

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA CİVARINDAKİ PERMİYEN-TRİYAS GEÇİŞİNİN
SEDİMANTOLOJİK, PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL AÇIDAN
İNCELENMESİ

Ferdi DEMİRTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA CİVARINDAKİ PERMİYEN-TRİYAS GEÇİŞİNİN
SEDİMANTOLOJİK, PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL AÇIDAN
İNCELENMESİ**

Ferdi DEMİRTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA CİVARINDAKİ PERMİYEN-TRİYAS GEÇİŞİNİN
SEDİMANTOLOJİK, PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL AÇIDAN
İNCELENMESİ**

**Ferdi DEMİRTAŞ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FDK-2015-755 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

HAZİRAN 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA CİVARINDAKİ PERMİYEN-TRİYAS GEÇİŞİNİN
SEDİMANTOLOJİK, PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL AÇIDAN
İNCELENMESİ

Ferdî DEMİRTAŞ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 21.06.2018... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdal KOŞUN (Danışman).....
Prof. Dr. Baki VAROL.....
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU.....
Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY.....
Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÖZAKSOY.....

ÖZET

ANTALYA CİVARINDAKİ PERMİYEN-TRİYAS GEÇİŞİNİN SEDİMANTOLOJİK, PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ

Ferdi DEMİRTAŞ

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdal KOŞUN

Haziran 2018; 111 sayfa

Bu tez çalışmasında Antalya ili civarında mostra veren ve Permiyen-Triyas geçişine karşılık gelen kayaçlar incelenmiştir. Tez kapsamında sığ denizel çökellerden oluşan iki adet sınır kesitinde detaylı çalışmalar yapılmıştır. İncelenen kesitler sırasıyla, Geç Permiyen Pamucak formasyonu ve Erken Triyas Kokarkuyu formasyonundan oluşan Kemer kesiti; Geç Permiyen Yüğüktepe formasyonu ile Erken Triyas Sapadere formasyonundan oluşan Gazipaşa kesitidir. İnceleme kapsamında ilgili kesitlerden alınan örneklerin sedimantolojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş ve jeokimyasal analizleri (duraylı izotop ve element analizleri) gerçekleştirilmiştir.

Duraylı izotop analizleri sonucunda iki kesitten alınan örneklerin $\delta^{13}\text{C}$ (VPDB) ve $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB) değerleri belirlenmiştir. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerleri +0.4‰ ile +5.3‰ arasındayken $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise -6.7‰’den -2.7‰’e kadar değişmektedir. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin kesit boyunca gösterdiği değişimle birlikte ölçülen sınır değerleri, dünya genelindeki diğer sınır kesitleri ile benzerlikler sunmaktadır. Bu durum Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının ilksel deniz suyu değerlerini yansıttığını işaret etmektedir. Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -9.4‰ ile +1.8‰ arasındayken $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise -10.6‰’den -4.4‰’e kadar değişmektedir. Bu kesitten elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri Kemer kesitine göre daha geniş bir aralıkta değişim sunmaktadır.

Kemer kesitinden elde edilen uranyum konsantrasyonu ve Ce anomalisi (Ce/Ce*) depolanma ortamındaki redoks koşullarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerindeki U konsantrasyonu 0.1 ile 7.5 ppm arasında değişmektedir. Permiyen sonunda U konsantrasyonunda meydana gelen düşüş (2.9 ppm’den 0.1 ppm’e kadar) oksijensiz ya da az oksijenli depolanma koşullarına işaret etmektedir. Kemer kesiti örneklerinin PAAS (Post-Archean Australian average shale)’a göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları orta NTE (Sm-Ho) açısından zenginleşme ve hafif bir Ce anomalisi ile karakterize edilmektedir. Ce/Ce* değerleri 0.34 ile 0.97 arasında hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya napları, Karbon izotopları, Permiyen, Triyas

JÜRİ: Doç. Dr. Erdal KOŞUN
Prof. Dr. Baki VAROL
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY
Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÖZAKSOY

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PERMIAN-TRIASSIC BOUNDARY AROUND ANTALYA IN TERMS OF SEDIMENTOLOGY, PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY

Ferdi DEMİRTAŞ

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdal KOŞUN

June 2018; 111 pages

In this thesis study, the rocks corresponding to the Permian-Triassic passage around Antalya province were investigated. In the scope of the thesis, detailed studies were made on two boundary sections consisting of shallow marine deposits. The investigated sections are the Kemer section consisting of Late Permian Pamucak formation and Early Triassic Kokarkuyu formation, and the Gazipaşa section consisting of Late Permian Yüğüktepe formation and Early Triassic Sapadere formation. Sedimentological and petrographical features of the samples taken from the related sections were determined and geochemical analyses (stable isotope and element analysis) were carried out.

As a result of the stable isotope analyses, $\delta^{13}\text{C}$ (VPDB) and $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB) values of the samples taken from the two sections were determined. The $\delta^{13}\text{C}$ values of the Kemer section vary between +0.4‰ and +5.3‰ while $\delta^{18}\text{O}$ values range from -6.7‰ to -2.7‰. The ranges values and variation throughout the section of the $\delta^{13}\text{C}$ values from Kemer section show similarities with other Permian-Triassic boundary sections in the world. This indicates that $\delta^{13}\text{C}$ values of the Kemer section reflect the primary seawater values. The $\delta^{13}\text{C}$ values of the Gazipaşa section are between -9.4‰ and +1.8‰ while $\delta^{18}\text{O}$ values range from -10.6‰ to -4.4‰. The $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values obtained from this section show a wider range of variation than the Kemer section.

The uranium concentration and the Ce anomaly (Ce/Ce^*) obtained from the Kemer section were investigated to evaluate the redox conditions of the depositional environment. The uranium concentration of the samples in the Kemer section is between 0.1 and 7.5 ppm. The decrease in the U concentration at the end of the Permian (from 2.9 ppm to 0.1 ppm) indicates no or low oxygen depositional conditions. Rare earth element (REE) distributions normalized to PAAS (Post-Archean Australian average shale) of the Kemer section are characterized by enrichment from medium REE (Sm-Ho) and a slight Ce anomaly. Ce/Ce^* values were calculated between 0.34 and 0.97.

KEYWORDS: Antalya nappes, carbon isotopes, Permian, Triassic

COMMITTEE: Assoc. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Baki VAROL

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Assist. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ÖNSÖZ

Antalya civarındaki Permiyen-Triyas geçişini temsil eden kayaçların sedimantolojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanması da dahil olmak üzere çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında tecrübesi ve yorumlarıyla beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Erdal Koşun'a çok teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamın her aşamasında bana rehberlik eden, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Emekli Öğretim Üyesi Prof. Dr. Baki Varol'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Fuzuli Yağmurlu'ya teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan değerli meslektaşlarım Arş. Gör. Koray Koç, Jeoloji Yüksek Mühendisi Halil Bölük ve Jeoloji Mühendisliği Lisans öğrencileri Ceyhun Mert, Yavuzcan Çelik ve Süreyya Türkoğlu'na çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
AKADEMİK BEYAN.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Konusu.....	1
1.2. Çalışma Alanlarının Konumu.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Bölgesel Jeoloji.....	4
2.1.1. Antalya napları.....	5
2.1.2. Bey Dağları otoktonu ve Anamas-Akseki otoktonu.....	6
2.1.3. Likya napları.....	7
2.1.4. Alanya napları.....	7
2.2. Kitlesele Yok Oluşlar.....	9
2.2.1. Tanım.....	9
2.2.2. Kitlesele yok oluş kayıtları.....	9
2.2.3. Permiyen sonu kitlesele yok oluşu (PSKY).....	11
2.2.3.1. Permiyen-Triyas sınır kesitleri.....	13
2.2.3.2. Permiyen sonu kitlesele yok oluşunun tarihlendirilmesi.....	13
2.2.4. Permiyen sonu kitlesele yok oluşunun (PSKY) olası nedenleri.....	17
2.2.4.1. Sibirya Trap büyük magmatik provensi.....	18
2.2.4.2. Okyanus anoksiya olayı.....	19
2.2.4.3. Küresele ısınma.....	21
2.2.4.4. Okyanus asitlemesi.....	21
2.2.4.5. Asit yağmurları, ozon tabakasının tahribatı ve toksik metal zehirlenmesi.....	21
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1. Arazi Çalışmaları.....	23

3.2. Laboratuvar Çalışmaları	23
3.2.1. İnce kesit incelemeleri	23
3.2.2. Duraylı izotop incelemeleri	25
3.2.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri	27
3.2.4. Majör oksit ve iz element incelemeleri	28
3.3. Büro Çalışmaları	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Stratigrafi	30
4.1.1. Kemer bölgesi	30
4.1.1.1. Pamucak formasyonu	30
4.1.1.2. Kokarkuyu formasyonu	32
4.1.2. Gazipaşa bölgesi	32
4.1.2.1. Yüğüktepe formasyonu	32
4.1.2.2. Sapadere formasyonu	34
4.2. Sedimantoloji	37
4.2.1. Kemer kesiti	37
4.2.1.1. Algli vaketaşı-istiftaşı (F1)	37
4.2.1.2. Siyah çamurtaşı (F2)	39
4.2.1.3. Oolitik tanetaşı-istiftaşı (F3)	39
4.2.1.4. Stromatolitik kireçtaşı (F4)	39
4.2.2. Gazipaşa kesiti	41
4.2.2.1. Kısmen rekrystalize kireçtaşı (G1)	41
4.2.2.2. Oolitik tanetaşı (G2)	41
4.2.2.3. Stromatolitik kireçtaşı-çamurtaşı ardalanması (G3)	42
4.2.3. Litofasiyes sonuçlarının değerlendirilmesi	45
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri (SEM)	46
4.4. Duraylı İzotop Analizleri	52
4.4.1. Kemer kesiti duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) analizi sonuçları	52
4.4.2. Gazipaşa kesiti duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) analizi sonuçları	52
4.4.3. $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının değerlendirilmesi	55
4.4.3.1. $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki negatif kaymanın nedeni	57
4.5. Majör Oksit ve İz Element Analizi	57
4.5.1. Kemer kesiti majör oksit ve iz element analiz sonuçları	57

4.5.2. Gazipaşa kesiti majör oksit ve iz element analiz sonuçları	65
4.6. Redoks Koşullarına Duyarlı Elementler.....	73
4.6.1. U konsantrasyonu ve Th/U oranı sonuçları	74
4.6.1.1. Örnekler üzerindeki diyajenetik etkinin belirlenmesi	75
4.6.1.2. U ve Th/U sonuçlarının değerlendirilmesi	75
4.6.2. Nadir toprak elementler ve Ce anomalisi sonuçları.....	79
4.6.2.1. Ce anomalisi sonuçlarının değerlendirilmesi	83
5. SONUÇLAR	86
6. KAYNAKLAR	88
7. EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Antalya Civarındaki Permiyen-Triyas Geçişinin Sedimentolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Açıdan İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

21/06/2018

Ferdi DEMİRTAŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

‰ : Binde (permil)

δ : Delta notasyonu

μm : Mikrometre

NOT : Tez metninde ondalık ayracı olarak “.” kullanılmıştır.

Kısaltmalar

EDS : Enerji dağılımlı spektrometre

GÖ : Günümüzden önce

Gt : Gigaton

MTA : Maden Tetkik Arama

MY : Milyon yıl

NTE : Nadir toprak elementler

Ppb : Milyarda bir birim

Ppm : Milyonda bir birim

PAAS : Post-Archean Avustralian average shale

PSKY : Permian sonu kitlesel yok oluşu

PT : Permian-Triyas

XRD : X-ışınları Difraktometresi

ICP-ES: Inductively coupled plasma-emission spectrometry

ICP-MS : Inductively coupled plasma-mass spectrometry

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.1.** Çalışma alanlarının konumlarını gösteren yerbulduru haritası (Alttaki harita google.com/maps'den alınarak düzenlenmiştir) 3
- Şekil 2.1.** Toroslar kuşağının coğrafik alt bölümleri (Özgül 1984) (KF: Kırkkavak Fayı; EF: Ecemiş Fayı; DAF: Doğu Anadolu Fayı; KAF: Kuzey Anadolu Fayı) 5
- Şekil 2.2.** Orta ve Batı Toroslar'daki ana jeolojik birimler (Özgül 1984; Şenel vd. 1997, 2016; Poisson vd. 2013) 6
- Şekil 2.3.** Antalya naplarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesitler (Şenel vd. 2010'dan basitleştirilmiştir, ölçeksizdir) 8
- Şekil 2.4.** Fanerozoik boyunca familya sayıları. Denizel omurgalı ve organizmaların familya çeşitliliğini gösteren kırmızı eğri Raup ve Sepkoski (1982)'den, karasal organizmaların familya çeşitliliğini gösteren siyah eğri ise Benton (1995) ve Cascales-Minana vd. (2016)'dan alınmıştır. Raup ve Sepkoski (1982) nadiren korunan grupları çalışmaya dahil etmemiştir. Oklar, Raup ve Sepkoski (1982) tarafından belirlenen 5 büyük kitlesel yok oluşu işaret etmektedir. 5 kitlesel yok oluşun yanında verilen yüzde değerleri ise yine Raup ve Sepkoski (1982) tarafından belirlenen denizel familya sayılarındaki düşüşün göreceli büyüklüğünü ifade etmektedir. Kısaltmalar: Kamb., Kambriyen; Ord., Ordovisiyen; Sil., Siluriyen; Perm., Permiyen; Paleo., Paleojen; Neo., Neojen 10
- Şekil 2.5.** Fanerozoik boyunca bazı önemli denizel grupların biyolojik çeşitliliklerindeki (cins düzeyinde) değişim (Alroy 2010) (A: gastropod, brakiyopod ve trilobit; B: bivalvia, anthozoa ve cephalopod) 12
- Şekil 2.6.** Geç Permiyen sırasındaki (~252 milyon yıl önce) küresel paleo-coğrafya yapılandırma haritası (Şengör ve Atayman 2009). Harita, Şengör ve Atayman (2009) tarafından farklı kaynaklardan yararlanılarak hazırlanmıştır. 1. Meishan kesiti (Çin'in güneyi), 2. Kuzeydoğu İran, 3. Türkiye (Kemer kesiti, Gazipaşa kesiti vs.) 4. Slovenya, 5. Macaristan (Bükk Mountain), 6. Doğu Grönland, 7. Norveç (Spitsbergen) 8. Sibirya, 9. Japonya, 10. Yeni Zelanda, 11. Güney Afrika (Karoo havzası) 14
- Şekil 2.7.** Çin'in Changxing kentinde bulunan Permiyen-Triyas sınırı stratotip kesiti (Meishan Jeo-park) ve noktasının genel görünümü. Sağ altta tabaka 25 olarak adlandırılan altere volkan külü zonu (çekicinin bulunduğu tabaka) görülmektedir (Anonymous 1; Fotoğraf Andrew D. Saunders tarafından çekilmiştir) 17
- Şekil 2.8.** Sibirya bölgesindeki magmatik kayaçların dağılımı (Reichow vd. 2009) 19
- Şekil 2.9.** Permiyen sonu yok oluşu için önerilen yok oluş mekanizmaları ve birbirleriyle olan ilişkileri (Bond ve Grasby 2017) 20

Şekil 3.1. Engelli karbonat platformu üzerindeki Fasiyes Zonlarındaki (Wilson 1975) Standart Mikrofasiyes Tipleri (Flügel 2004). FWWB: Durgun hava dalga tabanı, SWB: Fırtınalı hava dalga tabanı	24
Şekil 3.2. SEM analizi için hazırlanan örnekler	28
Şekil 3.3. SEM analiz cihazı	28
Şekil 4.1. Kemer bölgesindeki çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Şenel vd. 2010). Bu çalışmada yaygın kullanılması sebebiyle Üst Permiyen yaşlı birimler Pamucak formasyonu (Marcoux ve Baud 1986) ve Alt Triyas yaşlı birimler ise Kokarkuyu formasyonu (Altiner 1981) adı altında incelenmiştir (Kısaltmalar: Pamc.; Pamucakyayla)	31
Şekil 4.2. Kemer Çürük Dağ batı yamacında Pamucak formasyonuna ait ince-orta tabakalı kireçtaşları (BY: KD)	32
Şekil 4.3. Pamucak formasyonu tavan kısmında görülen nodüler katmalı kireçtaşları ve siyah çamurtaşı düzeyleri	33
Şekil 4.4. Kemer Çürük Dağ batı yamacındaki Permiyen-Triyas sınır kesiti (BY: KD).....	33
Şekil 4.5. Kokarkuyu formasyonunun tabanını oluşturan dom (kubbe) şekilli ve laminalı stromatolitik kireçtaşları	34
Şekil 4.6. Gazipaşa civarındaki Antalya naplarının geliştirilmiş dikme kesiti (Arkan 2016). Kesit üzerindeki formasyon isimleri Özgül (1983) ve Ulu (1983) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınarak kullanılmıştır	35
Şekil 4.7. Yüglüktepe formasyonunda gözlenen kalın tabakalı ve bol çatlaklı kireçtaşları (Bakış yönü: KB).....	36
Şekil 4.8. Sapadere formasyonu Taşlıca üyesine ait kumtaşı-marn-kireçtaşı ardalanması (Bakış yönü: GD).....	36
Şekil 4.9. Sapadere formasyonuna ait; a) bivalve kavkılı kireçtaşı; b) ripilli kumtaşı	37
Şekil 4.10. Kemer ölçülü stratigrafik kolon kesiti (Çürük Dağ doğu yamacı)	38
Şekil 4.11. Algli vaketaşı-istiftaşı fasiyesine (F1) ait mikroskop görüntüleri; a-c) kalkerli yeşil algler (<i>Mizzia sp.</i> , <i>Permocalculus</i>); d) foraminifer fosili; e) kümelenmiş iskeletsel taneler; f) demir dolgulu stilolit yapıları (a,c,e,f çift nikol ve b,d tek nikol)	40
Şekil 4.12. Oolitik tanetaşı-istiftaşı fasiyesine (F3) ait mikroskop görüntüleri; a-b) çekirdeği tek bir yuvarlak kalsit kristalinden oluşan yüzeysel ooid taneleri; c) kırık yapıları gösteren parçalı ooid taneleri; d) stromatolitik kireçtaşı fasiyesine (F4) ait mikroskop görüntüsü.....	41

Şekil 4.13. Gazipaşa ölçülü stratigrafik kolon kesiti (Öznur tepe civarı).....	43
Şekil 4.14. Gazipaşa kesitine ait mikroskop görüntüleri; a) yeşil algli kısmen rekristalize kireçtaşları (G1) b) yeşil alg fosili?; c) foraminifer fosili?; d) oolitik tanetaşı fasiyesi (G2) elips şekilli ooid taneleri ve çekirdeği oluşturan dolomit kristali; e) parçalanmış ooid çekirdekleri; f) tamamen mikritleşmiş ooid çekirdeği	44
Şekil 4.15. Siyah çamurtaşı fasiyesine (F2) ait SEM görüntüleri; a-b) framboidal tipte piritler; c-d) kübik pirit kristalleri; e-f) tüpsü bakteriyel yapılar	47
Şekil 4.16. Kemer kesiti oolitik tanetaşı-istiftaşı fasiyesine (F3) ait SEM görüntüleri; a-b) ooid çekirdeği (Ç harfi çekirdeği ifade etmektedir) ve çevresinde gözlenen matriksin yeniden kristallenmesi; c-d) ooid çekirdeği çevresindeki ışınal kalsit kristalleri; e-f) ooidlerin zar kısmında görünen yelpaze şeklinde dizilmiş kristaller.....	48
Şekil 4.17. Gazipaşa kesiti oolitik tanetaşı fasiyesine (G2) ait SEM görüntüleri; a-b) ooid tanelerin genel görünümü ve çekirdekteki dolomit kristalleri; c) ooid tanesi çevresindeki pirit kristalleri; d) pirit kristalinin (P) yakından görünümü; e-f) mikritleşmiş ooid zarı.....	49
Şekil 4.18. Kemer kesiti stromatolitik kireçtaşı fasiyesine (F4) ait SEM görüntüleri; a-b) kaolinit levhaları; c) apatit mineralleri; d) titanyum minerali; e) kuvars minerali; f) demir mineralleri.....	50
Şekil 4.19. Gazipaşa kesiti stromatolitik kireçtaşlarına (G3) ait SEM görüntüleri; a-b) demir mineralleri; c) kil (illit?) minerali; d) zirkon minerali; e-f) apatit mineralleri	51
Şekil 4.20. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin dağılımı. Kesikli gri çizgi Permian-Triyas sınırını, ok işareti negatif yöndeki kaymanın başlangıcını göstermektedir.....	54
Şekil 4.21. Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin dağılımı. Kesikli gri çizgi Permian-Triyas sınırını göstermektedir.....	54
Şekil 4.22. Kemer ve Gazipaşa kesitindeki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin Dünya genelindeki farklı Permian-Triyas sınır kesitleri ile karşılaştırılması. Karşılaştırma yapılırken örneklerin Permian-Triyas sınırına olan mesafeleri dikkate alınmıştır.....	56
Şekil 4.23. Kemer kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı.....	62
Şekil 4.24. Kemer kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı.....	62
Şekil 4.25. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerindeki majör oksitler arasındaki ilişki	63
Şekil 4.26. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element dağılımları (Sr, Ba, Co, W).....	64

Şekil 4.27. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element dağılımları (V, Mo, U, Zn).....	64
Şekil 4.28. Gazipaşa kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı.....	70
Şekil 4.29. Gazipaşa kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı.....	70
Şekil 4.30. Gazipaşa kesiti örneklerindeki Al ₂ O ₃ ile K ₂ O ve TiO ₂ arasındaki ilişki.....	71
Şekil 4.31. Gazipaşa kesiti örneklerinin iz element dağılımları (Sr, Ba, Co, W)	72
Şekil 4.32. Gazipaşa kesiti örneklerinin iz element dağılımları (V, Mo, Zr, Zn).....	72
Şekil 4.33. Kemer kesiti U ve Th/U değerleri (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir).....	74
Şekil 4.34. U ve Th/U değerlerinin Mg/Ca, Sr/Ca ve Mn/Sr ile karşılaştırılması.....	76
Şekil 4.35. Th/U ve U değerleri ile Al değerlerinin karşılaştırılması	76
Şekil 4.36. Kemer kesiti (bu çalışma) ve Taşkent kesiti (Lau vd. 2016) örneklerin U konsantrasyon değerleri. Taşkent kesiti verileri Lau vd. (2016)'dan alınmıştır. (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir).....	77
Şekil 4.37. Kemer kesiti Th/U değerlerinin Daxiakou kesiti (Elrick vd. 2017) ile karşılaştırılması. Daxiakou kesiti verileri Elrick vd. (2017)'den alınmıştır.....	77
Şekil 4.38. Kemer kesiti U konsantrasyonu ile $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin kesit boyunca değişimi (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir).....	79
Şekil 4.39. Ortalama NTE dağılım diyagramı (Tüm değerler PAAS'a göre normalize edilmiştir; McLennan 1989).....	82
Şekil 4.40. NTE dağılım diyagramı (Tüm değerler PAAS'a göre normalize edilmiştir; McLennan 1989).....	82
Şekil 4.41. Kemer kesiti TNTE ve Ce/Ce* değerlerinin kesit boyunca dağılımı (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir).....	83
Şekil 4.42. Kemer kesiti Ce/Ce* değerlerinin önceki çalışmalarla karşılaştırılması (Demirtaş kesiti, Loope vd. 2013; İdrija Valley kesiti Dolonec vd. 2001, Meishan kesiti; Zhao vd. 2013) (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir).....	84
Şekil 4.43. Kemer kesiti Y/Ho oranları ile Ce/Ce* değerlerinin karşılaştırılması.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Değişik araştırmacılar tarafından hazırlanan Permien sonunda denizel organizmalarda cins düzeyinde meydana gelen kayıpların sıralaması	11
Çizelge 2.2. Dünya genelindeki Permien-Triyas stratigrafik sınır kesitleri.....	15
Çizelge 2.3. Meishan (Çin) (Brosse vd. 2016) ve Shahreza (İran) (Korte vd. 2005) kesitlerine ait konodont zonları.....	16
Çizelge 3.1. Duraylı izotop çalışmalarında en çok kullanılan elementler ve bolluk oranları (Sharp 2007)	26
Çizelge 3.2. Duraylı izotop çalışmalarında kullanılan standartlar (Sharp 2007'den değiştirilerek alınmıştır).....	27
Çizelge 4.1. Örneklerin duraylı izotop analizi ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) sonuçları	53
Çizelge 4.2. Kemer kesiti örneklerinin majör element, toplam karbon ve kükürt analiz sonuçları ve toplam CaCO_3 değerleri, (*çamurtaşı örnekleri, tüm değerler % olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir.....	59
Çizelge 4.3. Kemer kesiti örneklerinin iz element analizi sonuçları (*çamurtaşı örnekleri, tüm değerler ppm olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir	60
Çizelge 4.4. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element değişim aralıkları ve ortalama değerleri.....	65
Çizelge 4.7. Kemer kesiti örneklerinin NTE (+ itriyum) analizi sonuçları (*çamurtaşı örnekleri, **tüm değerler ppm olarak verilmiştir).....	80
Çizelge 4.8. Kemer kesiti örneklerinin NTE normalize değerleri (NTE/PAAS)	81

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Konusu

Bu tez çalışmasında Antalya ili civarında mostra veren Permian-Triyas geçişine karşılık gelen kayaçların sedimentolojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Antalya'nın Kemer ve Gazipaşa ilçelerinde olmak üzere iki adet Permian-Triyas stratigrafik sınır kesitinden derlenen örnekler üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu kesitlerin temsil edildiği Üst Permian ve Alt Triyas yaşlı kayaçların sedimentolojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Buna ek olarak, Permian-Triyas geçişi sırasındaki karbon döngüsünde meydana gelen değişimlerin izlerinin tespit edilmesi amacıyla duraylı izotop analizleri ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) gerçekleştirilmiştir. Redoks koşullarında meydana gelen değişimlerin belirlenebilmesi için de majör oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. Sonrasında ise elde edilen veriler ve sonuçlar Dünya genelinde Permian-Triyas geçişi ile ilişkili genel kabul gören veriler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Permian-Triyas geçişi günümüzden yaklaşık 252 milyon yıl (my) öncesine karşılık gelmekte olup, Yerküre'nin jeolojik tarihçesi içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Permian (GÖ 299 my-252 my arası) sonunda, son 540 my içerisinde (Fanerozoik) gerçekleşmiş olan kitlesel yok oluşlardan en büyük olanı meydana gelmiştir (Raup ve Sepkoski 1982; Erwin 1994; Sepkoski 1996; Bambach vd. 2004; Stanley 2016). Neredeyse denizlerde yaşayan tüm canlılar bu krizden etkilenmiştir (Erwin 1994; Benton 2003). Bu yok oluşla birlikte Permian sonunda denizel türlerin %90'ından fazlasının yok olduğu tahmin edilmektedir (Raup 1979; Erwin 1994). Bu özelliği ile bu jeolojik döneme ait kayaçlar çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bugüne kadar yapılan araştırmalar ile Permian sonunda küresel ısınma (Joachimski vd. 2012; Sun vd. 2012), okyanus anoksiya olayı (Wignall ve Hallam 1992; Wignall ve Twitchett 1996; Grice vd. 2005; Şengör ve Atayman 2009; Bond ve Wignall 2010; Brenneka vd. 2011; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017) ve okyanus asitlenmesi (Payne vd. 2007; Clapham ve Payne 2011; Beauchamp ve Grasby 2012; Heydari vd. 2013; Clarkson vd. 2015) gibi önemli iklimsel ve çevresel değişimlerin meydana geldiğini işaret eden bulgular ortaya çıkmıştır. Ancak her ne kadar çok sayıda araştırma var olsa da bu büyüklükteki bir biyolojik felaketin nedenleri konusunda tam olarak bir fikir birliği sağlanmış değildir.

Permian-Triyas geçişi sırasında meydana geldiği ileri sürülen çevresel değişimlerden çoğu (örneğin küresel ısınma) günümüzde de benzer şekilde gözlenmektedir (Algeo vd. 2015; Xie vd. 2017). Bu nedenle, Yerküre'nin jeolojik tarihçesi içerisinde meydana gelen çevresel değişimler ve bu değişimlerin canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması günümüz açısından da önem arz etmektedir.

1.2. Çalışma Alanlarının Konumu

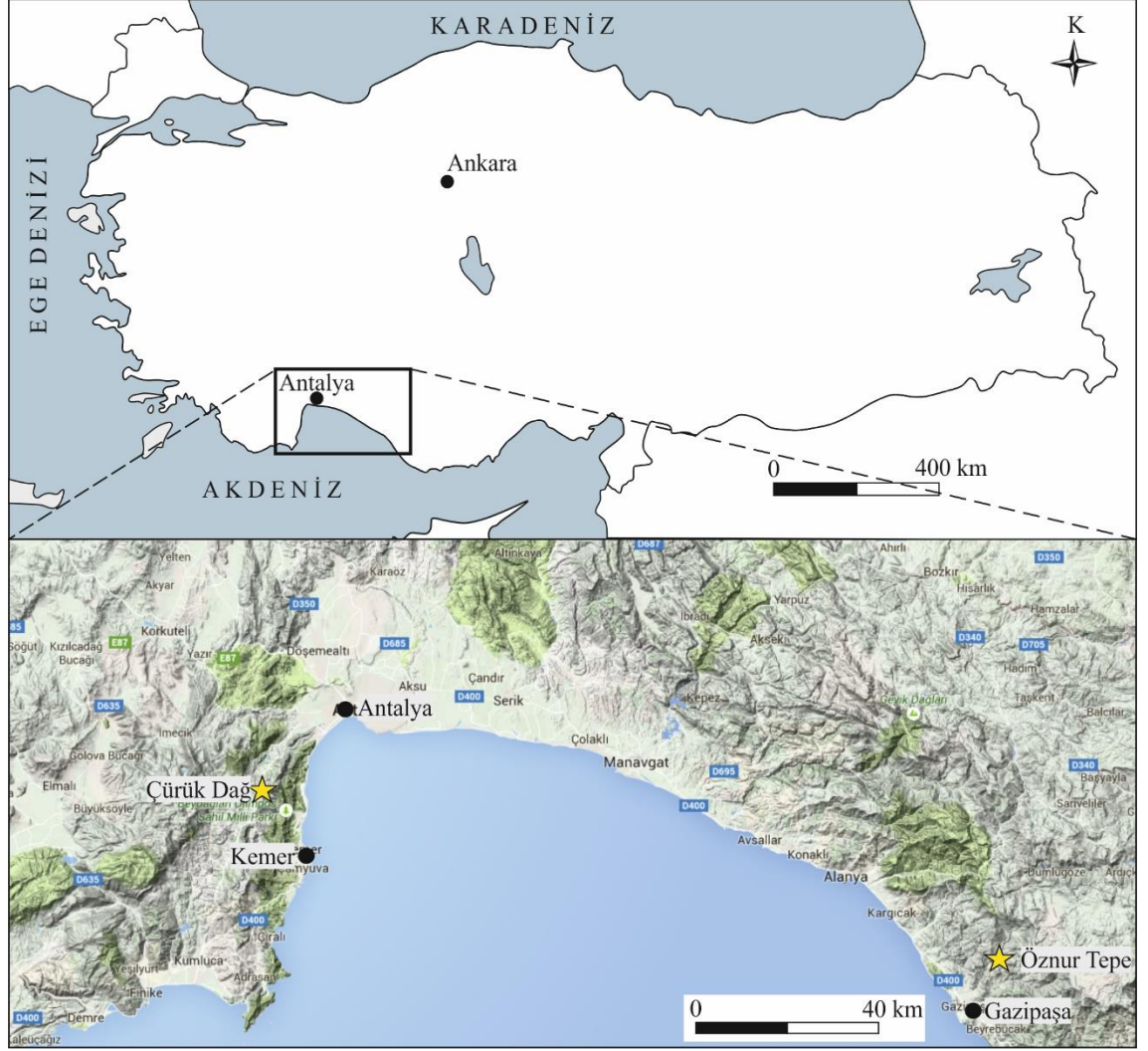
Çalışma alanları, Orta ve Batı Toroslar kuşağında yer alan iki farklı bölgede bulunmaktadır. Birinci çalışma alanı, Antalya iline bağlı Kemer İlçesi sınırları içerisinde, ikinci çalışma alanı ise yine Antalya iline bağlı Gazipaşa İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Bu iki çalışma alanında yer alan Permian-Triyas sınır kesitleri incelenmiştir.

Birinci çalışma alanında incelenen kesit (Kemer kesiti), Kemer İlçe merkezinin 15 km kuzeybatısındaki Çürük Dağ'da bulunmaktadır. Bu alan Antalya bölgesine ait 1/25000 ölçekli O24-c2 nolu pafta sınırları içerisinde yer almaktadır.

İnceleme alanı yakın çevresindeki önemli yerleşim yerleri Kemer ilçe merkezi, Göynük beldesi ve Üçoluk köyüdür. İnceleme alanına ulaşım Antalya-Altinyaka karayolu üzerindeki Üçoluk köyü üzerinden sağlanmaktadır. İnceleme alanı çok derin vadi ve yüksek dağların bulunduğu oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Yüksekliği 1000 m'yi aşan çok sayıda dağ bulunmaktadır. Çürük Dağ (1457 m), Katran Dağı (1643 m), Kavak Dağ (1448 m) ve Sarıçınar Dağı (1811 m) inceleme alanı çevresindeki önemli yükseltileri teşkil etmektedir.

İkinci çalışma alanında incelenen kesit (Gazipaşa kesiti), Gazipaşa ilçe merkezinin 10 km kuzeydoğusundaki Öznur Tepe civarında bulunmaktadır. Bu alan Alanya bölgesine ait 1/25000 ölçekli P28-b4 paftası sınırları içerisinde yer almaktadır.

İnceleme alanı çevresindeki önemli yerleşim yerleri Gazipaşa ilçe merkezi ve Küçük köyüdür. Gazipaşa, şehir merkezi Antalya'nın yaklaşık 180 km doğusunda yer almaktadır. Buradaki inceleme alanına ulaşım Gazipaşa ilçe merkezinden Bıçkıcı Deresi boyunca KD'ya doğru giden yol izlenerek sağlanmaktadır. Yaren Dağı (819 m) ve Zeytin Dağı (555 m) inceleme alanı çevresindeki önemli yükselti alanlarını oluşturur.



Şekil 1.1. Çalışma alanlarının konumlarını gösteren yerbuldur haritası (Alttaki harita google.com/maps'den alınarak düzenlenmiştir)

2. KAYNAK TARAMASI

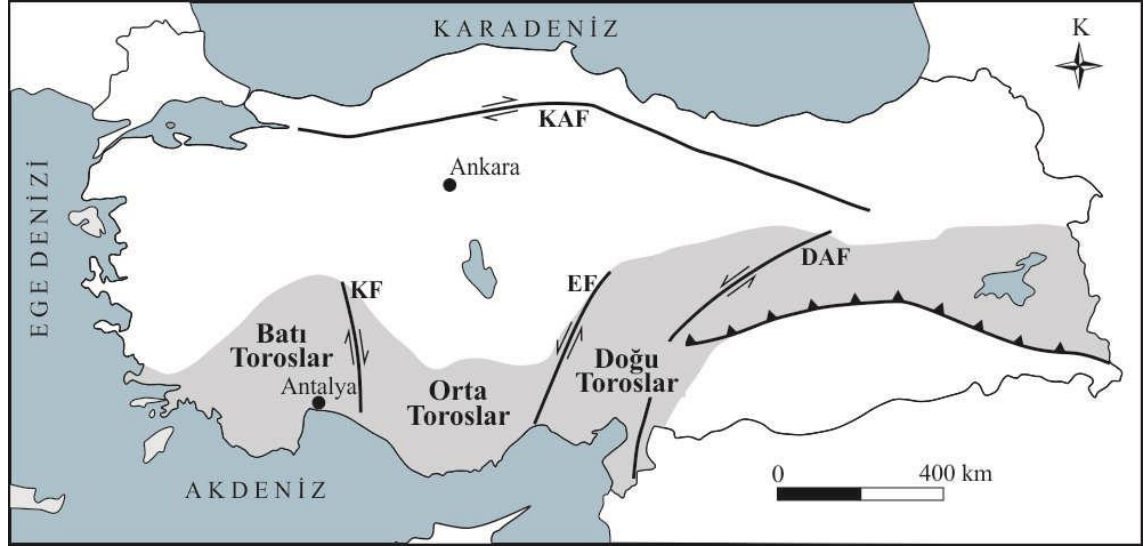
2.1. Bölgesel Jeoloji

Tezin konusunu oluşturan Permiyen-Triyas geçişine ait kayaçlar Batı ve Orta Toroslar bölgelerinde yer almaktadır. Bu iki bölgenin genel jeolojik özellikleri daha önce birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu bölümde Orta ve Batı Toroslar'ın genel jeolojik özellikleri mevcut çalışmalardan (Brunn vd. 1971; Özgül 1976, 1984; Şenel vd. 1996; Şenel 1997; Poisson vd. 2003) derlenerek sunulmuştur.

Toroslar'daki ilk sistematik çalışmalar, Blumenthal (1947, 1951) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalar ile Toroslar'ın genel jeolojik özellikleri ile ilişkili ilk veriler ortaya çıkmıştır (Özgül 1976). Daha sonraki yıllarda (1965 ve sonrası) Fransız yerbilimciler (CNRS araştırma takımı) ve Türk yerbilimciler tarafından farklı amaçlarla birçok araştırma yapılmıştır (Brunn vd. 1971; Özgül 1976, 1984; Poisson 1977; Monod 1977; Gutnic vd. 1979; Şenel vd. 1992, 1996; Şenel 1997; Poisson vd. 2003).

Türkiye'deki ana tektonik hatlardan birisini oluşturan Toroslar, Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı üzerindeki Doğu Akdeniz bölgesinde yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz 1981). Toroslar jeolojik ve morfolojik özellikleri dikkate alınarak Özgül (1984) tarafından Batı Toroslar, Orta Toroslar ve Doğu Toroslar olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 2.1). Orta Toroslar iki adet doğrultu atımlı fay ile sınırlanırken, bu faylar doğuda sol yanal karakterli Ecemiş fayı ve batıda ise sağ yanal karakterli Kırkkavak fayıdır (Özgül 1984). Orta ve Batı Toroslar belirgin stratigrafik ve yapısal özellikleri olan allokton ve otokton birimlerden oluşmaktadır (Brunn vd. 1971; Özgül 1976; Şener vd. 1996; Poisson vd. 2003) (Şekil 2.2). Bazı araştırmacılar bölgedeki allokton birimleri nap olarak isimlendirirken (Brunn vd. 1971; Monod 1977; Gutnic vd. 1979; Şenel vd. 1992), Özgül (1976, 1984) çalışmalarında allokton ve otokton birimleri stratigrafik ve yapısal özelliklerine göre 6 birliğe ayırmıştır. Bunlar: Bolkardağı Birliği, Bozkır Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği ve Antalya Birliği'dir.

Batı Toroslar'daki allokton ve otokton birimler doğudan batıya doğru Antalya napları (Antalya Birliği), Bey Dağları otoktonu (Geyikdağı Birliği) ve Likya naplarıdır. Orta Toroslar'da kuzeydoğudan güneybatıya doğru Beyşehir-Hoyran-Hadim napları (Aladağ Birliği), Anamas-Akseki otoktonu (Geyikdağ Birliği), Antalya napları ve Alanya napları (Alanya Birliği) şeklinde sıralanır (Brunn vd. 1971; Özgül 1984; Poisson vd. 2003). Otokton birimler çoğunlukla platform tipi karbonatlardan oluşurken naplar okyanus kabuğu, yamaç, havza ve rift sistemleri ile birlikte platform tipi karbonatlardan oluşmaktadır (Şenel vd. 1996).



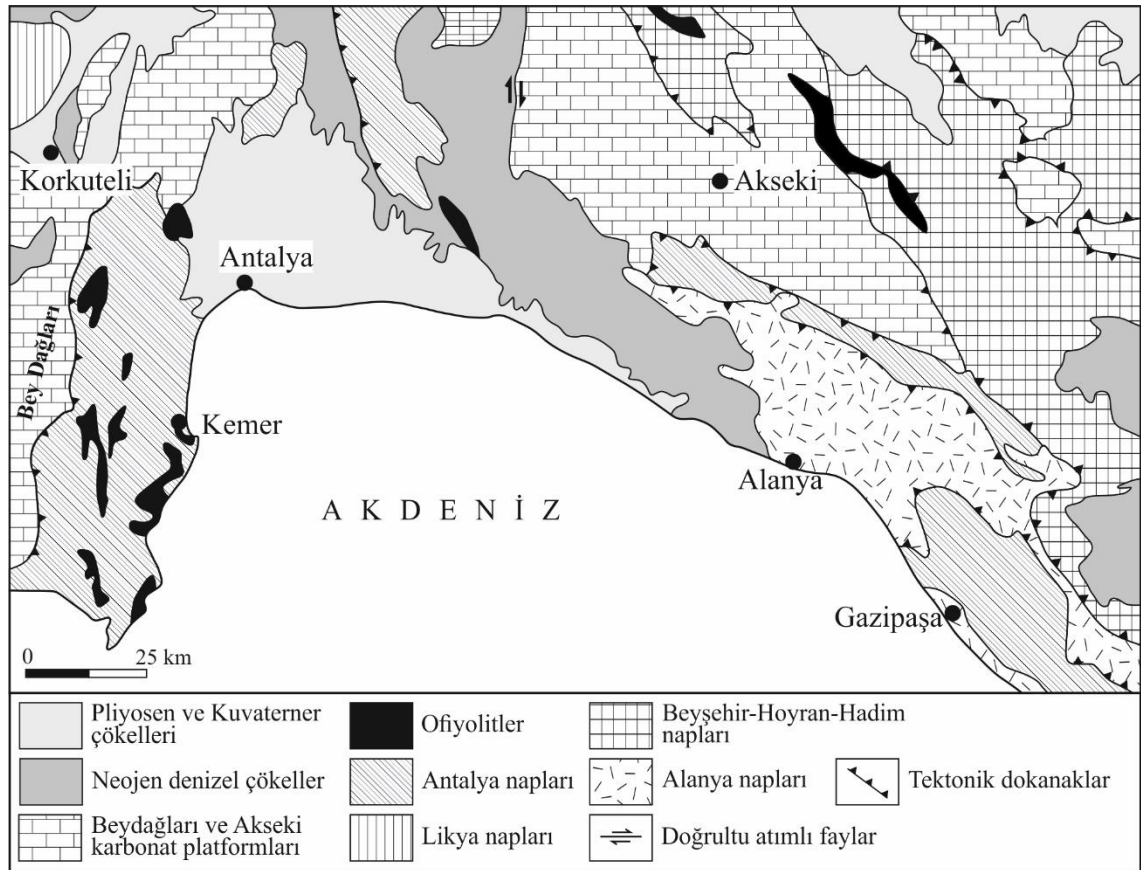
Şekil 2.1. Toroslar kuşağının coğrafik alt bölümleri (Özgül 1984) (KF: Kırkkavak Fayı; EF: Ecemiş Fayı; DAF: Doğu Anadolu Fayı; KAF: Kuzey Anadolu Fayı)

2.1.1. Antalya napları

Antalya napları, ilk olarak Lefevre (1967) tarafından Antalya napları adı ile tanımlanırken, daha sonraki çalışmalarda Özgül (1976, 1984) tarafından Antalya Birliği, Woodcock ve Robertson (1977) tarafından ise Antalya Kompleksi adı altında değerlendirilmiştir. Antalya napları Kambriyen-Üst Kretase aralığında oluşmuş platform karbonatları, havza çökelleri ve ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır (Özgül 1976, 1984; Poisson vd. 2003). “Pamphylian” havzasından türemiş ofiyolitik kayalar ve havza çökelleri Antalya napları olarak değerlendirilirken, Paleozoyik temel ile birlikte birimlerin tümü için Antalya Kompleksi adı kullanılmıştır (Woodcock ve Robertson 1977; Poisson vd. 2003).

Brunn vd. (1971) tarafından Antalya napları Alt nap (Çataltepe ünitesi), Orta nap (Alakırçay ünitesi) ve Üst nap (Tahtalıdağ ünitesi) olmak üzere 3 nap sistemine ayrılmıştır. Yapısal olarak en altta bulunan Alt nap Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı tortul kayalar ve Kampaniyen-Maastrichtiyen (en üst Kretase) bloklu filiş ile temsil edilir. Orta nap Triyas yaşlı deniz altı bazik volkanik kayalarla ilişkili klastikler ve ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır (Brunn vd. 1971; Şenel vd. 1992, 1996). Brunn vd. (1971), Üst napı Paleozoyik ve Mesozoik yaşlı platform tipi çökellerden oluşan istif için tanımlamıştır. Daha sonra Şenel vd. (1992) çok sayıda yapısal birimden oluşan Antalya naplarını ortak özelliklerine göre Çataltepe napı, Alakırçay napı, Tahtalıdağ napı ve Tekirova ofiyolit napı olmak üzere dört farklı alt nap sistemine ayırmıştır (Şekil 2.3). Tekirova ofiyolit napı ofiyolitli melanj ve okyanusal kabuk kayalarından meydana gelmiştir (Şenel 1997). Şenel vd. (1996)'ne göre bu 4 ana allokton birimin ortak özelliği Üst Senoniyen (Üst Kretase) yaşlı ofiyolit kırıntılı bloklu filiş ile sonlanması (Şekil 2.3) ve Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen (en üst Kretase)'de bir araya gelmiş olmalarıdır. Antalya naplarının Toros platformu üzerine Geç Kretase-Paleosen sırasında “Pamphylian” havzasının kapanmasıyla bindirdiği düşünülmektedir (Poisson vd. 2003).

Antalya napları, Orta ve Batı Toroslar'da üç farklı bölgede yayılım sunmaktadır. Birinci bölgede Antalya napları, Antalya'nın batısında, Antalya Körfezi ile Beydağları arasında, körfezin batı kıyısı boyunca K-G yönünde uzanmaktadır. İkinci bölgede Eğridir Gölü çevresinden güneye doğru uzanmakta ve Antalya civarında Miyosen yaşlı çökeller tarafından örtülmektedir. Son olarak, Orta Toroslar'ın güney kısmında, Antalya'nın doğusunda gözlenir. Burada, Akseki'nin güneyinde dar bir koridor boyunca (Güzelsu koridoru) Alanya napları ile Akseki-Anamas otoktonu arasında ve Gazipaşa ilçesi civarında mostra vermektedir. Gazipaşa ilçesi civarında Alanya naplarının altında 80 km uzunluğunda ve 20 km genişliğinde tektonik pencere şeklinde mostra vermektedir (Özgül 1984; Şenel vd. 1996; Poisson vd. 2003). Bu tez çalışması kapsamında incelenen kesitler yukarıda bahsedilen birinci (Kemer kesiti) ve üçüncü (Gazipaşa kesiti) bölgelerde bulunmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Orta ve Batı Toroslar'daki ana jeolojik birimler (Özgül 1984; Şenel vd. 1997, 2016; Poisson vd. 2013)

2.1.2. Bey Dağları otoktonu ve Anamas-Akseki otoktonu

Batı Toroslar'ın otokton kaya birimlerini temsil eden Beydağları otoktonu Antalya Körfezi'nin batısında yayılım sunmaktadır. Güneybatıda Antalya'nın Kaş ilçesinden başlayıp kuzeydoğuda Isparta iline kadar uzanan Beydağları otoktonu, batıda Likya napları, doğuda ise Antalya napları ile tektonik dokanaklıdır (Özgül 1976; Poisson 1977; Sarı 2006).

Bey Dağları otoktonu çoğunlukla platform tipi karbonatlardan oluşurken, tabanda Triyas yaşlı dolomitler ile başlamaktadır (Kuyubaşı formasyonu). Dolomitlerin üzerine geçişli olarak Triyas-Üst Kretase yaşlı Beydağları formasyonu gelmektedir. Formasyon şelf ortamı ürünü olan bentik foraminifer ve rudist birliği içeren kalın karbonatlar ile bunların üzerine gelen Konyasiyen-Maastrichtiyen (Üst Kretase) yaşlı planktonik foraminifer içeren ince tabakalı, çört nodüllü kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Poisson 1977; Sarı 2006). Mesozoyik yaşlı karbonatların üzerine uyumsuz olarak gelen Senozoyik birimleri ise farklı litolojilerden oluşan birkaç farklı formasyon ile temsil edilir. Senozoyik birimleri sırasıyla Paleosen yaşlı kumtaşı, kumlu-killi kireçtaşlarından oluşan Söbütepe formasyonu; Üst Lütesiye-Priyaboniyen yaşlı kalkarenit, kumtaşı ve kiltaşından oluşan Küçükköy formasyonu; Erken Miyosen yaşlı algi kireçtaşlarından oluşan Karabayır formasyonu; kumtaşı, kiltası ve silttaşlarından oluşan Karakuştepe formasyonu ile temsil edilmektedir (Poisson 1977; Şenel 1997).

