



Denizli Güneydo usundaki (Honaz/GB Türkiye) Organik Maddece Zengin Kayaçların
Jeokimyası ve Organik Petrografik Özelliklerinin ncelenmesi

Program Kodu: 1001

Proje No: 114Y668

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Demet Banu KORALAY

Ara tırmacı (lar):
Prof. Dr. Tamer KORALAY

MAYIS 2018
ANKARA

ÖNSÖZ

Kömür katı, yanabilen, organik sedimanter kayadır. Farklı jeolojik ortamlarda çökelmiş sedimanlar arasında kalan canlı organizmaların (bitki, hayvan ve mikro-organizma) ısı ve basınç altında taşlaşması sonucu ile oluşmaktadır. Esas bileşeni karbon olan kömür içerisinde değişik miktarlarda hidrojen, oksijen, sülfür ve diğer elementler bulunmaktadır. Kömür aynı zamanda önemli bir enerji hammaddesidir. Enerji; insanoğlunun temel gereksinimlerini karşılayabilmesi, üretim faaliyetlerini devam ettirebilmesi kısacası varlığını sürdürebilmesi için gereksinim duyduğu çok önemli bir konudur. Dünya genelindeki toplumsal ve ekonomik büyüme, artan gereksinimler daha fazla üretmeyi gerektirmekte, bu durum enerji kaynaklarına olan talebin daha da yükselmesine neden olmaktadır. Taşkömürüne göre, kalorisinin düşük olması, yüksek miktarda nem, kül ve kükürt içermesi nedeniyle linyit daha az tercih edilmekte, çoğunlukla bulunduğu yerde elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde hidrokarbon (kömür, petrol, gaz) araştırmaları ve üretimleri Kretase ve öncesi jeolojik birimler üzerinde yapılmakta olup, daha genç birimler (Neojen) üzerinde araştırma ve üretim çalışmaları yok denecek kadar azdır. TÜBİTAK tarafından desteklenen 114Y668 nolu bu proje kapsamında, Denizli (GB Türkiye) civarında yayılım gösteren organik maddece zengin kayaların (kömür, killi kömür, kömürlü kil ve bitümlü şeyl) stratigrafik ve yapısal konumlarını belirlenmiş, yanal ve düşey yöndeki devamlılıklarına yönelik yorumlar geliştirilmiş, sistematik örneklemeler üzerinde organik petrografi, organik-inorganik ve izotop jeokimyasına yönelik detaylı incelemeler gerçekleştirilmiştir. Detaylı incelemeler sonucunda organik maddece zengin sedimanların maseral ve maseral alt grupları, toplam organik madde miktarları, kaynak kaya potansiyelleri ve çökme ortamlarına yönelik önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu projeden elde edilen sonuçların ilgili kurum ve kuruluşlarca değerlendirilmesi neticesinde düşük rezervli mevcut enerji kaynaklarımıza bir yenisi daha eklenmiş olacaktır.

114Y668 No'lu "Denizli Güneydoğusundaki (Honaz/GB Türkiye) Organik Maddece Zengin Kayaların Jeokimyası ve Organik Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi" isimli bu çalışma, TÜBİTAK ÇAYDAG tarafından desteklenmiştir. Proje Denizli ili, Serinhihisar ilçesine bağlı Yüreğil köyü, Ayaz köyü ve Yatağan kasabası; Denizli ili, Honaz ilçesine bağlı Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü ve Denizli ili, Acıpayam ilçesine bağlı Yeşilyuva kasabası ve çevrelerinde yayılım gösteren organik maddece zengin kayaların (kömür, killi kömür ve bitümlü şeyl) içermiş oldukları organik madde miktarlarını, türünü, çökme ortamlarını ve olgunlaşma durumlarını tespit ederek hidrokarbon potansiyellerini belirlemeye yönelik yapılmış bir projedir. Proje arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşmaktadır ve bütçesinin önemli bir kısmı yurtiçi ve yurtdışı analizlerde harcanmıştır.

Proje kapsamında laboratuvar çalışmaları için örnek hazırlama alışmaları Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Projenin arazi çalışmaları ve örneklerin hazırlama aşamasında yardımlarından dolayı yüksek lisans ğrencisi Zuhal GEDİK' e teşekkür ederiz. Palinoloji verilerinin yorumlanmasında yardımları için Doç. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ' a (Dumlupınar Üniversitesi-Kütahya), mikro-memeli yaşlandırma çalışmalarındaki yardımları için Dr. Hüseyin ERTEN' e (Pamukkale Üniversitesi-Denizli), teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
ÖZET.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti.....	1
2. MATERYAL VE METOD.....	8
3. BÖLGENİN JEOLojİK VE TEKTONİK YAPISI.....	12
3.1. Çalışma Alanlarının Stratigrafisi.....	14
3.1.1. Çatalca Tepe Kireçtaşı.....	14
3.1.2. Büyüksivri Tepe Kireçtaşı.....	14
3.1.3. Honaz Ofiyoliti.....	15
3.1.4. Karatepe Melanjı/Formasyonu.....	16
3.1.5. Bayıralan Formasyonu.....	18
3.1.6. Kızılburun Formasyonu.....	19
3.1.7. Yatağan Formasyonu.....	21
3.1.8. Denizli Volkanitleri.....	24
3.1.9. Kuvaterner Çökelleri.....	25
4. YEŞİLYUVA – YATAĞAN – KOCAPINAR - AŞAĞIKARAÇAY KÖMÜR OLUŞUMLARININ JEOLojİK ÖZELLİKLERİ.....	26
4.1. Lokalite 1 (Yeşilyuva Kasabası)	26
4.2. Lokalite 2 (Yeşilyuva Kasabası)	30
4.3. Lokalite 3 (Yüreğil Köyü)	31
4.4. Lokalite 4 (Ayaz Köyü)	33
4.5. Lokalite 5 (Yatağan Kasabası)	35
4.6. Lokalite 6 (Kocapınar Köyü)	41
4.7. Lokalite 7 (Kocapınar-Ocak)	43
4.8. Lokalite 8 (Karaçay).....	43
4.9. Lokalite 9 (Yatağan-2)	45
4.10. Lokalite 10 (Yatağan-3)	46
4.11. Lokalite 11 (Yeşilyuva-2)	51
4.12. Lokalite 12 (Yeşilyuva-2)	51

4.13. Lokalite 13 (Ayaz-2)	53
4.14. Lokalite 14 (Karaçay-2)	55
5. ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELER.....	57
5.1. Kömür Oluşumlarının Organik Jeokimyasal Özellikleri.....	57
5.1.1. TOC/Rock Eval Verilerinin Kutu Grafikleriyle Yorumlanması.....	63
5.1.2. Organik Madde Miktarı ve Kaynak Kaya Potansiyeli.....	66
5.1.3. Organik Maddenin Olgunluğu.....	77
5.2. Organik Maddece Zengin Kayaçların Moleküler Bileşim Özellikleri.....	79
5.2.1. n-Alkanlar ve İsoprenoidler.....	81
5.2.2. Hopanlar ve Steranlar.....	90
5.2.3. Aromatik Hidrokarbonlar.....	109
5.3. Palinoloji ve Mikro Memeli İncelemeleri.....	118
6. ORGANİK PETROGRAFİK İNCELEMELER.....	121
7. İNORGANİK BİLEŞENLERİN MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ	135
7.1. X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri.....	135
7.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) İncelemeleri.....	143
7.3. Ana Oksit Element Jeokimyası.....	146
7.4. İz Element Jeokimyası.....	159
7.5. Nadir Toprak Elementleri (NTE) Jeokimyası.....	177
7.6. Kömür İçerisindeki İnorganik Bileşenlerinin Kökeni.....	188
7.7. Kimyasal Analiz Verilerinin Ayrışım Fonksiyonu Analizi ile Değerlendirilmesi.....	199
7.8. Duraylı İzotop Jeokimyası İncelemeleri.....	201
8. TARTIŞMALAR.....	213
8.1. Kömür Oluşumlarının Yaşı.....	214
8.2. Organik Maddenin Türü.....	214
8.3. Organik Maddenin Çökelme Ortamı.....	215
8.4. Organik Maddenin Olgunluğu.....	217
8.5. Kömür İçerisindeki İnorganik Bileşenlerinin Kökeni.....	217
8.6. İnorganik Bileşenlerde Ayrışma Etkisi.....	219
9. SONUÇLAR.....	220
KAYNAKLAR.....	223

KISALTMALAR DİZİNİ

MTA :	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
ÖSK :	Ölçülü Stratigrafik Kesit
TOC :	Toplam Organik Karbon
HCl :	Hidroklorik Asit
GC :	Gaz Kromatografi
GC-MS :	Gaz Kromatografi Kütle Spektrometresi
TPAO :	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
ICCP :	Uluslararası Kömür ve Organik Petrografi Komisyonu
XRD :	X-Işınları Difraktometre
SEM-EDS :	Taramalı Elektron Mikroskopu-Enerji Dağılımlı Spektrometre
NTE :	Nadir Toprak Elementi
HF :	Hidroflorik Asit
KOH :	Potasyum Hidroksit
EA-IRMS :	Element Analizi – İzotop Oranı Kütle Spektrometresi
K :	Kuzey
G :	Güney
m :	Metre
cm :	Santimetre
N-MORB :	Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazalt
K :	Kuzey
G :	Güney
D :	Doğu
B :	Batı
KD :	Kuzeydoğu
GB :	Güneybatı
Tmax :	Maksimum Sıcaklık
Pr/Ph :	Pristan / Fitan oranı
vd. :	ve diğerleri
OM :	Organik Madde
HI :	Hidrojen İndeks
OI :	Oksijen İndeks
PY :	Potansiyel Verim
GP :	Genetik Potansiyel
PI :	Üretim İndeksi

C :	Karbon elementi
H :	Hidrojen elementi
N :	Azot elementi
O :	Oksijen elementi
P :	Fosfor elementi
S :	Kükürt elementi
TLC :	İnce Tabaka Kromatografi
FID :	Alev İyonlaştırma Dedektörü
TAR :	Karasal/Sucul molekül oranı
APT :	Applied Petroleum Technology
CPI :	Karbon Tercih İndeksi
HTEL :	Telohüminit
DHUM :	Detrohüminit
HCOL :	Gelohüminit
HINT :	Teloinertinit
DINT :	Detroinertinit
GI :	Jelifikasyon İndeksi
TPI :	Doku Korunum İndeksi
GWI :	Yeraltısuyu İndeksi
VI :	Vejetasyon İndeksi
LOI :	Kızdırma Kaybı
DAI :	Detritik/Otijenik İndeks
EF :	Zenginleşme Faktörü
HFSE :	Yüksek Çekim Alanlı Elementler
LILE :	Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
NASC :	Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi
PAAS :	Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl Bileşimi
HNTE :	Hafif Nadir Toprak Elementleri
ONTE :	Orta Nadir Toprak Elementleri
ANTE :	Ağır Nadir Toprak Elementleri
ICV :	Bileşimsel Çeşitlilik İndeksi
DFA :	Ayrışım Fonksiyonu Analizi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. a) Türkiye'nin tektonik yapıları (Bozkurt 2001) b) yerbulduru haritası c) 3 boyutlu yükseklik haritası.....	12
Şekil 3.2. Yeşilyuva-Yatağan-Aşağıkaraçay (Denizli) çevresinin jeoloji haritası (Sarıkaya (1986), Sun (1990) ve MTA (2014) M22-c1, c2 paftalarından değiştirilerek alınmıştır).....	15
Şekil 3.3. a) Honaz Ofiyolitinin arazi görünümü (bakış yönü kuzey'e) b ve c) serpantinleşmiş harzburjitlerin arazi görünümleri (bakış yönleri batı'ya) d) harzburjitlerin kırık yüzeyleri boyunca gelişmiş manyezit oluşumları.....	16
Şekil 3.4. a) Karatepe Melanjı içerisinde görülen kireçtaşı olistolitinin genel görünümü (bakış yönü kuzeydoğu'ya) b) Kireçtaşı biriminin yakından görünümü c) bazalt/diyabaz bileşimli volkanik kayalar (bakış yönü güneydoğu'ya) d) serpantin ve radyolarit matriks (bakış yönü kuzeydoğu'ya).....	17
Şekil 3.5. a) Bayıralan Formasyonunun kalın tabakalı çakıltaşlarının arazi görünümü (bakış yönü batı'ya) b) orta-iri teli kumtaşı birimi içerisinde görülen çamurtaşı seviyeleri (bakış yönü kuzeydoğu'ya) c ve d) formasyon içerisinde görülen farklı bileşimli kayalar litolojileri.....	18
Şekil 3.6. Kızılburun Formasyonu içerisinde görülen a, c ve d) sarımsı kahve, yeşilimsi gri renkli çakıltaşı, kumtaşı birimleri (a ve c için bakış yönleri kuzey'e) b) masif kumtaşlarında görülen küresel ayrışma e) sarımsı kahve renkli ince taneli kumtaşı siltaşı arıdanması (bakış yönü kuzey'e) f) formasyon içerisinde görülen yanal devamlılığı olmayan kömür damarları(bakış yönü güneydoğu'ya).....	20
Şekil 3.7. Yatağan Formasyonunu oluşturan kırıntılı çökellerin arazi görünümü a ve b) menderesli akarsu çökellerinde görülen çapraz tabakalı çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı birimleri (a için bakış yönü kuzey'e) c) faylanmaya bağlı olarak eğimlenmiş tabanda çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı üst seviyelerde kireçtaşı tabakaları (bakış yönü kuzeydoğu'ya) d ve e) sarımsı kahve renkli, ince taneli kumtaşı-çamurtaşı (bakış yönü kuzeybatı'ya) f) çamurtaşları içerisinde görülen ince kömür damarları.....	22
Şekil 3.8. Yatağan Formasyonu kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kilttaşları a ve b) arazideki genel görünümü (bakış yönleri kuzeybatı'ya) c) sarımsı kahve renkli karbonat çimentolu kumlu kireçtaşı-kumtaşı d) Yatağan formasyonuna ait kırıntı ve karbonatlı litolojiler (bakış yönü kuzey'e) e ve f) konkoidal kırık yüzeylerine sahip killi kireçtaşı-kireçtaşı birimleri g) lamine yapı gösteren kilttaş-marn arıdanması.....	23
Şekil 3.9. a) Üst üste bloklu lav yığılımları şeklinde görülen, ayrılmış volkanitler (bakış yönü kuzey'e) b) Denizli Volkanitleri ve Yatağan Formasyonuna ait killi kireçtaşı-marn-kilttaş birimleri olan dokanak ilişkileri (bakış yönü kuzeybatı'ya) c) ayrılmamış volkanitlerin arazi görünümü d) volkanitlerde yaygın olarak görülen küresel ayrışmalar (bakış yönü kuzeydoğu'ya).....	24
Şekil 4.1. 7 numaralı kömür lokalitesinde (Kocapınar-Ocak) bulunan açık işletme (bakış yönü güneydoğu'ya).....	26

Şekil 4.2. Yeşilyuva lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0717284 ; 4157327).....	27
Şekil 4.3. a ve b) kömür oluşumunun bulunduğu dere ve görüldüğü jeolojik birimler (a için bakış yönü güneybatı'ya, b için bakış yönü güneydoğu'ya) c ve d) kilitaşları ile ardanmalı olarak görülen kömür oluşumları (c için bakış yönü güneydoğu'ya) e) kilitaş-killi kireçtaşı-marn ardanması içerisinde görülen ve klit yapısı gösteren kömür damarı f) kırmızımsı kahverenkli organik maddece zengin killi seviye.....	29
Şekil 4.4. a) Lokalite 2'de dere yatağı içerisindeki kömür oluşumu (bakış yönü kuzeydoğu'ya) b) killi kireçtaşı-kilitaş içerisindeki kömürlü seviye (GPS Koordinatı: 35 S 0714998 ; 4153782).....	30
Şekil 4.5. Yüreğil lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0714998 ; 4153782).....	31
Şekil 4.6. a) Kırıntılı çökeller ile ardanma gösteren kömürlü seviye b ve c) kömür laminaları arasında görülen sarımsı turuncu renkli oksidasyon yüzeyleri d) kömürlü seviye içerisinde görülen korunmuş gastropod kavkaları.....	32
Şekil 4.7. Ayaz köyü lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0708195 ; 4164054).....	34
Şekil 4.8. a) Ayaz köyü lokalitesinde görülen farklı kalınlıklara sahip kömürlü seviyeler (bakış yönü kuzeydoğu'ya) b ve c) koyu kahverenkli içerisinde bitki kırıntıları bulduran ve kilitaşları ile ardanmalı kömürlü seviyeler d) beyaz, pudramsı ve laminalı kilitaşları arasında görülen siyah renkli kömürlü seviyeler e ve f) içerisinde korunmuş midye kavkısı bulduran, kahverenkli, düşük TOC'lu kömürlü seviyeler.....	36
Şekil 4.9. Yatağan lokalitesinden alınan I. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709250 ; 4164665).....	37
Şekil 4.10. Yatağan lokalitesinden alınan II. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709354 ; 4164587).....	38
Şekil 4.11. a, b ve c) Yatağan lokalitesinde bulunan eski kömür ocaklarına ait pasa ve terkedilmiş galeriler (a için bakış yönü kuzeydoğu'ya; b için bakış yönü kuzeybatı'ya) d ve e) koyu kahve-siyah renkli, klit yapısı gösteren kömürlü seviyeler f ve g) koyu kahve-sarımsı kahve renkli, okside olmuş organik maddece zengin seviyeler.....	40
Şekil 4.12. Kocapınar (Yukarıkaraçay) lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0707963 ; 4169222).....	41
Şekil 4.13. a) Kocapınar köyü lokalitesinde görülen kömürlü seviye (bakış yönü güneybatı'ya) b, c ve d) koyu kahve-siyah renkli, klit yapısı gösteren kömürlü seviye (c için bakış yönü güneydoğu'ya).....	42
Şekil 4.14. a ve b) Kocapınar-Ocak lokalitesinde açık işletme yöntemiyle üretim yapılan kömür ocağı (GPS Koordinatı: 35 S 0705971 ; 4172166) (a ve b için bakış yönleri güneydoğu'ya) c, d ve g) koyu kahve-siyah renkli, laminalı yapıya sahip kömür oluşumları (c için bakış yönü kuzeydoğu'ya) e ve f) odunsu bileşenlerin görüldüğü kömür örnekleri.....	44

Şekil 4.15. a ve b) Karaçay lokalitesinde görülen üzeri toprak örtülü, siyah-siyahımsı gri renkli, toprağımsı yapıya sahip organik maddece zengin oluşumlar (GPS Koordinatı: 35 S 0711999 ; 4169774) (a ve b için bakış yönleri doğu'ya) c) organik maddece zengin oluşumlar içerisinde görülen bitki kökleri.....	45
Şekil 4.16. a ve b) Yatağan-2 lokalitesinde görülen koyu kahve renkli organik maddece zengin çamurtaşı (GPS Koordinatı: 35 S 0712053 ; 4162757).....	46
Şekil 4.17. Yatağan-3 lokalitesinden alınan I. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709475 ; 4165444).....	47
Şekil 4.18. a) Yatağan-3 lokalitesi kömür oluşumlarının tabanında görülen organik maddece zengin koyu kahve renkli toprağımsı seviye b ve c) siyah renkli, laminalı yapı gösteren kömür seviyesi d) kömür seviyesi içerisinde görülen klit yapıları ve sarımsı kahve renkli, okside olmuş organik maddece zengin killi seviyeler.....	48
Şekil 4.19. Yatağan-3 lokalitesinden alınan II. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709475 ; 4165444).....	49
Şekil 4.20. Yatağan-3 lokalitesindeki a) güncel olarak açılmış kömür yarması (bakış yönü kuzey'e) b ve c) kahverengi renkli, toprağımsı yapıya sahip kömür oluşumları (b için bakış yönü kuzeydoğu'ya) d) kömür oluşumu içerisinde görülen gri renkli kilitaşı seviyeleri e ve f) laminalı yapıya sahip kömür oluşumları ve klit yapıları.....	50
Şekil 4.21. Yeşilyuva-2 lokalitesinde (GPS Koordinatı: 35 S 0718474 ; 4158027) a ve b) yeşil-sarımsı kahve renkli, ince taneli kumtaşı-kilitaşı-çamurtaşı ardalanması içerisinde görülen kömür oluşumları c) mercek şekilli kömür oluşumları (bakış yönü kuzeybatı'ya) d) kahverengi renkli, toprağımsı yapıya sahip, bol miktarda bitki kökü içeren kömür oluşumları e ve f) laminalı yapıya sahip kömür oluşumları ve klit yapıları.....	52
Şekil 4.22. a) Kırıntılı çökeller içerisinde mercek şeklinde görülen kömürlü seviye (bakış yönü doğu'ya) b ve c) laminalı yapı gösteren kömürlü seviyeler d) ince laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen koyu kahve-sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri (GPS Koordinatı: 35 S 0716761 ; 4156730).....	53
Şekil 4.23. a) Ayaz-2 lokalitesinde açılmış güncel kömür yarması (GPS Koordinatı: 35 S 0707266 ; 4164572) (bakış yönü kuzeybatı'ya). b) siyah renkli, laminalı yapıya sahip kömür oluşumları c) kömür oluşumları arasında görülen kahve renkli çamurtaşı seviyeleri d) laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri f) içerisinde korunmuş midye kavkısı bulunduran kömürlü seviye.....	54
Şekil 4.24. a) Karaçay-2 lokalitesinde dere tabanında görülen kömür oluşumu (GPS Koordinatı: 35 S 0715837 ; 4171204) (bakış yönü batı'ya) b ve c) siyah renkli, laminalı yapıya sahip, içerisinde kavkın kırıkları bulunduran kömürlü seviye d) laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri.....	55
Şekil 5.1. Kutu grafiği ve taşıdığı özellikler.....	63
Şekil 5.2. İncelenen örneklerin TOC/Rock Eval piroliz analizinden elde edilen, TOC, Tmax, Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI), S ₁ ve S ₂ parametrelerine ait kutu grafikleri.....	65

Şekil 5.3. S ₂ 'ye karşı TOC (%) diyagramında çalışılan örneklerin kaynak kaya değerlendirmesi ve hidrokarbon türüm potansiyeli (Langford and Blanc-Valleron, 1990; Peters, 1986).....	69
Şekil 5.4. Organik madde bakımından zengin kayaçların kerojen tipleri ve ısıl olgunluk evrelerinin HI-Tmax diyagramındaki konumları (Mukhopadhyay et al., 1995).....	75
Şekil 5.5. Kerojen tipini belirleyen HI-OI diyagramında çalışılan örneklerin konumları (Peters, 1986).....	75
Şekil 5.6. Organik maddece zengin kayaçlarının HI-TOC diyagramındaki konumları (Jackson et al., 1985).....	76
Şekil 5.7. Çalışılan örneklerin kerojen tipleri ve atılan ürünün özelliğini gösteren HI'e karşı S ₂ /S ₃ oranı (Peters and Cassa, 1994).....	76
Şekil 5.8. S ₂ 'ye karşı TOC diyagramı ve kaynak kayanın hidrokarbon oluşum potansiyelinin belirlenmesi (Langford and Blanc-Valleron, 1990).....	77
Şekil 5.9. Organik maddece zengin kayaçlarının PI-Tmax diyagramındaki konumları(Peters and Cassa 1994).....	79
Şekil 5.10. İncelenen örneklerin Pr/nC ₁₇ - Ph/nC ₁₈ diyagramındaki konumları.....	83
Şekil 5.11. Yeşilyuva kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	85
Şekil 5.12. Yüreğil kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	86
Şekil 5.13. Yatağan kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	86
Şekil 5.14. Ayaz kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	87
Şekil 5.15. Kocapınar kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	87
Şekil 5.16. Kocapınar-Ocak kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	88
Şekil 5.17. Yatağan-3 kömür örneklerine ait GC kromatogramları.....	88
Şekil 5.18. Yeşilyuva-2 kömür örneğine (KKLP-2) ait GC kromatogramı.....	89
Şekil 5.19. Ayaz-2 kömür örneğine (CD-2) ait GC kromatogramı.....	89
Şekil 5.20. Karaçay-2 kömür örneğine (BDR-1) ait GC kromatogramı.....	90
Şekil 5.21. Yeşilyuva kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.	103
Şekil 5.22. Yüreğil kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları....	104
Şekil 5.23. Yatağan kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları...	104
Şekil 5.24. Ayaz kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	105
Şekil 5.25. Kocapınar kömür örnekleri m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	106
Şekil 5.26. Kocapınar-Ocak kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	107
Şekil 5.27. Yatağan-3 kömür örnekleri m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	108
Şekil 5.28. Yeşilyuva-2 kömür örneğine (KKLP-2) ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	108
Şekil 5.29. Ayaz-2 kömür örneği (CD-2) m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları....	109
Şekil 5.30. Karaçay-2 kömür örneğine (BDR-1) ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.....	109
Şekil 5.31. Yeşilyuva örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	110

Şekil 5.32. Ayaz örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	111
Şekil 5.33. Kocapınar-Ocak örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	112
Şekil 5.34. Yatağan-3 örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	113
Şekil 5.35. Yeşilyuva-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	114
Şekil 5.36. Ayaz-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	114
Şekil 5.37. Karaçay-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.....	115
Şekil 5.38. Farklı lokalitelerden alınan kömür örneklerindeki sporomorf yüzdeleri.....	118
Şekil 5.39. Kömür örneklerinde tanımlanan bazı spor ve polen formları 1) <i>Picea</i> , 2) <i>Pinus haploxylon</i> tip, 3) <i>Cathaya</i> , 4) <i>Sparganiaceae</i> , 5) <i>Poaceae</i> , 6) <i>Ostrya</i> , 7) <i>Carya</i> , 8) <i>Myrica</i> , 9) <i>Alnus</i> , 10 ve 11) <i>Ulmus</i> , 12) <i>Zelkova</i> , 13) <i>Carpinus</i> , 14) <i>Juglans</i> , 15) <i>Asteraceae-Cichoridae</i> , 16 ve 17) <i>Chenopodiaceae-Amaranthaceae</i> , 18) <i>Ranunculaceae</i> , 19) <i>Botryococcus</i> , 20) <i>Ovoidites</i>	119
Şekil 5.40. <i>Apodemus dominans</i> (A, B, C), A; üst birinci azı dişi (M1), B; üst ikinci azı dişi (M2), C; üst üçüncü azı dişi (M3), D; <i>Pliomys</i> sp D; üst birinci azı dişi (M1).....	120
Şekil 6.1. Organik maddenin evrimi ve kömürleşme derecesi (Tissot and Welte 1978)...	121
Şekil 6.2. Yeşilyuva örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	126
Şekil 6.3. Yüreğil örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	126
Şekil 6.4. Yatağan örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	126
Şekil 6.5. Ayaz örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	127
Şekil 6.6. Kocapınar örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	127
Şekil 6.7. Kocapınar-Ocak örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	127
Şekil 6.8. Yatağan-3 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	128
Şekil 6.9. Yeşilyuva-2 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	128
Şekil 6.10. Ayaz-2 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.....	128
Şekil 6.11. Karaçay-2 örneğinin (BDR-1) % maseral içerikleri.....	129
Şekil 6.12. İncelenen örneklere ait maserallerin mikroskop görüntüleri.....	130
Şekil 6.13. a) İncelenen örneklerin log GI-TPI diyagramındaki dağılımları, b) log GWI-VI diyagramındaki konumları.....	133
Şekil 6.14. İncelenen örneklerin A-B-C üçgen diyagramındaki konumları.....	134
Şekil 7.1. Yeşilyuva lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	137
Şekil 7.2. Yüreğil lokalitesinden alınan TRY-3 nolu örneğin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	138
Şekil 7.3. Yatağan lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	139
Şekil 7.4. Ayaz lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	140

Şekil 7.5. Kocapınar lokalitesinden alınan KP-4 nolu örneğin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	141
Şekil 7.6. Kocapınar-Ocak lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.....	142
Şekil 7.7. Yeşilyuva lokalitesinden alınan KHA-15 numaralı örneğe ait SEM görüntüsü ve spektrumların EDX grafikleri.....	143
Şekil 7.8. Ayaz lokalitesinden alınan AYK-7 numaralı örneğe ait SEM görüntüsü ve spektrumların EDX grafikleri.....	144
Şekil 7.9. Yatağan lokalitesinden alınan a) YTK-17, b) YTK-27 numaralı örnekler için SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.....	144
Şekil 7.10. Yatağan-3 lokalitesinden alınan a) YTA-2, b) YTAC-1 numaralı örnekler için SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.....	145
Şekil 7.11. Yeşilyuva-2 lokalitesinden alınan KKLP-2 numaralı örneğe ait SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.....	145
Şekil 7.12. Kömür oluşum sürecinde inorganik elementlerin kaynaklarını gösteren diyagram (Finkelman, 1981)	146
Şekil 7.13. Kömür örneklerinin ana oksit element içeriklerine ait kutu grafikleri.....	152
Şekil 7.14. İncelenen kömür örneklerinin Si, Fe, Na, K, Ti ve P element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	158
Şekil 7.15. İncelenen kömür örneklerinin Mg, Ca ve Mn element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	158
Şekil 7.16. Kömür örneklerinin bazı iz element içeriklerine ait kutu grafikleri.....	166
Şekil 7.17. İncelenen kömür örneklerinin Büyük İyon Yarıçaplı Element (Ba, Cs, Rb ve Sr) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	170
Şekil 7.18. Şekil 8.18. İncelenen kömür örneklerinin Yüksek Çekim Alanlı Element (Zr, Hf, Nb ve Ta) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	171
Şekil 7.19. İncelenen kömür örneklerinin Cr, Sc, Co, V ve Ni element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	172
Şekil 7.20. İncelenen kömür örneklerinin U, Th ve Y element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	173
Şekil 7.21. Kömür örneklerinin Mo, Cu, Pb, Zn, As ve Se element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	173
Şekil 7.22. Farklı lokalitelerdeki kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi'ne (North American Shale Composition-NASC) göre normalize edilmiş çoklu element (spider) diyagramları (NASC değerleri Gromet et al, 1984'den alınmıştır).....	175
Şekil 7.23. Kömür örneklerinin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) içeriklerine göre normalize edilmiş çoklu element (spider) diyagramları (PAAS değerleri McLennan, 1989'dan alınmıştır.).....	176
Şekil 7.24. İncelenen örneklerin NTE içeriklerine ait kutu grafikleri.....	181
Şekil 7.25. Farklı lokalitelere ait kömür örneklerinin a) Hafif Nadir Topark Element içeriklerinin b) Orta Nadir Topark Element içeriklerinin c) Ağır Nadir Topark	

Element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.....	182
Şekil 7.26. Kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi'ne (North American Shale Composition-NASC) göre normalize edilmiş NTE diyagramları (NASC değerleri Gromet et al, 1984'den alınmıştır).....	184
Şekil 7.27. Kömür örneklerinin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) içeriklerine göre normalize edilmiş NTE diyagramları (PAAS değerleri McLennan, 1989'dan alınmıştır).....	185
Şekil 7.28. İncelenen kömür örnekleri içerisindeki inorganik/mineral bileşenlerin kimyasal sınıflandırma diyagramındaki konumları (Vassilev and Vassileva, 2009)..	188
Şekil 7.29. Kömür örneklerinin (Al ₂ O ₃ /TiO ₂)-SiO ₂ diyagramındaki konumları (Le Bas et al, 1986).....	189
Şekil 7.30. Kömür örneklerinin Log (Fe ₂ O ₃ /K ₂ O) - Log (SiO ₂ /Al ₂ O ₃) diyagramındaki konumları (Herron, 1988).....	190
Şekil 7.31. Kömür örneklerinin Log K ₂ O-Log Rb diyagramındaki dağılımları.....	190
Şekil 7.32. Kömür örneklerinin 15*Al ₂ O ₃ -Zr-300*TiO ₂ diyagramındaki dağılımları (Garcia et al, 1991).....	191
Şekil 7.33. Kömür örneklerinin Log Th/Sc - Log Zr/Sc diyagramındaki dağılımları.....	192
Şekil 7.34. Kömür örneklerinin K ₂ O-Fe ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃ diyagramındaki konumları (Wronkiewicz and Condie, 1990)	193
Şekil 7.35. Kömür örneklerinin SiO ₂ /Al ₂ O ₃ -K ₂ O/Na ₂ O diyagramındaki konumları.....	194
Şekil 7.36. Kömür örneklerinin La-Th-Sc üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).....	195
Şekil 7.37. Kömür örneklerinin Th-Co-Zr/10 üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).....	196
Şekil 7.38. Kömür örneklerinin Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).....	196
Şekil 7.39. Kömür örneklerinin Ayrışım Fonksiyonu Analizi diyagramındaki konumları...	201
Şekil 7.40. Kömür örneklerinin H, C, N, O ve S element içerikleri ve δ ² H, δ ¹³ C, δ ¹⁵ N, δ ¹⁸ O ve δ ³⁴ S izotop bileşimlerine ait kutu grafikleri.....	207
Şekil 7.41. Bazı referans materyallerin δ ¹³ C (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).....	209
Şekil 7.42. Bazı referans materyallerin δ ² H (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).....	210
Şekil 7.43. Bazı referans materyallerin δ ¹⁵ N (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).....	211
Şekil 7.44. δ ¹³ C (‰)-δ ¹⁵ N (‰) diyagramında kömür örneklerinin konumu.....	212
Şekil 8.1. Şekil 8.1. İncelenen kömür oluşumlarının çökelme ortamını gösteren şematik kesit.....	216

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Proje kapsamında çalışılan lokasyonlar, alınan örneklerin sembolleri ve GPS koordinatları, örneklere uygulanan analiz teknikleri ve bu analizlerde kullanılan örnek sayıları.....	11
Tablo 5.1. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan örneklerin TOC/Rock Eval sonuçları.....	60
Tablo 5.2. Tissot and Welte (1984), Jarvie (1991) ve Peters and Cassa (1994)' e göre kaynak kaya potansiyelini belirlemede kullanılan jeokimyasal parametreler.....	66
Tablo 5.3. Peters (1986)' a göre kaynak kayaların hidrokarbon potansiyelini belirlemede kullanılan TOC (%) miktarları ve S ₁ , S ₂ hidrokarbon değerleri.	67
Tablo 5.4. HI sınır değerlerine göre kerojen tipleri.....	69
Tablo 5.5. İncelenen örneklerin HI (mg HC/g TOC) ve S ₂ /S ₃ değerlerine karşılık gelen kerojen tipleri ve üreteceği hidrokarbonlar.....	71
Tablo 5.6. Kerojen tiplerine göre değişiklik gösteren Tmax sınır değerleri (Espitalie et al,1985).....	77
Tablo 5.7. Üretim İndeksi (PI) değerlerine göre olgunlaşma düzeyi (Peters and Cassa, 1994)	78
Tablo 5.8. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerinden alınan örneklerin toplam özüt miktarları (ppm) ve moleküler bileşimleri (%)......	80
Tablo 5.9. İncelenen örneklere ait GC analizi sonucunda hesaplanan n-alkan ve isoprenoid değerleri.....	82
Tablo 5.10. İncelenen örneklere uygulanan GC-MS analizi sonucunda hesaplanan m/z 191 terpan ve m/z 217 Steran biyomarker parametreleri.....	92
Tablo 5.11. m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları tanımlamaları.....	94
Tablo 5.12. İncelenen örneklere uygulanan GC-MS analizi sonucunda hesaplanan m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların biyomarker parametreleri.....	116
Tablo 6.1. Kömür örneklerin organik petrografi analiz sonuçları ve hüminit/vitrinit yansıtma (Ro %) değerleri.....	122
Tablo 6.2. İncelenen örneklerin hesaplanan GI, TPI, GWI ve VI parametreler.....	132
Tablo 7.1. Kömür örnekleri tüm kayaç toz XRD ve Kil mineralleri XRD çekimleri sonucu belirlenen mineral bileşimleri.....	136
Tablo 7.2. Kömürlerdeki bazı elementlerin muhtemel bulunuş biçimleri.....	147
Tablo 7.3. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokasyonlarından alınan kömür örneklerinin ana oksit element analiz sonuçları.....	149
Tablo 7.4. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin bazı ana oksit oranları.....	155
Tablo 7.5. Zenginleşme Faktörüne (EF) göre sınıflandırma.....	157

Tablo 7.6. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin iz element analiz sonuçları.....	159
Tablo 7.7. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin Nadir Toprak Element (NTE)' i analiz sonuçları.....	178
Tablo 7.8. Kömür örneklerinin NASC ve PAAS değerlerine göre normalize edilmiş HNTE ve ANTE değerleri.....	186
Tablo 7.9. Kömür örneklerinin La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranları.....	197
Tablo 7.10. Kömür örneklerinin Kruskal Wallis H test sonuçları.....	200
Tablo 7.11. Kömür örneklerinin Ayrışım Fonksiyon Analizi'nin eigen değerleri, %varyans, % kümülatif eigen değerleri ve kanonikal korelasyon sonuçları.....	200
Tablo 7.12. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin H, C, N, O ve S element analizleri ve $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçları.....	202

ÖZET

Proje konusunu oluşturan kömürler karasal ve gölsel birimlerle aralanmalı olup, yayılımları ve kalınlıkları azdır. Egemen kayaç litolojileri başlıca kırıntılı (kumtaşı, killi kumtaşı, kiltası) ve karbonatlı (kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn) kayaçlardan oluşmaktadır. Proje kapsamında kömürlü seviyelere ait organik ve inorganik jeokimyasal veriler ile organik petrografik incelemeler değerlendirilerek kömürlerin hidrokarbon türetme potansiyeli ve paleo-çökelim ortamına ait bilgiler elde edilmiştir. İncelenen örneklerde hüminit maseral grubu baskın olup, hüminit/vitrinit yansıması değerleri örneklerin diyajenez aşamasındaki kahverengi renkli kömürler olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte XRD ve SEM-EDS incelemelerine göre mineral madde içeriklerinin kuvars, jips, tenardit, kil ve mika mineralleri (smektit, illit, kaolinit ve klorit), opak minerallerden (pirit ve molibdenit) oluştukları belirlenmiştir. Örneklerde baskın olan hidrokarbon grubu polar + asfaltenlerdir. Piroliz verileri, gaz hidrokarbon türüm potansiyeli olan Tip-III kerojene sahip organik maddeye işaret etmektedir. Ancak, ısısal olgunlaşmalarının olgunlaşmamış-erken olgun evrede kaldığı belirlenmiştir. Hidrokarbonların moleküler incelemelerine göre örnekler içerisindeki organik maddenin karasal bitki kökenli olduğu belirlenmiştir. Element jeokimyası incelemelerine göre inorganik bileşenlerin aktif kıta kenarı ürünü, mafik magmatik kökenli, düşük sedimenter olgunluğa sahip kırıntılılardan oluştuğu belirlenmiştir. Kömür örneklerinin NASC ve PAAS' a oranlanmış çoklu element değişim diyagramlarında Na, Mg, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Y ve Co elementleri bakımından zenginleşme, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, La, V, Pb, Hf, Th ve Cu elementleri bakımından tüketilme göstermektedir. Bununla birlikte tüm örneklerde belirgin pozitif Eu anomalisi görülmektedir. Organik ve inorganik jeokimyasal veriler ile organik petrografik inceleme sonuçları, kömür oluşumlarının nemli iklim koşullarının etkili olduğu, hafif tuzlu su ortamında, C3 türü bitkilerin yoğun olarak bulunduğu telmatik bir ortamda (taşkın düzlüğü bataklığı, sığ su bataklığı) çökeldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kömür, Piroliz, Biyomarker, Çökeltme ortamı, Element jeokimyası, Organik petrografi

ABSTRACT

The coal that form the subject of the project is alternated with terrestrial and lacustrine units and has low spreads and thicknesses. The predominant rock lithologies are mainly composed of clastic (sandstone, clayey sandstone, claystone) and carbonated (limestone, clayey limestone, marl) rocks. Within the scope of the project, organic and inorganic geochemical data and organic petrographic investigations of coal levels were evaluated and information on the hydrocarbon production potential and the paleo-depositional environment were obtained. Huminite maceral group was dominated in the studied samples and the huminite/vitrinite reflectance values indicate that the samples are brown colored coal in the diagenesis phase. However, according to the XRD and SEM-EDS analyzes, it has been determined that the mineral matter contents are composed of quartz, gypsum, thenardite, clay and mica minerals (simectite, illite, kaolinite and chlorite), opaque minerals (pyrite and molybdenite). In the samples, the predominant hydrocarbon group is polar + asphaltenes. Pyrolysis data point to an organic matter with Type III kerogen, which is a gas hydrocarbon production potential. However, it has been determined that thermal maturation of the samples remains in the immature – early mature stage. According to the molecular analyzes of hydrocarbons, the organic matter in the samples was terrestrial plant origin. According to the element geochemistry analyzes, it was determined that the inorganic components were composed of clastics with active continental margin product, mafic magmatic origin, and low sedimentary maturation. The coal samples Show enrichment in Na, Mg, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Y and Co, depletion in Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, La, V, Pb, Hf, Th and Cu elements in NASC and PAAS normalized multi element diagrams. Moreover, all samples indicate clear positive Eu anomalies. Organic and inorganic geochemical data and organic petrographic results indicate that coal formations were deposited in an telmatic environment (flood plain swamp, shallow water marsh) where humid climatic conditions, brackish water, and C3 vegetation plants are dominant.

Keywords: Coal, Pyrolyzes, Biomarker, Depositional environment, Element geochemistry, Organic petrography.

1. GİRİŞ

Yurdumuzda bugüne kadar petrol üretimleri ve aramaları özellikle Kretase ve öncesi birimler üzerinde yapılmakta olup, daha genç birimler üzerinde arama ve üretim çalışmaları yok denecek kadar azdır. Önerilen bu proje çalışmasının iki yönlü amacı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; Denizli iline bağlı Honaz civarında yüzlek veren ve organik maddece zengin olan kömür ve bitümlü şeyllerin içermiş olduğu organik maddelerin miktarını, organik madde türünü, çökelim ortamlarını ve olgunlaşmalarını tespit ederek hidrokarbon potansiyelini belirlemektir. Diğeri ise; organik maddece zengin kayaçların iz elementleri çökel kayalara oranla daha yüksek oranlarda biriktirme özelliklerinden yararlanarak çalışma alanındaki organik maddece zengin kayaçlar içerisinde zenginleşmiş olan iz elementlerin zenginleşme oranlarını ortaya çıkartmaktır. Bu kayaçlar içerisindeki iz elementlerin (V, Ni, Co, Mo, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Au, Cr) organik madde ile ilişkileri belirlenerek, iz elementlerle çökelme ortamının jeokimyasal koşulları arasında ilişki kurulmaya çalışılacaktır.

Çalışma alanı Menderes masifinin güney kıyısında, Menderes masifi ile Anatolid-Torid platformunun sınırında yer alır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde stratigrafi, tektonik ve petrografik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Özellikle çalışmanın yapıldığı Denizli ilinin güneydoğusunda yayılım gösteren kaya türü topluluklarına yönelik eski ve yeni çalışmalar derlenmiştir.

Proje kapsamında çalışılan alan ve çevresinde gerçekleştirilen jeoloji temelli çalışmalar 1900' yıllardan günümüze kadar uzanmaktadır. Bu çalışmalar bölgenin genel jeolojik ve tektonik özellikleri (Altınlı, 1954; Şengör et al., 1984; Okay, 1989; Westaway, 1993; Sözbilir, 1995; Şenel, 1997; Sözbilir 2002), bölgedeki temel kayaçlar ve petrografik özellikleri (Ercan vd., 1983; Bilgin, 1986; Okay, 1989; Konak vd., 1990; Koralay, 2000; Semiz, 2003), Senozoyik yaşlı sedimanter kayaçlar ve çökelme ortamları (Lebküchner, 1970; Kastelli, 1971; Erentöz, 1956; Nebert, 1956; Hakyemez ve Örcen, 1982; Sarıkaya, 1986; Göktaş vd., 1989; Sun, 1990; Pekuz, 1998; Gedik ve Tunç, 2004; İslamoğlu vd., 2005; Helvacı et al., 2013), paleontolojik özellikleri (Kastelli, 1971; Taner, 1974; Hakyemez ve Örcen, 1982; Gökçen, 1985; Özer, 1998; Akgün and Sözbilir, 2001; Gedik ve Tunç, 2004; Erten, 2014), endüstriyel hammadde kaynakları (Platen, 1967; Lebküchner, 1970; Erişen, 1971; Hakyemez ve Örcen, 1982; Göktaş vd., 1989; Sun, 1990; Pekuz, 1998; Kırıl vd., 2002; Özkul vd., 2002; Bayhan ve Hasgiden, 2005; Koralay, 2014) konu başlıkları altında toplanabilir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde günümüze kadar yapılan belli başlı araştırmalar ve bunlara ilişkin sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Lebküchner (1970), Dinar'ın (Afyonkarahisar) güneyi ve Acıgöl kuzeyindeki Neojen havzasının 1/25000 ölçekli jeolojik etüdü ve Pliyosen çökellerine ait sondaj verilerini değerlendirmiştir. Araştırmacı Pliyosen çökellerini Yatağan serisi ve Limnik seri olarak iki gruba ayırmıştır. Yatağan serisinin karasal-akarsu çökellerinden, Limnik serinin bol miktarda boşluk içeren gölsel kireçtaşlarından oluştuğunu ifade etmiştir.

Erişen (1971), Denizli' nin doğusundaki Dereköy sahasının jeolojik etüdü ve jeotermik enerji imkânları hakkında yaptığı çalışmasında; konglomera, kumtaşı ve kumtaşı-marn aralanmasından oluşan birimleri incelemiştir. Karasal özellikteki konglomera ve kumtaşlarında yaş bulgusuna rastlamadığını, kumtaşı-marn fasiyesinin ise içerdiği mollusk fosillerine göre yaş aralığının Orta Eosen-Üst Oligosen olduğunu ifade etmiştir.

Hakyemez ve Örçen (1982), Denizli-Muğla arasındaki Senozoyik yaşlı sedimanter kayaçların sedimantolojik ve biyostratigrafik incelemesini yapmışlardır. Temel kayaçları üzerinde bulunan sedimanter kayaçları Akçay ve Muğla grubu olmak üzere iki grupta incelemiştir. Oligosen-Burdigaliyen yaş aralığında çökelmiş Akçay grubunun Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve Kale formasyonlarından, Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Muğla grubunun ise Turgut, Sekköy, Yatağan ve Milet formasyonlarından oluştuğunu belirlemiştir.

Ercan vd. (1983), Aydınlar (Kösten), Yukarıkaraçay (Kocapınar) ve Aşağıkaraçay köyleri çevresindeki volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemişler, bölgedeki yayılımlarını ve yakın çevredeki diğer volkanitlerle karşılaştırmalarını yapmışlardır. Araştırmacılar Üst Pliyosen yaşlı olduklarını ifade ettikleri volkanitlerin şoşonitik karakterde, bazalt, latit ve trakit bileşimli olduklarını, kıta içi riftleşme sonucu oluştuklarını ifade etmişlerdir.

Şengör et al. (1984), Ege bölgesinde yapmış oldukları çalışmalarında Likya naplarının Menderes Masifi üzerine yerleşmesine bağlı olarak gelişen bölgesel metamorfizmanın Likya naplarının alt seviyelerini de etkilemiş olduğunu, metamorfizma açısından Menderes masifi ile üzerinde yer alan naplar arasında bir süreksizlik olmadığını ifade etmişlerdir. Menderes masifinde Eosen metamorfizması dışında Pan-Afrikan kökenli eski bir metamorfizmanın varlığından bahsetmişlerdir.

Gökçen (1985), Denizli güneyindeki Kale-Yenişehir civarında yapmış olduğu çalışmasında aldığı stratigrafik kesitlerle ostrakodlara yönelik bir çalışma yapmıştır. Çalışmada ostrakodların yaşını Burdigaliyen olarak belirlemiş ve çökeltme ortamının neritik bir ortam olduğunu ifade etmiştir.

Bilgin (1986), Denizli-Babadağ dolayında Menderes masifinin temel kayaçları üzerinde yapmış olduğu çalışmada, metamorfik kayaçların yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olduklarını belirlemiştir.

Okay (1989), Ege bölgesinin en yüksek tepesini oluşturan Honaz Dağının doğuya doğru devrik büyük bir kapalı antiklinal yapısı oluşturduğunu ve antiklinalin devrik kanadı boyunca kıvrılmış ve doğuya doğru sürüklenmiş olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı Honaz Dağı ve çevresinde alttan üste doğru; Göbecik tepe birimi, Honaz şeyli, Menderes masifi, Sandak birimi ve Honaz ofiyolitinden oluşan allokon özellikte beş ana tektonik birimin bulunduğunu belirlemiştir. Bölgede Orta Eosende gerçekleşen nap yerleşimi ve metamorfizma (D1 fazı), Geç Eosen-Oligosende oluşan doğuya devrik kıvrım ve bindirmeler (D2 fazı) ve Akitanien sonrası normal faylanma (D3 fazı) olmak üzere üç ana deformasyon fazının varlığına işaret etmiştir.

Göktaş vd. (1989), Çardak-Dazkırı havzasını oluşturan Oligosen yaşlı tortul istifini Acıgöl Grubu olarak adlandırmış ve beş formasyona ayırmıştır. Bunlar alttan üste doğru sırasıyla; Armutalan Formasyonu, Çardak Formasyonu, Hayrettin Formasyonu, Tokça Formasyonu ve Bozdağ Formasyonudur. Araştırmacılar, Acıgöl Grubu' na ait tortulların Acıgöl' ün kuzey kesiminde yüzlek vermekte olduğunu ve molas karakterinde kalın katmanlı çakıltaşı-kumtaşı ve çamurtaşı bileşenlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar Hayrettin ve Tokça formasyonları içerisinde yanal devamlılıkları olmayan linyit oluşumlarından bahsetmişlerdir.

Konak vd. (1990), Acıgöl' ün kuzeyinde yapmış oldukları çalışmada, inceleme alanı temelini Bekilli Grubunun (Menderes Masifi örtü metamorfileri) oluştuğunu, bunun üzerine ise bindirmeli dokanakla Çökelez Grubunun geldiğini ifade etmişlerdir. Tersiyer' in tüm eski birimleri örttüğü ve bunlardan en altta bulunan Bayıralan Formasyonunun yaşını Üst Oligosen-Alt Miyosen olarak yorumlamışlardır.

Sun (1990), Denizli ve Uşak arasındaki karasal havzalardaki çökel dolgularını ve potansiyel linyit yataklarını araştırmıştır. Bununla birlikte, Şimşek (1984) tarafından verilen bölgenin jeoloji haritasını ve stratigrafik tanımlamaları daha ayrıntılı bir şekilde yenilemiştir.

Westaway (1993), Denizli havzasında genişlemenin başlamadan önceki döneminde çökelmenin yarı kurak iklim koşullarında depolanan kırmızı konglomera ve marnlarla başladığını ve daha sonra Orta-Üst Miyosen' de havzanın deniz seviyesi altına düşerek kireçtaşlarının çökeldiğini belirtmiştir.

Sözbilir (1995), Denizli' nin doğusu ve güneydoğusunda Denizli molası olarak tanımladığı Çaykavuştu Formasyonu ve diğer Neojen yaşlı birimlerin sedimentolojik ve tektonik özelliklerini belirlemiştir.

Şenel (1997), Batı Toroslarda Acıgöl ve civarının jeolojisi kapsamında yaptığı çalışmada, bölgede bulunan kayaç birimlerini allokton, para allokton ve neotokton olarak sınıflamış, allakton konumlu Likya naplarının bölgede Bodrum napı, Marmaris ofiyolit napı, Gülbahar napı ve Domuzdağı naplarından oluştuğunu belirleyerek, bu napları oluşturan kayaç birimlerini tanımlamıştır. Ayrıca bu napların birbiriyle olan dokanak ilişkilerini ayırtlayarak, bu napların birbirleri ile olan stratigrafi ilişkilerini ortaya koymuştur.

Özer (1998), çalışmasında, Denizli' nin güneyinde Rudistleri içeren sığ fasiyes koşullarında çökelmiş zımparalı, masif ve koyu gri renkli mermerlerin üzerine gelen, pelajik kırmızı renkli mermerlerden yapıları Kızılağaç formasyonu ile fliş tipi kayalardan oluştuğu öne sürülen Kazıklı formasyonu'nda planktonik foraminiferler ve nanoplanktonlar saptamıştır.

Pekuz (1998), Oligosen yaşlı evaporit tortullarından oluşan Kızılyer Formasyonu ile Üst Oligosen-Orta Miyosen yaşlı Çaykavuştu ve Karaçay Formasyonlarından ölçülü stratigrafik kesitler yapmış, her birimden sistematik örnekler alarak sedimentolojik ve petrografik özellikleri saptayarak, birimlerin çökeltme ortamlarını belirlemiştir. Kızılyer Formasyonundaki evaporitik çökellerde yaptığı ana element analizleri ve X-ray difraktometre sonuçlarına göre formasyonun kıyı-sabka ortamında çökeldiğini belirtmiştir.

Koralay (2000), Yeşilova ve Tefenni (Burdur) bölgelerini kapsayan çalışmasında Yeşilova ofiyolitini oluşturan mafik ve ultramafik kayaçların mineralojik ve petrografik ve jeokimyasal özelliklerini detaylı olarak incelemiştir. Ofiyolitik birim içerisindeki ultramafik ve mafik kümülatlardan bazaltlara kadar devamlı ve düzenli bir farklılaşmanın olduğu, verlitlerin aynı magmadan oluşan ilk ürünler, plajiogranitlerin ise son ürün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, inceleme alanı plajiogranitlerinin okyanusal kökenli plajiogranit olduklarını, bazaltların ise düşük potasyumlu, okyanus ortası sırtlarda gelişmiş N-MORB özelliği taşıdıkları belirlenmiştir.

Akgün and Sözbilir (2001), Kale-Tavas sedimanter birimlerinde palinolojik çalışmalar yapmışlardır. Bu birimler ile Oligosen öncesi temel birimler arasında uyumsuzluk olduğunu belirtmişler ve Oligosen yaşının Karadere ve Mortuma Formasyonları ile başlayıp, üzerlerinin Akitaniyen yaşlı Yenidere Formasyonu ile uyumsuz olarak örtüldüğünü ifade etmişlerdir.

Kıral vd. (2002), Kuyucak (Acıpayam/Denizli) ve Kocapınar (Serinhisar/Denizli) sepiyolit yataklarının özellikleri ve ekonomik durumlarını aydınlatmaya çalışmışlardır. Yatakların gösel ortamda dolomitten diyajenetik yolla ve/veya doğrudan çökelmeyle oluştuklarını belirtmiştir. Kedi toprağı olarak kullanılabilceğı belirtilen sepiyolit ve paligorskit oluşumlarının toplam rezervinin Kocapınar' da 116 359 ton, Kuyucak' ta ise toplam rezervin 200 ton (?) olduğunu ifade etmişlerdir.

Özkul vd. (2002), Denizli Grabeni genelinde güncel ve eski travertenlerde arazi ve petrografik özelliklerine göre farklı litofasiyeler tanımlamışlar, bu litofasiyelerin çökeldiğı depolanma ortamlarını ve izotop değışimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda Kuvarterner yaşlı traverten oluşumlarında dokuz litofasiyes tanımlamışlardır. Bu litofasiyelerin ¹³C izotop değeriinin ‰ 0,35 ile 6,70 arasında, ¹⁸O izotop değeriinin ‰ -6,47 ile -15,10 arasında geniş bir dağılıma sahip olduğunu, litofasiyelerin yapılarına ve ortamlarına göre izotopik olarak bir gruplaşma gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır.

Sözbilir (2002), Denizli doğusundaki Dereköy güneyinde Geç Paleosen-Eosen yaşlı metamorfik olmayan tortul istifin eski çalışmalarda Menderes Masifi'nin en üst bölümü olarak yorumlandığını, ancak son çalışmalarda Dereköy istifinin Likya melanji üzerinde uyumsuzlukla oturduğunu ve dolayısıyla bu birimlerin Menderes istifinin bir parçası olarak kabul edilemeyeceğini belirtmiştir.

Semiz (2003), Denizli volkanitlerinin çoğunluğunun lav akıntıları ve daha az olarak da tüfit ve aglomeralarla temsil edildiğini belirtmiştir. Volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal sınıflamalarında trakiandezit, bazaltik trakiandezit ve fonolitik tefrit bileşimde olduklarını ve kuzeyden güneye doğru daha bazik karakter gösterdiğini tespit etmiştir.

Gedik ve Tunç (2004), Çardak ve Tokça formasyonlarının ayrıntılı paleontolojisi ve biyostratigrafisini incelemişlerdir. Sığ denizel kırıntılı ve karbonat kayaçlarından oluşan Rupeiliyen-Alt Şattiyen yaşlı. Çardak ve Üst Şattiyen yaşlı Tokça formasyonlarının, *Nummuliidae* ve *Lepidocyclinidae* ailesinin türleri bakımından oldukça karakteristik olduklarını, Çardak formasyonu içerisinde bol olarak bulunan *Nummulites fichteli Michelotti*, *Nummulites vascus Joly & Leymerie* ve *Operculina complanata Defrance* türlerinin Akdeniz ülkeleri Rupeliyen-Alt Şattiyen yaşını karakterize ettikleri belirtmişlerdir. Tokça formasyonu içerisinde ise *Nummulites* cinsine ait türler tamamen yok olduklarını, onların yerine *Lepidocyclinidae* ailesinin bir üyesi olan *Eulepidina dilatata (Michelotti)* türünün ortaya, çıktığını belirtmişlerdir.

Bayhan ve Hasgiden (2005), Acıgöl-Isparta Yöresi (GB Türkiye) Tersiyer istifini kil mineralojisi, köken ve kaynak bölge açısından incelemiştir. Analiz sonuçlarından mineral parajenezi olarak kalsit, kil, kuvars, feldispat ve dolomit mineralleri belirlenmiştir. Kil mineraloji çalışmalarında smektit türü killerin ana kil minerali, illit türü killerin ise ikinci derecede önemli kil minerali olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca inceleme alanı içinde illit ve kloritler çevredeki metamorfik kayalardan taşınan detritik mineraller olduğunu, serpantin minerallerinin, ultrabazik kayalardan kaynaklandığı ortaya çıkarmışlardır. Kil mineralojisi çalışmalarında kırıntılı birimlere bağlı smektitlerin ise farklı kaynaklardan türeyen detritik malzemenin dönüşümü ile oluştuğunu belirtmişlerdir.

İslamoğlu vd. (2005), Batı Toroslardaki denizel Oligo-Miyosen çökellerinin biyostratigrafisini araştırmışlardır. Oligosen' e ait denizel istiflerin havzanın kuzeydoğusuna doğru gençleşmekte ve nispeten derinleşmekte olduğunu, Oligosen' e ait karasal, acı su, lagüner ve bataklık çökellerinin havzanın orta kesimlerinde, kuzeydoğusunda ve doğusunda yayılım gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Helvacı et al. (2013), Acıgöl havzasının Miyosen'den itibaren sürekli olarak tektonik, sedimantasyon, iklimsel ve kimyasal yönden çevre havzalar ile bağlantılı olarak geliştiğini belirtmişlerdir. Güncel çöküntü alanında, aktif olarak evaporasyonun sürdüğünü ve sodyum sülfat, Mg-Ca karbonat ve kil minerallerinin baskın olarak depolandığını tipik bir sığ-kalıcı playa-göl havzası niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Acıgöl havzasının zaman içinde kademeli olarak kalıcı derin bir göl ortamından geçici sığ bir playa gölü ortamına dönüştüğünü belirtmişlerdir.

Koralay (2014), Denizli civarındaki organik karbonca zengin kayaların organik jeokimyasal ve izotopik özelliklerini incelediği çalışmada; Orta-Üst Oligosen yaşlı Hayrettin Formasyonuna ait sedimanter birimleri hidrokarbon potansiyelini belirlemiştir. Çalışmada, vitrinit maseralince zengin sedimanter kayaların (0.21 - 39.61 % TOC), Tmax (400 - 437 °C) ve Ro (0.26 - 0.36 %) değerlerine göre gaz hidrokarbon potansiyelinin bulunduğunu, ancak sedimanlar yeteri kadar gömülmediğinden dolayı ısıl olgunlaşmanın olmadığını belirtmiştir. Ayrıca bu çalışmada yüksek oranda Pr/Ph, düşük C₃₅ homohopan indeks değerleri ve yüksek konsantrasyondaki C₂₉ steran biyomarker verilerinden yararlanarak çökeltme ortamı redoks şartlarının suboksik ortama işaret ettiğini, δ¹³C ve δ¹⁵N değerleriyle de organik maddece zengin kayaların turba-bataklık ortamında çökeldiğini belirtilmiştir.

Proje alanı ve çevresinde yapılan çalışmalardan farklı olarak; bu çalışmada modern çoklu analiz yöntemleri (organik petrografi incelemeleri, organik-inorganik jeokimyasal incelemeler, moleküler ve izotop incelemeleri vb.) kullanılarak, organik maddece zengin kayaçların (kömür, killi kömür ve bitümlü Şeyl) içermiş oldukları organik madde miktarları, türü, çökelim ortamları, olgunlaşma durumları belirlenmiş, olası hidrokarbon potansiyellerine yönelik yorumlar yapılmıştır. Ülkemizde hidrokarbon (kömür, petrol, gaz) araştırmaları ve üretimlerinin çoğunlukla Kretase ve öncesi jeolojik birimler üzerinde yapıldığı göz önüne alındığında, oldukça genç (Neojen) organik maddece zengin birimler üzerinde gerçekleştirilen bu projenin literatürdeki açığı kapatmaya yönelik önemli bir araştırma olduğu görülecektir.

2. MATERYAL ve METOD

Çalışma konusunu oluşturan organik maddece zengin kayaç birimlerinin bulunduğu lokasyonlarda 2015-2016-2017 dönemlerinde hava şartlarının uygun olduğu günlerde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların yapıldığı yerler; Denizli ili, Serinhihisar ilçesine bağlı Yüreğil köyü, Ayaz köyü ve Yatağan kasabası; Denizli ili, Honaz ilçesine bağlı Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü ve Denizli ili, Acıpayam ilçesine bağlı Yeşilyuva kasabasıdır. Çalışma alanının jeoloji haritası Sarıkaya (1986), Sun (1990) ve MTA (2014) M22-c1, c2 paftalarından değiştirilerek hazırlanmış ve formasyonların birbiriyle olan ilişkileri net olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. İnceleme alanında uygun yüzlelerde ölçülü stratigrafik kesitler yapılarak, sistematik örnek alımı gerçekleştirilmiş ve ayrıntılı olarak litoloji tanımlamaları yapılmıştır. Organik maddece zengin seviyelerin yatay ve düşey (1 m' den az) yayılımlarının fazla olmadığı lokasyonlarda ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK) alınmamış, nokta örnek alınımına gidilmiştir.

114Y668 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında 2015-2016-2017 dönemlerinde yapılan arazi çalışmalarında toplanan örneklere aşağıda kısaca belirtilen analizler uygulanmıştır. Proje kapsamında analizi yapılan örnek sayılarına ait bilgiler Tablo 2.1' de özetlenmiştir.

Toplam Organik Karbon (TOK)/Rock Eval analizleri Applied Petroleum Technology AS (Norveç)' de gerçekleştirilmiştir. TOK ölçümü için LecoCS-632 cihazı kullanılmıştır. Kömür ve bitümlü şeyl örneklerinden karbonatın uzaklaştırılması için, öğütülmüş haldeki örneğe sulandırılmış Hidroklorik asit (HCl) ilave edilir. Daha sonra örnek Leco fırını içerisine konur ve örnekteki karbon miktarı IR-dedektör tarafından karbon dioksit olarak ölçülür. Rock Eval piroliz analizi için HAWK cihazı kullanılmıştır. Her on örnek için Jet-Rock 1 çalıştırılmış ve ölçümler NIGOGA standartlarına göre kontrol edilmiştir.

İnce tabaka kromatografi (Iatroscan) analizi, Gaz kromatografi (GC), doymuş ve aromatik biyomarker gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS), organik petrografik analizler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO, Ankara) Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. İnce tabaka kromatografi (Iatroscan) analizi ile örneklerin doymuş hidrokarbon (%), aromatik hidrokarbon (%), asfaltin (%) ve polar bileşen (resin, %) oranları belirlenmiştir. Analiz, Iatron MK6 (TLC/FID) ince tabaka kromatografi cihazında "North Sea Oil" standardı kullanılarak yapılmıştır. Gaz kromatografi (GC), doymuş ve aromatik biyomarker gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) analizleri için TOC/Piroliz analizi sonuçlarına göre seçilmiş olan örnekler yaklaşık olarak kırk saat diklorometan (CH_2Cl_2) çözücüsü kullanılarak ASE (Accelerated Solvent Extraction) 300 sisteminde özütlenmiştir. Kolon kromatografide

asfaltten bileşenleri giderilip, silikajel alümina kolon kullanılarak ayrılmıştır. Gaz kromatografi (GC) analizi için belirlenen örnekler Agilent 6850 GC cihazında tüm özüt GC yöntemiyle CS₂ (karbon sülfür) ile seyreltilerek analiz edilmiştir (ASTM D 5307-97). Aynı örneklerin doymuş hidrokarbonlarının steran ve terpan bileşen analizleri ise Agilent 7890A/5975C gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) cihazı ile yapılarak bileşim özellikleri belirlenmiştir. Bu örneklerden beşinde aromatik hidrokarbonların genel olarak dağılımlarını görmek amacıyla aromatik biyomarker GC-MS analizi yapılmıştır.

Organik petrografik analizleri ICCP sertifikasına sahip COAL & ORGANIC PETROLOGY SERVICES PTY LTD (Avustralya) laboratuvarında yaptırılmıştır. Organik petrografi çalışmaları için parlak kesitler hazırlanarak ana maseral, alt maseral grupları, hüminit/vitrinit yansıtması ölçümü (Ro, %) ve mikrofotograf çekimleri gerçekleştirilmiştir.

X-Ray Difraktometre (XRD) tüm kaya ve kil analizleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO, Ankara) Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. X-Işınları Difraktometre (XRD) tüm kaya ve kil analizleri için seçilen örnekler öğütülerek XRD tüm kaya analizleri yapıldıktan sonra, öncelikle karbonatlardan arındırılmış ve sonrasında kil plakeleri hazırlanarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örnekler etilen glikol buharı ile 8 saat doyurularak, 550°C' de 2,5 saat fırınlanarak üç farklı XRD kil mineral analizine tabi tutulmuştur. XRD tüm kaya ve kil mineral analizlerinin gerçekleştirildiği aletsel koşullar şöyledir; Rigaku D/Max-2200 Ultima+/PC marka jeneratör, Cu tüp, 40 kV gerilim, 20 mA akım, (CuK α_1) 1.54 Å dalgı boyu ve 1°/dk (0.5°/dk kil analizleri için) tarama hızı kullanılmıştır.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDS) analizleri ile örneklerin içerdiği sülfid mineralleri belirlenmiş ve mikrofotografı çekilmiştir. SEM-EDS çalışmalarına başlamadan önce farklı lokasyonlara ait kömür parça örneklerin (~15 g) yüzeyinde numuneye ait olmayan, toz, kir vs kalmaması için basınçlı hava ile temizlenmiş, doğal olarak kuruması için desikatörde bekletilmiştir. Temizlenen ve kuruyan örnekler ince ve iletken bir tabaka ile (altın kaplama) kaplanarak görüntülemeye hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan örneklerin SEM fotoğraf çekimi ve EDX analizleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (Rize) Merkez Araştırma Laboratuvarında JEOL marka JSM 6610 model mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen örneklerin bileşimsel analizleri SEM cihazına monte edilmiş olan, Oxford Inca X-Act Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDS) cihazı ile belirlenmiştir.

Ana oksit, iz element ve Nadir Toprak Element (NTE) analizleri için farklı lokasyonlardan alınan sistematik kayaç örnekleri, çeliğe göre iki kat kadar yüksek dayanıma sahip Tungsten-Carbid (WC) bileşimli halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilmiştir. Her öğütme sonrası halkalı değirmen asetona ile temizlenmiş ve örneklerin birbiri ile karışması engellenmiştir. Daha sonra toz halindeki örnekler ağzı kilitli poşetlere konularak ACME Analytical Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. ACME Analytical Lab.' da yapılan analizler ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde 0,5 gr toz haline getirilmiş toz örnekler 3 ml'lik 2-2-2 oranında HCl-HNO₃-H₂O karışımında, 95 °C sıcaklıkta ayrıştırılmış ve ICP-MS tekniği kullanılarak analizler tamamlanmıştır.

Palinolojik incelemede kullanılan örnekler Direnç Jeolojik Danışmanlık şirketi tarafından hazırlanmıştır. Örnekler öncelikle HCl (hidroklorik asit) ve HF (hidroflorik asit) asit aşamasından geçirilmiş ve organik materyalin temizlenmesi amacıyla Schulze çözeltisi (HNO₃+KClO₃) ve KOH (Potasyum Hidroksit) sırasıyla uygunlaşmıştır. Her bir örnek için ortalama 2'şer lam hazırlanmış, örneklerin palinolojik incelemeleri LEICA DM-2500 araştırma mikroskobu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. İncelemeler genellikle 400 ve 1000 büyütme objektifleri kullanılarak yapılmıştır. Her bir örnek için, 50 ile 242 arasında birey sayılmıştır. Sayım sonuçları yüzde değerlerine dönüştürülmüştür. Elde edilen yüzde değerleri istatistiksel bir program olan TILIA programına uygulanmıştır. Ayrıca seçilmiş sporomorfardan bir levha hazırlanmıştır.

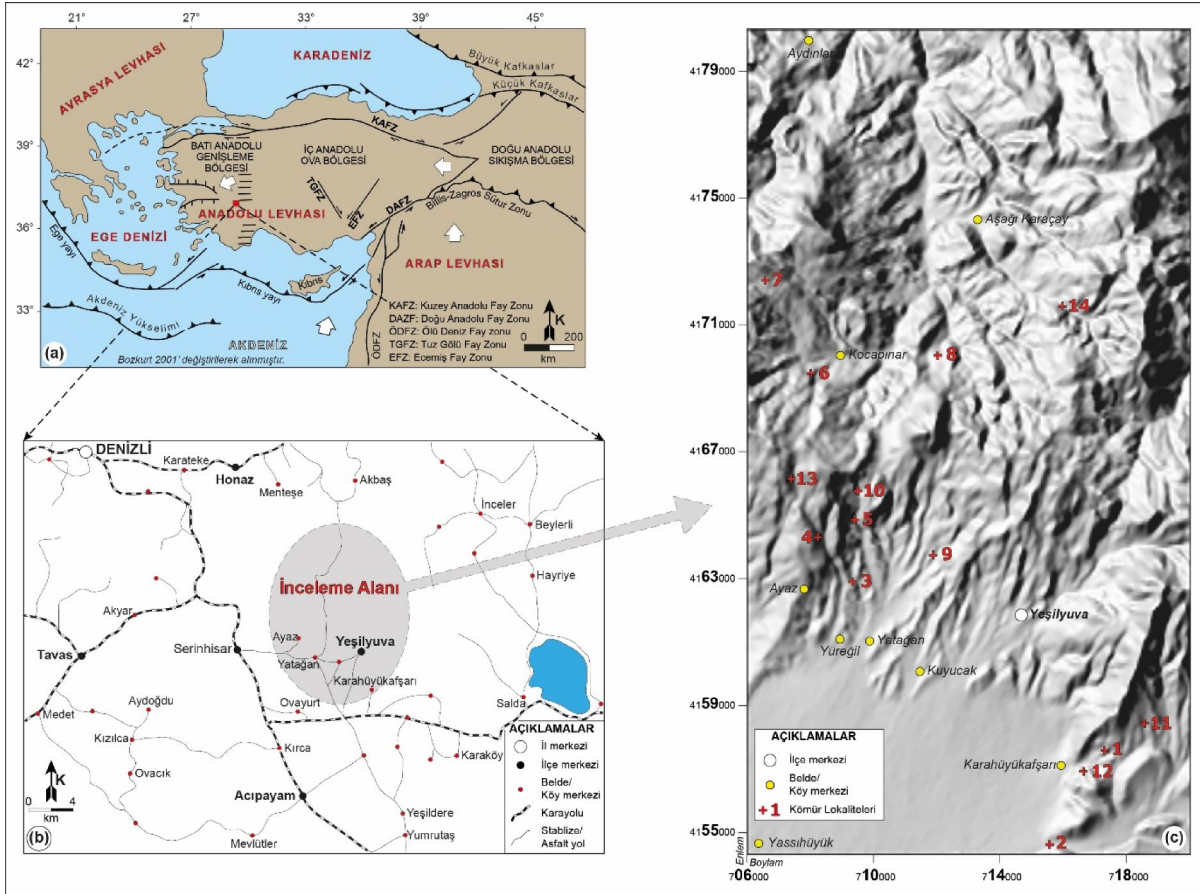
Karbon, sülfür, nitrojen ve hidrojenin duraylı izotop kompozisyonları biyomarkerlarla birlikte organik madde tipi ve çökme ortamının belirlenmesinde ve ayrıca petrol-petrol, petrol-kaynak kaya deneştirmelerinde yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Farklı lokasyonlardan sistematik olarak alınan organik maddece zengin örneklerin $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop içerikleri İngiltere'deki Iso-Analytical Limited laboratuvarında sürekli akış-izotop oranı kütle spektrometresi (EA-IRMS, Elemental Analyser - Isotope Ratio Mass Spectrometry) kullanılarak ölçülmüştür. Toz halindeki örnekler temiz Exetainer™ tüplerine konulmuş, örneklerin sahip olduğu doğal nemin giderilmesi için ilgili analiz süreçleri işletilerek duraylı izotop bileşimleri belirlenmiştir. Duraylı izotop analizlerinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla $\delta^2\text{H}$ izotop analizleri için IA-R002 (mineral oil, $\delta^2\text{H}_{\text{V-SMOW}} = -111.2 \text{ ‰}$), $\delta^{13}\text{C}$ izotop analizleri için IA-R001 (wheat flour, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -26.43 \text{ ‰}$), $\delta^{15}\text{N}$ izotop analizleri için IA-R001 (wheat flour, $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 2.55 \text{ ‰}$), $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizleri için IA-R006 (cane sugar, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} = 35.23 \text{ ‰}$) ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri için IA-R061 (barium sulfate, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +20.33 \text{ ‰}$) referans materyalleri kullanılmıştır.

Tablo 2.1. Proje kapsamında çalışılan lokasyonlar, alınan örneklerin sembolleri ve GPS koordinatları, örneklere uygulanan analiz teknikleri ve bu analizlerde kullanılan örnek sayıları.

Lokalite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Örnek kodu	KHA	MD	TRY / YRG	AYK	YTK / YTOK	KP	GKP	KRÇ	T	YTA / YTAC	KKLP	KINC	ÇD	BDR
GPS Koordinatları	0717284 4157327	0714998 4153782	0709292 4162628	0708195 4164054	0709354 4164587	0707963 4169222	0705971 4172166	0711999 4169774	0712053 4162757	0709475 4165444	0718474 4158027	0716761 4156730	0707266 4164572	0715837 4171204
Toplam Örnek Sayısı	22	2	6/5	20	34/9	18	23	4	1	5/5	4	3	3	2
TOC/Rock Eval analizi	13	2	6/3	17	17/4	8	10	-	1	3/3	2	2	2	1
İnce tabaka kromatografi analizi (Iatroscan)	4	-	2/-	3	3/-	3	4	-	-	-	-	-	-	-
Toplam özüt gaz kromatografi analizi (GC)	4	-	2/-	3	3/-	3	4	1	-	1/1	1	-	1	1
Doymuş Biyomarker GC-MS analizi	4	-	2/-	3	3/-	3	4	-	-	1/1	1	-	1	1
Aromatik Biyomarker GC-MS analizi	2	-	-/-	-	-/-	-	3	-	-	1/1	1	-	1	1
Organik Petrografik Analizler	3	-	2/-	2	3	3	3	-	-	2/1	2	-	1	-
Palinoloji	-	-	1	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-
XRD Tüm Kayaç ve Kil Analizleri	3	-	1/-	3	3/-	2	3	-	-	-	-	-	-	-
SEM-EDS Analizleri	1			1	2	-	-	-	-	2	1	-	-	-
Tüm Kayaç Ana, İz ve NTE ICP-MS Analizleri	11	1	3/1	13	7/-	7	7	1	1	3/3	2	1	2	1
$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$ İzotop Analizleri	6	1	3/1	7	6/2	5	9	-	-	5	2	-	2	-

3. BÖLGENİN JEOLJİK VE TEKTONİK YAPISI

İnceleme alanı Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içerisinde bulunana Denizli il sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1a). Proje kapsamında kömür oluşumları belirlenen alanlar Denizli ili Serinhisar ilçesine bağlı Yüreğil köyü, Ayaz köyü ve Yatağan kasabası; Honaz ilçesine bağlı Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü ile Acıpayam ilçesine bağlı Yeşilyuva köyü ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 3.1b, c). Yüreğil, Ayaz, Yatağan, Kocapınar ve Yeşilyuva'nın Denizli merkezine uzaklıkları sırasıyla; 20 km, 32 km, 47 km, 30 km ve 58 km' dir. 1/25 000 ölçekli Denizli M22 c1, c2, c3 ve c4 paftalarını içine alan inceleme alanı yaklaşık 350 km² lik alanı kapsamaktadır.



Şekil 3.1. a) Türkiye'nin tektonik yapıları (Bozkurt, 2001) b) yerbulduru haritası c) 3 boyutlu yükseklik haritası.

Jeolojik açıdan oldukça karmaşık yapının görüldüğü proje çalışma alanları Westaway (1990; 1993) tarafından Denizli Grabeni olarak tanımlanan çöküntü alanınının 30 km güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.1b). Denizli Grabeni ve çevresinde görülen jeolojik birimler yaşlıdan

gence doğru; Paleozoyik - Mesozoyik yaşlı metamorfitletler (Menderes Masifi), Mesozoyik yaşlı Likya napları, Miyosen - Pliyosen yaşlı Neojen çökelleri (karasal ve/veya gösel karakterli konglomera, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı, marn ve silttaşı aralanmaları) ve Kuvaterner yaşlı çökellerdir (alüvyon, yamaç molozu, traverten) (Sun, 1990; Erten, 2014).

Menderes Masifi ve Likya naplarına ait litolojiler bölgenin temel kayalarını oluşturmaktadır. Menderes Masifinde iki stratigrafik düzey ayırt edilmektedir. Bunlar; ileri derecede metamorfizmaya uğramış gözlü gnays, migmatit, amfibolit ve ekloit kayalarından oluşan çekirdek seviyesi ve bu seviyeyi örten kuvarsit, mikaşit, fillat ve mermerlerden oluşan örtü seviyesidir (Oberhanslı et al., 1997; Yılmaz vd., 1998; Koralay vd., 2011).

Likya napları Triyas-Üst Kretase yaşlı ofiyolit ve sedimanter/metasedimanter birimlerden oluşmaktadır. Denizli Grabeni içerisinde grabenin güneydoğusunda yaygın olarak görülen Likya Napları şeyl, kumtaşı, konglomera, kuvarsit, kireçtaşı, dolomit ve serpantinleşmiş peridotit türü kaya birimleri tarafından temsil edilmektedir (Konak vd., 1990).

Denizli Grabeni ve çevresinde görülen sedimanter kayalar Şimşek (1984), Ercan vd. (1978) ve İslamoğlu vd. (2005) tarafından tanımlanmış olup, Oligosen' den Kuvaterner'e kadar değişen yaş aralığında çökelmiştir. Sedimanter birimler genellikle molas olarak nitelendirilen (tektonik rejim sonrası oluşan akarsu, alüvyon yelpazesi, yelpaze deltası ve denizel çökeller) çökeller ve traverten oluşumlarından meydana gelmektedir. Oligosen denizine ait denizel çökeller Denizli havzasının genellikle kuzey ve kuzeydoğusunda yer alırken, Erken Miyosen denizel çökelleri havzanın güney ve güneydoğusunda görülmektedir. Erken Miyosen çökelleri Oligosen ile uyumsuzdur. Kuvaterner yaşlı traverten oluşumları Kocabaş ve Belevi çevresinde, 450-1000 m yükseklikler arasında yüzlek verirler (Özkul vd., 2002).

Havzadaki Oligosen - Erken Miyosen yaşlı birimlerin çökelimini etkileyen ve molas karakteri kazanmasına neden olan tektonik rejim paleotektonik dönemle neotektonik dönem arasındaki geçiş döneminde gelişmiştir (Koçyiğit, 1984). Birbiri üzerine gelmiş birden fazla nap yapısının görüldüğü bölgede Honaz dağının doğusundan geçen ve temel birimler ile Çameli Formasyonu' nun dokanağında yer alan büyük fayın dışında hemen bütün faylar küçük ve düşey atımlıdır. Faylar çoğunlukla K-G doğrultuludur. Kocapınar ve Kuyucak köyleri çevresinde geniş yüzeylenmeleri olan sedimanter birimler genelde doğu-güneydoğuya eğimli tabakalar halinde görülmektedir. Yer yer yayvan antiklinal ve senklinal yapıları ile 35°-40° geçmeyen eğimler görülebilmektedir (Şenel, 1997; İslamoğlu vd., 2005).

3.1. Çalışma Alanlarının Stratigrafisi

Çalışma alanında temel kayaçlarını Menderes Masifi (Üst Triyas-Liyas yaşlı Çatalca Tepe Kireçtaşı, Jura-Kretase yaşlı Büyüksivri Tepe Kireçtaşı) ve Likya Napları (Üst-Jura-Alt Kretase yaşlı Honaz Ofiyoliti, Alt Kertase-Alt Eosen yaşlı Karatepe Melanjı) oluşturmaktadır. Temel kayaçları birbiri üstüne bindirmiş, naplı bir yapı göstermektedir. Temel kayaçları üzerine uyumsuzlukla Oligosen yaşlı Bayıralan Formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kızılburun Formasyonu, Pliyosen yaşlı Yatağan Formasyonu ve Üst Pliyosen? yaşlı Denizli volkanitleri gelmektedir. Kuvaterner yaşlı çökeller temel kayaçlarını ve sedimanter birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 3.2) (Okay, 1986; Sarıkaya, 1986; Sun, 1990; MTA 2014).

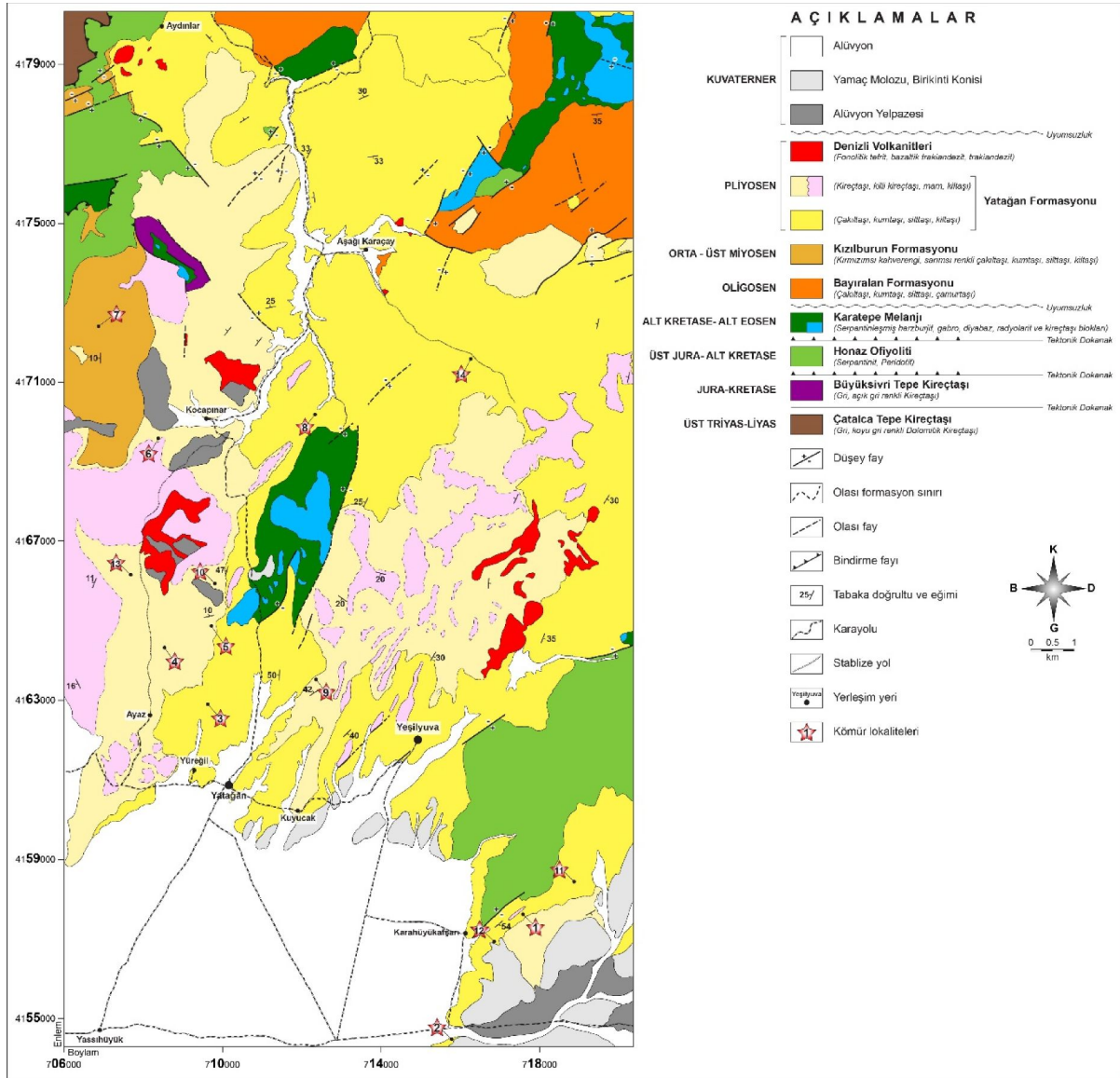
Çalışma alanında görülen birimlerin adlandırmalarında ve tanımlamalarında daha önceki çalışmacıların önerdiği adlar (örneğin; Çatalca Tepe Kireçtaşı, Honaz Ofiyoliti, Yatağan Formasyonu, Denizli Volkanitleri gibi) aynen alınmış olup, bu proje çalışmasının amacının dışında kalacağı düşünüldüğü için yeni birim adlandırmasına ve tanımlamasına gidilmemiştir. Bununla birlikte birimler hakkında bilgi verilirken önceki araştırmacılar tarafından yapılan adlandırmalara da yer verilmiştir. Kömürleri oluşturan inorganik bileşenlerin çalışma alanında görülen yaşlı birimlerden türediği düşünüldüğü için bu birimlerin mineralojik ve petrografik özellikleri hakkında kısaca bilgi verilmesi uygun görülmüştür.

3.1.1. Çatalca Tepe Kireçtaşı

Başlıca masif, kalın tabakalı ve seyrek çört yumruları içeren dolomitik kireçtaşlarından oluşan birime ilk kez Okay (1986) Çatalca tepe kireçtaşı adını vermiştir. Formasyonun ismi Denizli'nin güneyindeki Çatalca tepeden gelmektedir. Birim genellikle gri, koyu gri renkli, masif-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Petrografik olarak mikrit, dismikrit ve biyomikrit özelliğinde olan kireçtaşları, hafif derecede metamorfizmaya uğramıştır (Okay, 1986). Çatalca tepe kireçtaşı Sarıkaya (1986)'nın Üst Triyas - Liyas yaşlı dolomit'i ve Pekuz (1998)'un Kızılyer Formasyonu ile deneştirilebilir özelliktedir. Birimin yaşı Sarıkaya (1986)'ya göre Üst Triyas - Liyas olup, üzerine tektonik dokanakla Büyüksivri tepe kireçtaşı gelir.

3.1.2. Büyüksivri Tepe Kireçtaşı

Kalın tabakalı, masif, yer yer laminalı, gri, açık gri renkli, ince taneli kireçtaşlarından oluşur. Birim ilk kez Okay (1986) tarafından Büyüksivri tepe kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Kireçtaşları içerisindeki gastropod ve rudist fosillerine dayanılarak formasyonun yaş aralığı Triyas - Üst Kretase olarak belirtilmiştir Okay (1986). Sarıkaya (1986)'nın yaptığı çalışmada Sivritepeler Formasyonu olarak adlandırılan birimin yaşı Jura - Kretase olarak ifade edilmiştir. Büyüksivri Tepe kireçtaşı üzerine uyumsuzlukla Honaz Ofiyoliti gelmektedir.

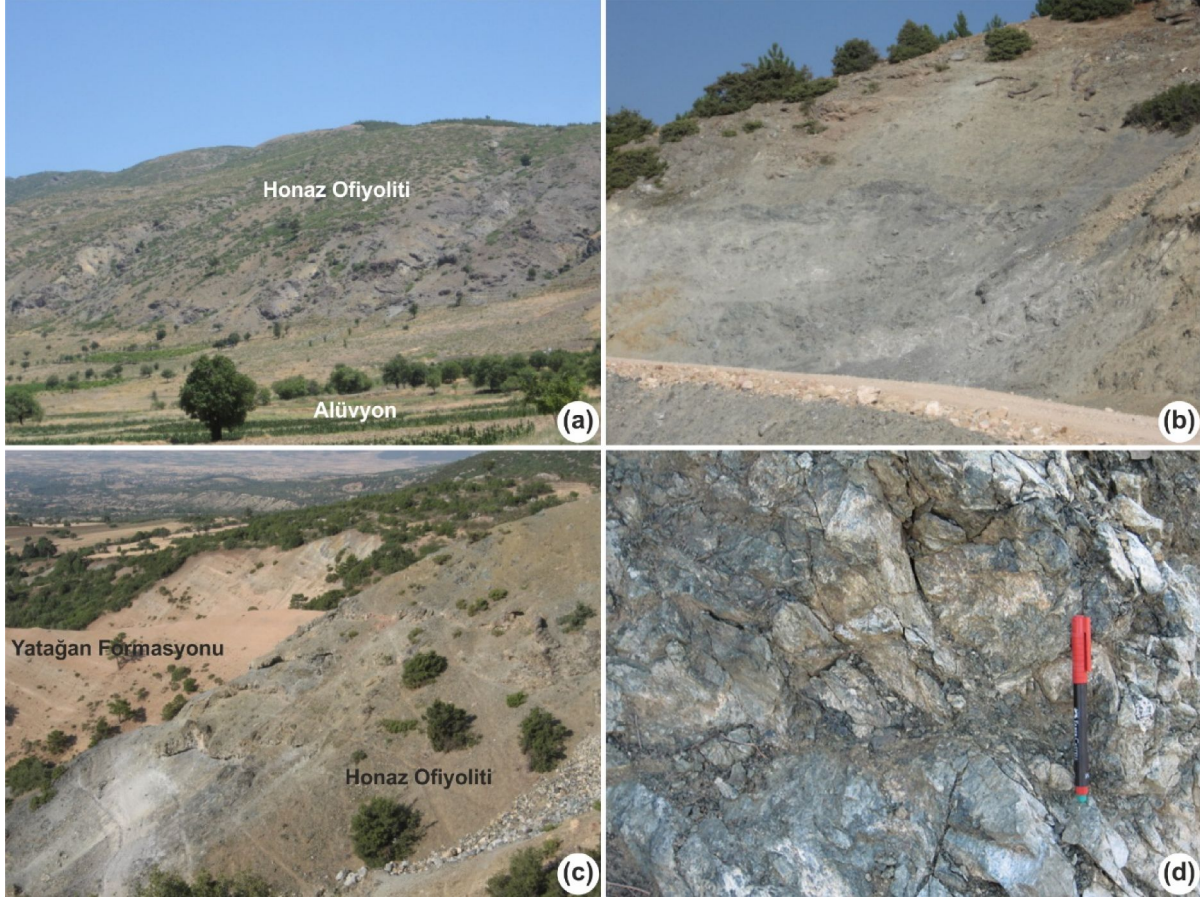


Şekil 3.2. Yeşilyuva-Yatağan-Aşağıkaraçay (Denizli) çevresinin jeoloji haritası (Sarıkaya (1986), Sun (1990) ve MTA (2014) M22-c1, c2 paftalarından değiştirilerek alınmıştır).

3.1.3. Honaz Ofiyoliti

Honaz Dağı' nın doğusunda geniş yayılıma sahip olan birime Okay (1986; 1989) tarafından Honaz Ofiyoliti adı verilmiştir. Honaz Ofiyoliti serpantinleşmiş harzburjit, serpantinleşmiş dünit, gabro, bazalt bileşimli ultramafik-mafik kayalar ile mikrogabro ve diyabaz bileşimli dayklardan oluşmaktadır. Ultramafik kayalar atmosferik oksidasyon nedeniyle arazide kırmızımsı, sarımsı kahverengi görünümündedir. Taze kırık yüzeyleri açık yeşil-yeşil tonlarında olup, serpantinleşmiş örnekleri koyu yeşil-siyah renklerde görülürler (Şekil 3.3). Honaz ofiyoliti çalışma alanında Kocapınar köyünün batısında Asar tepe doğusunda ve Yeşilyuva kasabası

doğusunda gözlenmektedir. Honaz Ofiyoliti, Kastelli (1971) tarafından serpantinleşmiş peridotitler, Çakmakoğlu (1990) tarafından ultrabazik kayalar olarak adlandırılmıştır. Honaz Ofiyolitinin yerleşim yaşı Özpınar (1995)' a göre Üst Eosen - Oligosen arası bir dönem olarak belirtilmiştir.



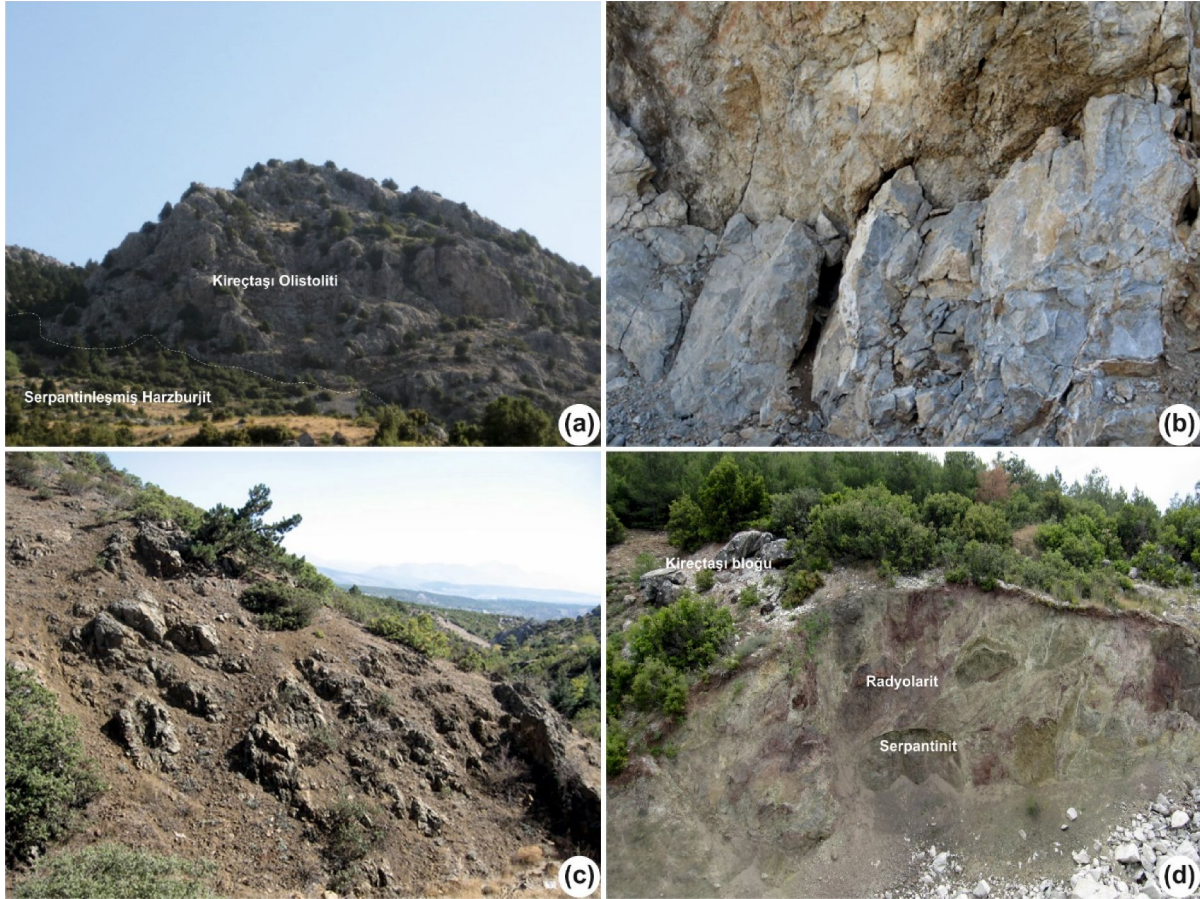
Şekil 3.3. a) Honaz Ofiyolitinin arazi görünümü (bakış yönü kuzey'e) b ve c) serpantinleşmiş harzburjitlerin arazi görünümleri (bakış yönleri batı'ya) d) harzburjitlerin kırık yüzeyleri boyunca gelişmiş manyezit oluşumları.

3.1.4. Karatepe Melanjı/Formasyonu

Karatepe Melanjı/Formasyonu ilk kez Erişen (1971) tarafından Karatepe mevkiinde tanımlanmış ve şist - radyolarit - serpantin- hornştayn birlikteliği olarak adlandırılmıştır. Arazide yeşilimsi ve mavimsi yer yer de kırmızı, kahverengi renklerde gözlenen Karatepe Melanjı, ilksel yapısı bozulmuş ve yoğun bir şekilde serpantinleşmiş harzburjit ve serpantin matrisi içerisinde gabro, diyabaz daykları, radyolarit, çörtlü kireçtaşları ile neritik ve pelajik kireçtaşı bloklarından oluşur (Şekil 3.4). Melanjın matrisini oluşturan serpantinler arazide yumuşak bir

topoğrafya oluştururken, kireçtaşı bloklarının olduğu yerler çıkıntılar, kafalar oluşturmaktadır (Şekil 3.4a). Melanj içerisindeki gri/bej renkli kireçtaşı blokları (olistoliteri) peridotit, gabro, dünit, harzburjit, serpantinit ve diyabaz gibi okyanusal kabuğa ait ofiyolitik kayaların içerisinde kısmen gömülü olarak bulunmaktadır. Bazı kireçtaşı bloklarında kalınlıkları 1-2 cm ile 15-20 cm arasında değişen çört (kuvarsit) bantlarının varlığıyla tanımlanabilen tabakalı bir yapı görülmektedir (Şekil 3.4b).

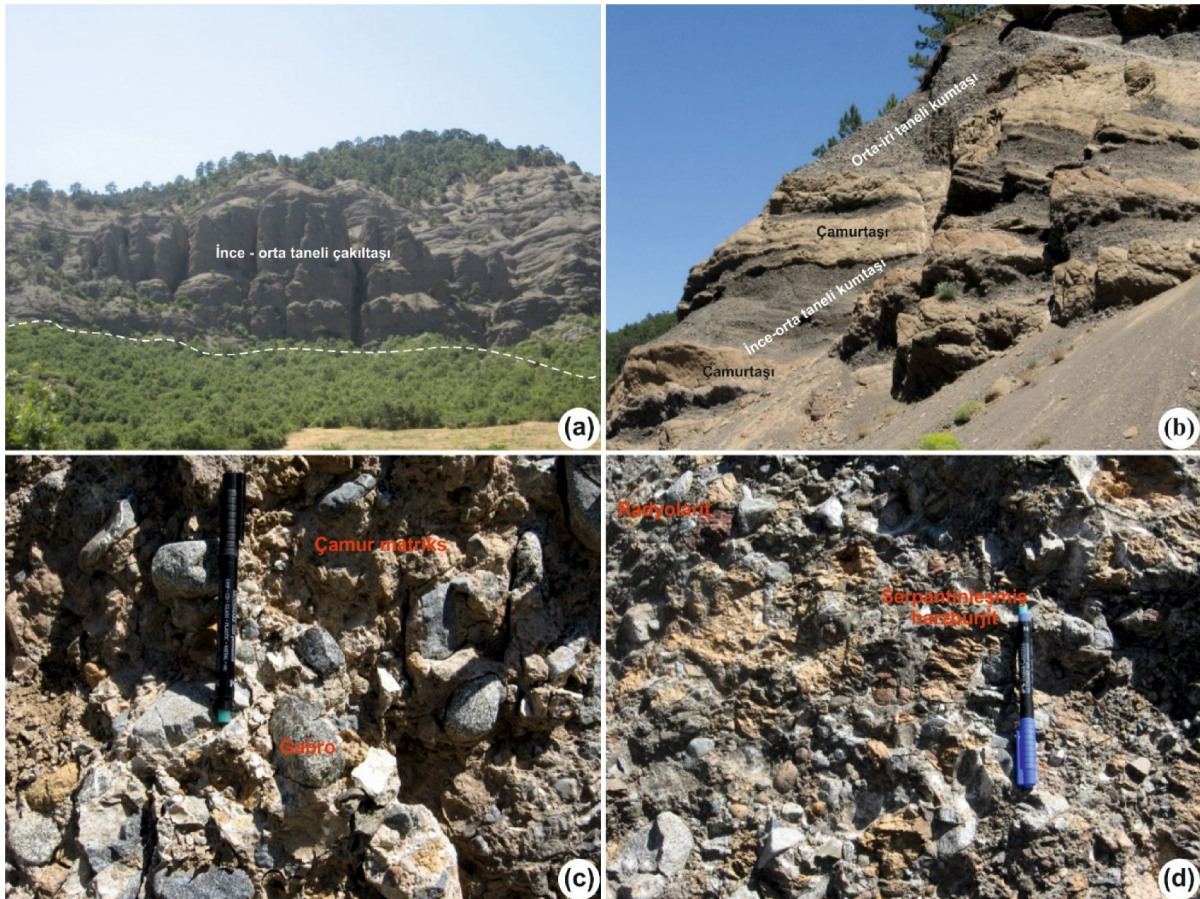
Karatepe melanjı üzerine açısız uyumsuzlukla, kumtaşı, silttaşı ve kireçtaşlarından oluşan Oligosen yaşlı Bayıralan Formasyonunun geldiği göz önünde alınırsa bu birimin yerleşim yaşı Oligosen öncesi bir dönemde muhtemelen Paleosen - Oligosen arasında bir dönemde gerçekleşmiş olmalıdır. Bölgesel deneştirmelere göre birimin yerleşim yaşının Eosen sonu olduğu söylenebilir (Konak vd., 1990).



Şekil 3.4. a) Karatepe Melanjı içerisinde görülen kireçtaşı olistolitinin genel görünümü (bakış yönü kuzeydoğu'ya) b) Kireçtaşı biriminin yakından görünümü c) bazalt/diyabaz bileşimli volkanik kayalar (bakış yönü güneydoğu'ya) d) serpantinit ve radyolarit matris (bakış yönü kuzeydoğu'ya).

3.1.5. Bayıralan Formasyonu

Beyazımsı bej, kirli sarı, yeşilimsi gri renkli kumtaşı ve yer yer ince kömür ara seviyeli silttaşı ve kiltaşından oluşan birim ilk kez Konak vd. (1990) tarafından Bayıralan Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Formasyon ince-orta taneli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, çamurtaşı litolojilerinden oluşmaktadır (Sun, 1990). Formasyonun alt kesimlerinde silttaşı ve kiltaş egemen kayaç birimleri iken üst kesimlere doğru ince kömür tabakaları görülmektedir. Formasyonun yaşı Üst Oligosen - Alt Miyosen olarak belirlenmiştir (İslamoğlu vd., 2005). Pekuz (1998) bu formasyonu Çaykavuştu Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bayıralan Formasyonu kırmızımsı renkte radyolarit, sarımsı kahverengi renkli serpantinleşmiş harzburjit, koyu gri renkli mikritik kireçtaşı, gabro ve diyabaz bileşimli orta-iri taneli çakıltaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.5a, c, d). Ayrıca çakıltaşları içinde çamurtaşı-ince taneli kumtaşı ara tabakaları görülmektedir (Şekil 3.5b). Bu çalışmada Konak vd. (1990)' nin çalışmasına sadık kalınarak Bayıralan Formasyonu teriminin kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 3.5. a) Bayıralan Formasyonunun kalın tabakalı çakıltaşlarının arazi görünümü (bakış yönü batı'ya) b) orta-iri teli kumtaş birimi içerisinde görülen çamurtaşı seviyeleri (bakış yönü kuzeydoğu'ya) c ve d) formasyon içerisinde görülen farklı bileşimli kayaç litolojileri.

