

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KARAIĞDEMİR BARAJ GÖLÜ (TEKİRDAĞ) ÇEVRESİNDEKİ KÖMÜRLÜ
BİRİMLERİN ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE BUNLARIN
ÇEVRE SAĞLIĞI AÇISINDAN ETKİLERİ**

Ahmet Onur AKBIYIK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KARAIĞDEMİR BARAJ GÖLÜ (TEKİRDAĞ) ÇEVRESİNDEKİ KÖMÜRLÜ
BİRİMLERİN ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE BUNLARIN
ÇEVRE SAĞLIĞI AÇISINDAN ETKİLERİ**

Ahmet Onur AKBIYIK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

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

**KARAIĞDEMİR BARAJ GÖLÜ (TEKİRDAĞ) ÇEVRESİNDEKİ KÖMÜRLÜ
BİRİMLERİN ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE BUNLARIN
ÇEVRE SAĞLIĞI AÇISINDAN ETKİLERİ**

**Ahmet Onur AKBIYIK
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2020-5150 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ŞUBAT 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAIĞDEMİR BARAJ GÖLÜ (TEKİRDAĞ) ÇEVRESİNDEKİ KÖMÜRLÜ
BİRİMLERİN ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE BUNLARIN
ÇEVRE SAĞLIĞI AÇISINDAN ETKİLERİ

Ahmet Onur AKBIYIK
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 16/02/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL

ÖZET

KARAIĞDEMİR BARAJ GÖLÜ (TEKİRDAĞ) ÇEVRESİNDEKİ KÖMÜRLÜ BİRİMLERİN ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE BUNLARIN ÇEVRE SAĞLIĞI AÇISINDAN ETKİLERİ

Ahmet Onur AKBIYIK

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Şubat 2021; 74 sayfa

Ülkemizde Trakya Bölgesi, kömür ve doğalgaz açısından önemli rezerve sahip olması nedeniyle birçok araştırmacının odağı olmuştur. Bu çalışmanın inceleme alanı da Trakya Havzası'nda yer alan, Tekirdağ ili Malkara ilçesi Karaiğdemir Baraj Gölü dolaylarıdır. Bu bölgede Oligosen yaşlı, gri-yeşil renkli kilitaşı, kumtaşı, çakilitaşı, tuf ardalanmasından oluşan ve bunlar arasında linyit barındıran Danışmen Formasyonu mostra vermektedir.

Kömürlerin yapısında organik içeriğin yanısıra inorganik elementler de bulunmaktadır. Bu elementlerden bazılarının çok az miktarları bile çevre ve insan sağlığı üzerinde onarılamaz sorunlara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, inceleme alanındaki kömür ve kömürlü birimlerden alınan örneklerinin ana-eser element analizleri yaptırılarak ana-eser element zenginleşmeleri belirlenmiştir. Her bir örnek için elde edilen ortalama element konsantrasyonları Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerinin ortalama değerleriyle karşılaştırılıp Dünya Kömür ortalamalarına göre sınır değerler üzerinde bulunan elementlerin tespiti yapılarak bunların çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ortaya konmuştur. Ayrıca istatistiksel analizler yardımıyla pearson korelasyon katsayısı hesaplanarak korelasyon matrisleri oluşturularak elementlerin birbiriyle olan ilişkileri ortaya konmuş ve XRD tüm kaya ve detay kil analizleri yardımıyla ortamsal kökeni hakkında çıkarımlar yapılmıştır.

Ana-eser element analizlerine göre çalışma alanındaki kömür ve kömürlü birimlerden alınan örneklerde Dünya kömür ortalamaları baz alındığında sınır değerler üzerinde kalan ana elementler Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Ni olarak gözlemlenmiştir. Bu elementler çevresel açıdan değerlendirildiğinde Mn, Ni, Pb, Be, V, Cu, Th, Zn, Ba, Co, Sn, Ti elementlerinin çevre ve canlı sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

XRD tüm kaya ve kil analizleri sonucunda tespit edilen mineraller kuvars, kalsit, dolomit, feldispat, pirit, mika, klorit ve kil mineralleridir. Kil analizlerine bakıldığında ise smektit, illit, kaolinit ve klorit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Baskın kil minerallerinin smektit, illit ve klorit olduğu tespit edilmiştir. Smektitin diğer kil minerallerine göre daha bol bulunması kömürlerin olgunlaşmasının tam olarak

gerçekleşmediğini göstermektedir. Kaolinit mineralinin sadece bir örnekte bulunması ise muhtemelen taşınma sonucunda geldiğinin göstergesidir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ana-eser element, Danişmen Formasyonu, Karaiğdemir, Linyit, Malkara, Trakya.

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL

ABSTRACT

MAJOR-TRACE ELEMENT ENRICHMENT OF COAL BEARING FORMATIONS AROUND KARAIGDEMIR DAMN LAKE (TEKIRDAG) AND EFFECTS OF THESE ENRICHING ELEMENTS UPON ENVIRONMENTAL HEALTH

Ahmet Onur AKBIYIK

MSc Thesis at Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

February 2021; 74 pages

Thrace District in Turkey is a region which shows significant reserves in terms of coal and natural gas. Study area of this work is also located around Karaigdemir Damn Lake in Malkara district of Tekirdag province. At this area Oligocene aged Danismen Formation, which consists of gray-green colored claystone, sandstone, conglomerate, tuff alternation with lignites, outcrops.

Besides of the organic content at coal composition, coals contain some inorganic content. Even small amount of some of these elements can lead irreparable problems for the environment and human health. In this study, samples which collected from coals and coal contained formations at study area, were subjected to major-trace element analysis and average concentration of each element was calculated. The average concentration of coal samples was compared with Upper Continental Crust, Turkey, USA, China and World coal averages and values which exceed the World coal averages were detected and the negative effects of these detected elements upon environment and human health revealed. Additionally, Pearson correlation constant was calculated by the help of statistical analyses and correlation matrix were constructed. According to this matrix, the relationship between the elements and by the help of XRD analyses the deposition environment was interpreted.

According to the major-trace element analysis of samples, taken from study areas' coal and coal bearing formations, enriching major elements were observed as Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn and enriching trace elements were observed as Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Ni based on World coal values. If it is considered to the environmental aspects, Mn, Ni, Pb, Be, V, Cu, Th, Zn, Ba, Co, Sn, Ti elements were determined as the most harmful elements.

Minerals detected by the XRD whole rock and clay mineral analysis are quartz, calcite, dolomite, feldspar, pyrite, mica, chlorite and clay minerals. With the examining of the detailed clay analysis, the presence of smectite, illite, kaolinite, chlorite minerals were detected. It has been determined that the dominant clay minerals are smectite, illite and chlorite. The abundance of smectite indicates that maturation of the coals is not fully realized. The presence of kaolinite mineral in only one sample indicates that it probably came as a result of transportation.

KEYWORDS: Danisman Formation, Karaigdemir, Lignite, Major-Trace element, Malkara, Thrace

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Asst. Prof. Dr. Neslihan ÜNAL

ÖNSÖZ

Enerji kaynakları ülkelerin gelişimini artırması ve devam ettirebilmesi için oldukça önemlidir. Tarih boyunca meydana gelen bölgesel ve hatta küresel birçok savaşın temelinde enerji kaynaklarına sahip olabilmek arzusu yatmaktadır. Ülkemiz fosil yakıtlar yönünden oldukça zengin bir ülkedir. Gelişmişlik düzeyimizi artırabilmek için bu kaynakların bulunması, çıkarılması ve kullanılması oldukça önemlidir. Fakat bu kaynaklar içerdiği elementler bakımından çevreye ve insan sağlığı üzerinde bazı ölümcül, geri dönüşü zor, hatta imkânsız olan, hasarlar verebilmektedir. Bu kaynakların çıkarımı ve kullanımı sırasında çevreye ve canlılara zarar verilmemesi gerekir ve bu nedenle de böyle bir çalışma ortaya koyarak kömürlerin element içerikleri araştırılmıştır.

Bu çalışma ve yüksek lisans hayatım boyunca bana verdiği her türlü destek için, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY'a, değerli hocam Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK'e, tez çalışmam sırasında bölgede daha önceden çalışma yapan ve bana yardımcı olan Dr. C. Bertan GÜLLÜDAĞ'a, istatistiksel analizleri gerçekleştiren Öğr. Gör. Dr. Ebru KAYA BAŞAR'a, teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her anlamda bu işi sürdürebilmemde büyük destekleri olan annem Şükran AKBIYIK'a, babam Nevzat AKBIYIK'a ve nişanlım Büşra Aslıhan YILDIZ'a minnettarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi	2
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Kömür Nedir?.....	4
2.1.1. Turbanın oluşması için gereken koşullar	4
2.1.2. Kömürleşme.....	7
2.2. Kömürlerin Sınıflandırılması	8
2.3. Kömürün Bileşenleri	11
2.3.1. Hüminit grupları	12
2.3.2. Liptinit grupları.....	12
2.3.3. İnertinit grupları.....	12
2.3.4. Mineraller ve eser elementler	12
2.4. Kömürlerde Ana-Eser Element	13
2.4.1. Eser elementlerin çevresel etkileri.....	15
2.4.2. Eser elementlerin insan sağlığı açısından etkileri.....	16
2.5. Kömür ve Çevre Kirliliği	19
2.5.1. Asit yağmurları	19
2.5.2. Sera etkisi ve küresel ısınma.....	20
2.6. Önceki Çalışmalar	21
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1. Arazi Çalışmaları.....	22
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	23
3.3. Büro Çalışmaları.....	24

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi	25
4.2. İnceleme Alanı Stratigrafisi.....	27
4.2.1. Istranca masifi.....	29
4.2.1.1. Tekedere Formasyonu.....	30
4.2.1.2. Kocabayır grubu.....	30
4.2.1.3. Mahya grubu	31
4.2.1.4. Dolapdere grubu.....	31
4.2.2. Kretase birimleri	31
4.2.2.1. İğneada grubu.....	31
4.2.3. Trakya Tersiyer birimleri.....	32
4.2.3.1. Gaziköy Formasyonu	32
4.2.3.2. Keşan Formasyonu.....	32
4.2.3.3. Soğucak Formasyonu.....	32
4.2.3.4. Ceylan Formasyonu	34
4.2.3.5. Yenimuhacir grubu	34
4.2.3.6. Hisarlıdağ Formasyonu	36
4.2.3.7. Ergene Formasyonu	36
4.2.3.8. Kırcasalih Formasyonu	36
4.3. Yapısal Jeoloji	37
4.4. Malkara Bölgesinin Organik Jeokimyasal ve Organik Petrografik Analizleri....	38
4.5. İnorganik Jeokimyasal ve Petrografik Analizler	39
4.5.1. Kömür ve kömürlü birimlerin mineralojisi (XRD tüm kaya ve kil analizleri)	
.....	39
4.5.2. Ana-eser element analizleri	41
4.5.2.1. Ana element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler	47
4.5.2.2. Eser element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler.....	50
5. SONUÇLAR	62
6. KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Karağdemir Baraj Gölü (Tekirdağ) Çevresindeki Kömürlü Birimlerin Ana-Eser Element Zenginleşmeleri ve Bunların Çevre Sağlığı Açısından Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

16 / 02 / 2021

Ahmet Onur AKBIYIK



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: yüzde
°C	: santigrad derece
Ag	: Gümüş
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Au	: Altın
Ba	: Baryum
Be	: Berilyum
Bi	: Bizmut
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Ce	: Seryum
CH ₄	: Metan
CH ₃ COOH	: Asetik asit
CH ₃ OH	: Metanol
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
Db	: Disprozyum
Er	: Erbiyum
Eu	: Evropiyum

Fe : Demir
Ga : Galyum
Gd : Gadolinyum
H : Hidrojen
Hf : Hafniyum
Hg : Civa
HNO₃ : Nitrik asit
Ho : Holmiyum
H₂O : Dihidrojen monooksit
H₂SO₄ : Sulfirik asit
I : İllit
K : Potasyum
Kl : Klorit
Kln : Kaolinit
km : kilometre
La : Lantan
Lu : Lutesyum
m : metre
Mg : Magnezyum
mg/ m³: miligram bölü metreküp
Mn : Manganez
Mo : Molibden
N : Azot
Na : Sodyum
Nb : Niobiyum
Nd : Neodimyum

NH ₂	: Amin
Ni	: Nikel
NO _x	: Azotoksit
O	: Oksijen
P	: Fosfat
Pb	: Kurşun
pH	: Hidrojen gücü
ppm	: Milyonda bir birim
ppb	: Milyarda bir birim
Pr	: Praseodim
R ₀	: Hüminit yansıması
Rb	: Rubidyum
Sb	: Antimon
Sc	: Skandiyum
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
Sm	: Smektit
Sm	: Samaryum
Sn	: Kalay
SO ₂	: Kükürt dioksit
Sr	: Stronsiyum
Ta	: Tantan
Tb	: Terbiyum
Th	: Toryum
Ti	: Titanyum
Tl	: Talyum

Tm : Tulyum
U : Uranyum
V : Vanadyum
W : Tungten
Y : İtiryum
Yb : İterbiyum
Zn : Çinko
Zr : Zirkonyum

Bu tezde kullanılan ondalık ayırıcı virgöl (,)' dür.

Kısaltmalar:

ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ASTM: Amerika Malzeme ve Test Birliği
EF : Zenginleşme Faktörü
GD : GüneyDoğu
ISO : Uluslararası Standart Organizasyonu
ICP-AES: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre
ICP-MS: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometre
KB : KuzeyBatı
MTA : Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
OI : Oksijen İndeksi
PI : Üretim İndeksi
TOC : Total Organik Karbon
TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TS : Türk Standartları
UCC : Üst Kıtasal Kabuk
XRD : X-ışını Kırınım Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tekirdağ-Malkara Karaiğdemir Baraj Gölü yer bulduru haritası	3
Şekil 2.1. Bataklık ortamında turbanın oluşum şeması (Orem ve Finkelman 2003).....	4
Şekil 2.2. Turbadan kömür oluşumu (Flaig 1968).....	5
Şekil 2.3. Su seviyesine göre oluşan turbaların özellikleri (Bend 1992).....	6
Şekil 2.4. Kömürleşme (Orem ve Finkelman 2003).....	7
Şekil 2.5. Linyin teorisine göre kömür oluşumu (Nakoman 1971)	8
Şekil 2.6. Kömürün Şeyler sınıflandırması.....	9
Şekil 2.7. Kahverengi kömürün sınıflanması ve özellikleri ile kahverengi kömür ve kok kömürünün (Alman terminolojisi) ayrımı	9
Şekil 2.8. ASTM sınıflaması (Stach vd. 1982).....	10
Şekil 2.9. Maserall grupları (Stach vd. 1982, Sýkorová vd. 2005).....	11
Şekil 2.10. Kömürlerde bulunan minerallerin sınıflandırması (Stach vd. 1982).....	13
Şekil 2.11. İz elementlerin çevresel ilgilerine göre gruplandırılması (Akar 2001)	15
Şekil 2.12. Asit yağmurları	19
Şekil 2.13. Sera etkisi	20
Şekil 3.1. Karaiğdemir Baraj Gölü, örneklerin alındığı lokasyonun 1/25 000'lik jeoloji haritası.....	22
Şekil 3.2. İş akış şeması	24
Şekil 4.1. Trakya Havzası'nın jeoloji haritası (Kasar vd. 1983; Siyako 2006b; Perinçek vd. 2015)	26
Şekil 4.2. Trakya litostratigrafik birimleri (MTA 2006).....	27
Şekil 4.3. Karaiğdemir Baraj Gölü civarında örneklerin alındığı alanın stratigrafik kesiti (ölçeksiz)	28
Şekil 4.4. Istranca masifinin genel stratigrafisi (MTA 2006)	30
Şekil 4.5 Trakya Tersiyer Havzası'nın genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şengüler 2008).....	33
Şekil 4.6. Trakya Havzası jeoloji haritası ve Trakya fay zonları (Kasar vd. 1983).....	37
Şekil 4.7. Malkara linyitlerine ait S ₂ -TOC, HI-T _{max} , HI-OI diyagramları (Güllüdağ 2019)	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çevreye duyarlı 25 eser element (Finkelman 1997; Finkelman ve Gross 1999; Orem vd. 1999; Schweinfurth 2003)	14
Çizelge 2.2. Kömürlerde bulunan bazı eser elementlerin insan sağlığına etkileri (Baba vd. 2008 ^a ; Bencko ve Symon 1977 ^b ; Fergusson vd. 1993 ^c ; Goldstein 1992 ^d ; Kartal vd. 2004 ^e ; Munower, 2017 ^f ; Özkan, 2009 ^g)	18
Çizelge 3.1. Yapılan analizlerin örnek bazında dağılımları.....	23
Çizelge 4.1. İnceleme alanından alınan kömürlü birimlerin tüm kaya ve kil bileşenleri	40
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklerle ait minimum, maksimum, ortalama değerler ve Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD ve Çin kömürleri ortalama konsantrasyonlarıyla karşılaştırılması (^a Rudnick ve Gao 2003; ^b Palmer vd. 2004; ^c Finkelman 1993; ^d Dai vd. 2007; 2008; 2012; * (%) olarak; ** (ppb) olarak ifade edilmiştir.)	42
Çizelge 4.3. Kömür örneklerinin element konsantrasyonlarının UCC, Türkiye, ABD ve Çin kömürleriyle kıyaslanması	46
Çizelge 4.4. Çalışma alanı kömürlerinin ana element içeriklerinin korelasyon matrisi.....	47
Çizelge 4.5. Majör elementlerin zenginleşme faktörleri.....	50
Çizelge 4.6. Çalışma alanından alınan örneklerin eser element korelasyon matrisi (** 0,01; * 0,05 düzeyinde anlamlıdır.)	51
Çizelge 4.7. Eser element zenginleşme faktörleri.....	59

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmişlik düzeyi, enerji ile doğrudan alakalıdır. Bir ülkenin gelişimini devam ettirebilmesi ve ekonomisini büyütme hedeflerine ulaşabilmesi için enerji olmazsa olmazdır. Hızla artan sanayileşmeyle birlikte dünyada yaşanan rekabetlerin temelinde de bu enerji kaynaklarına sahip olma arzusu yatmaktadır.

Enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olmak üzere iki başlık altında ele almak mümkündür. Rüzgâr, güneş, jeotermal enerji, biokütle, gelgitlerden elde edilen enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından bazılarıdır. Diğer yandan petrol, doğal gaz, bitümlü şeyl ve kömür yenilenemeyen enerji kaynakları arasındadır. Ülkemiz bu tip yenilenemeyen enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olmakla birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Fakat bu potansiyele rağmen fosil yani yenilenemeyen, sınırlı bir rezervde bulunan ve önümüzdeki zamanlarda tükenebileceği öngörülen yakıtların kullanımı oldukça fazladır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının aşırı kullanımı asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi, artan CO₂ miktarına bağlı olarak iklim değişimi ve küresel ısınma gibi çok önemli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir.

Ülkemizde özellikle 1980 sonrası hızla artan sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte enerji tüketimi de artmıştır. Artan enerji ihtiyacı ile birlikte petrol, doğal gaz ve kömüre olan talep de artmıştır. (Mucuk ve Uysal 2009). Türkiye’de elektrik enerjisinin %70’i çevre kirliliği yaratan ve küresel ısınmaya yol açan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taşkömürü, vb.) elde edilmektedir (Avcı vd. b.t.).

Tıpkı ülkemizde olduğu gibi dünyada da enerji üretiminin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtlardan enerji elde edilmesiyle ortaya çıkan CO₂, NO_x ve SO₂ gibi yanma ürünü olan bu gazlar atmosferde baca gazı olarak dağılırlar. Nikel, kurşun, arsenik, kadmiyum ise yanma sonucu atmosfere salınan diğer maddelerdir. Atmosferde artan CO₂ miktarı sera etkisi yaratarak sıcaklığı artırmakta ve iklim değişikliklerinin üzerinde önemli negatif bir rol oynamaktadır. Diğer yandan yanma sonucu oluşan NO_x ve SO₂ gibi gazlar atmosferde su buharıyla birleşerek asit yağmurlarını oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu asit yağmurları canlıları önemli bir çevre kirliliği problemiyle karşı karşıya bırakarak ekolojik dengeyi bozmaktadırlar.

Kömürlerin yapılarında organik bileşenlerin yanı sıra, ppm ve ppb gibi çok az miktarlarda bulunan ve bu az miktarları bile çevre ve canlı sağlığı açısından oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilen elementler içerebilmektedirler. Bu elementlere eser element denilmektedir. Eser elementler kömürlerin çıkarılması, taşınması ve yakılması sonucu ortaya çıkan uçucu küllerle çevreye yayılmaktadır. Kömürlerin yapısında bulunan bu elementlerin dünya standartlarında belirlenen eşik değerleri bulunmaktadır. Eser element miktarları belirlenen bu eşik değerlerin üzerinde olursa ciddi sonuçlar doğurabilir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Tekirdağ ili Malkara ilçesinde bulunan Karaiğdemir Baraj Gölü çevresindeki Oligosen yaşlı Danişmen formasyonundan alınan kömür ve kömürlü birim örneklerinin ana-eser element analizleri yaptırılarak ana-eser element içeriği belirlenmiş ve saptanan elementlerin Üst Kıtasal Kabuk, ABD, Çin, Türkiye ve Dünya kömür ortalamalarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Dünya kömür ortalamaları baz alınarak yapılan karşılaştırma neticesinde sınır değerler üzerinde kalan elementlerin tespiti yapılarak bu elementlerin çevre ve canlı sağlığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca tespit edilen elementlerin istatistiki çalışmalarla Pearson korelasyon katsayıları hesaplanarak korelasyon matrisleri oluşturulmuş ve birbirleriyle olan ilişkileri ile çökme ortamı yorumları yapılmıştır.

Alınan örnekler üzerinde XRD tüm kaya ve kil analizleri yapılarak inorganik madde ve kil içeriği belirlenmiştir.

1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi

Çalışma alanı olan Karaiğdemir Baraj Gölü ve çevresi Tekirdağ'ın yaklaşık 50 km kuzeybatısında, Malkara Merkez'in ise 10 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı G17-b2 paftasında bulunmakta olup bölgede Oligosen yaşlı linyitli çökeller yaygın olarak bulunduğu için dolayı birçok kömür araştırmacılığına ve bilimsel çalışmalara konu olmuştur. Oligosen yaşlı linyitler Danişmen Formasyonu içerisinde yer almakta olup gri-yeşil renkli kıltaşı, kumtaşı, çakıltaşı, tuf ardalanmasından oluşan istif içerisinde bulunmaktadır. Bölgede MTA'nın birçok çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmada Karaiğdemir Baraj Gölü çevresinden alınan kömür örnekleri incelenecektir.



Şekil 1.1. Tekirdağ-Malkara Karaiğdemir Baraj Gölü yer bulduru haritası

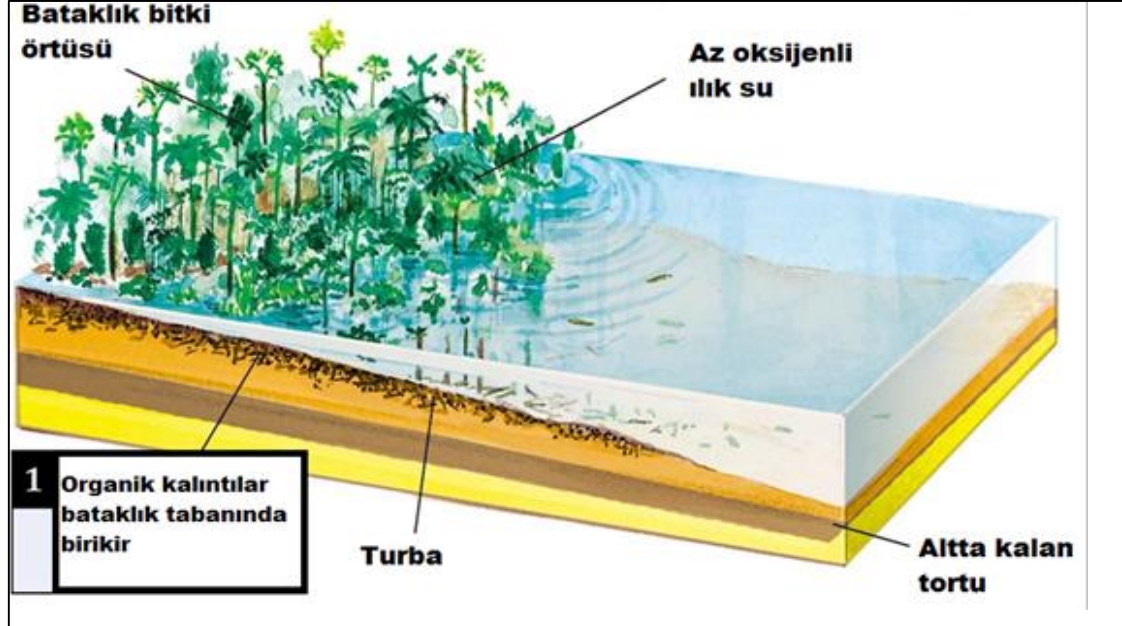
2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kömür Nedir?

Kömür, asıl bileşeni karbon olan yanında hidrojen, oksijen, kükürt, azot gibi elementler içeren ve bazı anorganik bileşenleri de olabilen yanıcı bir kayadır. Bir kayacın kömür olarak kabul edilebilmesi için karbon miktarının genelde %50'den fazla olması gerekmektedir. Milyonlarca yıl önce ölü bitki kalıntılarının uygun koşullar altında birikip, karbon miktarının zenginleşmesiyle oluşan süngerimsi organik maddeye turba denir. Turba tam olarak kömür sayılmaz bunu kömürlerden ayıran en önemli özellik içerisinde bulunan karbon miktarının kömürlere göre daha düşük olmasıdır. Örneğin karbon miktarı %50-60 ise turba, %60-70 ise linyit, %80-90 ise taş kömürü, %90'dan fazla ise antrasit olarak adlandırılır (Orem ve Finkelman 2003).

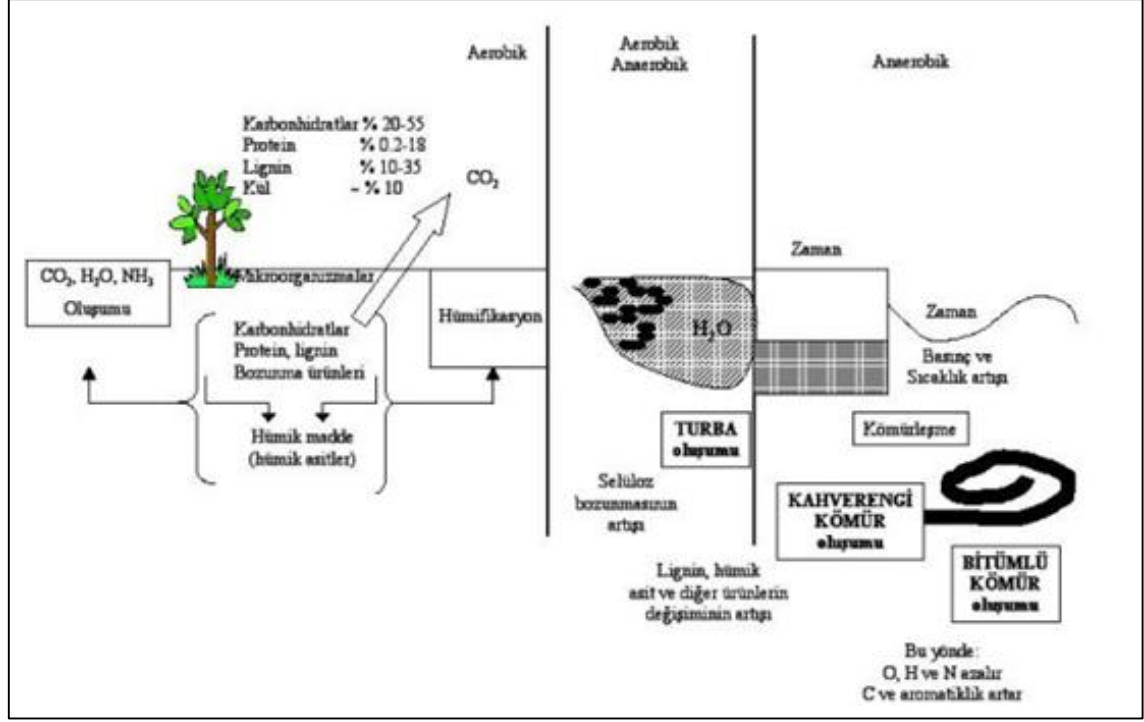
2.1.1. Turbanın oluşması için gereken koşullar

Ölü bitki artıkları havayla reaksiyona girerlerse bir bozunmaya uğrarlar. Turbanın oluşabilmesi için bu bozunmanın olmaması gerekir. Ölü organizma artıklarının havayla temasının, hızlı bir gömülmeyle, önüne geçilmesi oksidasyondan korunarak turbanın oluşabilmesi için önemli bir olaydır (Şekil 2.1). Eğer bu koşullar oluşmazsa mikroorganizmaların da etkisiyle turba yerine CO₂ ve H₂O oluşur. Turbaların oluşabilmesi için en uygun ortamlar oksijen miktarının az olduğu bataklıklardır. Bataklık ortamında biriken ve korunan bu bitki kalıntıları bir dizi biyokimyasal olaydan geçerek turbaları oluştururlar (Orem ve Finkelman 2003).



Şekil 2.1. Bataklık ortamında turbanın oluşum şeması (Orem ve Finkelman 2003)

Şekil 2.2'de de açıkça görüldüğü üzere turba oluşumu esnasında önce organik maddelerden hümik asitler oluşur. Oluşan bu hümik asitler karakteristik özelliklerini kaybederek huminleri oluştururlar. Huminlerden de turbalar meydana gelir.



Şekil 2.2. Turbadan kömür oluşumu (Flaig 1968)

Turbanın oluşumunu etkileyen bir diğer önemli faktör ise bataklıklardaki su seviyesidir. Eğer bataklıktaki su miktarı çok az veya yok olursa biriken bitki artıklarının havayla yani oksijenle teması oldukça kolay olacağından oksitlenme meydana gelir ve turba oluşmayabilir. Diğer yandan eğer bataklıktaki su miktarı çok olursa turba yerine diğer sedimanlar veya organik çamur çöker.

Bir bataklık ortamında suyun seviyesine, ana kaya türüne ve tuzluluğa bağlı olarak değişik bitkiler yetişebilir ve haliyle oluşan turbalar da çeşitlilik gösterebilir (Şekil 2.3).

	KURULU ÖRMAN Wiskamellar	SULU ÖRMAN Glossopteris Lycopod	SAZ BATAKLIĞI Nagegerrathocopsis Phyllothea	AÇIK SU Embryococcus
SUYLA KAPLANMA	Yok	Su seviyesi değişir	Hemen hemen suyla kaplı	Tümüyle suyla kaplı
ASİTLİK	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük
ATMOSFERİK O ₂	Bulunur	Kısmen bulunur	Çoğunlukla bulunmaz	Bulunmaz
REAKSİYON TİPİ	Oksidasyon	Oksidasyon ve Redüksiyon	Çoğunlukla redüksiyon	Redüksiyon
ORGANİK AKTİVİTE	Fungi, Böcek, Bakteri	Actinomycetes ve bakteri	Anaerobik bakteri	Anerobik bakteri
BOZUNMA	Parçalanma	Turbalaşma	Turbalaşma	Sapropellejme
TURBA TİPİ	Hümik	Odun ve hümik	Lifsi ve toprağımsı	Organik çamur
MIKROLİTOTİP	Füsit- Dürüt	Vitrinit - trimaserit	Dürüt, inertodetrinit	Liptit, trimaserit
LİTOTİP	Füsen ve Düren	Vitren ve klaren	Klarodüren ve düren	Cannel ve boghead
KÖMÜR TİPİ		HÜMİK		SAPROPELİK

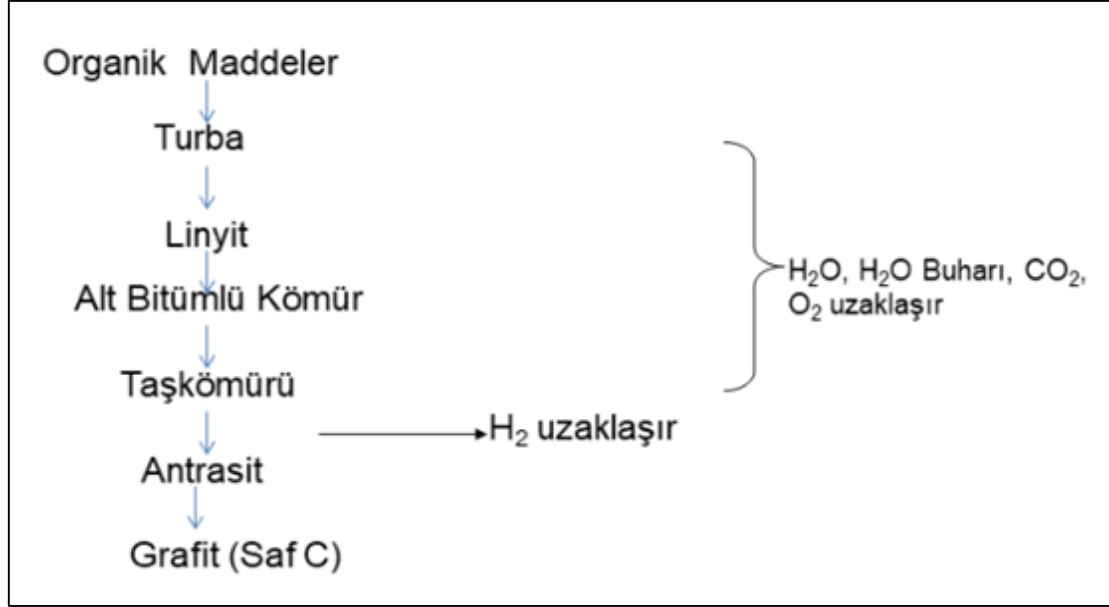
Şekil 2.3. Su seviyesine göre oluşan turbaların özellikleri (Bend 1992)

Şekil 2.3'te de özetlendiği gibi eğer su yoksa bitki kalıntıları doğrudan atmosferde bulunan serbest oksijen ile temas halindedir ve oksidasyona uğrarlar. Aktif olan organizmalar fungi, böcek ve bakterilerdir. Turba tipi ise hümiktir. Eğer su seviyesi orta düzeydeyse ortam kısmen asidiktir ve kısmen oksijen bulunur. Etkili olan reaksiyon tipi oksidasyon ve redüksiyondur. Oluşan turba tipi ise odun ve hümiktir. Ortam hemen hemen su ile kaplı ise asitlik azdır oksijen ise çoğunlukla bulunmaz. Bu tip ortamlarda anaerobik bakteriler etkilidir reaksiyon tipi ise redüksiyondur. Bu tip ortamlarda lifsi ve toprağımsı turbalar oluşur. Eğer ortam tümüyle su ile kaplı ise asitlik düşük ve ortamda oksijen yoktur. Bu koşullarda anaerobik bakteriler etkilidir, reaksiyon tipi ise redüksiyondur. Oluşan turbaya ise organik çamur denir. İlk üç koşuldaki turbalardan oluşan kömüre humik, son koşuldaki turbalardan oluşan kömüre ise sapropelik kömür denir (Şekil 2.3).