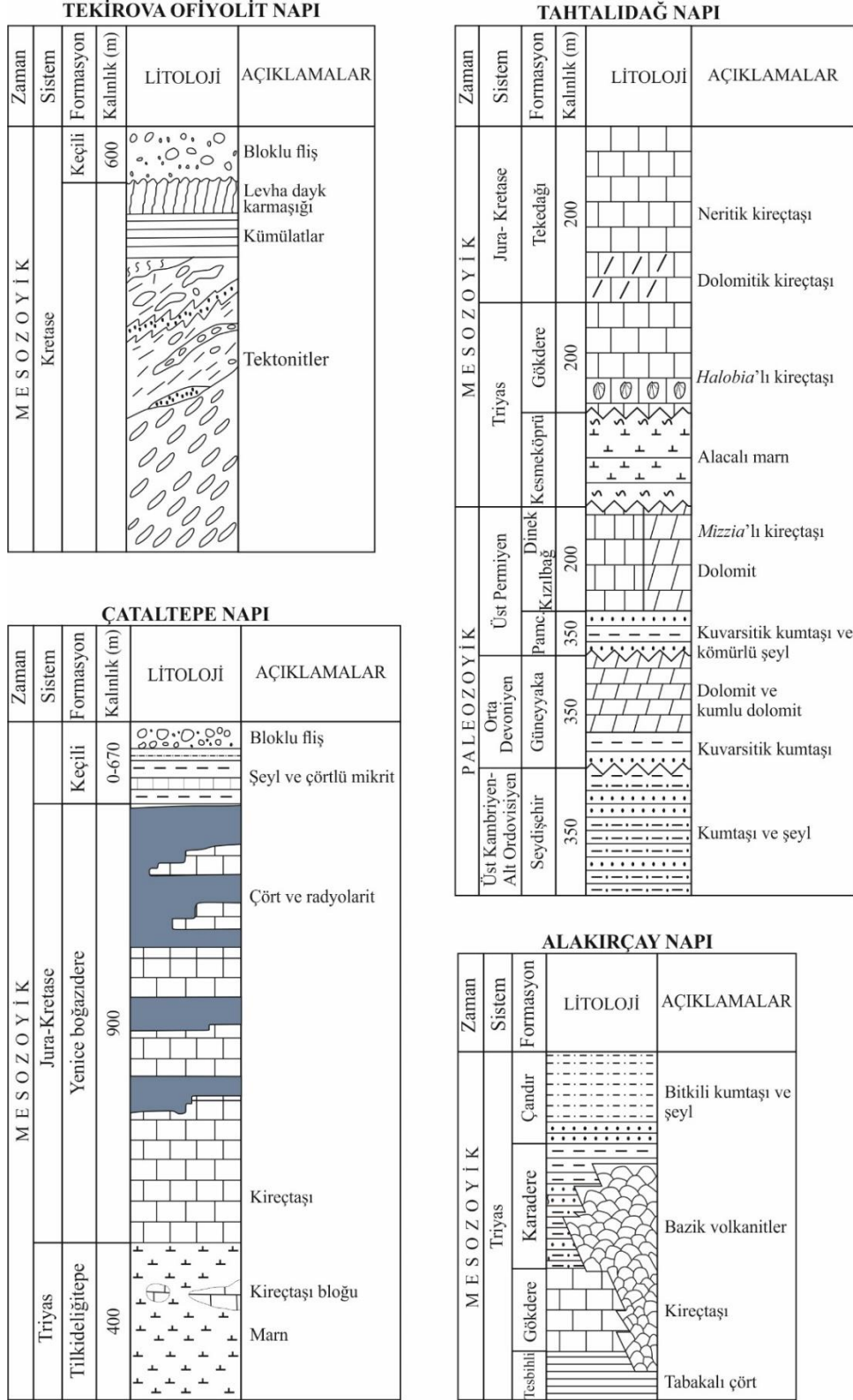
Orta Toroslar'daki otokton kayaçlar Anamas-Akseki otoktonu ile temsil edilmektedir. Birim Özgül (1976) tarafından Geyikdağı birliği olarak isimlendirilmiştir. Kambriyen-Eosen aralığında çökelmiş platform tipi kayaçlardan oluşan birim, Orta Toroslar'ın batısında geniş alanlarda mostra verirken güneye doğru allokton birimler altında kaybolmaktadır. Anamas-Akseki otoktonu genel olarak kuzeyden güneye doğru birbiri üzerine itilmiş birçok bloktan meydana gelmektedir (Özgül 1984; Şenel vd. 1996).

2.1.3. Likya napları

Türkiye'nin güney batısında, Menderes Masifi ile Beydağları otoktonu arasındaki allokton birimler ilk olarak Brunn vd. (1971) tarafından Likya napları olarak adlandırılmıştır. Geç Karbonifer-Geç Kretase yaşlı okyanusal kabuk, havza ve platform tipi kayaçlardan oluşan birimler Bodrum Napı, Marmaris Ofiyolit Napı ve Gülbahar Napı olarak 3 birime ayrılmıştır (Şenel 1997).

2.1.4. Alanya napları

Orta Toroslar'ın güneyinde Alanya ilçesi civarında mostra veren Alanya napları, Antalya napları üzerinde tektonik dokanaklı olarak bulunmaktadır (Özgül 1984; Şenel vd. 2016). Alanya napları Blumenthal (1951) tarafından Alanya Masifi olarak, Özgül (1976, 1984) tarafından ise Alanya Birliği olarak tanımlanmıştır. Alanya napları farklı metamorfik ve istiflenme özellikleri gösteren üç yapısal birime ayrılmıştır. Bu birimler yapısal konumlarına göre, yaşlıdan gence doğru Mahmutlar napı (Alt nap), Sugözü napı (Orta nap) ve Yumrudağ napı (Üst nap) olarak isimlendirilmiştir (Okay ve Özgül 1984; Özgül 1984). Mahmutlar napı pelitik şistler ile ardalanmalı metakuvarsit, rekristalize kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmaktadır. Sugözü napı eklojit, mavişist ve metabazit arakatlı granatlı mikaşistlerden meydana gelmektedir. Yumrudağ napının alt kısımları pelitik şist, rekristalize kireçtaşı ve kuvarsitten oluşurken, üst kısımları kalın rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır (Özgül 1984).



Şekil 2.3. Antalya naplarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesitler (Şenel vd. 2010'dan basitleştirilmiştir, ölçeksizdir)

2.2. Kitlesele Yok Oluşlar

Bu başlık altında bugüne kadar kitlesele yok oluşlar hakkında yerbilimleri kapsamında yapılan çalışmalardan belli başlı olanları seçilerek derlenmiştir. Öncelikle kitlesele yok oluş kavramı tanıtılmış ve Fanerozojik üst zamanında meydana gelen kitlesele yok oluşlar hakkında özet bilgi verilmiştir. Devamında tezin konusunu oluşturan Permiyen sonu yok oluşu ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalardan elde edilen verilerden ve bu yok oluşu meydana getiren mekanizmalardan söz edilmiştir.

2.2.1. Tanım

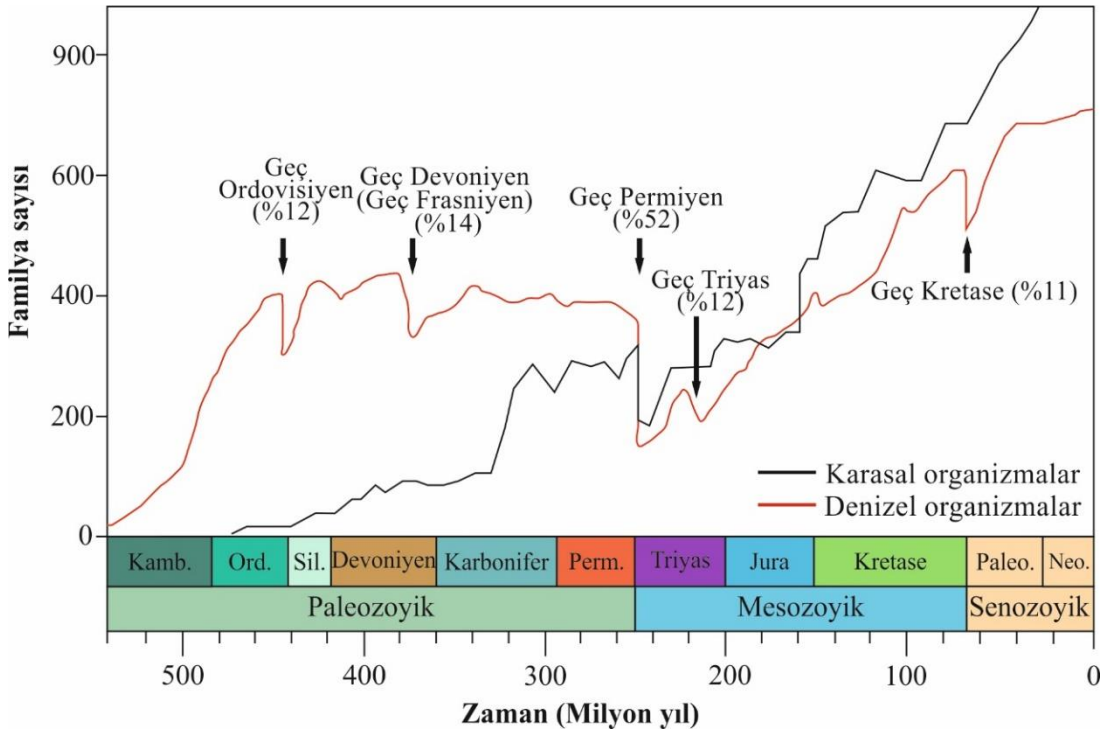
Kitlesele yok oluşların literatürde kabul edilmiş genel bir tanımı bulunmamakla birlikte, Sepkoski (1996) tarafından yapılan kitlesele yok oluş tanımı en çok kullanılanıdır. Bu tanıma göre kitlesele yok oluş; coğrafik olarak geniş bir yayılıma sahip, birden fazla yüksek taksonda, jeolojik olarak kısa kabul edilen bir zaman aralığında, yok oluş şiddetinin takson içi çeşitlilikte en azından geçici bir azalmaya neden olacak oranda önemli bir artış gösterdiği olay olarak tanımlanır.

2.2.2. Kitlesele yok oluş kayıtları

Kitlesele yok oluşları konu alan araştırmalar, Fanerozojik üst zamanını yani Yerküre'nin son 540 milyon yıllık zaman dilimini incelemektedirler. Fosil kayıtları üzerine yapılan araştırmalar, Fanerozojik üst zamanı boyunca biyolojik çeşitlilikte devamlı bir artış olmadığını ve bazı dönemlerde fauna ve flora sayılarında önemli düşüşler meydana geldiğini göstermiştir (Raup ve Sepkoski 1982; Sepkoski 1996; Stanley 2016).

Jeolojik zaman içerisindeki biyolojik çeşitlilik ile ilişkili 19. yüzyıldan itibaren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Fransız anatomist ve paleontolog Georges Cuvier 1796 ve 1812 yılları arasında yaptığı karşılaştırmalı anatomi çalışmaları ile bazı canlıların (mamut gibi) soylarının tükendiğini belirtmiştir. Georges Cuvier yaptığı bu çalışmalar ile daha önce var olan türlerin yok olduğunu ortaya çıkaran ilk kişi olarak kabul edilmektedir (Hallam ve Wignall 1997; Şengör ve Atayman 2009). John Philips ise 1840 yılında yaptığı araştırma ile Fanerozojik üst zamanı içerisinde önemli fauna (makroskobik canlılar) farklılıklarının olduğunu keşfetmiştir. Bu fauna farklılıklarını kullanarak, Fanerozojik üst zamanını Paleozojik (eski yaşam), Mesozojik (orta yaşam) ve Senozojik (yeni yaşam) olmak üzere üç büyük zaman dilimine ayırmıştır. John Philips, bu zamanların sınırlarını tespit ederken biyolojik çeşitlilikte meydana gelen önemli düşüşleri (sırasıyla Paleozojik sonu ve Mesozojik sonu) dikkate almıştır (Hallam ve Wignall 1997; Şengör ve Atayman 2009). Yok oluşlar ile ilgili modern çalışmalar 1950'li ve 1960'lı yıllarda başlamıştır. Newell (1967), Fanerozojik üst zamanı yok oluşlarını "Yaşam tarihindeki devrimler (Revolutions in the history of life)" başlıklı eseri ile yayımlamıştır. Bu çalışmasında Paleozojik ve Mesozojik zamanları sonunda meydana gelen büyük yok oluş olayları dışında denizel familyalarda önemli oranda azalma tespit ettiği dört ayrı yok oluş daha tanımlamıştır. Böylece Kambriyen, Ordovisiyen, Permiyen, Triyas, Kretase sonlarında ve Devoniyen devrinin sonuna yakın bir zaman aralığında (Frasniyen-Fameniyen) meydana gelmiş altı yok oluşun varlığı tespit edilmiştir (Hallam ve Wignall 1997).

Raup ve Sepkoski (1982) tarafından yapılan derleme makalede, kitlesel yok oluşlarda meydana gelen fauna kayıpları istatistiksel olarak ilk kez açıklanmıştır. Bu çalışmada Kambriyen'den itibaren denizel omurgasız familyalarına ait literatür taraması yoluyla her bir jeolojik dönem için yok oluş büyüklüğünü (rate) gösteren bir grafik hazırlanmıştır (Şekil 2.4). Bu grafikte beş adet büyük kitlesel yok oluş tanımlanmış ve bunlar birçok yayında “beş büyük yok oluş (big five)” adıyla anılmaktadır (Bambach vd. 2004). Bu kitlesel yok oluşlar sırasıyla Geç Ordovisiyen, Geç Devoniyen (Fransiyen-Fameniyen), Geç Permiyen, Geç Triyas (Noriyen) ve Geç Kretase (Maastrichtiyen) devirlerinde meydana gelmiştir (Raup ve Sepkoski 1982). Stanley ve Yang (1994) tarafından Orta Permiyen’de (Kapitaniyen, 260 milyon yıl önce) meydana gelen yok oluşun keşfedilmesiyle birlikte beş büyük yok oluşun büyüklük sıralamasında değişiklik olmuştur (Çizelge 2.1). Kapitaniyen yok oluşunun büyüklüğü Permiyen sonunda meydana gelen yok oluştan daha az, Kretase sonunda meydana gelen yok oluştan ise daha fazladır. 1994 yılından beri Kapitaniyen yok oluşunun (Guadalupiyen yok oluşu olarak da bilinmektedir) varlığı bilinmesine rağmen, yapılan yayınların çoğunda halen Raup ve Sepkoski (1982) tarafından belirlen beş büyük yok oluş sıralaması tercih edilir (Stanley 2016).



Şekil 2.4. Fanerozoik boyunca familya sayıları. Denizel omurgalı ve organizmaların familya çeşitliliğini gösteren kırmızı eğri Raup ve Sepkoski (1982)'den, karasal organizmaların familya çeşitliliğini gösteren siyah eğri ise Benton (1995) ve Cascales-Minana vd. (2016)'dan alınmıştır. Raup ve Sepkoski (1982) nadiren korunan grupları çalışmaya dahil etmemiştir. Oklar, Raup ve Sepkoski (1982) tarafından belirlenen 5 büyük kitlesel yok oluşu işaret etmektedir. 5 kitlesel yok oluşun yanında verilen yüzde değerleri ise yine Raup ve Sepkoski (1982) tarafından belirlenen denizel familya sayılarındaki düşüşün göreceli büyüklüğünü ifade etmektedir. Kısaltmalar: Kamb., Kambriyen; Ord., Ordovisiyen; Sil., Siluriyen; Perm., Permiyen; Paleo., Paleojen; Neo., Neojen

Kitlesel yok oluşları kapsayan istatistik çalışmalarında çoğunlukla denizel omurgasızlara ait fosil kayıtları kullanılır. Denizel omurgasızlardaki tür sayısının fazlalığı, fosillerin stratigrafik olarak kontrol edilebilmesi, yüksek örnek çözünürlüğü, fosillerdeki yüksek korunma kalitesi ve geniş coğrafi yayılım detaylı araştırma olanağı vermektedir (Sepkoski 1996; Hallam ve Wignall 1997). Bitkiler ve karasal omurgalılarından elde edilen bilgiler ise fosil kayıtlarındaki eksikliklerden dolayı göreceli olarak daha kısıtlıdır. Buna karşın, karasal biyotanın önemli derecede etkilendiğini gösteren veriler sadece Permiyen sonu yok oluşunda kaydedilmiştir (Retallack vd. 1996; Cascales-Minana vd. 2016). Benton (1995) tarafından hazırlanan grafikte (Şekil 2.4) sadece Permiyen sonunda (Geç Permiyen) karasal organizmaların familya sayısında önemli bir düşüş meydana geldiği görülmektedir.

2.2.3. Permiyen sonu kitlesel yok oluşu (PSKY)

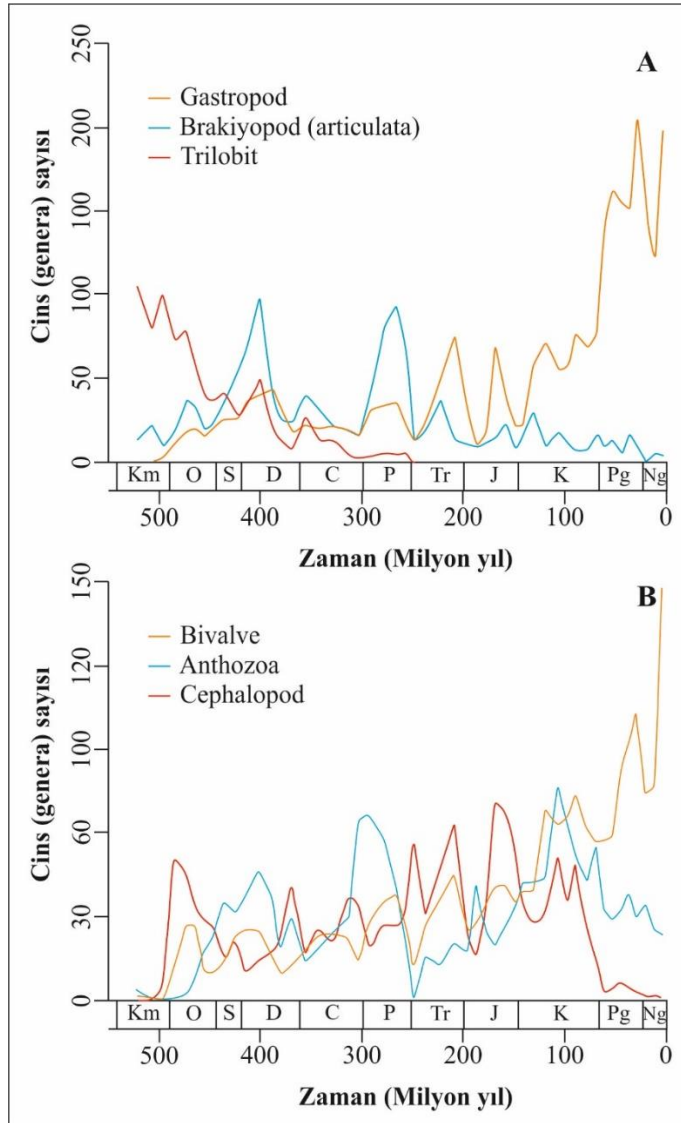
Permiyen sonu (yaklaşık 252 milyon yıl önce) kitlesel yok oluşu birçok araştırmacı tarafından, biyolojik çeşitlilikte meydana gelen düşüşe göre, Fanerozoik üst zamanı içerisindeki en büyük kitlesel yok oluş olarak değerlendirilmektedir (Raup ve Sepkoski 1982; Erwin 1994; Benton ve Twitchett 2003; Stanley 2016). Permiyen sonunda denizel türlerin % 90'ından fazlasının yok olduğu tahmin edilmektedir (Raup 1979; Erwin 1994). Cins (genera) düzeyinde ise kaybın yüzde 57'nin üzerinde olduğu belirtilmiştir (Sepkoski 1996; Bambach 2004; Stanley 2016) (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Değişik araştırmacılar tarafından hazırlanan, Permiyen sonunda denizel organizmalarda cins düzeyinde meydana gelen kayıpların sıralaması

Sıra	Sepkoski 1996		Bambach vd. (2004)		Stanley (2016)	
	Zaman	% (cins)	Zaman	% (cins)	Zaman	% (cins)
1	Permiyen sonu	-58	Permiyen sonu	-57	Permiyen sonu	-62
2	Ordovisiyen sonu	-49	Ordovisiyen sonu	-43	Ordovisiyen sonu	-46
3	Kapitanien	-47	Kapitanien	-36	Kretase sonu	-39
4	Triyas sonu	-40	Kretase sonu	-34	Kapitanien	-34
5	Kretase sonu	-39	Triyas sonu	-33	Geç Devonien	-18
6	Geç Devonien	-35	Geç Devonien	-22		

Paleozoyik zamanını sonlandıran Permiyen sonu yok oluşu, Yerküre'nin tarihinde biyolojik çeşitlilik açısından önemli bir dönüm noktası olarak gösterilmektedir (Alroy 2010). Neredeyse denizlerde yaşayan tüm canlılar bu krizden etkilenmiştir (Erwin 1994; Benton 2003). Trilobitler tamamen yok olurken brakiyopod ve krinoid gibi (Paleozoyik faunası) baskın gruplar önemli oranda azalmıştır (Şekil 2.5). Bunların yerine gastropod ve bivalvia gibi mollusk gruplarının egemen olduğu "modern fauna (Mesozoyik ve Senozoyik faunası)" gelmiştir (Alroy 2010). Paleozoyik'in egemen mercan türleri (anthozoa) tükenirken yeni mercan türleri ortaya çıkmıştır (Erwin 1994; Sepkoski 1996; Alroy 2010).

Permian sonu kitlesel yok oluşunun karasal canlılar üzerindeki etkileri denizel canlılarda olduğu kadar detaylandırılmamış olsa da karasal omurgalılar (Benton 1985; Sahney vd. 2010), böcekler (Labandeira ve Sepkoski 1993) ve bitkiler (Cascales-Minana vd. 2016) üzerine yapılan araştırmalar Permian sonu yok oluşunun karasal canlıları da etkilediğini göstermektedir. Bitki örtüsü üzerinde diğer yok oluşlara oranla çok daha fazla etkisinin olduğu düşünülmektedir (Erwin 1994; Retallack vd. 1996; Cascales-Minana vd. 2016). Karasal tetrapodların (özellikle sürüngenler ve amfibiler) önemli oranda azaldığı tahmin edilmektedir (Benton 1985; Smith ve Ward 2001; Sahney vd. 2010). Bununla birlikte, Labandeira ve Sepkoski (1993) tarafından yapılan çalışmada, Permian sonu yok oluşu böceklerin etkilendiği tek yok oluş olarak kayda geçmiştir.



Şekil 2.5. Fanerozoik boyunca bazı önemli denizel grupların biyolojik çeşitliliklerindeki (cins düzeyinde) değişim (Alroy 2010) (A: gastropod, brakiyopod ve trilobit; B: bivalvia, anthozoa ve cephalopod)

2.2.3.1. Permian-Triyas sınır kesitleri

Dünya genelinde hem denizel hem de karasal olmak üzere çok sayıda Permian-Triyas sınır kesitleri keşfedilmiştir. En çok incelenen denizel sınır kesitleri, Geç Permian'de çoğunlukla Paleo-Tetis okyanusun çevresinde ve ekvatora yakın konumda bulunmaktadır (Şekil 2.6). Permian sonunda Paleo-Tetis okyanusunun doğu kısmında yer alan Çin'in güneyinde çok sayıda sınır kesiti tespit edilmiş ve bu kesitlerden Meishan D kesiti Permian-Triyas sınırı için "küresel stratotip kesiti ve noktası" olarak seçilmiştir (Yin vd. 2001; Korte ve Kozur 2010). Permian-Triyas sınırı Meishan D kesitinde tabaka 27'ye karşılık gelmektedir (Yin vd. 2001) (Şekil 2.7). Çin dışında en çok çalışılan denizel kesitler İran (Korte vd. 2004; Richoz vd. 2010; Liu vd. 2013), Türkiye (Ünal vd. 2003; Baud vd. 2005; Groves vd. 2005), Slovenya (Dolonec vd. 2001, 2004), İtalya (Horacek vd. 2007; Brand vd. 2012) ve Macaristan'da (Haas vd. 2007) bulunmaktadır. Çin (özellikle Meishan) ve İran (Shahreza, Abadeh ve Zal) kesitleri konodont varlığından (Çizelge 2.3) dolayı biyostratigrafik açıdan en ayrıntılı çalışılmış kesitler olarak rapor edilmiştir (Korte ve Kozur vd. 2010). Panthalassa okyanusu kesitleri ise oldukça sınırlı olup, Japonya (Isozaki 1997), Yeni Zelanda ve Kanada'da (Grasby vd. 2011) bulunmaktadır. Karasal kesitler ise genellikle Pangea kıtasının yüksek enlemlerinde (Güney Afrika ve Grönland gibi) konumlanmışlardır (Maruoka vd. 2003; Şengör ve Atayman 2009). Dünya genelindeki denizel ve karasal Permian-Triyas sınır kesitlerine ait örnekler Çizelge 2.2'de sunulmuştur.

İlk çalışmalarda Permian-Triyas stratigrafik sınır kesitlerinde kılavuz fosil olarak ammonit kullanılmıştır. *Otceras woodwardi* formunun ilk olarak görüldüğü düzey Permian ile Triyas arasındaki sınır olarak kabul edilmiştir (Erwin 1994; Yin vd. 2001). Uluslararası Stratigrafi Komisyonu tarafından 1981 yılında T.Tozer liderliğinde Permian-Triyas Sınırı Çalışma Grubunun kurulmasıyla birlikte 1986 yılından itibaren konodont (diş benzeri karbonat fluorapatitten oluşan mikro fosil) türü olan *Hindeodus parvus* kılavuz fosil olarak önerilmiştir (Çizelge 2.3). Konodont biyozonlarına göre *Hindeodus parvus* türü Triyas başlangıcını temsil etmektedir. Konodont türlerinin küresel ve eş zamanlı bir dağılıma sahip olması ve litolojiye bağlı olarak önemli bir değişiklik göstermemesi farklı stratigrafik kesitler arasında korelasyon yapmayı kolaylaştırmıştır (Yin vd. 2001; Kozur 2004).

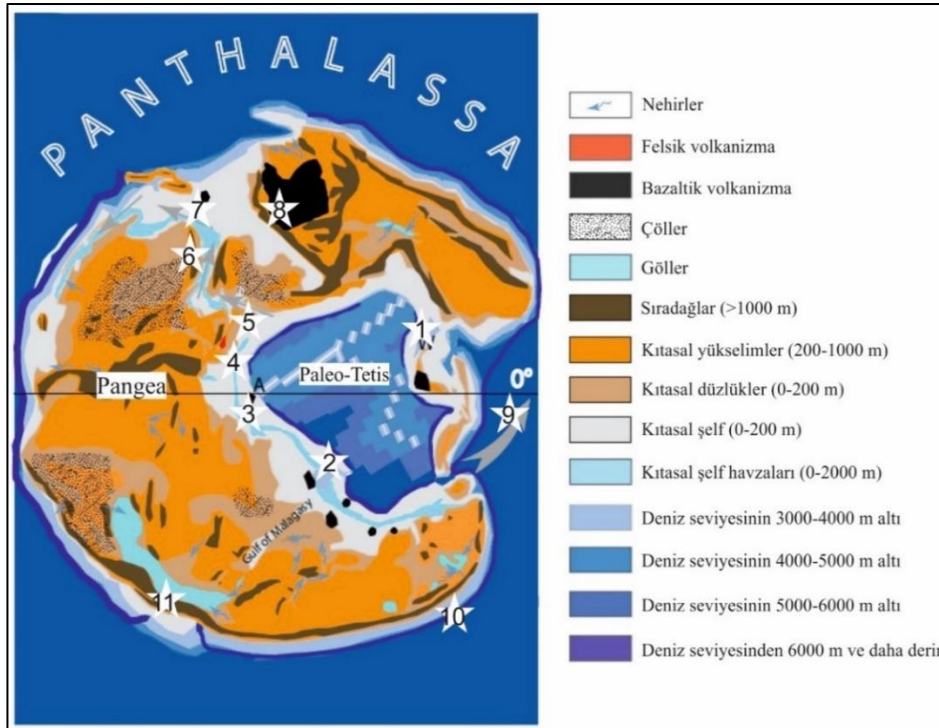
2.2.3.2. Permian sonu kitlesel yok oluşunun tarihlendirilmesi

Son yıllarda radyometrik yaşlandırma tekniklerinin gelişimi ile birlikte Permian sonu kitlesel yok oluşunun tarihlendirilmesi ve süresi ile ilgili önemli sonuçlar elde edilmiştir. Radyometrik yaş verileri çoğunlukla Çin'deki sınır kesitlerine dayanmaktadır. Bunun nedeni ise buradaki kesitlerin denizel çökellerle birlikte U-Pb tarihlendirme tekniğinin kullanılmasına olanak tanıyan volkanik kül içermesidir (Shen vd. 2011; Song vd. 2012; Burgess vd. 2014). Aşağıda son yıllarda yapılan yok oluş zamanı ve süresini inceleyen tarihlendirme çalışmalarından elde edilen veriler sunulmuştur.

Shen vd. (2011) tarafından Çin'in güneyinde 5 denizel ve 2 karasal kesite ait volkanik kül tabakalarından alınan zirkon ve monazit mineralleri üzerinde yüksek kesinlikte U-Pb tarihlendirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaya göre denizel yok oluş 252.28 (±0.08) milyon yılın hemen öncesine denk gelen zamanda ve tek evrede meydana gelmiştir. Song vd. (2012) ise Çin'in güneyindeki 7 kesitte 537 tür üzerinde yaptığı

çalışmada yok oluşun iki evrede gerçekleştiğini ve aralarında 180 bin yıllık bir zaman olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı yazarlara göre birinci evre en geç Permian'de ikinci evre ise en erken Triyas'ta yaşanmıştır. Birinci aşamada türlerin yüzde 57'si (çoğunlukla planktonlar ile birlikte alg, mercan ve fusulinid gibi bentik gruplar), ikinci aşamada ise kalan türlerin yüzde 71'i (çoğunlukla foraminifer, ostrakod, brakiyopod ve gastropod türleri) kaybolmuştur. İki evrede gerçekleşen yok oluşun farklı canlı gruplarını etkilemesi nedeniyle yok oluşun farklı çevresel nedenlerle meydana geldiği ileri sürülmüştür (Song vd. 2012).

Wang vd. (2014), Çin'in güneyinde ve Gondvana'nın kuzey bölgesinde (Tibet, Kaşmir ve Pakistan) toplam 18 kesitte ve 1450 türü kapsayan veri setinde yaptıkları istatistiksel analiz ile yine tek aşamalı ve ani bir yok oluş önermiştir. Bu çalışmaya göre yok oluş 252.3 milyon yıl önce (Meishan D stratotip kesitinde tabaka 25'in hemen altında, Şekil 2.7) başlamıştır. Bu araştırmacılar daha önceki iki evreli yok oluş fikrinde (Song vd. 2012) bir hata olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle Çin'deki bazı kesitlerde inceleme yapılırken fosillerin korunması üzerinde litofasiyes etkisinin göz ardı edildiğini düşünmektedirler. Burgess vd. (2014) tarafından Meishan (Çin) kesitindeki 5 adet volkanik kül tabakasındaki zirkon minerallerinde yapılan tarihlendirme (U-Pb metodu) çalışmasında yok oluş aralığı 251.941 (± 0.037) ile 251.880 (± 0.031) milyon yıl olarak belirlenmiş ve toplam yok oluş süresi 60 (± 40) bin yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.6. Geç Permian'deki (~252 milyon yıl önce) küresel paleo-coğrafya yapılandırma haritası (Şengör ve Atayman 2009). Harita, Şengör ve Atayman (2009) tarafından farklı kaynaklardan yararlanılarak hazırlanmıştır. 1. Meishan kesiti (Çin'in güneyi), 2. Kuzeydoğu İran, 3. Türkiye (Kemer kesiti, Gazipaşa kesiti vs.) 4. Slovenya, 5. Macaristan (Bükk Mountain), 6. Doğu Grönland, 7. Norveç (Spitsbergen) 8. Sibirya, 9. Japonya, 10. Yeni Zelanda, 11. Güney Afrika (Karoo havzası)

Çizelge 2.2. Dünya genelindeki Permilen-Triyas stratigrafik sınır kesitleri

Ülke	Kesit/Bölge	Örnek yayın
Denizel kesitler		
Çin	Meishan	Cao vd. (2002)
	Shangsi	Shen vd. (2011)
	Penglaitan	Shen vd. (2011)
	Xiakou	Shen vd. (2016)
İran	Abadeh	Liu vd. (2013)
	Shahreza	Korte ve Kozur (2010)
	Zal	Richoz vd. (2010)
Umman	Wadi Sahtan	Richoz vd. (2010)
	Wadi Maqam	Richoz vd. (2010)
Ermenistan	Chanakhchi	Friesenbicher vd. (2017)
İtalya	Bulla	Horacek vd. (2007)
	Tesero	Korte ve Kozur (2005)
Slovenya	Masore	Dolonec vd. (2004)
Japonya	Akkamori	Takahashi vd. (2010)
Macaristan	Bükk Mountain	Haas vd. (2007)
Norveç	Spitsbergen	Grasby vd. (2015)
Vietnam	Nhi Tao	Algeo vd. (2007)
Avusturya	Gartnerkofel	Holser vd. (1989)
Kanada	East van Hausen Pass	Grasby vd. (2011)
Hindistan	Guryul Ravine- Kasmir	Algeo vd. (2007)
Türkiye	Kemer (Antalya)	Baud vd. (2005)
	Gazipaşa (Antalya)	Baud vd. (2005)
	Demirtaş (Antalya)	Groves vd. (2005)
	Taşkent (Konya)	Groves vd. (2005)
	Hadim (Konya)	Ünal vd. (2003)
Karasal kesitler		
Almanya	Nelben	Scholze vd. (2017)
Çin	Chahe	Zhang vd. (2016)
	Guanbachong	Zhang vd. (2016)
Antarktika	Graphite Peak	Krull ve Retallack (2000)
Grönland	Kap Stosch	Schneebeli-Hermann vd. (2017)
Güney Afrika	Karoo Basin	Maruoka vd. (2003)

Çizelge 2.3. Meishan (Çin) (Brosse vd. 2016) ve Shahreza (İran) (Korte vd. 2005) kesitlerine ait konodont zonları

Sistem	Kat	Tabaka	Meishan Konodont Zonları
Triyas	Induyan (Induan)	29	<i>Isarcicella isarcica</i>
		28	<i>Isarcicella staeschei</i>
		27d	
		27c	<i>Hindeodus parvus</i>
Permien	Şangingiyen (Changhsingian)	27b	<i>Hindeodus changxingensis</i>
		27a	
		26	<i>Hindeodus praeparvus</i>
		25	
		24e	
		24d	
		24c	
		24b	<i>Hindeodus latidentatus</i>
		24a	
Sistem	Kat		Shahreza Konodont Zonları
Triyas	Induyan (Induan)		<i>Isarcicella isarcica</i>
			<i>Hindeodus parvus</i>
Permien	Şangingiyen (Changhsingian)		<i>Hindeodus praeparvus</i>
			<i>Clarkina hauschkei</i>
			<i>Clarkina iranica</i>
			<i>Clarkina zhang</i>
			<i>Clarkina changxingensis</i>
			<i>Clarkina nodosa</i>
			<i>Clarkina bachmanni</i>
			<i>Clarkina subcarinata</i>
			<i>Clarkina hambastensis</i>



Şekil 2.7. Çin'in Changxing kentinde bulunan Permiyen-Triyas sınırı stratotip kesiti (Meishan Jeo-park) ve noktasının genel görünümü. Sağ altta tabaka 25 olarak adlandırılan altere volkan külü zonu (çekicinin bulunduğu tabaka) görülmektedir (Anonymous 1; Fotoğraf Andrew D. Saunders tarafından çekilmiştir)

2.2.4. Permiyen sonu kitlesel yok oluşunun (PSKY) olası nedenleri

Fanerozoik üst zamanı içerisinde meydana gelen büyük kitlesel yok oluşların ortaya çıkarılması ile birlikte bu yok oluşlara yol açan mekanizmalar ve bunların tetikleyicileri üzerine çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Kitlesel yok oluşların nedenleri üzerine yapılan ilk çalışmalarda genellikle basit ve tek nedenli (deniz seviyesi değişimi gibi) senaryolar ileri sürülmüştür. Son yıllarda ise araştırma tekniklerinin gelişimi ile birlikte daha karmaşık ve çok nedenli yok oluş senaryoları ortaya çıkmıştır (Bond ve Grasby 2017).

Permiyen sonu kitlesel yok oluşunu meydana getiren neden olarak çok sayıda hipotez önerilmiştir. Son yapılan araştırmalarda ön plana çıkan hipotezler; Sibirya'da yok oluşla eş zamanlı gerçekleşen büyük magmatik faaliyet (Saunders 2016; Bond ve Grasby 2017; Burgess vd. 2017; Ernst ve Youbi 2017), anoksiya koşullarının gelişmesi (Wignall ve Hallam 1992; Wignall ve Twitchett 1996; Grice vd. 2005; Şengör ve Atayman 2009; Bond ve Wignall 2010; Brenneka vd. 2011; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017), sera gazlarına bağlı iklim değişikliği (küresel ısınma) (Joachimski vd. 2012; Sun vd. 2012), okyanus sularının asitlenmesi (Payne vd. 2007; Clapham ve Payne 2011; Beauchamp ve Grasby 2012; Heydari vd. 2013; Clarkson vd. 2015), asit yağmurları (Black vd. 2014; Sephton 2015), ozon tabakasının tahribatı (Visscher vd. 2004; Beerling vd. 2007), toksik metal zehirlenmesi (Sanei vd. 2012) ve meteor düşmesidir (Becker vd. 2001). Bu yok oluş mekanizmaları üzerine yapılan önceki araştırmalar aşağıda derlenmiştir.

2.2.4.1. Sibirya Trap büyük magmatik provensi

Son yıllarda yapılan çalışmalarda büyük magmatik provenslerin (BMP) kitlesel yok oluşlardaki rolü ön plana çıkarılmıştır (Bond ve Wignall 2014; Bond ve Grasby 2017; Burgess vd. 2017; Rampino vd. 2017). Fanerozoik üst zamanında meydana gelen büyük yok oluşlardan, Permien sonu yok oluşu dahil, en az üç tanesi doğrudan BMP'ler ile ilişkilendirilmiştir. Permien sonu yok oluşu için meteor çarpması gibi (Becker vd. 2001) başka tetikleyiciler önerilse de son zamanlarda artan veriler en güçlü adayın Sibirya Trap BMP'si olduğunu işaret etmektedir (Bond ve Grasby 2017; Burgess vd. 2017; Ernst ve Youbi 2017; Rampino vd. 2017).

Sibirya Trap olarak bilinen bölge Pangea süper kıtasının kuzeyinde (bkz. Şekil 2.6) yaklaşık Permien-Triyas geçişinde meydana gelen büyük bir magmatik aktivitenin kalıntısıdır. Bilinen en büyük karasal akma bazalt (flood basalt) volkanizması bu magmatik aktivite ile meydana gelmiştir. Sibirya Trap magmatik aktivitesinin ürünleri yaklaşık 7×10^6 km²'lik alana ve 4×10^6 km³'lük bir hacme sahiptir (Reichow vd. 2002; Kamo vd. 2003; Reichow vd. 2009). Günümüzde Sibirya'nın batısında, Ural Dağları ile Sibirya platformu arasında bulunan bu magmatik aktivitenin ürünleri, Sibirya Kratonu ve Taimyr Yarımadası üzerinde mostra verirken, Sibirya'nın batı bölgesinde daha genç tortul kayalar tarafından örtülmüştür (Reichow vd. 2009) (Şekil 2.8). Çoğunlukla bazalt türü volkanik kayalardan oluşurken, bazalt dışında ultramafik ve felsik arasında değişen bileşime sahip intrüzif ve volkanik kayaları da içermektedir (Ivanov vd. 2013). Sibirya Trap magmatizmasının Permien sonunda bir milyon yıldan daha kısa bir sürede devasa boyutta lav püskürttüğü ve lav kalınlığının 3 km'ye ulaştığı tahmin edilmektedir (Kamo vd. 2003; Ivanov vd. 2013).

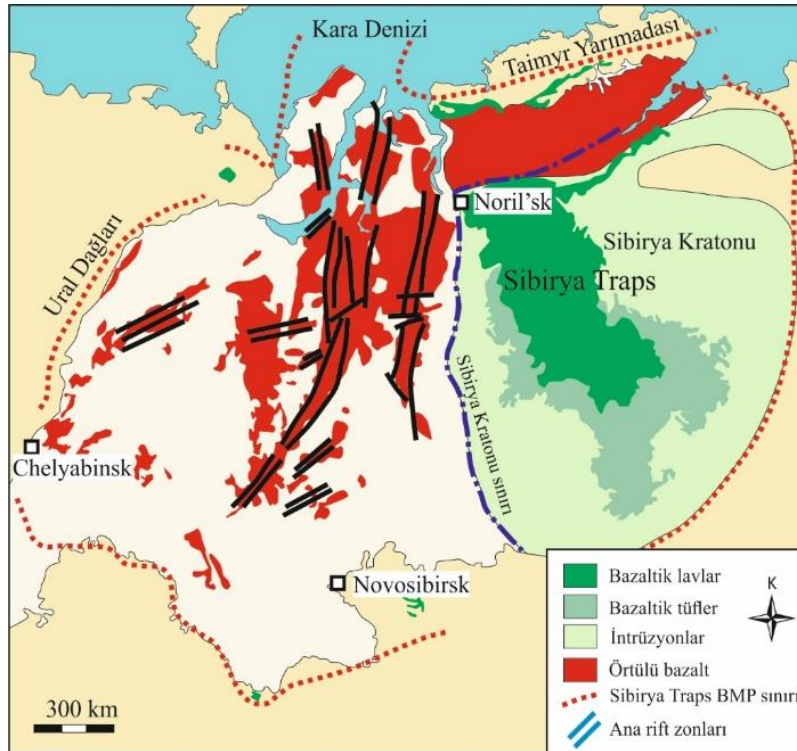
Sibirya Trap BMP'si ile Permien sonu kitlesel yok oluşu arasındaki bağlantının kurulabilmesi için öncelikle bu iki olayın çok iyi tarihlendirilmesi ve aralarındaki zamansal ilişkinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Güncel olarak Burgess vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada Sibirya Trap BMP'sinin 3 farklı evrede gerçekleştiği ve birinci evredeki püskürmelerin Permien sonu kitlesel yok oluşundan yaklaşık 300 bin yıl (± 126 bin yıl) önce başladığı vurgulanmıştır. Bu sonuç iki olayın ilişkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca Sibirya BMP'sinin, Permien sonunda meydana geldiği düşünülen diğer iklimsel ve çevresel (küresel ısınma, okyanus anoksiya, okyanus asitlenmesi, ozon tabakasının zarar görmesi vs.) değişimlerin tetikleyicisi olduğu düşünülmektedir (Bond ve Grasby 2017) (Şekil 2.9). Sibirya Trap BMP'sinin olası çevresel etkileri aşağıda anlatılmıştır.

Volkanik faaliyetler sırasında açığa çıkan gazların ciddi çevresel etkilerinin olduğu tahmin edilmektedir. Volkanik püskürmeler sırasında troposfere ve stratosfere çok çeşitli gazlar salınmaktadır. Bu gazların atmosferde kalma süresi ve davranışları oldukça farklıdır. Hacimsel olarak su buharı dışındaki en önemli volkanik gazlar SO₂ ve CO₂'dir. Bu ikisi sera gazıdır ancak sadece CO₂ uzun jeolojik zamanlar boyunca etki göstermektedir. SO₂'nin etkisi CO₂'ye göre kısa sürelidir ve SO₂ daha çok güneş ışınlarını bloke eden aerosolları oluşturarak soğuma etkisi yaratabilir. CO₂ gazının sera etkisi çok iyi bilinmektedir ve günümüzde de bu konu üzerine ciddi araştırmalar ve tartışmalar yapılmaktadır. Küresel ısınmanın büyük magmatik püskürmeler sırasında yüksek hacimde ve kısa sürede atmosfere büyük oranda CO₂ gazı salınması sonucunda geliştiği düşünülmektedir. Küresel ısınma ile birlikte deniz suyunun oksijen çözme kapasitesi

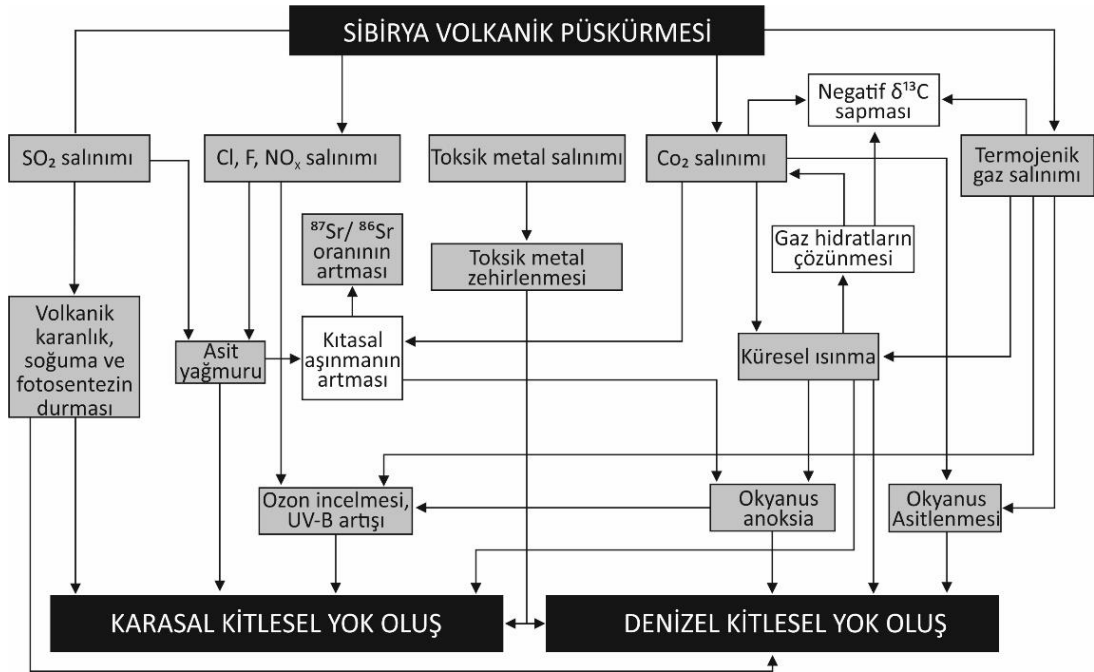
düşebilir ve bunun sonucunda anoksiya gelişebilir. Ayrıca atmosferdeki CO₂ gazının okyanuslara transfer olması ile birlikte okyanus asitlenmesine yol açabileceği düşünülmektedir (Şekil 2.9). Diğer önemli volkanik gazlar ise klor ve flor bileşimli gazlardır. Bu gazlar ise ozon tabakasına zarar vermekte ve asit yağmurlarına neden olabilmektedir. Bu gibi zararlı gazlar ile birlikte cıva gibi bazı toksik elementlerin ana kaynağı da volkanlar olabilmektedir. Cıva dışında magmadan yayılan sayısız uçucu metal (Cd, As, Ni, Pb vs) bulunmaktadır (Thordarson ve Self 2003; Black vd. 2014; Saunders 2016; Bond ve Grasby 2017).

2.2.4.2. Okyanus anoksiya olayı

Okyanus anoksiya (anoxia) terimi basitçe oksijensiz koşulları ifade etmekte ve bu koşullar oksijenli solunum yapan canlıların gelişimini engellemektedir (Şengör ve Atayman 2009). Permiyen-Triyas geçişini temsil eden denizel kesitlerde oksijen azalması ile ilgili sedimantolojik (siyah çamurtaşları, pirit vb.) ve jeokimyasal (Th/U, Ce/Ce*, $\delta^{238}\text{U}$ ve $\delta^{34}\text{S}$) kanıtların çokluğu nedeniyle anoksiya olayı denizel yok oluş için en fazla önerilen mekanizma olmuştur (Grice vd. 2005; Şengör ve Atayman 2009; Bond ve Wignall 2010; Varol vd. 2011; Brenneka vd. 2011; Brand vd. 2012; Lau vd. 2016; Wang vd. 2016; Elrick vd. 2017; Bond ve Grasby 2017). Anoksiya olayının Permiyen sonundaki yok oluşun meydana gelmesinde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (Wignall ve Twitchett 1996; Meyer vd. 2008; Şengör ve Atayman 2009).



Şekil 2.8. Sibiry bölgesindeki magmatik kayaçların dağılımı (Reichow vd. 2009)



Şekil 2.9. Permian sonu yok oluşü için önerilen yok oluş mekanizmaları ve birbirleriyle olan ilişkileri (Bond ve Grasby 2017)

Anoksiya olayının gelişimi ve yayılımı sıcak iklim koşullarıyla ilişkilendirilmiştir. Sıcaklığın artması, suyun oksijen çözme kapasitesini düşürerek, sudaki oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır. Buna ilave olarak, sıcaklığın artmasıyla hidrolojik döngünün değişmesi karasal aşınmayı artırmakta ve okyanuslara daha fazla organik madde taşınmasına yol açmaktadır. Okyanuslarda artan organik madde oksijen miktarının daha da azalmasına neden olabilmektedir (Wignall ve Twitchett 1996; Hallam ve Wignall 1997; Sun vd. 2012; Saunders 2016; Bond ve Grasby 2017).

Anoksiya olayının coğrafi yayılımı, başlangıç zamanı ve süresi ile ilgili görüş ayrılıkları mevcuttur. Şengör ve Atayman (2009) anoksiyanın gelişimini açıklamak için, Permian sonunda dünyanın "Ptolemaik" olarak adlandırılan birbiriyle bağlantıları hemen hemen kesilmiş izole iki okyanuslu bir paleo-coğrafya modeli temel alınmıştır. Paleo-Tetis'in Ekvator boyunca uzanan tamamen kapalı bir okyanus olması nedeniyle anoksiya yaratabileceği düşüncesi savunulmuştur. Bu nedenle anoksiya gelişimi Paleo-Tetis okyanusu ve yakın çevresi ile sınırlı tutulmuştur. Anoksik koşullar ilk olarak Paleo-Tetis'in derin sularında oluşmuş ve buradan gelişerek Permian sonunda sığ shelf alanlarını işgal etmiştir (Şekil 2.6). Buna karşın, Isozaki (1997) ise Japonya ve Kanada'da Panthalassa okyanusuna ait kesitlerde yaptığı araştırma ile sadece Paleo-Tetis okyanusu ile sınırlı olmayan küresel ölçekte bir anoksiya modeli önermiştir. Yakın dönemlerde yeni araçlarla (örn. U, Th/U, $\delta^{238}\text{U}$) yapılan çalışmalarda Permian sonunda ve yok oluşla eş zamanlı ani bir anoksiya genişlemesi modeli önerilmiştir (Brenneka vd. 2011; Elrick vd. 2017). Henüz anoksiya gelişimi ile ilgili genel kabul görmüş bir paleo-coğrafya modeli bulunmamaktadır.