3.1.6. Kızılburun Formasyonu

Çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve silttaşının egemen olduğu çökel istifine Şimşek (1984) tarafından Kızılburun Formasyonu adı verilmiştir. Birim çalışma alanında, Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü ve Aşağıkaraçay kasabası etrafında ve Yeşilyuva kasabasının kuzeydoğusunda yayılım göstermektedir. Formasyon, tabanda kötü boylanmalı bloklu çakıltaşı, kaba kumtaşı ile başlar. Çakıllar az ya da yarı yuvarlaktır. Çakıltaşının elemanları genellikle ultrabazik kayalar, serpantin, şist, mermer, kumtaşı ve kuvarsittir (Şekil 3.6). Tabanda yer alan çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kaba kumtaşlarının alüvyon yelpaze ürünleri olduğu düşünülmektedir. Formasyon içerisinde görülen masif kumtaşlarında yer yer küresel ayrışma yapıları görülmektedir (Şekil 3.6b). Bu çökeller üzerinde örgülü akarsuların oluşturduğu açık sarı renklere çakıllı kumtaşı ve kumtaşı serisi gelir. Gerek alüvyon yelpazesi gerekse örgülü akarsu çökelleri kırmızımsı kahverengiyle oksijenli bir ortama işaret eder (Sun, 1990). Formasyon üste doğru menderesli akarsu ortamında oluşan, grimsi yeşil renkli, kil-silt boyutunda çökellere geçer ve kömür içeren killi kireçtaşı seviyeleri görülür (Şekil 3.6e, f). Bu seviyenin, taşkın ovası ortamında bulunan geçici göllerin ürünü olduğu düşünülmektedir (Sun, 1990). Killi kireçtaşı seviyesini, konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve killi kireçtaşından oluşan seviye izler ve daha sonra ikinci linyit horizonu gelir. Bu horizonun tabanında grimsi yeşil renkli kiltası ve silttaşı yer almaktadır. Her iki linyit horizonu üstünde bol gastropod fosilli killi kireçtaşları bulunur. İkinci linyit seviyesinde killi kireçtaşları üzerine çakıltaşı ve kumtaşı gelmektedir. Killi kireçtaşı seviyelerinin kalınlıklarının az olması ve ortamda çakıltaşlarının varlığı sebebiyle, yukarıda da bahsedilen taşkın ovası göllerinin sığ ve geçici olduğu söylenebilir (Sun, 1990). Formasyonun üst kesimlerine doğru tane boyu giderek incelik ve karbonat miktarı artar. Kızılburun Formasyonu alüvyon yelpazesi çökelleriyle başlar, örgülü akarsu çökelleriyle devam eder ve menderesli akarsu çökelleriyle de son bulur (Sun, 1990). Linyit çökelimlerine, taşkın ovasındaki asılı yük malzemesinin biriktiği, bataklık ortamlarında rastlarız.

Kızılburun Formasyonunun yaşı Kastelli (1971)' e göre Alt Pliyosen' dir. Sun (1990)' a göre formasyonun yaşı Üst Miyosen' dir. Erten (2014), Kızılburun Formasyonu içerisindeki mikromemeli fosil bulgularını göz önüne alarak formasyonun yaşını Orta-Üst Miyosen olarak belirlemiştir.

Uysallı (1970), Kızılburun Formasyonunu Pliyosen' in en üst seviyesi olarak yorumlayarak herhangi bir adlama yapmamıştır. Formasyon Kastelli (1971) tarafından Kızıl Seri, Taner (1974) tarafından kırmızı kaide konglomeraları, Pekuz (1998) tarafından Karaçay Formasyonu olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.6. Kızılburun Formasyonu içerisinde görülen a, c ve d) sarımsı kahve, yeşilimsi gri renkli çakıltaşı, kumtaşı birimleri (a ve c için bakış yönleri kuzey'e) b) masif kumtaşlarında görülen küresel ayrışma e) sarımsı kahve renkli ince taneli kumtaşı silttaşı ardalanması (bakış yönü kuzey'e) f) formasyon içerisinde görülen yanallı devamlılığı olmayan kömür damarları(bakış yönü güneydoğu'ya).

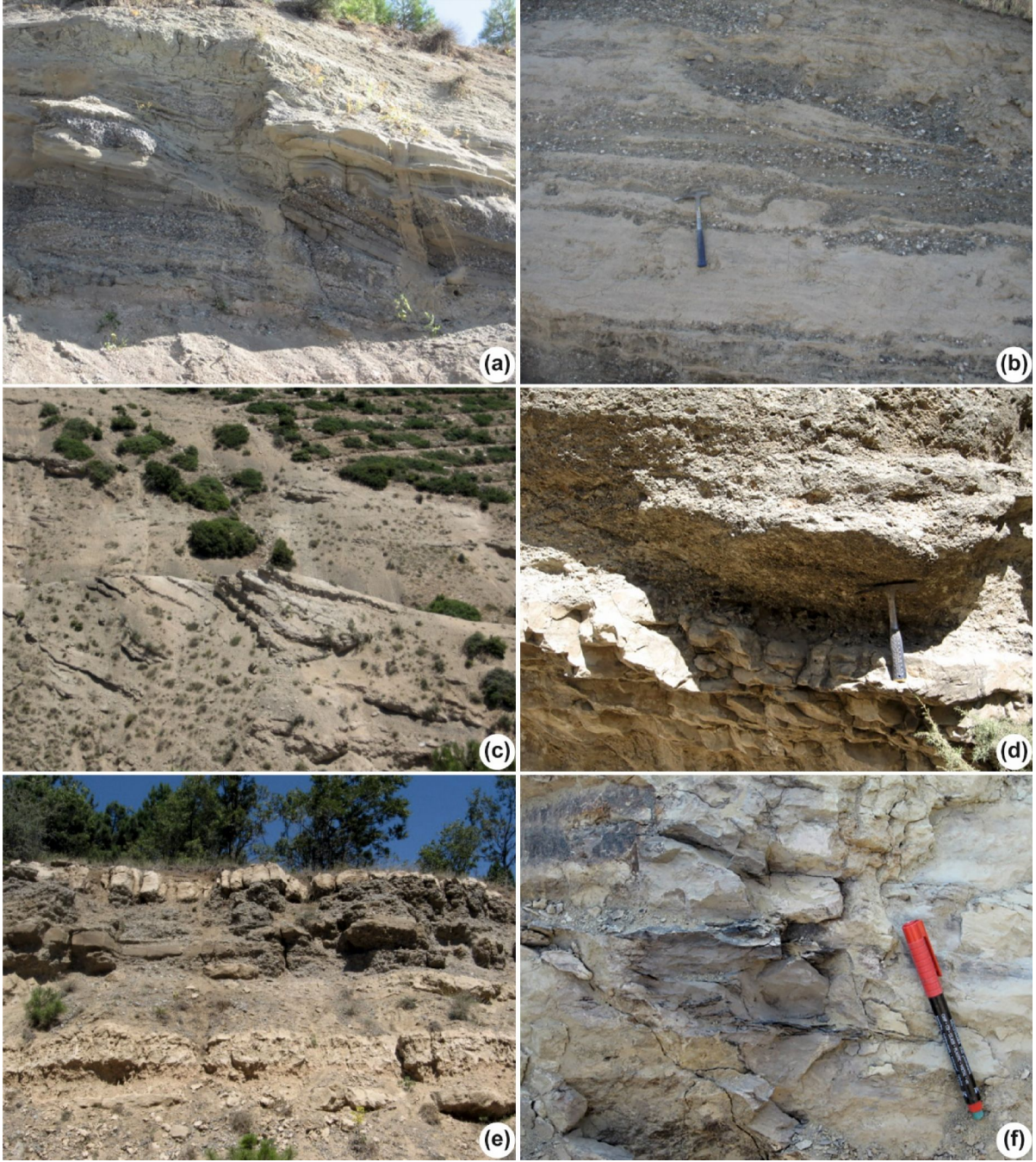
3.1.7. Yatağan Formasyonu

Honaz Dağı'nın doğu ve kuzeyinde geniş yüzlekler veren Yatağan Formasyonu ilk kez Okay (1986) tarafından tanımlanmıştır. Yatağan Formasyonu kırıntılı (çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı ve kiltası) ve karbonat kayaçlar (kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltası) olmak üzere iki farklı litolojiden meydana gelmiştir.

Yatağan Formasyonun çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı ve kiltaları ilk kez Sözbilir (1995)' in Çaykavuştu Formasyonu olarak adlandırdığı birim ile deneştirilebilir. Çakıltaşları içinde kumtaşı ara katkıları gözlenmektedir. Taneler kötü boylanmalı olup, serpantin ve diyabaz bileşimli kayaç litolojilerinden oluşmakla birlikte az oranda kireçtaşı ve çört çakıllarına da rastlanmaktadır. Bu seviyenin üst kısımlarında kırmızı renkli çamurtaşı ve bunların ara seviyelerinde de kumtaşları gözlenmektedir (Pekuz, 1998). Birimi oluşturan tortullar, genellikle çok kaba taneli, yersel bloklu, kötü boylanmalı ve gevşek tutturulmuş ara madde destekli tortullar içermesinden dolayı, alüvyon yelpaze ortamına işaret etmektedir (Şekil 3.7) (Pekuz, 1998).

Kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltaları Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü güneyi ve kuzeyinde yaygın olarak görülmektedir. Yatağan Formasyonunun karbonat kayaçları Şimşek (1984) tarafından Sazak Formasyonu olarak adlandırılan birim ile deneştirilebilir özelliktedir. Sun (1990) çalışmasında; birimin tabanda çakıltaşı ardalanmaları gözlenen karbonat çimentolu kumtaşlarıyla başlayıp görsel killi kireçtaşı ile devam ettiğini, kalınlığının yaklaşık olarak 250-300 m olduğunu ve birimin en belirgin özelliğinin sülfat mineralleri içerdiğini belirtmiştir. Birimin üst seviyelerinde kireçtaşları ile ardalanmalı yeşilimsi kiltaları gözlenir. Mat beyaz-krem renkli kiltaları kireçtaşları ile ardalanmalıdır. Bazı bölgelerde birim kiltası-siltaşı, çamurtaşı, ince kumtaşı ve tüfit ara düzeyleri içeren marn, killi kireçtaşı ve traverten olarak gözlenir ve linyit laminaları içeren, zeytin yeşili renkli, ince çamurtaşı katmanları mevcuttur (Şekil 3.8) (Sun, 1990). Killi kireçtaşı, marn ve kiltalarına ilave olarak birim evaporasyon ürünü olan sülfat mineralleri içermekte olup, birimin düşük enerjili ve fazla derin olmayan bir tatlı su gölü ortamında çökeldiği belirlenmiştir (Sun, 1990).

Yatağan Formasyonu Orta - Üst Miyosen yaşlı Kızılburun Formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelirken, bu birimle eş yaşlı olan Denizli Volkanitleri tarafından kesilmektedir.



Şekil 3.7. Yatağan Formasyonunu oluşturan kırıntılı çökellerin arazi görünüşleri a ve b) menderesli akarsu çökellerinde görülen çapraz tabakalı çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı birimleri (a için bakış yönü kuzey'e) c) faylanmaya bağlı olarak eğimlenmiş tabanda çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı üst seviyelerde kireçtaşı tabakaları (bakış yönü kuzeydoğu'ya) d ve e) sarımsı kahve renkli, ince taneli kumtaşı-çamurtaşı (bakış yönü kuzeybatı'ya) f) çamurtaşları içerisinde görülen ince kömür damarları.



Şekil 3.8. Yatağan Formasyonu kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kilttaşları a ve b) arazideki genel görünümüleri (bakış yönleri kuzeybatı'ya) c) sarımsı kahve renkli karbonat çimentolu kumlu kireçtaşı-kumtaşı d) Yatağan formasyonuna ait kırıntı ve karbonatlı litolojiler (bakış yönü kuzey'e) e ve f) konkoidal kırık yüzeylerine sahip killi kireçtaşı-kireçtaşı birimleri g) laminalı yapı gösteren kiltaş-marn ardalanması.

3.1.8. Denizli Volkanitleri

Gri, koyu gri renkli, bol kırıklı dayklar ve bloklu lav yığılımları şeklinde görülen birime Ercan vd. (1983) tarafından Denizli Volkanitleri adı verilmiştir. Çalışma alanında Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü, Aşağıkaraçay ve Yeşilyuva kasabasında küçük yüzlekler şeklinde gözlenmektedir. Volkanitlerin koyu gri-gri renkli olup, afanitik doku gösterirler (Şekil 3.9). Arazide masif, kırıklı, akma yapıları ve yer yer soğan kabuğu biçimli ayrışmalı bir yapı gösteren volkanitlerin yaşı stratigrafik konumu nedeniyle Üst Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Ercan vd., 1983).



Şekil 3.9. a) Üst üste bloklu lav yığılımları şeklinde görülen, ayrılmış volkanitler (bakış yönü kuzey'e) b) Denizli Volkanitleri ve Yatağan Formasyonuna ait killi kireçtaşı-marn-kiltaşı birimleri olan dokanak ilişkileri (bakış yönü kuzeybatı'ya) c) ayrılmamış volkanitlerin arazi görünüşleri d) volkanitlerde yaygın olarak görülen küresel ayrışmalar (bakış yönü kuzeydoğu'ya).

3.1.9. Kuvaterner ökelleri

Alüvyon Yelpazesi

Alüvyon yelpazesi çökelleri çok kötü boylanmalı, pekleşmemiş, derecelenmesiz çakıl, kum ve çamurlardan oluşmaktadır. Çakıllar serpantinit, radyolarit, çört bileşenlerinden oluşmaktadır.

Yamaç Molozu

Dik yamaçların eteğinde ve vadi ağızlarında gözlenir. Genellikle kireçtaşlarından ve dolomitik kireçtaşlarından türemiş, tutturulmamış, blok, çakıl ve kum boyutundaki malzemelerden oluşur. İçerisinde yer yer radyolarit, çört ve serpantinit çakıllarında rastlanır.

Alüvyon

Ovalardaki tarım alanları, eski teras oluşukları ve akarsu yatakları boyunca gözlenen farklı boyutlardaki tutturulmamış malzemeler alüvyon olarak değerlendirilmiştir. Blok, akıl, kum, silt ve kil boyutundaki bileşenlerden oluşmaktadır. Alüvyon içerisinde serpantinit, çört, kireçtaşı ve kumtaşı çakılları gözlenmiştir.

4. YEŞİLYUVA – YATAĞAN – KOCAPINAR - AŞAĞIKARAÇAY KÖMÜR OLUŞUMLARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

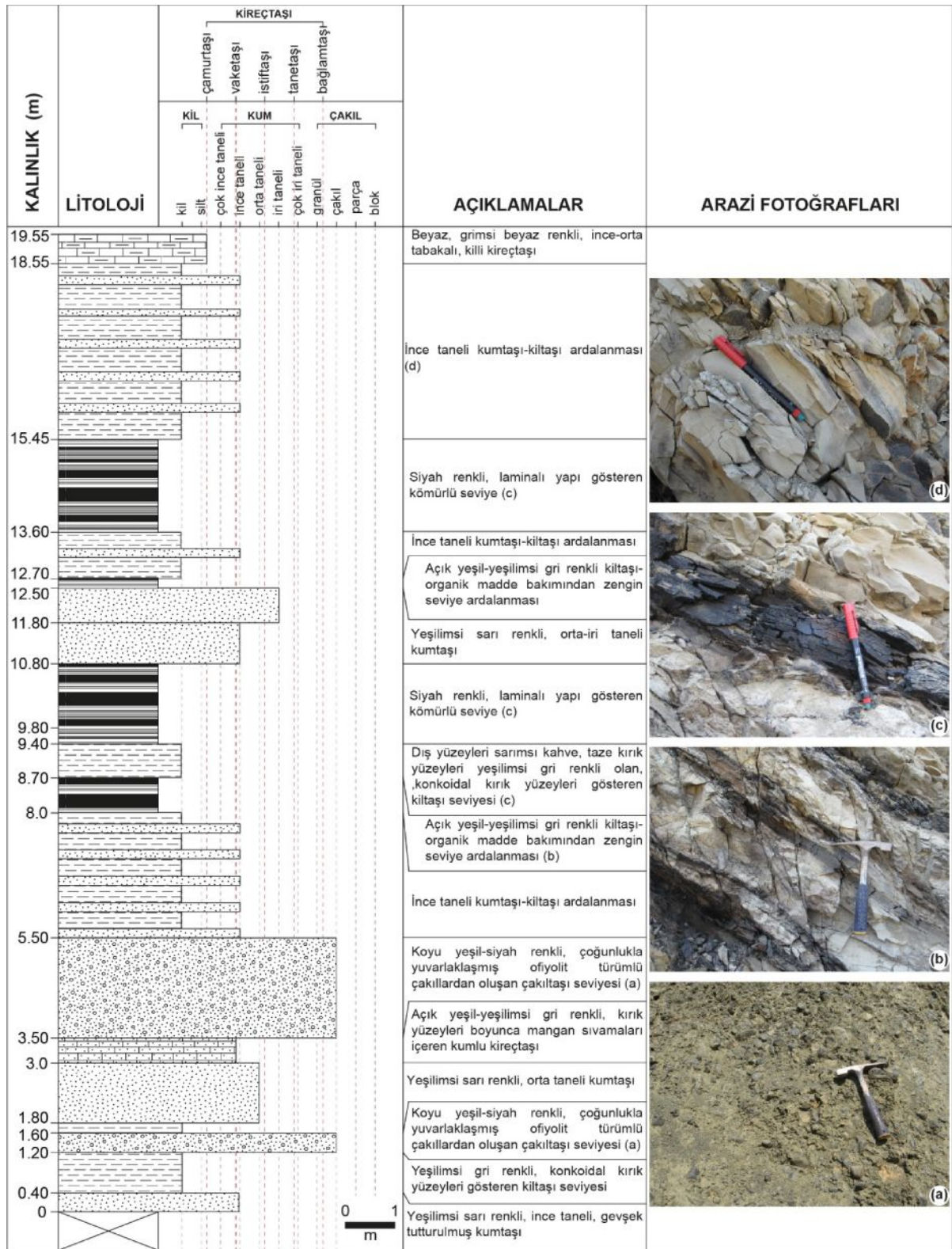
Arazi çalışmaları sırasında 14 adet kömür lokalitesi belirlenmiştir (Tablo 2.1). Bu lokalitelerin bazılarında Ölçülü Stratigrafik Kesit (ÖSK) alımı yapılabilirken bazılarında mostranın stratigrafik olarak yüzeyden derinde olması/veya üzerinin örtülü olması nedeniyle ÖSK/Örnek alımı yapılamamıştır (2, 7, 8, 9, 11, 12 ve 14 nolu lokaliteler). Örneğin 9 numaralı kömür lokalitesinde 1970'li yıllarda MTA tarafından arama sondajları yapılmış ve kömür oluşumları belirlenmiştir. Sonraki yıllarda açılan küçük galeri ile kömür üretimi yapılmıştır. Ancak günümüzde bu lokalitedeki kömür galerisi aşırı sellenme nedeniyle alüvyon örtü ile kapatılmış olduğundan örnek alımı yapılamamıştır. Benzer şekilde 2015 yılında özel bir firma tarafından işletilen 7 numaralı lokalitede (Kocapınar-Ocak) açık işletme yöntemi ile kömür çıkarılmıştır. Ancak kış aylarında yağın yağmur suları ve baharda eriyen kar suları tarafından işletme çukuru su ile dolmuş olduğundan kömür mostrası su kütlesi altında kalmıştır (Şekil 4.1). Bu nedenle ÖSK alımı yerine nokta örnek alımı yapılmıştır. Aşağıda Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinde belirlenen kömürlü seviyelerin genel özellikleri detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.1. 7 numaralı kömür lokalitesinde (Kocapınar-Ocak) bulunan açık işletme (bakış yönü güneydoğu'ya).

4.1. Lokalite 1 (Yeşilyuva Kasabası)

Denizli'nin Acıpayam ilçesine bağlı Yeşilyuva kasabası, Karahöyükafşarı mevkiindeki lokaliteden alınan ve toplam kalınlığı 19.55 m olan Ölçülü Stratigrafik Kesit (ÖSK) Şekil 4.2' de görülmektedir. Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde KHA kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Yeşilyuva lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0717284 ; 4157327).

Yeşilyuva lokalitesindeki kömür oluşumları Yatağan Formasyonunun çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşından oluşan litolojiler içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.3a, b). Bu lokasyonda 4 farklı seviye halinde kömür oluşumları görülmektedir. Bu lokalite alınan ÖSK tabanda yeşilimsi sarı renkli, gevşek tutturulmuş kumtaşları ile başlamaktadır (40 cm). Bu seviye üzerine sırasıyla yeşilimsi gri renkli, konkoidal kırıklı kiltası seviyesi (80 cm), koyu yeşil-siyah renkli, ince-orta tane boyutlu çakıllar içeren, kum matriksli çakıllı seviye (40 cm), yeşilimsi gri kiltası seviyesi (20 cm), yeşilimsi sarı renkli, gevşek tutturulmuş, küresel ayrışma yapıları gösteren kumtaşı seviyesi (120 cm), açık gri-beyaz renkli, mangan sıvamaları içeren kumlu-killi kireçtaşı seviyesi (50 cm), kahverengi-yeşil renkli, ofiyolit türevli çakıltaşı ve kumlu seviye (200 cm), kumtaşı-kiltası ardalanmasından oluşan seviye gelmektedir (250 cm).

Tüm bu birimlerin üzerinde, toplam 70 cm kalınlığında kiltaları ile ardalanmalı organik maddece zengin şeyl, kiltası ve kömürlü seviye gelmektedir. Organik maddece zengin bu seviye siyah renklidir, içerisinde bitki izleri bulundurur, kırıldığında kömürsü kötü koku yayar, kolay kırılğan özelliğindedir ve kil içeriği yüksek olan bir özelliğe sahiptir (Şekil 4.3c).

Kömürlü seviyenin üzerinde sırasıyla, açık kahvemsigrimsi yeşil renkli, konkoidal kırıklı ve oksidasyon yüzeylerinin gözlendiği kiltası seviyesi (70 cm), kolay kırılğan ve yapraksı özellikte, siyah renkli, organik maddece zengin seviye (5 cm), organik maddece zengin killi seviye (10 cm), kahverengimsi siyah renkli, bol miktarda bitki parçaları içeren, organik maddece zengin killi seviye gelmektedir (5 cm) (Şekil 4.3d).

15 cm kalınlığındaki kiltası ile devam eden istifin üzerinde 5 cm kalınlığa sahip, organik maddece zengin, siyah renkli, bol miktarda bitki parçaları içeren kömürsü seviye gelmektedir. Bu seviyenin de üzerinde, 1 m kalınlığında kiltası ile ardalanmalı çok ince bantlar halinde, siyah renkli, organik maddece zengin kiltası ve üzerinde 10 cm kalınlığında kırılğan ve yapraksı yapıda olan organik maddece zengin seviye gelmektedir (Şekil 4.3e).

Organik maddece zengin bu seviyenin üzerinde tabanda kiltası ile başlayan ve üste doğru çok ince taneli kumtaşına geçen seviye (80 cm) bulunur. Kiltaları içerisinde 1-2 cm kalınlığında çok ince, siyah renkli, organik maddeli seviyeler görülebilmektedir. İstif sırasıyla iri kum ve çakılların bulunduğu seviye (10 cm), tabanda iri tane boyuna sahip kumlu seviye ile başlayan ve üste doğru ince tane boyuna sahip, sarımsı yeşilimsi renkli kumlu seviye (70 cm), kırmızımsı kahverenkli, organik maddece zengin killi seviye (5 cm), koyu gri renkli kiltası (15 cm), kumtaşı (80 cm) ve organik maddece zengin kiltası seviyesi bulunmaktadır (10 cm) (Şekil 4.3f).

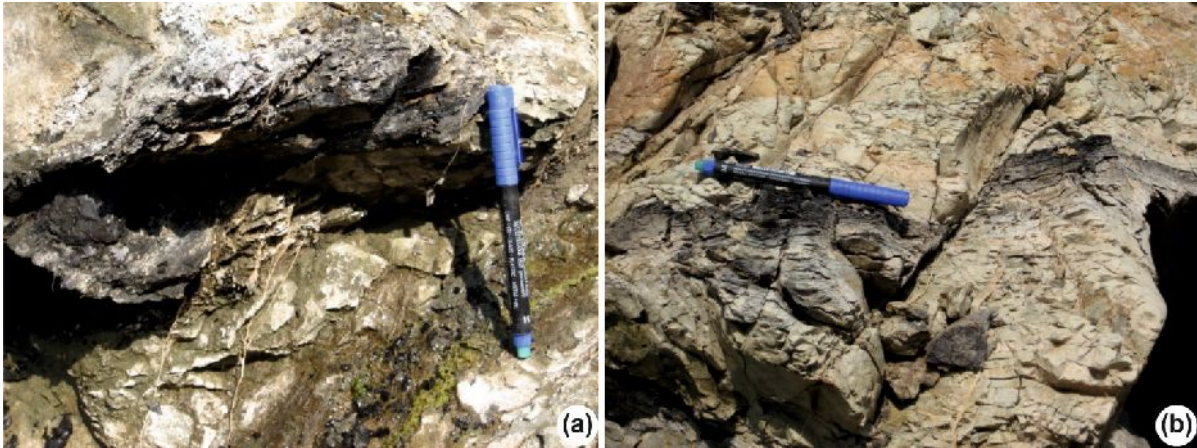


Şekil 4.3. a ve b) kömür oluşumunun bulunduğu dere ve görüldüğü jeolojik birimler (a için bakış yönü güneybatı'ya, b için bakış yönü güneydoğu'ya) c ve d) kiltaşları ile ardalanmalı olarak görülen kömür oluşumları (c için bakış yönü güneydoğu'ya) e) kiltaş-killi kireçtaşı-marn ardalanması içerisinde görülen ve klit yapısı gösteren kömür damarı f) kırmızımsı kahverenkli organik maddece zengin killi seviye.

Bu birimin üzerinde 15 cm kalınlığında düşük Toplam Organik Karbon (TOC) içerikli kömür damarı bulunur. Kesit yukarıya doğru sırasıyla 80 cm kalınlığında kıltaşı-organik maddece zengin kıltaşı ar dalanması ile devam etmektedir. Killi seviyelerde bol miktarda kırmızı renklere oksidasyon zonu görülmektedir (Şekil 4.3f). Organik maddece zengin kıltaşı birimi 3-5 cm kalınlığında seviyeler halinde tekrarlanmaktadır. Bu seviye üzerine organik maddeli kıltaşına göre daha az kırılğan yapıda olan, kıltaşı gelir (30 cm). Kıltaşı seviyesi üzerinde kolay kırılğan, laminalı yapı gösteren, düşük TOC' lu ince kömür bantları bulunur (5 cm). Kömürlü seviye üzerine sırasıyla kahverenkli, bol miktarda bitki kırıntıları içeren kıltaşı (15 cm), kıltaşı (40 cm), sarımsı beyaz renkli kıltaşı-kumtaşı ar dalanması gelmektedir. Bu lokasyonda alınan ÖSK 3.5-4 m kalınlığa sahip, killi kireçtaşları ile sonlandırılmıştır (60 cm).

4.2. Lokalite 2 (Yeşilyuva Kasabası)

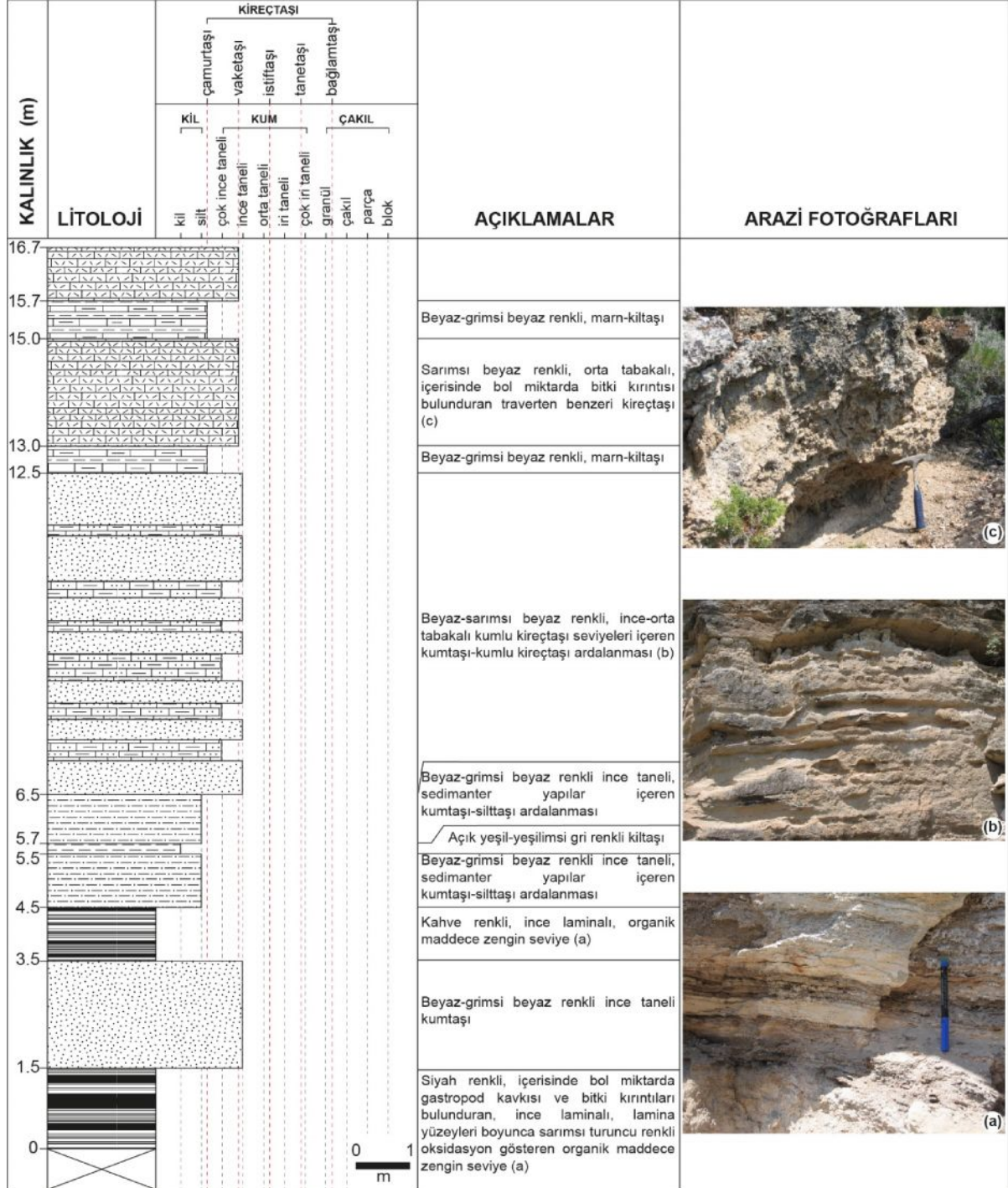
Denizli'nin Acıpayam ilçesine bağlı Yeşilyuva kasabası yakınlarında Denizli-Yeşilova (Burdur) karayolu yakınındaki dere içinde bulunan bu lokalitede ÖSK alımı yapılmamıştır. Alüvyon çökelleri tarafından örtülmüş olan bu lokalitede kömür oluşumu sellenme dönemlerinde akarsuyun dere yatağını süpürmesi sonucunda açığa çıkmıştır (Şekil 4.4a). Bu nedenle iki adet nokta örnek alınmıştır. Kömür oluşumları killi kireçtaşı-kıltaşı birimi içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.4b). Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde MD kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 4.4. a) Lokalite 2'de dere yatağı içerisindeki kömür oluşumu (bakış yönü kuzeydoğu'ya)
b) killi kireçtaşı-kıltaşı içerisindeki kömürlü seviye (GPS Koordinatı: 35 S 0714998 ; 4153782).

4.3. Lokalite 3 (Yüreğil Köyü)

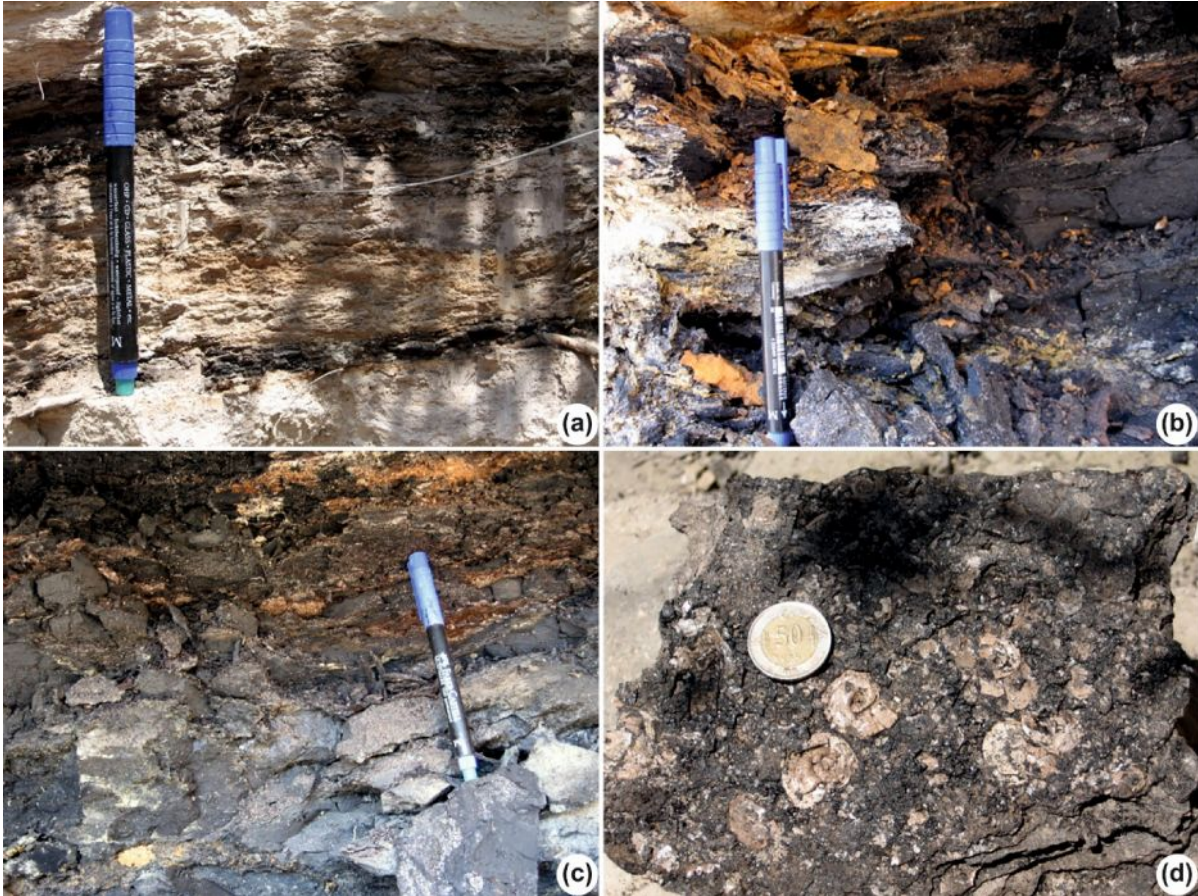
Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Yüreğil köyünden alınan ve toplam kalınlığı 16.70 m olan ÖSK Şekil 4.5'te görülmektedir. Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde TRY ve YRG kısaltmaları ile gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Yüreğil lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0714998 ; 4153782).

Yüreğil köyü lokalitesindeki kömür oluşumları Yatağan Formasyonunun çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşından oluşan litolojiler içerisinde bulunmaktadır. Yüreğil köyü üzerindeki dere içerisinde görülen kömür oluşumları beyaz-grimsi beyaz renkli ince taneli kumtaşı seviyesi (200 cm) ile birbirinden ayrılan 2 farklı seviye halinde görülmektedir. Altta bulunan kömürlü seviye siyah renkli olup, ince laminalı yapıdadır (150 cm) (Şekil 4.6a). Oldukça kırılğan yapıda olan kömürlü seviyeler lamina yüzeyleri boyunca sarımsı turuncu renkli oksidasyona uğramışlardır (Şekil 4.6b, c). Nisbeten daha kalın olan kömürlü seviyeler içerisinde bol miktarda gastropod kavrısı ve bitki kırıntıları görülmektedir. Bazı gastropod kavrıları bütünlüklerini korumuş halde görülmektedir (Şekil 4.6d).

Üstte yer alan ikinci kömürlü seviye kırıntılı çökeller ile aralanmalı olup, benzer şekilde bol miktarda kırılmış gastropod kavrısı içermektedir. Alt kömür seviyesine göre daha düşük organik madde içeriğine sahiptir.



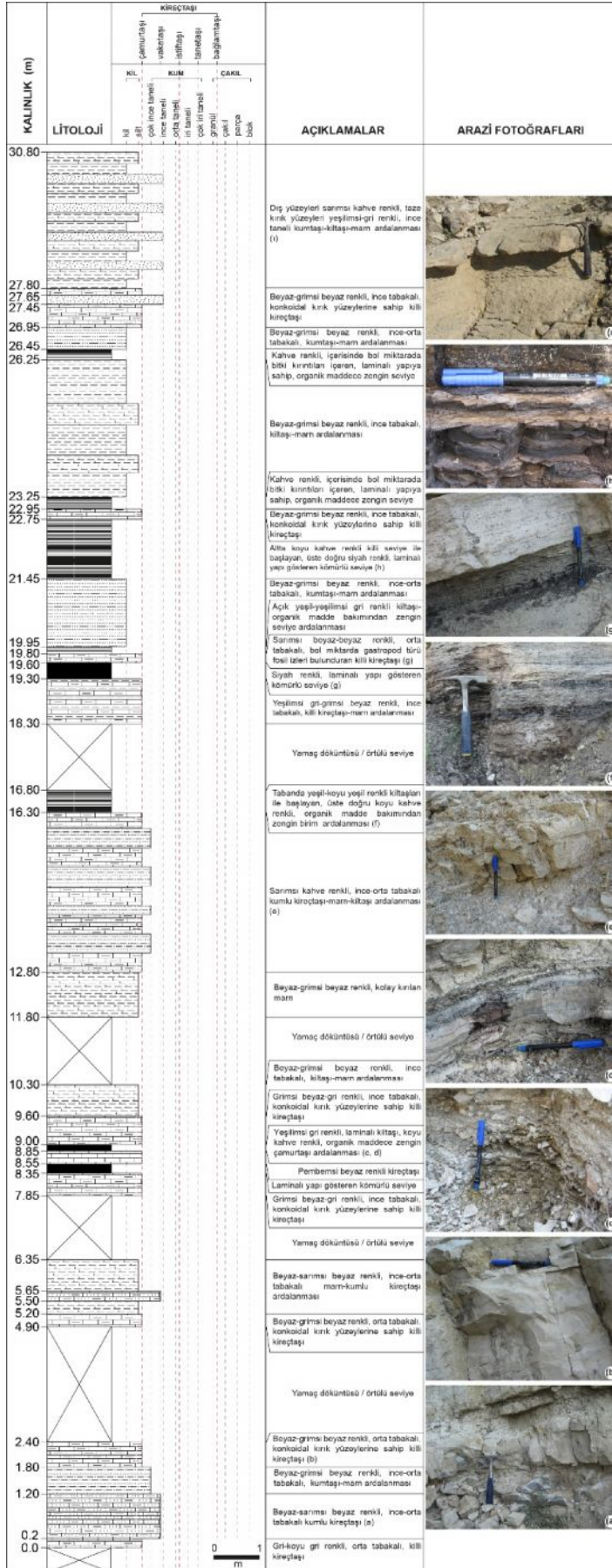
Şekil 4.6. a) Kırıntılı çökeller ile aralanma gösteren kömürlü seviye b ve c) kömür laminaları arasında görülen sarımsı turuncu renkli oksidasyon yüzeyleri d) kömürlü seviye içerisinde görülen korunmuş gastropod kavrıları.

4.4. Lokalite 4 (Ayaz Köyü)

Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Ayaz köyünün doğusunda dere içerisinde alınan ve toplam kalınlığı 30.80 m olan ÖSK Şekil 4.7'de görülmektedir. Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde AYK kısaltması ile gösterilmiştir. Bu lokalitede görülen kömür oluşumları Yatağan Formasyonunun kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Kömür oluşumları değişen kalınlıklara sahip 7 seviye halinde görülmektedir.

Ayaz köyü lokalitesinden alınan ÖSK tabanda koyu gri renkli, orta tabakalı killi kireçtaşı ile başlar (20 cm). Üzerinde sırasıyla sarımsı beyaz renkli, konkoidal kırıklı, orta-ince tabakalı, killi kireçtaşı-marn aralanması (100 cm), kolaylıkla ufalanabilen marnlı seviye (60 cm), koyu gri renkli killi kireçtaşı seviyesi (60 cm) ve yamaç döküntüsü (250 cm) görülmektedir. Yamaç döküntüsü üzerine killi kireçtaşı (30 cm), beyaz renkli, kolay kırılabilen, tebeşirimsi marn (30 cm), oldukça sert yapılı kumlu kireçtaşı seviyesi (15 cm), beyaz renkli, kolay kırılabilen, tebeşirimsi marn (70 cm) ve tekrar yamaç döküntüsü (150 cm) gelmektedir. Sarımsı beyaz renkli, konkoidal kırıklı killi kireçtaşı seviyesi (30 cm) ile başlayan istif sırasıyla killi kireçtaşı (20 cm), yeşilimsi gri-açık kahverenkli, laminalı yapı gösteren organik maddece zengin seviye (20 cm), pembemsi renkli, oldukça sert yapılı kireçtaşı (30 cm), laminalı yapıya sahip, grimsi siyah-kahverenkli, organik madde içeren ince seviyeler bulunduran şeyl ve beyaz renkli marn aralanması (15 cm) ile devam etmektedir (Şekil 4.8a, b, c).

Organik maddece zengin seviye üzerinde sırasıyla grimsi beyaz renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı (60 cm), kiltası-marn aralanması (70 cm), 150 cm kalınlığında yamaç döküntüsü, beyaz renkli, kolay kırılğan, tebeşirimsi özellikte marn (100 cm), sarımsı kahverenkli, ince-orta tabakalı, marn arakatlı kumlu kireçtaşı-marn aralanması (350 cm) bulunmaktadır. Tabanda koyu yeşil renkli kiltaları ile başlayan, daha sonra kahverenkli kiltalarına geçen seviye üzerinde 5 cm kalınlığında, kolay kırılğan, düşük TOC'lu kömür seviyesi görülmektedir (50 cm). Bu seviyenin üzeri 150 cm kalınlığında yamaç döküntüsü ile örtülüdür. Yamaç döküntüsü üzerinde sırasıyla yeşilimsi gri renkli kiltası-marn aralanması (100 cm), siyah renkli, kolay kırılğan, kırıldığında kötü koku yayan, laminalı, organik maddece zengin kiltası (30 cm), gastropod izleri içeren killi kireçtaşı (20 cm), kahverengi-siyah renkli, laminalı yapıya sahip, bitki kökleri içeren, düşük TOC'lu kömürlü seviyeler, beyaz, pudramsı ve laminalı kiltaları ile birlikte gözlenmektedir (15 cm) (Şekil 4.8d, e, f).



Şekil 4.7. Ayaz köyü lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0708195 ; 4164054).

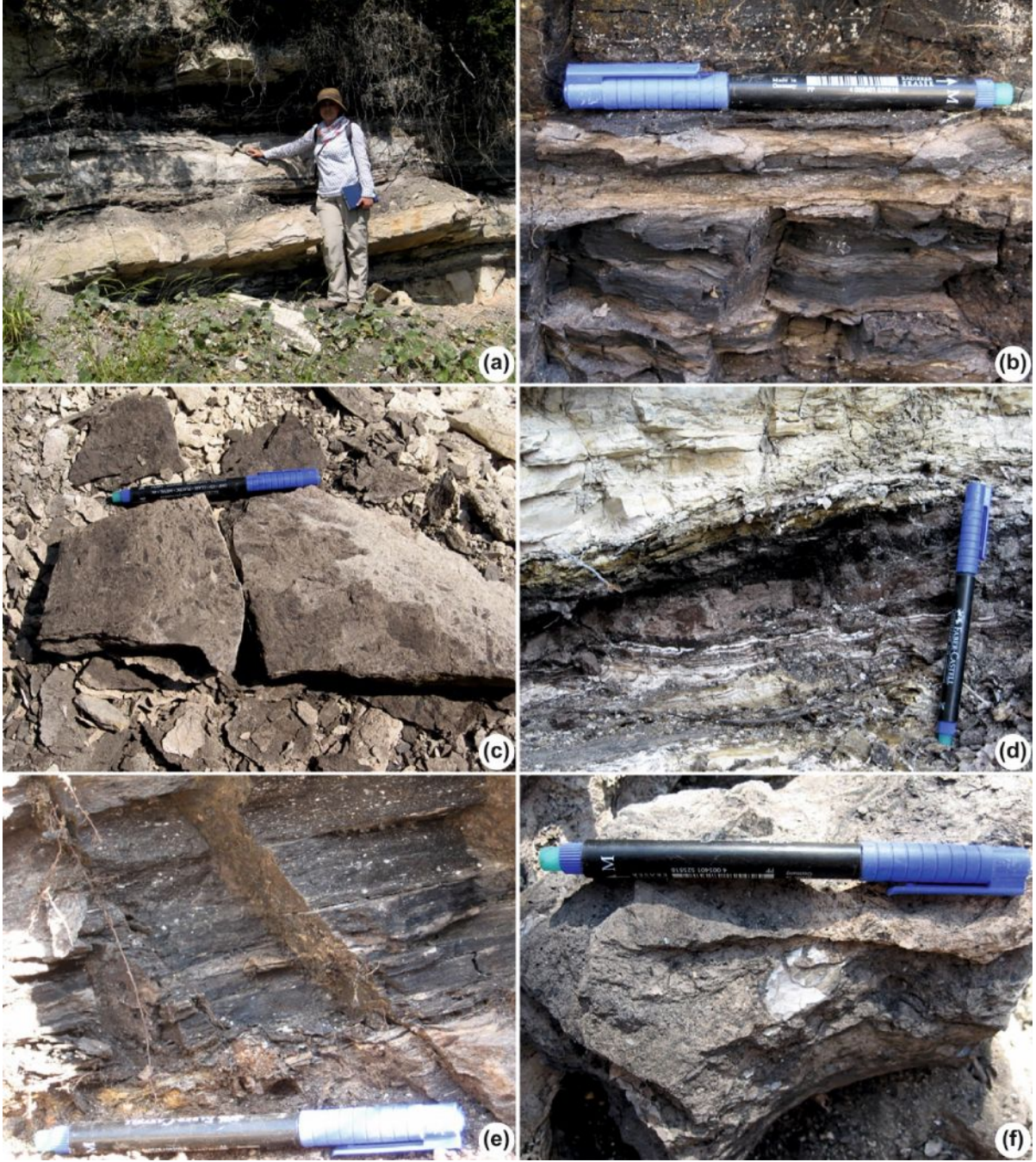
Kiltaşı-marn ardalanması (150 cm) ile devam eden ÖSK' de sırasıyla yukarıya doğru; laminalı yapı sahip, açık gri-siyah renkli organik maddece zengin seviye ile ardalanmalı kiltaşı-marn seviyesi (130 cm), killi kireçtaşı (20 cm), kiltaşı-şeyl ardalanması bulunmaktadır. Şeyller laminalı, koyu gri, siyah renkli olup, kilttaşları yeşilimsi gri renklidir. Bu seviyenin üzerinde sırasıyla 300 cm kalınlığa sahip, içerisinde yaklaşık 2 cm' lik seviyeler şeklinde koyu gri renkli marn bulunduran kiltaşı-marn ardalanması, bol fosilli organik maddeli şeyllerle ardalanmalı kiltaşı-marn seviyesi (20 cm), beyaz renkli kiltaşı-çamurtaşı ardalanması (50 cm), koyu gri renkli konkoidal kırıklı killi kireçtaşı seviyesi (50 cm), yeşilimsi sarı renkli, ince taneli kumtaşı (20 cm), koyu gri renkli killi kireçtaşı (15 cm), kiltaşı-marn-kumtaşı ardalanması bulunmaktadır (300 cm) (Şekil 4.8e, f).

Ayaz köyü kömür oluşumlarının bulunduğu yerde özel bir şirket tarafından, kömür arama amaçlı karotlu sondaj çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaya ait karot sandıkları araziye bırakılmıştır. Her ne kadar karot örnekleri sağlam olsa da alındığı derinliklere ait rakamlar silinmiştir.

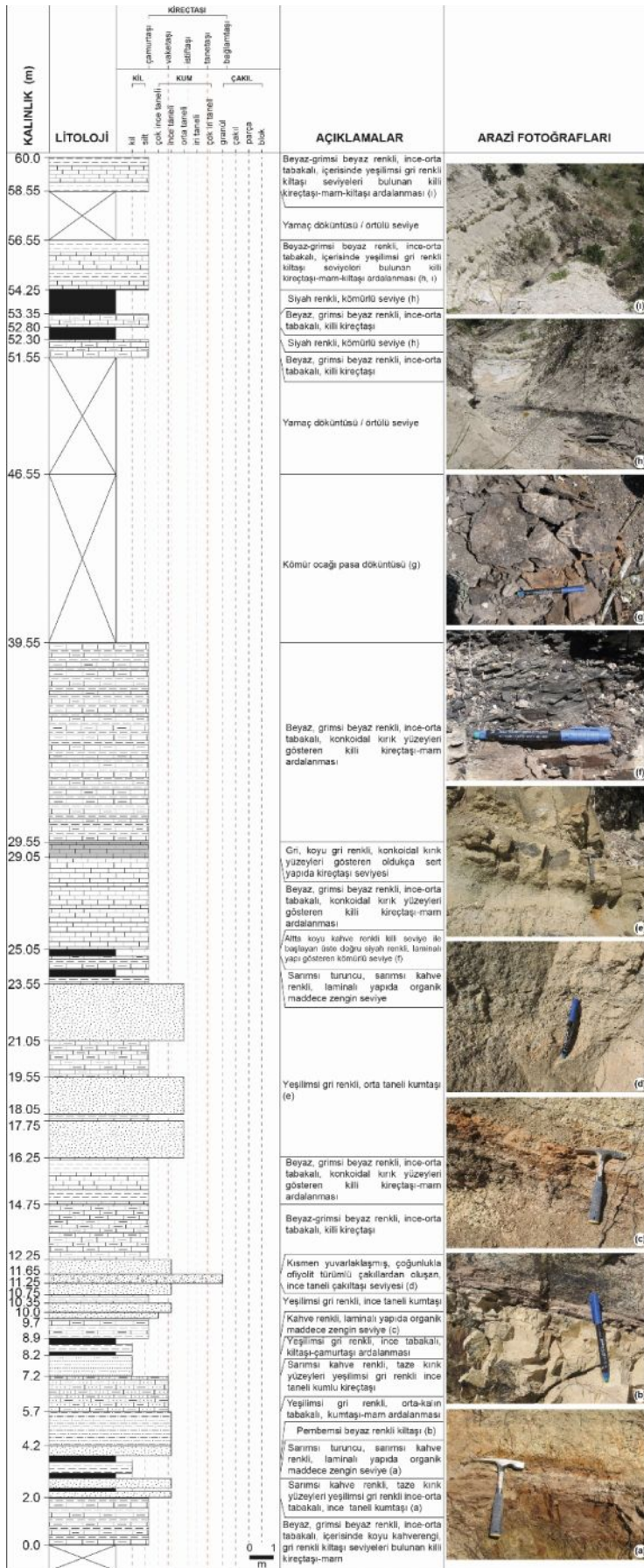
4.5. Lokalite 5 (Yatağan Kasabası)

Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Yatağan kasabasında görülen organik maddece zengin kayaç/kömür oluşumlarının görüldüğü iki farklı yerden ÖSK alınmıştır. Her iki yerde görülen oluşumlar Yatağan Formasyonunun kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kilttaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Bu lokalitedeki birinci ÖSK'nın toplam kalınlığı 6.05 olup, organik ve inorganik analizlerde YTOK kısaltması ile gösterilmiştir (Şekil 4.9). I. ÖSK'da organik maddece zengin iki seviye bulunmaktadır.

Birinci ÖSK beyazımsı gri renkli, konkoidal kırıklı, içerisinde yer yer gri, laminalı yapı gösteren killi kireçtaşı-marn ardalanması (2 m) ile başlamaktadır. Bu seviye üzerine sırasıyla ince tabakalı, killi kireçtaşı-marn (70 cm), organik maddece zengin kiltaşı seviyesi (50 cm), kahverenkli kumlu-killi kireçtaşı seviyesi gelmektedir. İstifte görülen kumtaşları yeşilimsi gri renkli ve ince taneli olup, tabaka kalınlıkları 5-10 cm arasında değişmektedir. Bu seviye üzerinde oldukça ince laminalı yapı gösteren, sarımsı beyaz renkli şeyl seviyesi (30 cm), koyu gri-kahverenkli, bol miktarda bitki kırıntısı içeren, organik maddece zengin seviye (85 cm), açık kahve-gri renkli killi kireçtaşı (40 cm) ve ince taneli, killi kireçtaşı-marn ardalanması (50 cm) görülmektedir.



Şekil 4.8. a) Ayaz köyü lokalitesinde görülen farklı kalınlıklara sahip kömürlü seviyeler (bakış yönü kuzeydoğu'ya) b ve c) koyu kahverenkli içerisinde bitki kırıntıları bulunduran ve kiltaşları ile ardalı kömürlü seviyeler d) beyaz, pudramsı ve laminalı kiltaşları arasında görülen siyah renkli kömürlü seviyeler e ve f) içerisinde korunmuş midye kavkısı bulunduran, kahverenkli, düşük TOC'lu kömürlü seviyeler.



Şekil 4.10. Yatağan lokalitesinden alınan II. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709354 ; 4164587).

II. ÖSK tabanda yeşilimsi sarı-açık kahverenkli, killi kireçtaşı-marn ardalanması ile başlar (200 cm). Yumuşak ve kolaylıkla kırılabilen, boşluklu yapıya sahip kumtaşları içerisinde, yer yer bitki kırıntıları ve mangan sıvamaları görülmektedir. Bu seviye üzerine yeşilimsi renkli, ince taneli, kumlu, killi seviye gelmektedir. Ayrıca kahverenkli, okside olmuş organik maddece zengin laminalar bu seviye içerisinde gözlenmektedir (Şekil 4.11d, e). Ayrıca bu seviye içerisinde kırık ve çatlaklar boyunca bitki kökleri gelişmiştir (220 cm). Kumtaşı-marn ardalanması ile devam eden ÖSK' nın kumtaşları yeşilimsi gri renkli, orta taneli ve kalın tabakalıdır. Bununla birlikte kumtaşlarında küresel ayrışma yapısı, tabaka yüzeyleri boyunca mangan sıvamaları ve koyu gri renkli, kısmen yuvarlaklaşmış, ofiyolit türümlü çakıllar görülmektedir (150 cm). Bu seviye üzerinde sırasıyla konkoidal kırıklı, kumlu kireçtaşı (150 cm), koyu kahverenkli, bitki kırıntıları içeren, laminalı kilitaşı-çamurtaşı ardalanması (100 cm), turuncu-kırmızı renkli, laminalı yapıya sahip organik maddece zengin seviye (70 cm), yeşil renkli, yumru şeklinde ayrışmalar gösteren kilitaşı-marn ardalanması (80 cm), yeşilimsi gri renkli, iri taneli, zayıf tutturulmuş, kısmen derecelenme gösteren kumtaşı (25 cm), sarımsı kahverenkli, ince taneli, orta kalınlıkta, çatlaklarında mangan sıvamaları bulunan kumtaşı (40 cm) seviyesi gelmektedir.

Sarımsı kahverenkli kilitaşı-marn ardalanması (40 cm), üzerinde ince taneli kumtaşı (50 cm) seviyesi ile devam eden istif üzerine ince taneli, kısmen yuvarlaklaşmış, çoğunlukla ofiyolitten türeme bileşenlerden oluşan çakilitaşı seviyesi (40 cm), ince taneli kumtaşı (60 cm), beyaz renkli, konkoidal kırık yüzeylerine sahip, bitki kırıntıları içeren, boşluklu yapıda, orta-kalın tabakalı killi kireçtaşı (250 cm), laminalı yapıda killi kireçtaşı-marn-kilitaşı ardalanması görülmektedir. Killi kireçtaşı-marn-kilitaşı ardalanması üzerinde 2-3 cm kalınlığında gri-kahverenkli, yapraksı yapıya sahip, oldukça kırılğan, organik maddece zengin seviyeler bulunmaktadır (200 cm) (Şekil 4.11f).

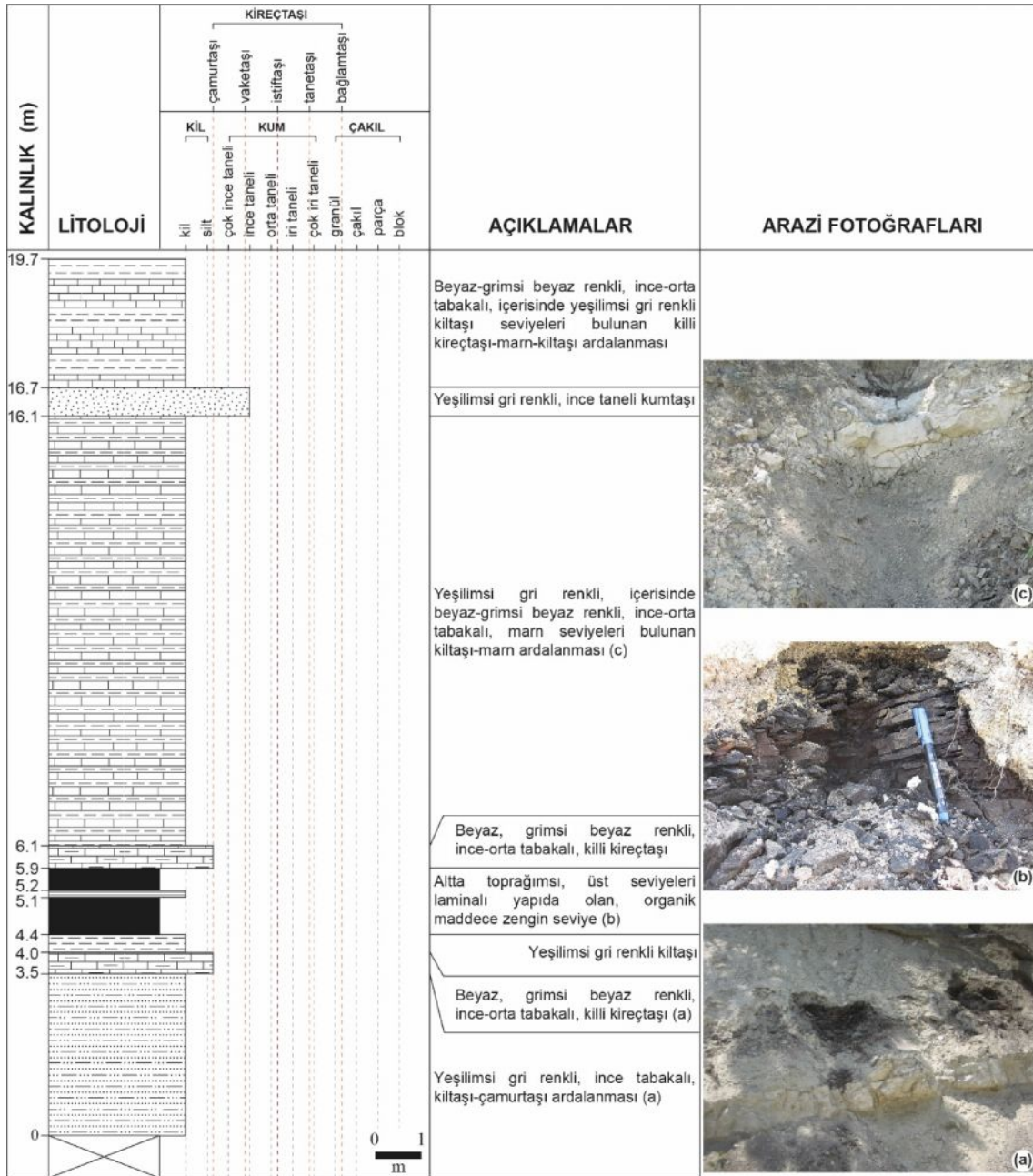
Bu seviye üzerine sırasıyla sarımsı kahverenkli, ince-orta taneli kumtaşı (100 cm), kilitaşı-marn ardalanması (30 cm), sarımsı kahverenkli, ince taneli, yük kalıbı izleri bulduran kumtaşı seviyesi (150 cm), beyaz renkli, konkoidal kırıklı killi kireçtaşı (150 cm), altta yeşilimsi sarı renkli, ince taneli kumtaşları ile başlayan, üste doğru ince taneli, laminalı kilitaşı-marn ardalanmalı seviye (400 cm) gelmektedir. Kilitaşı marn ardalanması içerisinde 3-5 cm kalınlığındaki laminalar şeklinde, gri-koyu kahverenkli organik maddece zengin seviyeler bulunmaktadır (Şekil 4.11g). Bu seviyenin üzeri beyaz renkli, sert yapılı, konkoidal kırık yüzeyli, killi kireçtaşı-marn ardalanması (10 m), kömür ocağına ait kömür pasası (7 m) ve küçük derelerin getirmiş olduğu yamaç molozu (5 m) ile örtülüdür. Killi kireçtaşı-marn-kilitaşı ardalanması (5 m) ile devam eden istif içerisinde 40-50 cm kalınlığa sahip kömürlü seviye bulunmaktadır. Bu seviye üzerinde herhangi bir kömürlü seviye görülememektedir.



Şekil 4.11. a, b ve c) Yatağan lokalitesinde bulunan eski kömür ocaklarına ait pasa ve terk edilmiş galeriler (a için bakış yönü kuzeydoğu'ya; b için bakış yönü kuzeybatı'ya) d ve e) koyu kahve-siyah renkli, klit yapısı gösteren kömürlü seviyeler f ve g) koyu kahve-sarımsı kahve renkli, okside olmuş organik maddece zengin seviyeler.

4.6. Lokalite 6 (Kocapınar Köyü)

Denizli'nin Honaz ilçesine bağlı Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyünden alınan ve toplam kalınlığı 19.70 m olan ÖSK Şekil 4.12'de görülmektedir. Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde KP kısaltması ile gösterilmiştir. Bu lokalite görülen kömür oluşumları Yatağan Formasyonunun kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kilitaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Kömür oluşumları 70 cm kalınlıklara sahip 2 seviye halinde görülmektedir.



Şekil 4.12. Kocapınar (Yukarıkaraçay) lokalitesinden alınan ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0707963 ; 4169222).

Kocapınar ÖSK' nın tabanda yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı kilitaşı-çamurtaşı ardalanması bulunmaktadır (350 cm). Bu seviye üzerine sırasıyla ince-orta tabakalı, grimsi beyaz renkli killi kireçtaşı (50 cm), yeşilimsi kahverenkli kilitaşı (40 cm), soluk siyah renkli, laminalı yapıda, kolay kırılan, kömürlü seviye (70 cm) gelmektedir (Şekil 4.13a, b, c, d). Kömürlü seviye üzerinde koyu gri-yeşil renkli kilitaşı-marn ardalanması (70 cm), pembemsi renkli killi kireçtaşı (30cm), yeşilimsi gri renkli kilitaşı-marn ardalanması bulunmaktadır. Kilitaşı-marn ardalanması üzerine sırasıyla beyazımsı gri renkli, ince tabakalı killi kireçtaşı (10 m), yeşilimsi gri renkli, ince taneli, gevşek tuturulmuş kumtaşı (60 cm) seviyeleri gelmektedir. Kocapınar ÖSK' sı 20-30 cm' lik, zayıf tuturulmuş kumtaşı tabakaları içeren, killi kireçtaşı-marn-kilitaşı ardalanması ile son bulmaktadır (3 m). Bu lokalitede yamaç erozyonunun hızlı ve yoğun olması nedeniyle kömür tabakası çoğunlukla toprak örtü altında kalmıştır.



Şekil 4.13. a) Kocapınar köyü lokalitesinde görülen kömürlü seviye (bakış yönü güneybatı'ya) b, c ve d) koyu kahve-siyah renkli, klit yapısı gösteren kömürlü seviye (c için bakış yönü güneydoğu'ya).

4.7. Lokalite 7 (Kocapınar-Ocak)

Denizli'nin Honaz ilçesine bağlı Kocapınar (Yukarıkaraçay) köyü İçmeler mevkiinde bulunan ve özel bir şirket tarafından açık ocak işletmesi yöntemiyle üretimin yapıldığı kömür ocağından alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde GKP kısaltması ile gösterilmiştir. Bu lokalite görülen kömür oluşumları Kızılburun Formasyonunun çakıltası, kumtaşı, siltaşı, kiltaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır.

Kömür ocağının bulunduğu alanda, yeşilimsi gri renkli kumtaşı ve kiltası gözlenmektedir. Kumtaşları yer yer derecelenme göstermekte olup, orta-iri tane boyuna sahiptir. Orta-kalın tabakalı kumtaşları fazlaca ayrıştığından dolayı kolaylıkla ufalanmaktadır. Kumtaşlarının çatlakları boyunca turuncumsu kırmızı renklerde demir oksitleşmeler görülmektedir.

Bu lokaliteye ait kömür örnekleri kömür pasa alanından ve sınırlı yüzeyleme gösterdiği yerli mostradan alınmıştır (Şekil 4.14a, b, c, d). Kömür örnekleri içerisinde bol miktarda bitki kök ve gövdesine ait parçalar kolaylıkla seçilebilmektedir (Şekil 4.14e, f). Kömürler laminalı yapıda ve kolaylıkla kazılabilir/parçalanabilir özelliktedir (Şekil 4.14c, d, g). Bazı kömür örnekleri camı parlaklığa sahiptir. Kömürlerin kil, kum içerikleri yüksektir. Açık işletme yöntemi ile çıkarılan kömürler belirgin bir tabakalanma göstermeyip, daha çok yanal devamlılıkları olmayan kanal dolgusu şeklinde görülmektedir.

Kömürler üstte pembe renkli kiltası-çamurtaşı-çakıltası ardalanmasından oluşan seviye ile altta sarımsı yeşil renkli, inceden iri tane boyuna kadar değişen boyutta çakıl mercekleri içeren kumtaşı-kiltası ardalanmasından oluşan birim içerisinde mercek şeklinde, kanal geometrisi göstermektedir ve odunsu materyaller içermektedir.

4.8. Lokalite 8 (Karaçay)

Denizli'nin Honaz ilçesine bağlı Aşağıkaraçay köyü sınırları içerisinde bulunan lokalitedeki organik maddece zengin oluşumlar (toprağımsı bir yapıya sahip olduğu için kömür olarak adlandırılması uygun görülmemiştir) üzerinde kalın toprak örtünün bulunması ve yanal devamlılığının olmaması nedeniyle 3 adet nokta örnek alınmıştır. Bu lokaliteye ait örnekler organik ve inorganik analizlerde KRÇ kısaltması ile gösterilmiştir. Bu lokalite görülen organik maddece zengin oluşumlar siyah-siyahımsı gri renkli, toprağımsı yapıda olup, bol miktarda bitki kökü içermektedir (Şekil 4.15a, b, c).



Şekil 4.14. a ve b) Kocapınar-Ocak lokalitesinde açık işletme yöntemiyle üretim yapılan kömür ocağı (GPS Koordinatı: 35 S 0705971 ; 4172166) (a ve b için bakış yönleri güneydoğu'ya) c, d ve g) koyu kahve-siyah renkli, laminalı yapıya sahip kömür oluşumları (c için bakış yönü kuzeydoğu'ya) e ve f) odunsu bileşenlerin görüldüğü kömür örnekleri.



Şekil 4.15. a ve b) Karaçay lokalitesinde görülen üzeri toprak örtülü, siyah-siyahımsı gri renkli, toprağımsı yapıya sahip organik maddece zengin oluşumlar (GPS Koordinatı: 35 S 0711999 ; 4169774) (a ve b için bakış yönleri doğu'ya) c) organik maddece zengin oluşumlar içerisinde görülen bitki kökleri.

4.9. Lokalite 9 (Yatağan-2)

Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Yatağan köyü sınırları içerisinde, Hasan Bey'in bahçesi olarak adlandırılan mevkiideki kömür lokalitesinde 1970'li yıllarda MTA tarafından arama sondajları yapılmış, sonraki yıllarda açılan iki küçük galeriden kömür çıkarılmıştır (Bahçe sahibi ile yapılan sözlü görüşme). Dik bir yamacın vadi tabanı ile birleştiği kısımda açılmış olan kömür galerileri günümüzde aşırı sellenme nedeniyle toprak örtü ile kapanmış olduğundan örnek alımı yapılamamıştır. Ancak bu lokalitede görülen, organik madde içeriği bakımından zengin olabileceği düşünülen koyu kahve renkli çamurtaşı seviyesinden T kısaltması ile gösterilen 1 adet örnek alınmıştır (Şekil 4.16a, b).

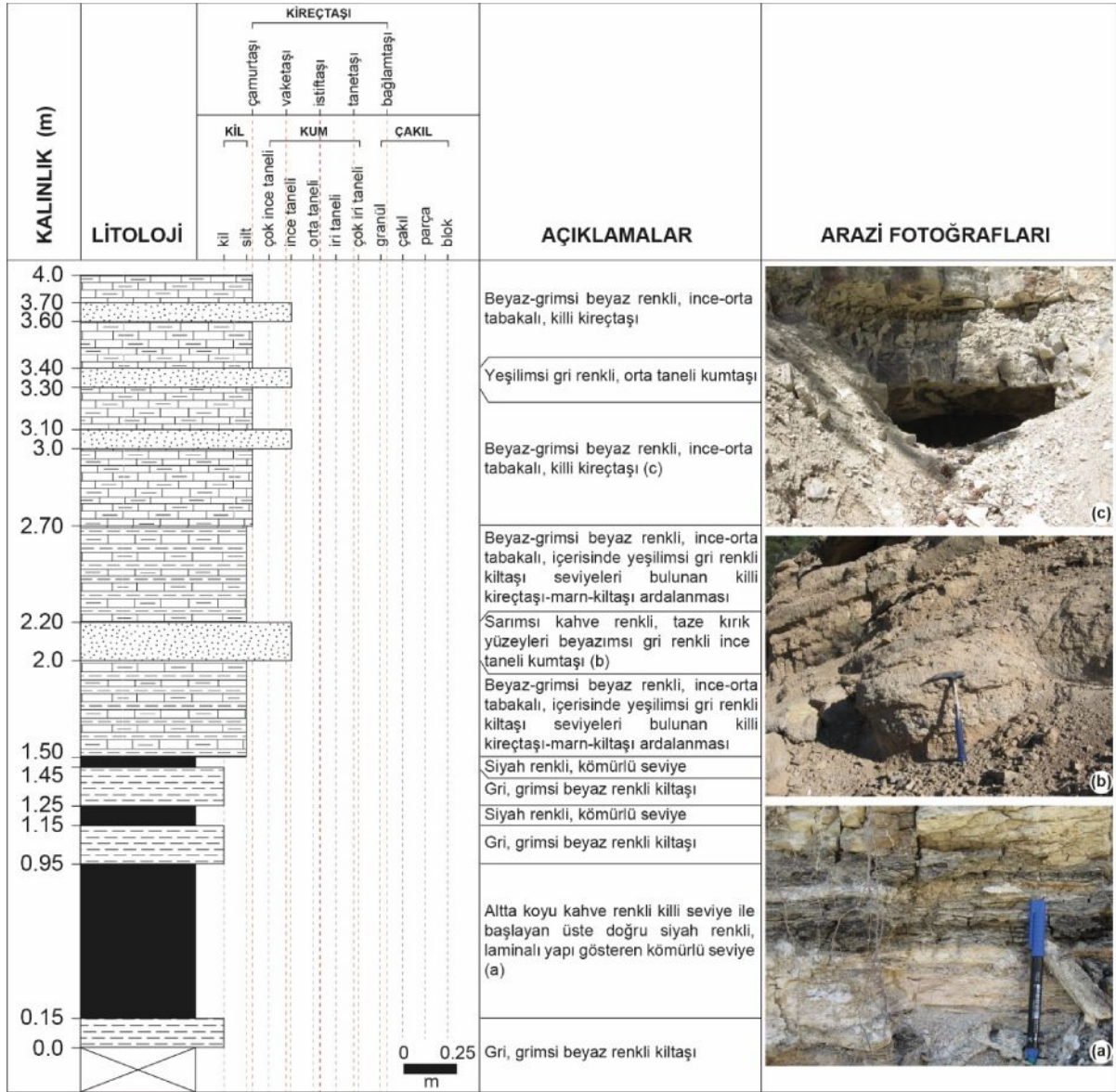


Şekil 4.16. a ve b) Yatağan-2 lokalitesinde görülen koyu kahve renkli organik maddece zengin çamurtaşı (GPS Koordinatı: 35 S 0712053 ; 4162757).

4.10. Lokalite 10 (Yatağan-3)

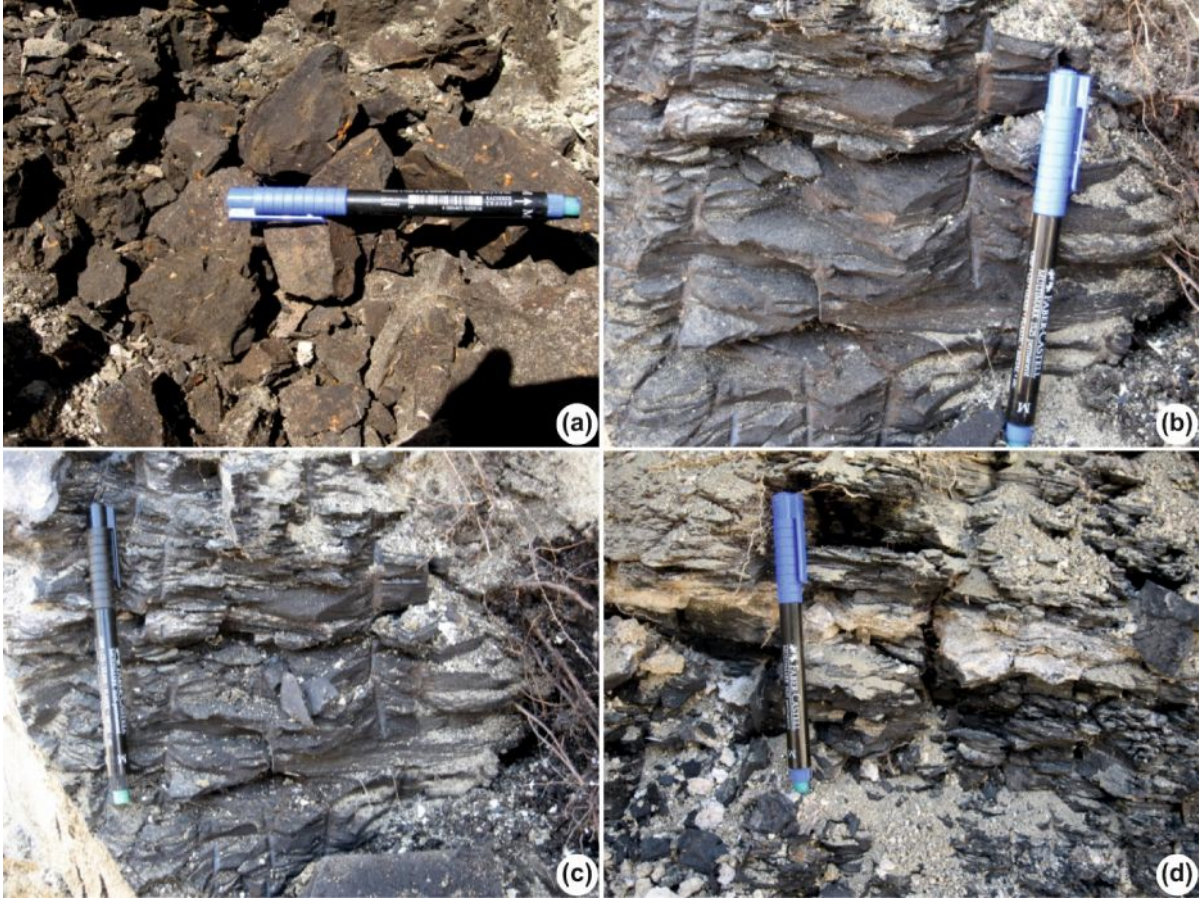
Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Yatağan kasabası organik maddece zengin kayaç/kömür oluşumlarının görüldüğü iki farklı yerden ÖSK alınmıştır. Her iki yerde görülen oluşumlar Yatağan Formasyonunun kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Bu lokalitede bulunan birinci ÖSK'nin toplam kalınlığı 4 m olup, organik ve inorganik analizlerde YTA kısaltması ile gösterilmiştir (Şekil 4.17). Bu ÖSK'nin alındığı yerde kapalı/galeri işletmeciliği ile kömür üretimi yapılmaya çalışıldığı kapanmış galeri ağzı bulunmaktadır. I. ÖSK' da organik maddece zengin üç seviye bulunmaktadır.

Birinci ÖSK gri, grimsi beyaz renkli, laminalı yapı gösteren kiltaşları (15 cm) ile başlamaktadır. Bu seviye üzerine altta koyu kahve renkli organik maddece zengin toprağımsı seviye ile başlayan üste doğru siyah renkli, laminalı yapı gösteren kömür seviyesi (135 cm) gelmektedir. Kömür seviyesi içerisinde 20 cm'lik iki farklı seviye halinde gri, grimsi beyaz renkli, laminalı yapı gösteren kiltaş seviyeleri bulunmaktadır (Şekil 4.18a, b, c, d). Kömür seviyesi üzerine beyaz, grimsi beyaz renkli, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşı-marn-kiltaş araldanması gelmektedir (120 cm). Bu seviye içerisinde görülen kiltaş seviyeleri yeşilimsi gri renkli olup, kolaylıkla kazılabilmektedir. İstifte görülen kumtaşları sarımsı kahve renkli ve ince tanelidir (20 cm). Bu seviye üzerinde beyaz, grimsi beyaz renkli, konkoidal kırık yüzeylerine sahip ince-orta tabakalı killi kireçtaşları (130 cm) görülmektedir.



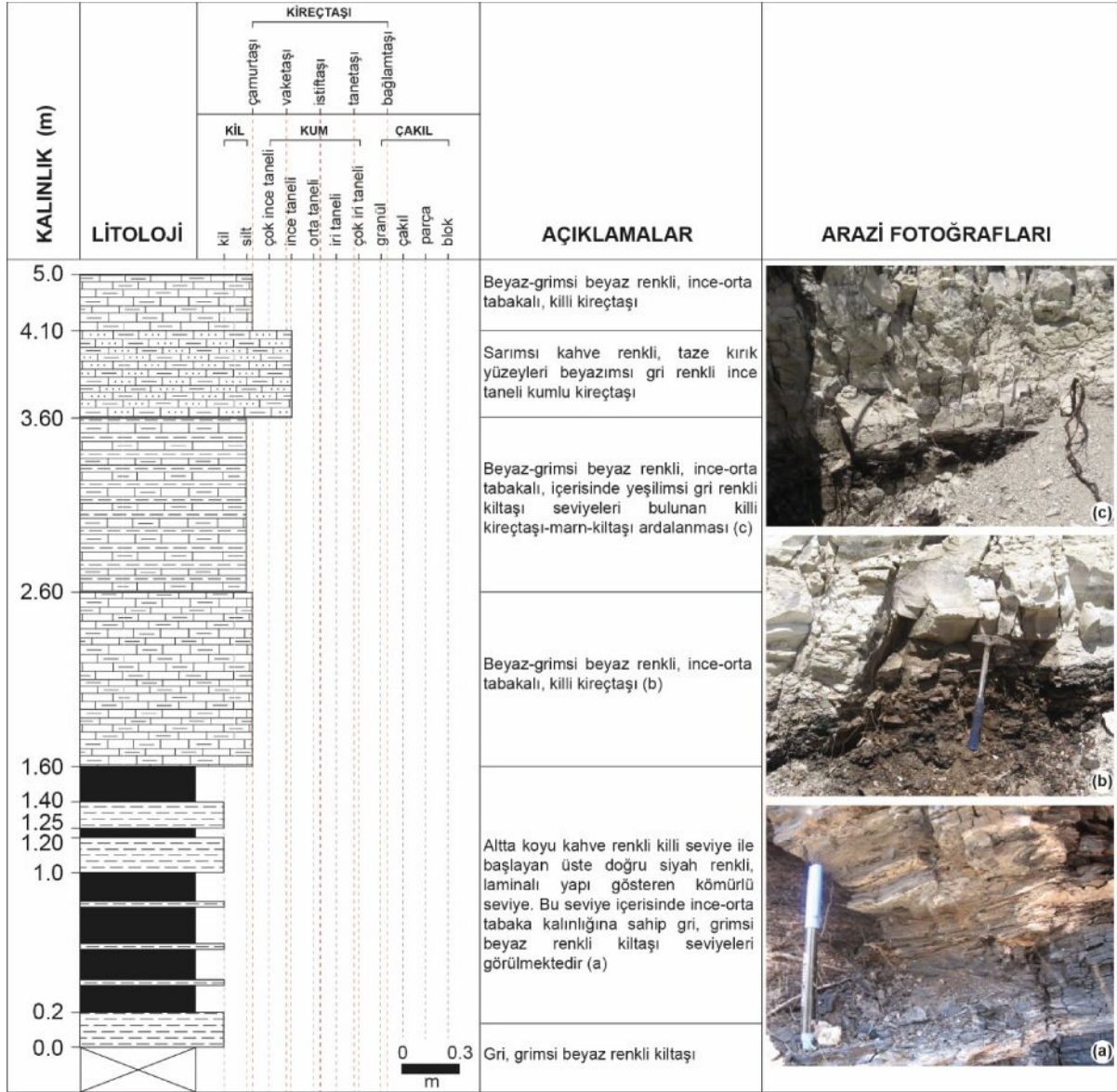
Şekil 4.17. Yatağan-3 lokalitesinden alınan I. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709475 ; 4165444).

Yatağan kasabasında alınan II. ÖSK'nın toplam kalınlığı 5 m olup, organik ve inorganik analizlerde YTAC kısaltması ile gösterilmiştir (Şekil 4.19). II. ÖSK tabanda gri, grimsi beyaz renkli, laminalı yapı gösteren kiltaşları (20 cm) bulunmaktadır. Bu seviye üzerine alta koyu kahve renkli organik maddece zengin toprağimsi seviye ile başlayan üste doğru siyah renkli, laminalı yapı gösteren kömür seviyesi (140 cm) gelmektedir. Kömür seviyesi içerisinde 10 cm'lik gri, grimsi beyaz renkli, laminalı yapı gösteren kiltaş seviyeleri bulunmaktadır.

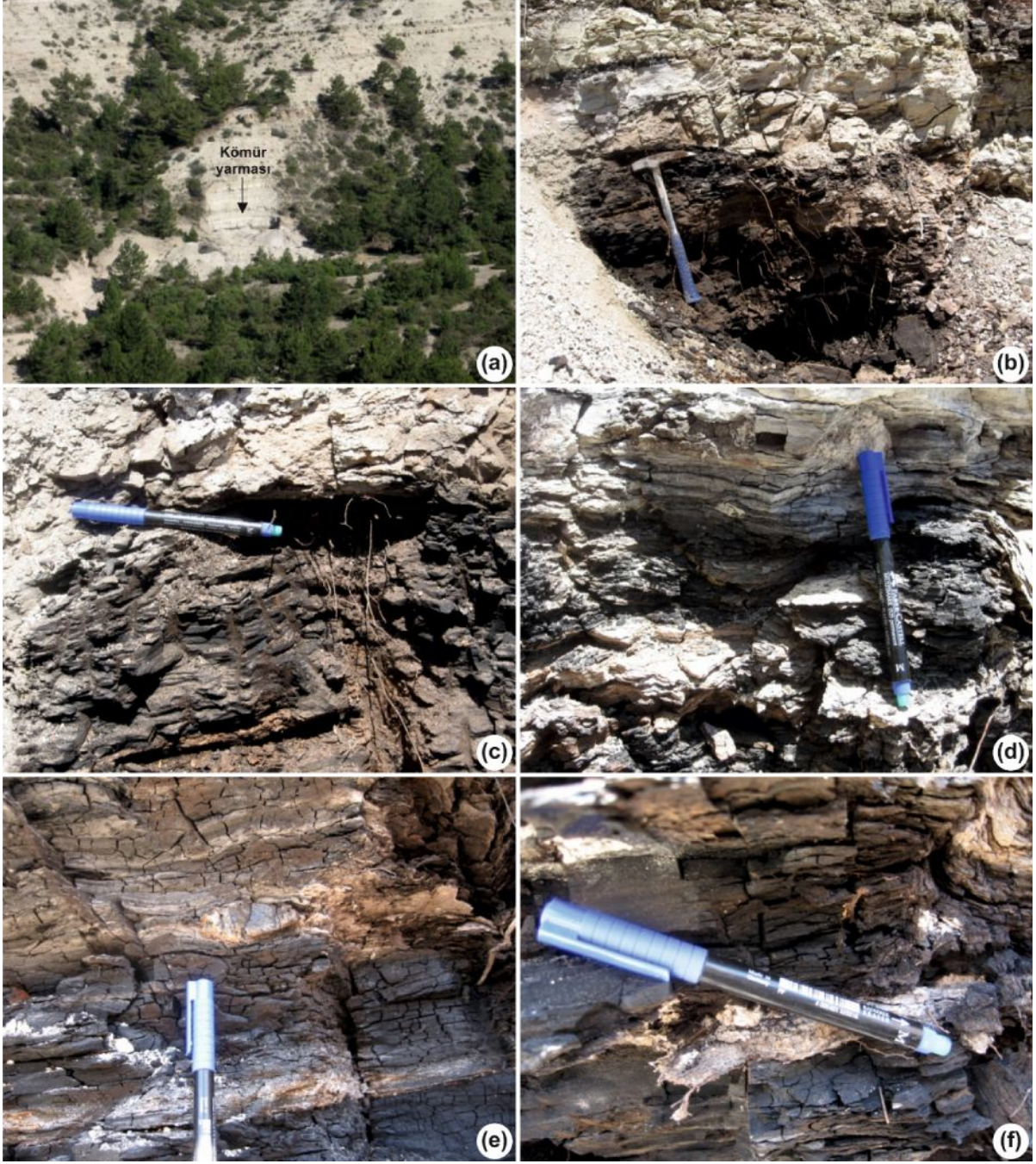


Şekil 4.18. a) Yatağan-3 lokalitesi kömür oluşumlarının tabanında görülen organik maddece zengin koyu kahve renkli toprağımsı seviye b ve c) siyah renkli, laminalı yapı gösteren kömür seviyesi d) kömür seviyesi içerisinde görülen klit yapıları ve sarımsı kahve renkli, okside olmuş organik maddece zengin killi seviyeler.

Kömür seviyesi üzerine beyaz, grimsi beyaz renkli, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşı seviyesi gelmektedir (100 cm). Bu seviye üzerine beyaz, grimsi beyaz renkli, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşı-marn-kiltaşı ardalanması gelmektedir (100 cm). Bu seviye içerisinde görülen kiltası seviyeleri yeşilimsi gri renkli olup, kolaylıkla kazılabilmektedir. Kumlu kireçtaşı birimi sarımsı kahve renkli ve ince tanelidir (50 cm). Yumuşak ve kolaylıkla kırılabilen, boşluklu yapıya sahip kumtaşları içerisinde, yer yer bitki kırıntıları ve mangan sıvamaları görülmektedir (Şekil 4.20a, b, c, d).



Şekil 4.19. Yatağan-3 lokalitesinden alınan II. ÖSK (GPS Koordinatı: 35 S 0709475 ; 4165444).



Şekil 4.20. Yatağan-3 lokalitesindeki a) güncel olarak açılmış kömür yarması (bakış yönü kuzey'e) b ve c) kahverengi renkli, toprağımsı yapıya sahip kömür oluşumları (b için bakış yönü kuzeydoğu'ya) d) kömür oluşumu içerisinde görülen gri renkli kiltası seviyeleri e ve f) laminalı yapıya sahip kömür oluşumları ve klit yapıları.

4.11. Lokalite 11 (Yeşilyuva-2)

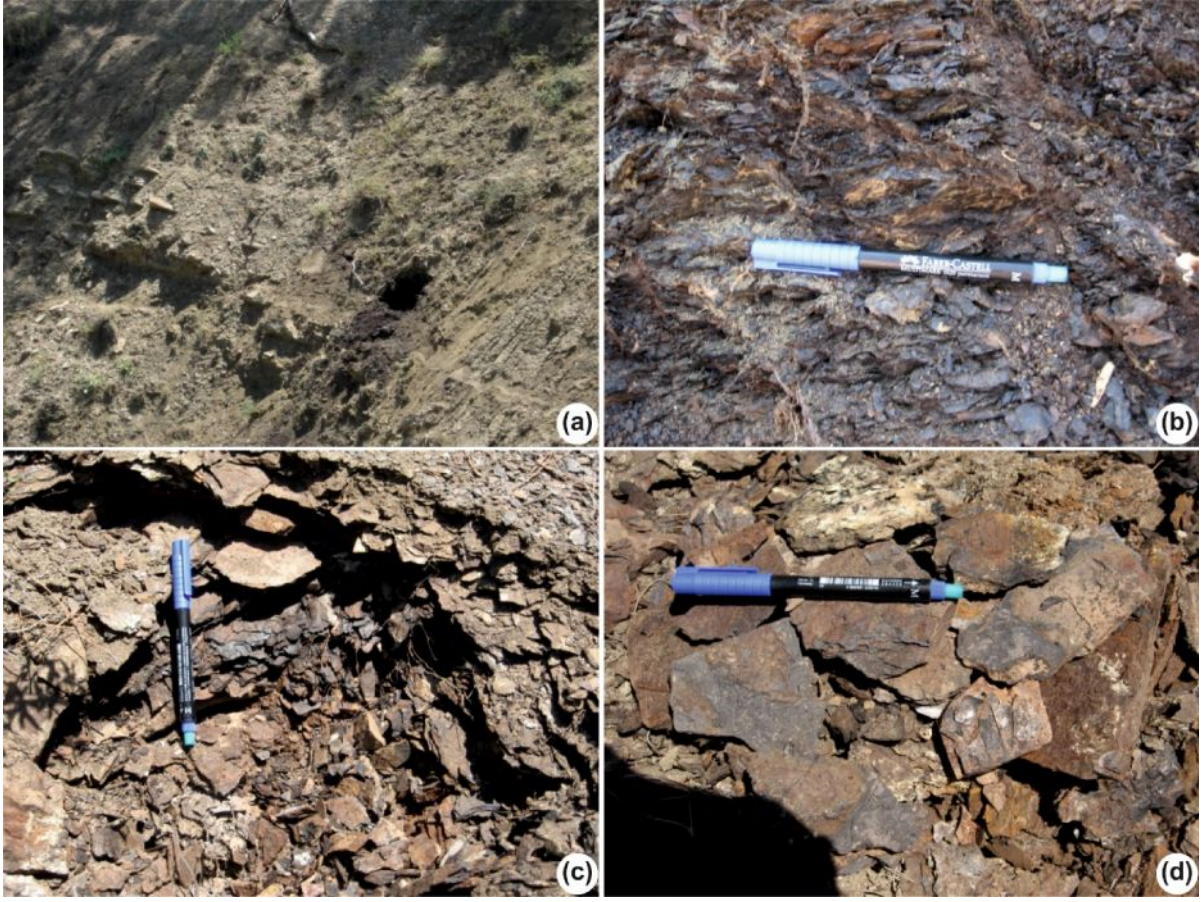
Lokalite-11 Acıpayam ilçesi Yeşilyuva kasabası Karahüyükavşarı mahallesinde Keklikpınarı olarak adlandırılan mevkiide dere içinde bulunmaktadır. Dere yamacında bulunan kömür oluşumlarının üzeri yamaç döküntüleri ile örtülüdür. Bu nedenle ÖSK alımı yapılamamış, dört adet nokta örnek alınmıştır. Kömür oluşumları yeşilimsi sarı renkli, ince taneli kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı ar dalanması içerisinde görülmektedir (Şekil 4.21a, b). Keklikpınarı mevkiinde görülen kömür oluşumları 1'er metre yanal genişliğe, 30-40 cm kalınlığa sahip mercekler şeklindedir (Şekil 4.21b, c). Kömür oluşumları koyu kahve-siyah renkli, ince laminalı ve oldukça kırılğan bir yapıya sahiptir (Şekil 4.21d, e, f). Bu lokaliteden alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde KKLP kısaltması ile gösterilmiştir.

4.12. Lokalite 12 (Yeşilyuva-2)

Lokalite-12 Karahüyükavşarı mahallesi içerisinde İnceoğlu deresi olarak adlandırılan mevkiide bulunmaktadır. Bu lokalite görülen kömürler kalınlığı 15-40 cm arasında değişen, yanal devamlılığı olmayan mercek şekilli oluşumlar şeklindedir. Kömür oluşumları yeşilimsi sarı renkli, ince taneli kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı ar dalanması içerisinde görülmektedir (Şekil 4.22a). Kömür mercekleri siyah-koyu gri renkli olup, ince laminalı yapıdadır (Şekil 4.22b, c). Oldukça kırılğan yapıda olan kömürlü seviyeler lamina yüzeyleri boyunca sarımsı turuncu renkli oksidayona uğramışlardır (Şekil 4.22d). Bu lokaliteden nokta örnek alımı yapılmış olup, alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde KINC kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Yeşilyuva-2 lokalitesinde (GPS Koordinatı: 35 S 0718474 ; 4158027) a ve b) yeşil-sarımsı kahve renkli, ince taneli kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı ardalı içerisinde görülen kömür oluşumları c) mercek şekilli kömür oluşumları (bakış yönü kuzeybatı'ya) d) kahverengi renkli, toprağımsı yapıya sahip, bol miktarda bitki kökü içeren kömür oluşumları e ve f) laminalı yapıya sahip kömür oluşumları ve klit yapıları.



Şekil 4.22. a) Kırıntılı çökeller içerisinde mercek şeklinde görülen kömürlü seviye (bakış yönü doğu'ya) b ve c) laminalı yapı gösteren kömürlü seviyeler d) ince laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen koyu kahve-sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri (GPS Koordinatı: 35 S 0716761 ; 4156730).

4.13. Lokalite 13 (Ayaz-2)

Denizli'nin Serinhisar ilçesine bağlı Ayaz köyünün kuzeyinde, Ayaz köyünden Kocapınar'a giden yol üzerinde güncel olarak açılmış kömür yarması bulunmaktadır (Şekil 4.23a). Kömür oluşumu yanıl devamlılığı olmayan, mercek şekilli ortalama 1 metre kalınlığındadır. Bu lokalite görülen kömür merceği Yatağan Formasyonunun kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Siyah-koyu gri renkli olan kömürlü seviyeler ince laminalı bir yapıdadır (Şekil 4.23b). Kömür merceği içerisinde 2-5 cm arasında değişen kalınlıklara sahip kahve renkli çamurtaşı seviyeleri görülmektedir (Şekil 4.23c). Oldukça kırılğan yapıda olan kömürlü seviyeler lamina yüzeyleri boyunca sarımsı turuncu renkli oksidasyona uğramışlardır (Şekil 4.23b, d). Kömürlü seviyeler ile çamurtaşı seviyeleri arasında bol miktarda gastropod kavrısı ve bitki kırıntıları görülmektedir. Bazı gastropod kavrıları

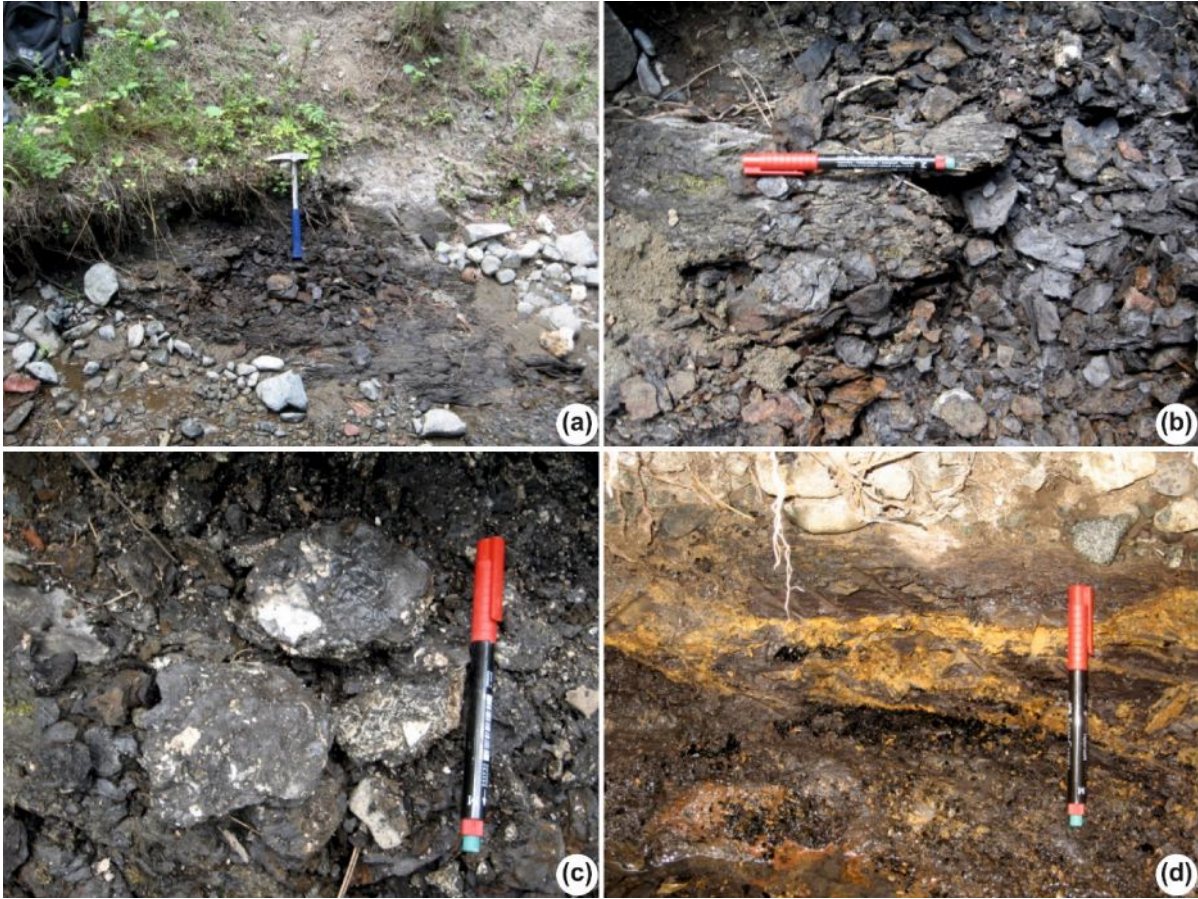
bütünlüklerini korumuş halde görülmektedir (Şekil 4.23e). Bu lokaliteden nokta örnek alımı yapılmış olup, alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde ÇD kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 4.23. a) Ayaz-2 lokalitesinde açılmış güncel kömür yarması (GPS Koordinatı: 35 S 0707266 ; 4164572) (bakış yönü kuzeybatı'ya). b) siyah renkli, laminalı yapıya sahip kömür oluşumları c) kömür oluşumları arasında görülen kahve renkli çamurtaşı seviyeleri d) laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri f) içerisinde korunmuş midye kavkısı bulunduran kömürlü seviye.

4.14. Lokalite 14 (Karaçay-2)

Denizli'nin Honaz ilçesine bağlı Aşağıkaraçay köyü sınırları içerisinde Bent Deresi olarak adlandırılan mevkiideki kömür oluşumları dere yatağının tabanında bulunmaktadır. Günümüzde aktif olan derenin aşındırması sonucunda açığa çıkmıştır (Şekil 4.24a). Kömür oluşumları yeşilimsi sarı renkli, ince taneli kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı ardalanmasının tabanında mercek şeklinde görülmektedir. Bu lokalite görülen organik maddece zengin oluşumlar siyah-siyahımsı gri renkli, ince laminalı yapıda olup, bol miktarda gastropod kırıkları içermektedir (Şekil 4.24b, c). Oldukça kırılğan yapıda olan kömürlü seviyeler, ince taneli siltli birimler ile ardalanmalı olarak bulunmaktadır. Kömür lamina yüzeyleri boyunca sarımsı turuncu renkli oksidasyona uğramışlardır (Şekil 4.24d). Bu lokalite üzerinde kalın toprak ve bitki örtüsünün bulunması ve yanal devamlılığının olmaması nedeniyle 2 adet nokta örnek alınmış olup, alınan kömür örnekleri organik ve inorganik analizlerde BDR kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 4.24. a) Karaçay-2 lokalitesinde dere tabanında görülen kömür oluşumu (GPS Koordinatı: 35 S 0715837 ; 4171204) (bakış yönü batı'ya) b ve c) siyah renkli, laminalı yapıya sahip, içerisinde kavkın kırıkları bulunduran kömürlü seviye d) laminalı kömür tabakaları üzerinde görülen sarımsı kahve renkli oksidasyon yüzeyleri.

TÜBİTAK 114Y668 numaralı proje kapsamında arazi çalışmalarının yapıldığı alan içerisinde görülen ve örnek alınabilen kömür lokaliteleri yukarıda detaylı olarak anlatılmıştır. Bununla birlikte özellikle Yatağan Formasyonunun kırıntılı birimleri (çakıltası-kumtaşı-kiltaşı-çamurtaşı) içerisinde blok/çakıltası boyutunda kömür parçaları gözlenmiştir. Bu tür lokalitelerdeki oluşumların yanal devamlılığı ve kalınlığı olmadığından taşınmış kömür parçaları olarak yorumlanmıştır. Taşınmış kömür parçalarının bölgenin hidrokarbon potansiyelini açıklamada belirli bir yarar sağlamayacağı düşünüldüğü için örnekleme yapılmamıştır.

5. ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELER

5.1. Kömür Oluşumlarının Organik Jeokimyasal Özellikleri

Organik jeokimyasal incelemelerin ışığı altında hidrokarbon kaynak kayası hakkında bilgilere ulaşırız. Hidrokarbon türeten veya türetme kapasitesi olan bütün sedimanter kayalar kaynak kaya olarak düşünülebilir (Tissot and Welte, 1984; Peters and Cassa, 1994; Hunt, 1996). Efektif bir kaynak kaya; petrol türetmiştir veya türetiyordur ve petrolü kayadan atmıştır. Potansiyel bir kaynak kaya; petrol türetebilmek için yeterli miktarlarda organik madde içerir, ancak yeterli ısasal olgunluk seviyesine ulaşmadığı için düşük sıcaklıklarda bakteriyel gaz meydana getirir veya petrol oluşturmak için yeterli ısasal olgunluk seviyesine ulaşır ise efektif kaynak kaya olur. Aktif kaynak kaya; petrol oluşum sürecinde en kritik dönem olan petrol penceresi içerisindeyken petrol türeten veya atan kayadır (Dow, 1977). İnaktif kaynak kaya; petrol potansiyeli olduğu halde, petrol oluşumunu durdurmuş olan kayadır (Barker, 1979). Kaynak kaya, petrol veya gaz birikimleri oluşturmak için yeteri miktarda hidrokarbonu oluşturma ve atma kapasitesine sahip kayalar olarak tanımlanır (Hunt, 1996).