Turbanın oluşması için tüm bu koşulları sağlayan bataklık ortamları genel olarak deltalarda, akarsu taşkın düzlüklerinde, göllerde ve lagünlerde oluşurlar.

2.1.2. Kömürleşme

Kömürleşme, mikroorganizmaların; fungi ve bakteriler, etkili olduğu biyokimyasal aşamayla başlayıp turba oluşumunun gerçekleştirilmesinden sonra sıcaklık ve basıncın etkisiyle turbadan kömür oluşum sürecini ifade eder (Şekil 2.4).

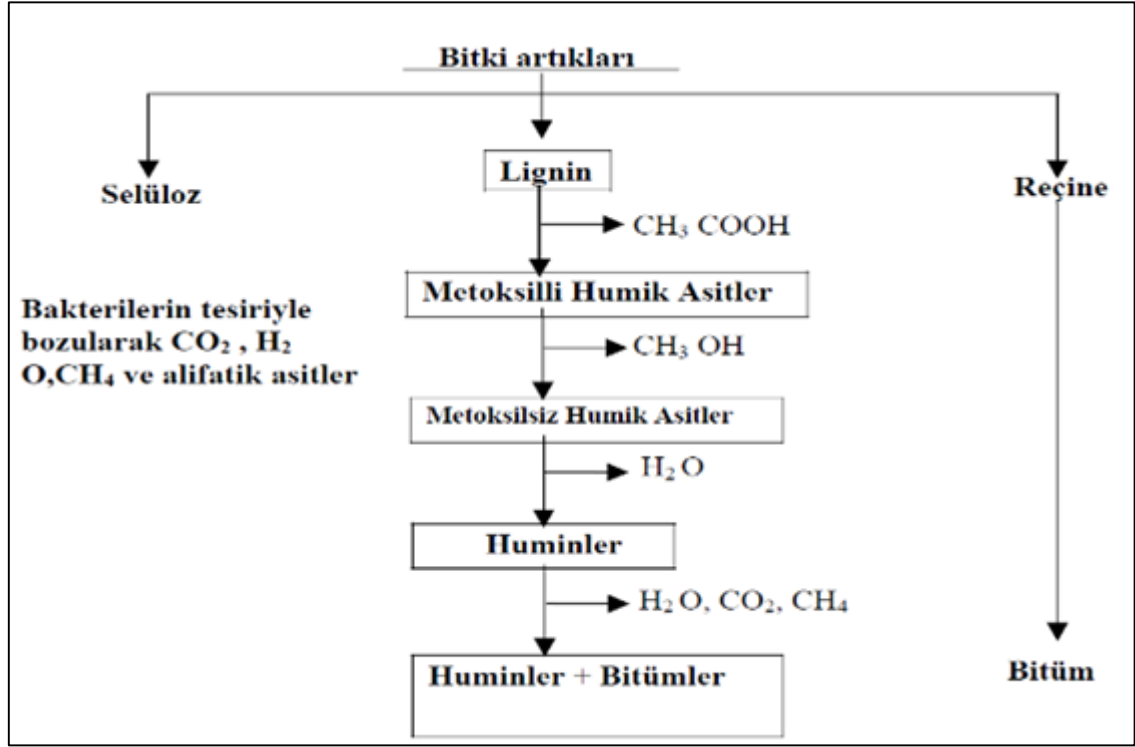


Şekil 2.4. Kömürleşme (Orem ve Finkelman 2003)

Bir başka deyişle turbanın kahverengi kömür (liniyit, alt bitümlü kömür), taş kömürü (bitümlü kömür) ve antrasit basamaklarından geçerek meta-antrasite dönüşmesine kömürleşme denir (Altunsoy ve Özçelik 1993)

Kömürleşme derecesi rank terimiyle ifade edilir. Kömürleşme derecesi kimyasal parametreler, ısı değeri ve optik özellikler kullanılarak belirlenmektedir. Kömürleşme derecesinin artmasıyla alt bitümlü kömür, bitümlü kömür ve daha sonra antrasit meydana gelir (Güllüdağ 2009). Fiziksel ve kimyasal değişimler göz önünde bulundurulduğunda, alt bitümlü kömürün oluşma aşamasına kadar olan prosesler diyajenez içerisinde değerlendirilirler. Bu aşamadan sonra organik maddenin değişimi öylesine şiddetli olmaktadır ki bu aşama da metamorfizma olarak ifade edilir.

Selüloz, linyin, balmumu ve reçineler bitkilerin ana bileşenleridir. Bitkilerin içerdiği linyinin değişime uğramasıyla birlikte hümitik asitler ve hümitik jöle meydana gelir. Selüloz ise kısa zamanda yok olmaktadır. Bazı araştırmacılara göre selüloz mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak metan, karbonik asit ve su haline dönüştüklerini ileri sürerler. Selülozun ayrışmaya uğramasıyla birlikte ortamdaki linyin miktarı artar ve bu madde sabunlaşma ile hümitik asitlere dönüşür.



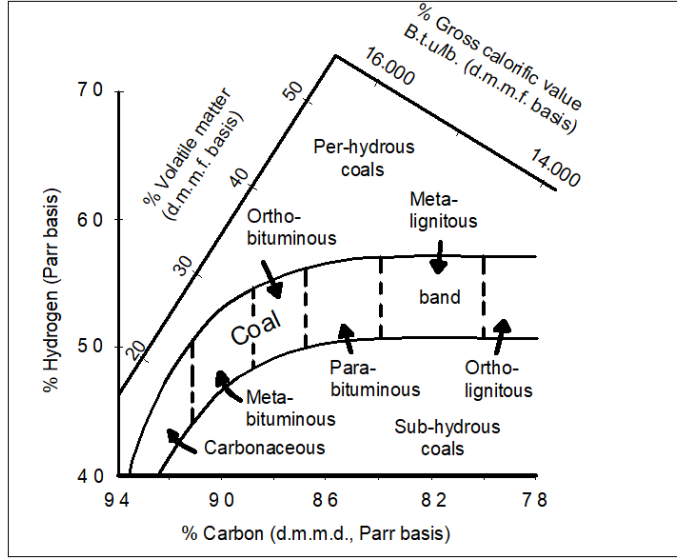
Şekil 2.5. Linyin teorisine göre kömür oluşumu (Nakoman 1971)

Şekil 2.5'te görüldüğü üzere linyin CH_3COOH uzaklaştırarak alkalilerde eriyebilen metoksilli hümkik asitlere dönüşür. Daha sonra metoksilli bu hümkik asitler metoksilsiz hümkik asitlere dönüşürler bu sırada CH_3OH açığa çıkar. Daha sonra metoksilsiz hümkik asitler de H_2O degajmanıya alkalilerde erimeyen huminler haline geçerler. Ortaya çıkan bu huminlerden de kömürler meydana gelmektedirler. Bitkisel reçineler de kömürleşme prosesi sonrası bitümleri meydana getirirler.

2.2. Kömürlerin Sınıflandırılması

Kömürler fiziksel özelliklerine göre yani dış görünüşlerine göre parlak, mat, killi ve kahverengi kömür gibi adlandırılabilir. Fakat bu sınıflandırma endüstriyel alanda yetersizdir. Daha detaylı bir sınıflandırma için kimyasal analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan bazı sınıflandırma methodları, Şeyler sınıflaması, ASTM (The American Society for Testing and Materials) sınıflaması, Alman kömür sınıflamasıdır.

1933'de ana hatları oluşturulan Şeyler sınıflaması günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflamanın temelini kuru mineralsiz yüzde karbon ve hidrojen içeriği oluşturmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kömürün Şeyler sınıflandırması

Alman kömür sınıflaması ise taş kömürü ve antrasiti uçucu madde miktarına göre bir sınıflamaya tabi tutar (Şekil 2.7).

ASTM (The American Society for Testing and Materials) ise kömürü sınıflandırırken sabit karbon içeriği ve ısıl değerini dikkate alır (Şekil 2.8).

Endüstriyel alanda en çok kullanılan sınıflandırma çeşidi ASTM sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırma kömürün ısıl değeri ve sabit karbon miktarını baz almaktadır. ASTM sınıflandırmasında kömür; linyit, alt bitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit olmak üzere 4 ana sınıfa ve bu ana sınıflar da kendi içlerinde alt gruplara ayrılmaktadırlar.

Rank of Coal	Megasopic	Microscopic	PATTEISKY & M. TEICHMÜLLER (1960)	Chemical-Physical Streak (Colour)	Behaviour on boiling with KOH	Behaviour with dilute HNO ₃
Weichbraunkohle (soft brown coal)	brown, dull, partly earthy	large pore volume, gelification rare, open cell lumens (textinite)	75-35% H ₂ O < 4000 kcal/kg ² usually > 60 - < 70% C ³			
Mattbraunkohle (dull brown coal)	dark brown to black, dull to low brightness	less pore volume, stronger gelification, open cell lumens (textinite) rare	35-25% H ₂ O 4000-5000 kcal/kg ² usually < 71 - ca. 71% C ³ ca. 53-49% VM ³	brown, seldom black	brown solution	red solution
Glanzbraunkohle (bright brown coal)	black, bright	gelification (vitritization) completed, micrinite not yet formed	usually > 8-10% H ₂ O 5500-7000 kcal/kg ² ca. 71-77% C ³ ca. 49-42% VM ³			
Steinkohle (bituminous coal)	black, bright	like Glanzbraunkohle, micrinite formed	usually < 8-10% H ₂ O usually > 7000 kcal/kg ² usually > 77% C ³ usually < 42% VM ³	black, seldom brown	no colour	no colour

* moist, ash-free
* dry, ash-free; VM = volatile matter

Şekil 2.7. Kahverengi kömürün sınıflanması ve özellikleri ile kahverengi kömür ve kok kömürünün (Alman terminolojisi) ayrımı

2.3. Kömürün Bileşenleri

Kömürler farklı özelliklere ve farklı orijinlere sahip maserallerden oluşmaktadırlar. Diyajenez derecesine göre kömürlerin karakterleri değişmektedir. Bir turba parçasını ele alırsak bu turbayı oluşturan bitki parçalarını tanımlayabiliriz fakat kömürleşmenin artmasıyla birlikte bitki parçalarını kömür içinde tanımamız olanaksız hale gelmektedir. Yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekleşen metamorfizma yüzünden bu bitki parçalarını mikroskopla bile tanımak olanaksız hale gelebilir.

Kömürü oluşturan maseraller kimyasal ve fiziksel özellikleri yönünden değişiklik gösterirler. Maseralleri çıplak gözle görmek olanaksızdır bu yüzden mikroskop kullanarak ayrıntılı olarak incelenebilirler. Maserallerin belirli bir kristal yapıları yoktur. Renk, ışığı yansıtma, şekil ve rölyef gibi bazı parametreler kullanılarak maseraller mikroskop altında ayırt edilebilirler. Maseraller vitrinit, liptinit ve inertinit olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar (Şekil 2.9).

Maserale Grubu	Maserale
Hüminite	Tekstinit, Üminite Atrinit, Densinit Gelinit, Karpohüminite
Liptinit	Sporinit, Kütinit, Resinit, Süberinit, Alginit, Liptodetrinit, Klorofilinit, bitüminite
İnertinit	Füsinit, semifüsinit, funginit, sklerotinit, sekretinit, makrinit, mikrinit, inertodetrinit

↓
Uçucu madde miktarı azalır

Şekil 2.9. Maserale grupları (Stach vd. 1982, Sýkorová vd. 2005)

Turba ve kahverengi kömürlerde vitrinitler bazı farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri olması sebebiyle hüminite grubu adını alırlar. Şekil 2.9'da belirtilen maserale gruplarında hüminite oksijen, liptinitte hidrojen ve inertinitte karbon miktarı fazladır.

2.3.1. Hüminit grupları

Taş kömürlerinde yaygın olarak bulunurlar bu yüzden en önemli maseral grubudurlar. Artan kömürleşme derecesiyle birlikte hüminitin yansıtma özelliği de sürekli artar. Bu nedenle hüminitlerde yansıtma özelliği kömürleşme derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılır. Hüminit grubu maserallerinin en ayırt edici özellikleri renklerinin gri olmasıdır. Hüminit grubunda yer alan maseraller %77-96 karbon, %1-6 hidrojen, %1-16 oksijen ve %2-45 arasında ise uçucu madde içerir.

2.3.2. Liptinit grupları

Liptinit grubunun maseralleri şekil 9'da görüldüğü gibi sporinit, kütinit, resinit, alginite ve liptodetrinitten oluşurlar. Vitrinitlere göre daha fazla hidrojen içerirler. Bu grubun en önemli özelliği düşük kömürleşme derecesinde uzun dalga boylu ultraviyole ve mavi ışıklara karşı otoluminesent olmalarıdır. Kömürleşme derecesi arttıkça oluşan flüoresans şiddeti azalır (Altunsoy ve Özçelik 1993). Bu grubun maseralleri siyah renkte görünürler.

2.3.3. İneritinit grupları

Bu gruba ait olan maseraller vitrinitlerden farklı olarak fusinitleşme olarak tanımlanan bir proses geçirirler ve bu yüzden bu maserallerin karbon içerikleri yüksek, hidrojen içerikleri düşüktür. İneritinit grubundaki maseraller yansıyan ışıkta sarımsı beyaz veya beyaz renkte gözlemlenirler.

2.3.4. Mineraller ve eser elementler

Kömürlerde değişik miktarlarda inorganik maddeler de bulunurlar. Bu maddeler kömürlerine göre orijinal bitkide bulunanlar, turba oluşumu sırasında meydana gelenler ve kömürün oluşmasından sonra meydana gelenler olarak üç grup altında toplanabilirler. Şekil 10' da Stach vd. (1982)'ye göre kömürde bulunan mineraller kökenlerine göre sınıflandırılmıştır. Bitkilerde ana elementler olan C, H, O, N dan farklı olarak Ca, Mg, Al, Na, K, Mn, Ti, S, Cl, P gibi eser elementler de bulunurlar. Bu elementler kömür külü içinde bulunurlar ancak bu tip eser elementlerin miktarı mineral miktarına göre çok daha azdır.