2.2.4.3. Küresel ısınma

Çin'deki sınır kesitlerinde, konodont apatitlerden elde edilen oksijen izotop ($\delta^{18}\text{O}$) sonuçları ile yapılan paleo-termometre çalışmalarında deniz suyu sıcaklığında Geç Permiyen ve Erken Triyas arasında kayda değer ani bir artış olduğu rapor edilmiştir (Joachimski vd. 2012; Sun vd. 2012). Bu sonucu destekleyen bazı veriler sunulmuştur. Örneğin; Erken Triyas sırasında bazı karasal ve denizel türlerin (tetrapodlar, denizel sürüngenler, balık) fosil kaydı incelendiğinde, Ekvator civarında çok nadir buldukları ya da hiç bulunmadıkları, yüksek enlemlerde ise yaygın olarak buldukları görülmüştür. Sun vd. (2012) bu durumun sıcaklık artışı ile ilişkili olabileceğini savunmuştur.

Küresel ısınmanın atmosferdeki sera gazlarının (özellikle CO_2) artmasına bağlı olarak geliştiği ve sera gazı artışının volkanojenik (Sibirya Trap volkanizması) ya da termojenik kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Svensen vd. 2009; Joachimski vd. 2012).

2.2.4.4. Okyanus asitlenmesi

Okyanus sularının asitlenmesi de anoksiya olayı gibi Permiyen sonu yok oluş senaryolarında en çok önerilen mekanizmalardan biridir (Payne vd. 2007; Clapham ve Payne 2011; Beauchamp ve Grasby 2012; Heydari vd. 2013). Payne vd. (2007) tarafından Çin, Türkiye (Taşkent, Konya) ve Japonya'da yapılan çalışmada en üst Permiyen iskeletsel kireçtaşlarının bir erozyon yüzeyi ile bittiği ve bu erozyonun su altında olduğu belirtilmiştir. Erozyon yüzeylerinin deniz sularının asidik özellik kazanması sonucu karbonat çözünmesine bağlı olarak geliştiği ileri sürülmüştür. Yine aynı çalışmada bu erozyon yüzeyinin bilinen en genç Permiyen konodont zonunda olduğu da kaydedilmiştir. Heydari vd. (2013) ise İran'da yaptığı çalışmada Permiyen-Triyas geçişi sırasında karbonat mineralojisinde meydana gelen değişimleri ve Sr izotoplarını incelemiştir. Bu yazarlara göre Permiyen-Triyas geçişi sırasında deniz sularının asitlenmesine bağlı olarak karbonat üretimi yavaşlamış ya da tamamen durmuştur. Clapham ve Payne (2011) ise yok oluşun iskeletsel bileşimi farklı olan canlılara farklı şekilde etki ettiğini belirtmişlerdir. Karbonat iskeletli denizel omurgasızların asitlenme olayı nedeniyle diğer silis ve fosfat iskeletli olanlara göre yok oluştan daha fazla etkilendiği ifade edilmiştir.

Son zamanlarda yapılan bir çalışmada (Clarkson vd. 2015) ise bor izotopları ($\delta^{11}\text{B}$) pH göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre okyanus pH değeri Geç Permiyen boyunca sabit olup, Erken Triyas döneminde ani bir asitlenme olayı gerçekleşmiştir. Ancak Bond ve Grasby (2017) bor izotoplarının kullanımıyla ilgili bazı önemli sakıncalar olduğunu belirtmişlerdir. Birincisi, bor izotop kaydı kil içeriğindeki (kil borca zengindir) değişimlere karşı çok duyarlıdır. İkincisi ise diyajenez sırasında boşluk suyu ile reaksiyona girmesi sonucunda bor izotop oranlarının değişmiş olma ihtimalidir. Diğer bir husus ise bor izotoplarından elde edilen verinin sadece bir kesite dayanmasıdır.

2.2.4.5. Asit yağmurları, ozon tabakasının tahribatı ve toksik metal zehirlenmesi

Karasal yok oluş için asit yağmurları, ozon tabakasının tahribatı ve toksik metal zehirlenmesi gibi birkaç farklı mekanizma önerilmiştir (Visscher vd. 2004; Beerling vd.

2007; Black vd. 2014; Sephton vd. 2015). Bu mekanizmalar ile ilişkili yapılan araştırma sayısı diğerlerine nazaran oldukça sınırlıdır.

Black vd. (2014) geliştirdiği model ile Sibirya Trap volkanik faaliyeti ile atmosfere salınan CO₂ ve SO₂ gazlarının asit yağmurlarına (pH = 4) yol açabileceğini belirtmişlerdir. Yine Black vd. (2014)'in modeline göre halojenik bileşimli gazların stratosfere salınması ozon tabakasının incelmesine neden olmuş olabilir. Ozon tabakasının zarar gördüğünü gösteren kanıt ise Visscher vd. (2004) tarafından ortaya konmuştur. Visscher vd. (2004), Permiyen sonunda bitkilerde küresel olarak tespit edilen mutasyon artışının, yeryüzüne ulaşan ultraviyole B ışınlarının (UV-B 280-315 nm) artması sonucu gerçekleştiğini ifade etmiştir. Ultraviyole B ışınlarının artmasına neden olarak ise stratosferdeki ozon dengesinin bozulması gösterilmiştir.

Sanei vd. (2012), en geç Permiyen'de Pangea'nın kuzeybatısında (Kanada) yok oluş seviyesinde gözlenen kayda değer bir cıva (Hg) artışı tespit etmiştir. Rampino vd. (2017) ise Hindistan (Spiti vadisi), Macaristan (Bukk Dağları) ve Japonya (Sasayama)'da yaptığı çalışmada sınır kesitlerinde nikel zenginleşmesi (45-96 ppm arasında) tespit etmişlerdir ve bu nikel anomalisinin küresel ölçekte olduğunu ifade etmişlerdir. Bu metal anomalilerinin kaynağı olarak da Sibirya Trap magmatizması önerilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanlarına ait gerekli literatür araştırması yapıldıktan sonra arazi çalışmalarına geçilmiştir. 2015 yılının yaz ayları içerisinde ön arazi tanımlamaları ile başlayan arazi çalışmaları, 2016 yılının yaz aylarında tamamlanmıştır. Arazi çalışmalarında ilk olarak, çeşitli araştırmacılar tarafından tanımlanan Permiyen-Triyas geçişine ait litostratigrafik birimler ve bu birimlerin dokanak ilişkileri incelenmiştir. Bir sonraki aşamada ise ölçülü stratigrafik kesit alımına geçilmiştir. İlk ölçülü stratigrafik kesit alımı çalışması (Kemer kesiti), Kemer ilçesinin yaklaşık 15 km kuzeybatısında yer alan Çürük Dağ'da yapılmıştır. İkinci kesit alımı çalışması (Gazipaşa kesiti) ise Gazipaşa ilçe merkezinin 10 km kuzeydoğusunda bulunan Öznur Tepe civarında yapılmıştır (bkz. Şekil 1.1). Ölçülü stratigrafik kesit alımı sırasında birimlerin litolojik özellikleri, dokusu, kayaç rengi, tabakalanma özellikleri, diyajenetik özellikleri ve fosil içeriği ile birimlerdeki tortul yapılar kayıt altına alınmıştır.

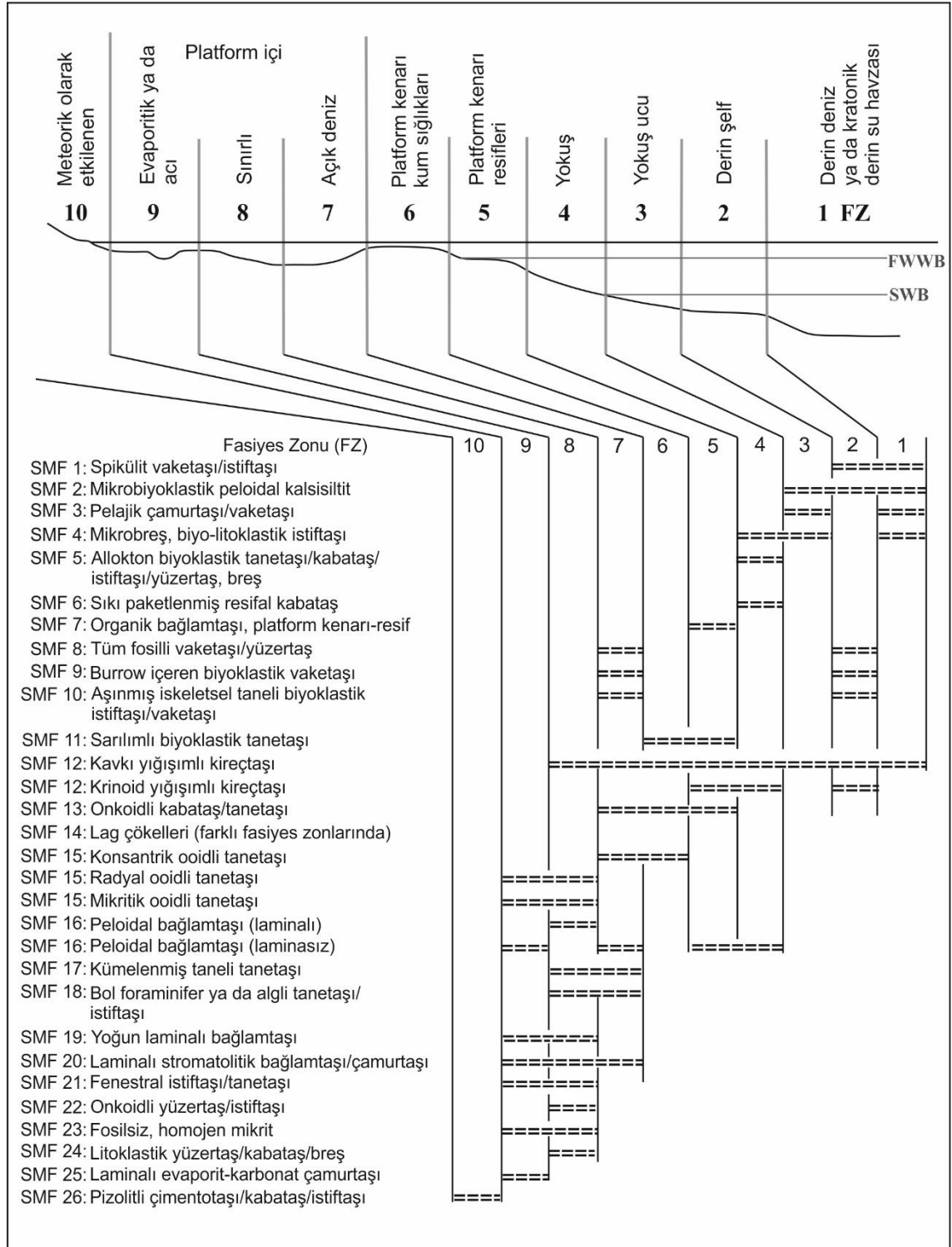
Ölçülü stratigrafik kesit alımı sırasında, birimleri en iyi şekilde temsil edecek noktalardan petrografik ve jeokimyasal analizlerde kullanılmak üzere örnekler alınmıştır. Örneklemeye çalışması sırasında örneğin kullanım amacı ön planda tutulmuş ve kesitler üzerindeki örneklemeye aralığı bu kullanım amacına göre belirlenmiştir. Örneklemeye noktaları özenle seçilmiş, örneklerin aşınmamış ve taze yüzeylerinden alınmasına önem gösterilmiştir. Örneklemeye çalışmasında arazinin durumuna göre çekiç ve el matkabı kullanılmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

3.2.1. İnce kesit incelemeleri

Laboratuvar çalışmalarında ilk olarak ince kesit yapımı için toplanan örneklerden Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan taş kesme cihazı kullanılarak, uygun boyutlarda plakalar kesilmiştir. Hazırlanan bu örnekler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarına gönderilmiş ve örneklerin ince kesitleri yaptırılmıştır.

Daha sonra ince kesitler üzerinde alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yardımıyla kayaçların mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlemeye yönelik incelemeler yapılmıştır. İnceleme sırasında örneklerin vurgulanmak istenen mineralojik ve dokusal özellikleri fotoğraflanmıştır. Çoğunlukla kireçtaşı litolojisinden oluşan örneklerin sınıflaması Folk (1962) ve Dunham (1962)'a göre yapılmış, fasiyes ve ortam özellikleri belirlenirken ise Wilson (1975) ve Flügel (2004) referans alınmıştır (Şekil 3.1). Sınıflama yapılırken tane tipi, tane sıklığı, tane ilişkileri, matriks tipi, depolanma dokusu ve fosil içeriği (baskın gruplar, korunma derecesi vb.) gibi ölçütler dikkate alınmıştır (Flügel 2004).



Şekil 3.1. Engelli karbonat platformu üzerindeki Fasiyes Zonlarındaki (Wilson 1975) Standart Mikrofasiyes Tipleri (Flügel 2004). FWFB: Durgun hava dalga tabanı, SWB: Fırtınalı hava dalga tabanı

3.2.2. Duraylı izotop incelemeleri

Karbon ve oksijen izotop oranlarındaki değişimin saptanması amacıyla incelenen kesitlerden alınan örneklerde duraylı (kararlı) izotop incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Analiz için her iki kesitten alınan kireçtaşı örnekleri kullanılmıştır. Analizde kullanılacak örnekler laboratuvarında elmas uçlu matkap ile toz haline getirilmiştir. Örnekleme sırasında ilksel kimyasal bileşimi değiştirebilecek yapılardan (yeniden kristallenme, dolomitleşme, kalsit damarları vb.) mümkün olduğunca kaçınılmıştır. Duraylı izotop analizleri için 62 adet toz örnek hazırlanmıştır.

Duraylı izotop analizleri için toz haline getirilen örnekler analiz için Arizona Üniversitesi (ABD) İzotop Laboratuvarına gönderilmiştir. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, gaz-oranı kütle spektrometresine (Finnigan MAT 252) bağlanan otomatikleştirilmiş karbonat hazırlama cihazı (Kiel-III) kullanılarak ölçülmüştür. Toz haline getirilmiş örnekler 70°C 'ta vakum altında susuz (dehydrated) H_3PO_4 (fosforik asit) ile reaksiyona sokulmuştur. Ölçülen izotop oranları NBS-19 ve NBS-18 yinelenen ölçüm standartlarına göre kalibre edilmiştir. Örnekler için belirlenen hassasiyet aralığı $\delta^{18}\text{O}$ için ± 0.10 ‰ ve $\delta^{13}\text{C}$ için ise ± 0.08 ‰ (1 sigma) olarak belirtilmiştir.

Aşağıda duraylı izotop çalışmaları hakkında, Sharp (2007)'tan derlenen kısa literatür bilgisi sunulmuştur.

İzotop, bir elementin atom numarası aynı kütle numarası farklı olan atomları şeklinde ifade edilmektedir. Doğada kimi elementlerin tek, kimi elementlerin ise birden fazla izotopu bulunmaktadır. Birden fazla kararlı (duraylı) izotopa sahip elementlerin tüm izotopları aynı kimyasal özelliklere sahip olmakla birlikte, izotopların atomik kütlelerindeki farklılıklarından dolayı, jeolojik süreçler sırasında çeşitli ortamlarda izotop bileşiminde farklılıklar gözlenmektedir. Fiziksel ve kimyasal süreçler sonucu ortaya çıkan izotop bileşimindeki değişimlere “izotop ayırmaşması” denilmektedir.

Duraylı izotop çalışmalarında en çok kullanılan elementler hidrojen, oksijen, karbon ve kükürttür. Bu elementlerin ortak özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Düşük atomik kütle (40 veya daha az) sahiptirler.
- Bu elementler jeolojik, biyolojik ve hidrolojik sistemlerde en fazla bulunan elementlerdir.
- Bu elementlerin ağır (nadir) ve hafif (bolluk derecesi yüksek) izotopları arasındaki kütle farkı tüm kütlelerin yüzde %1'i veya daha fazlasıdır. Bu fark doğal süreçler altında izotop ayırmaşmasına yol açmaktadır.
- Bu elementlerin güçlü kovalent bağ oluşturmaları yüksek oranda izotopik ayırmaşmalarına yol açmaktadır.
- Bu elementlerin nadir izotoplarının bolluğu kütle spektrometresi ile ölçülebilecek düzeydedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Duraylı izotop çalışmalarında en çok kullanılan elementler ve bolluk oranları (Sharp 2007)

Sembol	Atom numarası	Kütle numarası	Bolluk oranı (%)
H	1	1	99.985
D	1	2	0.15
Li	3	6	7.42
		7	92.58
B	5	10	19.17
		11	80.22
C	6	12	98.89
		13	1.11
N	7	14	99.63
		15	0.37
O	8	16	99.759
		17	0.037
		18	0.204
Si	14	28	92.21
		29	4.70
		30	3.09
S	16	32	95.0
		33	0.76
		34	4.22
		36	0.014
Cl	17	35	75.53
		37	24.47

Bir elementin herhangi bir izotopu ile en bol bulunan izotopu arasındaki sayısal orana izotop oranı denilmektedir. Duraylı izotop oranları, kütle spektrometresi cihazı ile ölçülmektedir. Bu cihaz ile farklı kütleyle sahip izotopların bolluk oranları belirlenir. Analiz sırasında ortaya çıkan çeşitli süreçler nedeniyle izotopların bolluk oranları kesin bir şekilde ölçülememektedir ancak aynı kütle oranına sahip bir standart ile karşılaştırılmaktadır. Böylece bir örnekteki bilinmeyen kütle oranı tam olarak ölçülemese de, standart olarak alınan bir maddedeki aynı kütle oranı ile doğru bir şekilde karşılaştırılabilmektedir. Çizelge 3.2’de bazı elementler için kullanılan standartlar gösterilmiştir.

Herhangi bir jeolojik materyaldeki (denizel karbonat ya da fosil) kararlı izotop çalışmalarının esasını, o materyalde yer alan elemente ait izotopların “ağır izotop/hafif izotop” oranlarını tespit etmek ve bu oran değerinin izotopik ayrışma gerçekleşmeden önceki (ilksel) “ağır izotop/hafif izotop” oran değeri ile karşılaştırılması oluşturmaktadır. Duraylı izotop bileşenleri, belirli bir standardın bileşiminden olan sapmalar şeklinde δ (delta) parametresi kullanılarak eşitlik 3.1’in bir sonucu olarak verilmektedir. Eşitlik 3.2’de karbon izotopunun δ değerinin hesaplanması örnek olarak gösterilmiştir. Burada ^{13}C ağır izotopu, ^{12}C ise hafif izotopu temsil etmektedir.

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{örnek}} - R_{\text{standart}}}{R_{\text{standart}}} \right) \times 10^3 \rightarrow \text{‰} \quad (3.1)$$

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{örnek}} - {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{standart}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{standart}}} \right) \times 10^3 \rightarrow \text{‰} \quad (3.2)$$

Yukarıdaki eşitlikten elde edilen sonuç binde (‰) bolluk değeri ile temsil edilmekte olup, incelemeye konu oluşturan örnekteki ağır izotopun, standart olarak kullanılan ağır izotopa göre zenginleşme (enrichment) mi yoksa azalma (depleted) mı gösterdiğini ifade etmektedir. Analiz edilen örneğin pozitif delta (+ δ) değerine sahip olması incelenen örneğin standarda oranla ağır izotop bakımından, negatif delta (- δ) değerine sahip olması ise standarda oranla hafif izotop bakımından zenginleşmiş olduğu biçiminde değerlendirilmektedir. Delta parametresinin kullanılma sebebi ise, çok küçük değerler ile çalışmak yerine rakamsal olarak rahat çalışılabilecek değerlerin elde edilmesidir.

Bu tez çalışmasında karbon ve oksijen için kullanılan standart, Kuzey Carolina Pee Dee formasyonuna ait belemnit fosilinin karbon ve oksijen izotop bileşimidir. Günümüzde bu standardın ilksel malzemesi mevcut olmadığı için yeni karbonat referansı NBS-19 ve NBS-18'dir.

Çizelge 3.2. Duraylı izotop çalışmalarında kullanılan standartlar [(Sharp 2007)'den alınmıştır]

Element	İzotop çifti	Standart	Açıklama
Hidrojen	D/H	SMOW	Okyanus suyu ortalaması
Karbon	${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$	VPDB	Vienna-Pee Dee formasyonu belemniti
Oksijen	${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$	SMOW	Okyanus suyu ortalaması
Oksijen	${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$	VPDB	Vienna-Pee Dee formasyonu belemniti
Kükürt	${}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S}$	CDT	Canon Diablo meteoritindeki Troillit (FeS) minerali

3.2.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri

Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri için kireçtaşı ve çamurtaşı litolojilerinden oluşan toplam 11 adet örnek hazırlanmıştır. Analiz Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarında yapılmıştır. Laboratuvarında örnekler ilk olarak, yaklaşık 1 cm³ büyüklüğüne getirilmiş ve devamında iletkenliği arttırmak için engebeli olan doğal yüzeyleri altın-paladyum ile kaplanmıştır (Şekil 3.2). Bir sonraki aşamada ise hazırlanan örnekler vakumlanmış tüp içerisine yerleştirilmiş ve görüntü alma işlemine geçilmiştir. ISPECT F50 markalı SEM cihazından (Şekil 3.3) yüksek vakum koşulları altında ikincil elektron (SE) ve geri saçınım elektron

(BSE) sinyal görüntüleri alınarak fotoğraflama yapılmıştır. Toplam 111 adet SEM görüntüsü ile birlikte istenilen noktalardan 29 adet kimyasal analiz (SEM-EDS) sonucu da alınmıştır.



Şekil 3.2. SEM analizi için hazırlanan örnekler



Şekil 3.3. SEM analiz cihazı

3.2.4. Majör oksit ve iz element incelemeleri

İnceleme alanlarındaki her iki kesitten derlenen toplam 45 adet örneğin kimyasal bileşimlerinin saptanmasına yönelik majör oksit ve iz element (nadir toprak elementler dahil) analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için örnekler halkalı öğütme cihazı kullanılarak toz haline getirilmiştir. Her bir örnek için 15-20 g toz numune hazırlanmıştır.

Örneklerin LF202 kodlu tüm kayaç analizleri ACME Analitik (Kanada) laboratuvarında yapılmıştır. Majör oksitlerin (SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , MnO , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2) ve bazı iz elementlerin (Ba, Nb, Ni, Sc, Sr, Y, Zr, Ce, Co, Cu, Zn) analizleri ICP-ES (Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry) tekniği kullanılarak yapılmıştır. Diğer iz elementlerin (Ba, Be, Ce, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd,

Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, Ag, As, Au, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn) analizleri ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.3. Buro alışmaları

Arazi ve laboratuvar incelemeleri sonucunda elde edilen veriler buro çalışmaları kapsamında değerlendirilmiştir. Buro çalışmalarının ilk bölümünde elde edilen veriler doğrultusunda gerekli bilgisayar yazılımları kullanılarak harita, kesit ve diğer Őekillerin izimleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarlardan gelen analiz sonuçları değerlendirilerek izelge ve grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar dünya genelindeki önceki çalışmalar ile karşılaştırılarak gerekli yorumlar yapılmış ve tez kapsamında belirlenen hedeflere ulaşılmaya çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Stratigrafi

Çalışma alanları Orta ve Batı Toroslar bölgelerinde yer almakta olup, çalışma alanları ve yakın çevresinde Antalya napları (Brunn vd. 1971) olarak isimlendirilen allohton birimlere ait kayaçlar bulunmaktadır. Antalya napları Kambriyen-Üst Kretase zaman aralığında oluşmuş farklı litolojilere sahip kayaç topluluklarından meydana gelmektedir. Bu kayaçlar önceki çalışmalarda çok sayıda formasyona ayrılmıştır (Özgül 1984, Şenel vd. 1992). Bu çalışma kapsamında incelenen kesitlerin temsil edildiği Geç Permiyen ve Erken Triyas yaşlı formasyonların genel jeolojik özellikleri aşağıda verilmiştir. Bu formasyonlar her iki çalışma alanında önceki araştırmacılar tarafından farklı isimler altında incelenmiştir. Bu çalışmada, Permiyen-Triyas geçişlerini konu alan daha önceki çalışmalarda (Crasquin-Soleau vd. 2004; Baud vd. 2005; Kershaw vd. 2011; Varol vd. 2011) yaygın olarak kullanılan formasyon isimleri tercih edilmiştir. Bu nedenle, Kemer bölgesindeki Geç Permiyen yaşlı birimler Pamucak formasyonu ve Erken Triyas yaşlı birimler Kokarkuyu formasyonu; Gazipaşa bölgesindeki Geç Permiyen yaşlı birimler Yüğültepe formasyonu ve Erken Triyas yaşlı birimler ise Sapadere formasyonu adı altında incelenmiştir.

4.1.1. Kemer bölgesi

4.1.1.1. Pamucak formasyonu

Pamucak formasyonu çalışma alanında ilk defa Lys ve Marcoux (1978) tarafından tanımlanmıştır (Marcoux ve Baud 1986). Birim için Kalafatçıoğlu (1973) Dinek kalkerleri, Şenel vd. (2010) ise Dinek formasyonu adlandırmasını tercih etmişlerdir (Şekil 4.1).

Pamucak formasyonu egemen olarak iyi tabakalanmalı çörtlü kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Marcoux ve Baud 1986). Kireçtaşlarının tabaka kalınlıkları ince ve kalın arasında değişirken, çoğunlukla koyu gri ve siyah renklerde gözlenmiştir (Şekil 4.2). Birim bol çatlaklıdır. Arazi ölçülen çatlak sıklığı 0.5 ile 2 m arasında değişir. Formasyonun üst seviyelerinde kireçtaşları çoğunlukla nodüler katmanlı bir yapı sunmaktadır. Nodüller tabaka düzlemi boyunca uzanan 5-15 cm arasında değişen ve çamurtaşları ile çevrili yumrulardan oluşmaktadır (Şekil 4.3). Formasyonun en üstünde ise genellikle tek bir tabaka halinde gözlenen ooidli kireçtaşları bulunmaktadır ve bu birim önceki çalışmalarda (Baud vd. 2005; Angiolini vd. 2007; Kershaw vd. 2011; Varol vd. 2011) Pamucak formasyonunun son tabakası olarak kabul edilmiştir.

Ölçülen tabaka konumları genel olarak 40-45 derece KD doğrultulu ve 45-50 derece ile KB'ya eğilimidir. Çalışma alanında birimin altında bulunan Pamucakyayla formasyonu ile ilişkisi tespit edilememiştir. Şenel vd. (2010)'ne göre Pamucak formasyonu, Pamucakyayla formasyonu üzerinde uyumlu konumdadır. Üstüne gelen Sapadere formasyonu tarafından da yine uyumlu olarak örtülmektedir (Şekil 4.4). Birimin Çürükdağ kesitinde ölçülen stratigrafik kalınlığı 400-600 m arasındadır (Marcoux ve Baud 1986).

Formasyonu oluşturan kireçtaşları yüksek oranda kalkerli alg (*Gymnocodium* ve *Permocalculus*) ve küçük foraminifer fosillerini kapsamaktadır (Marcoux ve Baud 1986).

Bununla birlikte, formasyonun üst seviyelerinde yer yer brakiyopod ve gastropod fosilleri de bulunmaktadır. Marcoux ve Baud (1986), foraminifer (*Paradagmarita monodi* ve *Ichtyolaria latilimbata*) ve brakiyopod (*Spinomarginifera helica* ve *Sp. Spinocostata*) fosillerine dayanarak birimin yaşını Geç Permiyen olarak belirlemişlerdir. Angiolini vd. (2007), Pamucak formasyonunun üst seviyelerindeki brakiyopod formlarını incelemiş ve birim içerisinde en geç Permiyen (Şangingiyen) zamanını işaret eden brakiyopod fosilleri (*Spinomarginifera* ve *Orthothenina* formları) tespit etmişlerdir. Birimin sığ denizel karbonat şelf ortamında çökelmiş olduğu düşünülmektedir (Şenel vd. 2010).

Zaman	Sistem	Formasyon	Kalınlık (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOYİK	Jura- Kretase	Tekedağı	200		Neritik kireçtaşı
					Dolomitik kireçtaşı
	Triyas	Gökdere	200		Halobia'lı kireçtaşı
					Alacalı marn
PALEOZOYİK	Üst Permiyen	Pamucak	200		Mizzia'lı kireçtaşı
		Dinek Kızılbag		Dolomit	
	Orta Devonyen	Güneyyaka	350		Kuvarsitik kumtaşı ve kömürlü şeyl
					Dolomit ve kumlu dolomit
Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen	Seydişehir	350		Kuvarsitik kumtaşı	
				Kumtaşı ve şeyl	

Şekil 4.1. Kemer bölgesindeki çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Şenel vd. 2010). Bu çalışmada yaygın kullanılması sebebiyle Üst Permiyen yaşlı birimler Pamucak formasyonu (Marcoux ve Baud 1986) ve Alt Triyas yaşlı birimler ise Kokarkuyu formasyonu (Altiner 1981) adı altında incelenmiştir (Kısaltmalar: Pamc.; Pamucakyayla)

4.1.1.2. Kokarkuyu formasyonu

Kokarkuyu formasyonu ilk defa Orta Toroslar'da Pınarbaşı bölgesinde Altınar (1981) tarafından tanımlanmıştır. Çalışma alanında ise birim Marcoux (1977) tarafından Kesmeköprü formasyonu adı ile kayıt altına alınmıştır. Birimin tabanında kalınlığı 20 ile 40 metre arasında değişen mikrobiyalit olarak adlandırılan (Baud vd. 2005; Kershaw vd. 2011) çökeller yer almaktadır. Bu çökeller alt kısımlarda trombolitik ve stromatolitik yapılar (Şekil 4.5) ile temsil edilirken üst kısımlarında oolitik kireçtaşları da yer almaktadır (Baud vd. 2005). Bu mikrobiyalit çökellerinin üzerine ince-orta tabakalı, alacalı marn ve vermiküler kireçtaşı birimleri gelmektedir (Marcoux ve Baud 1986). Formasyonun stratigrafik kalınlığı 700 metre olarak ölçülmüştür (Varol vd. 2011). Birim üzerine gelen Alakırçay grubu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şenel vd. 2010).

Formasyon içerdiği ostrakod, foraminifer ve konodont fosilleri dikkate alınarak daha önceki araştırmalarda Erken Triyas olarak yaşlandırılmıştır. Crasquin-Soleau vd. (2004) tarafından yapılan araştırmada, formasyonun tabanında bilinen en yaşlı Triyas ostrakod formları keşfedilmiştir. Aynı araştırmacılar, Erken İnduyan (Triyas tabanı) foraminifer formları (*Ammonodiscus parapriscus* ve *Rectocornuspira kalhori*) ile de elde ettikleri yaş verisini doğrulamıştır. Diğer bir yaş verisi ise konodont fosillerinden elde edilmiştir. Formasyona içerdiği *isarcica* konodont zonuna göre Erken Triyas yaşı verilmiştir (Baud vd. 2005).



Şekil 4.2. Kemer Çürük Dağ batı yamacında Pamucak formasyonuna ait ince-orta tabakalı kireçtaşları (Bakış yönü: KD)

4.1.2. Gazipaşa bölgesi

4.1.2.1. Yüglüktepe formasyonu

Gazipaşa civarında Alanya napları altında tektonik pencere şeklinde mostra veren Antalya napları (Özgül 1976, 1983) içerisindeki Permien yaşlı biyoklastik kireçtaşları Özgül (1983) tarafından Yüglüktepe formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.6). Bölgede çalışan diğer araştırmacılar tarafından birim, Bıçkıcı formasyonu (Ulu 1983) ve Çukurköy formasyonu (Şenel vd. 1992) olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.3. Pamucak formasyonu tavan kısmında görülen nodüler katmalı kireçtaşları ve siyah çamurtaşı düzeyleri



Şekil 4.4. Kemer Çürük Dağ batı yamacındaki Permilen-Triyas sınır kesiti (Bakış yönü: KD)



Şekil 4.5. Kokarkuyu formasyonunun tabanını oluşturan dom (kubbe) şekilli ve laminalı stromatolitik kireçtaşları

Formasyon çoğunlukla orta-kalın tabakalı, siyah, koyu gri ve gri renkli kireçtaşları ve yer yer dolomit, dolomitik kireçtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan bir istif sunmaktadır (Şenel vd. 2016). Tabakalar sık çatlaklıdır ve genellikle doğrultuya dik yönde gelişmişlerdir (Şekil 4.7). Birimin üst kesimleri yüksek miktarda kalkerli alg, ekinoid, gastropod, bivalvia ve kalkerli foraminifer içeren biyoklastik tanetaşı ve istiftaşı dokusuna sahip kireçtaşlarından oluşmaktadır (Groves vd. 2005). Birimin en üstünde ise oolitik kireçtaşları bulunmaktadır (Baud vd. 2005; Groves vd. 2005). Ölçülen tabaka konumları genel olarak 80-85 derece KB doğrultulu ve 45-50 derece ile GB'ya eğimlidir. Birim stratigrafik olarak altında bulunan Çakmak formasyonu (Ulu 1983) üzerine açılal uyumsuzlukla gelirken, üstteki Sapadere formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Arkan 2016).

Formasyon içerdiği foraminifer formlarına göre (örn. *Paradagmarita monodi*) göre Geç Permiyen olarak yaşlandırılmıştır (Özgül 1983; Ulu 1983; Groves vd. 2005). Birim sığ karbonat şelf ortamında çökelmiştir (Şenel vd. 2016).

4.1.2.2. Sapadere formasyonu

Gazipaşa civarındaki Antalya naplarına ait Triyas yaşlı birimler Özgül (1983) tarafından 5 üyeye ayrılarak Sapadere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında Özgül (1983) tarafından tanımlanan formasyona ait beş üyeden Beslengiler üyesi ve Taşlıca üyesi incelenmiştir. Formasyon, Ulu (1983) tarafından Göreme formasyonu ve Şenel vd. (1992) tarafından ise Akıncıbeli formasyonu olarak tanımlanmıştır. Formasyonun tabanındaki Beslengiler üyesi yaklaşık 20 metre kalınlıkta stromatolitik ve oolitik kireçtaşlarından oluşur. Beslengiler üyesinin üzerine ince-orta tabakalı, gri, sarımsı kahve, yeşil renkli kumtaşı, marn ve kireçtaşı ardalıktan oluşan Taşlıca üyesi (Özgül 1983) gelmektedir (Şekil 4.8).

Taşlıca üyesine ait kireçtaşları içinde bivalvia (Şekil 4.9a) ve gastropod fosilleri gözlenirken, aynı üyeye ait kumtaşlarında ripil yapıları tespit edilmiştir (Şekil 4.9b). Beslengiller ve Taşlıca üyelerine Özgül (1983) tarafından içerdiği faunaya göre (*Rectocornuspira kalkori*, *Unionites fassaensis*, *Claraia sp.*, *Natiria costata*) Erken Triyas yaş verilmektedir. Birim, sığ karbonat şelf ortamında çökelmiştir (Şenel vd. 2016).

Sistem	Seri	Formasyon	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOYİK	Jura-Üst Kretase	Karaçukur		Çörtlü, pelajik kireçtaşı
		Akdontepe		Dolomitik kireçtaşı ara seviyeli, gri-bej renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı
	Triyas	Sapadere		<i>Uyumsuzluk</i>
				Diyabaz daykları Kireçtaşı ara katkılı, kumtaşı, silttaşı, şeyl ardalanması Yüglüktepe formasyonuna ait kireçtaşı bloğu Kireçtaşı ara katkılı, kumtaşı, silttaşı, şeyl ardalanması
PALEOZOYİK	Permiyen	Yüglüktepe		Dolomitik kireçtaşı ara seviyeli, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı Mizzia'lı kireçtaşı
	Kamb.-Devoniyen	Çakmak		<i>Uyumsuzluk</i> Kırmızı-gri renkli yumrulu kireçtaşı seviyesi Gri-yeşil renkli, küçük kıvrımlı, mikalı kumtaşı, çamurtaşı ve şeyl ardalanması

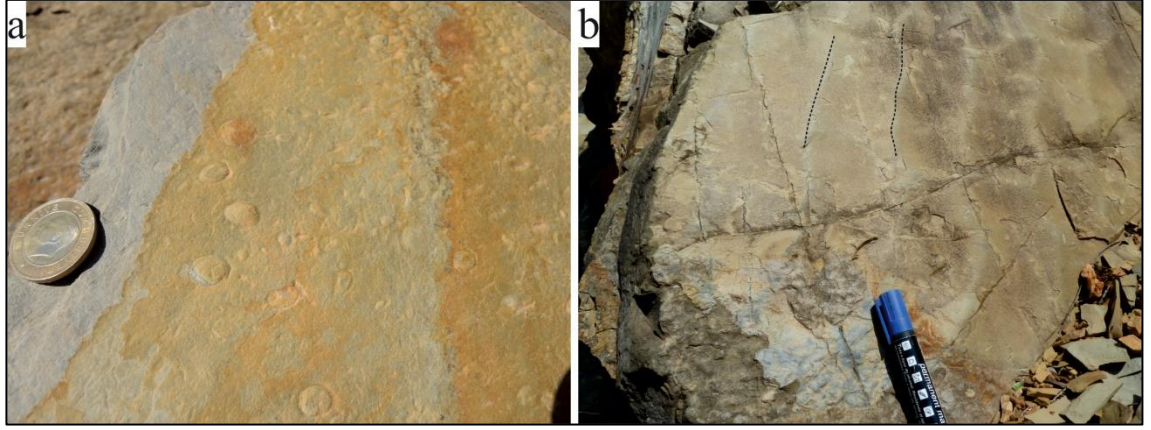
Şekil 4.6. Gazipaşa civarındaki Antalya naplarının genelleştirilmiş dikme kesiti (Arkan 2016). Kesit üzerindeki formasyon isimleri Özgül (1983) ve Ulu (1983) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınarak kullanılmıştır



Şekil 4.7. Yüglüktepe formasyonunda gözlenen kalın tabakalı ve bol çatlaklı kireçtaşları (Bakış yönü: KB)



Şekil 4.8. Sapadere formasyonu Taşlıca üyesine ait kumtaşı-marn-kireçtaşı ardalanması (Bakış yönü: GD)



Şekil 4.9. Sapadere formasyonuna ait; a) bivalve kavkılı kireçtaşı; b) ripilli kumtaşı

4.2. Sedimantoloji

Her iki çalışma bölgesinde Permiyen-Triyas sınırını temsil eden birimlerde ölçülü stratigrafik kesit alımı ve sistematik örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu kesitlerden toplam 43 adet örnek ince kesit yapımı için toplanmıştır. Arazideki gözlemler ve alınan örneklerle ait ince kesitlerin mikroskobik incelemeleri sonucunda her iki kesit alt birimlere ayrılmıştır. Burada ayırt edilen fasiyeler platform içi fasiyes topluluğuna aittir. Kemer kesitinden 4 adet birim ayırt edilmiştir. Gazipaşa kesitinden ise 3 adet birim ayırt edilmiştir.

4.2.1. Kemer kesiti

4.2.1.1. Algli vaketaşı-istiftaşı (F1)

İnce kesit tanımlamalarına göre, Pamucak formasyonunun son 25 metresi çoğunlukla algli vaketaşı-istiftaşı (Dunham 1962) sınıfına giren kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 4.10). Bu kireçtaşları biyoklastik vaketaşı dokusu yaygın olmakla birlikte yer yer biyoklastik istiftaşı dokusu da göstermektedir. Folk (1962) bileşim ağırlıklı sınıflamasına göre çoğunlukla sıkı paketlenmiş biyomikrit ve az oranda seyrek paketlenmiş biyomikrit olarak tanımlanmışlardır. Tanımlanan karbonat taneleri çoğunlukla kalkerli yeşil alglerden (*mizzia sp.*, *permocaculus*) (Şekil 4.11a-c) oluşmaktadır. Kalkerli yeşil algler ile birlikte az miktarda küçük bentik foraminifer (Şekil 4.11d), brakiyopod, bivalvia ve gastropod kavkı parçaları da görülmektedir. Matriks baskın olarak kireç çamurundan (mikrit) meydana gelmektedir. Bazı örneklerde alg kavkılarının kümelenmiş olduğu görülmekte olup, (Şekil 4.11e) bu kümelenmenin biyotürbasyon nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Bir örnekte basınç çözülmesine bağlı olarak gelişmiş demir dolgulu düzensiz yapıli mikro-stilolit yapıları tespit edilmiştir (Şekil 4.11f).

Bu fasiyesin çoğunlukla kalkerli alg (*dasycladacea* ve *gymnocodiacean*) ve bentik foraminifer içermesi ve vaketaşı-istiftaşı dokusal özelliğinde olması, bununla birlikte mikrit makriks içermesi nedeniyle birimin sığ ve düşük enerjili bir şelf ortamında depolandığı düşünülmektedir (Marocux ve Baud 1986; Baud vd. 2005). Bu fasiyes Flügel

4.2.1.2. Siyah çamurtaşı (F2)

Pamucak formasyonu üst kısımlarında yatay devamlılığı olmayan mercek şekilli siyah renkli çamurtaşları gözlenmektedir (bkz. Şekil 4.3 ve Şekil 4.10). Taramalı elektron mikroskobu çalışmalarında bu çamurtaşları içerisinde önemli oranda pirit kristali saptanmıştır.

4.2.1.3. Oolitik tanetaşı-istiftaşı (F3)

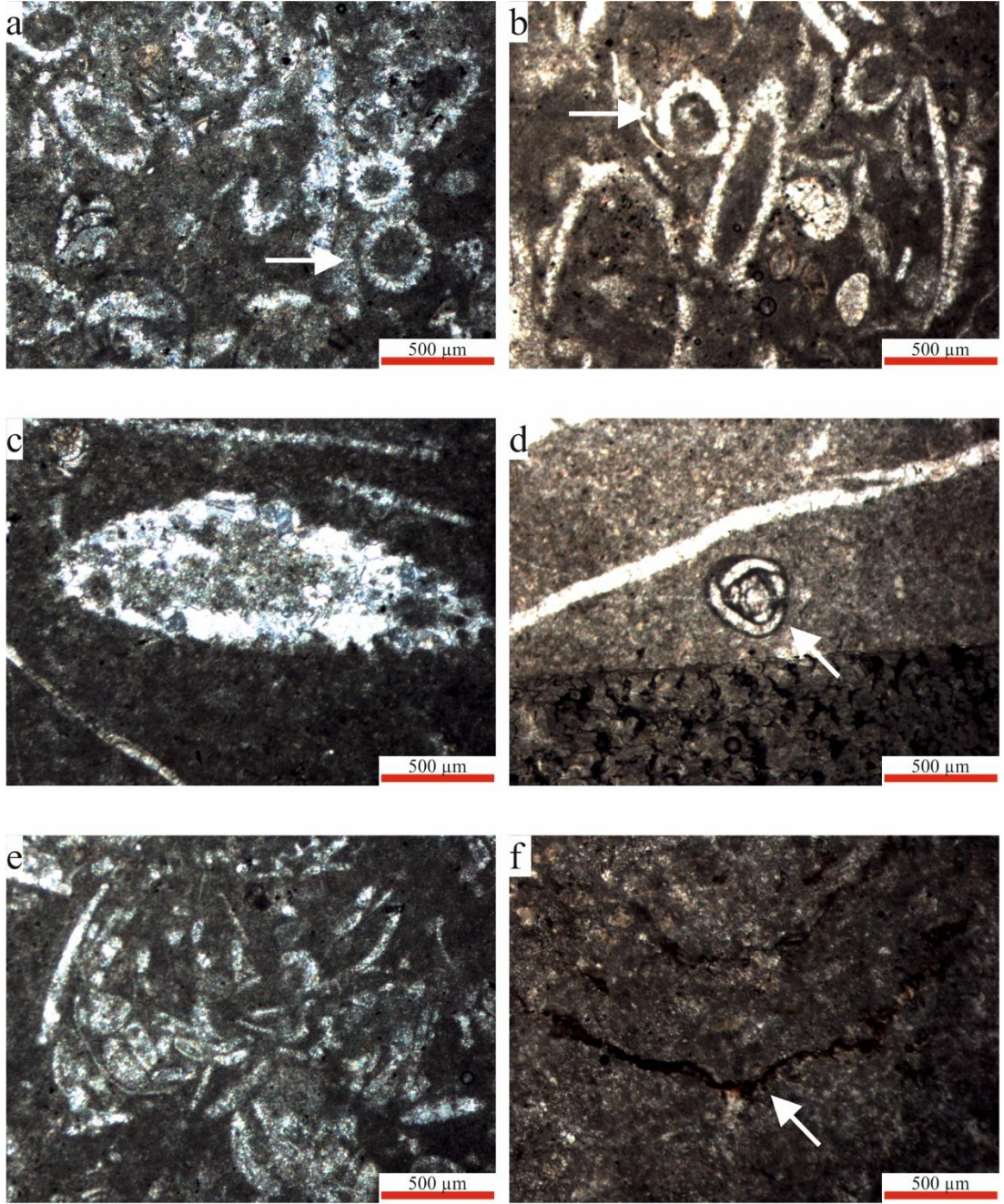
Bu fasiyes, Pamucak formasyonunun en son tabakası olarak kabul edilmektedir (Baud vd. 2005; Angiolini vd. 2007; Kershaw vd. 2011). Sabit tabaka kalınlığı sunmayan bu birim maksimum 50 cm'ye kadar çıkmaktadır.

İnce kesit tanımlamalarında Dunham (1962) dokusal ağırlıklı sınıflamasına göre oolitik tanetaşı-istiftaşı, Folk (1962) bileşim ağırlıklı sınıflamasına göre kötü yıkanmış oosparit olarak adlandırılmıştır. Karbonat taneleri egemen olarak ooidlerden oluşurken, ooid dışında nadiren parçalanmış kavkılara rastlanılır. Ooid taneleri 200-500 mikron arasında değişen boyutlarda olmasına karşın ince kesitlerde hemen hemen eş boyutta ve genellikle küresel şekilli tek bir kalsit kristalinden oluşan karbonat taneleri şeklinde görülmektedir (Şekil 4.12a-b). Ooid tanelerinin zar kalınlıkları çekirdeğe oranla çok incedir ve bu tip ooid taneleri yüzeysel (superficial) ooid olarak tanımlanır (Flügel 2004; Kershaw vd. 2011). Bazı ooid tanelerinde gözlenen kırıklar deformasyona işaret etmektedir (Şekil 4.12c). Ooid tanelerinin arasını hem mikrit hem sparit taneleri doldurmaktadır.

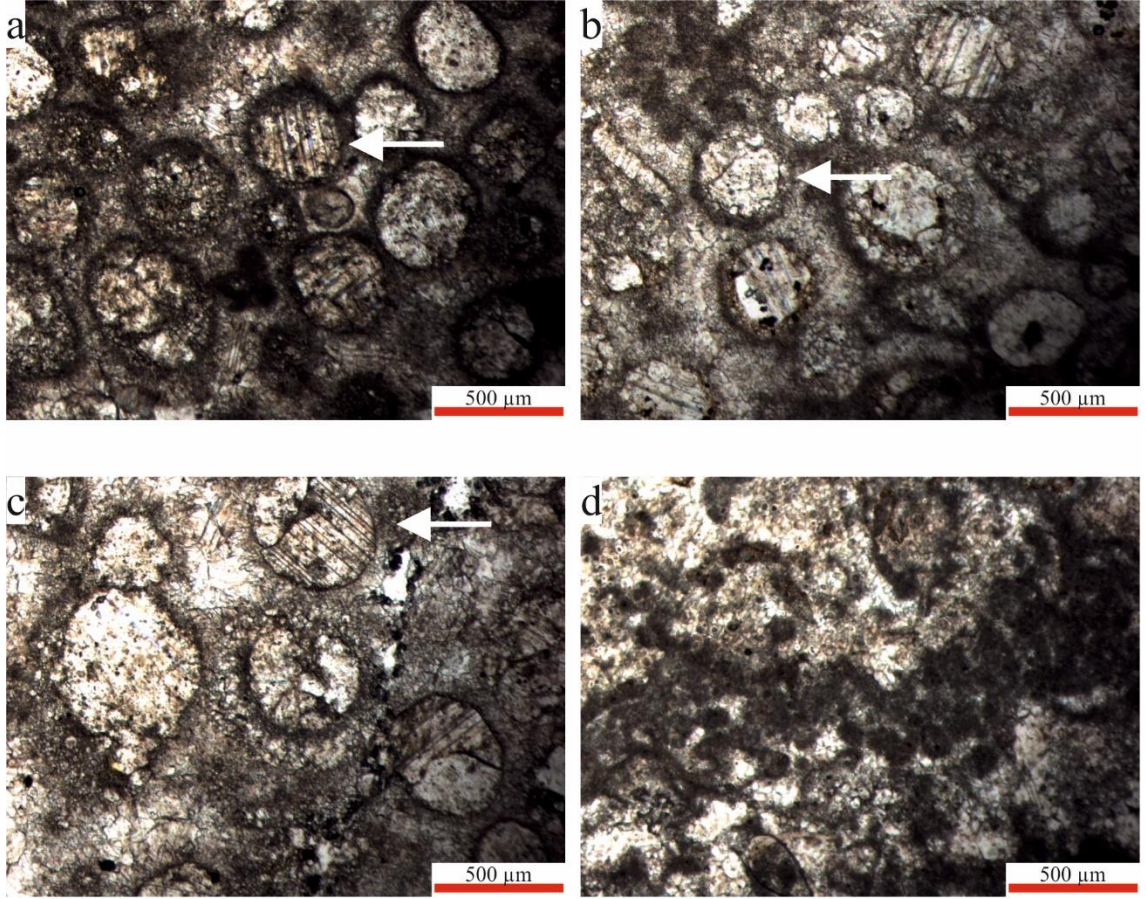
Bu birim güçlü diyajenetik etkiye (yeniden kristallenme vb.) maruz kalmıştır (Marcoux ve Baud 1986; Baud vd. 2005; Kershaw vd. 2011). Kershaw vd. (2011) tarafından birimi oluşturan ooid taneleri çoğunlukla yeniden işlenmiş küresel kalsit kristal parçaları olarak değerlendirilmiştir. Birim tamamıyla oolitik tanetaşı-istiftaşıdan meydana gelmesinden dolayı yüksek enerjili ortamı işaret etmektedir (Baud vd. 2005; Angiolini vd. 2007). Flügel (2004)'e göre SMF-18'e karşılık gelmektedir.