Kömür, petrol ve doğal gaz açısından önemli bir kaynak kayadır (Murchison, 1987; Hunt, 1991; Mpanju et al., 1991; Clayton, 1993; Hendrix et al., 1995; Sykes and Snowdon, 2002; Petersen, 2006; Petersen and Nytoft, 2006; Davis et al., 2007). Organik jeokimyasal incelemeler ile kömürlerin ya da diğer sedimanter kayaların hidrokarbon potansiyelleri hakkında kesin bilgilere ulaşırız. Kaynak kayanın bünyesindeki organik maddenin ısı etkisi ile kimyasal yapısının değişmesi sonucunda sıvı hidrokarbon (petrol) veya gaz hidrokarbonlar (doğalgaz) meydana gelir. Bu nedenle bir kayacın kaynak kaya olabilmesi için, kayalar içindeki katı organik madde ile ilgili başlıca üç şartın sağlanması gerekmektedir. Bunlar:

- Yeterli organik madde
- Uygun tipte organik madde
- Organik maddenin yeterli olgunluğa ulaşması

Kaynak kaya araştırmalarını sürdürebilmek için çeşitli jeokimyasal analizler belirli bir sıra takip edilerek yapılır. Bu sıralamaya göre ilk önce uygulanan analiz, kayaçtaki organik madde miktarını belirlemek amacıyla TOC/Rock Eval analizidir. Kayacımız yeteri kadar organik madde içeriyorsa ki, bu değer şeyller için en az % 0.5, karbonatlı kayaçlar için % 0.3' tür (Tissot and Welte, 1984), diğer analiz teknikleri uygulanır. Kaya içerisindeki serbest halde bulunan hidrokarbonları almak amacıyla, öğütülerek toz haline getirilen kayaçtan özütlenen organik madde (bitüm) elde edilir ve ilerleyen aşamada petrol ve bitüm analizlerine geçilir. Kayaç içerisinde hala parçalanmamış halde katı organik madde vardır. Bu organik madde kerojen olarak adlandırılır.

Kerojen; hiçbir asit, baz ve organik çözücüde çözünmeyen, sedimanter kayalarda saçılmış halde bulunan, yüksek moleküler ağırlıklı bir makro moleküldür ve gömülme derinliğinin artmasıyla birlikte yüksek sıcaklıklarda ve indirgen koşullar altında kerojen ısısal parçalanmaya uğrar (Hunt, 1996). Yeryüzündeki sedimanter havzalarda petrol ve gaz aramalarında bu verilere ulaşmak için kullanılan en yaygın metod TOC/Rock Eval analiz metodudur. Rock Eval metodu, eşit ısıda olmayan koşullar altında, açık bir piroliz sisteminde örneklerin ısıtılmasıyla sedimanter kayaların petrol potansiyelini tahmin etme sistemine dayanır.

Toplam Organik Karbon (TOC, %), bir kaya örneğindeki organik karbonun miktarını tanımlar. Bir kayanın TOC içeriği, kerojen (katı organik madde) ve bitümün (sıvı hidrokarbonlar) toplamından oluşmaktadır (Peters and Cassa, 1994). TOC miktarı, organik madde tipi ve olgunlaşma düzeyinin belirlenmesi için Rock Eval piroliz analiz tekniği kullanılarak tespit edilmektedir. Rock Eval piroliz cihazında toz haline getirilmiş örnekler inert atmosfer altında dereceli olarak ısıtılır. Bu ısı kayaç içinde daha önce türetilmiş olan, serbest sıvı hidrokarbonları (bitüm) molekül ağırlıklarına göre sırayla buharlaştırır ve daha sonra herhangi bir organik çözücüde çözünemeyen, yüksek molekül ağırlıklı Organik Madde (OM)' den (kerojen) piroliz ürünlerini parçalar (Peters, 1986). Organik maddenin içermiş olduğu serbest hidrokarbonlar, petrol ve gaz 300 °C civarında buharlaşır. Bu ısısal buharlaşma 3 dakikalık bir periyot için bir pik verir ve bu pik S₁ (mg HC/g kaya) piki olarak adlandırılır. 300-600 °C arasında hem kayaçtaki kerojen parçalanır, hem de resin ve asfalten gibi ağır hidrokarbonlar ayrılırlar ve bu hidrokarbonlar S₂ (mg HC/g kaya) pikini oluşturur. S₂ piki kayaç örneğinin daha yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında türetebileceği hidrokarbon potansiyelini gösterir. Oksijen bileşikleri 300-390 °C arasında parçalanır, CO₂' i oluşturur ve S₃ piki (mg CO₂/g kaya) olarak kaydedilir. S₂ pikinin maksimum olduğu sıcaklık Tmax (°C) olarak ifade edilir. Tmax kayaç örneğinin analiz altında değişen daha önceden geçirmiş olduğu ısısal olgunluğu ifade eder (Tissot and Espitalie, 1975). S₂ pikinin kaydedilmesinden sonra kalan organik karbon, 600 °C' deki oksijen atmosfer basıncındaki oksidasyonla ölçülür. CO₂ eldesi S₄ pikidir ve otomatik olarak kaydedilir. S₁/TOC değeri derinliğe bağlı olarak kullanılır. Kaynak kayanın petrol üretmeye başladığı sınırı gösterir. Çoğunlukla S₁/TOK > 0.1 olduğunda kaynak kaya petrol atmaya başlamıştır (Peters, 1986; Bordenave, 1993).

Piroliz analizlerinden elde edilen, yukarıda bahsedilen bu piklerin yorumlanması, Hidrojen İndeks (HI), Oksijen İndeks (OI), Potansiyel Verim veya Jenetik Potansiyel (PY veya GP) ve Üretim İndeksi (PI) gibi parametreler kullanılarak yapılmaktadır.

HI (mg HC/g TOC) değerleri, kayanın içindeki kerojenin hidrojen zenginliğini temsil eder. S₂ pikinin % ağırlık olarak kaydedilen organik karbon değerine oranı Şeklinde ifade edilmektedir (S₂/ TOC x100). Genellikle 200 mg HC/g TOC' nin altındaki HI değerleri petrol türümüne uygun olmayan organik maddeye, 200-500 mg HC/g TOC arasındaki değerler petrol-gaz türetme özelliğine sahip organik maddeye, 500 mg HC/g TOC' nin üzerindeki değerler ise petrol türümüne uygun organik maddeye işaret etmektedir (Espitalie et al., 1977; Peters, 1986).

OI (mg CO₂/g kaya), kayanın içindeki kerojenin oksijen zenginliğini temsil eder. S₃ hidrokarbonları pik değerinin, rneğin TOC miktarına oranının % olarak ifadesidir (S₃/ TOC x100).

PY veya GP, S₁+S₂ piklerinin ppm (veya mg HC/g kaya) cinsinden ifadesidir. Esas olarak kayanın petrol türüm potansiyelini gösterir. Üretim indeksi (PI, S₁/S₁+S₂) kayanın içinde hazır halde bulunan sıvı hidrokarbon oranını göstermektedir. Gmlmeye dayalı ısıl evrim sırasında, olgunlaşma öncesindeki toplam hidrokarbon potansiyelinin (S₁+S₂) ne kadarının henüz kayaçtan atılmamıŐ serbest hidrokarbonlara (S₁) dönüŐmüŐ olabileceğinin göstergesidir (Espitalie, 1982). PI değeri kaynak kayanın olgunlaşması ile birlikte artmaktadır.

Proje kapsamında Denizli' nin güneyindeki Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden ölçülü stratigrafik kesit ve nokta rnek Şeklinde toplanan, Kızılburun ve Yatağan Formasyonlarına ait organik maddece zengin Şeyl ve kömürlerin kaynak kaya potansiyelleri, içermiş oldukları organik maddelerin türü, klim ortamları ve olgunlaşma durumları belirlenmiştir. Doksan beş adet rneğin TOC/Rock Eval analiz sonuçları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan örneklerin TOC/Rock Eval sonuçları.

Lokalete/GPS/Örnek No	TOC (%)	S ₁	S ₂	S ₃	Tmax (°C)	PY	PI	HI	OI	S ₂ /S ₃	S ₁ /TOC	
Yeşilyuva 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-1	28.20	1.16	26.80	15.67	426	27.96	0.04	95	56	1.71	0.04
	KHA-3	36.60	1.80	37.57	21.33	420	39.37	0.05	103	58	1.76	0.05
	KHA-4	43.80	1.73	47.69	25.05	433	49.42	0.04	109	57	1.90	0.04
	KHA-6	13.20	0.52	5.67	8.89	425	6.19	0.08	43	67	0.64	0.04
	KHA-8	39.00	2.89	57.40	20.29	410	60.29	0.05	147	52	2.83	0.07
	KHA-9	37.00	3.92	63.41	33.31	428	67.33	0.06	171	90	1.90	0.11
	KHA-10	21.40	1.42	18.43	7.69	415	19.85	0.07	86	36	2.40	0.07
	KHA-12	19.00	1.28	19.75	10.01	427	21.03	0.06	104	53	1.97	0.07
	KHA-14	8.82	0.55	7.38	3.72	421	7.93	0.07	84	42	1.98	0.06
	KHA-15	40.30	4.00	46.38	16.52	421	50.38	0.08	115	41	2.81	0.10
	KHA-16	32.00	2.64	40.76	21.84	421	43.40	0.06	127	68	1.87	0.08
	KHA-19	35.60	1.88	32.70	23.83	435	34.58	0.05	92	67	1.37	0.05
	KHA-21	38.90	3.67	55.11	25.62	411	58.78	0.06	142	66	2.15	0.09
	MD-1	20.60	1.06	18.79	8.23	420	19.85	0.05	91	40	2.28	0.05
MD-2	22.50	1.36	26.14	8.73	427	27.50	0.05	116	39	2.99	0.06	
Yüreğil 35S 0709292 4162628	TRY 1	0.85	0.10	0.12	0.57	430	0.22	0.45	14	67	0.21	0.12
	TRY 2	14.50	0.62	5.13	10.97	400	5.75	0.11	35	76	0.47	0.04
	TRY 3	18.70	1.67	9.67	15.83	390	11.34	0.15	52	85	0.61	0.09
	TRY 4	7.08	0.23	3.31	5.27	432	3.54	0.06	47	74	0.63	0.03
	TRY 5	10.60	0.46	7.12	8.02	429	7.58	0.06	67	76	0.89	0.04
	TRY 6	14.30	0.62	10.50	10.37	435	11.12	0.06	73	73	1.01	0.04
	YRG 1	0.97	0.09	0.10	0.50	435	0.19	0.47	10	52	0.20	0.09
	YRG 3	3.01	0.12	0.37	2.12	434	0.49	0.24	12	70	0.17	0.04
	YRG 5	0.74	0.04	0.09	0.48	434	0.13	0.31	12	65	0.19	0.05
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK-3	2.24	0.73	3.73	1.40	436	4.46	0.16	167	62	2.66	0.33
	YTK-6	1.77	0.21	1.00	2.14	440	1.21	0.17	56	121	0.47	0.12
	YTK-11	2.33	0.48	3.14	2.37	425	3.62	0.13	135	102	1.32	0.21
	YTK-12	6.46	0.56	5.26	4.79	433	5.82	0.10	81	74	1.10	0.09
	YTK-14	4.42	0.46	2.86	3.18	429	3.32	0.14	65	72	0.90	0.10
	YTK-15	7.27	1.99	20.81	2.17	430	22.80	0.09	286	30	9.59	0.27
	YTK-17	41.00	3.74	48.21	27.32	431	51.95	0.07	118	67	1.76	0.09
	YTK-19	41.60	2.76	34.17	34.05	427	36.93	0.07	82	82	1.00	0.07
YTK-21	39.10	5.76	52.90	28.49	427	58.66	0.10	135	73	1.86	0.15	

Tablo 5.1. devam

Lokalise/GPS/Örnek No	TOC (%)	S ₁	S ₂	S ₃	Tmax (°C)	PY	PI	HI	OI	S ₂ /S ₃	S ₁ /TOC	
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK-23	21.00	6.06	53.20	17.02	425	59.26	0.10	253	81	3.13	0.29
	YTK-25	48.30	7.63	69.77	24.91	420	77.40	0.10	144	52	2.80	0.16
	YTK-27	47.20	7.70	73.05	19.50	418	80.75	0.10	155	41	3.75	0.16
	YTK-28	40.70	8.26	65.08	23.56	418	73.34	0.11	160	58	2.76	0.20
	YTK-30	25.40	3.85	46.79	15.19	432	50.64	0.08	184	60	3.08	0.15
	YTK-31	35.10	4.35	52.22	16.75	434	56.57	0.08	149	48	3.12	0.12
	YTK-33	23.10	2.95	38.75	14.45	432	41.70	0.07	168	63	2.68	0.13
	YTK-34	42.00	5.61	44.17	28.32	426	49.78	0.11	105	67	1.56	0.13
	YTOK-2	0.46	0.22	0.80	1.27	427	1.02	0.22	172	274	0.63	0.48
	YTOK-4	1.08	0.26	2.35	0.73	422	2.61	0.10	218	68	3.22	0.24
YTOK-7	0.59	0.12	0.74	0.47	428	0.86	0.14	126	80	1.57	0.20	
YTOK-8	1.06	0.20	1.88	0.84	424	2.08	0.10	177	79	2.24	0.19	
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK-3	3.90	0.40	7.07	1.83	431	7.47	0.05	181	47	3.86	0.10
	AYK-4	30.90	3.73	38.88	17.78	430	42.61	0.09	126	58	2.19	0.12
	AYK-5	35.30	6.27	52.31	28.47	428	58.58	0.11	148	81	1.84	0.18
	AYK-6	16.50	3.13	41.70	6.68	430	44.83	0.07	253	40	6.24	0.19
	AYK-7	22.50	3.13	38.01	13.57	430	41.14	0.08	169	60	2.80	0.14
	AYK-8	30.40	3.36	34.20	21.99	434	37.56	0.09	113	72	1.56	0.11
	AYK-9	26.20	1.55	26.83	14.68	429	28.38	0.05	102	56	1.83	0.06
	AYK-10	36.60	3.25	33.57	23.24	426	36.82	0.09	92	63	1.44	0.09
	AYK-11	28.90	3.42	47.05	14.59	434	50.47	0.07	163	50	3.22	0.12
	AYK-12	29.50	2.75	39.17	17.07	435	41.92	0.07	133	58	2.29	0.09
	AYK-13	6.89	0.65	11.39	3.98	433	12.04	0.05	165	58	2.86	0.09
	AYK-14	9.96	0.82	10.30	5.03	430	11.12	0.07	103	51	2.05	0.08
	AYK-17	34.00	4.69	51.21	18.43	427	55.90	0.08	151	54	2.78	0.14
AYK-18	13.00	2.41	32.82	6.19	425	35.23	0.07	252	48	5.30	0.19	
AYK-19	36.40	3.94	49.36	20.76	430	53.30	0.07	136	57	2.38	0.11	
AYK-20	44.00	7.06	63.27	24.68	426	70.33	0.10	144	56	2.56	0.16	
AYK-21	33.30	3.95	42.28	21.50	432	46.23	0.09	127	65	1.97	0.12	
Kocapınar 35S 0707963 4169222	KP-2	4.59	1.96	10.21	1.54	421	12.17	0.16	222	34	6.63	0.43
	KP-4	16.60	3.00	37.06	5.86	430	40.06	0.07	223	35	6.32	0.18
	KP-6	25.00	2.01	47.04	14.32	437	49.05	0.04	188	57	3.28	0.08
	KP-8	30.90	3.30	50.63	20.76	433	53.93	0.06	164	67	2.44	0.11
	KP-10	6.43	1.38	12.40	3.30	424	13.78	0.10	193	51	3.76	0.21
KP-12	26.50	2.05	41.01	15.94	436	43.06	0.05	155	60	2.57	0.08	

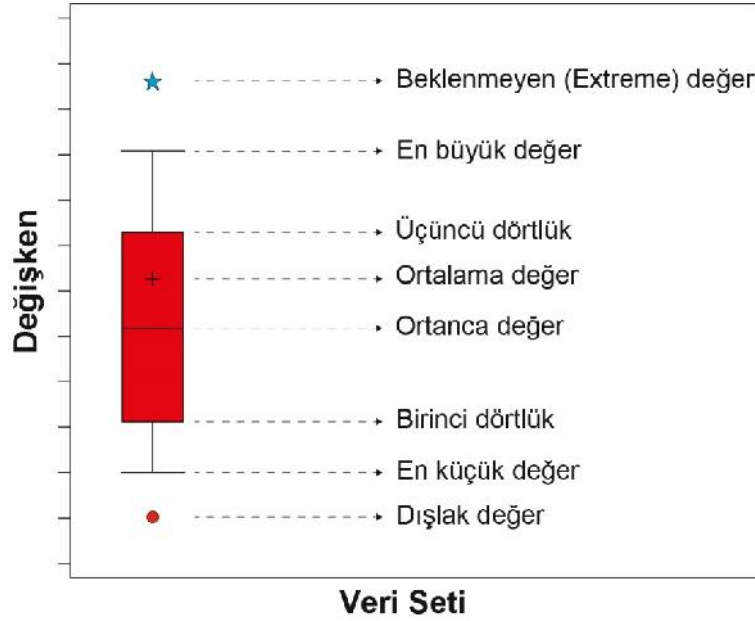
Tablo 5.1. devam

Lokalizasyon/GPS/Örnek No	TOC (%)	S ₁	S ₂	S ₃	Tmax (°C)	PY	PI	HI	OI	S ₂ /S ₃	S ₁ /TOC	
Kocapınar	KP-14	13.20	2.61	32.06	5.37	427	34.67	0.08	243	41	5.97	0.20
	KP-16	1.30	0.27	2.98	0.52	428	3.25	0.08	229	40	5.73	0.21
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP-2	6.77	0.45	2.41	3.63	430	2.86	0.16	36	54	0.66	0.07
	GKP-4	51.80	5.53	61.85	14.40	344	67.38	0.08	119	28	4.30	0.11
	GKP-5	26.50	1.33	12.93	16.28	396	14.26	0.09	49	61	0.79	0.05
	GKP-7	9.98	0.69	5.98	7.80	431	6.67	0.10	60	78	0.77	0.07
	GKP-8	5.51	0.53	2.53	5.07	438	3.06	0.17	46	92	0.50	0.10
	GKP-10	12.90	1.15	14.00	9.08	434	15.15	0.08	109	70	1.54	0.09
	GKP-12	16.80	0.97	11.08	7.79	425	12.05	0.08	66	46	1.42	0.06
	GKP-14	38.70	1.84	30.22	17.73	371	32.06	0.06	78	46	1.70	0.05
	GKP-16	27.10	1.35	18.56	13.28	411	19.91	0.07	68	49	1.40	0.05
	GKP-19	40.60	1.75	33.23	21.10	422	34.98	0.05	82	52	1.57	0.04
Karaçay 35S 0711999 4169774	KRÇ-2	5,02	0.41	1.92	1.94	440	2.33	0.18	38	39	0.99	0.08
Yatağan-2 35S 0712053 4162757	T-2	0,39	0.05	0.06	0.15	633	0.11	0.45	16	39	0.40	0.13
Yatağan-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	37.9	7.16	69.68	11.48	416	76.84	0.09	184	30	6.07	0.19
	YTA-3	33.2	6.8	48.36	14.47	431	55.16	0.12	146	44	3.34	0.20
	YTA-4	12	2.7	19.44	5.92	421	22.14	0.12	162	49	3.28	0.23
	YTAC-1	36	6.29	51.28	11.24	428	57.57	0.11	142	31	4.56	0.17
	YTAC-3	25.6	6.92	49.51	8.88	431	56.43	0.12	193	35	5.58	0.27
	YTAC-5	31.8	8.24	49.19	12.49	434	57.43	0.14	155	39	3.94	0.26
Yeşilyuva-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	KKLP-2	16,8	1,38	11,79	10,2	435	13,17	0,1	70	61	1,16	0,08
	KKLP-3	17,7	1	11,4	8,69	428	12,4	0,08	64	49	1,31	0,06
	KINC-2	25,3	3,56	30,16	15,45	427	33,72	0,11	119	61	1,95	0,14
	KINC-4	2,83	0,14	1,65	0,91	431	1,79	0,08	58	32	1,81	0,05
Ayaz-2 35S 0707266 4164572	CD-2	32,8	8,93	69,48	10,99	427	78,41	0,11	212	34	6,32	0,27
	CD-3	30,6	10,94	68,01	11,27	434	78,95	0,14	222	37	6,03	0,36
Karaçay-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	8,58	0,73	7,74	1,52	401	8,47	0,09	90	18	5,09	0,09

S₁, S₂: mg HC/g kaya, S₃: mg CO₂/g kaya, PY(S₁+S₂): mg HC/g kaya, PI: (S₁/(S₁+S₂)), HI(S₂/TOC): mg HC/g TOC, OI (S₃/TOC): mg CO₂ / g TOC.

5.1.1. TOC/Rock Eval Verilerinin Kutu Grafikleriyle Yorumlanması

Kutu grafikleri (Box-Plot) istatistiksel grafik aleti olup, niceliksel verileri görsel şekilde özetlemek için ilk defa Amerikan istatistikçi John Tukey tarafından 1977 yılında kutu ve bıyıklar grafiği adı altında açıklayıcı veri analiz aracı olarak geliştirilmiştir. İstatistik biliminde kutu grafikleri sayısal veri setlerini beş sayı özetlerine (en küçük değer, birinci dördlük (kartil), medyan, üçüncü dördlük ve en büyük değer) dayanarak resmeden uygun betimleme yoludur (Şekil 5.1). Kutu grafikleri veri setimizin yayılımı, konumu, çarpıklığı, kuyruk uzunlukları, aykırı gözlem değerleri hakkında bilgi verir (URL-1; Özdamar, 2004; Akgül ve Çevik, 2005).



Şekil 5.1. Kutu grafiği ve taşıdığı özellikler.

Kömür örnekleri üzerinde gerçekleştirilen TOC, Tmax, Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI), S₁ ve S₂ analiz sonuçlarına ait kutu grafikleri Şekil 5.2'de verilmiştir. Genel olarak kömür örneklerinin TOC (%) içeriği bakımından birbirlerine yakın değerler göstermektedir. Bununla birlikte Yüreğil kömür örneklerinin diğer lokalitelere göre daha düşük TOC (%) içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca TOC (%) değerlerinin her lokalitenin kendi içerisinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.2).

Isısal olgunluğun göstergesi olan Tmax (°C) değerleri bakımından kömür örneklerinin (Kocapınar-Ocak örnekleri dışında) benzer oldukları görülmektedir. Tmax (°C) içerikleri Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Yatağan-3, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örneklerinde sınırlı dağılım gösteriyorken, Kocapınar-Ocak örnekleri geniş ve asimetric (homojen olmayan)

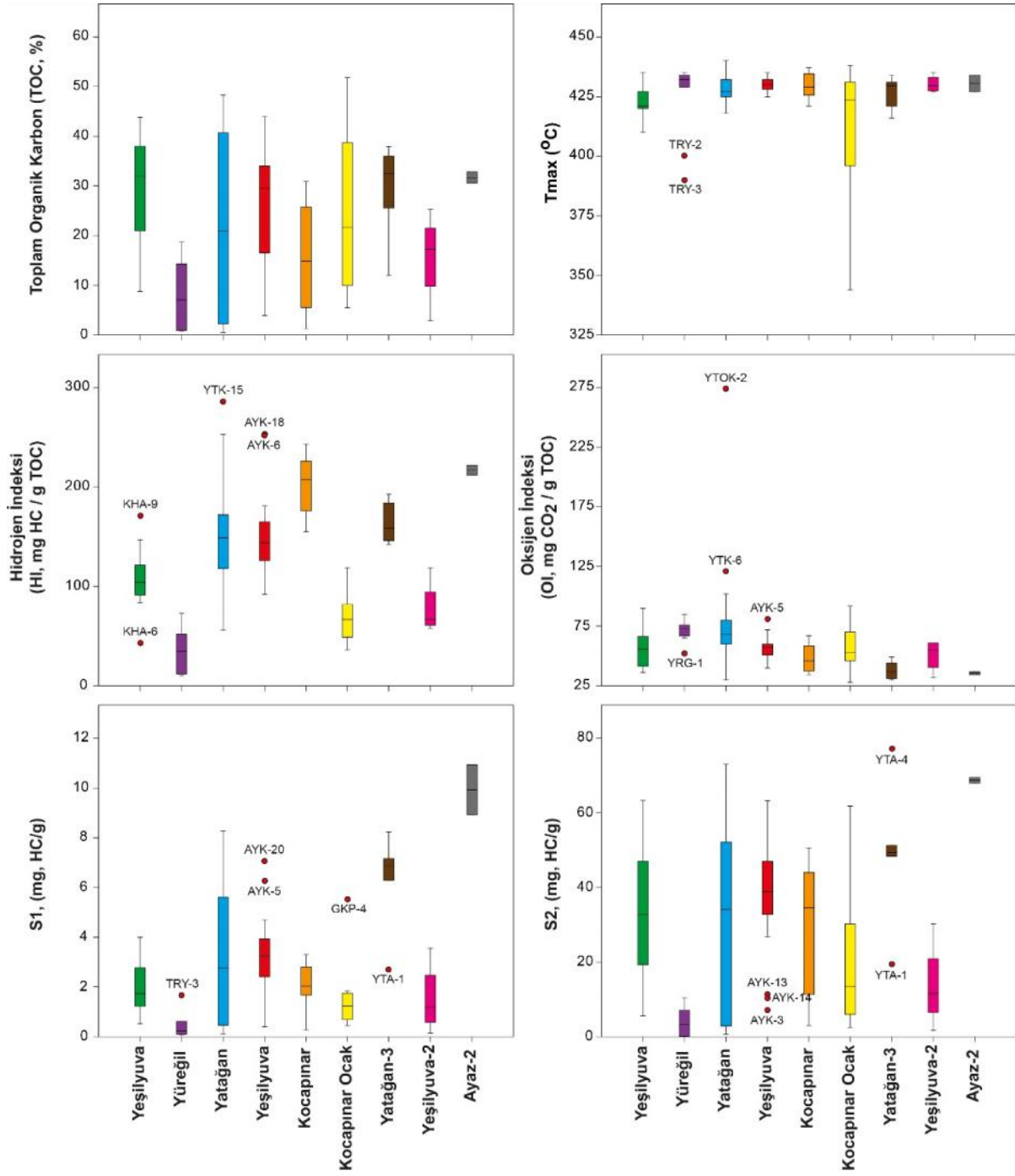
bir dağılım göstermektedir (Şekil 5.2). Bununla birlikte Yüreğil kömür örnekleri içerisindeki TRY-2, TRY-3 numaralı örnekler dışlak değerleri oluşturmaktadır.

HI değerleri bakımından kömür örnekleri oldukça farklı dağılıma sahiptir. Ayrıca HI değerlerinin her lokalitenin kendi içerisinde nispeten simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte KHA-6, KHA-9 (Yeşilyuva), YTK-15 (Yatağan) ve AYK-6, AYK-8 (Ayaz) numaralı kömür örneklerinin dışlak değerleri oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 5.2). Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örneklerinin HI değerleri diğer lokalite kömür örneklerine göre daha düşük değerler göstermektedir.

Kömür örnekleri Oksijen İndeksi (OI) içeriği bakımından birbirlerine yakın değerlere sahiptir. Bununla birlikte OI içeriklerinin her lokalitenin kendi içerisinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir. YRG-1 (Yüreğil), YTK-2, YTK-6 (Yatağan) ve AYK-5 (Ayaz) numaralı kömür örnekleri içerisinde buldukları örnek gruplarının dışlak değerlerini oluşturmaktadır (Şekil 5.2).

S₁ içerikleri bakımından Yatağan-3 ve Ayaz-2 kömür örnekleri haricinde diğer lokalitelere ait kömür örnekleri kısmen benzer dağılımlara sahip olduğu görülmektedir. Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar, Yatağan-3 ve Ayaz-2 örnekleri simetrik (homojen) dağılım gösteriyorken, Yatağan, Ayaz, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 örnekleri asimetric (homojen olmayan) dağılım göstermektedir. Benzer şekilde Yatağan kömür örneklerinin S₁ içeriklerinin diğer kömür örneklerine göre daha geniş bir dağılım aralığına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5.2). Bununla birlikte TRY-3 (Yüreğil), AYK-5, AYK-20 (Ayaz), GKP-4 (Kocapınar-Ocak) ve YTA-1 (Yatağan-3) numaralı kömür örnekleri içerisinde buldukları örnek gruplarının dışlak değerlerini oluşturmaktadır (Şekil 5.2).

S₂ içerikleri bakımından kömür örneklerinin (Yüreğil, Yatağan-3 ve Ayaz-2 örnekleri dışında) benzer oldukları görülmektedir. Yeşilyuva, Yüreğil ve Ayaz örnekleri simetrik (homojen) dağılım gösteriyorken, Yatağan, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örnekleri asimetric (homojen olmayan) dağılım göstermektedir. Yüreğil, Yatağan-3 ve Ayaz-2 kömür örneklerinin S₂ içeriklerinin diğer kömür örneklerine göre daha sınırlı bir dağılım aralığına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte AYK-3, AYK-13 AYK-14 (Ayaz), YTA-1, YTA-4 (Yatağan-3) numaralı kömür örnekleri içerisinde buldukları örnek gruplarının dışlak değerlerini oluşturmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. İncelenen örneklerin TOC/Rock Eval piroliz analizinden elde edilen, TOC, Tmax, Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI), S₁ ve S₂ parametrelerine ait kutu grafikleri.

5.1.2. Organik Madde Miktarı ve Kaynak Kaya Potansiyeli

Bir kayanın hidrokarbon (petrol veya gaz) kaynak kayası olabilmesi için içermesi gereken en az TOC miktarı şeyller için % 0.5, karbonatlı kayalar için % 0.3 olarak kabul edilmektedir (Tissot and Welte, 1984). Kömürler tipik olarak, C, H, N, O, P ve S elementleri de dâhil olmak üzere ağırlık olarak % 50'den fazla organik maddeye sahiptir (Hunt, 1996). Ancak düşük ranklı kömürlerde TOC içeriği ağırlık olarak % 20'ye kadar düşebilmektedir (Stanley et al., 2014). Hidrokarbon kaynak kayaları organik karbon yüzdelerine göre Tablo 5.2'teki gibi farklı araştırmacılar tarafından sınıflandırılmıştır.

Tablo 5.2. Tissot and Welte (1984), Jarvie (1991) ve Peters and Cassa (1994)'e göre kaynak kaya potansiyelini belirlemede kullanılan jeokimyasal parametreler.

Tissot and Welte (1984)		Jarvie (1991)		Peters and Cassa (1994)	
TOC (%)	Kaynak Kaya Kalitesi	TOC (%)	Kaynak Kaya Kalitesi	TOC (%)	Kaynak Kaya Potansiyeli
0.1-0.5	Zayıf	0-0.5	Yetersiz	0-0.5	Zayıf
0.5-1	Orta	0.5-1	Orta	0.5-1	Orta
1-2	İyi	>1	Yeterli	1-2	İyi
2-10	Zengin			2-4	Çok iyi
				> 4	Mükemmel

Yatağan ve Kızılburun Formasyonlarına ait litolojilerden alınan toplam 95 adet kömür ve/veya organik maddece zengin çamurtaşı, kıltaşı, killi kömür örneğinde TOC/Rock Eval analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin TOC miktarları Yeşilyuva'da, % 8.8 ile % 43.8; Yüreğil'de, % 0.74 ile % 18.70; Ayaz'da, % 3.9 ile % 44.0; Yatağan'da, % 0.5 ile % 48.3; Kocapınar'da, % 1.3 ile % 30.9, Kocapınar-Ocak'ta, % 5.5 ile % 51.8; Yatağan-3'de, % 12.0 ile % 37.90; Yeşilyuva-2'de % 2.83 ile % 25.30 ve Ayaz-2'de % 30.60 ile % 32.60 arasında değişmektedir (Tablo 5.1). Bununla birlikte nokta örnek olarak alınan Karaçay'da, % 5.02; Yatağan-2'de, % 0.39; Karaçay-2'de % 8.58 olarak belirlenmiştir.

Peters and Cassa (1994)'a göre Yeşilyuva örneklerinin tamamı mükemmel derecede, Yüreğil örnekleri orta (YRG 5 ve TRY 1), iyi (YRG 1), çok iyi (YRG 3) ve mükemmel derecede, Yatağan örnekleri orta (YTOK 2, YTOK 7), iyi (YTK 6, YTOK 4, YTOK 8), çok iyi (YTK 3, YTK 11) ve mükemmel derecede, Ayaz örnekleri çok iyi (AYK 3) ve mükemmel derecede kaynak kaya potansiyeline sahiptir. Kocapınar lokalitesinin bir örneği iyi (KP 16), diğer örnekleri mükemmel derecede, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3 ve Ayaz-2 örneklerinin tamamı mükemmel derecede, Yeşilyuva-2 lokalitesinde bir örnek (KİNC-4) çok iyi, diğer örnekler mükemmel derecede kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

Nokta örnek olarak Karaçay (KRC-2) ve Karaçay-2 (BDR-1) örnekleri mükemmel, Yatağan-2 (T-2) örneği zayıf derecede kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

TOC, S₁ ve S₂ değerleri genellikle kömürlerde, çamurtaşı veya şeyl kaynak kayalarından daha yüksektir (Peters, 1986; Tablo 5.3). TOC miktarı kömürlerde % 2.32 ile % 66.00, çamurtaşı ve şeyllerde ise % 0.5 ile % 26.45 (Stanley et al., 1990) arasında olmakla birlikte bu değer kömürlerde % 90'a kadar çıkabilir. Ancak bu çalışmada da olduğu gibi kömürlerdeki TOC miktarları her zaman çok yüksek olmayabilir. Kömür ve şeyl mostralarında TOC miktarı günlenme (weathering) nedeniyle önemli miktarlarda düşüş gösterebilmektedir (Stanley et al., 1990).

Tablo 5.3. Peters (1986)'a göre kaynak kayaların hidrokarbon potansiyelini belirlemede kullanılan TOC (%) miktarları ve S₁, S₂ hidrokarbon değerleri.

Kaynak Kaya Potansiyeli	Organik Madde		
	TOC (%)	Rock Eval Piroiliz	
		S ₁ (mg HC/g kaya)	S ₂ (mg HC/g kaya)
Zayıf	0-0.5	0-0.5	0-2.5
Orta	0.5-1.0	0.5-1.0	2.5-5.0
İyi	1.0-2.0	1.0-2.0	5.0-10.0
Çok iyi	>2.0	>2	>10

Örneklerin S₁ miktarları Yeşilyuva'da, 0.52 ile 4.00 mg HC/g kaya; Yüreğil'de, 0.04 ile 1.67 mg HC/g kaya; Yatağan'da, 0.12 ile 8.26 mg HC/g kaya; Ayaz'da, 0.4 ile 7.06 mg HC/g kaya; Kocapınar'da, 0.27 ile 3.30 mg HC/g kaya, Kocapınar-Ocak'ta; 0.45 ile 5.53 mg HC/g kaya, Yatağan-3'de; 2.70 ile 8.24 mg HC/g kaya, Yeşilyuva-2'de; 0.14 ile 3.56 mg HC/g kaya ve son olarak Ayaz-2'de; 8.93 ile 10.94 mg HC/g kaya arasında değişmektedir (Tablo 5.1). Nokta örneklerin S₁ değerleri Karaçay'da 0.41 mg HC/g kaya; Yatağan-2'de 0.05 mg HC/g kaya ve Karaçay-2'de 0.73 mg HC/g kaya olarak bulunmuştur.

S₁ parametresine dayalı değerlendirme kullanılırsa (Peters, 1986); Yeşilyuva örnekleri orta, iyi ve çok iyi, Yüreğil örnekleri zayıf, orta ve iyi (TRY-3), Yatağan örnekleri zayıf, orta iyi (YTK-15) ve çok iyi, Ayaz örnekleri zayıf (AYK-3), orta (AYK-13, AYK-14), iyi (AYK-9) ve çok iyi, Kocapınar örnekleri zayıf (KP-16), iyi (KP-2, KP-10) ve çok iyi, Kocapınar-Ocak örnekleri zayıf (GKP-2), orta, iyi ve çok iyi (GKP-4), Yatağan-3 örnekleri çok iyi, Yeşilyuva-2 örnekleri zayıf (KİNC-4), orta (KKLP-3), iyi (KKLP-2), çok iyi (KİNC-2) ve Ayaz-2 örnekleri çok iyi arasında değişen kaynak kaya potansiyeline sahiptirler. S₁ içeriklerine göre Karaçay (KRC-2) ve

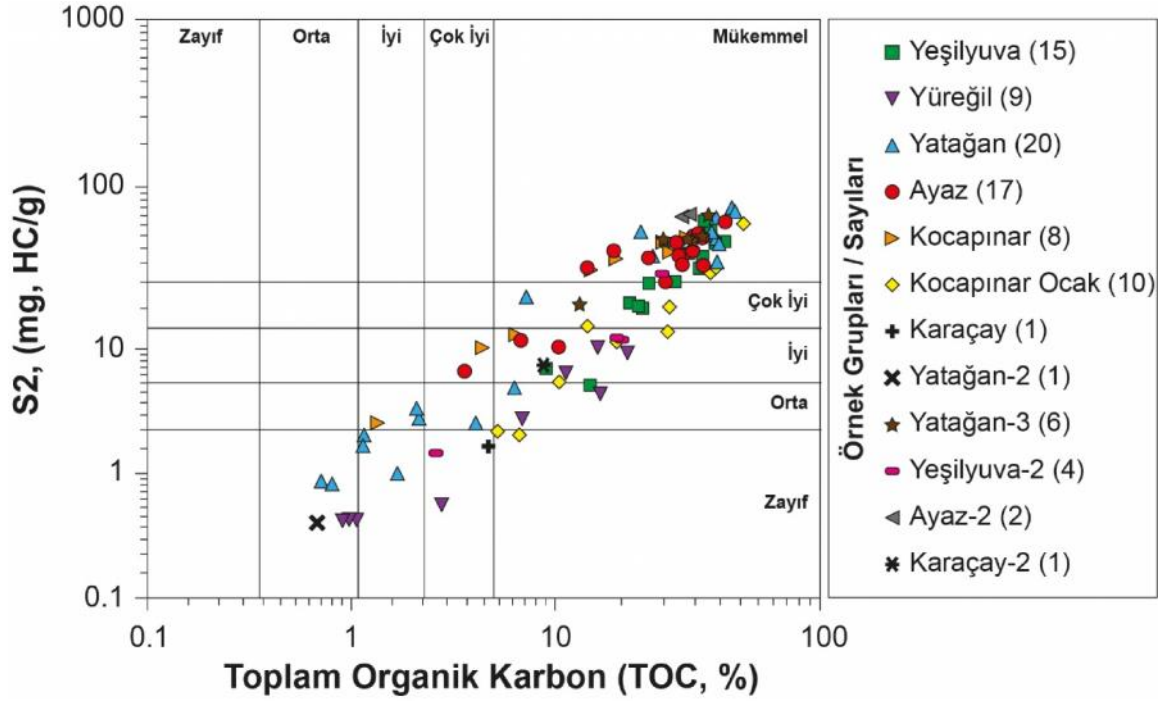
Yatağan-2 (T-2) nokta örneklerinin zayıf, Karaçay-2 (BDR-1) nokta örneğinin ise orta derece kaynak kaya potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

S_1/TOC değeri kaynak kayanın hidrokarbon türetmeye başladığı sınırı gösterir ve $S_1/TOC > 0.1$ olduğunda kaynak kaya hidrokarbon atmaya başlamıştır (Peters, 1986; Bordenave, 1993). Doksanbeş (95) adet örnekten kırk yedi (47) adet örnekte S_1/TOC değerleri 0.1'den büyüktür. Bu durumda örneklerin alındığı formasyonlardaki kaynak kayanın hidrokarbon türetmeye uygun olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 5.1).

Örneklerin S_2 içerikleri Yeşilyuva'da, 5.67 ile 63.41 mg HC/g kaya; Yüreğil'de, 0.09 ile 10.50 mg HC/g kaya; Yatağan'da, 0.74 ile 73.05 mg HC/g kaya; Ayaz'da, 7.07 ile 63.27 mg HC/g kaya; Kocapınar'da, 2.98 ile 50.63 mg HC/g kaya; Kocapınar-Ocak'ta; 2.41 ile 61.85 mg HC/g kaya; Yatağan-3'de 19.44 ile 69.68 mg HC/g kaya; Yeşilyuva-2'de 1.65 ile 30.16 mg HC/g kaya; Ayaz-2'de 68.01 ile 69.48 mg HC/g kaya arasında değişmektedir (Tablo 5.1). Nokta örnek olarak alınan örneklerin S_2 içerikleri Karaçay'da, 1.92 mg HC/g kaya; Yatağan-2'de, 0.06 mg HC/g kaya ve son olarak Karaçay-2'de 7.74 mg HC/g kaya olarak belirlenmiştir.

Yine Peters (1986)'ın S_2 içeriklerine dayanan değerlendirmesine göre; Yeşilyuva örneklerinin iyi (KHA-6, KHA-14), çok iyi; Yüreğil örneklerinin zayıf, orta (TRY-4), iyi ve çok iyi (TRY-6); Yatağan örneklerinin zayıf, orta, iyi (YTK-12) ve çok iyi; Ayaz örneklerinin iyi (AYK-3) ve çok iyi; Kocapınar örneklerinin orta (KP-16) ve çok iyi; Kocapınar-ocak örneklerinin zayıf (GKP-2), orta (GKP-8), iyi (GKP-7) ve çok iyi; Yatağan-3 örneklerinin çok iyi; Yeşilyuva-2 örneklerinin zayıf (KİNC-4) ve çok iyi; Ayaz-2 örneklerinin çok iyi arasında değişen derecede kaynak kaya potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. S_2 içeriklerine göre Karaçay (KRC-2) ve Yatağan-2 (T-2) nokta örneklerinin zayıf, Karaçay-2 (BDR-1) nokta örneğinin ise orta derece kaynak kaya potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

S_2 'ye karşı TOC diyagramı kaynak kayaların hidrokarbon türetme potansiyelini belirlemede kullanılmakta olup, yukarıdaki değerlendirmelerle uyumludur (Langford and Blanc-Valleron, 1990; Peters, 1986). Bu diyagramda TOC ve S_2 içeriklerine göre kömür örneklerinin zayıf dereceden mükemmel dereceye kadar değişen geniş bir aralıkta kaynak kaya potansiyeline sahip oldukları görülmektedir (Şekil 5.3). Bu durum, depolanma ortamının mevsimsel değişiklikler gösteren akarsu ortamı olması, depolanma ortamının oldukça hareketli bir ortam olması nedeniyle organik maddenin bir kısmının yeniden işlenmiş olması (reworked) ve/veya atmosfer ile temas edip okside olması ile açıklanabilmektedir (Stanley et al., 2014).



Şekil 5.3. S₂'ye karşı TOC (%) diyagramında çalışılan örneklerin kaynak kaya değerlendirilmesi ve hidrokarbon türüm potansiyeli (Langford and Blanc-Valleron, 1990; Peters, 1986).

Organik maddenin özelliği, yani kerojenin petrol mü? gaz mı? türeteceği TOC/Rock Eval piroliz analizlerinden elde edilen HI, OI ve S₂/S₃ oranından da belirlenebilir (Peters, 1986; Peters and Cassa, 1994). HI değerleri kayanın içindeki kerojenin hidrojen zenginliğini temsil eder. Kerojendeki nispeten yüksek hidrojen içeriği, genellikle daha yüksek petrol oluşum potansiyelini gösterir. HI sınır değerlerine göre kerojen tipleri Tablo 5.4' de verilmiştir.

Tablo 5.4. HI sınır değerlerine göre kerojen tipleri.

Hidrokarbon Tipi ¹	HI (mg HC/g TOC) ¹	S ₂ /S ₃ ¹	Kerojen Tipi ve Üreteceği Hidrokarbon ²	HI (mg HC/g TOC) ²
Gaz	0 - 150	0 - 3	Tip IV, sınırlı gaz	< 50
Gaz ve Petrol	150 - 300	3 - 5	Tip III, gaz	50 - 200
Petrol	> 300	> 5	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	200 - 300
			Tip II, petrol	300 - 600
			Tip I, petrol	> 600

¹Peters (1986); ²Peters and Cassa (1994)

Proje konusu kömür örneklerinin HI değerleri Yeşilyuva' da 43 ile 171 mg HC/g TOC, Yüreğil'de 10 ile 73 mg HC/g TOC, Yatağan'da 56 ile 286 mg HC/g TOC, Ayaz'da 92 ile 253 mg HC/g TOC, Kocapınar'da 155 ile 243 mg HC/g TOC, Kocapınar-Ocak'ta 36 ile 119 mg HC/g TOC, Yatağan-3'de 142 ile 193 mg HC/g TOC, Yeşilyuva-2'de 58 ile 119 mg HC/g TOC ve Ayaz-2'de 212 ile 222 mg HC/g TOC arasında değişmektedir (Tablo 5.1). Nokta örnek olarak alınan örneklerin HI içerikleri Karaçay'da 38 mg HC/g TOC, Yatağan-2'de 16 mg HC/g TOC ve son olarak Karaçay-2'de 90 mg HC/g TOC olarak belirlenmiştir. HI ve S_2/S_3 sınır değerlerine göre organik maddece zengin kayaçların kerojen tipleri ve üreteceği hidrokarbonlar tablo halinde özetlenmiştir (Tablo 5.5).

Peters (1986) ve Peters and Cassa (1994)' e göre HI değerleri 50 mg HC/g TOC olan 12 adet örnekte Tip IV kerojen ve sınırlı gaz potansiyeli varken, HI değerleri 200 ile 300 mg HC/g TOC olan 11 adet örnekte Tip II + Tip III kerojen ve petrol + gaz potansiyeli belirlenmiştir. 72 adet kömür örneğinin gaz türetmeye uygun Tip III kerojenden oluştuğunu ve bu verilerin S_2/S_3 değerleriyle de uyumlu olduğunu gör Tablo 5.5'de görülmektedir.

Organik maddenin kalitesini (hidrojen içeriği) ya da organik madde tipini ve kaynak kayanın hidrokarbon türüm potansiyelini belirlemek için piroliz analizlerinden elde ettiğimiz verilerden yararlanılmaktadır. HI-Tmax (Mukhopadhyay et al., 1995), HI-OI (Peters, 1986), HI-TOC (Jackson et al., 1985), HI- S_2/S_3 (Peters and Cassa, 1994) ve S_2/TOC (Langford and Blanc-Valleron, 1990) grafikleri kullanıldığında, birçok örneğin piroliz verileriyle uyumlu olarak baskın şekilde gaz türüm potansiyeline sahip olan, Tip III kerojenden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 5.4; 5.5; 5.6; 5.7; 5.8).

Tablo 5.5 İncelenen örneklerin HI (mg HC/g TOC) ve S₂/S₃ değerlerine karşılık gelen kerojen tipleri ve üreteceği hidrokarbonlar.

Lokalite/GPS/Örnek No	HI (mg HC/g TOC) ²	Kerojen Tipi ve Üreteceği Hidrokarbon ²	S ₂ /S ₃ ¹	Hidrokarbon Tipi ¹	
Yeşilyuva 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-1	95	Tip III, gaz	1,71	Gaz
	KHA-3	103	Tip III, gaz	1,76	Gaz
	KHA-4	109	Tip III, gaz	1,90	Gaz
	KHA-6	43	Tip IV, sınırlı gaz	0,64	Gaz
	KHA-8	147	Tip III, gaz	2,83	Gaz
	KHA-9	171	Tip III, gaz	1,90	Gaz
	KHA-10	86	Tip III, gaz	2,40	Gaz
	KHA-12	104	Tip III, gaz	1,97	Gaz
	KHA-14	84	Tip III, gaz	1,98	Gaz
	KHA-15	115	Tip III, gaz	2,81	Gaz
	KHA-16	127	Tip III, gaz	1,87	Gaz
	KHA-19	92	Tip III, gaz	1,37	Gaz
	KHA-21	142	Tip III, gaz	2,15	Gaz
	MD-1	91	Tip III, gaz	2,28	Gaz
MD-2	116	Tip III, gaz	2,99	Gaz	
Yüreğil 35S 0709292 4162628	TRY 1	14	Tip IV, sınırlı gaz	0,21	Gaz
	TRY 2	35	Tip IV, sınırlı gaz	0,47	Gaz
	TRY 3	52	Tip III, gaz	0,61	Gaz
	TRY 4	47	Tip IV, sınırlı gaz	0,63	Gaz
	TRY 5	67	Tip III, gaz	0,89	Gaz
	TRY 6	73	Tip III, gaz	1,01	Gaz
	YRG 1	10	Tip IV, sınırlı gaz	0,20	Gaz
	YRG 3	12	Tip IV, sınırlı gaz	0,17	Gaz
	YRG 5	12	Tip IV, sınırlı gaz	0,19	Gaz

Tablo 5.5. devam

Lokalite/GPS/Örnek No	HI (mg HC/g TOC) ²	Kerojen Tipi ve Üreteceği Hidrokarbon ²	S ₂ /S ₃ ¹	Hidrokarbon Tipi ¹	
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK-3	167	Tip III, gaz	2,66	Gaz
	YTK-6	56	Tip III, gaz	0,47	Gaz
	YTK-11	135	Tip III, gaz	1,32	Gaz
	YTK-12	81	Tip III, gaz	1,10	Gaz
	YTK-14	65	Tip III, gaz	0,90	Gaz
	YTK-15	286	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	9,59	Petrol
	YTK-17	118	Tip III, gaz	1,76	Gaz
	YTK-19	82	Tip III, gaz	1,00	Gaz
	YTK-21	135	Tip III, gaz	1,86	Gaz
	YTK-23	253	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	3,13	Petrol
	YTK-25	144	Tip III, gaz	2,80	Gaz
	YTK-27	155	Tip III, gaz	3,75	Petrol
	YTK-28	160	Tip III, gaz	2,76	Gaz
	YTK-30	184	Tip III, gaz	3,08	Gaz ve Petrol
	YTK-31	149	Tip III, gaz	3,12	Gaz ve Petrol
	YTK-33	168	Tip III, gaz	2,68	Gaz
	YTK-34	105	Tip III, gaz	1,56	Gaz
	YTOK-2	172	Tip III, gaz	0,63	Gaz
	YTOK-4	218	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	3,22	Gaz ve Petrol
YTOK-7	126	Tip III, gaz	1,57	Gaz	
YTOK-8	177	Tip III, gaz	2,24	Gaz	
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK-3	181	Tip III, gaz	3,86	Gaz ve Petrol
	AYK-4	126	Tip III, gaz	2,19	Gaz
	AYK-5	148	Tip III, gaz	1,84	Gaz
	AYK-6	253	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	6,24	Petrol

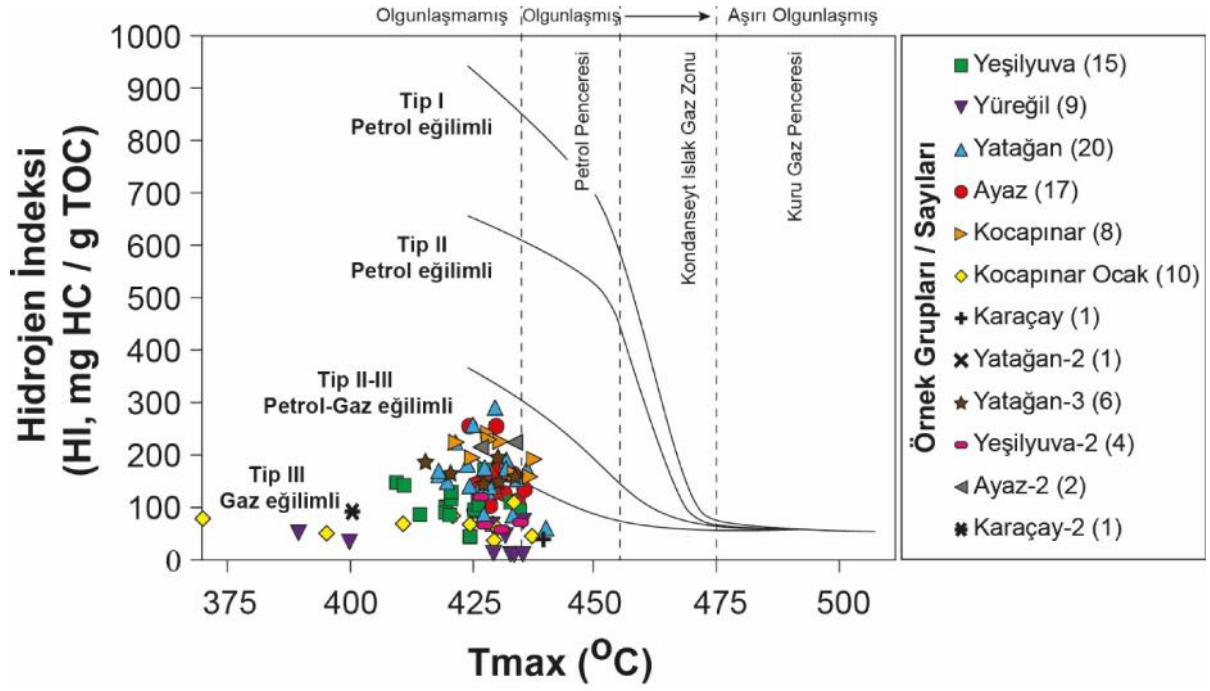
Tablo 5.5. devam

Lokalite/GPS/Örnek No	HI (mg HC/g TOC) ²	Kerojen Tipi ve Üreteceği Hidrokarbon ²	S ₂ /S ₃ ¹	Hidrokarbon Tipi ¹	
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK-7	169	Tip III, gaz	2,80	Gaz
	AYK-8	113	Tip III, gaz	1,56	Gaz
	AYK-9	102	Tip III, gaz	1,83	Gaz
	AYK-10	92	Tip III, gaz	1,44	Gaz
	AYK-11	163	Tip III, gaz	3,22	Gaz ve Petrol
	AYK-12	133	Tip III, gaz	2,29	Gaz
	AYK-13	165	Tip III, gaz	2,86	Gaz
	AYK-14	103	Tip III, gaz	2,05	Gaz
	AYK-17	151	Tip III, gaz	2,78	Gaz
	AYK-18	252	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	5,30	Petrol
	AYK-19	136	Tip III, gaz	2,38	Gaz
	AYK-20	144	Tip III, gaz	2,56	Gaz
	AYK-21	127	Tip III, gaz	1,97	Gaz
Kocapınar 35S 0707963 4169222	KP-2	222	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	6,63	Petrol
	KP-4	223	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	6,32	Petrol
	KP-6	188	Tip III, gaz	3,28	Gaz ve Petrol
	KP-8	164	Tip III, gaz	2,44	Gaz
	KP-10	193	Tip III, gaz	3,76	Gaz ve Petrol
	KP-12	155	Tip III, gaz	2,57	Gaz
	KP-14	243	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	5,97	Petrol
	KP-16	229	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	5,73	Petrol
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP-2	36	Tip IV, sınırlı gaz	0,66	Gaz
	GKP-4	119	Tip III, gaz	4,30	Gaz ve Petrol
	GKP-5	49	Tip IV, sınırlı gaz	0,79	Gaz
	GKP-7	60	Tip III, gaz	0,77	Gaz

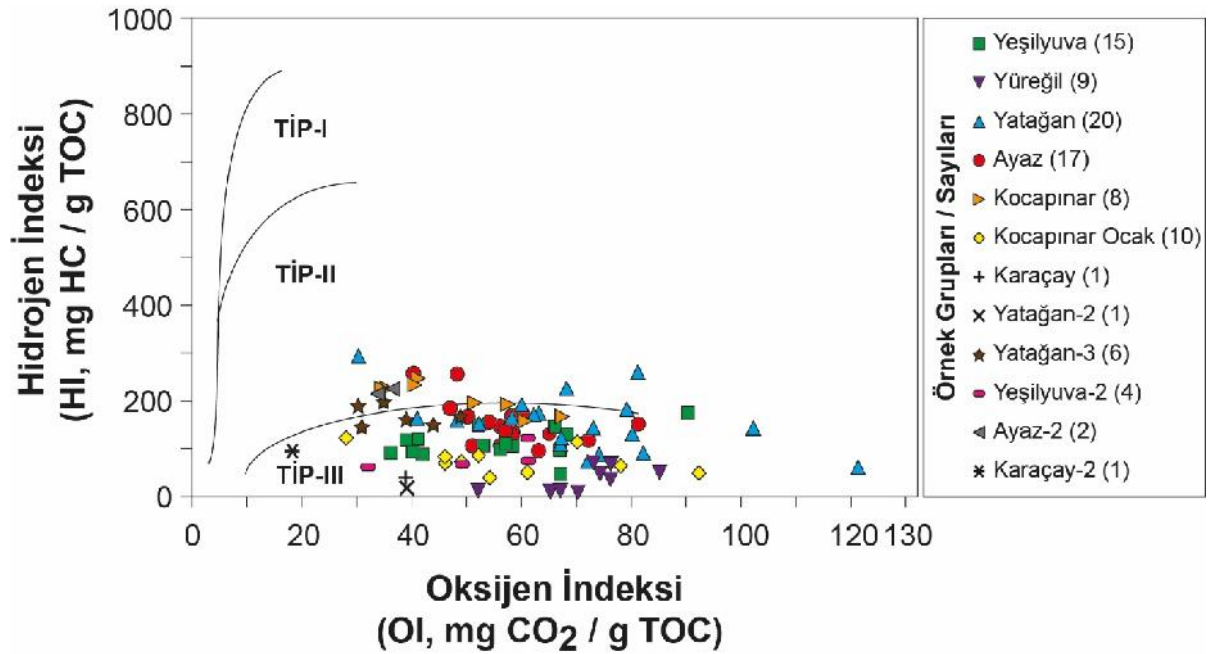
Tablo 5.5. devam

Lokalite/GPS/Örnek No	HI (mg HC/g TOC) ²	Kerojen Tipi ve Üreteceği Hidrokarbon ²	S ₂ /S ₃ ¹	Hidrokarbon Tipi ¹	
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP-8	46	Tip IV, sınırlı gaz	0,50	Gaz
	GKP-10	109	Tip III, gaz	1,54	Gaz
	GKP-12	66	Tip III, gaz	1,42	Gaz
	GKP-14	78	Tip III, gaz	1,70	Gaz
	GKP-16	68	Tip III, gaz	1,40	Gaz
	GKP-19	82	Tip III, gaz	1,57	Gaz
Karaçay 35S 0711999 4169774	KRC-2	38	Tip IV, sınırlı gaz	0,99	Gaz
Yatağan-2 35S 0712053 4162757	T-2	16	Tip IV, sınırlı gaz	0,40	Gaz
Yatağan-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	184	Tip III, gaz	6,07	Petrol
	YTA-3	146	Tip III, gaz	3,34	Gaz ve Petrol
	YTA-4	162	Tip III, gaz	3,28	Gaz ve Petrol
	YTAC-1	142	Tip III, gaz	4,56	Gaz ve Petrol
	YTAC-3	193	Tip III, gaz	5,58	Petrol
	YTAC-5	155	Tip III, gaz	3,94	Gaz ve Petrol
Yeşilyuva-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	KKLP-2	70	Tip III, gaz	1,16	Gaz
	KKLP-3	64	Tip III, gaz	1,31	Gaz
	KINC-2	119	Tip III, gaz	1,95	Gaz
	KINC-4	58	Tip III, gaz	1,81	Gaz
Ayaz-2 35S 0707266 4164572	CD-2	212	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	6,32	Gaz ve Petrol
	CD-3	222	Tip II-Tip III, petrol-gaz karışık	6,03	Gaz ve Petrol
Karaçay-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	90	Tip III, gaz	5,09	Gaz

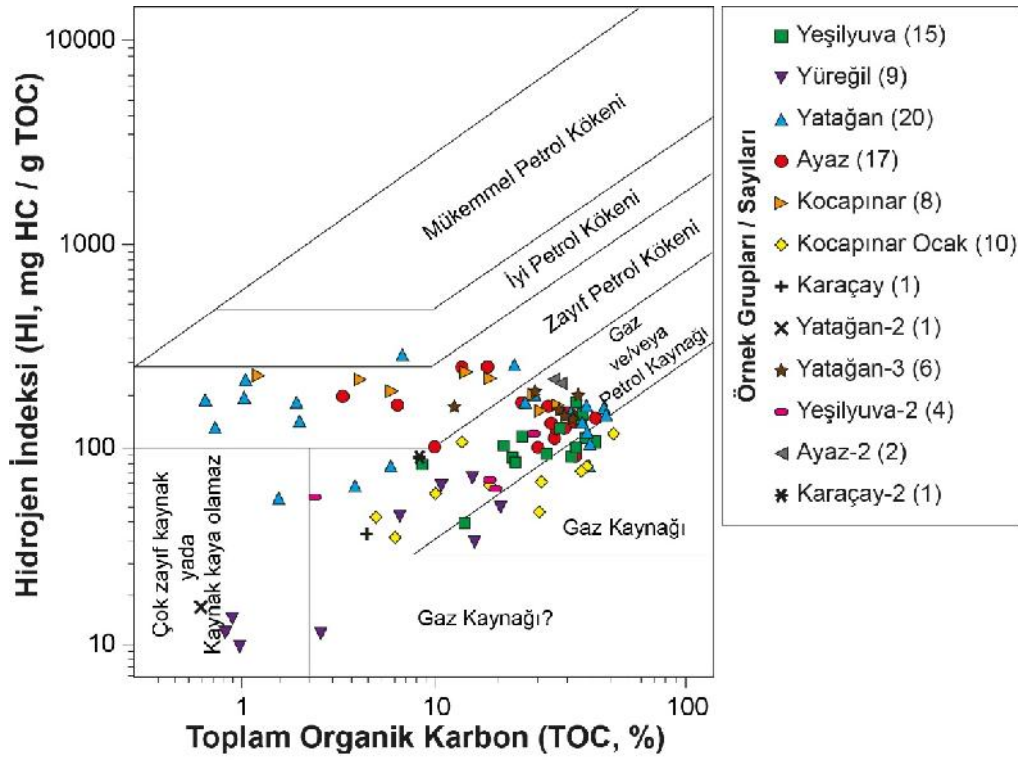
¹Peters (1986); ²Peters and Cassa (1994)



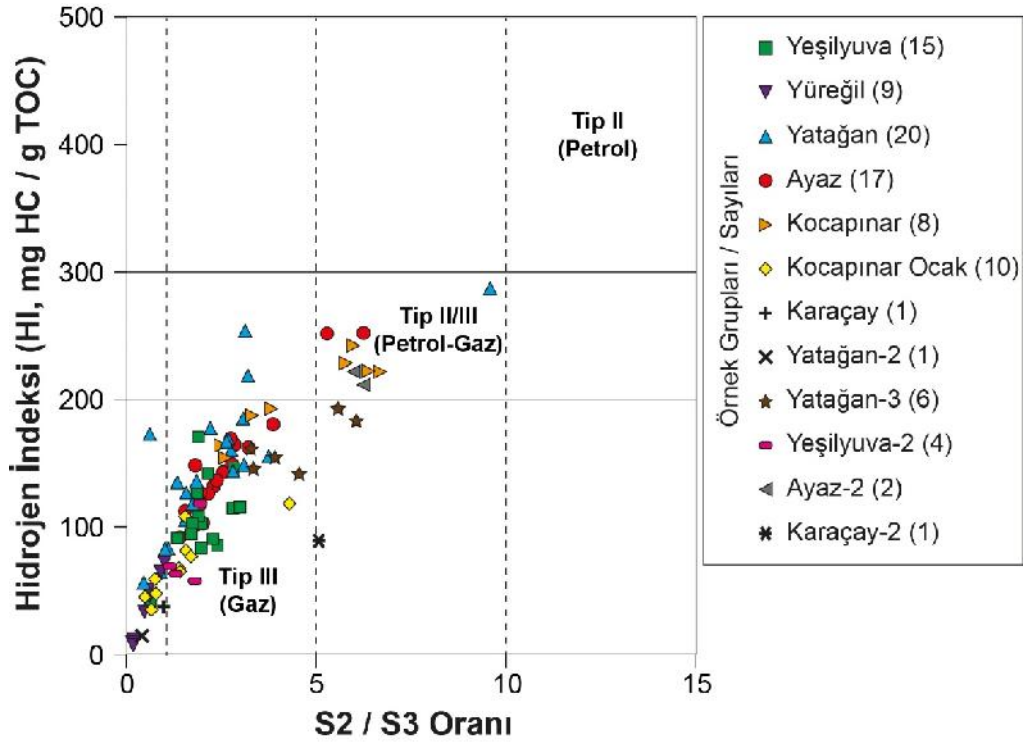
Şekil 5.4. Organik madde bakımından zengin kayaçların kerojen tipleri ve ısıl olgunluk evrelerinin HI-Tmax diyagramındaki konumları (Mukhopadhyay et al., 1995).



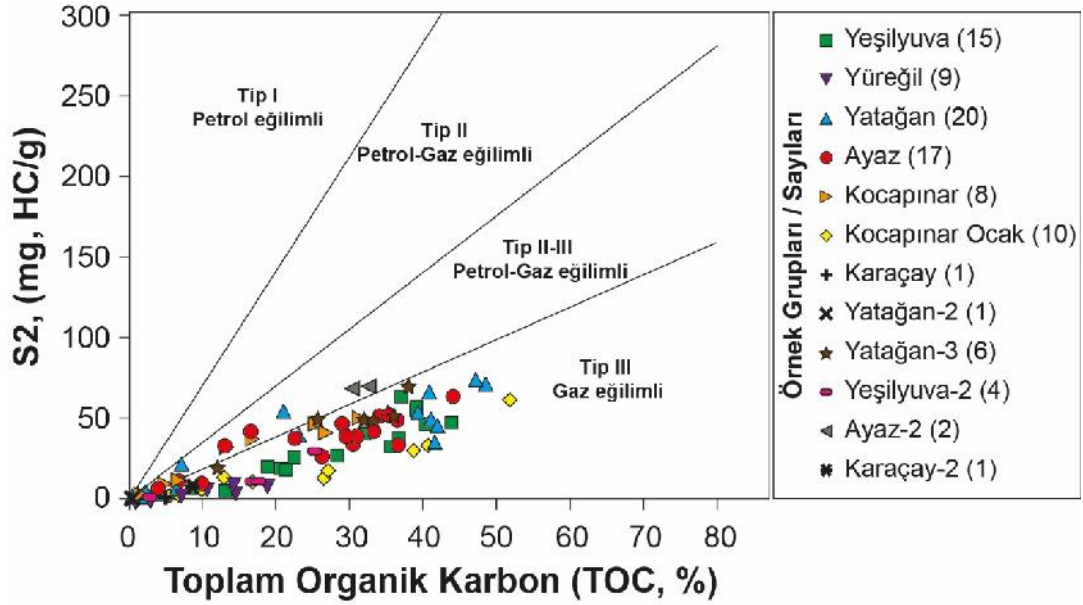
Şekil 5.5. Kerojen tipini belirleyen HI-OI diyagramında çalışılan örneklerin konumları (Peters, 1986).



Şekil 5.6. Organik maddece zengin kayaçlarının HI-TOC diyagramındaki konumları (Jackson et al., 1985).



Şekil 5.7. Çalışılan örneklerin kerogen tipleri ve atılan ürünün özelliğini gösteren HI'e karşı S₂/S₃ oranı (Peters and Cassa, 1994).



Şekil 5.8. S₂'ye karşı TOC diyagramı ve kaynak kayanın hidrokarbon oluşum potansiyelinin belirlenmesi (Langford and Blanc-Valleron, 1990).

5.1.3. Organik Maddenin Olgunluğu

Bir kayacın daha önceden geçirmiş olduğu ısıl olgunluğu Rock Eval piroliz analizi esnasında elde ettiğimiz Tmax (°C) değerlerinden belirleyebiliriz. Tmax organik maddenin tipine bağlı olup, organik madde türüne göre petrolün oluştuğu Tmax sıcaklık aralıkları değişiklik gösterir. Espitalie et al. (1985)'e göre Tmax sınır değerleri ve olgunlaşma derecesi sınıflaması aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.6).

Tablo 5.6. Kerojen tiplerine göre değişiklik gösteren Tmax sınır değerleri (Espitalie et al., 1985).

Tmax Sınır Değerleri			Olgunlaşma Derecesi
Tip I	Tip II	Tip III	
	< 425 °C	< 435 °C	Olgunlaşmamış-Erken olgun
440-448 °C	425-450 °C	435-465 °C	Petrol penceresi
	> 450 °C	> 465 °C	Gaz penceresi

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan toplam 95 adet örnekte Tmax değerleri değişimi şöyledir; Yeşilyuva'da 410 ile 435 °C arasında, Yüreğil'de 390 ile 435 °C arasında, Yatağan'da 418 ile 440 °C arasında, Ayaz'da 425 ile 435 °C arasında, Kocapınar'da 421 ile 437 °C arasında, Kocapınar-Ocak'ta 344 ile 438 °C arasında, Yatağan-

3'de 416-434 °C arasında, Yeşilyuva-2'de 427-435 °C arasında ve son olarak Ayaz-2'de 427-434 °C arasında değişmektedir. Nokta örnek olarak alınan örneklerin Tmax değerleri Karaçay'da 440 °C, Yatağan-2'de 633 °C ve son olarak Karaçay-2'de 401 °C olarak belirlenmiştir. Tablo 5.6' ya göre; 95 adet kömür örneğinden 84 tanesinin Tmax değerleri 435 °C'den düşük, 10 tanesinin 435-465 °C arasında, 1 tanesinin 465 °C'den büyük olduğu görülmektedir. Kömür örneklerinin büyük çoğunluğunun Tip III kerojenden oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda Tmax değerlerine göre çalışılan örneklerin henüz olgunlaşmamış aşamada olduğu söylenebilir.

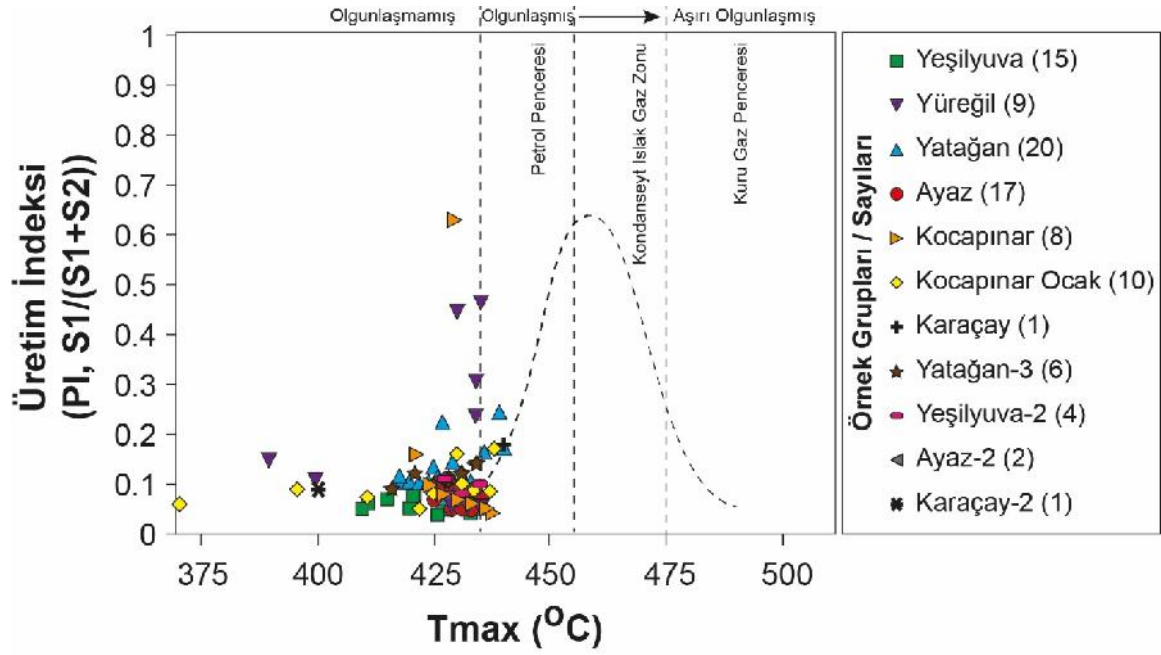
Organik maddenin olgunluğu Rock Eval piroliz analizinden elde edilen üretim indeksi (PI) değeri ile de belirlenebilmektedir. Üretim indeksi değeri kayanın içinde hazır halde bulunan sıvı hidrokarbon oranını göstermektedir (S_1/S_1+S_2). Üretim indeksi değeri kayanın olgunlaşması ile birlikte artar (Tablo 5.7).

Tablo 5.7. Üretim İndeksi (PI) değerlerine göre olgunlaşma düzeyi (Peters and Cassa, 1994).

Olgunlaşma düzeyi	PI (S_1/S_1+S_2)
Olgun değil	< 0.1
Olgun	0.1-0.4
İleri olgun	> 0.4

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan toplam 95 adet örnekte PI değerleri değişimi şöyledir; Yeşilyuva'da 0.04 ile 0.08; Yüreğil'de 0.06 ile 0.47; Yatağan'da 0.07 ile 0.22; Ayaz'da 0.05 ile 0.11; Kocapınar'da 0.04 ile 0.16; Kocapınar-Ocak'ta 0.05 ile 0.17; Yatağan-3'de 0.09 ile 0.11; Yeşilyuva-2'de 0.08 ile 0.11 ve Ayaz-2'de 0.11 ile 0.14 arasında değişmektedir. Nokta örnek olarak alınan örneklerin PI değerleri Karaçay'da 0.18; Yatağan-2'de 0.45 ve son olarak Karaçay-2'de 0.09 olarak belirlenmiştir. Kömür örneklerinin PI değerleri Peters and Cassa (1994)' e göre olgunlaşmamış aşamaya işaret etmektedir (Tablo 5.7).

PI ve Tmax verileri birlikte değerlendirilecek olursa, Şekil 5.9'da görüldüğü gibi farklı lokalitelerinden alınan kömür örneklerinin yukarıdaki verileri destekleyecek şekilde olgunlaşmamış alanda yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 5.9. Organik maddece zengin kayaların PI-Tmax diyagramındaki konumları(Peters and Cassa, 1994).

5.2. Organik Maddece Zengin Kayaların Moleküler Bileşim Özellikleri

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerinden alınan toplam 19 adet örnekte ince tabaka kromatografi (TLC/FID), 26 örnekte ise gaz kromatografi (GC) ve gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) analizleri gerçekleştirilmiştir. İnce tabaka kromatografi analizinin kullanılmasındaki amaç; kömür örneklerinden elde edilen özütlerdeki hidrokarbon gruplarını yüzde olarak tespit etmektir. Bu gruplar; doymuş hidrokarbonlar, aromatikler ve heterobileşikler oluşturan polar + asfalten bileşenleridir. GC tekniği petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımlarını görmek amacıyla yapılır. Kromatogramlardaki pik dağılımlarına, pik boylarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır. GC-MS analizinin kullanım amacı ise; organik maddenin olgunlaşma düzeyini belirleme çalışmalarına veri üretmektir. Moleküler bazda elde edilen veriler oldukça güvenilirdir. Elde edilen veriler olgunlaşma ve depolanma ortamı açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Örneklerin özüt miktarları ve ince tabaka kromatografi analiz sonuçları Tablo 5.8'de görülmektedir. İncelenen örneklerin özüt miktarları 749 ppm ile 28746 ppm arasında değişmektedir. İnce tabaka kromatografi (TLC/FID) analizi sonucu elde edilen % hidrokarbon gruplarından, polar + asfaltenler egemen bileşeni oluşturur. Doymuş hidrokarbonlar % 2.87 ile % 42.87 aralığında, aromatik hidrokarbonlar ise % 0.17 ile % 14.46 aralığında belirlenmiştir (Tablo 5.8).

Tablo 5.8.Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerinden alınan örneklerin toplam özüt miktarları (ppm) ve moleküler bileşimleri (%).

Lokalite/GPS	Örnek No	Toplam özüt miktarı (ppm)	Asfaltan (%)	Doymuş Hidrokarbon (%)	Aromatik Hidrokarbon (%)	Polar (%)
Yeşilyuva 35S 0717284 4157327	KHA 4	4836	68.26	8.74	0.17	22.83
	KHA 8	9340	51.54	14.73	4.31	29.42
	KHA 15	4442	35.61	11.42	0.49	52.48
	KHA 21	7247	47.53	16.44	1.97	34.06
Yüreğil 35S 0709292 4162628	TRY 3	5383	50.12	14.33	2.84	32.71
	TRY 5	796	27.1	42.87	9.35	20.68
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK 17	8016	44.8	21.87	4.92	28.41
	YTK 25	19317	73.3	10.83	7.71	8.16
	YTK 28	19965	69.77	1.09	0.21	28.93
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK 5	28746	75.13	2.87	0.34	21.66
	AYK 10	12022	72	4.26	0.21	23.53
	AYK 20	16581	63.27	7.53	2.14	27.06
Kocapınar 35S 0707963 4169222	KP 4	5322	20.91	17.44	5.58	56.07
	KP 8	8832	52.72	14.42	2.19	30.67
	KP 12	749	58.29	11.1	1.23	29.38
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP 4	2963	33.41	32.85	14.46	19.28
	GKP 10	2344	67.65	18.5	4.53	9.32
	GKP 14	2348	29.91	27.2	9.03	33.86
	GKP 19	4550	31.27	23.43	7.38	37.92

5.2.1. n-Alkanlar ve İsoprenoidler

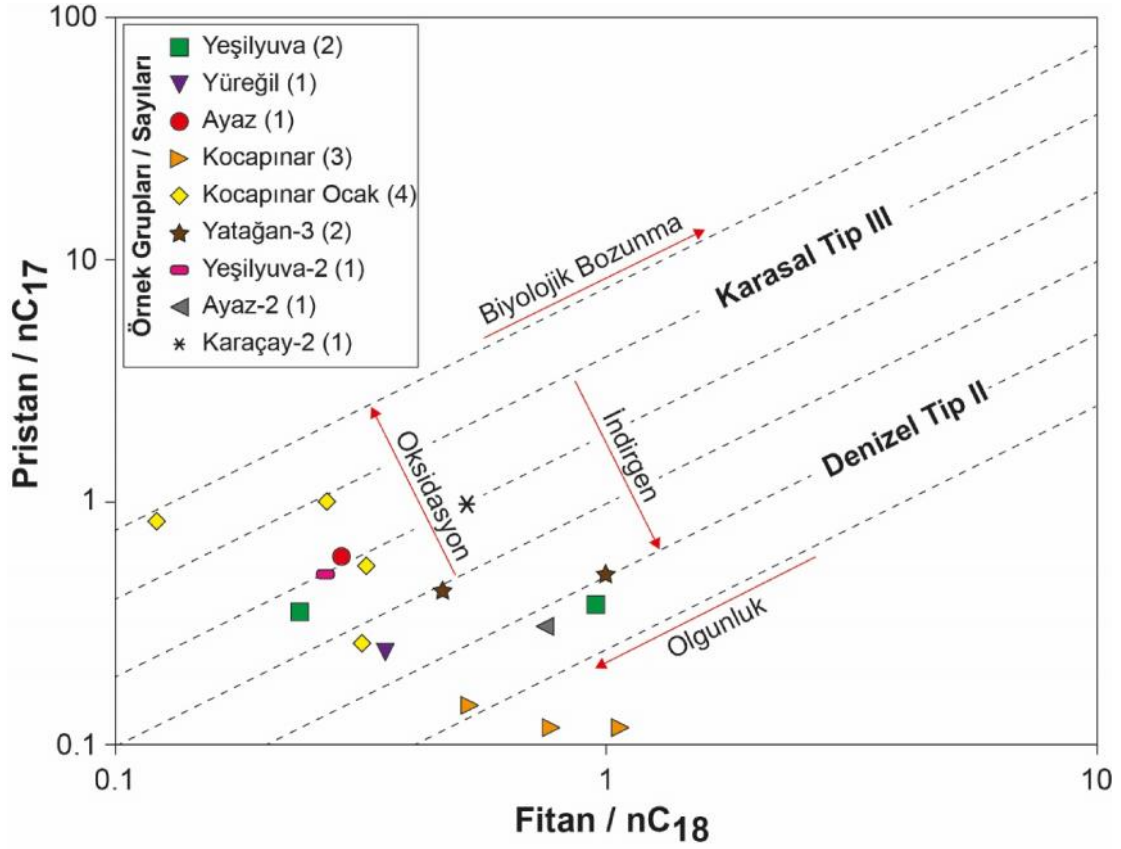
Gaz kromatogramları organik madde tipi, kaynak kaya litolojisi ve çökelme ortamları hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Gaz kromatografi tekniği ile petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımları belirlenir. Elde edilen kromatogramlardaki pik dağılımları ve konsantrasyonlarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır. Gaz kromatogramlarında gözlenen nC_{27} , nC_{29} ve nC_{31} hidrokarbonlar karasal bitkilerden oluşurken, nC_{15} , nC_{17} ve nC_{19} hidrokarbonlar ise planktonlar tarafından oluşturulur. Gaz kromatogramlarında hâkim pikler n-alkanlardır. İncelenen örneklerdeki n-alkan ve isoprenoid dağılımlarını görmek amacıyla toplan yirmi dört adet örnekte GC analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.9). İncelenen örneklerdeki n-alkan dağılımları; KP 4, KP 8, KP 12, GKP 10, GKP 14 ve GKP 19 nolu örneklerde nC_{11} - nC_{35} aralığında, KHA 4, KHA 8, TRY 3, TRY 5, BDR 1, CD 2, KKLP 2, YTA 2, YTAC 1 nolu örneklerde nC_{12} - nC_{35} aralığında, KHA 15, AYK 5, AYK 20 nolu örneklerde nC_{13} - nC_{35} aralığında, YTK 25, YTK 28 nolu örneklerde nC_{15} - nC_{35} aralığında, KHA 21, GKP 4 nolu örneklerde nC_{12} - nC_{33} aralığında, YTK 17 nolu örnekte nC_{12} - nC_{34} aralığında, AYK 10 nolu örnekte ise nC_{13} - nC_{34} aralığında n-alkan dağılımları mevcuttur.

İncelenen örneklerde nC_{15} - nC_{21} aralığındaki kısa zincirli hidrokarbonların yanı sıra nC_{25} - nC_{31} aralığındaki uzun zincirli hidrokarbonlar baskın pikler olarak bulunur. İncelenen örneklerin hemen hemen hepsinde nC_{27} , nC_{29} ve nC_{31} uzun zincirli n-alkanların baskın oluşu yüksek karasal bitkilerin bolluğu ile açıklanabilmektedir (Hunt, 1996). İsoprenoidlerden pristan (Pr) nC_{17} ile fitan (Ph) nC_{18} kromatogramlar üzerinde çift pikler olarak gözlenirler. Pristan ve fitanın her ikisi de fitolden türeler. Anoksik ortamlarda fitolden fitan, oksitleyici ortamlarda ise fitolden pristan oluşur. Pr/Ph oranı organik maddenin depolanma ortamının anoksik ($Pr/Ph < 1$) ya da oksik ($Pr/Ph > 1$) olduğunu gösterir ve kaynak kayanın olgunluğu ve çökelme ortamının redoks koşulları hakkında bilgi verir (Didyk et al., 1978; Tissot and Welte, 1984). KHA-8 (0.79), TRY-5 (0.76), KP-4 (0.11), KP-8 (0.16), KP-12 (0.31), GKP-4 (0.61), YTA-2 ve CD-2 (0.33), YTAC-1 (0.43) örneklerinde Pr/Ph oranı < 1 olup, anoksik ortamlara işaret ederken, yedi adet örnekte > 1 olduğundan dolayı oksik ortamlara işaret etmektedir. İncelenen örnekler Pr/nC_{17} ve Ph/nC_{18} parametrelerinin yer aldığı diyagrama yerleştirildiğinde örneklerin çoğunluğunun okside alanda olduğu görülmektedir (Şekil 5.10). Bu nedenle diyagram üzerinde organik maddenin türü ve çökelme ortamı hakkında yorum yapmak zorlaşmaktadır. nC_{17}/nC_{31} oranında (0.01-0.15), nC_{31} n-alkanların daha baskın olması organik maddenin karasal bitkilerden kaynaklandığına işaret etmektedir (Hunt, 1996; Kroon and Castle, 2011).

Tablo 5.9. İncelenen örneklere ait GC analizi sonucunda hesaplanan n-alkan ve isoprenoid değerleri.

Lokasyon / GPS	Örnek No	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈	nC ₁₇ /nC ₃₁	$\Sigma(nC_{21}-nC_{31}) / \Sigma(nC_{15}-nC_{20})$	CPI	TAR
Yeşilyuva 35S 0717284 4157327	KHA-4	1.57	0.34	0.24	0.05	23.18	4.83	25.34
	KHA-8	0.79	0.37	0.95	0.03	46.17	7.31	56.09
	KHA-15	-	0.26	-	0.04	27.99	6.47	46.61
	KHA-21	-	0.43	-	0.03	31.48	5.28	52.05
Yüreğil 35S 0709292 4162628	TRY-3	-	-	0.23	0.05	28.81	7.26	45.77
	TRY-5	0.76	0.24	0.36	0.09	7.74	9.77	9.2
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK-17	-	-	-	0.1	8.05	3.56	11.74
	YTK-25	-	-	-	0.02	33.69	6.11	50.48
	YTK-28	-	-	-	0.02	35.88	4.71	58.93
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK-5	-	0.85	-	0.02	43.22	4.91	71.47
	AYK-10	-	0.69	-	0.02	31.45	5.97	49.46
	AYK-20	1.68	0.59	0.29	0.01	38.62	7.29	70.24
Kocapınar 35S 0707963 4169222	KP-4	0.11	0.12	1.07	0.03	19.89	4.49	30.91
	KP-8	0.16	0.12	0.77	0.04	18.64	3.66	29.76
	KP-12	0.31	0.14	0.52	0.03	27.25	4.25	41.45
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP-4	0.61	0.25	0.32	0.15	3.58	3.32	7.09
	GKP-10	1.51	0.53	0.32	0.02	31.62	5.62	52.02
	GKP-19	2.07	0.82	0.12	0.01	40.53	8.11	89.67
	GKP-14	2.3	0.99	0.27	0.02	19.93	8.41	36.51
Yatağan-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	0.33	0.5	1	0.01	106.19	5.96	148.74
	YTAC-1	0.43	0.43	0.47	0.01	42.73	5.42	55.71
Yeşilyuva-2 35S 0718474 4158027	KKLP-2	1.13	0.5	0.27	0.01	27.24	5.6	47.8
Ayaz-2 35S 0707266 4164572	CD-2	0.33	0.3	0.75	0.01	51.86	6.85	73.29
Karaçay-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	1.29	0.97	0.52	0.12	9.22	2.54	11.68

Pr: Pristan, Ph: Fitan, CPI: $\frac{1}{2} \times [(C_{25}+C_{27}+C_{29}+C_{31}+C_{33})/(C_{26}+C_{28}+C_{30}+C_{32}+C_{34}) + (C_{25}+C_{27}+C_{29}+C_{31}+C_{33})/(C_{24}+C_{26}+C_{28}+C_{30}+C_{32})]$ (Peters and Moldowan, 1991), TAR (Terrigenous Aquatic Ratio): $(C_{27}+C_{29}+C_{31})/(C_{15}+C_{17}+C_{19})$ (Meyers, 1997).



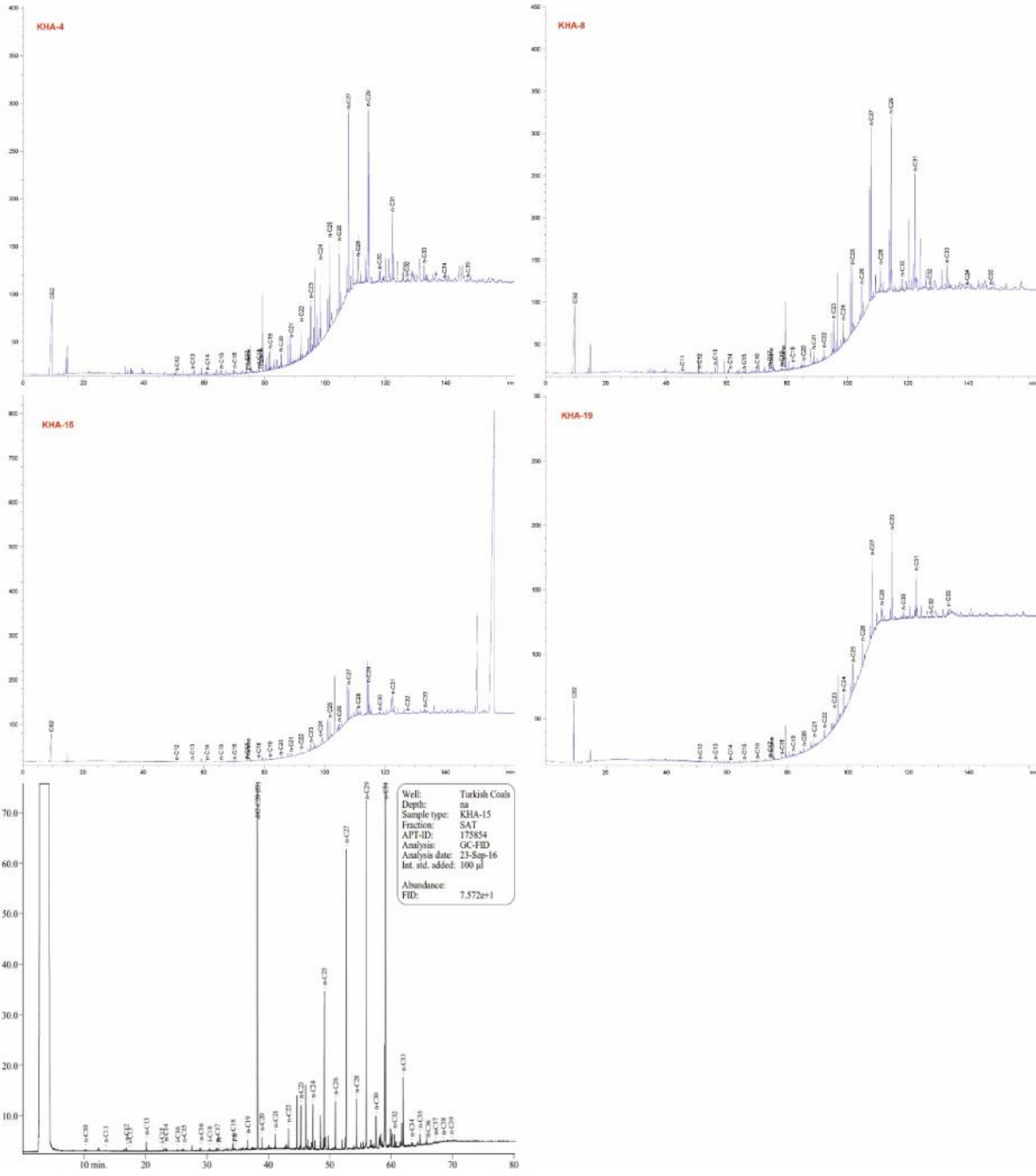
Şekil 5.10. İncelenen örneklerin Pr/nC₁₇ - Ph/nC₁₈ diyagramındaki konumları.

Karasal kökenli organik materyal miktarını belirlemenin bir diğer yolu da mumsuluk derecesidir (degree of waxiness) ve $\Sigma(nC_{21}-nC_{31})/\Sigma(nC_{15}-nC_{20})$ oranı ile hesaplanır. Çalışılan örneklerde oldukça yüksek mumsuluk derecesi değerleri elde edilmiş olup 3.58 ile 106.19 arasında değişmektedir (Tablo 5.9). Bu değerler yüksek moleküler ağırlıklı n-alkanların miktarına bağlı olarak karasal bitki girdisine işaret etmektedir (Hedberg, 1968; Connan and Cassou, 1980).

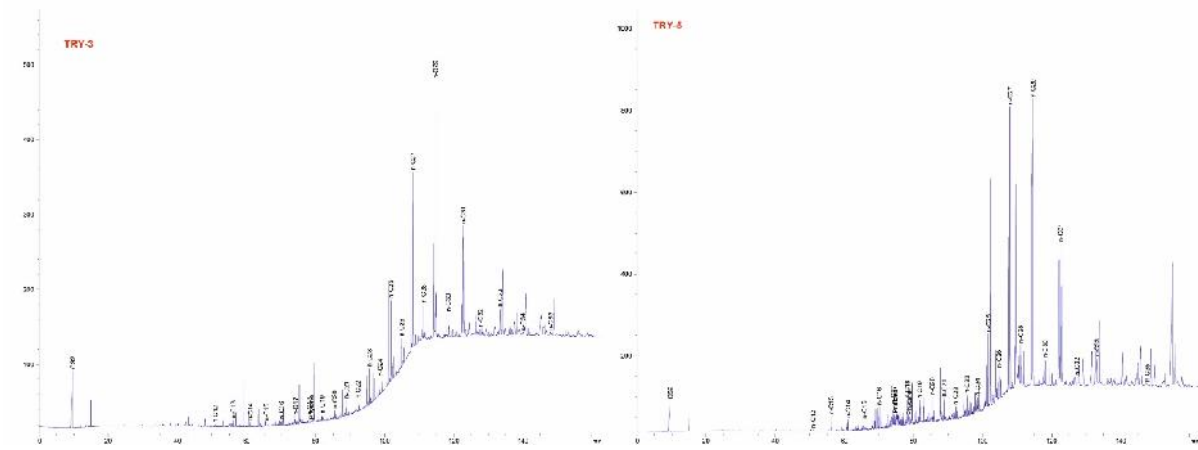
Tek sayılı n-alkanların çift sayılı n-alkanlara oranı olan karbon tercih indeksi (CPI), kaynak kayanın olgunluk gelişimi ve organik madde tipinin belirlenmesinde kullanılır ve karasal bitkilerde 20'ye kadar ulaşabilir. Denizel kaynaklı sedimentlerde CPI değeri 1 ve 1'e çok yakındır. Şeyllerde tek/çift n-alkan oranları 1 ve 3 arasında, petrolerde ise 1'dir (Bray and Evans, 1965; Hunt, 1996). Sonuç olarak CPI değerleri kaynak kayanın olgunluk gelişiminin ve organik madde tipinin belirlenmesinde kullanılır (Hunt, 1996). İncelenen örneklerin CPI değerleri 2.54 ile 9.77 arasında değişmektedir (Tablo 5.9). Sediment veya kaya özütlerindeki karasal/sucul (terrigenous/aquatic ratio, TAR) hidrokarbonların oranındaki değişimler, özellikle genç sedimentlerde organik maddenin kaynağı hakkında bilgi verir (Meyers, 1997).

CPI ve TAR indislerinin her ikisi de organik madde kaynağı ve olgunlukla ilgili bilgiler verir (Peters et al., 2005). İncelenen örneklerin TAR değerleri 7.09 ile 148.74 arasında değişmektedir. TAR değerleri ile CPI birlikte değerlendirildiğinde, n-C₂₅, n-C₂₇ ve n-C₂₉ tek karbonlu n-alkanlarca zengin, karasal bitkilerden oluşan organik madde ve olgun olmayan kaynak kayaya işaret eder (Bourbonniere and Meyers, 1996; Peters et al., 2005).

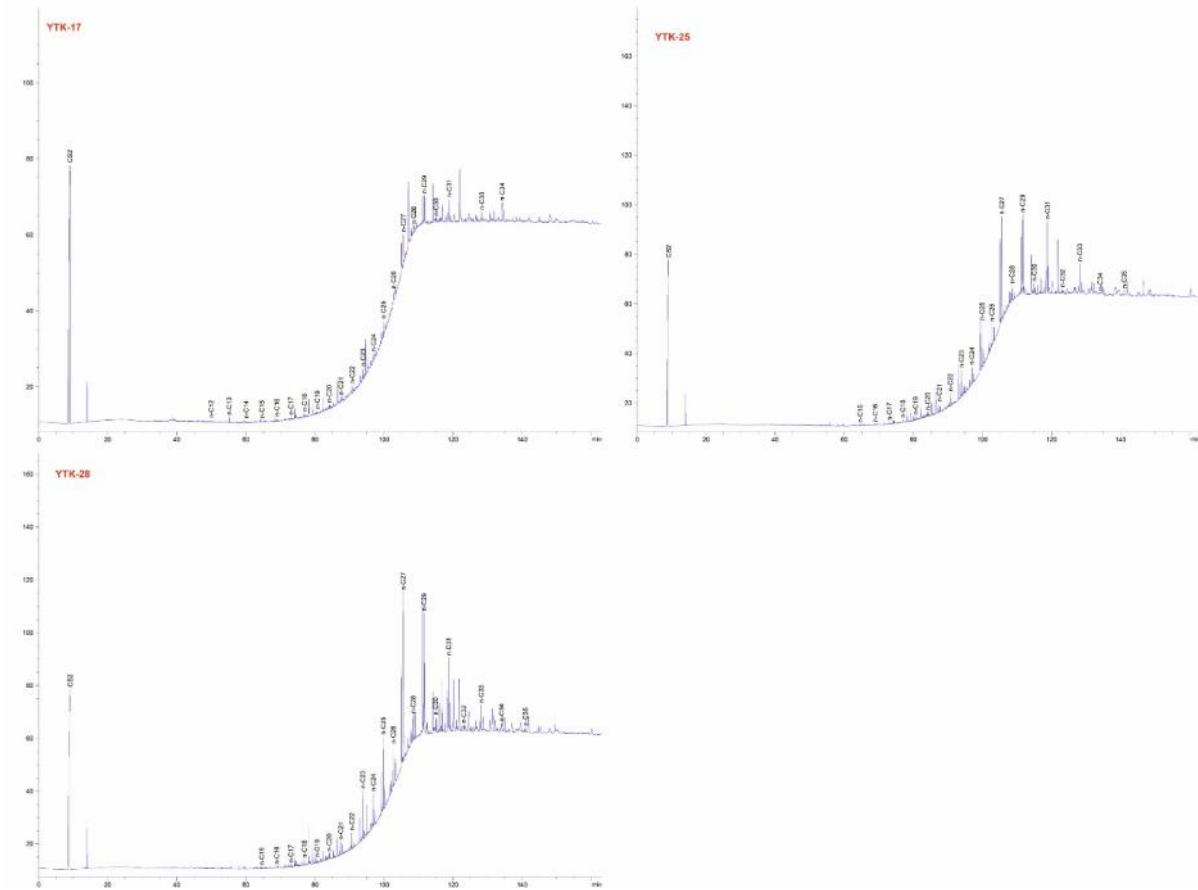
Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan 24 adet örneğin GC analizlerine ait kromatogram çıktıları aşağıda verilmiştir (Şekil 5.11; 5.12; 5.13; 5.14; 5.15; 5.16; 5.17; 5.18; 5.19; 5.20). Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerinden alınan kömür örneklerinin GC analizleri TPAO Araştırma laboratuvarlarında, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan örneklerin GC analizleri ise Norveç' teki APT laboratuvarlarında yapılmıştır. Daha önce TPAO Araştırma laboratuvarlarında yaptırılan iki adet örnek (AYK-10 ve KHA-15) kontrol amaçlı olarak APT laboratuvarlarında tekrar analiz ettirilmiştir. AYK-10 ve KHA-15 örneklerine ait iki farklı laboratuvarda yapılan analiz ölçümlerini karşılaştırdığımızda Norveç'teki APT laboratuvarında yapılan ölçümlerin daha hassas olduğu belirlenmiştir. TPAO laboratuvarında yapılan ölçümlerde elde edilen kromatogram ve iyon fragmentogramlarında cihazın bakımsızlığından kaynaklandığı düşünülen ciddi anlamda bir kolon kirliliği mevcuttur.