Mineraller	Senjenetik (Kömürün bünyesinde)		Epijenetik (Kırık ve Çatlaklarda)
	Su ve hava akımları ile taşınanlar	Oluşumu kömürle aynı anda olanlar	
Killer	İllit, serisit, kaolinit,leverrierit, montmorillonit, vb.		
Spatik		Siderit konkresyonları,dolo-	
Karbonatlar		mit (ankerit),kalsit	Kalsit , Ankerit
Sülfürler		Pirit,FeS ₂ - CuFeS ₂ -ZnS Konkresyonları,melnikovit	Pirit,markasit blend kalkopirir,qalen
Oksitler		Limonit, hematit	Götit
Kuvars	Kuvars taneleri	Kalseduan ve kuvars	Kalseduan ve kuvars
Klorür ve Sülfatlar		Kaya tuzu,tenardit,jips	

Şekil 2.10. Kömürlerde bulunan minerallerin sınıflandırması (Stach vd. 1982)

2.4. Kömürlerde Ana-Eser Element

Kömürler bünyelerinde miktarı fazlaca olan ana elementlerin yanı sıra miktarları milyonda bir ve hatta milyarda bir olabilecek elementler barındırırlar. Miktarları bu denli az olan elementlere eser element denilmektedir. Kömürlerin içerdiği eser element cinsi ve miktarı, kömürün kullanılıp kullanılmayacağından kullanılması durumunda ortaya çıkan atık maddenin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin, minimuma indirilmesi için, nasıl bertaraf edilmesi gerektiği gibi birçok konuda önem taşımaktadır.

Eser elementlerin oluşumunu ve zenginleşmesini belirleyen birçok faktör bulunmaktadır bu nedenle kömürlerin kimyasal içeriği bir kömür ocağından başka bir kömür ocağına hatta bazen aynı formasyon içerisinde değişik seviyelerde bile farklılıklar gösterebilir. Böylesi bir çeşitlilik söz konusu olduğundan eser element çalışmalarının insan ve çevre sağlığı açısından tüm kömür sahalarında gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kömürlerde 60'dan fazla eser element bulunmakta olup bu elementlerden 25 tanesi çevreye duyarlı elementler olarak bilinmektedir (Güllüdağ 2019) (Çizelge 2.1). Kömürlerde bulunan eser elementlerin, dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalar baz alındığında, sınır değerleri bulunmaktadır. Bu nedenle ana-eser element çalışmalarında çalışılan bölge kömürlerinin dünyadaki ortalama değerlerle kıyas edilip sınır değerini aşıp aşmadığı kontrol edilmelidir.

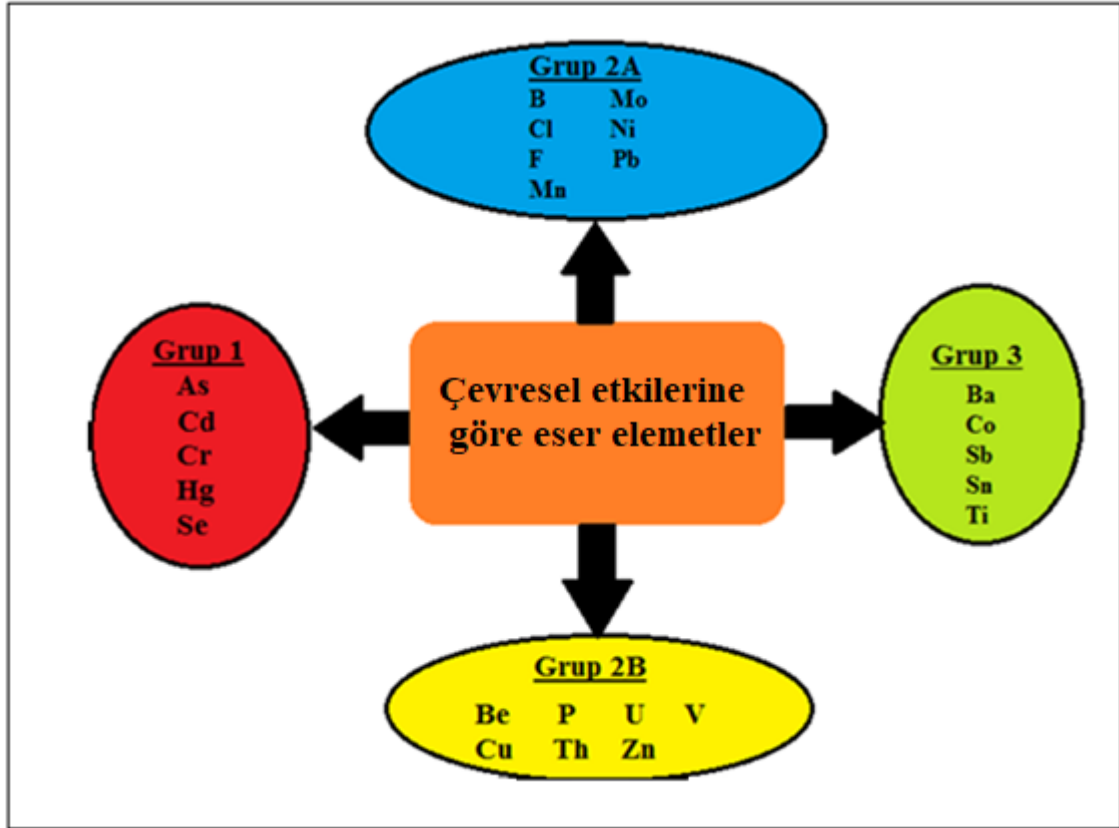
Çizelge 2.1. Çevreye duyarlı 25 eser element (Finkelman 1997; Finkelman ve Gross 1999; Orem vd. 1999; Schweinfurth 2003)

Çevreye Duyarlı Eser Elementler ve İçinde Bulunduğu Madde/Mineral	
Antimuan	Organik Madde, Pirit ve diğer Sülfürler
Arsenik	Arsenopirit, Galen, Kalkopirit, Pirotit, Sfalerit
Bakır	Kalkopirit, Organik Madde
Baryum	Barit ve diğer Baryumlu Mineraller
Berilyum	Organik Madde
Bor	İllit, Organik Madde
Civa	Pirit
Çinko	Sfalerit
Flor	Çeşitli Mineraller ve Organik Madde
Fosfor	Fosfat
Gümüş	Sülfidler
Kadmiyum	Sfalerit
Kalay	Oksitler ve Sülfidler
Klor	Gözenek Suyu ve Organik Madde
Kobalt	Organik Madde, Pirit
Krom	İllit, Kromit, Organik Madde
Kurşun	Clausthalite, Galen
Manganez	Karbonatlar: Ankerit ve Siderit
Molibden	Organik Madde ve Sülfidler
Nikel	Organik Madde ve Sülfidler
Selenyum	Clausthalite, Ferroselit, Galen, Organik Madde, Pirit
Talyum	Pirit
Toryum	Kil, Monazit, Zenotim, Zirkon
Uranyum	Organik Madde, Zirkon
Vanadyum	Kil ve Organik Madde

2.4.1. Eser elementlerin çevresel etkileri

Gelişmekte olan ülkelerin enerji üretiminde hala en önemli kısmı kömürle çalışan termik santraller almaktadır. Termik santrallerde kömürün yanmasıyla ortaya çıkan katı atıklar ve uçucu küller eser elementlerin çevreyle temas ederek kirlenmesine yol açmaktadır. Kömürün yanmasıyla birlikte ortaya çıkan atıklar olan kül, cüruf ve gaza transfer olan ve çevreyi kirlenme potansiyeli olan elementlerden bazıları As, Cd, Ga, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Mo, Ti, Zn gibi toksik elementlerdir. Kömürün yanmasıyla ortaya çıkan atıklardan olan uçucu küller; kil yapısına sahip olduklarından, yüksek "yüzey alanı/ hacim" oranına sahip olduklarından ve yüksek ısıya dayandıklarından bu toksik elementlerin tutunabileceği muazzam ortam oluştururlar. Uçucu küllerin; toprak örtüsü, yüzey ve yeraltı sularına kirlenme özelliği bulunmasının yanı sıra atmosfere de karışarak solunum yoluyla insanları zehirleyici özelliği bulunmaktadır (Baba 2000).

Akar (2001) çevresel açıdan duyarlı olarak bahsedilen 24 eser elementi dört farklı gruba ayırmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. İz elementlerin çevresel etkilerine göre gruplandırılması (Akar 2001)

Akar (2001) birinci grupta bulunan elementler kömürlerde oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunmalarına rağmen, bu çok ufak miktarların bile çevre açısından oldukça zararlı sonuçlar doğurabileceğini ve bu grupta bulunan elementlerden özellikle Arsenik (As) ve Selenyum (Se)' a dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Arsenik kömürün çıkarılması ve yakılması sırasında ortaya çıkmaktadır. Kömürün yanması sonucu arsenik hem uçucu hem de partikül şeklinde ortaya çıkar (Wouterlood ve Bowling 1979). Bu uçucu ve partikül şeklinde ortaya çıkan Arsenik doğadaki bitkileri ve deniz faunasındaki canlıları etkileyerek besin zincirine girer ve çevreden bir daha temizlenemez (Munawer 2017). Oldukça uçucu bir element olan Selenyumun ise çevreye salınımının büyük kısmı kömürün çıkarılması ve kullanımı sırasında olmakta olup salınan bu miktar bitkilerin zehirlenmesine yol açar (Zheng vd. 1992).

Grup 2A' da bulunan elementler yüksek klorlu kömürlerde bazı korozyonlara ve atmosferdeki asiditenin artmasına sebep olurlar (Akar 2001). Diğer yandan bu grupta bulunan Kurşun (Pb) kömürün yanması sırasında ortaya çıkan oldukça zehirli bir ağır metaldir (Bhangare vd. 2011). Element olarak doğada az bulunan kurşun okside olmuş formu olan Pb^{2+} olarak kıtasal kabukta bulunur. Doğada hareketli olarak bulunan Kurşun (Pb) enerji santralleri yakınında hareket ederek hem havayı hem de suyu kirletir (Lansdown ve Yule 1986).

Grup 2B'de bulunan elementlerden özellikle uçucu küllerde yüksek konsantrasyonlarda bulunan Uranyum (U) ve Toryum (Th)'un radyoaktif özellikleri bulunmaktadır. Bu elementlerin toprakta birikmesi ve bunların bitkileri etkilemesiyle besin zincirinde önemli zehirleyici problemlere yol açacağından bu elementlerin radyoaktivitesi minimize edilmelidir (Akar 2001).

Akar (2001) son grup olan üçüncü gruptaki elementlerin kömürlerin bünyesinde fazla miktarlarda bulunmadığını ve bu yüzden çevre açısından problematik bir etki yaratmayacaklarını belirtmektedir.

2.4.2. Eser elementlerin insan sağlığı açısından etkileri

Kömürlerde bulunan ve kömürlerin çıkarımı, taşınması ve kullanımı sırasında uçucu kül, baca gazı gibi şekillerde ortaya çıkan eser elementler sadece çevreyi kirletmekle kalmamakla beraber çevreyle ve canlılarla sürekli bir etkileşim halinde olan insan üzerinde de son derece ölümcül hastalıklara ve ciddi sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Tabii ki eser elementin insanı hangi ölçüde etkileyeceği ve ne tip hastalıklara yol açacağı maruz kalma şekli ve maruz kalınan miktar ile doğrudan alakalıdır.

Bencko ve Symon (1977) Slovakya'da, Arsenikçe zengin (900ppm-1500ppm) linyit kullanan enerji santrali civarında yaşayan 10 yaşındaki çocuklar üzerinde yaptıkları çalışmalarda, çocuklarda duyu kaybı ve arsenik zehirlenmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca Bencko enerji santrali yakınında yaşayan insanlarda cilt kanseri görüldüğünü belirtmektedir. Arseniğin yol açtığı diğer sorunlar ise solunum yolu rahatsızlıkları, kardiyovasküler rahatsızlıklar, anemi, lökopeni, gen mutasyonları, karın ağrıları ve koma durumudur (Munower 2017).

Maruz kalınması durumunda önemli problemlere yol açabilecek bir diğer eser element ise Kurşun (Pb)'dur. Kurşun başta böbrekler ve kalp olmak üzere neredeyse tüm organları ve kan dolaşımını etkiler (Goldstein 1992). Ayrıca adrenoreseptör fonksiyonları etkiler ve özellikle çocuklarda hiperaktiviteyi tetikler (Fergusson vd. 1993).

Civa (Hg) kömürlerde bulunan ve çok zehirleyici olan bir diğer eser elemettir. Ciğerlere, böbreklere ve kardiyak dokulara zararları olmakla birlikte bazı nörolojik rahatsızlıklara, fetüste birikerek erken doğum veya düşük ile birlikte yeni doğan bebeklerde beyin hasarlarına yol açmaktadır (Munower 2017).

Tozuna maruz kalınması durumunda Bakır (Cu)'da oldukça önemli sonuçlar doğurabilir. Karaciğer, böbrek ve beyin hasarlarının yanı sıra alınan doza bağlı olarak koma ve ölüme yol açabilir (Özkan 2009).

Özkan (2009) havadaki Kadmiyum (Cd)'un konsantrasyonunun $1\text{mg}/\text{m}^3$ 'ü geçmesi durumunda solunumdaki akut etkilerin görüleceğini belirtmektedir. Bunun yanı sıra akciğer ödemleri, pnömonisit, böbrek hasarları, akciğer ve prostat kanserleri Kadmiyum'un neden olduğu diğer hastalıklardır.

Uzun süre maruz kalınması durumunda insan sağlığını olumsuz etkileyen bir diğer eser element nikelidir. Nikel'in solunmasıyla solunum sisteminde anormal fonksiyonlar meydana gelir. Astım gibi solunum problemleri yanında burun ve gırtlak kanserleri ve deri hastalıkları Nikel'in yol açtığı diğer sağlık problemleridir (Özkan 2009).

Kobalta (Co) maruz kalınması halinde alerjik tepkiler ve kronik bronşit problemleri görülür (Kartal vd. 2004).

Baba vd. (2008)'de yapılan çalışmalarda Vanadyum (V)'un akut zehirlenmelere, gözlerde sulanma ve kızarıklığa, burun kanamasına, alt solunum yolu hastalıklarına ve deride kızarıklığa yol açtığı belirtilmektedir. Aynı çalışmada Sezyum (Cs)'un tümör oluşumuna neden olduğundan, Stronsiyum (Sr)'un endemik körlüğü neden olduğundan, Molibden (Mo)' in hayvanlarda gözlenen bazı hastalıklara yol açtığından, Uranyum (U) ve Toryum (Th)'un ise kromozom bozuklukları, cilt kanseri ve akciğer kanserine neden olduğundan bahsedilmektedir.

Çizelge 2.2'de kömürlerde bulunan bazı eser elementlerin yapılan çalışmalarla belirlenen insanlar üzerindeki etkileri görülebilir.

