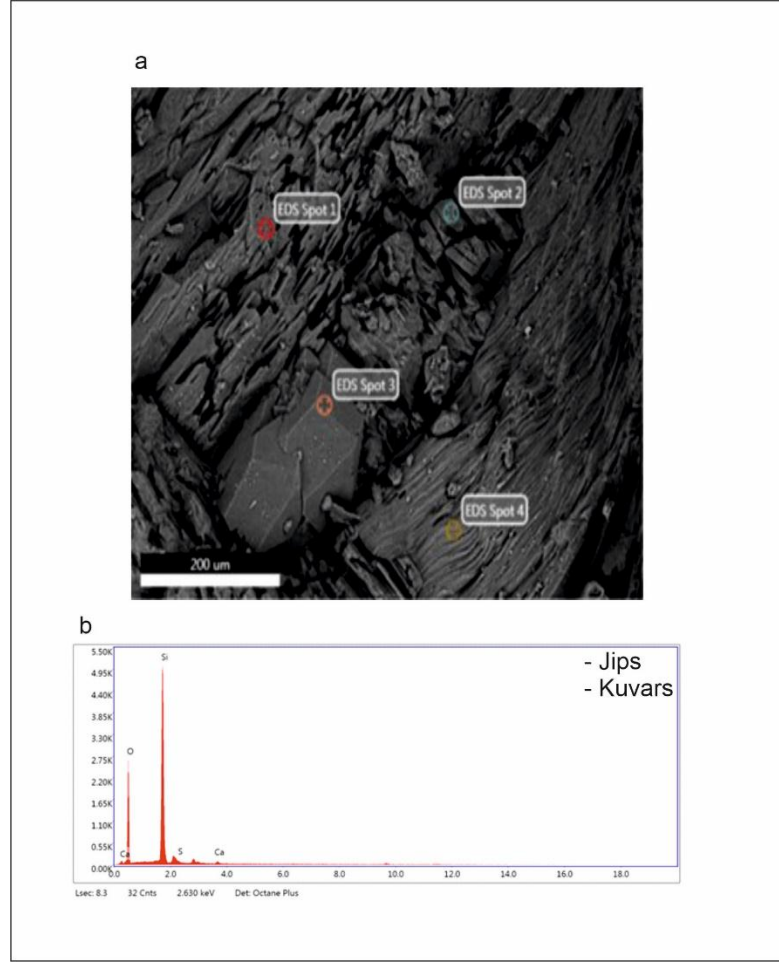
sunulmuştur (Şekil 5.6-8). BD15 numaralı örneğin farklı noktalarından alınan EDS görüntüleri ve elde edilen grafikler Şekil 5.9-10 arasında sunulmuştur. BD16 numaralı örneğin farklı noktalarından alınan EDS görüntüleri ve elde edilen grafikler sunulmuştur (Şekil 5.11-12). BD11-15-16 numaralı örneklerde farklı noktalardan yapılan EDS analizleri sonucunda kuvars, dolomit ve killere rastlanılmıştır.



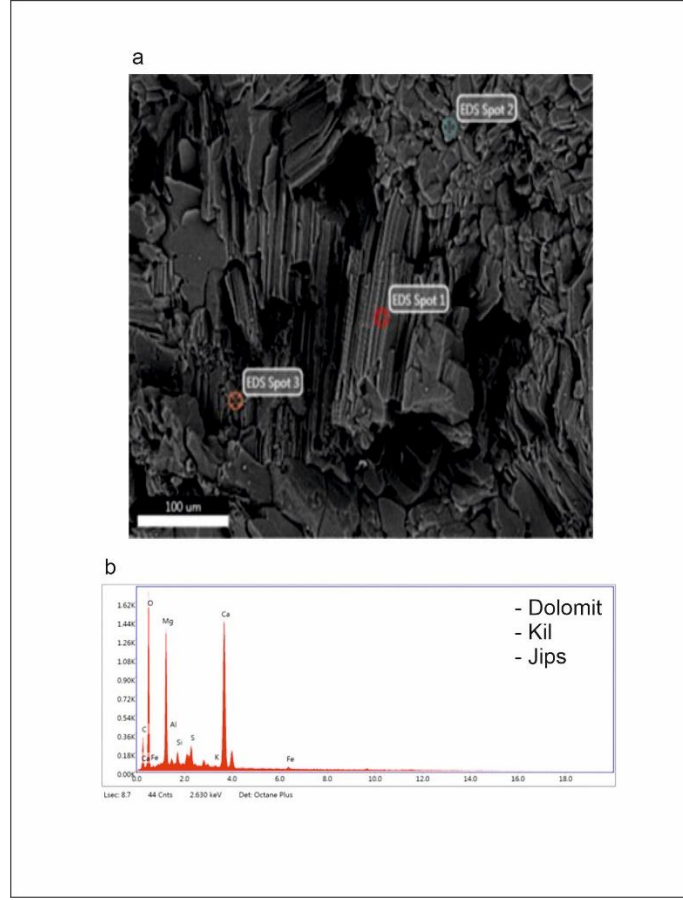
Şekil 5.5 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips ve dolomit gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği



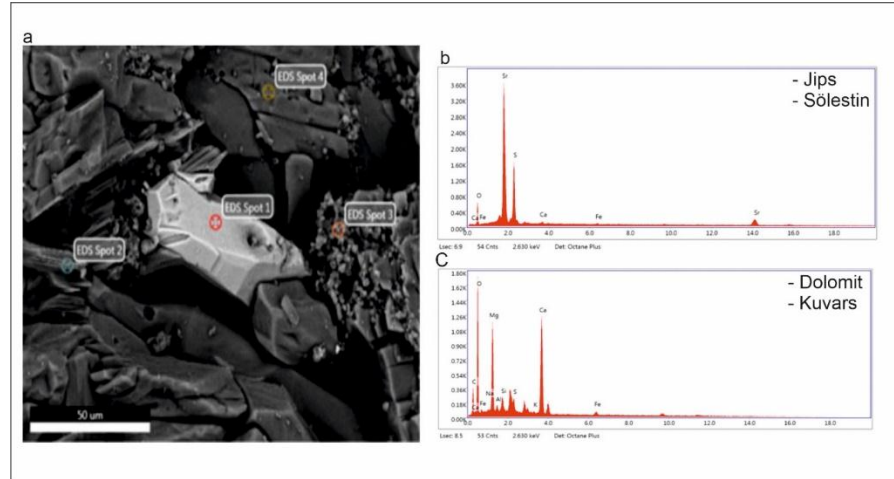
Şekil 5.6 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips, dolomit, sölestin ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği



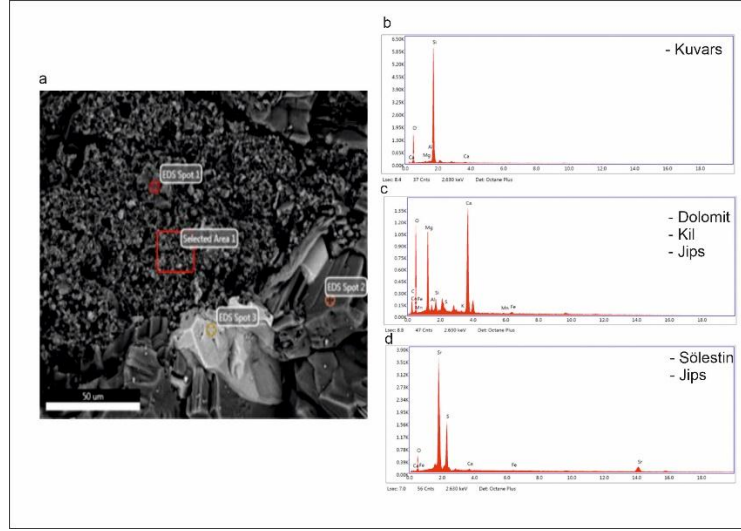
Şekil 5.7 BD11 nolu Jips/Anhidritin jips ve kuvars gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-3 grafiği



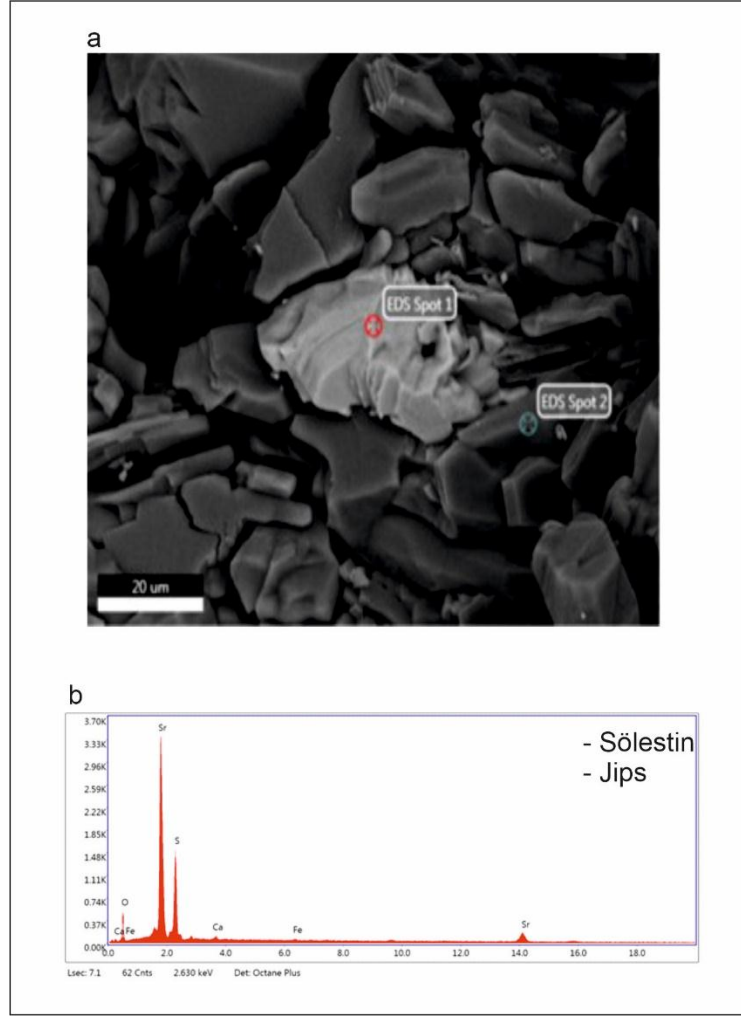
Şekil 5.8 BD15 nolu masiv jipsleyn dolomit ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-3 grafiği



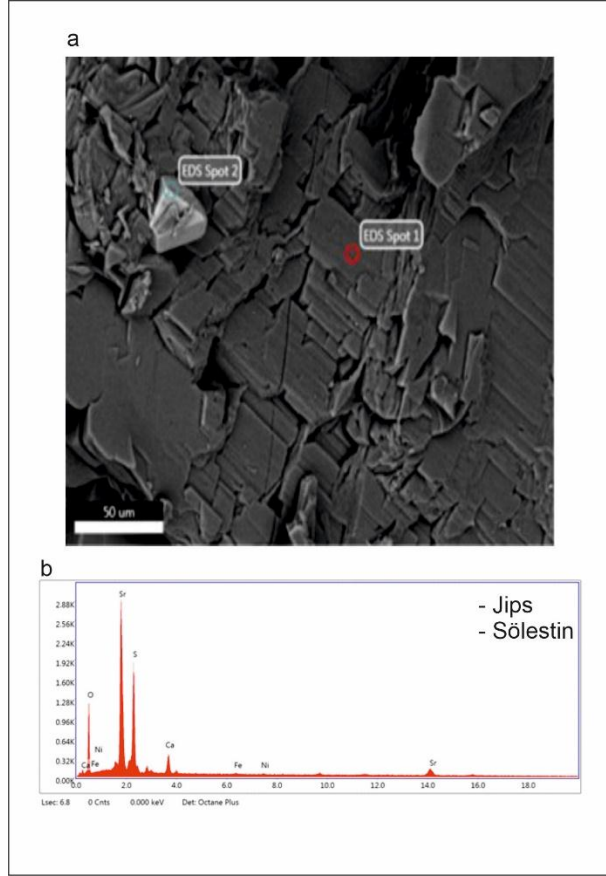
Şekil 5.9 BD15 nolu masiv jipslerin kuvars, dolomit ve sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği c) EDS Spot-3 grafiği



Şekil 5.10 BD15 nolu masiv jipslerin kuvars, dolomit, sölestin ve kil gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği c) Seçili alan grafiği, d) EDS Spot-3 grafiği



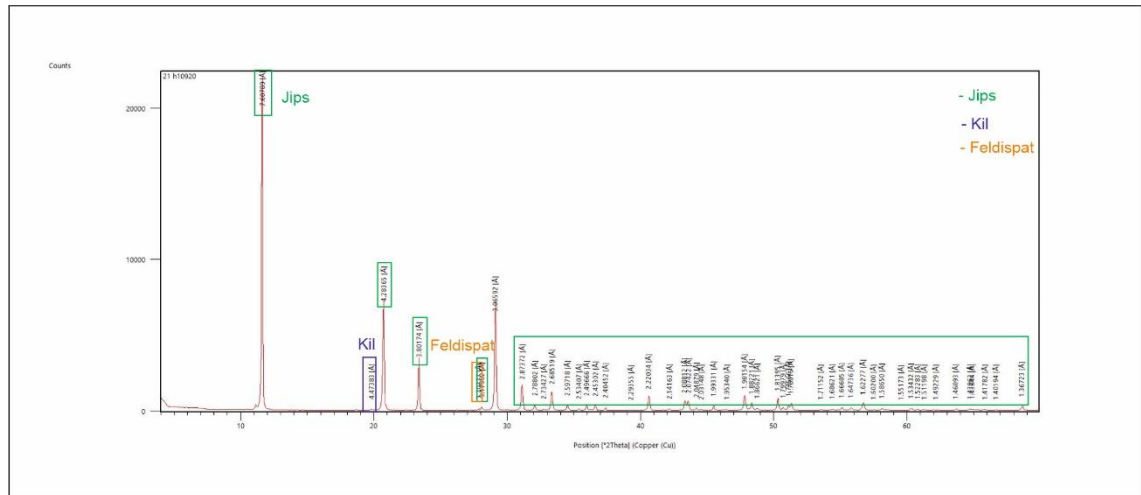
Şekil 5.11 BD16 nolu masiv jipslerin sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-1 grafiği



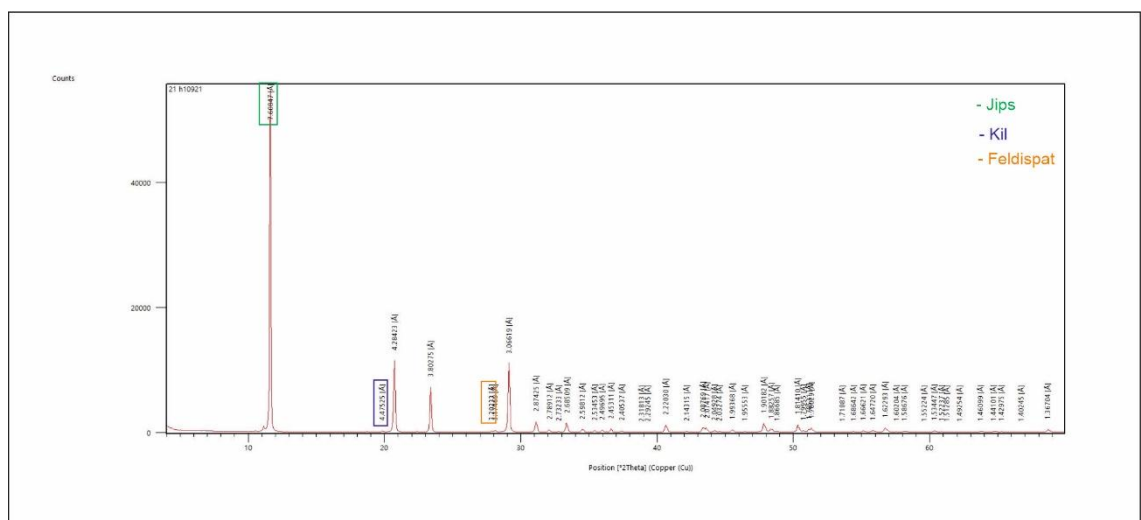
Şekil 5.12 BD16 nolu masiv jipslerin sölestin gözlenen EDS görüntüsü a) EDS çekim noktaları b) EDS Spot-2 grafiği

6. MİNERALOJİ

Pürçükören Formasyonuna ait masiv jips, nodüler jips ve lifsi satin-spar jips fasiyeslerine ait BD12 (satin-spar jips), BD13 (nodüler jips), BD14 (masiv jips) örneklerde yapılan XRD analizinden elde edilen difraktogramda jips, dolomit ve sölestin minerallerine ait pikler elde edilmiştir (Şekil 6.1-5). BD15 numaralı örnek jips ve dolomit olarak tayin edilirken diğer örnekler saf jips olarak tayin edilmiştir.