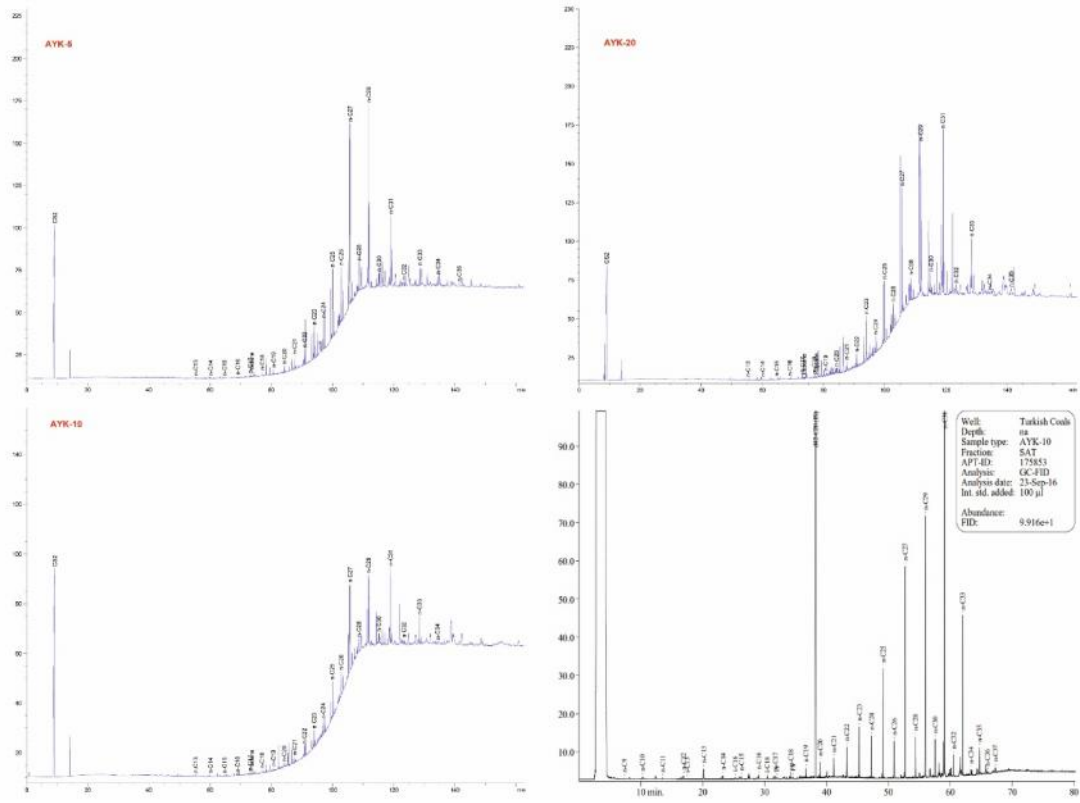
Şekil 5.11. Yeşilyuva kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



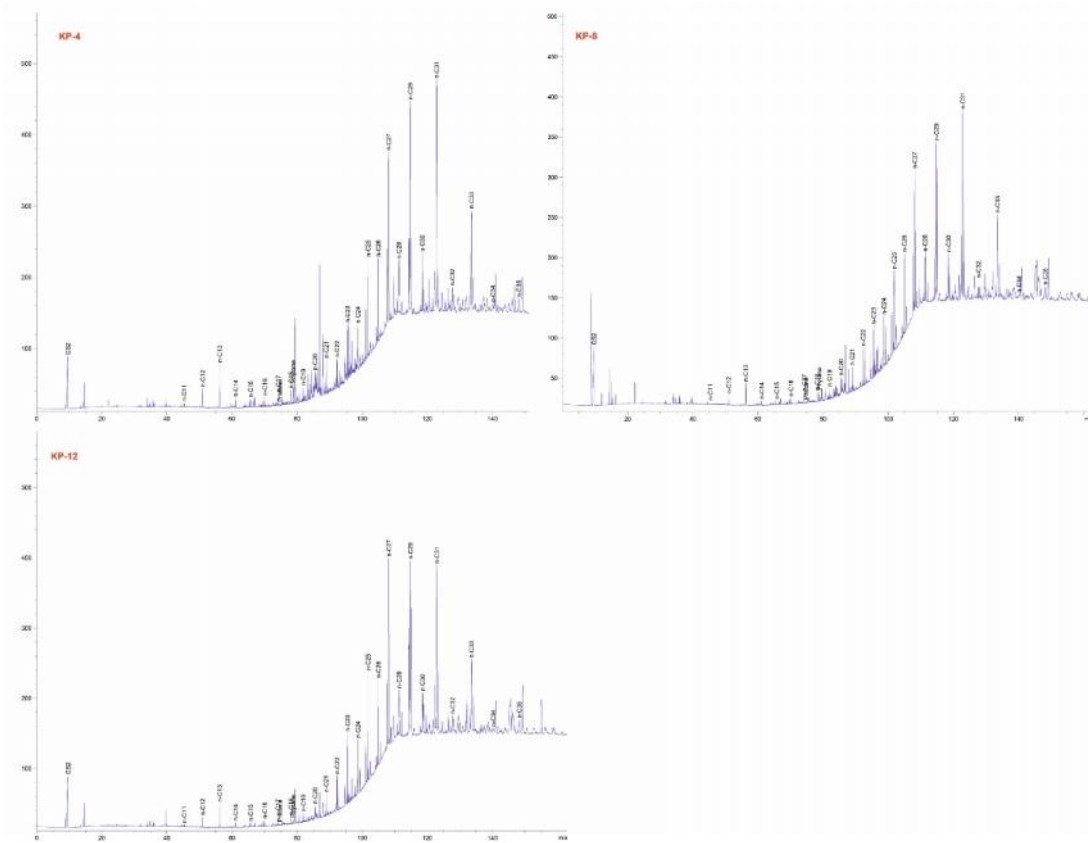
Şekil 5.12. Yüreğil kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



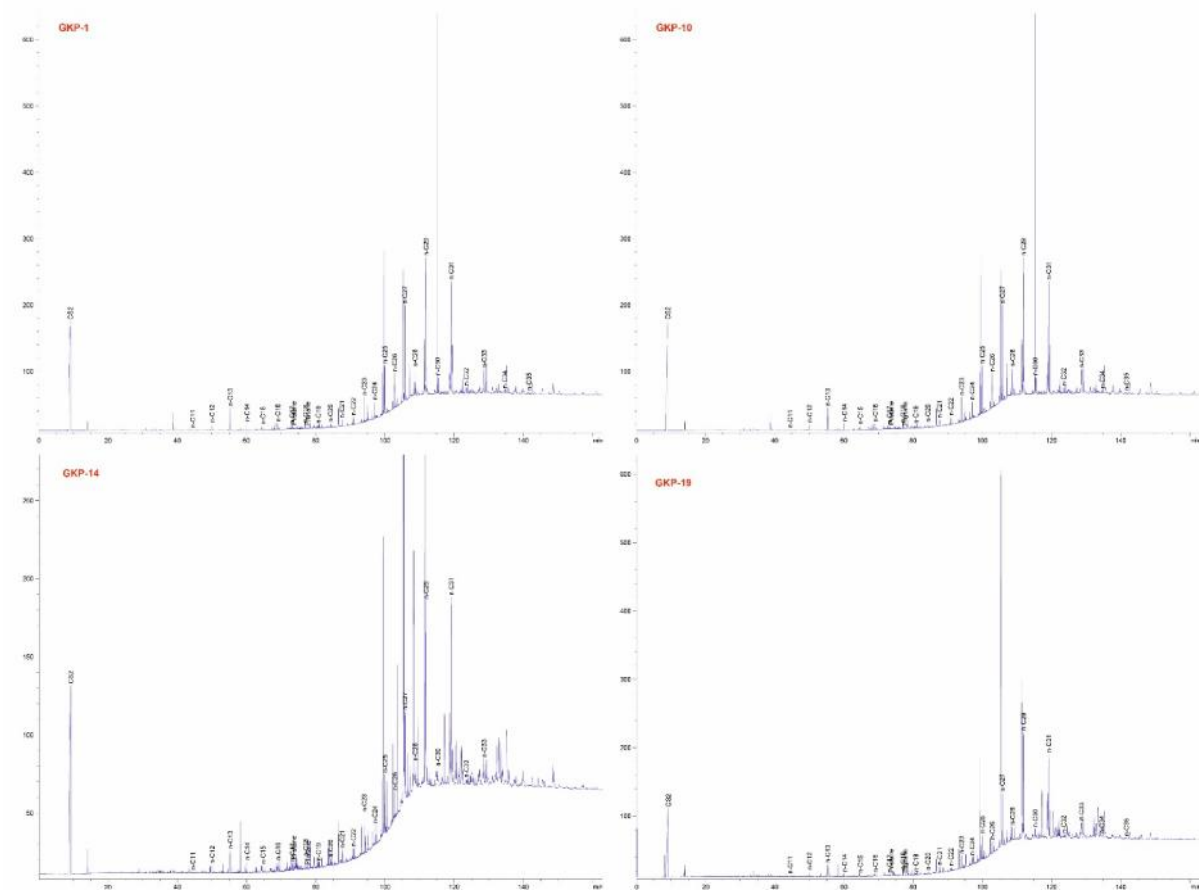
Şekil 5.13. Yatağan kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



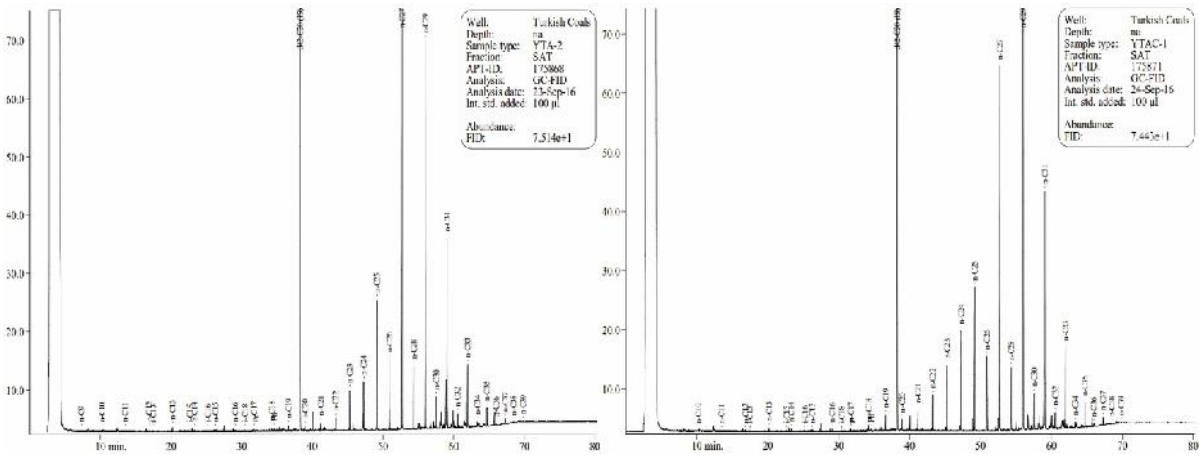
Şekil 5.14. Ayaz kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



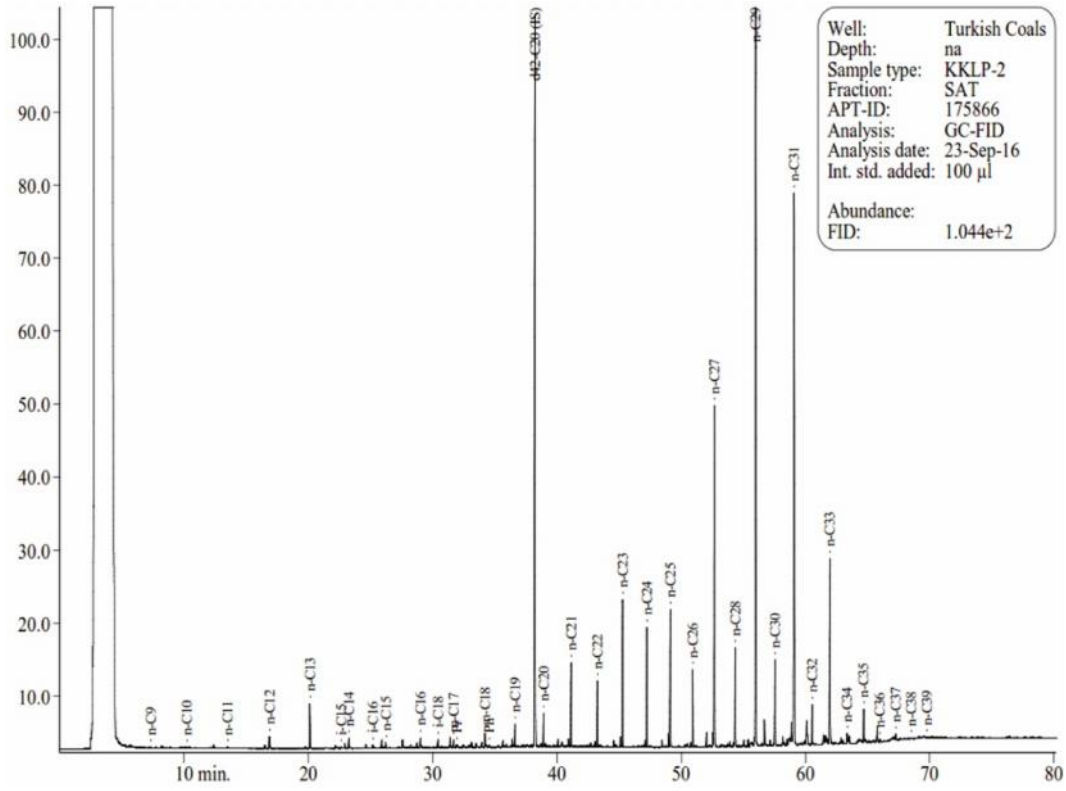
Şekil 5.15. Kocapınar kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



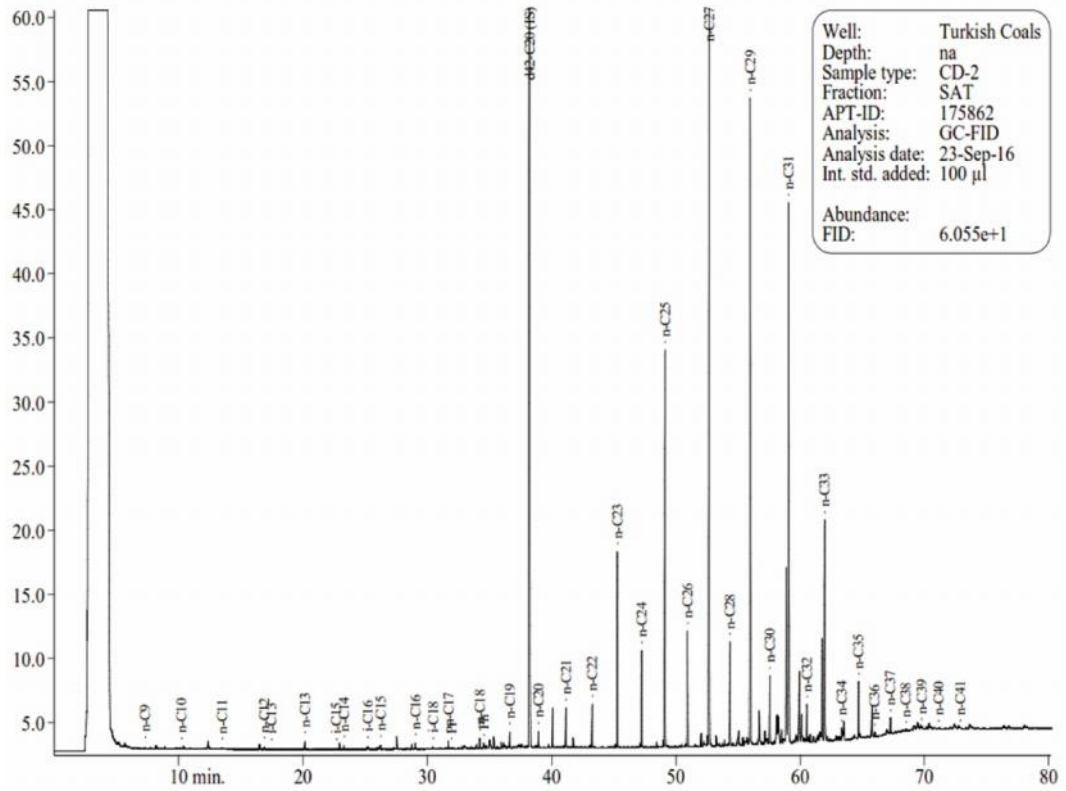
Şekil 5.16. Kocapınar-Ocak kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



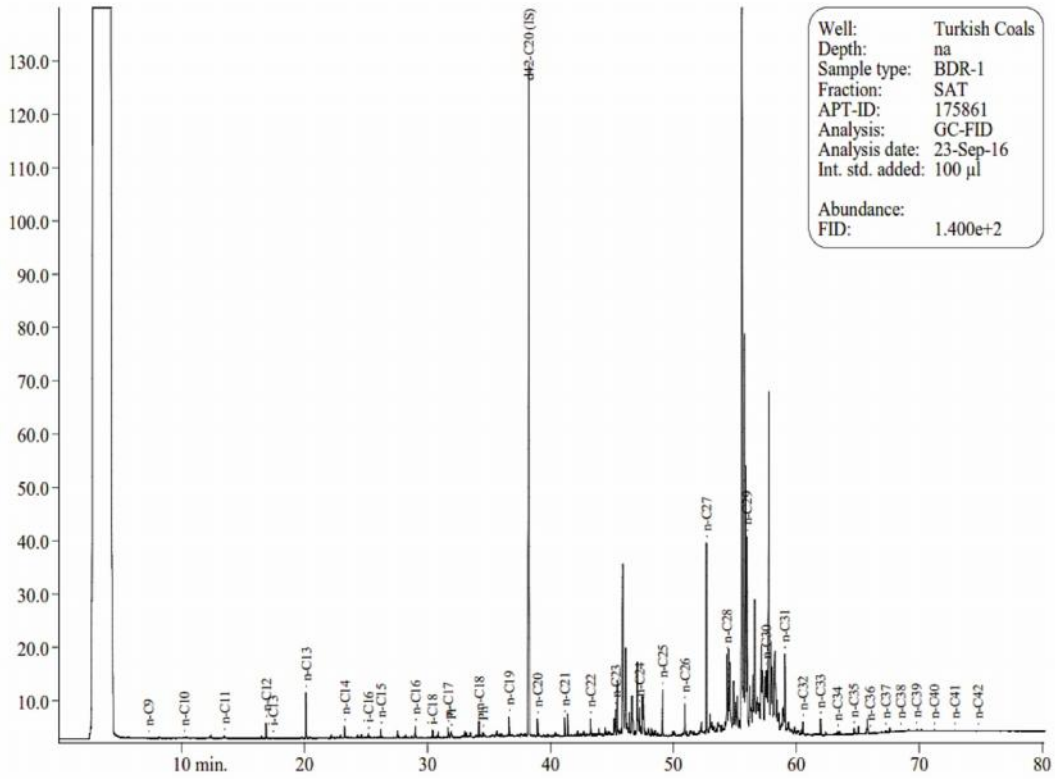
Şekil 5.17. Yatağan-3 kömür örneklerine ait GC kromatogramları.



Şekil 5.18. Yeşilyuva-2 kömür örneğine (KKLP-2) ait GC kromatogramı.



Şekil 5.19. Ayaz-2 kömür örneğine (CD-2) ait GC kromatogramı.



Şekil 5.20. Karayay-2 kömür örneğine (BDR-1) ait GC kromatogramı

5.2.2. Hopanlar ve Steranlar

Biyomarkerlar organik maddeyi oluşturan fitoplankton, zooplankton ve bakteriler gibi denizel, spor, polen ve mumsu (waxy) gibi karasal organik maddelerde var olan moleküllerdir. Biyomarker oranları kaynak kayanın tipiyle ilgili olan karasal-denizel köken ve gösel materyaller ile kaynak kayanın depolanma ortamı (oksik/anoksik, tatlı su/denizel/aşırı tuzlu), kaynak kayanın litolojisi (şeyl, karbonat), kaynak kayanın yaklaşık jeolojik yaşı, olgunluğu ve petrolün biyodegradasyon derecesi hakkında bilgi verirler (Pratt et al., 1992; Hunt, 1996; Lopez et al., 1998; Peters et al., 2005). Biyomarkerların karakteristik özellikleri, ısıl olgunlaşma, göç ve biyodegradasyon gibi alterasyon olaylarına dirençli olmaları ve organizma içindeki orjinal kimyasal yapı iskeletini hidrokarbon içerisinde de korumalarıdır. Organik jeokimyada kullanılan en önemli halkalı (cyclo) alkanlar dört halkalı steranlar ile beş halkalı triterpanlardır. Bu moleküllerin jeolojik süreç içinde karbon iskelet yapılarının değişmemesi nedeniyle bunlara “jeokimyasal fosil”, “biyomarker” veya “biyolojik izleyici” denilmektedir. GC-MS analizleri ve bu analizler sonucunda elde edilen veriler, petrol-petrol, petrol-kaynak kaya denestirme çalışmalarında çok etkin ve sağlıklı olarak kullanılmaktadır.

Tipik bir GC-MS sistemi 6 işlevi yerine getirir. (1) Gaz kromatografi (2) Kütle spektrometresinin gaz kromatografiden iyonlaştırma boşluğuna transferi (3) İyonlaştırma (4) Kütle analizi (5) Elektron yakalayıcı tarafından iyonların tutulması (6) Kazanım, işleme ve bilgisayar tarafından verilerin görüntülenmesi. GC-MS cihazı gaz kromatografi ile kütle spektrometre cihazlarının bir ara yüzle bağlanması şeklinde tasarlanmıştır. Hazırlanan örnekler bir enjektör ile gaz kromatografinin kolon bölümüne verilir. Örnek, kapiler kolon içerisinde bileşenlerine ayrılır. Ayrılan bileşenler kolon içinde helyum gazı ile taşınarak kütle spektrometrenin iyon oluşturma bölümüne gelirler ve bir filaman üzerine uygulanan akım sonucu oluşan elektron demeti ile bombardıman olurlar. Elektronlar kolondan gelen moleküllere çarparak iyonlar oluşmasına neden olur. Oluşan iyonları daha önceden bilgisayara verilen bir komutla seçebilmek mümkündür. İyon kaynağında iyonlaşma olduktan sonra iyonlar analizör bölümüne girerler. Analizör iyonların kütlelerine göre ayrıldığı bölümdür. Değişik tipte analizör sistemleri vardır. Kütlelerine göre ayrılan iyonlar elektron üreticisi tarafından sayılarak, bilgiler bilgisayara sinyaller halinde ulaşır ve toplam iyon kromatogramlar elde edilir (Peters et al., 2005). GC-MS analizinden elde edilen terpan (m/z 191) ve steran (m/z 217) biyomarker dağılımlarına bakarak incelenen örneklerin sahip olduğu organik maddenin türü, organik olgunluğu ve depolanma ortamı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Proje kapsamında GC-MS analizi yapılan kömür örneklerinin hesaplanan m/z 191 terpan ve m/z 217 Steran biyomarker parametreleri Tablo 5.10'da, m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogram tanımlamaları ise Tablo 5.11'de verilmiştir. Hesaplanan biyomarker parametrelerine ait ayrıntılı yorumlar aşağıda verilmiştir.

Kömürlü seviyelerden alınan örneklerin özütlerinde; hopan ($C_{30}17\alpha(H)$ -hopan), norhopan ($C_{29}17\alpha(H)$ -norhopan), 22S $C_{31} 17\alpha(H)$ -hopan, 22R $C_{31} 17\alpha(H)$ -hopan, moretan (C_{30}), normoretan (C_{29}), $18\alpha(H)$ -trisorhopan (Ts) ve $17\alpha(H)$ -trisorhopan (Tm) gibi hopanoidler ölçülmüştür. Hopanların stereokimyasal konfigürasyonu, $17\beta(H)$, $21\beta(H)$ ($\beta\beta$) biyolojik yapılanmasından $\beta\alpha$ (moretan) ve $\alpha\beta$ (hopan) yapılanmasına dönüşürken termal stres ile birlikte geri dönülmez biçimde değişir (Seifert and Moldowan, 1980). Tricyclic terpanların çeşitli oranları çökme ortamlarını (denizel karbonat, gölsel, paralik, kömür ve evaporitik ortamlar gibi) ayırt etmede kullanılır (Yangming et al., 2005; Peters et al., 2005).

C_{19} Tricyclic Terpan/ C_{23} Tricyclic Terpan (C_{19}/C_{23} TT) ve C_{24} Tetracyclic Terpan/ C_{26} Tricyclic Terpan (C_{24}^*/C_{26} TT) oranları genellikle karasal organik madde girdisini yansıtmaktadır (Philp and Gilbert, 1986; Hao et al., 2009).

Tablo 5.10. İncelenen örneklere uygulanan GC-MS analizi sonucunda hesaplanan m/z 191 terpan ve m/z 217 Steran biyomarker parametreleri.

Lokasyon		Yeşilyuva				Yüreğil		Yatağan			Ayaz		
Jeokimyasal Parametreler		KHA 4	KHA 8	KHA 15	KHA 21	TRY 3	TRY 5	YTK 17	YTK 25	YTK 28	AYK 5	AYK 10	AYK 20
m/z 191 Terpanlar	C ₁₉ / C ₂₃ TT	-	0.14	-	-	0.06	0.05	0.08	-	0.77	0.05	0.03	0.22
	C ₂₄ * / C ₂₆ TT	1	-	6.61	0.75	0.48	0.34	-	-	-	0.69	0.42	-
	C ₂₄ / C ₂₃ TT	0.46	0.91	24.76	0.68	0.51	0.39	0.52	-	0.49	0.51	0.53	0.52
	C ₂₂ / C ₂₁ TT	0.36	0.3	0.68	0.31	0.3	0.46	0.32	-	-	0.27	0.31	-
	C ₂₅ / C ₂₆ TT	1.14	-	-	-	0.73	0.76	-	-	-	0.77	0.79	-
	C ₂₉ / C ₃₀ H	-	-	-	-	0.39	0.54	-	-	-	-	0.64	-
	C ₃₀ M / C ₃₀ H	1.09	0.71	0.61	0.72	0.34	0.3	0.98	2.12	0.9	0.8	1.06	4.11
	Ts / Ts+Tm	0.09	0.09	0.39	0.11	0.25	0.34	0.17	-	-	0.07	0.65	-
	Ts / Tm	0.1	0.1	0.65	0.12	0.34	0.52	0.2	-	-	0.07	1.86	-
	Gammacerane / C ₃₀ H	-	-	-	-	-	-	0.98	2.12	0.9	0.8	1.06	4.11
	C ₃₁ 22R / C ₃₀ H	0.95	1.18	0.86	0.97	0.34	0.2	0.5	-	0.52	0.72	0.59	1.06
	%SC ₃₁ (22S/22S+22R)HH*100	11.97	9.67	17.85	14.47	36.64	49.06	20.79	-	12.71	13.59	25.21	18.17
	%SC ₃₂ (22S/22S+22R)BHH*100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₃₅ / (C ₃₁ -C ₃₅)HH Index	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
m/z 217 Steranlar	% C ₂₇	30	20	41	29	38	41	26	53	60	30	37	45
	% C ₂₈	17	15	28	22	29	30	13	17	18	23	28	40
	% C ₂₉	53	65	31	49	33	29	61	30	22	47	35	15
	C ₂₇ / C ₂₉ Steran	0.34	0.21	1.13	0.4	0.93	1.29	0.31	-	-	0.47	0.76	-
	C ₂₉ ββ / (αα+ββ)	0.32	0.19	0.38	0.36	0.36	0.42	0.36	-	-	0.28	0.34	-
	C ₂₉ 20S / (20S+20R)	0.13	0.19	0.44	0.21	0.37	0.47	0.14	-	-	0.19	0.34	-
	C ₂₇ Diasteran / C ₂₇ Steran	3.87	1.11	5.95	4.02	4.96	6.13	3.34	0.87	3.04	3.16	5	1.04
	Steran / Hopan	0.48	0.55	0.58	0.53	1.01	1.13	1.1	0.29	0.09	0.56	0.9	0.23

Tablo 5.10. devam

Lokasyon		Kocapınar			Kocapınar-Ocak				Yatağan-3		Yeşilyuva-2	Ayaz-2	Karaçay-2
Jeokimyasal Parametre		KP 4	KP 8	KP 12	GKP 4	GKP 10	GKP 14	GKP 19	YTA-2	YTAC 1	KKLP-2	CD-2	BDR 1
m/z 191 Terpanlar	C ₁₉ / C ₂₃ TT	0.15	0.26	0.09	0.54	0.16	0.85	0.17	-	0.06	0.1	0.06	0.19
	C ₂₄ * / C ₂₆ TT	1.06	-	0.84	0.24	-	0.24	0.37	-	6.4	4.54	3.44	2.84
	C ₂₄ / C ₂₃ TT	0.74	0.52	0.52	0.72	0.46	0.78	0.78	-	0.17	0.19	0.05	1.28
	C ₂₂ / C ₂₁ TT	0.36	0	0.27	0.28	0.33	0.26	0.25	-	0.92	1.14	0.67	1.27
	C ₂₅ / C ₂₆ TT	0.68	-	0.73	0.73	-	0.77	0.8	-	4.94	2.27	3.92	1.78
	C ₂₉ / C ₃₀ H	0	0	0	0.6	0	0.59	0.49	0.04	0.05	-	0.05	5.55
	C ₃₀ M / C ₃₀ H	0.87	0.66	0.77	0.24	0.87	0.28	0.51	0.79	1.3	1.1	0.98	0.31
	Ts / Ts+Tm	-	-	0.04	0.32	-	0.33	0.26	0.21	0.05	0.04	0.04	0.95
	Ts / Tm	-	-	0.04	0.47	0	0.49	0.35	0.27	0.05	0.04	0.05	17.41
	Gammacerane / C ₃₀ H	-	-	-	-	-	-	-	0.79	1.3	1.1	0.98	0.31
	C ₃₁ 22R / C ₃₀ H	0.51	0.55	0.54	0.2	0.41	0.21	0.25	0.94	0.8	0.44	1.63	0.38
	%SC ₃₁ (22S/22S+22R)HH*100	16.53	19.51	17.15	54.17	22.38	52.66	43.84	-	-	14.55	-	33.76
	%SC ₃₂ (22S/22S+22R)BHH*100	-	-	-	57.22	-	55.97	-	50.58	0	31.65	25.03	38.19
C ₃₅ / (C ₃₁ -C ₃₅)HH Index	-	-	-	0.09	-	0.09	-	-	-	0.03	-	0.07	
m/z 217 Steranlar	% C ₂₇	7	35	36	36	20	37	38	12	11	21	12	24
	% C ₂₈	3	25	25	30	14	30	28	32	39	28	39	12
	% C ₂₉	90	40	39	34	66	33	34	56	50	51	49	64
	C ₂₇ / C ₂₉ Steran	0.68	0.53	0.49	1.41	0.2	1.33	1.23	0.16	0.22	0.19	0.20	0.06
	C ₂₉ ββ / (αα+ββ)	0.33	0.3	0.38	0.42	0.3	0.43	0.4	-	-	0.21	-	-
	C ₂₉ 20S / (20S+20R)	0.2	0.23	0.52	0.51	0.1	0.48	0.44	0.38	0.24	0.06	0.2	-
	C ₂₇ Diasteran / C ₂₇ Steran	3.4	0.61	12.43	5.5	1.62	5.34	5.43	0.5	0.53	0.84	0.21	0.53
	Steran / Hopan	0.8	0.42	0.33	1.01	1.28	1.11	0.75	-	-	-	-	-

Tablo 5.11. m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları tanımlamaları.

BİLEŞEN NO (m/z 191)	BİLEŞEN ADI	BİLEŞEN NO (m/z 217)	BİLEŞEN ADI
1	C ₁₉ Tricyclic Terpan (TT)	1	C ₂₇ 13β(H),17α(H)-Diasteran (20S)
2	C ₂₀ Tricyclic Terpan (TT)	2	C ₂₇ 13β(H),17α(H)-Diasteran (20R)
3	C ₂₁ Tricyclic Terpan (TT)	3	C ₂₇ 13α(H),17β(H)-Diasteran (20S)
4	C ₂₂ Tricyclic Terpan (TT)	4	C ₂₇ 13α(H),17β(H)-Diasteran (20R)
5	C ₂₃ Tricyclic Terpan (TT)	5	C ₂₈ 13β(H),17α(H)-Diasteran (20S)
6	C ₂₄ Tricyclic Terpan (TT)	6	C ₂₈ 13β(H),17α(H)-Diasteran (20R)
7	C ₂₅ (22S+22R) Tricyclic Terpan (TT)	7	C ₂₈ 13α(H),17β(H)-Diasteran (20S)
8	C ₂₄ Tetracyclic Hopan (C ₂₄ *)	8	C ₂₇ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20S)+C ₂₈ 13α(H), 17β(H)-Diasteran (20S)-
9	C ₂₆ 22(S) Tricyclic Terpan		
10	C ₂₆ 22 (R)Tricyclic Terpan	9	C ₂₇ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20R)+C ₂₉ 13β(H), 17α(H)-Diasteran (20S)
11R	C ₂₈ Tricyclic Terpan (R)		
11S	C ₂₈ Tricyclic Terpan (S)	10	C ₂₇ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20S)+C ₂₈ 13α(H), 17β(H)-Diasteran (20R)
12R	C ₂₉ Tricyclic Terpan (R)		
12S	C ₂₉ Tricyclic Terpan (S)	11	C ₂₇ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20R)
13	C ₂₇ 18 α(H)-22,29,30-Trisnorhopan (Ts)	12	C ₂₉ 13β(H),17α(H)-Diasteran (20R)
14	C ₂₇ 17 α(H)-22,29,30-Trisnorhopan (Tm)	13	C ₂₉ 13α(H),17β(H)-Diasteran (20S)
16	C ₃₀ Tricyclic Terpan (TT)	14	C ₂₈ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20S)
18	C ₂₉ 17 α(H),21β(H)-30-Norhopan (NH)	15	C ₂₈ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20R)+C ₂₉ 13α(H), 17β(H)-Diasteran (20R)
19	C ₂₉ Ts (18 α(H)-30-Norhopan) (NH)		
21	C ₂₉ 17 β(H),21 α(H)-30 Normoretan (NM)	16	C ₂₈ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20S)
23	C ₃₀ 17 α(H), 21β(H)-Hopan (H)	17	C ₂₈ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20R)
24	C ₃₀ 17 β(H), 21α(H)-Moretan (M)	18	C ₂₉ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20S)
25	C ₃₁ 17 α(H), 21 β(H)-30-Homahopan (22S) (HH)	19	C ₂₉ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20R)
26	C ₃₁ 17 α(H), 21 β(H)-30-Homahopan (22R) (HH)	20	C ₂₉ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20S)
29	C ₃₂ 17 α(H), 21 β(H)-30,31-Bishomahopan (22S) (BHH)	21	C ₂₉ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20R)
30	C ₃₂ 17 α(H), 21 β(H)-30,31-Bishomahopan (22R) (BHH)	22	C ₃₀ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20S)

Tablo 5.11. devam

BİLEŞEN NO (m/z 191)	BİLEŞEN ADI	BİLEŞEN NO (m/z 217)	BİLEŞEN ADI
31	C ₃₃ 17 α(H), 21 β(H)-30,31,32-Trishomahopan (22S)	23	C ₃₀ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20R)
32	C ₃₃ 17 α(H), 21 β(H)-30,31,32-Trishomahopan (22R)	24	C ₃₀ 5α(H),14β(H),17β(H)-Steran (20S)
33	C ₃₄ 17 α(H), 21 β(H)-30,31,32,33-Tetrakishomahopan (22S)	25	C ₃₀ 5α(H),14α(H),17α(H)-Steran (20R)
34	C ₃₄ 17α(H), 21 β(H)-30,31,32,33-Tetrakishomahopan (22R)		
35	C ₃₅ 17α(H),21β(H)-30,31,32,33,34-Pentakishomahopan (22S)		
36	C ₃₅ 17α(H),21β(H)-30,31,32,33,34-Pentakishomahopan (22R)		

Kömür örneklerinin C_{19}/C_{23} TT oranları; Yeşilyuva örneğinde 0.14; Yüreğil örneklerinde 0.05 - 0.06; Yatağan örneklerinde 0.08 - 0.77; Ayaz örneklerinde 0.03 – 0.22; Kocapınar örneklerinde 0.09 - 0.26; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.16 - 0.85; Yatağan-3 örneğinde 0.06; Yeşilyuva-2 örneğinde 0.10; Ayaz-2 örneğinde 0.06 ve Karaçay-2 örneğinde 0.19 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin C_{19}/C_{23} TT oranları 0.03 ile 0.85 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.17'dir.

C_{23} Tricyclic/ C_{30} Hopan (C_{23}/C_{30} H) oranı; olgunluk parametresi olarak kullanılır (Peters et al., 1990). C_{23} yüksek dereceli olgunluklarda oldukça belirgindir. Bununla birlikte Dahl et al. (1993) C_{23}/C_{30} H değerlerinin anoksiklik ve/veya tuzlulukla ters ilişkili olabileceğini belirtmiştir.

Gölsel sedimanların ve kömürlerin yüksek C_{24}/C_{23} Tricyclic Terpan (C_{24}/C_{23} TT) ve düşük C_{22}/C_{21} Tricyclic Terpan (C_{22}/C_{21} TT) oranlarına sahip olduğu belirtilmiştir (Peters et al., 2005). İncelenen örneklerin C_{24}/C_{23} TT oranları; Yeşilyuva örneklerinde 0.46 - 24.76 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.39 - 0.51 arasında, Yatağan örneklerinde 0.49 - 0.52 arasında, Ayaz örneklerinde 0.51 - 0.53 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.52 - 0.74 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.46 - 0.78 arasında, Yatağan-3 örneğinde 0.17, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.19, Ayaz-2 örneğinde 0.05 ve Karaçay-2 örneğinde 1.28 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Tüm örneklerin C_{24}/C_{23} TT oranları, 0.05 ile 24.76 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 1.52'dir.

İncelenen örneklerin C_{22}/C_{21} TT oranları; Yeşilyuva örneklerinde 0.30 - 0.68 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.30 - 0.46; Yatağan örneğinde 0.32; Ayaz örneklerinde 0.27 - 0.31; Kocapınar örneklerinde 0.27 - 0.36; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.25 - 0.33; Yatağan-3 örneğinde 0.92; Yeşilyuva-2 örneğinde 1.14; Ayaz-2 örneğinde 0.67; Karaçay-2 örneğinde 1.27 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin C_{22}/C_{21} TT oranları, 0.25 ile 1.27 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.38'dir. C_{22}/C_{21} TT' ye göre yüksek C_{24}/C_{23} TT oranları kömürlerde sık rastlanılan bir durumdur.

C_{25}/C_{26} Tricyclic Terpan (C_{25}/C_{26} TT) oranları denizel ve denizel olmayan (karasal) ortamları ayırt etmede kullanılır ve bu oran >1 ise denizel ortama, <1 ise denizel olmayan ortamlara işaret eder (Zumberge, 1987; Burwood et al., 1992, Hanson et al., 2000; Peters et al., 2005). İncelenen örneklerdeki C_{25}/C_{26} TT oranları şöyledir; Yeşilyuva örneğinde 1.14; Yüreğil örneklerinde 0.73 - 0.76; Ayaz örneklerinde 0.77 - 0.79; Kocapınar örneklerinde 0.68 - 0.73; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.73 - 0.80; Yatağan-3 örneğinde 4.94; Yeşilyuva-2 örneğinde 2.27; Ayaz-2 örneğinde 3.92 ve Karaçay-2 örneğinde 1.78 olarak belirlenmiştir. Tüm lokasyonlardaki kömür örneklerinin C_{25}/C_{26} TT oranları, 0.68 ile 4.94 arasında değişmekte olup,

ortalama değeri 0.86' dır (Tablo 5.10). İncelenen bazı kömür örneklerinde (KHA-4, BDR-1, CD-2, KKLP-2 ve YTAC-1) C_{25}/C_{26} TT oranlarının >1 olduğu belirlenmiştir. Bunlar dışında kalan tüm kömür örneklerinde bu oran karasal çökeltme ortamına işaret etmektedir. Proje kapsamında alınan kömür örnekleri stratigrafik ölçülü (Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Karaçay-2 dışında) kesitler şeklindedir. Aynı bir stratigrafik kesitte bazı kömür örneklerinin C_{25}/C_{26} TT oranlarının >1 olması çökeltme ortamındaki su derinliğinin zaman içerisindeki değişimi ile ilişkilendirilebilir.

C_{29}/C_{30} Hopan (H) oranı, karbonat ve kırıntılı litolojileri ayırt etmek için kullanılır (Waples and Machihara, 1991). C_{29}/C_{30} H oranının >1 'den değerleri daha çok karbonat bileşiminin baskın olduğu litolojiye, <1 'den değerler de kırıntılı kayalara işaret etmektedir. Kömür örneklerinin C_{29}/C_{30} H oranları Yüreğil örneklerinde 0.39 - 0.54; Ayaz örneğinde 0.64; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.49 - 0.60; Yatağan-3 örneklerinde 0.04 - 0.05; Ayaz-2 örneğinde 0.05 ve Karaçay-2 örneğinde 5.55 olarak belirlenmiştir. Kömür örneklerinin C_{29}/C_{30} H oranları 0.04 - 5.55 arasında değişmekte olup; ortalama değeri 0.37'dir (Tablo 5.10). Düşük C_{29}/C_{30} H oranları incelenen örneklerde kırıntılı litolojinin baskın olduğuna işaret etmektedir.

Moretan/Hopan ($C_{30} M/C_{30} H$) oranı; olgunlaşmanın artmasıyla birlikte azalır ve olgunlaşmamış kaynak kayalarda yaklaşık 0.8 değerinde iken, olgun kaynak kayalarda 0.15'den daha düşük değerlere kadar iner ve sonunda aşırı olgun kaynak kayalarda 0.05 minimum değerine ulaşır (Grantham, 1986; Peters and Moldowan, 1993; Affouri et al., 2013). Yeşilyuva örneklerinde 0.61 - 1.09; Yüreğil örneklerinde 0.30 - 0.34; Yatağan örneklerinde 0.90 - 2.12; Ayaz örneklerinde 0.80 - 4.11; Kocapınar örneklerinde 0.66 - 0.87; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.24 - 0.87; Yatağan-3 örneklerinde 0.79 - 1.30; Yeşilyuva-2 örneğinde 1.10; Ayaz-2 örneğinde 0.98 ve Karaçay-2 örneğinde 0.31 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlardaki kömür örneklerinin $C_{30} M/C_{30} H$ oranları 0.24 ile 4.11 arasında değişmekte olup; TRY-3, TRY-5, GKP-4, GKP-14, GKP-19 ve BDR 1 nolu örneklerde erken olgun, diğerlerinde olgunlaşmamış organik maddeye işaret etmektedir.

$Ts/(Ts+Tm)$ oranları; çökeltme ortamı ve olgunluğa bağlıdır (Moldowan et al., 1986). Ts termodinamik olarak Tm ' den daha duraylıdır (Peters and Moldowan, 1993) ve $Ts/(Ts+Tm)$ oranı bu nedenle olgunluğun artmasıyla birlikte artar. Özellikle kömür örneklerinde Ts tespit edilemez miktarlarda veya çok düşük miktarlarda olabilmektedir (Shen and Huang, 2007). Kömür örneklerinin $Ts/(Ts+Tm)$ oranları Yeşilyuva örneklerinde 0.09 - 0.39; Yüreğil örneklerinde 0.25 - 0.34; Yatağan örneğinde 0.17; Ayaz örneklerinde 0.07 - 0.65; Kocapınar örneğinde 0.04; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.26 - 0.33; Yatağan-3 örneklerinde 0.05 - 0.21;

Yeşilyuva-2 örneğinde 0.04; Ayaz-2 örneğinde 0.04 ve Karaçay-2 örneğinde 0.95 olarak belirlenmiştir (Tablo 6.10). Kömür örneklerinin ortalama $T_s/(T_s+T_m)$ değeri 0.18'dir.

T_s/T_m oranları <1 ise olgunlaşmamış, >1 ise olgun organik maddeye işaret etmektedir (Seifert and Moldovan, 1978). İncelenen örneklerdeki T_s/T_m oranları şöyledir; Yeşilyuva 0.10 - 0.65; Yüreğil örneklerinde 0.34 - 0.52; Yatağan örneğinde 0.20; Ayaz örneklerinde 0.07 - 1.86; Kocapınar örneğinde 0.04; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.35 - 0.47; Yatağan-3 örneklerinde 0.05 - 0.27; Yeşilyuva-2 örneğinde 0.04; Ayaz-2 örneğinde 0.05 ve Karaçay-2 örneğinde 17.41 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin T_s/T_m oranları 0.04 ile 17.41 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.96'dır. Bu sonuçlara göre AYK-10 ve BDR-1 örnekleri olgun, KHA-15, TRY-5, GKP-4 ve GKP-14 nolu örnekler erken olgun, diğerleri de olgunlaşmamış evreye işaret etmektedir.

Gammacerane, genellikle tabakalanmış su kolonu göstergesi olarak değerlendirilen bir parametredir (Sinninghe Damsté et al., 1995; Tian et al., 2017). Tabakalanmış su kolonu, derinlikle birlikte sıcaklık gradyanları ve hipersalinite ile ilgilidir. Yüksek miktarlardaki gammacerane başlıca evaporitik ve tuzluluğu yüksek ortamlarda bulunur (Hanson et al., 2001). Bu nedenle Gammacerane/ C_{30} H oranı (Gammacerane İndeks), genellikle jeolojik zaman boyunca su tuzluluğundaki değişimleri yansıttığı için kullanılır. İncelenen örneklerin çoğunda gammacerane'a rastlanmamıştır. Bununla birlikte BDR-1, CD-2, YTA-2 ve YTAC-1 nolu örneklerde sırasıyla; 0.11; 0.05; 0.06 ve 0.06 olmak üzere çok düşük gammacerane indeks değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, çökelme ortamındaki tatlı su-hafif tuzlu su koşullarına işaret etmektedir.

C_{31} ve C_{32} Homohopanin (HH) tüm örneklerde baskın olduğu ve bu örneklerde C_{35} Homohopan İndeks değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir. İncelenen örneklerde lokasyonlara göre % SC_{31} homohopan değerleri; Yeşilyuva örneklerinde %9.67 - %17.85 arasında, Yüreğil örneklerinde %36.64 - %49.06 arasında, Yatağan örneklerinde %12.71 - %20.79 arasında, Ayaz örneklerinde %13.59 - %25.21 arasında, Kocapınar örneklerinde %16.53 - %19.51 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde %22.38 - %54.17 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde %14.55 ve Karaçay-2 örneğinde %33.76 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlardaki kömür örneklerinin % SC_{31} homohopan değerleri %9.67 ile %54.17 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %21.02'dir.

İncelenen örneklerin %SC₃₂ homohopan değerleri; Kocapınar-Ocak örneklerinde %57.22 - %55.97; Yatağan-3 örneğinde %50.58; Yeşilyuva-2 örneğinde %31.65; Ayaz-2 örneğinde %25.03 ve Karaçay-2 örneğinde %38.19 olarak hesaplanmıştır. Örneklerin %SC₃₂ homohopan değerleri %25.03 ile %57.22 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %10.77'dir (Tablo 5.10).

İncelenen örneklerin C₃₅ Homohopan İndeks değerleri ise; Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.09; Yeşilyuva-2 örneğinde 0.03 ve Karaçay-2 örneğinde 0.07' dir. C₃₅ Homohopan İndeks değerleri 0.03 ile 0.09 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.01'dir (Tablo 5.10). C₃₁ ve C₃₂'nin baskın, C₃₅ homohopan indeks değerlerinin düşük olduğu bu gibi durumlarda suboksik ortam koşulları etkindir (Hunt, 1996). Kömürlü seviyelerin Pr/Ph oranları da bu saptamayı doğrulamaktadır. Ayrıca, homohopan dağılımlarında C₃₁' den C₃₅'e doğru gidildikçe pik boylarında gözlenen düzenli düşüş kırıntılı fasiyese işaret etmektedir (Waples and Machihara, 1991). İncelenen örneklere ait m/z 191 iyon fragmentogramlarında gözlenen bu durum kömürlü seviyelerin kırıntılı fasiyesten oluştuğunu ifade etmektedir.

C₃₁ 22R/C₃₀ H oranı <0.25'ten değerler gölsel çökeltme ortamına, >0.25'ten değerler ise denizel ortama işaret etmektedir (Peters et al., 2005; Kara-Gülbay and Korkmaz, 2012) Örneklerin C₃₁ 22R/C₃₀ H oranları Yeşilyuva örneklerinde 0.86 - 1.18 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.20 ve 0.34 arasında, Yatağan örneklerinde 0.50 ve 0.52 arasında, Ayaz örneklerinde 0.59 - 1.06 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.51 - 0.55 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.20 - 0.41 arasında, Yatağan-3 örneklerinde 0.94 ve 0.80 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.44, Ayaz-2 örneğinde 1.63 ve Karaçay-2 örneğinde 0.38 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin C₃₁ 22R/C₃₀ H oranları 0.20 ile 1.63 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.61'dir. Bu değerler kömür oluşumlarının gel-git olaylarının etkili olduğu bir ortamda (kıyı ortamı?) çökeldiğine işaret etmektedir.

C₂₇ steranlar genellikle fitoplanktonlar ve metazoan'lardan meydana gelirken, C₂₉ steranlar genellikle karasal yüksek bitkilerden meydana gelir (Huang and Meinschein, 1979; Volkman, 1986). C₂₇ steranların birincil kaynağı ağırlıklı olarak alglerdir. İncelenen örneklerde C₂₇ steran miktarları; Yeşilyuva örneklerinde %20 - %41 arasında, Yüreğil örneklerinde %38 - %41, Yatağan örneklerinde %26 - %60 arasında, Ayaz örneklerinde %30 - %45 arasında, Kocapınar örneklerinde %7 - %36 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde %20 - %38 arasında, Yatağan-3 örneklerinde %11 - %12 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde %21, Ayaz-2 örneğinde %12 ve Karaçay-2 örneğinde %24 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Tüm kömür örneklerinin C₂₇ steran miktarları %7 ile %60 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %30.79' dur.

C₂₈ steranlar tipik olarak görsel ortam göstergesidir (Volkman et al., 1986). Kömür örneklerinin C₂₈ steran miktarları; Yeşilyuva örneklerinde %15 - %28 arasında, Yüreğil örneklerinde %29 - %30 arasında, Yatağan örneklerinde %13 - %18 arasında, Ayaz örneklerinde %23 - %40 arasında, Kocapınar örneklerinde %3 - %25 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde %14 - %30 arasında, Yatağan-3 örneklerinde %32 - %39 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde %28, Ayaz-2 örneğinde %39 ve Karaçay-2 örneğinde %12 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlarda C₂₈ steran miktarları %3 ile %40 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %24.38' dir.

C₂₉ steranlar ise, daha çok karasal bitkilerle ilişkilidir (Huang and Meinschein, 1979; Volkman et al., 1986; Czochanska et al., 1988). Kömürlerde çoğunlukla C₂₉ steranlar, C₂₇ ve C₂₈ steranlara göre son derece baskındır. C₂₉'un C₂₇ steranlara baskınlığı, çökme ortamındaki yüksek bitki girdisine işaret etmektedir (Peters and Moldowan, 1993). İncelenen örneklerde C₂₉ steran miktarları; Yeşilyuva örneklerinde %31 - %65 arasında, Yüreğil örneklerinde %29 - %33, Yatağan örneklerinde %22 - %61 arasında, Ayaz örneklerinde %15 - %47 arasında, Kocapınar örneklerinde %39 - %90 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde %33 - %66 arasında, Yatağan-3 örneklerinde %50 - %56 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde %51, Ayaz-2 örneğinde %49 ve Karaçay-2 örneğinde %64 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin C₂₉ steran miktarları %15 ile %90 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %44.83' tür.

C₂₇/C₂₉ steran oranı genellikle C₁₉/C₂₃ TT oranlarının artmasıyla birlikte azalır (Tian et al., 2017). İncelenen örneklerin C₂₇/C₂₉ steran oranları; Yeşilyuva örneklerinde 0.21 - 1.13 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.93 - 1.29 arasında, Yatağan örneğinde 0.31, Ayaz örneklerinde 0.47 - 0.76 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.49 - 0.68 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.20 - 1.41 arasında, Yatağan-3 örneklerinde 0.16 - 0.22 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.19, Ayaz-2 örneğinde 0.20 ve Karaçay-2 örneğinde 0.06 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlarda C₂₇/C₂₉ steran oranları 0.06 ile 1.41 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.73'tür. İncelenen kömür örneklerinin C₁₉/C₂₃ TT oranları, C₁₉/C₂₃ TT (ortalama 0.44) oranlarına göre nisbeten yüksek değerlerde olup, karasal organik madde girdisini yansıtmaktadır.

0.67-0.71 denge değerinden düşük C₂₉ $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ steran (% $\beta\beta R$) değerleri olgunlaşmamış kaynak kayaya işaret etmektedir (Seifert and Moldowan, 1986). Örneklerin C₂₉ $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ steran oranları Yeşilyuva örneklerinde 0.19 - 0.38 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.36 - 0.42 arasında, Yatağan örneğinde 0.36, Ayaz örneklerinde 0.28 - 0.34 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.30 - 0.38 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.30 - 0.43 arasında ve

Yeşilyuva-2 örneğinde 0.21 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlarda C_{29} $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ steran oranları 0.19 ile 0.43 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.34'tür. Bu değerler 0.67-0.71 denge değerine ulaşmadığı için incelenen örneklerin henüz olgunlaşmamış-erken olgun evrede oldukları söylenebilir.

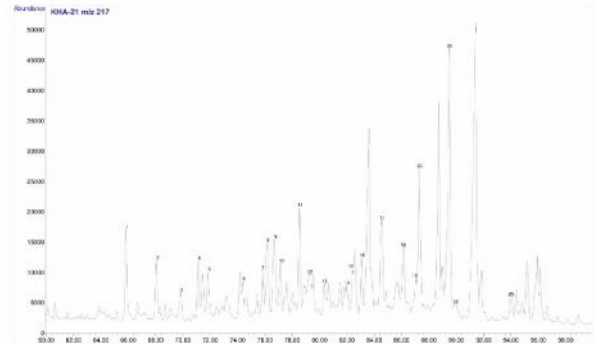
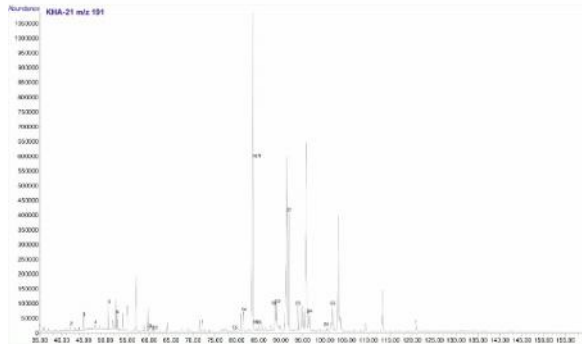
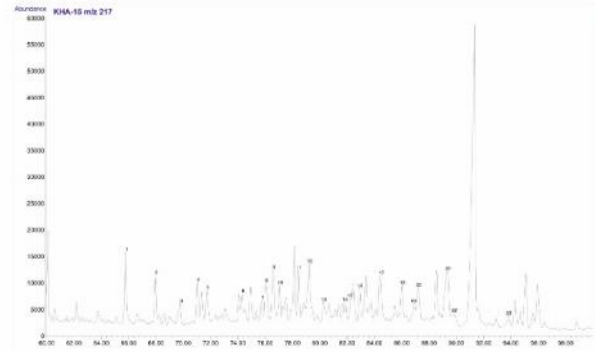
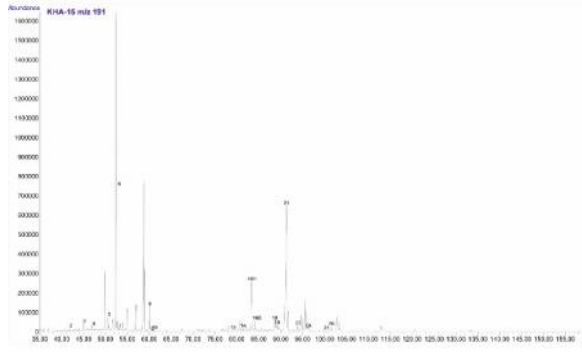
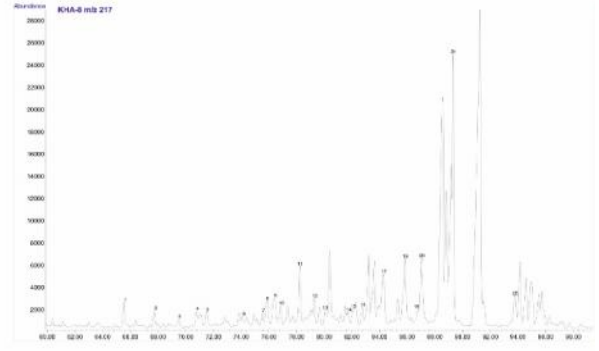
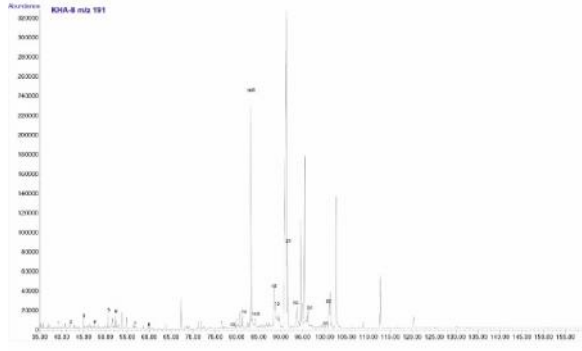
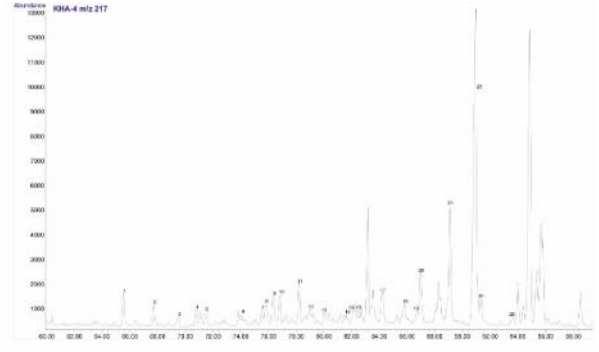
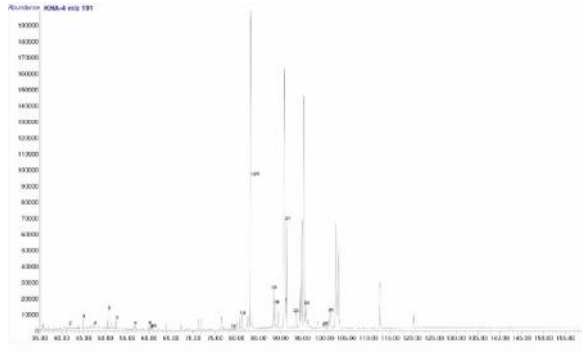
C_{29} (20S/20S+20R) steran oranı 0.52-0.55 arasında denge değerindedir ve petrol oluşum zonuna işaret eder (Peters and Moldowan, 1993; Tian et al., 2017). İncelenen örneklerdeki C_{29} (20S/20S+20R) steran oranları; Yeşilyuva örneklerinde 0.13 - 0.44 arasında, Yüreğil örneklerinde 0.37 - 0.47 arasında, Yatağan örneğinde 0.14, Ayaz örneklerinde 0.19 - 0.34 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.20 - 0.52 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.10 - 0.51 arasında, Yatağan-3 örneklerinde 0.38 - 0.24 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.06 ve Ayaz-2 örneğinde 0.20 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Örneklerin C_{29} (20S/20S+20R) steran oranları, 0.06 ile 0.52 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.30'dur. Bu değerlere göre iki örnek dışında (KP-12 ve GKP-4; erken olgun) kalan tüm kömür örneklerinin olgunlaşmamış oldukları belirlenmiştir.

C_{27} Diasteran/ C_{27} Steran oranları (C_{27} Dia/ C_{27} ST), suyun alkalilik derecesinin göstergesi olarak kullanılabilir (Hao et al., 2011). Düşük C_{27} Diasteran/ C_{27} steran oranları çökeltme ortamındaki suyun alkali karakterde olduğuna işaret etmektedir. İncelenen örneklerdeki C_{27} Dia/ C_{27} ST oranları; Yeşilyuva örneklerinde 1.11 - 5.95 arasında, Yüreğil örneklerinde 4.96 - 6.13 arasında, Yatağan örneklerinde 0.87 - 3.34 arasında, Ayaz örneklerinde 1.04 - 5.00 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.61 - 12.43 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 1.62 - 5.50 arasında, Yatağan-3 örneklerinde 0.50 - 0.53 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.84 ve Ayaz-2 örneğinde 0.21 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Tüm lokasyonlarda C_{27} Dia/ C_{27} ST oranları, 0.21 ile 12.43 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 3.31'dir. Bu sonuçlara göre kömür örneklerinin yarı alkalın - alkalın bir çökeltme ortamında oluştukları söylenebilir. Bununla birlikte diasteranların bolluğu mineral matriks etkisi ve olgunluğu yansıtılmaktadır (Affouri et al., 2013). Isısal olarak olgunlaşmamış örneklerde ve İncelenen örneklerde de görülen yüksek diasteran miktarı kil minerallerinin fazlalığı ile açıklanabilir. Diasteran bileşikleri, diyajenez esnasında killerin katalizörlüğünde steranların yeniden düzenlenmesiyle meydana gelmiş olabilir (Peakman and Maxwell, 1988).

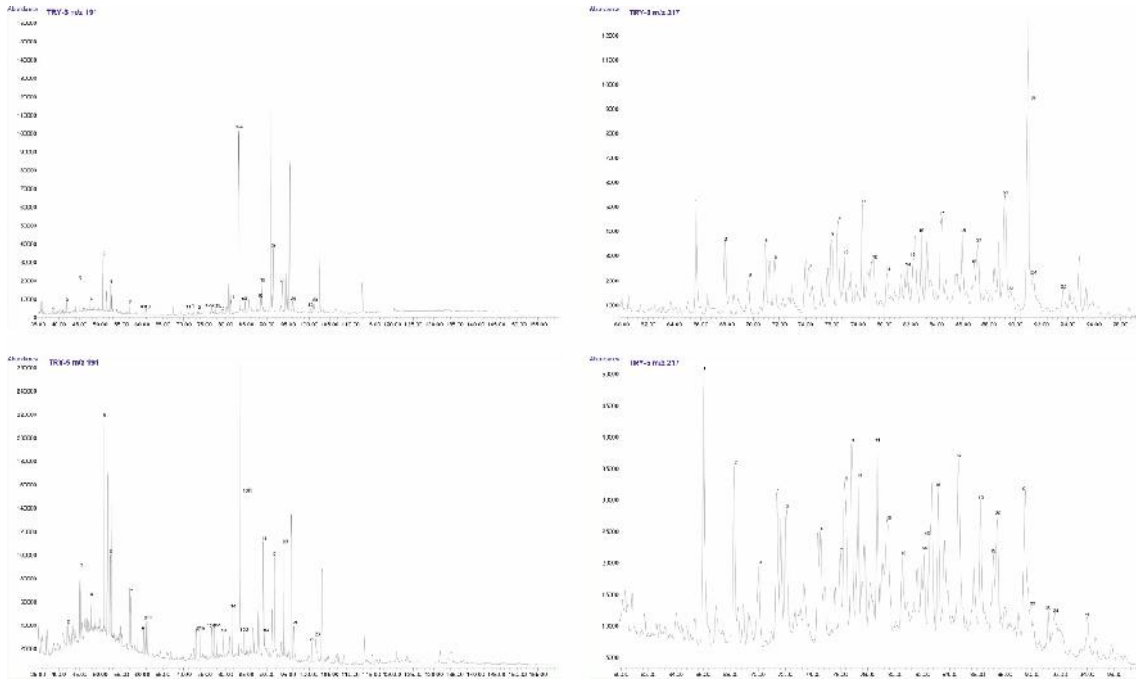
Steran/Hopan oranı, kaynak kayadaki ökaryotik (başlıca alg ve yüksek bitkiler) organizmalara karşı prokaryotik (bakteri) organizmaların girdisini yansıtmaktadır. Yüksek steran değerleri ile yüksek steran/hopan oranları alg katkısı ve paralik ve/veya denizel ortamı karakterize ederken, düşük steran/hopan oranları karasal ve/veya mikrobiyal olarak yeniden işlenmiş (reworked) organik maddeye işaret etmektedir (Tissot and Welte, 1984; Moldowan et al., 1985; Mann et

al., 1998; Peters et al., 2005). Bununla birlikte düşük steran/hopan oranları denizel olmayan (karasal) kaynak kayalara işaret etmektedir (Moldowan et al., 1985). İncelenen örneklerdeki steran/hopan oranları; Yeşilyuva örneklerinde 0.48 - 0.58 arasında, Yüreğil örneklerinde 1.01 - 1.13 arasında, Yatağan örneklerinde 0.09 - 1.10 arasında, Ayaz örneklerinde 0.23 - 0.90 arasında, Kocapınar örneklerinde 0.33 - 0.80 arasında, Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.75 - 1.28 arasında, Yatağan-3 örneklerinde 0.38 - 0.24 arasında, Yeşilyuva-2 örneğinde 0.06 ve Ayaz-2 örneğinde 0.20 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.10). Kömür örneklerinin steran/hopan oranları 0.06 ile 0.52 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.30' dur. Düşük steran/hopan oranları incelenen örneklerde karasal ve/veya mikrobiyal olarak yeniden işlenmiş (reworked) organik maddenin varlığına ve karasal kaynak kayaya işaret etmektedir.

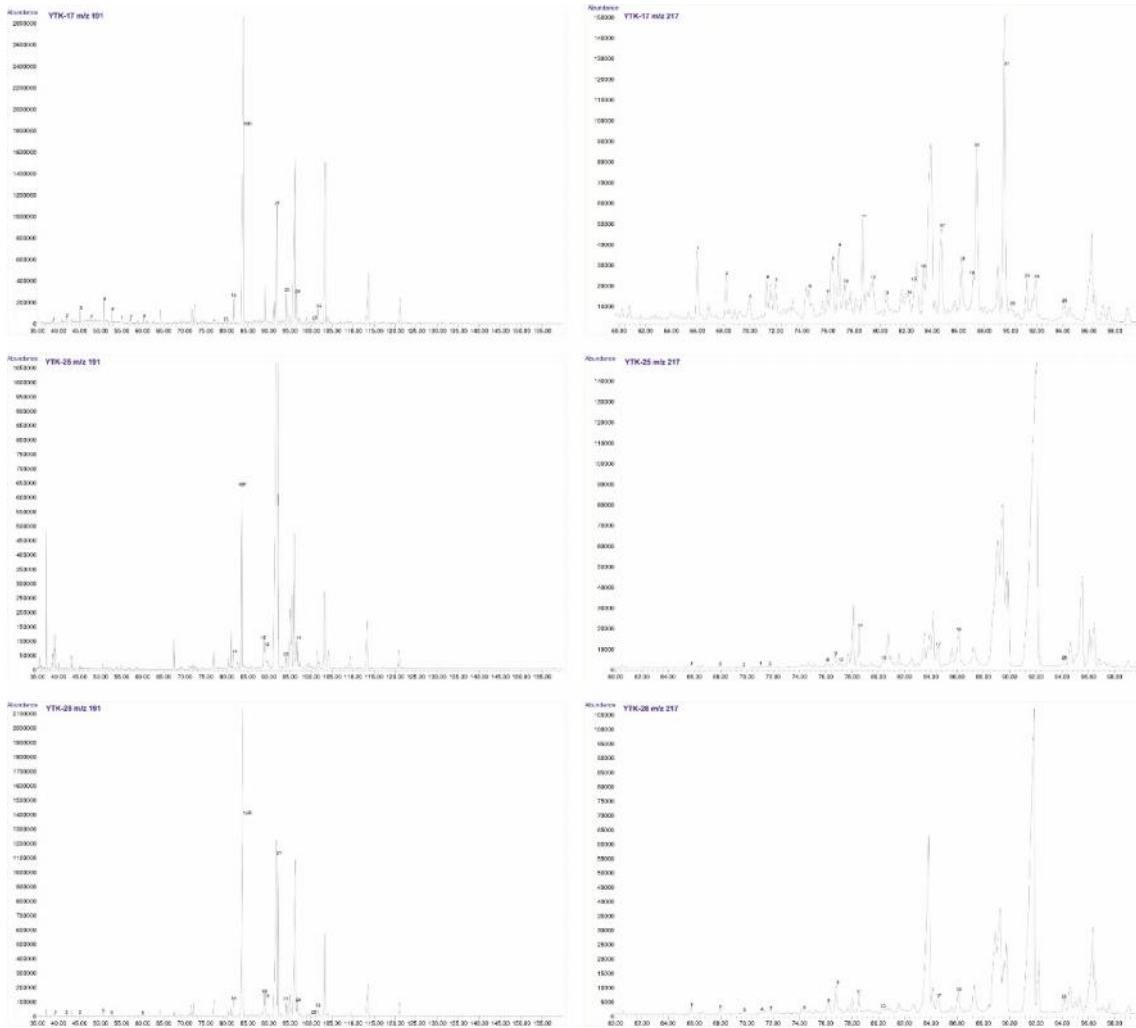
Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan 24 adet kömür örneğinin GC-MS analizlerine ait doymuş iyon fragmentogramları aşağıda verilmiştir (Şekil 5.21; 5.22; 5.23; 5.24; 5.25; 5.26; 5.27; 5.28; 5.29; 5.30).



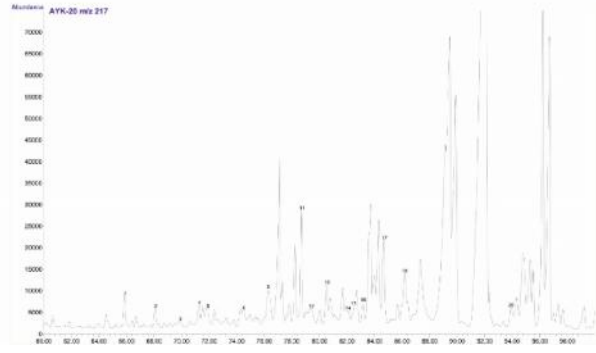
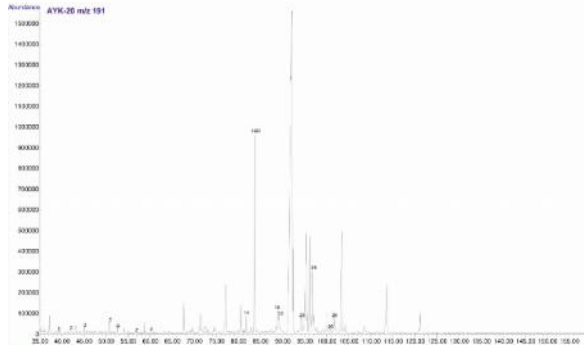
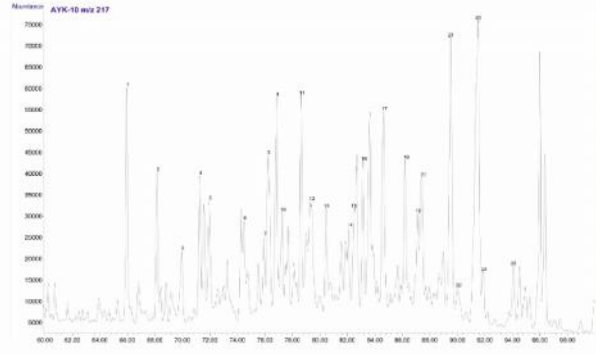
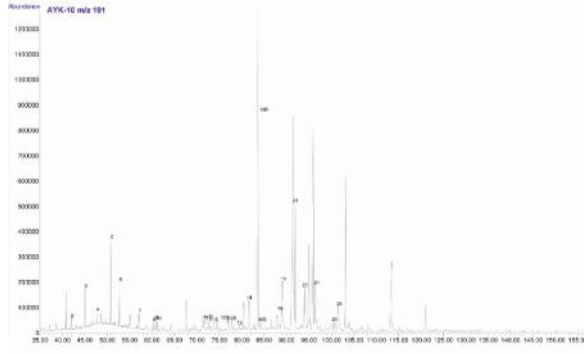
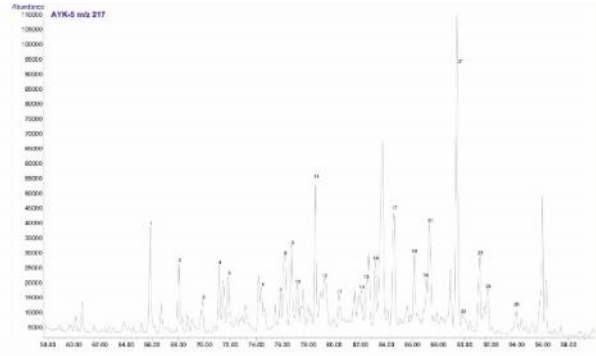
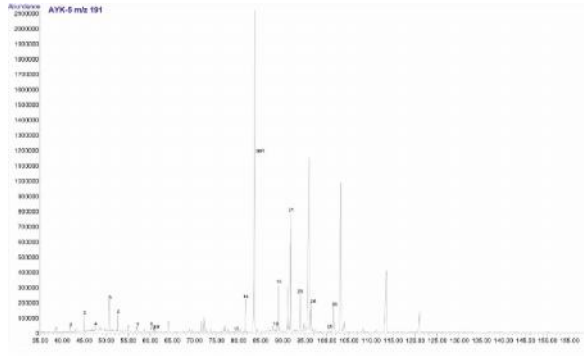
Şekil 5.21. Yeşilyuva kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



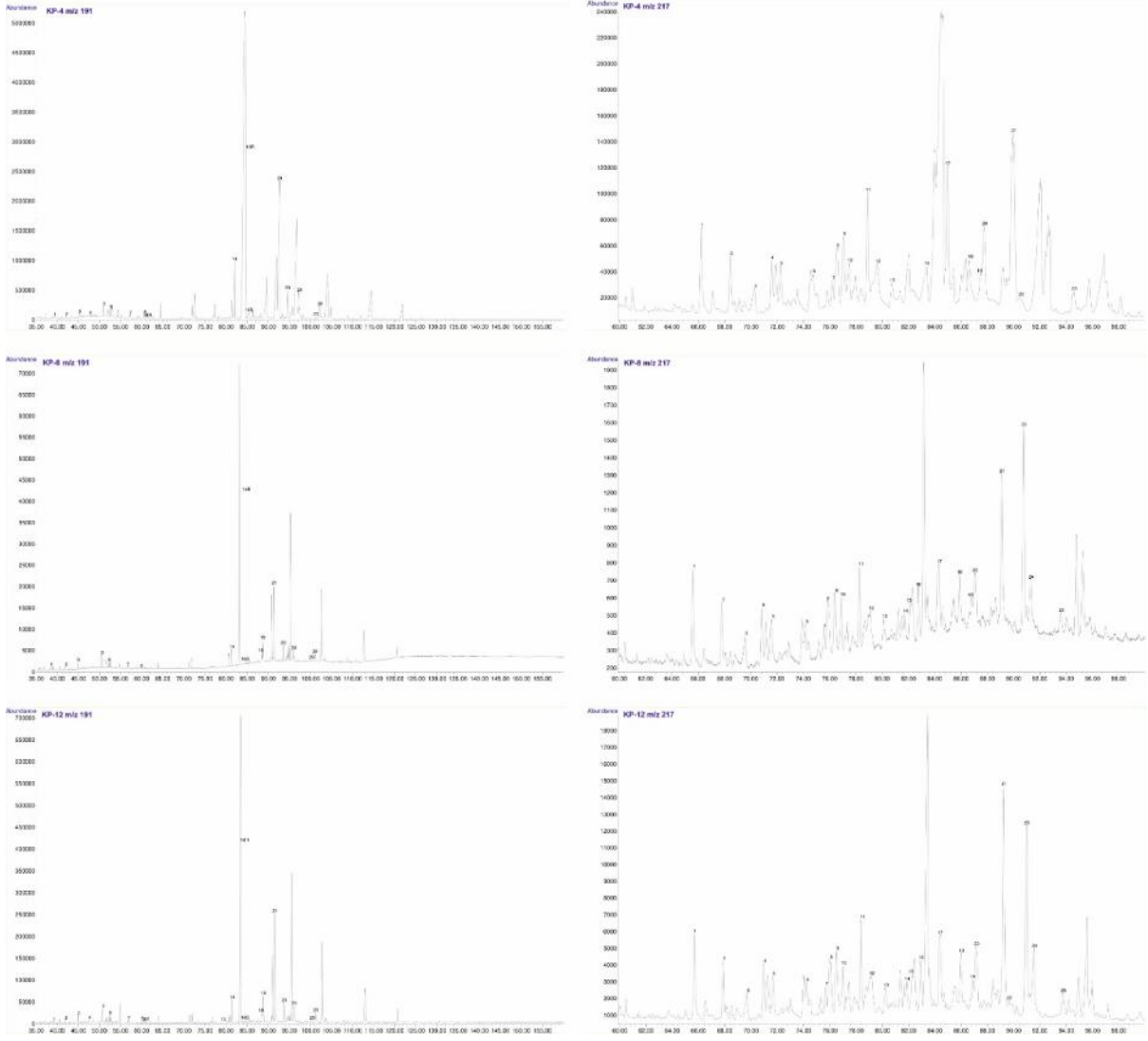
Şekil 5.22. Yüreğil kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



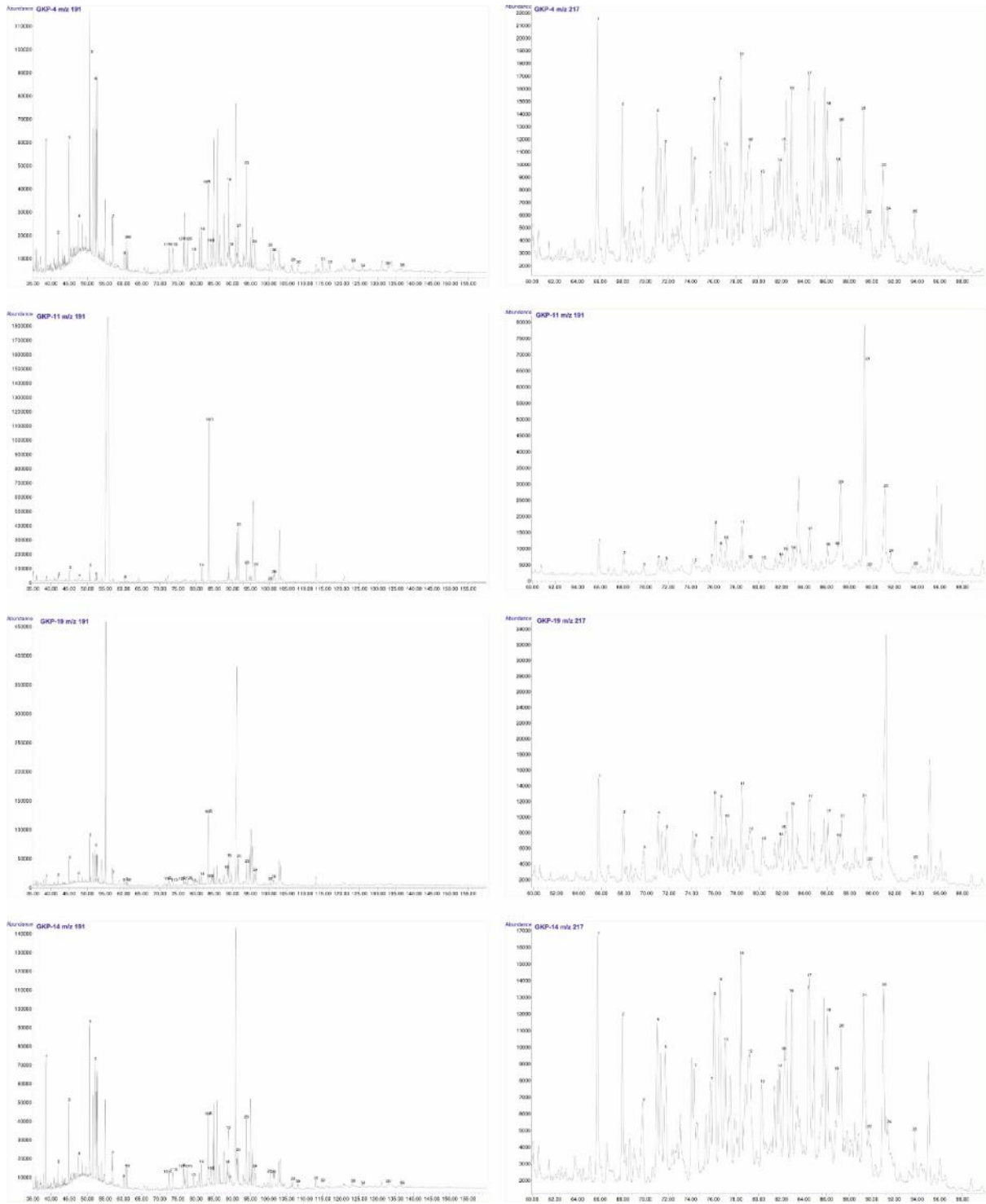
Şekil 5.23. Yatağan kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



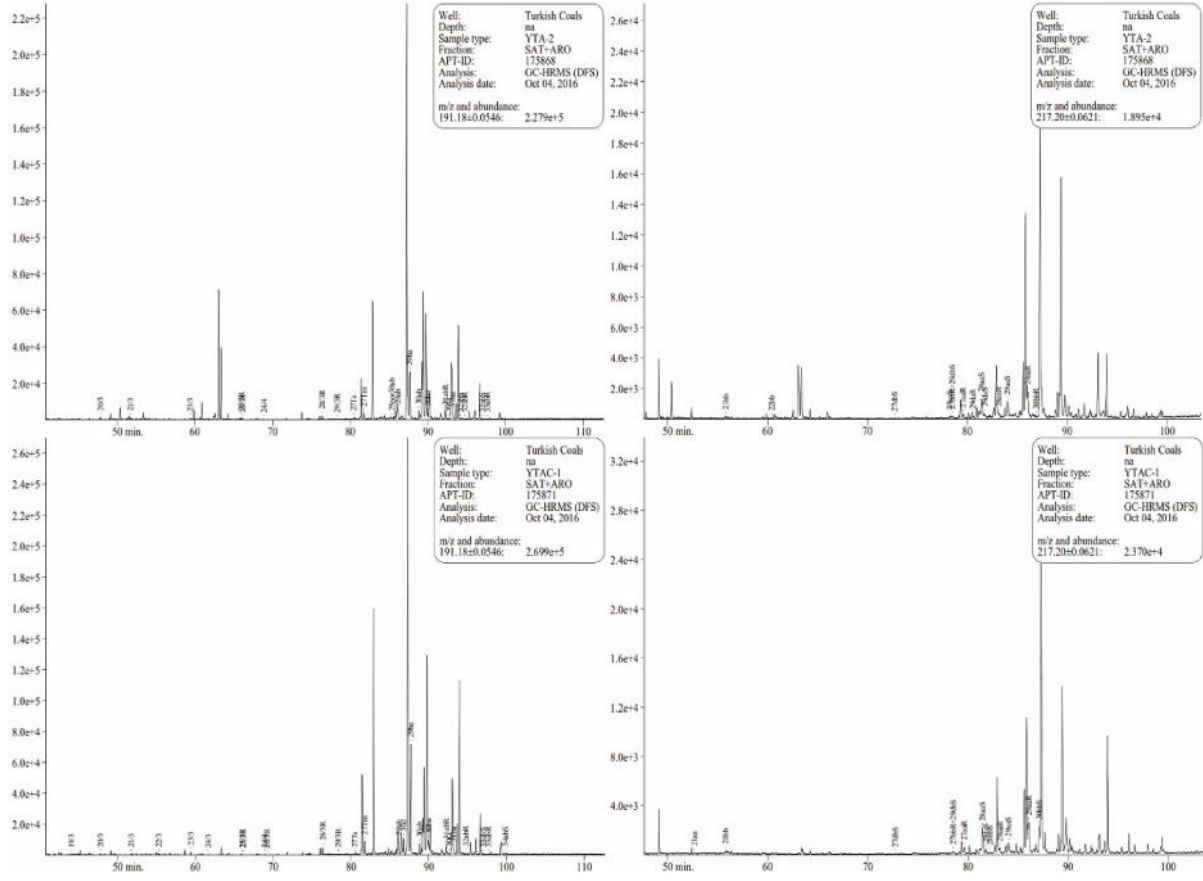
Şekil 5.24. Ayaz kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



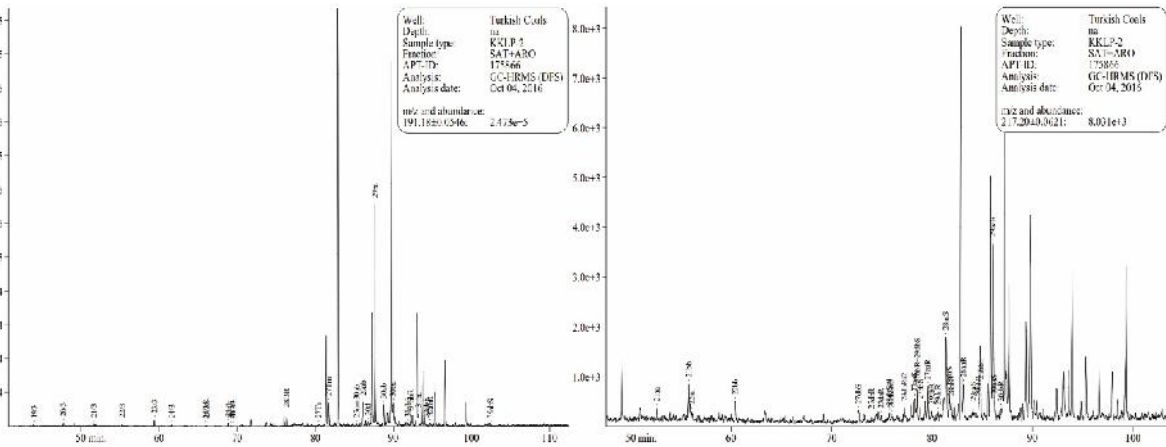
Şekil 5.25. Kocapınar kömür örnekleri m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



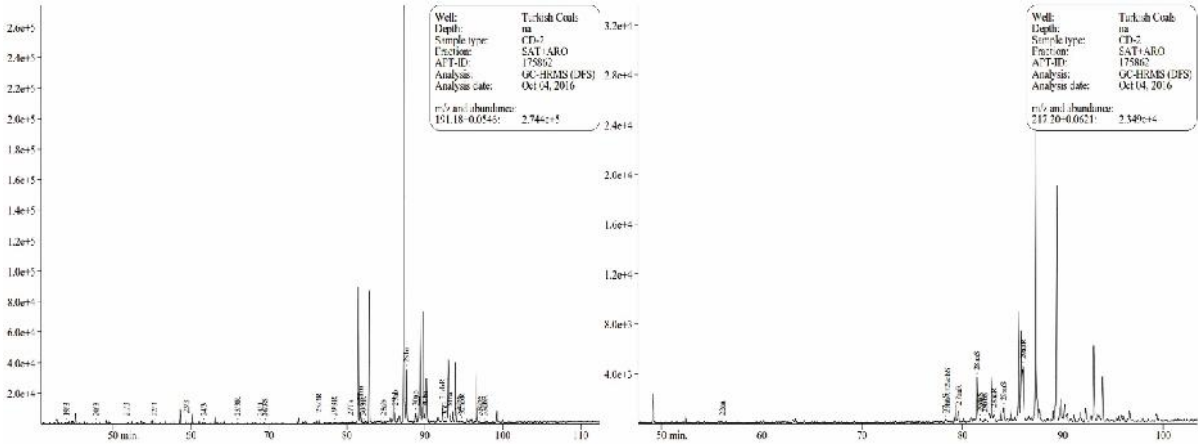
Şekil 5.26. Kocapınar-Ocak kömür örneklerine ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



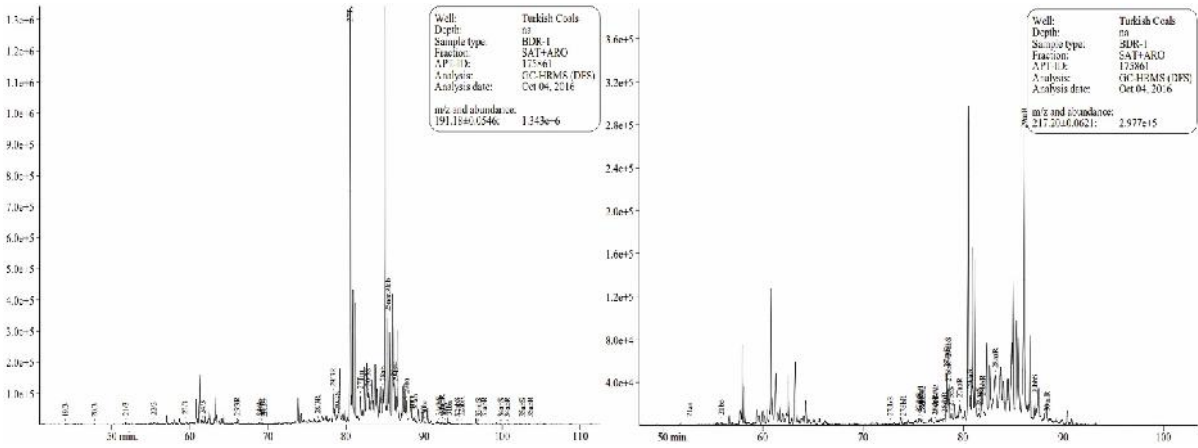
Şekil 5.27. Yatağan-3 kömür örnekleri m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



Şekil 5.28. Yeşilyuva-2 kömür örneğine (KKLP-2) ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



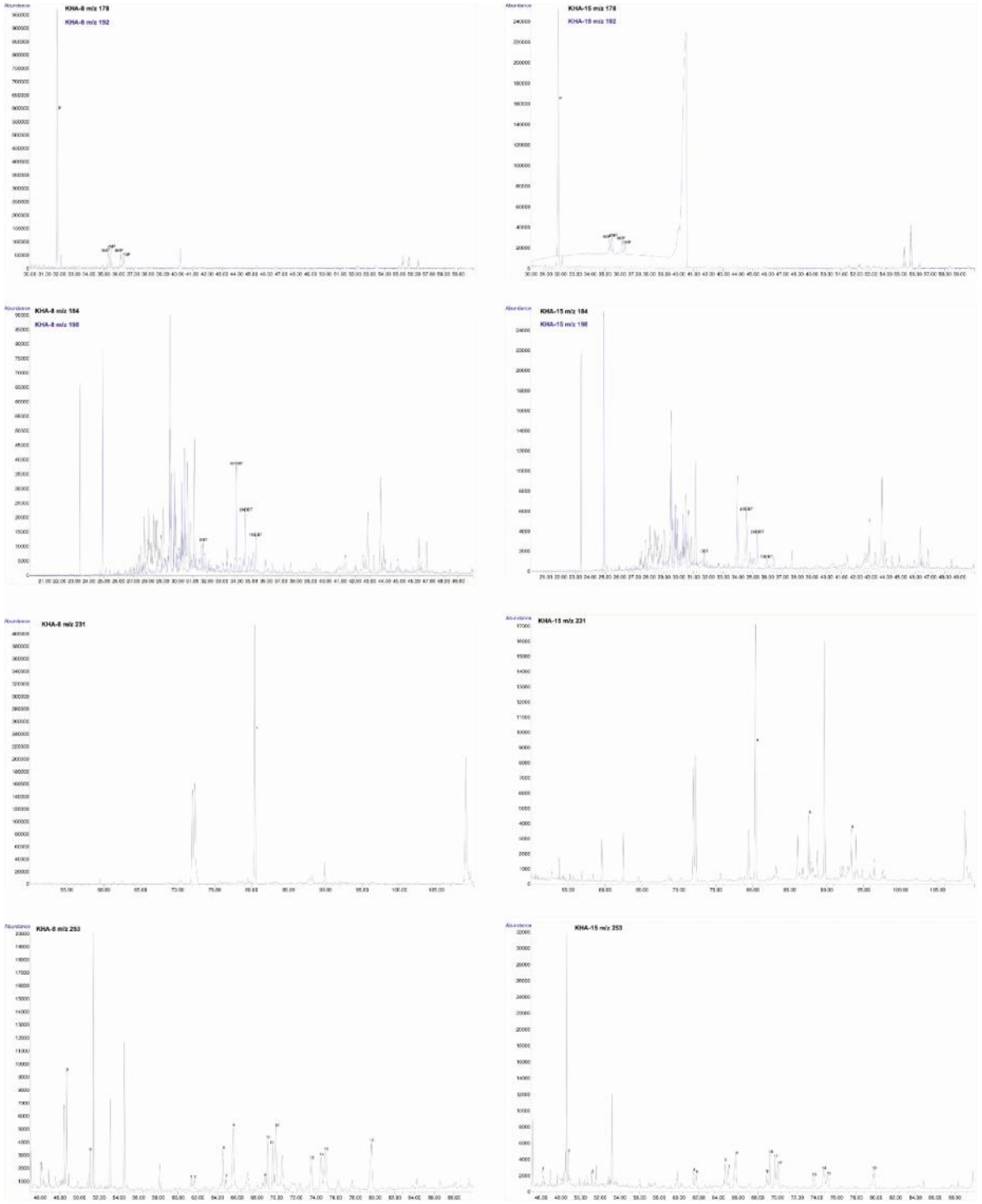
Şekil 5.29. Ayaz-2 kömür örneği (CD-2) m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.



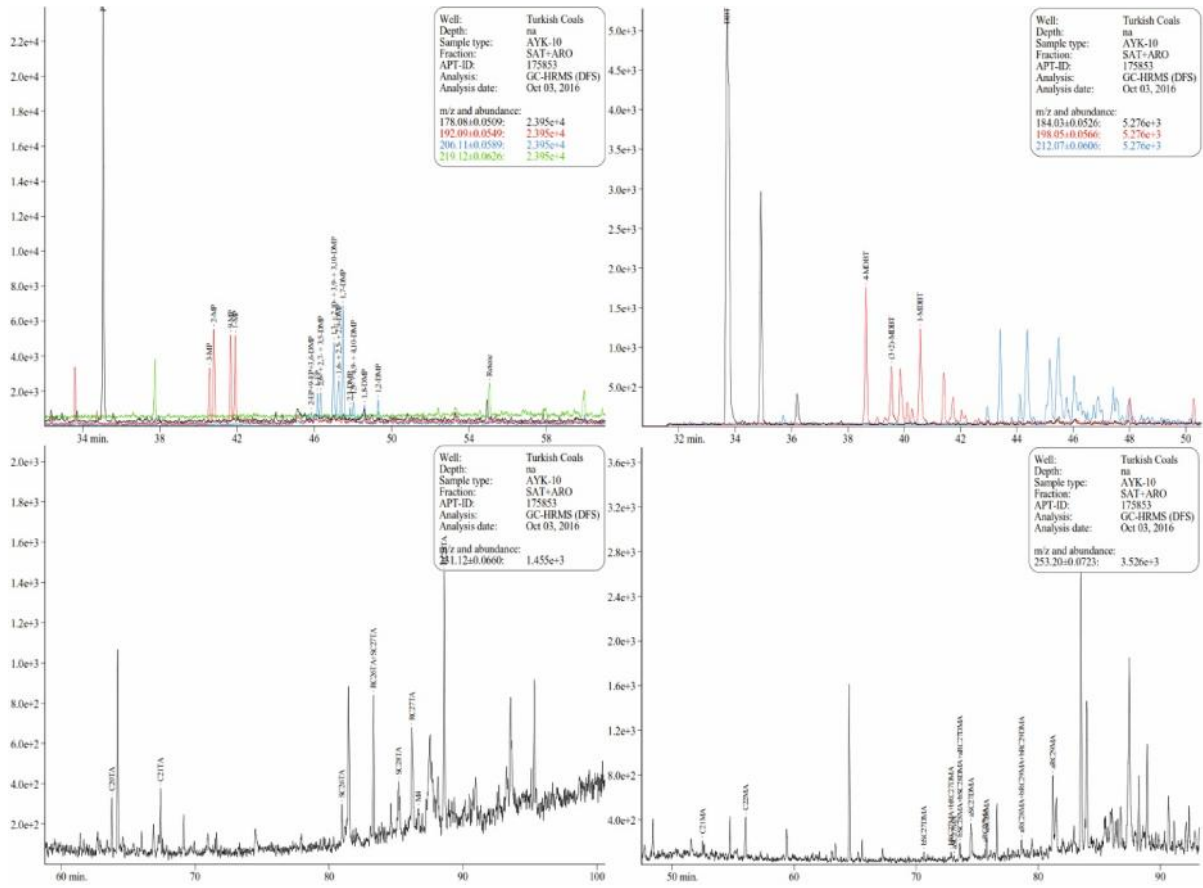
Şekil 5.30. Karaçay-2 kömür örneğine (BDR-1) ait m/z 191 ve m/z 217 iyon fragmentogramları.

5.2.3. Aromatik Hidrokarbonlar

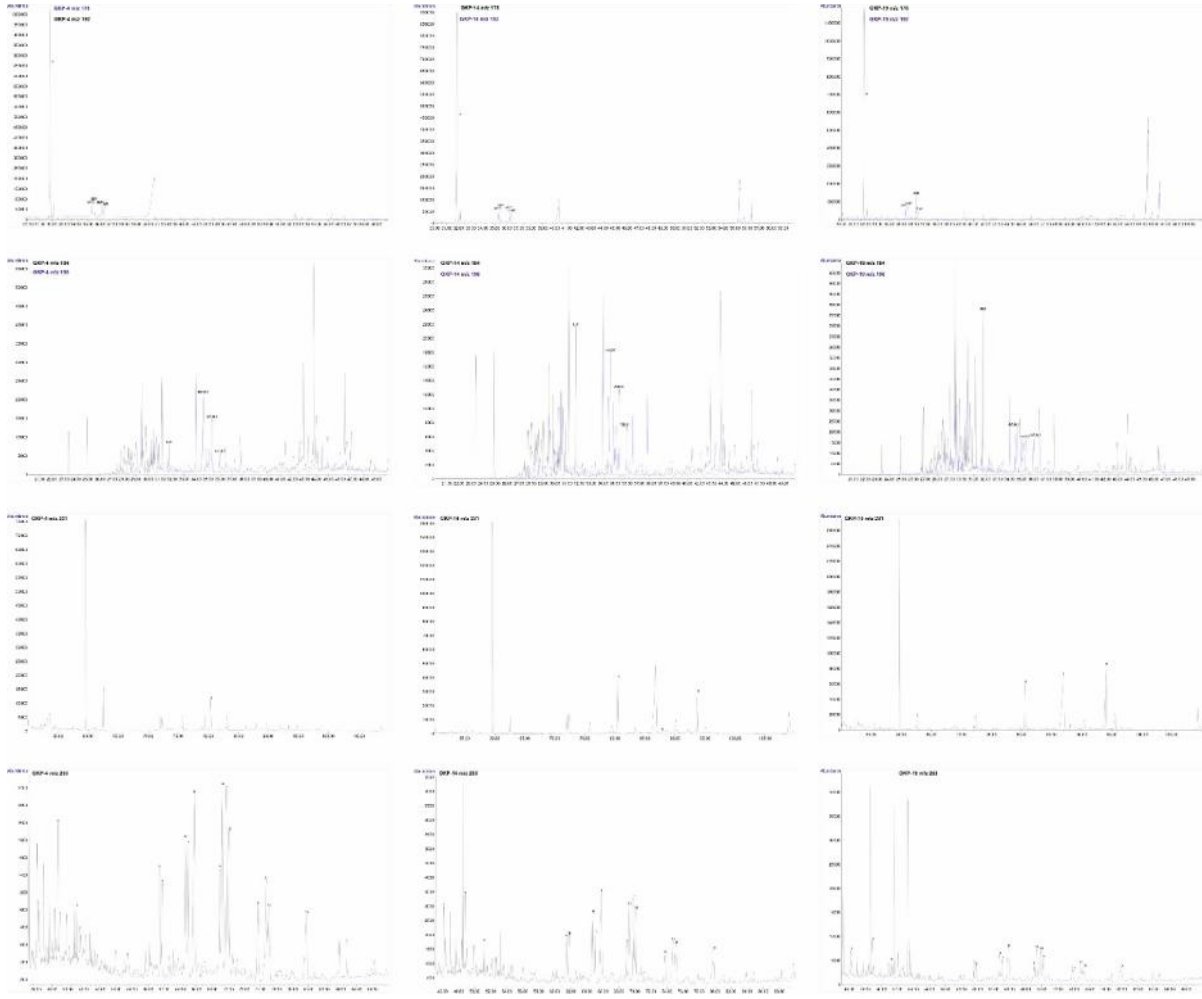
Yeşilyuva, Ayaz, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden alınan 10 adet kömür, killi kömür ve kömürlü kil örneğinde aromatik hidrokarbon GC-MS analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin Aromatik hidrokarbon bileşimine ait GC-MS iyon fragmentogram çıktıları aşağıda verilmiştir (Şekil 5.31; 5.32; 5.33; 5.34; 5.35; 5.36; 5.37). Aromatik hidrokarbonlar Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva lokalitelerine ait örneklerin m/z 178, 184, 192, 198, 231 ve 253 kütle iyon fragmentogramlarına ait hesaplanan parametreler aşağıdaki Tablo 5.12'de verilmiştir.



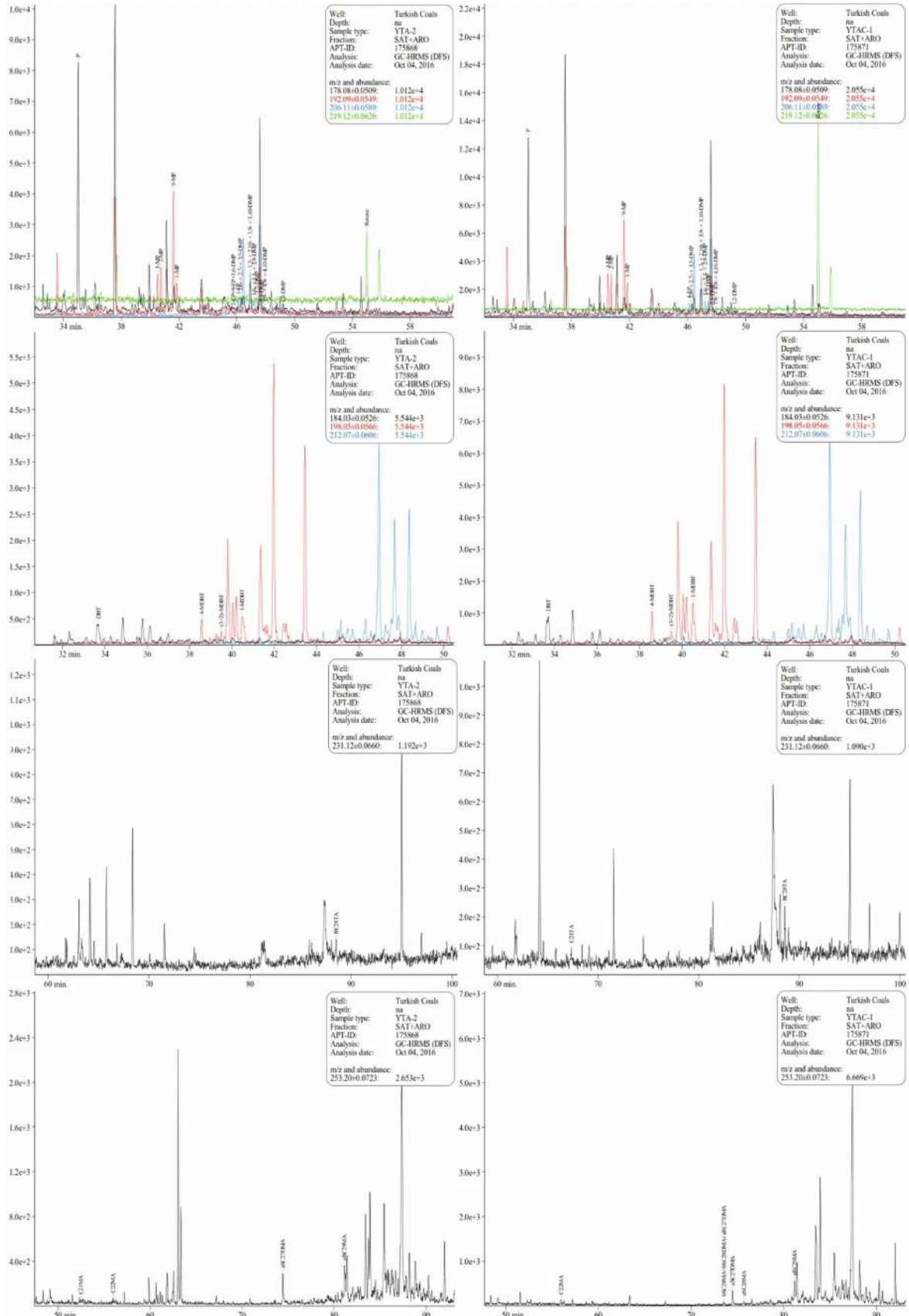
Şekil 5.31. Yeşilyuva örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



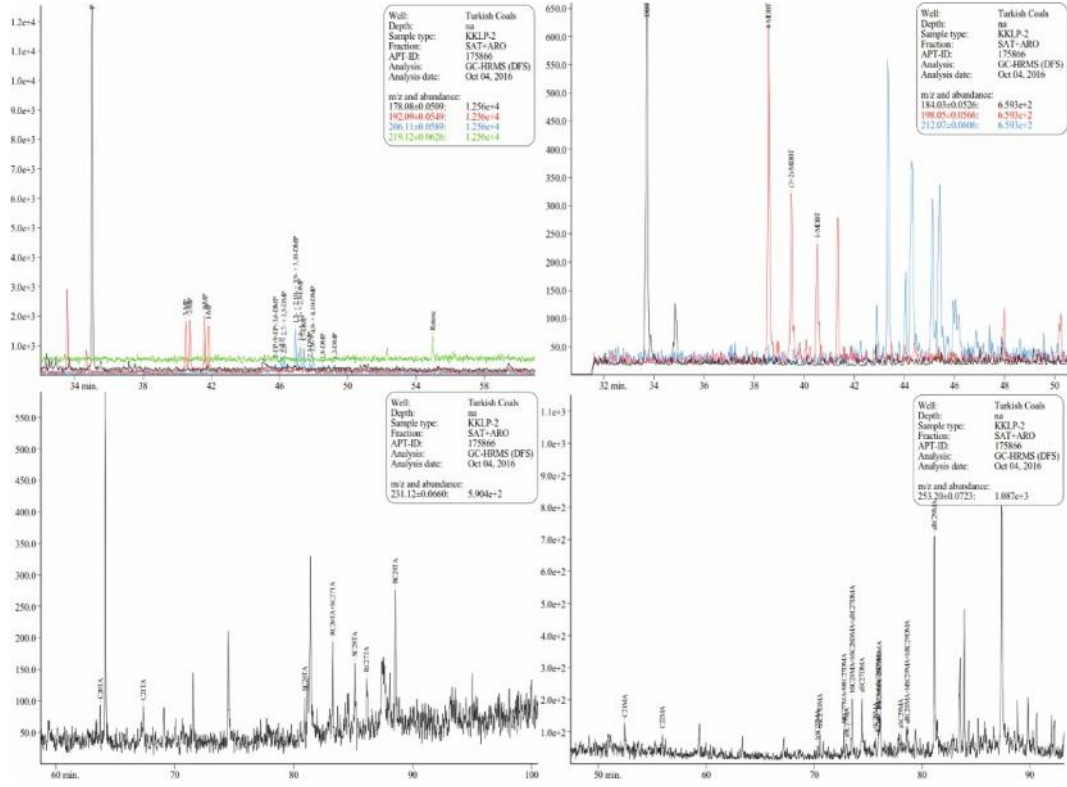
Şekil 5.32. Ayaz örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



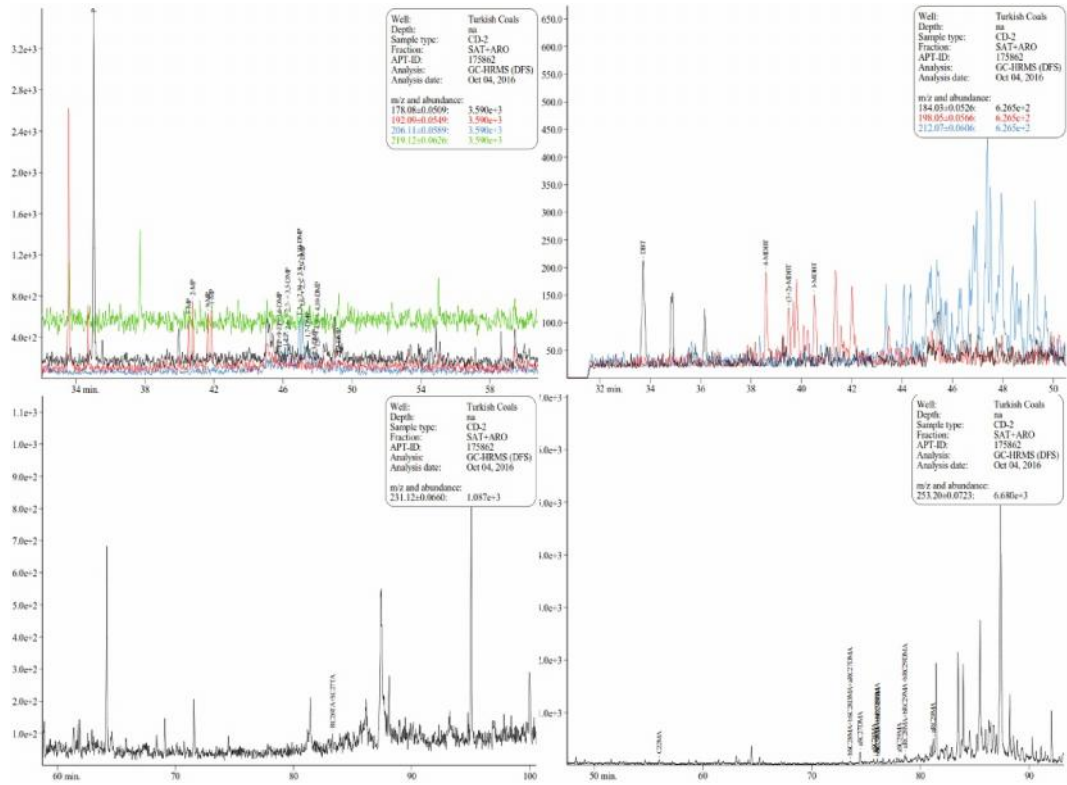
Şekil 5.33. Kocapınar-Ocak örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



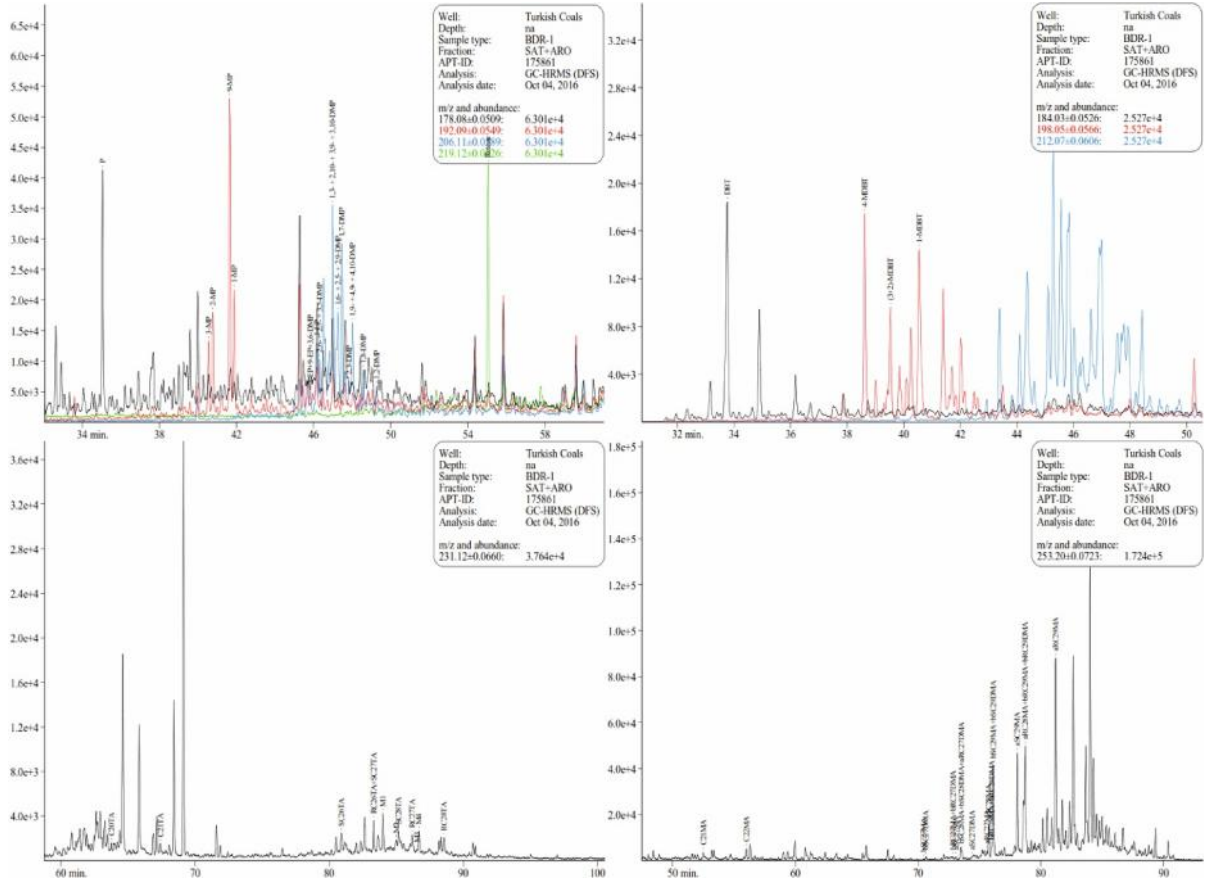
Şekil 5.34. Yatağan-3 örneklerine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



Şekil 5.35. Yeşilyuva-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



Şekil 5.36. Ayaz-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.