4.2.1.4. Stromatolitik kireçtaşı (F4)

Oolitik tanetaşı-istiftaşı fasiyesinin üzerine keskin bir kontakla Kokarkuyu formasyonunun tabanını oluşturan stromatolitik kireçtaşları gelmektedir. Kalınlığı 20 ile 40 metre arasında değişen birim dalgalı, laminalı, kubbe şekilli ve dar kolonsu şekilde (bkz. Şekil 4.5) olmak üzere farklı tipte stromatolit yapıları ile temsil edilir (Baud vd. 2005; Kershaw vd. 2011). İnce kesit görüntülerinde çoğunlukla mikrit laminaları şeklinde gözlenen (Şekil 4. 12d) stromatolit yapılarının siyano-bakterilerin aktiviteleri sonucunda oluştuğu bilinmektedir (Reid vd. 2000; Kershaw vd. 2011). Bu fasiyes Flügel (2004)'e göre SMF-20'ye karşılık gelmekte ve platform içi açık deniz ve/veya sınırlı su dolaşımı (FZ-7-8) ortamında depolanmıştır. Bu birim Kershaw (2011) tarafından mikrobiyalit adı altında incelenmiştir.



Şekil 4.11. Algi vaketaşı-istiftaşı fasiyesine (F1) ait mikroskop görüntüleri; **a-c)** kalkerli yeşil alger (*Mizzia sp.*, *Permocalculus*); **d)** foraminifer fosili; **e)** kümelenmiş iskeletsel taneler; **f)** demir dolgulu stilolit yapıları (a,c,e,f çift nikol ve b,d tek nikol)



Şekil 4.12. Oolitik tanetaşı-istiftaşı fasiyesine (F3) ait mikroskop görüntüleri; **a-b)** çekirdeği tek bir yuvarlak kalsit kristalinden oluşan yüzeysel ooid taneleri; **c)** kırık yapıları gösteren parçalı ooid taneleri; **d)** stromatolitik kireçtaşı fasiyesine (F4) ait mikroskop görüntüsü

4.2.2. Gazipaşa kesiti

4.2.2.1. Kısmen rekristalize kireçtaşı (G1)

Bu fasiyes orta-kalın tabakalı, koyu gri-siyah renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birim içerisinde nadiren makro fosil izlerine rastlanılmıştır. Diyajenetik alterasyon (rekristalizasyon, basınç izleri, dolomitleşme, stilolit yapıları) yaygındır. Bu nedenle ilksel doku korunamamıştır (Şekil 4.14a). İnce kesitte gözlenen fosiller çoğunlukla kötü korunmuş olmakla birlikte, bazı alg ve foraminifer fosilleri ayırt edilebilmiştir (Şekil 4.14b-c). Alg taneleri çoğunlukla rekristalize olmuştur. Fasiyesi oluşturan kireçtaşlarının ilksel depolanma dokusunu göstermemesi nedeniyle ortam yorumu yapmak zordur.

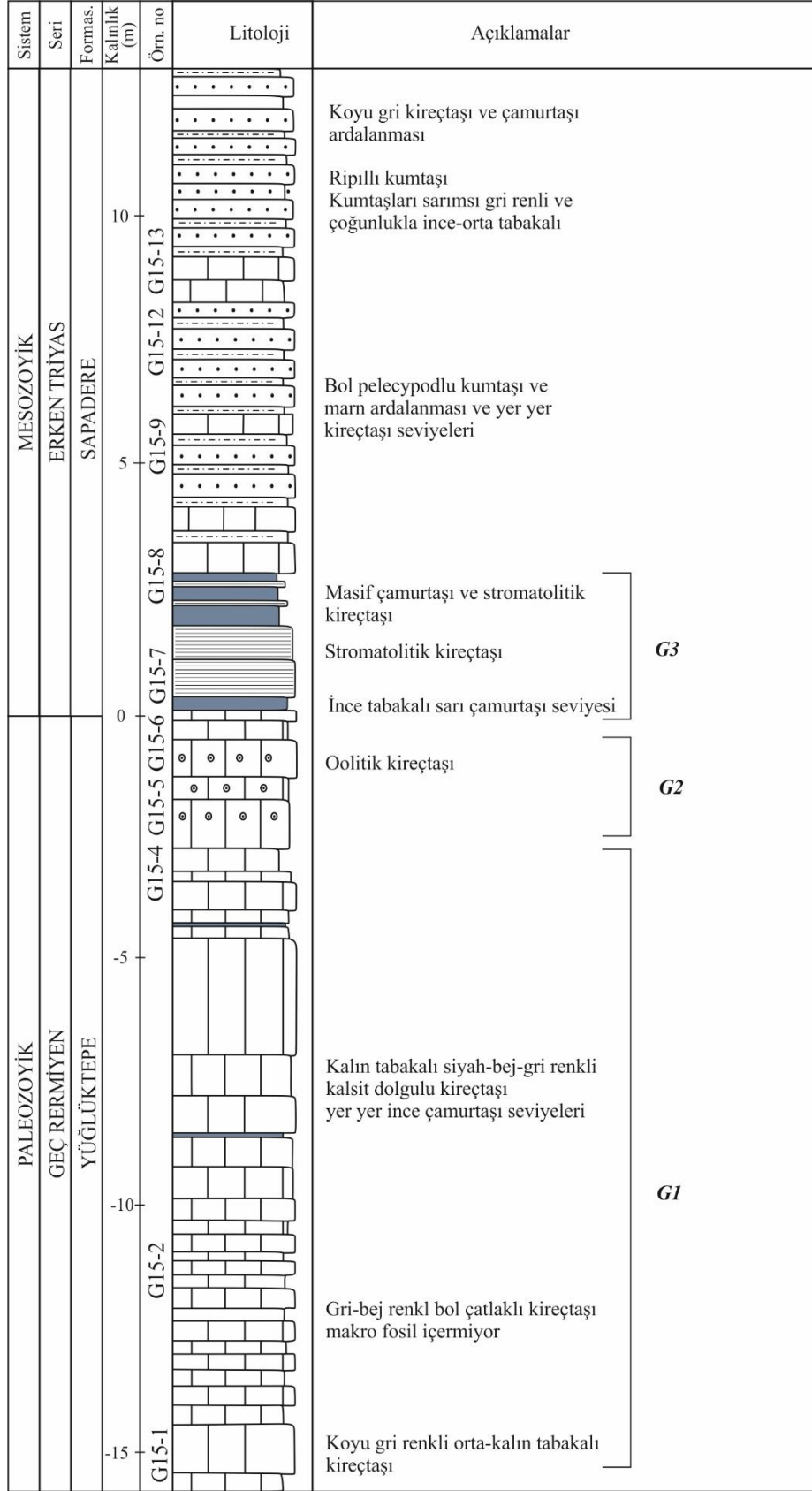
4.2.2.2. Oolitik tanetaşı (G2)

Kısmen rekristalize kireçtaşı fasiyesinin üzerine gelen bu fasiyesin stratigrafik kalınlığı yaklaşık iki metredir ve Kemer'deki eşleniğine oranla oldukça kalındır. Koyu gri renkli bir görünüme sahiptir. Dunham (1962)'a göre oolitik tanetaşı, Folk (1962)'a göre oosparit olarak tanımlanmıştır. Tane içeriği homojen olup ooid dışında tane

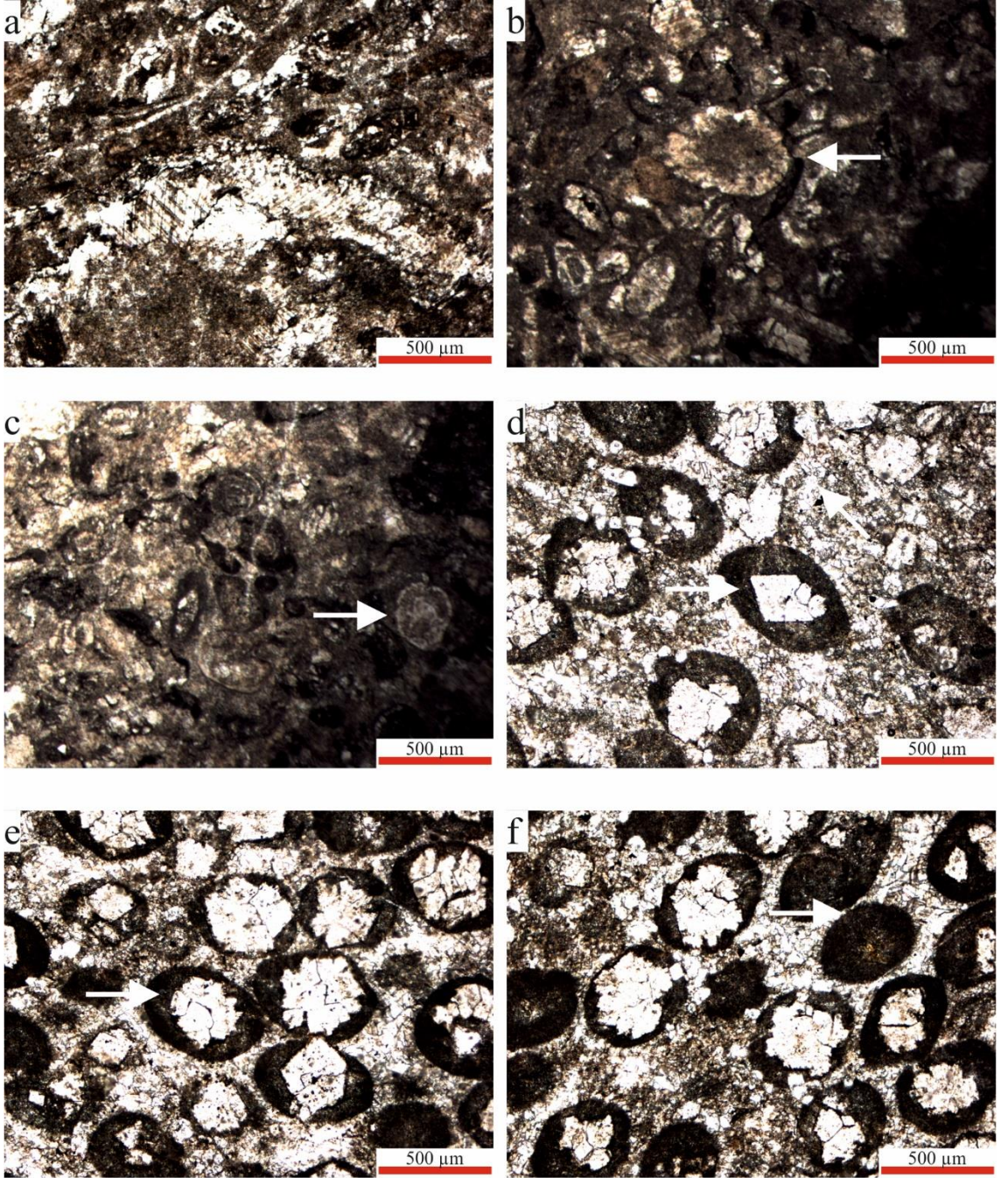
içermemektedir. Ooid taneleri 250-550 mikron arasında değişen boyutlarda gözlenirken çoğunlukla iyi boylanmıştır. Tane şekilleri genellikle tam küresel olmayıp elips şeklindedir (Şekil 4.14d). Ooid çekirdekleri çoğunlukla bir veya birden fazla köşeli rombohedral dolomit kristalinden meydana gelmekle birlikte (Şekil 4.14d-e), bazı ooid taneleri tamamen mikritleşmiştir (Şekil 4.14f). Ooid taneleri yeniden kristallenmiş ve kısmen dolomitleşmişlerdir. Bazı ooid tanelerinde gözlenen kırıklar deformasyon etkilerini işaret etmektedir. Ooid tanelerinin arasını çoğunlukla sparit taneleri doldurmaktadır. Bu fasiyes tamamıyla oolitik tanetaşı fasiyesinden meydana gelmiş olup, Flügel (2004)'e göre SMF-18'e karşılık gelmektedir.

4.2.2.3. Stromatolitik kireçtaşı-çamurtaşı ardalanması (G3)

Bu birim oolitik tanetaşı fasiyesinin üzerine keskin bir dokanak ile gelmektedir. Yaklaşık 2 metre kalınlıktaki stromatolit ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Çamurtaşları sarı-kahve renklidir ve belirgin bir tabakalanma göstermezler.



Şekil 4.13. Gazipaşa ölçülü stratigrafik kolon kesiti (Öznur tepe civarı)



Şekil 4.14. Gazipaşa kesitine ait mikroskop görüntüleri; **a)** yeşil algli kısmen rekristalize kireçtaşları (G1) **b)** yeşil alg fosili?; **c)** foraminifer fosili?; **d)** oolitik tanetaşı fasiyesi (G2) elips şekilli ooid taneleri ve çekirdeği oluşturan dolomit kristali; **e)** parçalanmış ooid çekirdekleri; **f)** tamamen mikritleşmiş ooid çekirdeği

4.2.3. Litofasiyes sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu tez çalışması kapsamında incelenen kesitlerdeki Permiyen-Triyas sınırının stratigrafik pozisyonu belirlenirken Batı ve Orta Toroslar bölgelerindeki Permiyen-Triyas geçişini konu alan çalışmalardaki yaş verilerinden faydalanılmıştır.

Kemer bölgesinde Permiyen-Triyas sınırı ilk defa Marcoux ve Baud (1986) tarafından ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Çürükdağ kesitinde (Kemer kesiti) yapılan bu çalışmada Pamucak formasyonunun en üst bölümünde yer alan brakiyopod ve foraminifer bulgularına dayanılarak Geç Permiyen yaşı öngörülmüştür. Angiolini vd. (2007) aynı kesitte yaptığı çalışmada Pamucak formasyonunun yaşını brakiyopod (*Spinomarginifera* ve *Orthothenetina*) ve foraminifer (*Paradagmarita monodi*) bulgularına dayanarak en geç Permiyen (Şangingiyen)'e kadar çekmişlerdir. Crasquin-Soleau vd. (2004) aynı kesitte Kokarkuyu formasyonunun tabanındaki ostrakod faunasını inceleyerek, formasyonun tabanında bilenen en yaşlı Triyas ostrakod formunu keşfetmişlerdir. Ostrakod verisine ek olarak, Kokarkuyu formasyonunun tabanında Erken İnduyan (en erken Triyas) konodont (*Hindeodus parvus* ve *Isarcicella staeschei*) ve foraminifer formları (*Rectocornuspira kalhori*) da aynı çalışmada rapor edilmiştir. Bu yaş verileri göz önünde tutularak, yukarıdaki çalışmalarda Kemer kesitindeki Permiyen-Triyas sınırı, Pamucak formasyonunun en üstünde bulunan oolitik tanetaşı ile Kokarkuyu formasyonunun tabanını oluşturan stromatolitik kireçtaşı arasındaki kontak olarak kabul edilmiştir (Crasquin-Soleau vd. 2004; Baud vd. 2005; Angiolini vd. 2007; Kershaw vd. 2011). Ayrıca bu çalışmada elde edilen karbon izotop verileri de belirlenen Permiyen-Triyas sınırının pozisyonunu doğrulamaktadır. Permiyen sonunda dünya genelinde birçok kesitte tespit edilen karbon izotop değerlerindeki negatif yöndeki kayma, Permiyen-Triyas sınırının tespit edilebilmesi açısından referans olarak kullanılabilir (Korte ve Kozur 2010). Kemer kesitinde de bu karbon izotop değerlerindeki negatif yönde değişim belirgin bir şekilde gözlenmiştir (bkz. Bölüm 4.4).

Orta Toros bölgesinde Ünal vd. (2003) Hadim (Konya) kesitinde, Groves vd. (2005) Taşkent (Konya) ve Demirtaş (Antalya) kesitlerinde yaptığı çalışmalarda foraminifer formlarına (*Paradagmarita monodi*, *Rectocornuspira kalhori*) dayanarak Permiyen-Triyas sınırını belirlemişlerdir. Bu kesitlerde Kemer kesitinde olduğu gibi en üst Permiyen oolitik tanetaşı ile son bulurken, üzerine Triyas'ın tabanını oluşturan stromatolit çökelleri gelmektedir (Ünal vd. 2003; Groves vd. 2005). Bu çalışmada Gazipaşa kesitindeki korunmuş fosil eksikliğinden dolayı sınır belirlenirken bu fasiyes farklılıkları dikkate alınmıştır.

Ülkemizde ve Dünya genelinde çok sayıdaki sığ denizel ve düşük paleo-enlemlerdeki Permiyen-Triyas sınır kesitlerinde ooid ve mikrobiyalit (stromatolit) içeren çökellerin varlığı bilinmektedir (Broglia vd. 1990; Boeckelmann 1991; Ünal vd. 2003; Baud vd. 2005; Groves vd. 2005; Kershaw vd. 2011; Kershaw vd. 2012; Li vd. 2015). Bu çökellerin bu dönemde yaygın olarak gözlenmesinin anoksik koşullar ile ilişkili olabileceği ileri sürülmüş, anoksik koşulların gelişmesi ile birlikte deniz sularının karbonatça doymun hale gelmesi sonucunda mikrobiyal karbonat çökeli için uygun koşulların gelişebileceği belirtilmiştir (Groves vd. 2005). Ancak bu konu üzerine tartışmalar devam etmektedir (Groves vd. 2005; Kershaw vd. 2011; Kershaw vd. 2012; Li vd. 2015).

4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri (SEM)

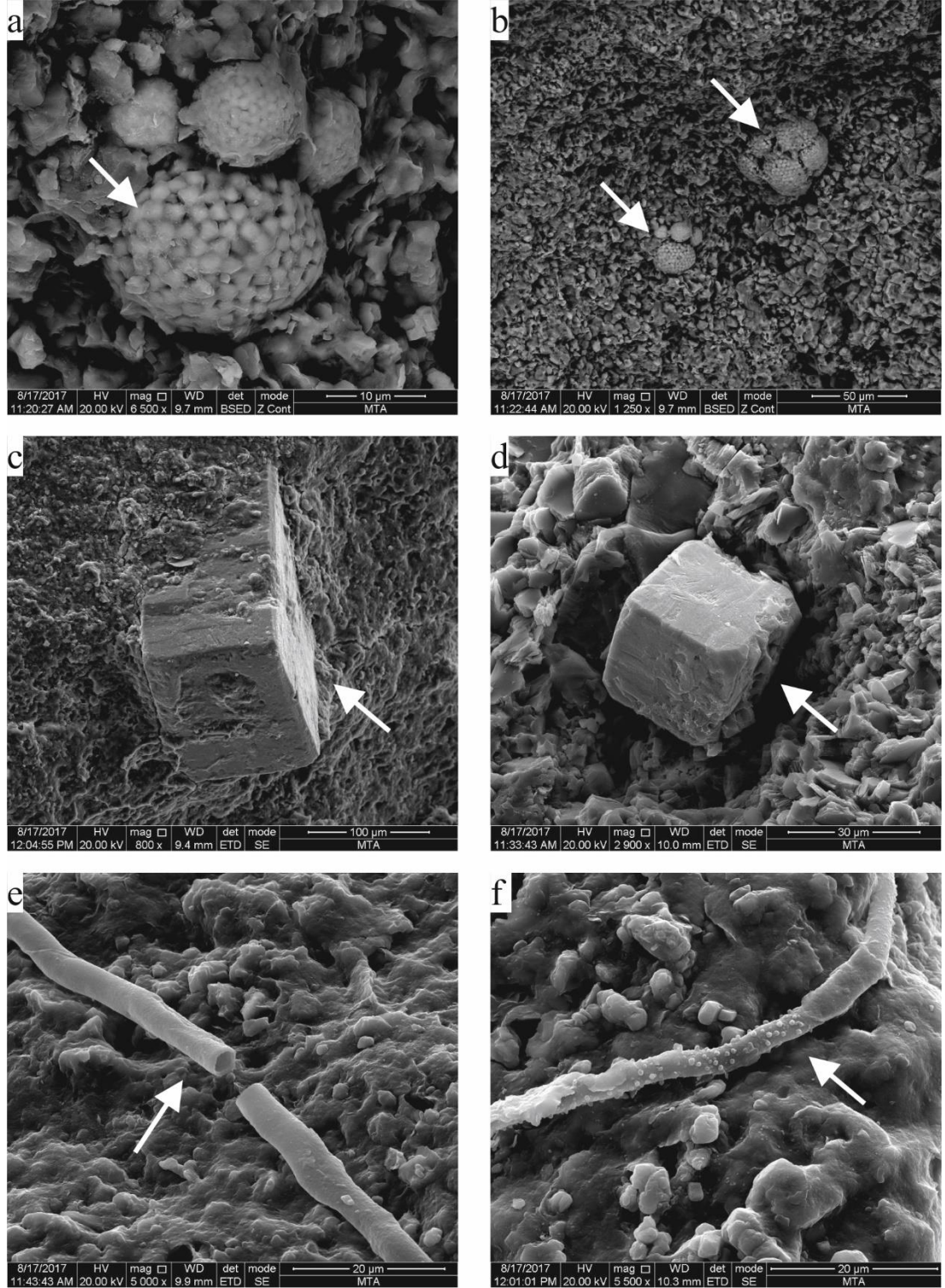
İki kesite ait oolitik kireçtaşı ve stromatolitik kireçtaşı ile birlikte Kemer kesitine ait siyah çamurtaşı örneklerinde (F2) SEM incelemeleri yapılmıştır. SEM görüntüleri üzerinde örneklerin mineralojik bileşimlerini ve dokusal özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Mineral tanımlamaları yapılırken mineral morfolojisi ile birlikte EDS (nokta kimyasal element analizleri) verilerinden de faydalanılmıştır. SEM görüntülerine ait büyütme oranı ve görüntüleme yöntemi (ikincil elektron ya da geri saçınım elektron) şekiller üzerinde verilmiştir (Şekil 4.15-19). Tanımlanan minerallere ait EDS sonuçları ise Ekler bölümünde sunulmuştur.

Kemer kesiti siyah çamurtaşı (F2) örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 4.15'te verilmiştir. Siyah çamurtaşı örneklerinde çok sayıda hem framboidal tipte hem de öz şekilli kübik pirit kristalleri tespit edilmiştir. Framboidal tipteki pirit kristalleri 3 ile 20 µm arasındaki boyutlarda ahududu benzeri küresel taneler şeklinde gözlenirken (Şekil 4.15a-b), kübik pirit kristalleri ise 30 ile 100 µm arasındaki boyutlara sahiptir (Şekil 4.15c-d). Örneklerde tüpsü görünümde ve CaCO₃ kimyasal bileşimine sahip bakteri yapıları da tespit edilmiştir (Şekil 4.15e-f). Bu örneklerde yapılan XRD analizlerinde pirit dışında kaolinit, illit, kalsit, kuvars, paligorskit ve jips mineralleri de kayıtlı edilmiştir.

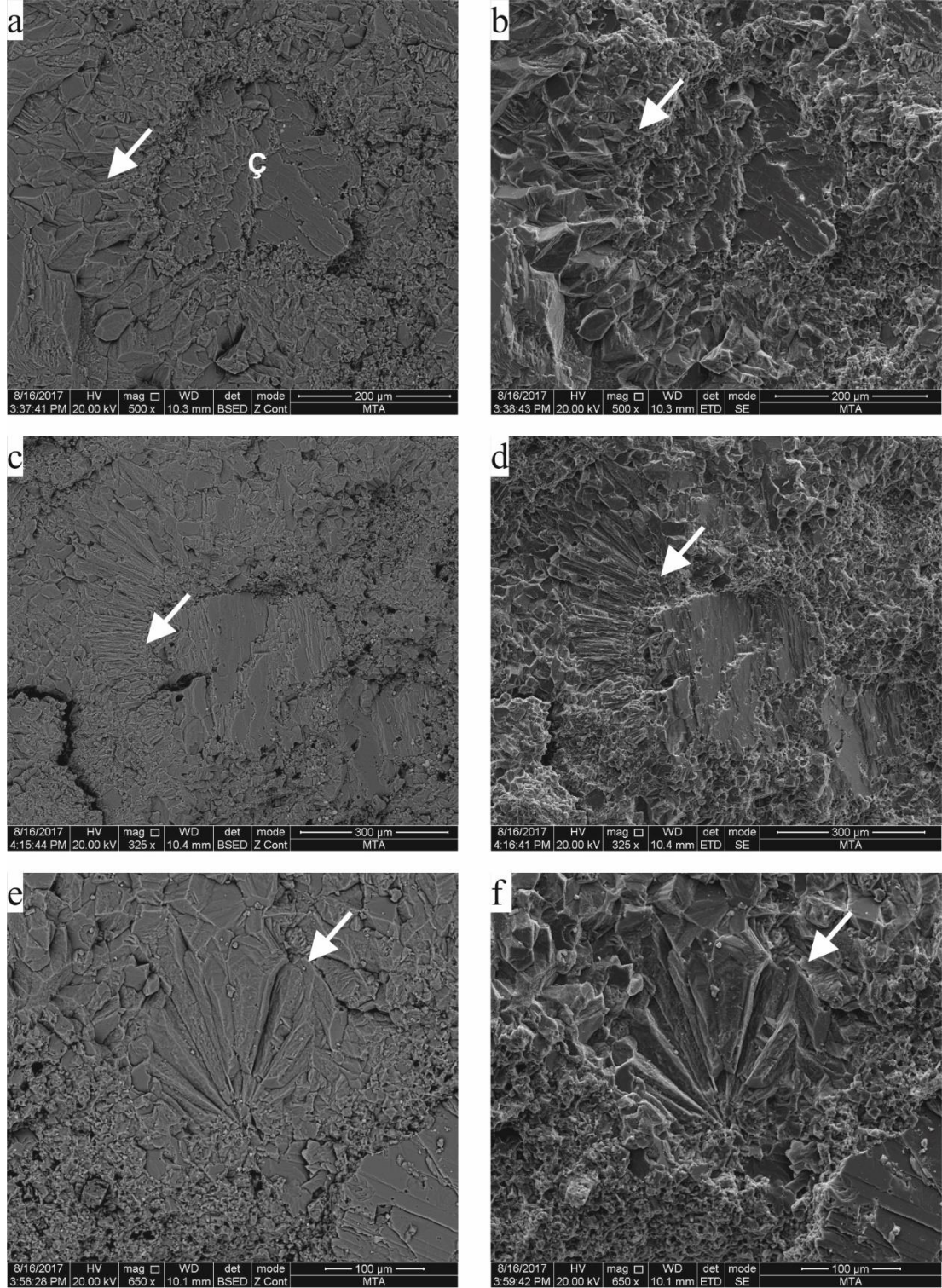
Kemer kesiti oolitik tanetaşı-istiftaşı (F3) örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Ooid tanelerinin arasını dolduran matriks içerisinde yaygın olarak yeniden kristallenme yapıları görülmektedir (Şekil 4.16a-b). Ooid tanelerinin çekirdek kısmı ortalama 200 µm boyutunda olup, çekirdekte genellikle tek bir kalsit kristali bulunmaktadır. Ooid tanelerinin zar kısımları ise birçok örnekte mikritleşmişken, bazı ooid tanelerinin zar kısımlarında ışınal yapılar görülmektedir (Şekil 4.16c-d). Ooid tanelerinin çekirdekleri (%4.93 C, %20.26 O, %0.42 Mg, %0.49 Al, %0.75 Si ve %73.15 Ca) ve zar kısımları (%9.37 C, %41.38 O, %0.86 Mg, %0.10 Al, %0.22 Si, %47.53 Ca ve %0.55 Fe) CaCO₃ kimyasal bileşimine sahiptir.

Gazipaşa kesiti oolitik tanetaşı (G2) SEM görüntüleri Şekil 4.17'de sunulmuştur. Buradaki ooid çekirdekleri biraz daha büyüktür ve ortalama 300 mikron boyutundadır. Ooid tanelerinin çekirdek kısmı bir veya birden çok dolomit kristallinden oluşurken (Şekil 4.17a-b) kimyasal bileşiminde (%13.37 C, %50.49 O, %15.20 Mg ve %20 Ca) dolomit minerali içeriğinden dolayı önemli miktarda Mg tespit edilmiştir. Ooid çekirdeklerinin çevresinde çok sayıda opak pirit kristalleri (%3.96 O, %56.23 S ve %39.80 Fe) görülmektedir (Şekil 4.17c-d). Zar kısımları ise CaCO₃ bileşimindedir ve Mg içeriği (%0.36) oldukça düşüktür. Ooid tanelerinin zar kısımları tamamen mikritleşmiş şekildedir (Şekil 4.17e-f).

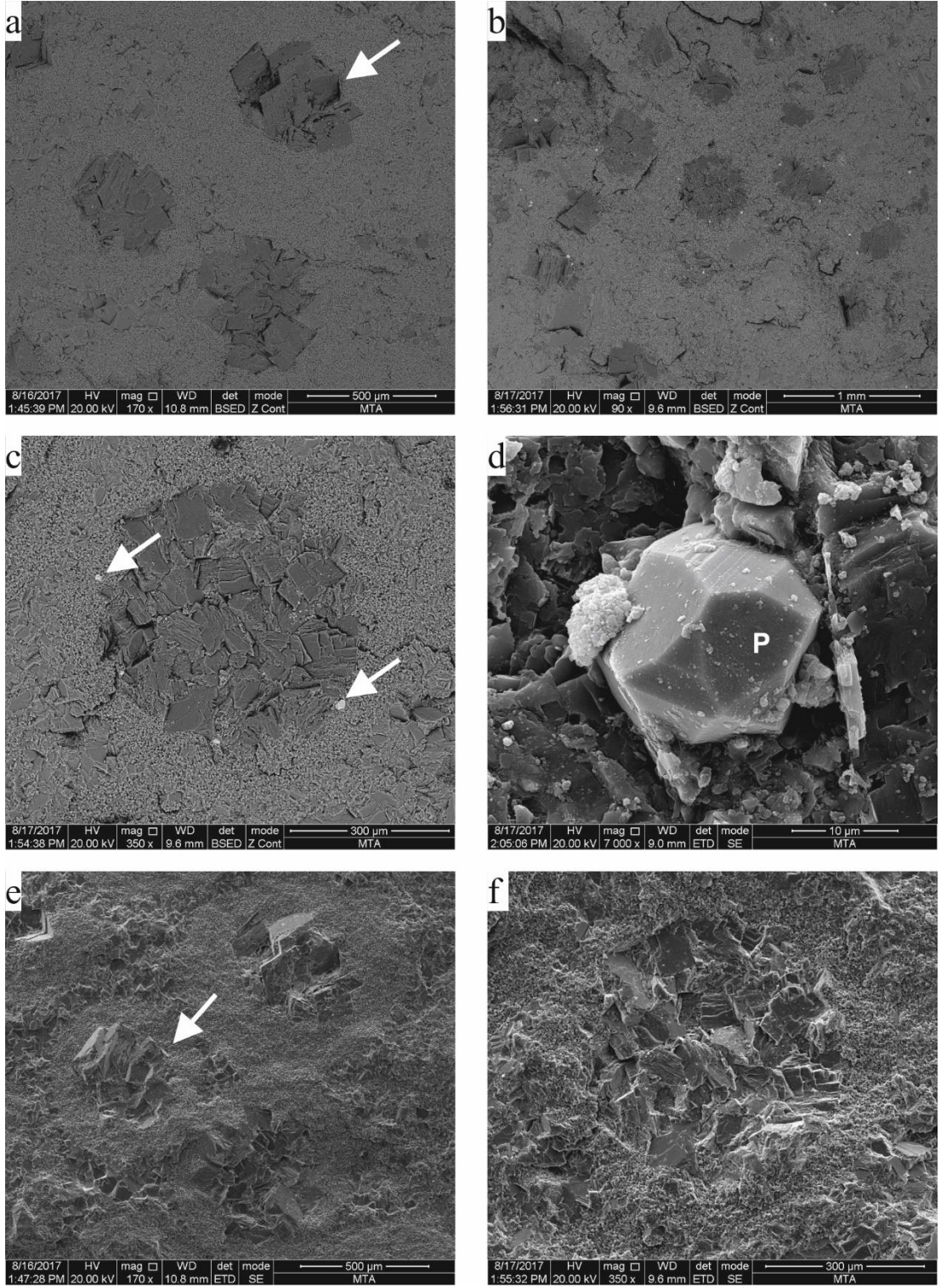
Kemer kesiti stromatolit örneklerinde (F4) kaolinit mineralleri yaygın olup, levhamsı partiküller halinde görülmektedir (Şekil 4.18a-b). Kaolinit dışında apatit, kuvars ve titanyum (%35.06 O ve %64.94 Ti) mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 4.18). Apatit mineralleri taneli bir görünüme sahipken titanyum minerali öz şekilli kristal formunda görülmektedir. Gazipaşa stromatolit örneklerinde (G3) ise yaygın olarak demir mineralleri ve daha az oranda apatit ve zirkon mineralleri (%49.82 Zr, %30.49 O, %17.63 Si) kaydedilmiştir (Şekil 4.19).



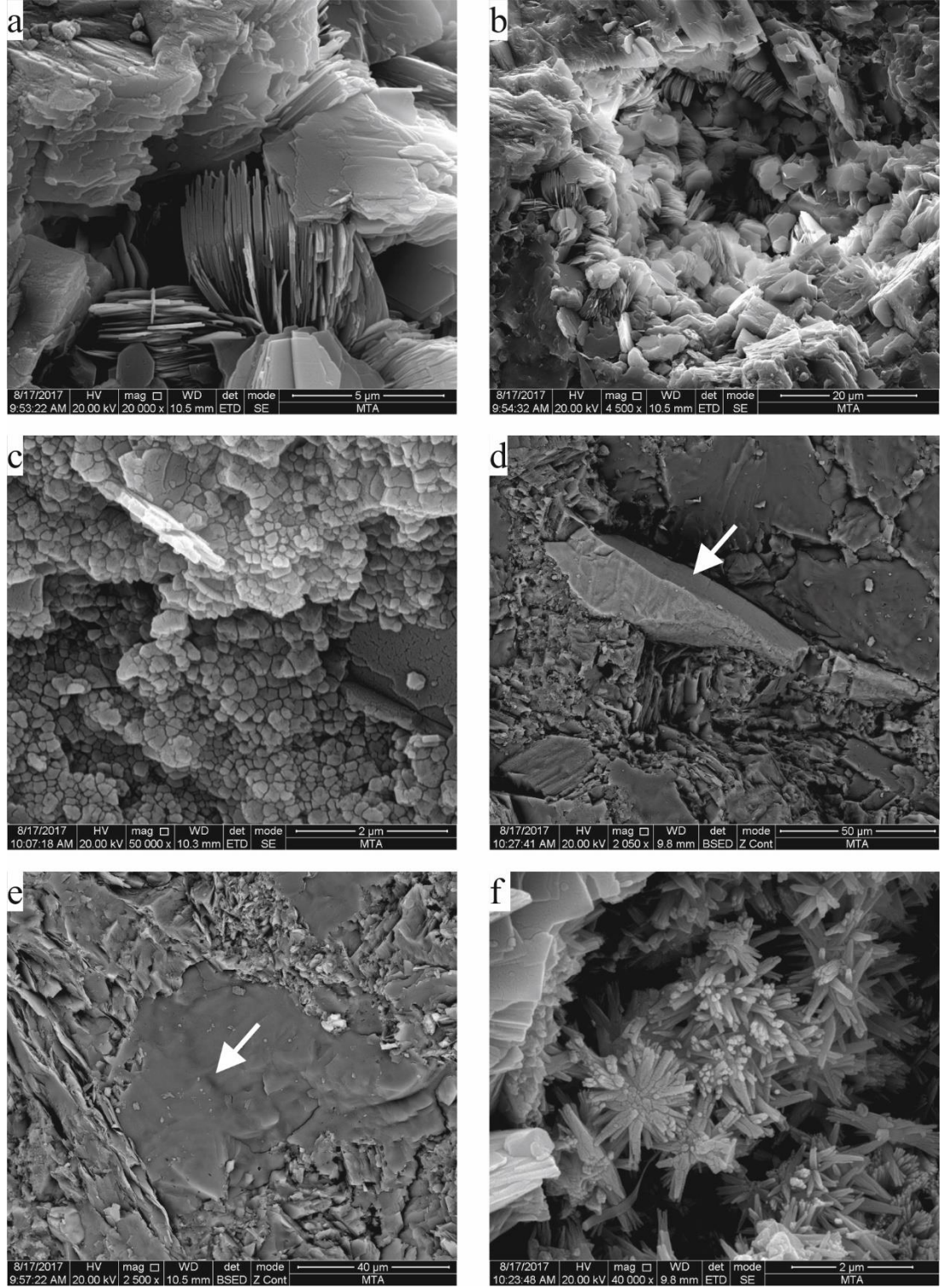
Şekil 4.15. Siyah çamurtaşı fasiyesine (F2) ait SEM görüntüleri; **a-b)** framboidal tipte piritler; **c-d)** kübik pirit kristalleri; **e-f)** tüpsü bakteriyel yapılar



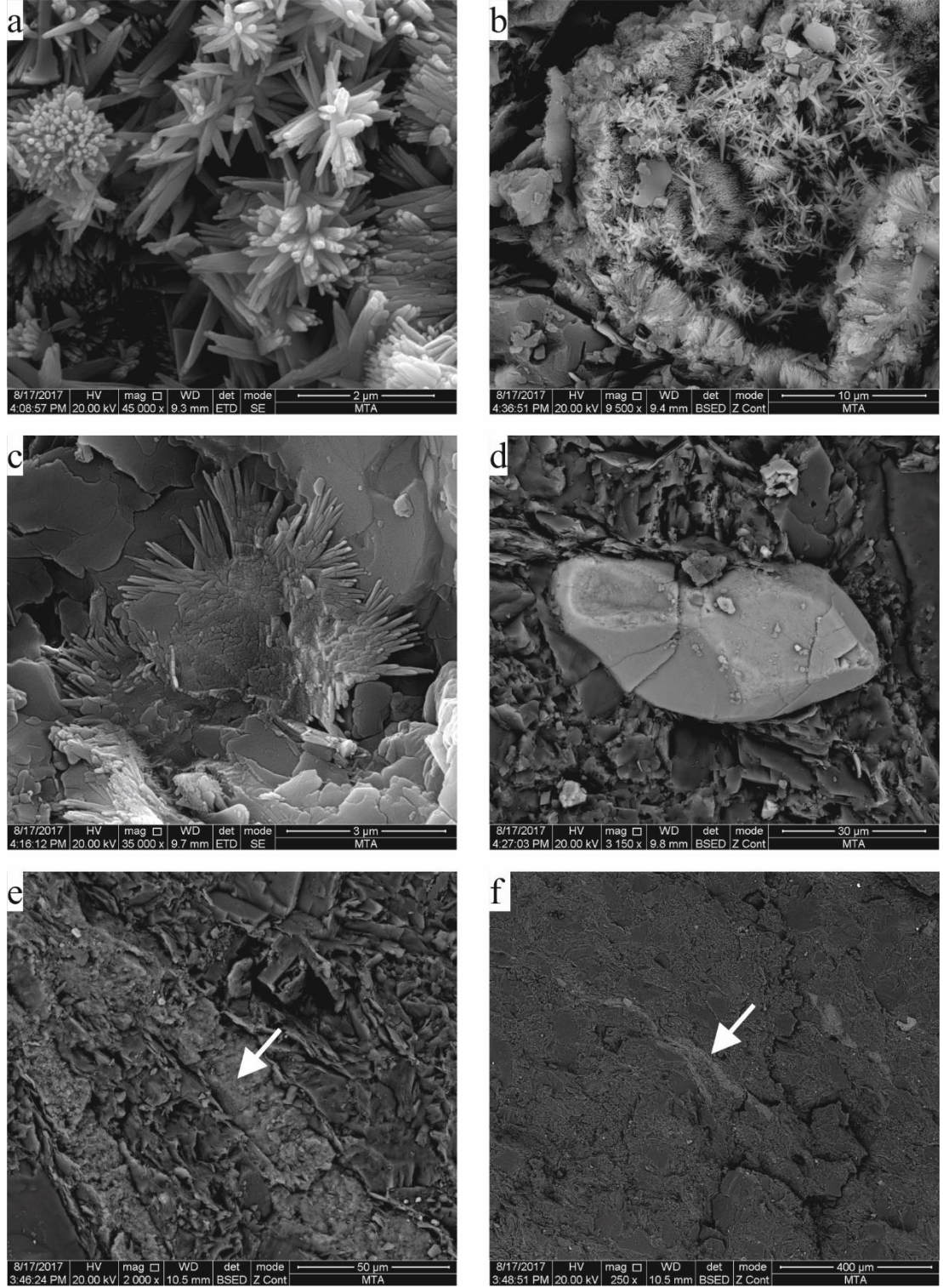
Şekil 4.16. Kemer kesiti oolitic tanetsi-istiftasi fasiyesine (F3) ait SEM görüntüleri; **a-b)** ooid çekirdeği (Ç harfi çekirdeği ifade etmektedir) ve çevresinde gözlenen matrisin yeniden kristallenmesi; **c-d)** ooid çekirdeği çevresindeki ışınal kalsit kristalleri; **e-f)** ooidlerin zar kısmında görünen yelpaze şeklinde dizilmiş kristaller



Şekil 4.17. Gazipaşa kesiti oolitik tanetaşı fasiyesine (G2) ait SEM görüntüleri; **a-b)** ooid tanelerin genel görünümü ve çekirdeklerdeki dolomit kristalleri; **c)** ooid tanesi çevresindeki pirit kristalleri; **d)** pirit kristalinin (P) yakından görünümü; **e-f)** mikritleşmiş ooid zarı



Şekil 4.18. Kemer kesiti stromatolitik kireçtaşı fasiyesine (F4) ait SEM görüntüleri; **a-b)** kaolinit levhaları; **c)** apatit mineralleri; **d)** titanyum minerali; **e)** kuvars minerali; **f)** demir mineralleri



Şekil 4.19. Gazipaşa kesiti stromatolitik kireçtaşlarına (G3) ait SEM görüntüleri; **a-b)** demir mineralleri; **c)** kil (illit?) minerali; **d)** zirkon minerali; **e-f)** apatit mineralleri

4.4. Duraylı İzotop Analizleri

Duraylı izotop analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge üzerinde Kemer kesitinin Permiyen kısmında kalan örnekler KP kodu ile, Triyas kısmında kalan örnekler KT kodu ile; Gazipaşa kesitinin Permiyen kısmında kalan örnekler GP kodu ile Triyas kısmında kalan örnekler ise GT kodu ile verilmiştir. Örneklerin Permiyen-Triyas sınırına olan uzaklıkları ise Permiyen örnekleri için “-” ve Triyas örnekleri için ise “+” olacak şekilde gösterilmiştir. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de PT sınırının altında kalan örnekler Permiyen, üstünde kalan örnekler ise Triyas örneklerini temsil etmektedir. Kemer kesitinden kesit boyunca toplam 36 farklı noktadan, Gazipaşa kesitinden ise 26 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Analiz edilen örneklerin tamamı kireçtaşından oluşmaktadır.

4.4.1. Kemer kesiti duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) analizi sonuçları

Kemer kesiti örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri +0.4‰ ile +5.3‰ arasında değişim göstermektedir. En yüksek $\delta^{13}\text{C}$ değeri Permiyen örneğinde, en düşük $\delta^{13}\text{C}$ değeri ise Triyas örneğinde ölçülmüştür. Kesit boyunca toplam değişim miktarı 4.9‰ olarak hesaplanmıştır. Kesitin Permiyen kısmında kalan örneklerin ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değeri +3.7‰ iken Triyas kısmında kalan örneklerin ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değeri +1.2‰’dir. İki ortalama değer karşılaştırıldığında, Triyas örneklerinin daha hafif karbon izotop bileşimine sahip olduğu görülmektedir.

Kesit boyunca $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki değişim izlendiğinde, Permiyen örneklerinin yaklaşık sınıra 1 m mesafeye kadar +3.5-4‰ civarında seyrettiği ve buradan itibaren negatif yönde bir değişim sergilediği görülmektedir (Şekil 4.20). Bu negatif yöndeki değişim Permiyen-Triyas sınırına kadar devam etmektedir. Sınırdan itibaren $\delta^{13}\text{C}$ değerleri önemli bir değişim göstermez ve +1‰ civarında seyretmektedir. Bu kesitte $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının kesit boyunca dağılımı fasiyes değişimi ile herhangi bir ilişki sunmamaktadır.

Kemer kesitinde ölçülen en yüksek $\delta^{18}\text{O}$ değeri -2.7‰ iken, ölçülen en küçük değer ise -6.7‰’dir. Yüksek değerler kesitin Permiyen kısmında kalan örneklerde, düşük değerler ise Permiyen-Triyas sınırına yakın noktalarda ölçülmüştür.

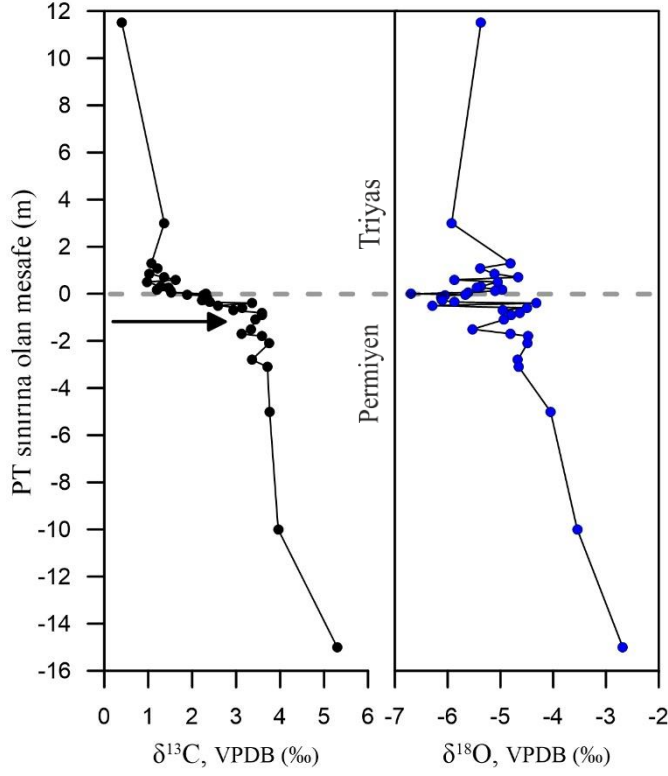
4.4.2. Gazipaşa kesiti duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) analizi sonuçları

Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -9.4‰’den +1.8‰’e kadar geniş bir aralıkta değişim gösterir. Bu değişim aralığı Kemer kesiti ile karşılaştırıldığında çok yüksektir. Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının Kemer kesitinden farklı diğer bir özelliği ise herhangi bir negatif ya da pozitif bir eğilim göstermemiş olmasıdır (Şekil 4.21).

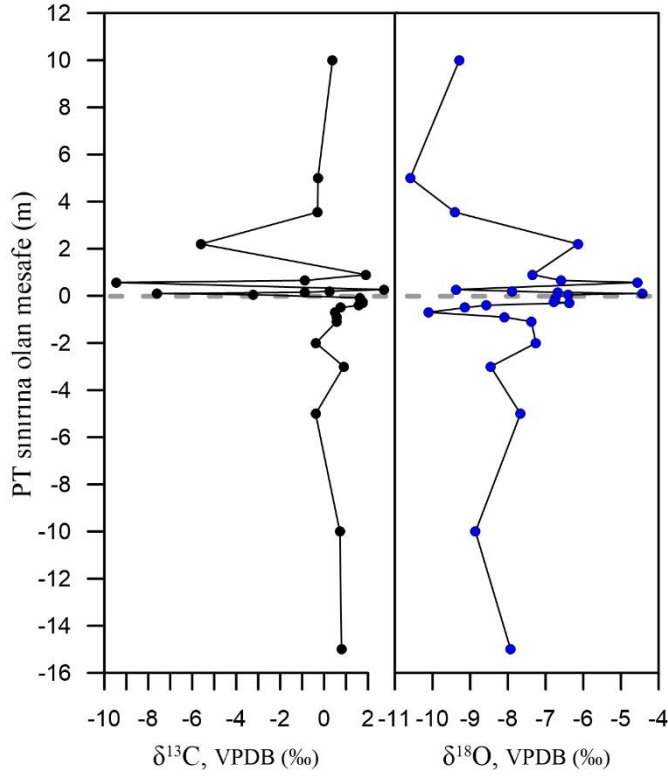
$\delta^{18}\text{O}$ değerleri -10.6‰ ile -4.4 ‰ arasındadır. Bu değerler $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarında olduğu gibi geniş bir aralıkta değişim sunar.