Çizelge 2.2. Kömürlerde bulunan bazı eser elementlerin insan sağlığına etkileri (Baba vd. 2008^{*a}; Bencko ve Symon 1977^{*b}; Fergusson vd. 1993^{*c}; Goldstein 1992^{*d}; Kartal vd. 2004^{*e}; Munower 2017^{*f}; Özkan 2009^{*g})

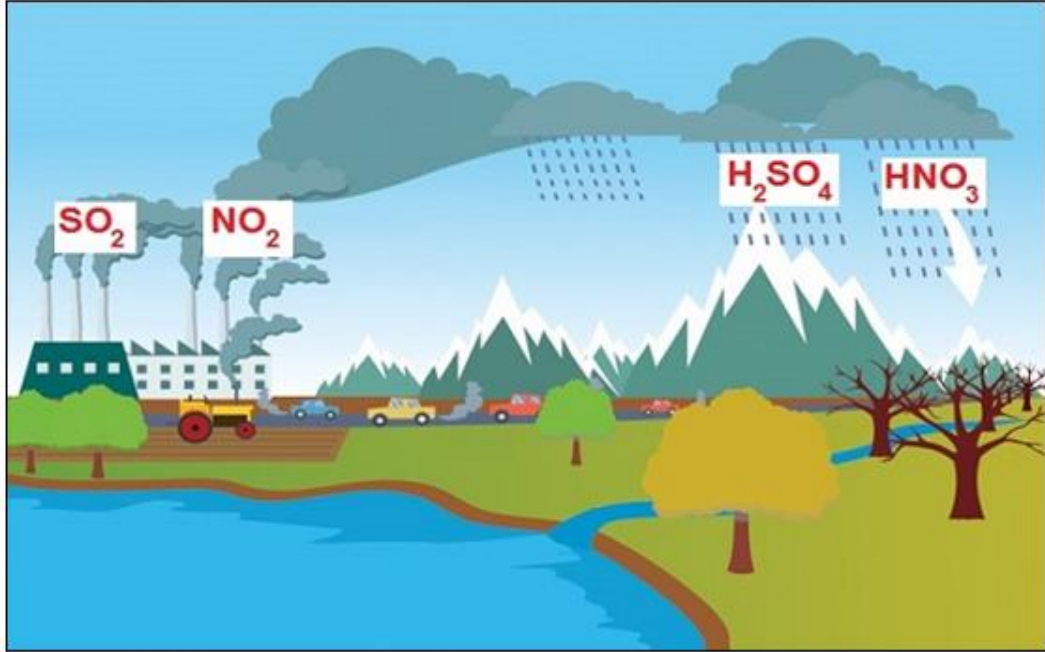
Element	İnsan Sağlığına Etkileri
Arsenik (As)	Duyu Kaybı ^{*b} , Cilt kanseri ^{*b} , Solunum yolu rahatsızlıkları, Kardiyovasküler rahatsızlıklar, Anemi, Lökopeni, Gen mutasyonları, Karın ağrıları ve Koma durumu ^{*f}
Kurşun (Pb)	Böbrek ve kalp rahatsızlıkları ^{*d} , kan dolaşımı bozuklukları ^{*d} , hiperaktivite ^{*c}
Civa (Hg)	Ciğer, Böbrek ve Kardiyak doku rahatsızlıkları, nörolojik rahatsızlıklar, erken doğum, düşük, yeni doğan bebeklerde beyin hasarları ^{*f}
Bakır (Cu)	Karaciğer, Böbrek ve Beyin Rahatsızlıkları, Koma ve Ölüm ^{*g}
Kadmiyum (Cd)	Akut solunum yolu hastalıkları, akciğer ödemleri pnömonositis, öbrek hasarları, akciğer ve prostat kanserleri ^{*g}
Nikel (Ni)	Solunum yolu problemleri, astım, burun ve gırtlak kanserleri, deri hastalıkları ^{*g}
Kobalt (Co)	Alerjik tepkiler, kronik bronşit ^{*e}
Vanadyum (V)	Akut zehirlenmeler, gözlerde sulanma ve kızarıklık, burun kanaması, alt solunum yolu hastalıkları, deride kızarıklık ^{*a}
Sezyum (Cs)	Radyoaktivite nedeniyle tümör oluşumu ^{*a}
Stronsiyum (Sr)	Endemik körlük ^{*a}
Uranyum (U) ve Toryum (Th)	Kromozom bozuklukları, deri kanseri, akciğer kanseri ^{*a}

2.5. Kömür ve Çevre Kirliliği

Karbondioksit, ince kül, kükürt oksitler, azot oksitler hidrokarbonlar ve aldehitler kömür kullanımı sonucunda atmosferde kirlenici etki yaratan bazı maddelerdir (Edgar 1983). Bu maddelerin atmosfere salınımıyla birlikte asit yağmurları ve atmosferdeki CO₂ miktarının artışına bağlı olarak küresel ısınma en önemli iki çevresel sorun olarak görülmektedir.

2.5.1. Asit yağmurları

Asit yağmurları en temel tanımıyla pH derecesi 5,6'dan az olan yağmurlar için kullanılan terimdir. Bu tip yağmurların insanlar, hayvanlar, bitkiler, yer altı suları ve toprak üzerinde oldukça önemli negatif etkileri vardır. Bu yağmurlar yeraltı sularını ve toprağı kirlendirir, denizin kirlenmesiyle birlikte denizde yaşayan canlıların yaşamını tehdit ederler, canlı sağlığı açısından da zararlı etkileri vardır. Peki, bu yağmurlar nasıl oluşmaktadır? Kömür gibi fosil yakıtlar yandıkları zaman ortaya NO_x ve SO_x gibi gazlar açığa çıkar ve atmosfere salınır. Bu gazların H₂SO₄ ve HNO₃ oluşturmasıyla birlikte asit yağmurları oluşur (Şekil 2.12).



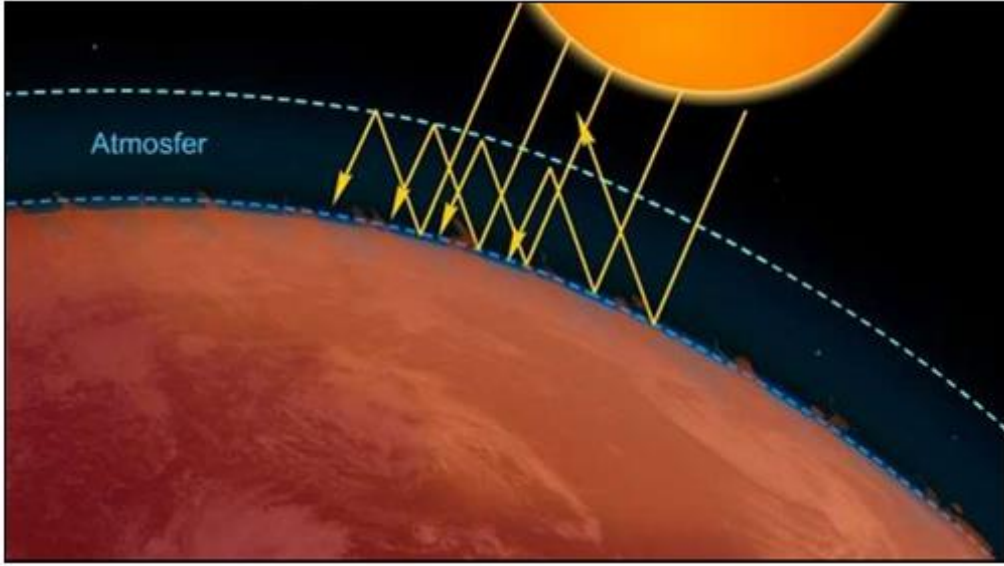
Şekil 2.12. Asit yağmurları

Asit yağmurlarının oluşmasıyla birlikte göller ve akarsuların asitliliği artar ve bu oradaki canlı faunasını olumsuz etkiler, belki de yeni ortama uyum sağlanamamasıyla birlikte ölümlere neden olur. Asit yağmurları kentlerdeki doğal ve tarihi yapılara da zarar verir. Toprağın mineral madde içeriğinin azalmasına ve dolayısıyla bitkilerin topraktan beslenmelerinin kötü etkilenmesine yol açar. Ayrıca insan sağlığı açısından da solunum hastalıklarına yol açması gibi kötü etkileri vardır.

2.5.2. Sera etkisi ve küresel ısınma

Kömür gibi fosil yakıtların kullanımının artmasıyla birlikte atmosfere salınan CO₂ gibi gazların miktarı da gitgide artmaktadır. Atmosferde artan bu CO₂ miktarı güneşten gelen ışınların dünyaya girişini engellemez ama yeryüzünden yansıyan kızılötesi ışınları tutarak tekrar yeryüzüne yansıtırlar. Bu ışınların tutularak salınmaması dünyanın ısınmasına neden olmaktadır. Buna da küresel ısınma denmektedir. İşte bu duruma sera etkisi denir (Şekil 2.13). Eğer CO₂ emisyonu bu şekilde devam ederse dünyadaki CO₂ miktarı önümüzdeki yüzyılda ikiye katlanacak ve sonuç olarak yüzey sıcaklığı 3 °C + 15 °C artış kutuplara daha yakın olmak üzere gerçekleşecektir (OECD 1983). Sera etkisi yapan gazlardan belli başlıları karbondioksit, metan, karbon monoksit, hidrokarbonlar ve kloroflora karbonlar olarak sayılabilirler.

Yaşadığımız evrenin ısısı, aşırı kömür kullanımına bağlı salınan ve sera etkisi yaratan gazların artmasıyla birlikte önümüzdeki yıllarda giderek artacaktır. Bu da kutuplardaki buzulların erimesine neden olacaktır. Ayrıca artan ısıyla birlikte göller ve denizlerden buharlaşan su miktarının artmasına bağlı olarak artan yağışın getirdiği sel felaketlerine de yol açacağı öngörülmektedir. Tüm bu göstergeler küresel ısınmanın çevre ve canlı sağlığını ne denli kötü etkileyeceğinin kanıtıdır.



Şekil 2.13. Sera etkisi

2.6. Önceki Çalışmalar

Trakya Havzası içerdiği zengin gaz ve kömür oluşumları nedeniyle geçmişten günümüze birçok çalışmanın odağı olmuştur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Lebküchner 1974; Çalışmalarında paleontolojik verileri kullanarak Orta Trakya jeolojisi hakkında bulgular ortaya koymuştur. Bölgesel jeolojinin yanısıra şu anda Danişmen Formasyonu olarak bilinen birimi linyitli kumtaşı formasyonu olarak tanımlayarak yaşlarını ayrıntılı şekilde ortaya koymuştur.

Kasar vd. 1983; Danişmen şeyli olarak Ünal (1967) tarafından adlandırılan birimin homojen olmadığını tespit ederek Danişmen Formasyonu olarak adlandırmıştır.

Alişan 1985; Trakya I bölgesinde yaptığı çalışmalarla bölgenin stratigrafisini ve birimlerin çökme ortamlarını incelemiştir. Yenimuhacir Grubu'nun kalınlığının 3500 m civarı olduğunu ve yaşının Geç Eosen- Erken Miyosen olduğunu belirlemiştir.

Siyako ve Kasar 1985; Danişmen Formasyonunu ayrıntılı şekilde inceleyerek Pınarhisar üyesi ile dereceli geçişli olduğunu belirtmişlerdir.

Kasar 1987; İlk kez Taşlısekban üyesini tanımlamıştır. Yaşının Oligosen olduğunu ve kalınlığının en fazla 30m' ye ulaştığını, üyenin yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve Pınarhisar üyesiyle dereceli geçişli olduğunu belirtmiştir.

Perinçek 1991; Danişmen Formasyonunun kalınlık dağılımını kontrol eden faktörün Orta Miyosen sırasında etkin olan Trakya Fay Sistemi olduğunu belirtmektedir.

MTA 2006; Trakya Havzası'nın litostratigrafik birimlerinin adlandırılması konusundaki karmaşanın giderilmesi için bir stratigrafi komitesi oluşturularak eski çalışmalar ve araştırmacıların deneyimlerini de göz önüne alarak adlandırmada birliğin sağlanması için çalışmalar yapılmış ve Trakya Litostratigrafi Birimleri-2 raporu ortaya konmuştur.

Siyako 2006a; Yaptığı çalışmada Yenimuhacir Grubu'nun klastik delta fasiyesinde oluştuğunu ve toplam kalınlığının 3500m civarında olduğunu belirtmektedir. Yapılan sondajlarla elde edilen bulgulara grubun; delta ilerisi, delta önü ve delta düzlüğü fasiyeslerinde çökeldiğini ortaya koymuştur. Mezardere, Osmancık ve Danişmen Formasyonlarının bu grubu oluşturan birimler olduğunu belirtmektedir.

Şengüler 2013; Trakya Havzasının jeolojisi ve bölgenin kömür potansiyeli hakkında çalışma yapmıştır.

Perinçek vd. 2015; Bu çalışma ile Danişmen Formasyonu içindeki linyit katmanlarını kontrol eden jeolojik faktörleri incelemiştir. Danişmen Formasyonu'nun Trakya Fay Sistemi'nin etkisiyle aşındığını ve aşınmanın bu formasyonun yüksek ve çukur alanlarda farklı kalınlıklarda olmasına neden olduğunu belirtmektedirler.

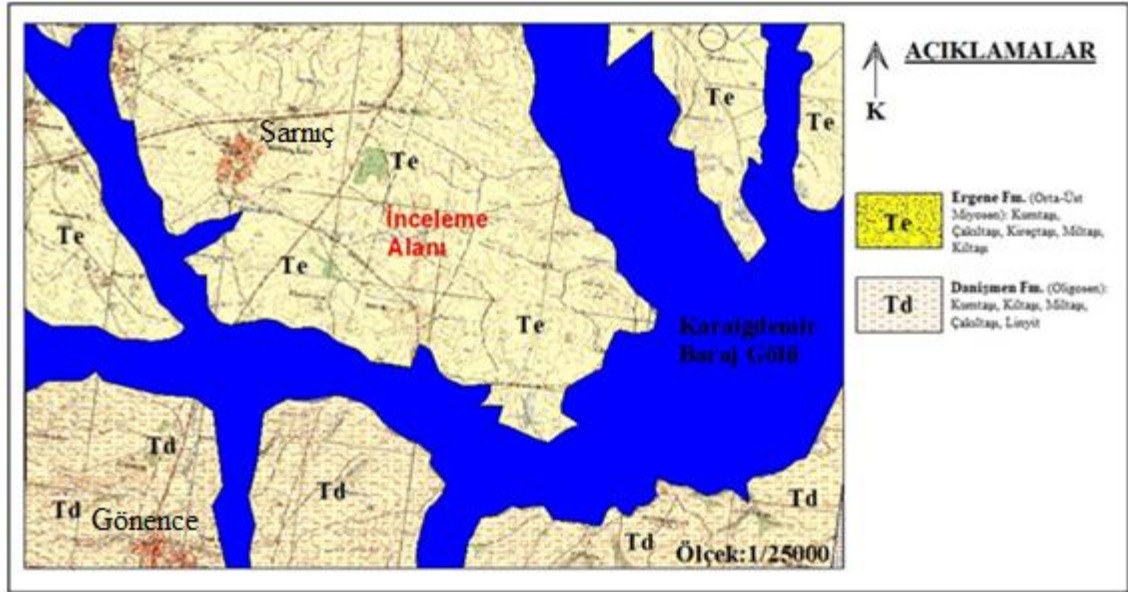
Güllüdağ 2019; Tekirdağ ili Malkara ilçesi kömürleri ve kömürlü birimlerinin oluşturduğu formasyonların organik petrografik, organik jeokimyasal, jeostatistiksel analizler ve CBS yazılımlarının yardımıyla incelemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Tekirdağ ili Malkara ilçesinde bulunan Karaiğdemir Baraj Gölü civarındaki Danişmen Formasyonu'nun kömür ve kömürlü birimlerden alınan örneklerin ana-eser element, XRD tüm kaya ve kil analizleri yaptırılmıştır. Bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Arazi Çalışmaları

Bölgede daha önceden yapılan çalışmalara bakılarak bölge jeolojisi hakkında çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca daha önceki yapılan çalışmalara göre ve özellikle de Güllüdağ (2019)'un çalışması temel alınarak Karaiğdemir Baraj Gölü çevresindeki kömür ve kömürlü birimlerden örnek alım noktaları belirlenmiştir. Danişmen Formasyonu'nun kömürlü seviyelerini en iyi şekilde temsil etmesi için seçilen örneklerin taban, tavan ve ara katmanlardan oluşmasına özen gösterilmiştir. Alınan örnekler kilitli poşetlere konularak herhangi bir kontaminasyonun önüne geçilmiş ve bu örnekler numarandırılarak analizlere gönderilmek üzere hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Karaiğdemir Baraj Gölü, örneklerin alındığı lokasyonun 1/25 000'lik jeoloji haritası

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonucunda alınan 32 örnek Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeokimya laboratuvarında analize hazırlanmıştır. Her bir örnek havanda ufak parçalara ayrılıp öğütücüye konulmuştur. Daha sonra öğütücünden çıkan malzeme 200 numaralı elekten geçirilerek 50'şer gramlık ufak paketler halinde analizlere hazırlanmıştır.

Hazırlanan örneklerden 23 tanesi Ana-Eser element analizi için Kanada'da bulunan ACME Laboratuvarlarına gönderilmiştir. Ana oksit analizleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) yöntemi ile eser element analizleri ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemi ile yapılmıştır.