Şekil 6.1 Satin-spar jipslere (BD12) ait XRD diyagramı



Şekil 6.2 Nodüler jipslere (BD13) ait XRD diyagramı

7. JEOKİMYA

Genel olarak evaporitik kayaçların jeokimya analizleri; element jeokimyası ve izotop jeokimyası olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır. Bu tez çalışmasına konu olan evaporitik kayaçların denizel mi yoksa karasal mı oldukları, hidrotermal çözeltilerden etkilenip etkilenmedikleri gibi hususları tespit etmek amacıyla element jeokimyası çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca ortam sıcaklıkları ve tuzlulukları hakkında bilgi edinmek, denizel-karasal evaporit ayrımı yapmak, olduğu paleoiklim şartları hakkında bilgi sahibi olmak, yaş tayini yapmak amaçları için de izotop jeokimyası çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında; evaporitlerin jeokimyasal analizleri için ICP-MS ve XRF cihazları kullanılmıştır. Yapılan petrografik ve mineralojik çalışmalar sonucunda farklı litofasiyesleri ve mostraları temsil eden 20 farklı jips ve anhidrit örnekleri üzerinde çeşitli yöntemler kullanılarak jeokimyasal analizler uygulanmıştır. Analizleri yapılan örneklerin tanımlamaları, alındıkları yerler ve analiz türleri Çizelge 1.1’de gösterilmiştir. Bu tez çalışmasında element jeokimyası esas/ana oksitler ve iz elementler jeokimyası olarak ikiye ayrılarak gerçekleştirilmiştir.

7.1 Element Jeokimyası

Petrografik ve mineralojik analizler sonucunda seçilen kayaç örneklerinde yapılan jeokimyasal analizlerle 12 adet esas/ana oksit ve 17 adet eser element ve nadir toprak elementi belirlenmiştir.

Evaporitler için bazı esas/ana oksitler şunlardır; Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O , CaO , SiO_2 , P_2O_5 , TiO_2 , MnO (Çizelge 7.1).

İz Elementler: Evaporitler için bazı iz elementler şunlardır; As, F, Ba, Zr, Sr, U, Cu, Ni, Cr, Zn (Çizelge 7.2)

Çizelge 7.1 Evaporitlerdeki ana/esas oksitlerin yüzdesel olarak değerleri

Havzanın Batısı														
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Sum	TOT/SO ₃
BD4	2,87	0,63	0,23	2,45	29,9	0,07	0,18	0,02	0,02	0,01	0,002	22,8	62,26	37,24
BD5	0,9	0,25	0,18	2,1	31,9	0,03	0,12	0,01	0,01	0,01	0,002	23,1	99,9	39,95
BD6	0,14	0,02	0,04	0,16	32,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	21,8	99,5	44,33
BD20	1,4	0,01	0,04	0,036	35,35	0,14	0,123	0,1205	0,1084	0,01	0	20,73	100	42,09
BD23	1,1	0,01	0	0,074	35,45	0,13	0,1012	0,1109	0,1087	0,01	0	19,65	100	43,26
BD26	1,18	0,01	0,01	0,062	38,19	0,15	0,1006	0,1377	0,1179	0,01	0	12,66	100	47,06
BD53	1,07	0,012	0,06	0,652	37,16	0,13	0,0842	0,1279	0,1202	0,01	0	16,53	100	43,76
BD55	0,96	0,013	0	0,038	37,87	0,14	0,0879	0,1354	0,104	0,01	0	17,44	100	43,64
Havzanın Doğusu														
BD1	0,08	0,01	0,04	0,43	34,29	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	22	57,26	41,24
BD2	0,51	0,13	0,09	0,52	31,43	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,002	21	56,58	42,22
BD3	0,4	0,07	0,07	0,04	33,46	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,002	21,3	56,17	42,83
BD7	2,1	0,3	0,15	0,28	33,62	0,01	0,15	0,02	0,01	0,01	0,002	21,9	99,9	41
BD8	0,07	0,01	0,04	0,03	32,8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003	23,7	99,2	42,33
BD9	0,3	0,01	0,05	0,02	33,82	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	21,9	99,5	43,33
BD30	1,09	0,025	0,04	0,038	36,67	0,14	0,1032	0,1327	0,1031	0,01	0	17,23	100	44,34
BD37	1,72	0,16	0,22	0,6	36,52	0,14	0,1593	0,1365	0,1092	0,01	0	15,87	100	44,73
BD40	1,18	0,01	0,03	0,089	36,31	0,13	0,1165	0,1249	0,1024	0,01	0	18,66	100	42,92
BD42	2,01	0,18	0,12	0,471	35,75	0,13	0,2225	0,1342	0,1134	0,01	0	18,93	100	42,67
BD43	1,03	0,013	0,02	0,135	38,55	0,14	0,0921	0,138	0,1191	0,01	0	14,63	100	45,66
BD49	1,33	0,0186	0,08	0,402	35,77	0,13	0,1061	0,1206	0,1268	0,01	0	18,73	100	43,65

Çizelge 7.2 Evaporitlerdeki bazı NTE, iz ve eser elementlerin ppm cinsinden değerleri

No	Havzanın Batısı																
	Cu	Ba	Zn	Ni	Co	Sr	Zr	Ce	Y	Rb	V	W	La	Nd	Mo	Pb	As
BD4	18	321	5	20	20	25913	7	30	3	0,1	8	3,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
BD5	2,7	179	3	4,6	0,4	25263	2,2	1	0,8	2	10	1,6	0,9	0,3	1,6	0,8	3
BD6	0,1	36	1	0,1	0,2	6167	0,7	0,2	0,2	0,1	8	0,5	0,8	0,3	0,1	0,1	0,5
BD20	0,7	18,2	0,5	2,1	4,9	1576	23,2	10	0,4	1,5	8	2	16	0,3	3,1	2	0,5
BD23	0,7	5,1	0,6	3	1,7	1803	24,9	12,8	0,4	1,7	8	1,9	14,6	0,3	3	1,1	0,3
BD26	0,9	5,4	0,5	1,1	1,8	1574	33,5	10	0,4	1,3	8	2	7,6	0,3	3,2	1,9	0,3
BD53	0,8	19,6	0,5	2,1	3,1	1773	13	14,7	0,4	1,3	8	2,1	14,5	0,3	2,9	1,7	5
BD55	0,8	5,1	0,5	2	3,4	1116	12	10	0,4	1,5	8	1,8	7,4	0,3	3	2,4	0,3
	Havzanın Doğusu																
BD1	5	10	5	20	20	3301	5	30	3	0,1	8	3,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
BD2	5	74	5	20	20	23428	5	30	3	0,1	8	3,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
BD3	5	45	5	20	20	6960	5	30	3	0,1	8	3,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
BD7	1,3	11	3	3,5	1,2	1097	3,1	0,8	0,4	2,5	16	3,6	0,5	0,5	1	0,3	1,5
BD8	0,1	5	1	0,1	0,2	2137	0,7	0,2	0,1	0,1	8	3,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
BD9	0,1	2	1	0,1	0,3	1620	1	0,6	0,3	0,1	8	5	1,4	0,3	0,1	0,1	0,5
BD30	0,8	5,1	0,6	1,1	2,5	283	7,1	16,6	0,4	1,2	8	2,1	7,3	0,3	2,1	0,7	0,3
BD37	0,7	11,7	0,9	7,2	18,4	782,1	14,5	10	0,4	2,7	8	1,6	7,3	0,3	4,1	2,1	1,1
BD40	0,9	5,1	0,5	2,3	5	1524	12,4	18	0,4	1,3	8	2	12,9	0,3	2,8	1,6	0,3
BD42	0,9	20,7	0,5	1,6	7,5	2115	39	16	0,4	4	8	1,9	7,2	0,3	6,3	1,6	0,9
BD43	0,9	5	0,6	1,4	1,5	1382	12,1	13,3	0,4	1,6	8	1,9	12,8	0,3	2,9	1,5	0,3
BD49	0,9	18,6	1	3,5	7,4	2317	41	9,9	0,4	2	8	2	11,1	0,3	3,3	3,7	1,6

Çizelge 7.3 Türkiye’deki bazı Paleojen yaşlı evaporitlerin ana oksit ve iz element değerlerinin Pürçükören evaporitleri ile karşılaştırılması

Element/ Oksit	Aladağ Formasyonu (Tuz gölü Havzası)	Kabaktepe Formasyonu (Ereğli- Ulukışla Havzası)	Germik Formasyonu (Siirt Havzası)	Pürçükören Formasyonu
SiO ₂	0.01-1.11	0.10-0.28	0.06 – 0.51	0.07-2.87
Al ₂ O ₃	0.00-0.37	0.13-0.42	0.01- 0.05	0.01-0.63
Fe ₂ O ₃	0.0-0.37	0.17-0.032	0.04- 0.15	0.04-0.23
MnO	-	-	-	0.01
MgO	0.02-1.13	0.14-0.17	0.01- 14.61	0.02-2.45
CaO	30.28-38.55	42.91-48.89	23.04- 33.68	29.90-38.55
Na ₂ O	0.04-0.72	0.10-0.18	-	0.01-0.15
K ₂ O	0.00-0.13	-	-	0.01-0.22
TiO ₂	0.14-0.22	0.01-0.03	-	0.01-0.13
P ₂ O ₅	-	0.02-0.15	-	0.01-0.12
Sr	211.5-2297	-	97.10-240.4	283-25913
Ba	16-47	357.1-1434	-	2.0-31
Ni	1.4-5.8	94.6-244	0.2-1.7	0.1-20
Pb	1.04-2003	24.5-84	0.1-1.9	0.1-3.7
Cu	1.3-2.0	9-28	0.1-2.7	0.1-18
	(Karataş 2007) (Eosen)	(Özdoğan 2008) (Oligosen)	(Yeşilova ve Helvacı 2017) Oligosen	(Eosen)
Denizel ortam				

Jeokimyasal analiz sonuçları denizel ortamda oluşan Eosen yaşlı Aladağ Formasyonu evaporitleri ile Oligosen yaşlı Kabaktepe ve Germik Formasyonu evaporitlerin değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça benzer değerler sunmaktadır. İz element değerlerine bakıldığında Sr, Ba, Ni, Pb, Cu değerleri yine Pürçükören evaporitlerin iz element değerleriyle oldukça benzerdir. Sr değerleri 283 ppm den başlayıp 25913 ppm değerlerine varacak kadar değişken ve oldukça yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Sr değerleri; (Krauskopf 1979)’e göre karasal evaporitlerde

50-120 ppm arasında değişirken, (Emelyanov ve Shimnus 1986)'e göre denizel evaporitlerde 1000-20.000 ppm arasında değişmekte olduğu ifade edilmektedir. Bu sonuçlarda bizim inceleme alanındaki evaporitlerin denizel ortamlarda okeldiğini işaret etmektedir. Ba değerleri 2 ppm den 321 ppm değerine kadar çeşitlilik göstermektedir ve özellikle aşırı yüksek Sr'lu örneklerde Ba değerleri de oldukça yüksek değerler sunmaktadır. BD4 ve BD7 numaralı örneklerde yüksek SiO₂ ve Al₂O₃ değerleri jipsler içerisinde kil dolgusunun/sıvamasının olduğunu işaret etmektedir. BD4 ve BD5 numaralı örneklerin MgO değerleri diğer örneklerle göre daha yüksektir ve bu yüksek değerler dolomitleşmeye-karbonatlaşmaya işaret olup Ba değerlerinin özellikle bu iki örnekte oldukça yüksek olması dikkat çekicidir. Karbonat miktarının artmasıyla Ba değerleri de uyumlu olarak artmaktadır.

7.1.1 Jeostatistiksel değerlendirmeler

Elementler arasındaki birliktelikleri ve dağılımları ortaya koymak amacıyla jeokimyasal veriler diyagramlara aktarılmıştır. Elementlerin ve oksitlerin birbirleriyle bağlantılarının anlaşılmasını daha kolay hale getirmek için istatistik programları olan SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences) ve Minitab (18) programları kullanılarak (r) ile simgelenen tüm elementlere özgü korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Buna ek olarak yukarıda adı geçen bu iki program vasıtasıyla element ve oksitlere özgü değerler elde edilmiştir (izelge 7.4-5).

Çizelge 7.4 Esas oksit elementlerin istatistiksel değerleri

Element	Minimum	Maximum	Toplam	Ortalama	Std Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık			
				Ortalama	Std.Hata		Çarpıklık	Std.Hata	Basıklık	Std.Hata	
SiO ₂	0,07	2,87	21,44	2,8	0,16264	0,72736	0,529	0,655	0,512	0,571	0,992
Al ₂ O ₃	0,01	0,63	1,89	0,62	0,03452	0,15438	0,024	2,539	0,512	7,296	0,992
Fe ₂ O ₃	0	0,23	1,51	0,23	0,01552	0,06939	0,005	1,173	0,512	0,403	0,992
MgO	0,02	2,45	8,63	2,43	0,14922	0,66735	0,445	2,425	0,512	5,411	0,992
CaO	29,9	38,55	697,65	8,65	0,53248	2,38133	5,671	-0,332	0,512	-0,592	0,992
Na ₂ O	0,01	0,15	1,67	0,14	0,01377	0,06158	0,004	-0,31	0,512	-2	0,992
K ₂ O	0,01	0,22	1,88	0,21	0,01331	0,0595	0,004	0,175	0,512	-0,228	0,992
TiO ₂	0,01	0,14	1,53	0,13	0,01342	0,06003	0,004	-0,189	0,512	-2,132	0,992
P ₂ O ₅	0,01	0,13	1,33	0,12	0,01161	0,05192	0,003	-0,182	0,512	-2,123	0,992
MnO	0,01	0,01	0,2	0	0	0	0	0	0,512	0	0,992
Cr ₂ O ₃	0	0	0,02	0	0,00025	0,0011	0	0,372	0,512	-1,74	0,992
SO ₃	37,24	47,06	858,25	9,82	0,4678	2,09205	4,377	-0,741	0,512	2,146	0,992

Çizelge 7.5 İz element ve NTE elementlerin istatistiksel değerleri

Element	Minimum	Maximum	Toplam	Ortalama	Std Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık			
				Ortalama	Std.Hata		Çarpıklık	Std.Hata	Basıklık	Std.Hata	
Cu	0,1	18	46,3	17,9	0,90068	4,02796	16,225	3,442	0,512	13,149	0,992
Ba	2	321	802,6	319	17,29813	77,35958	5984,505	3,083	0,512	9,798	0,992
Zn	0,5	5	35,7	4,5	0,40284	1,80154	3,246	1,162	0,512	-0,411	0,992
Ni	0,1	20	115,8	19,9	1,67104	7,4731	55,847	1,446	0,512	0,369	0,992
Co	0,2	20	139,5	19,8	1,74954	7,82418	61,218	1,01	0,512	-0,753	0,992
Sr	283	25913	112130,1	25630	1893,9146	8469,8434	71738247	1,983	0,512	2,421	0,992
Zr	0,7	41	262,4	40,3	2,83497	12,67835	160,741	1,152	0,512	0,275	0,992
Ce	0,2	30	264,1	29,8	2,30847	10,32378	106,581	0,469	0,512	-0,691	0,992
Y	0,1	3	18,2	2,9	0,24137	1,07942	1,165	1,572	0,512	0,609	0,992
Rb	0,1	4	25,3	3,9	0,24097	1,07766	1,161	0,709	0,512	0,534	0,992
V	8	16	170	8	0,40717	1,82093	3,316	4,097	0,512	17,291	0,992
W	0,5	5	48	4,5	0,21897	0,97926	0,959	0,815	0,512	1,497	0,992
La	0,5	16	124,8	15,5	1,28756	5,75814	33,156	0,372	0,512	-1,453	0,992
Nd	0,3	0,5	6,2	0,2	0,01	0,04472	0,002	4,472	0,512	20	0,992
Mo	0,1	6,3	40	6,2	0,39048	1,74627	3,049	0,537	0,512	0,063	0,992
Pb	0,1	3,7	22,1	3,6	0,22832	1,02108	1,043	0,804	0,512	0,318	0,992
As	0,3	5	18,9	4,7	0,2591	1,15871	1,343	2,763	0,512	8,076	0,992

Elementler-oksitler arasındaki istatistiksel dağılımın ortaya konması amacıyla her bir element çifti için değişim diyagramları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu diyagramlar incelendiğinde bazı element çiftlerinin yüksek oranda benzerlik taşıdıkları görülmüştür. Köken yorumlamasına katkıda bulunması amacıyla evaporitik örneklerle bağlantısı bulunduğunu düşünülen 25 adet diyagram Corel Draw çizim programı vasıtasıyla düzenlenerek sunulmuştur (Şekil 7.1-6).

(Tüysüz ve Yaylalı 2005)'e göre sayısal verileri toplamak, düzenlemek, incelemek, sunmak ve yorumlamak istatistik çalışmaların bütünüdür. Jeostatistiksel yöntemlerden yararlanarak analiz sonuçlarını daha kolay değerlendirmek mümkündür. Jeostatistiksel yöntemler kullanılarak çalışma sahasındaki örneklerin analizinden elde edilen jeokimyasal verilerin ne anlama geldikleri, birbirleriyle ne gibi bağlantıları oldukları tartışılarak bu sayede element birlikleri kolayca yorumlanmıştır.

SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences) ve Minitab (18) programları kullanılarak Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Çizelge 7.7’de element çiftlerine özgü korelasyon katsayısı değerleri gösterilmiştir. Pearson korelasyon katsayıları (r) ile gösterilmekte ve bu değerler +1 ile -1 arasında değişmektedir. Hesaplanan bu korelasyon katsayıları alt disiplinlere göre gruplandırılmıştır (Çizelge 7.6). Böylece daha önce değişim diyagramları ile açıklanmaya çalışılan element ilişkileri daha büyük bir boyutta açıklanabilmektedir. Element çiftlerine özgü korelasyon katsayısı değerleri verilen Çizelge 7.7’deki verilere göre; yüksek pozitif korelasyon Çizelge 7.8’de, orta pozitif korelasyon Çizelge 7.9’de, düşük pozitif korelasyon Çizelge 7.10’de, düşük negatif korelasyon Çizelge 7.11’de, orta negatif korelasyon Çizelge 7.12’de, yüksek negatif korelasyon Çizelge 7.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 Korelasyon katsayısı alt disiplinleri

Korelasyon Katsayıları Alt Disiplinleri	Pozitif Korelasyon	Negatif Korelasyon
Yüksek Korelasyon	$r > +0,90$	$r < -0,90$
Orta Korelasyon	$+0,60 < r < +0,90$	$-0,60 > r > -0,90$
Düşük Korelasyon	$r < +0,60$	$r > -0,60$

Çizelge 7.7 Element çiftlerine özgü “r” korelasyon katsayısı değerleri

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	SO3	Cu	Ba	Zn	Ni	Co	Sr	Zr	Ce	Y	Rb	V	W	La	Nd	Mo	Pb	As
SiO2	1	-0,282	-0,121	-0,155	0,676	0,795	0,407	0,805	0,842	-0,804	0,421	-0,357	-0,291	-0,581	-0,405	-0,172	-0,382	0,768	-0,161	-0,466	0,583	-0,195	-0,486	0,718	-0,181	0,770	X	0,184
Al2O3	0,700	1	0,838	0,819	-0,597	-0,207	0,558	-0,330	-0,346	0,325	-0,738	0,792	0,852	0,524	0,435	0,375	0,665	-0,161	0,219	0,405	0,086	0,357	0,190	-0,415	0,306	-0,163	-0,282	0,089
Fe2O3	0,591	0,838	1	0,760	-0,504	-0,189	0,547	-0,262	-0,276	0,260	-0,571	0,523	0,657	0,420	0,361	0,434	0,547	-0,125	0,077	0,271	0,264	0,327	0,095	-0,382	0,246	-0,020	-0,121	0,285
MgO	0,461	0,819	0,760	1	-0,554	-0,154	0,402	-0,300	-0,281	0,273	-0,706	0,720	0,924	0,468	0,395	0,302	0,809	-0,153	0,187	0,381	0,014	0,090	-0,008	-0,303	-0,052	-0,142	-0,155	0,368
CaO	0,026	-0,597	-0,504	-0,554	1	0,781	0,140	0,870	0,843	-0,835	0,780	-0,596	-0,670	-0,709	-0,534	-0,348	-0,748	0,501	-0,141	-0,547	0,447	-0,190	-0,383	0,719	-0,122	0,689	0,676	0,020
Na2O	0,447	-0,207	-0,189	-0,154	0,781	1	0,543	0,977	0,973	-0,960	0,461	-0,234	-0,229	-0,663	-0,422	-0,196	-0,410	0,696	0,013	-0,454	0,552	-0,318	-0,526	0,852	-0,274	0,834	0,795	0,029
K2O	0,921	0,558	0,547	0,402	0,140	0,543	1	0,484	0,460	-0,483	-0,210	0,210	0,305	-0,151	-0,089	0,069	0,106	0,507	0,063	-0,149	0,776	0,238	-0,264	0,315	0,217	0,674	0,407	0,130
TiO2	0,357	-0,330	-0,262	-0,300	0,870	0,977	0,484	1	0,987	-0,974	0,576	-0,385	-0,398	-0,719	-0,484	-0,238	-0,535	0,689	-0,036	-0,519	0,600	-0,275	-0,519	0,850	-0,216	0,868	0,805	0,039
P2O5	0,344	-0,346	-0,276	-0,281	0,843	0,973	0,460	0,987	1	-0,973	0,562	-0,374	-0,381	-0,713	-0,474	-0,237	-0,517	0,751	-0,030	-0,508	0,581	-0,308	-0,518	0,892	-0,251	0,863	0,842	0,087
Cr2O3	0,048	0,325	0,260	0,273	-0,835	-0,960	-0,483	-0,974	-0,973	1	-0,541	0,357	0,368	0,657	0,419	0,193	0,484	-0,705	-0,023	0,452	-0,591	0,269	0,528	-0,875	0,219	-0,852	-0,804	-0,059
SO3	-0,319	-0,738	-0,571	-0,706	0,780	0,461	-0,210	0,576	0,562	-0,541	1	-0,707	-0,744	-0,640	-0,511	-0,351	-0,653	0,340	-0,257	-0,513	0,161	-0,286	-0,354	0,429	-0,210	0,400	0,421	-0,118
Cu	0,416	0,792	0,523	0,720	-0,596	-0,234	0,210	-0,385	-0,374	0,357	-0,707	1	0,867	0,717	0,744	0,633	0,699	-0,203	0,621	0,757	-0,356	-0,051	0,284	-0,383	-0,058	-0,391	-0,357	-0,090
Ba	0,434	0,852	0,657	0,924	-0,670	-0,229	0,305	-0,398	-0,381	0,368	-0,744	0,867	1	0,558	0,494	0,360	0,867	-0,222	0,297	0,509	-0,204	0,016	0,079	-0,375	-0,086	-0,311	-0,291	0,125
Zn	-0,029	0,524	0,420	0,468	-0,709	-0,663	-0,151	-0,719	-0,713	0,657	-0,640	0,717	0,558	1	0,922	0,725	0,669	-0,435	0,609	0,927	-0,445	0,190	0,453	-0,673	0,155	-0,640	-0,581	-0,048
Ni	0,018	0,435	0,361	0,395	-0,534	-0,422	-0,089	-0,484	-0,474	0,419	-0,511	0,744	0,494	0,922	1	0,910	0,574	-0,262	0,818	0,983	-0,420	-0,078	0,352	-0,463	-0,070	-0,465	-0,405	-0,121
Co	0,134	0,375	0,434	0,302	-0,348	-0,196	0,069	-0,238	-0,237	0,193	-0,351	0,633	0,360	0,725	0,910	1	0,392	-0,066	0,811	0,847	-0,222	-0,214	0,229	-0,307	-0,169	-0,200	-0,172	-0,152
Sr	0,141	0,665	0,547	0,809	-0,748	-0,410	0,106	-0,535	-0,517	0,484	-0,653	0,699	0,867	0,669	0,574	0,392	1	-0,315	0,319	0,599	-0,284	0,011	0,097	-0,481	-0,122	-0,414	-0,382	0,129
Zr	0,392	-0,161	-0,125	-0,153	0,501	0,696	0,507	0,689	0,751	-0,705	0,340	-0,203	-0,222	-0,435	-0,262	-0,066	-0,315	1	0,029	-0,286	0,604	-0,227	-0,354	0,606	-0,181	0,793	0,768	-0,002
Ce	0,111	0,219	0,077	0,187	-0,141	0,013	0,063	-0,036	-0,030	-0,023	-0,257	0,621	0,297	0,609	0,818	0,811	0,319	0,029	1	0,832	-0,271	-0,338	0,172	-0,046	-0,276	-0,118	-0,161	-0,175
Y	-0,040	0,405	0,271	0,381	-0,547	-0,454	-0,149	-0,519	-0,508	0,452	-0,513	0,757	0,509	0,927	0,983	0,847	0,599	-0,286	0,832	1	-0,493	-0,112	0,384	-0,486	-0,108	-0,514	-0,466	-0,145
Rb	0,563	0,086	0,264	0,014	0,447	0,552	0,776	0,600	0,581	-0,591	0,161	-0,356	-0,204	-0,445	-0,420	-0,222	-0,284	0,604	-0,271	-0,493	1	0,297	-0,392	0,423	0,263	0,862	0,583	0,238
V	0,306	0,357	0,327	0,090	-0,190	-0,318	0,238	-0,275	-0,308	0,269	-0,286	-0,051	0,016	0,190	-0,078	-0,214	0,011	-0,227	-0,338	-0,112	0,297	1	0,230	-0,277	0,968	-0,142	-0,195	0,208
W	-0,090	0,190	0,095	-0,008	-0,383	-0,526	-0,264	-0,519	-0,518	0,528	-0,354	0,284	0,079	0,453	0,352	0,229	0,097	-0,354	0,172	0,384	-0,392	0,230	1	-0,449	0,281	-0,521	-0,486	-0,123
La	0,230	-0,415	-0,382	-0,303	0,719	0,852	0,315	0,850	0,892	-0,875	0,429	-0,383	-0,375	-0,673	-0,463	-0,307	-0,481	0,606	-0,046	-0,486	0,423	-0,277	-0,449	1	-0,229	0,698	0,718	0,149
Nd	0,325	0,306	0,246	-0,052	-0,122	-0,274	0,217	-0,216	-0,251	0,219	-0,210	-0,058	-0,086	0,155	-0,070	-0,169	-0,122	-0,181	-0,276	-0,108	0,263	0,968	0,281	-0,229	1	-0,131	-0,181	0,110
Mo	0,454	-0,163	-0,020	-0,142	0,689	0,834	0,674	0,868	0,863	-0,852	0,400	-0,391	-0,311	-0,640	-0,465	-0,200	-0,414	0,793	-0,118	-0,514	0,862	-0,142	-0,521	0,698	-0,131	1	0,770	0,138
Pb	0,305	-0,282	-0,121	-0,155	0,676	0,795	0,407	0,805	0,842	-0,804	0,421	-0,357	-0,291	-0,581	-0,405	-0,172	-0,382	0,768	-0,161	-0,466	0,583	-0,195	-0,486	0,718	-0,181	0,770	1	0,184
As	0,098	0,089	0,285	0,368	0,020	0,029	0,130	0,039	0,087	-0,059	-0,118	-0,090	0,125	-0,048	-0,121	-0,152	0,129	-0,002	-0,175	-0,145	0,238	0,208	-0,123	0,149	0,110	0,138	0,184	1

SiO₂ esas oksiti K₂O oksiti ile yüksek pozitif, Al₂O₃ oksiti ile orta pozitif, MgO, CaO, Na₂O, TiO₂ oksitleri ve Sr, Cu elementleri ile düşük pozitif, SO₃ ile düşük negatif korelasyon sergilemektedir. Na₂O esas oksiti K₂O ve La ile orta pozitif, SO₃ ile düşük pozitif, Ba, Sr, Cu, W ile düşük negatif korelasyon sergilemektedir. CaO esas oksiti TiO₂ ve SO₃ ile orta pozitif, K₂O ile düşük pozitif, Ba, Sr, Cu, W ile orta negatif korelasyon sergilemektedir. SO₃ Sr ve Ba ile orta negatif korelasyon, Cu ile orta negatif, W ile düşük negatif korelasyon sergilemektedir. Cu elementi Ba, Zn ile orta pozitif, Mo, Pb, As, La ile düşük negatif korelasyon sergilemektedir. Ba elementi Sr ile orta pozitif, Cu elementi Ba ve Sr ile orta pozitif, Sr elementi W ile düşük pozitif korelasyon sergilemektedir.

Çizelge 7.8 Yüksek artı korelasyon ($r>+0,90$) element çiftleri

SiO ₂ /K ₂ O	Zn/Y
Na ₂ O/TiO ₂	Zn/Ni
Na ₂ O/P ₂ O ₅	Ni/Co
TiO ₂ /P ₂ O ₅	Ni/Y
MgO/Ba	
V/Nd	

Çizelge 7.9 Orta artı korelasyon ($+0,60 < r < + 0,90$) element çiftleri

SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Na ₂ O/La	Ba/Sr
SiO ₂ /La	Na ₂ O/Mo	Zn/Co
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Na ₂ O/Pb	Zn/Sr
Al ₂ O ₃ /MgO	K ₂ O/Rb	Zn/Ce
Al ₂ O ₃ /Cu	K ₂ O/Mo	Ni/Ce
Al ₂ O ₃ /Ba	TiO ₂ /Zr	Co/Ce
Al ₂ O ₃ /Sr	TiO ₂ /Rb	Co/Y
Fe ₂ O ₃ /MgO	TiO ₂ /Mo	Zr/Rb
Fe ₂ O ₃ /Ba	TiO ₂ /Pb	Zr/La
MgO/Cu	P ₂ O ₅ /La	Zr/Mo
MgO/Sr	P ₂ O ₅ /Mo	Zr/Pb
CaO/Na ₂ O	P ₂ O ₅ /Pb	Ce/Y
CaO/P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃ /Zn	Rb/Mo
CaO/TiO ₂	Cu/Ba	La/Mo
CaO/SO ₃	Cu/Zn	La/Pb
CaO/La	Cu/Ni	Mo/Pb
CaO/Mo	Cu/Co	
CaO/Pb	Cu/Sr	
Na ₂ O/K ₂ O	Cu/Ce	
Na ₂ O/Zr	Cu/Y	

Çizelge 7.10 Düşük artı korelasyon ($r < + 0,60$) element çiftleri

SiO ₂ /Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Co	MgO/Cr ₂ O ₃	K ₂ O/Sr	SO ₃ /Rb	Sr/W
SiO ₂ /CaO	Al ₂ O ₃ /Ce	MgO/Zn	K ₂ O/Zr	SO ₃ /La	Sr/As
SiO ₂ /Na ₂ O	Al ₂ O ₃ /Y	MgO/Ni	K ₂ O/Ce	SO ₃ /Mo	Zr/Ce
SiO ₂ /P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ /Rb	MgO/Co	K ₂ O/V	SO ₃ /Pb	Ce/W
SiO ₂ /TiO ₂	Al ₂ O ₃ /V	MgO/Ce	K ₂ O/La	Cu/W	Y/W
SiO ₂ /MgO	Al ₂ O ₃ /W	MgO/Y	K ₂ O/Nd	Ba/Zn	Rb/V
SiO ₂ /Zr	Al ₂ O ₃ /Nd	MgO/Rb	K ₂ O/Pb	Ba/Ni	Rb/La
SiO ₂ /Cu	Al ₂ O ₃ /As	MgO/V	K ₂ O/As	Ba/Co	Rb/Nd
SiO ₂ /Ba	Fe ₂ O ₃ /K ₂ O	MgO/As	TiO ₂ /SO ₃	Ba/Ce	Rb/Pb
SiO ₂ /Zn	Fe ₂ O ₃ /Cr ₂ O ₃	CaO/K ₂ O	TiO ₂ /As	Ba/Y	Rb/As
SiO ₂ /Sr	Fe ₂ O ₃ /Cu	CaO/Zr	P ₂ O ₅ /SO ₃	Ba/V	V/W
SiO ₂ /Rb	Fe ₂ O ₃ /Zn	CaO/Rb	P ₂ O ₅ /Rb	Ba/W	V/As
SiO ₂ /Co	Fe ₂ O ₃ /Ni	CaO/As	P ₂ O ₅ /As	Ba/As	W/Nd
SiO ₂ /Ce	Fe ₂ O ₃ /Co	Na ₂ O/K ₂ O	Cr ₂ O ₃ /Cu	Zn/V	Nd/As
SiO ₂ /V	Fe ₂ O ₃ /Sr	Na ₂ O/SO ₃	Cr ₂ O ₃ /Ba	Zn/W	Mo/As
SiO ₂ /La	Fe ₂ O ₃ /Ce	Na ₂ O/Ce	Cr ₂ O ₃ /Ni	Zn/Nd	Pb/As
SiO ₂ /Pb	Fe ₂ O ₃ /Y	Na ₂ O/Rb	Cr ₂ O ₃ /Co	Ni/Sr	
SiO ₂ /As	Fe ₂ O ₃ /Rb	Na ₂ O/As	Cr ₂ O ₃ /Sr	Ni/W	
Al ₂ O ₃ /K ₂ O	Fe ₂ O ₃ /V	K ₂ O/TiO ₂	Cr ₂ O ₃ /Y	Co/Sr	
Al ₂ O ₃ /Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /W	K ₂ O/P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃ /V	Co/W	
Al ₂ O ₃ /Zn	Fe ₂ O ₃ /Nd	K ₂ O/Cu	Cr ₂ O ₃ /W	Sr/Ce	
Al ₂ O ₃ /Ni	Fe ₂ O ₃ /As	K ₂ O/Ba	Cr ₂ O ₃ /Nd	Sr/Y	
	MgO/K ₂ O	K ₂ O/Co	SO ₃ /Zr	Sr/V	