Çizelge 4.1. Örneklerin duraylı izotop analizi ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) sonuçları

Kemer kesiti				Gazipaşa kesiti			
Örnek	PT sınırına olan mesafe (m)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) VPDB	Örnek	PT sınırına olan mesafe (m)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) VPDB
<i>Erken Triyas örnekleri</i>							
KT15	11.50	0.4	-5.4	GT14	16.00	0.6	-8.5
KT14	3.00	1.4	-5.9	GT13	10.00	0.4	-9.3
KT13	1.30	1.1	-4.8	GT12	5.00	-0.3	-10.6
KT11	1.09	1.2	-5.4	GT11	3.55	-0.3	-9.4
KT10	0.85	1.0	-5.1	GT10	2.20	-5.6	-6.1
KT09	0.70	1.4	-4.7	GT09	0.90	1.9	-7.3
KT08	0.60	1.6	-5.9	GT08	0.65	-0.9	-6.6
KT07	0.50	1.0	-5.1	GT07	0.57	-9.4	-4.6
KT06	0.32	1.3	-5.4	GT05	0.27	2.7	-9.4
KT05	0.27	1.5	-5.4	GT04	0.20	0.3	-7.9
KT03	0.17	1.2	-5.0	GT03	0.15	-0.9	-6.7
KT02	0.12	1.5	-5.1	GT02	0.10	-7.6	-4.4
KT01	0.05	1.5	-5.6	GT01	0.05	-3.2	-6.4
<i>Geç Permiyen örnekleri</i>							
KP27	0.00	2.3	-6.7	GP14	-0.08	1.6	-6.7
KP26	-0.05	1.9	-5.7	GP13	-0.25	1.8	-6.8
KP25	-0.07	2.3	-6.1	GP11	-0.30	1.8	-6.4
KP24	-0.15	2.3	-6.1	GP10	-0.40	1.6	-8.6
KP23	-0.24	2.3	-6.1	GP09	-0.50	0.8	-9.1
KP22	-0.28	2.2	-6.1	GP08	-0.70	0.5	-10.1
KP20	-0.35	2.4	-5.9	GP07	-0.90	0.6	-8.1
KP19	-0.40	3.4	-4.3	GP06	-1.10	0.6	-7.4
KP18	-0.50	2.6	-6.3	GP05	-2.00	-0.4	-7.3
KP17	-0.60	3.1	-4.5	GP04	-3.00	0.9	-8.5
KP16	-0.70	2.9	-5.0	GP03	-5.00	-0.4	-7.7
KP15	-0.82	3.6	-4.6	GP02	-10.00	0.7	-8.9
KP14	-0.90	3.6	-4.8	GP01	-15.00	0.8	-7.9
KP12	-1.10	3.4	-4.9				
KP11	-1.50	3.3	-5.5				
KP10	-1.70	3.1	-4.8				
KP09	-1.80	3.6	-4.5				
KP07	-2.10	3.8	-4.5				
KP06	-2.80	3.4	-4.7				
KP05	-3.10	3.7	-4.7				
KP04	-5.00	3.8	-4.0				
KP03	-10.00	4.0	-3.5				
KP02	-15.00	5.3	-2.7				



Şekil 4.20. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin dağılımı. Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını, ok işareti negatif yöndeki kaymanın başlangıcını göstermektedir



Şekil 4.21. Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin dağılımı. Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir

4.4.3. $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının değerlendirilmesi

Permiyen-Triyas stratigrafik sınır kesitlerinde, karbon izotop bileşiminin belirlenmesine yönelik literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda, Permiyen sonunda karbon izotop bileşiminde küresel ölçekte önemli bir değişimin meydana geldiği ortaya konmuştur. Bu değişim, karbon izotop bileşiminde meydana gelen belirgin bir negatif yönde kayma (excursion) ile kendini göstermektedir (Holser ve Magaritz 1987; Magaritz vd. 1988; Baud vd. 1989; Veizer vd. 1999; Cao vd. 2002; Korte vd. 2004; Payne vd. 2004; Korte vd. 2005; Cao vd. 2009; Korte ve Kozur 2010; Schobben vd. 2017). Permiyen-Triyas sınır kesitlerindeki karbon izotop değerlerindeki negatif yöndeki kayma neredeyse çalışılan bütün kesitlerde hem denizel hem karasal fasiyelerde rapor edilmiştir. Ayrıca bu negatif yöndeki kayma karbonat karbon, fosil kavkuları (özellikle brakiyopod) ve organik karbon gibi farklı materyallerden elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ sonuçları ile doğrulanmıştır. Ancak karbon izotop değerlerindeki negatif yöndeki kayma genel olarak değerlendirildiğinde; kaydedilen negatif kayma şiddetleri, şekli, süresi ve negatif uç değerlerin kesin stratigrafik pozisyonu farklılıklar gösterebilmektedir (Korte ve Kozur 2010).

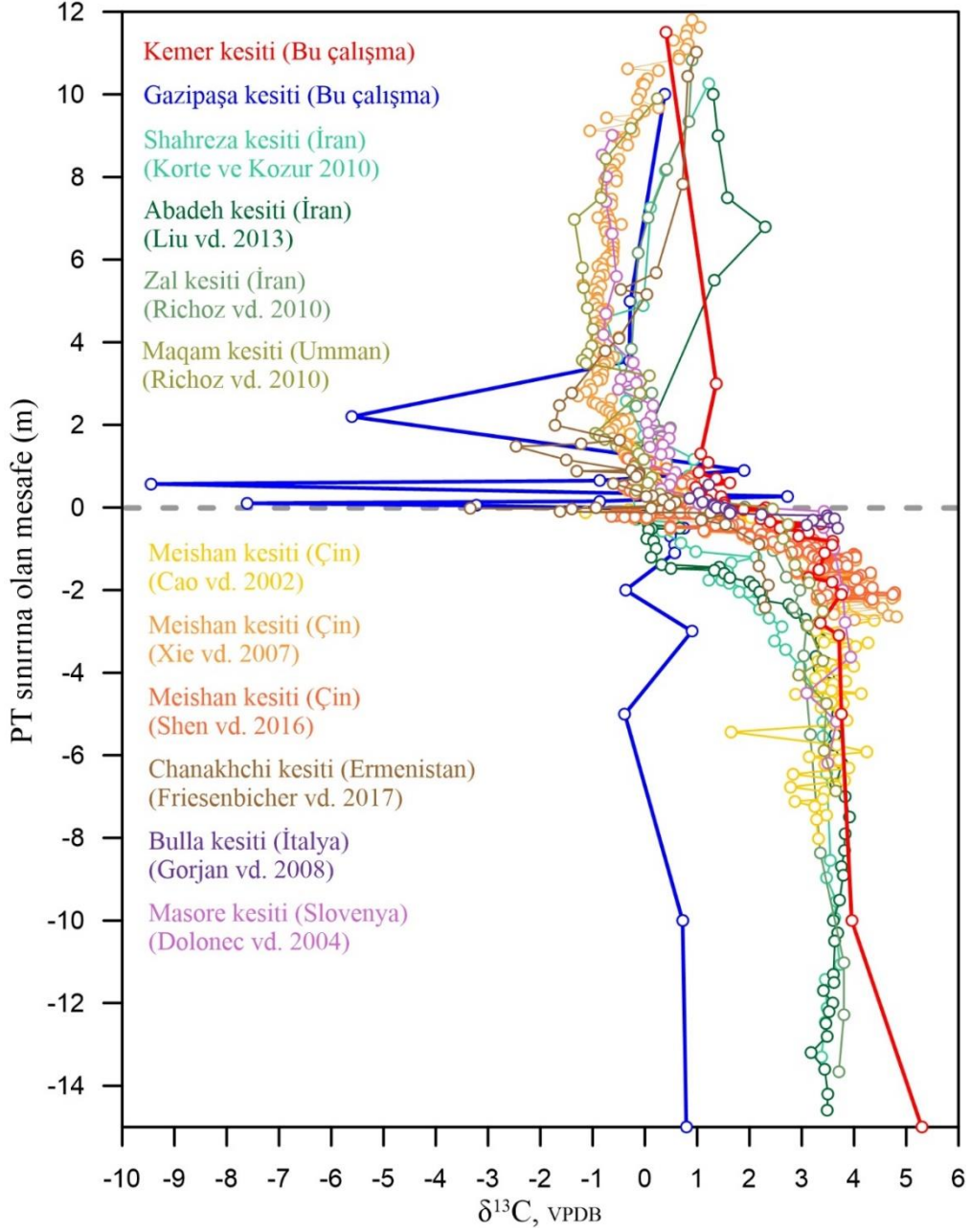
Bu tez çalışması kapsamında incelenen kesitlerden elde edilen karbon izotop sonuçları küresel ölçekte farklı stratigrafik sınır kesitleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Karşılaştırmada kullanılmak üzere, Paleo-Tetis Permiyen-Triyas geçişini temsil eden ve sığ denizel karbonatlardan oluşan 10 adet kesit seçilmiştir. Kullanılan kesitlere ait verilerin hangi kaynaklardan alındığı şekil üzerinde belirtilmiştir (Şekil 4.22).

Şekil 4.22’de daha önceki çalışmalardan derlenen ve bu tez çalışması kapsamında elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ eğrileri sunulmuştur. $\delta^{13}\text{C}$ eğrilerinin kesit boyunca dağılımı incelendiğinde, hemen hemen tüm kesitlerde Permiyen sonunda negatif yönde kademeli bir değişim gözlenirken, bu değişim yaklaşık olarak sınırın 2 m altındadır. Farklı olarak sadece İtalya’daki Bulla kesiti ve Ermenistan’daki Chanackhchi kesitinde negatif yöndeki kayma Permiyen-Triyas sınırına yakın bir noktada ani bir şekilde gelişmiştir (Gorjan vd. 2008; Friesenbicher vd. 2017). Kesitlerde negatif yöndeki değişime kadar olan $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin ortalaması yaklaşık +3.5-4‰ civarındadır. Bu değer Permiyen Paleo-Tetis denizel karbonatlardaki ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değerini (Veizer vd. 1999; Korte vd. 2005) yansıtır. Kesitlerdeki negatif yöndeki kayma şiddeti ortalaması ise 3-4‰ civarındadır.

Kemer kesiti incelendiğinde ise $\delta^{13}\text{C}$ değerleri diğer kesitler ile uyumlu bir görüntü sergilemektedir. Bu kesitte ölçülen sınır değerleri ve ortalama değerler diğer kesitler ile benzerlik sunmaktadır. Bununla birlikte diğer Permiyen-Triyas sınır kesitleri ile uyumlu olarak Permiyen sonunda negatif yönde kademeli bir kayma söz konusudur. Kemer kesitindeki negatif kayma şiddeti yaklaşık 3‰’dir. Bu verilerden yola çıkarak, Kemer kesitinden elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ sonuçlarının genel olarak kabul görmüş Permiyen-Triyas sınır kesiti değerleri ile tutarlı olduğu ve ilksel deniz suyu karbon izotop bileşimini yansıttığı veya yakın değerlere sahip olduğu söylenebilir.

Gazipaşa kesiti ise genel ortalamanın dışında $\delta^{13}\text{C}$ değerleri sunmaktadır. Bu kesitte $\delta^{13}\text{C}$ değerleri diğer kesitlere nazaran çok geniş bir aralıkta değişim sunmakta ve negatif yönde kademeli bir değişim söz konusu değildir. Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin Kemer kesitine ve diğer kesitlere oranla önemli farklılıklar göstermesi açıklama

gerektirmektedir. Diyajenetik etkinin karbon izotop bileşimi üzerinde negatif yönde bir etki yarattığı önceki çalışmalardan bilinmektedir (Veizer vd. 1999; Korte vd. 2005). Gazipaşa kesitinde gözlenen bu farklılıkların nedeni olarak da petrografi çalışmalarında gözlemlenen yoğun diyajenetik etkinin varlığı düşünülmektedir.



Şekil 4.22. Kemer ve Gazipaşa kesitindeki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin Dünya genelindeki farklı Permiyen-Triyas sınır kesitleri ile karşılaştırılması. Karşılaştırma yapılırken örneklerin Permiyen-Triyas sınırına olan mesafeleri dikkate alınmıştır.

4.4.3.1. $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki negatif kaymanın nedeni

Okyanustaki ve atmosferdeki karbon izotop bileşimi esas olarak negatif karbon izotop bileşimine sahip organik maddenin okyanuslardaki ve karalardaki gömülme/oksidasyon oranı ile kontrol edilmektedir (Kump ve Arthur 1999; Korte ve Kozur 2010). Ancak organik maddenin gömülme/oksidasyon oranındaki değişimler uzun zaman ölçeğinde etkilidir. Bu nedenle Permian sonundaki negatif yöndeki karbon izotop kaymasını tetikleyen başka faktörler olduğu ileri sürülmüştür. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda çoğunlukla bu negatif yöndeki kaymanın birden çok nedeni olduğu düşünülmektedir (Payne ve Kump 2007; Korte ve Kozur 2010; Saunders vd. 2016).

Permian-Triyas sınırındaki karbon izotop değerlerindeki negatif yöndeki kaymanın nedeni olarak; (i) Sibiryaya Trap magmatizması kaynaklı volkanik karbondioksit (-5‰) salınımı (Saunders 2016; Bond ve Grasby 2017), (ii) yine Sibiryaya Trap magmatizması kaynaklı, organik madde açısından zengin kömür ve bitümlü şeyl gibi tortulların sil ve dayk intrüzyonları tarafından kesilmesi ile atmosfere termojenik CO_2 ve CH_4 salınımı (Svensen vd. 2009), (iii) deniz tabanındaki tortullarda ve kutup bölgelerindeki donmuş topraklarda birikmiş hafif karbon izotop değerlerine sahip olan metan hidratların (~-50‰) ısınmaya bağlı olarak çözünmesi (Krull ve Retallack 2000; Twitchett vd. 2001), (iv) anoksiya olayı (Knoll vd. 1996; Kump vd. 2005; Riccardi vd. 2007) ve organik madde ile toprak erozyonu (Baud vd. 1989; Sun vd. 2012) önerilmiştir.

4.5. Majör Oksit ve İz Element Analizi

Kemer ve Gazipaşa kesitlerinden alınan toplam 45 adet örneğin majör oksit ve iz element (nadir toprak elementler dahil) analizleri örneklerin kimyasal bileşimlerini belirlemek ve incelenen kesitler üzerindeki kimyasal değişimleri saptamak amacıyla yapılmıştır. Buna ek olarak, Permian-Triyas geçişi sırasındaki redoks koşullarını değerlendirmek amacıyla redoks koşullarına duyarlı olan iz elementler kullanılmıştır (Bölüm 4.5). Redoks koşulları değerlendirilirken, havzaya gelen kırıntı miktarının belirlenmesi ve örnekler üzerindeki diyajenetik etkinin değerlendirilmesi için çeşitli elementler arasındaki ilişki ve oranlar kullanılmıştır. Elementler arasında doğrusal ilişkinin olup olmadığı, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetini belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları kullanılmıştır.

4.5.1. Kemer kesiti majör oksit ve iz element analiz sonuçları

Kemer kesitinden derlenen örneklerin majör oksit, iz element, toplam karbon ve toplam kükürt analizi sonuçları Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te sunulmuştur. "KP" kodlu örnekler kesitin Permian kısmında kalan örnekleri, "KT" kodlu örnekler ise kesitin Triyas kısmında kalan örnekleri ifade etmektedir. Ayrıca örneklerin kesit üzerindeki yerlerini belirtmek amacıyla Permian-Triyas sınırına olan uzaklıkları çizelge üzerinde gösterilmiştir. Şekillerdeki (Şekil 4.23-24) kesikli gri çizgi Permian-Triyas sınırını göstermektedir. Bu kesitte analiz edilen örnekler çoğunlukla kireçtaşı litolojisinden oluşurken, kireçtaşı dışında siyah çamurtaşına (F2) ait 3 adet örneğinin analiz sonucu da sunulmuştur.

Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinde CaO içerikleri %55.45-54.33, SiO_2 içerikleri %0.66-5.55, Al_2O_3 içerikleri %0.15-1.36, MgO içerikleri %0.43-1.73, Fe_2O_3 içerikleri

%0.12-0.48, K₂O içerikleri %0.03-0.34 arasında değişim gösterir. Örneklerdeki Na₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Cr₂O₃ içerikleri ise çok düşük değerlerde ölçülmüştür. Bu oksitler çoğunlukla %0.01'in altındadır. CaCO₃ miktarı tüm örneklerde %90'ın üzerindedir ve örneklerdeki silisiklastik kırıntı miktarının az olduğuna işaret etmektedir. Toplam kükürt değerleri ise %0.03 ile %0.21 arasındadır.

Majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te sunulmuştur. Kesit boyunca majör oksitler homojen bir dağılım sergilerken, Permian ve Triyas örnekleri önemli bir fark göstermemektedir.

Kireçtaşı örneklerindeki majör oksitlerin birbirleri ile olan ilişkilerini irdelemek amacıyla majör oksit diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.25). Bu diyagramlar incelendiğinde Al₂O₃'e karşı K₂O (r = 0.95), TiO₂ (r = 0.90) ve SiO₂ (r = 0.90) pozitif kuvvetli korelasyon; Al₂O₃'e karşı Fe₂O₃ (r = 0.75) ise pozitif iyi korelasyon göstermektedir. Korelasyon değerleri bu oksitlerin silisiklastikler (kuvars, feldspat, kil mineralleri vb.) ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir. MgO'ye karşı Al₂O₃ (r = -0.12) ve Fe₂O₃ (r = 0.09) herhangi bir ilişki göstermez.

Kemer kesiti çamurtaşı örnekleri (K09, K10, K21) litolojik karakteri nedeniyle kireçtaşı örneklerine nazaran yüksek SiO₂ (%31.08-38.02), Al₂O₃ (%8.93-12.5), Fe₂O₃ (%5.46-6.91), K₂O (%2.27-2.52) ve TiO₂ (%0.61-0.80) içeriği sunmaktadır. Buna karşın CaO içerikleri (%18.28-22.58) daha düşüktür. Toplam kükürt içerikleri %0.11 ile %1.47 arasındadır. Taramalı elektron mikroskobu analizlerinde bu örneklerde yüksek oranlarda pirit kristallerinin gözlenmesi, Fe₂O₃ ve toplam kükürt içeriğinin ayrıca pirit (FeS₂) mineralleri ile de ilişki olduğuna işaret etmektedir.

İz elementlerin kesit boyunca dağılımları Şekil 4.26 ve 4.27'de, kesit boyunca önemli değişim gösteren elementlerin ortalama ve sınır değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Sr, Ba, Co ve W kesitin Permian kısmında kalan örneklerde yüksek değerlere sahipken, V, Mo, U ve Zn ise kesitin Permian kısmında kalan örneklerde daha yüksek değerlere sahiptir. Cs (r = 0.89), Nb (r = 0.83), Rb (r = 0.94) ve Zr (r = 0.89) elementleri Al ile yüksek korelasyon değerleri sunmaktadır ve bu durum elementlerin karasal kırıntı kökenli olduğuna işaret etmektedir.

Kireçtaşı örneklerinde Mo, U ve V elementleri kesit boyunca kayda değer bir değişim sergiler. Permian'ın son örneklerinden itibaren bu elementlerin içerikleri kademeli bir düşüş göstermektedir (Şekil 4.27). Bu elementlerin redoks koşullarına duyarlı olması (Tribovillard vd. 2006) kesit boyunca içeriklerinde meydana gelen değişimlerin redoks koşulları ile ilişkili olabileceğini işaret etmektedir. U ve Th elementleri bölüm 4.6'da ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Çamurtaşı örneklerinde ise U, V ve Mo sınır değerleri sırasıyla 12.8-19.3 ppm, 129-210 ppm, 11.1-49.3 ppm ve 15.1-16.7 ppm'dir. Kireçtaşı örneklerine nazaran yüksek değerler sunmaktadırlar. Bununla birlikte As, KP21 nolu örnekte önemli bir anomali (132.5 ppm) göstermektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. Kemer kesiti örneklerinin majör element, toplam karbon ve kükürt analiz sonuçları ve toplam CaCO₃ değerleri, (*çamurtaşı örnekleri, tüm değerler % olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

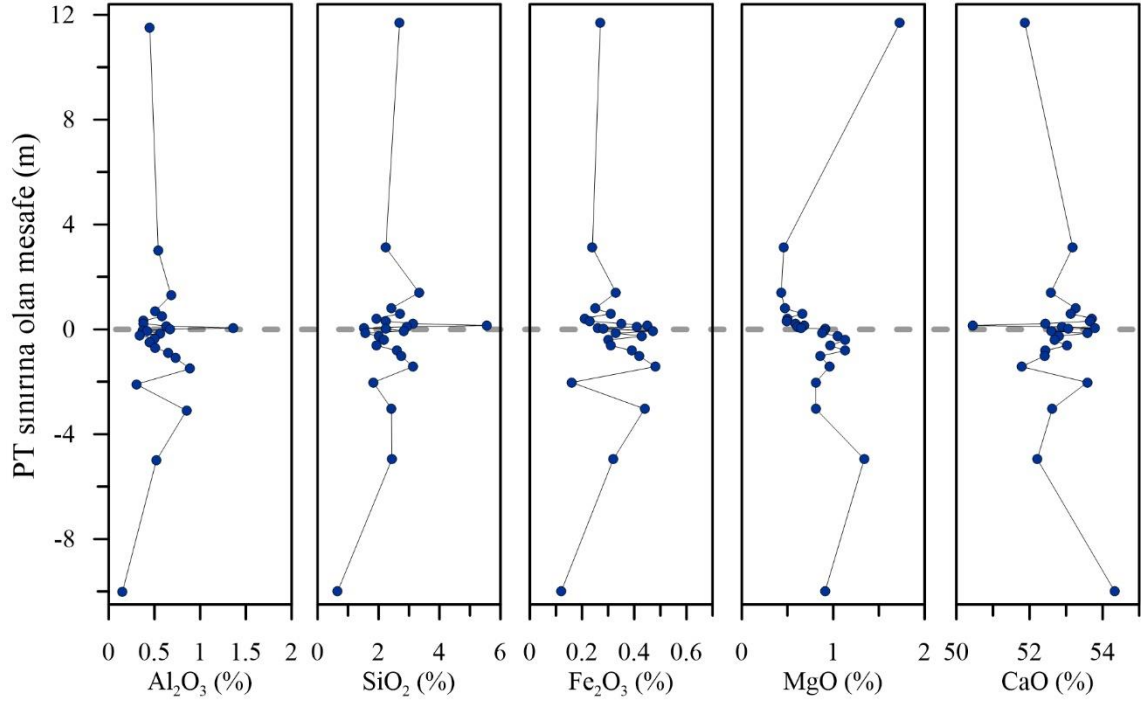
Uzaklık	Örn no	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	CaCO ₃	T/C	T/S
11.5	KT14	2.69	0.45	0.27	1.73	51.87	0.01	0.11	0.02	<0.01	0.01	<0.002	92.63	11.65	0.05
3	KT13	2.24	0.54	0.24	0.46	53.18	0.02	0.11	0.03	<0.01	<0.01	<0.002	94.96	11.94	0.04
1.3	KT12	3.33	0.68	0.33	0.43	52.58	0.02	0.17	0.04	<0.01	<0.01	<0.002	93.89	11.57	0.03
0.7	KT09	2.41	0.51	0.25	0.47	53.27	0.02	0.12	0.03	<0.01	<0.01	<0.002	95.13	11.88	0.05
0.5	KT07	2.70	0.58	0.31	0.66	53.12	0.02	0.13	0.03	<0.01	<0.01	<0.002	94.86	11.66	0.07
0.32	KT06	1.94	0.38	0.21	0.50	53.71	0.02	0.08	0.03	<0.01	<0.01	<0.002	95.91	11.91	0.05
0.22	KT04	2.24	0.38	0.23	0.49	53.65	0.02	0.09	0.03	<0.01	<0.01	<0.002	95.80	11.77	0.04
0.12	KT02	3.13	0.63	0.35	0.59	52.43	0.02	0.15	0.05	<0.01	<0.01	<0.002	93.63	11.76	0.04
0.05	KT01	5.55	1.36	0.45	0.68	50.45	0.03	0.34	0.08	0.01	<0.01	<0.002	90.09	11.17	0.04
0	KP27	2.92	0.67	0.41	0.61	52.88	0.01	0.15	0.03	<0.01	0.01	<0.002	94.43	11.62	0.09
-0.05	KP26	1.53	0.37	0.26	0.65	53.78	0.01	0.07	0.02	<0.01	0.01	<0.002	96.04	11.85	0.06
-0.07	KP25	2.23	0.42	0.28	0.91	53.06	0.01	0.10	0.02	<0.01	0.01	<0.002	94.75	11.71	0.13
-0.15	KP24	2.83	0.56	0.47	0.90	52.60	0.01	0.14	0.03	<0.01	0.01	<0.002	93.93	11.86	0.12
-0.24	KP23	1.56	0.34	0.33	0.88	53.58	0.02	0.08	0.02	<0.01	0.01	<0.002	95.68	12.00	0.10
-0.3	KP21*	31.08	8.93	6.91	1.49	22.44	0.10	2.27	0.80	0.03	0.02	0.015	40.07	6.68	0.11
-0.35	KP20	2.02	0.50	0.43	1.05	52.81	0.01	0.13	0.03	<0.01	0.01	<0.002	94.30	11.58	0.06
-0.5	KP18	2.17	0.45	0.30	1.13	52.68	0.02	0.12	0.03	<0.01	<0.01	0.002	94.07	11.80	0.10
-0.7	KP16	1.94	0.51	0.31	0.97	53.02	0.02	0.12	0.03	<0.01	0.01	<0.002	94.68	11.78	0.13
-0.9	KP14	2.59	0.65	0.39	1.13	52.44	0.03	0.18	0.04	<0.01	0.01	<0.002	93.64	11.67	0.21
-1.1	KP12	2.75	0.73	0.42	0.86	52.41	0.02	0.17	0.03	<0.01	0.01	<0.002	93.59	11.23	0.06
-1.5	KP11	3.12	0.89	0.48	0.96	51.78	0.02	0.20	0.04	<0.01	0.01	<0.002	92.46	11.62	0.04
-1.7	KP10*	33.08	11.08	5.46	1.64	22.58	0.06	2.52	0.61	0.02	0.02	0.009	40.32	5.50	0.85
-1.8	KP09*	38.02	12.50	6.07	1.61	18.28	0.06	2.40	0.71	<0.01	0.02	0.011	32.64	4.88	1.47
-2.1	KP07	1.83	0.30	0.16	0.81	53.58	0.02	0.08	0.02	<0.01	<0.01	<0.002	95.68	11.71	0.05
-3.1	KP05	2.43	0.85	0.44	0.81	52.62	0.02	0.13	0.05	<0.01	<0.01	<0.002	93.96	11.84	0.14
-5	KP04	2.44	0.52	0.32	1.34	52.21	0.05	0.14	0.04	<0.01	0.01	<0.002	93.23	11.85	0.17
-10	KP03	0.66	0.15	0.12	0.91	54.33	0.02	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.002	97.02	12.11	0.05
-15	KP02	1.34	0.36	0.18	0.98	53.46	0.03	0.07	0.02	<0.01	0.01	<0.002	95.46	11.46	0.05

Çizelge 4.3. Kemer kesiti örneklerinin iz element analizi sonuçları (*çamurtaşı örnekleri, tüm değerler ppm olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

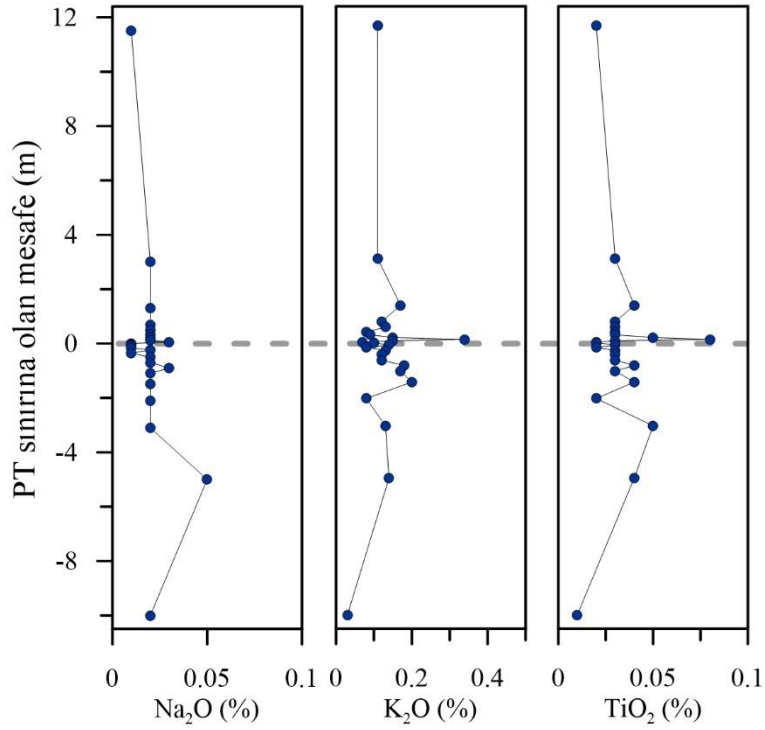
Uzaklık	Örn no	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
11.5	KT14	8	<20	<1	<1	4.6	0.1	<0.5	0.2	0.3	3.5	<1	567.0	<0.1	0.3	0.8	<8
3	KT13	31	<20	<1	<1	7.5	<0.1	<0.5	0.2	0.8	3.9	<1	1306.3	<0.1	0.5	1.1	13
1.3	KT12	57	<20	<1	<1	4.8	0.4	<0.5	0.2	1.4	5.5	<1	1948.0	<0.1	0.6	0.7	9
0.7	KT09	46	<20	<1	1	7.7	0.2	<0.5	0.2	0.8	4.1	<1	1637.6	<0.1	0.4	0.8	<8
0.5	KT07	205	<20	<1	<1	5.9	0.2	<0.5	0.3	1.1	4.2	<1	754.5	0.1	0.4	0.6	<8
0.32	KT06	10	<20	<1	<1	16.0	0.1	<0.5	0.2	0.6	3.0	<1	1239.7	<0.1	0.3	0.7	<8
0.22	KT04	20	<20	<1	1	5.2	0.1	<0.5	0.1	0.6	2.8	<1	1331.6	<0.1	0.3	0.6	<8
0.12	KT02	24	<20	<1	<1	9.7	0.2	<0.5	0.3	1.3	5.3	<1	1053.6	<0.1	0.6	0.7	9
0.05	KT01	225	<20	1	1	29.2	0.6	0.8	0.5	2.1	11.0	<1	834.9	0.2	1.1	0.9	13
0	KP27	21	<20	<1	<1	2.1	0.2	0.6	0.2	0.6	4.4	<1	318.5	<0.1	0.7	0.5	10
-0.05	KP26	18	<20	<1	<1	2.2	<0.1	<0.5	<0.1	0.5	2.1	<1	396.3	<0.1	<0.2	0.1	<8
-0.07	KP25	10	<20	<1	1	3.3	<0.1	<0.5	0.2	0.7	3.0	<1	381.4	0.1	0.2	0.2	10
-0.15	KP24	28	<20	<1	<1	3.1	0.2	<0.5	0.2	0.7	4.2	<1	331.6	<0.1	0.5	0.5	9
-0.24	KP23	31	<20	<1	2	2.6	<0.1	<0.5	<0.1	0.5	2.6	<1	324.3	<0.1	0.5	0.8	<8
-0.3	KP21*	170	52	9	2	16.3	4.0	10.6	3.8	13.6	70.7	2	177.1	0.9	7.0	19.3	210
-0.35	KP20	6	<20	<1	<1	2.3	<0.1	<0.5	0.1	0.9	3.4	<1	343.4	0.1	0.7	1.3	<8
-0.5	KP18	6	<20	<1	1	2.4	<0.1	<0.5	0.1	0.9	3.4	<1	434.0	<0.1	0.2	2.9	15
-0.7	KP16	5	<20	<1	<1	1.8	0.1	<0.5	0.2	0.9	3.9	<1	555.2	<0.1	0.4	2.4	10
-0.9	KP14	9	<20	<1	1	2.7	0.3	<0.5	0.4	1.1	5.2	<1	543.4	<0.1	0.6	2.5	12
-1.1	KP12	13	<20	<1	<1	3.1	0.4	<0.5	0.2	1.0	5.6	<1	539.4	<0.1	0.5	2.7	14
-1.5	KP11	12	<20	<1	<1	2.7	0.4	<0.5	0.3	1.6	5.9	<1	461.5	0.1	0.5	2.7	15
-1.7	KP10*	70	40	8	2	15.1	8.9	16.2	4.0	18.5	88.0	2	242.5	1.2	8.2	12.8	129
-1.8	KP09*	66	41	9	1	16.7	7.7	19.6	5.0	26.7	76.0	3	192.2	1.7	8.3	14.6	137
-2.1	KP07	63	<20	<1	<1	1.8	<0.1	<0.5	0.2	0.6	2.6	<1	554.9	<0.1	<0.2	2.1	9
-3.1	KP05	7	<20	1	<1	2.5	0.3	<0.5	0.4	1.7	4.0	<1	609.0	0.1	0.5	5.2	27
-5	KP04	14	<20	<1	<1	0.7	0.2	<0.5	0.4	0.8	4.6	<1	629.0	<0.1	0.3	7.5	22
-10	KP03	3	<20	<1	<1	2.9	<0.1	<0.5	<0.1	0.3	1.3	<1	737.5	<0.1	<0.2	3.8	10
-15	KP02	5	<20	<1	<1	3.1	<0.1	<0.5	0.2	0.5	2.7	<1	529.2	<0.1	<0.2	1.7	18

Çizelge 4.3 (devamı). (Au değeri ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

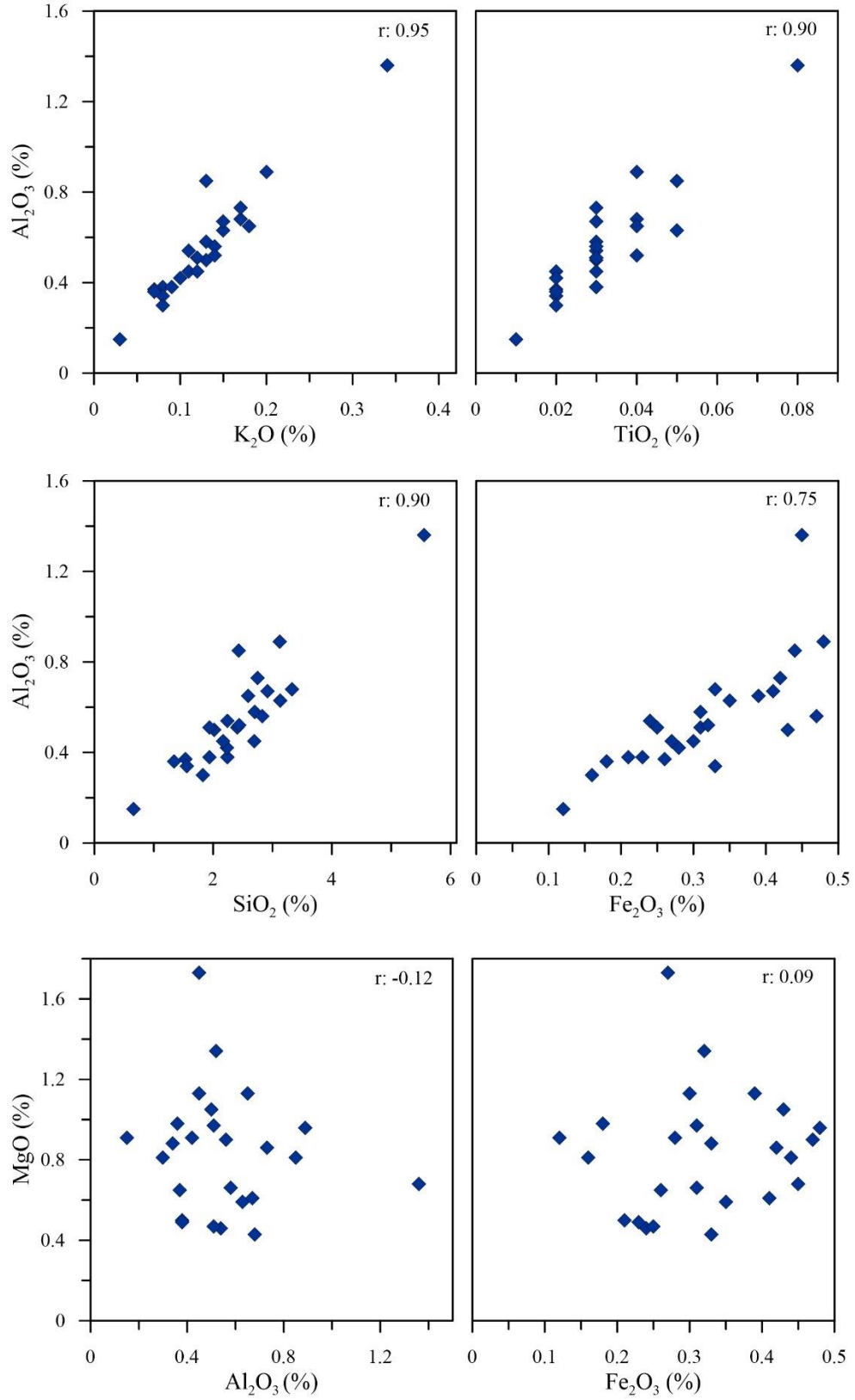
Uzaklık	Örn no	W	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
11.5	KT14	32.8	6.0	<0.1	0.7	1.3	1	0.2	1.7	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.6	0.03	<0.1	0.7
3	KT13	25.5	7.5	<0.1	0.6	2.3	2	1.0	2.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	0.02	<0.1	<0.5
1.3	KT12	40.5	11.4	<0.1	0.9	2.5	3	1.7	6.3	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	1.2	0.04	0.1	1.0
0.7	KT09	50.6	8.5	<0.1	0.6	1.4	3	0.8	2.9	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
0.5	KT07	34.6	10.5	<0.1	0.8	1.5	1	0.2	5.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.04	<0.1	0.8
0.32	KT06	27.4	7.3	<0.1	0.5	1.6	1	0.3	4.0	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
0.22	KT04	31.1	7.4	<0.1	0.5	1.5	1	1.0	3.4	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
0.12	KT02	55.5	11.5	<0.1	0.8	2.6	3	1.9	6.3	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	1.1	0.04	0.1	<0.5
0.05	KT01	78.7	20.2	<0.1	1.7	2.5	4	3.1	3.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.6	0.05	<0.1	0.6
0	KP27	15.1	7.8	<0.1	0.5	1.7	9	1.4	4.7	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.5	0.02	<0.1	0.7
-0.05	KP26	13.1	4.7	<0.1	0.3	1.3	1	0.9	4.7	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.8	0.02	<0.1	0.8
-0.07	KP25	31.7	5.9	<0.1	0.5	1.4	2	0.4	4.4	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.1	0.03	<0.1	0.9
-0.15	KP24	23.5	8.3	0.1	0.6	1.5	5	0.9	8.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.2	0.02	<0.1	0.6
-0.24	KP23	17.2	5.1	0.6	0.4	1.7	3	1.9	4.3	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.0	0.03	<0.1	<0.5
-0.3	KP21*	3.1	151.4	49.3	19.3	40.4	150	44.3	132.5	0.5	1.3	0.2	0.5	1.5	0.94	3.8	3.9
-0.35	KP20	14.9	7.5	0.4	0.7	3.5	4	1.4	9.9	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.6	0.05	0.2	1.1
-0.5	KP18	14.6	8.1	2.9	0.7	1.9	20	1.6	3.8	0.2	0.2	<0.1	<0.1	1.2	0.04	0.2	0.6
-0.7	KP16	11.5	8.3	0.8	0.4	0.8	2	1.8	3.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02	0.1	0.7
-0.9	KP14	8.9	12.1	0.8	0.8	0.8	2	1.2	3.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.6	0.03	0.3	0.6
-1.1	KP12	8.6	9.6	1.8	1.0	0.8	2	1.5	3.0	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.03	0.1	0.7
-1.5	KP11	14.0	13.6	3.5	0.9	0.8	2	1.1	2.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	8.0	0.04	<0.1	0.6
-1.7	KP10*	2.0	164.4	11.1	18.8	11.3	30	30.8	20.4	0.2	<0.1	0.2	<0.1	0.7	0.31	1.8	1.6
-1.8	KP09*	2.9	196.9	14.4	17.2	11.2	54	34.0	15.5	0.1	<0.1	0.2	<0.1	1.0	0.20	1.3	1.9
-2.1	KP07	14.7	5.8	0.5	0.4	0.6	1	0.7	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	0.6
-3.1	KP05	14.7	14.2	1.7	0.8	1.2	3	2.1	2.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.7	0.02	0.1	1.0
-5	KP04	<0.5	14.2	2.0	0.8	1.0	3	3.6	1.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.01	<0.1	1.1
-10	KP03	27.0	2.6	0.4	0.2	0.5	<1	0.4	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	0.01	<0.1	0.6
-15	KP02	18.9	6.3	0.4	0.5	0.4	2	0.4	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	<0.01	<0.1	<0.5



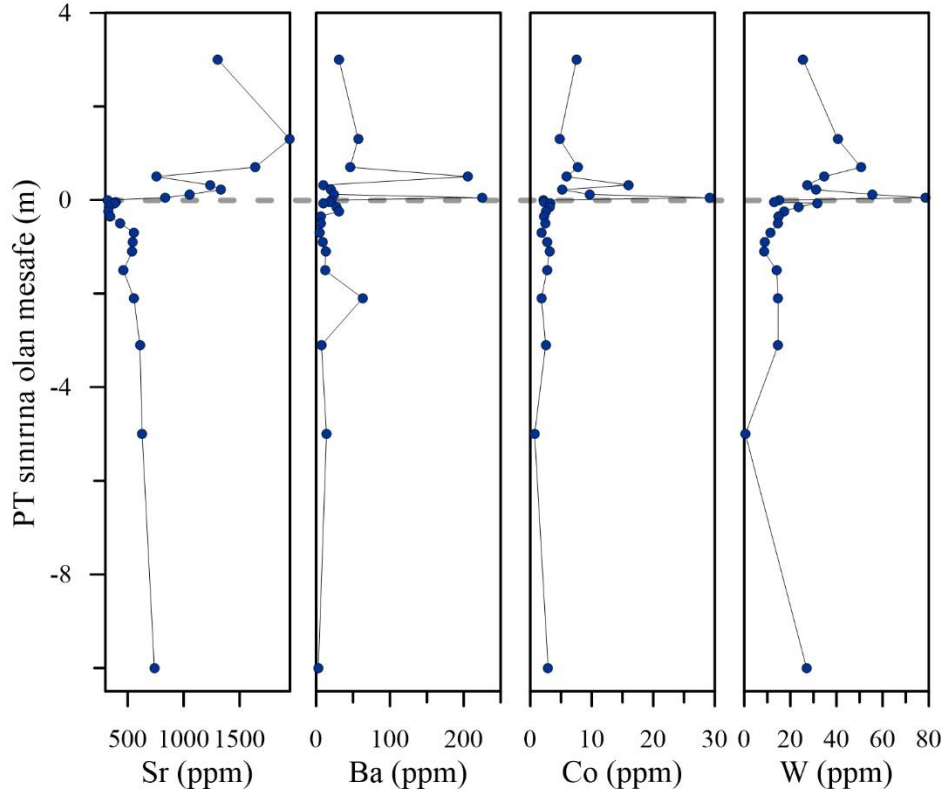
Şekil 4.23. Kemer kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı



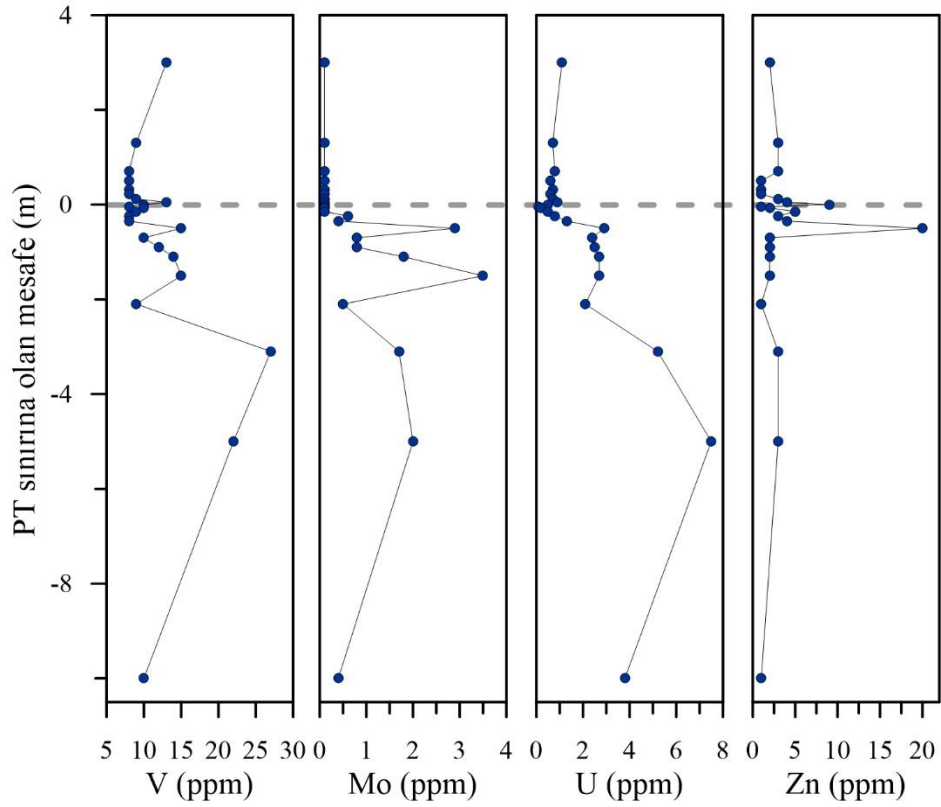
Şekil 4.24. Kemer kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı



Şekil 4.25. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerindeki majör oksitler arasındaki ilişki



Şekil 4.26. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element dağılımları (Sr, Ba, Co, W)



Şekil 4.27. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element dağılımları (V, Mo, U, Zn)

Çizelge 4.4. Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin iz element değişim aralıkları ve ortalama değerleri

Element	Değişim aralığı	Ortalama değer (ppm)	Permiyen ortalaması (ppm)	Triyas ortalaması (ppm)
Sr	318.5-1948	734.5	480.5	1185.9
Ba	3-225	35.1	15.7	69.6
Co	0.7-29.2	5.2	2.5	10.1
W	8.6-78.7	26	16.6	41.9
V	8-27	13.2	13.9	11
Mo	0.1-3.5	1	1.2	<0.1
U	0.1-7.5	1.8	2.3	0.8
Zn	1-20	3.3	4.1	2.1

4.5.2. Gazipaşa kesiti majör oksit ve iz element analiz sonuçları

Gazipaşa kesitinden derlenen örneklerin majör oksit, iz element, toplam karbon ve toplam kükürt analizi sonuçları Çizelge 4.5 ve 4.6'da sunulmuştur. "GP" kodlu örnekler kesitin Permiyen kısmında kalan örnekleri, "GT" kodlu örnekler ise kesitin Triyas kısmında kalan örnekleri ifade etmektedir. Şekillerdeki (Şekil 4.28-29) kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir.

Gazipaşa kesiti örneklerinin CaO içerikleri %16.36-53.98, SiO₂ içerikleri %0.09-56.29, Al₂O₃ içerikleri %0.03-5.97, Fe₂O₃ içerikleri %0.06-3.59 arasında ölçülmüştür. Bu majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.28-4.29). CaO kesitin Permiyen kısmında kalan örneklerde yüksek değerlere sahipken Al₂O₃, SiO₂ ve Fe₂O₃ kesitin Triyas kısmında kalan örneklerde daha yüksek değerlere sahiptir. CaCO₃ içerikleri %29.21 ile %96.39 arasında çok geniş bir aralıkta değişim gösterirler. Bu durum örneklerdeki silisiklastik kırıntı içeriği farklılığından kaynaklanmaktadır.

Majör oksitlerin birbirleri ile olan ilişkilerini incelemek amacıyla majör oksit diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.30). Bu diyagramlar incelendiğinde Al₂O₃'e karşı K₂O (r = 0.98), TiO₂ (r = 0.96) ve Fe₂O₃ (r = 0.93) pozitif kuvvetli korelasyon göstermektedir. Bu elementlerin havzaya silisiklastikler ile taşındığını işaret etmektedir. MgO'ye karşı Al₂O₃ (r = -0.20) ve Fe₂O₃ (r = 0.11) herhangi bir korelasyon göstermemektedir.

Örneklerdeki kırıntı içeriği farklılığı iz element sonuçlarına da yansımıştır (Çizelge 4.6). Ba, Co, Cs, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U, V, W, Zr, Mo, Cu, Pb, Ni ve As kesitin Triyas kısmında kalan örneklerde yüksek değerlerde ölçülmüştür (Şekil 4.31-32).