Şekil 5.37. Karaçay-2 örneğine ait m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların GC-MS iyon fragmentogramları.

Tablo 5.12. İncelenen örneklere uygulanan GC-MS analizi sonucunda hesaplanan m/z 178, m/z 192, m/z 184, m/z 198, m/z 231 ve m/z 253 aromatik hidrokarbonların biyomarker parametreleri.

Lokasyon	YEŞİLYUVA		KOCAPINAR-OCAK			YATAĞAN-3		YEŞİLYUVA-2	AYAZ-2	KARAÇAY-2
GPS Koordinatları	35S 0717284 4157327		35S 0705971 4172166			35S 0709475 4165444		35S 0718474 4158027	35S 0707266 4164572	35S 0715837 4171204
Jeokimyasal Parametre	KHA-8	KHA-15	GKP-4	GKP-14	GKP-19	YTA-2	YTAC-1	KKLP 2	CD-2	BDR-1
184 ve 198 Dibenzotiyofen (DBT)	9634	1513	7620	21443	75382	366	838	639	190	18173
178 ve192 Fenantren (P)	955660	247635	1028931	900139	1159499	8074	12585	12366	3443	39809
1 Metil Fenantren (1MP)	39717	9406	51808	42606	46389	984	2364	1550	567	20373
2 Metil Fenantren (2MP)	69791	15544	74311	61398	74235	1505	2941	1758	653	16789
3 Metil Fenantren (3MP)	56642	13737	60746	49942	69065	1289	2984	1712	468	12143
9 Metil Fenantren (9MP)	53379	13056	58887	55453	135611	3965	6795	1892	539	51720
253 Monoaromatik (C21 MA)(1)	1755	1983	1406	2226	5391	36	-	88	-	3109
C22 MA (2)	8652	3814	1537	2648	7113	52	109	63	74	4665
C27 MA	6486	11287	6602	8623	20165	-	-	153	-	5769
C28 MA(8+10+11+14)	14217	14086	7511	10061	23269	-	84	137	146	18777
C29 MA(12+13+15+16)	13558	8481	4171	6153	13161	310	491	866	497	167728
MA(I)(C21+C22)	10407	5797	2943	4874	12504	88	109	151	74	7774
MA(I+II)(C21+C22+C27+C28+C29)	44668	39651	21227.0	29711	69099	398	684	1307	717	200048
MA(I) / MA(I+II)	0.14	0.16	0.18	0.23	0.15	0.04	0.10	0.12	0.22	0.16
Dibenzotiyofen/Fenantren (DBT/P)	0.01	0.02	0.07	0.01	0.01	0.46	0.06	0.05	0.05	0.07
Metilfenantren İndeksi(MPI-3) (b/a MP)	1.22	1.14	0.79	1.36	1.30	0.40	1.01	1.01	0.56	0.65

Düşük dibenzotiyofen (DBT) konsantrasyonu genellikle karasal fasiyese işaret etmektedir (Radke et al., 1991). İncelenen örneklerin DBT değerleri 190 (Ayaz-2) ile 75382 (Kocapınar-Ocak) arasında değişim göstermektedir. Bu değerler denizel ortamda çökelmiş organik maddece bakımından zengin sedimanlarda daha yüksek değerlerdedir. İncelenen örneklerin nisbeten düşük DBT değerlerine göre, çökeltme ortamında karasal koşulların etkili olduğu söylenebilir.

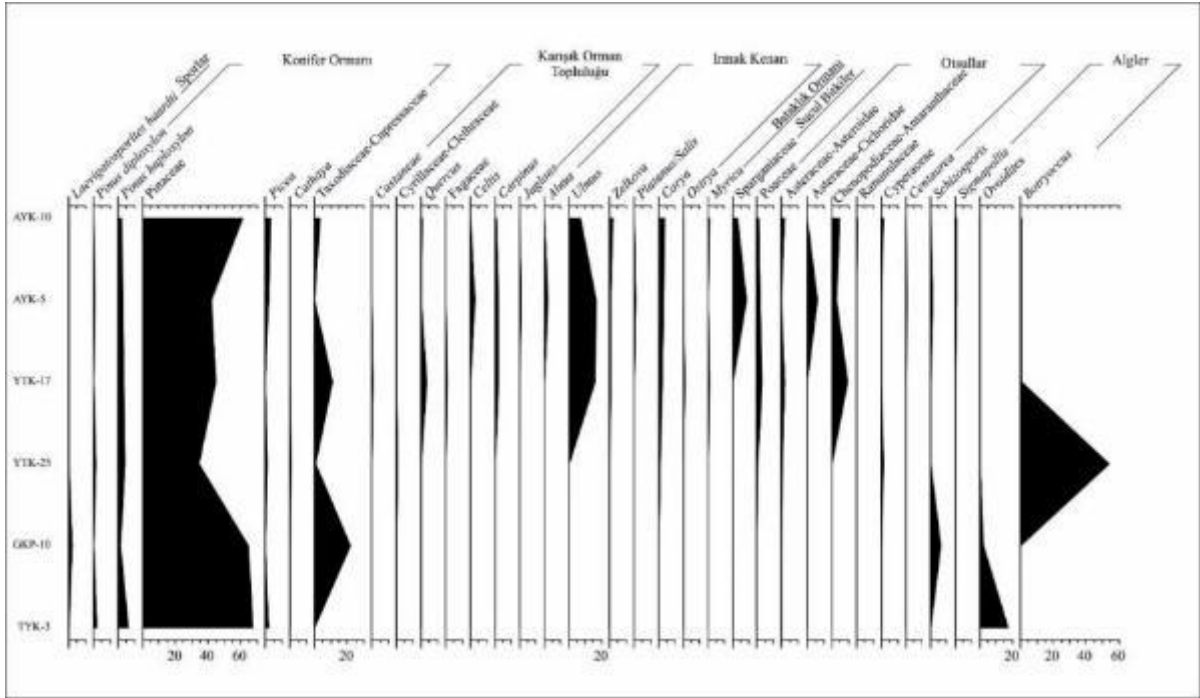
Kömürlerde genellikle dibenzotiyofen/fenantren (DBT/P) oranı 0.06 - 0.2 arasındadır (Requejo, 1994). İncelenen örneklerde DBT/P oranı 0.01 (Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva) ile 0.46 (Yatağan-3) arasında değişmektedir (Tablo 5.12). Buna göre örneklerin DBT/P oranları kömürler için verilen aralığa yakın değerler göstermektedir.

Metilfenantren İndeks-3 (MPI-3) değeri > 1 ise olgun organik madde, 0.8 ile 1.0 arasında ise orta derecede olgun, < 0.8 ise olgunlaşmamış organik maddeye işaret etmektedir (Radke, 1987). İncelenen örneklerin MPI-3 değerleri; Yeşilyuva örneklerinde 1.22-1.14 (olgun organik madde), Kocapınar-Ocak örneklerinde 0.79-1.36 (orta-olgun organik madde), Yatağan-3 örneklerinde 0.40-1.10 (olgunlaşmamış-olgun organik madde), Yeşilyuva-2 örneğinde 1.01 (olgun organik madde), Ayaz-2 örneğinde 0.57 (olgunlaşmamış organik madde) ve Karaçay-2 örneğinde 0.65 (olgunlaşmamış organik madde) olarak belirlenmiştir (Tablo 5.12). MPI-3 değerlerine göre örnekleri meydana getiren organik maddenin olgunlaşmamış-olgun olduğu görülmektedir. Bu durum oluşum ortamları göz önüne alındığında kabul edilebilir bir sonuçtur.

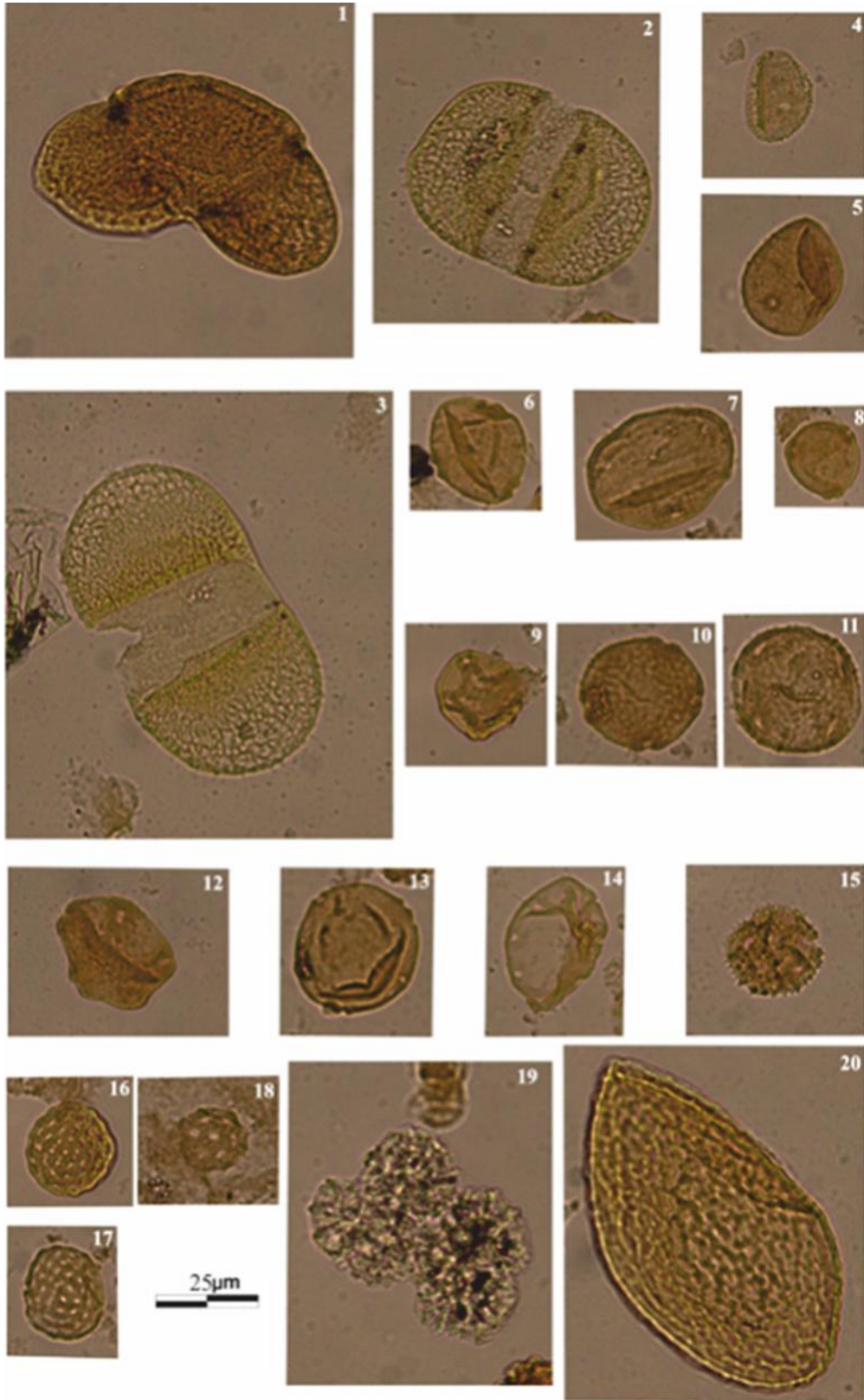
Isısal olgunlukla birlikte monoaromatik(I) (MA(I)) değeri, monoaromatik(II) (MA(II))' ye göre artmaktadır (Hunt, 1996). MA(I)/MA(I+II) oranı aşırı olgun aşamanın sonunda tamamen MA(I)'e dönüşümle sonuçlanır. İncelenen örneklerin MA(I)/MA(I+II) oranları; Yeşilyuva örneklerinde %14 - %16, Kocapınar-Ocak örneklerinde %15 - %23, Yatağan-3 örneklerinde %4 - %10, Yeşilyuva-2 örneğinde %12, Ayaz-2 örneğinde %22 ve Karaçay-2 örneğinde %16 olarak belirlenmiştir. Örneklerin MA(I)/MA(I+II) oranları %14 ile %23 arasında değişmekte olup, henüz olgunlaşmamış evreye işaret etmektedir.

5.3. Palinoloji ve Mikro Memeli İncelemeleri

Bu çalışmada, Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerindeki tortullardan ölçülü kesitler alınmıştır. Kesit hatları boyunca toplam 10 adet palinolojik amaçlı örnek alınmıştır. İncelenen örneklerden 6 tanesi palinolojik sayım için uygun bulunmuştur (Şekil 5.38). Tanımlanan formların bazılarının resimleri ayrıca Şekil 5.39'da verilmiştir. Topluluk tür çeşitliliği bakımından fakirdir. Sporlar çok düşük yüzdeli olup monoporat bir form olan *Laevigatosporites haardti* formu ile temsil edilmektedir. Konifer ormanı çok yüksek oranda ayrılmamış Pinaceae ve daha düşük miktarlarda *Pinus* ve *Picea* bitkilerinden oluşmaktadır. Karışık orman topluluğu bitkileri çok düşük yüzdeldir. Bunların içinde *Quercus*, *Celtis* ve *Carpinus* göreceli olarak daha yüksek oranlardadır. Irmak kenarı bitki örtüsünün temel bitkisi *Carpinus*'tur. Daha düşük miktarlarda ise, *Zelkova* ve *Carya* bitkileri bulunmaktadır. Otsul bitkiler göreceli olarak yüksek oranlardadır ve Asteraceae-Asteroidae, Asteraceae-Cichoridiae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae bitkilerinden oluşmaktadır. Tatlı su bitkileri, göreceli olarak yüksek miktardaki Sparganiceae bitkilerinden meydana gelir. Ayrıca, tatlı su algleri de bazı örneklerde bol miktarda gözlenmektedir. Özellikle *Botryococcus* YTK-25 numaralı örnekte, %60 bolluk oranına ulaşabilmektedir. Ayrıca *Schizosporis* ve *Ovoidites* algleri de GKP-10 ve TRY-3 numaralı örneklerde gözlenmektedir.



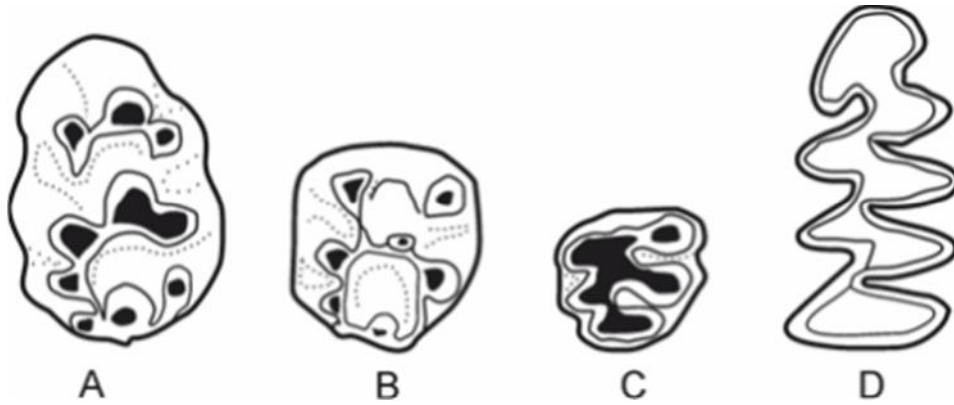
Şekil 5.38. Farklı lokalitelerden alınan kömür örneklerindeki sporomorf yüzdeleri.



Şekil 5.39. Kömür örneklerinde tanımlanan bazı spor ve polen formları **1)***Picea*, **2)***Pinus haploxylon* tip, **3)***Cathaya*, **4)***Sparganiaceae*, **5)** *Poaceae*, **6)***Ostrya*, **7)***Carya*, **8)***Myrica*, **9)***Alnus*, **10** ve **11)***Ulmus*, **12)***Zelkova*, **13)***Carpinus*, **14)***Juglans*, **15)***Asteraceae-Cichoridae*, **16** ve **17)***Chenopodiaceae-Amaranthaceae*, **18)***Ranunculaceae*, **19)***Botryococcus*, **20)***Ovoidites*.

Elde edilen polen bulguları, çökelim süresince çevre yükseltilerdeki bitki toplulukları hakkında bilgi sağlamaktadır. Tatlı su ortamı içerisinde yoğun alg yaşamı söz konusudur. Bunların özellikle YTK-25, GKP-10, TRY-3 numaralı örneklerde bol bulunması nispeten sakin koşulların hüküm sürdüğünü belirtir. Su kenarında ise Sparganiaceae bitkileri bulunmaktadır. Geri plandaki flüvyal ortamda ise odunsu bitkilerden *Carpinus*, *Alnus*, *Zelkova*, *Platanus-Salix*, *Carya* ve *Ostrya* bulunmaktadır. Daha geri alanlarda ise konifer ormanı bitkileri ve karışık orman topluluğu bitkileri mevcuttur. Koniferlerden *Picea* bitkisinin varlığı yüksek kesimlerdeki soğuk ortam koşullarını belirtmektedir. Orman altında ise eğrelti bitkilerinden *Laevigatosporites haardtii* formu bulunmaktadır. Otsul bitkiler ise, göreceli olarak yağış miktarlarının daha az olduğu, ağaç bakımından fakir bölgeleri belirtmektedir. Ayrıca otsulların AYK-5, AYK-10 ve YTK-17 numaralı örneklerdeki bollukları, çökelim süresince kurak mevsimlerin varlığına işaret edebilir.

Sedimanter kayaçların (kırıntılı ve organik kökenli) yaşlandırılmasında radyometrik yöntemler etkili bir şekilde kullanılamamaktadır. Sedimanter kayaçların yaşlandırılmasında çoğunlukla paleontolojik ve mikro memeli yaşlarından yararlanılmaktadır. Proje kapsamında çalışılan lokalitelerdeki kömürlü seviyelerin kesin yaşlarını belirleyebilmek amacıyla; Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan ve Ayaz lokalitelerinde kömürlü seviyelerin altında bulunan kırıntılı birimlerden yaklaşık olarak 50 kg'lık örnekler alınmış, mikro memeli yaşlandırması için yıkanmıştır. Sadece Yüreğil lokalitesinde *Apodemus dominans* ve *Pliomys* sp. küçük memeli fosilleri bulunmuştur (Şekil 5.40). Bu türler özellikle ülkemizde ve Avrupa' da iyi bilinen türler olup, MN 15-16 (Orta Pliyosen) yaşını vermektedir (Ünay et al., 2003).

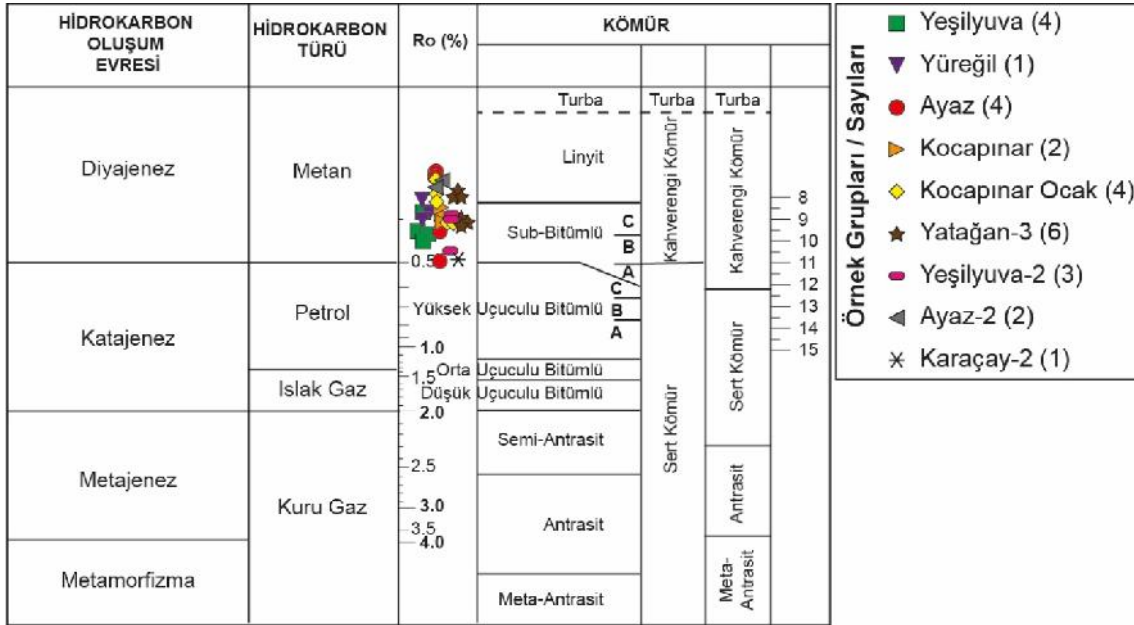


Şekil 5.40. *Apodemus dominans* (A, B, C), A; üst birinci azı dişi (M1), B; üst ikinci azı dişi (M2), C; üst üçüncü azı dişi (M3), D; *Pliomys* sp. D; üst birinci azı dişi (M1).

Palinoloji ve mikro memeli yaşlarına göre Yatağan Formasyonunun kumtaşı-silttaşı-kiltaşı litolojisi içerisinde bulunan kömürlerin oluşum yaşının Orta Pliyosen olduğu belirlenmiştir. (Doç. Dr. Mehmet Serkan Akkiraz ve Dr. Hüseyin Erten ile sözlü görüşme).

6. ORGANİK PETROGRAFİK İNCELEMELER

Çalışma alanındaki kömür, killi kömür ve kömürlü killerden 36 adet örnekte maseral tayini ve vitrinit yansıtması analizleri gerçekleştirilmiştir. Maseral tanımlanmalarında Uluslararası Kömür ve Organik Petrografi Komisyonu (ICCP) tarafından gözden geçirilerek 1998’ de basılan “ICCP System 1994” sınıflaması esas alınmıştır. Nem, uçucu madde, karbon ve hidrojen içeriği kömürleşme derecesi (rank) hakkında bilgi vermektedir. Ancak % 30’dan fazla uçucu madde içeren düşük ranklı oluşumlarda elde edilecek sonuçlar çoğu zaman hatalı olmaktadır. Bu nedenle en tutarlı ve yaygın olarak kullanılan yöntem vitrinit yansıtma ölçümüdür. Kömürleşme derecesinin belirlenmesinde kimyasal analizler belirli miktarda saf kömür gerektirirken, yansıtma ölçümlerinde kayaçlardaki çok küçük kömürlü kapanımlar kullanılabilir. Proje kapsamında organik petrografik incelemeleri yapılan örneklerin hüminit, lityit ve inertinit maseral ve maseral alt gruplarının hacim olarak yüzde oranları belirlenmiş, vitrinit yansıtması ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 6.1). İncelenen örneklerin hüminit/vitrinit yansıtma değerleri; Yeşilyuva örneklerinde % 0.29 - 0.37, Yüreğil örneklerinde %0.26 - 0.32, Yatağan örneklerinde %0.30 - 0.37, Ayaz örneklerinde %0.23 - 0.41, Kocapınar örneklerinde %0.30 - 0.32, Kocapınar-Ocak örneklerinde %0.20 - 0.32, Yatağan-3 örneklerinde %0.25 - 0.33, Yeşilyuva-2 örneklerinde %0.30 - 0.37, Ayaz-2 örneklerinde %0.28 - 0.25 ve Karaçay-2 örneğinde %0.32 olarak ölçülmüştür (Tablo 6.1). İncelenen örneklerin hüminit/vitrinit yansıtma değerlerini farklı Alman ve Amerikan kömür standartlarına ait değerler ile karşılaştırdığımızda örneklerimizin henüz olgunlaşmamış, linyit ve/veya kahverengi kömürler alanına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 6.1)



Şekil 6.1. Organik maddenin evrimi ve kömürleşme derecesi (Tissot and Welte 1984).

Tablo 6.1. Kömür örneklerin organik petrografi analiz sonuçları ve hüminit/vitrinit yansıtma (Ro %) değerleri.

Maseral Grubu	Lokasyon	YEŞİLYUVA				YÜREĞİL			YATAĞAN					
	GPS Koordinatı	35S 0717284 : 4157327				35S 0709292 : 4162628			35S 0709354 : 4164587					
	Örnek No	KHA-4	KHA-8	KHA-15	KHA-21	TRY-5	TRY-6	TRY-2	YTK-19	YTK-15	YTK-27	YTK-28	YTK-31	
Hüminit / Vitrinit Yansıtma Değerleri	Rmax (%)	0.46	0.43	0.35	0.46	0.43	0.43	0.41	0.37	0.5	0.43	0.45	0.38	
	Ro (%)	0.37	0.36	0.29	0.36	0.32	0.30	0.26	0.30	0.36	0.30	0.37	0.30	
	Rmin (%)	0.26	0.27	0.23	0.26	0.25	0.23	0.17	0.20	0.26	0.22	0.27	0.23	
HÜMİNİT	HTEL	Textinite	4.70	7.80	3.90	2.60	-	-	5.20	6.40	-	1.70	2.11	1.11
	DHUM	Ulminite	21.44	40.30	21.90	42.60	-	-	2.00	11.00	-	32.40	18.02	19.71
		Attrinite	4.75	2.70	32.60	2.20	-	-	2.00	32.60	-	17.00	3.41	2.38
	HCOL	Densinite	37.48	13.30	9.30	13.10	-	-	0.40	7.50	-	12.70	13.96	14.47
		Corpohuminite	3.30	3.48	2.60	1.30	-	-	1.00	0.60	-	9.30	1.14	0.79
		Gelinite	2.90	2.49	0.40	1.40	-	-		-	-	0.40	0.16	0.64
LİPTİNİT		Sporinite	0.50	2.80	1.20	1.60	-	-	0.60	2.10	-	0.20	1.46	0.32
		Cutinite	0.50	0.30	-	0.80	-	-	0.80	0.20	-	2.50	0.49	0.32
		Resinite	3.30	0.30	1.80	5.10	-	-	1.40	6.80	-	3.00	5.36	1.91
		Liptodetrinite	1.10	0.20	1.20	0.50	-	-	1.80	0.80	-	0.80	0.32	-
		Suberinite	11.50	10.00	4.20	2.60	-	-	0.40	2.70	-	11.60	3.90	1.59
		Bituminite	-	-	1.40	-	-	-	0.60	0.20	-	-	-	-
İNERTİNİT	HINT	Fusinite	0.16	0.30	-	0.16	-	-	-	-	-	-	0.32	-
		Semifusinite	0.33	0.20	0.90	0.30	-	-	-	0.40	-	0.90	1.62	0.64
	DINT	Funginite	-	-	-		-	-	0.20	-	-	0.40	-	-
		Inertodetrinite	1.05	0.50	1.80	0.50	-	-	1.00	0.20	-	1.90	1.14	0.16
Mineral Madde			6.99	15.33	16.80	25.20	-	-	82.70	28.60	-	5.30	46.60	56.00

HTEL: Telohüminit; **DHUM:** Detrohüminit; **HCOL:** Gelohüminit; **HINT:** Teloinertinit; **DINT:** Detroinertinit

Tablo 6.1. devam

Maseral Grubu	Lokasyon	AYAZ				KOCAPINAR			KOCAPINAR-OCAK					
	GPS Koordinatı	35S 0708195 : 4164054				35S 0707963 : 4169222			35S 0705971 : 4172166					
	Örnek No	AYK-8	AYK-12	AYK-17	AYK-20	KP-6	KP-8	KP-12	GKP-10	GKP-14	GKP-16	GKP-19	BOCAK-2	
Hüminit / Vitrinit Yansıma Değerleri	Rmax (%)	0.31	0.53	0.32	0.42	0.4	0.41	0.41	0.42	0.34	0.34	0.33	0.26	
	Ro (%)	0.23	0.41	0.25	0.34	0.32	0.31	0.30	0.32	0.28	0.24	0.29	0.20	
	Rmin (%)	0.17	0.3	0.2	0.27	0.23	0.23	0.23	0.26	0.22	0.18	0.26	0.14	
HUMİNİT	HTEL	Textinite	5.10	0.48	2.60	1.45	4.42	-	2.02	1.10	1.38	4.70	2.12	4.10
	DHUM	Ulminite	7.50	16.48	36.70	29.26	7.69	-	6.11	8.26	9.38	17.00	13.21	6.60
		Attrinite	27.10	2.54	7.90	10.45	4.09	-	4.86	6.66	6.27	0.20	4.57	6.20
	HCOL	Densinite	5.60	5.55	11.00	16.56	5.73	-	6.26	5.16	1.23	2.50	2.61	5.10
		Corpohuminite	-	1.74	10.00	2.41	0.65	-	-	0.82	12.31	8.80	22.35	2.70
		Gelinite	-	0.63	1.60	2.57	-	-	0.47	0.16	1.38	0.20	2.28	0.20
LİPTİNİT		Sporinite	0.90	0.63	2.60	0.96	1.96	-	1.24	0.33	1.38	1.00	0.33	1.40
		Cutinite	0.40	0.63	1.00	0.16	0.65	-	0.31	-	0.46	0.20	0.33	0.40
		Resinite	1.10	1.27	-	2.41	4.26	-	2.95	1.31	0.31	2.90	0.82	10.30
		Liptodetrinite	0.60	-	-	-	0.82	-	0.78	0.66	0.50	0.40	0,16	0.60
		Suberinite	-	3.33	15.20	9.97	0.82	-	0.31	0.49	32.27	13.60	21,04	4.70
		Bituminite	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-
İNERTİNİT	HINT	Fusinite	-	-	-	0.80	0.16	-	-	-	-	-	-	-
		Semifusinite	0.20	-	4.70	1.13	0.65	-	0.30	0.40	0.35	0.20	0.33	-
	DINT	Funginite	0.60	-	-	0.48	-	-	-	-	-	-	-	0.40
		Inertodetrinite	0.60	0.32	4.20	0.96	1.31	-	0.60	-	-	0.40	0.65	1.20
Mineral Madde			49.60	66.40	2.40	20.30	66.80	-	73.80	75.00	33.60	48.00	29.20	56.10

HTEL: Telohüminit; **DHUM:** Detrohüminit; **HCOL:** Gelohüminit; **HINT:** Teloinertinit; **DINT:** Detroinertinit

Tablo 6.1. devam

Maseral Grubu	Lokasyon	YATAĞAN-3						YEŞİLYUVA-2			AYAZ-2		KARAÇAY-2	
	GPS Koordinatı	35S 0709475 : 4165444						35S 0718474 : 4158027			35S 0707266 : 4164572		35S 0715837 4171204	
	Örnek No	YTA-2	YTA-3	YTA-4	YTAC-1	YTAC-3	YTAC-5	KKLP-2	KKLP-3	KINC-2	CD-2	CD-3	BDR-1	
Hüminit / Vitrinit Yansıma Değerleri	Rmax (%)	0.39	0.40	0.37	0.41	0.33	0.31	0.37	0.46	0.46	0.36	0.33	0.41	
	Ro (%)	0.31	0.33	0.26	0.32	0.26	0.25	0.30	0.37	0.37	0.28	0.25	0.32	
	Rmin (%)	0.23	0.27	0.17	0.22	0.18	0.19	0.24	0.25	0.25	0.21	0.17	0.25	
HUMİNİT	HTEL	Textinite	0.80	1.30	5.00	3.31	2.90	4.00	2.50	2.60	7.50	2.80	9.40	2.10
	DHUM	Ulminite	47.20	57.50	2.30	36.53	7.00	15.60	24.80	18.20	23.20	14.30	9.00	6.70
		Attrinite	1.00	3.20	2.50	2.64	3.10	26.60	2.80	2.20	3.90	18.80	20.30	10.40
	HCOL	Densinite	15.70	8.70	0.80	18.35	1.40	12.10	0.30	5.90	7.50	14.50	4.10	0.20
		Corpohuminite	2.60	2.10	0.40	3.47	0.80	2.30	0.80	1.60	1.00	3.30	2.10	0.40
			Gelinite	-	1.30	-	0.66	-	-	0.20	0.80	-	0.20	-
LİPTİNİT		Sporinite	1.30	1.30	1.00	2.64	2.00	1.30	0.20	0.50	1.00	0.70	1.90	0.80
		Cutinite	0.50	0.80	0.20	0.83	-	0.60	-	0.40	0.20	0.30	0.20	-
		Resinite	0.50	2.10	1.40	1.16	1.20	2.70	0.70	2.00	2.10	4.90	4.50	0.40
		Liptodetrinite	-	0.30	1.20	0.33	1.00	0.60	0.10	0.20	1.20	0.20	2.10	-
		Suberinite	13.40	6.50	-	11.40	0.20	5.10	3.00	2.00	1.30	4.10	1.60	-
		Bituminite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İNERTİNİT	HINT	Fusinite	-	0.20	-	-	0.20	0.40	-	-	-	-	-	0.20
		Semifusinite	0.80	0.30	-	1.49	1.00	1.10	0.50	2.30	-	1.50	0.20	0.60
	DINT	Funginite	-	0.30	0.20	-	-	0.40	-	-	-	-	0.20	-
		Inertodetrinite	-	1.10	0.40	0.50	2.50	3.40	0.50	1.70	0.80	2.30	1.00	0.20
	Mineral	16.20	13.00	84.70	16.70	77.00	23.90	63.60	59.60	50.30	32.10	43.30	76.60	

HTEL: Telohüminit; **DHUM:** Detrohüminit; **HCOL:** Gelohüminit; **HINT:** Teloinertinit; **DINT:** Detroinertinit

İnce kesitleri veya parlak kesitleri yardımıyla mikroskopta incelenen diğinde, farklı organik bileşenlerden (maseral) meydana gelmiş olduğu görülmektedir. Kömür içerisindeki organik bileşenler, çeşitli bitki dokularının veya turba oluşumu sırasında, mevcut bitkiden türemiş maddelerin, tamamen kömürleşmesi sonucu oluşmuştur. Maseraller, vitrinit, liptinit ve inertinit olmak üzere başlıca üç gruba ayrılırlar. Vitrinit grubu, kahverengi kömür ve linyitlerde hüminit olarak da isimlendirilmektedir. Vitrinit/hüminit grubu, çoğu kömürün en önemli bileşenidir. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarından oluşur ve bunlar; odun, periderm, yaprak mesofil dokularını ve bazı hücre dolgularını içermektedir. Vitrinit/hüminit, aynı zamanda koloidal hümik jellerden de oluşabilmektedir (Ward, 1984; Sykorova et al., 2005; Ocakoğlu, 2015).

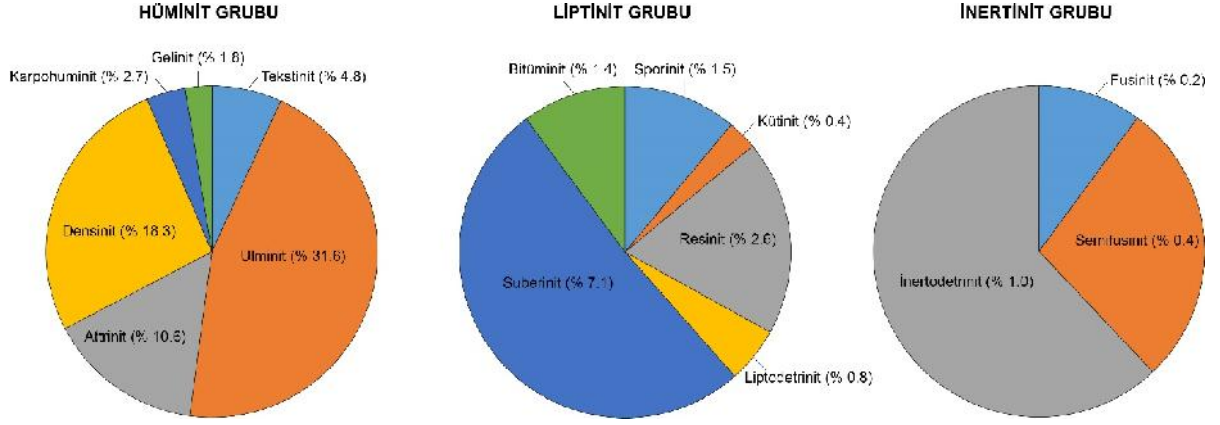
Liptinit grubu maseraller, spor-polen, reçine, yağ, mum, alg, bitüm ve kütinlerden türemiştir. Hüminit ve İntertinit maserallerine göre hidrojen ve uçucu madde içeriği yüksek, yoğunlukları, yansıtma değerleri ve karbon içerikleri düşüktür. Kömürleşme derecesinin artmasıyla birlikte Liptinitlerin ayırt edici özelliklerinin önemli değişimler meydana gelmektedir (Sykorova et al., 2015; Ocakoğlu, 2015)

İntertinit grubu, aynı kömürde, diğer iki maseral grubundan daha yüksek yansıtma değerine, karbon içeriğine ve daha az uçucu madde ve hidrojen içeriğine sahiptir. Bu maseral grubu, daha ziyade bataklık ortamında oksitlenmiş veya yanmış organik maddelerden meydana gelmiştir (Sykorova et al., 2015; Ocakoğlu, 2015)

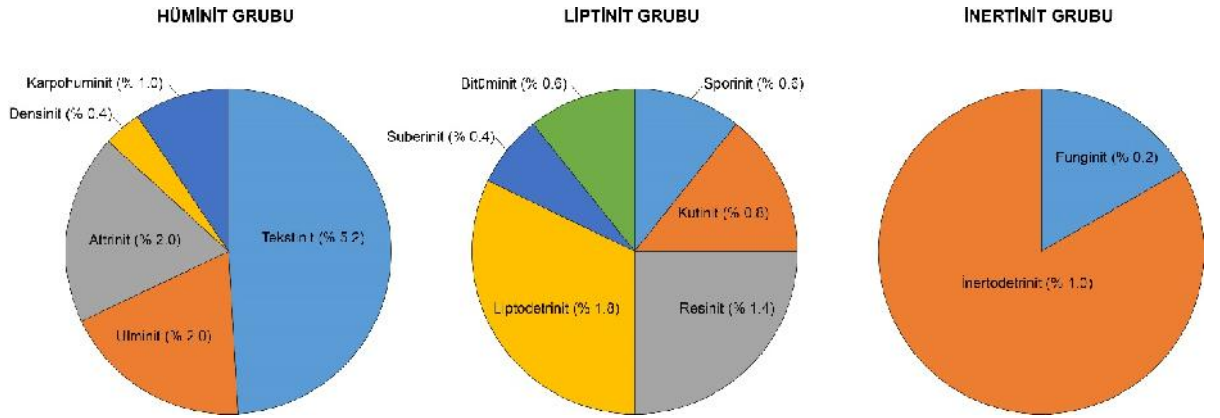
İncelenen örneklerde belirlenen ortalama maseral içeriklerinin % dağılım grafikleri Şekil 6.2; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6; 6.7; 6.8; 6.9; 6.10 ve 6.11'de verilmiştir. Kömür örneklerinde görülen maseral türlerine ait mikroskop görüntüleri Şekil 6.12'de görülmektedir. Örneklerdeki ortalama maseral gruplarının % dağılımı incelendiğinde hüminit türü maserallerin liptinit ve inertinit türü maserallere göre daha baskın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte örneklerin mineral madde içeriklerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç *organik maddece zengin kayaçların moleküler bileşim özellikleri* kısmında elde edilen, kırıntılı litolojinin baskın olduğu yönündeki sonuçlar ile de uyumludur.

Tekstinit türü maseraller bitki hücre yapısı gösterirler. Çoğunlukla ağaç dokularından, kollinit hümik jellerden ve vitrodetrinit hümik maddelerin parçalanmış kırıntılarından oluşmaktadır. Hücrelerin büyüklüğü ve biçimi değişiklik gösterebilir. Hücre içi boşluklar görünür ve/veya diğer maseral/mineral bileşenlerce doldurulmuş olabilir. Tekstinit, her linyit'te çeşitli miktarlarda az ya da çok görülür.

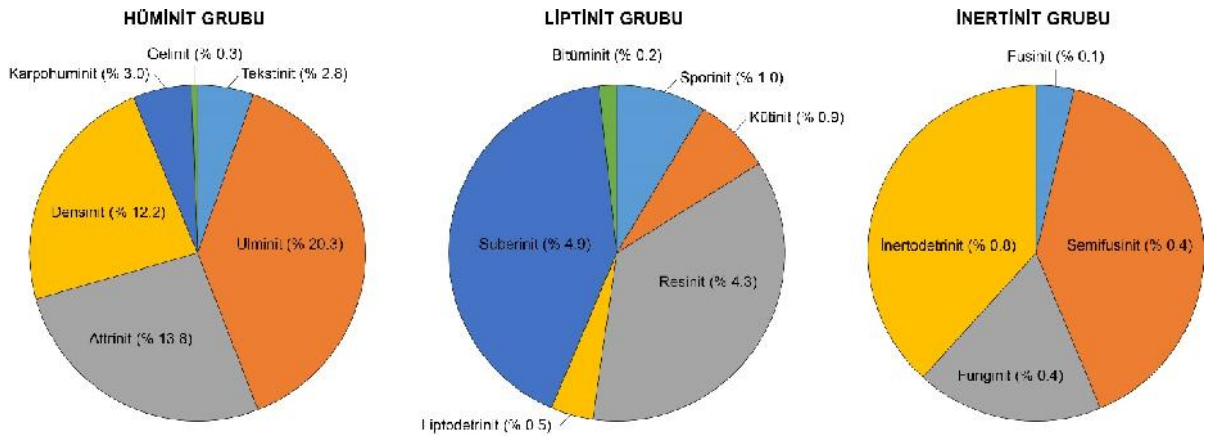
Yüksek Tekstinit içeriği ıslak orman turbalıkları ya da düşük pH koşullarının hakim olduğu yükseltilmiş orman bataklıklarına işaret etmektedir (Diessel, 1992; Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin Tekstinit içeriğinin %2.1 (Karaçay-2) - %9.4 (Ayaz-2) arasında değiştiği belirlenmiştir.



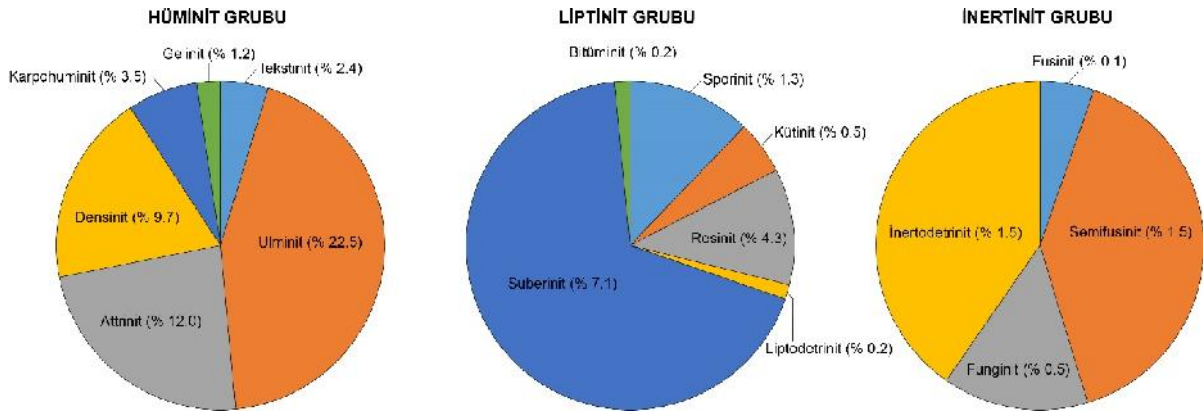
Şekil 6.2. Yeşilyuva örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



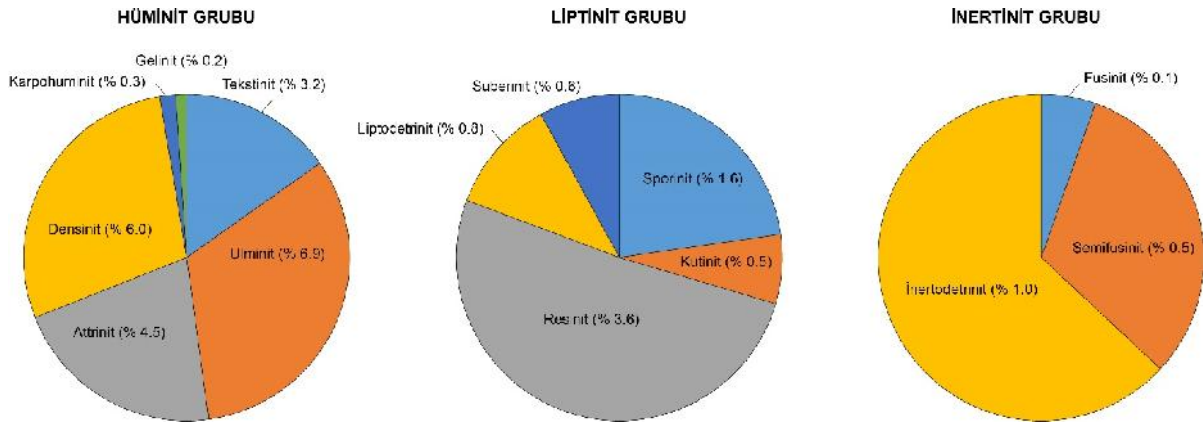
Şekil 6.3. Yüreğil örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



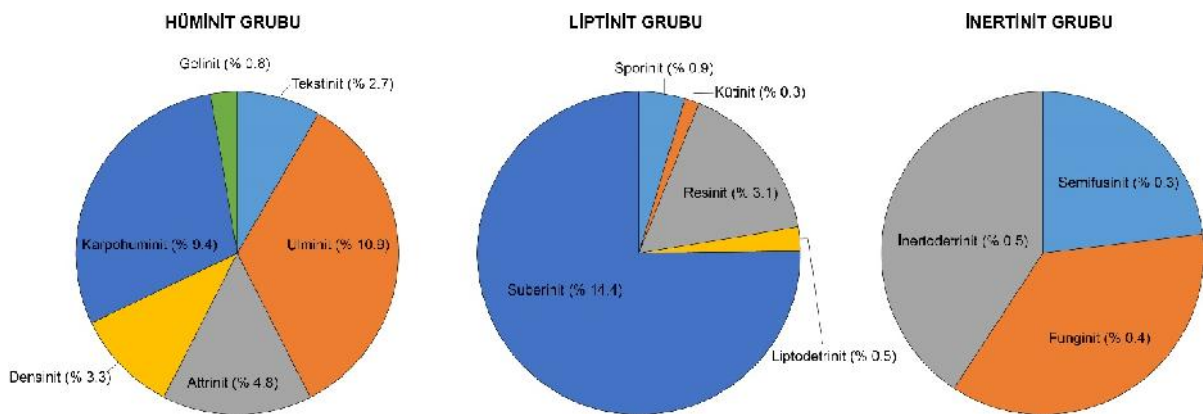
Şekil 6.4. Yatağan örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



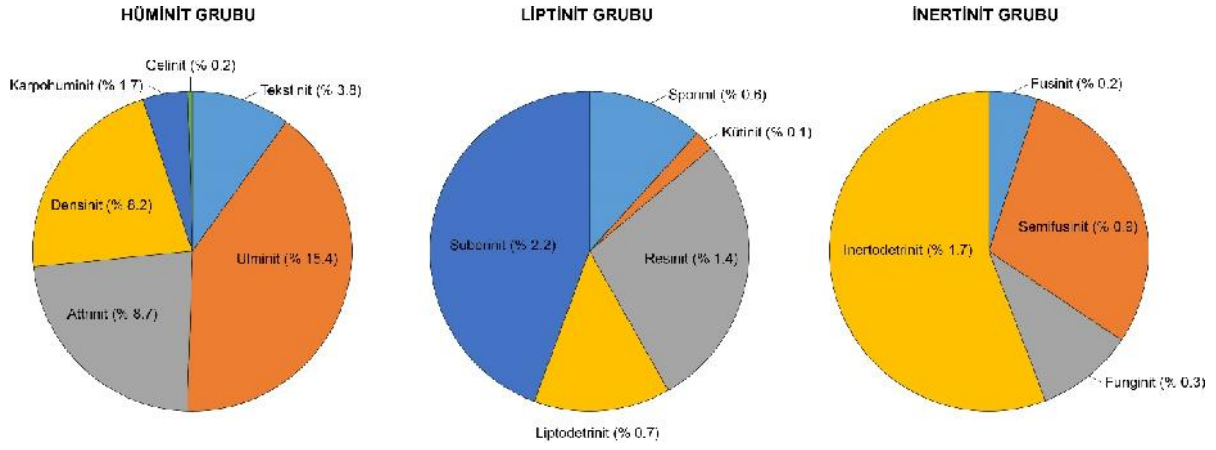
Şekil 6.5. Ayaz örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



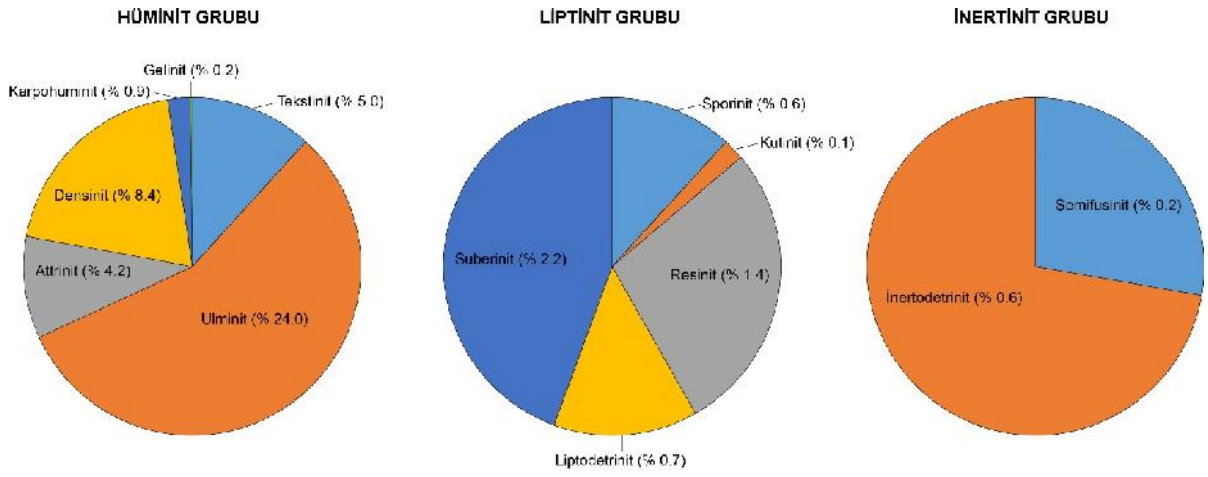
Şekil 6.6. Kocapınar örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



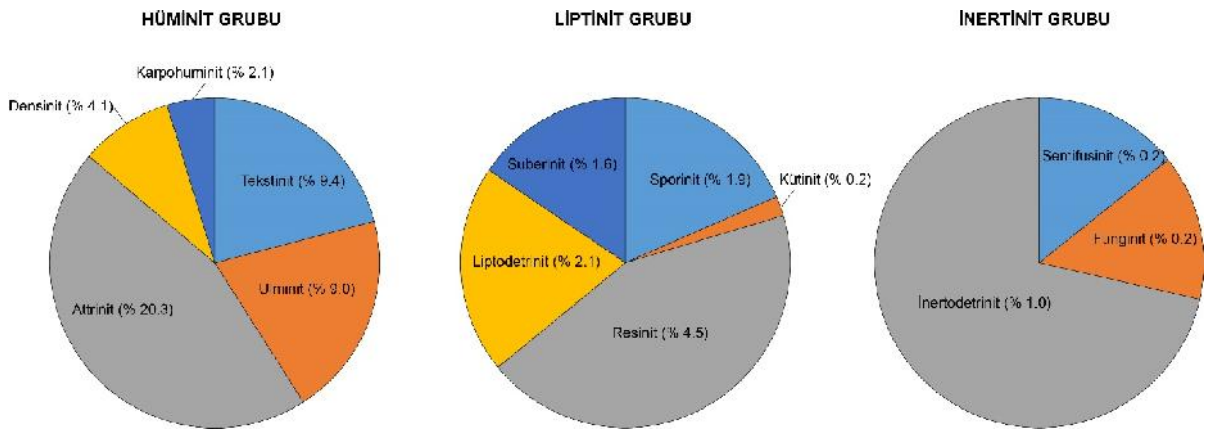
Şekil 6.7. Kocapınar-Ocak örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



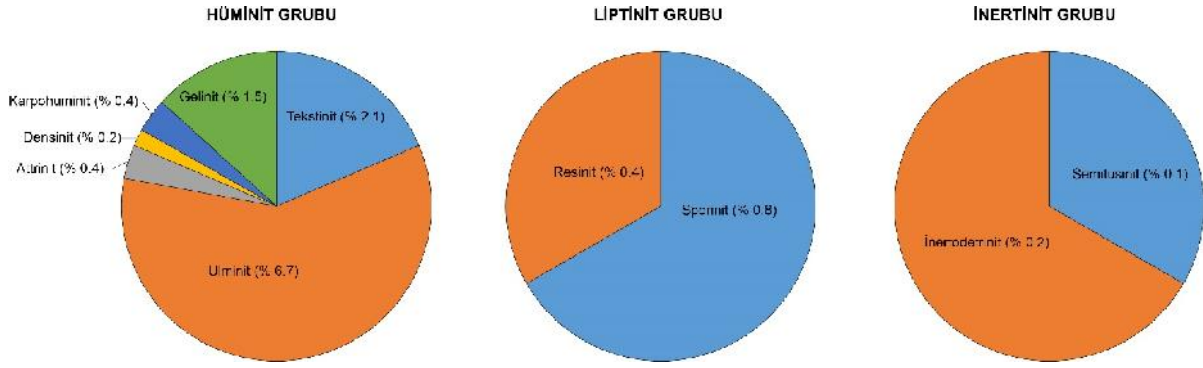
Şekil 6.8. Yatağan-3 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



Şekil 6.9. Yeşilyuva-2 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



Şekil 6.10. Ayaz-2 örneklerinin ortalama % maseral içerikleri.



Şekil 6.11. Karaçay-2 örneğinin (BDR-1) % maseral içerikleri.

Ulminit az ya da çok jelleşmiş dokuların hücre duvarlarına işaret eden bir masereldir. Homojenleşme nedeniyle, hücre duvarlarındaki yapılar görünür değildir. Hücre içi boşluklar kapalıdır. Jelleşme işlemi sonucunda, hücre duvarları belirgin şekilde kalınlaşmıştır. Büzüşme çatlakları yaygın olarak gelişmiştir. Yüksek ulminit içerikleri muhtemelen düşük pH koşullarının egemen olduğu, ıslak orman tubalıkları veya yükseltilmiş orman bataklıklarına işaret etmektedir. Bu tür ortamlarda hücre dokusu büyük oranda korunmuştur. ıslak orman tubalıklarında oluşan linyitlerin ulminit içerikleri kuru ortam koşullarında oluşmuş linyitlere göre daha yüksektir (Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin ulminit içeriğinin %2.0 (Yüreğil) - %9.4 (Yeşilyuva) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Attrinit, çeşitli şekillerdeki ince huminit parçaları (<10 µm) ile gözenekli ve süngerimsi yapılı, jelleşmemiş amorf huminit bileşenlerin karışımından oluşan masereldir. Oldukça küçük boyutlu attrinit bileşenlerin detritik ve/veya amorf malzemeden ayrımı çoğunlukla zordur. Yumuşak kahverengi kömürlerin ana bileşenini oluşturan attrinit %90 geçen oranlarda bulunabilir. Yüksek attrinit içerikleri bitkilerin humik kısımlarının aerobik olarak ayrışmaya uğradığı sapropelitik ortamları temsil etmektedir (Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin attrinit içeriklerinin %0.4 (Karaçay-2) - %20.3 (Ayaz-2) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Densinit amorf ve yoğun huminit bileşenlerce çimentolanmış, çeşitli şekillerdeki ince huminit parçaları (<10 µm) oluşan masereldir. Parlak kesitlerde homojen bir görünüme sahiptir. Densinit türü maseraller Tersiyer yaşlı, düşük rank'lı, ıslak tubalıklardaki linyit oluşumlarında yüksek değerlerde bulunur (Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin densinit içeriklerinin %0.2 (Karaçay-2) - %18.3 (Yeşilyuva) arasında değiştiği belirlenmiştir.

		MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ			
YEŞİLYUVA					
YÜREĞİL					
YATAĞAN					
AYAZ					
KOCAPINAR-OCAK					
YATAĞAN-3					
YEŞİLYUVA-2					
AYAZ-2					

Şekil 6.12. İncelenen örneklere ait maserallerin mikroskop görüntüleri.

Karpohüminit hümit hücrelerin tekstinit, ulminit, attrinit, densinit veya kil mineralleri doldurulması sonucu oluşmuş, homojen görünümlü maseraldir. Karpohüminit bileşenlerin boyutu ve şekli önceki hümit hücrelere bağlıdır. Linyit ve turba oluşumlarında yayılımları sınırlı olup, özellikle mantar ve ağaç kabuklarına ait hücrelerde dolgu olarak görülür (Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin karpohüminit içeriklerinin %0.3 (Kocapınar) - %9.4 (Kocapınar-Ocak) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Jelinit üstten aydınlatmalı mikroskop altında görülebilen, herhangi bir iç yapı göstermeyen hümit jellerden oluşan bileşenlerdir. Jelinit bileşenler düşük rank' lı linyitlerde yaygın fakat düşük miktarlardadır (Sykorova et al., 2015). İncelenen örneklerin jelinit içeriklerinin %0.3 (Yatağan-3, Yeşilyuva-2) - %1.8 (Yeşilyuva) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Liptinit grubunda en yaygın üyesi olan sporinit, spor-polenlerin kömürleşmiş kalıntılarında oluşur. Büyüklükleri, 5 - 100 µ arasında değişir. Sapropelik kömürleri tipik bileşenidir. İncelenen örneklerin gelinit içeriklerinin %0.6 (Yüreğil, Yatağan-3, Yeşilyuva-2) - %1.9 (Ayaz-2) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kütinit, kömürlerde çoğunlukla ince bantlar şeklinde görülür. Tek taraflı dişli yapılan, bu maseralin ayırt edici özelliklerinden biridir. İncelenen örneklerin kütinit içeriklerinin %0.1 (Yatağan-3, Yeşilyuva-2) - %0.8 (Yüreğil) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Organik maddelerin çökeldiği ortamları (deniz, göl, delta, lagün, akarsu kanalları, taşkın ovaları ve bataklıklar) temsil eden maseral, mikrolitotip ve inorganik madde türleri vardır. Organik petrografik çalışmalar sonucu elde edilen % maseral içeriklerinden yararlanılarak oluşum ortamları hakkında önemli bilgilerin elde edildiği indeks değerleri hesaplanmaktadır. Bu amaçla Diessel (1986) ve Calder et al. (1991) tarafından Jelifikasyon İndeksi (Gelification Index-GI), Doku Korunum İndeksi (Tissue Preservation Index-TPI), Yeraltı Suyu İndeksi (Ground Water Index-GWI) ve Vejetasyon İndeksi (Vegetation Index-VI) kavramları geliştirilmiştir.

$$GI = \frac{(Hüminit + Makrinit)}{(Semifusinit + Fusinite + İnertodetrinit)}$$

$$TPI = \frac{(Telinit + Kollotelinit + Semifusinit + Fusinite)}{(Kollodetrinit + Makrinit + İnertodetrinit + Vitrodetrinit + Kopojelinit)}$$

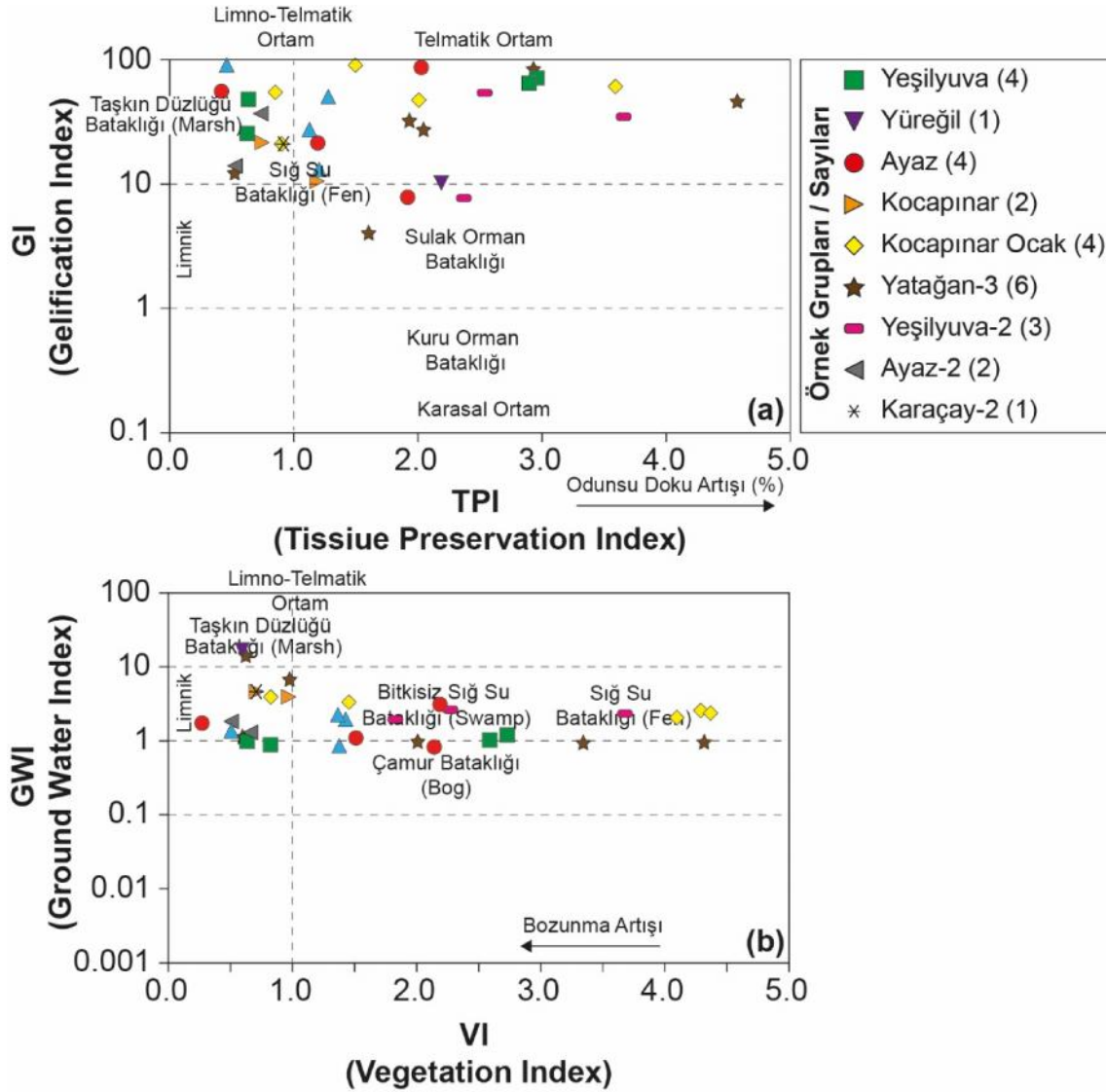
$$GWI = \frac{(Jelinit + Kopojelinit + Kil Mineralleri + Kuvars + Vitrodetrinit)}{(Telinit + Kollotelinit + Kollodetrinit)}$$

$$VI = \frac{(\text{Telinit} + \text{Kollotelinit} + \text{Fusinit} + \text{Semifusinit} + \text{Sklerotinit} + \text{Sekretinit} + \text{Resinit})}{(\text{Kollodetrinit} + \text{İnertodetrinit} + \text{Alginit} + \text{Liptodetrinit} + \text{Kütinit})}$$

Tablo 6.2. İncelenen örneklerin hesaplanan GI, TPI, GWI ve VI parametreleri.

Lokasyon	GPS Koordinatı	Örnek No	GI	TPI	GWI	VI
YEŞİLYUVA	35S 0717284 4157327	KHA-4	48.39	0.62	0.16	0.81
		KHA-8	70.07	2.95	0.32	2.58
		KHA-15	26.19	0.61	0.27	0.62
		KHA-21	65.58	2.89	0.46	2.71
YÜREĞİL	35S 0709292 4162628	TRY-2	10.60	2.18	18.80	0.58
YATAĞAN	35S 0709354 4164587	YTK-19	96.83	0.44	0.56	0.48
		YTK-27	26.25	1.12	0.09	1.36
		YTK-28	12.58	1.19	1.32	1.41
		YTK-31	49.20	1.26	1.55	1.35
AYAZ	35S 0708195 4164054	AYK-8	56.63	0.40	1.23	0.25
		AYK-12	86.50	2.02	2.73	2.18
		AYK-17	7.84	1.90	0.07	2.12
		AYK-20	21.67	1.18	0.41	1.50
KOCAPINAR	35S 0707963 4169222	KP-6	21.90	0.72	4.31	0.69
		KP-12	10.62	1.16	3.81	0.93
KOCAPINAR- OCAK	35S 0705971 4172166	GKP-10	55.41	0.83	3.74	0.82
		GKP-14	91.32	1.48	2.07	4.30
		GKP-16	60.67	3.59	1.99	4.38
		GKP-19	48.17	2.00	1.54	4.09
		BOCAK-2	20.75	0.89	3.15	1.45
YATAĞAN-3	35S 0709475 4165444	YTA-2	84.13	2.92	0.25	3.35
		YTA-3	46.31	4.58	0.21	4.32
		YTA-4	27.50	2.03	15.13	0.61
		YTAC-1	32.75	1.92	0.30	2.00
		YTAC-3	4.11	1.59	6.70	0.96
		YTAC-5	12.37	0.51	0.44	0.56
YEŞİLYUVA-2	35S 0718474 4158027	KKLP-2	35.40	3.66	1.87	3.67
		KKLP-3	7.83	2.36	2.30	2.25
		KINC-2	53.88	2.52	1.45	1.82
AYAZ-2	35S 0707266 4164572	CD-2	14.18	0.52	0.68	0.67
		CD-3	37.42	0.74	1.30	0.52
KARAÇAY-2	35S 0715837 4171204	BDR-1	21.30	0.89	4.51	0.68

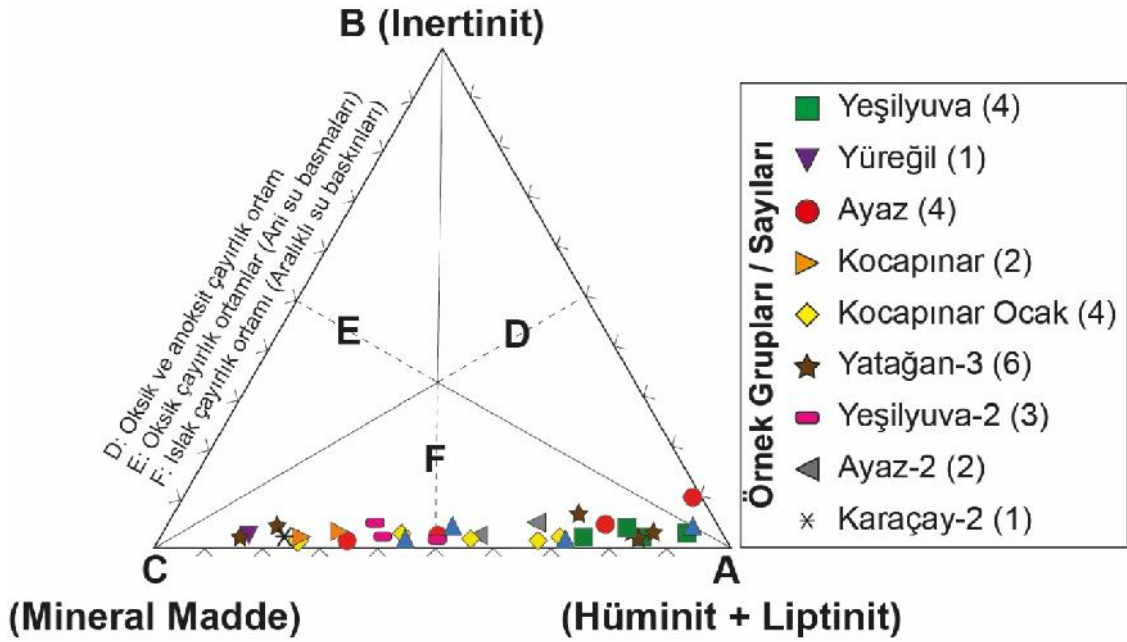
İncelenen örneklerin belirlenen % maseral içerikleri ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanan GI, TPI, GWI ve VI parametreleri Tablo 6.2' de verilmiştir. Bu indeks değerleri kullanılarak, özellikle düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin çökeltme ortamlarına yönelik bazı diyagramlar geliştirilmiştir. Bunlar log GI-TPI, log GWI-VI (Şekil 6.13a, b) ve A(Hüminit+Liptinit)-B(İnertinit)-C(Mineral Madde) diyagramlarıdır (Şekil 6.14).



Şekil 6.13. a) İncelenen örneklerin logGI-TPI diyagramındaki dağılımları, b) logGWI-VI diyagramındaki konumları.

LogGI-TPI diyagramında yüksek TPI değerleri, ortamdaki ağaç yoğunluğunun göstergesi olarak değerlendirilirken, düşük TPI değerleri bataklık ortamındaki otsu bitkilerin yoğunluğunu ya da artan hümfikasyonun sonucu olarak bitkisel dokuların büyük ölçüde bozunmasını göstermektedir (Mavridou et al., 2003). GI değerleri turba bataklık ortamındaki su seviyesi ve

turba birikmesi ile turba bataklığının sübsdansıyla ilişkilidir. Artan GI değeri, ortamdaki su seviyesinin yükselmesi ve turba bataklığının hızla derinleştiğinin göstergesidir. Bununla birlikte GI değerleri çökeltme ortamındaki jelleşmiş ve jelleşmemiş maseraller arasındaki oranı işaret etmektedir (Mavridou et al., 2003). İncelenen örneklerin logGI-TPI diyagramında limno-telmatik (taşkın düzlüğü bataklığı, sığ su bataklığı) ile telmatik ortam (karasal) alanlarına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.13a). Benzer şekilde logGWI-VI diyagramında örneklerin “Taşkın Düzlüğü Bataklığı”, “Bitkisiz Sığ Su Bataklığı” ve “Sığ Su Bataklığı” alanlarına düştüğü görülmektedir (Şekil 6.13b). Her iki diyagramda da örneklerin göl ortamı ile karasal ortam geçişinde yoğunlaştıkları belirlenmiştir. Bu tür değişimler turba bataklık ortamındaki su seviyesinin zaman zaman önemli oranda değiştiğini yani çok azaldığını ve zaman zaman da arttığını göstermektedir. Petrografik incelemeler sonucunda hüminit türü maserallerin liptinit ve inertinit türü maserallere göre daha baskın olduğu, bununla birlikte örneklerin mineral madde içeriklerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Hüminit, Liptinit, İntertinit ve Mineral Madde içeriğine göre oluşturulan A(Hüminit+Liptinit)-B(İntertinit)-C(Mineral Madde) diyagramında incelenen örneklerin “F” alanında, A-C çizgisine yakın yatay bir dağılım gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. İncelenen örneklerin A-B-C üçgen diyagramındaki konumları.

Buna göre incelenen örneklerin zaman zaman su baskınlarına maruz kalan, ıslak çayırılık bir ortamda çökelmiş oldukları söylenebilir. Özellikle su baskınlarının olmadığı zamanlarda organik maddenin atmosferle temas ederek okside olduğu ve bunun sonucunda kırıntılı içeriği bakımından zenginleştiği söylenebilir.

7. İNORGANİK BİLEŞENLERİN MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ

7.1. X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri

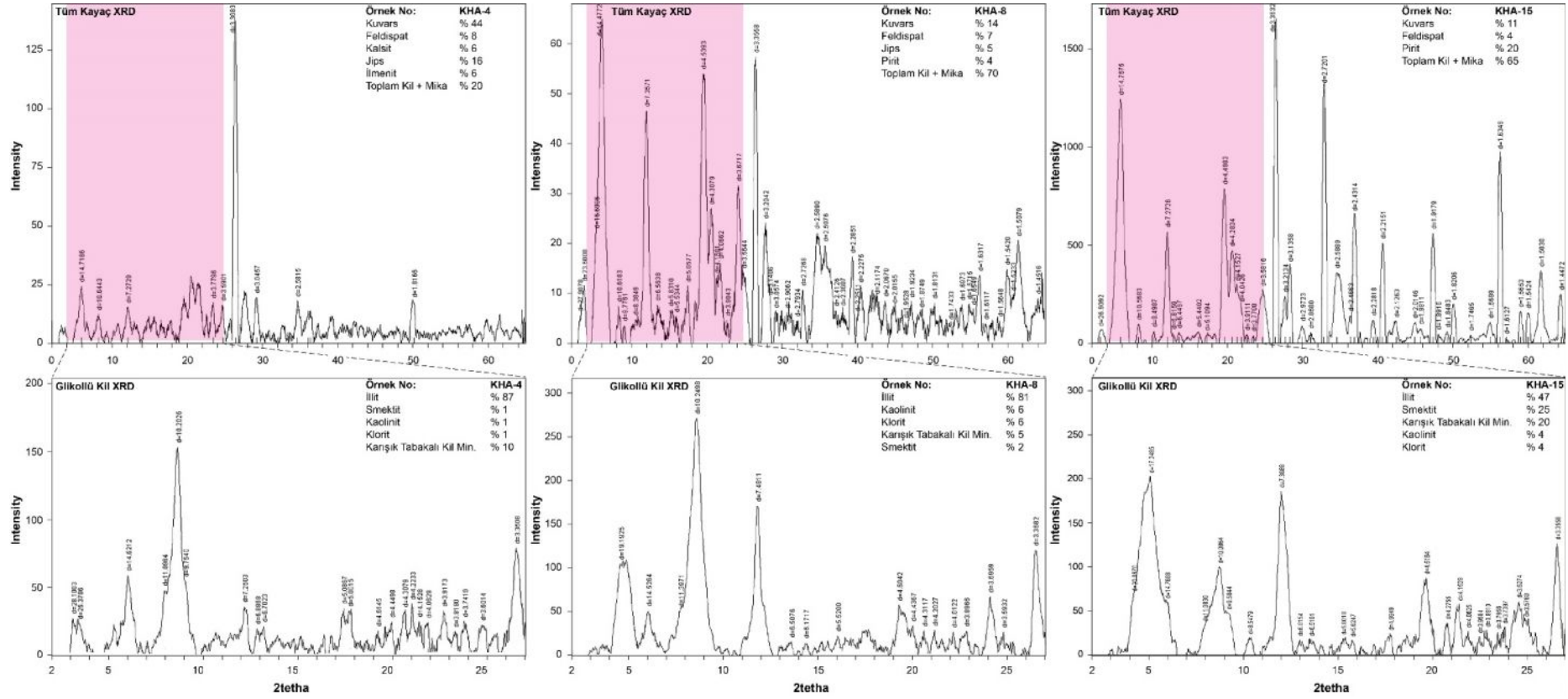
Kömür örnekleri içerisindeki mineral bileşenleri ve kil minerallerinin türlerini belirlemek amacıyla tüm kayaç toz XRD ve kil mineralleri XRD çekimleri yapılmıştır. XRD tüm kaya ve kil analizleri için seçilen on beş adet kömür örneği öğütülerek öncelikle tüm kayaç toz XRD çekimleri yapılmıştır. Tüm kayaç toz XRD çekimleri yapıldıktan sonra, örnekler karbonat bileşenlerinden arındırılarak kil mineralleri XRD çekimleri için hazırlanmıştır. Örnekler etilen glikol buharı ile 8 saat doyurularak, 550°C' de 2.5 saat fırınlanarak üç farklı XRD kil mineral analizine tabi tutulmuştur. Örneklerin organik madde içermesi nedeniyle, sağlıklı pikler elde etmek amacıyla tarama hızı 2°/dk olan tüm kayaç analizleri 1°/dk, 1°/dk olan kil mineral analizleri de 0.5°/dk olarak değiştirilerek detay çekimler gerçekleştirilmiştir. XRD incelemeleri için, öğütülmüş örnekten hazırlanan toz plakette üzerinde yapılan XRD tüm kayaç ve kil mineral analizleri sonucu elde edilen XRD difraktogramları, difraktometreye bağlı olan bilgisayarda bulunan Jade 7.0 programında ve ICCD (International Centre for Diffraction Data)' nin ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)' sine göre değerlendirilmiştir. Bunun için, analiz sonucunda elde edilen difraktogramlardaki XRD desenleri, difraktometreye bağlı bilgisayardaki Jade 7.0 yazılımında profil tabanlı (profile-based) eşleştirmeler ve Easy Quant programındaki referans şiddet oranları (RIR) dikkate alınmıştır. Böylelikle örnekleri oluşturan ve XRD analizleri ile cihazın algılama sınırları içerisinde algılanabilen kil mineralleri, tür ve bağlı bolluk olarak (k=2 için) 0.01 genişletilmiş belirsizlik oranı (% 1) ile belirlenmiştir.

İncelenen örneklerin büyük bir çoğunluğunu organik madde oluşturmasının yanında inorganik kısmı oluşturan mineraller de mevcuttur. XRD çalışmaları sonucunda kömür örneklerinde belirlenen mineral bileşenler Tablo 7.1'de detaylı olarak verilmiştir. Kömürlerdeki inorganik bileşenlerin cins ve miktarları kömürlerin jeolojik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak lokalitelerinden alınan kömür örneklerinin XRD yarı nicel tüm kaya ve kil analizleri sonucunda elde edilen difraktogramlar aşağıda verilmiştir (Şekil 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5; 7.6)

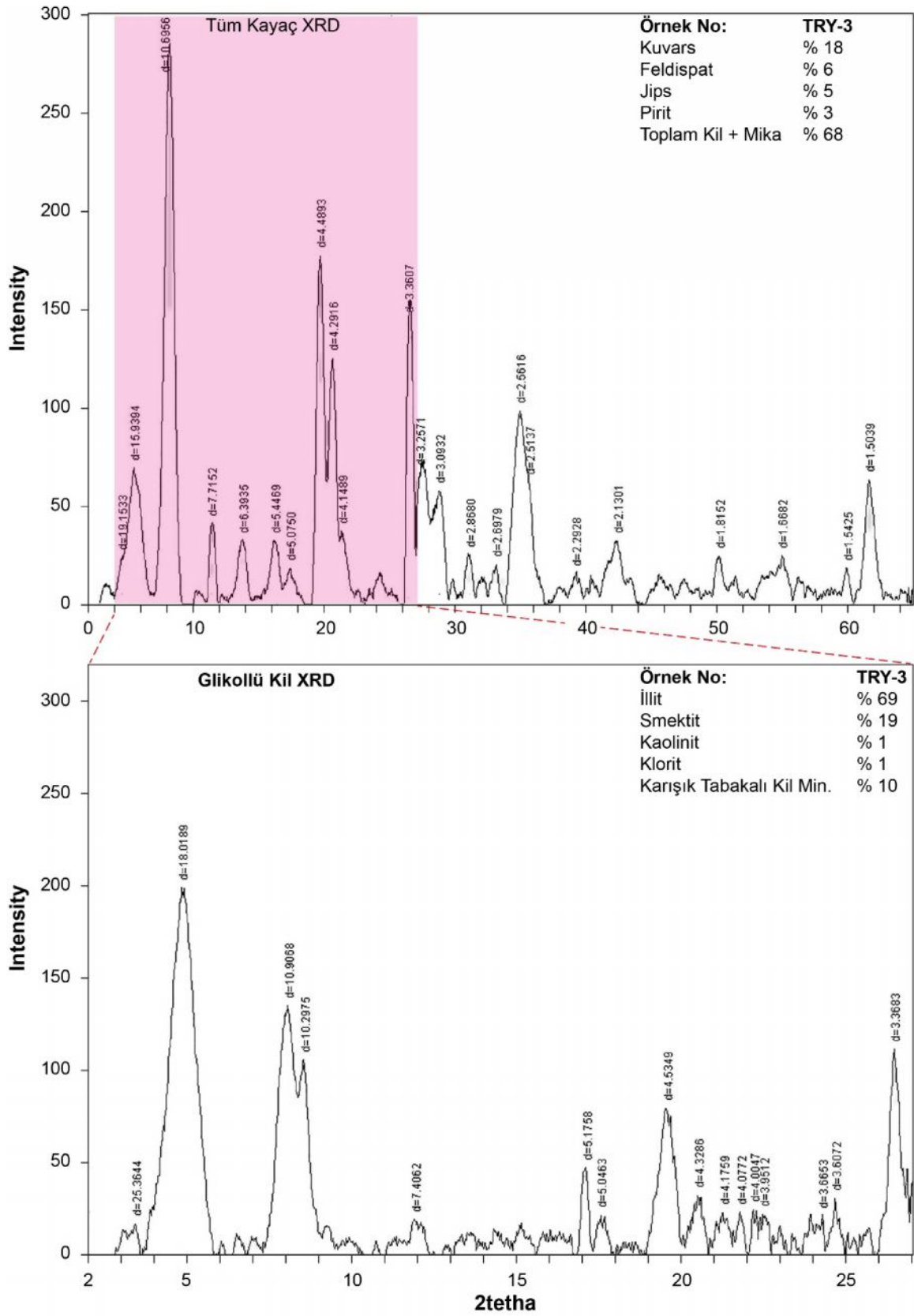
Tablo 7.1. İncelenen örneklerin tüm kayaç toz XRD ve Kil mineralleri XRD çekimleri sonucu belirlenen mineral bileşimleri.

Lokalite / GPS / Örnek No		TÜM KAYAÇ TOZ XRD											KİL MİNERALLERİ XRD				
		Q	Fsp	Spl	Cal	Dol	Gp	Thn	Crs	Py	İlm	Cly+Mca	İll	Sme	Kln	Chl	Mixed Cly
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327	KHA-4	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	KHA-8	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	KHA-15	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Yüreğil 35S 0709292 4162628	TRY-3	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Yatağan 35S 0709354 4164587	YTK-17	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	YTK-25	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
	YTK-28	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Ayaz 35S 0708195 4164054	AYK-5	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	AYK-10	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
	AYK-20	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
Kocapınar 35S 0707963 4169222	KP-4	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	KP-8	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kocapınar-Ocak 35S 0705971 4172166	GKP-4	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	GKP-14	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	GKP-19	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+

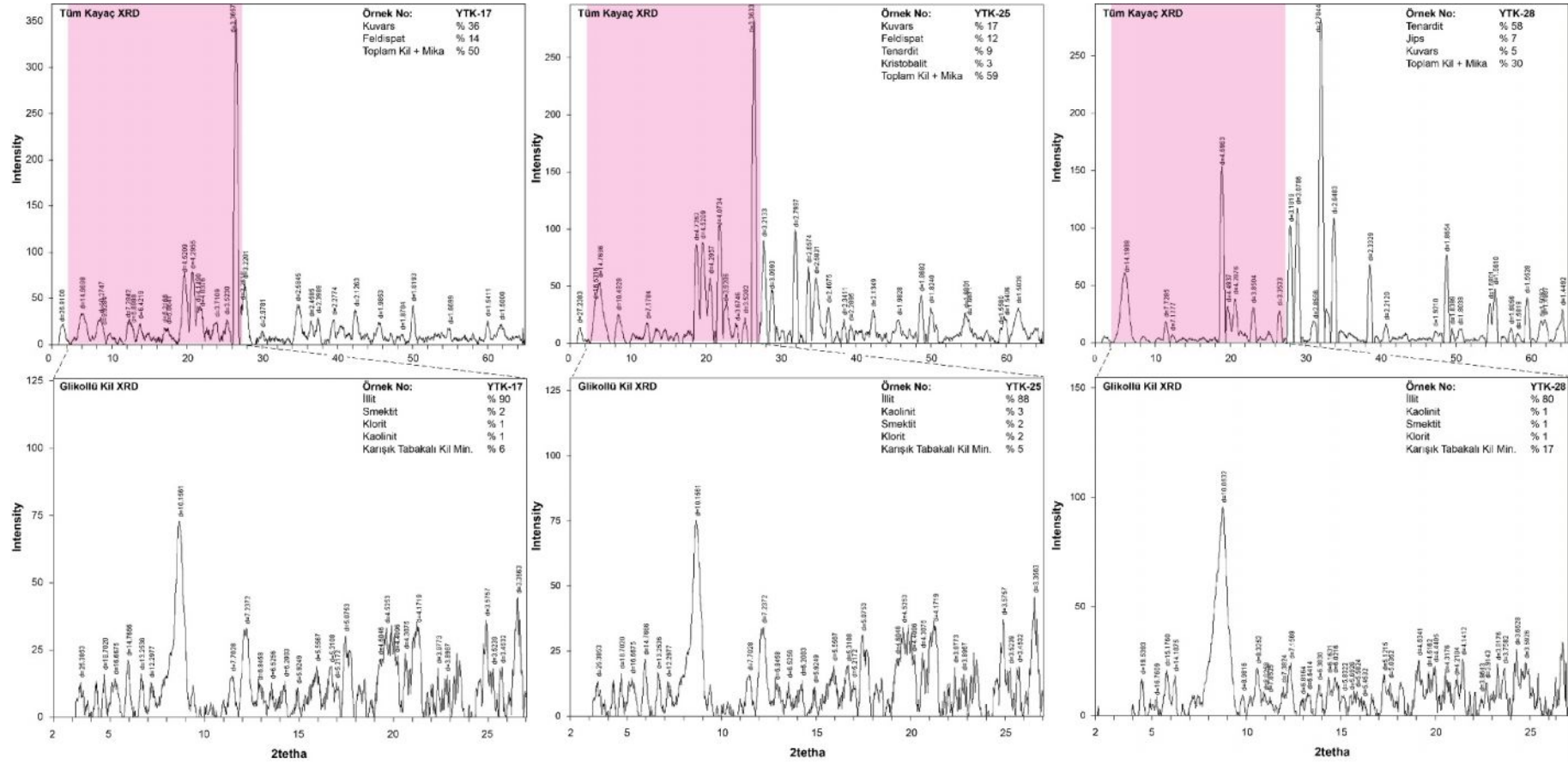
Q: Kuvars; Fsp: Feldispat; Spl: Spinel; Cal: Kalsit; Dol: Dolomit; Gp: Jips; Thn: Tenardit; Crs: Kristobalit; Py: Pirit; İlm: İlmenit; Cly+Mca: Toplam Kil+Mika; İll: İllit; Sme: Smektit; Kln: Kaolinit; Chl: Klorit; Mixed Cly: Karışık Tabakalı Killer



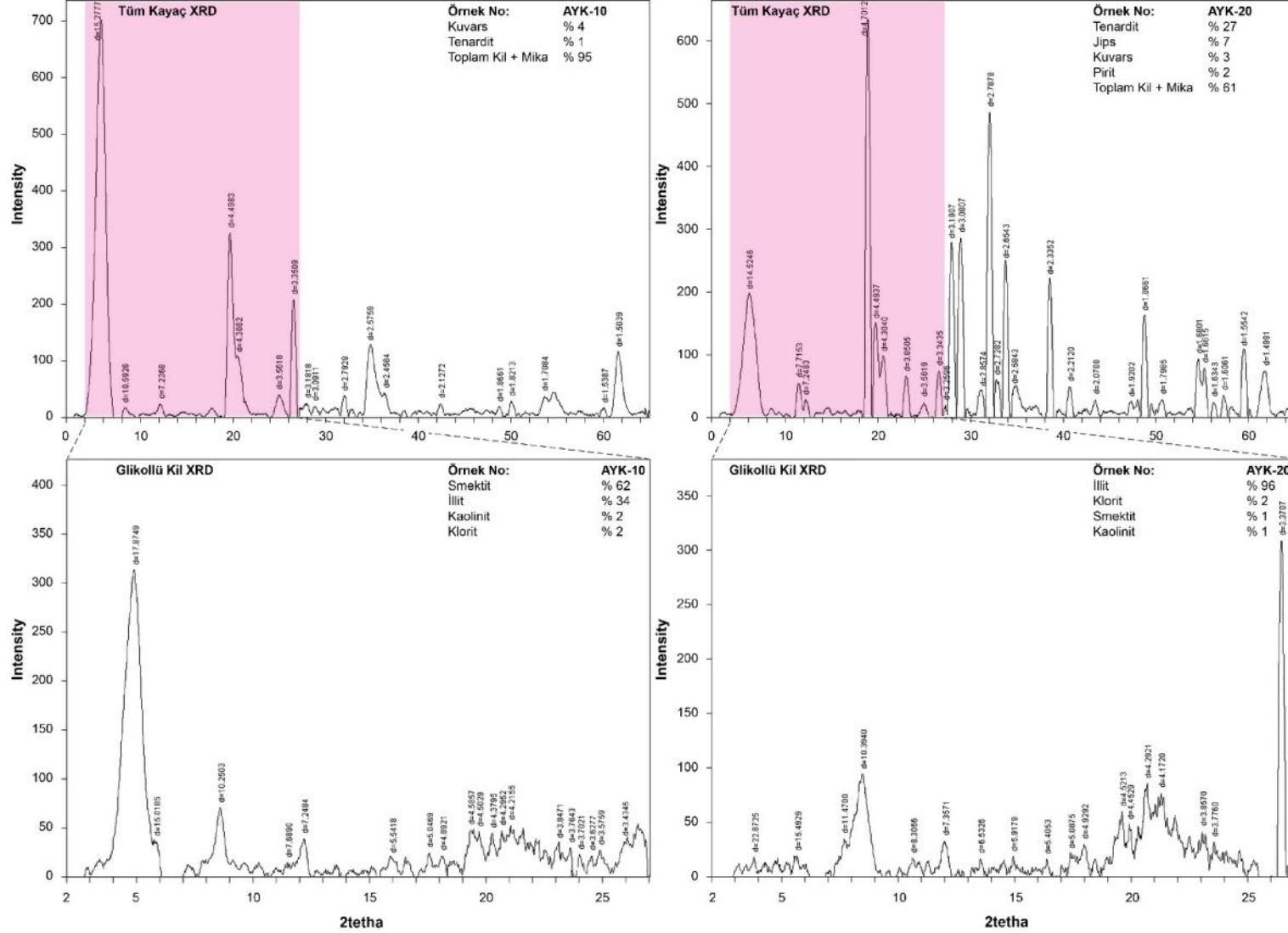
Şekil 7.1. Yeşilyuva lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üste) ve kil (altta) difraktogramları.



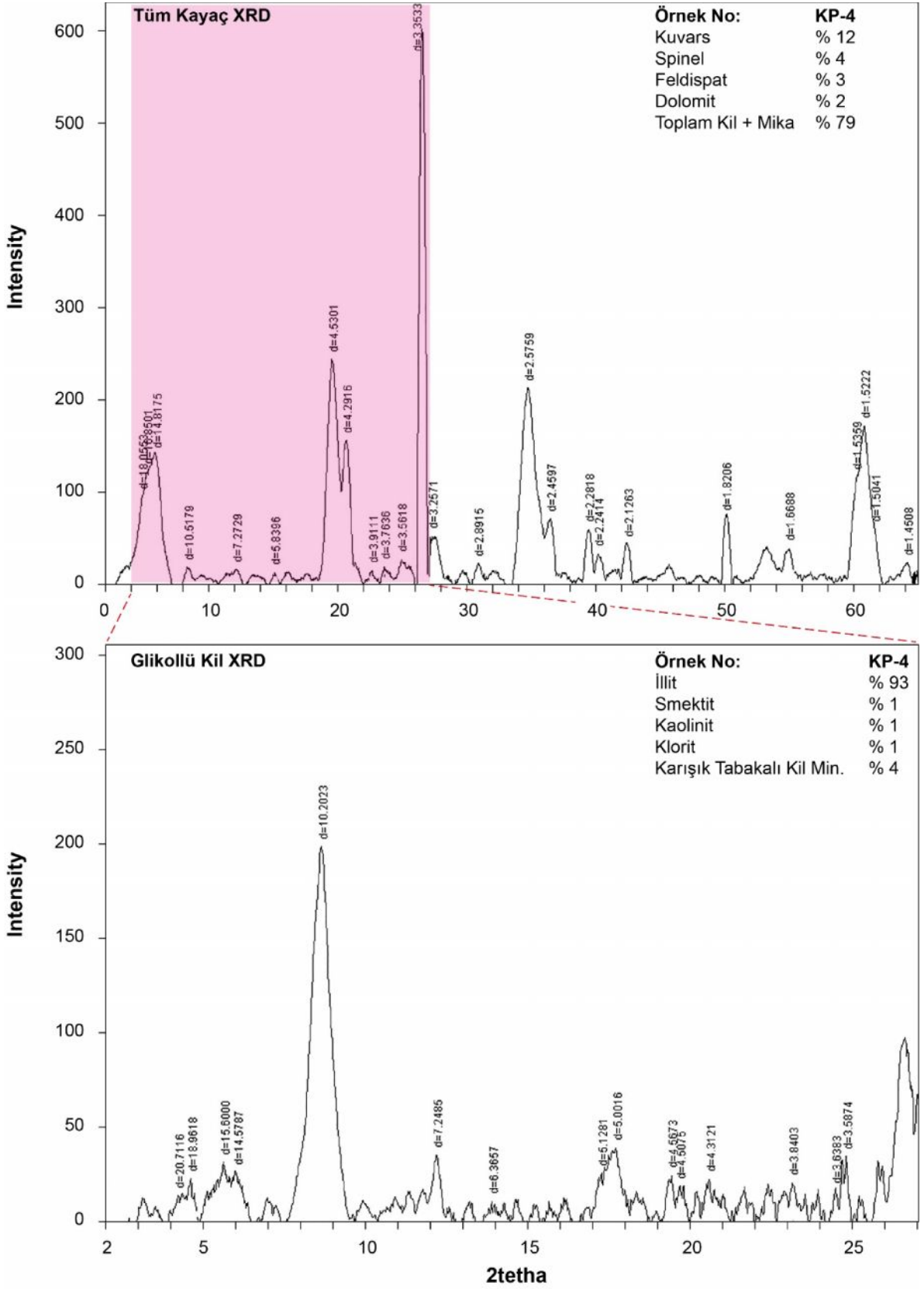
Şekil 7.2. Yüreğil lokalitesinden alınan TRY-3 nolu örneğin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.



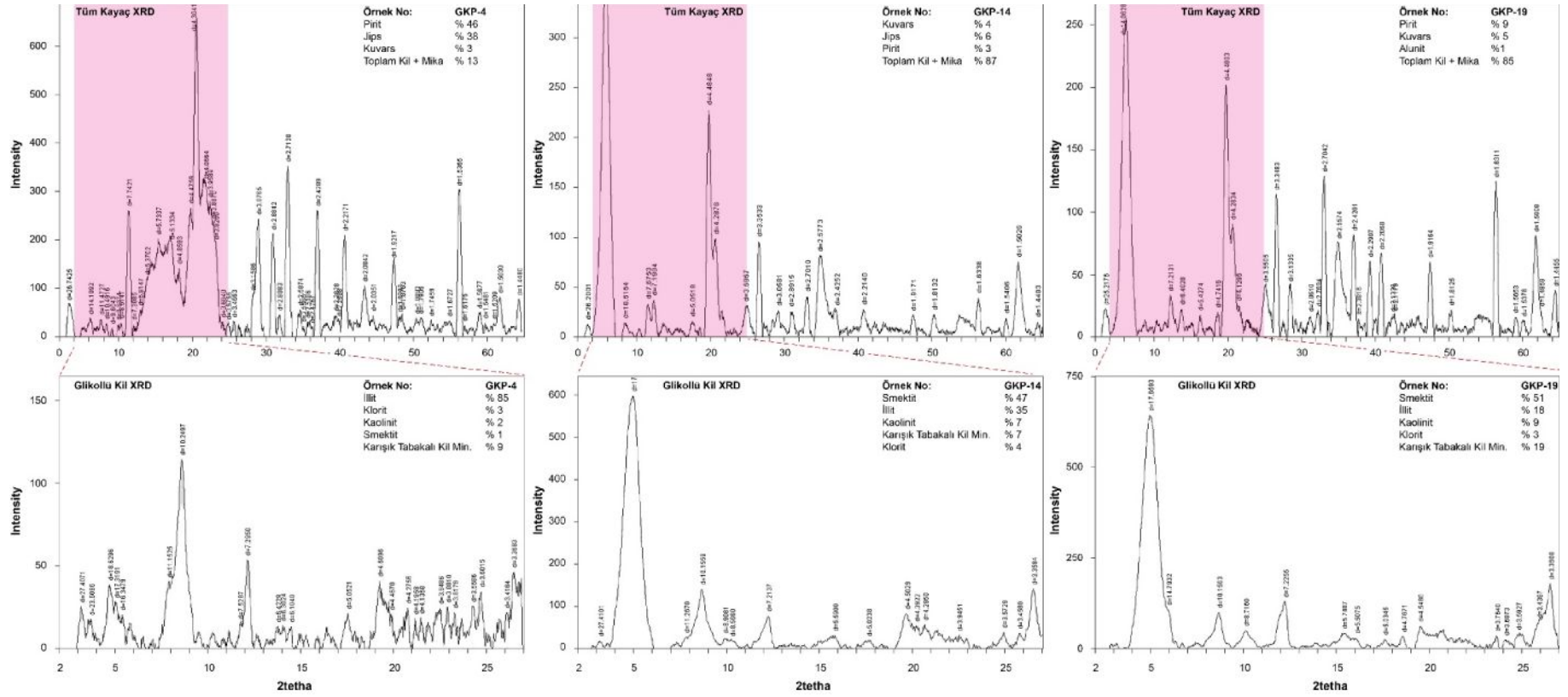
Şekil 7.3. Yatağan lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.



Şekil 7.4. Ayaz lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.