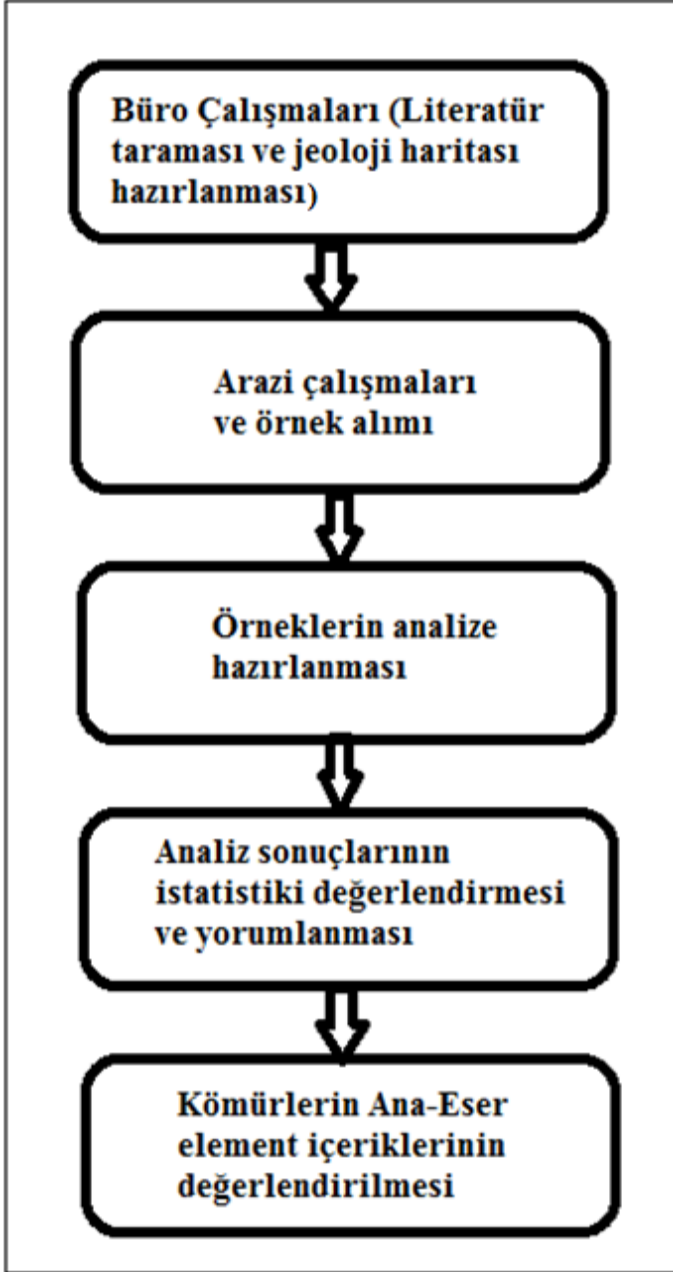
27 adet örnek ise XRD tüm kaya ve kil analizleri için MTA laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu 27 adet örnekten 20 tanesine detay kil analizi yapılmıştır. XRD difraktom çekimlerinin yapılması için örnekler toz haline getirilmiş olup toz haldeki bu örnekler özel bölmeli lam üzerine sıkıştırılarak konulmuştur. Tüm kaya analizleri 2-60° 2θ çekim aralığında, detay kil analizleri ise 2-40° 2θ aralığında normal, fırınlanmış ve glikollü olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra mineral tanımlamaları ASTM standartlarına göre yapılmıştır. Analiz yapılan örneklerin dağılımı çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Yapılan analizlerin örnek bazında dağılımları

Örnek No	Ana-Eser Element Analizi	XRD Tüm Kaya Analizi	Detay Kil Analizi	Örnek No	Ana-Eser Element Analizi	XRD Tüm Kaya Analizi	Detay Kil Analizi
Ö-1	x	x	x	Ö-17			
Ö-2	x	x		Ö-18	x	x	x
Ö-3	x	x		Ö-19			
Ö-4	x	x	x	Ö-20		x	x
Ö-5	x	x	x	Ö-21	x	x	x
Ö-6	x	x	x	Ö-22	x	x	x
Ö-7	x	x		Ö-23	x	x	x
Ö-8	x			Ö-24	x	x	x
Ö-9		x	x	Ö-25	x	x	
Ö-10				Ö-26	x	x	x
Ö-11	x	x	x	Ö-27		x	x
Ö-12	x	x		Ö-28	x	x	
Ö-13	x	x	x	Ö-29		x	x
Ö-14	x	x	x	Ö-30		x	x
Ö-15	x	x		Ö-31	x	x	x
Ö-16	x			Ö-32		x	x

3.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları aşamasında, kömürler, kömürlerde ana-eser elementler, eser elementlerin çevre ve insan sağlığı açısından etkileri gibi konularda daha önceden yapılan araştırmalar literatürden taranmıştır. Analiz sonuçlarının gelmesiyle birlikte sonuçların değerlendirilmesi, bulguların ortaya konması ve tezin yazımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İş akış şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi

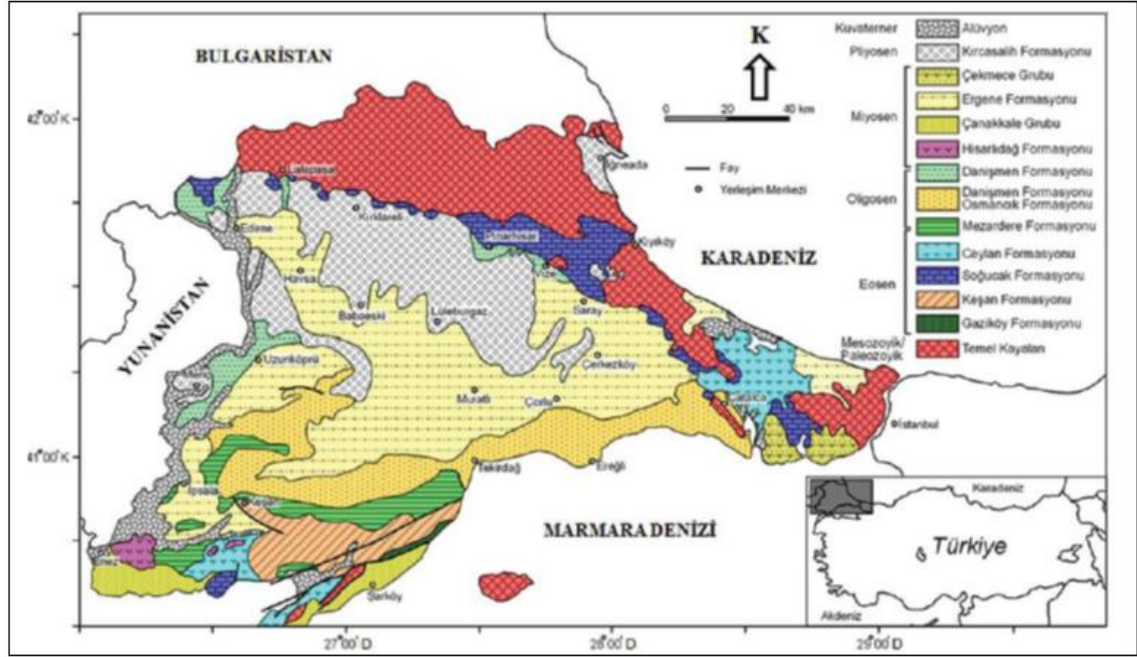
Karaiğdemir Baraj Gölü Tekirdağ'ın yaklaşık 50 km kuzeybatısında, Malkara'nın ise 10 km kuzeydoğusunda Türkiye'nin en önemli havzalarından biri olan Trakya havzasında yer almaktadır. Bu alan Oligosen yaşlı linyitli çökelleri içerdiği için birçok araştırmaya konu olmuş ve bu bölgeyi konu alan birçok akademik çalışma ortaya konulmuştur.

Trakya Havzasını kuzeyden Istranca Masifi, batıdan Rodop Masifi ve güneyden ise Menderes Masifi çevreler. Havzayı kuzeyden çevreleyen Istranca Masifi alta gnaysik kayalar ve bunların üzerinde yeşilist fasiyesinde metamorfize olmuş Paleozoik, Mesozoyik yaşlı sedimanter kayalarla temsil olunur (Perinçek vd. 2015; Üşümezsoy 1982; Taner ve Çağatay 1983). Geç Kretase yaşlı granodiyoritik kayalar sedimanter kayaları etkilemiş ve bu sedimanter kayalar yer yer yine Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter bir birim tarafından örtülmüşlerdir (Taner ve Çağatay 1983; Perinçek vd. 2015). Öztunalı (1979) ve Perinçek (2015) çalışmalarında Istranca Masifi'nin güneye bakan taraflarında granitlerin mostra verdiğini belirtmektedirler.

Trakya Havzası'nın orta ve kuzey kesimlerinde Miyosen ve sonrası birimler Eosen-Oligosen istifinin üzerine gelmektedir. Bu sebepten dolayı Trakya Havzası'nın litostratigrafik temeli Güney Trakya ve çevresinde görülen mostralar ile Kuzey Trakya'daki maden, petrol vb. arama çalışmaları için açılan kuyulardan alınan karot örnekleri ve sismik çalışmalardan elde edilen bilgilerle oluşturulmaktadır. Siyako (2006b) ve Perinçek vd. (2015) havzanın güney sınırının belirgin olmadığını ifade etmektedirler bunun sebebi olarak ise Trakya havzasına ait Eosen-Oligosen istiflerinin Marmara Denizi güneyinde Biga Yarımadası'nda (Siyako vd. 1989; Perinçek vd. 2015), Mudanya-Tirilye arasında, Armutlu Yarımadası'nda da (Akartuna 1968; Perinçek vd. 2015) mostra verdiğini göstermektedirler.

Orta Eosen-Pliyosen yaşlı birimleri ihtiva eden Trakya Havzası, üçgen biçiminde bir Tersiyer havzadır. (Keskin 1974; Perinçek vd. 2015). Birçok araştırmacı havzadaki sedimantasyonun Erken Eosen döneminde transgresif bir istifle başladığını ifade etmektedir. (Doust ve Arıkan 1974; Keskin 1974; Turgut vd. 1983; Saner 1985; Perinçek vd. 2015). Kesiklikler ve aşınmalar göz ardı edildiğinde bu sedimantasyonun yakın zamana kadar devam ettiği söylenebilir. Hemen hemen Trakya'nın tamamını kapsayan ve kalınlığı 9000 metreyi geçen Tersiyer istif Istranca Dağları'nın güney eteklerinden itibaren mostra vermeye başlamaktadır. (Kopp vd. 1969; Turgut vd. 1983, 1991; Perinçek 1987; Görür ve Okay 1996; Siyako 2005; 2006a, b; Perinçek vd. 2015). Genellikle klastiklerden oluşan Trakya Tersiyeri, şelf alanlarında ve havza ortası sırt ve tepelerde karbonatları da içermektedir. Bu birimler, aralarında önemli yükselme ve aşınma evreleri olan havzalarda ve yedi ayrı zaman aralığında çökelmiştir (Şekil 4.1). Havzanın bazı bölümlerinde zaman boşluklarının görülmesi aşınma olduğunu gösterirken, havzanın ortasında ise görece sürekli devam eden bir sedimantasyonun varlığı söz konusudur. Oldukça hızlı çöken Trakya Havzası çöktükçe sürekli dolan bir havzadır. Burke ve Uğurtaş (1974) ve Perinçek (1987; 2015) başlangıçta engebeli topografyanın çukur kısımlarını dolduran istifin, kara yönünde temel üzerine transgresyonunun çok sayıda sismik kesitte gözlemlendiğini belirtmektedirler.

Eosen transgresyonu Oligosen'in başlarına kadar maksimum düzeye ulaşmıştır. Orta Eosen- Erken Oligosen'de havzanın derin kısımları yoğunluk akıntılarıyla taşınan türbiditik akıntılarla doldurulurken, Kuleli-Babaeski yükselimi ve kuzeydeki şelflerde karbonatlar çökelmiştir (Keskin 1974; Turgut vd. 1983). Bu sıralarda havza büyük bir nehir tarafından oluşturulan delta sistemi etkisinde bulunmaktaydı ve buna bağlı olarak denizaltı yelpazeleri oluşmuştur (Turgut vd. 1983). Eosen sonu ve Oligosen başlarında aktif volkanizmanın ürünü olan dasitik ve andezitik küller havzada bulunan sedimanlara karışmışlardır (Doust ve Arıkan 1974; Turgut vd. 1983).



Şekil 4.1. Trakya Havzası'nın jeoloji haritası (Kasar vd. 1983; Siyako 2006b; Perinçek vd. 2015)

Bu transgresyon dönemini Orta Oligosen-Erken Miyosen aralığında regresyon dönemi takip etmiştir (Keskin 1974; Ediger 1982; Turgut vd. 1983; Saner 1985; Perinçek vd. 2015;). Ediger (1982) çalışmalarında Orta Miyosen'deki çökme olmayan dönemden sonra Geç Miyosen? – Erken Pliyosen yaşlı Ergene ve Kırcaalihi formasyonlarının karasal palinofasiyesleri çökeldiğini belirtmektedir. Geç Miyosen ile Pliyosen arasında da daha az belirgin olan bir uyumsuzluk görülür.

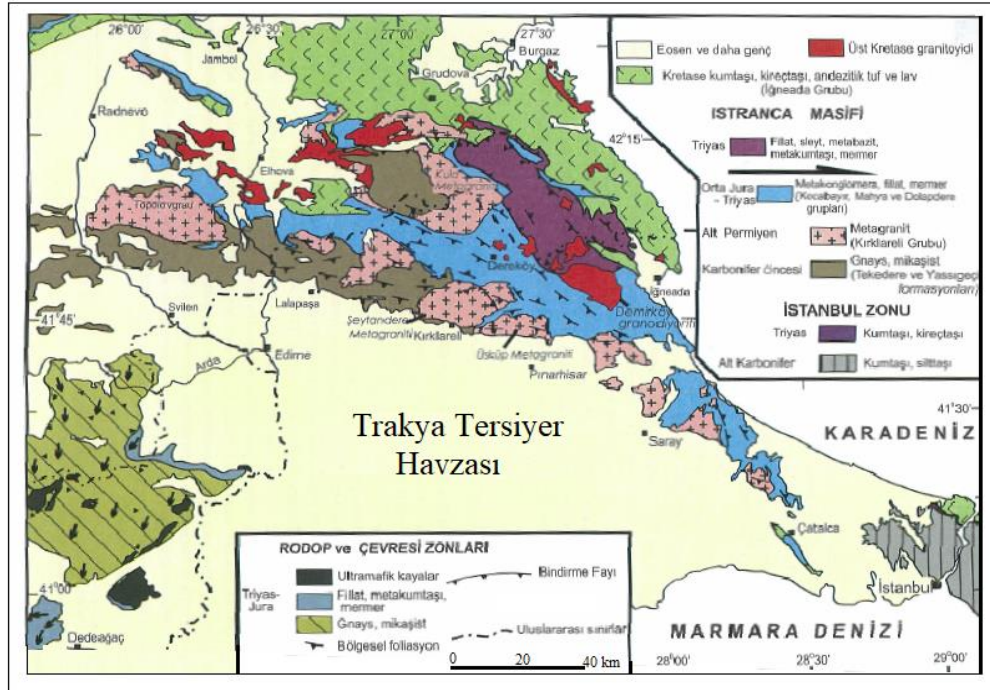
Trakya Havzası bölgenin içerdiği ekonomik olarak önemli olan linyit muhtevası nedeniyle birçok jeolojik araştırmaya konu olmuştur. Havzada bu konuda yapılan başlıca çalışmalar arasında Lebküchner (1974), Kara vd. (1996), Şengüler vd. (2000; 2003), Sütçü vd. (2009) Şengüler (2008; 2013) sayılabilir. Trakya Havza'sının kuzey kesimindeki linyit sahaları genellikle Istranca Masifi eteklerinde bulunmaktadır. Diğer yandan Trakya Havzası'nın güneyindeki kömür oluşumları Keşan, Malkara, Uzunköprü ve Meriç dolaylarındadır (Perinçek vd. 2015). Şengüler (2013) Havzanın kuzeyinde ve güneyinde yüzeyleyen linyitlerin, havzanın ortasına doğru tedrici olarak derinleşmekte olduğunu ve havzanın orta kesimlerinde 10.000 metreye ulaşan çökel istif içerisinde, 600 metreyi aşan derinliklerde bulunduğunu belirtmektedir. Lebküchner (1974),

tarafından hazırlanan makalede bölgesel jeoloji yanında linyitli kumtaşı formasyonu olarak adlandırdığı birimin fosil kapsamı ve yaşını ayrıntılı olarak sunmuştur. Kara vd. (1996) raporunda havzanın genel jeolojisine yer vermiş, özel bölümde ise Trakya Havzası'nda yer alan önemli kömür sahaları ile ilgili bilgi aktarmışlardır. Şengüler vd. (2000), makalelerinde Keşan, Malkara ve Uzunköprü yöresindeki kömür işletmelerinden alınan örnekler üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmalarda özellikle işletilmekte olan damarları inceleyerek kömür çökeltme ortamlarına ilişkin yorumlar getirmişlerdir. Şengüler (2008) tarafından hazırlanan ve 2 cilt olan raporda; Trakya Havzası kömürlerinin yayılımı, özellikleri, çökeltim modeli ve bölgedeki saha ile işletmeler ortaya konmaktadır. Trakya Havzası kömürleri görsel ortamların delta bataklıklarında çökeltmiştir. Şengüler (2013) çökeltme hızının fazla olmasının çökelt kalınlığının fazla olmasına neden olduğunu ve bunun da kömür damarlarının korelasyonunu zorlaştırdığını ifade etmektedir. Danişmen Formasyonu'nun çökeltimi sırasında bazı yerlerde akarsu ortamı koşullarının etkili olmuştur ve bu da linyit çökeltimini engellemiştir (Perinçek vd. 2015).