GP11, GP13 ve GP14 kodlu örneklerde MgO ve Fe₂O₃ yüksek ortalama sunmaktadır. Buna karşın, bu örneklerdeki Sr içeriği diğer Permiyen örneklerine nazaran çok düşüktür. Karbonat kayaçlarında Sr miktarının azalması, Fe ve Mg gibi elementlerin zenginleşmesi genellikle diyajenez ile ilişkilendirilmiştir (Brand ve Veizer 1980; Flügel

2004). Bu örneklerdeki Mg, Fe ve Sr içeriklerinin diyajenetik süreçlerden etkilendiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Gazipaşa kesiti örneklerinin majör element, toplam karbon ve kükürt analiz sonuçları ve toplam CaCO₃ değerleri (tüm değerler % olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

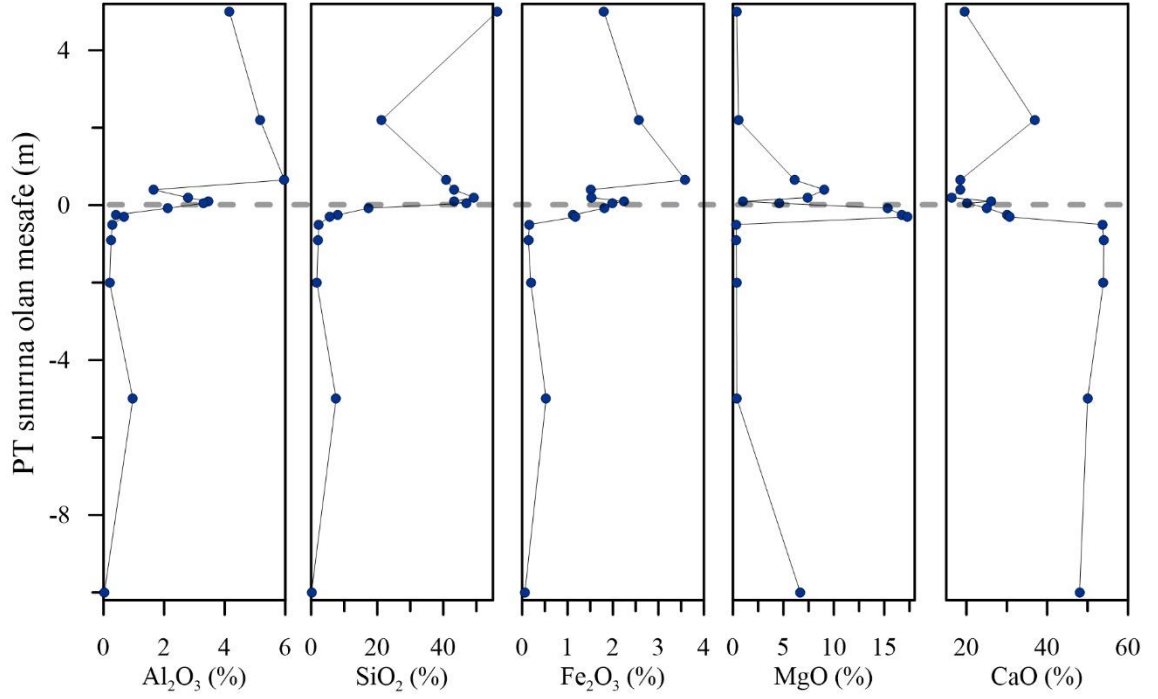
Uzaklık	Örn no	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	CaCO ₃	T/C	T/S
5	GT12	56.29	4.16	1.80	0.39	19.51	0.52	1.02	0.45	0.05	0.03	<0.002	34.84	4.29	0.63
2.2	GT10	21.27	5.17	2.57	0.55	36.87	0.04	1.71	0.41	0.06	0.03	0.003	65.84	8.23	0.02
0.65	GT08	40.87	5.97	3.59	6.11	18.52	0.03	1.94	0.77	0.08	0.03	0.005	33.07	5.73	0.02
0.4	GT06	43.31	1.65	1.51	9.07	18.52	0.01	0.55	0.16	0.04	0.03	<0.002	33.07	6.87	0.04
0.2	GT04	49.28	2.78	1.52	7.37	16.36	0.02	0.90	0.25	0.12	0.02	<0.002	29.21	5.80	0.02
0.1	GT02	43.20	3.45	2.25	1.00	26.05	0.03	1.13	0.35	0.14	0.03	0.003	46.52	6.02	0.02
0.05	GT01	46.88	3.29	1.99	4.59	20.22	0.02	1.07	0.28	0.10	0.03	<0.002	36.11	5.75	0.02
-0.08	GP14	17.40	2.11	1.81	15.33	25.10	0.03	0.72	0.14	0.06	0.03	<0.002	44.82	10.28	0.69
-0.25	GP13	8.04	0.40	1.12	16.71	30.13	0.01	0.12	0.02	0.01	0.03	<0.002	53.80	11.48	0.02
-0.3	GP11	5.56	0.68	1.18	17.28	30.69	0.01	0.21	0.04	0.02	0.03	<0.002	54.80	11.92	0.03
-0.5	GP09	2.30	0.29	0.16	0.33	53.73	<0.01	0.09	0.02	<0.01	0.01	<0.002	95.95	11.75	0.02
-0.9	GP07	2.10	0.25	0.14	0.33	53.98	<0.01	0.08	0.02	<0.01	<0.01	<0.002	96.39	11.90	0.03
-2	GP05	1.73	0.20	0.19	0.37	53.90	<0.01	0.06	0.02	<0.01	<0.01	<0.002	96.25	11.94	0.02
-5	GP03	7.55	0.97	0.53	0.40	49.98	0.01	0.32	0.09	0.02	0.01	<0.002	89.25	11.10	0.02
-10	GP02	0.09	0.03	0.06	6.68	48.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	85.71	12.28	0.02

Çizelge 4.6. Gazipaşa kesiti örneklerinin iz element analizi sonuçları. PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

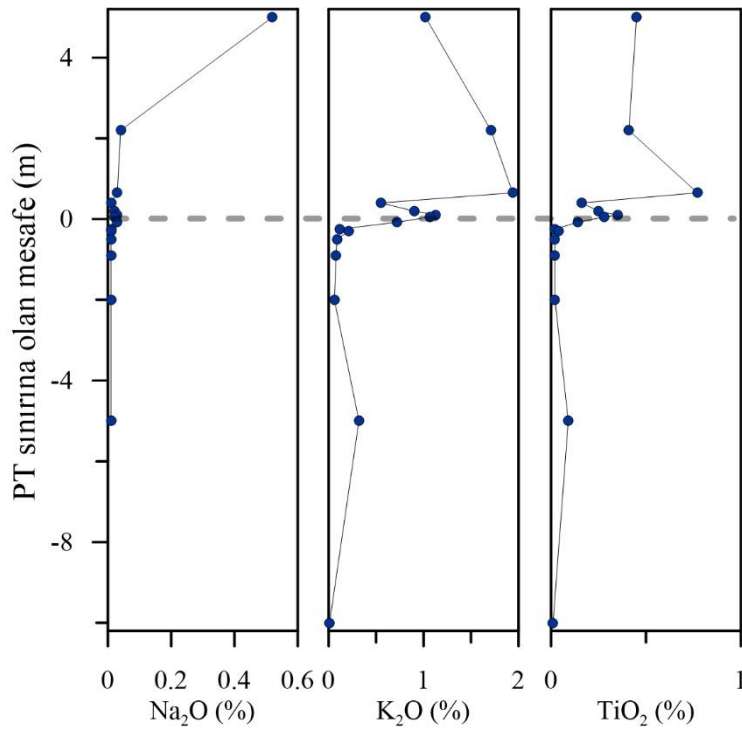
Uzaklık	Örn no	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
5	GT12	53	<20	3	<1	18.5	1.4	5.3	4.1	9.7	25.8	<1	178.3	0.6	3.1	0.7	29
2.2	GT10	152	<20	5	<1	8.9	1.8	6.1	2.5	9.7	40.2	<1	135.1	0.6	6.0	1.1	28
0.65	GT08	810	27	6	<1	21.1	2.3	7.7	12.4	16.3	49.8	2	74.0	1.2	8.9	3.0	35
0.4	GT06	286	<20	2	<1	8.9	0.6	2.2	2.9	3.3	15.2	<1	172.1	0.3	1.9	0.5	11
0.2	GT04	418	<20	2	<1	10.1	1.1	3.5	2.6	5.4	22.3	<1	94.3	0.4	3.0	0.8	13
0.1	GT02	415	<20	4	<1	26.0	1.4	4.8	3.2	8.0	28.5	<1	36.6	0.6	4.6	1.1	26
0.05	GT01	473	<20	3	<1	14.6	1.4	4.8	2.5	5.6	27.3	<1	64.9	0.4	3.2	0.9	22
-0.08	GP14	194	<20	2	1	5.7	1.1	2.7	0.8	3.2	18.7	<1	145.8	0.2	1.5	0.4	14
-0.25	GP13	62	<20	<1	1	14.7	<0.1	<0.5	0.1	0.3	3.4	<1	175.9	<0.1	<0.2	<0.1	<8
-0.3	GP11	77	<20	<1	1	7.3	0.1	<0.5	0.1	0.8	5.5	<1	176.6	<0.1	0.4	0.3	<8
-0.5	GP09	51	<20	<1	<1	2.3	<0.1	<0.5	0.1	0.4	2.4	<1	1751.1	<0.1	<0.2	0.4	<8
-0.9	GP07	14	<20	<1	<1	2.7	<0.1	<0.5	0.2	0.9	2.0	<1	1589.4	<0.1	<0.2	0.2	<8
-2	GP05	7	<20	<1	<1	2.6	<0.1	<0.5	0.1	0.2	1.4	<1	1426.4	<0.1	<0.2	0.2	<8
-5	GP03	64	<20	<1	<1	3.6	0.2	<0.5	0.5	1.8	8.0	<1	1145.7	0.2	0.7	0.7	<8
-10	GP02	11	<20	<1	<1	2.6	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.3	<1	1495.5	<0.1	<0.2	0.1	<8

Çizelge 4.6 (devamı). (Au değeri ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir). PT sınırına olan uzaklık metre olarak verilmiştir

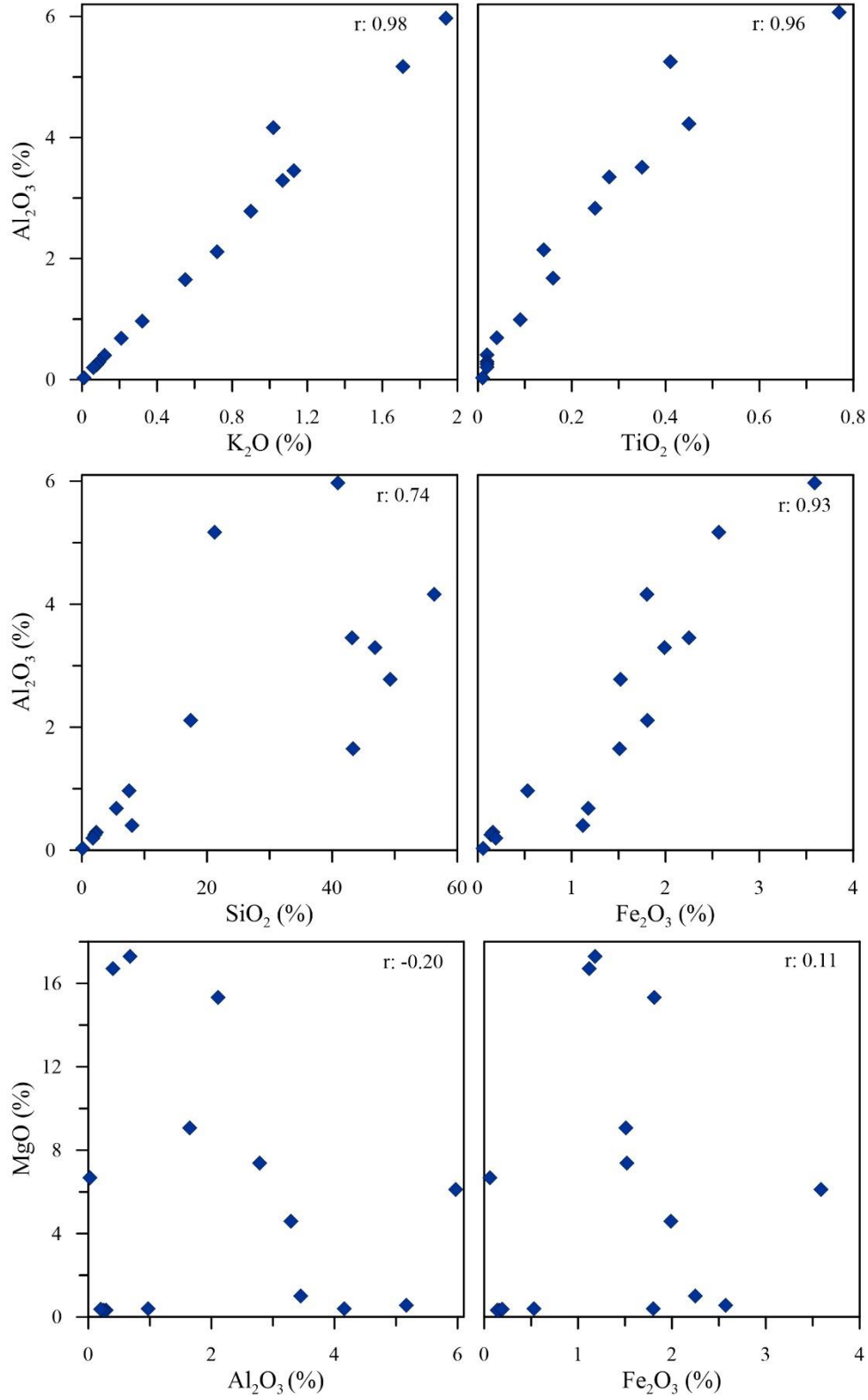
Uzakhk	Örn no	W	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
5	GT12	309.3	168.0	0.1	2.5	3.4	5	6.5	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.3	<0.01	0.1	<0.5
2.2	GT10	73.4	103.8	0.8	4.8	8.9	18	10.5	4.9	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.5	0.05	<0.1	<0.5
0.65	GT08	215.7	496.2	1.6	10.2	74.3	150	20.3	56.7	0.1	2.2	0.1	<0.1	4.3	0.09	0.4	<0.5
0.4	GT06	200.7	121.2	0.2	5.6	5.3	8	3.7	36.5	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	1.8	<0.01	<0.1	<0.5
0.2	GT04	247.9	109.3	0.1	1.8	5.2	4	4.8	11.5	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.5	<0.01	0.1	<0.5
0.1	GT02	615.3	132.3	0.4	2.4	6.1	5	9.4	9.8	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.2	<0.5
0.05	GT01	303.5	101.6	0.3	2.6	5.6	6	5.9	17.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.1	<0.5
-0.08	GP14	100.6	29.6	0.1	1.5	2.7	3	3.5	6.3	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.5	0.04	0.2	<0.5
-0.25	GP13	176.3	5.6	<0.1	0.1	1.1	3	1.3	0.7	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.7	0.06	<0.1	<0.5
-0.3	GP11	111.7	8.7	<0.1	0.2	8.8	3	1.7	2.4	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.8	0.04	<0.1	<0.5
-0.5	GP09	50.0	5.5	<0.1	0.3	1.0	8	1.2	1.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.5	0.05	<0.1	<0.5
-0.9	GP07	69.1	7.7	<0.1	0.2	0.6	1	0.7	1.6	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.7	0.03	<0.1	0.7
-2	GP05	63.6	5.2	<0.1	0.1	0.5	5	1.8	0.7	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.0	0.04	<0.1	0.7
-5	GP03	82.1	21.7	0.2	0.5	1.9	8	2.2	2.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.7	0.06	<0.1	0.6
-10	GP02	53.0	1.9	0.1	<0.1	0.7	1	0.1	0.7	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.6	0.04	<0.1	<0.5



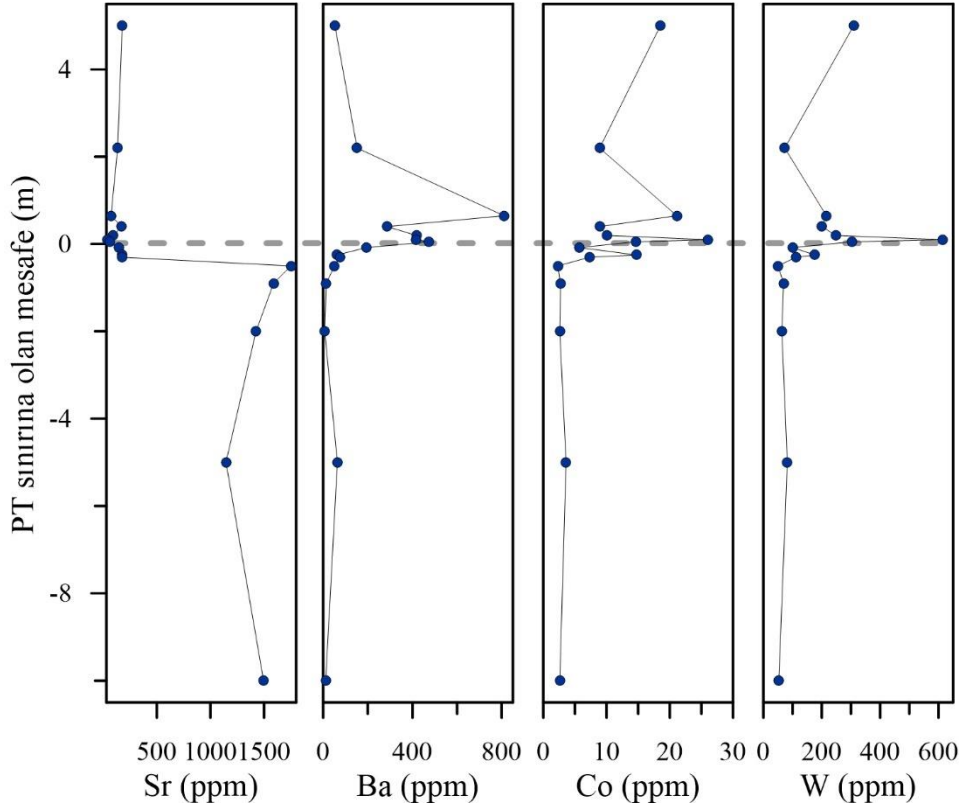
Şekil 4.28. Gazipaşa kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı



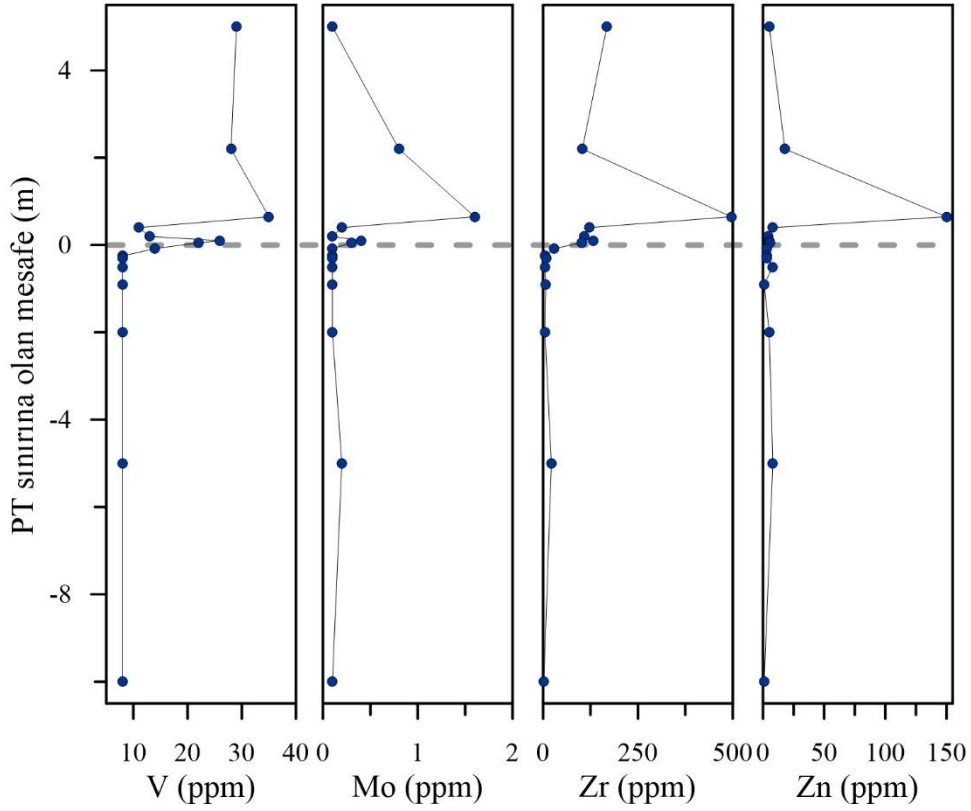
Şekil 4.29. Gazipaşa kesiti örneklerindeki majör oksitlerin kesit boyunca dağılımı



Şekil 4.30. Gazipaşa kesiti örneklerindeki Al_2O_3 ile K_2O ve TiO_2 arasındaki ilişki



Şekil 4.31. Gazipaşa kesiti örneklerinin iz element dağılımları (Sr, Ba, Co, W)



Şekil 4.32. Gazipaşa kesiti örneklerinin iz element dağılımları (V, Mo, Zr, Zn)

4.6. Redoks Koşullarına Duyarlı Elementler

Denizel çökellerde yapılan çok sayıda araştırmada Permiyen sonunda ve Triyas başında (bkz. Şekil 2.6) anoksik (oksijensiz) depolanma koşullarının geliştiğini gösteren önemli kanıtlar elde edilmiştir. Bu araştırmalarda sedimantolojik veriler (siyah çamurtaşları, pirit, biyotürbasyon vb.), redoks koşullarına duyarlı bazı elementler (U, Th/U, NTE vb.) ve bazı izotop oranları ($\delta^{238}\text{U}$ ve $\delta^{34}\text{S}$) kullanılmıştır (Isozaki 1997; Grice vd. 2005; Wignall vd. 2005; Wignall vd. 2009; Brenneka vd. 2011; Varol vd. 2011; Lau vd. 2016; Li vd. 2016). Ancak çok sayıda araştırma olmasına karşın anoksiya olayının gerçekleşip gerçekleşmediği, meydana gelmiş olması durumunda başlangıç zamanı ve ne kadar sürdüğü üzerine tartışmalar devam etmektedir (Brenneka vd. 2011; Brand vd. 2012).

Bu çalışmada Permiyen sonunda anoksiya olayı hipotezini değerlendirmek amacıyla redoks (yükseltgenme indirgenme) koşullarına duyarlı U konsantrasyonu, Th/U oranı ve Ce anomalisi kullanılmıştır. Bu veriler ise sadece Kemer kesiti örneklerinden elde edilmiştir. Çünkü, Gazipaşa kesiti örneklerinde gözlenen yoğun diyajenetik etki ve kirlenme (kırıntı içeriği) Gazipaşa kesiti örneklerinin güvenilir sonuçlar vermesini engellemektedir. Aşağıda U, Th/U ve Ce anomalisinin redoks belirteci olarak kullanımına yönelik özet bilgi verilmiştir.

Jeokimyasal özelliklerinden dolayı U konsantrasyonu ve Th/U oranı son yıllarda yapılan araştırmalarda Permiyen-Triyas geçişindeki redoks koşullarını değerlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Brenneka vd. 2011; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017). Doğal sularda uranyum farklı çözünürlük özelliklerine sahip iki adet yükseltgenme basamağına sahiptir: U (VI) ve U (IV). Deniz suyunda yükseltgen (oksitleyici) koşullarda U (VI)'nın çözünürlüğü oldukça yüksektir. Bu koşullarda uranil iyon (UO_2^{+2}) olarak bulunur ve sulu kalsiyum ve karbonat bileşiklerini oluşturur. Diğer taraftan, indirgen koşullarda U (IV) formundadır, suda çözünmeyen bileşikler (uraninit) oluşturur ve indirgen çökeller ile birlikte deniz suyundan ayrılır. Bu nedenle oksijensiz (anoksik) depolanma koşullarının genişlemesi deniz suyundaki U konsantrasyonunda düşüşe neden olacaktır. Sığ denizel karbonatlarda U içeriği deniz suyu ile ilişkili olduğu için karbonat çökellerinde de U içeriğinde azalma görülecektir (Klinkhammer ve Palmer 1991; Stirling vd. 2007; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017). Toryum ise uranyumdan farklı olarak tek bir yükseltgenme basamağına sahiptir ve bu nedenle deniz suyundaki Th miktarı redoks değişimlerinden etkilenmez. Uranyum redoks koşullarına duyarlı olduğu için Th/U oranındaki artış U konsantrasyonunun azaldığına işaret edecektir (Wignall ve Myers 1988; Klinkhammer ve Palmer 1991; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017).

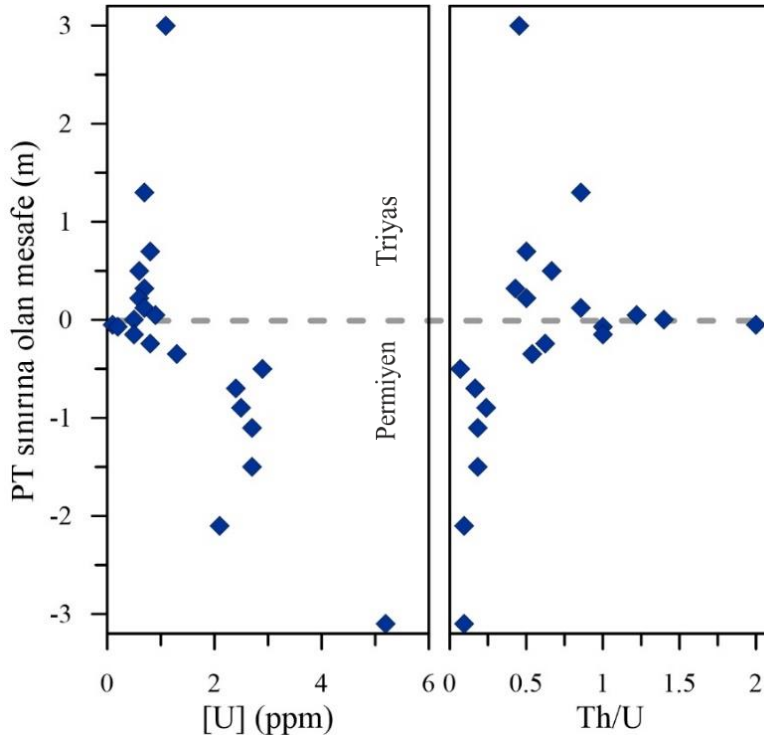
Nadir toprak elementler (NTE) Permiyen-Triyas sınır kesitlerinde paleo-ortam çalışmalarında kullanılan en önemli araçlardan birisidir. Özellikle Ce anomalisi (Ce/Ce^*) paleo-redoks koşullarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Ce yüzey koşullarında iyon değişiminin meydana geldiği tek nadir toprak elementidir ve redoks değişimlerine karşılık vermektedir. Yükseltgen koşullarda Ce (IV) tercihen kolloidler ile deniz suyundan ayrılır. Bu durum deniz suyundaki Ce miktarının diğer NTE'lere göre sürekli azalmasına neden olacaktır. Normal kabul edilen bu koşullarda sürekli bir Ce anomalisi söz konusudur. İndirgen koşullarda ise Ce (III) diğer nadir toprak elementleri ile aynı iyon değerine sahiptir ve herhangi bir anomali göstermez (German ve Elderfield 1990; Bau ve Dulski 1996; Azmy vd. 2011).

Ce anomalisi Ce/Ce^* şeklinde ifade edilmektedir. Bu çalışmada Ce anomalisi hesaplanırken Bau ve Dulski (1996) tarafından önerilen “ $Ce/Ce^* = 2[Ce_{sn}]/([La_{sn}] + [Pr_{sn}])$ ” formülü kullanılmıştır. Ce anomalisi değerleri hesaplanırken NTE konsantrasyonları Avustralya ortalama şeyline (PAAS, McLennan 1989) göre normalize edilmiştir. Formüldeki “sn” ifadesi normalize edilmiş değerleri ifade etmektedir. Ce/Ce^* sonuçlarının birim değer altındaki olması negatif anomalisi olarak ifade edilmekte ve oksijenli depolanma koşullarını işaret etmektedir. Birim değer üstünde olduğunda ise pozitif anomalisi olarak ifade edilmekte ve oksijensiz depolanma koşullarını gösterdiği şeklinde yorumlanmaktadır (German ve Elderfield 1990; Bau ve Dulski 1996; Azmy vd. 2011).

4.6.1. U konsantrasyonu ve Th/U oranı sonuçları

Kemer kesiti kireçtaşı örneklerinin U konsantrasyonu ve Th/U dağılımı Şekil 4.33'te sunulmuştur. Örneklerdeki U içerikleri 0.1 ile 7.5 ppm arasında değerler göstermektedir. Yüksek değerler Permian örneklerinde ölçülmüştür. Kesit boyunca dağılım izlendiğinde, sınıra doğru değerlerde kademeli bir azalma (2.9 ppm'den 0.1 ppm'e kadar) görülmektedir. Bu azalma sınıra kadar devam etmekte, buradan sonra ise U değerleri bir örnek dışında (1.1 ppm) sürekli olarak 1 ppm değerinin altındadır.

Th/U değerleri 0.04 ile 2 arasındadır. Th/U Permian örneklerinde düşük değerler (en fazla 0.63) gösterirken, sınıra yaklaştıkça değerlerde artış meydana gelmiştir. Sınırdan itibaren ise Th/U 0.86 ile 0.33 arasında değerler almaktadır. U ve Th/U değerleri birlikte incelendiğinde (Şekil 4.33) Th/U oranındaki değişimlerin doğrudan kırıntı girişi ile kontrol edilmediğini işaret etmektedir.



Şekil 4.33. Kemer kesiti U ve Th/U değerleri (Kesikli gri çizgi Permian-Triyas sınırını göstermektedir)

4.6.1.1. Örnekler üzerindeki diyajenetik etkinin belirlenmesi

Karbonat kayaçlarında yapılan jeokimyasal incelemelerde örneklerin üzerindeki diyajenetik etkinin belirlenmesi hatalı değerlendirmelerin önüne geçilmesi açısından önemlidir (Brand ve Veizer 1980; Flügel vd. 2004). Diyajenetik alterasyon ve kırıntı girişi örneklerdeki U ve Th içeriğinin farklılaşmasına neden olabilmektedir (Romaniello vd. 2013; Andersen vd. 2014; Song vd. 2017). Önceki çalışmalar göz önünde tutularak (Lau vd. 2016; Song vd. 2017) Kemer kesiti örneklerinden elde edilen U ve Th/U değerleri olası diyajenetik etkinin varlığını test etmek amacıyla Mg/Ca, Sr/Ca ve Mn/Sr ile karşılaştırılmıştır.

U ve Th/U değerlerine karşı Mg/Ca, Sr/Ca ve Mn/Sr değerleri herhangi bir pozitif ya da negatif ilişki göstermemektedir (Şekil 4.34). Mn/Sr oranının diyajenez ile birlikte arttığı bilinmektedir (Brand ve Veizer 1980) ancak örneklerdeki Mn/Sr değerleri oldukça düşüktür ve tüm örneklerdeki Mn/Sr oranı 1'in altındadır. Mg/Ca değerleri de aynı şekilde oldukça düşüktür ve 0.1'den daha az ölçülmüştür. Bu durum örneklerde dolomitleşmenin etkisinin kayda değer olmadığına işaret etmektedir. Bu veriler ışığında, Kemer kesiti örneklerinde U ve Th/U değerlerini önemli oranda değiştirebilecek sistematik bir diyajenetik etkinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

U ve Th/U değerlerinin kırıntı girişi ile ilişkili olup olmadığını kontrol etmek amacıyla bu iki parametre Al değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tortullardaki Al genellikle kırıntı kökenlidir ve miktarı çoğu zaman diyajenetik süreçlerden etkilenmez (Tribovillard vd. 2006). Bu nedenle kırıntı etkisini belirlemek için kullanılabilir. Kemer kesiti örneklerinin U ve Th/U değerleri Al ile karşılaştırıldığında bu değerlerin Al ile ilişkili olmadığı görülmektedir (Şekil 4.35). Bu nedenle örneklerde kirlenme etkisi ihmal edilebilir. Ayrıca örneklerdeki CaCO₃ oranının %90'ın üzerinde olması ve Al miktarının düşük olması da bu yorumu desteklemektedir (bkz. Çizelge 4.3).

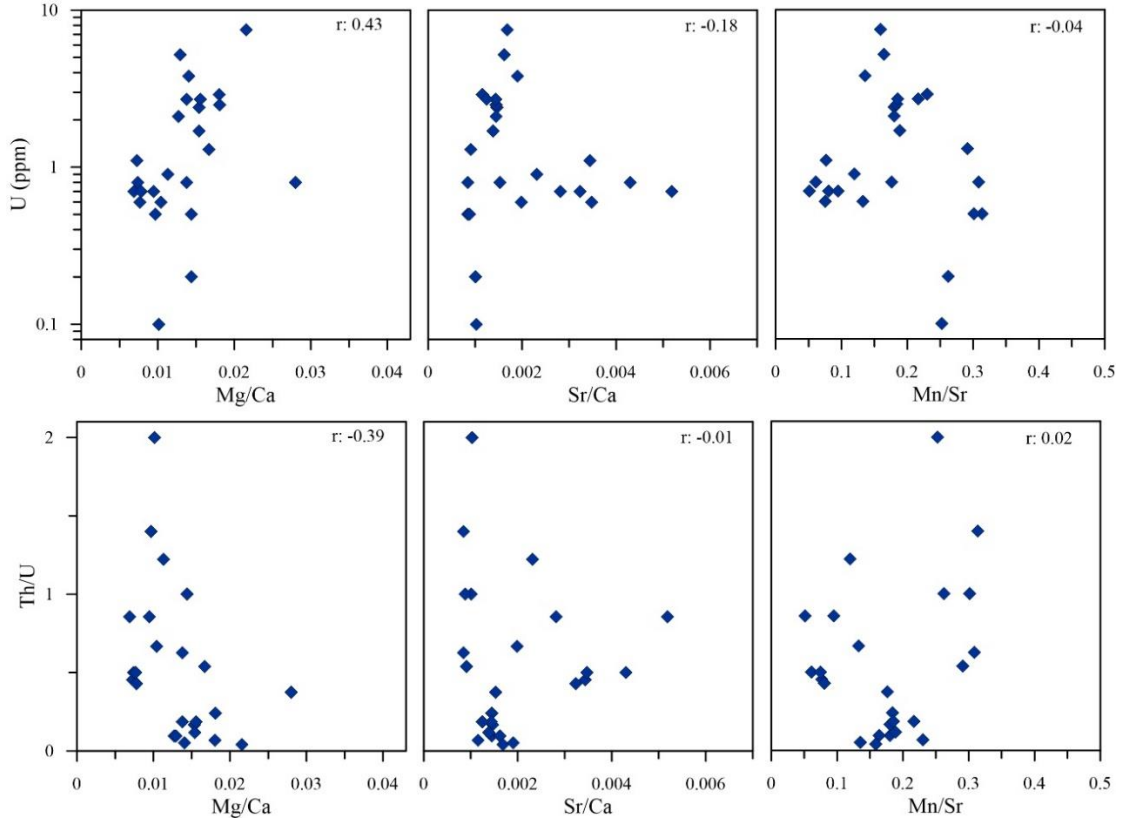
4.6.1.2. U ve Th/U sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında Kemer kesitinden elde edilen U ve Th/U sonuçları dünya genelinde farklı araştırmalarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Karşılaştırma yapılan kesitlerin sığ denizel karbonat çökelleri ile temsil edilen sınır kesitleri olmasına önem verilmiştir.

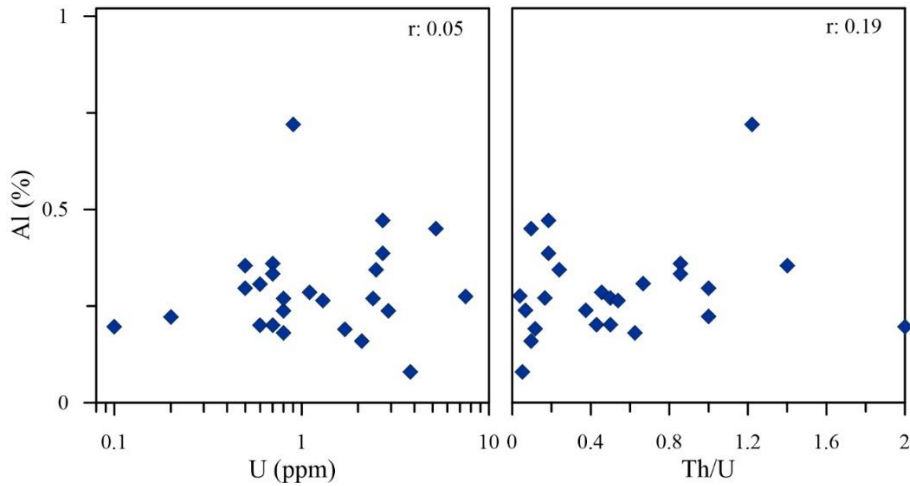
Lau vd. (2016), Taşkent (Konya) kesitinde yaptığı çalışmada, U konsantrasyon değerlerinin 0.1 ile 3.4 ppm arasında olduğunu ve Permien sonuna karşılık gelen örneklerin U değerlerinde ani bir azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. Kemer kesiti ile karşılaştırıldığında, Taşkent kesiti U sınır değerleri (Lau vd. 2016) ile Kemer kesiti sınır değerlerinin birbirine yakın olduğu ve kesit boyunca paralel bir değişim sergiledikleri sonucu açıkça görülmektedir (Şekil 4.36). Basra Körfezi'nde 3 farklı kuyuda (Tavakoli ve Rahimpour-Bonab 2012) ve Çin'in güneyindeki Guandao kesitinde (Lau vd. 2016) yapılan araştırmalarda da benzer U konsantrasyon değerleri rapor edilmiştir. Bu kesitlerde de Permien sonuna karşılık gelen örneklerin U değerlerinde azalma meydana geldiği vurgulanmıştır.

Kemer kesitinden elde edilen Th/U sonuçları da literatürde var olan güncel çalışmalar ile tutarlıdır. Elrick vd. (2017) tarafından yapılan araştırmada, Daxiakou (Çin)

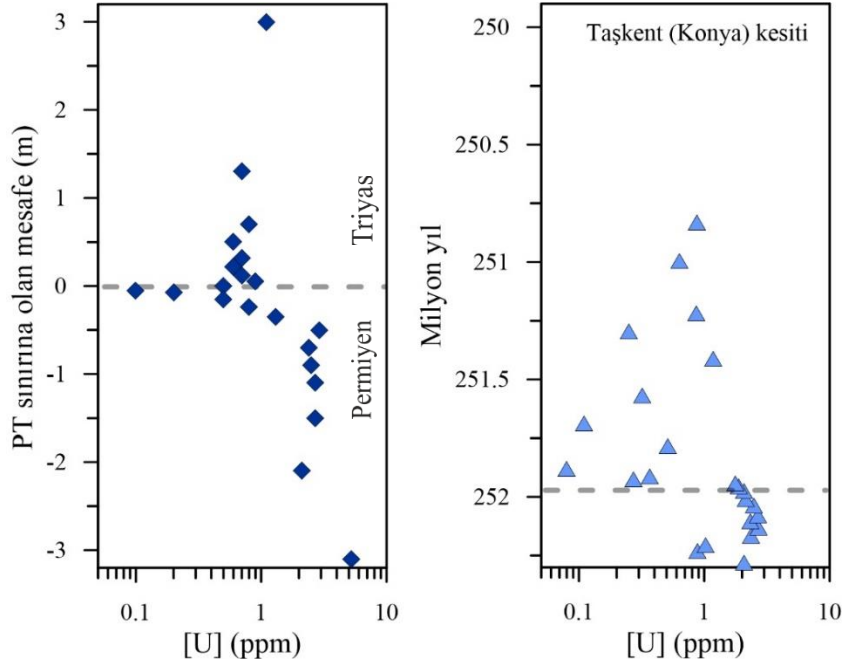
kesiti Th/U değerlerinin 0.021 ile 1.6 arasında olduğu belirtilmiştir. Bu kesitte Th/U değerleri Permiyen boyunca homojen bir şekilde düşük değerler sergilerken, Permiyen sonundan itibaren ani bir artış göstermektedir (Şekil 4.37). Bu çalışmada, Permiyen sonunda gözlenen Th/U değerlerindeki artışın, deniz suyundaki uranyum miktarının azalması nedeniyle ortaya çıktığı savunulmuştur. Daxiakou kesiti Th/U sonuçları aynı şekilde Kemer kesiti ile karşılaştırıldığında benzer değerler sergilediği görülmektedir (Şekil 4.37).



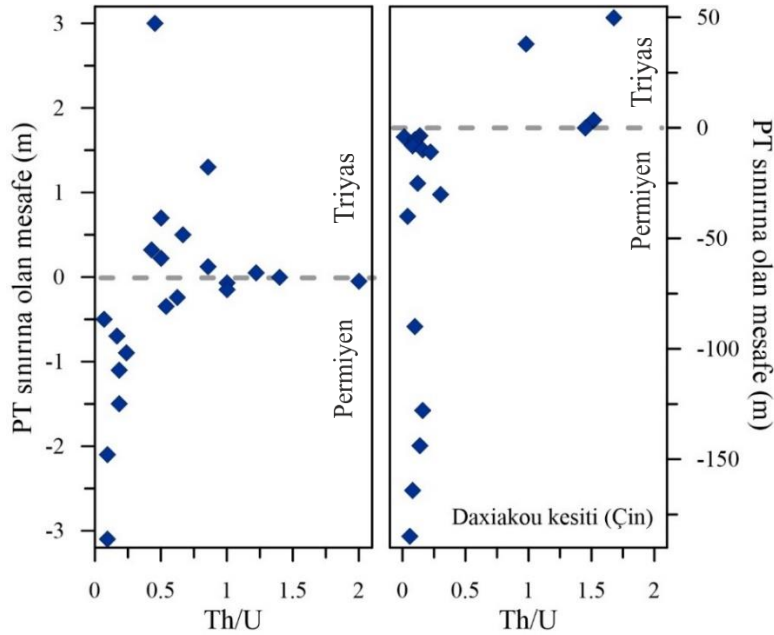
Şekil 4.34. U ve Th/U değerlerinin Mg/Ca, Sr/Ca ve Mn/Sr ile karşılaştırılması



Şekil 4.35. Th/U ve U değerleri ile Al değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.36. Kemer kesiti (bu çalışma) ve Taşkent kesiti (Lau vd. 2016) örneklerinin U konsantrasyon değerleri. Taşkent kesiti verileri Lau vd. (2016)'dan alınmıştır. (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir)



Şekil 4.37. Kemer kesiti Th/U değerlerinin Daxiakou kesiti (Elrick vd. 2017) ile karşılaştırılması. Daxiakou kesiti verileri Elrick vd. (2017)'den alınmıştır

Söz konusu araştırmalarda, U konsantrasyon değerlerindeki düşüşün yukarıdaki kesitler için rastlantı olamayacağı ve bu düşüşün küresel ölçekte deniz suyu redoks koşullarını yansıttığı savunulmuştur (Brennecka vd. 2011; Tavakoli ve Rahimpour-

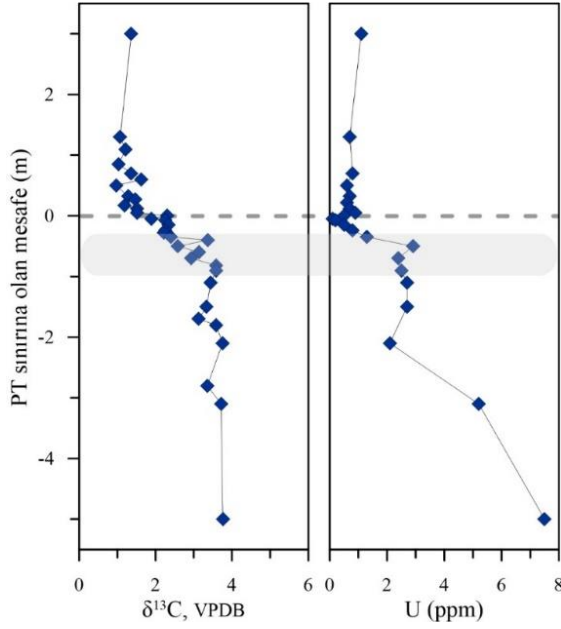
Bonab 2012; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017). Lau vd. (2016) kanıt göstererek U değerlerindeki değişimin bölgesel ve diyajenetik etkilerden ziyade küresel deniz suyu redoks koşullarını yansıttığını ileri sürmüştürler. Sunulan kanıtlardan biri, sığ denizel karbonatlardaki U kayıtlarının dünya genelindeki farklı kesitlerde (örneğin; Suudi Arabistan, İran, İtalya, Çin) benzer eğilimler göstermesi ve benzer değerler sunmasıdır. Diğer bir kanıt ise çalışmada elde ettikleri U değerlerini çeşitli diyajenetik belirteçler (Mn/Sr, Mg/Cav b.) ile korele ettiklerinde örnekler üzerinde önemli bir diyajenetik etkinin olmadığını saptamalarıdır. Ayrıca Tavakoli ve Rahimpour-Bonab (2012), U değerlerindeki düşüşün toplam organik karbon miktarı ve fasiyes değişimi ile de ilgili olmadığını savunmuşlardır (Tavakoli ve Rahimpour-Bonab 2012).

Bu araştırmalarda U konsantrasyonundaki azalmanın sebebi olarak ise anoksiya olayının genişlemesi (oksijensiz taban sularının genişlemesi) gösterilmiştir. Bu koşullarda (indirgen) uranyumun çözünürlüğü oldukça düşüktür ve anoksik çökeller (siyah şeyl vb.) ile birlikte sudan kolayca ayrılmaktadır. Anoksik sedimantasyonun artması ile birlikte deniz suyundaki U azalmış ve sığ denizel karbonatlardaki U konsantrasyonu deniz suyu ile ilişkili olduğu için karbonat tortullarındaki U konsantrasyonu da azalmıştır (Brennecka vd. 2011; Tavakoli ve Rahimpour-Bonab 2012; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017).

Sonuç olarak Permiyen-Triyas geçişine karşılık gelen, Paleo-Tetis denizel sınır kesitlerine ait karbonat tortullarından elde edilen U değerlerindeki azalma ile birlikte Th/U oranındaki artış redoks koşullarına bağlanmıştır. Permiyen sonunda deniz suyunun daha oksijensiz hale geldiği şeklinde yorumlanmıştır (Brennecka vd. 2011; Tavakoli ve Rahimpour-Bonab 2012; Lau vd. 2016; Elrick vd. 2017). Bu okyanus redoks değişiminin Permiyen sonunda meydana gelen yok oluşun hemen öncesinde ya da yok oluşla eş zamanlı gerçekleştiği vurgulanmıştır. Bu araştırmacılar, anoksiya olayının Permiyen sonu kitlesel yok oluşunda önemli bir rol oynadığını düşünmektedirler (Brennecka vd. 2011; Elrick vd. 2017).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda son yapılan çalışmalar ile tutarlıdır. U konsantrasyonu ve Th/U oranındaki değişimler Permiyen sonunda gelişen az oksijenli ya da oksijensiz koşulları işaret etmektedir. Kemer kesitinden elde edilen bu veri fauna kaybı ile anoksiya olayı (veya az oksijenli koşullar) başlangıcının yaklaşık aynı zamanda meydana geldiğini işaret etmektedir.

Ayrıca Kemer kesitinde karbon izotop değerlerindeki negatif yöndeki kayma ile U konsantrasyonunda meydana gelen düşüşün yaklaşık aynı zamana karşılık gelmesi (Şekil 4.38) dikkat çekicidir. Ancak bu iki olay arasındaki ilişki henüz tam olarak anlaşılabilir değildir.



Şekil 4.38. Kemer kesiti U konsantrasyonu ile $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin kesit boyunca değişimi (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir)

4.6.2. Nadir toprak elementler ve Ce anomalisi sonuçları

Kemer kesiti örneklerinin nadir toprak element (NTE) içerikleri ve Ce anomalisi (Ce/Ce^*) sonuçları Çizelge 4.7’de, PAAS (Post-Archean Australian average shale)’a normalize edilmiş NTE değerleri Çizelge 4.8’de sunulmuştur. PAAS’a göre normalize edilmiş NTE dağılımları ise Şekil 4.39 ve Şekil 4.40’da verilmiştir. Ce/Ce^* sonuçları tamamıyla kireçtaşı örneklerinden elde edilmiştir.

Örneklerin toplam nadir toprak element (TNTE) içerikleri 6.98 ile 83.68 ppm arasında değişim gösterir. Permiyen ile Triyas örnekleri arasında önemli bir fark söz konusu değildir. Kesitin Permiyen kısmında kalan örneklerin ortalaması 32.4 ppm (çamurtaşı örnekleri dahil edilmemiştir) iken, Triyas kısmında kalan örneklerin ortalaması ise 26.5 ppm’dir.

Örneklerin PAAS’a göre normalize edilmiş NTE dağılımları, orta nadir toprak elementler (Sm-Ho) açısından zenginleşme ve zayıf bir Ce anomalisi ile karakterize edilmektedir (Şekil 4.39-40). Normalize değerler 1’in altında kalmıştır. Bu durum örneklerin şeyl ortalamasına (PAAS) göre daha az oranda NTE içerdiklerini işaret etmektedir. Permiyen ve Triyas örneklerinin ortalama NTE dağılımları yaklaşık birbirine paraleldir.

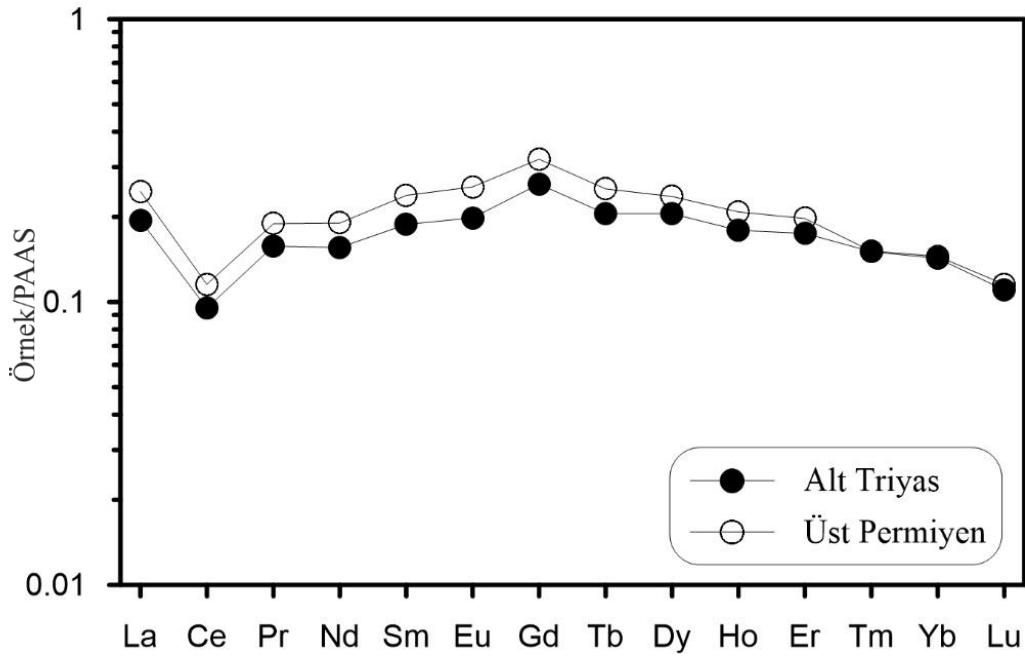
Kemer kesiti örneklerinin Ce/Ce^* değerleri 0.34 ile 0.97 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Kesitin Permiyen kısmında kalan örnekler 0.72 ile 0.96 arasında değişirken zayıf bir negatif anomali sunmaktadır (Şekil 4.41). Triyas kısmında kalan örnekler ise 0.47 ile 0.78 arasındadır ve nispeten daha güçlü bir negatif anomali sergilemektedirler.