Çizelge 7.11 Düşük eksi korelasyon ($r > -0,60$) element çiftleri

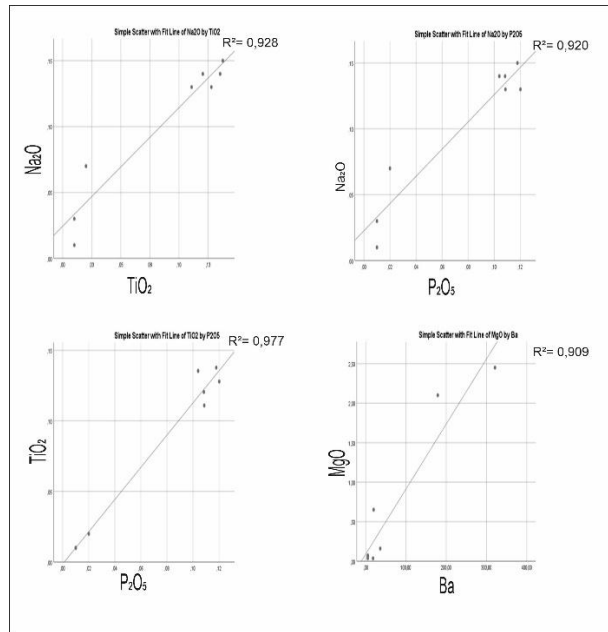
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	MgO/Nd	TiO ₂ /Sr	Cu/La	Sr/Zr	W/As
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	MgO/Mo	TiO ₂ /Ce	Cu/Nd	Sr/Rb	La/Nd
SiO ₂ /Ni	MgO/Pb	TiO ₂ /Y	Cu/Mo	Sr/La	Nd/Mo
SiO ₂ /Y	CaO/Cu	TiO ₂ /V	Cu/Pb	Sr/Nd	Nd/Pb
SiO ₂ /W	CaO/Ni	TiO ₂ /W	Cu/As	Sr/Mo	Nd/As
SiO ₂ /Nd	CaO/Co	TiO ₂ /Nd	Ba/Zr	Sr/Pb	
Al ₂ O ₃ /CaO	CaO/Ce	P ₂ O ₅ /Cu	Ba/Rb	Zr/Y	
Al ₂ O ₃ /Na ₂ O	CaO/Y	P ₂ O ₅ /Ba	Ba/La	Zr/V	
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	CaO/V	P ₂ O ₅ /Ni	Ba/Mo	ZrW	
Al ₂ O ₃ /P ₂ O ₅	CaO/W	P ₂ O ₅ /Co	Ba/Pb	Zr/Nd	
Al ₂ O ₃ /Zr	CaO/Nd	P ₂ O ₅ /Sr	Zn/Zr	Zr/As	
Al ₂ O ₃ /La	Na ₂ O/Cu	P ₂ O ₅ /Ce	Zn/Rb	Ce/Rb	
Al ₂ O ₃ /Mo	Na ₂ O/Ba	P ₂ O ₅ /Y	Zn/Pb	Ce/V	
Al ₂ O ₃ /Pb	Na ₂ O/Ni	P ₂ O ₅ /V	Zn/As	Ce/La	
Fe ₂ O ₃ /CaO	Na ₂ O/Co	P ₂ O ₅ /W	Ni/Zr	Ce/Nd	
Fe ₂ O ₃ /Na ₂ O	Na ₂ O/Sr	P ₂ O ₅ /Nd	Ni/Rb	Ce/Mo	
Fe ₂ O ₃ /TiO ₂	Na ₂ O/Y	Cr ₂ O ₃ /SO ₃	Ni/V	Ce/Pb	
Fe ₂ O ₃ /P ₂ O ₅	Na ₂ O/V	Cr ₂ O ₃ /Ce	Ni/La	Ce/As	
Fe ₂ O ₃ /SO ₃	Na ₂ O/W	Cr ₂ O ₃ /Rb	Ni/Nd	Y/Rb	
Fe ₂ O ₃ /Zr	Na ₂ O/Nd	Cr ₂ O ₃ /As	Ni/Mo	Y/V	
Fe ₂ O ₃ /La	K ₂ O/Cr ₂ O ₃	SO ₃ /Ni	Ni/As	Y/La	
Fe ₂ O ₃ /Mo	K ₂ O/SO ₃	SO ₃ /Co	Ni/Pb	Y/Nd	
Fe ₂ O ₃ /Pb	K ₂ O/Zn	SO ₃ /Ce	Co/Zr	Y/Mo	
MgO/CaO	K ₂ O/Ni	SO ₃ /Y	Co/Rb	Y/Pb	
MgO/Na ₂ O	K ₂ O/Y	SO ₃ /V	Co/V	Y/As	
MgO/TiO ₂	K ₂ O/W	SO ₃ /W	Co/La	Rb/W	
MgO/P ₂ O ₅	TiO ₂ /Cu	SO ₃ /Nd	Co/Nd	V/La	
MgO/Zr	TiO ₂ /Ba	Cu/Zr	Co/Mo	W/La	
MgO/W	TiO ₂ /Ni	Cu/Rb	Co/Pb	W/Mo	
MgO/La	TiO ₂ /Co	Cu/V	Co/As	W/Pb	

Çizelge 7.12 Orta negatif korelasyon ($-0,60 > r > -0,90$) element çiftleri

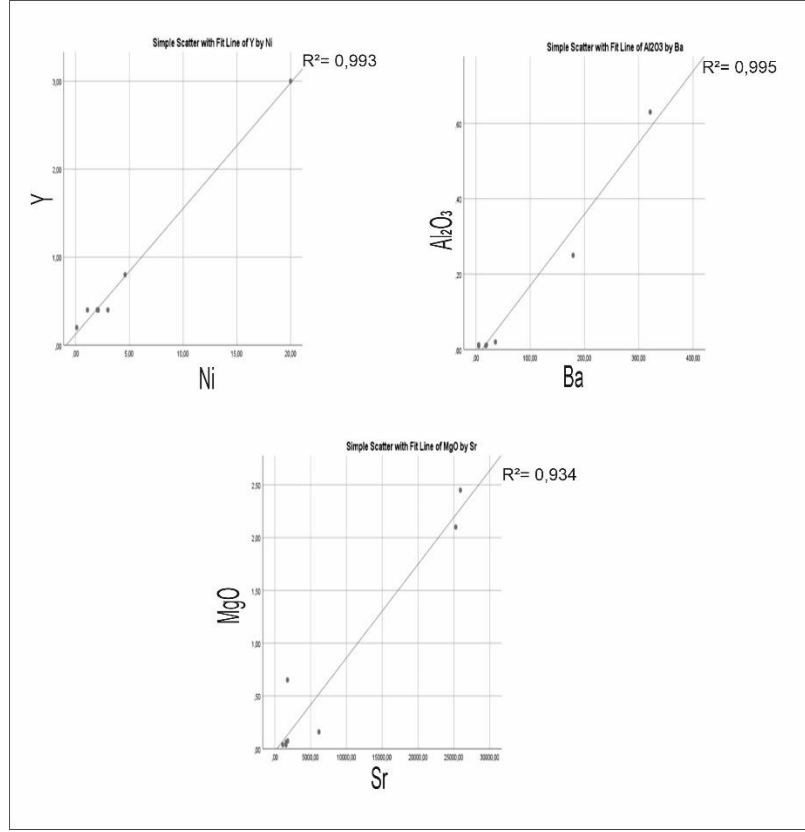
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SO}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5/\text{Zn}$
MgO/SO_3	$\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Zr}$
$\text{CaO}/\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Pb}$
CaO/Ba	SO_3/Cu
CaO/Zn	SO_3/Zn
CaO/Sr	SO_3/Sr
$\text{Na}_2\text{O}/\text{Zn}$	Zn/La
TiO_2/Zn	Zn/Mo

Çizelge 7.13 Yüksek negatif korelasyon ($r > -0,90$) element çiftleri

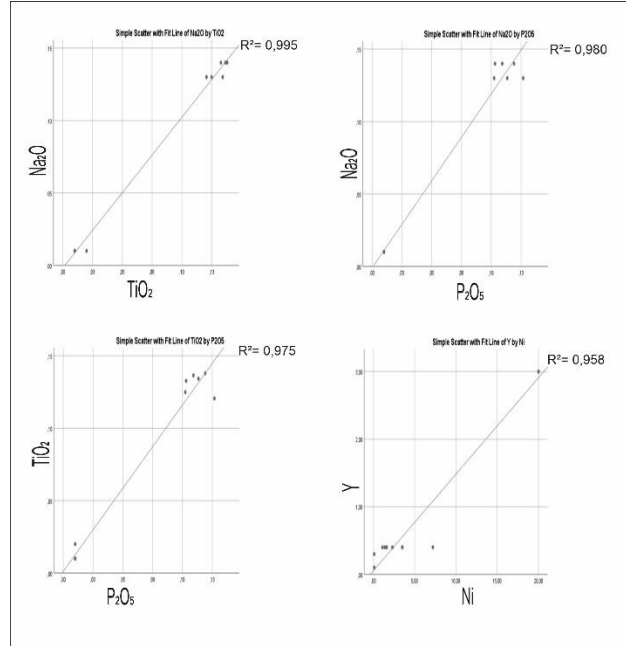
$\text{Na}_2\text{O}/\text{Cr}_2\text{O}_3$
$\text{TiO}_2/\text{Cr}_2\text{O}_3$
$\text{P}_2\text{O}_5/\text{Cr}_2\text{O}_3$



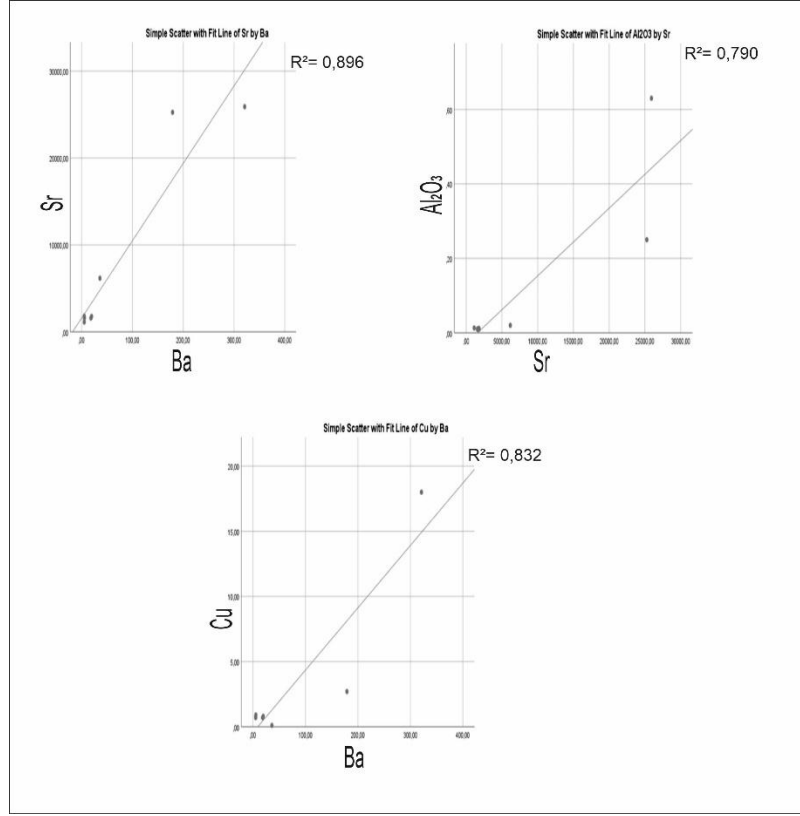
Şekil 7.1 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)



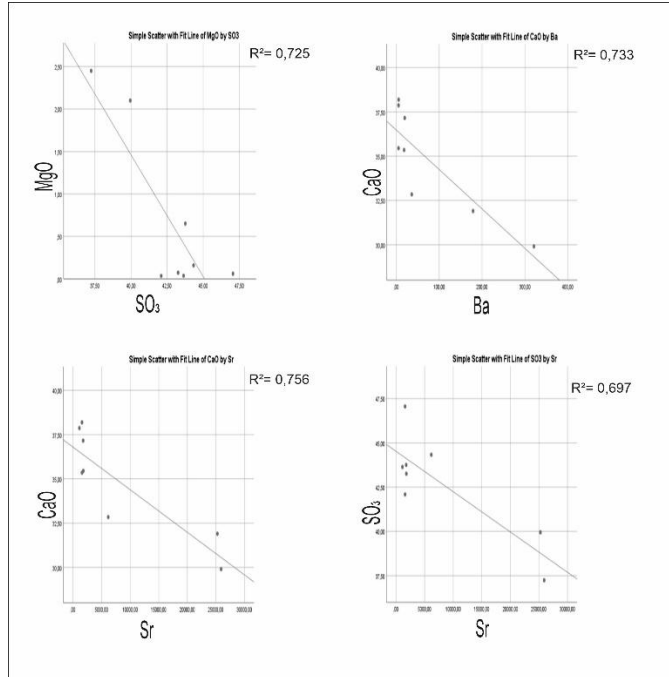
Şekil 7.2 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)



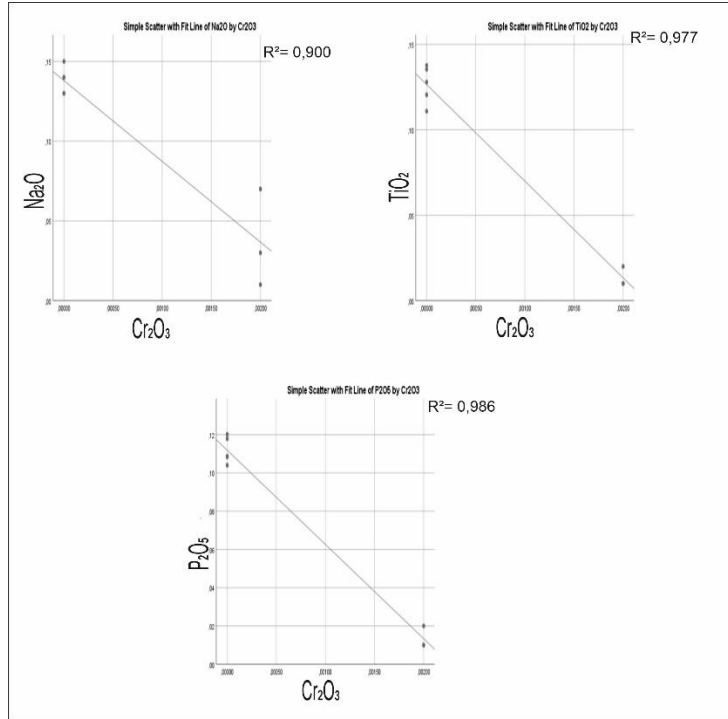
Şekil 7.3 Yüksek pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın doğusu)



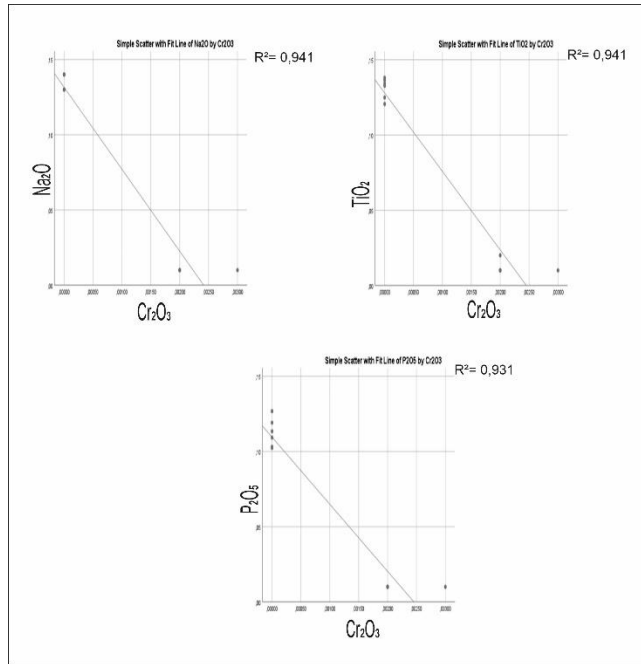
Şekil 7.4 Orta pozitif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)



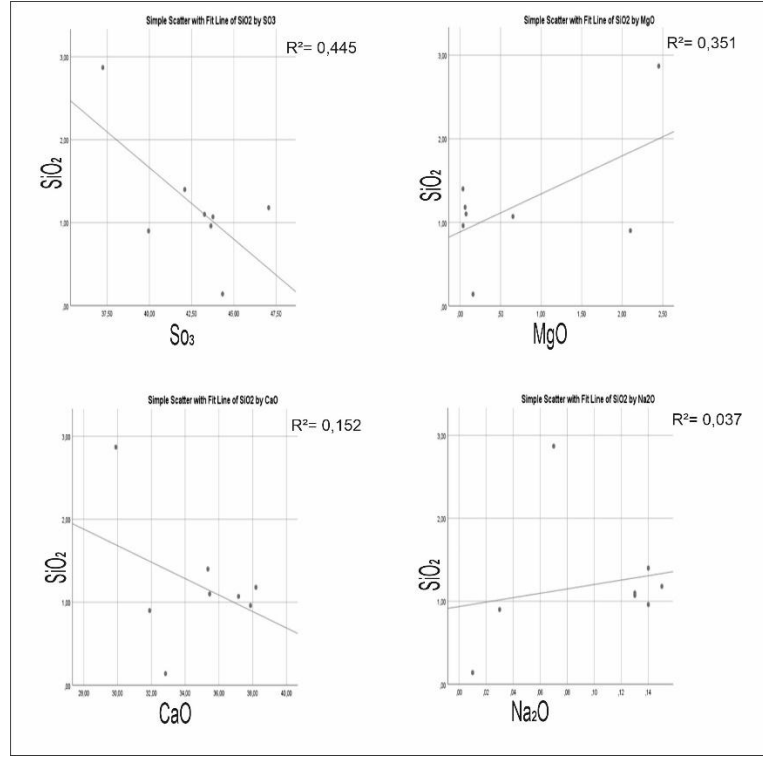
Şekil 7.5 Orta negatif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)