4.2. İnceleme Alanı Stratigrafisi

Trakya Havzası esas olarak ana iki jeolojik ünitelerden oluşmakta olup bunlar havzanın kuzeyinde KB-GD uzanımlı, Karadenize paralel olan temel kaya niteliğindeki Istranca masifine ait metamorfik kayalar ve bunun güneybatısında konumlanan, Ergene düzlüğünü oluşturan, Trakya Tersiyer Havzasıdır (Okay ve Yurtsever 2006) (Şekil 4.2).

Bu çalışmada linyitleri içeren formasyon Danişmen Formasyonu olduğu ve bu formasyon da Trakya Tersiyerinde bulunduğu için dolayı Tersiyer birimleri daha detaylı anlatılacak olup temeli oluşturan Istranca Masifine ait özet bilgilere yer verilecektir.



Şekil 4.2. Trakya litostratigrafik birimleri (MTA 2006)

İnceleme alanında örnek alınan bölgenin ölçeksiz genelleştirilmiş stratigrafik kesiti şekil 4.3'te temsil edilmektedir. İnceleme alanında alttan üste doğru sırasıyla Danişmen Formasyonu'nun linyit içeren kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşan ve bazı seviyelerde karbonat yumruları bulunan birimleri onun üzerinde Ergene Formasyonu'na ait killer ve en üstte Kuvaterner alüvyon bulunmaktadır.

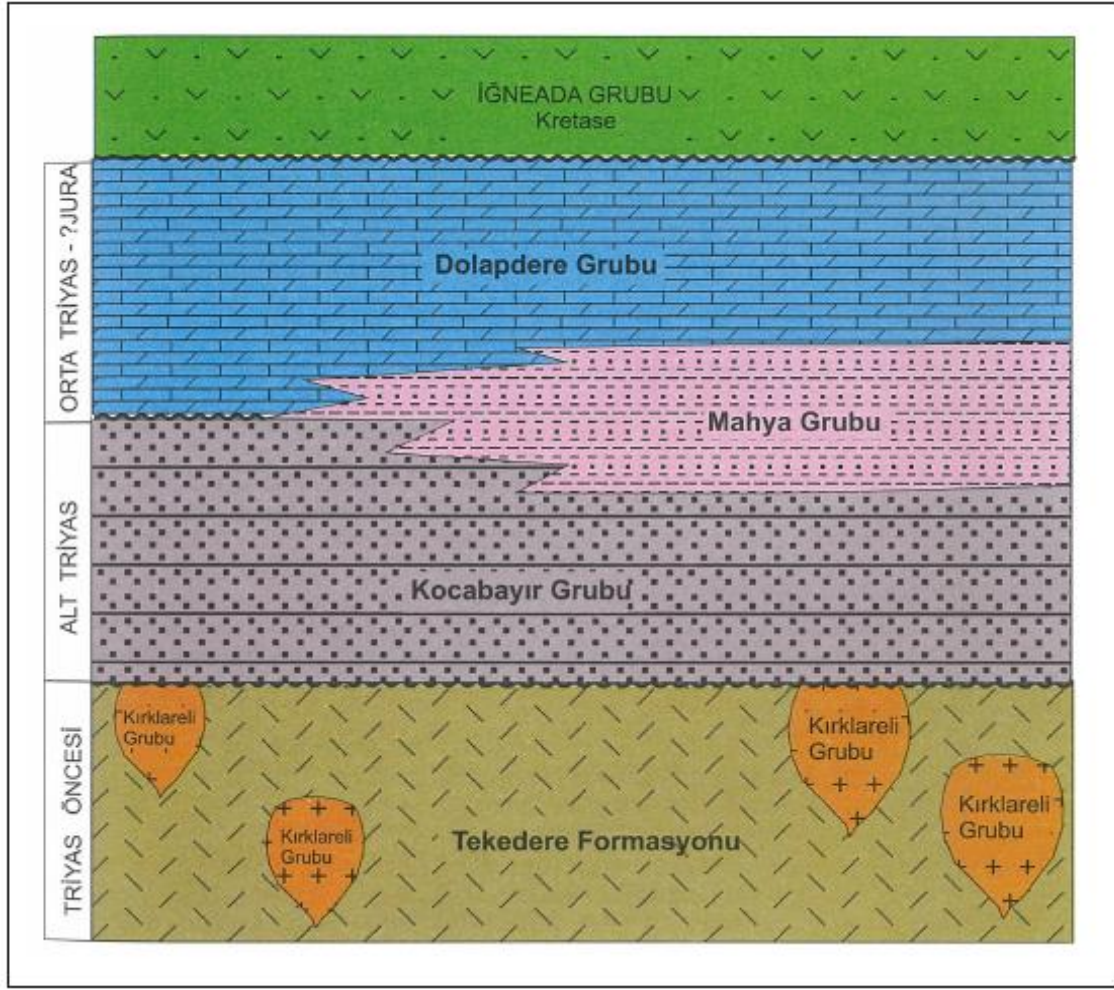
	Litoloji	Açıklamalar
		Kuvaterner Alüvyon
Ergene Formasyonu		Kahverenkli organik katkıli kil
		Bej renkli kil
		Bej-krem renkli çakıl-kil
Danişmen Formasyonu		Açık kahverenkli kil
		Yeşilimsi gri renkli kumtaşı-silttaşı ardalanması
		Linyit
		Yeşilimsi gri renkli kumtaşı-silttaşı karbonat yumrulu
		Linyit
		Yeşilimsi gri renkli kumtaşı-silttaşı karbonat yumrulu
		Linyit

Şekil 4.3. Karaiğdemir Baraj Gölü civarında örneklerin alındığı alanın stratigrafik kesiti (ölçeksiz)

4.2.1. Istranca masifi

Istranca masifi Karadeniz şeridi boyunca Bulgaristan'a doğru uzanımına devam ettiğinden Türk araştırmacıların yanı sıra Bulgar araştırmacıların da ilgi odağı olmuştur. Tüm bu çalışmalar neticesinde Istranca Masifi'nin Triyas öncesi bir temel ve bu temeli uyumsuzlukla örten Triyas-Jura metasedimenter kayalardan oluştuğunu ortaya koymaktadır. Masifin Triyas öncesi, yaşı belirsiz olan, temelini amfibolit ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçiren ve bunları kesen geç Paleozoyik yaşlı granitoidler oluşturmaktadır. Bu eski temel üzerine çökelen karasal ve sığ denizel karakterli Triyas ve Jura yaşta sedimanter kayalar, Geç Jura-Erken Kretasede yeşilşist fasiyesinde metamorfizma ve sıkışmalı bir deformasyon geçirmiştir. Bu metamorfizma ve deformasyon masifin temelini de etkilemiştir. Masifin metamorfik kayaları Senomaniyen ile başlayan volkano-sedimenter bir istif ile uyumsuzlukla örtülür ve Geç Kretase yaşlı intürizif kayalar tarafından kesilir (Aydın 1974; Üşümezsoy 1982 a; Chatalov 1985 a, b; 1988 a, b; 1990; Aydın 1988; Çağlayan ve Yurtsever 1998; Okay vd. 2001).

MTA (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda Istranca Masifi kaya adlamaları 3 başlıkta değerlendirilmiş olup bunlar temele ait orta ve yüksek dereceli metamorfik kayalar, temele ait plütonik kayalar ve örtü serisini oluşturan Triyas-Jura yaşlı metasedimenter kayalar (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Istanca masifinin genel stratigrafisi (MTA 2006)

4.2.1.1. Tekedere Formasyonu

Istanca Masifi'nin amfibolit fasiyesinde başkalaşıma uğramış en altta bulunan ve biyotitli şist, gnays, amfibolit ve amfibolit şistten oluşan birimi ilk kez Çağlayan ve Yurtsever (1998) Tekedere Formasyonu olarak tanımlamışlardır. MTA'nın 2006 yılında yaptığı çalışmada yer alan bilgilere göre Tip yeri Kırklareli-Kayalı-Yoğuntaş köyü yolunun Tekedereyi kestiği noktanın 1 km kuzeyindeki vadi boyunca gözlemlenmektedir. Stratigrafik olarak altına gelen birim gözlemlenememekle birlikte, Triyas-Jura yaşlı metasedimenter birimler tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir ayrıca Kırklareli Grubuna ait granodiyoritler tarafından kesilmektedirler (Şekil 4.4).

4.2.1.2. Kocabayır grubu

Metaçakıldaşı, metakumtaşı, kuvarso-feldispatik şistlerden oluşan birime Çağlayan ve Yurtsever (1998) Kocabayır Grubu adını vermiştir. Birimin tip yeri Kırklareli-Kofcaz yolunda Elmacık köyünün 2 km doğusunda bulunan Kocabayır Tepesi çevresinde rastlanır. Bu formasyon Tekedere formasyonunun üzerine açılal uyumsuzlukla gelmektedir.

Kocabayır Grubu, Mahya Grubuyla dereceli geçişlidir (MTA 2006). Birimin yapısal kalınlığının 2 km. nin üzerinde olduğu düşünülmektedir. Yine Çağlayan ve Yurtsever (1998) birimin yaşının Triyas olduğunu belirtmektedirler.

4.2.1.3. Mahya grubu

Mahya şistleri olarak anılan birim ilk defa Çağlayan ve Yurtsever (1998) tarafından yapılan çalışmada 1/100 000'lik haritada geniş alan kapladığı için grup aşamasına yükseltilmiştir. Tip yeri Yenice-Demirköy arasında bulunmakta olup kalınlığı 100 ila 500 m arasında değişmektedir (Okay vd. 2001). Birim esas olarak gri, mavimsi gri, siyahımsı gri, yapraklanma yüzeyi beyaz mikalı fillatlar ile sarımsı turuncu gri, yeşilimsi gri klorit şistlerden oluşmaktadır (Çağlayan ve Yurtsever 1998). Grubun alt dokanağı genelde Kocabayır Grubu ile üst dokanağı ise Dolapdere Grubu ile geçişlidir.

4.2.1.4. Dolapdere grubu

Istranca Masifi'nin karbonat örtüsü altındaki kalkışist-fillat ardalanması ve grafitli kayraklar Aydın (1988) tarafından Kapaklı formasyonu olarak adlandırılmıştı fakat daha sonra Çağlayan ve Yurtsever (1998) formasyonu yeniden tanımlamış ve Dolapdere grubu adını vermişlerdir. Grubun tip yeri Dereköy'ün 5 km kuzeybatısındaki Dolapdere boyudur (Çağlayan ve Yurtsever 1998). Dolapdere grubu Mahya grubu üzerine dereceli geçişli, Kocabayır grubu üzerine ise açısız uyumsuzlukla gelir. Okay vd. (2001) grubun kalınlığının yaklaşık 600 m olduğunu ifade ederken, Aydın (1988) 1500 m ye ulaştığını iddia etmektedir.

4.2.2. Kretase birimleri

Istranca Masifi'nin Triyas ve Jura yaşlı sedimanter kayaları Hersiniyen kristalen temel ile birlikte Geç Jura-Erken Kretase'de rejyonal metamorfizma ve sıkışmalı deformasyon geçirmiştir (Okay vd. 2001). Daha sonra yükselip yüzeyleyen bu metamorfik birimin üzerine çökelen ilk sedimenter birim İğneada grubudur.

4.2.2.1. İğneada grubu

İğneada'da altta fliş karakterli, üstte volkanik ve birimi ilk defa Aydın (1988) İğneada Formasyonu olarak tanımlamış olup daha sonra Çağlayan ve Yurtsever (1998) birimi grup aşamasına çıkarmışlardır. Grup, Mahya ve Kocabayır Grupları üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. İğneada grubunun üzerine ise Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Kırçasalih Formasyonu açısız uyumsuzlukla gelir. Bu Grup 4 ayrı formasyonla temsil olunur bunlar en altta yersel gelişmiş hafif kırmızı, beyaz mikalı, gevşek çimentolu, orbitolinli Sislioba kumtaşı daha sonra karbonatlı kum ve çakıltaşlarından oluşan Kadembaba Formasyonu, onun üzerine tuf, kumtaşı, şeyl, aglomeran ardalanmalı tortullardan oluşan Rezve Formasyonu ve en üstte de aglomera, tuf ve splitik bazalttan oluşan, kumtaşı şeyl ara seviyeli volkanik ağırlıklı Limanköy Formasyonu gelir. Birimin kalınlığı 400 m ye kadar ulaşmaktadır. Grubun Sislioba kumtaşlarından edinilen fosillere bakıldığında yaşı Senomaniyen olarak belirlenmiştir (MTA 2006).

4.2.3. Trakya Tersiyer birimleri

Istranca Masifi'nin güney batısını oluşturan ve içerdiği ekonomik önemdeki organik yapısı nedeniyle Trakya Tersiyeri birçok araştırmaya konu olmuştur. Trakya Tersiyer Havzası'nın stratigrafik adlanması açısından en önemli kaynak ise MTA tarafından yayınlanan 1/100000 ölçekli jeolojik haritalardır (İmik 1988; Umut 1988 a, b; Çağlayan ve Yurtsever 1998; Şentürk vd. 1998 a, b).

Istranca Dağları'nın hemen güneyinden başlayarak mostra vermeye başlayan Trakya Tersiyeri genellikle klastiklerden oluşmakla birlikte şelf alanlarında karbonatları da içermektedir. Trakya Tersiyeri'nin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 4.5'te görülmektedir (Şengüler 2008). Bu çalışmada genelleştirilmiş stratigrafik kesitte bulunan formasyonlardan genel olarak bahsedilecek olup linyit seviyelerini barındıran Danişmen Formasyonuna özel bir yer ayrılacaktır.

4.2.3.1. Gaziköy Formasyonu

Birimi ilk defa üye aşamasında N.V. Turkse Shell (1972) Gaziköy olarak tanımlamış olup daha sonraki çalışmalarda Kasar vd. (1983) ve Sümengen vd. (1987) bu birimi formasyon aşamasına taşımışlardır. Formasyonun tip yeri Ganosdağ güney eteklerinde Gaziköy-Uçmakdere-Yeniköy arasındaki yol boyu olup Sümengen vd. (1987) birimin kalınlığının 637 m ye ulaştığını belirtmişlerdir. Litolojik olarak ince kumtaşı, silttaşı ve silisifiye tuf içeren koyu gri renkli şeyllerden oluşmakta olan birimin alt dokanağı deniz ve faylanma nedeniyle görülmezken üstte Keşan Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Derin denizel ortam çökeli olan formasyonun yaşı Kasar vd. (1983)'e göre Orta-Eosen'dir.

4.2.3.2. Keşan Formasyonu

Keşan Formasyonu adını ilk defa Gökçen (1967) kullanmakla beraber Kasar vd. (1983) tarafından Gaziköy Formasyonu ile Yenimuhacir Grubu arasında kalan klastik istif diğer formasyonlarla birlikte Keşan Grubu olarak adlanmıştır. Litolojik olarak ince ve orta-kalın katmanlı, seyrek şeyl katkılı denizel yakınsak turbiditik kumtaşlarından oluşan birimin tip yeri Kumbağ-Uçmakdere yol boyu olup Kasar vd. (1983)'e göre kalınlığı 830-1070 m arasında değişmektedir. Formasyon alta Gaziköy Formasyonu üstte ise Yenimuhacir Grubu'nun Mezardere Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Birimin yaşı içerdiği nannoplanktonlara bakıldığında Geç Eosen olarak belirlenmiştir (Sümengen vd. 1987).

4.2.3.3. Soğucak Formasyonu

Soğucak adı ilk kez Holmes (1961) tarafından Kırklareli Formasyonunun bir üyesi olarak kullanılmıştır. Ünal (1967) birimi formasyon aşamasına çıkararak soğucak kalkerleri olarak adlanmıştır. Kasar vd. (1983), Kasar (1987) ve Sümengen (1987) Soğucak Formasyonu adını benimsemişlerdir. Tip yeri Soğucak Köy'ünde olan birim çoğunlukla şelf alanlarında çökelmiş karbonatlarla temsil olunur. Soğucak Formasyonu alta Koyunbaba Formasyonu üstte Ceylan Formasyonu ile dereceli geçişlidir (Sakıncı 1994). Siyako ve Kasar (1985) birimin kalınlığının 400 m ye ulaştığını belirtmektedirler.