Çizelge 4.7. Kemer kesiti örneklerinin NTE (+ itriyum) analizi sonuçları (*çamurtaşı örnekleri, **tüm değerler ppm olarak verilmiştir)

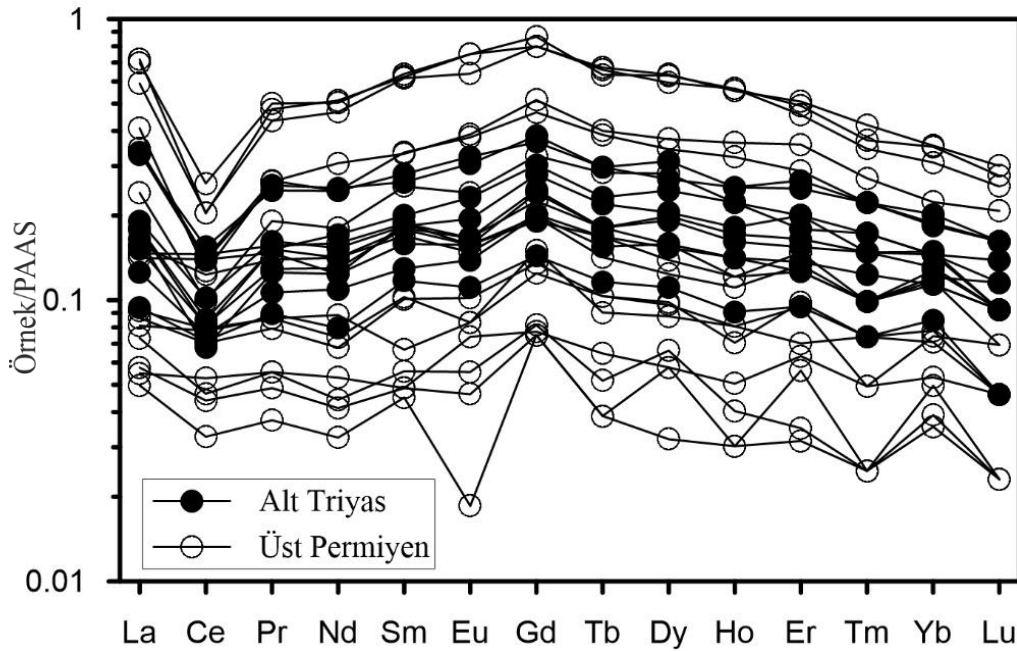
Örn no	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TNTE	Ce/Ce*
KT14	3.5	3.6	5.7	0.79	2.7	0.65	0.12	0.67	0.09	0.52	0.09	0.27	0.03	0.24	0.02	15.49	0.78
KT13	6.2	6.8	6.4	1.34	4.8	0.99	0.17	1.12	0.14	0.93	0.17	0.47	0.06	0.41	0.06	23.86	0.49
KT12	6.1	7.3	8.1	1.43	5.2	1.02	0.21	1.30	0.17	0.96	0.18	0.57	0.06	0.42	0.04	26.96	0.58
KT09	5.3	4.8	6.0	0.94	3.7	0.72	0.15	0.93	0.12	0.74	0.14	0.36	0.04	0.36	0.04	19.04	0.65
KT07	6.8	5.8	6.5	1.14	4.4	1.00	0.18	1.15	0.14	0.90	0.16	0.44	0.06	0.37	0.04	22.28	0.58
KT06	5.9	6.3	5.4	1.11	4.2	0.88	0.17	0.89	0.13	0.72	0.14	0.39	0.05	0.32	0.04	20.74	0.47
KT04	8.8	6.9	6.8	1.34	5.8	1.11	0.25	1.41	0.18	1.15	0.22	0.51	0.07	0.41	0.05	26.2	0.51
KT02	9.1	12.8	11.0	2.26	8.5	1.46	0.33	1.79	0.23	1.46	0.25	0.76	0.09	0.52	0.07	41.52	0.47
KT01	9.1	12.6	12.3	2.17	8.3	1.56	0.35	1.70	0.23	1.26	0.25	0.71	0.09	0.57	0.07	42.16	0.54
KP27	20.9	26.6	20.7	4.42	17.1	3.54	0.81	3.72	0.52	2.97	0.55	1.45	0.17	1.00	0.13	83.68	0.43
KP26	9.3	9.2	7.9	1.69	6.1	1.41	0.26	1.52	0.22	1.32	0.22	0.57	0.07	0.41	0.04	30.93	0.46
KP25	12.1	13.2	11.2	2.35	8.3	1.86	0.41	2.17	0.30	1.61	0.32	0.82	0.09	0.53	0.07	43.23	0.46
KP24	21.5	22.5	16.3	3.83	15.8	3.42	0.69	3.73	0.51	2.78	0.56	1.40	0.15	0.99	0.12	72.78	0.40
KP23	23.2	27.4	16.2	4.22	17.4	3.46	0.81	4.03	0.49	2.94	0.56	1.30	0.14	0.87	0.11	79.93	0.34
KP21*	12.9	13.7	22.1	2.88	11.5	1.96	0.42	1.88	0.29	1.89	0.44	1.24	0.18	1.13	0.19	59.8	0.81
KP20	16.2	15.6	10.1	2.33	10.4	1.84	0.42	2.40	0.31	1.75	0.36	1.02	0.11	0.63	0.09	47.36	0.38
KP18	1.9	2.1	4.2	0.49	1.8	0.27	0.08	0.36	0.05	0.27	0.05	0.18	0.02	0.15	0.02	10.04	0.96
KP16	2.2	3.1	6.2	0.76	2.5	0.57	0.09	0.70	0.07	0.41	0.08	0.27	0.02	0.21	0.03	15.01	0.93
KP14	2.3	3.5	6.3	0.76	3.0	0.37	0.09	0.58	0.08	0.46	0.07	0.28	0.03	0.22	0.02	15.76	0.89
KP12	3.7	5.6	11.6	1.38	5.4	1.04	0.18	1.05	0.14	0.74	0.12	0.42	0.04	0.34	0.05	28.1	0.96
KP11	3.9	6.0	9.8	1.23	4.8	0.94	0.16	0.94	0.13	0.65	0.12	0.36	0.04	0.32	0.04	25.53	0.83
KP10*	12.3	14.9	26.3	2.87	10.2	2.20	0.37	2.15	0.33	2.04	0.51	1.40	0.22	1.70	0.22	65.41	0.92
KP09*	13.1	16.2	28.3	2.98	10.3	2.23	0.44	2.40	0.41	2.82	0.57	1.81	0.27	1.89	0.29	70.91	0.93
KP07	1.2	2.2	3.5	0.43	1.4	0.27	0.05	0.35	0.03	0.27	0.03	0.16	<0.01	0.10	<0.01	8.81	0.83
KP05	2.8	5.4	11.1	1.30	4.2	1.04	0.17	0.92	0.11	0.58	0.11	0.38	0.04	0.33	0.03	25.71	0.97
KP04	1.9	3.3	5.6	0.70	2.3	0.56	0.11	0.63	0.08	0.45	0.08	0.20	0.03	0.20	0.02	14.26	0.85
KP03	1.0	1.9	2.6	0.33	1.1	0.25	0.02	0.35	0.03	0.15	0.03	0.09	<0.01	0.11	<0.01	6.98	0.75
P02	1.1	2.8	3.7	0.49	1.5	0.31	0.06	0.38	0.04	0.31	0.04	0.10	0.01	0.14	0.01	9.89	0.72

Çizelge 4.8. Kemer kesiti örneklerinin NTE normalize değerleri (NTE/PAAS)

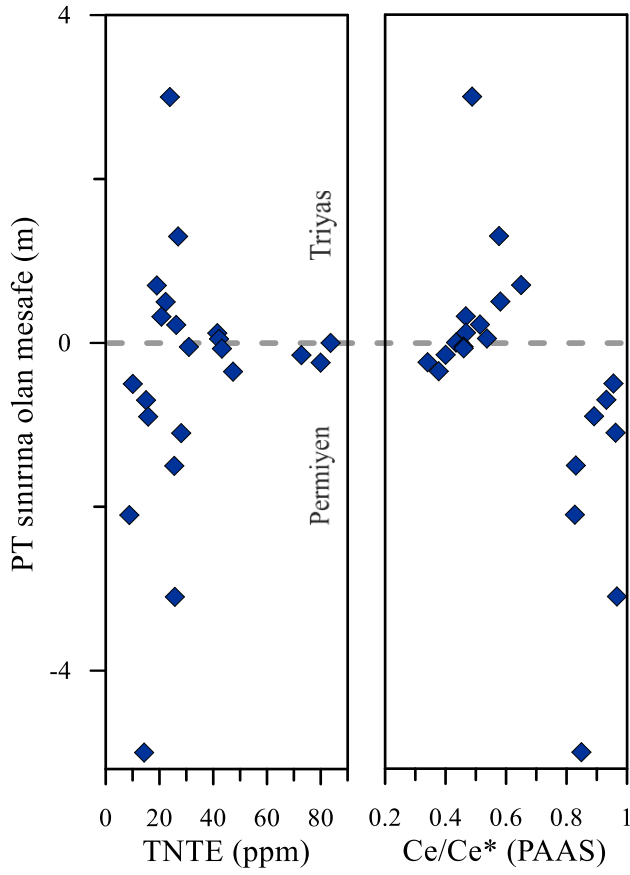
Örn no	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
KT14	0.09	0.07	0.09	0.08	0.12	0.11	0.14	0.12	0.11	0.09	0.09	0.07	0.09	0.05
KT13	0.18	0.08	0.15	0.14	0.18	0.16	0.24	0.18	0.20	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
KT12	0.19	0.10	0.16	0.15	0.18	0.19	0.28	0.22	0.21	0.18	0.20	0.15	0.15	0.09
KT09	0.13	0.08	0.11	0.11	0.13	0.14	0.20	0.16	0.16	0.14	0.13	0.10	0.13	0.09
KT07	0.15	0.08	0.13	0.13	0.18	0.17	0.25	0.18	0.19	0.16	0.15	0.15	0.13	0.09
KT06	0.16	0.07	0.13	0.12	0.16	0.16	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.09
KT04	0.18	0.09	0.15	0.17	0.20	0.23	0.30	0.23	0.25	0.22	0.18	0.17	0.15	0.12
KT02	0.34	0.14	0.26	0.25	0.26	0.31	0.38	0.30	0.31	0.25	0.27	0.22	0.18	0.16
KT01	0.33	0.15	0.25	0.24	0.28	0.32	0.36	0.30	0.27	0.25	0.25	0.22	0.20	0.16
KP27	0.70	0.26	0.50	0.50	0.64	0.75	0.80	0.67	0.63	0.55	0.51	0.42	0.35	0.30
KP26	0.24	0.10	0.19	0.18	0.25	0.24	0.33	0.28	0.28	0.22	0.20	0.17	0.15	0.09
KP25	0.35	0.14	0.27	0.24	0.34	0.38	0.47	0.39	0.34	0.32	0.29	0.22	0.19	0.16
KP24	0.59	0.20	0.43	0.47	0.62	0.64	0.80	0.66	0.59	0.57	0.49	0.37	0.35	0.28
KP23	0.72	0.20	0.48	0.51	0.62	0.75	0.86	0.63	0.63	0.57	0.46	0.35	0.31	0.25
KP21*	0.36	0.28	0.33	0.34	0.35	0.39	0.40	0.37	0.40	0.44	0.44	0.44	0.40	0.44
KP20	0.41	0.13	0.26	0.31	0.33	0.39	0.52	0.40	0.37	0.36	0.36	0.27	0.22	0.21
KP18	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
KP16	0.08	0.08	0.09	0.07	0.10	0.08	0.15	0.09	0.09	0.08	0.09	0.05	0.07	0.07
KP14	0.09	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.12	0.10	0.10	0.07	0.10	0.07	0.08	0.05
KP12	0.15	0.15	0.16	0.16	0.19	0.17	0.23	0.18	0.16	0.12	0.15	0.10	0.12	0.12
KP11	0.16	0.12	0.14	0.14	0.17	0.15	0.20	0.17	0.14	0.12	0.13	0.10	0.11	0.09
KP10*	0.39	0.33	0.33	0.30	0.40	0.34	0.46	0.43	0.44	0.51	0.49	0.54	0.60	0.51
KP09*	0.42	0.36	0.34	0.30	0.40	0.41	0.52	0.53	0.60	0.58	0.64	0.67	0.67	0.67
KP07	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.08	0.04	0.06	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02
KP05	0.14	0.14	0.15	0.12	0.19	0.16	0.20	0.14	0.12	0.11	0.13	0.10	0.12	0.07
KP04	0.09	0.07	0.08	0.07	0.10	0.10	0.14	0.10	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.05
KP03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.02	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02
KP02	0.07	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	0.08	0.05	0.07	0.04	0.04	0.02	0.05	0.02



Şekil 4.39. Ortalama NTE dağılım diyagramı (Tüm değerler PAAS'a göre normalize edilmiştir; McLennan 1989)



Şekil 4.40. NTE dağılım diyagramı (Tüm değerler PAAS'a göre normalize edilmiştir; McLennan 1989)

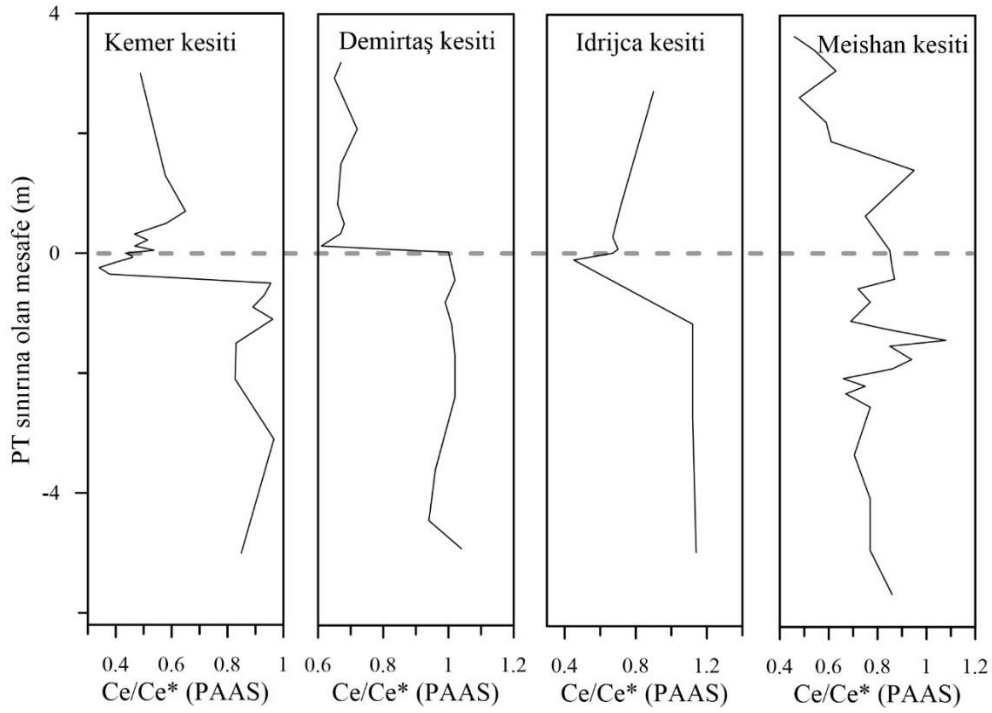


Şekil 4.41. Kemer kesiti TNTE ve Ce/Ce* değerlerinin kesit boyunca dağılımı (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir)

4.6.2.1. Ce anomalisi sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışmada Kemer kesitinden elde edilen Ce/Ce* değerleri diğer Batı Paleo-Tetis Permiyen-Triyas sınır kesitlerinden elde edilen sonuçlar ile benzerdir (Şekil 4.42). Örneğin Demirtaş kesiti (Loope vd. 2013), Slovenya'daki Idrija Valley kesiti (Dolonec vd. 2001) ve Hırvatistan'daki Velebit Dağı kesiti (Fio vd. 2010) Ce/Ce* sonuçları Kemer kesitinden elde edilen sonuçlar ile örtüşmektedir. Bu kesitlerde Kemer kesitine paralel olarak, kesitlerin Permiyen kısmında kalan örneklerde çoğunlukla 1'e yakın değerler kaydedilmiştir ve güçlü bir negatif anomali söz konusu değildir. En üst Permiyen'de ise daha negatif değerler kaydedilmiştir (Dolonec vd. 2001; Fio vd. 2010; Loope vd. 2013).

Diğer taraftan Permiyen-Triyas geçişi sırasında Doğu Paleo-Tetis bölgesinde yer alan Çin kesitlerinde (bkz. Şekil 2.6) ise benzer Ce/Ce* değerleri farklı eğilimler gösterecek şekilde tespit edilmiştir. Meishan stratotip kesitinde konodontlardan elde edilen Ce/Ce* sonuçları (Şekil 4.42) Batı Paleo-Tetis kesitleriyle tezat oluşturacak şekilde sınıra yakın seviyelerde (yaklaşık yok oluş seviyesinde) daha pozitif değerler (1'e yakın) elde edilmiştir ve yok oluş seviyesi için az oksijenli ya da oksijensiz koşullar önerilmiştir (Zhao vd. 2013; Garbelli vd. 2016).



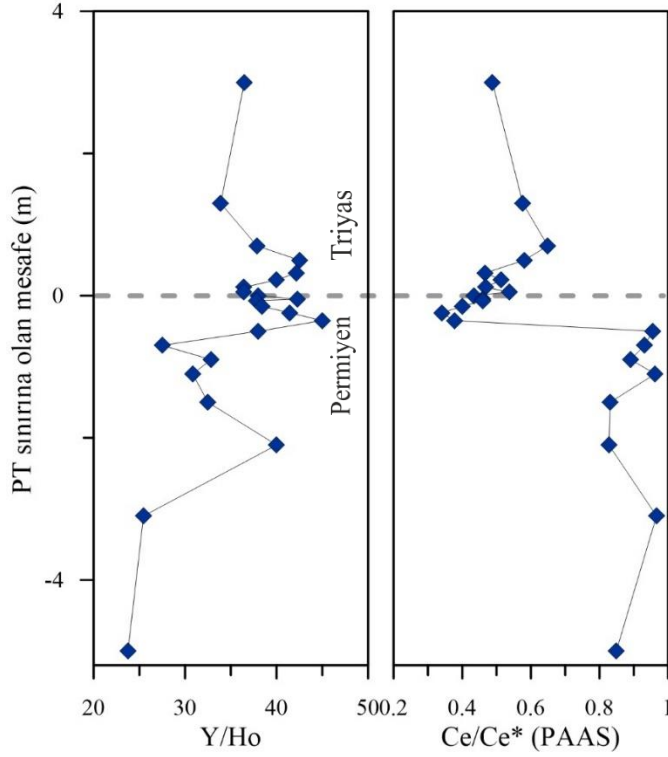
Şekil 4.42. Kemer kesiti Ce/Ce* değerlerinin önceki çalışmalarla karşılaştırılması (Demirtaş kesiti, Loope vd. 2013; İdrija Valley kesiti Dolonec vd. 2001, Meishan kesiti; Zhao vd. 2013) (Kesikli gri çizgi Permiyen-Triyas sınırını göstermektedir)

Denizel karbonatlardan elde edilen Ce/Ce* sonuçlarının doğrudan deniz suyu redoks koşullarını yansıtmayı yansıtmadığı tartışmalıdır (Fio vd. 2010; Brand vd. 2012; Loope vd. 2013; Zhao vd. 2013; Garbelli vd. 2016). Bu kesitlerde Ce/Ce* sonuçlarının silisiklastikler ile ilişkili (kırıntı etkisi) olma ihtimali ve diğer faktörler yorum yapmayı zorlaştırmaktadır (Brand vd. 2012; Loope vd. 2013). Bu nedenle Ce/Ce* anomali sonuçları değerlendirirken elde edilen değerlerin doğrudan ilksel deniz suyu verilerini yansıtmayı yansıtmadığı ve bu değerler üzerindeki kırıntılı tortul etkisi dikkatle irdelenmelidir (Webb ve Kamber 2000; Brand vd. 2012; Loope vd. 2013).

NTE'lerin kaynağını belirlemek için itriyum (Y)/holmiyum (Ho) oranı kullanılmaktadır (Loope vd. 2013; Zhao vd. 2013). Y ve Ho elementleri benzer iyon çapına ve kimyasal davranışlara sahiptir, bu nedenle okyanusta dikey su profilinde benzer dağılım gösterirler. Ancak Ho, Y elementine göre partiküller ile birlikte sudan iki kat daha hızlı ayrılmaktadır. Bu süreç sonucunda ortalama deniz suyundaki (>44) ve kırıntı içerisindeki (çamurtaşı vb.) (25-30) Y/Ho oranı arasında önemli bir fark oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle örneklerdeki yüksek Y/Ho oranları daha fazla miktarda deniz suyu kaynaklı nadir toprak elementlerine, düşük Y/Ho oranları ise karasal kırıntı kaynaklı nadir toprak elementlerine işaret etmektedir (Zhang ve Nozaki 1996; Webb ve Kamber 2000; McLennan 2001).

Kemer kesiti örneklerindeki Y/Ho değerleri 23.75 ile 45 arasında değişmektedir (Şekil 4.43). Bu sonuç örneklerden elde edilen Ce/Ce* sonuçlarının karasal kırıntılar ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bu özelliği nedeniyle redoks belirteci olarak sadece Y/Ho oranının yüksek olduğu Ce/Ce* değerleri dikkate alınabilir. Y/Ho oranının yüksek

olduğu örnekler kesit üzerinde sınıra yakın konumdadır. Buradaki Ce/Ce* değerlerinde kademeli bir artış görülmektedir (Şekil 4.43). Bu artış (örneklerin birim değere yaklaşması) daha az oksijenli koşullara geçildiğini işaret etmektedir.



Şekil 4.43. Kemer kesiti Y/Ho oranları ile Ce/Ce* değerlerinin karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

Tamamlanan bu doktora tezi çalışması ile Antalya ili civarında mostra veren ve Permian-Triyas geçişine karşılık gelen kayaçların sedimentolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur.

Tez çalışması kapsamında Antalya ilinin Kemer ve Gazipaşa ilçelerinde yer almak üzere, Permian-Triyas geçişini temsil eden iki adet ölçülü stratigrafik kesit alımı yapılmıştır. Bu kesitlerden ince kesit çalışmaları, majör oksit-iz element analizleri ve duraylı izotop analizlerinde kullanılmak üzere sistematik örnekler alınmıştır. Kemer kesiti Geç Permian Pamucak formasyonu ve Erken Triyas Kokarkuyu formasyonu ile temsil edilmektedir. Kemer kesiti üzerinde algli vaketaşı/istiftaşı, siyah çamurtaşı, oolitik tanetaşı/istiftaşı ve stromatolitik kireçtaşı fasiyesleri ayırt edilmiştir. Gazipaşa kesiti ise Geç Permian Yüğüktepe formasyonu ve Erken Triyas Sapadere formasyonu ile temsil edilmektedir. Gazipaşa kesiti üzerinde kısmen rekristalize kireçtaşı, oolitik tanetaşı ve stromatolitik kireçtaşı-çamurtaşı fasiyesleri ayırt edilmiştir.

Duraylı izotop analizleri sonucunda iki kesitten alınan örneklerin $\delta^{13}\text{C}$ (VPDB) ve $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB) değerleri belirlenmiştir. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerleri +5.3‰ ile +0.4‰ arasındayken $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise -6.7‰'den -2.7‰'e kadar değişmektedir. Kemer kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin kesit boyunca gösterdiği değişimle birlikte ölçülen sınır değerleri, dünya genelindeki diğer sınır kesitleri ile benzerlikler sunmaktadır. Ayrıca Permian sonunda gözlenen $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki negatif yöndeki kayma bu kesitte belirgin bir şekilde izlenebilmektedir. Bu veriler ışığında, Kemer kesitinde elde edilen sonuçların genel olarak kabul görmüş Permian-Triyas sınır kesiti değerleri ile tutarlı olduğunu ve ilksel deniz suyu karbon izotop bileşimini yansıttığı veya yakın değerlere sahip olduğu söylenebilir.

Gazipaşa kesiti $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -9.4‰ ile +1.8‰ arasındayken $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise -10.6‰'den -4.4‰'e kadar değişmektedir. Bu kesitten elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri Kemer kesitine göre daha geniş bir aralıkta değişim sunmaktadır. Bununla birlikte bu kesitten elde edilen sınır değerleri ve kesit boyunca gözlenen değişim dikkate alındığında Kemer kesitine göre önemli farklılıklar sunmaktadır. Bu farklılıkların nedeni olarak izotop bileşimini etkileyebilecek depolanma sonrası gelişen diyajenetik süreçler önerilmiştir.

Kemer kesiti örneklerinin U konsantrasyonu, Th/U oranı ve Ce anomalisi sonuçları depolanma ortamının redoks koşullarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Kemer kesiti örneklerindeki U konsantrasyonu 0.1 ile 7.5 ppm arasında değişmektedir. Yüksek değerler Permian örneklerinde kaydedilmiş ve sınıra yaklaştıkça değerlerde kademeli bir düşüş (2.9 ppm'den 0.1 ppm'e kadar) gözlenmiştir. Th/U değerleri ise 0.04 ile 2 arasında değişmektedir. Th/U oranı Permian örneklerinde düşük değerlere (en fazla 0.63) sahipken, Permian-Triyas sınırında ise en yüksek değerleri sunmaktadır. U konsantrasyonu ve Th/U sonuçları önceki çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, Permian sonunda gelişen az oksijenli ya da oksijensiz (anoksik) depolanma koşullarını işaret etmektedirler. Bu tez kapsamında elde edilen U ve Th/U sonuçları Permian sonunda okyanuslarda anoksik (ya da az oksijenli) koşulların geliştiği yönündeki hipotezleri desteklemektedir.

Kemer kesiti örneklerinin toplam nadir toprak element (TNTE) içerikleri 6.98 ile 83.68 ppm arasında değişim göstermektedir. Permiyen ile Triyas örnekleri arasında önemli bir fark söz konusu değildir. Örneklerin PAAS (Post-Archean Australian average shale)'a göre normalize edilmiş NTE dağılımları, orta nadir toprak elementler (Sm-Ho) açısından zenginleşme ve zayıf bir Ce anomalisi ile karakterize edilmektedir. Normalize değerler 1'in altında kalmıştır. Bu durum örneklerin şeyl ortalamasına (PAAS) göre daha az oranda NTE içerdiklerini işaret etmektedir.

Kemer kesiti örneklerinin Ce/Ce* değerleri 0.34 ile 0.97 arasında hesaplanmıştır. Kesitin Permiyen kısmında kalan örnekler 0.72 ile 0.96 arasında değişirken zayıf bir negatif anomali sunmaktadır. Triyas kısmında kalan örnekler ise 0.47 ile 0.78 arasındadır ve nispeten daha güçlü bir negatif anomali sergilemektedirler. Ce/Ce* sonuçlarının doğrudan deniz suyu redoks koşullarını yansıtmadığı belirlemek amacıyla Y/Ho oranı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda düşük Y/Ho oranı sergileyen örneklerin deniz suyu kaynaklı NTE değerlerini göstermediği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Algeo, T.J., Ellwood, B., Nguyen, T.K.T., Rowe, H., Maynard, J.B. 2007. The Permian-Triassic boundary at Nhi Tao, Vietnam: evidence for recurrent influx of sulfidic watermasses to a shallow-marine carbonate platform. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 252: 304-327.
- Algeo, T.J., Chen, Z.Q., Bottjer, D.J. 2015. Global review of the Permian-Triassic mass extinction and subsequent recovery: Part II. *Earth Science Reviews*, 149: 1-4.
- Alroy, J. 2010. The shifting balance of diversity among major marine animal groups. *Science*, 329: 1191-1194.
- Altiner, D., Zaninetti, L. 1981. Le Trias dans la région de Pinarbasi, Taurus oriental, Turquie: Unités lithologiques, micropaléontologie, milieux de dépôt, *Riv. It. Paleontol. Stratigr.* 86: 705-760.
- Andersen, M.B., Romaniello, S., Vance, D., Little, S.H., Herdman, R., and Lyons, T.W. 2014. A modern framework for the interpretation of ²³⁸U/²³⁵U in studies of ancient ocean redox. *Earth and Planetary Science Letters*, 400: 184-194.
- Angiolini, L., Carabelli, L., Nicora, A., Crasquin-Soleau, S., Marcoux, J., Rettori, R. 2007. Brachiopods and other fossils from the Permo-Triassic boundary beds of the Antalya Nappes (SW Taurus, Turkey). *Geobios*, 40: 715-729.
- Anonymous 1: <https://www.le.ac.uk/gl/ads/SiberianTraps/Photogallery.htm> [Son erişim tarihi: 22.05.2018].
- Arkan, Y. 2016. Demirtaş (Antalya) çevresinde yüzeyleyen diyabazların petrografik-jeokimyasal özellikleri ve kökeni / Petrographical-geochemical features and origin of diabase outcropping around Demirtaş (Antalya). Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 66 s.
- Azmy, K., Brand, U., Sylvester, P., Gleeson, S.A., Logan, A., Bitner, M.A. 2011. Biogenic and abiogenic low-Mg calcite (bLMC and aLMC): Evaluation of seawater-REE composition, water masses and carbonate diagenesis. *Chemical Geology*, 280: 180-190.
- Bambach, R.K., Knoll, A.H., Wang, S.C. 2004. Origination, extinction, and mass depletions of marine diversity. *Paleobiology*, 30: 522-542.
- Bau, M. and Dulski, P. 1996. Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Res.*, 79: 37-55.
- Baud, A., Magaritz, M., Holser, W.T. 1989. Permian-Triassic of the Tethys: carbon isotope studies. *Geologische Rundschau*, 78: 649-677.
- Baud, A., Richoz, S., Marcoux, J. 2005. Calcimicrobial cap rocks from the basal Triassic units: western Taurus occurrences (SW Turkey). *Comptes Rendus Palevol*, 4: 569-582.
- Beauchamp, B. and Grasby, S.E. 2012. Permian lysocline shoaling and ocean acidification along NW Pangea led to carbonate eradication and chert expansion. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 352: 73-90.

- Becker, L., Poreda, R.J., Hunt, A.G., Bunch, T.E., Rampino, M. 2001. Impact event at the Permian-Triassic boundary: evidence from extraterrestrial noble gases in fullerenes. *Science*, 291: 1530-1533.
- Beerling, D.J., Harfoot, M., Lomax, B.H., Pyle, J.A. 2007. The stability of the stratospheric ozone layer during the end-Permian eruption of the Siberian Traps. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 365: 1843-1866.
- Benton, M.J. 1985. Mass extinction among non-marine tetrapods. *Nature*, 316: 811-814.
- Benton, M.J. 1995. Diversification and extinction in the history of life. *Science*, 268: 52-58.
- Benton, M.J., Twitchett, R.J. 2003. How to kill (almost) all life: the end-Permian extinction event. *Trends in Ecology & Evolution*, 18: 358-365.
- Black, B.A., Lamarque, J.-F., Shields, C.A., Elkins-Tanton, L.T., Kiehl, J.T. 2014. Acid rain and ozone depletion from pulsed Siberian Traps magmatism. *Geology*, 42: 67-70.
- Blumenthal, M.M. 1947. Beyşehir-Seydişehir hinterlandındaki Toros dağlarının jeolojisi. Maden Tetkik Arama Enstitüsü. Ankara, 242 s.
- Blumenthal, M.M. 1951. Batı Toroslarda Antalya ardı ülkesinde jeolojik araştırmalar. Maden Tetkik Arama Enstitüsü. Ankara, 194 s.
- Boeckelmann, K. 1991. The Permian–Triassic of the Gartnerkofel-1 core and the Reppwand outcrop section (Carnic Alps, Austria). In: Holser, W.T., Schönlaub, H.P. (Eds.), *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Vienna, pp. 17-36.
- Bond, D.P. and Grasby, S.E. 2017. On the causes of mass extinctions. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 478: 3-29.
- Bond, D.P.G. and Wignall, P.B. 2010. Pyrite framboid study of marine Permian-Triassic boundary sections: a complex anoxic event and its relationship to contemporaneous mass extinction. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 122: 1265-1279.
- Bond, D.P.G. and Wignall, P.B. 2014. Large igneous provinces and mass extinctions: an update. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 505: SPE505-02.
- Brand, U. and Veizer, J. 1980. Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system: 1, Trace elements. *J Sediment Petrol*, 50: 1219-1236.
- Brand, U., Posenato, R., Came, R., Affek, H., Angiolini, L., Azmy, K., Farabegoli, E. 2012. The end-Permian mass extinction: a rapid volcanic CO₂ and CH₄-climatic catastrophe. *Chemical Geology*, 322: 121-144.
- Brennecke, G.A., Herrmann, A.D., Algeo, T.J., Anbar, A.D. 2011. Rapid expansion of oceanic anoxia immediately before the end-Permian mass extinction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 108: 631-634.
- Broglio Loriga, C., Góczán, F., Haas, J., Lenner, K., Neri, C., Oravecz-Scheffer, A., Posenato, R., Szabó, I., Tóth-Makk, Á. 1990. The Lower Triassic sequences of the Dolomites (Italy) and Transdanubian mid-mountains (Hungary) and their correlation. *Mem. Sci. Geol.*, 42: 41-103.

- Brosse, M., Bucher, H., Goudemand, N. 2016. Quantitative biochronology of the Permian-Triassic boundary in South China based on conodont unitary associations. *Earth Sci. Rev.*, 155: 153-171.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., de Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A. 1971. Outline of the geology of the western Taurides. In: Campbell, A.S. (Ed.), *Geology and History of Turkey*. Petro. Explor. Soc. Libya, Tripoli, pp. 225-255.
- Burgess, S.D., Bowring, S., Shen, S.Z. 2014. High-precision timeline for Earth's most severe extinction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 111: 3316-3321.
- Burgess, S.D., Muirhead, J.D., Bowring, S.A. 2017. Initial pulse of Siberian Traps sills as the trigger of the end-Permian mass extinction. *Nat. Commun.*, 164: 1-6.
- Cao, C., Wang, W., Jin, Y. 2002. Carbon isotope excursions across the Permian-Triassic boundary in the Meishan section, Zhejiang Province, China. *Chinese Science Bulletin*, 47: 1125-1129.
- Cao, C., Love, G.D., Hays, L.E., Wang, W., Shen, S., Summons, R.E. 2009. Biogeochemical evidence for euxinic oceans and ecological disturbance presaging the end-Permian mass extinction event. *Earth Planet Sc Lett*, 281: 188-201.
- Cascales-Miñana, B., Diez, J.B., Gerrienne, P., Cleal, C.J., 2016. A palaeobotanical perspective on the great end-Permian biotic crisis. *Historical Biology*, 28 (8): 1066-1074.
- Clapham, M.E. and Payne, J.L. 2011. Acidification, anoxia, and extinction: a multiple logistic regression analysis of extinction selectivity during the Middle and Late Permian. *Geology*, 39: 1059-1062.
- Clarkson, M.O., Kasemann, S.A., Wood, R.A., Lenton, T.M., Daines, S.J., Richoz, S., Ohnemüller, F., Meixner, A., Poulton, S.W., Tipper, E.T. 2015. Ocean acidification and the Permo-Triassic mass extinction. *Science*, 348: 229-232.
- Crasquin-Soleau, S., Marcoux, J., Angiolina, L., Richoz, S., Nicora, A., Baud, A., Bertho, Y. 2004. A new ostracode fauna from the Permian-Triassic boundary in Turkey (Taurus, Antalya Nappes). *Micropaleontology*, 50(3): 281-295.
- Dolenec, T., Lojen, S., Ramovs, A. 2001. The Permian-Triassic boundary in Western Slovenia (Idrijca Valley section): magnetostratigraphy, stable isotopes, and elemental variations. *Chemical Geology*, 175: 175-190.
- Dolenec, T., Ogorelec, B., Dolenec, M., Lojen, S. 2004. Carbon isotope variability and sedimentology of the Upper Permian carbonate rocks and changes across the Permian-Triassic boundary in the Masore section (Western Slovenia). *Facies*, 50: 287-299.
- Dunham, R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. pp. 1/108-121.
- Elrick, M., Polyak, V., Algeo, T.J., Romaniello, S., Asmerom, Y., Herrmann, A.D., Anbar, A.D., Zhao, L., Chen, Z.Q. 2017. Global-ocean redox variation during the middle-late Permian through Early Triassic based on uranium isotope and Th/U trends of marine carbonates. *Geology*, 45: 163-166.

- Ernst, R.E. and Youbi, N. 2017. How Large Igneous Provinces affect global climate, sometimes cause mass extinctions, and represent natural markers in the geological record. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 478: 30-52.
- Erwin, D.H. 1994. The Permo-Triassic extinction. *Nature*, 367: 231-236.
- Fio, K., Spangenberg, J.E., Vlahović, I., Sremac, J., Velić, I., Mrinjek, E. 2010. Stable isotope and trace element stratigraphy across the Permian–Triassic transition: a redefinition of the boundary in the Velebit Mountain, Croatia. *Chemical Geology*, 278: 38-57.
- Flügel, E. 2004. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Springer, Berlin 976 p.
- Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E. (Ed.), Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. pp. 1/62-84.
- Friesenbichler, E., Richoz, S., Baud, A., Krystyn, L., Sahakyan, L., Vardanyan, S., Peckmann, J., Reitner, J., Heindel, K. 2017. Sponge-microbial build-ups from the lowermost Triassic Chanakhchi section in southern Armenia: microfacies and stable carbon isotopes. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 90: 653-672.
- Garbelli C., Angiolini L., Brand U., Shen S.Z., Jadoul F., Posenato R., Azmy K., Cao C.Q. 2016. Neotethys seawater chemistry and temperature at the dawn of the end Permian mass extinction. *Gondwana Res.*, 35: 272-285.
- German, C.R. and Elderfield, H. 1990. Application of the Ce anomaly as a paleoredox indicator: the ground rules. *Paleoceanography*, 5: 823-833.
- Gorjan, P., Kaiho, K., Chen, Z. 2008. A carbon-isotopic study of an end- Permian mass-extinction horizon, Bulla, northern Italy: a negative $\delta^{13}C$ shift prior to the marine extinction. *Terra Nova*, 20: 253-258.
- Grasby, S.E., Beauchamp, B., Bond, D.P.G., Wignall, P., Talavera, C., Galloway, J.M., Piepjohn, K., Reinhardt, L., Blomeier, D. 2015. Progressive environmental deterioration in northwestern Pangea leading to the latest Permian extinction. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 127: 1331-1347.
- Grasby, S.E., Sanei, H., Beauchamp, B. 2011. Catastrophic dispersion of coal fly ash into oceans during the latest Permian extinction. *Nat. Geosci.*, 4: 104-107.
- Grice, K., Changqun, C., Love, G.D., Böttcher, M.E., Twitchett, R.J., Grosjean, E., Summons, R.E., Turgeon, S.C., Dunning, W., Jin, Y.G. 2005. Photic zone euxinia during the Permian-Triassic superanoxic event. *Science*, 307: 706-709.
- Groves, J.R., Altiner, D., Rettori, R. 2005. Extinction, survival, and recovery of lagenide foraminifers in the Permian-Triassic boundary interval, central Taurides, Turkey. *J Palaeontol.*, 79: 1-38.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. and Dumont, J.F. 1979. Geologie des Taurides occidentales (Turquie). *Mémoire de la Société Géologique de France*, 137: 1-112.
- Haas, J., Demény, A., Hips, K., Zajzon, N., Weiszburg, T.G., Sudar, M., Pálfy, J. 2007. Biotic and environmental changes in the Permian–Triassic boundary interval

- recorded on a western Tethyan ramp in the Bükk Mountains, Hungary. *Global and Planet Change*, 55: 136-154.
- Hallam, A. and Wignall, P.B. 1997. Mass Extinctions and their Aftermath. Oxford University Press, Oxford, 328 p.
- Heydari, E., Arzani, N., Safaei, M., Hassanzadeh, J. 2013. Ocean's response to a changing climate: clues from variations in carbonate mineralogy across the Permian-Triassic boundary of the Shareza Section, Iran. *Glob. Planet. Chang.* 105: 79-90.
- Holser, W.T. and Magaritz, M. 1987. Events near the Permian–Triassic boundary. *Modern Geology*, 11: 155-180.
- Holser, W.T., Schönlaub, H.P., Attrep, M., Boeckelmann, K., Klein, P., Magaritz, M., Orth, J.C., Fenninger, A., Jenny, C., Kralik, M., Mauritch, H., Pak, E., Schramm, M., Statterger, K., Mauritsch, H. 1989. A unique geochemical record at the Permian/Triassic boundary. *Nature*, 337: 39-44.
- Horacek, M., Brandner, R., Abart, R. 2007. Carbon isotope record of the P/T boundary and the Lower Triassic in the Southern Alps: evidence for rapid changes in storage of organic carbon. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 252: 347-354.
- Isozaki, Y. 1997. Permo-Triassic boundary superanoxia and stratified superocean: records from lost deep sea. *Science*, 276: 235-238.
- Ivanov, A.V., He, H., Yan, L., Ryabov, V.V., Shevko, A.Y., Palesskii, S.V., Nikolaeva, I.V. 2013. Siberian Traps large igneous province: evidence for two flood basalt pulses around the Permo-Triassic boundary and in the Middle Triassic, and contemporaneous granitic magmatism. *Earth Sci. Rev.*, 122: 58-76.
- Joachimski, M.M., Lai, X.L., Shen, S.Z., Jiang, H.S., Luo, G.M., Chen, B., Chen, J., Sun, Y.D. 2012. Climate warming in the latest Permian and the Permian-Triassic mass extinction. *Geology*, 40: 195-198.
- Kalafatçioğlu, A. 1973. Antalya körfezi batı kısmının jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 81: 82-131.
- Kamo, S.L., Czamanske, G.K., Amelin, Yu., Fedorenko, V.A., Davis, D.W., Trofimov, V.R. 2003. Rapid eruption of Siberian flood volcanic rocks and evidence for coincidence with the Permian–Triassic boundary and mass extinction at 251 Ma. *Earth and Planetary Science Letters* 214: 75-92.
- Kershaw, S., Crasquin, S., Forel, M.B., Randon, C., Collin, P.Y., Kosun, E., Richoz, S., Baud, A. 2011. Earliest Triassic microbialites in Çürük Dag, southern Turkey: composition, sequences and controls on formation. *Sedimentology*, 58: 739-755.
- Kershaw, S., Crasquin, S., Li, Y., Collin, P.Y., Forel, M.B., Mu, X.N., Baud, A., Wang, Y.B., Xie, S.C., Maurer, F., Guo, L., 2012. Microbialites and global environmental change across the Permian–Triassic boundary: a synthesis. *Geobiology* 10: 25-47.
- Klinkhammer, G.P. and Palmer, M.R. 1991. Uranium in the oceans: Where it goes and why. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55: 1799-1806.
- Knoll, A.H., Bambach, R.K., Canfield, D.E., Grotzinger, J.P. 1996. Comparative earth history and late Permian mass extinction. *Science*, 273: 452-457.

- Korte, C. and Kozur H.W. 2010. Carbon-isotope stratigraphy across the Permian-Triassic boundary: a review. *J. Asian Earth Sci.*, 39: 215-235.
- Korte, C. and Kozur, H.W. 2005. Carbon isotope stratigraphy across the Permian/Triassic boundary at Jolfa (NW-Iran), Peitlerkofel (Sas de Pütia, Sass de Putia), Pufels (Bula, Bulla), Tesero (all three Southern Alps, Italy) and Gerennavár (Bükk Mts., Hungary). *Journal of Alpine Geology*, 47: 119-135.
- Korte, C., Jasper, T., Kozur, H.W., Veizer, J. 2005. $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of Permian brachiopods: a record of seawater evolution and continental glaciation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 224: 333-351.
- Korte, C., Kozur, H.W., Joachimski, M.M., Strauss, H., Veizer, J., Schwark, L. 2004. Carbon, sulfur, oxygen and strontium isotope records, organic geochemistry and biostratigraphy across the Permian/Triassic boundary in Abadeh, Iran. *International Journal of Earth Sciences*, 93: 565-581.
- Kozur, H.W. 2004. Pelagic uppermost Permian and the Permian-Triassic boundary conodonts of Iran, part I: taxonomy. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften B Beiheft*, 18: 39-68.
- Krull, E.S. and Retallack, G.J. 2000. $\delta^{13}\text{C}$ depth profiles from paleosols across the Permian-Triassic boundary: evidence for methane release. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 112: 1459-1472.
- Kump, L.R. and Arthur, M.A. 1999. Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter. *Chemical Geology*, 161: 181-198.
- Kump, L.R., Pavlov, A., Arthur, M.A. 2005. Massive release of hydrogen sulfide to the surface ocean and atmosphere during intervals of oceanic anoxia. *Geology*, 33: 397-400.
- Labandeira, C.C., and Sepkoski Jr, J.J. 1993. Insect diversity in the fossil record. *Science*, 261: 310-315.
- Lau, K.V., Maher, K., Altiner, D., Kelley, B.M., Kump, L.R., Lehrmann, D.J., Silva-Tamayo, J.C., Weaver, K.L., Yu, M., Payne, J.L. 2016. Marine anoxia and delayed Earth system recovery after the end-Permian extinction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 113(9): 2360-2365.
- Lefevre, R. 1967. Nouvel element dans la geologie du Taurus Lycien: les Nappes d'Antalya (Turquie). *C. R. De l'Academie des Sciences*, 7 (serie D265): 1365-1368.
- Li, F., Yan, J., Chen, Z.Q., Ogg, J. G., Tian, L., Korngreen, D., Woods, A. D. 2015. Global oolite deposits across the Permian-Triassic boundary: A synthesis and implications for palaeoceanography after the end-Permian biocrisis. *Earth-Science Reviews*, 149: 163-180.
- Li, G., Wang, Y., Shi, G.R., Liao, W., Yu, L. 2016. Fluctuations of redox condition across the Permian-Triassic boundary - new evidence from the GSSP section in Meishan of South China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 448: 48-58.
- Liu, X.C., Wang, W., Shen, S.Z., Gorgij, M.N., Ye, F.C., Zhang, Y.C., Furuyama, S., Kano, A., Chen, X.Z. 2013. Late Guadalupian to Lopingian (Permian) carbon and

- strontium isotopic chemostratigraphy in the Abadeh section, central Iran. *Gondwana Res.*, 24: 222-232.
- Loope, G.R., Kump, L.R., Arthur, M.A. 2013. Shallow water redox conditions from the Permian– Triassic boundary microbialite: the rare earth element and iodine geochemistry of carbonates from Turkey and South China. *Chemical Geology*, 351: 195-208.
- Lys, M. and Marcoux, J. 1978. Les niveaux du Permien superieur des Nappes d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie). *Comptes Rendus de l'Acadimie des Sciences*, 286: 1417-1420.
- Magaritz, M., Bär, R., Baud, A., Holser, W.T. 1988. The carbon-isotope shift at the Permian/Triassic boundary in the Southern Alps is gradual. *Nature*, 331: 337-339.
- Marcoux, J. 1977. Geological sections of the Antalya region. In: Güvenç, T. (Ed.). Western Taurus excursion geological guide book. VI. Coloqium on the geology of Aegean Regions.
- Marcoux, J., and Baud, A. 1986. The Permo-Triassic boundary in the Antalya Nappes (Western Taurides, Turkey). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 34: 243-252.
- Maruoka, T., Koeberl, C., Hancox, P.J., Reimold, W.U. 2003. Sulfur geochemistry across a terrestrial Permian–Triassic boundary section in the Karoo Basin, South Africa. *Earth and Planetary Science Letters*, 206: 101-117.
- McLennan, S.M. 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochem. Geophys. Geosyst.* (G3) 2 (paper # 2000GC000109).
- McLennan, SM. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: B.R. Lipin and G.A. McKay (Eds.), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*. Mineral. Sot. Amer., *Rev. Mineral.*, 21: 169-200.
- Meyer, K.M., Kump, L.R., Ridgwell, A. 2008. Biogeochemical controls on photic-zone euxinia during the end-Permian mass extinction. *Geology*, 36: 747-750.
- Monod, O. 1977. Recherches geologiques le Taurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie). These Doct., Universite Paris XI Orsay, Paris, 422 p.
- Newell, N.D. 1967. Revolutions in the history of life. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 89: 63-92.
- Okay, A. And Özgül, N. 1984. HP/LT metamorphism and the structure of the Alanya Massif, Southern Turkey: an alochthonous composite tectonic sheet. In: Robertson, A.H.F., Dixon, T.E. (Eds.). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geology Society of London Special Publication 14, pp. 429-439.
- Özgül, A. 1976. Torosların bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 19, 65-78.
- Özgül, N. 1983. Alanya bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 135 s.