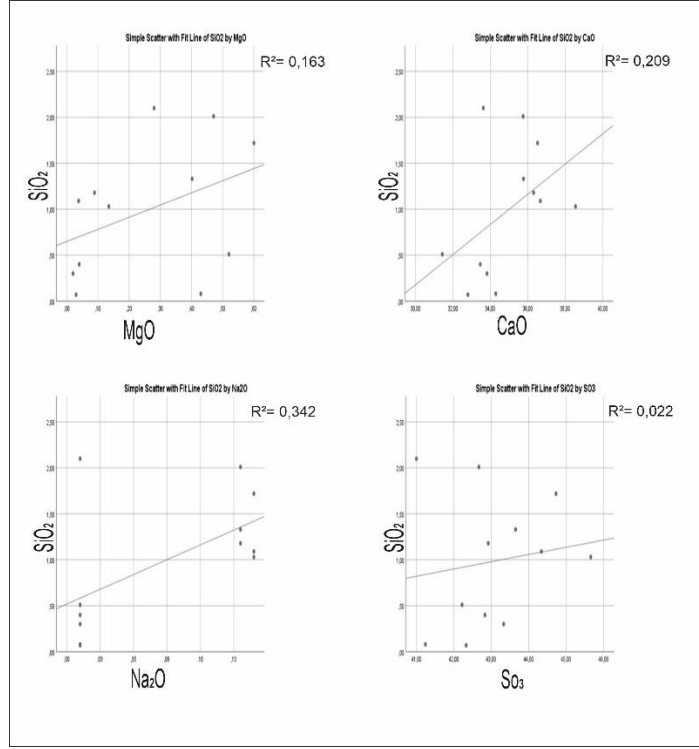
Şekil 7.6 Yüksek negatif korelasyon çiftleri (Havzanın batısı)



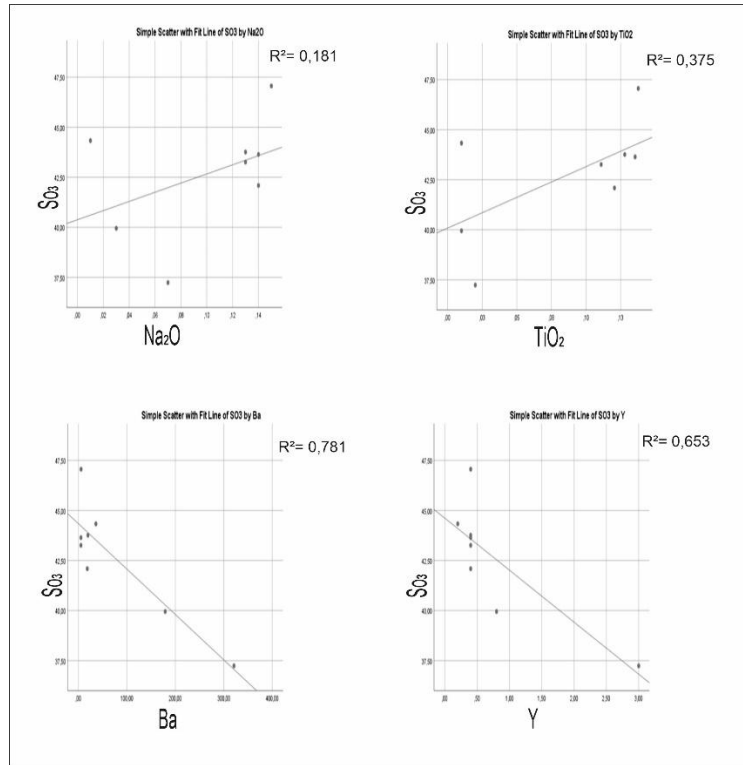
Şekil 7.7 Yüksek negatif korelasyon çiftleri (Havzanın doğusu)



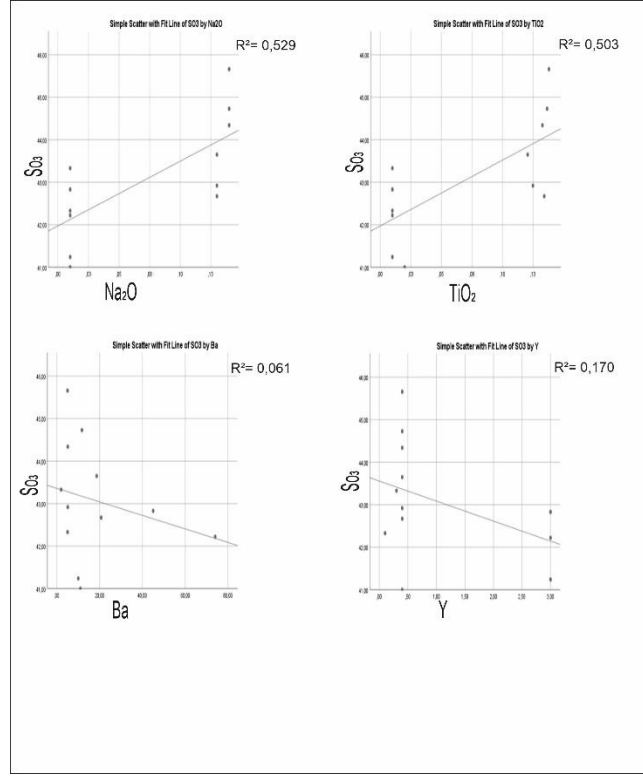
Şekil 7.8 SiO_2 'ya karşı diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın batısı)



Şekil 7.9 SiO_2 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın doğusu)



Şekil 7.10 SO_3 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın batısı)



Şekil 7.11 SO_3 'ya karşın diğer bileşenlerin değişim diyagramları (Havzanın doğusu)

Değişim diyagramları incelendiğinde bazı doğrusal olmayan grafikler elde edilmiştir ve bu grafiklerin yorumlanması doğru bulunmamıştır. Yani 20 evaporit örneğin jeokimyasal sonuçları çoğunlukla paralel olmasına rağmen bazı esas oksitler ve elementler arasında uyum olmadığı belirlenmiştir. Bu durumu gidermek adına evaporitler havzanın batısı (Pürçükören) ve havzanın doğusu (Terke, Karcılar-Göde, Gergen) şeklinde ayrılarak bu grafikler yorumlanmıştır. Havzanın batısında yüksek pozitif korelasyon gösteren element çiftleri (Şekil 7.1-2)'de, orta pozitif ve orta negatif korelasyon gösteren element çiftleri (Şekil 7.4-5)'de, yüksek negatif korelasyon gösteren element çiftleri (Şekil 7.6)'de gösterilmiştir. Havzanın doğusunda yüksek pozitif gösteren korelasyon element çiftleri (Şekil 7.3)'de, yüksek negatif korelasyon gösteren element çiftleri (Şekil 7.7)'de gösterilmiştir. SiO_2 -CaO ile SiO_2 - SO_3 arasındaki ilişkiler havzanın batısı ve doğusu arasında farklılık göstermektedir (Şekil 7.8-9). Havzanın doğusunda bu iki ilişki arasında (+) yönde bir etkileşim söz konusu iken havzanın batısında (-) yönde bir etkileşim söz konusudur. Yani bu da bize havzanın doğusundaki evaporitlerin SiO_2 değerlerinin

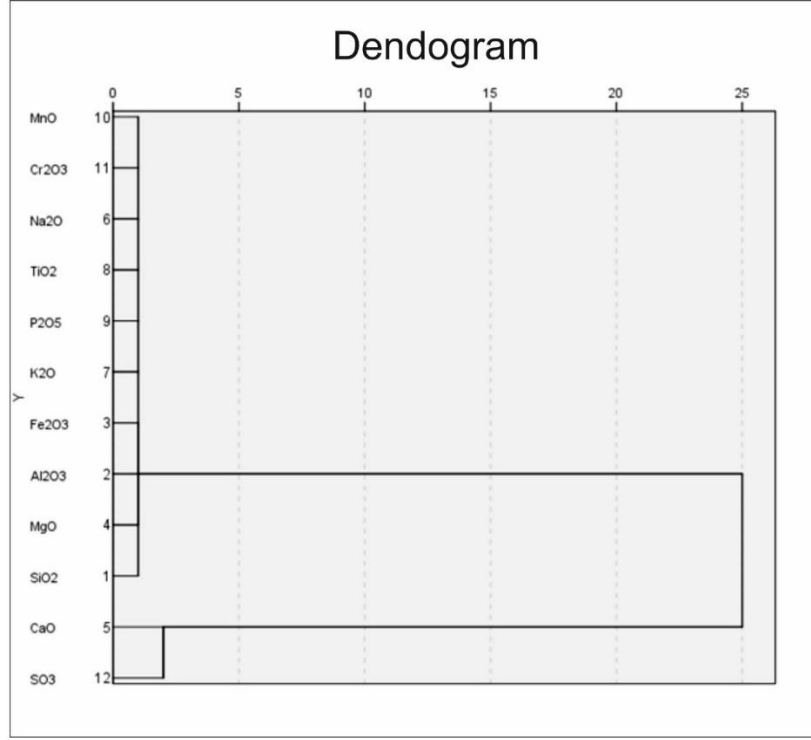
havzanın batısına göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yani dışarıdan malzeme geliminin havzanın batısına oranla havzanın doğusunda daha fazla olduğunu işaret etmektedir. (Şekil 7.10-11)'de SO₃'e karşı diğer oksitlerin ve elementlerin korelasyonu gösterilmiştir.

7.1.1.1 Çok değişkenli jeostatistiksel analizler

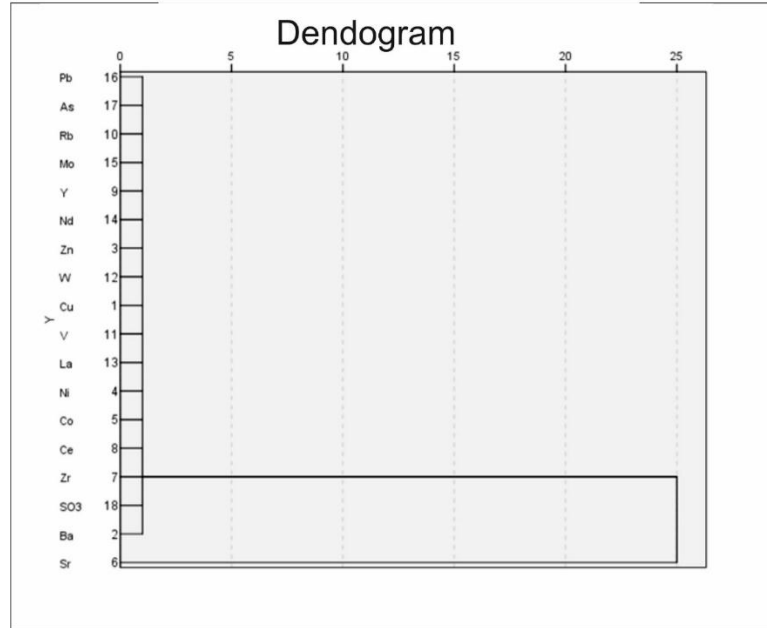
Birden fazla değişken söz konusu olduğunda bu analizler yapılmaktadır. (Howarth 1983)'e göre bu analizler birçok problemin çok kolay bir şekilde çözümlenmesini sağlar ve jeolojide birçok araştırmanın temelidir. Bu tez çalışmasında SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences) ve Minitab (18) programları kullanılarak kümeleme ve faktör analizleri yapılmış olup jeokimyasal analiz sonuçlarının daha kolay anlaşılmasına olanak sağlanmıştır.

7.1.1.1.1 Cluster (kümeleme) analizi

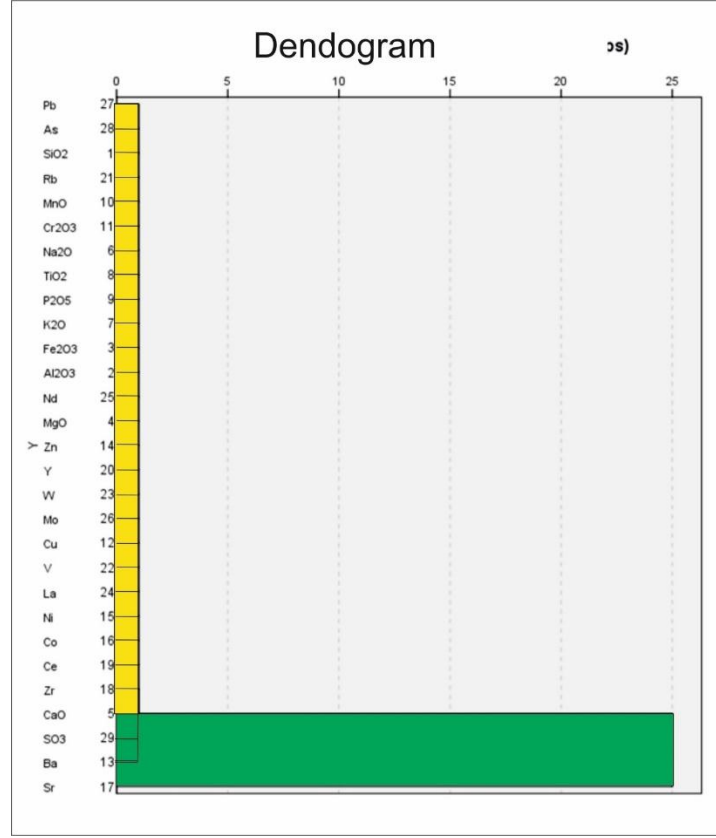
Bu analiz değişkenleri farklı homojen sınıflara ayırmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemde genellikle 4 farklı gruba ayrılıyor olmasına rağmen en çok kullanılan aşamalı kümeleme yöntemidir. Aşamalı kümeleme birleştirici ve ayırıcı analiz yöntemi olmak üzere ikiye ayrılmakla beraber en çok kullanılan birleştirici aşamalı kümeleme yöntemidir. (Tüysüz ve Yaylalı 2005)'e göre bu yöntem en yüksek pozitif korelasyon kat sayılarına sahip değişkenleri birbirine bağlar ve azalan korelasyon katsayısına bağlı değişkenleri hesaba katarak işlem yapmaktadır. Bu analizle oluşturulan kümelerin yorumlanması dendogramlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu kapsamda esas/ana oksitler ve diğer elementleri içeren dendogramlar (Şekil 7.11-13) hazırlanmış olup element birlikteliklerinin daha kolay birbirinden ayırt edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7.12 Esas oksitlerin benzerliklerini gösteren dendogram



Şekil 7.13 NTE ve eser elementlerin benzerliklerini gösteren dendogram



Şekil 7.14 Tüm elementlerin benzerliklerini gösteren dendrogram

Elde edilen dendrogramlara göre elementler iki farklı grup altında toplanabilmektedir. 1. Grup CaO, SO₃, Ba ve Sr den oluşurken 2. Grup ise diğer element ve oksitlerden oluşmaktadır. 2.gruptaki SiO₂, Al₂O₃ oksitlerin 1.grupta yer alan CaO oksiti ile ters ilişkili olduğu gözlenmiştir ve bu bize evaporitik kayalar içerisinde kil dolgularının ve/veya kil mineralleşmelerinin olabileceğini göstermektedir. 1.grup esas oksit ve elementler kendi aralarında oldukça uyumlu bir korelasyona sahiptir ve 2. gruptaki esas oksit ve elementlerde ters ilişki göstermektedir. Ancak bu durum havzanın doğusundaki evaporitler için tam tersi söz konusudur. Havzanın doğusundaki örneklerde SiO₂ CaO ve SO₃ arasında havzanın batısındaki örneklere oranla doğru bir ilişki söz konusudur.

7.1.1.1.2 Faktör analizi

Bu analiz jeokimyasal veri kümelerinin değişkenleri arasındaki ilişkileri araştırmaktadır. En yaygın analiz yöntemlerinden biri olan R-Tipi analizi tek tek elementler arasındaki ilişkiler ortaya çıkarabilmektedir (Ünlü ve Stendal 1989). Bu yöntemde önce korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Daha sonra faktörlerin sayısını hesaplamak için özgül değerler bulunmaktadır. Sonra Varimax faktör döndürme analizi kullanılarak özgül değerler yeniden hesaplanmaktadır. Faktör analizi sayesinde çalışma alanımızı temsil edecek yeni değişkenler bulunmuştur. Bu yöntem bütün elementlere tek tek uygulandığı gibi, esas oksit ve diğer elementlere de ayrı ayrı uygulanmıştır. Bu analiz sonucunda esas oksitlerin 2 değişkenle (Çizelge 7.14), NTE, eser ve iz elementlerin 4 değişkenle (Çizelge 7.15), bütün elementlerin de 6 değişkenle (Çizelge 7.16) temsil edilebileceği anlaşılmıştır. Bu faktörlerden 3 adet seçilerek grafiğe dökülmüş ve elementlerin kendi içinde gruplara ayrıldıkları gözlenmiştir Şekil 7.17. Bu gruplar bir önceki alt bölümde yapılan cluster analiziyle belirlenen gruplara oldukça benzerlik göstermektedir. Bu da elde edilen verilen ortam ve köken yorumu yapmak adını doğru gruplandırıldıklarını ortaya koymaktadır.