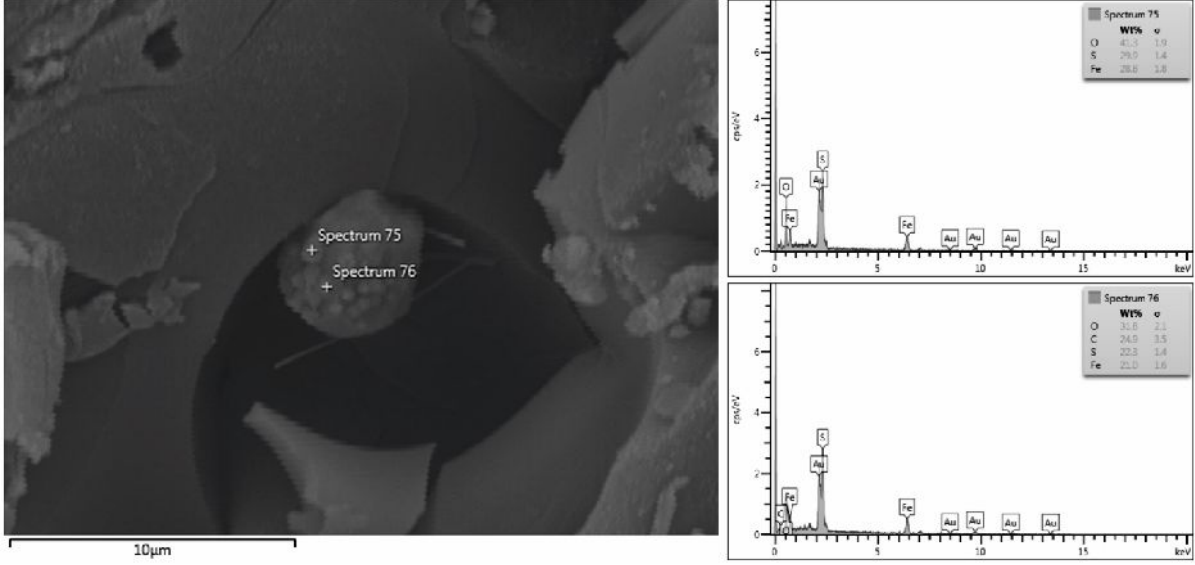
Şekil 7.5. Kocapınar lokalitesinden alınan KP-4 nolu örneğin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.



Şekil 7.6. Kocapınar-Ocak lokalitesinden alınan örneklerin tüm kayaç toz XRD (üstte) ve kil (altta) difraktogramları.

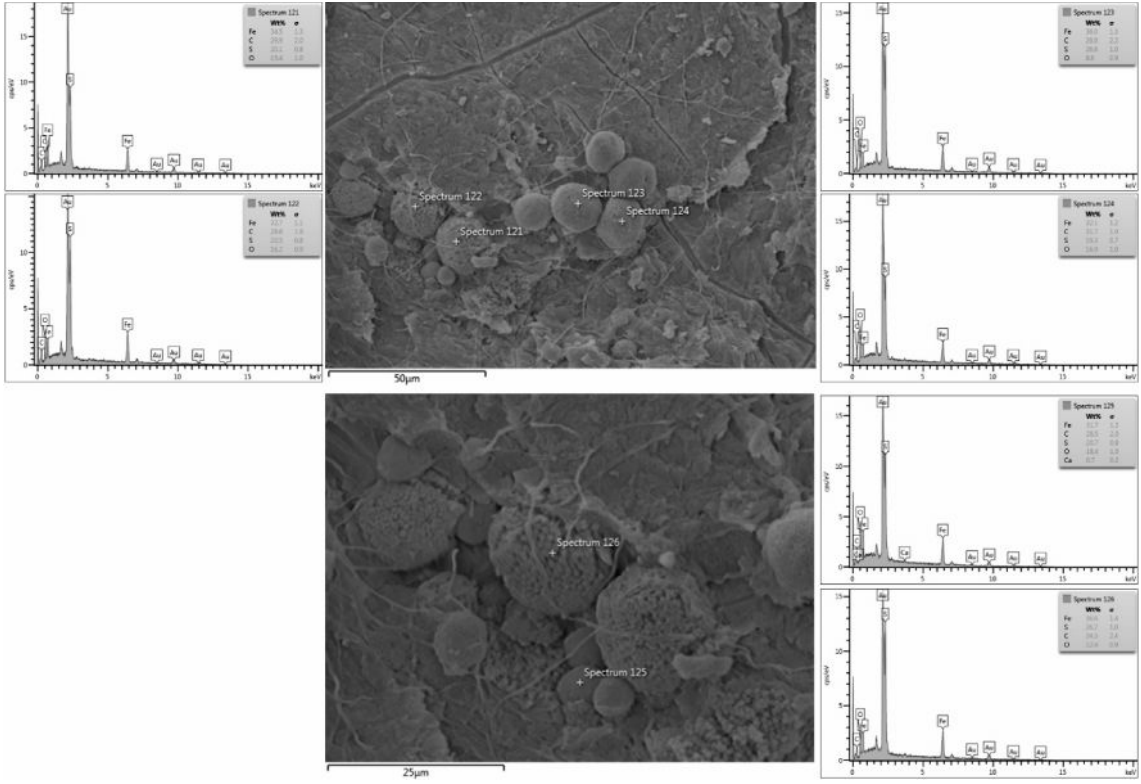
7.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) İncelemeleri

Proje kapsamında Yeşilyuva (KHA-15), Yatağan (YTK-17, YTK-27), Ayaz (AYK-7), Yatağan-3 (YTA-2) ve Yeşilyuva-2 (KKLP-2) lokalitelerinden alınan kömür örneklerinde sülfid minerallerinin (pirit, kalkopirit, arsenopirit, molibdenit v.b) varlığını belirlemek için SEM-EDX çalışmaları gerçekleştirilmiştir. SEM-EDX çalışmalarında tespit edilen sülfid mineralleri ve bu minerallerin element içerikleri (spektrumları) Şekil 7.7; 7.8; 7.9; 7.10; 7.11'de verilmiştir.

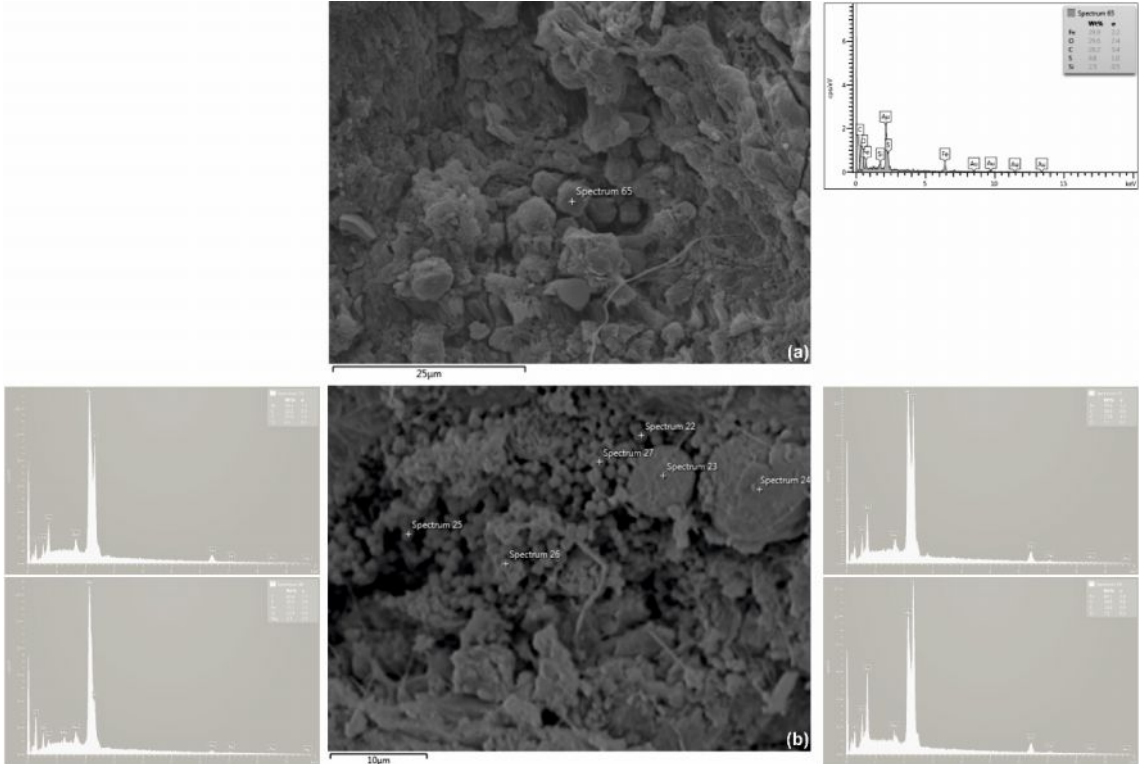


Şekil 7.7. Yeşilyuva lokalitesinden alınan KHA-15 numaralı örneğe ait SEM görüntüsü ve spektrumların EDX grafikleri.

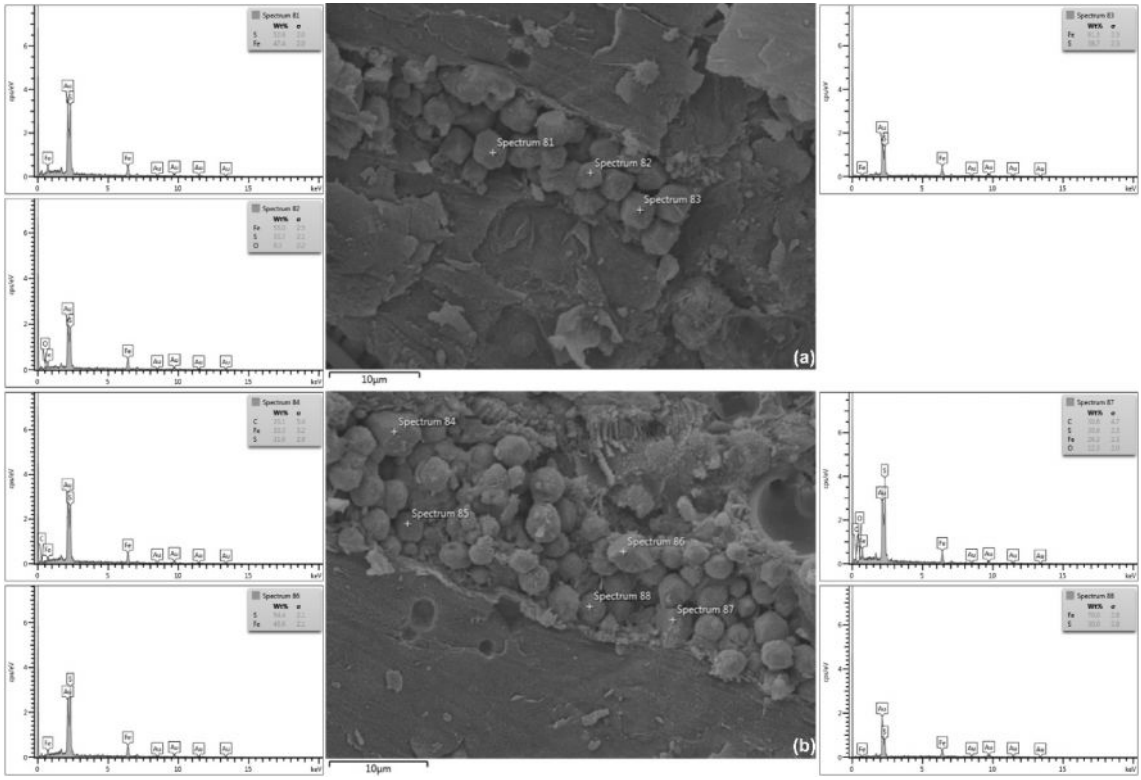
Proje kapsamında Yeşilyuva (KHA-15), Yatağan (YTK-17, YTK-27), Ayaz (AYK-7), Yatağan-3 (YTA-2) ve Yeşilyuva-2 (KKLP-2) lokalitelerinden alınan kömür örneklerinde gerçekleştirilen SEM-EDX çalışmaları sonucunda, kömür örneklerinde sülfid mineralleri olarak pirit (FeS_2) ve molibdenit (MoS_2) saptanmıştır. Jeokimyasal olarak pirit ve molibdenit türü sülfid mineralleri indirgen ($E_h < -0.3$) ve $7.0 < Ph < 8.0$ (alkali) ortam şartlarında oluşabilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar daha önce organik jeokimyasal incelemelerde elde edilen sonuçlar ile uyumludur.



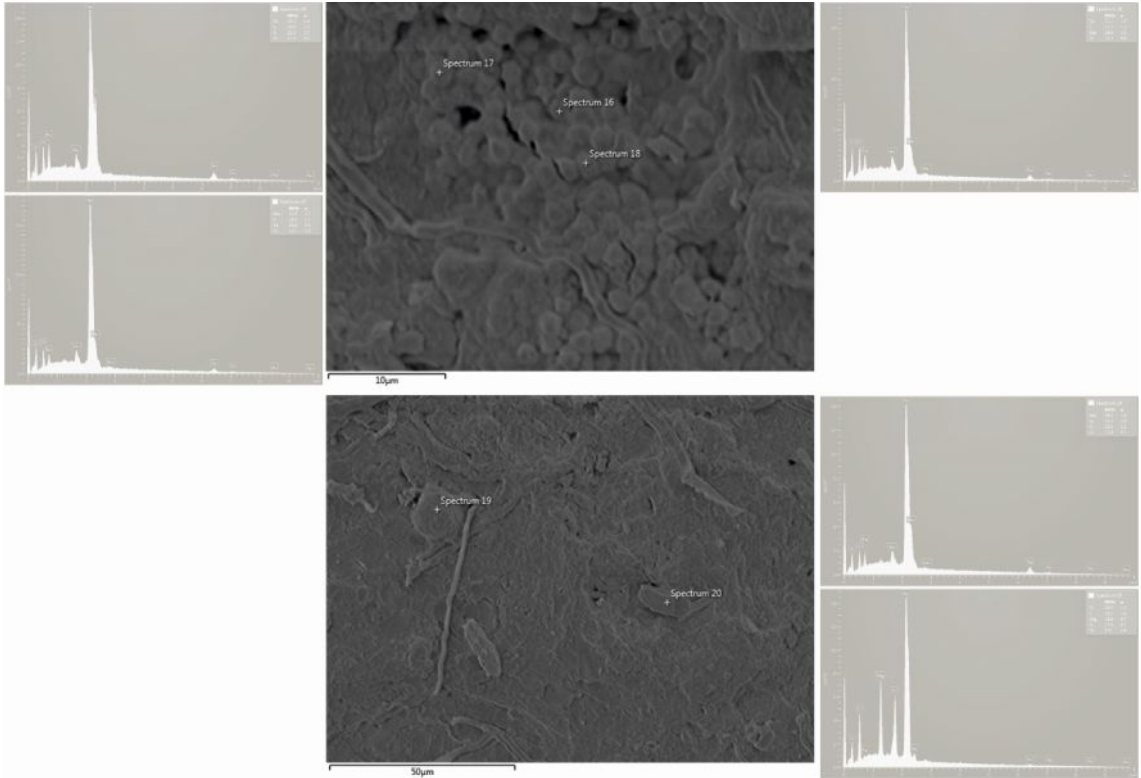
Şekil 7.8. Ayaz lokalitesinden alınan AYK-7 numaralı örneğe ait SEM görüntüsü ve spektrumların EDX grafikleri.



Şekil 7.9. Yatağan lokalitesinden alınan a) YTK-17, b) YTK-27 numaralı örneklere ait SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.



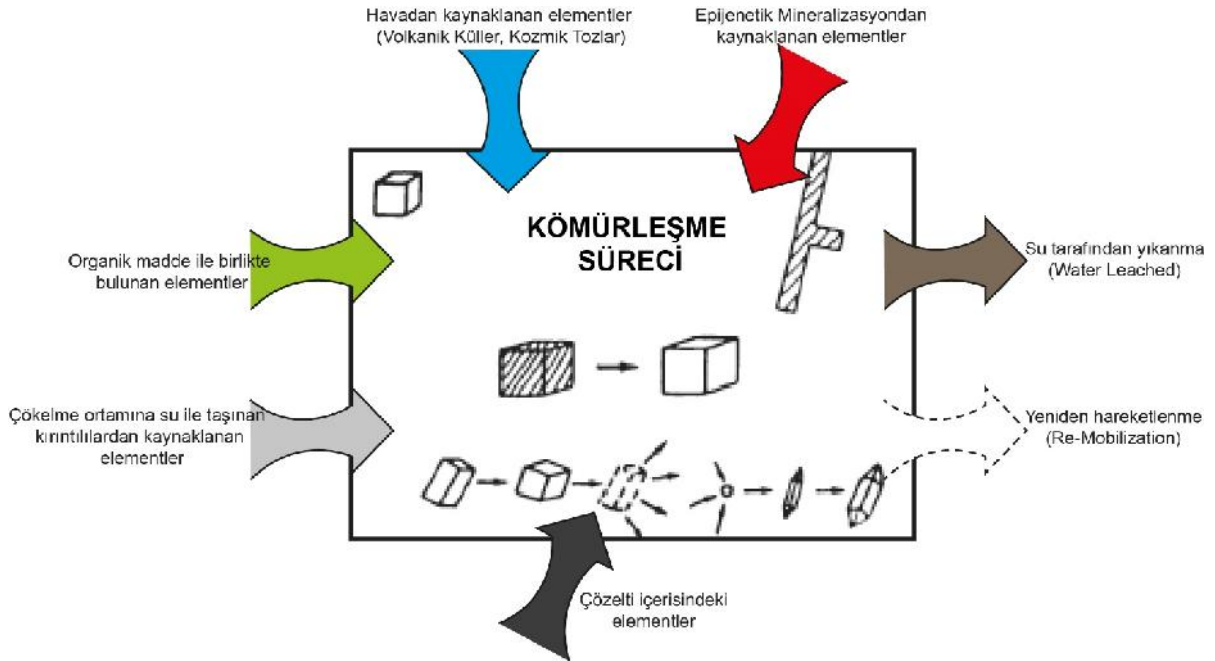
Şekil 7.10. Yatağan-3 lokalitesinden alınan a) YTA-2, b) YTAC-1 numaralı örnekler için SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.



Şekil 7.11. Yeşilyuva-2 lokalitesinden alınan KKL-2 numaralı örneğe ait SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri.

7.3. Ana Oksit Element Jeokimyası

Kömür örneklerin inorganik jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla tüm kayaç ana, iz ve Nadir Toprak Element (NTE) analizleri Bureau Veritas Mineral Laboratories (ACME-Kanada)'de yaptırılmıştır. Diğer birçok jeolojik materyalle karşılaştırıldığında organik-inorganik etkileşimi en iyi kömürler açıklar. Bazı mineraller için organik matriks sadece bir fiziksel çerçevedir, fakat diğer inorganik bileşenler jeolojik süreç boyunca organik maddeyle etkileşimde olabilir. Organik maddeden açığa çıkan asitler turba bataklığındaki minerallerin parçalanmasına neden olur. Organik maddeden serbest kalan elementler, komşu kırıklı kayaların yanı sıra kömür içerisinde de birikir. Turba, linyit ve kömürlerdeki indirgen ortamlar sülfür ve diğer minerallerin geniş bir aralıkta oluşumları için uygun ortamlardır. Kömürlerdeki klit ve kırık sistemleri, organik ve inorganik madde arasındaki iletişimin devam etmesine olanak sağlayan, akışkanların taşınması için ideal bir iletişim ağı sağlar. Kömürleşme sürecinde inorganik madde katılımı Şekil 7.12'de verilmiştir. Kömürlerde iz ve NTE' nin bulunuş biçimleri Finkelman (1993) tarafından Tablo 7.2'de özetlenmiştir.



Şekil 7.12. Kömür oluşum sürecinde inorganik elementlerin kaynaklarını gösteren diyagram (Finkelman, 1981).

Tablo 7.2. Kömürlerdeki bazı elementlerin muhtemel bulunuş biçimleri.

Elementler	Muhtemel Bulunuş Şekilleri
Al	Kil mineralleri, feldispatlar, bazı organik bileşikler (?)
Ag	Gümüş sülfidler
As	Pirit
Au	Nabit altın
B	Organik bileşikler, illit
Ba	Barit, krandalit, düşük ranklı kömürlerde organik bileşikler
Be	Organik bileşikler, kil mineralleri
Ca	Kalsit, organik bileşikler, sülfatlar, fosfatlar, silikatlar
Cd	Sfalerit
Cl	Organik bileşikler
Co	Sülfidler, pirit
Cr	Kil mineralleri (?)
Cs	Kil mineralleri, feldispatlar, mika grubu mineraller
Cu	Kalkopirit
Fe	Pirit, siderit, sülfatlar, oksitler, bazı organik bileşikler
Ga	Kil mineralleri, organik bileşikler, sülfidler
Hf	Zirkon
Mg	Kil mineralleri
Mn	Siderit, kalsit
Mo	Muhtemelen organik bileşikler (?) ve/veya sülfidler
Na	Organik bileşikler, kil mineralleri, zeolit mineralleri, silikatlar
Nb	Oksit grubu mineraller
Ni	Muhtemelen sülfidler (?), organik bileşikler ve/veya kil mineralleri
NTE	Fosfatlar, bazı organik bileşikler
P	Fosfatlar
Pb	Galen, PbSe bileşikleri
Pt	Nabit bileşikler, bazı organik bileşikler (?)
Rb	Muhtemelen illit
Sc	Kil mineralleri, fosfatlar veya organik bileşikler (?)
Se	Organik bileşikler, pirit, PbSe bileşikleri
Si	Kuvars, kil mineralleri, silikatlar
Sn	İnorganik kalay oksitler veya sülfidler
Sr	Karbonat mineralleri, fosfatlar, organik bileşikler
Ta	Oksit mineralleri
Th	NTE, fosfatlar
Ti	Oksit mineralleri, kil mineralleri, bazı organik bileşikler
U	Organik bileşikler, zirkon
V	Kil mineralleri, bazı organik bileşikler (?)
Y	NTE, fosfatlar
Zn	Sfalerit
Zr	Zirkon

Arazi, organik jeokimya ve XRD çalışmalarında farklılıkları ve benzerlikleri belirlenen kömür örneklerinin jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla ana, iz element ve NTE analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarının kutu grafikler kullanılarak yorumlanması yapılmış ve kömür örneklerinin kimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Kömür örneklerine ait ana oksit element analiz sonuçları Tablo 7.3'de verilmiştir.

Kayaç içerisindeki başlıca kuvars ve silikat minerallerinin varlığı ile ilişkilendirilebilen SiO_2 (%) içeriği bakımından kömür örneklerimiz birbirlerine yakın değerler göstermektedir. Bununla birlikte Ayaz, Yatağan-3 ve Ayaz-2 lokalitelerine ait kömür örneklerinin diğer lokalite örneklerine göre daha düşük ve sınırlı SiO_2 (%) içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca SiO_2 (%) değerlerinin her lokalitenin kendi içerisinde nispeten simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.13). Nokta örneklerin SiO_2 (%) içerikleri diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerlerde olup, Karaçay'da % 47.16, Yatağan-2'de % 47.96 ve son olarak Karaçay-2'de % 46.38 olarak belirlenmiştir.

Kil minerallerinin varlığı ile ilişkilendirilen Al_2O_3 (%) değerleri bakımından kömür örneklerinin (Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 örnekleri dışında) benzer oldukları görülmektedir. Al_2O_3 (%) içerikleri Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Yatağan-2 ve Ayaz-2 örneklerinde sınırlı dağılım gösteriyorken, Yüreğil ve Kocapınar-Ocak örnekleri geniş ve simetrik (homojen) bir dağılım göstermektedir (Şekil 7.13). Karaçay ve Karaçay-2 Nokta örneklerin Al_2O_3 (%) değerleri diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerlerde olup, Karaçay'da % 10,29, Yatağan-2'de % 6,25 ve son olarak Karaçay-2'de % 12,72 olarak belirlenmiştir.

Na_2O (%) değerleri bakımından kömür örnekleri (Yüreğil, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma sahiptir. Yüreğil, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak kömür örneklerinin diğer lokalite örneklerine göre daha düşük ve sınırlı Na_2O (%) içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca Kocapınar ve Ayaz-2 örnekleri haricinde her lokalitenin kendi içerisinde asimetrik (homojen olmayan) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.13).

Feldispat, kil ve mika mineralleri (serizit gibi)nin varlığı ile ilişkilendirilen K_2O (%) içeriği bakımından Yeşilyuva örnekleri düşük ve sınırlı dağılıma sahipken, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar-Ocak ve Ayaz-2 örnekleri yüksek ve geniş dağılım sunmaktadır (Şekil 7.13). Bununla birlikte Karaçay-2 nokta örneğinin K_2O (%) içeriği diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerdedir (% 2.20)

Tablo 7.3. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokasyonlarından alınan kömür örneklerinin ana oksit element analiz sonuçları.

Lokalite / GPS	Örnek Numarası	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI*	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-3	9.11	1.81	2.84	5.42	1.22	0.09	0.11	0.09	0.01	-	0.199	78.6	99.81
	KHA-4	3.32	0.91	0.99	4.09	1.44	0.05	0.08	0.05	-	-	0.033	88.2	99.20
	KHA-6	33.58	4.70	6.51	13.09	0.80	0.15	0.16	0.18	-	0.03	0.125	40.0	99.74
	KHA-8	10.70	1.63	2.21	4.53	0.91	0.07	0.10	0.08	-	-	0.106	79.3	99.88
	KHA-9	9.17	1.92	2.00	5.04	1.26	0.08	0.10	0.09	-	-	0.052	79.9	99.87
	KHA-10	27.68	4.41	5.72	9.76	0.73	0.17	0.17	0.18	0.01	0.02	0.146	50.4	99.78
	KHA-12	29.49	2.66	4.65	15.14	0.75	0.16	0.13	0.15	0.02	0.03	0.199	46.1	99.71
	KHA-14	41.10	3.16	6.09	19.96	0.64	0.21	0.11	0.17	0.02	0.03	0.223	27.6	99.63
	KHA-15	10.17	2.08	3.15	3.49	0.76	0.09	0.14	0.10	0.01	-	0.070	79.7	99.90
	KHA-16	17.19	2.44	6.42	4.29	0.56	0.09	0.20	0.11	-	-	0.066	68.3	99.89
	KHA-21	10.12	1.46	2.32	3.81	1.18	0.09	0.12	0.08	0.01	-	0.062	80.3	99.89
MD-1	27.45	4.60	5.43	13.28	1.14	0.07	0.36	0.24	0.02	0.03	0.196	46.7	99.70	
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	TRY-2	33.86	6.69	9.22	4.98	0.54	0.04	0.37	0.36	0.03	0.03	0.113	43.5	99.84
	TRY-3	24.44	5.49	7.53	4.25	0.31	0.02	0.33	0.26	0.02	0.03	0.072	57.0	99.86
	TRY-5	3.93	0.99	0.99	1.85	40.56	0.06	0.10	0.05	0.08	0.02	0.009	51.0	99.81
	YRG-3	45.77	9.50	10.49	6.49	1.31	0.05	0.49	0.50	0.02	0.04	0.172	24.8	99.80
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	YTK-6	34.87	3.45	9.32	7.67	13.64	0.09	0.21	0.14	-	0.03	0.083	30.0	99.77
	YTK-11	39.86	1.44	5.19	11.63	11.62	0.06	0.09	0.08	0.04	0.20	0.059	29.4	99.76
	YTK-15	45.05	2.86	5.58	15.31	1.14	0.03	0.31	0.14	-	0.07	0.028	29.0	99.71
	YTK-19	3.37	0.76	0.74	2.74	3.21	0.04	0.10	0.04	0.01	-	0.011	85.2	96.24
	YTK-23	45.46	2.02	3.93	0.69	0.79	0.09	0.36	0.12	0.02	-	0.026	46.4	99.95
	YTK-28	10.03	1.44	2.80	2.71	0.75	0.09	0.17	0.08	-	0.04	0.023	81.7	99.93
YTK-33	31.71	1.75	3.62	4.51	4.30	0.09	0.25	0.13	0.02	0.11	0.032	53.3	99.88	

*LOI : Loss on Ignition (Kızdırma Kaybı)

Tablo 7.3. devam

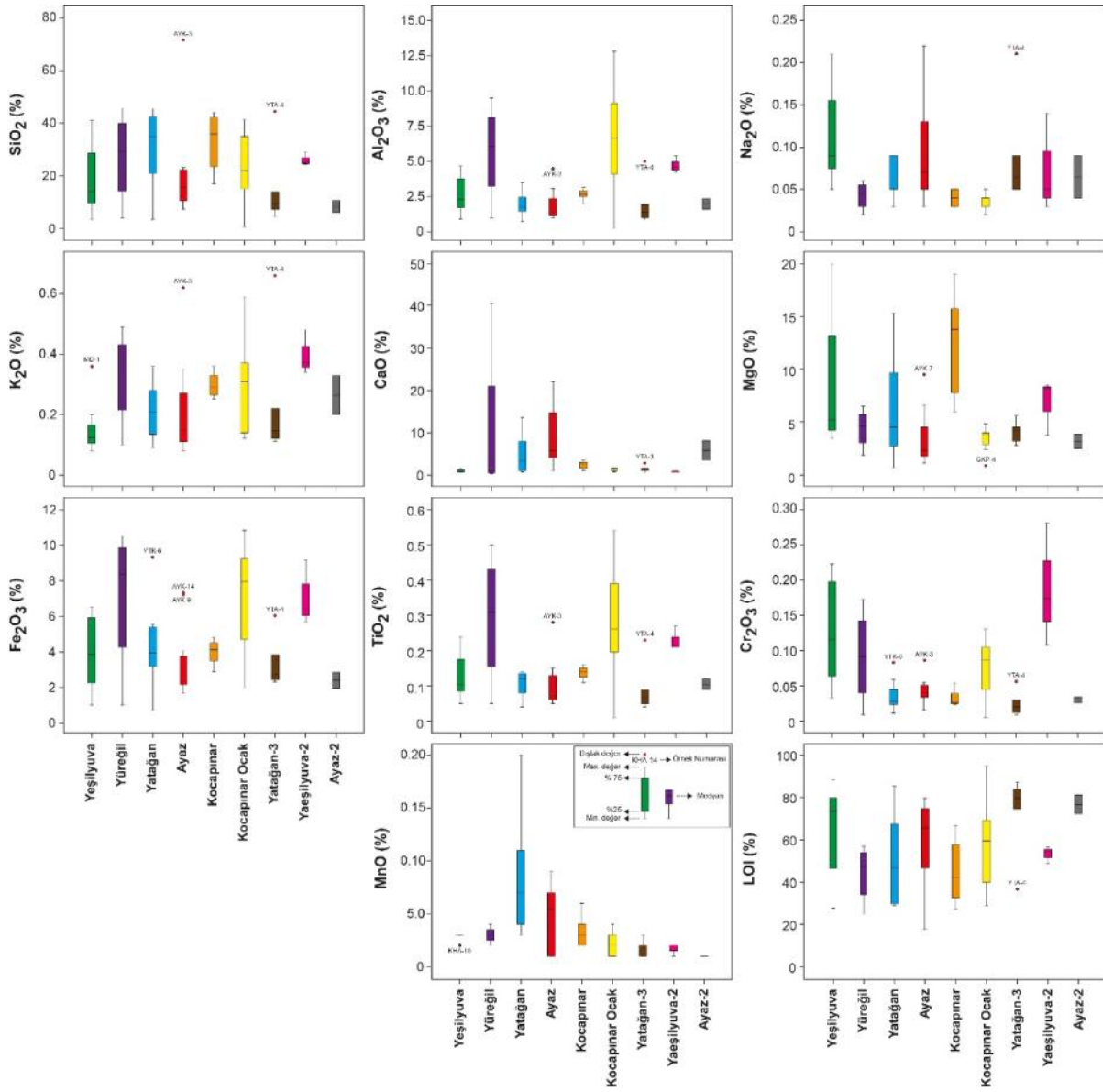
Lokalite / GPS	Örnek Numarası	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI*	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
AYAZ 35S 0708195 4164054	AYK-3	71.50	4.45	2.59	1.21	1.04	0.22	0.62	0.28	0.01	-	0.086	17.8	99.92
	AYK-4	18.97	1.19	1.87	3.16	5.33	0.05	0.13	0.07	0.01	0.01	0.034	65.5	96.39
	AYK-5	14.16	3.09	4.04	1.10	1.96	0.14	0.35	0.15	0.01		0.055	74.7	99.88
	AYK-6	22.23	2.93	3.79	5.07	18.07	0.14	0.31	0.15	0.02	0.06	0.051	46.8	99.79
	AYK-7	10.35	1.12	2.17	9.50	14.72	0.06	0.15	0.06	0.03	0.05	0.016	61.4	99.76
	AYK-8	10.57	1.00	1.68	3.13	5.82	0.04	0.10	0.05	0.02	-	0.028	74.4	97.07
	AYK-9	15.53	1.10	7.18	2.35	11.27	0.04	0.11	0.06	-	-	0.051	61.4	99.38
	AYK-10	12.94	0.97	2.31	1.55	4.07	0.03	0.08	0.05	-	-	0.034	75.3	97.53
	AYK-12	16.71	1.70	2.35	1.78	6.23	0.06	0.18	0.09	0.01	-	0.040	69.9	99.27
	AYK-14	23.09	1.33	7.30	4.52	22.15	0.07	0.10	0.06	0.02	0.07	0.036	40.8	99.81
	AYK-18	22.43	2.36	3.07	6.58	16.87	0.13	0.27	0.13	0.03	0.09	0.041	43.6	95.78
AYK-19	7.40	1.40	2.26	2.24	3.75	0.07	0.17	0.08	-	0.01	0.042	79.7	97.31	
AYK-21	7.62	1.45	1.83	2.25	4.74	0.07	0.15	0.07	-	-	0.024	77.7	96.09	
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	KP-2	43.96	2.66	3.32	18.96	2.82	0.03	0.25	0.15	0.01	0.04	0.054	27.3	99.65
	KP-4	35.85	2.50	2.90	13.80	1.60	0.03	0.33	0.14	0.02	0.03	0.027	42.3	99.73
	KP-6	24.44	2.49	4.81	8.35	2.56	0.05	0.28	0.12	0.01	0.02	0.025	56.6	99.83
	KP-8	17.05	2.02	4.12	6.00	3.55	0.05	0.25	0.11	0.01	0.02	0.024	66.6	99.85
	KP-10	43.89	3.13	4.55	17.21	1.11	0.03	0.29	0.16	0.02	0.06	0.049	29.1	99.68
	KP-12	22.62	2.85	4.49	7.18	3.10	0.05	0.33	0.13	0.02	0.02	0.025	59.0	99.84
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	KP-14	40.40	2.93	3.71	14.27	1.63	0.04	0.36	0.15	0.01	0.04	0.030	36.0	99.72
	GKP-2	41.24	12.78	10.47	4.03	0.84	0.05	0.59	0.54	0.03	0.02	0.104	28.9	99.85
	GKP-4	0.76	0.25	1.98	0.88	0.69	-	-	0.01	-	-	0.006	94.6	99.22
	GKP-5	18.84	4.70	7.97	4.84	1.32	0.04	0.12	0.25	-	0.03	0.130	61.4	99.85
	GKP-7	38.02	9.14	10.83	3.98	1.48	0.03	0.31	0.37	0.01	0.04	0.087	35.4	99.88

*LOI : Loss on Ignition (Kızdırma Kaybı)

Tablo 7.3. devam

Lokalite / GPS	Örnek Numarası	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI*	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	GKP-12	31.91	9.12	8.04	3.82	1.48	0.04	0.37	0.41	0.03	0.02	0.106	44.3	99.87
	GKP-14	11.36	3.48	3.40	2.44	1.77	0.02	0.14	0.14	0.02	0.01	0.032	77.1	99,93
	GKP-16	21.92	6.65	6.01	3.30	1.65	0.04	0.31	0.26	0.03	0.01	0.058	59.5	99,89
KARAÇAY 35S 0711999 4169774	KRC-2	47.16	10.29	8.47	6.30	0.79	0.04	0.49	0.58	0.02	0.03	0.196	25.3	99.82
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757	T-2	47.96	6.25	7.98	16.50	0.94	0.04	0.44	0.36	0.09	0.05	0.160	18.7	99.68
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	7.75	0.98	2.84	2.80	1.34	0.05	0.13	0.05	-	0.01	0.012	83.9	99,93
	YTA-3	7.34	1.34	2.30	4.14	2.75	0.08	0.16	0.07	-	0.01	0.017	81.6	99,90
	YTA-4	44.48	4.99	6.04	5.56	0.65	0.21	0.66	0.23	0.01	0.03	0.057	36.8	99,87
	YTAC-1	4.72	0.84	2.56	3.17	1.10	0.05	0.12	0.04	-	<0.01	0.009	87.2	99,91
	YTAC-3	13.92	1.39	3.85	4.51	1.26	0.05	0.11	0.06	-	0.01	0.023	74.6	99,89
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	YTAC-5	11.22	1.94	2.44	4.29	1.61	0.09	0.22	0.09	0.01	<0.01	0.030	77.8	99,87
	KKLP-2	25.05	4.52	5.67	8.48	0.60	0.03	0.34	0.21	-	0.01	0.174	54.3	99,77
	KKLP-3	28.81	5.41	6.43	8.20	0.64	0.05	0.48	0.27	-	0.02	0.281	48.9	99,78
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	KINC-2	24.31	4.24	9.18	3.74	0.94	0.14	0.37	0.21	-	0.02	0.108	56.4	99,87
	CD-2	6.19	1.60	2.86	2.48	3.54	0.04	0.20	0.09	0.02	<0.01	0.034	81.1	98,37
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204	CD-3	10.61	2.34	1.96	3.84	8.14	0.09	0.33	0.12	0.02	0.01	0.026	72.2	99,86
	BDR-1	46.38	12.72	9.45	2.40	0.63	0.66	2.20	0.75	0.06	0.03	0.138	24.4	99.85

*LOI : Loss on Ignition (Kızdırma Kaybı)



Şekil 7.13. Kömür örneklerinin ana oksit element içeriklerine ait kutu grafikleri.

Karbonat minerallerinin ana bileşimini oluşturan CaO (%) içeriği bakımından Yüreğil, Yatağan, Ayaz ve Ayaz-2 lokalitelerine ait kömür örnekleri birbirlerine yakın ve geniş dağılım gösteriyorken, Yeşilyuva, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3 ve Yaşilyuva-2 örnekleri daha sınırlı ve dar dağılım göstermektedir (Şekil 7.13). Nokta örneklerin CaO (%) içerikleri diğer kömür örneklerine göre daha düşük değerlerde olup, Karaçay' da % 0.79, Yatağan-2'de % 0.94 ve son olarak Karaçay-2'de % 0.63 olarak belirlenmiştir.

Mafik mineral fazlarının (olivin, piroksen, amfibol, biyotit gibi) ana bileşenini oluşturan MgO (%) içeriği bakımından kömür örnekleri birbirinden farklı ve kendi içerisinde asimetrik (homojen olmayan) dağılımlar göstermektedir. Yeşilyuva, Yatağan ve Kocapınar kömür örnekleri diğer lokalitelere göre daha geniş bir dağılıma sahiptir (Şekil 7.13). Yatağan-2 nokta örneğinin MgO (%) içeriği diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerlerde olup (% 16.50), Karaçay'da % 6.30, Karaçay-2'de % 2.40 olarak belirlenmiştir.

Ferro-magnezyumlu mineraller (olivin, piroksen, amfibol, biyotit) ile Fe-oksit, Fe-sülfür minerallerinin (pirit, ilmenit, rutil, manyetit, hematit) ana bileşimini oluşturan Fe₂O₃ (%) içerikleri bakımından Yeşilyuva, Yüreğil ve Kocapınar-Ocak örnekleri diğer lokalitelere göre daha geniş dağılım aralığına sahiptir. Bununla birlikte Yeşilyuva, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Yatağan-3 ve Ayaz-2 örneklerinde Fe₂O₃ (%) içerikleri bakımından benzer dağılımlar görülmektedir (Şekil 7.13). Nokta örneklerin Fe₂O₃ (%) içeriklerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

TiO₂ (%) değerleri bakımından kömür örnekleri (Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma sahiptir. Bununla birlikte Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Ayaz-2 kömür örneklerinin TiO₂ (%) içerikleri diğer lokalitelere göre nispeten daha yüksek değerler ve daha geniş dağılım aralığı göstermektedir (Şekil 7.13). Nokta örneklerin TiO₂ (%) içerikleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerlerde olup, Karaçay'da % 0.58, Yatağan-2'de % 0.36 ve son olarak Karaçay-2'de % 0.75 olarak belirlenmiştir.

Kromit mineralinin esas bileşimini oluşturan Cr₂O₃ (%) içerikleri bakımından Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri birbirlerine benzer ve geniş dağılım aralıklarına sahipken, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Yatağan-3 ve Ayaz-2 kömür örnekleri daha sınırlı ve dar dağılım aralıklarına sahiptirler (Şekil 7.13). Nokta örneklerin Cr₂O₃ (%) içerikleri diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerlerde olup, Karaçay' da % 0.20, Yatağan-2'de % 0.16 ve son olarak Karaçay-2'de % 0.14 olarak belirlenmiştir.

MnO (%) içerikleri bakımından kömür örnekleri farklı dağılım aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Yatağan ve Ayaz kömür örnekleri diğer lokalitelere göre daha geniş dağılım aralıklarına sahipken, Yeşilyuva ve Ayaz-2 kömür örnekleri en az değişim aralığına sahiptir. Ayrıca Yüreğil, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak örneklerinin kendi içerilerinde asimetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.13).

Kızdırma kaybı (LOI = Loss On Ignition) değeri kayaç içerisindeki uçucu bileşenler, sulu silikatlar, karbonat bileşenler ile ilişkili olup, kayacın bozunma oranıyla da doğru orantılıdır. LOI (%) içeriğine göre kömür örnekleri birbirine benzer dağılım aralıklarına sahiptir (Şekil 7.13).

Ana oksit elementlerde görülen zenginleşme/farklılaşmalar kömür oluşumlarının görüldüğü lokalite ve yakın çevresindeki kayaç litolojileri ile ilişkilendirilebilir. Çalışma alanında yüksek kotlarda görülen Honaz Ofiyoliti' ne ait kayaçlar ile çoğunluğu ofiyolitik kayaçlardan türemiş çakıl-kum boyutlu bileşenlerden oluşan Bayıralan Formasyonu kömür örneklerinde görülen MgO, Fe₂O₃, TiO₂ ve Cr₂O₃ zenginleşme/farklılaşmalarının nedeni olarak düşünülmektedir. Benzer şekilde Yüreğil, Yatağan, Ayaz ve Ayaz-2 lokalitelerindeki kömür oluşumlarının karbonatlı kayaçlar ile ardalanmalı olarak bulunması örneklerin CaO içeriklerinin yüksek çıkmasının nedeni olarak düşünülmektedir. Diğer bir durum tüm lokalitelerdeki kömür örneklerinin SiO₂ içeriklerinin < % 45' den olması beslenme alanındaki baskın kayaç litolojisinin mafik-ultramafik kayaçlardan oluştuğunu göstermektedir.

Proje konusunu oluşturan kömür örneklerinin bazı ana oksit element içeriklerinin birbirine oranlanması sonucu elde edilen değerler Tablo 7.4' de verilmiştir. SiO₂/Al₂O₃ oranı kaynak alanındaki sedimanların olgunlaşma göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu değer kaynak kayaçlardaki, ayrışma, taşınma ve yeniden işleme (recycling) süreçlerinde feldispat, piroksen, amfibol gibi bileşenlere göre daha dirençli olan kuvarsın modal mineralojik bileşimde artmasına bağlı olarak artış göstermektedir. SiO₂/Al₂O₃ oranı bazik/ultrabazik (gabro, dünit, bazalt) bileşimli kayaçlarda 3, asidik (granit, riyolit) bileşimli kayaçlarda 5 civarında değişim gösterirken, kırıntılı sedimanter kayaçlarda bu oran > 5-6 değerlere sahiptir. Yüksek SiO₂/Al₂O₃ oranı kaynak alandaki sedimanter olgunlaşma göstergesidir (Roser et al., 1996; Hou et al., 2016). İncelenen kömür örneklerinin SiO₂/Al₂O₃ oranı en düşük 3.5 (Kocapınar-Ocak), en yüksek 15.1 (Yatağan) olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte tüm lokasyonlardaki kömür örneklerinin SiO₂/Al₂O₃ oranlarının ortalama linyit (2.1), sub-bitümlü kömür (2.4) ve ortalama kömür (1.8) değerlerine göre daha yüksek oldukları görülmektedir.

K₂O/Na₂O oranı kaynak alan içerisindeki K-feldispat, mika ve plajiyoklaz minerallerinin varlığının ölçüsüdür (Bhatia, 1983). Bu oran kayaçların ayrışıp toprağa dönüşmesi ile birlikte artış göstermektedir. Zira ayrışma koşullarında K-feldispatın albit ve anortit türü plajiyoklazlara göre nispeten daha duraylı feldispat' tır. Bununla birlikte kayaçların mika içeriği esas olarak ayrışma ürünü topraklarda artış göstermektedir. Kömür örneklerinin K₂O/Na₂O oranları 1.6 (Yeşilyuva) ve 12.3 (Karaçay) arasında değişim göstermektedir (Tablo 7.4).

Tablo 7.4. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin bazı ana oksit oranları.

Lokasyon (Örnek Sayısı) / GPS Koordinatı		SiO ₂ /Al ₂ O ₃	K ₂ O/Na ₂ O	DAI*	CaO/(Fe ₂ O ₃ +CaO)
Yeşilyuva (12) 35S 0717284 4157327	Min.	3.7	0.5	0.7	0.0
	Max.	13.0	5.1	2.0	0.3
	Ort.	6.9	1.6	1.6	0.1
Yüreğil (4) 35S 0709292 4162628	Min.	4.0	1.7	0.1	0.1
	Max.	5.1	16.5	3.1	1.0
	Ort.	4.6	9.3	2.1	0.3
Yatağan (7) 35S 0709354 4164587	Min.	4.4	1.5	0.6	0.1
	Max.	27.7	10.3	8.9	0.6
	Ort.	15.1	3.6	2.7	0.4
Ayaz (13) 35S 0708195 4164054	Min.	4.6	1.4	0.4	0.5
	Max.	17.4	3.0	15.9	0.8
	Ort.	10.7	2.4	2.4	0.7
Kocapınar (7) 35S 0707963 4169222	Min.	7.9	5.0	1.4	0.1
	Max.	16.5	11.0	2.2	0.4
	Ort.	12.1	7.9	1.9	0.2
Kocapınar-Ocak (7) 35S 0705971 4172166	Min.	3.0	3.0	1.7	0.2
	Max.	4.2	11.8	3.6	0.4
	Ort.	3.5	8.2	2.7	0.3
Karaçay (1) 35S 0711999 4169774		4.6	12.3	3.8	0.1
Yatağan-2 (1) 35S 0712053 4162757		7.7	11.0	2.2	0.1
Yatağan-3 (6) 35S 0709475 4165444	Min.	5.5	2.0	0.8	0.1
	Max.	10.0	3.1	4.1	0.4
	Ort.	7.3	2.5	1.7	0.3
Yeşilyuva-2 (3) 35S 0718474 4158027	Min.	5.3	2.6	2.0	0.1
	Max.	5.7	11.3	2.3	0.2
	Ort.	5.5	7.9	2.1	0.1
Ayaz-2 (2) 35S 0707266 4164572	Min.	3.9	3.7	0.9	0.6
	Max.	4.5	5.0	1.0	0.7
	Ort.	4.2	4.3	0.9	0.6
Karaçay-2 (1) 35S 0715837 4171204		3.7	3.3	5.0	0.2
Ort. Linyit⁽¹⁾		2.6	3.1	2.1	-
Sub-Bitümlü Kömür⁽²⁾		2.4	1.5	5.9	-
Ort. Kömür⁽³⁾ (SRM 1632)		1.8	7.4	3.7	0.3

*DAI = (SiO₂+Al₂O₃+K₂O+TiO₂+Na₂O)/(Fe₂O₃+CaO+SO₃+MgO)

(1), (2) Vassilev et al. (2010); (3) Govindaraju (1989)

Detritik/Otijenik (Detrital/Authigenic Index-DAI) indeks sedimanter kayaçlar içerisindeki bileşenlerin detritik veya otijenik kökenli mi? olduklarını belirlemek için kullanışlıdır. Si, Al, K, Ti ve Na oksit elementleri kuvars, feldispat, kil (kaolinit ve illit hariç) ve mika mineralleri, volkan camı, Al oksit/hidrooksit, rutil-anataz-brokite gibi detritik kökenli minerallerin kimyasal bileşimde bulunurken, Fe, Ca, Mg, S, P ve Mn oksit elementleri otijenik kökenli Fe-Mn sülfidler, Ca-Fe-Mg sülfatlar, Ca-Mg-Fe-Mn karbonatlar ve Ca-Fe fosfatların kimyasal bileşiminde bulunmaktadır (Vassilev et al., 2010). İncelenen kömür örneklerinin DAI değerleri 0.9 (Ayaz-2) ile 5.0 (Karaçay-2) arasında değişim göstermektedir. Bununla birlikte diğer lokasyonlardaki örneklerin DAI değerlerinin ortalama linyit değerleri (2.1) ile uyumlu oldukları görülmektedir (Tablo 7.4).

CaO/(Fe₂O₃+CaO) oranı sedimanter kayaçların çökme ortamındaki suyun tuzluluğu hakkında fikir vermesi bakımından önemlidir. Çökme ortamı tatlı su (akarsu) ortamı ise Fe-fosfat mineralleri, tuzlu su (gölse, denizel) ise Ca-fosfat mineralleri oluşmaktadır (Wang et al., 2016). Kömür örneklerinin CaO/(Fe₂O₃+CaO) oranları 0.1 (Yeşilyuva, Karaçay, Yatağan-2 ve Yeşilyuva-2) ile 0.7 (Ayaz) arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre kömürlerin zayıf-orta derecede tuzlu su (bataklık?) ortamında oluşmuş olduğu söylenebilir (Tablo 7.4).

Kömür örnekleri içerisindeki elementlerin ortalama kömür bileşimine göre (Govindaraju, 1989) ne kadar zenginleşmiş olduklarını belirlemek için “Zenginleşme Faktörü (Enrichment Factor-EF)” değerleri hesaplanmıştır. EF örnek içerisindeki element içeriğinin, standart olarak belirlenen değere oranı olarak tanımlanır.

$$EF = (\text{Element/Referans Element})_{\text{örnek}} / (\text{Element/Referans Element})_{\text{standart}}$$

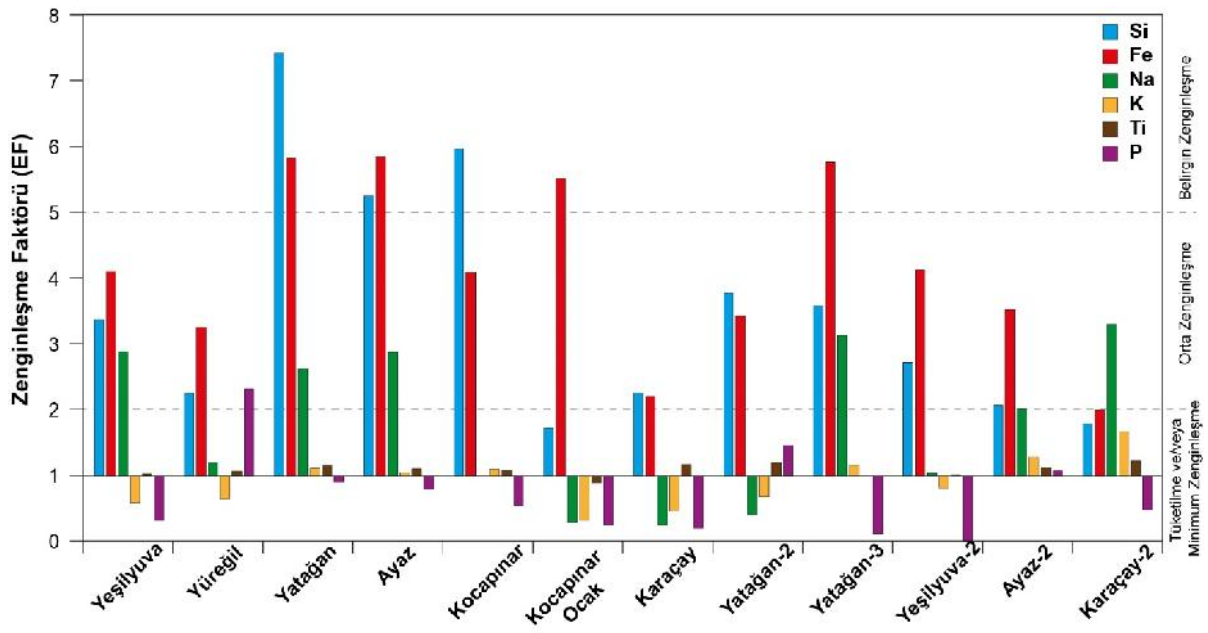
Formülde “Referans Element” olarak Al, Fe, Mn, Rb ve TOC değerleri birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Al elementi kil minerallerinin formülünde bulunan, çoğunlukla çamurtaşı-kiltaşlarının jeokimyası üzerine çalışan araştırmacılar tarafından başarıyla kullanılmıştır. Fe elementi sedimanter kayaçlar için bağlayıcı (matriks) elementi olmayıp, denizel sedimanlar üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan referans element’tir (Barbieri et al., 2015). Proje konusunu oluşturan kömür örneklerinin XRD analizlerinde kil minerallerinin bulunması nedeniyle EF hesaplamalarında referans element olarak Al kullanılmıştır. EF değerlendirmeleri başlıca ana oksit element, iz element ve NTE içeriklerine göre ayrı ayrı hesaplanmış ve açıklamaları ilgili başlıklar altında verilmiştir. Farklı litolojilerdeki element birikimlerinin değerlendirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan EF hesaplamalarına göre yapılan sınıflandırma Tablo 7.5’de verilmiştir.

Tablo 7.5. Zenginleşme Faktörüne (Enrichment Factor-EF) göre sınıflandırma.

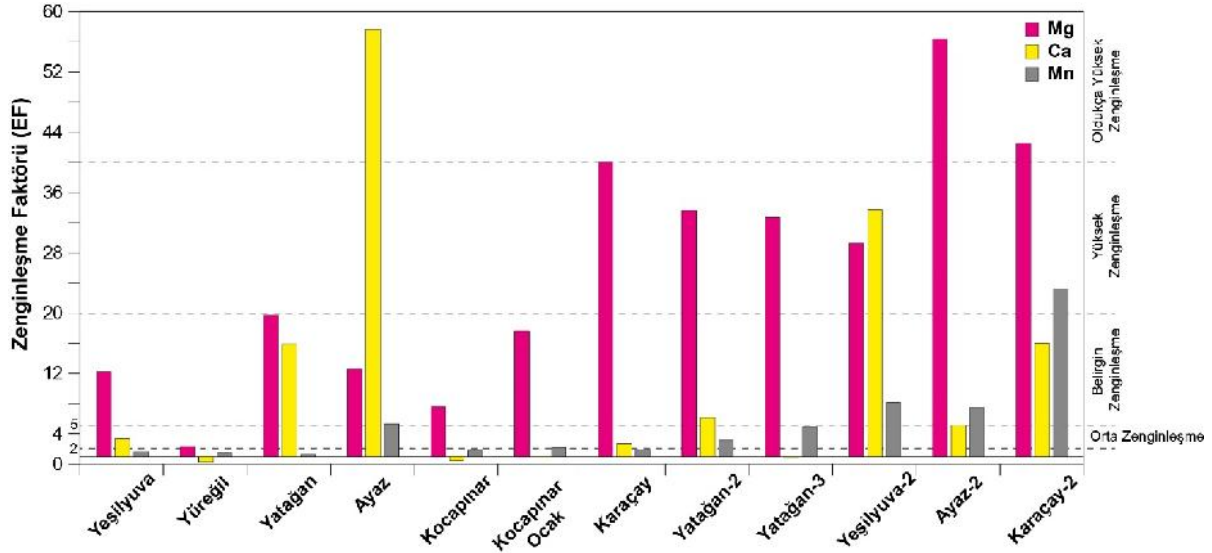
EF Değerleri	Zenginleşme Durumu
< 2	Tüketilme ve/veya Minimum zenginleşme
2 - 5	Orta zenginleşme
5 - 20	Belirgin zenginleşme
20 - 40	Yüksek zenginleşme
> 40	Oldukça yüksek zenginleşme

Belirlenen lokasyonlardan alınan kömür örneklerinin her biri için EF değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve ilgili lokasyon için ortalama değerleri alınmıştır. Her lokasyondaki kömür örneklerinin ortalama Si, Fe, Na, K, Ti, P, Mg, Ca ve Mn element içeriklerinin EF değerleri Şekil 7.14 ve 7.15’de görülmektedir. Buna göre Si elementi bakımından ortalama kömür değerlerine göre Yatağan, Ayaz ve Kocapınar örneklerinin “*Belirgin*”, Yeşilyuva, Yüreğil, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örneklerinin “*Orta*”, Kocapınar-Ocak ve Karaçay-2 örneklerinin “*Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.14). Fe elementi bakımından Yatağan, Ayaz, Kocapınar-Ocak ve Yatağan-3 örneklerinin “*Belirgin*”, Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar, Karaçay, Yatağan-2, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örneklerinin “*Orta*”, Karaçay-2 örneklerinin “*Minimum*” zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.14). Na içeriklerine göre Yeşilyuva, Yatağan, Ayaz, Yatağan-3 ve Karaçay-2 örneklerinin “*Orta*”, Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2 ve Yeşilyuva-2 örneklerinin “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme göstermektedir. K, P ve Ti elementleri bakımından bütün lokasyonlardaki kömür örnekleri “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme göstermektedir. Bununla birlikte P elementi bakımından Yüreğil örneklerinde “*Orta*” derecede zenginleşme görülmektedir (Şekil 7.14).

Mg elementi bakımından Ayaz-2 ve Karaçay-2 örneklerinin “*Oldukça Yüksek*”, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3 ve Yeşilyuva-2 örneklerinin “*Yüksek*”, Yeşilyuva, Yatağan, Ayaz, Kocapınar ve Kocapınar-Ocak örneklerinin “*Belirgin*”, Yüreğil örneklerinin “*Orta*” derecede zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.15). Ca element içeriklerine bakıldığında Ayaz örneklerinin “*Oldukça Yüksek*”, Yeşilyuva örneklerinin “*Yüksek*”, Yatağan, Yatağan-2 ve Karaçay-2 örneklerinin “*Belirgin*”, Yeşilyuva, Karaçay ve Ayaz-2 “*Orta*”, Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Yatağan-3 örneklerinin “*Minimum*” zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.15). Mn elementi bakımından Karaçay-2 örneğinin “*Yüksek*”, Ayaz, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örneklerinin “*Belirgin*”, Yatağan-2 ve Yatağan-3 örneklerinin “*Orta*”, Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Karaçay örneklerinin “*Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.15).



Şekil 7.14. İncelenen kömür örneklerinin Si, Fe, Na, K, Ti ve P element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.



Şekil 7.15. İncelenen kömür örneklerinin Mg, Ca ve Mn element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

7.4. İz Element Jeokimyası

İz elementler kayaç içerisinde % 0.1'den az oranda olup milyonda bir (ppm) veya milyarda bir (ppb) şeklinde ifade edilirler. Bazı iz elementler, bazı kayaçlarda veya minerallerde % 0.1'in üzerinde de bulunabilmektedir. Proje kapsamında farklı lokalitelerden toplanan 64 adet kömür örneğinin iz element özellikleri aşağıda özetlenmiştir. İncelenen kömür örneklerinin iz element içerikleri Tablo 7.6'da verilmiştir.

Rubidyum (Rb) doğada tek başına mineral oluşturabilecek bir element olmayıp, daima potasyum (K) mineralleri içerisinde bulunur. Rb iyon yarıçapı K iyon yarıçapına göre oldukça büyük olduğu için, Rb K mineralleri içerisinde tutulur. Şeyller içerisindeki Rb doğrudan K ile bağlantılıdır. Rb (ppm) içerikleri bakımından kömür örnekleri farklı dağılım aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Yatağan, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 kömür örnekleri diğer lokalitelere daha simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir. Kocapınar kömür örnekleri nispeten daha sınırlı değişim aralığına sahiptir (Şekil 7.16). Karaçay ve Yatağan-2 nokta örneklerinin Rb (ppm) değerleri diğer kömür örneklerine benzer değerler gösteriyorken, Karaçay-2 örneğinin Rb içeriği diğer kömür örneklerine göre daha yüksektir. Rb içerikleri Karaçay'da 20.6 ppm, Yatağan-2'de 29.3 ppm ve Karaçay-2' de 97.5 ppm olarak belirlenmiştir.

Stronsiyum (Sr)'un iyon yarıçapının büyüklüğünün, kalsiyum (Ca) veya K elementlerine yakın olduğu için ya Ca mineralleri (Ca zengin plajiyoklaz, kalsit vb.) tarafından yakalanır veya K minerallerinde (Ortoklaz, Mikroclin vb.) K elementinin yerini almaktadır. Sr içeriği Yüreğil, Yatağan ve Ayaz kömür örneklerinde geniş dağılım aralıkları gösteriyorken, diğer kömür örneklerinde benzer ve sınırlı dağılım aralıkları göstermektedir. Ayrıca her lokalitenin (Kocapınar ve Ayaz-2 haricinde) kendi içerisinde asimetrik (homojen olmayan) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Sr (ppm) içerikleri Karaçay'da 47.3 ppm, Yatağan-2'de 40.3 ppm ve Karaçay-2'de 86.3 ppm olarak belirlenmiştir.

Yitrium (Y) içerikleri bakımından Yeşilyuva-2 kömür örnekleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek, Yatağan-3 ve Ayaz-2 kömür örnekleri daha düşük değerlere sahiptir (Şekil 7.16). Ayrıca Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3 ve Ayaz-2 kömür örneklerinin kendi içerisinde daha simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir. Karaçay-2 nokta örneğinin Y (ppm) içeriği diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerdedir (28.5 ppm).

Tablo 7.6. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin iz element analiz sonuçları.

Lokalite Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		Ni	Sc	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-3	2859.3	5	22	182.0	1.4	2.8	0.5	1.4	5.4	72.8	0.2	0.9	0.3	224
	KHA-4	479.3	2	15	24.6	0.4		0.3	1.1	3.4	76.6	0.2	0.7	0.3	69
	KHA-6	3132.8	17	29	138.3	2.0	5.7	0.6	2.2	9.9	34.1	0.2	1.6	0.3	66
	KHA-8	1993.3	5	20	61.6	1.1	2.5	0.4	1.2	5.6	41.3	0.1	0.9	0.3	102
	KHA-9	2005.0	6	21	99.2	1.2	2.8	0.4	1.7	5.2	56.8	0.1	1.1	0.3	68
	KHA-10	3097.9	16	35	167.5	2.1	5.9	0.7	2.1	10.1	27.4	0.1	1.6	0.4	75
	KHA-12	2291.9	9	22	104.3	1.8	4.1	0.5	1.7	7.5	27.9	0.1	1.0	0.2	71
	KHA-14	2452.9	12	23	122.1	1.4	4.2	0.6	1.6	5.8	18.2	0.1	0.9	0.3	71
	KHA-15	1365.0	5	27	38.8	1.9	2.8	0.5	1.8	7.7	31.5	0.1	1.2	0.4	62
	KHA-16	1501.4	7	27	65.7	3.9	3.3	0.7	2.0	12.6	28.9	0.2	1.4	0.6	59
	KHA-21	2951.3	4	21	123.0	1.8	2.3	0.4	1.6	6.2	63.2	0.1	0.9	0.2	50
MD-1	2015.0	11	48	165.7	3.9	5.2	1.2	7.3	20.8	31.3	0.3	4.6	1.7	126	
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	TRY-2	1247.7	16	60	90.1	6.0	8.4	1.3	6.2	28.6	34.2	0.4	3.0	17.8	89
	TRY-3	1156.6	13	41	84.4	4.2	6.1	0.9	4.5	24.2	26.7	0.3	2.6	22.3	89
	TRY-5	1203.4	2	89	5.8	2.8	0.6	0.3	1.3	4.5	931.0	-	0.8	21.2	133
	YRG-3	1475.0	23	88	143.1	7.1	10.2	1.8	8.2	37.5	51.5	0.6	4.0	3.6	109
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	YTK-6	2402.3	12	44	87.9	8.9	2.9	0.9	2.0	13.4	394.5	0.1	2.1	0.3	109
	YTK-11	1128.5	5	40	65.1	7.0	0.9	0.3	0.7	5.3	280.5	0.1	0.7	0.2	24
	YTK-15	1489.3	4	47	45.3	6.8	2.5	1.0	3.0	18.6	28.6	0.3	2.7	1.7	61
	YTK-19	326.0	1	34	12.9	3.9	-	0.3	0.6	5.8	262.2	0.2	1.0	3.5	49
	YTK-23	280.7	3	53	14.7	14.2	2.6	0.7	5.2	19.3	47.4	0.3	1.5	3.0	69
	YTK-28	1202.3	2	35	23.8	5.9	1.6	0.6	1.5	10.9	82.1	0.1	1.0	0.9	35
	YTK-33	831.6	3	65	38.0	14.0	1.6	0.7	3.1	16.7	177.1	-	1.7	1.7	53

Tablo 7.6. devam

Lokalte Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası	Ni	Sc	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
AYAZ 35S 0708195 4164054	AYK-3	1187.8	9	112	32.3	23.3	4.8	1.7	5.2	32.5	58.6	0.4	3.5	0.6	78
	AYK-4	1033.9	4	34	58.9	20.0	-	0.3	1.8	14.1	127.5	-	0.6	6.1	152
	AYK-5	1940.9	8	83	46.3	25.3	2.6	0.7	3.4	23.8	77.6	-	2.1	100.2	191
	AYK-6	1446.1	9	64	78.2	30.9	1.7	0.5	2.2	29.9	561.2	-	1.4	1.9	161
	AYK-7	1002.9	3	47	25.5	10.6	-	0.2	1.2	10.9	416.4	-	0.7	6.8	79
	AYK-8	1938.2	3	42	39.2	12.6	0.6	0.2	1.3	9.6	205.6	-	0.4	15.7	144
	AYK-9	2076.2	4	61	52.7	5.4	-	0.3	1.7	8.8	428.4	-	0.7	5.5	2869
	AYK-10	1919.5	4	29	86.8	7.8	-	0.3	1.9	7.7	100.2	-	0.6	14.1	499
	AYK-12	1675.3	4	52	52.5	14.6	1.0	0.5	2.1	15.4	156.2	-	1.0	6.0	3671
	AYK-14	1979.0	6	57	108.9	11.5	0.6	0.3	0.7	10.1	660.4	-	0.7	3.8	61
	AYK-18	1191.6	8	70	60.8	27.0	2.0	0.6	2.1	27.8	519.1	-	1.3	7.0	63
AYK-19	2243.9	5	44	100.8	10.4	0.8	0.4	2.7	16.0	117.6	0.3	1.2	9.6	419	
AYK-21	1944.0	4	57	69.0	20.4	0.7	0.5	1.3	12.8	162.0	0.1	1.0	5.4	103	
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	KP-2	754.9	6	47	57.2	15.8	2.8	0.6	2.2	17.6	80.5	0.2	1.5	1.0	71
	KP-4	1642.9	3	61	26.9	9.3	2.3	1.0	4.1	21.2	39.5	0.2	2.6	5.6	71
	KP-6	719.7	4	60	31.2	11.8	1.8	0.5	2.0	19.5	53.8	0.2	1.8	4.6	66
	KP-8	864.7	3	61	21.7	10.7	1.7	0.6	2.3	16.7	73.5	0.1	1.7	9.8	110
	KP-10	852.7	6	44	41.7	18.0	3.1	0.7	2.6	21.0	29.4	0.2	1.8	1.6	95
	KP-12	724.3	5	64	22.7	17.8	2.2	0.5	2.2	22.5	63.5	0.1	2.3	6.9	72
	KP-14	1568.8	4	71	29.8	7.1	2.8	1.2	3.6	21.5	40.7	0.2	3.5	2.6	82
KOCAPINAR -OCAK 35S 0705971 4172166	GKP-2	1639.2	25	71	78.8	5.5	14.0	1.7	8.3	45.6	52.4	0.6	6.0	8.6	141
	GKP-4	667.6		14	40.0	-	-	-	0.5	0.5	21.2	-	0.4	1.0	29
	GKP-5	1735.7	15	11	87.2	0.9	5.3	0.6	1.2	4.5	38.4	0.1	0.9	4.7	141
	GKP-7	1274.6	21	47	52.6	3.2	8.5	1.2	4.0	26.1	33.1	0.3	3.1	1.7	105
	GKP-12	1111.3	22	58	53.3	3.5	8.1	1.4	4.8	27.0	53.8	0.3	3.0	4.1	136

Tablo 7.6. devam

Lokalite Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		Ni	Sc	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
KOCAPINAR -OCAK	GKP-14	444.5	8	32	22.0	1.4	2.9	0.4	1.4	12.0	48.3	0.1	1.3	4.1	39
	GKP-16	952.9	15	53	49.7	2.6	6.6	0.7	3.2	26.1	60.0	0.2	2.4	4.9	74
KARAÇAY 35S 0711999 4169774	KRC-2	900.6	16	98	55.3	1.7	11.7	2.5	11.4	20.6	47.3	0.6	6.3	1.0	183
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757	T-2	1372.0	12	63	79.0	2.3	6.7	1.6	6.7	29.3	40.3	0.4	3.4	0.5	64
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	616.4	1	24	24.0	5.8		0.4	1.0	8.3	45.7	<0.1	1.0	0.9	19
	YTA-3	545.4	2	37	21.6	5.4		0.4	1.3	9.4	74.0	0.1	1.1	2.1	35
	YTA-4	1068.0	9	68	55.4	16.6	4.7	1.5	5.2	45.8	39.9	0.4	5.4	1.9	65
	YTAC-1	486.9	1	27	14.7	6.5		0.4	0.7	7.3	70.6	<0.1	0.9	1.1	23
	YTAC-3	721.1	3	27	30.7	5.9	0.6	0.3	0.9	8.3	71.7	0.1	0.8	1.7	45
	YTAC-5	1077.4	4	43	29.9	23.2	1.0	0.4	1.5	16.5	97.1	0.1	1.3	4.1	119
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	KKLP-2	3599.4	15	32	140.2	3.8	4.4	1.3	5.5	21.6	46.5	0.2	4.5	0.5	196
	KKLP-3	2918.0	14	45	131.1	5.7	4.6	1.5	6.2	28.8	37.8	0.3	4.3	1.6	214
	KINC-2	1311.9	11	47	54.0	44.9	3.2	1.0	3.1	41.3	58.5	0.2	2.0	5.2	96
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	CD-2	1619.4	4	31	83.3	16.8	0.9	0.7	1.9	19.9	75.4	0.1	0.8	53.6	322
	CD-3	1052.2	3	64	33.0	23.0	0.9	0.7	2.3	28.9	167.8	0.2	1.6	10.0	167
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	383.4	15	375	31.6	6.9	14.8	6.0	16.1	97.5	86.3	1.0	11.6	9.2	131

Tablo 7.6. devam

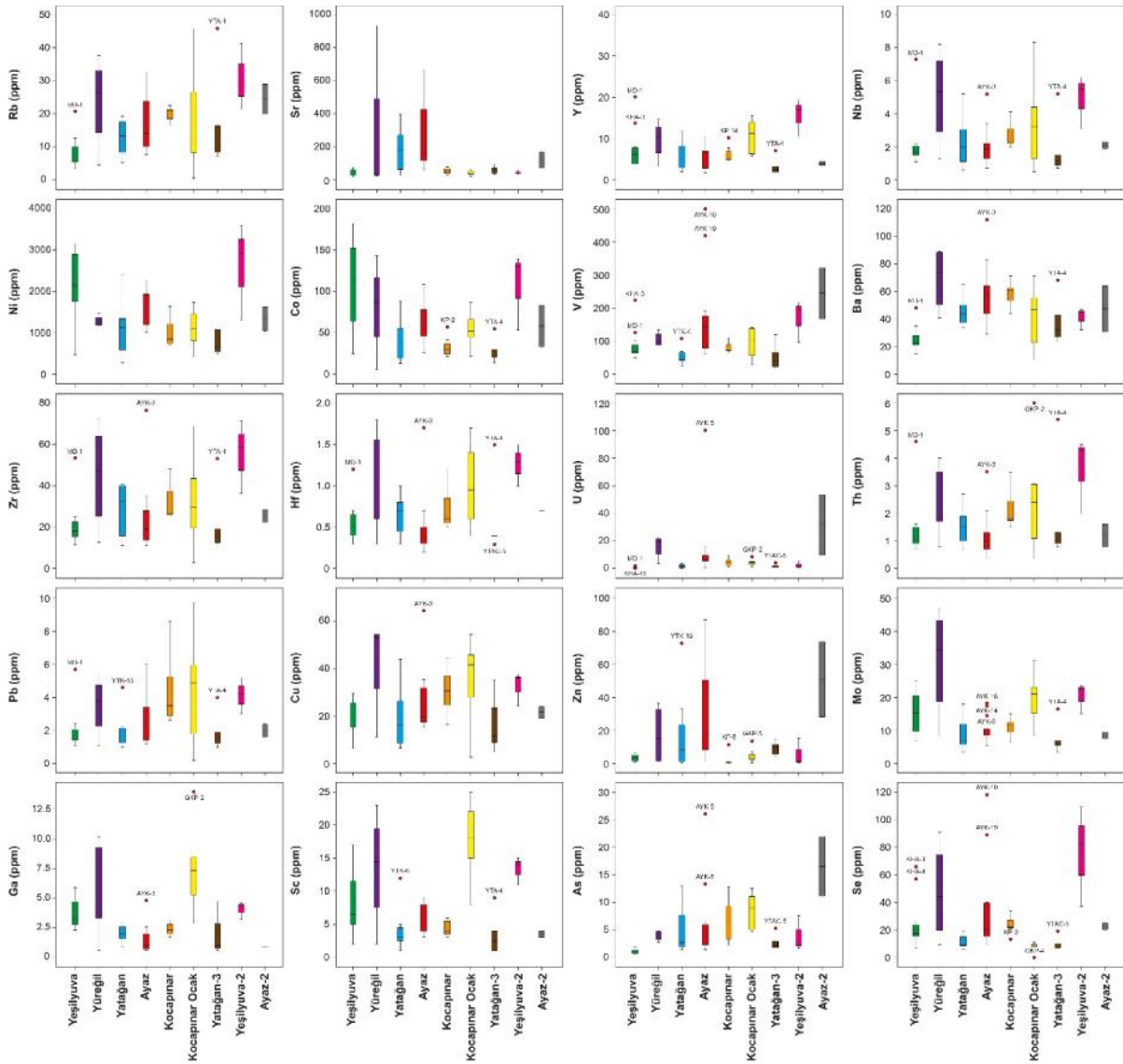
Lokalite Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Sb	Au	Hg	Se
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-3	7.3	15.7	13.7	2.3	21.8	1.4	41	1.8	0.1	0.1		0.06	6.6
	KHA-4	6.5	11.4	6.6	0.8	6.4	1.1	18					0.04	1.5
	KHA-6	1.2	22.9	3.9		29.6	2.0	50		0.1			0.03	1.6
	KHA-8	4.2	14.9	7.4	1.9	17.9	1.4	21		0.1			0.03	5.7
	KHA-9	6.3	15.6	8.1	1.7	13.7	1.3	14					0.04	1.7
	KHA-10	7.8	25.0	4.8	0.8	29.3	2.1	41	0.7				0.04	0.7
	KHA-12	2.3	18.4	3.9	0.5	26.3	1.4	32					0.03	1.6
	KHA-14	0.7	22.1	2.7	0.5	24.2	1.4	41		0.1			0.02	0.9
	KHA-15	9.6	17.8	7.3	3.1	13.1	1.7	17	1.1	0.1			0.05	1.8
	KHA-16	5.3	20.4	5.8	3.3	17.2	2.4	29	1.3		0.2		0.04	2.0
	KHA-21	6.3	15.4	3.4	1.7	17.4	1.6	25	0.7	0.1			0.06	2.1
MD-1	1.1	53.6	20.1	2.8	25.0	5.7	46	1.2	0.2		1.1	0.03	2.6	
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	TRY-2	1.8	55.8	9.8	18.3	54.6	4.1	58	4.8	0.2	0.3	4.1	0.04	3.0
	TRY-3	3.2	38.0	10.8	14.4	54.5	3.4	79	4.6	0.2	0.2	2.5	0.04	5.8
	TRY-5	2.9	12.6	3.3	0.9	11.4	1.1	17	2.7	0.1	0.3	0.7	0.02	9.1
	YRG-3	1.2	72.1	14.6	0.7	51.7	5.4	94	3.9	0.2			0.03	0.9
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	YTK-6	3.5	40.3	10.2	0.6	35.9	2.2	36	10.8	0.1	0.2	0.6	0.05	1.7
	YTK-11	8.0	12.5	5.1	0.7	17.1	1.0	24	4.6				0.02	0.6
	YTK-15	4.5	40.6	11.8	0.3	44.3	4.6	24	2.7	0.2	0.2		0.11	1.3
	YTK-19	5.0	11.0	2.0	36.4	8.3	1.1	9	1.4		0.7	1.0	0.02	0.9
	YTK-23	10.9	40.0	3.6	16.6	16.3	2.1	14	12.9		0.5	2.3	0.05	1.9
	YTK-28	7.3	19.1	2.5	6.9	6.5	1.4	7	2.0		0.1	1.1	0.05	0.8
YTK-33	6.6	32.5	6.3	4.2	8.5	2.1	14	1.9			0.7	0.04	1.0	

Tablo 7.6. devam

Lokalise Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası	W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Sb	Au	Hg	Se	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
AYAZ 35S 0708195 4164054	AYK-3	10.5	76.6	6.6		64.6	3.9	21			1.8	0.06	3.9	
	AYK-4	6.6	17.6	1.6	23.4	18.1	1.4	15	4.1		0.3		0.03	1.5
	AYK-5	10.5	35.0	10.4	37.3	32.0	3.4	20	26.0	0.1	0.7	2.6	0.06	4.0
	AYK-6	2.4	31.0	7.0	1.1	35.6	2.3	29	1.6	0.2		2.1	0.03	1.0
	AYK-7	8.2	13.1	2.0	5.6	15.4	1.2	11	5.4		0.3		0.01	1.9
	AYK-8	10.5	11.2	2.4	43.4	16.1	1.2	19	13.3		0.5	1.5	0.04	2.5
	AYK-9	3.1	19.9	7.9	4.0	33.8	6.0	17	2.9	0.4	0.4	0.6	0.04	
	AYK-10	8.0	13.9	6.5	9.9	15.8	3.1	20	1.7	0.6	2.8		0.02	11.8
	AYK-12	8.5	19.0	2.8	4.3	19.7	4.2	21	4.9	0.4	1.8	0.9	0.04	
	AYK-14	1.1	12.6	3.4	1.5	19.3	1.2	35	1.4		0.2	0.6	0.01	1.6
	AYK-18	1.3	28.1	6.7	4.3	31.0	1.9	36	6.5		0.1		0.03	1.2
AYK-19	8.9	24.5	7.7	27.2	32.0	2.1	18	4.2	0.2	1.4		0.05	8.9	
AYK-21	6.7	16.2	3.0	11.9	17.6	1.9	15	4.4		0.3		0.03	2.0	
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	KP-2	4.3	25.5	4.9	0.1	16.5	8.6	25	9.8		0.1	2.7	0.02	1.3
	KP-4	10.4	48.2	7.7	0.4	41.6	3.5	20	4.1		0.3	1.6	0.11	3.2
	KP-6	8.7	25.5	4.9	0.4	30.7	2.6	18	8.8		0.2	0.9	0.09	2.2
	KP-8	6.3	26.5	6.1	5.7	27.7	2.6	13	12.8	0.1	0.5		0.07	3.4
	KP-10	3.7	26.9	4.7	0.3	21.8	3.2	30	2.2				0.03	2.2
	KP-12	5.2	26.4	5.0	0.5	32.5	3.8	23	6.8	0.1	0.2	1.1	0.10	2.2
KP-14	7.3	47.6	10.2	0.2	44.7	6.7	25	2.6	0.1	0.1	2.4	0.12	2.1	
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	GKP-2	2.6	68.5	15.7	1.9	41.8	9.7	62	9.0	0.4	0.4		0.08	0.9
	GKP-4	11.5	2.9	5.8	0.8	2.8	0.2	24	11.1		0.2		0.05	0.0
	GKP-5	27.0	22.9	39.6	6.9	54.6	1.6	46	5.1	0.3	0.1		0.06	1.1
	GKP-7	4.6	40.4	12.3	0.3	47.2	5.4	42	4.6	0.3	0.3		0.08	0.8

Tablo 7.6. devam

Lokalite Adı / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Sb	Au	Hg	Se
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	GKP-12	3.9	46.5	11.3	1.6	44.6	6.5	46	4.9	0.2	0.3	1.0	0.06	0.8
	GKP-14	0.8	16.4	5.7	1.8	15.7	2.0	17	10.9		0.4		0.03	1.0
	GKP-16	1.9	29.7	6.9	3.6	40.5	4.9	37	12.5	0.2	0.7	1.2	0.06	0.9
KARAÇAY 35S 0711999 4169774	KRC-2	2.1	101.1	17.8	2.3	36.7	9.7	45	2.3	0.1		1.7	0.07	0.9
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757	T-1		57.0	8.7		42.0	3.9	59	0.6			1.5	0.02	
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	1.4	14.3	1.9	5.8	10.7	1.5	11	1.8		0.2	1.1	0.07	0.7
	YTA-3	1.4	16.3	2.7	5.7	9.0	1.9	11	2.1		0.2		0.05	0.7
	YTA-4	2.1	53.0	7.1	2.1	35.3	4.0	33	2.9			1.7	0.05	0.7
	YTAC-1	4.5	12.2	1.7	2.9	5.1	1.0	7	2.1		0.1		0.04	0.7
	YTAC-3	5.0	12.5	2.5	7.5	13.1	1.2	14	1.8		0.1	1.5	0.04	1.0
	YTAC-5	6.8	19.2	3.3	4.2	23.6	1.7	12	5.3		0.3	1.6	0.04	1.9
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	KKLP-2	1.8	58.5	17.0	0.2	24.6	4.2	45	2.5	0.2		1.2	0.05	8.2
	KKLP-3	1.5	71.5	19.3	0.8	37.5	5.2	47	1.7	0.3	0.1	1.2	0.04	10.9
	KINC-2	6.9	36.4	10.6	7.6	35.9	3.0	30	7.6	0.1	0.1	1.1	0.04	3.7
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	CD-2	8.3	22.3	3.6	36.9	24.1	1.6	19	21.9	0.1	1.3	2.7	0.04	2.0
	CD-3	5.3	28.6	4.5	14.1	19.3	2.4	15	11.1	<0.1	0.3	2.9	0.06	2.5
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	18.6	225.2	28.5	14.9	29.3	15.7	50	15.0	0.6	0.4	2.9	0.12	1.2



Şekil 7.16. Kömür örneklerinin bazı iz element içeriklerine ait kutu grafikleri.

Niobyum (Nb) içeriği Yüreğil ve Kocapınar-Ocak kömür örneklerinde geniş dağılım aralığı göstermektedir. Bununla birlikte Yüreğil, Yatağan ve Kocapınar-Ocak örnekleri kendi içlerinde simetrik (homojen) dağılıma sahiptir (Şekil 7.16). Karaçay ve Karaçay-2 nokta örneklerinin Nb (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerlerdedir (Karaçay'da 11.4 ppm, Karaçay-2'de 16.1 ppm).

Nikel (Ni) elementi, Magnezyum (Mg) elementi ile benzer iyon yarıçapı ve elektrik yüküne sahip olduğu için Mg mineralleri (olivin, piroksen, Amfibol, Mg'lu killer, klorit vb.) içerisinde bulunmaktadır. Ni içerikleri bakımından Yeşilyuva ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri diğer kömür

örneklerine göre daha yüksek değerler göstermektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Ni (ppm) içerikleri Karaçay' da 900.6 ppm; Yatağan-2'de 1372 ppm ve Karaçay-2'de 383.4 ppm olarak belirlenmiştir.

Kobalt (Co) elementi Fe^{+2} elementi ile aynı iyon yarıçapına sahiptir. Bu durumda Co'nun demirli bileşikler tarafından saklanması gerekir. Ancak kobalt Fe^{+2} tarafından değil, Mg tarafından saklanmaktadır. Co içeriği Yeşilyuva, Yüreğil ve Yeşilyuva-2 kömür örneklerinde yüksek ve geniş dağılım aralıkları gösteriyorken, diğer kömür örneklerinde benzer dağılım aralıkları göstermektedir. Ayrıca her lokalitenin kendi içerisinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Co (ppm) içerikleri bakımından nokta örnekleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir. Co içerikleri Karaçay'da 55.3 ppm; Yatağan-2'de 79 ppm ve Karaçay-2'de 31.6 ppm olarak belirlenmiştir.

Vanadyum (V) düşük elektronegativitesi nedeniyle manyetit içerisinde belirgin bir zenginleşme gösterir. V piroksen, amfibol ve biyotit mineralleri içerisinde dahi görülebilir. V içerikleri bakımından kömür örnekleri benzer dağılım aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Ayaz-2 kömür örneklerinin V içeriği diğer kömür örneklerine göre daha yüksektir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin V (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir.

Baryum (Ba) Ca veya Sodyum (Na) ile yerdeğiştirmek için oldukça büyük iyon yarıçapına sahip bir element'dir. K ile karşılaştırılabilecek kadar büyük iyon yarıçapına sahip tek element olup, biyotit ve k-feldspatlar içerisinde yaygın olarak görülür. Ba içerikleri bakımından Yeşilyuva örnekleri diğer lokalitelere göre daha düşük, Yüreğil ve Kocapınar-Ocak kömür örnekleri nispeten yüksek ve geniş dağılım değerleri göstermektedir. Ayrıca her lokalitenin (Yatağan ve Ayaz-2 dışında) kendi içerisinde asimetrik (homojen olmayan) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Karaçay-2 nokta örneğinin Ba (ppm) içeriği diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerdedir (375 ppm).

Zirkonyum (Zr) yüksek elektrik yükü ve nisbeten daha yüksek iyon yarıçapına sahip olup, bu özelliğiyle diğer major elementlerden ayrılmaktadır. Bu bakımdan Zr kayaç oluşturan yaygın minerallerin bünyesine girmez ve zirkon minerali olarak görülür. Zr içerikleri bakımından Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 örnekleri geniş dağılım değerleri gösteriyorken, Yeşilyuva, Yatağan-3 ve Ayaz-2 örnekleri sınırlı dağılım aralığı göstermektedir.

Hafniyum (Hf) Zr ile aynı elektrik yüküne ve neredeyse aynı iyon yarıçapına sahip olması nedeniyle Hf zirkon mineralleri tarafından saklanır. Kömür örneklerinin Hf içerikleri Zr içeriklerine benzer dağılım ilişkileri göstermektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Zr (ppm) ve Hf (ppm) içerikleri sırasıyla Karaçay'da 101.1 ppm, 2.5 ppm; Yatağan-2'de 57 ppm, 1.6 ppm ve Karaçay-2'de 225.2 ppm, 6 ppm olarak belirlenmiştir. Karaçay ve Karaçay-2 nokta örneklerinin Zr ve Hf içerikleri diğer kömür örneklerine göre daha yüksek değerlerdedir.

Uranyum (U) değerleri bakımından kömür örnekleri (Yüreğil ve Ayaz-2 kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma değerlerine sahiptir. Ayrıca Yüreğil, Ayaz ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri haricinde her lokalitenin kendi içerisinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin U (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir.

Toryum (Th) içerikleri bakımından Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri yüksek ve geniş dağılım değerleri gösteriyorken, diğer kömür örnekleri benzer dağılım değerlerine sahiptir (Şekil 7.16). Karaçay ve Karaçay-2 nokta örneklerinin Th (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerlerdedir (Karaçay'da 6.3 ppm, Karaçay-2'de 11.6 ppm).

Kurşun (Pb) içeriği bakımından kömür örnekleri (Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 örnekleri haricinde) benzer dağılıma aralıklarına sahiptir. Ayrıca Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 örnekleri kömür örnekleri diğer kömür örneklerine göre nispeten yüksek ve geniş dağılım aralıklarına sahiptir (Şekil 7.16). Karaçay ve Karaçay-2 nokta örneklerinin Pb (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerlerdedir (Karaçay'da 9.7 ppm, Karaçay-2'de 15.7 ppm).

Bakır (Cu) içeriği bakımından kömür örnekleri (Yüreğil ve Kocapınar-Ocak kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Yeşilyuva, Yatağan, Kocapınar ve Ayaz-2 kömür örneklerinin kendi içerilerinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Cu (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir.

Çinko (Zn) içerikleri bakımından Yüreğil, Yatağan, Ayaz ve Ayaz-2 örnekleri haricinde diğer lokalitelere ait kömür örnekleri benzer dağılım değerleri göstermektedir. Ayaz ve Ayaz-2 kömür örnekleri Zn içerikleri bakımından en yüksek değere sahip kömür lokaliteleridir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Zn (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir.

Molibden (Mo) içerikleri bakımından Yüreğil kömür örnekleri haricinde diğer kömür örnekleri benzer ve sınırlı dağılım aralıklarına sahiptir. Ayrıca Yeşilyuva ve Ayaz-2 kömür lokalitelerinin kendi içerisinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Karaçay nokta örneğinin Mo (ppm) içeriği diğer kömür örneklerine göre nispeten daha düşük değerdedir (Karaçay'da 2.3 ppm).

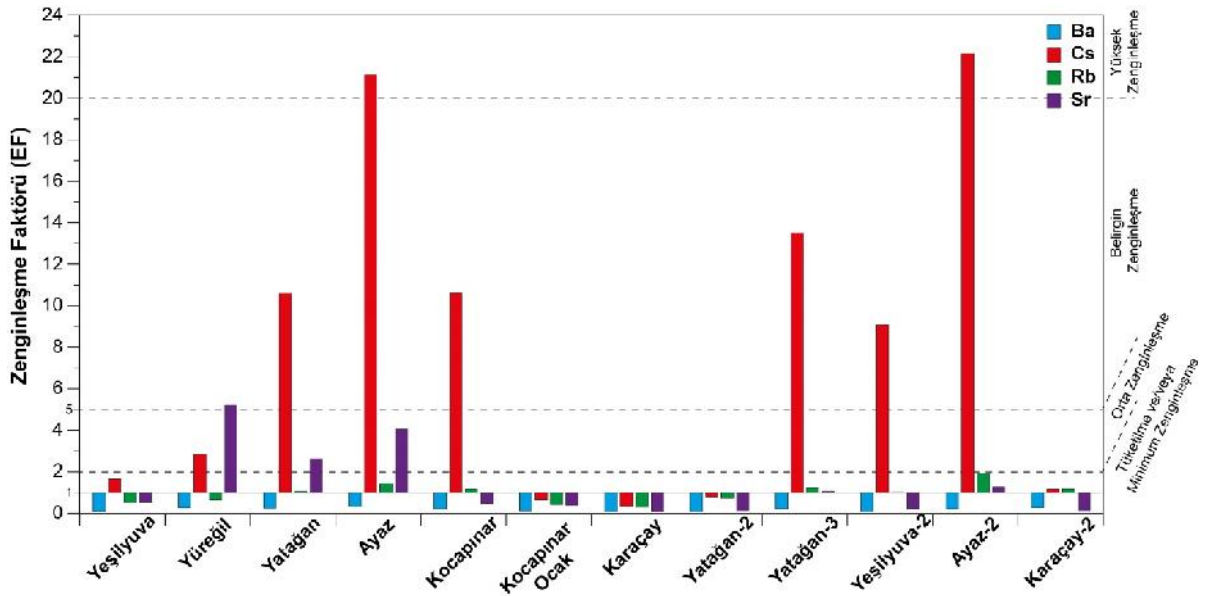
Galyum (Ga) Alüminyum (Al) ile benzer iyon yüküne ve iyon yarıçapına sahiptir. Bu nedenle Al içeren mineraller (Kil mineralleri) tarafından saklanır. Ga içerikleri bakımından Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri diğer lokalite örneklerine göre daha yüksek ve geniş dağılım değerleri göstermektedir (Şekil 7.16). Karaçay ve Karaçay-2 nokta örneklerinin Ga (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine göre nispeten daha yüksek değerlerdedir (Karaçay da 11.7 ppm, Karaçay-2'de 14.8 ppm).

Skandiyum (Sc) 0.81 \AA iyon yarıçapı Fe^{+2} iyonlarına oldukça yakın olup, yüksek elektrik yükü nedeniyle ferromagnezyumca zengin mineraller tarafından yakalanması beklenmektedir. Magmatik piroksenlerin analiz sonuçlarında görülen belirgin Sc konsantrasyonları bu beklentiyi haklı çıkarmaktadır. Benzer analiz sonuçları biyotit ve hornblend içinde geçerlidir. Sc içerikleri bakımından Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri diğer lokalite örneklerine göre daha yüksek ve geniş dağılım değerleri göstermektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Sc (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir.

Arsenik (As) içeriği bakımından kömür örnekleri (Yeşilyuva ve Ayaz-2 kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Ayaz ve Kocapınar kömür örneklerinin kendi içlerinde simetrik (homojen) dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin As (ppm) içerikleri diğer kömür örneklerine benzer değerler göstermektedir. As içerikleri Karaçay'da 2.3 ppm; Yatağan-2'de 0.6 ppm ve Karaçay-2'de 15 ppm olarak belirlenmiştir.

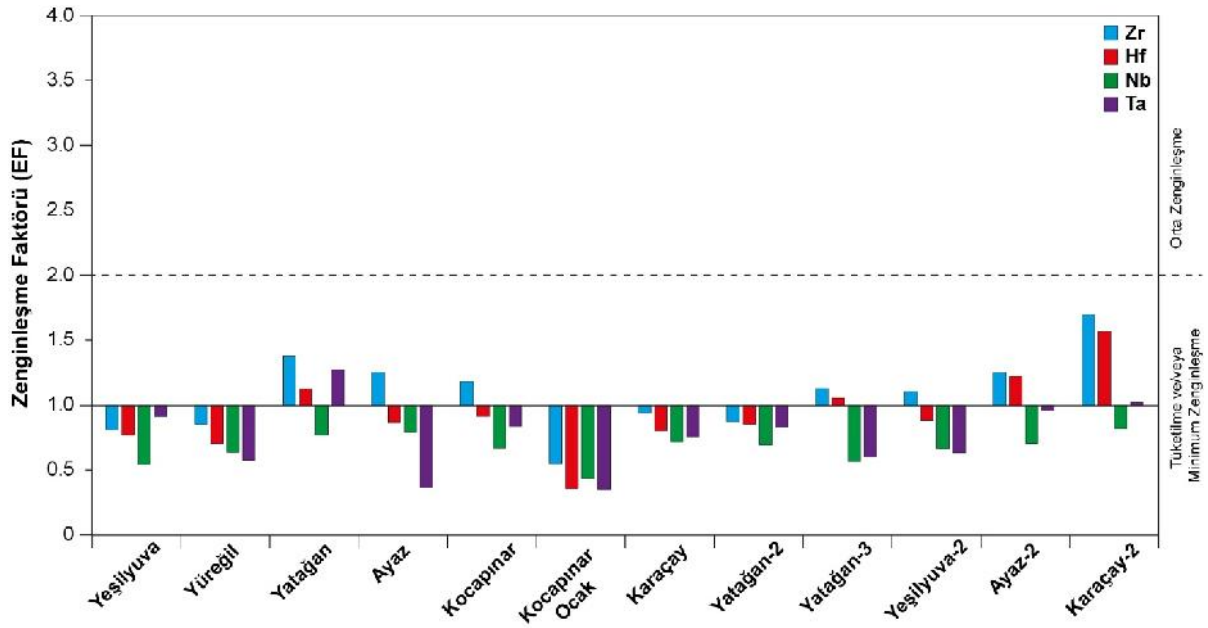
Kömürlerde görülen Selenyum (Se) içeriği başlıca organik maddeyle ilişkili olup, daha az oranda pirit, sfalerit ve Pb, Se mineralleri ile ilişkilidir. Se bakımından kömür örnekleri (Yüreğil ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Yüreğil ve Yeşilyuva-2 örnekleri geniş dağılım değerlerine sahiptir. Ayrıca analiz edilen elementler içerisinde en fazla dışlak değere sahip ikinci element Se elementidir (Şekil 7.16). Nokta örneklerin Se (ppm) içerikleri Karaçay'da 0.9 ppm ve Karaçay-2'de 1.2 ppm olarak belirlenmiştir.

Kömür örneklerinin Büyük İyon Yarıçaplı Element (**Large Ion Lithophile Element-LILE**) (Ba, Cs, Rb ve Sr) (iyonik potansiyeli <2) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine göre zenginleşme durumları Şekil 7.17’de verilmiştir. Buna göre incelenen kömür örneklerinin Ba element içeriklerinin ortalama kömür değerlerine göre “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. Cs içerikleri bakımından Ayaz ve Ayaz-2 örneklerinde “*Yüksek*”, Yatağan, Kocapınar, Yatağan-3 ve Yeşilyuva-2 örneklerinde “*Belirgin*”, Yüreğil örneklerinde “*Orta*”, Yeşilyuva, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2 ve Karaçay-2 örneklerinde “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme görülmektedir (Şekil 7.17). Rb element içerikleri bakımından tüm loasyonlardaki kömür örneklerinin ortalama kömür değerlerine göre “*Tüketilme ve/veya Minimum*” derecede zenginleştiği görülmektedir. Rb içeriklerine göre Yüreğil (*Belirgin*), Yatağan ve Ayaz örnekleri dışında (*Orta zenginleşme*) kalan loasyonlardaki kömür örneklerinin ortalama kömür değerlerine göre “*Tüketilme ve/veya Minimum*” derecede zenginleştiği görülmektedir (Şekil 7.17).



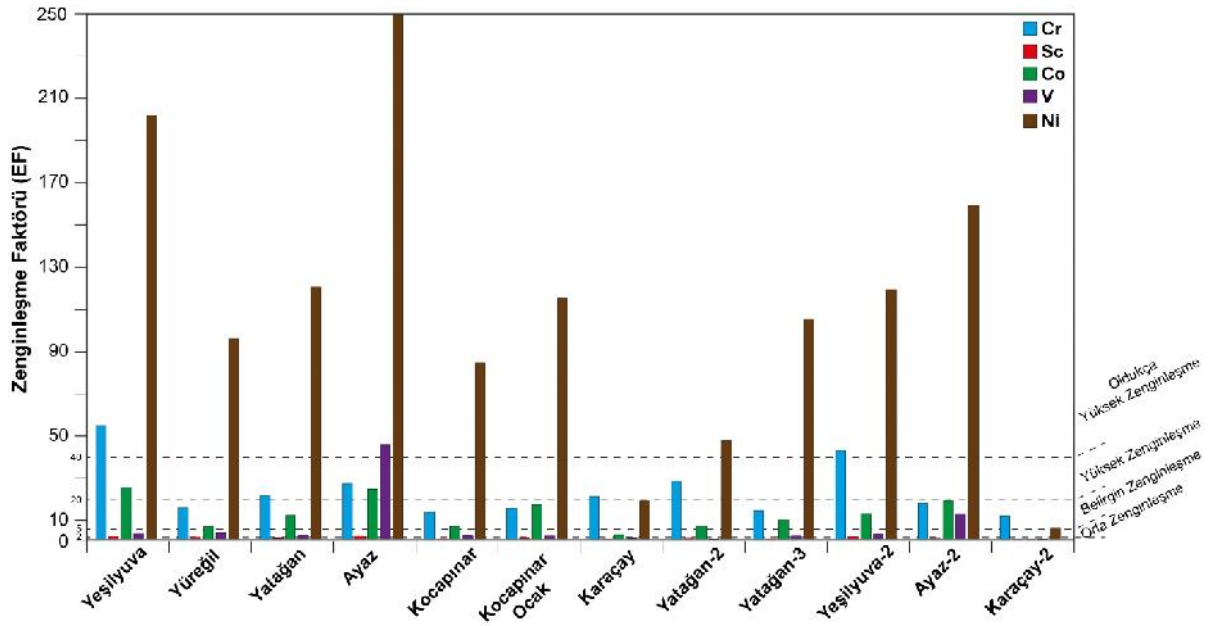
Şekil 7.17. İncelenen kömür örneklerinin Büyük İyon Yarıçaplı Element (Ba, Cs, Rb ve Sr) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

Kömür örneklerinin Yüksek Çekim Alanlı Element (**High Field Strength Element-HFSE**) (Zr, Hf, Nb ve Ta) (iyonik potansiyeli <2) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine göre zenginleşme durumları Şekil 7.18’de görülmektedir. Bütün lokasyonlardaki kömür örneklerinin HFSE element içeriklerinin ortalama kömür değerlerine göre “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. (Şekil 7.18).



Şekil 7.18. İncelenen kömür örneklerinin Yüksek Çekim Alanlı Element (Zr, Hf, Nb ve Ta) içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

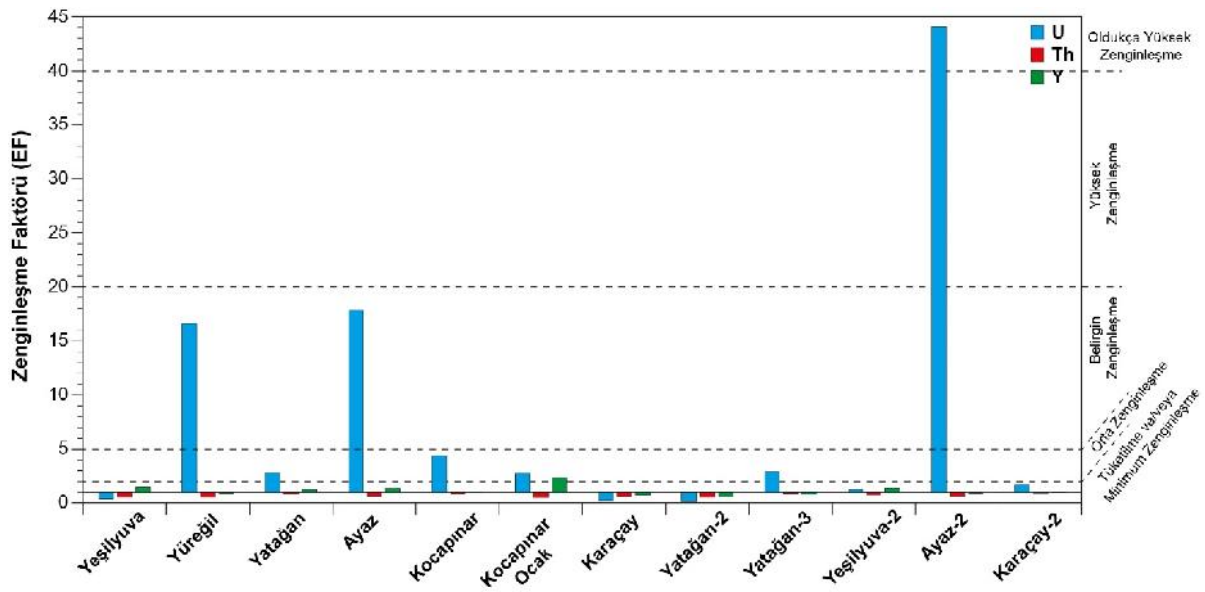
İncelenen kömür örneklerinin ortalama Cr, Sc, Co, V ve Ni element içeriklerinin EF değerleri Şekil 7.19’da verilmiştir. Ferromagnezyen iz elementler (Cr, Sc, Co, V, Ni) olarak da bilinen bu elementler mafik ve ultramafik kayalar içerisinde yüksek değerlerde bulunurlar. Cr içerikleri bakımından ortalama kömür değerlerine göre Yeşilyuva ve Yeşilyuva-2 örneklerinin “*Oldukça Yüksek*”, Yatağan, Ayaz, Karaçay ve Yatağan-2 örneklerinin “*Yüksek*”, Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-3, Ayaz-2 ve Karaçay-2 örneklerinin “*Belirgin*” derecede zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.19). Sc elementi bakımından Yeşilyuva, Ayaz ve Yeşilyuva-2 örnekleri “*Orta*”, diğer lokasyonlardaki kömür örnekleri “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme göstermektedir. Co içeriklerine göre Yeşilyuva ve Ayaz örneklerinin “*Yüksek*”, Yüreğil, Yatağan, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 örneklerinin “*Belirgin*”, Karaçay ve Karaçay-2 örneklerinin “*Orta*” derecede zenginleşme gösterdiği görülmektedir. V içeriklerinde Ayaz kömür örneklerinin “*Oldukça Yüksek*”, Ayaz-2 örneklerinin “*Belirgin*” diğer lokasyonlara ait kömür örneklerinin “*Orta-Minimum*” derecede zenginleşme gösterdikleri belirlenmiştir. Ni elementi bakımından Karaçay ve Karaçay-2 örnekleri dışında (*Belirgin zenginleşme*) kalan lokasyonlardaki kömür örneklerinin ortalama kömür değerlerine göre “*Oldukça Yüksek*” derecede zenginleştiği görülmektedir (Şekil 7.19).