- Özgül, N. 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In: Tekeli O. and Göncüoğlu M.C. (Eds), Geology of the Taurus Belt. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey. pp. 77-90.
- Payne, J.L. and Kump, L.R. 2007. Evidence for recurrent Early Triassic massive volcanism from quantitative interpretation of carbon isotope fluctuations. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 256 (1-2): 264-77.
- Payne, J.L., Lehrmann, D.J., Follett, D., Seibel, M., Kump, L.R., Riccardi, A., Altiner, D., Sano, H., Wei, J. Y. 2007. Erosional truncation of uppermost Permian shallow-marine carbonates and implications for Permian-Triassic boundary events. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 119: 771-784.
- Payne, J.L., Lehrmann, D.J., Wei, Jia-yong, Orchard, M.J., Schrag, D.P., Knoll, A.H. 2004. Large perturbations of the carbon cycle during recovery from the end-Permian extinction. *Science*, 305: 506-509.
- Poisson, A. 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie): Thèse d'état, Univ. Paris-Sud (Orsay), Paris, 795 p.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. and Şentürk, M. 2003. New data concerning the age of Aksu Thrust in the south of the Aksu valley, Isparta Angle (SW Turkey): consequences for the Antalya Basin and the Eastern Mediterranean. *Geological Journal*, 38: 311-327.
- Rampino, M.R., Rodriguez, S., Baransky, E., Cai, Y. 2017. Global nickel anomaly links Siberian Traps eruptions and the latest Permian mass extinction. *Scientific Reports*, 7: (Article number: 12416).
- Raup, D.M. 1979. Size of the Permo-Triassic bottleneck and its evolutionary implications. *Science*, 206-217
- Raup, D.M. and Sepkoski Jr, J.J. 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, 215: 1501-1503.
- Reichow, M. K., Pringle, M. S., Al'mukhamedov, A. I., Allen, M. B., Andreichev, V. L., Buslov, M. M., Davies, C. E., Fedoseev, G. S., Fitton, J. G., Inger, S., Medvedev, A. Y., Mitchell, C., Puchkov, V. N., Safonova, I. Y., Scott, R. A. and Saunders, A.D. 2009. The timing and extent of the eruption of the Siberian Traps large igneous province: implications for the end-Permian environmental crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 277: 9-20.
- Reichow, M.K., Saunders, A.D., White, R.V., Pringle, M.S., Al'Mukhamedov, A.I., Medvedev, A.Ya., Kirida, N.P. 2002. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dates from the West Siberian Basin: Siberian Flood Basalt Province doubled. *Science*, 296: 1846-1849.
- Reid, R.P., Visscher, P.T., Decho, A.W., Stolz, J.F., Bebout, B.M., Dupraz, C., MacIntyre, I.G., Paerl, H.W., Pinckney, J.L., Prufert-Bebout, L., Steppe, T.F. and DesMarais, D.J. 2000. The role of microbes in accretion, lamination, and early lithification of modern marine stromatolites. *Nature*, 406: 989-992.
- Retallack, G.J., Veevers, J., Morante, R. 1996. Global coal gap between Permian-Triassic extinctions and middle Triassic recovery of peat forming plants. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 108: 195-207.

- Riccardi, A. Kump, L.R., Arthur, M.A. D'hondt, S. 2007. Carbon isotopic evidence for chemocline upward excursions during the end-Permian event. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 248(1-2): 73-81.
- Richoz, S., Krystyn, L., Baud, A., Brandner, R., Horacek, M., Mohtat-Aghai, P. 2010. Permian Triassic boundary interval in the Middle East (Iran and N. Oman): Progressive environmental change from detailed carbonate carbon isotope marine curve and sedimentary evolution. *J. Asian Earth Sci.*, 39 (4): 236-253.
- Romaniello, S.J., Herrmann, A.D., Anbar, A.D. 2013. Uranium concentrations and $\delta^{238}\text{U}$ isotope ratios in modern carbonates from the Bahamas: Assessing a novel paleoredox proxy: *Chemical Geology*, 362: 305-316.
- Sahney S, Benton M.J., Ferry P.A. 2010. Links between global taxonomic diversity, ecological diversity and the expansion of vertebrates on land. *Biol Lett.*, 6(4): 544-547.
- Sanei, H., Grasby, S.E., Beauchamp, B. 2012. Latest Permian mercury anomalies. *Geology*, 40: 63-66.
- Sarı, B. 2016. Foraminifera-rudist biostratigraphy, Sr-C-isotope stratigraphy and microfacies analysis of the upper cretaceous sequences of the Bey Dağları autochthon (Western Taurides, Turkey). Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 450 s.
- Saunders, A.D. 2016. Two LIPs and two Earth-system crises: the impact of the North Atlantic Igneous Province and the Siberian Traps on the Earth-surface carbon cycle. *Geological Magazine*, 153 (2): 201-222.
- Schneebeil-Hermann, E., Hochuli, P.A., Bucher, H. 2017. Palynofloral associations before and after the Permian-Triassic mass extinction, Kap Stosch, East Greenland. *Global and Planetary Change*, 155: 178-195.
- Schobben, M., van de Velde, S., Gliwa, J., Leda, L., Korn, D., Struck, U., Ullmann, C.V., Hairapetian, V., Ghaderi, A., Korte, C. 2017. Latest Permian carbonate carbon isotope variability traces heterogeneous organic carbon accumulation and authigenic carbonate formation. *Climate of the Past*, 13: 1635-1659.
- Scholze, F., Wang, X., Kirscher, U., Kraft J., Scheider J.W., Götz, A.E., Joachimski, M.M., Bachtadse, V. 2017. A multistratigraphic approach to pinpoint the Permian-Triassic boundary in continental deposits: The Zechstein-Lower Buntsandstein transition in Germany. *Global and Planetary Change*, 152: 129-151.
- Sephton, M.A., Jiao, D., Engel, M.H., Looy, C.V., Visscher, H. 2015. Terrestrial acidification during the end-Permian biosphere crisis? *Geology*, 43: 159-162.
- Sepkoski Jr, J.J. 1996. Patterns of Phanerozoic extinction: a perspective from global data bases. In: Walliser, O.H. (Ed.), *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 35-51.
- Sharp, Z. 2007. *Principles of Stable Isotope Geochemistry*. Prentice Hall, New York, 360 p.
- Shen, J., Feng, Q., Algeo, T.J., Li, C., Planavsky, N.J., Zhou, L., Zhang, M. 2016. Two pulses of oceanic environmental disturbance during the Permian-Triassic boundary crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 443: 139-152.

- Shen, S.Z., Crowley, J.L., Wang, Y., Bowring, S.A., Erwin, D.H., Sadler, P.M., Cao, C.Q., Rothman, D.H., Henderson, C.M., Ramezani, J., Zhang, H., Shen, Y.N., Wang, X.D., Wang, W., Mu, L., Li, W.-Z., Tang, Y.G., Liu, X.L., Liu, L.J., Zeng, Y., Jiang, Y.F., Jin, Y.G. 2011. Calibrating the end-Permian mass extinction. *Science*, 334: 1367-1372.
- Smith, R.M. and Ward, P.D. 2001. Pattern of vertebrate extinctions across an event bed at the Permian-Triassic boundary in the Karoo Basin of South Africa. *Geology* 29: 1147-1150.
- Song, H.J., Wignall, P.B., Tong, J., Yin, H.F. 2012. Two pulses of extinction during the Permian-Triassic crisis. *Nat. Geosci.*, 6: 52-56.
- Song, H.Y., Song, H.J., Algeo, T.J., Tong, J.N., Romaniello, S.J., Zhu, Y.Y., Chu, D.L., Gong, Y.M., Anbar, A.D. 2017. Uranium and carbon isotopes document global-ocean redox-productivity relationships linked to cooling during the Frasnian-Famennian mass extinction. *Geology*, 45: 887-890.
- Stanley, S.M. 2016. Estimates of the magnitudes of major marine mass extinctions in earth history. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 113: 6325-6334.
- Stanley, S.M. and Yang, X. 1994. A double mass extinction at the end of the Paleozoic Era. *Science*, 266:1340-1344.
- Stirling, C.H., Andersen, M.B., Potter, E-K, Halliday, A.N. 2007. Low-temperature isotopic fractionation of uranium. *Earth Planet Sci Lett*, 264(1-2): 208-225.
- Sun, Y.D., Joachimski, M.M., Wignall, P.B., Yan, C.B., Chen, Y.L., Jiang, H.S., Wang, L.N., Lai, X.L. 2012. Lethally hot temperatures during the Early Triassic greenhouse. *Science*, 338: 366-370.
- Svensen, H., Planke, S., Polozov, A.G., Schmidbauer, N., Corfu, F., Podladchikov, Y.Y. and Jamtveit, B. 2009. Siberian gas venting and the end-Permian environmental crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 277: 490-500.
- Şenel, M. 1997. 1:100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No. 7, Antalya O24 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M. 2010. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya-O10 Paftası, No: 7. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Şenel, M. 2016. 1:100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No. 232, Alanya O28 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Oğuz, M.F., Korucu, M. ve Özgül, N. 1992. Eğirdir-Yeşarbağdemli-Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta-Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi. M.T.A. Raporu No: 9390 (yayımlanmamış), Ankara.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. ve Özgül, N. 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allohton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). *MTA Dergisi*, 118: 111-160.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.

- Şengör, A.M.C. and Atayman, S. 2009. The Permian extinction and the Tetis: An exercise in global geology. The Geological Society of America, Colorado, 107 p.
- Takahashi, S., Kaiho, K., Oba, M., Kakegawa, T. 2010. A smooth negative shift of organic-carbon isotope ratios at an end-Permian mass extinction horizon in central pelagic Panthalassa. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 292: 532-539.
- Tavakoli, V. and Rahimpour-Bonab, H. 2012. Uranium depletion across Permian-Triassic Boundary in Persian Gulf and its implications for paleoceanic conditions. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 350-352: 101-113.
- Thordarson, T. and Self, S. 2003. Atmospheric and environmental effects of the 1783-1784 Laki eruption: a review and reassessment. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 108 (D1) AAC 7-1-AAC 7-29.
- Tribovillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T., Riboulleau, A. 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update. *Chemical Geology*, 232: 12-32.
- Twitchett, R. J., Looy, C. V., Morante, R., Visscher, H., Wignall, P. B. 2001. Rapid and synchronous collapse of marine and terrestrial ecosystems during the end-Permian biotic crisis. *Geology*, 29(4): 351-356.
- Ulu, Ü. 1983. Sugözü-Gazipaşa (Antalya) alanının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 16: 3-8.
- Ünal, E., Altiner, D., Yilmaz, I.O., Ozkan-Altiner, S. 2003. Cyclic sedimentation across the Permian-Triassic boundary (Central Taurides, Turkey). *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 109: 359-376.
- Varol, B., Koşun, E., Ünal, N., Ayrancı, K. 2011. Pyritized mudstone and associated facies in the Permian-Triassic boundary of the Çürük Dag section, Southern Turkey. *J. Asian Earth Sci.* 40: 1068-1078.
- Veizer, J., Ala, D., Azmy, K., Bruckschen, P., Buhl, D., Bruhn, F., Carden, G.A.F., Diener, A., Ebner, S., Goddérís, Y., Jasper, T., Korte, C., Pawellek, F., Podlaha, O.G., Strauss, H. 1999. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ^{13}C and ^{18}O evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 59-88.
- Visscher, H., Looy, C.V., Collinson, M.E., Brinkhuis, H., van Konijnenburg-Van Cittert, J.H., Kürschner, W.M., Sephton, M.A. 2004. Environmental mutagenesis during the end-Permian ecological crisis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 101: 12952-12956.
- Wang, L.N., Wignall, P.B., Wang, Y.B., Jiang, H.S., Sun, Y.D., Li, G.S., Yuan, J.L., Lai, X.L. 2016. Depositional conditions and revised age of the Permo-Triassic microbialites at Gaohua section, Cili County (Hunan Province, South China). *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 443: 156-166.
- Wang, Y., Sadler, P.M., Shen, S.Z., Erwin, D.H., Zhang, Y.C., Wang, X.D., Wang, W., Crowley, J.L., Henderson, C.M. 2014. Quantifying the process and abruptness of the end-Permian mass extinction. *Paleobiology*, 40: 113-129.
- Webb, G. and Kamber, B. 2000. Rare earth elements in Holocene reefal microbialites: a new shallow seawater proxy. *Geochim Cosmochim Acta*, 64: 1557-1565.

- Wignall, P.B. and Hallam, A. 1992. Anoxia as a cause of the Permian/Triassic extinction: facies evidence from northern Italy and the western United States. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 93: 21-46.
- Wignall, P.B. and Myers, K.J. 1988. Interpreting benthic oxygen levels in mudrocks: A new approach. *Geology*, 16: 452-455.
- Wignall, P.B. and Twitchett, R.J. 1996. Oceanic anoxia and the end Permian mass extinction. *Science*, 272: 1155-1158.
- Wignall, P.B., Kershaw, S., Collin, P.Y., Crasquin-Soleau, S. 2009. Erosional truncation of uppermost Permian shallow-marine carbonates and implications for Permian-Triassic boundary events: comment. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 121: 954-956.
- Wignall, P.B., Newton, R., Brookfield, M.E. 2005. Pyrite framboid evidence for oxygen poor deposition during the Permian-Triassic crisis in Kashmir. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 216, 183-188.
- Wilson, J.L. 1975. Carbonate facies in geologic history. Springer, Berlin, 471 p.
- Woodcock, N.H. ve Robertson, A.H.F. 1977. Imbricate thrust belt tectonics and sedimentation as a guide to emplacement of part the Antalya Complex, SW Turkey. In: E. İzdar, E. and E. Nakoman (Eds), Int. Sixth Coll. on the Geology of the Aegean Region, İzmir, Piri Reis Int. Conf. Series Publ. pp. 661-670.
- Xie, S., Pancost, R.D., Huang, X., Jiao, D., Lu, L., Huang, J., Yang, F., Evershed, R.P. 2007. Molecular and isotopic evidence for episodic environmental change across the Permo/Triassic boundary at Meishan in South China. *Global and Planetary Change*, 55: 56-65.
- Xie, S.C., Algeo, T.J., Zhou, W.F., Ruan, X.Y., Luo, G.M., Huang, J.H., Yan, J.X. 2017. Contrasting microbial community changes during mass extinctions at the Middle/Late Permian and Permian/Triassic boundaries. *Earth Planet. Sci. Lett.* 460: 180-191.
- Yin, H.F., Zhang, K.X., Tong, J.N., Yang, Z.Y., Wu, S.B. 2001. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian-Triassic Boundary. *Episodes*, 24: 102-114.
- Zhang, H., Cao, C., Liu, X.L., Mu, L., Zheng, Q., Liu, F., Xiang, L., Liu, L., Shen, S. 2016. The terrestrial end-Permian mass extinction in South China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 448: 108-124.
- Zhang, J. and Nozaki, Y. 1996. Rare earth elements and yttrium in seawater: ICP-MS determinations in the East Caroline, Coral Sea, and South Fiji basins of the western South Pacific Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60: 4631-4644.
- Zhao, L.S., Chen, Z.Q., Algeo, T.J., Chen, J., Chen, Y., Tong, J., Gao, S., Zhou, L., Hu, Z., Liu, Y. 2013. Rare-earth element patterns in conodont albid crowns: evidence for massive inputs of volcanic ash during the latest Permian biocrisis? *Glob. Planet. Chang.* 105: 135-151.

7. EKLER

Ek 1. Kemer kesiti siyah çamurtaşı (F2) örneği EDS sonucu

Ek 1a. Framboidal pirit

Ek 1b. Bakteriyel tüpsü yapılar

Ek 2. Kemer kesiti oolitik tanetaşı EDS sonucu (F3)

Ek 3. Gazipaşa kesiti oolitik tanetaşı EDS sonucu (G2)

Ek 4. Kemer kesiti stromatolitik kireçtaşı EDS sonucu (F4)

Ek 4a. Kaolinit minerali

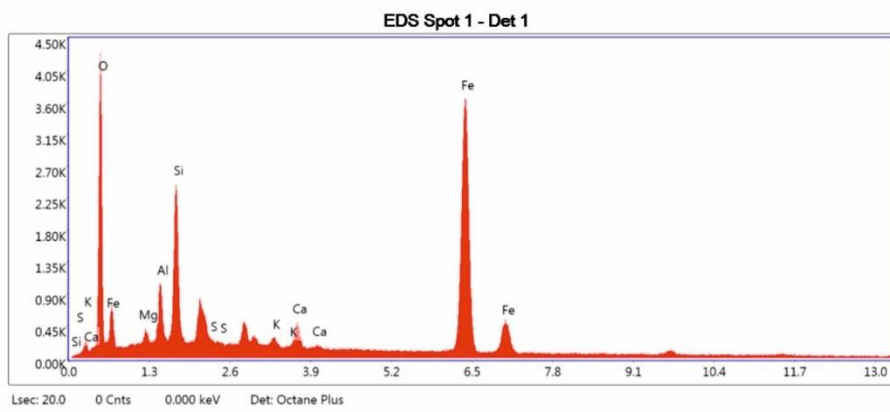
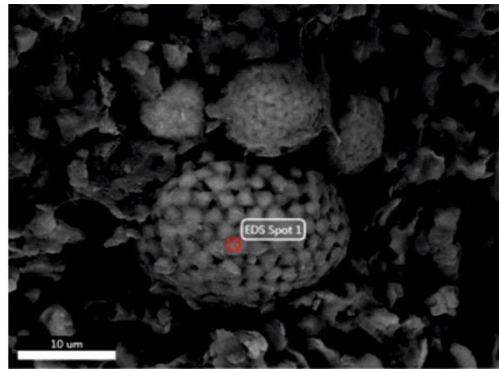
Ek 4b. Titanyum minerali

Ek 4c. Apatit minerali

Ek 5. Gazipaşa kesiti stromatolitik kireçtaşı EDS sonucu (G3)

Ek 5a. Zirkon minerali

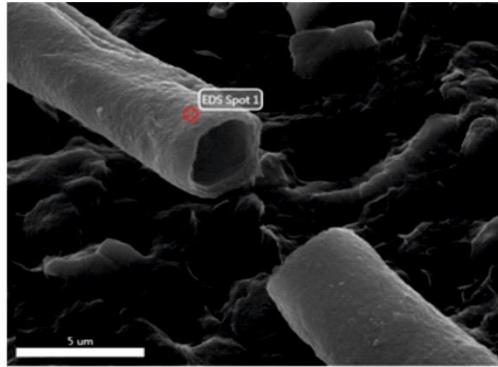
Ek 1a.



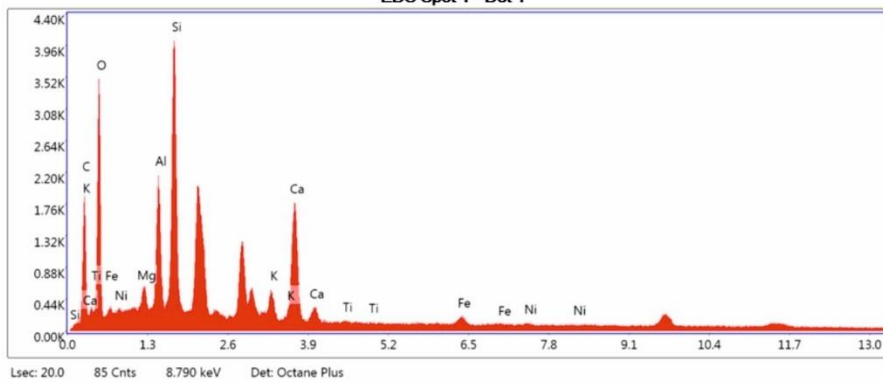
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	25.61	48.99	1308.00	7.72	0.1163	1.1540	0.3935	1.0000
MgK	2.17	2.73	144.70	11.32	0.0071	1.0721	0.3033	1.0012
AlK	4.22	4.79	380.52	8.66	0.0184	1.0336	0.4215	1.0021
SiK	8.75	9.53	990.28	6.80	0.0491	1.0573	0.5297	1.0027
S K	2.32	2.22	279.01	8.72	0.0170	1.0373	0.7007	1.0070
K K	0.61	0.48	68.57	15.31	0.0055	0.9844	0.8910	1.0248
CaK	1.88	1.44	188.02	10.28	0.0180	1.0031	0.9248	1.0325
FeK	54.44	29.83	2643.74	2.06	0.4920	0.8985	1.0000	1.0058

Ek 1b.



EDS Spot 1 - Det 1

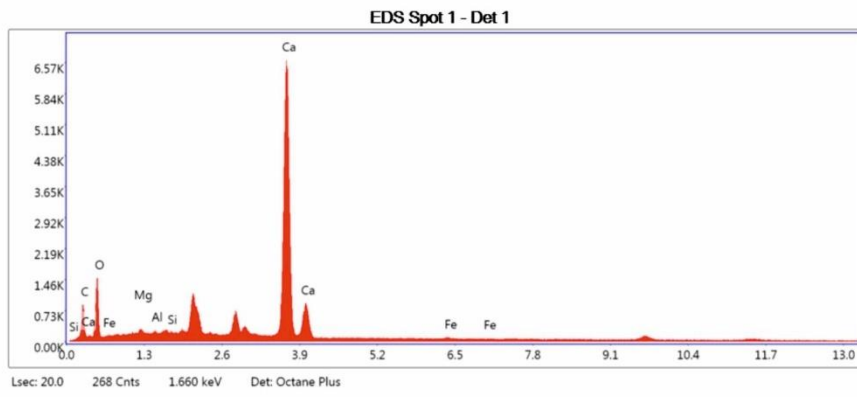
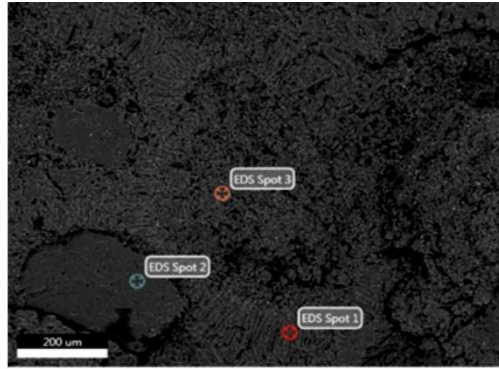


Lsec: 20.0 85 Cnts 8.790 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

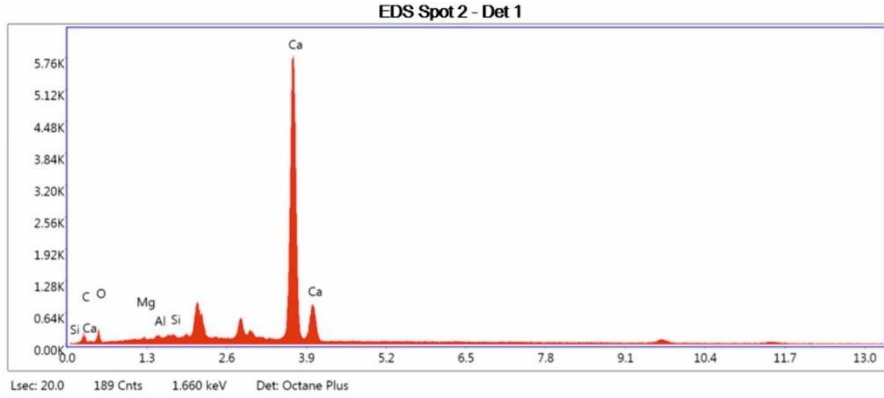
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	29.49	41.07	466.32	10.97	0.0816	1.0627	0.2603	1.0000
O K	42.06	43.98	1070.20	9.98	0.0791	1.0172	0.1849	1.0000
MgK	1.50	1.04	185.10	8.75	0.0075	0.9398	0.5296	1.0034
AlK	5.07	3.14	763.74	5.58	0.0308	0.9051	0.6687	1.0048
SiK	10.04	5.98	1670.61	4.42	0.0691	0.9249	0.7410	1.0038
KK	1.64	0.70	211.48	9.32	0.0141	0.8575	0.9699	1.0337
CaK	8.72	3.64	946.69	2.99	0.0758	0.8731	0.9815	1.0136
TiK	0.10	0.03	9.01	74.60	0.0008	0.7914	0.9767	1.0287
FeK	1.20	0.36	64.66	17.14	0.0100	0.7783	1.0054	1.0685
NiK	0.18	0.05	7.56	68.51	0.0016	0.7853	1.0076	1.1042

Ek 2.



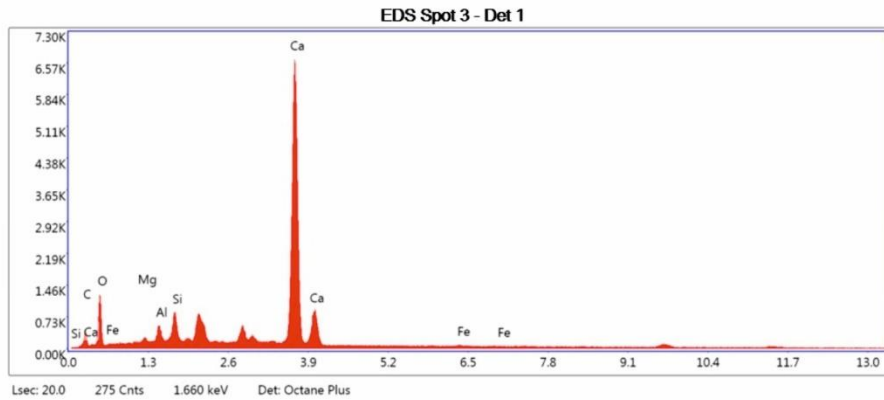
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	9.37	16.92	180.45	8.72	0.0461	1.1072	0.4443	1.0000
O K	41.38	56.12	463.45	11.02	0.0503	1.0620	0.1143	1.0000
MgK	0.86	0.77	62.66	12.90	0.0037	0.9838	0.4418	1.0024
AlK	0.10	0.08	9.55	65.74	0.0006	0.9478	0.5876	1.0044
SiK	0.22	0.17	25.07	34.49	0.0015	0.9690	0.7190	1.0073
CaK	47.53	25.73	3725.46	1.68	0.4403	0.9166	1.0074	1.0029
FeK	0.55	0.21	19.39	48.03	0.0044	0.8185	0.9651	1.0289



eZAF Smart Quant Results

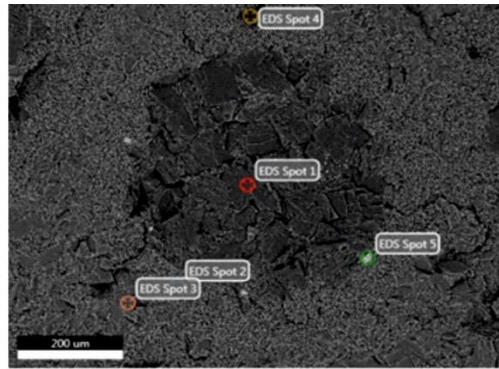
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
CK	4.93	11.52	53.58	11.15	0.0247	1.1489	0.4359	1.0000
OK	20.26	35.53	92.81	13.31	0.0182	1.1034	0.0812	1.0000
MgK	0.42	0.48	17.55	27.07	0.0019	1.0240	0.4402	1.0026
AlK	0.49	0.51	26.72	24.34	0.0029	0.9869	0.5867	1.0047
SiK	0.75	0.75	49.36	12.80	0.0054	1.0093	0.7126	1.0077
CaK	73.15	51.21	3289.60	1.58	0.7014	0.9562	1.0020	1.0009



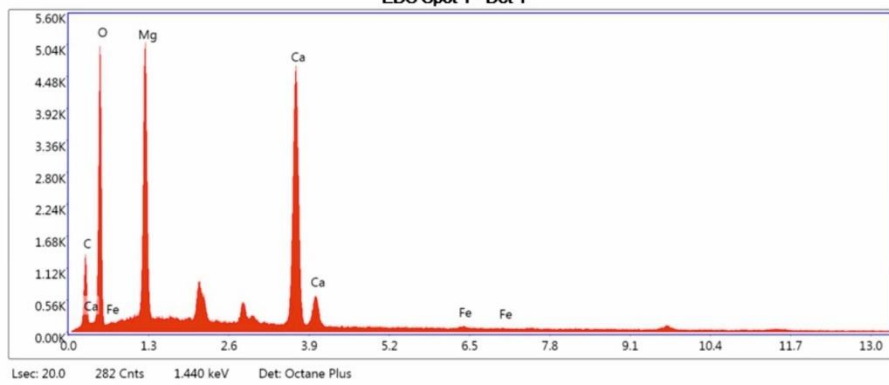
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
CK	5.82	11.19	88.69	10.69	0.0245	1.1178	0.3767	1.0000
OK	38.41	55.51	388.97	11.15	0.0456	1.0725	0.1107	1.0000
MgK	0.47	0.44	31.84	21.10	0.0021	0.9939	0.4440	1.0026
AlK	1.44	1.23	127.14	9.66	0.0082	0.9576	0.5926	1.0045
SiK	2.62	2.15	278.06	7.02	0.0183	0.9792	0.7111	1.0068
CaK	50.63	29.21	3677.99	1.59	0.4696	0.9264	0.9991	1.0026
FeK	0.63	0.26	20.66	38.56	0.0051	0.8275	0.9600	1.0274

Ek 3.

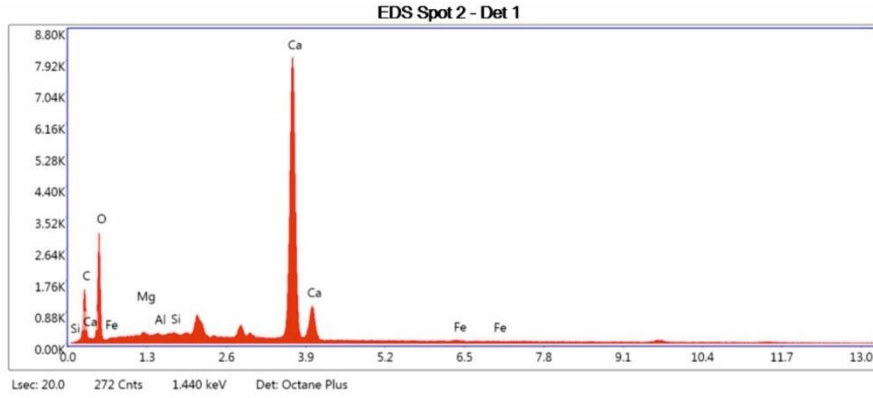


EDS Spot 1 - Det 1



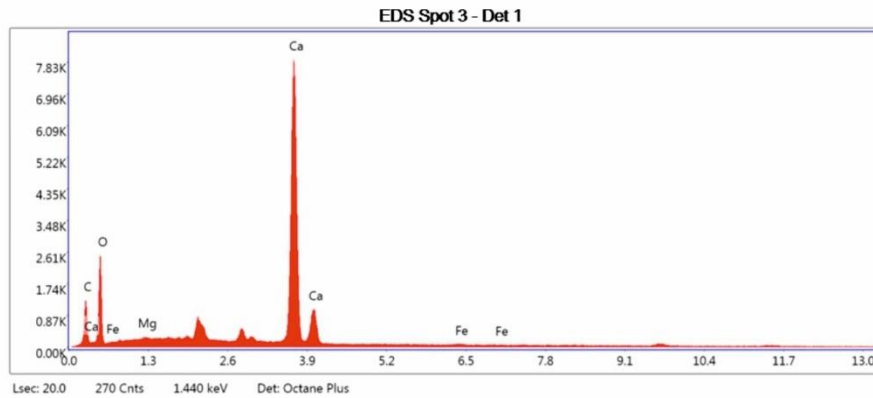
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	13.37	20.56	292.23	9.41	0.0455	1.0780	0.3153	1.0000
O K	50.49	58.29	1521.49	9.71	0.0997	1.0325	0.1913	1.0000
MgK	15.20	11.55	1993.28	6.68	0.0716	0.9547	0.4923	1.0016
CaK	20.60	9.49	2596.42	1.84	0.1835	0.8875	0.9959	1.0077
FeK	0.34	0.11	20.49	40.13	0.0028	0.7914	0.9943	1.0532



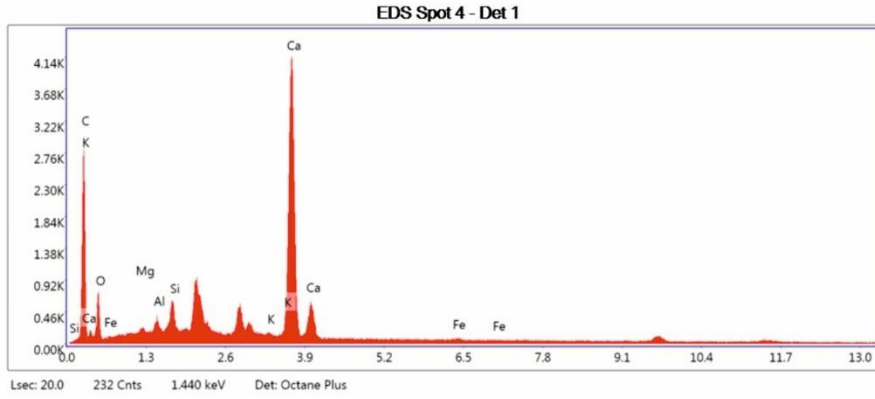
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	11.23	18.69	322.85	7.93	0.0555	1.0923	0.4525	1.0000
O K	49.15	61.44	934.13	10.49	0.0677	1.0471	0.1314	1.0000
Mg K	0.26	0.22	28.32	24.95	0.0011	0.9693	0.4378	1.0023
Al K	0.05	0.04	7.45	67.93	0.0003	0.9338	0.5904	1.0043
Si K	0.19	0.14	32.88	24.97	0.0013	0.9546	0.7235	1.0073
Ca K	38.79	19.35	4547.31	1.66	0.3552	0.9024	1.0106	1.0038
Fe K	0.32	0.12	17.40	61.38	0.0026	0.8053	0.9753	1.0343



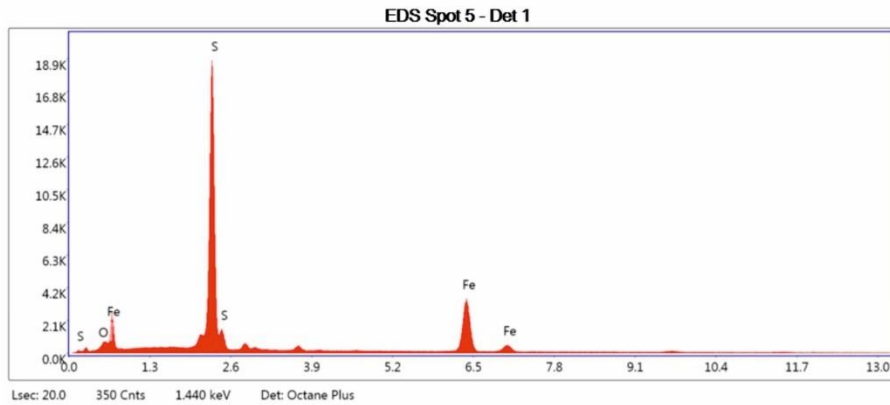
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	10.63	18.13	279.57	7.97	0.0535	1.0967	0.4589	1.0000
O K	47.02	60.21	765.04	10.64	0.0617	1.0515	0.1248	1.0000
Mg K	0.17	0.15	16.63	50.41	0.0007	0.9736	0.4359	1.0024
Ca K	41.82	21.38	4422.19	1.63	0.3842	0.9066	1.0105	1.0034
Fe K	0.35	0.13	17.10	60.50	0.0029	0.8092	0.9718	1.0323



eZAF Smart Quant Results

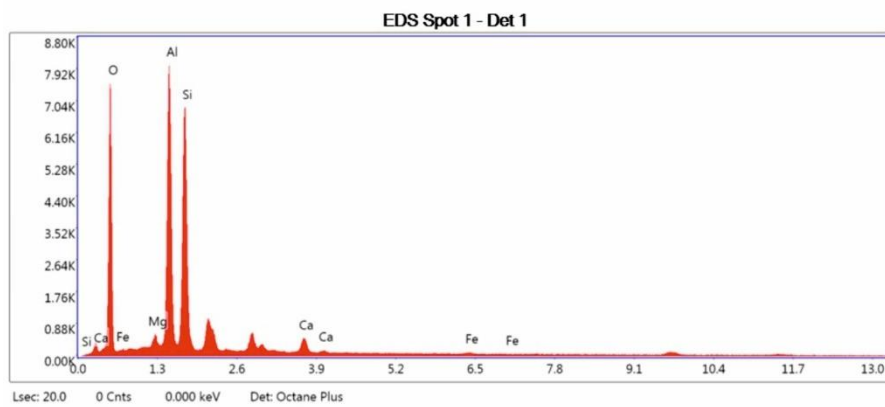
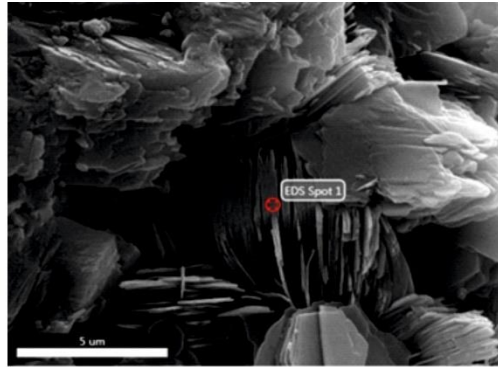
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
CK	33.72	51.21	537.04	7.95	0.1678	1.0795	0.4608	1.0000
OK	26.33	30.02	217.17	12.32	0.0286	1.0346	0.1049	1.0000
MgK	0.36	0.27	23.93	25.11	0.0017	0.9574	0.4943	1.0026
AlK	0.76	0.51	63.09	12.54	0.0045	0.9223	0.6459	1.0047
SiK	1.93	1.26	191.30	7.61	0.0140	0.9428	0.7650	1.0072
KK	0.35	0.16	27.67	29.42	0.0033	0.8750	1.0022	1.0669
CaK	36.05	16.40	2299.62	1.96	0.3263	0.8911	1.0117	1.0040
FeK	0.50	0.16	14.70	63.45	0.0040	0.7952	0.9787	1.0345



eZAF Smart Quant Results

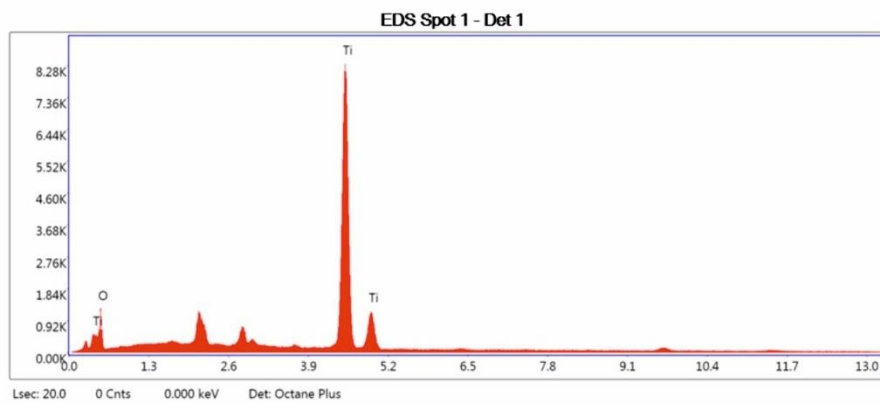
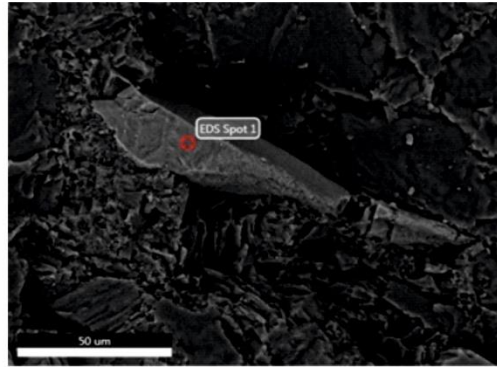
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
OK	3.96	9.13	109.66	15.11	0.0090	1.1659	0.1938	1.0000
SK	56.23	64.62	8950.74	2.82	0.5000	1.0482	0.8456	1.0031
FeK	39.80	26.26	2087.59	2.75	0.3564	0.9080	0.9762	1.0101

Ek 4a.

**eZAF Smart Quant Results**

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	50.38	63.95	2191.56	7.93	0.1880	1.0511	0.3550	1.0000
MgK	1.56	1.30	185.23	8.30	0.0088	0.9718	0.5736	1.0063
AlK	22.16	16.68	3123.58	4.43	0.1471	0.9359	0.7053	1.0053
SiK	23.08	16.69	2833.81	5.37	0.1367	0.9565	0.6186	1.0012
CaK	2.43	1.23	220.79	6.96	0.0206	0.9032	0.9295	1.0135
FeK	0.39	0.14	18.64	49.58	0.0034	0.8052	1.0022	1.0808

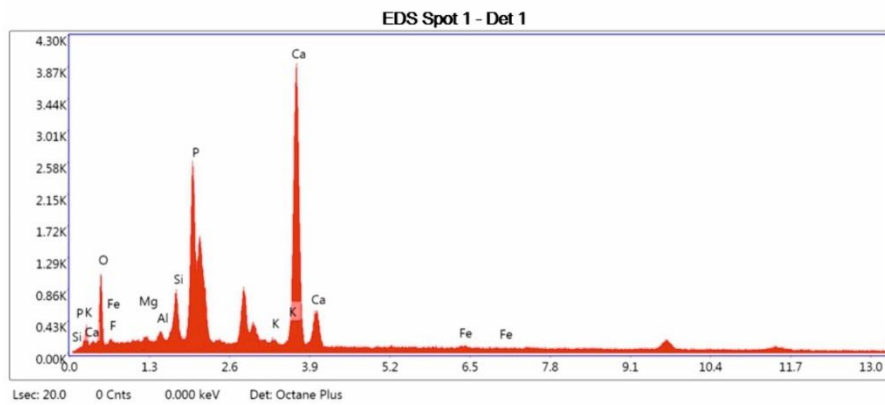
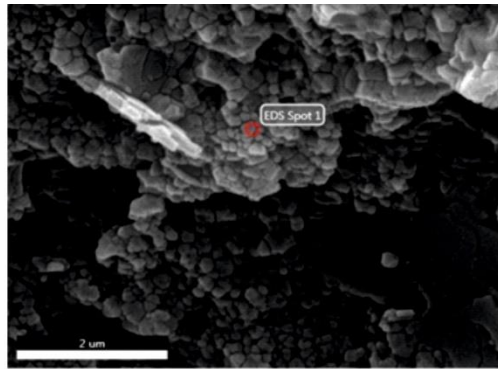
Ek 4b.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	35.06	61.78	377.63	11.36	0.0378	1.1528	0.0935	1.0000
Ti K	64.94	38.22	5004.03	1.64	0.5951	0.9073	1.0083	1.0020

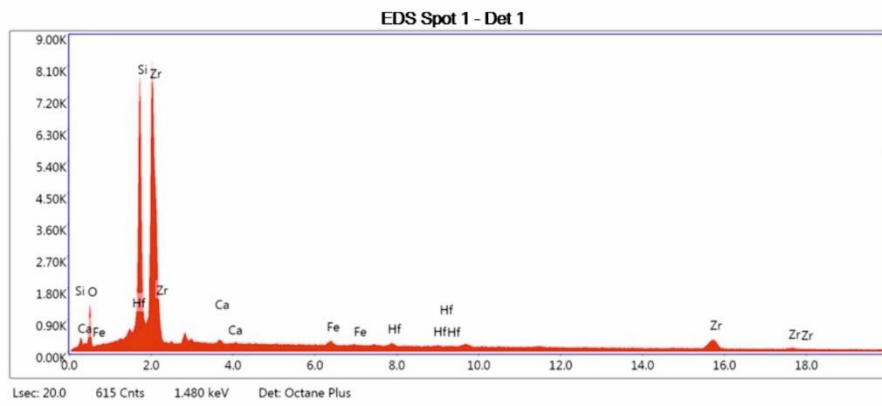
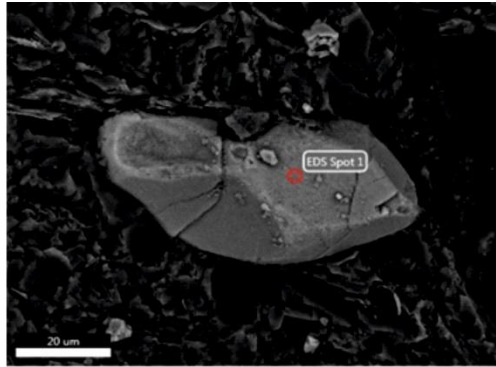
Ek 4c.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	34.39	52.20	342.77	11.04	0.0493	1.0857	0.1321	1.0000
F K	6.16	7.87	76.69	22.04	0.0078	1.0101	0.1256	1.0000
MgK	0.68	0.67	39.47	17.56	0.0031	1.0060	0.4596	1.0030
AlK	0.57	0.52	42.97	15.77	0.0034	0.9693	0.6058	1.0054
SiK	3.32	2.87	299.05	6.54	0.0242	0.9910	0.7300	1.0082
PK	15.46	12.13	1220.34	3.62	0.1185	0.9523	0.7985	1.0077
KK	0.85	0.53	58.14	17.17	0.0076	0.9204	0.9305	1.0460
CaK	37.64	22.81	2159.02	2.22	0.3382	0.9375	0.9546	1.0038
FeK	0.94	0.41	25.82	36.21	0.0078	0.8372	0.9653	1.0317

Ek 5a.



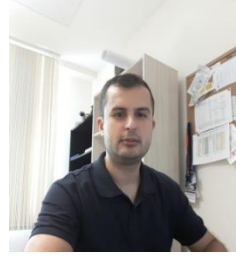
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	30.49	61.50	429.01	10.97	0.0455	1.1616	0.1285	1.0000
SiK	17.38	19.97	2978.54	5.31	0.1114	1.0831	0.5873	1.0073
ZrL	49.82	17.63	3438.45	3.32	0.3333	0.8629	0.7753	0.9996
CaK	0.29	0.23	33.40	45.84	0.0019	1.0404	0.6315	1.0082
FeK	0.76	0.44	80.29	19.07	0.0070	0.9436	0.9242	1.0612
HfL	1.26	0.23	52.72	35.68	0.0104	0.7453	1.0762	1.0244

ÖZGEÇMİŞ

FERDİ DEMİRTAŞ

frddemirtas@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2009-2012	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2005-2009	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2011-2018	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
----------------------------------	--

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Kiel, S., Krystyn, L., Demirtaş, F., Koşun, E., Peckmann, J. 2017. Late Triassic mollusk-dominated hydrocarbon-seep deposits from Turkey. *Geology*, 45: 751-754.

Demirtaş, F., Bozcu, M., Koşun, E., Akkiraz, M.S. 2015. Petrography and palynology of Late Oligocene and Middle Miocene coals in the Gelibolu peninsula, NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24: 383-397.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Koç, K., Koşun, E., Demirtaş, F., Uçar, F., Güneş, A. 2017. Paleoiklim Çalışmalarında Mağara Çökellerinin Kullanımı: Artıları ve Eksileri. 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, ss.52-53, 3-6 Mayıs, Adana, Türkiye.

Demirtaş, F., Koşun, E., Koç K., Bölük, H. 2017. Permiyen–Triyas Geçişine Ait Çökellerin Sedimantolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ss.730-731, 10-14 Nisan, Ankara.

Koç, K., Fleitmann, D., Koşun, E., Cheng, H., Demirtaş, F., Mert, C. vd. 2017. Arkeolojik ve Jeolojik Bulgular ile Tabak Mağarası'nın Holosen Geçmişi (Antalya, Güney Türkiye). 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ss.374-375, 10-14 Nisan, Ankara.

Uçar F., Koç K., Demirtaş F., Güneş A., Aktürk Ö. 2017. 2-Boyutlu Elektrik Rezistivite Yöntemi ile Boşluklu Yapıların Belirlenmesi. 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, ss.38-39, 3-6 Mayıs, Adana, Türkiye.

Güneş A., Demirtaş F., Güneş M., Koç K., Uçar F., İlbeyli N. vd. 2017. Ağır Metallerin İnsan ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkileri. 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, ss.135-136, 3-6 Mayıs, Adana, Türkiye.

Koç, K., Koşun, E., Cheng, H., Demirtaş, F., Fleitmann, D. 2018. Speleothemlere Jeoarkeolojik Yaklaşım: Tabak Mağarasıörneği, GB Türkiye. VIII. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, ss.1-1, 2-5 Mayıs, İstanbul, Türkiye.

Koşun, E., Varol, B., Ghaleb, B., Hillaire-Marcel, C., Barbecot, F., Demirtaş, F., vd. 2016. Antalya Tufa Platformlarının Sedimantolojik ve Morfolojik Özellikleri, Güney Türkiye. VII. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, ss.161-161, 8-11 Mayıs, İstanbul, Türkiye.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Demirtaş, F., Koşun, E., Koç, K. 2018. Diagenetic Effects on Stable Isotope Composition of The Marine Carbonates: A Case Study From Antalya Nappes. 9th international Symposium on Eastern Mediterranean Geology, pp.1-1, 7-11 Mayıs, Antalya, Turkey.

Poisson, A., Yağmurlu, F., Koşun, E., Demirtaş, F., Koç, K. 2018 Tertiary Evolution Of The Aksu Basin In The South Of The Isparta Angle (Sw Turkey). 9th international Symposium on Eastern Mediterranean Geology, pp.1-1, 7-11 Mayıs, Antalya, Turkey.

Ghaleb, B., Hillaire-Marcel, C., Koşun, E., Özkul, M., Barbecot, F., Koç, K. vd. 2016. U and Th-Series Isotope Study of Travertines from Pamukkale and Antalya Areas: A Probe into Their Deposition Rates from 105 To 10-1 yr Time-Scales. 7th Geochemistry Symposium, pp.177-177, 16-18 Mayıs, Antalya, Turkey.

Koç, K., Koşun, E., Demirtaş, F. 2015. Spatial effect on grain size parameters and variations along pure gravel beaches: A case study from the Gulf of Antalya, Turkey. EGU General Assembly 2015, pp.1-1, 12-17 April, Vienna, Austria.

Demirtaş, F., Koşun, E., Akkiraz, M.S., Bozcu, M., Koç K. 2015. "Palaeoecological construction from the Oligo-Miocene coal deposits of Gelibolu Peninsula, NW Turkey. EGU General Assembly 2015, pp.1-1, 12-17 April, Vienna, Austria.

Demirtaş, F., Koşun, E., Bozcu, M. 2014. Geochemistry of Oligo-miocene coals in gelibolu Peninsula, NW Turkey", International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, pp.129-136, 17-26 June, Albena, Bulgaria.

Demirtaş, F., Bozcu, M., Koşun, E. 2014. Petrography, palynology and depositional environment of Gelibolu coals, NW Turkey. EGU General Assembly 2014, pp.1-1, 27 April-2 May, Vienna, Austria.

Demirtaş, F., Bozcu, M., Koşun, E. 2012. Sedimentological and petrographical characteristics of the coal bearing Oligocene and Miocene units in Gelibolu Peninsula, Çanakkale, NW Turkey. IESCA (International Earth Science Colloquium on the Aegean Region), pp.1-1, 1-5 October, İzmir, Turkey.