Çizelge 7.14 Esas oksitlere ait faktör verileri

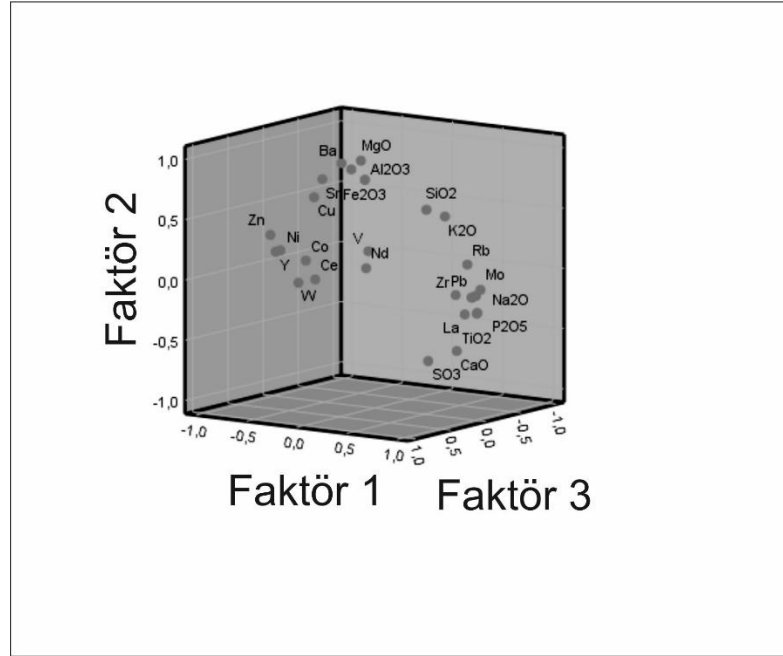
Faktör	İlk Özdeğerler			Varimax Sonrası Değerler		
	Toplam	Varyans	Kümülatif	Toplam	Varyans	Kümülatif
1	5,178	51,783	51,783	5,178	51,783	51,783
2	3,776	37,759	89,543	3,776	37,759	89,543

Çizelge 7.15 NTE ve eser elementlere ait faktör verileri

Faktör	İlk Özdeğerler			Varimax Sonrası Değerler		
	Toplam	Varyans	Kümülatif	Toplam	Varyans	Kümülatif
1	7,568	44,517	44,517	5,171	30,415	30,415
2	3,173	18,662	63,18	4,592	27,013	57,428
3	2	11,762	74,942	2,379	13,992	71,42
4	1,51	8,879	83,821	2,108	12,401	83,821

Çizelge 7.16 Tüm elementlere ait faktör verileri

Faktör	İlk Özdeğerler			Varimax Sonrası Değerler		
	Toplam	Varyans	Kümülatif	Toplam	Varyans	Kümülatif
1	12,23	45,297	45,297	12,23	45,297	45,297
2	5,828	21,585	66,881	5,828	21,585	66,881
3	3,597	13,323	80,205	3,597	13,323	80,205



Şekil 7.15 Faktör analizine göre gruplanmış tüm elementleri gösteren grafik

7.2 İzotop Analizi Çalışmaları

Evaporitik kayaçların oluşum ortamları, kökenleri ve yaşları hakkında bilgi sahibi olunmak amacıyla bazı önemli izotoplar kullanılmaktadır. Bunlar $\delta^{16}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{32}\text{S}$, $\delta^{34}\text{S}$, $^{87}/^{86}\text{Sr}$ 'dir. Evaporitler her türlü atmosferik olaylara açıktırlar ve mevsimsel değişimlerden çok kolay etkilenmektedirler. Ayrıca diyajenetik etkiler evaporitlerde farklı mineralojik ve dokusal değişiklikler meydana getirmektedirler. Bu nedenlerden dolayı evaporitlerin incelenmesi, oluşum koşullarının açığa kavuşturulması ve kökenlerinin

tespitinde arazi, mineralojik ve petrografik çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden izotop çalışmaları yapılarak bu yetersizlikler ortadan kaldırılıp daha sağlıklı bir şekilde oluşum ve köken hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bu tez çalışmasının kapsamında yapılan izotop jeokimyası çalışmaları; oksijen izotopları, kükürt izotopları ve stronsiyum izotopları olmak üzere üç kategori altında gerçekleştirilmiş, yorumlanmıştır.

Denizel ortamlarda oluşan evaporitlerin $^{87/86}\text{Sr}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri karasal evaporitlere göre nispeten daha düşük olsa da (Palmer vd. 2004)'e göre bu değerler ile karasal-denizel ayrımı yapmak pek mümkün olmamaktadır. Karasal ortamlarda oluşan evaporitlerin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri denizel evaporitlerin $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine göre daha büyük ve daha az benzer değerler sergilemektedir (Palmer vd. 2004). Evaporitlerin Sr izotop değerlerine bakıldığında bu değerler bize net sonuçlar vermesede denizel ortamı işaret etmektedir çünkü karasal evaporitlerin ortalama Sr izotop değerleri denizel evaporitlerin ortalama Sr izotop değerlerinden daha fazladır (Palmer vd. 2004).

7.2.1 Duraylı O^{18} analizi çalışmaları

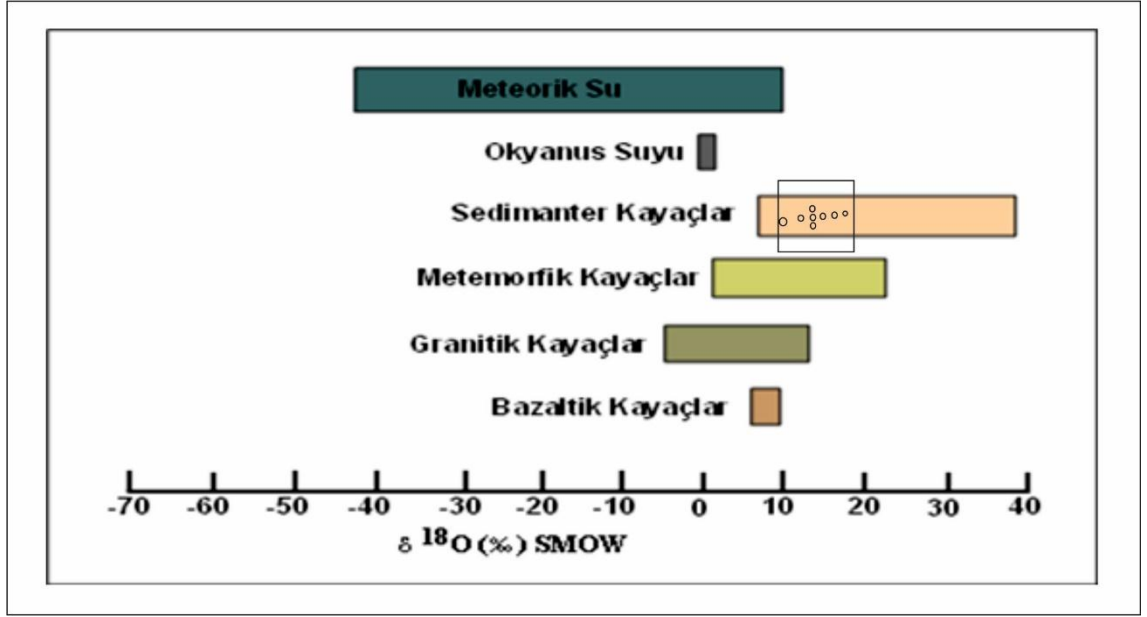
Oksijen elementinin $\delta^{16}\text{O}$, $\delta^{17}\text{O}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ olmak üzere üç izotopu bulunmasına rağmen $\delta^{17}\text{O}$ izotopunun değerleri diğer izotoplarına oranla çok daha küçük olduğundan kullanılmamaktadır ve bu tez çalışmasında da kullanılmamıştır. Doğada en çok bulunan element oksijendir. Oksijenin izotop jeokimyasında en kullanışlı elementlerden biri olması, oksijenli bileşiklerin çok geniş sıcaklık aralıklarında duraylı olmasından kaynaklanmaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinde gözlenen değişimler evaporitlerin oluşum sıcaklıkları ve tuzlulukları hakkında bilgiler vermektedir. $\delta^{16}\text{O}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotopları denizel-karasal evaporitlerin ayrımında kullanılmaktadır ve birimi SMOW'dur (Standard Mean Ocean Water).

Bu tez çalışmasında yapılan $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri ‰9-18,2 arasında değişmektedir (Çizelge 7.17). Bu değişik değerler ortamın sıcaklık ve tuzluluk oranının zamanla artıp azaldığına işaret etmektedir. Ayrıca bu yakın değerler ortamın kısmen kapalı bir

sistemde buharlaştığına işaret etmektedir. Bu bize evaporitlerin denizel kökenli olduklarını, oluştukları ortamın kuraklık ve tuzluluk açısından çok yüksek olmadıklarını ortaya koymaktadır. Sonuçlar Şekil 7.15'a yerleştirildiğinde evaporit örnekleri sedimanter kayaçlar grubu içerisine düşmektedir. Denizel ortamda oluşan ve Paleojen yaşlı olan Germik Formasyonuna ait evaporitlerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰13,0-14,9 arasında, Sivas Havzasına ait Eosen yaşlı evaporitlerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri 14,1-18,1 arasında, Oligosen yaşlı Darende evaporitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri 15,1-15,4 arasında ve Oligosen yaşlı Kabaktepe-Kurtulmuştepe evaporitlerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 11,9-12,5 değişmekte olup bu değerler Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerin $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine oldukça benzerdir (Çizelge 7.20).

Çizelge 7.17 $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizi sonuçları

Sıra No			
Sıra No	Örnek No	Litoloji	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (VSMOW)
1	BD6	Bandlı laminalı jips	9
2	BD7	Mikro nodüler jips	15
3	BD9	Nodüler jips	18,2
4	BD8	Masiv jips	13,6
5	BD1	Anhidrit ara bantlı masiv jips	15,7
6	BD2	Bandlı-nodüler jips	12
7	BD53	Masiv jips	15,8
8	BD4	Satin-Spar jips	17,5
Hassaslık			0,4



Şekil 7. 16 Önemli bazı kayaçlardaki $\delta^{18}\text{O}$ Değerleri (Hoefs 1987)

7.2.2 Duraylı S^{34} analizi çalışmaları

Kükürt evaporitik kayaçlarda sülfat olarak oksitlenmiş bir şekilde veya belirli volkanik bölgelerdeki kayaçlarda ise sülfürlü bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Kükürtün dört duraylı izotopu olup; bunlardan en çok yararlanılanları $\delta^{32}\text{S}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotoplarıdır. Evaporitlerdeki kükürt izotop ölçümleri belirlenerek yaş tayini yapılmaktadır. Kükürt izotopları incelemeleri, sülfatlı minerallerin yapısında bulunan kükürtün kökeni ve sülfatlı minerallerin oluşumları hakkında bilgiler vermektedir. Bu tez çalışması kapsamında ölçülen 8 adet örneğin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰17,9-25,0 arasında değişmektedir. Birbirine oldukça yakın olan $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ortamın kısmen kapalı bir sistemde buharlaştığını ortaya koymaktadır (Çizelge 7.18).

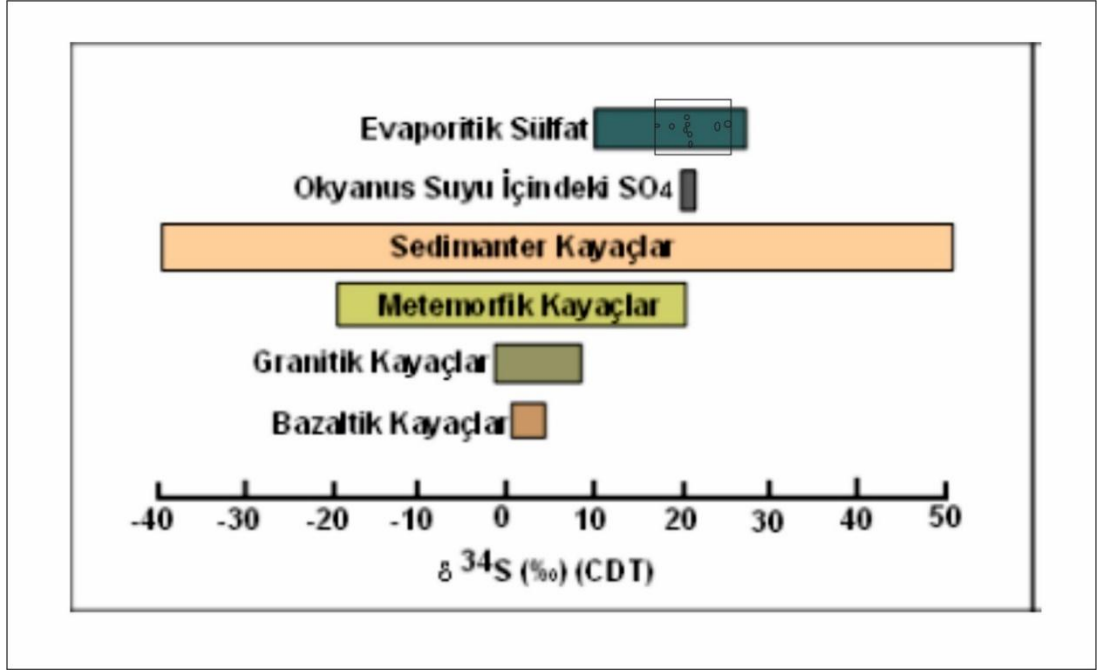
Bu değerler bize Şekil 7.11'e göre evaporitik kayaç değerlerini yansıtmaktadır. Şekil 7.12'e bakıldığında bu değerlerin paleo (eski) denizel sülfatların değerlerini yansıttıkları görülmektedir. Buna ek olarak evaporitlerdeki kükürt kökeninin kimyasal kökenli olduğu söylenebilmektedir. Denizel ortamda oluşan ve Paleojen yaşlı olan Germik Formasyonuna ait evaporitlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰22,6-23,1

arasında, Sivas Havzasına ait Eosen yaşlı evaporitlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 22,9-30,6 arasındadır. Oligosen yaşlı Darende evaporitlerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 22,8-24,9 arasında ve Oligosen yaşlı Kabaktepe-Kurtulmuştepe evaporitlerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 21,7-21,8 değişmekte olup bu değerler Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine oldukça benzerdir (Çizelge 7.20).

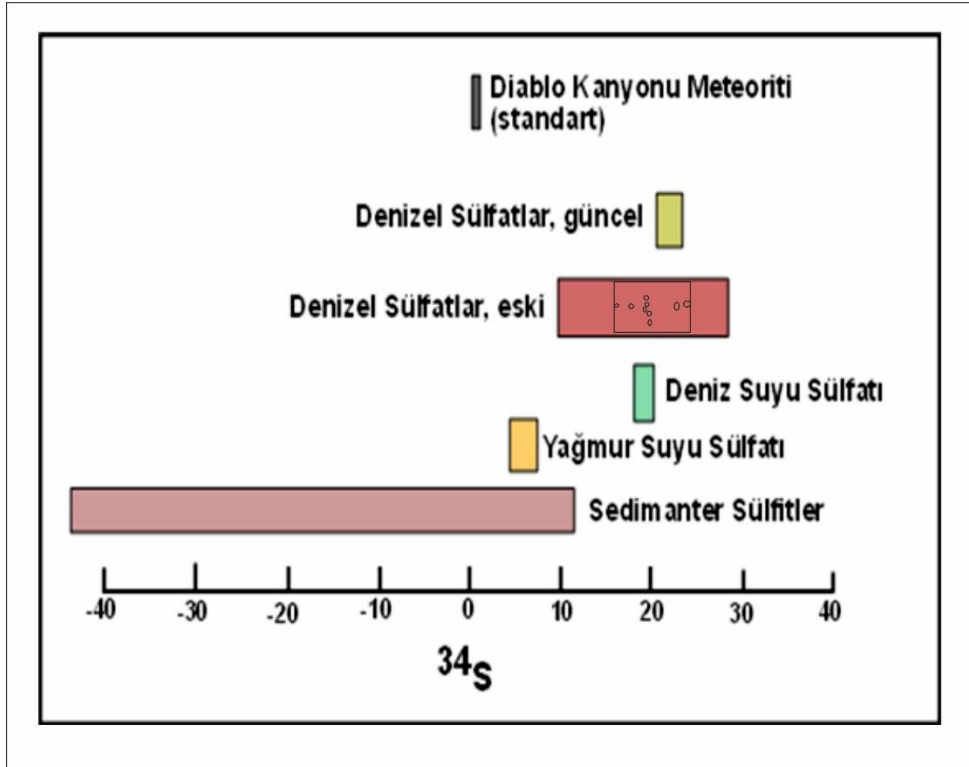
$\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ortalaması alınıp Şekil 7.18'e yerleştirildiğinde yaklaşık 35-40 milyon yıl çalışma sahamızdaki evaporitlerin yaşı Orta(?)-Üst Eosen (?Bartoniye Priyaboniye) olarak doğrulanmaktadır. Şekil (7.16)'de jeolojik olarak önemli bazı kayalardaki $\delta^{34}\text{S}$ değerleri verilmiş olup çalışma sahamıza ait olan örnekler evaporitik sülfat, okyanus suyu içerisindeki SO_4^{2-} ve sedimanter kayalık grubu içerisine düşmektedir. Şekil 7.17'de denizel sülfatların $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin Diablo kanyonu meteoritinin değerleriyle (CDT) karşılaştırılma tablosu verilmiş olup çalışma sahamıza ait olan örnekler paleo (eski) denizel sülfatlar grubuna düşmektedir. S izotopu ile evaporitlerin tuzluluk ve yaş ilişkisi (Şekil 7.18)'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.18 $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizi sonuçları

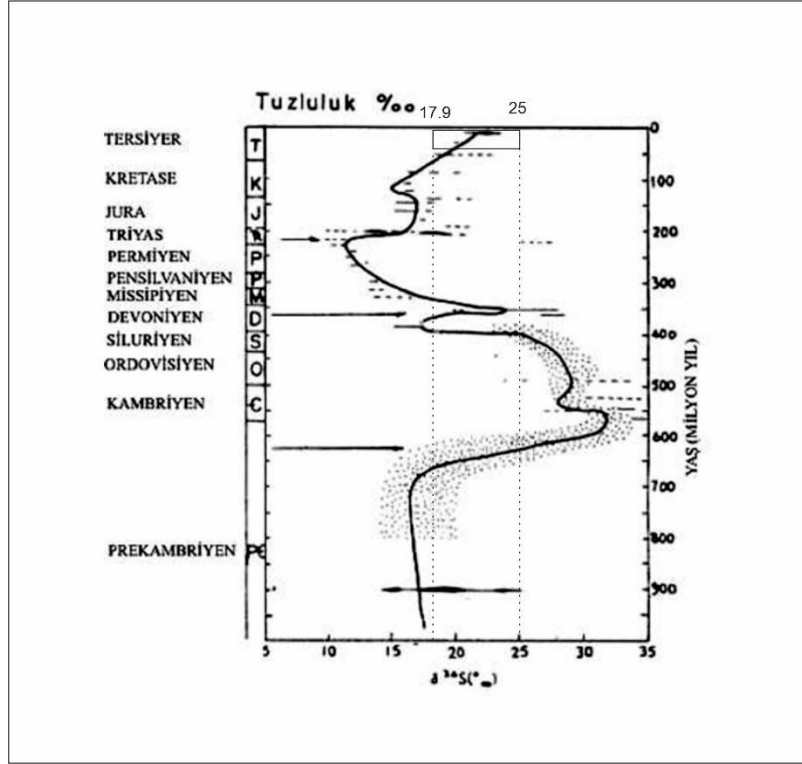
Sıra No	Örnek No	Litoloji	$\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}(\text{CDT})$
1	BD6	Bantlı -laminallı jips	22,6
2	BD7	Mikro nodüler jips	24,1
3	BD9	Nodüler jips	20,4
4	BD8	Masiv jips	22,7
5	BD1	Masiv jips	22,2
6	BD2	Bantlı nodüler jips	22,2
7	BD53	Masiv jips	25
8	BD4	Satin-Spar jips	17,9
Ortalama			22,3
Hassaslık			0,2



Şekil 7.17 .Jeolojik olarak önemli bazı kayaçlardaki $\delta^{34}\text{S}$ değerleri (Hoefs 1987)



Şekil 7.18 Denizel sülfatların $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin CDT değerleriyle karşılaştırılması (Degens 1965)



Şekil 7.19 S izotopu ile evaporitlerin tuzluluk ve yaş ilişkisi (Holser ve Kaplan 1977)

Paleojen sülfatlarının $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ‰19 ile 22 arasında değiştiğini göstermektedir (Şekil 7.18). Buda bugünkü eski denizel sülfatların değerine yakındır.