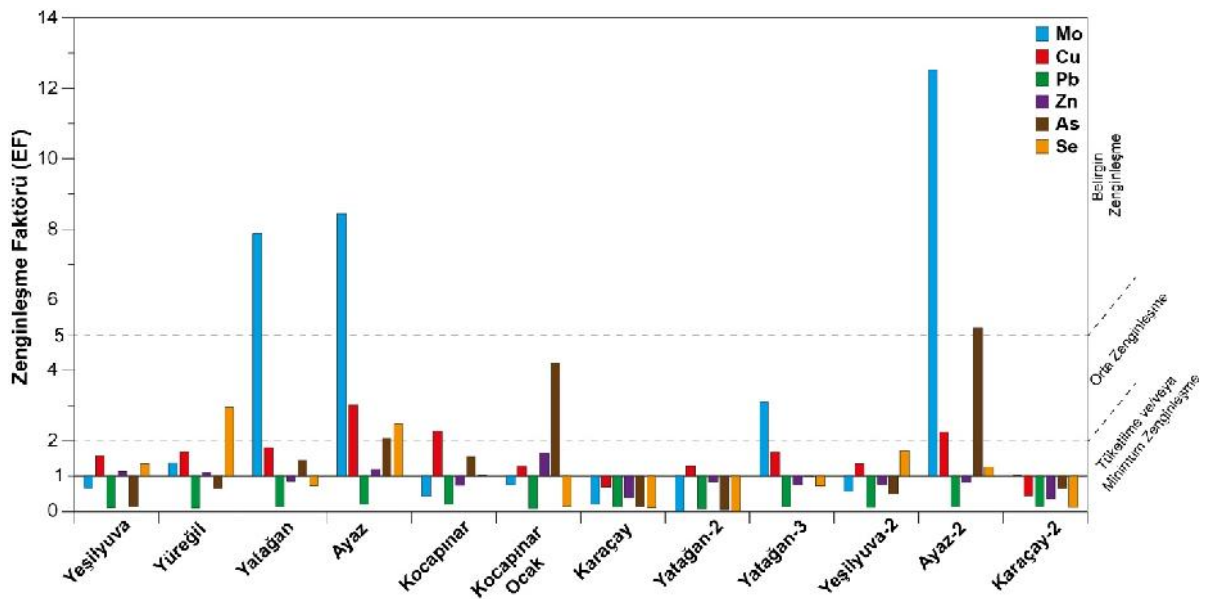
Şekil 7.19. İncelenen kömür örneklerinin Cr, Sc, Co, V ve Ni element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

Yerkabuğunu oluşturan kayaç ve minerallerin içermiş olduğu U, Th ve Y elementleri en önemli doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadır. Kayaçlar içerdikleri bazı minerallerin (feldispat, biyotit, hornblend, zirkon, allanit, monazit, ksenotim, torit ve uranotorit) kimyasal bileşimlerindeki U, Th ve Y elementleri nedeniyle radyoaktivite açısından önem taşımaktadır. İncelenen kömür örnekleri U içerikleri bakımından ortalama kömür değerlerine göre Ayaz-2 örneklerinin “*Oldukça Yüksek*”, Yüreğil ve Ayaz örnekleri “*Belirgin*”, Yatağan, Kocapınar, Kocapınar-Ocak ve Yatağan-3 örneklerinin “*Orta*”, Yeşilyuva, Karaçay, Yatağan-2, Yeşilyuva-2 ve Karaçay-2 örneklerinin “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.20). Örneklerin Th içerikleri ortalama kömür bileşimine göre “*Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme gösterirken, Kocapınar-Ocak örneklerinin Y içeriklerinde diğer lokasyonlara göre “*Orta*” derecede zenginleşme görülmektedir.

Sülfür minerallerinin ana bileşenlerini meydana getiren elementler (Mo, Cu, Pb, Zn, As ve Se) bakımından incelenen kömür örneklerinin ortalama kömür bileşimine göre EF değerleri Şekil 7.21’de verilmiştir. Buna göre Mo içeriklerinin Yatağan, Ayaz ve Ayaz-2 örneklerinde “*Belirgin*”, Yatağan-3 örneklerinde “*Orta*”, Yeşilyuva, Yüreğil, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yeşilyuva-2 ve Karaçay-2 örneklerinde *Tüketilme ve/veya Minimum*” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.21).



Şekil 7.20. İncelenen kömür örneklerinin U, Th ve Y element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

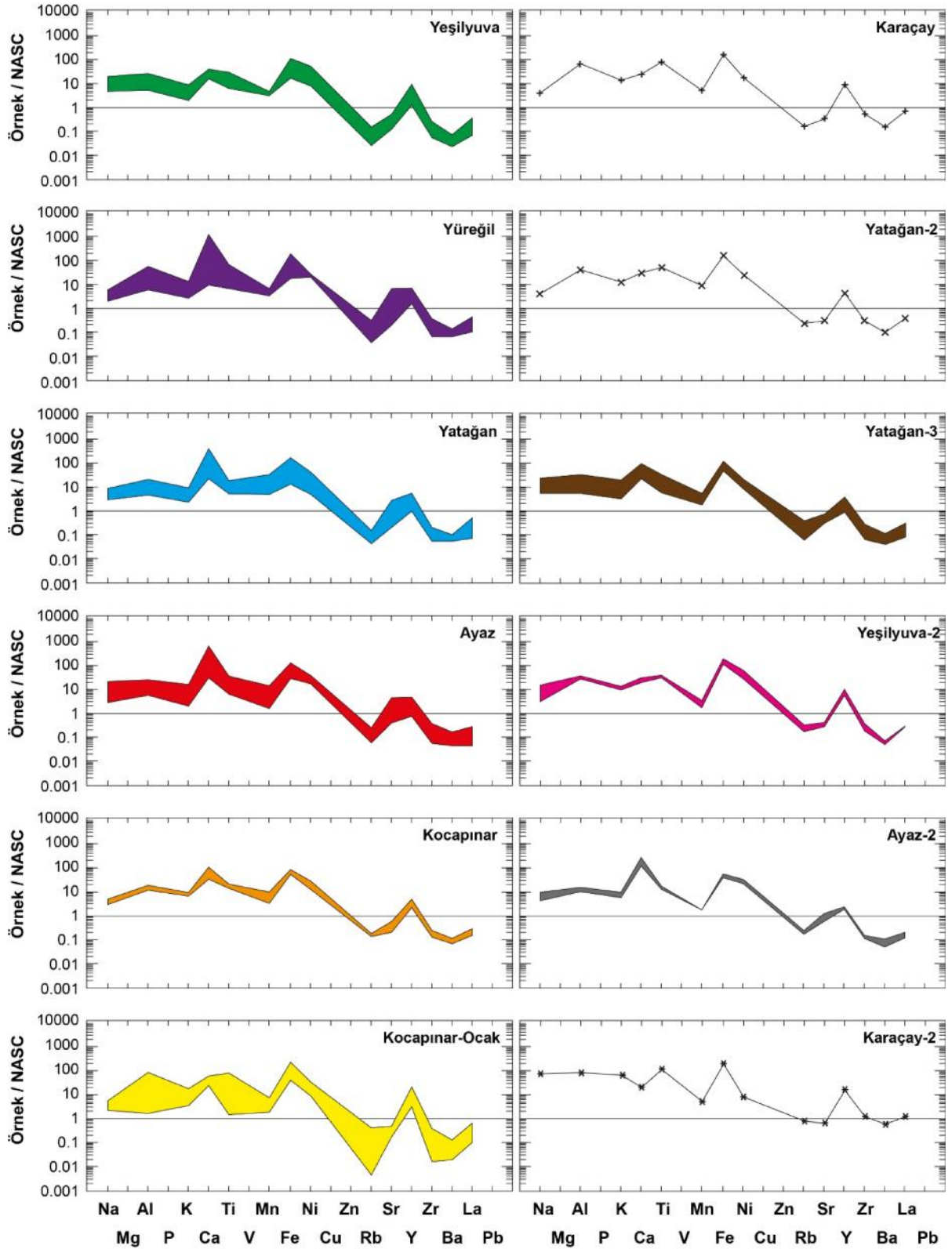


Şekil 7.21. Kömür örneklerinin Mo, Cu, Pb, Zn, As ve Se element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

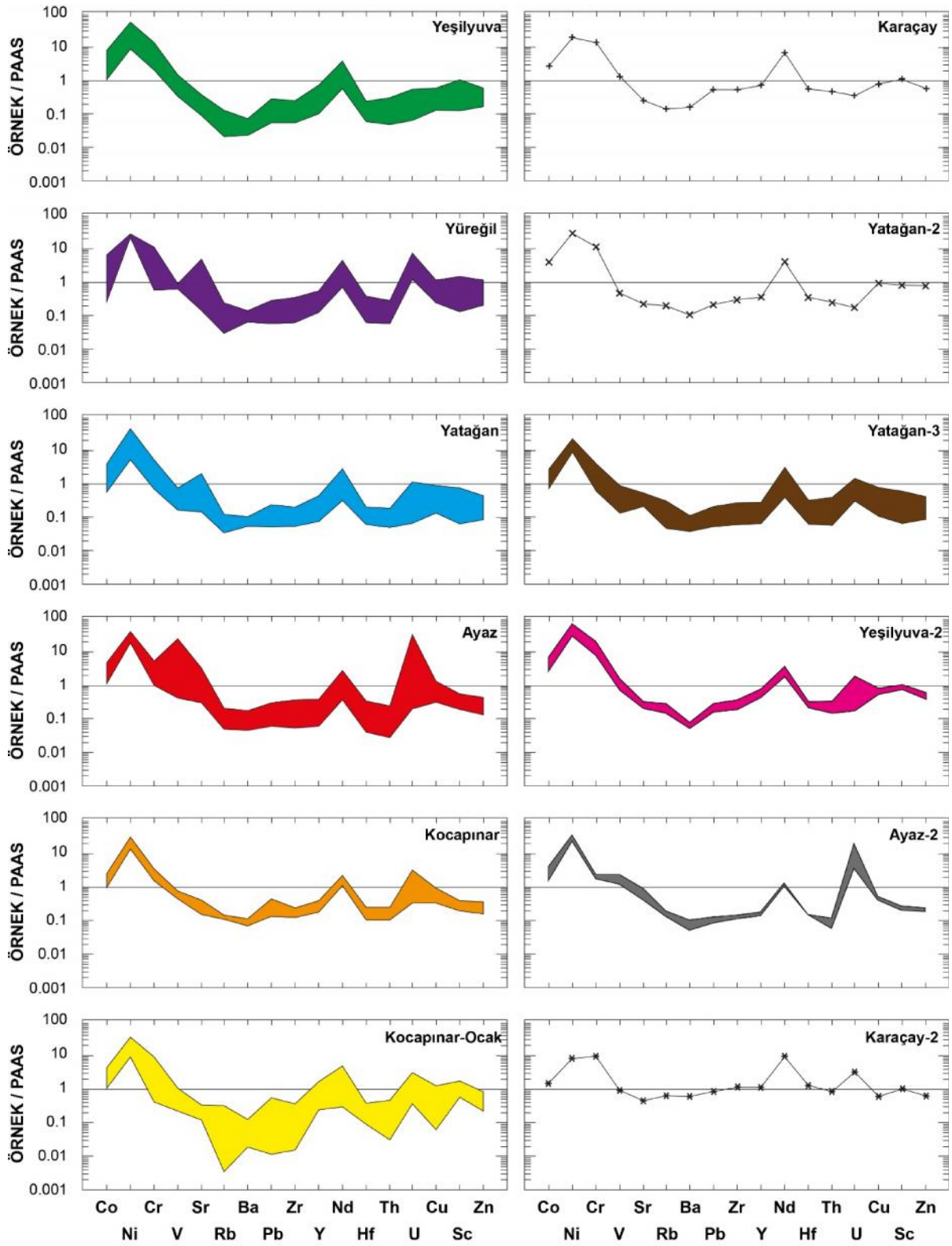
İncelenen kömür örneklerinin Cu içerikleri Ayaz, Kocapınar ve Ayaz-2 örnekleri (“Orta” derecede zenginleşme) dışında kalan örneklerde “Tüketilme ve/veya Minimum” zenginleşme göstermektedir (Şekil 7.21). Tüm loksayonlardaki kömür örneklerinin Pb ve Zn içeriklerinin ortalama kömür bileşimine göre “Tüketilme ve/veya Minimum” zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. As içerikleri Ayaz, Kocapınar ve Ayaz-2 örnekleri (“Orta” derecede zenginleşme) dışında kalan örneklerde “Tüketilme ve/veya Minimum” zenginleşme göstermektedir (Şekil 7.21). Yüreğil ve Ayaz kömür örnekleri (“Orta” derecede zenginleşme) dışında kalan diğer kömür örneklerinin Se içeriklerinde ortalama kömür bileşimine göre “Tüketilme ve/veya Minimum” zenginleşme belirlenmiştir.

Farklı lokalitelerden alınan kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi (North American Shale Composition - NASC) değerlerine göre normalleştirilmiş çoklu element dağılım diyagramlarında kömür örneklerinin birbirine benzer dağılım desenleri göstermektedir. Bununla birlikte Na, Mg, Al, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni ve Y elementleri bakımından Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi’ne oranla 3-100 kat arasında değişen zenginleşmeler görülürken, Rb, Sr, Zr, Ba ve La elementlerinde NASC bileşimine oranla 3-100 kat fakirleşmeler görülmektedir (Şekil 7.22). Aynı diyagramlarda Ca, Rb ve Ni elementlerindeki anomaliler oldukça belirgindir.

Kömür örneklerinin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) bileşimine göre normalleştirilmiş çoklu element dağılım diyagramlarında kömür örneklerinin büyük oranda birbirine benzer dağılım desenleri gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.23). Ancak özellikle Yeşilyuva, Kocapınar-Ocak ve Karaçay-2 örneklerinde Hf, Th ve U elementlerinde hafif farklılaşma belirlenmiştir. Bununla birlikte Co, Ni, Cr ve Nd elementleri bakımından PAAS içeriklerine oranla 1-50 kat arasında değişen zenginleşmeler görülürken, V, Sr, Rb, Ba, Pb, Zr, Y, Sc, Hf, Th, U, Cu ve Zn elementlerinde Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl içeriklerine oranla 1-100 kat tüketilmişlikler görülmektedir. Aynı diyagramlarda Ni, Rb, Nd ve U elementlerindeki anomaliler oldukça karakteristiktir (Şekil 7.23).



Şekil 7.22. Farklı lokalitelerdeki kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi'ne (North American Shale Composition-NASC) göre normalize edilmiş çoklu element (spider) diyagramları (NASC değerleri Gromet et al., 1984'den alınmıştır.)



Şekil 7.23. Kömür örneklerinin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) içeriklerine göre normalize edilmiş çoklu element (spider) diyagramları (PAAS değerleri McLennan, 1989'dan alınmıştır.)

7.5. Nadir Toprak Elementleri (NTE) Jeokimyası

İyon yarıçapları 56-71 arasında olan elementlere Nadir Toprak Elementleri (**NTE**) denir. Bu elementler sırasıyla; La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu elementlerinden oluşmaktadır. NTE kendi içerisinde iki gruba ayrılır; **HNTE** (Hafif Nadir Toprak Elementleri) (La, Ce, Pr, Nd, Pm) ve **ANTE** (Ağır Nadir Toprak Elementleri) (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Bazı araştırmacılar bu iki grubun arasında kalan ve Pm'den başlayıp Ho'ya kadar devam eden kısmı **ONTE** (Orta Nadir Toprak Elementleri) şeklinde adlandırmaktadırlar. Ancak bu son grup pek çok araştırmacı tarafından kullanılmamaktadır. İncelenen kömür örneklerinin NTE içerikleri Tablo 7.7'de verilmiştir. NTE içerikleri bakımından kömür örnekleri (Yüreğil, Kocapınar-Ocak ve Yeşilyuva-2 kömür örnekleri haricinde) benzer dağılıma aralıklarına sahiptir. Bununla birlikte Yüreğil ve Yeşilyuva-2 örnekleri nispeten daha yüksek ve geniş dağılım değerleri gösteriyorken, Kocapınar ve Yatağan-3 kömür örnekleri nispeten düşük ve sınırlı dağılım değerleri göstermektedir (Şekil 7.24).

HNTE çoğunlukla felsik magmatik ve üst kıta kabuğu kökenli kayalarda yüksek değerlerde bulunmaktadır. İncelenen tüm kömür örneklerinin HNTE içeriklerinin ortalama kömür bileşimine göre "*Tüketilme ve/veya Minimum*" zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.25a).

ONTE içerikleri bakımından kömür örneklerinin ortalama kömür bileşimine göre "*Tüketilme ve/veya Minimum*" zenginleşme göstermektedir. Bununla birlikte özellikle Kocapınar-Ocak örnekleri diğer lokasyonlara göre tüm ONTE bakımından farklı davranış göstermektedir (Şekil 7.25b).

HNTE, ONTE içeriklerinde olduğu gibi ANTE içerikleri bakımından kömür örneklerinin ortalama kömür bileşimine göre "*Tüketilme ve/veya Minimum*" zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte özellikle Tm içeriklerinin tüm lokasyonlarda benzer davranış göstermektedir (Şekil 7.25c).

Tablo 7.7. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin Nadir Toprak Element (NTE)'i analiz sonuçları.

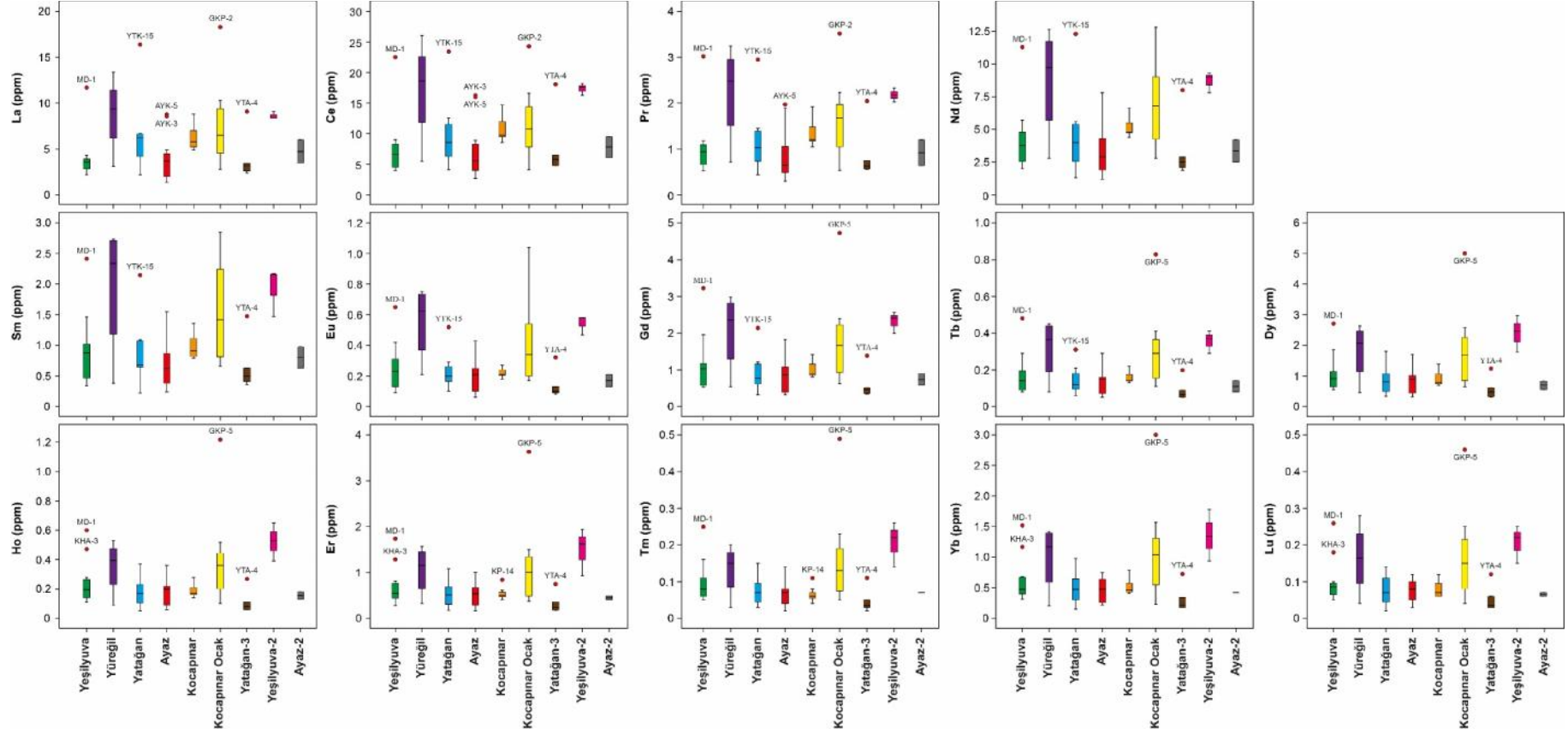
Lokalite Adı / GPS / Örnek Numarası	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327 35S 0714998 41537827	KHA-3	3.9	7.8	1.18	5.7	1.46	0.42	1.96	0.29	1.86	0.47	1.28	0.16	1.17	0.18
	KHA-4	4.3	8.6	1.07	4.7	0.91	0.25	1.09	0.12	0.82	0.18	0.53	0.06	0.39	0.06
	KHA-6	2.8	4.4	0.64	2.5	0.43	0.09	0.54	0.09	0.68	0.14	0.47	0.06	0.41	0.07
	KHA-8	3.1	6.0	0.89	3.8	1.01	0.30	1.11	0.19	1.13	0.23	0.81	0.11	0.68	0.10
	KHA-9	3.9	9.0	1.12	4.9	1.03	0.32	1.17	0.20	1.15	0.28	0.71	0.11	0.67	0.09
	KHA-10	3.4	6.1	0.84	3.5	0.68	0.19	0.75	0.12	0.90	0.18	0.56	0.08	0.48	0.08
	KHA-12	2.2	4.0	0.55	2.1	0.42	0.13	0.53	0.09	0.61	0.14	0.41	0.07	0.45	0.07
	KHA-14	2.4	4.0	0.52	2.0	0.34	0.10	0.54	0.08	0.55	0.11	0.37	0.05	0.35	0.05
	KHA-15	3.9	8.0	1.05	4.3	0.97	0.26	1.17	0.18	0.95	0.25	0.71	0.10	0.56	0.09
	KHA-16	3.7	7.1	0.99	3.7	0.84	0.21	0.96	0.16	0.92	0.21	0.51	0.08	0.46	0.09
	KHA-21	2.9	4.7	0.68	2.6	0.50	0.13	0.61	0.09	0.59	0.11	0.28	0.05	0.31	0.05
MD-1	11.7	22.6	3.02	11.3	2.42	0.65	3.22	0.48	2.72	0.60	1.74	0.25	1.53	0.26	
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	TRY-2	9.3	18.2	2.31	8.6	1.99	0.53	2.05	0.30	1.83	0.37	0.98	0.14	0.98	0.15
	TRY-3	9.4	19.1	2.66	10.8	2.69	0.75	2.66	0.43	2.30	0.42	1.33	0.16	1.37	0.18
	TRY-5	3.1	5.5	0.71	2.8	0.38	0.21	0.54	0.08	0.46	0.09	0.32	0.03	0.20	0.04
	YRG-3	13.4	26.1	3.24	12.6	2.74	0.72	2.98	0.45	2.64	0.53	1.57	0.20	1.42	0.28
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	YTK-6	6.2	10.5	1.33	5.6	1.06	0.29	1.21	0.21	1.18	0.28	0.85	0.12	0.74	0.13
	YTK-11	3.4	6.2	0.78	2.7	0.68	0.20	0.77	0.12	0.81	0.17	0.51	0.07	0.39	0.07
	YTK-15	16.4	23.4	2.95	12.3	2.15	0.52	2.15	0.31	1.81	0.37	1.08	0.15	0.98	0.14
	YTK-19	2.2	4.1	0.44	1.3	0.22	0.16	0.32	0.06	0.33	0.05	0.17	0.03	0.15	0.02
	YTK-23	5.0	8.6	1.03	4.0	0.67	0.17	0.69	0.11	0.63	0.12	0.38	0.06	0.47	0.06
	YTK-28	6.6	6.4	0.69	2.4	0.62	0.10	0.54	0.08	0.35	0.09	0.23	0.03	0.22	0.03

Tablo 7.7. devam

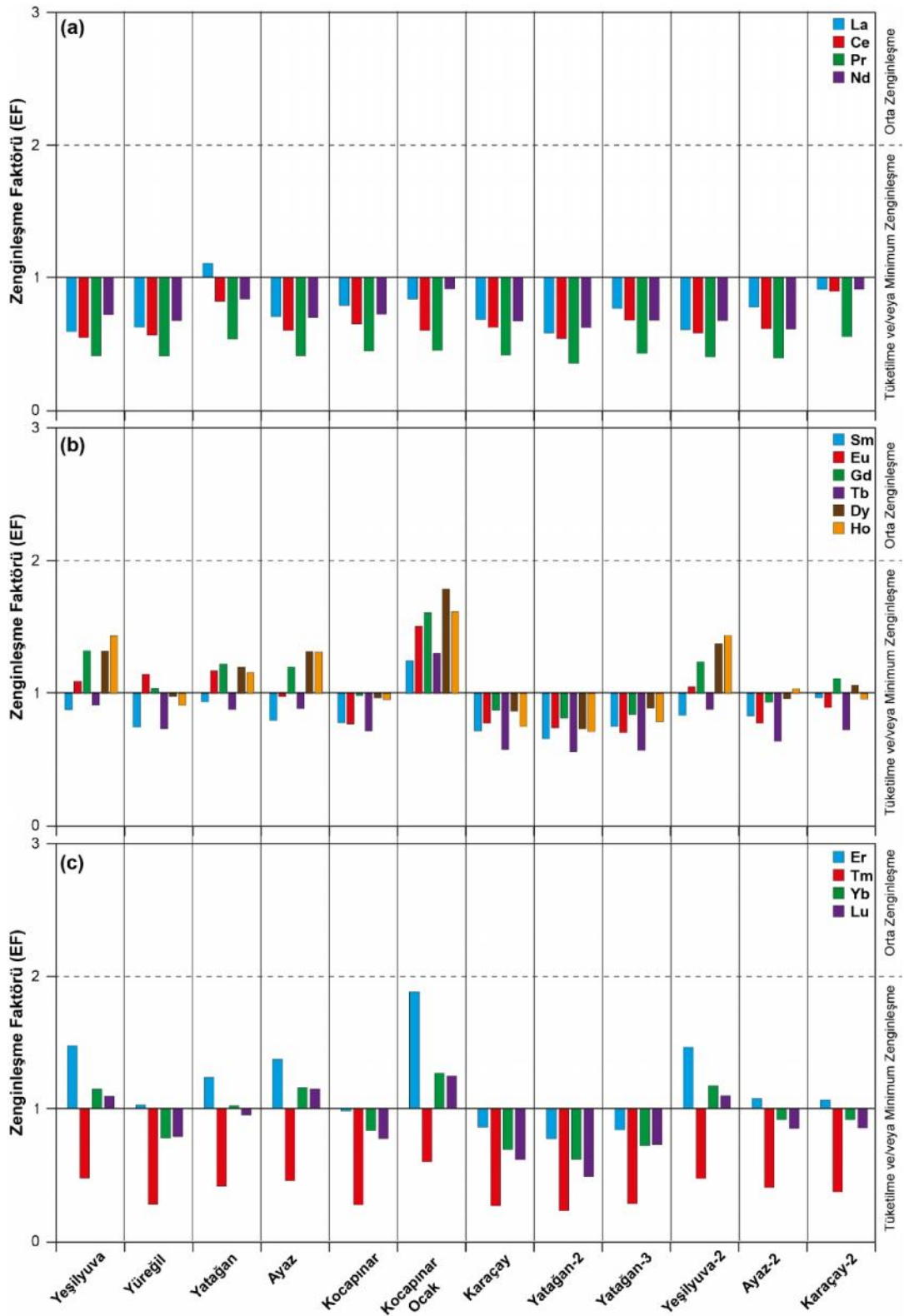
Lokalite Adı / GPS / Örnek Numarası		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	YTK-33	6.7	12.6	1.45	5.2	1.09	0.23	1.09	0.15	0.97	0.18	0.52	0.07	0.55	0.09
AYAZ 35S 0708195 4164054	AYK-3	8.6	16.1	1.89	6.9	1.33	0.31	1.21	0.20	1.13	0.22	0.72	0.08	0.64	0.11
	AYK-4	1.6	3.1	0.36	1.3	0.24	0.06	0.32	0.05	0.32	0.06	0.16	0.03	0.22	0.04
	AYK-5	8.8	16.3	1.97	7.8	1.55	0.43	1.83	0.29	1.70	0.36	1.01	0.14	0.75	0.12
	AYK-6	4.9	8.9	1.10	4.3	0.95	0.25	1.08	0.15	1.01	0.21	0.61	0.07	0.58	0.09
	AYK-7	2.4	4.0	0.49	1.9	0.34	0.08	0.37	0.06	0.42	0.09	0.24	0.02	0.26	0.04
	AYK-8	1.4	2.7	0.30	1.2	0.26	0.07	0.35	0.06	0.38	0.07	0.24	0.03	0.24	0.03
	AYK-9	4.3	7.4	0.98	4.1	0.85	0.26	1.11	0.17	1.11	0.24	0.67	0.10	0.68	0.11
	AYK-10	2.0	4.4	0.60	2.9	0.62	0.22	0.87	0.15	0.89	0.23	0.54	0.08	0.48	0.08
	AYK-12	2.7	4.8	0.59	2.2	0.46	0.10	0.55	0.09	0.46	0.10	0.29	0.04	0.27	0.05
	AYK-14	2.0	3.2	0.38	1.7	0.38	0.11	0.39	0.07	0.44	0.10	0.29	0.04	0.26	0.05
	AYK-18	4.4	8.3	1.06	4.3	0.87	0.21	1.06	0.15	0.94	0.21	0.58	0.08	0.54	0.10
AYK-19	4.5	7.8	0.91	3.5	0.73	0.21	1.05	0.16	0.98	0.20	0.69	0.10	0.65	0.10	
AYK-21	3.7	5.6	0.65	2.6	0.48	0.10	0.42	0.07	0.68	0.06	0.33	0.07	0.32	0.05	
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	KP-2	4.9	8.6	1.05	4.4	0.79	0.18	0.88	0.13	0.73	0.15	0.50	0.05	0.45	0.07
	KP-4	7.6	12.7	1.60	5.7	1.16	0.27	1.21	0.19	1.11	0.23	0.61	0.08	0.63	0.12
	KP-6	5.8	9.8	1.20	4.8	0.91	0.20	0.86	0.14	0.69	0.17	0.53	0.04	0.41	0.06
	KP-8	6.4	11.2	1.36	5.3	1.07	0.21	1.09	0.16	1.01	0.19	0.50	0.06	0.52	0.07
	KP-10	5.0	9.7	1.16	4.8	0.84	0.21	0.85	0.14	0.78	0.17	0.41	0.06	0.46	0.06
	KP-12	5.4	9.3	1.18	4.7	0.80	0.21	0.80	0.14	0.75	0.14	0.44	0.06	0.41	0.06
KP-14	8.8	14.7	1.92	6.6	1.36	0.27	1.42	0.22	1.39	0.28	0.84	0.11	0.79	0.12	
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	GKP-2	18.3	24.3	3.52	12.8	2.63	0.59	2.40	0.41	2.58	0.52	1.50	0.23	1.57	0.25
	GKP-4	2.8	4.1	0.54	2.8	0.69	0.18	0.62	0.11	0.64	0.10	0.37	0.05	0.23	0.04
	GKP-5	5.0	10.8	1.68	9.0	2.85	1.04	4.73	0.83	5.01	1.22	3.63	0.49	3.00	0.46

Tablo 7.7. devam

Lokalite Adı / GPS / Örnek Numarası		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	GKP-7	8.5	12.2	1.72	6.8	1.42	0.34	1.66	0.29	1.68	0.36	1.01	0.13	1.04	0.18
	GKP-12	10.3	16.6	2.23	9.0	1.86	0.49	2.05	0.32	1.93	0.37	1.18	0.15	1.05	0.15
	GKP-14	4.1	6.8	0.90	3.6	0.66	0.17	0.80	0.13	0.77	0.17	0.40	0.06	0.45	0.06
	GKP-16	6.5	8.9	1.20	4.9	0.94	0.22	1.05	0.18	0.93	0.23	0.58	0.09	0.65	0,10
KARAÇAY 35S 0711999 4169774	KRC-2	21.5	41.2	4.95	19.0	3.61	0.88	3.57	0.51	3.27	0.59	1.89	0.25	1.71	0.25
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757	T-2	11.1	21.7	2.55	10.7	2.01	0.51	2.02	0.30	1.68	0.34	1.03	0.13	0.93	0.12
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	2.4	4.8	0.56	2.1	0.41	0.08	0.34	0.05	0.31	0.06	0.18	0.03	0.18	0.03
	YTA-3	3.3	6.3	0.67	2.7	0.53	0.09	0.49	0.07	0.50	0.07	0.25	0.04	0.23	0,04
	YTA-4	9.1	18.1	2.05	8.0	1.48	0.32	1.39	0.20	1.24	0.27	0.75	0.11	0.72	0.12
	YTAC-1	3.1	4.8	0.57	1.9	0.36	0.09	0.36	0.05	0.32	0.06	0.17	0.02	0.18	0.03
	YTAC-3	2.6	5.3	0.59	2.3	0.47	0.11	0.45	0.06	0.45	0.09	0.23	0.03	0.21	0.03
	YTAC-5	3.4	6.5	0.75	2.9	0.63	0.13	0.51	0.09	0.61	0.11	0.36	0.05	0.34	0.06
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	KKLP-2	8.4	18.2	2.33	9.3	2.16	0.58	2.41	0.37	2.46	0.53	1.62	0.22	1.34	0.22
	KKLP-3	8.4	16.3	2.18	9.0	2.17	0.58	2.56	0.41	2.97	0.65	1.94	0.26	1.78	0.25
	KINC-2	9.1	17.6	2.03	7.8	1.47	0.47	1.99	0.29	1.77	0.39	0.93	0.14	0.94	0.15
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	CD-2	3.5	6.1	0.64	2.5	0.63	0.13	0.58	0.08	0.56	0.13	0.40	0.07	0.42	0.06
	CD-3	6.0	9.5	1.20	4.2	0.98	0.21	0.89	0.14	0.83	0.18	0.49	0.07	0.42	0.07
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204	BDR-1	35.4	73.0	8.17	31.9	6.02	1.25	5.62	0.79	4.95	0.93	2.89	0.43	2.81	0.43



Şekil 7.24. İncelenen örneklerin NTE içeriklerine ait kutu grafikleri.



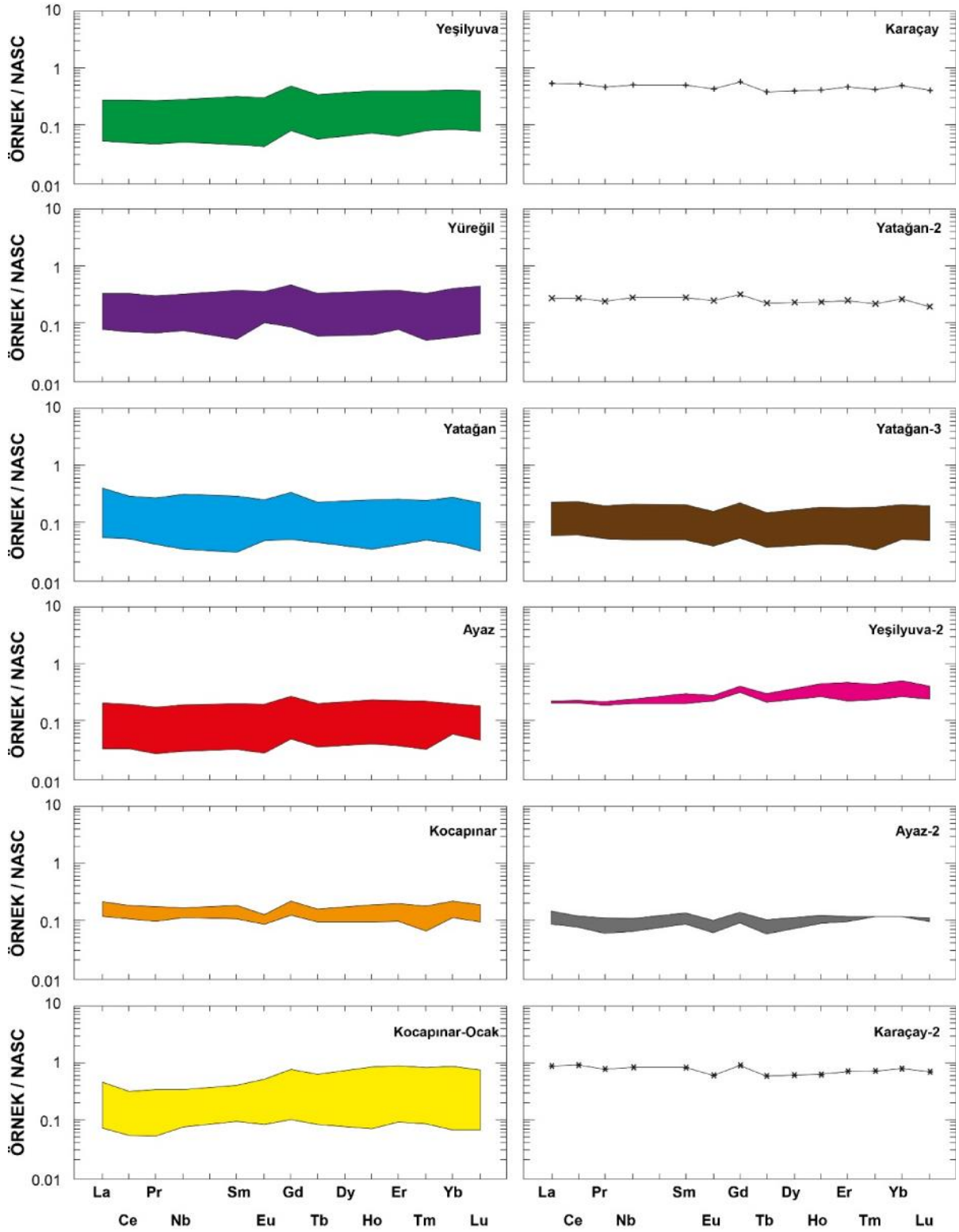
Şekil 7.25. Farklı lokalitelere ait kömür örneklerinin a) Hafif Nadir Topark Element içeriklerinin b) Orta Nadir Topark Element içeriklerinin c) Ağır Nadir Topark Element içeriklerinin ortalama kömür bileşimine (Govindaraju, 1989) göre zenginleşme durumları.

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden toplanan kömür örneklerine ait NTE değerleri ile Kuzey Amerika Şeyl Bileşim'ine (North American Shale Composition-NASC) ait NTE değerlerine oranladığımız zaman kömür örneklerinin birbirine oldukça benzer ve düz bir dağılım deseni gösterdikleri görülmektedir (Şekil 7.26). Kömür örneklerinin NTE içeriklerinin NASC değerlerine göre Hafif Nadir Toprak Elementlerce (HNTE) 5-15 kat, Ağır Nadir Toprak Elementlerince (ANTE) 1-10 kat daha fakirleşmiş oldukları görülmektedir. Bununla birlikte bütün lokalitelerdeki kömür örneklerinin Eu içeriklerinde hafif, Gd içeriklerinde ise belirgin anomalinin varlığı diyagramlarda görülmektedir.

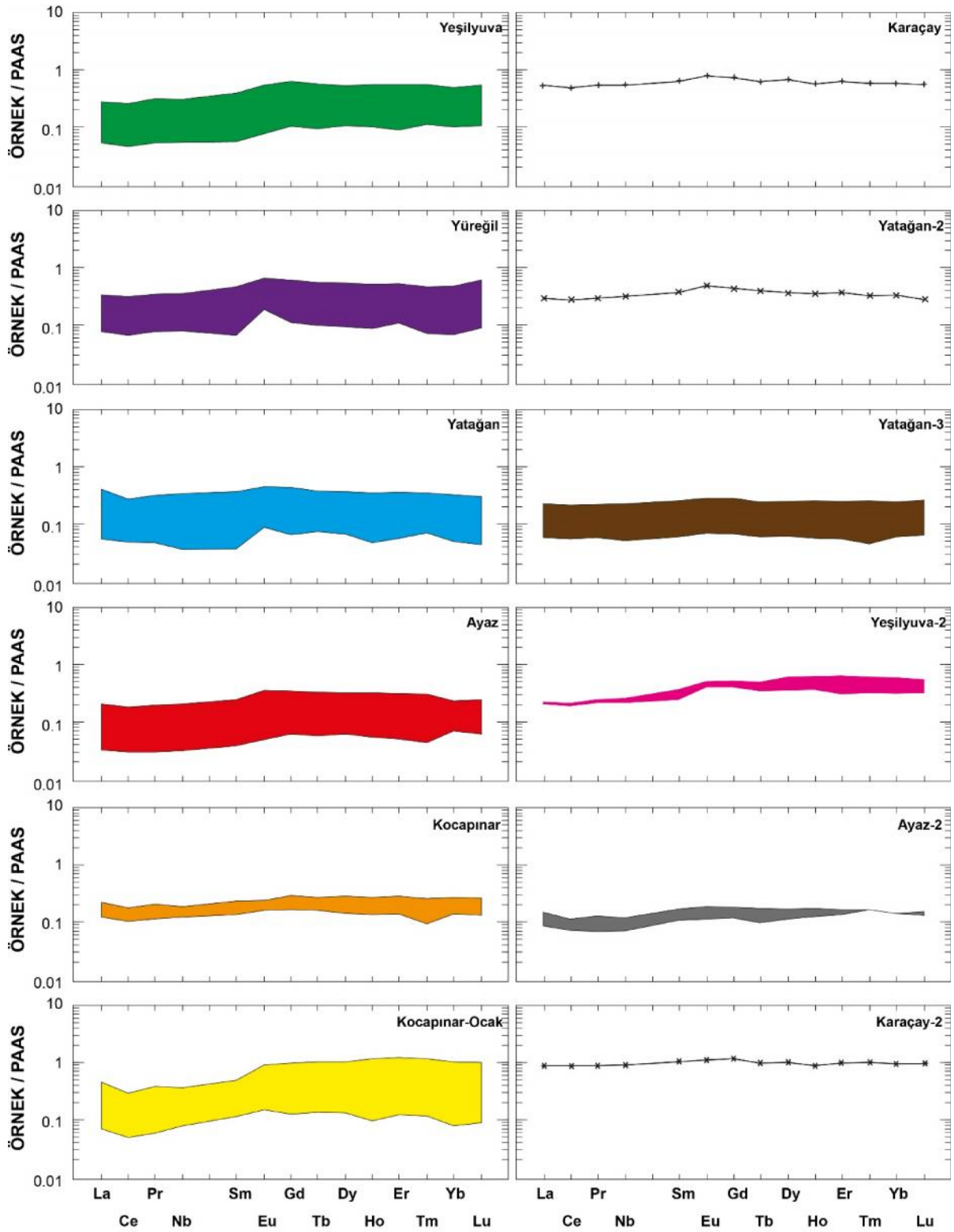
Farklı lokalitelerinden alınan kömür örneklerine ait NTE değerlerini Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl'ine (Post Archaean Australian Shale-PAAS) ait NTE değerlerine oranladığımız zaman, kömür örneklerinin birbirine oldukça benzer dağılım desenleri gösterdikleri görülmektedir (Şekil 7.27). Bu diyagramlarda kömür örneklerinin Hafif Nadir Toprak Elementi (HNTE) içeriklerinin Ağır Nadir Toprak Elementi (ANTE) içeriklerine göre nispeten daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. Örneklerimizin PAAS değerlerine göre HNTE bakımından 9-12 kat, ANTE bakımından 1-9 kat daha fakirleşmiş oldukları görülmektedir. Bununla birlikte bütün lokalitelerdeki kömür örneklerinin Eu ve Gd içeriklerinde hafif pozitif anomalinin varlığı görülmektedir.

Kömür örneklerinin NASC ve PAAS' e göre normalize edilmiş (La/Lu), (La/Sm), (Eu/Eu*) ve (Sm/Lu) oranları Tablo 7.8'de verilmiştir. Kömür örneklerinin bu element içerikleri bakımından NASC ve PAAS değerlerine yakın ve/veya benzer değerler gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte incelenen kömür örneklerinin düşük HNTE/ANTE oranlarının 1'e yakın olması kaynak alanında baskın kayaç litolojisinin mafik-ultramafik kayaçlardan oluştuğunu düşündürmektedir.

Şekil 7.26 ve 7.27'de görülen diyagramlarda Eu değerlerinin tüm kömür örneklerinde belirsiz-hafif derecede pozitif anomali verdiği görülmektedir. Literatürde kırıntılı sedimanlarda görülen Eu anomalisinin başlıca karasal katkılardan ve kömür oluşumu sırasında sulu ortamın redoks özellikleriyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Wang et al., 2016). Benzer şekilde pozitif Eu anomalisinin nedeni diyajenez esnasında anoksik depolanma koşullarında Eu'un remobilizasyonu veya kaynak alandaki temel kayaçlarının içerdiği plajiyoklaz minerallerinin alterasyonu olabilmektedir.



Şekil 7.26. Kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi'ne (North American Shale Composition-NASC) göre normalize edilmiş NTE diyagramları (NASC değerleri Gromet et al., 1984'den alınmıştır).



Şekil 7.27. Kömür örneklerinin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) içeriklerine göre normalize edilmiş NTE diyagramları (PAAS değerleri McLennan, 1989'dan alınmıştır).

Tablo 7.8. İncelenen kömür örneklerinin NASC ve PAAS değerlerine göre normalize edilmiş HNTE ve ANTE değerleri.

Lokalite/GPS		(La/Lu) _{NASC}	(La/Lu) _{PAAS}	(La/Sm) _{NASC}	(La/Sm) _{PAAS}	(Eu/Eu*) _{NASC}	(Eu/Eu*) _{PAAS}	(Sm/Lu) _{NASC}	(Sm/Lu) _{PAAS}
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327; 35S 0714998 41537827	Min.	0.33	0.24	0.48	0.39	0.61	0.88	0.51	0.46
	Max.	1.1	0.81	1.27	1.03	0.95	1.38	1.3	1.18
	Ort.	0.66	0.49	0.86	0.69	0.81	1.17	0.8	0.72
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	Min.	0.74	0.54	0.63	0.51	0.82	1.19	0.81	0.74
	Max.	1.19	0.87	1.46	1.19	1.5	2.16	1.28	1.16
	Ort.	0.92	0.68	0.95	0.77	1.03	1.48	1.02	0.92
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	Min.	0.73	0.54	0.9	0.73	0.56	0.81	0.7	0.63
	Max.	3.38	2.48	1.91	1.55	1.94	2.8	1.77	1.6
	Ort.	1.54	1.13	1.35	1.09	0.93	1.35	1.08	0.98
AYAZ 35S 0708195 4164054	Min.	0.38	0.28	0.58	0.47	0.65	0.94	0.51	0.46
	Max.	1.2	0.88	1.38	1.12	0.97	1.4	1.11	1
	Ort.	0.8	0.58	1.03	0.83	0.79	1.14	0.77	0.69
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	Min.	0.97	0.71	1.07	0.86	0.64	0.92	0.83	0.75
	Max.	1.49	1.09	1.21	0.98	0.86	1.24	1.31	1.18
	Ort.	1.25	0.91	1.13	0.92	0.74	1.06	1.1	1
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	Min.	0.17	0.12	0.31	0.25	0.72	1.04	0.53	0.48
	Max.	1.13	0.82	1.25	1.01	0.9	1.3	1.48	1.34
	Ort.	0.89	0.65	0.96	0.77	0.8	1.15	0.91	0.83
KARAÇAY 35S 0711999 4169774		1.32	0.97	1.07	0.87	0.8	1.16	1.24	1.12

$Eu^* = (Sm+Gd)/2$; **NASC**: North American Shale Composition; **PAAS**: Post Archaean Australian Shale (NASC verileri Gromet et al. (1984); PAAS verileri McLennan (1989)'dan alınmıştır.)

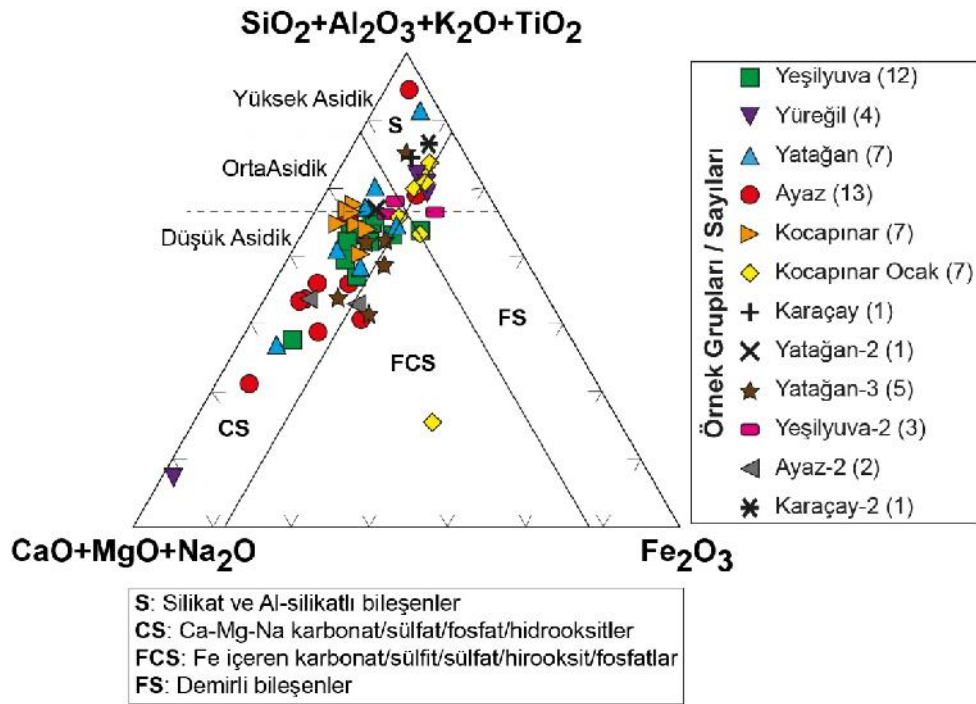
Tablo 7.8. devam

Lokalite/GPS		(La/Lu) _{NASC}	(La/Lu) _{PAAS}	(La/Sm) _{NASC}	(La/Sm) _{PAAS}	(Eu/Eu*) _{NASC}	(Eu/Eu*) _{PAAS}	(Sm/Lu) _{NASC}	(Sm/Lu) _{PAAS}
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757		1.42	1.04	0.99	0.8	0.83	1.2	1.44	1.3
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	Min.	0.87	0.64	0.97	0.78	0.58	0.83	0.9	0.81
	Max.	1.59	1.16	1.55	1.25	0.82	1.18	1.34	1.21
	Ort.	1.24	0.91	1.13	0.91	0.73	1.05	1.11	1
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	Min.	0.52	0.38	0.69	0.56	0.8	1.16	0.74	0.67
	Max.	0.93	0.68	1.11	0.9	0.89	1.28	0.84	0.76
	Ort.	0.68	0.5	0.83	0.68	0.84	1.21	0.81	0.73
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	Min.	0.9	0.66	1	0.81	0.7	1.02	0.9	0.81
	Max.	1.32	0.96	1.1	0.89	0.74	1.06	1.2	1.08
	Ort.	1.11	0.81	1.05	0.85	0.72	1.04	1.05	0.95
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204		1.27	0.93	1.06	0.85	0.7	1.02	1.2	1.08

Eu* = (Sm+Gd)/2; **NASC**: North American Shale Composition; **PAAS**: Post Archaean Australian Shale (NASC verileri Gromet et al. (1984); PAAS verileri McLennan (1989)'dan alınmıştır.)

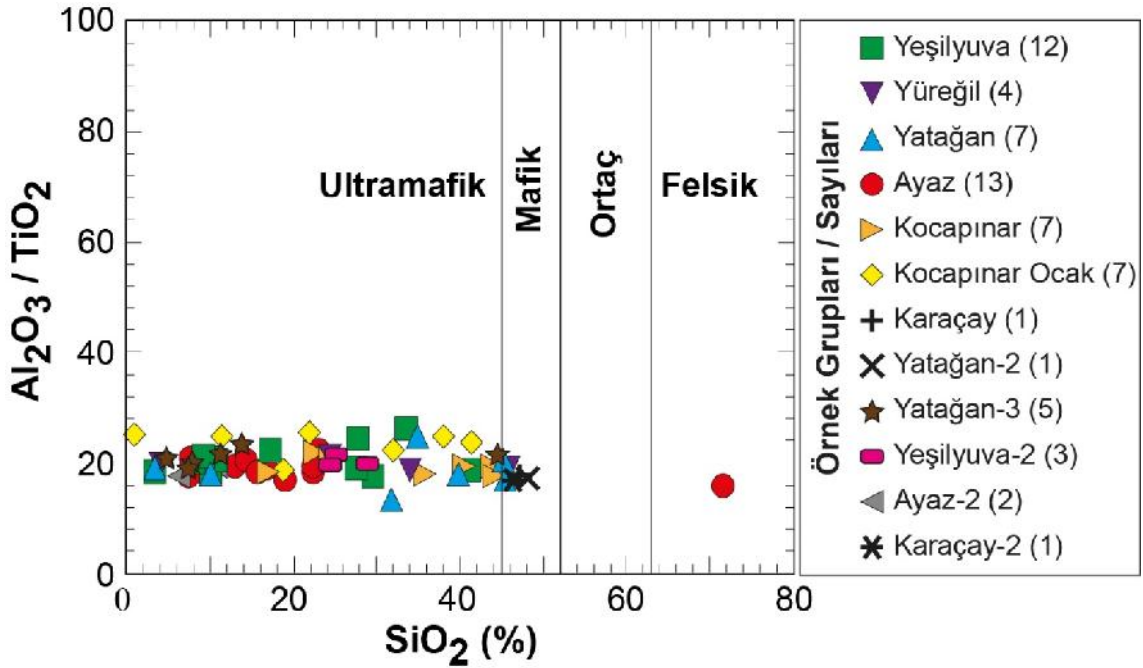
7.6. Kömür İçerisindeki İnorganik Bileşenlerinin Kökeni

Kömürler içerisindeki inorganik ve mineral bileşenler kökenlerine göre biyojenik, detritik (kırıntılı) ve otijenik olmak üzere üç farklı gruba ayrılır. Biyojenik kökenli bileşenler kömürleşme sürecinde etkin olan bitki ve canlı organizmaların bünyelerinde kalıntı faz olarak (< %1) bulunan bileşenlerdir. Detritik bileşenler kömür oluşumunun gerçekleştiği jeolojik ortama rüzgâr ve akarsular etkisiyle taşınan katı kayaç parçacıklarından meydana gelmektedir. Otijenik bileşenler kömür oluşumu sırasındaki ve/veya sonrasındaki yeni mineral oluşumlarını içermektedir. Kömürler içerisinde bulunan inorganik/mineral bileşenleri jeokimyasal olarak sınıflamak için Vassilev and Vassileva (2009) tarafından önerilen üçgen diyagramı kullanılmaktadır (Şekil 7.28). Diyagramda ($\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{TiO}_2$) köşesi silikat ve alümino-silikat minerallerini (kuvars, kil ve mika grubu, K-feldispat, Al-hidroksit, Ti oksit ve volkan camı), ($\text{CaO}+\text{MgO}+\text{SO}_3+\text{Na}_2\text{O}$) köşesi Ca-Mg-Na karbonat/sülfat/fosfat/hidroksit, plajiyoklaz ve zeolit minerallerini ve (Fe_2O_3) köşesi Fe içeren karbonat/sülfat/sülfat/hidroksit/fosfat minerallerini temsil etmektedir (Şekil 7.28). İnceleme alanı kömür örnekleri Vassilev and Vassileva (2009) tarafından önerilen üçgen diyagramında çoğunlukla **CS** ve daha az olarak **S** ve **FCS** alanlarına düşmektedir. Buna göre kömür örneklerimiz içerisindeki inorganik/mineral bileşenlerin çoğunlukla Ca-Mg-Na karbonat/sülfat/fosfat/hidroksit, plajiyoklaz ve zeolit daha az oranda silikat ve alümino-silikat minerallerinden oluştuğu söylenebilir (Şekil 7.28).



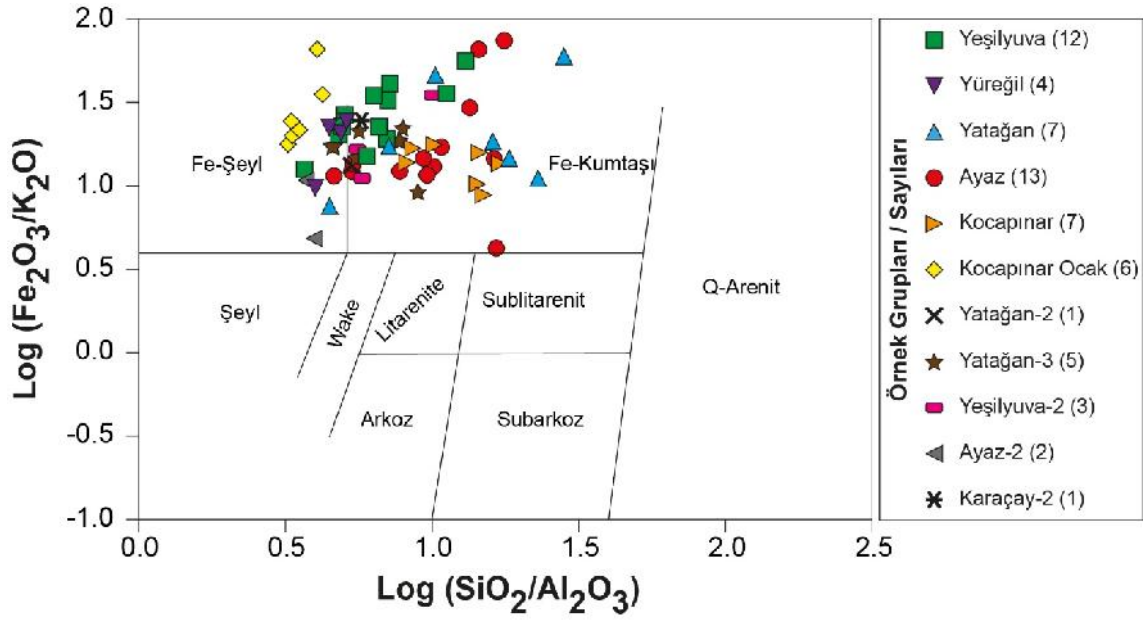
Şekil 7.28. İncelenen kömür örnekleri içerisindeki inorganik/mineral bileşenlerin kimyasal sınıflandırma diyagramındaki konumları (Vassilev and Vassileva, 2009).

Kömür örneklerinde hangi tür kırıntılı sedimanlardan türeyen inorganik bileşenlerin bulunduğunu oluşturduğunu belirlemek için (Al_2O_3/TiO_2) - SiO_2 ve $Log (Fe_2O_3/K_2O)$ - $Log (SiO_2/Al_2O_3)$ diyagramları kullanılabilir. Le Bas et al. (1986) tarafından geliştirilen (Al_2O_3/TiO_2) - SiO_2 diyagramında kömür örneklerinin çoğunlukla ultramafik alana düştüğü görülmektedir (Şekil 7.29). Herron (1988) tarafından önerilen $Log (Fe_2O_3/K_2O)$ - $Log (SiO_2/Al_2O_3)$ diyagramında kömür örneklerinin Fe'li kumtaşı ve Fe'li şeyl türü kırıntılılardan türeyen inorganik bileşenler içerdiği görülmektedir (Şekil 7.30). Bölgede temel kayaları oluşturan birimlerin (Honaz Ofiyoliti ve Bayıralan Formasyonu) ultramafik-mafik kayalar ve Fe içeren mineraller (olivin, piroksen, manyetit vb) bakımından zengin olduğu düşünülürse bu tür sonucun çıkması olağandır.

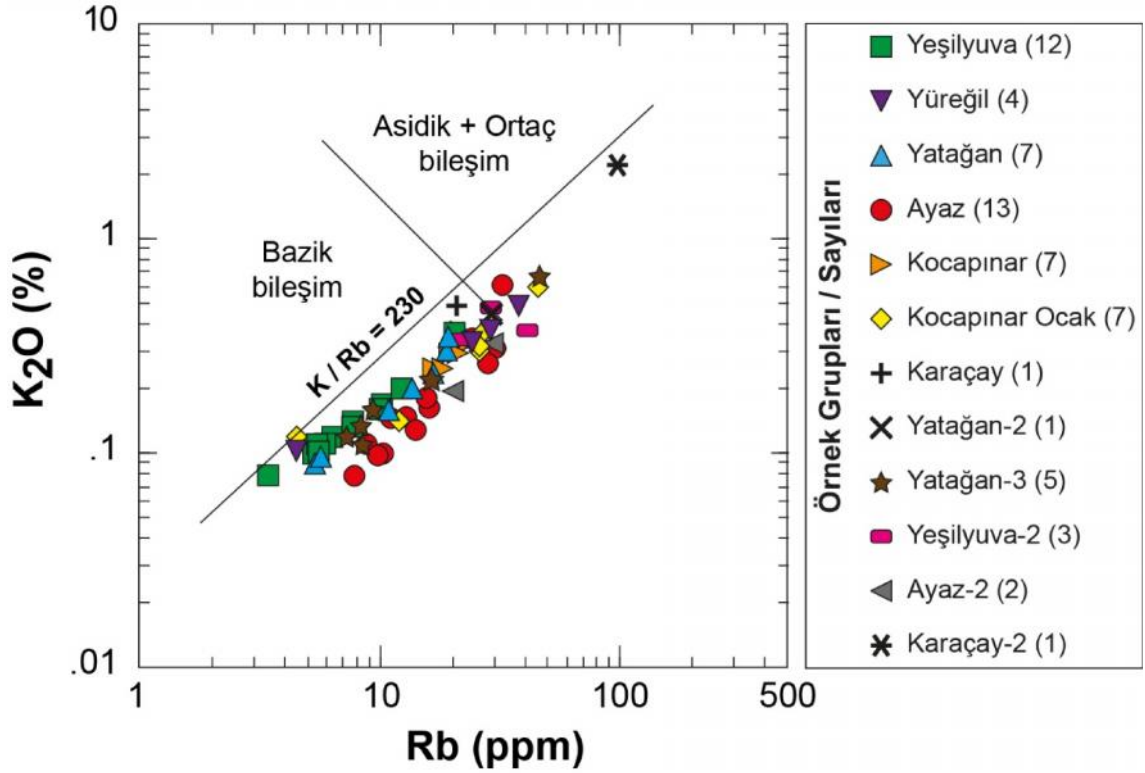


Şekil 7.29. Kömür örneklerinin (Al_2O_3/TiO_2) - SiO_2 diyagramındaki konumları (Le Bas et al., 1986).

$Log K_2O$ - $Log Rb$ diyagramına yerleştirilen kömür örneklerinin çoğunlukla K/Rb çizgisi altında ve bazik bileşimli alanda yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu diyagramda kıtasal kökenli kayalarda K/Rb oranı 230'dan yüksek olup, okyanusal kabuk kökenli kayalarda bu değer 230'dan düşüktür (Wronkiewicz and Condie, 1990). Sonuç olarak kömür örneklerini oluşturan inorganik bileşenlerin bazik bileşimli okyanusal kabuk kökenli kayalardan kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 7.31).

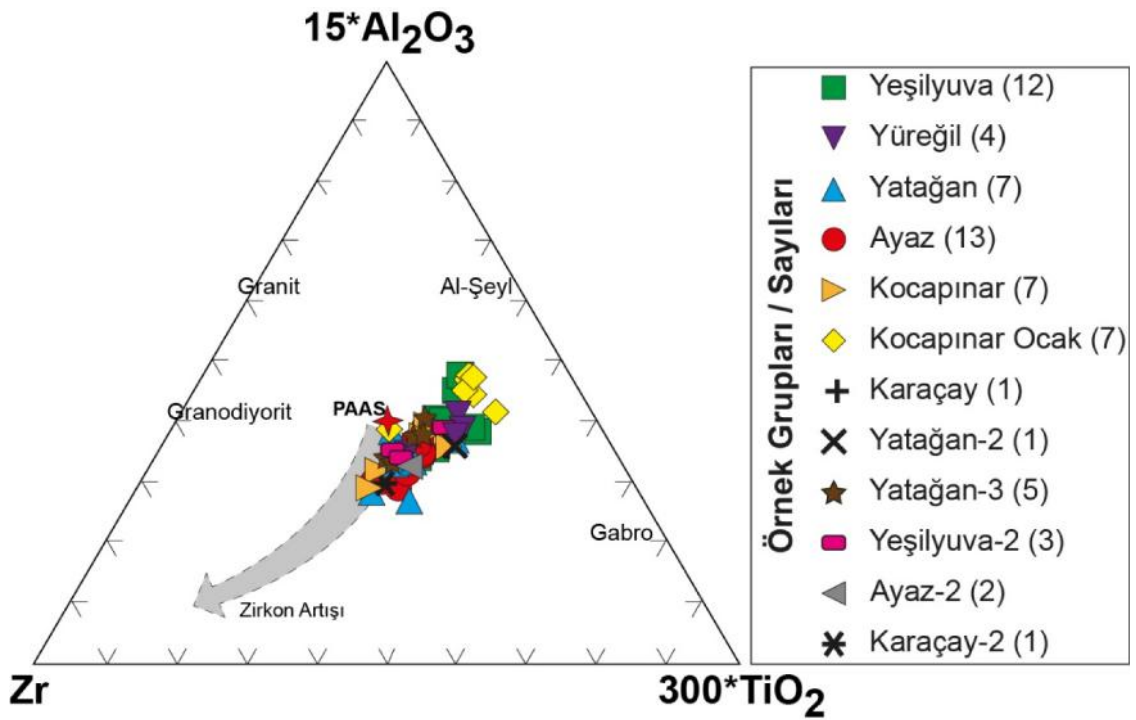


Şekil 7.30. Kömür örneklerinin Log (Fe₂O₃/K₂O)-Log (SiO₂/Al₂O₃) diyagramındaki konumları (Herron, 1988).



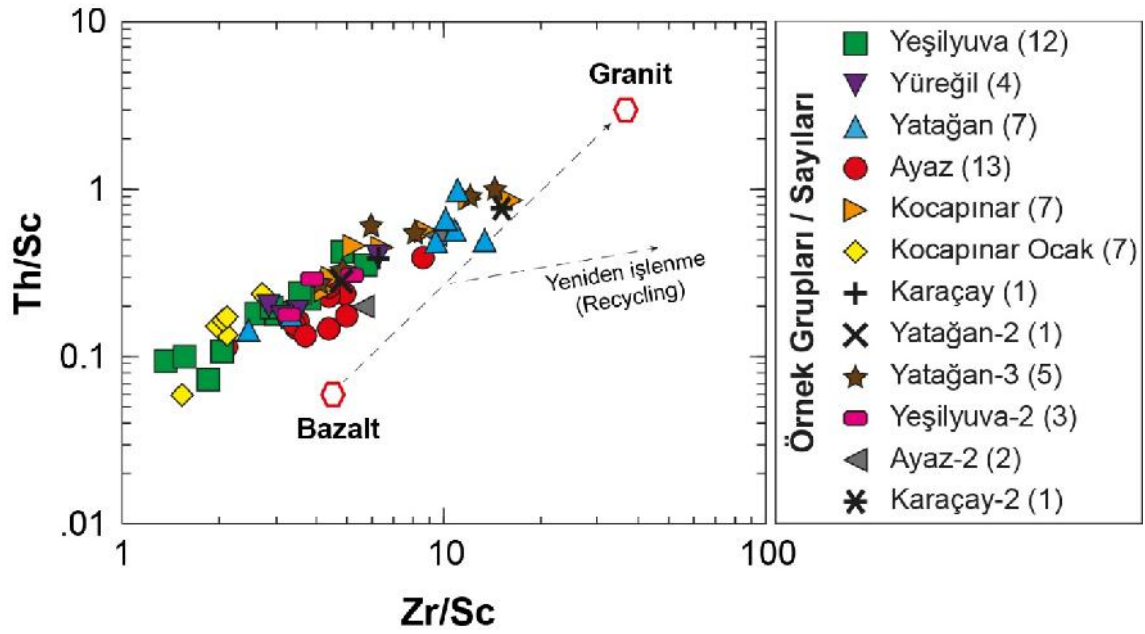
Şekil 7.31. Kömür örneklerinin Log K₂O-Log Rb diyagramındaki dağılımları.

Al_2O_3 , TiO_2 ve Zr gibi elementler kaynak alandaki ayrışma süreçlerinde diğer elementlere göre nispeten daha duraylı oldukları kabul edilmektedir. Kaynak alandaki ayrışma etkisini göz ardı ederek sedimanların depolanma hızı ve boylanma durumları ile ilgili yorumlamalarda bu elementler kullanılabilir. Olgunlaşmış sedimanlar (kumtaşı ve şeyl) TiO_2/Zr oranı bakımından oldukça geniş bir dağılım gösterirken, olgunlaşmamış sedimanlarda bu oran oldukça sınırlı dağılım göstermektedir. $15*Al_2O_3-Zr-300*TiO_2$ diyagramına yerleştirilen kömür örneklerinin diyagramın merkezine yakın alanda toplandıkları ve TiO_2/Zr oranı bakımından sınırlı bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7.32). Buna göre kömür örnekleri içerisindeki inorganik bileşenlerin hızlı bir şekilde depolandığı ve zayıf boylanma gösterdiği söylenebilir.



Şekil 7.32. Kömür örneklerinin $15*Al_2O_3-Zr-300*TiO_2$ diyagramındaki dağılımları (Garcia et al., 1991).

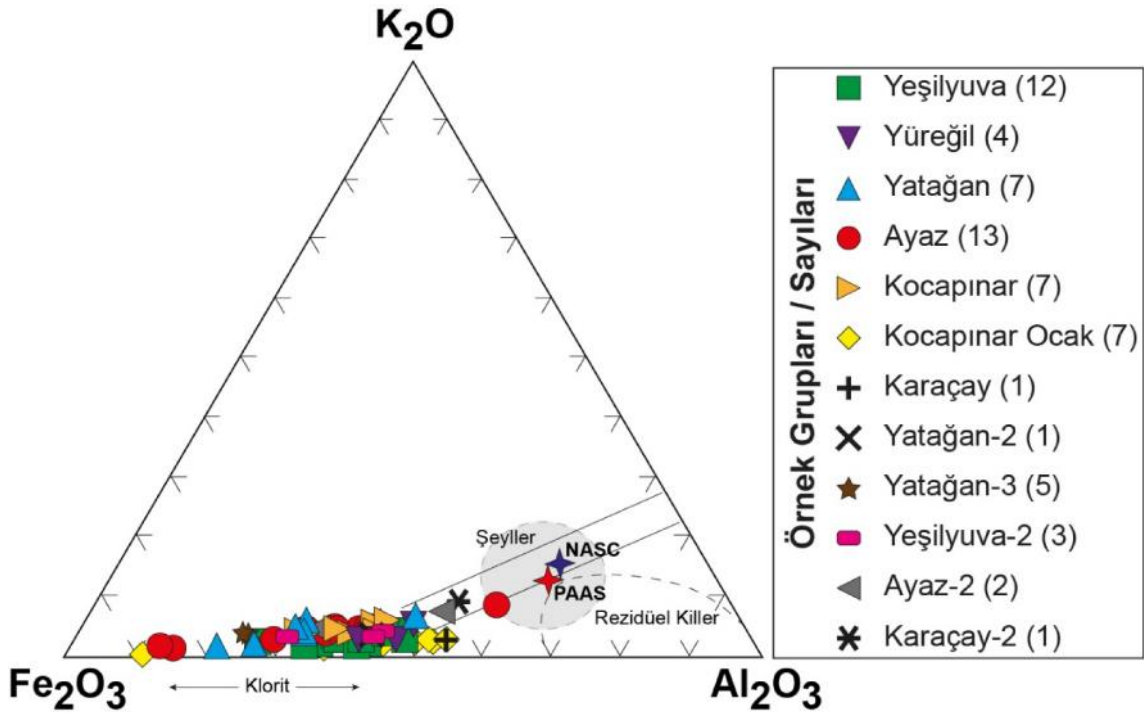
Log Th/Sc - Log Zr/Sc diyagramında doğru şekilde görülen yönelimler kırıntılı sedimanların kaynak alanından itibaren zaman içerisindeki bileşimsel değişimine işaret ederken, yatay ve/veya yataya yakın yönelimler kırıntılıların oluşumundan itibaren sürekli olarak yeniden işlendiğini göstermektedir (Caracciolo et al., 2011). İncelediğimiz kömür örneklerini oluşturan inorganik bileşenlerin bazik bileşimli temel kayalardan türediği, yeniden işlenmeye uğramadan ilksel olarak depolandığı söylenebilir. Ayrıca inorganik bileşenlerin zaman içerisinde fazla bir değişime uğramamış olduğuda ifade edilebilir (Şekil 7.33).



Şekil 7.33. Kömür örneklerinin Log Th/Sc - Log Zr/Sc diyagramındaki dağılımları.

Ayrışma süreçleri boyunca kayaç ve/veya mineral kimyasında önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrışma süreçleri boyunca kayaç ve/veya mineral içerisindeki Na, Ca, K, Mg, Si, Al, Fe gibi elementler ayrışmanın şiddetine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kömür örneklerini meydana getiren inorganik bileşenlerin türediği kaynak alanlarındaki ayrışmanın derecesinin belirlemek için $K_2O-Fe_2O_3-Al_2O_3$ diyagramı kullanılmaktadır. Diyagrama yerleştirilen kömür örneklerinin yoğun ayrışma göstergesi olan rezidüel killer ve şeyl alanlarından uzakta, Fe_2O_3 köşesine yakın alanda yoğunlaştığı ve ayrışma ürünü olarak klorit türü bileşenler içerdiği belirlenmiştir. Bu sonuca göre inorganik bileşenlerin türediği kaynak alandaki kayaçlarda henüz yoğun bir ayrışmanın olmadığı söylenebilir (Şekil 7.34).

Kaynak alandaki ayrışmanın değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir parametre K/Cs oranıdır. Cs elementi ayrışma sürecinde kil mineralleri içerisinde zenginleşmektedir. Ayrışma derecesi arttıkça meydana gelen kil mineralleri artacak, K/Cs oranı ise azalacaktır (Perri et al., 2012). Kömür örneklerinin ortalama K/Cs oranları Yeşilyuva örneklerinde 725.35, Yüreğil örneklerinde 508.40, Yatağan örneklerinde 213.12, Ayaz örneklerinde 104.99, Kocapınar örneklerinde 217.92, Kocapınar-Ocak örneklerinde 916.53, Yatağan-3 örneklerinde 191.48, Yeşilyuva-2 örneklerinde 503.42 ve Ayaz-2 örneklerinde 108.97 olarak belirlenmiştir. Kömür örneklerinin K/Cs oranı ile PAAS ait K/Cs oranını (2048) karşılaştırdığımızda inorganik bileşenlerin türediği kaynak alandaki kayaçlarda yoğun bir ayrışmanın olmadığı söylenebilir.



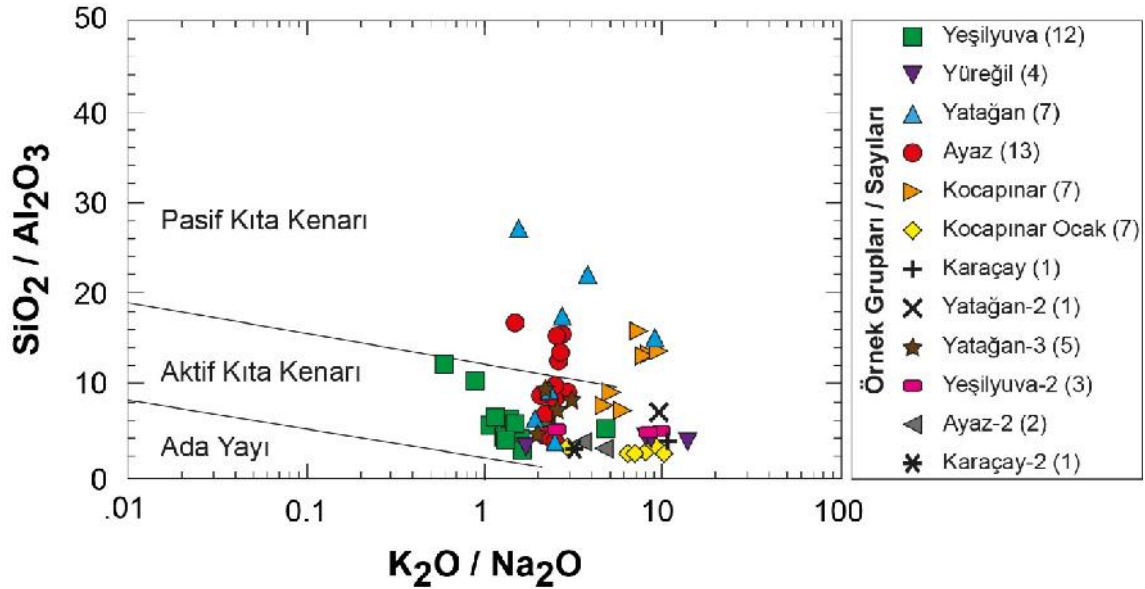
Şekil 7.34. Kömür örneklerinin $K_2O-Fe_2O_3-Al_2O_3$ diyagramındaki konumları (Wronkiewicz and Condie, 1990).

Kaynak alandaki ayrışmanın derecesi ve sedimanların olgunlaşması hakkında Bileşimsel Çeşitlilik İndeksi (Index of Compositional Variability-ICV) hesaplanarak da önemli bilgiler elde edilebilir. ICV hesaplaması aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$ICV = (Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + TiO_2) / Al_2O_3 \text{ (Cox and Lowe, 1995; Cox et al., 1995)}$$

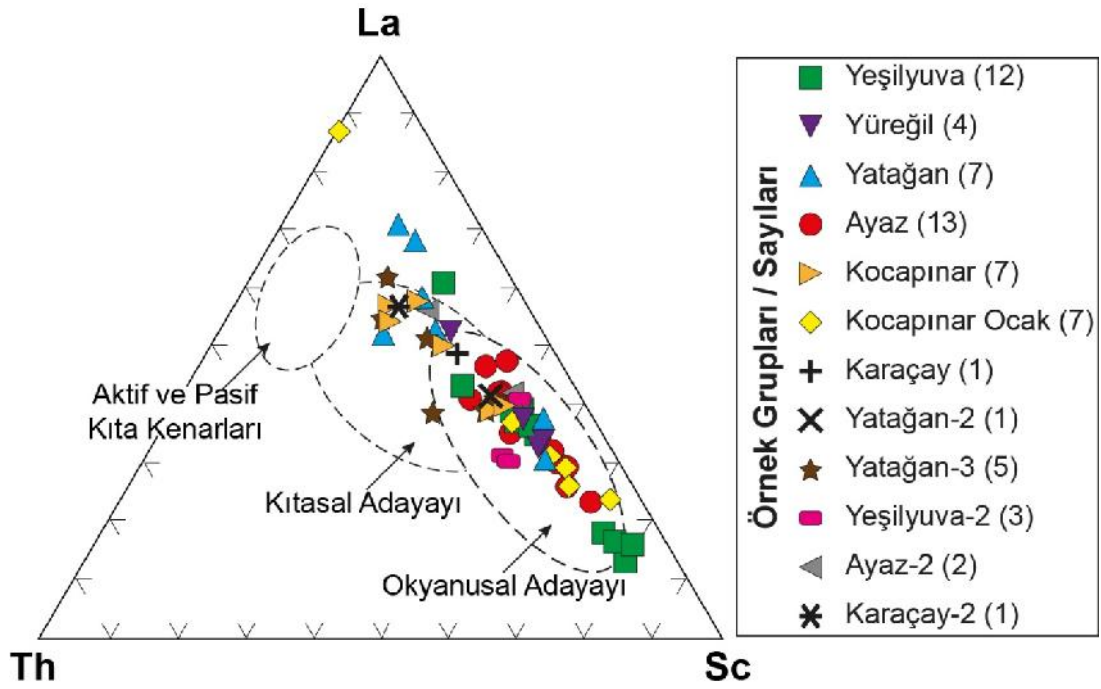
ICV detritik minerallerde (biotit = 8; amfibol-priksen = 10-100; alkali feldispat = 0.8-1; plajiyoklaz = 0.6) yüksek, ayrışma sonucu oluşan minerallerde (kaolinit = 0.03-0.05; montmorillonit = 0.15-0.3; illit-muskovit = 0.3) düşük değerlerdedir (Caracciolo et al., 2011). ICV değerlerinin >1 olması kaynak alandaki minerallerin henüz ayrışmaya uğramamış olduklarının bir göstergesidir. İncelenen kömür örneklerinin hesaplanan ortalama ICV değerleri Yeşilyuva örneklerinde 5.4, Yüreğil örneklerinde 12.7, Yatağan örneklerinde 8.7, Ayaz örneklerinde 10.8, Kocapınar örneklerinde 7.2, Kocapınar-Ocak örneklerinde 2.0, Yatağan-3 örneklerinde 6.2, Yeşilyuva-2 örneklerinde 3.3 ve Ayaz-2 örneklerinde 6.0 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre kömür örneklerinin türediği kaynak alandaki kayaç/minerallerin ciddi bir ayrışmaya uğramamış olduklarını göstermektedir.

Kayaçların tektonik yerleşimleri genel olarak iz element ve NTE' lerinin davranışlarına göre belirlenmektedir. Özellikle kırıntılı sedimanter kayaçların hangi tür temel kayaçlarından türediğinin belirlenebilmesi için bölgenin jeolojisi, temel kayaçlarının mineralojik, petrografik özelliklerinde gözönünde bulundurulması gerekir. Genel olarak kayaçların ana oksit elementlerin davranışları tektonik yerleşimleri hakkında oldukça az bilgi verirken, alterasyon, metamorfizma ve metasomatizma gibi kimyasal olaylara karşı duraylı oldukları bilinen iz (La, Th, Sc ve Zr) ve NTE' lerinin davranışları tektonik oluşum ortamlarını belirlemede güvenle kullanılmaktadır (Bhatia, 1983; Rollinson, 1993). $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ diyagramında kömür örneklerinin büyük çoğunluğunun aktif kıta kenarı, çok az sayıda örneğin pasif kıta kenarı alanlarına düştüğü görülmektedir (Şekil 7.35).



Şekil 7.35. Kömür örneklerinin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ diyagramındaki konumları.

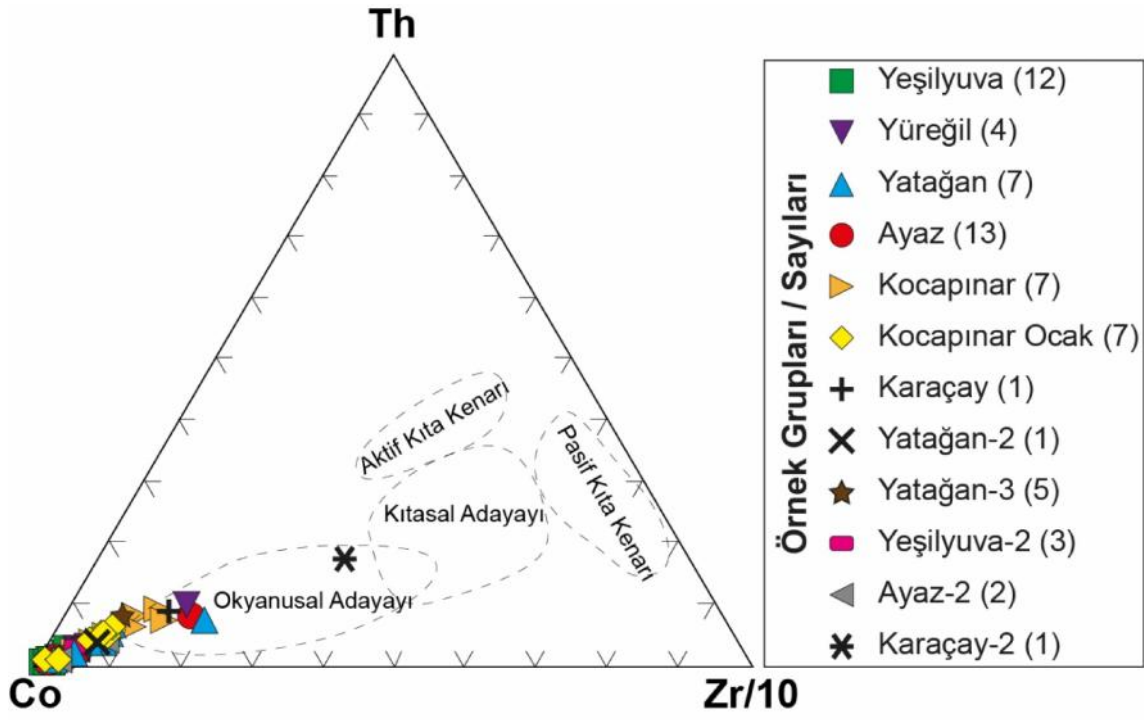
İz elementler içeriklerinden La, Th ve Zr gibi elementler felsik magmatik kayaçlarda zenginleşme gösterirken, Cr, Co, Ni ve Sc gibi elementler mafik magmatik kayaçlarda zenginleşme göstermektedir (Perri et al., 2012). Kömür örneklerinin inorganik bileşenlerinin kökeni belirlemede kullanılan diğer bir ayırım diyagramı La-Th-Sc üçgen diyagramıdır. Diyagramda kömür örneklerinin La-Sc çizgisine yakın ve paralel bir şekilde dağıldıkları görülmektedir (Şekil 7.36). Bu tür bir yerleşim mafik-ultramafik kaynak alanına işaret etmektedir (Caracciolo et al., 2011). Diyagramda kömür örneklerinin büyük bir kısmı okyanusal adayayı alanına düşmektedir.



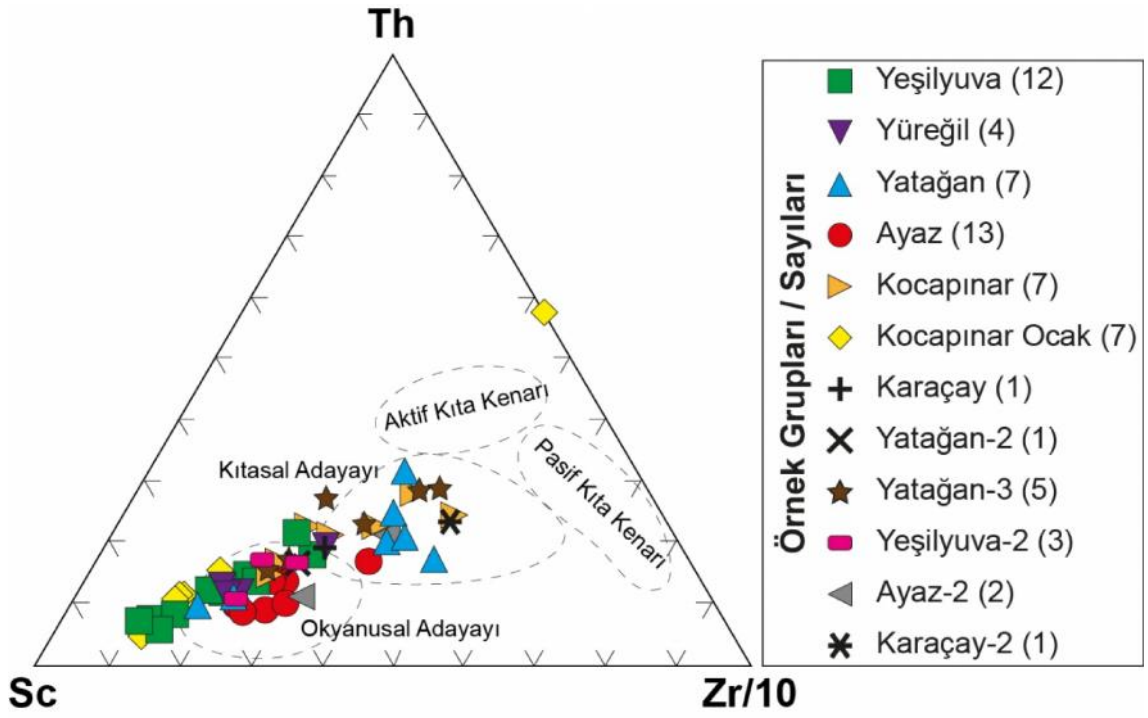
Şekil 7.36. Kömür örneklerinin La-Th-Sc üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).

Tektonik ortam ayırımında kullanılan Th-Co-Zr/10 ve Th-Sc-Zr/10 diyagramlarında kömür örneklerinin çoğunlukla okyanusal adayı alanında konumlandıkları görülmektedir (Şekil 7.37; 7.38). Bununla birlikte kömür örneklerinin çok az bir kısmının kıtasal adayı alanına düştüğü belirlenmiştir. Bu durum örneklerin taşınma ve depolanma sırasında kimyasal bileşimlerinde meydana gelen değişimlerle ilişkilendirilmiştir.

Alterasyon koşullarına duraylı olan, depolanma ortamına taşınma sırasında çok az değişme uğrayan La, Th, Zr, Hf, Ni, Co, Cr ve Sc elementleri ve La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranları kırıntılı sedimanter kayaların kaynağının belirlenmesinde kullanılabilir (McLennan and Taylor, 1991; Cullers, 2000; Roser et al., 2002; Caracciolo et al., 2011). İncelenen kömür örneklerine ve felsik kayalar, mafik kayalar, üst kıta kabuğu, alt kıta kabuğu, NASC ve PAAS' ne ait La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranları Tablo 7.9'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak alanda alt kıta kabuğu bileşimli mafik kayaların baskın olduğu söylenebilir.



Şekil 7.37. Kömür örneklerinin Th-Co-Zr/10 üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).



Şekil 7.38. Kömür örneklerinin Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramındaki dağılımları (Bhatia and Crook, 1986).

Tablo 7.9. Kömür örneklerinin La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranları.

Lokalite/GPS		La/Sc	Th/Sc	Zr/Hf	Eu/Eu*	Th/Co	Th/Cr	Cr/Th	Cr/Ni	Ni/Co
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327; 35S 0714998 41537827	Min.	0.165	0.075	29.140	0.180	0.005	0.001	291.530	0.140	12.160
	Max.	10.636	0.418	44.670	0.290	0.031	0.003	1695.300	0.670	35.180
	Ort.	1.474	0.196	36.756	0.246	0.015	0.002	722.077	0.396	22.095
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	Min.	0.581	0.174	40.060	0.250	0.028	0.003	76.970	0.050	10.310
	Max.	1.550	0.400	42.920	0.460	0.138	0.013	294.210	0.800	207.480
	Ort.	0.859	0.240	41.800	0.313	0.058	0.006	204.593	0.475	61.335
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	Min.	0.517	0.140	31.830	0.170	0.011	0.002	70.960	0.130	17.330
	Max.	22.333	1.000	57.140	0.590	0.102	0.014	576.690	0.630	50.520
	Ort.	7.114	0.508	42.731	0.283	0.052	0.008	199.726	0.283	27.759
AYAZ 35S 0708195 4164054	Min.	0.333	0.117	32.400	0.200	0.006	0.002	156.390	0.080	17.550
	Max.	1.100	0.389	66.330	0.290	0.108	0.006	498.490	0.500	49.440
	Ort.	0.710	0.205	51.567	0.240	0.024	0.004	288.526	0.184	29.625
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	Min.	0.817	0.250	38.430	0.190	0.026	0.004	58.650	0.110	13.200
	Max.	25.333	0.875	52.800	0.260	0.117	0.017	246.310	0.490	61.070
	Ort.	7.578	0.538	45.253	0.221	0.074	0.011	118.323	0.256	34.599
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	Min.	0.000	0.000	0.000	0.220	0.010	0.001	102.630	0.060	16.690
	Max.	0.732	0.240	42.430	0.270	0.076	0.010	988.290	0.650	24.230
	Ort.	0.412	0.130	32.681	0.241	0.046	0.006	282.437	0.433	20.263
KARAÇAY 35S 0711999 4169774		13.438	0.394	40.440	0.250	0.114	0.005	212.860	1.430	17.020
YATAĞAN-2 35S 0712053 4162757		0.925	0.283	35.630	0.250	0.043	0.003	321.980	0.810	17.060
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	Min.	0.850	0.267	30.500	0.180	0.026	0.005	68.420	0.140	19.240
	Max.	10.111	1.000	48.000	0.250	0.098	0.014	196.710	0.370	32.610
	Ort.	3.163	0.607	38.667	0.222	0.053	0.009	113.847	0.233	23.677

Tablo 7.9. devam

Lokalite/GPS		La/Sc	Th/Sc	Zr/Hf	Eu/Eu*	Th/Co	Th/Cr	Cr/Th	Cr/Ni	Ni/Co
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027; 35S 0716761 4156730	Min.	0.560	0.182	36.400	0.240	0.032	0.002	264.560	0.370	19.800
	Max.	0.827	0.307	47.670	0.270	0.037	0.004	447.120	0.740	25.960
	Ort.	0.662	0.263	43.023	0.253	0.034	0.003	360.383	0.547	22.957
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	Min.	0.875	0.200	31.860	0.210	0.010	0.003	111.180	0.140	20.410
	Max.	2.000	0.533	40.860	0.220	0.049	0.009	290.790	0.160	33.970
	Ort.	1.438	0.367	36.360	0.215	0.029	0.006	200.985	0.150	27.190
KARAÇAY-2 35S 0715837 4171204		2.360	0.773	37.530	0.210	0.367	0.012	81.400	2.290	13.070
Felsik Kayaçlar (Granit ¹)		8	3	45	0.250	15	3.750	0.26	8	0.5
Mafik Kayaçlar (Bazalt ¹)		0.303	0.061	44.118	0.291	0.041	0.010	100	1.333	3.125
Üst Kıta Kabuğu ²		2.214	7.5	36.415	0.229	0.607	0.114	8.762	1.957	2.716
Alt Kıta Kabuğu ²		0.258	0.039	35.789	0.373	0.032	0.006	179.167	2.443	2.315
NASC ³		2.087	0.825	31.746	0.218	0.478	0.098	10.121	2.146	2.257
PAAS ⁴		2.388	0.913	42	0.213	0.635	0.133	7.534	2	2.391

Eu* = (Sm+Gd)/2

¹ URL-2² Rudnick and Gao (2004)³ Gromet et al. (1984)⁴ McLennan (1989)

7.7. Kimyasal Analiz Verilerinin Ayırışım Fonksiyonu Analizi ile Değerlendirilmesi

Ayırışım Fonksiyonu Analizi (Discriminant Function Analysis-DFA), üzerinden ölçüm alınan bir birimin sonlu sayıda bilinen farklı kitlelerden birine atanmasını gerçekleştiren istatistiksel bir teknik olarak tanımlanır. Bu atama işlemi yapılırken birim aldığı gözlem değerine göre ait olduğu kitleden farklı bir kitleye atandığında, bir hata yapılmış olur. Ayırışım Fonksiyonu Analizi' ndeki bu hataya, hata oranı ya da hatalı sınıflandırma olasılığı denmektedir. Ayırışım Fonksiyonu Analizi' nde amaç, atama işlemi minimum hatayla yapmaktır. Ayırışım Fonksiyonu Analizi' nin başlıca iki yararı vardır. Bunlar; **i)** grupları birbirinden ayırmayı sağlayan fonksiyonları bulmak ve **ii)** hesaplanan fonksiyonlar aracılığıyla yeni gözlenen bir birimi sınıflama hatası minimum olacak biçimde gruptan herhangi birine atamaktır (Atakan ve Karabulut, 2003; Özdamar, 2004; Kılınçarslan, 2013).

Kömür örneklerinin analiz sonuçlarının benzer olması, farklı lokasyonlardaki kömürlerin ayırımında sadece kimyasal analiz sonuçlarına dayanarak bir ayırımın yapılabilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına Ayırışım Fonksiyonu Analizi uygulanmış, inorganik bileşenlere göre bir sınıflama yapılabileceği? yapılamayacağı? belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen kömür örnekleri arazide farklı lokasyonlardan alındığı için non-parametrik ve homojen olmayan veriler olarak değerlendirilmesi uygun görülmüş, Ayırışım Fonksiyonu Analizi için SPSS istatistik yazılımı kullanılmıştır. Kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçları SPSS yazılımına aktarılmış, yazılım içerisinde mevcut olan non-parametrik testlerden çoklu bağımsız değişken grupları için Kruskal Wallis H testi uygulanmıştır. Kruskal Wallis H testine ait sonuçlar Tablo 7.10'da verilmiştir.

Uygulanan test sonuçlarının anlamlı bir fark ifade etmesi ve güven aralığının %95 olması için p değerlerinin 0.05'ten küçük olması istenmektedir. Buna göre; kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçları içerisindeki 52 element' ten 41 tanesi (Al_2O_3 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO, Cr_2O_3 , Sc, Ba, Co, Cs, Ga, Hf, Rb, Sr, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Se) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 7.10).

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin kimyasal analiz verileri ile hazırlanan Ayırışım Fonksiyonu Analizi eigen değerleri, % varyans, % kümülatif eigen değeri ve kanonik korelasyon katsayıları Tablo 7.11' de gösterilmiştir.

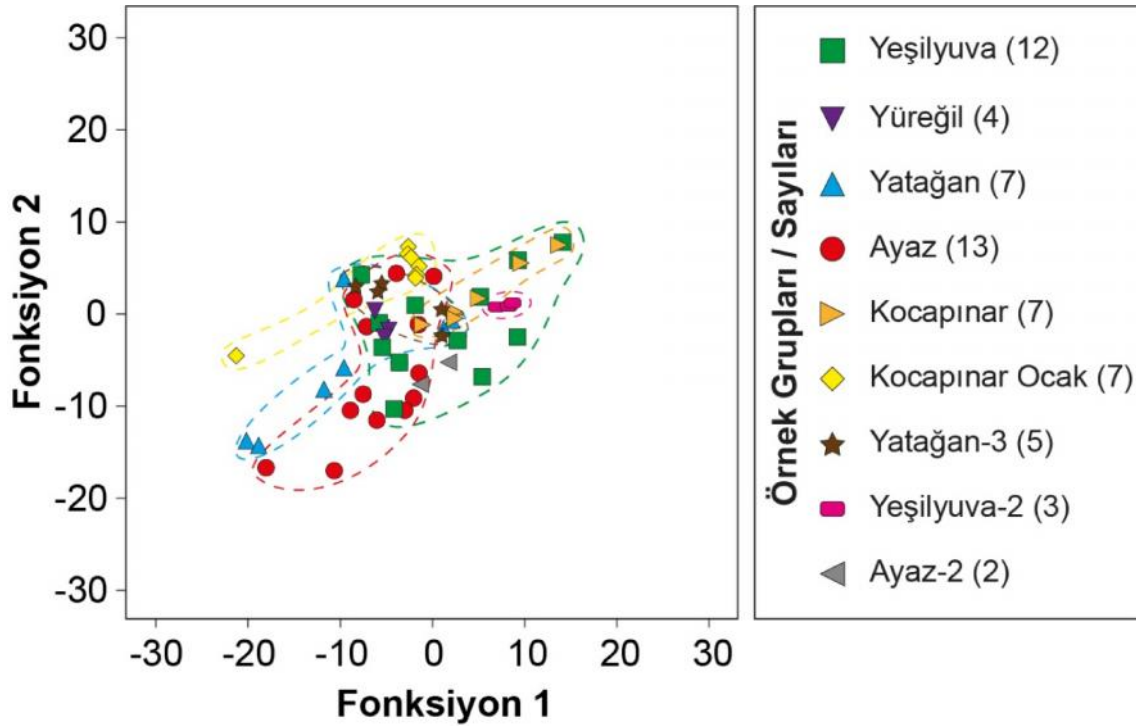
Tablo 7.10. Kömür örneklerinin Kruskal Wallis H test sonuçları.

Element	Ki-Kare	p	Element	Ki-Kare	p	Element	Ki-Kare	p
SiO ₂	12.83	0.118	Rb	20.59	0.008	Dy	18.37	0.019
Al ₂ O ₃	20.49	0.009	Sr	30.47	0.000	Ho	19.57	0.012
Fe ₂ O ₃	15.31	0.053	Ta	12.38	0.135	Er	18.69	0.017
MgO	24.13	0.002	Th	16.91	0.031	Tm	18.53	0.018
CaO	31.46	0.000	U	40.58	0.000	Yb	17.77	0.023
Na ₂ O	24.83	0.002	V	26.95	0.001	Lu	17.16	0.029
K ₂ O	17.49	0.025	W	11.82	0.160	Mo	24.18	0.002
TiO ₂	19.23	0.014	Zr	14.92	0.061	Cu	15.04	0.058
P ₂ O ₅	12.39	0.088	Y	21.22	0.007	Pb	16.00	0.042
MnO	17.30	0.027	La	19.86	0.011	Zn	25.66	0.001
Cr ₂ O ₃	29.92	0.000	Ce	19.27	0.013	Ni	27.81	0.001
Sc	28.25	0.000	Pr	19.66	0.012	As	25.41	0.001
Ba	26.71	0.001	Nd	20.56	0.008	Cd	16.80	0.019
Co	24.79	0.002	Sm	17.40	0.026	Sb	15.06	0.058
Cs	42.48	0.000	Eu	20.47	0.009	Au	8.64	0.373
Ga	26.88	0.001	Gd	19.37	0.013	Hg	15.48	0.050
Hf	18.14	0.020	Tb	20.30	0.009	Se	31.49	0.000
Nb	14.65	0.066						

Tablo 7.11. Kömür örneklerinin Ayrışım Fonksiyonu Analizi'nin eigen değerleri, %varyans, % kümülatif eigen değerleri ve kanonikal korelasyon sonuçları.

Fonksiyon	Eigen Değeri	% Varyans	% Kümülatif Eigen Değeri	Kanonikal Korelasyon
1	33.62	40.5	40.5	0.985
2	29.41	35.4	75.9	0.983
3	13.40	16.1	92.0	0.965
4	3.98	4.8	96.8	0.894
5	2.10	2.5	99.3	0.823
6	0.54	0.7	100.0	0.595

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin Ayrışım Fonksiyonu Analizi sonucunda elde edilen fonksiyonlardan en yüksek kanonikal korelasyon değerine sahip olan ilk ikisine göre analiz grafiği hazırlanmıştır (Şekil 7.39). Bu grafikte kömür örneklerinin birbirine yakın dağılımlar gösterdikleri ve genellikle benzer yönde eğilime sahip oldukları görülmektedir. Bu durumda farklı lokasyonlardan alınan kömür örneklerinin sadece kimyasal bileşime göre çok büyük farklılıklar gösterdikleri söylenemez.



Şekil 7.39. Kömür örneklerinin Ayrışım Fonksiyonu Analizi diyagramındaki konumları.

7.8. Duraylı İzotop Jeokimyası İncelemeleri

Hidrojen (H), karbon (C), nitrojen (N), oksijen (O) ve kükürt (S) duraylı izotop kompozisyonları biyomarkerlarla birlikte organik madde tipi ve çökeltme ortamının belirlenmesinde ve ayrıca petrol-petrol, petrol-kaynak kaya deneştirmelerinde kullanılır. Duraylı izotop delta (δ) ile gösterilir ve birimi ppt (parts per thousand) veya ‰ ile ifade edilir. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak Yatağan-3, Yeşilyuva-2 ve Ayaz-2 lokalitelerinden alınan organik maddece zengin 47 adet örnekte Sürekli Akış-İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (Elemental Analyser - Isotope Ratio Mass Spectrometry - EA-IRMS) cihazı kullanılarak $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 7.12'de verilmiştir.

Tablo 7.12. Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerden alınan kömür örneklerinin H, C, N, O ve S element analizleri ve $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçları.