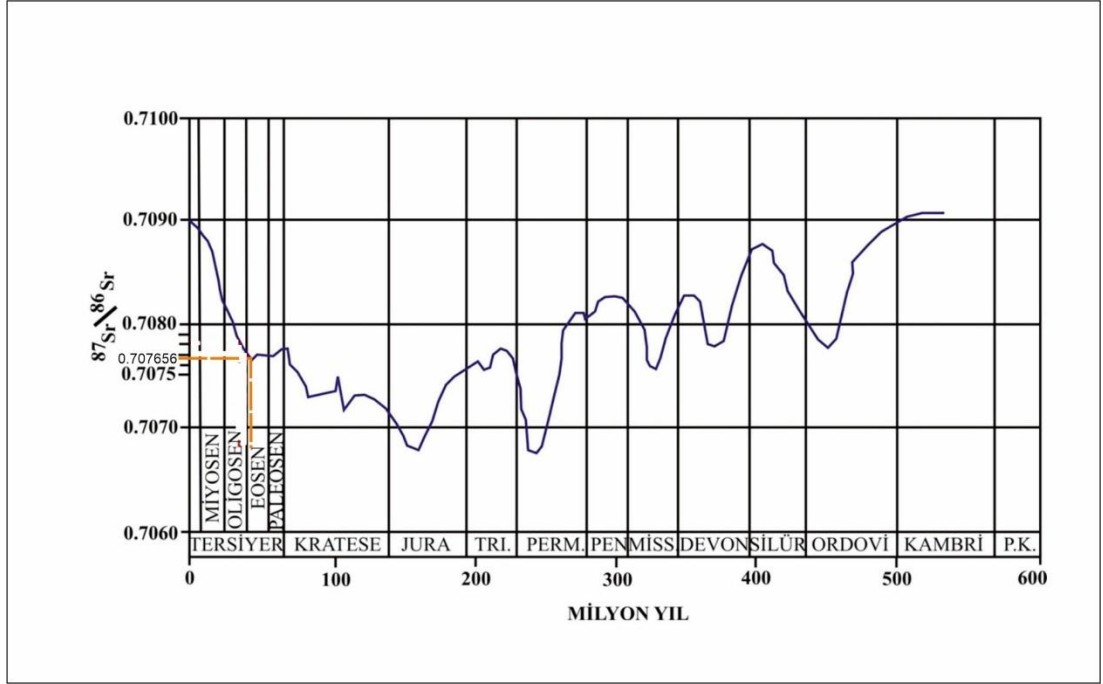
7.2.3 $^{87}/^{86}\text{Sr}$ Analizi çalışmaları

Evaporitik kayalarda en çok kullanılan stronsiyum izotopları $^{87}/^{86}\text{Sr}$ izotoplarıdır. ^{87}Sr izotopu karbonatlı kayalarda daha zengin bulunmaktadır. Sr kimyasal sedimanter kayaların (denizel kireçtaşı, dolomit vb.) ve evaporitlerin yaşlandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında ölçülen $^{87}/^{86}\text{Sr}$ değerlerinin (Çizelge 7.19) ortalaması alınıp Şekil 7.19'a yerleştirildiğinde çalışma sahasındaki evaporitlerin yaşı yaklaşık olarak Orta(?)-Üst Eosen (?Bartoniye-Priyaboniyen) olarak görülmektedir. Denizel ortamda oluşan Sivas Havzasına ait Eosen yaşlı evaporitlerin $^{87}/^{86}\text{Sr}$ değerleri 0.707202-0.707693 arasında,

Oligosen yaşı Darende evaporitlerinin $^{87/86}\text{Sr}$ değerleri 0.707243-0.707607 22,8-24,9 arasında ve Oligosen yaşı Kabaktepe-Kurtulmuştepe evaporitlerinin $^{87/86}\text{Sr}$ değerleri 0.707739-0.707744 arasında değişmekte olup bu değerler Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerin $^{87/86}\text{Sr}$ değerlerine oldukça benzerdir (Çizelge 7.20).

Çizelge 7.19 $^{87/86}\text{Sr}$ izotop analizi sonuçları

Örnek No	Örnek No	Litoloji	$^{87/86}\text{Sr}$	Standart Hata
1	BD54	Masiv jips	0,707728	-5<x<5
2	BD5	Karbonat ara katkılı jips	0,707685	-5<x<5
3	BD6	Bantlı-laminalı jips	0,707608	-9<x<9
4	BD8	Masiv jips	0,707792	-13<x<13
5	BD9	Nodüler jips	0,707465	-25<x<25



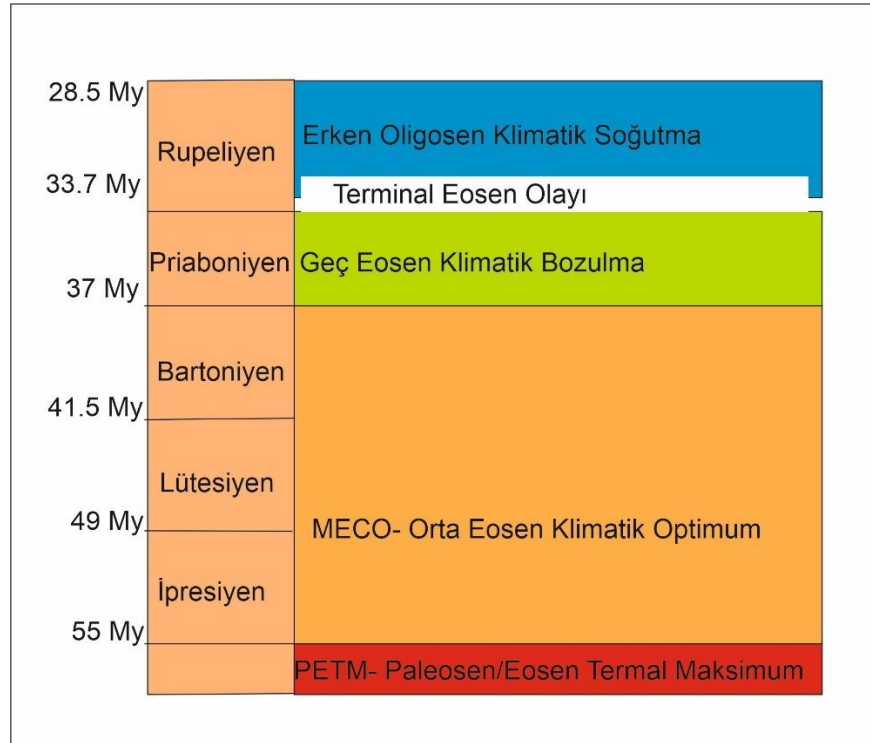
Şekil 7.20 Fanerozoyik'ten günümüze denizel karbonatların $^{87}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının değişimi (Burke vd. 1982)

Çizelge 7.20 Türkiye’deki bazı Paleojen yaşlı evaporitlerin izotop $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$, $^{87/86}\text{Sr}$ değerlerinin Pürçükören evaporitleri ile karşılaştırılması

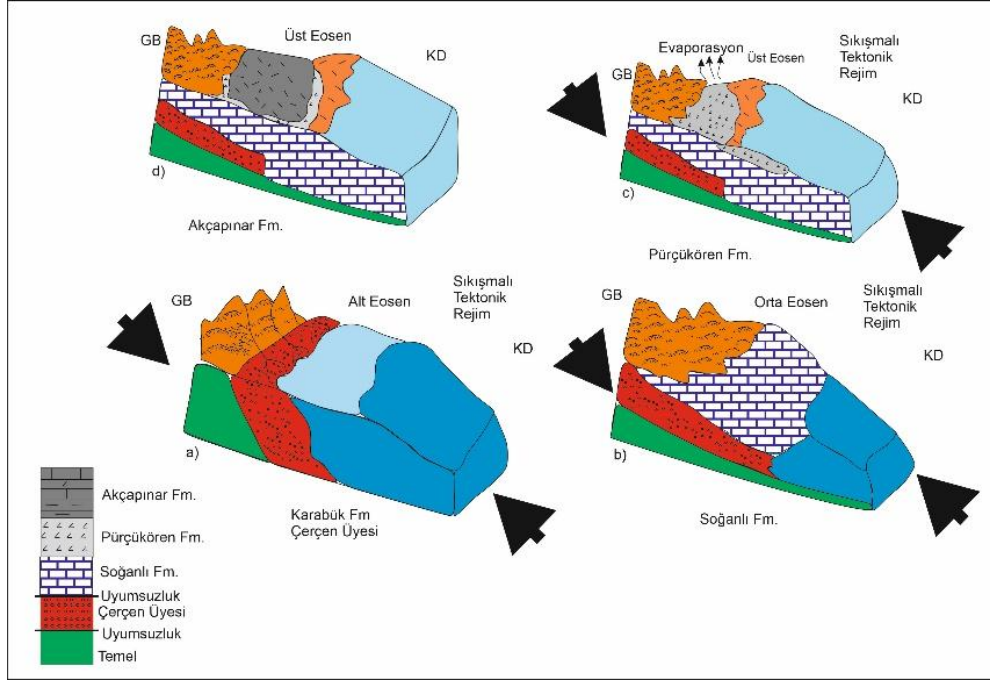
	Germik	Sivas	Darende	Kabaktepe	Pürçükören
$\delta^{18}\text{O}$	14	15,7	15,1	11,9	9
	13,8	18,1	15,4	12,5	15
	13,1	14,1	X	X	18,2
	13	16,3	X	X	13,6
	14,9	18,1	X	X	15,7
	X	17,5	X	X	12
	X	16,8	X	X	15,8
	X	16,2	X	X	17,5
$\delta^{34}\text{S}$	22,7	23	26,8	21,7	22,6
	22,6	23	24,9	21,8	24,1
	22,3	22,9	X	X	20,4
	22,7	23,3	X	X	22,7
	23,1	23,3	X	X	22,2
	X	30,6	X	X	22,2
	X	23,3	X	X	25
	X	23,4	X	X	17,9
$^{87/86}\text{Sr}$	X	0.707646	0.707607	0,707739	0,707728
	X	0.707681	0.707243	0,707744	0,707685
	X	0.707693	X	X	0,707608
	X	0.707703	X	X	0,707792
	X	0.707294	X	X	0,707465
	X	0.707202	X	X	X
	X	0.707333	X	X	X
	X	0.707391	X	X	X
(Yeşilova ve Helvacı, 2017) (Demir vd. 2019) (Akkuş 1971) (Özdoğan, 2008) Bu çalışma					
(Oligosen) (Eosen) (Oligosen) (Oligosen) (Eosen)					
Denizel ortam					

8. EVAPORİTLERİN DİYAJENEZİ VE OLUŞUM MODELİ

Eosen Dönemi Senozoyik’de en sıcak iklimi ve buz iklimi içeren bir dönemdir (Şekil 8.1). Bu dönemde okyanus yüzeyinde 4-8° C arasında sıcaklık artışı gerçekleşmiştir (Sotak 2010). Havzada Orta Eosen Dönemi’nde bölgesel ölçekli sıkışma tektoniği ve Orta Eosen Klimatik Yükselimi (MECO: Middle Eocene Climatic Optimum)’ne bağlı olarak deniz seviyesinde meydana gelen artışla beraber denizin karayı basmasıyla (transgrasyon) Soğanlı Formasyonu oluşmuştur (Şekil 8.2a). Transgrasyon evresini takip eden regresyon döneminde Eosen sonu tektonik yükselimle ve iklimsel ısınma süreciyle (buharlaşmayla) beraber evaporitik karakterde olan, sıg denizel ortam koşullarını yansıtan jips/anhidrit fasiyesli Pürçükören Formasyonu çökelmiştir (Şekil 8.2b). Daha sonra ise ortamın sakinleşmesiyle killi karbonat ve kil seviyeleri çökerek Akçapınar Formasyonu oluşmuştur (Us 2021).

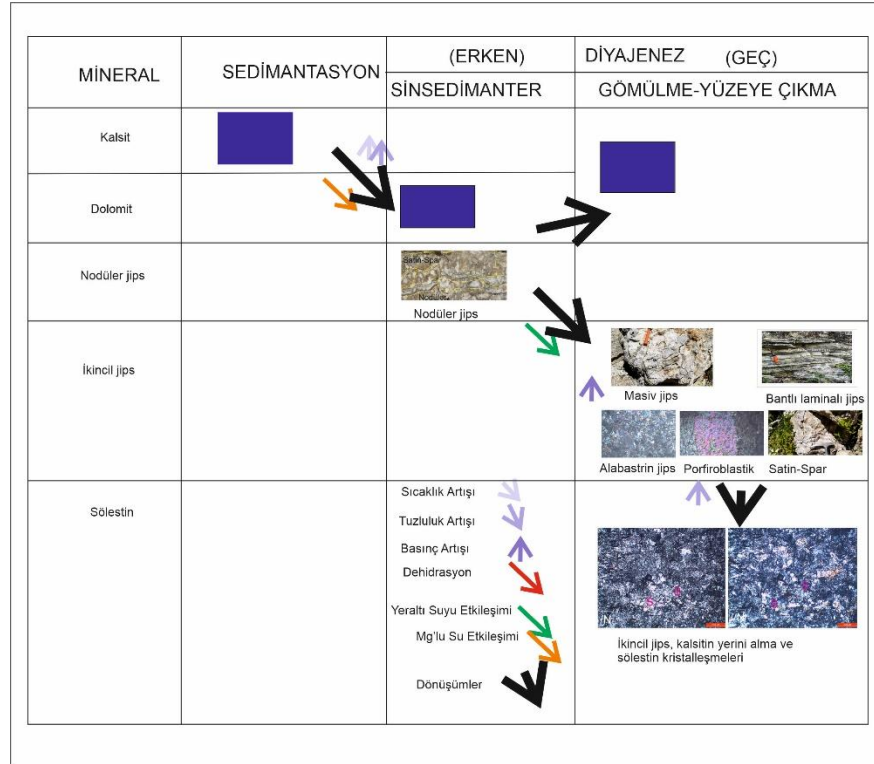


Şekil 8.1 Eosen’de meydana gelen önemli klimatolojik olaylar (Sotak 2010)



Şekil 8.2 Pürçükören evaporitlerinin çöküm modeli

Arazi çalışmaları, sedimentolojik çalışmalar, petrografik analizler (ince kesit ve SEM-EDS) ile mineralojik analizleri (XRD) yardımıyla Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerin diyajenetik gelişimleri açığa çıkarılmaya çalışılmıştır. Havzada kalsit evaporasyon sürecinde ilk çökelen mineraldir. Daha sonra Mg'ca zengin sıvılar, sıcaklık ve tuzluluk artışı etkisi ile erken diyajenezde kalsitin yapısına girerek dolomit oluşmuştur. Tuzlu sudaki kalsiyum konsantrasyonu artarak erken diyajenez evresinde nodüler jipsler (F.3) oluşmuştur. Derinlerdeki sıkışmış bu nodüler jipsler litostatik basıncın veya tektonizmanın etkisiyle yüzeye çıkarken zemin suları ile temas ederek alabastrin ve porfiroblastik dokulu masiv jipsler (F.1) ve bantlı lamine jipslere (F.2) dönüşmüşlerdir. Bu dönüşüm sırasında meydana gelen kırık ve çatlaklar lifsi satin-spar jipsler (F.5) tarafından doldurulmuştur. En sonunda ise ikincil sölestin kristalleri bu alabastrin ve porfiroblastik dokulu jipslerin yerini almıştır (Şekil 8.3).



Şekil 8.3 Evaporitlerin diyajenetik gelişimi

9. TARTIŞMA

9.1 Sedimentoloji-Petrografi-Mineraloji

Sedimentolojik çalışmalar sonucunda farklı evaporitik karakterde litofasiyeler açığa çıkarılmıştır. Bu litofasiyelerin bazıları birincil jipsler olmakla beraber çoğunluğu geç diyajenetik koşullarda oluşan ikincil jipslerdir. Sellenme döneminde bazı ikincil (porfiroblastik) jipsler çözünerek yeniden kristallenmiş ve alabastrin dokulu jipsleri oluşturmuştur. Minerallerin birbirine dönüşümleri sırasında hacimsel değişimlerin sebep olduğu kırık ve çatlaklar satin-spar jipsler (F.5) tarafından doldurulmuştur. Bu oluşumlar geç diyajenetik süreci işaret etmektedir (Shearman vd 1972). SEM çalışmalarında gözlenen ikincil sölestin mineralleri geç diyajenetik safhada bu ikincil jipslerin (alabastrin ve porfiroblastik jipsler) yerini almıştır. Mineralojik XRD çalışmalarında jips, sölestin, kalsit, dolomit ve detritik kökenli kuvarsların yanı sıra killer de tespit edilmiştir. Söz konusu bu killer ağırlıklı olarak sıcak/kurak iklim koşullarını işaret eden illit-klorit grubu killer oldukları saptanmıştır (Tekin vd. 2018).

9.2 Jeokimya

Önceki çalışmalar kısmında bahsedildiği gibi Kastamonu ve civarındaki evaporitler üzerinde yapılan çalışmalar eksik kalmaktadır. Karabük-Safranbolu Paleojen Havzası içinde paleontolojik, sedimentolojik çalışmalar olmasına rağmen evaporitlerin kökeni ve depolanma koşullarını ortaya konmak üzere yapılan çalışma sayısı oldukça azdır ve bu çalışmalar evaporitlerin kökenini ve depolanma koşullarını ortaya koymada yetersiz kalmaktadır.

Batı Karadeniz’de Kastamonu-İğdir civarındaki Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerde yapılan jeokimyasal analizlerle elde edilen veriler; denizel ortamda oluşan Eosen yaşlı Aladağ Formasyonu evaporitleri ile Oligosen yaşlı Kabaktepe ve Germik Formasyonu evaporitlerin değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça benzer değerler sunmaktadır. İz element değerlerine bakıldığında Sr, Ba, Ni, Pb, Cu

değerleri yine Pürçükören evaporitlerin iz element değerleriyle oldukça benzerdir. Pürçükören Formasyonundaki evaporitlerden elde edilen SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O değerleri denizel ortamlarda oluşan evaporitlerin yine aynı oksitlerin değerleriyle oldukça paralel oldukları gözlenirken, karasal ortamlarda oluşan evaporitlerden ise oldukça düşük oldukları gözlenmiştir. Bu bize Pürçükören evaporitlerinin sığ denizel ortamlarda oluştuklarını göstermektedir. Keza denizel evaporitler için önemli bir gösterge olan Sr elementinin değerleri çalışma sahamıza ait evaporitler ve denizel evaporit ile kıyaslandığında oldukça benzer, karasal evaporitler ile kıyaslandığında oldukça yüksek oldukları gözlenmiştir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak tez sahamıza ait evaporitlerin jeokimyasal analizlerden elde edilen elementler ve oksitleri havzanın batısı (Pürçükören) ile havzanın doğusu (Terke, Gergen, Karcılar) şeklinde ayrılarak değerlendirilmiştir. Çünkü; element çiftlerine ait korelasyon değerlerinden elde edilen değişim diyagramlarında bazı diyagramlar doğrusal grafikler sunmamaktadır. Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerde yapılan duraylı izotop analizleriyle elde edilen veriler Paleojen yaşlı evaporitlerde yapılan izotop çalışmaların ile kolere edilmiştir. Karasal ve denizel evaporit Sr, S ve O izotop değerleri arasında çok az fark olması nedeniyle karasal-denizel evaporit ayrımı yapmak oldukça güçtür (Palmer vd. 2004). Yine de bu küçük farklar bize denizel ortamı işaret etmektedir

10. SONUÇLAR

Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki (Kastamonu-İğdir civarındaki) Pürçükören Formasyonu Orta Eosen yaşlı evaporitlerin jeokimyası, kökeni ve oluşum şekillerine yönelik olarak yapılan tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir:

1. Terke, Karcılar-Göde, Gergen köylerindeki jips mostraları incelenmiş ve 5 adet litofasiyes tanımlanmış olup bunlar; masiv jips fasiyesi (F.1), bantlı-laminalı jips fasiyesi (F.2), nodüler jips fasiyesi (F.3), ikizlenmeli selenitik jips fasiyesi (F.4) ve lifsi satin-spar jips fasiyesi (F.5) dir.

2. Petrografik ince kesit çalışmalarında bu litofasiyelere ait örneklerin genellikle alabastrin ve porfiroblastik dokulu geç diyajenetik ikincil jipsler olduğu tespit edilmiştir. Petrografik ve jeokimyasal analizler evaporitlerde kil sıvımaları/dolguları tespit edilmiş ve karbonatlaşmanın olduğu belirlenmiştir.

3. Element jeokimyasından elde edilen veriler göre; Pürçükören Formasyonuna ait evaporitlerin esas oksit değerlerine bakıldığında, SiO_2 (0,08-2,87), Al_2O_3 (0,01-0,63), Fe_2O_3 (0,04-0,23), Na_2O (0,01-0,07), CaO (29,90-34,29) denizel ortamlarda oluşan evaporitlerin esas oksit değerleri ile paralellik göstermektedir. Buna karşılık karasal ortamda oluşan evaporitlerin esas oksit değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

4. İzotop çalışmalarıyla elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ değerleri bize, $\delta^{34}\text{S}$ izotopu değerlerinin artı yüksek ve birbirine çok benzer değerlerde çıkmış olması kısmen kapalı sığ denizel bir ortamda buharlaşmanın gerçekleştiğini göstermektedir. $\delta^{34}\text{S}$ değerleri evaporitlerin denizel kökenli olduklarını ortaya koymaktadır. Ayrıca $\delta^{34}\text{S}$ ile $^{87/86}\text{Sr}$ izotop değerleri evaporitlerin Orta- Üst Eosen (Bartoniye- Priyaboniyen)'de depolandığını ortaya koymuştur.

5. Fasiyes ve petrografik verilerden elde edilen verilere göre evaporitlerin diyajenetik gelişimi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Petrografik ve SEM-EDS çalışmalarında; sölestin, kalsit ve dolomit mineralleri ile F.2 fasiyesine ait örneklerin bazılarında detritik kuvars ve kil mineral dolguları gözlenmiştir. Bu kil ve kırıntılı malzeme evaporit çökelişimin tek düze olmadığını göstermektedir. Elde edilen verilere göre bazı fasiyesler içerisinde gözlenen sölestinlerin geç diyajenetik kökenli olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akkuş, M.F., 1971. Geologic and stratigraphic investigation of Darende–Balaban Basin (Malatya E-SE Anatolia). MTA Mag.76, 1– 61.
- Apaydin, A., 2016. Effects of the adjacent evaporitic formations on groundwater quality of alluvial sand–gravel aquifers: a study in the Derincay basin (north-central Turkey), DOI 10.1007/s12665-015-5230-9
- Babel, M. 2004. Models for evaporite, selenite and gypsum microbialite deposition in ancient saline basins, Acta Geologica Polonica, 54, 219-249.
- Blumenthal, M.M., 1948. Bolu civarı ile Aşağı Kızılırmak Mecrası arasındaki Kuzey Anadolu Silsilelerinin jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Raporu, No. 13, 265 s.
- Burke, W.H., Denison, R.E., Hetherington, E.A., Koepnick, R.B., Nelson, H.F. ve Ptto, J.B. 1982. Variation of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time Geology, 10:516-519.
- Cerit, O. 1983. Mengen (Bolu KD) yöresinin jeolojik incelenmesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 160, Ankara.
- Demir, Ç.Ş., Uçurum, A. ve Efe, A. 2019. Akkaya Sölestin yatağının jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve izotop (Sr, S, O, H) jeokimyası (Ulaş, Sivas-Türkiye). KSU J Eng Sci, 22(4).
- Degens, E.T., 1965 Geochemistry of Sediments: A Brief Survey, 1-342. Prentice – Hall, New Jersey.
- Emelyanov, E.M. ve Shimhus, K.M. 1986. Geochemistry and sedimentology of the Mediterranean Sea, 176p. Paris.
- Erendil, M., Aksay, A., Oral, A., Tuncay, G., Temren, A. ve Kuşçu, İ., 1991. Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi. M.T.A Rapor No: 9425 (yayımlanmamış), 55.
- Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Classification of carbonate rocks (Ed. By Ham, W.E.), Mem. Am. Ass. Petrol. Geol. Tulsa, I, 62-84.
- Geisler-Cussey, D. 1985. Approche sédimentologique et géochimique des mécanismes générateurs de formations évaporitiques actuelles et fossiles. Marais salants de Camargue et du Levant Espagnol, Messinien méditerranéen et Trias lorrain, Sciences de la Terre, Mémoires, 48, pp. 1-268.
- Geisler-Cussey, D. 1997. Modern depositional facies developed in evaporative environments (marine, mixed, and nonmarine). In: G. Busson & B.C. Schreiber (Eds), Sedimentary deposition in rift and foreland basins in France and Spain (Paleogene and lower Neogene), pp. 3-42. Columbia University Press, Newyork.
- Güner, Y. 1975. Filyos Vadisinin ve Dolayının Jeomorfolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Güven, A., 1977. Stratigraphy and sedimentology of Eocene formations, Karabük area, Turkey. Ph. D. Thesis University of Wales, Swansea, 307p.
- Hardie, L.A. 1984. Evaporites: Marine or non-marine. Amer. Jour. Scien., v. 284, p.193-240.

- Hoefs, J. 1987. Stable Isotope Geochemistry (3rd ed), Springer Verlag, 241 p., Munich.
- Holliday, D.W. 1970. The Petrology of secondary gypsum rocks: A review. Jour of Sed, Petro., 40/2, 734-74.
- Holser, W.T. ve Kaplan, J.R., 1977. Isotope geochemistry of sedimentary sulfates: Chem. Geology, 1, 93-135.
- Howarth, R. J. 1983. Statistic and data analysis in geochemical prospecting, Elsevier Publ. Co., 437 p., Amsterdam.
- Javor, B.J. 1983. Plancktonic standing crop and nutrients in a saltern ecosystem. Limnology and Oceanography, 28, 153-159.
- Karataş, Ö., 2007. Paşadağ civarı evaporitlerinin sedimentolojisi (KB Şereflikoçhisar, Ankara). Yüksek Lisan Tezi, Ankara Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü. 91s., Ankara
- Kendall, A.C. 1992. Evaporites, in Facies models; response to sea level change, Walker, R.G., James, Noel P. (editors), Geological Association of Canada Publishing, pp. 375-409.
- Ketin, İ. 1955. Zonguldak doğusunda Ovacuma bölgesinin jeolojisi hakkında, İÜFF Mecm., seri B. 20 (3). 147-154.
- Ketin, İ. 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri, MTA Dergisi, 66,20-34, Ankara.
- Krauskopf, K.B., 1979. Introduction to geochemistry, McGraw-Hill Book Company, 432p.
- Koçyiğit, A., 1987. Karabük-Safranbolu Tersiyer havzası kuzey kenarının stratigrafisi ve niteliği, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 30, 61-69.
- Murray, R.C., 1964. Origin and diagenesis of gypsum and anhydrite. Jour, of Sed, Petro. 34,3, 512-525
- Okay. A. I., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. A. M. C. Şengör (Ed), Tectonic evolution of Tethyan region, Nato Advanced Science Institute (ASI) Series, 259, 109-116.
- Okay. A., ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. DOI: 10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22, Geological Society London Special Publications 156(1): 475-515
- Okur, K. ve Kutluk, H. 2020. Benthic foraminiferal assemblages from the Safranbolu Formation (Cuisian, Eocene), Northwest Anatolia, Turkey. Journal of Palaeogeography 9(1), DOI: 10.1186/s42501-020-0054-2
- Orti, C. F. 1976. *An approach to the petrological study of secondary gypsum microstructures and their origin. Unpublished D.I.C. thesis, Imperial College, 140p.*
- Orti Cabo, F., Pueyo Mur, J.J., Geisler-Cussey, D. ve Dulau, N. 1984. Evaporitic sedimentation in the coastal salinas of Santa Pola (Alicante, Spain), Revistad'investigacions Geologiques, v. 38-39, pp. 169-220.
- Özdoğan, T., 2008. Ereğli Civarındaki Konya Doğusu İç Anadolu sölestin mineralleşmelerinin jeokimyasal incelenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Ankara Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü. 106s. (yayınlanmamış), Ankara
- Palmer, MR. Helvacı, C. ve Fallick, AE. 2004. Sulphur, sulphate oxygen and strontium isotope composition of Cenozoic Turkish evaporites. Chemical Geology, 16p.vol:

- Robertson, A., Parlak, O. ve Ustaomer, T. 2012. Overview of the Palaeozoic-Neogene evolution of Neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria) In : Petroleum Geoscience, 18/4, 381-404
- Saner, S., 1979. Batı pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kavramı ile açıklanması, Kuzeybatı Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 93/94, 1-19.
- Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M. ve Bürkan K. A., 1979. Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi. TPAO Rap. No: 1322 (yayınlanmamış).
- Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M. ve Bürkan, K.A. 1980. Safranbolu havzasının jeolojik yapısı ve Tersiyer paleocoğrafyası. Türkiye 5. Petrol Kongresi, s. 111-122, Ankara.
- Sherman, D.J. 1977. Sabkha facies evaporites. Dept. of Geology, University of London., Scientific works book, p. 78.
- Sotak, J. 2010. Paleoenvironmental changes across the EoceneOligocene boundary: insights from the Central-Carpathian Paleogene Basin. *Geologica Carpathica*, 61, 1-26.
- Şen., Ş. 2001. Karabük-Safranbolu Havzasının Sedimanter Analizi ve Bölgedeki Diğer Çökel Havzalarla İlişkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 195s.
- Şengör, A., M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. DOI: 10.1016/0040-1951(81)90275-4. *Tectonophysics* 75(3-4):181-190
- Tekin, E., Varol, B., Herece, E., Akgün, F., Gündoğan, İ., Karakaş, Z., Ayyıldız, T., Kayseri-Özer, M.S., Akiska, E. ve Us. M.S. 2018a. Batı Karadeniz Bölgesi (Düzce-Bolu-Karabük) Paleojen Evaporitlerinin Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Havza Evrimi. Tübitak-Çaydag 116 Y 140 nolu proje 2. Ara Raporu., 157.s.
- Tekin, E., Ayyıldız, T., Herece, E. ve Us. M.S., 2018b. An Example of a Tertiary Basin in a Transition from an Open to a Closed or Restricted Platform System: Karabük-Ovacık Basin developed over the Intra Pontid Suture Zone, Turkey. EGU General Assembly 2018, Vol. 20, EGU2018-2279-2, 2018
- Tekin, E. ve Us, M.S., 2019a. Akçapınar Formasyonu (Karabük, Batı Karadeniz Bölgesi) için önerilen yeni tip kesit hattı ve sedimentolojik özellikleri. Sedimentoloji Çalışma Grubu Çalıştayı, Elazığ, s.27.
- Tekin, E. ve Us, M.S., 2019b. Sedimentological properties of the Akcapinar Formation (Karabuk, West Black Sea Region, Turkey). WMESS 2019.
- Tekin, E. ve Us, M.S., 2020. Soft sedimentary structures and related facies of the Akcapinar Formation (Karabuk), West Black Sea Region, Turkey. WMESS 2019.
- Timur, E. ve Aksay, A., 2002. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 30 Zonguldak-F29 Paftası. 20s.
- Tucker, E.M. 2003. Sedimentary Petrology: An Introduction to the origin of Sedimentary Rocks, Blackwell Publishing, 3rd edition, 263 p.

- Türkmen, Ö. ve Çemen, İ. 2020. Role of the Cretaceous normal faults on the formation of the Eocene (Pontide) fold-thrust belt structures in offshore Akcakoca- Amasra area, Western Black Sea basin, Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 163.
- Tüysüz, O., 1990. Tectonic evolution of a part of the Tethyside orogenic collage: The Kargı massif, Northern Turkey. *Tectonics*, 9, 141-160.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G. 2005. Jeostatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, 382 s., Trabzon.
- Us, M.S. 2021. Eosen yaşlı Akçapınar formasyonunun (Karabük, Batı Karadeniz) sedimantolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 236 s.
- 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, Ankara.
- Warren, J.K., 2006. *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Springer, Berlin Heidelberg, 1035 P.
- Yergök, A. F., Akman, Ü., Keskin, İ., İplikçi, E., Mengi, H., Karabalık, N. N., Umut, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. ve Çetinkaya, A., 1987. Batı Karadeniz Bölgesinin jeolojisi, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Rapor No.8273 (yayınlanmamış), 230 p.
- Yeşilova, P.G. ve Helvacı, C. 2017. Petrographic study and geochemical investigation of the evaporites associated with the Germik Formation (Siirt Basin, Turkey), 32/2, 177-194.