Lokasyon / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		H	$\delta^2\text{H}_{\text{V-SMOW}}$	C	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$	N	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$	O	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$	S	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$	Atomik H/C	Atomik O/C
		(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)		
YEŞİLYUVA 35S 0717284 4157327; 35S 0714998 41537827	KHA-3	4.55	-91.13	37.57	-25.72	1.33	5.23	33.40	14.30	1.23	-0.08	0.12	0.89
	KHA-4	4.84	-102.02	45.09	-24.65	1.38	5.03	34.10	15.64	0.73	4.53	0.11	0.76
	KHA-6	2.55	-80.69	12.55	-25.05	0.53	3.76	21.67	12.90	0.26	5.38	0.20	1.73
	KHA-8	4.62	-103.77	34.99	-26.42	1.32	4.58	29.21	15.96	0.95	5.78	0.13	0.84
	KHA-9	4.94	-84.59	37.57	-24.73	1.06	5.15	32.05	15.95	0.68	5.15	0.13	0.85
	KHA-15	5.12	-98.31	40.18	-26.15	1.51	5.60	28.71	14.75	1.99	7.26	0.13	0.71
	MD-1	3.23	-86.02	19.01	-27.41	0.62	4.75	21.16	13.61	1.25	2.07	0.17	1.11
YÜREĞİL 35S 0709292 4162628	TRY-2	2.83	-71.96	14.04	-27.14	0.44	4.51	23.97	12.62	2.59	1.22	0.20	1.71
	TRY-3	2.68	-74.40	10.47	-27.72	0.31	5.70	25.25	10.08	4.15	4.68	0.26	2.41
	TRY-5	1.24	-60.62	15.61	-12.99	0.27	3.76	33.44	22.41	0.76	1.90	0.08	2.14
	YRG-3	1.61	-82.53	2.69	-26.43	0.30	6.65	15.04	11.69	0.14	1.57	0.60	5.60
YATAĞAN 35S 0709354 4164587	YTK-15	2.60	-55.94	7.17	-27.70	0.21	5.56	12.39	15.12	0.31	-0.39	0.36	1.73
	YTK-17	4.75	-76.19	41.19	-24.24	1.29	4.93	30.68	20.38	2.32	12.64	0.12	0.74
	YTK-19	4.71	-54.17	43.83	-23.65	1.16	5.33	32.39	21.04	2.28	6.77	0.11	0.74
	YTK-23	3.05	-87.08	21.27	-26.43	0.79	5.36	19.03	21.01	2.01	3.93	0.14	0.89
	YTK-25	4.79	-92.39	48.31	-24.88	1.19	6.55	29.34	21.28	3.27	6.08	0.10	0.61
	YTK-28	4.20	-94.82	35.50	-25.34	1.17	4.63	24.46	20.65	3.10	8.75	0.12	0.69
	YTOK-2	0.52	-	11.14	-0.93	0.03	-	-	-	0.02	-	0.05	-
	YTOK-7	0.29	-	12.37	-1.32	0.03	-	-	-	0.03	-	0.02	-

Tablo 7.12. devam

Lokasyon / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		H	$\delta^2\text{H}_{\text{V-SMOW}}$	C	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$	N	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$	O	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$	S	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$	Atomik H/C	Atomik O/C
		(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)		
AYAZ 35S 0708195 4164054	AYK-3	1.20	-85.46	3.63	-24.32	0.19	5.08	9.57	13.97	0.18	4.74	0.33	2.64
	AYK-5	4.50	-86.01	36.48	-25.08	1.04	7.66	28.46	20.66	2.03	1.65	0.12	0.78
	AYK-6	2.21	-74.96	20.78	-18.00	0.50	7.65	23.72	26.28	0.79	9.69	0.11	1.14
	AYK-10	3.98	-80.75	33.05	-24.96	0.77	6.31	27.41	21.17	2.13	3.67	0.12	0.83
	AYK-12	4.02	-70.68	32.16	-24.76	0.80	7.48	26.94	22.02	2.06	8.22	0.13	0.84
	AYK-20	5.28	-77.44	44.21	-24.24	1.10	5.08	30.11	21.12	3.48	4.65	0.12	0.68
	AYK-21	4.79	-73.79	36.99	-24.15	0.84	6.26	28.59	20.78	3.31	0.76	0.13	0.77
KOCAPINAR 35S 0707963 4169222	KP-4	3.06	-101.83	14.97	-25.87	0.45	5.68	17.78	11.33	2.64	0.21	0.20	1.19
	KP-8	4.52	-96.02	26.53	-26.20	0.88	4.66	27.84	15.90	0.67	-3.30	0.17	1.05
	KP-14	3.22	-98.13	13.51	-26.69	0.38	5.51	15.72	12.54	2.94	4.08	0.24	1.16
KOCAPINAR- OCAK 35S 0705971 4172166	GKP-4	5.24	-123.47	48.43	-27.80	0.52	5.67	31.94	14.17	3.01	4.55	0.11	0.66
	GKP-10	2.95	-78.70	10.79	-26.83	0.49	5.95	19.71	11.43	0.36	9.19	0.27	1.83
	GKP-12	3.26	-81.72	15.42	-27.11	0.54	5.60	19.54	11.68	1.06	5.75	0.21	1.27
	GKP-14	4.52	-107.16	40.48	-26.79	0.85	5.65	30.45	14.04	1.65	8.60	0.11	0.75
	GKP-16	4.10	-87.76	25.91	-27.66	0.73	5.25	26.21	17.00	1.56	10.06	0.16	1.01
	GKP-19	4.70	-94.49	36.63	-26.90	0.98	4.97	27.82	17.23	2.14	7.50	0.13	0.76
	BOCAK-1	3.91	-79.68	29.19	-26.82	0.74	4.68	24.30	18.50	2.70	8.24	0.13	0.83
	BOCAK-2	3.82	-76.86	29.15	-26.55	0.73	5.52	23.01	17.37	1.41	8.29	0.13	0.79
	BOCAK-3	1.80	-58.75	2.50	-26.07	0.11	3.61	11.09	13.65	1.18	9.53	0.72	4.44

Tablo 7.12. devam

Lokasyon / GPS Koordinatı / Örnek Numarası		H	$\delta^2\text{H}_{\text{V-SMOW}}$	C	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$	N	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$	O	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$	S	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$	Atomik H/C	Atomik O/C
		(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)	(%)	(‰)		
YATAĞAN-3 35S 0709475 4165444	YTA-2	5.00	-122.10	41.92	-25.11	1.27	4.04	24.05	15.05	4.27	13.04	0.12	0.57
	YTA-3	4.90	-108.42	40.72	-24.32	1.20	5.10	27.26	13.93	2.74	12.50	0.12	0.67
	YTA-4	2.75	-98.15	13.18	-26.14	0.58	3.68	13.58	13.36	1.20	13.14	0.21	1.03
	YTAC-1	5.00	-113.65	41.30	-24.86	1.22	4.69	26.10	14.75	3.91	13.59	0.12	0.63
	YTAC-5	4.99	-108.42	35.25	-24.85	1.33	4.35	24.45	14.19	3.10	10.52	0.14	0.69
YEŞİLYUVA-2 35S 0718474 4158027	KKLP-2	3.44	-98.37	21.12	-25.00	0.45	6.06	23.01	8.61	0.59	1.92	0.16	1.09
	KKLP-3	3.30	-101.26	22.39	-25.16	0.57	7.43	23.69	8.62	0.92	-0.75	0.15	1.06
AYAZ-2 35S 0707266 4164572	CD-2	5.09	-138.02	40.54	-26.01	1.08	4.65	24.50	13.16	4.98	-0.07	0.13	0.60
	CD-3	4.81	-125.47	35.83	-24.69	1.05	4.83	25.19	12.92	3.53	6.05	0.13	0.70

Hidrojen izotop analizleri için; örnek veya referans materyal içeren gümüş kapsüller Europa Scientific element analiz cihazındaki otomatik örnekleyici içerisine yerleştirilir. 1080 °C'ye ayarlanan fırın içerisine örnekler bırakılır ve ısısal olarak H₂ ve CO'e parçalanır. Suyun tamamı magnezyum perklorat ile uzaklaştırılır. H₂ gazı 35 °C'de gaz kromatografi tarafından çözülür. Oluşan kromatografik pik, iyonlaşmanın ve hızlandırmanın olduğu İzotop Oranı Kütle Spektrometresi'nin (Isotope Ratio Mass Spectrometry-IRMS) iyon kaynağına girer ve magnetik alanda farklı kütleli gaz türleri ayrıldıktan sonra Faraday olarak ölçülür.

Karbon izotop analizleri için; örnek veya referans materyal içeren gümüş kapsüller Europa Scientific element analiz cihazındaki otomatik örnekleyici içerisine yerleştirilir. 1000 °C'ye ayarlanan fırın içerisine örnekler bırakılır ve oksijence zengin bir ortamda yanma sağlanır. Örneklerin bulunduğu bölgede sıcaklık yaklaşık olarak 1700 °C'ye kadar yükseltilir. Yanma sonucu oluşan gazlar helyum gazı akışıyla birlikte sürüklenir. Sülfür ve halitler ortamdan uzaklaştırılır. N₂, NO_x, H₂O, O₂ ve CO₂ gibi elde edilen gazlar, 600 °C'de saf bakır telin yanmasıyla birlikte ortamdan uzaklaşır. Bu basamakta O₂ ortamdan uzaklaşır ve NO_x gaz türleri N₂' ye dönüşür. Magnezyum perklorat suyu ortamdan uzaklaştırır.

Karbon petrolde baskın element olduğundan dolayı araştırmalarda tercih edilir. Karbon izotop analizleri organik madde ve petrol, petrol ve kaynak kaya korelasyonları için faydalı bir yöntemdir. Sonuçlar korelasyon çalışmalarına ilave ipuçları sağlar. Karbonun, karbon-12 (¹²C) ve karbon-13 (¹³C) olmak üzere iki duraylı izotopu vardır. Sırasıyla hafif ve ağır duraylı izotoplar olarak adlandırılırlar. Karbonun δ değeri, organik maddedeki ¹³C' ün nisbi bolluğundaki küçük değişimler anlamında kullanılır. Negatif δ değeri, incelenen örneğin standartlara göre ağır izotoplarını tükettiği, pozitif bir değer ise örneğin standartlara göre ağır izotoplarca zenginleştiği anlamına gelir (Peters et al., 2005).

Azot iki duraylı izotopa sahiptir [¹⁴N (% 99.63) ve ¹⁵N (% 0.366)]. Havada bulunan azot miktarının sabit olması nedeniyle atmosferik hava (AIR) azot derişiminin sunulmasında standart olarak kabul edilmiş ve ¹⁵N içeriği atmosferin ¹⁵N/¹⁴N oranından sapma olarak ifade edilmektedir. Azot bitkiler ve sucul canlılar için önemli bir besin kaynağıdır. Bu nedenle organik atıkların bünyesinde önemli oranda bulunurlar. Oldukça yüksek bir çözünürlüğe sahip olmaları nedeniyle suya hızla karışıp, taşınma özelliğine sahiptir. Yüksek çözünürlüğü nedeniyle kayaç oluşturan minerallerin bünyesinde bulunmamaktadır. Su kaynaklarında azot türevlerinin bir kısmı atmosferden kaynaklanmaktadır. Ancak bitkilerin çürümesi, hayvan atıkları ve fosseptikler, kanalizasyon deşarjları ve azotlu gübreler en önemli azot kaynaklarını oluşturmaktadır. Nitrit ve nitrat organik maddelerin bünyesinde bulunan azotlu bileşiklerin

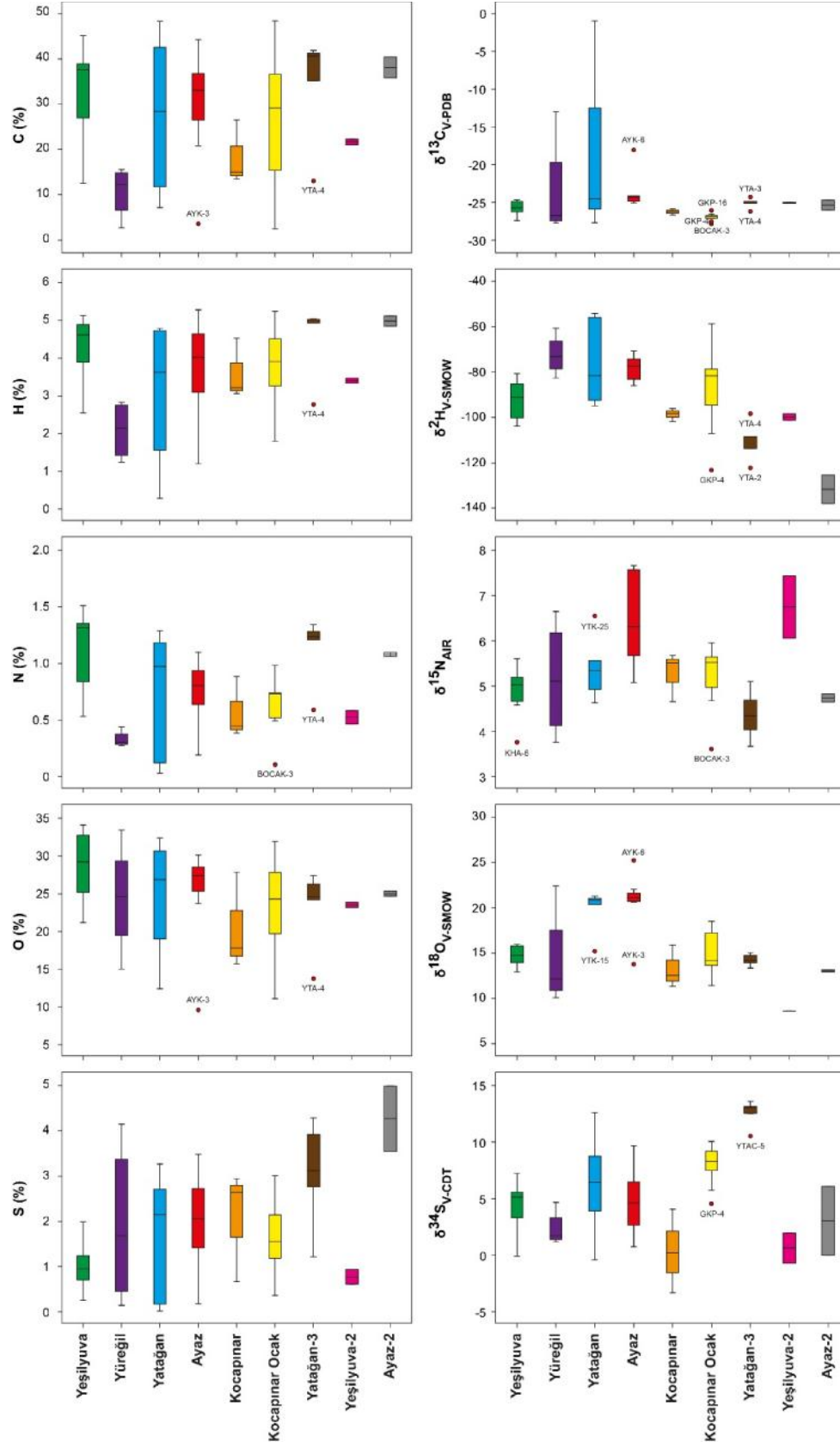
oksidasyon ürünleridir. Suda belirli bir konsantrasyonun üzerinde bulunması, genellikle canlı faaliyetleri sonucu bir kirlenmenin belirtisidir. Amonyak ise suda genellikle atık su kaynaklı olarak bulunur. Suyu herhangi bir biçimde karışan azot türevleri oksitlenme ile nitrata dönüşürken (nitrifikasyon), indirgenme süreçleri (denitrifikasyon) ile gaz halinde azota dönüşerek atmosfere karışır. Nitrojen dönüşümleri mikro-organizmalar tarafından meydana getirilir. Azot bağlayıcı bakterilerden en önemlisi tohumların kök nodüllerinde bulunan *Rhizobium*'dur. Sucul ortamlarda nitrojenin ana fraksiyonu karalardan akış veya yağış kökenli olmasına rağmen, çözülmüş atmosferik nitrojen öfotik zondaki fotosentetik bakteriler (*Azotobacter*) ve mavi-yeşil alglerin bazı türleri tarafından sabitlenir (Rigby and Batts, 1986).

Kömür örneklerinin elementer C (%), H (%), N (%), O (%) ve S(%) içerikleriyle $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotoplarına ait analiz sonuçları kutu grafikleri Şekil 7.40'da verilmiştir. Yatağan ve Kızılburun Formasyonlarına ait litolojilerden alınan toplam 47 adet kömür ve/veya organik maddece zengin çamurtaşı/şeyl örneğinde izotop analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin elementer C (%) içerikleri Yeşilyuva'da, % 12.55 ile % 45.09; Yüreğil'de, % 2.69 ile % 15.61; Yatağan'da, % 7.17 ile % 48.31; Ayaz'da, % 3.63 ile % 44.21; Kocapınar'da, % 13.51 ile % 26.53; Kocapınar-Ocak'ta, % 2.50 ile % 48.43; Yatağan-3'de, % 13.18 ile % 41.92; Yeşilyuva-2'de, % 21.12 ile % 22.39 ve Ayaz-2'de % 35.83 ile % 40.54 arasında değişmektedir.

Kömür örneklerinin elementer H (%) içerikleri Yeşilyuva'da, % 2.55 ile % 5.12; Yüreğil'de, % 1.24 ile % 2.83; Yatağan'da, % 0.29 ile % 4.79; Ayaz'da, % 1.20 ile % 5.28; Kocapınar'da, % 3.06 ile % 4.52; Kocapınar-Ocak'ta, % 1.80 ile % 5.24; Yatağan-3'de, % 2.75 ile % 5.00; Yeşilyuva-2'de, % 3.30 ile % 3.44 ve Ayaz-2'de % 4.81 ile % 5.09 arasında değişmektedir.

Elementer N (%) içerikleri bakımından kömür örnekleri Yeşilyuva'da, % 0.53 ile % 1.51; Yüreğil'de, % 0.27 ile % 0.44; Yatağan'da, % 0.03 ile % 1.29; Ayaz'da, % 0.19 ile % 1.10; Kocapınar'da, % 0.38 ile % 0.88; Kocapınar-Ocak'ta, % 0.11 ile % 0.98; Yatağan-3'de, % 0.58 ile % 1.33; Yeşilyuva-2'de, % 0.45 ile % 0.57 ve Ayaz-2'de % 1.05 ile % 1.08 arasında değişen değerlere sahiptirler.

Örneklerin elementer O (%) içerikleri Yeşilyuva'da, % 21.16 ile % 34.10; Yüreğil'de, % 15.04 ile % 33.44; Yatağan'da, % 12.39 ile % 32.39; Ayaz'da, % 9.57 ile % 30.11; Kocapınar'da, % 15.72 ile % 27.84; Kocapınar-Ocak'ta, % 11.09 ile % 31.94; Yatağan-3'de, % 13.58 ile % 27.26; Yeşilyuva-2'de, % 23.01 ile % 23.69 ve Ayaz-2'de % 24.50 ile % 25.19 arasında değişmektedir.



Şekil 7.40. Kömür örneklerinin H, C, N, O ve S element içerikleri ve $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimlerine ait kutu grafikleri.

Kömür örneklerinin elementer S (%) içerikleri Yeşilyuva'da, % 0.26 ile % 1.99; Yüreğil'de, % 0.14 ile % 4.15; Yatağan'da, % 0.02 ile % 3.27; Ayaz'da, % 0.18 ile % 3.48; Kocapınar'da, % 0.67 ile % 2.94; Kocapınar-Ocak'ta, % 0.36 ile % 3.01; Yatağan-3'de, % 1.20 ile % 4.27; Yeşilyuva-2'de, % 0.59 ile % 0.92 ve Ayaz-2'de % 3.53 ile % 4.98 arasında değişen değerlere sahiptirler. Elementer C, H, N, O ve S içerikleri bakımından Yatağan örnekleri diğer lokalite örneklerine göre daha geniş dağılım aralığı göstermektedir. Benzer şekilde Yüreğil örnekleri N içerikleri bakımından dar ve sınırlı bir dağılıma sahipken, S içerikleri bakımından en geniş dağılım aralığına sahiptirler (Şekil 7.40).

$\delta^{13}\text{C}$ (‰) izotop içerikleri Yeşilyuva'da, (-27.41) ile (-24.65); Yüreğil'de, (-27.72) ile (-12.99); Yatağan'da, (-27.70) ile (-0.93); Ayaz'da, (-25.08) ile (-18.00); Kocapınar'da, (-26.69) ile (-25.87); Kocapınar-Ocak'ta, (-27.80) ile (-26.07); Yatağan-3'de, (-26.14) ile (-24.32); Yeşilyuva-2'de, (-25.16) ile (-25.00) ve Ayaz-2'de, (-26.01) ile (-24.69) arasında değişmektedir.

Kömür örneklerinin $\delta^2\text{H}$ (‰) izotop içerikleri Yeşilyuva'da, (-103.77) ile (-80.69); Yüreğil'de, (-82.53) ile (-60.62); Yatağan'da, (-94.82) ile (-54.17); Ayaz'da, (-86.01) ile (-70.68); Kocapınar'da, (-101.83) ile (-96.02); Kocapınar-Ocak'ta, (-123.47) ile (-58.75); Yatağan-3'de, (-122.10) ile (-98.15); Yeşilyuva-2'de, (-101.26) ile (-98.37) ve Ayaz-2'de, (-138.02) ile (-125.47) arasında değişmektedir.

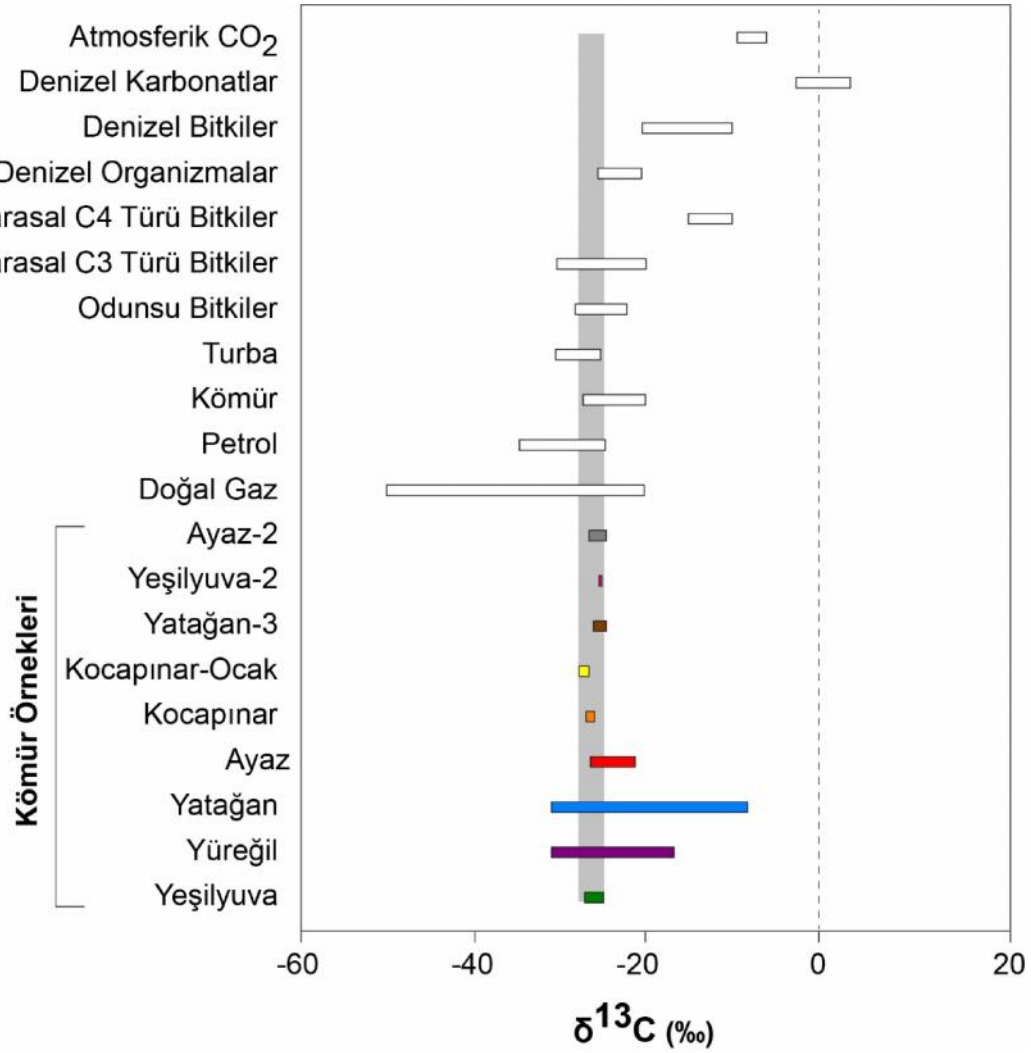
$\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop bileşimleri Yeşilyuva'da, 3.76 ile 5.60; Yüreğil'de, 3.76 ile 6.65; Yatağan'da, 4.63 ile 6.55; Ayaz'da, 5.08 ile 7.66; Kocapınar'da, 4.66 ile 5.68; Kocapınar-Ocak'ta, 3.61 ile 5.95; Yatağan-3'de, 3.68 il3 5.10; Yeşilyuva-2'de, 6.06 il3 7.43 ve Ayaz-2'de, 4.65 il3 4.83 arasında değişmektedir.

Örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ (‰) izotop bileşimleri Yeşilyuva'da 12.90 ile 15.96; Yüreğil'de, 10.08 ile 22.41; Yatağan'da, 15.12 ile 21.28; Ayaz'da, 13.97 ile 26.28; Kocapınar'da, 11.43 ile 15.90; Kocapınar-Ocak'ta, 11.43 ile 18.50; Yatağan-3'de, 13.36 ile 15.05; Yeşilyuva-2'de, 8.61 ile 8.62 ve Ayaz-2'de 12.92 ile 13.16 arasında değişmektedir.

Kömür örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop bileşimleri Yeşilyuva'da, (-0.08) ile 7.26; Yüreğil'de, 1.22 ile 4.68; Yatağan'da, (-0.39) ile 12.64; Ayaz'da, 0.76 ile 9.69; Kocapınar'da, (-3.30) ile 4.08; Kocapınar-Ocak'ta, 4.55 ile 10.16; Yatağan-3'de, 10.52 ile 13.59; Yeşilyuva-2'de, (-0.75) ile 1.92 ve Ayaz-2'de (-0.07) ile 6.05 arasında değişmektedir.

İncelenen kömür örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotopları (-) değerlerde iken, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotopları (+) değerler göstermektedir. Yatağan örnekleri $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotopları bakımından en geniş dağılım aralığına sahipken, Yüreğil örnekleri $\delta^{15}\text{N}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri bakımından diğer lokalite örneklerine göre daha geniş dağılım aralığı göstermektedir. $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri bakımından Yatağan ve Ayaz örnekleri dar ve sınırlı değişim aralığına sahiptirler (Şekil 7.40).

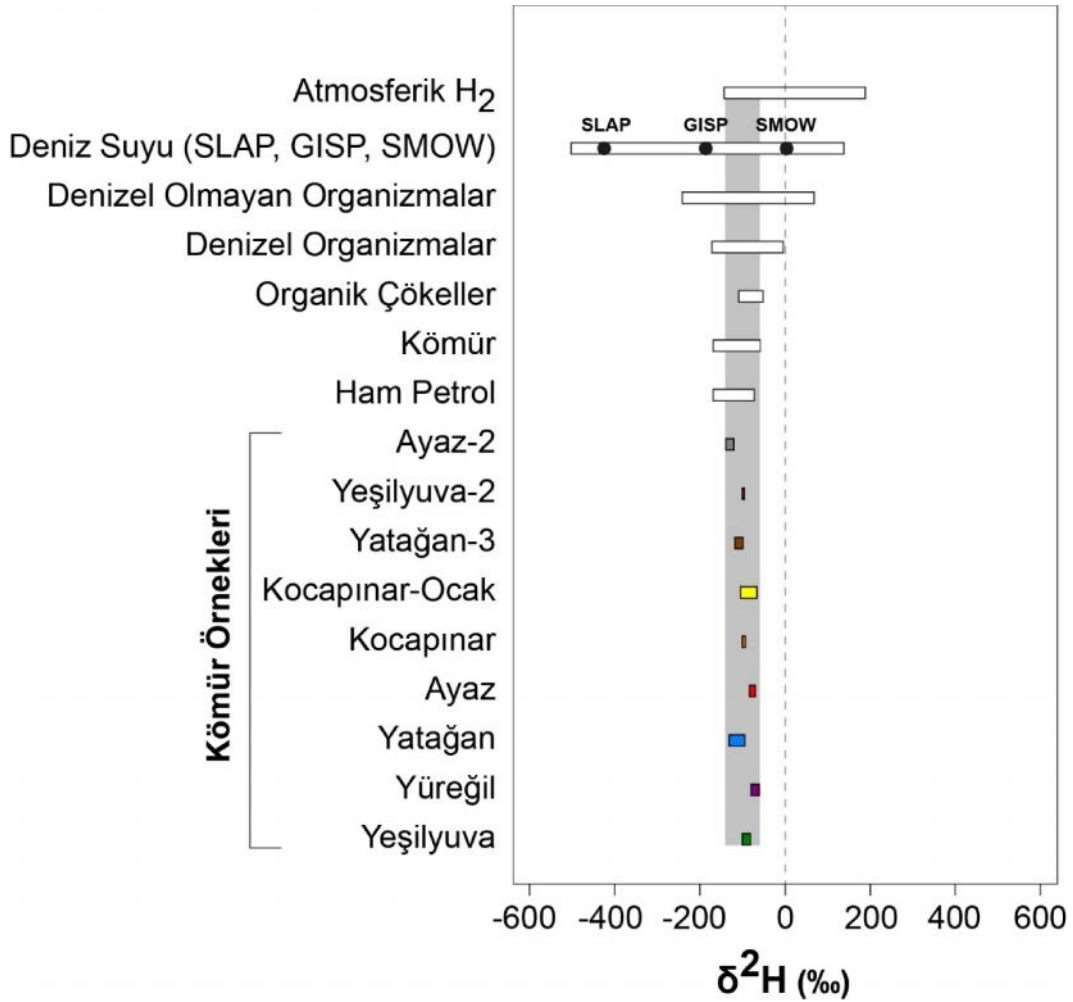
Yerküredeki bazı referans materyallerin $\delta^{13}\text{C}$ (‰) değerlerine ait diyagram Şekil 7.41'de verilmiştir. Kömür örneklerimizin $\delta^{13}\text{C}$ (‰) izotop değerlerinin karasal C3 türü bitkiler, odunsu bitkiler, turba, kömür ve petrol değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Yatağan ve Yüreğil lokasyonları dışında tüm kömür örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ (‰) izotop değerlerinin oldukça sınırlı bir aralıkta değişim gösterdikleri belirlenmiştir.



Şekil 7.41. Bazı referans materyallerin $\delta^{13}\text{C}$ (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).

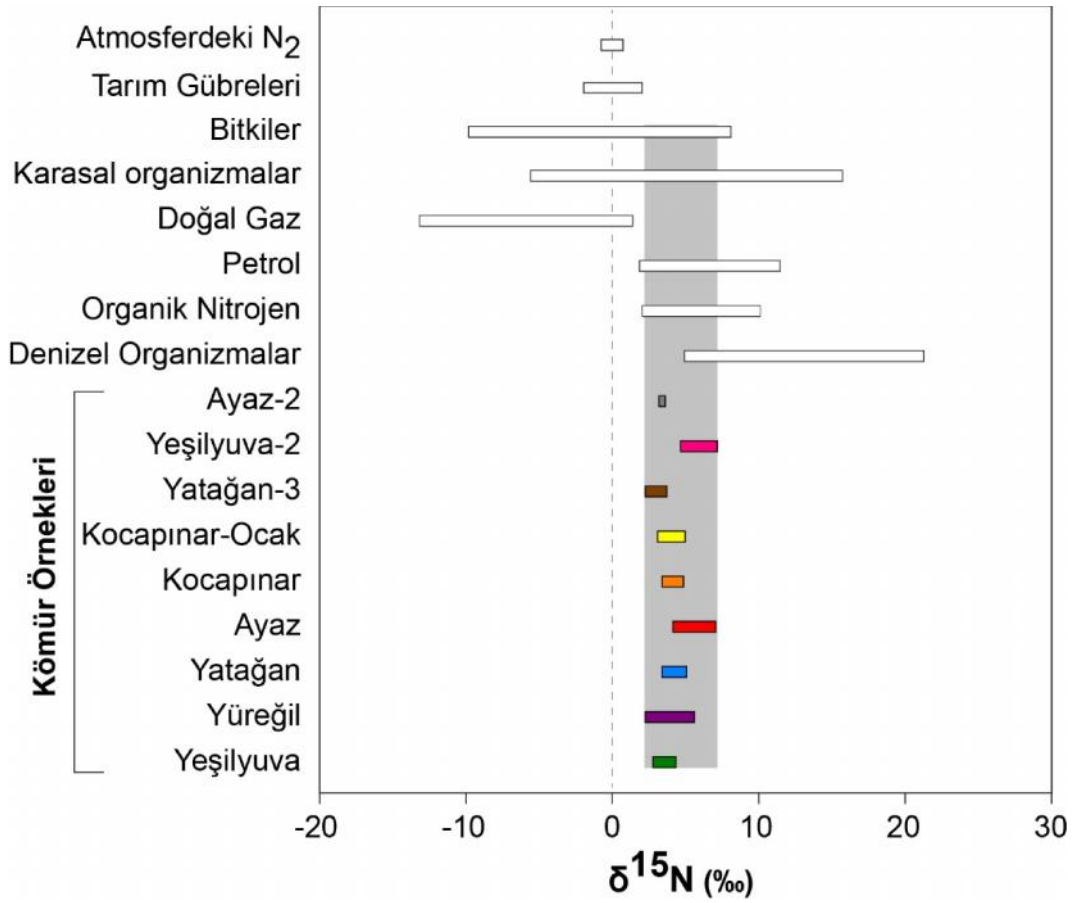
Organik maddenin kaynaklandığı bitki materyalinin türü, organik maddece bakımından zengin kayalarda $\delta^{13}\text{C}$ (‰) değerlerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu açıdan yaklaştığımızda incelenen kömür oluşumlarının karasal C3 türü bitkiler ve/veya odunsu bitkilerin baskın olduğu bir kaynaktan türemiş olabileceği söylenebilir.

Benzer şekilde bazı referans materyallerin $\delta^2\text{H}$ (‰) değerlerine ait diyagram Şekil 7.42'de verilmiştir. İncelediğimiz kömür örneklerimizin $\delta^2\text{H}$ (‰) izotop değerlerinin denizel olmayan organizmalar, denizel organizmalar, organik çökeller, kömür ve ham petrol değerleri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bütün kömür örneklerinin $\delta^2\text{H}$ (‰) izotop değerlerinin oldukça sınırlı bir aralıkta değişim göstermekte oldukları belirlenmiştir.



Şekil 7.42. Bazı referans materyallerin $\delta^2\text{H}$ (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).

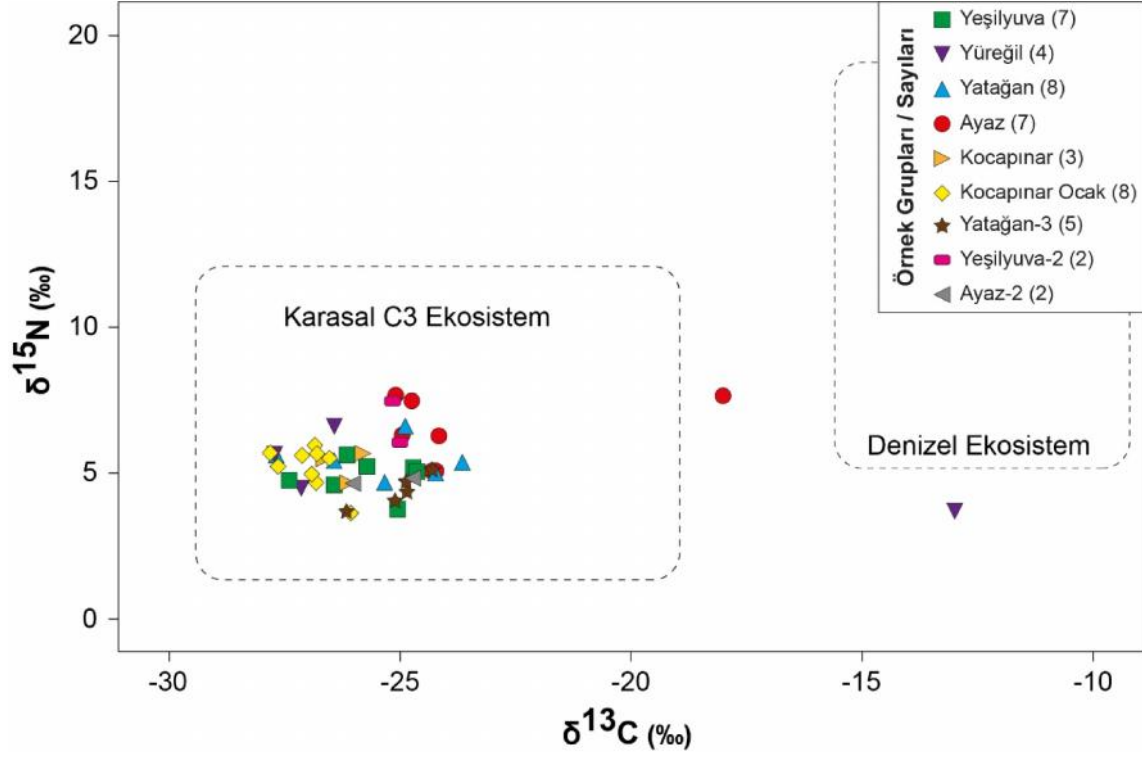
Yerküredeki bazı referans materyallerin $\delta^{15}\text{N}$ (‰) değerlerine ait diyagram Şekil 7.43'de verilmiştir. $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop değerleri bakımından kömür örneklerinin bitkiler, karasal organizmalar, petrol ve organik kökenli nitrojen değerleri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Organik maddenin kaynağı olan canlı organizmaların (alg, bitki) kökenlerini hakkında yorum yapabilmek için $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotopları oldukça kullanışlı olabilmektedir. $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop değerlerine göre incelenen kömür örneklerini oluşturan organik maddenin çoğunlukla karasal organizmalar ve bitkilerden kaynaklandığını söylemek yanlış bir sonuç olmayacaktır.



Şekil 7.43. Bazı referans materyallerin $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop değerlerinin değişim diyagramı (Referans materyal verileri Coplen and Shrestha, 2016'dan alınmıştır).

Kömürlerin sahip olduğu S içerikleri, pirit (FeS_2), diğer metalik sülfidler (ZnS , PbS , FeS), sülfatlar (FeSO_4), organik kükürt'ün toplamından oluşmaktadır. Bu nedenle kömürlerde $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop çalışmaları oldukça genel bilgiler vermekte ve organik maddenin kökenine yönelik kısıtlı veriler sunmaktadır. Bununla birlikte kömürler içerisinde ayrı olarak elde edilebilen S'lü bileşenlerin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) içerikleri analiz edildiğinde daha yararlı bilgiler sağlayabilmektedir.

$\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop sonuçlarına göre hazırlanan diyagramda incelenen kömür örneklerinin karasal C3 ekosistem alanına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 7.44). Karasal C3 ekosistemi otsu bitkilerin egemen olduğu, fazla güneş ışığı almayan, nemli/ıslak ortamları ifade etmektedir. Bu tür ortamlar günümüzde akarsu bataklıkları ve/veya su basar orman alanlarına karşılık gelmektedir.



Şekil 7.44. $\delta^{13}\text{C}$ (‰)- $\delta^{15}\text{N}$ (‰) diyagramında kömür örneklerinin konumu.

8. TARTIŞMALAR

Kömürler, yüksek oranda (%50'den fazla) organik karbon içermeleri nedeniyle başlı başına hidrokarbon (gaz ve/veya petrol) kaynak kayası olarak kabul edilmektedir. Kaynak kaya çalışmalarında öncelikle kayacın Toplam Organik Karbon (TOC, %) miktarının belirlenmesi, sonrasında kaynak kayanın hidrokarbon potansiyeline yönelik olarak piroliz analizlerinin yapılması gerekmektedir. Son yıllarda organik maddece zengin kayaçlar üzerine yapılan araştırmalarda modern analiz tekniklerinin kullanılması, organik maddenin zamansal ve mekânsal olarak ne yönde evrimleştiğini ortaya çıkarmak açısından önem taşımaktadır. TÜBİTAK tarafından desteklenen 114Y668 numaralı proje kapsamında aynı örnekler üzerinde çoklu analiz tekniklerinin birlikte kullanılması sonucunda birbirini destekleyen, güvenilir veriler üretilmiştir.

Bilindiği gibi Batı Anadolu' da Miyosen de etkili olan orojenik hareketlerle Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı temel kayalar yükselirken, çöken kesimler akarsu ve göl çökelleri tarafından doldurulmuştur. Graben olarak adlandırılan bu çöküntü alanlarında kırıntılı ve karbonatlı çökeller ile uyumlu olarak organik maddece zengin çökellerde (başlıca linyit) depolanmıştır. Hızla artan enerji gereksinimini karşılamak için Batı Anadolu'da bulunan havzalardaki büyük ölçekli linyit oluşumları Cumhuriyetin ilk yıllarından bu yana devlet ve/veya özel sektör tarafından işletilmiştir. Geldiğimiz noktada büyük ölçekli linyit oluşumlarının (Manisa-Soma, Çanakkale-Çan, Muğla-Yatağan) ekonomik işletme ömürlerini tamamlamaları/yarılamaları yanında enerjiye olan gereksinimin hızlı bir şekilde artması neticesinde önceki yıllarda değerlendirilmeyen daha küçük ölçekli/rezervli kömür oluşumları üzerinde detaylı araştırma çalışmalarını tetiklemiştir. Gerçekleştirilen bu proje ile ilk defa Denizli (Honaz-Serinhisar-Yeşilyuva-Yatağan) çevresinde, küçük ölçekli kömür oluşumlarının jeolojik özelliklerinin yanında, ayrıntılı organik ve inorganik jeokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle proje metninde verilen sonuçlar çalışma alanı için bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca projeden üretilen verilere göre hazırlanan bilimsel çalışmalar (poster, sözlü sunum, makale) ulusal ve uluslararası sempozyumlarda tartışmaya açılarak ulusal/uluslararası literatüre katkı sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen proje kapsamında, *“Kömürlü seviyelerden petrol ve/veya gaz eldesi yönünde faydalanıp? Faydalanılamayacağı? Problemine de açıklık getirilmiştir.”* Diğer hidrokarbon kaynak kayaları (bitümlü şeyl, kiltaş, mikritik kireçtaşı) gibi kömürler de yeterli olgunluk seviyesine ulaştığında ve uygun organik madde içerdiği takdirde mükemmel derecede kaynak kaya potansiyeline sahip olabilmekte, petrol ve/veya gaz elde edilebilmektedir. Kızılburun ve

Yatağan Formasyonuna ait sedimanter kayaç ile ardalanmalı olarak bulunan kömür oluşumlarının gaz türüm potansiyeline sahip olmalarına rağmen, organik maddenin henüz olgunlaşmamış aşamada olmasından dolayı ekonomik değerinde hidrokarbon türümü gerçekleştirmediği ilk defa bu çalışma ile belirlenmiştir.

8.1. Kömür Oluşumlarının Yaşı

Günümüzde jeolojik oluşumlar gelişen analiz teknikleri kullanılarak daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak içerisinde farklı yaş ve kaynaklardan türeyen bileşenler içeren sedimanter kayaçların (kırıntılı ve organik kökenli) yaşlandırılmasında kullanılan radyometrik yöntemler oldukça kısıtlıdır. Bununla birlikte özellikle kömür oluşumlarının yaşlandırılması içerisinde buldukları sedimanter birimlerin stratigrafik konumlarına, paleontolojik verilere (fosil ve/veya mikro memeli içeriği) göre yapılabilmektedir. Paleontolojik verilere göre yapılan yaşlandırma çalışmaları içerisindeki mikro memeli yaşlandırmaları son yıllarda daha etkili ve kesin sonuç vermesi bakımından yaygın olarak kullanılmaktadır. Proje kapsamında çalışılan lokalitelerdeki kömür oluşumlarının yaşını belirleyebilmek amacıyla; Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan ve Ayaz lokalitelerinde kömürlü seviyelerin altında bulunan kırıntılı birimlerden yaklaşık olarak 50 kg'lık örnekler alınmış, mikro memeli yaşlandırması için yıkanmıştır. Yüreğil lokalitesi dışındaki diğer lokalitelerde herhangi bir mikro memeli fosiline rastlanılmamıştır. Yüreğil lokalitesinde *Apodemus dominans* ve *Pliomys* sp. mikro memeli fosilleri bulunmuştur. Bu türler özellikle ülkemizde ve Avrupa' da iyi bilinen türler olup, MN 15-16 (Orta Pliyosen) yaşını vermektedir. Yüreğil köyü lokalitesindeki kömür oluşumları Yatağan Formasyonunun çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kiltaşından oluşan litolojileri içerisinde bulunduğu için Yatağan Formasyonun yaşı Orta Pliyosen olarak ilk defa bu çalışma ile belirlenmiştir. İncelenen alandaki kömürlerin (Kocapınar-Ocak lokalitesi dışında) oldukça genç oluşumlar olduğu söylenebilir.

8.2. Organik Maddenin Türü

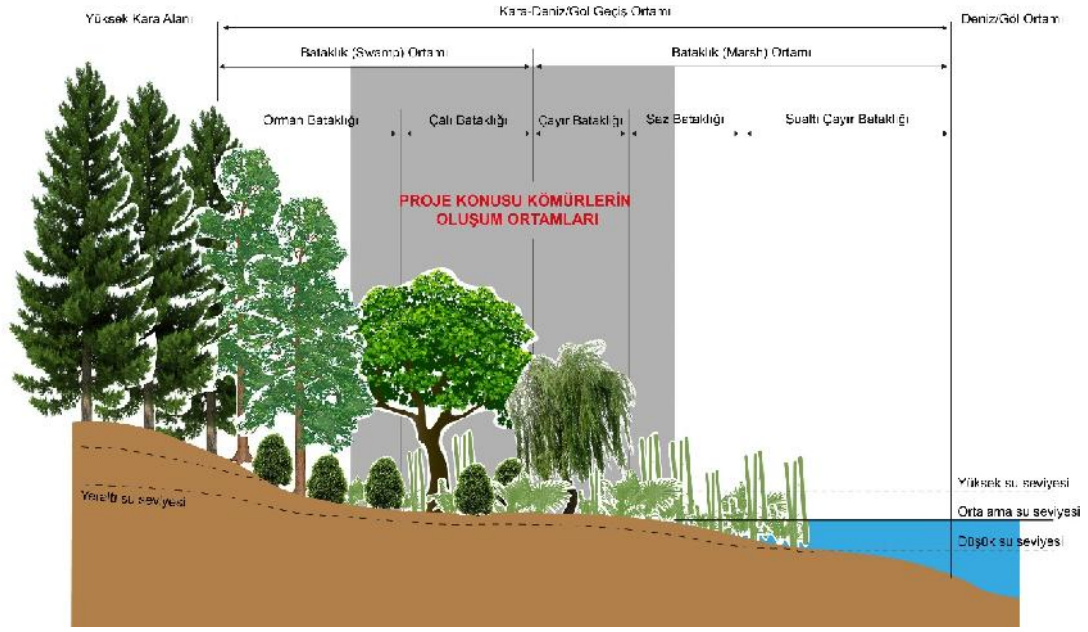
Proje kapsamında belirlenen kömür lokalitelerinden alınan örneklerin Toplam Organik Karbon (TOC, %) değerleri, %0.5 ile %51.8 arasında değişmektedir (Yatağan-2 (%0.39 < 0.5) örneği dışında). Mükemmel derecede kaynak kaya potansiyeline sahip kömür oluşumlarının Hidrojen İndeks (HI) değerleri, 10 mg HC/g TOC ile 286 mg HC/g TOC arasında değişmektedir. İncelenen örnekler, gaz türüm potansiyeli olan Tip III kerojene karşılık gelmektedir. S_2/S_3 ve S_2/TOC oranları da HI değerleriyle uyumlu olarak Tip III kerojene işaret etmektedir. Gaz Kromatogramlarında (GC) görülen nC_{11} - nC_{35} aralığındaki n-alkanlardan uzun zincirli n-

alkanların baskın pikler olması yüksek karasal bitkilere işaret etmektedir. Ayrıca nC_{17}/nC_{31} oranları da karasal bitki kaynaklı organik maddeye işaret eder. Oldukça yüksek mumsuluk derecesi ($\Sigma(nC_{21}-nC_{31})/\Sigma(nC_{15}-nC_{20})$) değerleri, yüksek moleküler ağırlıklı n-alkan miktarına bağlı olarak karasal bitki yoğunluğunu ifade etmektedir. Karasal/Sucul organik madde oranı (TAR) ile Karbon Tercih İndeks (CPI) verileri birlikte değerlendirildiğinde, kömür oluşumlarında baskın organik madde türünün karasal bitkilerden oluştuğu belirlenmiştir. Tüm lokasyonlarda C_{27}/C_{29} steran oranları 0.06 ile 1.41 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.73' tür. İncelenen kömür örneklerinin C_{19}/C_{23} TT oranları, C_{19}/C_{23} TT (ortalama 0.44) oranlarına göre nisbeten yüksek değerlerde olup, karasal organik madde girdisini yansıtmaktadır. Organik petrografik incelemelere göre incelenen örneklerde hüminit grubu maserallerin baskın olduğu ve organik maddenin bitki kök, gövde ve yapraklarından oluştuğu belirlenmiştir. Palinolojik incelemelerden elde edilen sonuçlara göre, örneklerin çoğunda belirlenen organik madde türü; konifer ormanı bitkileri, ırmak kenarı bitkileri ve otsul bitkilerdir. Yukarıdaki sonuçlarla uyumlu bir şekilde $\delta^{13}C$ (‰), $\delta^{15}N$ (‰) değerleri de kömürlü seviyelerin, karasal C3 türü bitkiler ve/veya odunsu bitkilerin baskın olduğu, karasal organizmalardan ve bitkilerden türemiş olabileceğine işaret etmektedir.

8.3. Organik Maddenin Çökeltme Ortamı

Organik jeokimyasal değerlendirmeler ışığında, kömürlerin oksik-suboksik çökeltme koşullarında kırıntılı fasiyesin baskın olduğu karasal bir ortamda çökeldiği belirlenmiştir. Su derinliğinin zaman zaman değişmesine işaret eden değerlendirmeler ise, karasal ortamdaki akarsu taşkın ovalarında meydana gelen bataklıklardaki kömür oluşum modeliyle uyumludur.

Organik maddelerin çökeldiği ortamları (deniz, göl, delta, lagün, akarsu kanalları, taşkın ovaları ve bataklıklar) temsil eden maseral, mikrolitotip ve inorganik madde türleri vardır. Organik petrografik çalışmalar sonucu belirlenen % maseral ve maseral alt gruplarına göre hesaplanan indeks değerleri (Jelifikasyon İndeksi (Gelification Index-GI), Doku Korunum İndeksi (Tissue Preservation Index-TPI), Yeraltı Suyu İndeksi (Ground Water Index-GWI) ve Vejetasyon İndeksi (Vegetation Index-VI)) yardımıyla özellikle düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin çökeltme ortamları hakkında önemli veriler üretilebilmektedir. Buna göre kömür oluşumlarının taşkın düzlüğü bataklığı, sığ su bataklığı (limno-telmatik) ve karasal (telmatik) ortamda çökeldiği belirlenmiştir (Şekil 8.1). Maseral ve maseral alt gruplarından yola çıkılarak, örneklerin göl - kara (limno-telmatik) geçiş ortamında çökeldiği ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak ortamdaki su seviyesinde yükseliş ve düşüşler meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 8.1. İncelenen kömür oluşumlarının çökme ortamını gösteren şematik kesit.

Kömürlerin moleküler inceleme sonuçlarına göre; Pr/nC₁₇ ve Ph/nC₁₈ oranları çökme ortamlarında oksik koşulların etkili olduğuna işaret etmektedir. C₂₅/C₂₆ Tricyclic Terpan (TT) oranları karasal çökme ortamına işaret etmekle birlikte, C₂₅/C₂₆ Tricyclic Terpan (TT) oranındaki değişimler ortamdaki su derinliğinin mevsimsel değişimleriyle açıklanmaktadır. Düşük C₂₂/C₂₁ Tricyclic Terpan (TT) ve yüksek C₂₄/C₂₃ Tricyclic Terpan (TT) oranları tipik olarak kömür litolojisini gösterirken, Düşük C₂₉/C₃₀ Hopan oranları incelenen örneklerde kırıntılı litolojilerin baskın olduğuna işaret etmektedir. C₃₁ homohopan, C₃₂ homohopan ve C₃₅ homohopan indeks değerine göre suboksik ortam koşulları ve kırıntılı fasiyesin baskın olduğu söylenebilir. C₃₁ 22R/C₃₀ Hopan oranları kömür oluşumlarının iklime bağlı değişimlerin etkili olduğu bir ortamda (kıyı ortamı?) çökeldiğine işaret etmektedir (Şekil 8.1).

Dört adet örnekte çok düşük gammacerane indeks değerleri hesaplanmış olup, çökme ortamındaki tatlı su-hafif tuzlu su koşullarına işaret etmektedir. Tüm lokasyonlarda C₂₇ Diasteran/C₂₇ Steran oranları kömürlü seviyelerin yarı alkalin - alkalin bir çökme ortamında çökeldiğini göstermektedir. İncelenen örneklerdeki düşük Steran/Hopan oranları karasal ve/veya mikrobiyal olarak yeniden işlenmiş (reworked) organik maddenin varlığına ve karasal kaynak kayaya işaret etmektedir. Aromatik hidrokarbonlardan düşük Dibenzotiyofen konsantrasyonu ile çökme ortamında karasal koşulların etkili olduğu belirlenmiş ve incelenen örneklerin Dibenzotiyofen/Fenantren (DBT/P) oranlarının kömürler için verilen aralığa yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

8.4. Organik Maddenin Olgunluğu

Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerindeki kömürlü seviyelerden alınan örneklerin Tmax (°C) değerleri 344°C ile 440 °C, Üretim İndeksi (PI) değerleri ise 0.04 - 0.47 arasında değişmektedir. Her iki parametre de incelenen örneklerin henüz olgunlaşmamış aşamadır. Moleküler bazda yapılan hesaplamalarda kömür örneklerinin C₃₀ Moretan/C₃₀ Hopan ve C₂₉ ββ/(ββ+αα) steran oranları, Ts/(Ts+Tm), Ts/Tm ve C₂₉ (20S/20S+20R) steran oranları olgunlaşmamış - erken olgun evredeki organik maddeye işaret etmektedir. Aromatik hidrokarbonlardan metilfenantren indeks-3 (MPI-3) değerlerine göre organik maddenin henüz olgunlaşmamış-olgun aşamada olduğu görülmektedir. Kömürlü seviyelerin çökelme ortamında oksik redoks potansiyelinin hâkim olmasının yanı sıra, mikrobiyal olarak yeniden işlenmiş (reworked) organik maddenin bulunması; MPI-3 değerlerinin olgun evrede olmasına neden olabilmektedir. Yukarıda tartışılan olgunluk parametreleriyle uyumlu olarak örneklerin monoaromatik (I)/monoaromatik (I+II) (MA(I)/MA(I+II)) oranları, henüz olgunlaşmamış evreye işaret etmektedir.

8.5. Kömür İçerisindeki İnorganik Bileşenlerinin Kökeni

Kömürler içerisindeki inorganik ve mineral bileşenler kökenlerine göre biyojenik, detritik (kırıntılı) ve otijenik olmak üzere üç farklı gruba ayrılır. Biyojenik kökenli bileşenler kömürleşme sürecinde etkin olan bitki ve canlı organizmaların bünyelerinde kalıntı faz olarak (< %1) bulunan bileşenlerdir. Kömür litolojileri içerisinde en baskın bileşenler detritik bileşenler olup, kömür oluşumunun gerçekleştiği jeolojik ortama rüzgâr ve akarsular etkisiyle taşınan katı kayaç parçacıklarından meydana gelmektedir. Otijenik bileşenler kömür oluşumu sırasındaki ve/veya sonrasındaki yeni mineral oluşumlarını içermektedir. Ana oksit, iz ve NTE değerlerine göre kömür örneklerinin birbirlerine benzer değerler gösterdiği belirlenmiştir. Ayrışım Fonksiyon Analizi testinde kömür örneklerinin birbirine yakın dağılımlar göstermeleri ve benzer yönde eğilime sahip olmaları bu durumu desteklemektedir. Bununla birlikte bazı element değerlerinde görülen anomalilerin çökelme ortamındaki fiziko-kimyasal koşullardaki değişimler ile kaynak alandaki farklı litolojilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kömür örneklerinin Ca-Mg-Na karbonat/sülfat/fosfat/hidroksit, plajiyoklaz ve kil mineralleri ile daha az oranda silikat ve alümino-silikat minerallerinden oluşmaktadır. Bu durum XRD çalışmalarıyla belirlenen mineralojik bileşim ile de uyumludur. Sedimanter kayaçlar var olan kayaçların ayrışması, aşınması, taşınıp, depolanması sonucunda oluştuğu için içerdiği inorganik bileşenler kendisinden önceki kayaç litolojileri ile yakından ilişkilidir. Proje sahasında

kömür oluşumlarının görüldüğü lokasyonlarda temel kayaçlarını ultramafik-mafik bileşimli kayaçlar ve kireçtaşlarının (Honaz Ofiyoliti, Karatepe Melanjı ve Bayıralan Formasyonu) oluşturduğu düşünüldüğünde bu türden mineral birlikteliğinin görülmesi beklenen bir durumdur.

Bazı ana oksit, iz ve NTE kullanılarak hazırlanan diyagramlarda kömürleri oluşturan inorganik bileşenlerin aktif kıta kenarında oluşmuş, mafik-ultramafik bileşimli, okyanusal kabuk kökenli kayaçlardan türemiş olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte diyagramlarda sınırlı sayıda örneğin aykırı alanlara düştüğü de görülmektedir. Bu durum örneklerin taşınma ve depolanma sırasında kimyasal bileşimlerinde meydana gelen değişimlerle ilişkilendirilebilir. Alterasyon koşullarına duraylı olan, depolanma ortamına taşınma sırasında çok az değişme uğrayan La, Th, Zr, Hf, Ni, Co, Cr ve Sc elementleri ve La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranları kaynak alan ile ilgili aktif kıta kenarında oluşmuş, mafik-ultramafik bileşimli, okyanusal kabuk kökenli görüşünü desteklemektedir.

Farklı lokalitelerden alınan kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi (North American Shale Composition – NASC) ve Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) değerlerine göre normalleştirilmiş çoklu element dağılım diyagramlarında kömür örneklerinin birbirine benzer dağılım desenleri göstermektedir. Diyagramlarda Na, Mg, Al, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Y, Co, Cr ve Nd elementleri bakımından 1-100 kat arasında değişen zenginleşmeler görülürken, Rb, Sr, Zr, Ba, La V, Pb, Y, Sc, Hf, Th, U, Cu ve Zn elementlerinde 1-100 kat fakirleşmeler görülmektedir. Diyagramlarda Ca, Rb, Ni, Nd ve U elementlerindeki anomaliler oldukça belirgindir. Benzer şekilde NASC ve PAAS değerlerine göre normalleştirilmiş NTE dağılım diyagramlarında kömür örneklerinin birbirine oldukça benzer ve düz bir dağılım deseni gösterdikleri belirlenmiştir. Bu diyagramlarda kömür örneklerinin Hafif Nadir Toprak Elementi (HNTE) içeriklerinin Ağır Nadir Toprak Elementi (ANTE) içeriklerine göre nispeten daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. Eu değerlerinin tüm kömür örneklerinde belirsiz-hafif derecede pozitif anomali verdiği görülmektedir. Literatürde kırıntılı sedimanlarda görülen Eu anomalisinin başlıca karasal katkılardan ve kömür oluşumu sırasında sulu ortamın redoks özellikleriyle ilişkili olduğu belirtilmektedir. (La/Lu), (La/Sm), (Eu/Eu*) ve (Sm/Lu) oranları bakımından kömür örneklerinin NASC ve PAAS değerlerine yakın ve/veya benzer değerler gösterdiği görülmektedir.

8.6. İnorganik Bileşenlerde Ayrışma Etkisi

Ayrışma süreçleri boyunca kayaç ve/veya mineral kimyasında önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrışma süreçleri boyunca kayaç ve/veya mineral içerisindeki Na, Ca, K, Mg, Si, Al, Fe gibi elementler ayrışmanın şiddetine bağlı olarak değişim göstermektedir. Al_2O_3 , TiO_2 , Cs, Zr ve Sc gibi elementlerin kaynak alandaki ayrışma süreçlerinde diğer elementlere göre nispeten daha duraylı oldukları kabul edilmektedir. Bu element kullanılarak hazırlanan diyagramlarda kömür örneklerini oluşturan inorganik bileşenlerin bazalt bileşimli temel kayaçlardan türediği, yeniden işlenmeye uğramadan hızlı bir şekilde ve ilksel olarak depolandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte inorganik bileşenlerin zaman içerisinde fazla bir değişime uğramamış olduğu da ifade edilebilir. Kaynak alandaki ayrışmanın derecesi ve sedimanların olgunlaşması hakkında Bileşimsel Çeşitlilik İndeksi (Index of Compositional Variability-ICV) hesaplanarak da önemli bilgiler elde edilebilir. ICV değerlerinin >1 olması kaynak alandaki minerallerin henüz ayrışmaya uğramamış olduklarının bir göstergesidir. İncelenen kömür örneklerinin hesaplanan ortalama ICV değerleri 2.0 (Kocapınar-Ocak) ile 12.7 (Yüreğil) arasında değişmektedir. Bu değerlere göre kömür örneklerinin türediği kaynak alandaki kayaç/minerallerin ciddi bir ayrışmaya uğramamış olduklarını söylenebilir. Kaynak alandaki ayrışmanın değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir parametre K/Cs oranıdır. Cs elementi ayrışma sürecinde kil mineralleri içerisinde zenginleşmektedir. Ayrışma derecesi arttıkça meydana gelen kil mineralleri artacak, K/Cs oranı ise azalacaktır. Kömür örneklerinin ortalama K/Cs oranları 916.53 (Kocapınar-Ocak) ile 104.99 (Ayaz) arasında değişmektedir. Kömür örneklerinin K/Cs oranı ile Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl' ine (Post Archaean Australian Shale-PAAS) ait K/Cs oranını (2048) karşılaştırdığımızda inorganik bileşenlerin türediği kaynak alandaki kayaçlarda yoğun bir ayrışmanın olmadığı söylenebilir.

9. SONUÇLAR

1. Proje kapsamında Denizli' nin güneyindeki Yeşilyuva, Yüreğil, Yatağan, Ayaz, Kocapınar, Kocapınar-Ocak, Karaçay, Yatağan-2, Yatağan-3, Yeşilyuva-2, Ayaz-2 ve Karaçay-2 lokalitelerinden ölçülü stratigrafik kesit ve nokta örnek şeklinde organik maddece zengin kayaç örneği (kömür, killi kömür, bitümlü şeyl) alınmıştır.
2. İncelenen örnekler çalışma alanında geniş yayılıma sahip Yatağan ve Kızılburun Formasyonlarına ait kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar ile ardalanmalı olarak görülmektedir. Organik madde bakımından zengin seviyelerin kalınlığı 5 cm ile 1 m arasında değişmektedir. Oluşumlar çoğunlukla vadi içlerinde ve yamaçlarda görülmekte olup, yanal yöndeki devamlılıkları takip edilememiştir.
3. Kömür, killi kömür ve kömürlü killerde Tip III kerojen baskın olup, incelenen örnekler gaz hidrokarbon potansiyeline sahiptir. Organik maddenin ısasal olgunluğu olgunlaşmamış-erken olgun aşama olarak belirlenmiştir. İncelenen örneklerin moleküler bileşimleri incelendiğinde; çökme ortamında C3 türü karasal bitkilerin baskın olduğu ve karasal koşulların etkili olduğu belirlenmiştir.
4. Palinolojik inceleme sonuçlarına göre, sporlardan *Laevigatosporites haardti* ve karışık orman topluluğu bitkilerinden *Quercus*, *Celtis* ve *Carpinus* gözlenmiştir. Irmak kenarı bitki örtüsü olarak *Carpinus*, *Zelkova* ve *Carya* gibi bitkiler ve otsul bitkilerden Asteraceae-Asteroidae, Asteraceae-Cichoridae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae bitkilerine rastlanmıştır. Ayrıca, çökme ortamında zaman zaman su seviyesinin yükseldiğine işaret eden tatlı su alglerinden *Botryococcus*, *Schizosporis* ve *Ovoidites* algleri gözlenmektedir.
5. Mikro memeli yaşlandırmasına göre Yatağan Formasyonu içerisinde bulunan kömürlerin yaşı, *Apodemus dominans* ve *Pliomys* sp. küçük memeli fosillerine MN 15-16 (Orta Pliyosen) olarak belirlenmiştir. Kızılburun formasyonu içerisindeki oluşumların yaşına yönelik olarak herhangi bir mikro memeli fosili bulunamıştır.
6. Organik petrografik incelemeler kömürlerde hüminit türü maserallerin baskın, hüminit/vitrinit yansıtma değerlerinin henüz olgunlaşmamış evrede olduğuna ve linyit ve/veya kahverengi kömür aşamasına işaret etmektedir. Bununla birlikte örneklerin mineral madde içeriklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç moleküler bileşim

özellikleri ve inorganik jeokimyasal incelemeler kısmında elde edilen, kırıntılı litolojinin baskın olduğu yönündeki sonuçlar ile uyumludur.

7. Hüminit, Liptinit, İnertinit ve Mineral Madde içeriğine göre oluşturulan diyagramlarda kömürlerin zaman zaman su baskınlarına maruz kalan, ıslak çayırılık bir ortamda (limno-telmatik) çökelmiş oldukları söylenebilir. Su baskınlarının olmadığı zamanlarda organik maddenin atmosferle temas ederek okside olduğu ve bunun sonucunda kırıntılı içeriği bakımından zenginleştiği söylenebilir.
8. XRD incelemelerinde örneklerde baskın olarak; kuvars, feldspat, jips ve pirit mineralleri ile kil minerallerinden; illit, simektit, kaolinit ve klorit belirlenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Dağılımlı Spektrometre (SEM-EDX) çalışmaları sonucunda, organik jeokimyasal incelemelerle de uyumlu olarak, kömür örneklerinde indirgen ve alkali ortam şartlarına işaret eden pirit (FeS_2) ve molibdenit (MoS_2) saptanmıştır.
9. Ana oksit, iz element ve NTE sonuçlarına göre kömür örnekleri içerisindeki inorganik bileşenlerin kaynağı olarak çalışma alanında yüksek kotlarda görülen Honaz Ofiyoliti' ne ait kayaçlar ile çoğunluğu ofiyolitik kayaçlardan türemiş çakıl-kum boyutlu bileşenlerden oluşan Bayıralan Formasyonu olarak düşünülmektedir.
10. Kimyasal analiz verilerine göre hazırlanan DFA grafiğinde kömür örneklerinin birbirine yakın dağılımlar gösterdikleri ve genellikle benzer yönelime sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durumda farklı lokasyonlardan alınan kömür örneklerinin sadece kimyasal bileşime göre çok büyük farklılıklar gösterdikleri söylenemez.
11. Kömür örneklerinin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi (North American Shale Composition – NASC) ve Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) değerlerine göre normalleştirilmiş çoklu element ve NTE dağılım diyagramlarında birbirine benzer dağılım desenleri göstermektedir.
12. Örneklerin Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi' ne (North American Shale Composition - NASC) oranlanmış çoklu element değişim diyagramlarında Na, Mg, Al, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni ve Y elementleri bakımından 3-100 kat arasında değişen zenginleşmeler görülürken, Rb, Sr, Zr, Ba ve La elementlerinde 3-100 kat fakirleşmeler belirlenmiştir. Bununla birlikte örneklerin Arkeen Sonrası Avustralya Şeyl (Post Archaean Australian Shale-PAAS) bileşimine oranla Co, Ni, Cr ve Nd elementleri bakımından 1-50 kat arasında değişen

zenginleştirdiği, V, Sr, Rb, Ba, Pb, Zr, Y, Sc, Hf, Th, U, Cu ve Zn elementlerinde PAAS' ne oranla 1-100 kat tüketildiği belirlenmiştir. Ayrıca kömür örneklerinin Hafif Nadir Toprak Elementi (HNTE) içeriklerinin Ağır Nadir Toprak Elementi (ANTE) içeriklerine göre nispeten daha düşük değerlerde olduğu, Eu ve Gd içeriklerinde hafif pozitif anomaliler gösterdiği belirlenmiştir.

13. Kömür örneklerinin NASC ve PAAS' e göre normalize edilmiş (La/Lu), (La/Sm), (Eu/Eu*) ve (Sm/Lu) oranları bakımından NASC ve PAAS değerlerine yakın ve/veya benzer değerler gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte incelenen kömür örneklerinin düşük HNTE/ANTE oranlarının 1'e yakın olması kaynak alanında baskın kayaç litolojisinin mafik-ultramafik kayaçlardan oluştuğuna işaret etmektedir.
14. Ana oksit ve iz element içeriklerine göre kömür örneklerinin tektonik olarak aktif kıta kenarında oluşmuş, mafik magmatik kayaçlardan türemiş oldukları söylenebilir. Örneklerin La/Sc, Th/Sc, Zr/Hf, Eu/Eu*, Th/Co, Th/Cr, Cr/Th, Cr/Ni ve Ni/Co oranlarının alt kıta kabuğu bileşimli mafik kayaçlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte kömür örneklerini oluşturan inorganik bileşenlerin kaynaktan itibaren hızlı bir şekilde depolandığı ve zayıf boylanma gösterdiği, yeniden işlenmeye uğramadan ilksel olarak depolanmış olduğu söylenebilir.
15. İncelenen kömür örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotopları (-) değerlerde iken, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotopları (+) değerler göstermektedir. Yatağan örnekleri $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotopları bakımından en geniş dağılım aralığına sahipken, Yüreğil örnekleri $\delta^{15}\text{N}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri bakımından diğer lokalite örneklerine göre daha geniş dağılım aralığı göstermektedir. $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri bakımından Yatağan ve Ayaz örnekleri dar ve sınırlı değişim aralığına sahiptirler $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰) izotop sonuçlarına göre kömür örnekleri karasal C3 ekosistemi otsu bitkilerin egemen olduğu, fazla güneş ışığı almayan, nemli/ıslak ortamda oluştuğu belirlenmiştir. Bu tür ortamlar günümüzde akarsu bataklıkları ve/veya su basar orman alanlarına karşılık gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Altınlı, E., 1954. Denizli güneyinin jeolojik incelemesi (Rapor No: 2794). Ankara: MTA Yayınları.
- Affouri, H., Montacer, M. and Disnar, J-R. 2013. "Organic geochemistry of the Cenamonian-Turonian Bahloul Formation petroleum source rock, Central and Northern Tunisia". *Resource Geology*, 63(3), 262-287.
- Akgül, A. ve Çevik, O. 2005. İstatistiksel Analiz Teknikleri "SPSS" te İşletme Yönetimi Uygulamaları". Ankara.
- Akgün, F. and Sözbilir, H. 2001. "A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse". *Geodynamica Acta*. 14(1-3). 71-93.
- Atakan, C. ve Karabulut İ. 2003. "Derinliğe dayalı diskriminasyon". S.Ü. Fen-Ed. Fak. Fen Derg., 22, 53-63.
- Barbieri, M., Nigro, A. and Sappa G. 2015. "Soil contamination evaluation by Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo)". *Senses Sciences*, 2(3), 94-97.
- Bayhan, E. ve Hasgiden, S. 2005. "Acıgöl-Isparta Yöresi (GB Türkiye) Tersiyer İstifinin Kil Mineralojisi. Köken ve Kaynak Bölge Açısından Yorumlanması". *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 1. 48.
- Bhatia, M. R. 1983. "Plate tectonics and geochemical composition of sandstones". *Journal of Geology*, 91, 611-627.
- Bhatia, M. R. and Crook K. A. W. 1986. "Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio". *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Bilgin, A. 1986. "Denizli-Babadağ Dolayındaki Metamorfizma". *Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 2, 11-23.
- Bordenave, M. L. 1993. *Applied petroleum geochemistry*. Paris: Éditions Technip.
- Bozkurt, E. 2001. "Neotectonics of Turkey—a synthesis". *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Bourbonniere, R. A. and Meyers, P. A. 1996. "Sedimentary geolipid records of historical changes in the watersheds and productivities of Lakes Ontario and Erie". *Limnology and Oceanography*, 41, 352-9.
- Bray, E. E. and Evans. E. D. 1965. "Hydrocarbons in nonreservoir-rock source beds: Part 1". *AAPG Bulletin*, 49. 248-257.
- Burwood, R., Leplat, P., Mycke, B. and Paulet, J. 1992. "Rifted margin source rock deposition: a carbon isotope and biomarker study of a West African Lower Cretaceous. "Lacustrine" Section". *Organic Geochemistry*, 19, 41-52.

- Calder, J., Gibling, M. and Mukhopadhyay, P. 1991. "Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of reotrophic and raised paleomires". *Bulletin de la Société géologique de France*, 162(2), 283-298.
- Caracciolo, L., Le Pera, E., Muto, F. and Perri, F. 2011. "Sandstone petrology and mudstone geochemistry of the Peruc-Korycany Formation (Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic)". *International Geology Review*, 53(9), 1003-1031.
- Clayton, J. L. 1993. "Composition of crude oils generated from coals and coaly organic matter in shales". *Hydrocarbons from coal*. Eds: Law, B. E. and Rice, D. D. USA: American Association of Petroleum Geologists.
- Connan, J. and Cassou, A. M. 1980. "Properties of gases and petroleum liquids derived from terrestrial kerogen at various maturation levels". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 1-23.
- Coplen, T. B. and Shrestha, Y. 2016. "Isotope-abundance variations and atomic weights of selected elements: 2016 (IUPAC Technical Report)". *Pure Appl. Chem.*, 88(12), 1203-1224.
- Cox, R., Lowe, D. R. and Cullers, R. L. 1995. "The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(14), 2919-2940.
- Cox, R. and Lowe, D. 1995. "A conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover". *Journal of Sedimentary Research*, A65(1), 1-12.
- Cullers, R. L. 2000. "The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies". *Lithos*, 51, 181-203.
- Czochanska, Z., Gilbert, T. D., Philp, R. P., Sherard, C. M., Weston, R. J., Wood, T. A. and Woolhouse, A. D. 1988. "Geochemical application of sterane and triterpane biomarkers to a description of oils from the Taranaki Basin in New Zealand". *Organic Geochemistry*, 12, 123-135.
- Çakmakoğlu, A. 1990. Denizli M22-a2 ve M22-b4 paftaları ile M22-a3 paftası güney yarısının jeolojisi (Rapor No: 9487). Ankara: M.T.A Yayınları.
- Dahl, J., Moldowan, J. M. and Sundararaman, P. 1993. "Relationship of biomarker distribution to depositional environment: Phosphoria Formation, Montana, USA". *Organic Geochemistry*, 20, 1001-1007.

- Davis, R. C., Noon, S. W. and Harrington, J. 2007. "The petroleum potential of Tertiary coals from Western Indonesia: Relationship to mire type and sequence stratigraphic setting". *International Journal of Coal Geology*, 70, 35-52.
- Didyk, B. M., Simoneit, B. R. T., Brassel, S. C. and Eglington, G. 1978. "Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation". *Nature*, 272, 216-222.
- Diessel, C. F. K. 1986. "Advances in the Study of the Sydney Basin". Proceedings of the 20th Symposium, University of Newcastle, 71.
- Diessel, C. F. K. 1992. Coal-bearing depositional systems. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Dow, W. G. 1977. Petroleum source beds on continental slopes and rises (Course Note series 5). USA: AAPG Continuing Education.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. and Günay, E. 1978. "Uşak Yöresindeki Neojen Havzaların Jeolojisi". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 97-106.
- Ercan, T., Güney, E. ve Baş, H. 1983. "Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından bölgesel yorumu". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26(2), 153-159.
- Erentöz, L., 1956. "Türkiye' de bilhassa Güney Anadolu' daki Neojen havzalarının stratigrafisi ve bunların Akdeniz bölgesindeki diğer havzalarla mukayesesi". *MTA Dergisi*, 3.
- Erişen, B. 1971. Denizli-Dereköy sahasının jeolojik etüdü ve jeotermik enerji imkanları hakkında rapor (Rapor No: 4665). Ankara: MTA Yayınları.
- Erten, H., Şen, Ş. and Görmüş, M. 2014. "Middle and late Miocene Cricetidae (Rodentia. Mammalia) from Denizli Basin (southwestern Turkey) and a new species of *Megacricetodon*". *Journal of Paleontology*, 88(3), 504-518.
- Espitalie, J. 1982. Institut Francais du Pétrole. Paris: Syntheses Geologiques et Geochimie.
- Espitalie, J., Deroo, G. and Marquis, F. 1985. "RockEval pyrolysis and its applications". *Inst. Francais du Petrole*, 40, 563-784.
- Espitalie, J., La Porte, J. L., Madec, M., Marquis, F., Le Plat, P., Paulet, J. and Boutefeu, A. 1977. "Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution". *Revue l'Inst. Francais du Pétrole*, 32 (1), 23-42.
- Finkelman, R.B. 1981. "The origin, occurrence, and distribution of the inorganic constituents in low-rank coals", In: Proceedings of the Basic Coal Science Workshop, Grand Forks Energy Research Center, Grand Forks, North Dakota, pp. 70-90.
- Finkelman, R. B. 1993. "Trace and minor elements in coal". *Organic Geochemistry*. Eds: Engel, M. H. and Macko, S. A., New York: Plenum Press.
- Garcia, D., Coehlo, J. and Perrin, M. 1991. "Fractionation between TiO₂ and Zr as a measure of sorting within shale and sandstone series (Northern Portugal)". *European Journal of Mineralogy*, 3, 401-414.

- Gedik, F. ve Tunç, M. 2004. "Denizli Yöresindeki Denizel Oligosen Çökellerinin Bentik Foraminiferleri ve Biyostratigrafisi". 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 217-218.
- Govindaraju, K. 1989. "Compilation of working values and sample description of 272 geostandards". Geostandards Newsletter Special Issue, 13, 67.
- Gökçen, N. 1985. "The Burdigalian Ostrakods from the area of NW Anatolia (Turkey)". Revue de Micropaleontologie, 28(1), 41-57.
- Göktaş, F., Çakmakoğlu, A., Tarı, E., Sütçü, Y. F. ve Sarıkaya, H. 1989. Çivril-Çardak arasındaki jeolojisi (Rapor No: 8701). Ankara: MTA Yayınları.
- Grantham, P. J. 1986. "Sterane isomerisation and moretane/hopane ratios in crude oils derived from Tertiary source rocks". Organic Geochemistry, 9(6), 293-304.
- Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haskin, L. A. and Korotev R. L. 1984. "The "North American shale composite: Its compilation, major and trace element characteristics". Geochimica Cosmochimica Acta, 48, 2469-2482.
- Hakyemez, H. Y. ve Örcen, S. 1982. Muğla - Denizli arasındaki (GB Anadolu) Senozoyik yaşlı çökel kayaların sedimentolojik ve biyostratigrafik incelemesi (Rapor No: 7311). Ankara: MTA Yayınları.
- Hanson, A. D., Zhang, C., Moldowan, J. M., Liang, D. G. and Zhang, B. M. 2000. "Molecular organic geochemistry of the Tarim Basin, Northwest China". AAPG Bulletin, 84, 1109-1128.
- Hanson, A. D., Ritts, B. D., Zinniker, D., Moldowan, J. M. and Biffi, U. 2001. "Upper Oligocene lacustrine source rocks and petroleum systems of the northern Qaidam Basin, Northwest China". AAPG Bulletin, 85(4), 601-619.
- Hao, F., Zhou, X. H., Zhu, Y. M., Zou, H. Y., Bao, X. H. and Kong, Q. Y. 2009. "Mechanisms of petroleum accumulation in the Bozhong sub-basin, Bohai Bay Basin, China. Part 1: Origin and occurrence of crude oils". Marine and Petroleum Geology, 26(8), 1528-1542.
- Hao, F., Zhou, X. H., Zhu, Y. M. and Yang, Y. Y. 2011. "Lacustrine source rock deposition in response to co-evolution of environments and organisms controlled by tectonic subsidence and climate, Bohai Bay Basin, China". Organic Geochemistry, 42(4), 323-339.
- Hedberg, H. D. 1968. "Significance of high-wax oil with respect to genesis of petroleum". AAPG Bulletin, 52, 736-750.
- Helvacı, C., Alçiçek, M. C., Gündoğan, İ. and Gemici, Ü. 2013. "Tectonosedimentary development and palaeoenvironmental changes in the Acıgöl shallow-perennial playa-lake basin. SW Anatolia-Turkey". Turkish Journal of Earth Science, 22, 173-190.

- Hendrix, M. S., Brassell, S. C., Carroll, A. R. and Graham, S. A. 1995. "Sedimentology. organic geochemistry and petroleum potential of Jurassic coal measures: Tarim, Junggar and Turpan basins. Northwest China". Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 79, 929-959.
- Herron, M. M. 1988. "Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data". Journal of Sedimentary Petrology, 58(5), 820-829.
- Hou, Q., Mou, C., Wang, Q. and Tan, Z. 2016. "Provenance and tectonic setting of the Early and Middle Devonian Xueshan Formation, the North Qilian Belt, China". Geological Journal, 1-19.
- Huang, W. Y. and Meinschein, W. G. 1979. "Sterols as ecological indicators". Geochimica Cosmochimica Acta, 43, 739-745.
- Hunt, J. M. 1991. "Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter". Organic Geochemistry, 17, 673-680.
- Hunt, J. M. 1996. Petroleum geochemistry and geology (Second Edition). New York: W. H. Freeman and Company.
- İslamoğlu, Y., Atay, G., Gedik, F., Aydın, A., Hakyemez, A., Babayiğit, S. ve Sarıkaya, H. 2005. Batı Toroslardaki Denizel Oligo-Miyosen Çökellerinin Biyostratigrafisi (Denizli). Ankara: MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Jackson, K. S., Hawkins, P. J. and Bennet, A. J. R. 1985. "Regional facies and geochemical evaluation of southern Denison Trough". Australian Petroleum Exploration Association Journal, 20, 143-158.
- Jarvie, D. M. 1991. "Total organic carbon (TOC) analysis". Source migration processes and evaluation techniques. Ed.: Merrill. R. K., New York: AAPG.
- Kara-Gülbay, R. and Korkmaz, S. 2012. "Occurrences and origin of oils and asphaltites from South East Anatolia (Turkey): implications from organic geochemistry". Journal of Petroleum Science and Engineering, 90-91, 145-158.
- Kastelli, M. 1971. Denizli-Sarayköy-Çubukdağ-Karacasu Alanı Jeoloji İncelemesi (Rapor No:4573). Ankara: MTA Yayınları.
- Kılınçarslan, S. 2013. Laodikeia (Denizli-Gb Türkiye) Antik Kenti Tapınak-A (Sebasteion) Yapısında Kullanılan Mermerlerin Mineralojik Petrografik Jeokimyasal Özellikleri ve Kaynak Alanlarının Belirlenmesi. Pamukkale Üniv. Yüksek Lisans Tezi, 171 s., Denizli.
- Kıral, N., Kadir, S., Çağlı, S., Karakaya, Y. ve Özsoy, S. 2002. Kocapınar ve Kuyucak (Serinhisar ve Acıpayam İlçeleri/Denizli) Sepiyolit/Sepiyolitik Kil Yatakları Maden Jeoloji Raporu. Ankara: MTA Yayınları.
- Koçyiğit, A. 1984. "Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim". Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26, 1-10.

- Konak, N., Akdeniz, N. ve akır, M. H. 1990. al-Çivril-Karahallı dolayının jeolojisi (Rapor No: 8945). Ankara: MTA Yayınları.
- Koralay, T. 2000. Niyazlar Köyü (Yeşilova-Burdur) ile Tefenni Yaylası (Tefenni-Burdur) Ofiyolitlerinin Jeolojik, Petrografik ve Petrokimyasal İncelemesi. Pamukkale Üniv. Yüksek Lisans Tezi, 145 s., Denizli.
- Koralay, O. E., Candan, O., Akal, C., Dora, O. Ö., Chen, F., Satır, M. ve Oberhanslı, R. 2011. "Menderes Masifindeki Pan Afrikan ve Triyas Yaşlı Metagranitoidlerin Jeolojisi ve Jeokronolojisi Batı Anadolu-Türkiye". MTA Dergisi, 142, 69-121.
- Koralay, D. B. 2014. "Organic geochemical and isotopic (C and N) characterization of carbonaceous rocks of the Denizli Area Western Turkey". Journal of Petroleum Science and Engineering, 116, 90-102.
- Kroon, J. and Castle, J. W. 2011. "Biomarkers in the Upper Devonian Lower Huron Shale as indicators of biological source of organic matter, depositional environment, and thermal maturity". AAPG Eastern Section Meeting, Washington, DC, September, 25-27.
- Langford, F.F. and Blanc-Valleron, M. M. 1990. "Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolizable hydrocarbons versus total organic carbon". Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 74, 799-804.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin B. 1986. "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram". Journal of Petrology, 27, 745-750.
- Lebküchner, R. 1970. Acıgöl - Afyon-Dinar' in Kuzeyinde Neojen Havzasının Detaylı Araştırmalarının Neticesi Hakkında Rapor (Rapor No: 6186). Ankara: MTA Yayınları.
- Lopez, L., Lo Mnaco, S. and Richardson, M. 1998. "Use of molecular parameters and trace elements in oil-oil correlation studies. Barinas sub-basin. Venezuela". Organic Geochemistry, 29(1-3), 613-629.
- Mann, U., Korkmaz, S., Boreham, C. J., Hertle, M., Radke, M. and Wilkes, H. 1998. "Regional geology, depositional environment and maturity of organic matter of Early to Middle Jurassic coals, coaly shales and claystones from the Eastern Pontides, NE Turkey". International Journal of Coal Geology, 37(3-4), 257-286.
- Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W. and Gentzis, T. 2003. "Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemedia lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition". International Journal of Coal Geology, 56, 253-268.
- McLennan, S. M. 1989. "Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes". Min. Soc. Am. Rev. Mineralogy, 21, 169-200.

- McLennan, S. M. and Taylor, S. R. 1991. "Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends". *Journal of Geology*, 99, 1-21.
- Meyers, P. A. 1997. "Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes". *Organic Geochemistry*, 27, 213-50.
- Moldowan, J. M., Seifert, W. K. and Gallegos, E. J. 1985. "Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks". *AAPG Bulletin*. 69, 1255-1268.
- Moldowan, J.M., Sundararaman, P. and Schoell, M. 1986. "Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and/or source input in the Lower Toarcian of SW Germany". *Organic Geochemistry*, 10, 915-926.
- Mpanju, F., Ntomola, S. J. and Kagya, M. 1991. "The source rock potential of the Karoo coals of the South western rift basin of Tanzania". *Journal of Southeast Asian Earth Science*, 5, 291-303.
- Mukhopadhyay, P. K., Wade, J. A. and Kruger, M. A. 1995. "Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin-Canada". *Organic Geochemistry*, 22, 85-104.
- Murchison, D. G. 1987. "Recent advances in organic petrology and organic geochemistry: an overview with some reference to oil from coal". *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 32, 257-302.
- Nebert, N., 1956. Denizli 105/1, 105/2, 1/100.000 ölçekli paftalarının jeolojik harita raporu (Rapor No: 2509). Ankara: MTA Yayınları.
- Oberhänsli, R., Candan, O., Dora, O. Ö. and Dürr, S. 1997. "Eclogites within the Menderes Massif / Western Turkey". *Lithos*, 41, 135-150.
- Ocakoğlu, F. 2015. Kömür Jeolojisi Ders Notları. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65s. Eskişehir.
- Okay, A. İ. 1986. Denizli-Tavas Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. TPAO Raporu.
- Okay, A. İ. 1989. "Denizli" nin güneyinde Menderes Masifi ve Likya Naplarının jeolojisi". *MTA Dergisi*, 109, 45-58.
- Özdamar, K. 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (1. Baskı). Eskişehir: Kaan Kitabevi.
- Özer, S. 1998. "Rudist-bearing Upper Cretaceous metamorphic sequences of the Menderes Massif (Western Turkey)". *Geobios, Mémoire spécial*, 22. 235-249.
- Özkul, M., Varol, B. and Alçıçek, M. C. 2002. "Denizli Travertenlerinin Petrografik Özellikleri ve Depolanma Ortamları". *MTA Dergisi*, 125, 13-29.
- Özpinar, Y. 1995. "Kale (Denizli) güneyindeki bölgenin jeolojik ve petrografik incelemesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1(1), 15-25.

- Peakman, T. M. and Maxwell, J. R. 1988. "Early diagenetic pathways of steroid alkenes". *Organic Geochemistry*, 13, 583-592.
- Pekuz, Ü. 1998. Honaz (Denizli) Çevresinde Evaporit İçeren Neojen Tortullarının Stratigrafisi ve Depolanma Özellikleri. Süleyman Demirel Üniv. Doktora Tezi, 180 s. Isparta.
- Perri, F., Critelli, S., Cavalcante, F., Mongelli, G., Dominici, R., Sonnino, M. and De Rosa, R. 2012. "Provenance signatures for the Miocene volcanoclastic succession of the Tufiti di Tusa Formation, southern Apennines, Italy". *Geological Magazine*, 149(3), 423-442.
- Peters, K. E. 1986. "Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis". *AAPG Bulletin*, 70 (3), 318-329.
- Peters, K. E. and Cassa, M. R. 1994. "Applied source rock geochemistry". *AAPG Memoir*. 60, 93-120.
- Peters, K. E., Moldowan, J. M. and Sundararaman, P. 1990. "Effects of hydrous pyrolysis on biomarker thermal maturity parameters: Monterey Phosphatic and Siliceous Members". *Organic Geochemistry*, 15, 249-264.
- Peters, K. E. and Moldowan, J.M. 1993. *The biomarker guide. Interpreting, molecular fossils in petroleum and ancient sediments.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Peters, K. E., Walters, C. C. and Moldowan, J. M. 2005. *The biomarker guide volume 1 (Second edition).* UK: Cambridge University Press.
- Petersen, H. I. 2006. "The petroleum generation potential and effective oil window of humic coals related to coal composition and age". *International Journal of Coal Geology*, 67, 221-248.
- Petersen, H. I. and Nytoft, H. P. 2006. "Oil generation capacity of coals as a function of coal age and aliphatic structure". *Organic Geochemistry*, 37, 558-583.
- Philp, R. P. and Gilbert, T. D. 1986. "Biomarker distributions in Australian oils predominantly derived from terrigenous source material". *Organic Chemistry*, 10, 73-84.
- Platen, B., 1967. Çivril bölgesindeki Neojen sahasının linyit etüdü (Rapor No: 5990). Ankara: MTA Yayınları.
- Pratt, L. M., Comer, J. B. and Brassell, S. C. 1992. *Geochemistry of organic matter in sediments and sedimentary rocks.* USA: Society for Sedimentary Geology.
- Radke, M. 1987. "Organic geochemistry of aromatic hydrocarbons". *Advances in Petroleum Geochemistry vol. 2.* Eds: Brooks, J., Welte, D. London: Academic Press.
- Radke, M., Welte, D. H., Willsch H. 1991. "Distribution of alkylated aromatic hydrocarbons and dibenzothiophenes in rock of the Upper Rhine Graben". *Chemical Geology*, 93, 325-341.

- Requejo, A. G. 1994. "Maturation of petroleum source rocks-II Quantitative changes in extractable hydrocarbon content and composition associated with hydrocarbon generation", *Organic Geochemistry*, 21, 91-105.
- Rigby, D., and Batts, B. D. 1986. "The isotopic composition of nitrogen in Australian coals and oil shales". *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 58, 273-282.
- Rollinson, H. R. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. New York: Longman Publication.
- Roser, B. P., Cooper, R. A., Nathan, S. and Tulloch A. J. 1996. "Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance, and tectonic setting of the lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand". *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 39, 1-16.
- Roser, B. P., Coombs, D. S., Korsch, R. J. and Campbell J. D. 2002. "Whole-rock geochemical variations and evolution of the arc-derived Murihiku Terrane, New Zealand". *Geological Magazine*, 139, 665-685.
- Rudnick, R. L. and Gao, S. 2004. "Composition of the continental crust". In *Treatise on Geochemistry*. Eds.: Holland, H. D. and Turekian K. K., Amsterdam: Elsevier.
- Sarikaya, H. 1986. *Denizli M22-c2-c3-c4-d3 paftalarının jeoloji haritaları*. Ankara: MTA Yayınları.
- Seifert, W. K. and Moldowan, J. M. 1978. "Applications of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils". *Geochimica Cosmochimica Acta*, 42, 77-95.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J. M. 1980. "The effect of thermal stress on source-rock quality as measured by hopane stereochemistry". *Physics and Chemistry of the Earth*, 12, 229-37.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J.M. 1986. "Use of biological markers in petroleum exploration". In: Johns, R.B. (Ed.), *Methods in Geochemistry and Geophysics*. 24, 261-290.
- Semiz, B. 2003. *Denizli volkanitlerinin jeolojik, petrografik ve petrokimyasal olarak incelenmesi*. Pamukkale Üniv. Yüksek Lisans Tezi, 140 s., Denizli.
- Shen, J. and Huang, W. 2007. "Biomarker distributions as maturity indicators in coals, coaly shales, and shales from Taiwan". *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 18, 739-755.
- Sinninghe-Damsté, J. S., Kenig, F., Koopmans, M. P., Koster, J., Schouten, S., Hayes, J. M. and De Leeuw, J.W. 1995. "Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification". *Geochimica Cosmochimica Acta*, 59, 1895-1900.
- Sözbilir, H. 1995. "Stratigraphy and Provenance of the Paleocene - Eocene Alakaya Basin in the Denizli Province. Southwestern Turkey". *IESCA*, 1, 309-329.

- Sözbilir, H. 2001. "Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: Field evidence from the Gediz detachment, Western Turkey". Turkish Journal of Earth Sciences. 10. 51-67.
- Sözbilir, H. 2002. "Revised Stratigraphy and Facies Analysis of Palaeocene-Eocene Supra-allochthonous Sediments (Denizli, SW-Turkey) and Their Tectonic Significance" Turkish Journal of Earth Sciences, 11, 87-112.
- Stanley, R. G., McLean, H. and Pawlewicz, M. J. 1990. "Petroleum Source Potential and Thermal Maturity of the Tertiary Usibelli Group of Suntrana, Central Alaska. Geologic Studies in Alaska by the U. S. Geological Survey. 1989. Eds.: Dover. J. H. and Galloway, J. P., Washington: United States Government Printing Office.
- Stanley, R. G., Lillis, P. G., Pawlewicz, M. J. and Haeussler, P. J. 2014. Rock-Eval Pyrolysis and Vitrinite Reflectance Results from the Sheep Creek 1 Well, Susitna Basin, South-Central Alaska. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey.
- Sun, S. 1990. Denizli - Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları (Rapor No: 9985). Ankara: MTA Yayınları.
- Sykes, R. and Snowdon, L. R. 2002. "Guidelines for assessing the petroleum potential of coaly source rocks using Rock-Eval pyrolysis". Organic Geochemistry, 33, 1441-1455.
- Skorova, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G. H. and Flores, D. 2005. "Classification of huminite-ICCP system 1994". International Journal of Coal Geology, 62, 85-106.
- Şenel, M. 1997. 1/25 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta paftası (No: 4). Ankara: MTA Yayınları.
- Şengör, A. M. C., Satır, M. and Akkök, R. 1984. "Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey". Tectonics, 3, 693-707.
- Şimşek, Ş. 1984. Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları (Rapor No: 7846). Ankara: MTA Yayınları.
- Taner, G., 1974. "Denizli bölgesi Neojenin paleontolojik ve stratigrafik etüdü". MTA dergisi, 82, 89-27.
- Tian, J., Liu, J., Zhang, Z. and Cong, F. 2017. "Hydrocarbon-generating potential, depositional environments, and organisms of the Middle Permian Tarlong Formation in the Turpan-Hami Basin, Northwestern China". The Geological Society of America Bulletin, 129, 1252-1265.
- Tissot, B., and Espitalié, J. 1975. "L'évolution thermique de la matière organiques des sédiments. Application d'une simulation mathématique". Rev. l'Inst. Français petrole, 30, 743-777.

- Tissot, B. P. and Welte, D. H. 1984. *Petroleum formation and occurrence* (2nd edition). New York: Springer Verlag.
- Uysallı, H. 1967. *Denizli M21 - b2 paftası jeolojik etüdü ve jeotermik enerji imkânları*. Ankara: MTA Yayınları.
- Ünay, E., De Bruijn, H. and Saraç, G. 2003. "A preliminary zonation of the continental Neogene of Anatolia based on rodents". *Distribution and Migration of Tertiary Mammals in Eurasia. A Volume in Honour of Hans De Bruijn - DEINSEA 10*. Eds.: Reumer, J. W. F. and Wessels, W., Netherlands: Annual of the Natural History Museum Rotterdam.
- Vassilev, S. V. and Vassileva, C. G. 2009. "A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. 1. Chemical and mineral classification systems". *Fuel*, 88, 235-245.
- Vassilev, S. V., Vassileva, C. G., Baxter, D. and Andersen, L. K. 2010. "Relationships between chemical and mineral composition of coal and their potential applications as genetic indicators. Part 1. Chemical characteristics". *Geologica Balcanica*, 39(3). 21-41.
- Volkman, J. K. 1986. "A review of sterol markers from marine and terrigenous organic matter". *Organic Geochemistry*, 9, 83-99.
- Volkman, J. K., Allen, D. I., Stevenson, P. L. and Burton, H.R. 1986. "Bacterial and algal hydrocarbons from a saline Antarctic lake, Ace Lake". *Organic Geochemistry*. 10, 671-681.
- Wang, J., Yao, W., Wang, Q., Zhou, J. and Li J. 2016. "Geochemistry of elements in the coal seams of the Xishanyao Formation from Gashunwusan Mine, Xinjiang, Northwest China". *The Open Foels & Energy Science Journal*, 9, 11-20.
- Ward, C. R. 1984. *Coal geology and coal technology*. Oxford: Blackwell.
- Waples, D. W. and Machihara, T. 1991. "Biomarkers for geologists-a practical guide to the application of steranes and triterpanes in Petroleum Geology". *AAPG Bulletin, Methods in Exploration Series*, No:9, 85 pp.
- Westaway, R. 1990. "Block rotation of western Turkey, 1 Observaional Evidence". *J. Geophys. Research*, 95, 19857-19884.
- Westaway, R. 1993. "Neogene evolution of Denizli region of Western Turkey". *Journal of Structural Geology*, 15(1), 37-53.
- Wronkiewicz, D. J. and Condie K. C. 1990. "Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal Supergroups, South Africa: Cratonic evolution during the early Proterozoic". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(2), 343-354.
- Yangming, Z., Huanxin, W., Aiguo, S., Digang, L. and Dehua, P. 2005. "Geochemical characteristics of Tertiary saline lacustrine oils in the Western Qaidam Basin, Northwest China". *Applied Geochemistry*, 33, 1225-1240.

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Güner, Ö. F., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., Bozucu, M., Yılmaz, K. and Elmas, A. 1998. Ege Denizi ve Ege Bölgesinin Jeolojisi ve Evrimi, Türkiye Denizlerinin ve Yakın Çevresinin Jeolojisi (editör N. Görür), 210-336 s., İstanbul.

Zumberge, J. E. 1987. "Prediction of source rock characteristics based on terpane biomarkers in crude oils: a multivariate statistical approach". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, 1625-1637.

URL-1< Vikipedi Özgür Ansiklopedi. "Kutu Grafiği". http://tr.wikipedia.org/wiki/Kutu_grafiği.
Son erişim tarihi: 25 Nisan 2016.

URL-2< <https://earthref.org/ERDA/91/> Son erişim tarihi: 5 Ekim 2017.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Yrd. Doç. Dr. DEMET BANU KORALAY
Proje No:	114Y668
Proje Başlığı:	Denizli Güneydoğusundaki (Honaz/Gb Türkiye) Organik Maddece Zengin Kayaçların Jeokimyası ve Organik Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	32
Araştırmacılar:	TAMER KORALAY
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	PAMUKKALE Ü. MÜHENDİSLİK F. JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/05/2015 - 01/01/2018
Onaylanan Bütçe:	334129.0
Harcanan Bütçe:	213014.83
Öz:	<p>Proje konusunu oluşturan kömürler karasal ve gösel birimlerle ardalı olup, yayılımları ve kalınlıkları azdır. Egemen kayaç litolojileri başlıca kırıntılı (kumtaşı, killi kumtaşı, kıltaşı) ve karbonatlı (kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn) kayaçlardan oluşmaktadır. Proje kapsamında kömürlü seviyelere ait organik ve inorganik jeokimyasal veriler ile organik petrografik incelemeler değerlendirilerek kömürlerin hidrokarbon türetme potansiyeli ve paleo-çökelim ortamına ait bilgiler elde edilmiştir. İncelenen örneklerde hüminit maseral grubu baskın olup, hüminit/vitrinit yansıması değerleri örneklerin diyajenez aşamasındaki kahverengi renkli kömürler olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte XRD ve SEM-EDS incelemelerine göre mineral madde içeriklerinin kuvars, jips, tenardit, kil ve mika mineralleri (smektit, illit, kaolinit ve klorit), opak minerallerden (pirit ve molibdenit) oluştuğu belirlenmiştir. Örneklerde baskın olan hidrokarbon grubu polar + asfaltendir. Piroliz verileri, gaz hidrokarbon türüm potansiyeli olan Tip-III kerojene sahip organik maddeye işaret etmektedir. Ancak, ısıl olgunlaşmalarının olgunlaşmamış-erken olgun evrede kaldığı belirlenmiştir. Hidrokarbonların moleküler incelemelerine göre örnekler içerisindeki organik maddenin karasal bitki kökenli olduğu belirlenmiştir. Element jeokimyası incelemelerine göre inorganik bileşenlerin aktif kıta kenarı ürünü, mafik magmatik kökenli, düşük sedimanter olgunluğa sahip kırıntılılardan oluştuğu belirlenmiştir. Kömür örneklerinin NASC ve PAAS? a oranlanmış çoklu element değişim diyagramlarında Na, Mg, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Y ve Co elementleri bakımından zenginleşme, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, La, V, Pb, Hf, Th ve Cu elementleri bakımından tüketilme göstermektedir. Bununla birlikte tüm örneklerde belirgin pozitif Eu anomalisi görülmektedir. Organik ve inorganik jeokimyasal veriler ile organik petrografik inceleme sonuçları, kömür oluşumlarının nemli iklim koşullarının etkili olduğu, hafif tuzlu su ortamında, C3 türü bitkilerin yoğun olarak bulunduğu telmatik bir ortamda (taşkın düzlüğü bataklığı, sığ su bataklığı) çökeldiğini göstermektedir.</p>
Anahtar Kelimeler:	Kömür, Piroliz, Biyomarker, Çökeltme ortamı, Element jeokimyası, Organik petrografi
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	<p>1- TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY AND DEPOSITIONAL CONDITIONS OF ORGANIC MATTER RICH ROCKS FROM SOUTHWEST OF DENİZLİ (SW-TURKEY) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>2- Mineralogical and organo-geochemical properties of the Denizli (SW Turkey) coals (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>3- Biomarker Characteristics of Low Organic Carbon Coal: Yatağan Coal Occurrences (Denizli/SW Turkey) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),</p> <p>4- PRELIMINARY ASSESSMENT of THE SOURCE ROCK EVALUATION AND HYDROCARBON POTENTIAL of THE YATAGAN (SERINHISAR/DENİZLİ/SW TURKEY) COALS (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),</p>