YAŞ	FORMASYON	KALINLIK (m)	L İ T O L O J İ	ÇÖKELME ORTAMI
KÜNTEREN	ALÜVYON		Kum, kil, silt	Güncel
PLİYOSEN	TRAKYA FORMASYONU	50	Çakıltı, kumtaşı	Akarsu ve alüvyon yelpazesi
MIYOSEN	ERGENE FORMASYONU	10-50	Kumtaşı, kiltası ve silttaşı	Acı sulı göl ve akarsu
	ÇEKMECE FORMASYONU	10-20	Çamurtaşı, kumtaşı, marn ve kireçtaşı	Akarsu ve göl
	ÇANAĞKALE FORMASYONU	40-100	Kiltası, kumtaşı ve silttaşı	Akarsu, göl, lagün, kıyı ve kıyı ötesi
	HISARLIDAĞ VOLKANİTLERİ	?	Tüf ve aglomera	Kaletape erüpsiyonu (?)
OLİGOSEN	DANIŞMEN FORMASYONU	200-600	Gri-yeşil renkli kiltası, kumtaşı, çakıltı, tüf ve linyit	Akarsu Delta bataklığı Delta
	OSMANCIK FORMASYONU	300-600	Kumtaşı, şeyl, yer yer çakıltı, kireçtaşı ve ince linyit banılları	Delta, akarsu ve göl
	MEZARDERE FORMASYONU	500-1200	Yeşil-gri renkli şeyl, marn ve tüf	Delta ve sahil yakını
EOSEN	CEYLAN FORMASYONU	400-1000	Tüf arakatlı gri renkli marn, şeyl, kumtaşı ve kili kireçtaşı	Açık deniz ve türbiditik
	SOĞUCAK FORMASYONU	40-300	Gri-bej renkli mikritik yer yer resifal kireçtaşı	Şelf ve paleoyükselim
	KEŞAN FORMASYONU	500-1500	Marn, şeyl ve kumtaşı	Akarsu-göl, delta ve türbiditik (litoral-neritik)
	GAZİKÖY FORMASYONU	800-1000	Koyu gri-siyah renkli şeyl ve kumtaşı	Türbiditik ve derin deniz

Şekil 4.5. Trakya Tersiyer Havzası'nın genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şengüler 2008)

4.2.3.4. Ceylan Formasyonu

Ünal (1967) birimi ilk defa formasyon aşamasında Ceylan şeyli olarak adlandırmıştır. Keskin (1974) ise birimi Ceylan Formasyonu olarak adlandırmıştır. Ceylan Formasyonu altta Soğucak Formasyonu ile çoğunlukla geçişli olup (Sakinç 1994) üstte Mezardere Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Litolojik olarak plajik şeyl, marn, killi kireçtaşı, türbiditik kumtaşı-şeyl ve kılavuz seviyeler olarak haritalanabilen ve yer yer silisifiye olan tüfitlerden oluşan birimin yaşı Geç Eosen olarak kabul edilmektedir.

4.2.3.5. Yenimuhacir grubu

İlk defa Esso Standart (1960) ve Holmes (1961) tarafından formasyon aşamasında kullanılan Yenimuhacir ismi daha sonra Ünal (1967)'in formasyon içinde dört ayrı formasyon tespit edilmesiyle grup aşamasına yükseltilmiştir. Yenimuhacir Grubu içinde bulunan formasyonlar Mezardere, Osmancık ve Danişmen'dir. Altta Keşan ve Ceylan Formasyonları ile dereceli geçişli olup üstüne gelen genç birimler tarafından uyumsuzlukla örtülür. Yenimuhacir grubu genellikle bir delta sisteminde çökelmiş üste doğru kabalaşan kırıntılı kayalardan, şeyl, kumtaşı, silttaşı ve çakıltaşlarından oluşur.

Mezardere Formasyonu

Mezardere ismi ilk defa Ünal (1967) tarafından Mezardere-1 petrol kuyusundaki litolojileri tanımlamak amacıyla Yenimuhacir grubuna bağlı bir formasyon olarak Mezardere şeyli olarak kullanılmıştır. Daha sonra Kasar vd. (1983) birimin sadece şeyllerden oluşmadığını tespit ederek Mezardere Formasyonu ismini benimsemişlerdir. Mezardere Formasyonu'nun litolojisini delta ilerisi fasiyesindeki şeyl ve marnlar ile kılavuz seviye olarak ayrılabilen tüfitler oluşturur. Kasar vd. (1983) birimin tip kesitinde 1540 m kalınlık ölçmüşlerdir. Sümengen vd. (1987) nin birimin içerisindeki nannoplanktonlara bakarak yaptıkları yaş tayininde birimin yaşı en geç Geç Eosen olarak belirtilmiştir.

Osmancık Formasyonu

Bu isim ilk kez Kuzey Trakya'da açılan Osmancık-1 ve Ceylan-1 petrol kuyularında görülen istif için Holmes (1961) tarafından Osmancık-Ceylan kumtaşları olarak adlandırılmıştır. Birim daha sonra Ünal (1967) tarafından Osmancık Kumtaşı olarak benimsenmiştir ancak daha sonra Kasar vd. (1983) birimin homojen olmaması nedeniyle Osmancık Formasyonu adını benimsemişlerdir. Formasyon litolojik olarak üste doğru irileşen, ilerleyen delta önü fasiyesinde çökelmiş regresif bir istiftir. Temel ve Çiftçi (2002) birimin tip kesitinde kalınlığını 810 m olarak ölçmüşlerdir. Osmancık formasyonundaki lamellibrans, gastropod ve ostrakod fosillerine bakıldığında Oligosen olarak gözlemlenmektedir (Lebküchner 1974).

Danişmen Formasyonu

Boer (1954) ve Beer de Wright (1960) ilk defa Danişmen Formasyonu ismini kullanmışlardır. Ancak Boer (1954) ve Beer (1960) Osmancık Formasyonunu da bu birime dahil etmişlerdir. Daha sonra Ünal (1967) Osmancık Formasyonunu ayrı tutarak

Danişmen şeylinin tanımını yapmıştır fakat Kasar vd. (1983) birimin homojen olmaması nedeniyle Danişmen Formasyonu adını benimsemişlerdir.

Birimin tabanında Taşlısekban ile Pınarhisar ve içerisinde yanal yönde geçişli olarak Armutburnu üyeleri ayrıtlanmıştır. Birime ait tip kesitler Kuzey Trakyada açılan çeşitli kuyularda görülür ayrıca Güney Trakya'da özellikle açık kömür işletmeleri ve vadi içlerinde referans kesitler gözlemlenebilir.

Yüzelediği alanlarda altta bulunan Osmancık Formasyonu ile dereceli geçişli olup üstüne gelen genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Ayrıca birim Istranca Dağı eteklerinde Osmancık ve Mezardere Formasyonlarının bulunmadığı alanlarda daha yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmekte olduğu belirtilmektedir (MTA 2006).

Mezardere Formasyonu ile başlayan regresif delta sisteminin en üst birimi olan Danişmen Formasyonu; göl, bataklık, akarsu ve taşkın ovası çökellerinden oluşur. Birim litolojik olarak varvlı şeyl, kiltası, kumtaşı, çakıltası ve kömürlerden oluşmaktadır. Danişmen Formasyonunun yer altında tespit edilebilen kalınlığı 1000 m ye kadar ulaşmakta olup havza kenarlarına doğru incelmektedir.

Birime; Akartuna (1953) Geç Miyosen, Ülkümen (1960), Rückert Ülkümen (1990) ve Aslaner (1956) Sarmasiyen, Kemper (1961) Erken-Oligosen, Kasar ve Eren (1986) Geç Oligosen, Saraç (1987) Erken Oligosen, Alişan (1985) Geç Oligosen-Erken Miyosen, Gerhard ve Alişan (1987) Geç Oligosen-Erken Miyosen, Batı vd. (1993) Geç Oligosen-Erken Miyosen, Batı (1996) ve Batı vd. (2002) Geç Oligosen yaşlarını vermişlerdir. Linyit ara katmanları içeren Danişmen Formasyonu bu Linyitli kısımlarda oldukça zengin omurgalı faunalar içermektedir. Bu faunalar Erken Oligosen olarak yaşlandırılmışlardır (Ozansoy 1962; Lebküchner 1974). Ancak daha sonradan linyitli düzeylerden alınan omurgalı fosil tanımlamalarına göre Orta-Oligosen yaşı verilmiştir (Umut vd. 1983, 1984; Sümengen vd. 1987).

Güney Trakya'da Danişmen Formasyonu'nun Osmancık Formasyonu ile birlikte haritalanmış olan yüzlekleri Keşan kuzeylerinden İstanbul'a kadar uzanır. Siyako ve Kasar (1985) birimin yer altından Istranca eteklerine kadar devam ettiğini ve vadi içlerinde yüzelediğini belirtmektedirler.

-Taşlısekban Üyesi

Bu birim ilk kez Siyako ve Kasar (1985) ve Kasar (1987) tarafından tanımlanmıştır. Litolojik olarak çakıltası, kumtaşı ve marnlardan oluşan birim alttaki yaşlı formasyonların üzerinde uyumsuz olarak bulunmakta olup üstte Pınarhisar üyesiyle dereceli geçişlidir (MTA 2006). Kalınlığının en çok 30 m ye ulaştığı belirtilmektedir.

-Pınarhisar Üyesi

Bu birimi ilk kez Kemper (1961) üye aşamasında tanımlamıştır. Her ne kadar Keskin (1966) birimi formasyon aşamasına çıkarmış olsa da Siyako ve Kasar(1985) bu birimi Danişmen Formasyonu altında Taşlısekban ve Pınarhisar üyesi olarak 2'ye ayırmışlardır.

Birim altta Taşlısekban üyesi ile üstte ise Danişmen Formasyonunun şeyl ve kumtaşları ile dereceli geçişlidir. Üye litolojik olarak sığ denizel, lagüner, beyaz-gri renkli, kumtaşı ve çakıltası katkılı, oolitle lamellibrans, gastropod ve ostrakodlu, üst seviyelerde manganlı seviyeler bulunduran ve yer yer killi olan kireçtaşlarından oluşmaktadır (MTA 2006).

-Armutburnu Üyesi

İlk kez N.V. Turkse Shell (1969) tarafından Armutlu Formasyonu olarak tanımlanan birim, Saner (1985), Siyako vd. (1989) ile Temel ve Çiftçi (2002) tarafınan da benimsenmiştir. Ancak daha sonra kalınlığının az olması ve stratigrafik olarak Danişmen Formasyonu ile geçişli olması nedeniyle bu formasyonun bir üyesi olarak benimsenmiştir. Birim litolojik olarak delta düzlüğü fasiyesindeki kırmızı renkli, kalın tabakalı-masif, genellikle akarsu dolgusu çakıltası ve kumtaşları ile ender olarak taşkın ovası çamurtaşlarından ve az da olsa kömür seviyelerinden oluşmaktadır. Alttaki Osmancık Formasyonu ve Danişmen Formasyonu ile yanall ve düşey yönde geçişli, üstte ise genç birimler tarafından açısall uyumsuzlukla örtülmektedir (MTA 2006).

4.2.3.6. Hisarlıdağ Formasyonu

İlk kez Saner (1985) tarafından Hisarlıdağ volkaniti olarak tanımlanmıştır. Mezardere Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan birimi Miyosen birimleri uyumsuz olarak örter. Litolojik olarak formasyon altta riyodasitik tüfler, andezit, andezitik tüfler, kırmızımsı ve yeşil lahar akmaları ile başlayıp üste doğru sırası ile riyolitik tüf, riyodasit, andezit, bazalt ve bazalt aglomerası, ignimbirit ve aglomeralarla devam eder (Sümengen vd. 1987).

Kasar vd. (1983) birimin kalınlığının 800m ye ulaştığını belirtmektedir. Yapılan çalışmalarda birimin yaşı Erken-Orta Miyosen olarak belirtilmektedir (Ediger 1988).

4.2.3.7. Ergene Formasyonu

Ergene Formasyonu adlandırması ilk defa Boer (1954) tarafından kullanılmıştır. Boer (1954) tarafından yapılan çalışmada Çekmece Grubu hariç olmak üzere, Ganosdağ-Korudağ-Hisarlıdağ yükseliminin kuzeyinde kalan Miyosen sedimenter birimler bu formasyon kapsamına alınmıştır. Formasyon içinde Çelebi ve Sinanlı üyeleri ayırtlanmıştır. Duman vd. (2004)'ün çalışmalarında Formasyon alttaki Çantaköy Formasyonu ile geçişli olduğu ve üstüne gelen Kırçasalılı Formasyonu ile uyumsuz olduğu belirtilmiştir. Bu formasyon litolojik olarak akarsu ve göl ortamı ürünü, çapraz tabakalı çakıltası ve kumtaşlarıyla bol bitki ve omurgalı fosili içeren kumtaşı, miltaşı ve kilttaşlarından oluşmaktadır (Umut vd. 1983,1984; Duman vd. 2004).

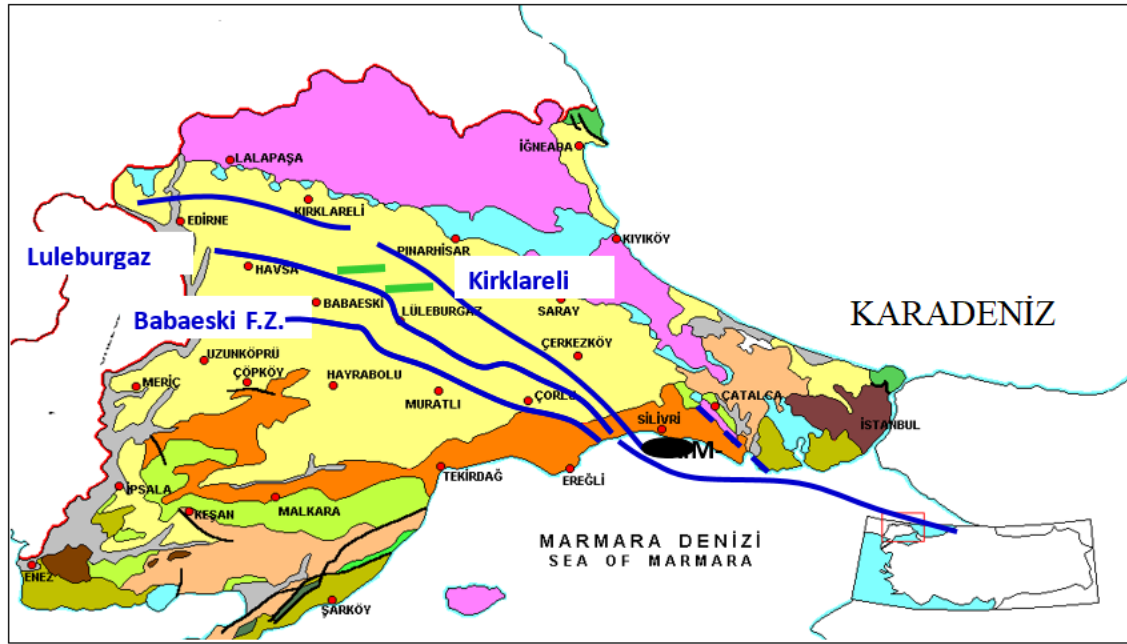
4.2.3.8. Kırçasalılı Formasyonu

Bu formasyon ilk defa Boer (1954) tarafından tanımlanmış daha sonra Ünal (1967) bunu benimseyerek kullanmıştır. Formasyon litolojik olarak tutturulmamış çakıl, kaba taneli çakıltası ve kumtaşı ve seyrek kilttaşlarından oluşur. Formasyon hemen hemen Trakyada bulunan tüm birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (İmik 1988; Umut vd. 1988 a, b; Çağlayan ve Yurtsever 1998; Türkecan ve Yurtsever 2002). Kırçasalılı Formasyonu üzerine kuvaterner çökeller gelir. Çağlayan ve Yurtsever

(1998) stratigrafik konumuna baktıklarında birimin yaşını Geç Miyosen-Pliyosen olarak belirtmektedirler.

4.3. Yapısal Jeoloji

Ülkemiz yapısal sistemlerinin temelini oluşturan Kuzey Anadolu Fayı'nın, Perinçek (1991) tarafından yapılan çalışmalarda, Geç Miyosen öncesinde Trakya Havzası'nda aktif olduğu belirtilmektedir. Perinçek (1987, 1991) tarafından Trakya Fay sistemi olarak adlandırılan yapısal hatların Ergene Formasyonu'nun çökmesinden önce oluştuğu ve sağ yanal atımlı olduğu belirtilmektedir. Şekil 4.6'da da gözlemlenebileceği üzere Trakya Fay Zonu olarak adlandırılan yapı Güneydoğu-Kuzeybatı uzanımlı Kırklareli, Lüleburgaz ve Babaeski Fay Zonları olarak 3'e ayrılmıştır.



Şekil 4.6. Trakya Havzası jeoloji haritası ve Trakya fay zonları (Kasar vd. 1983)

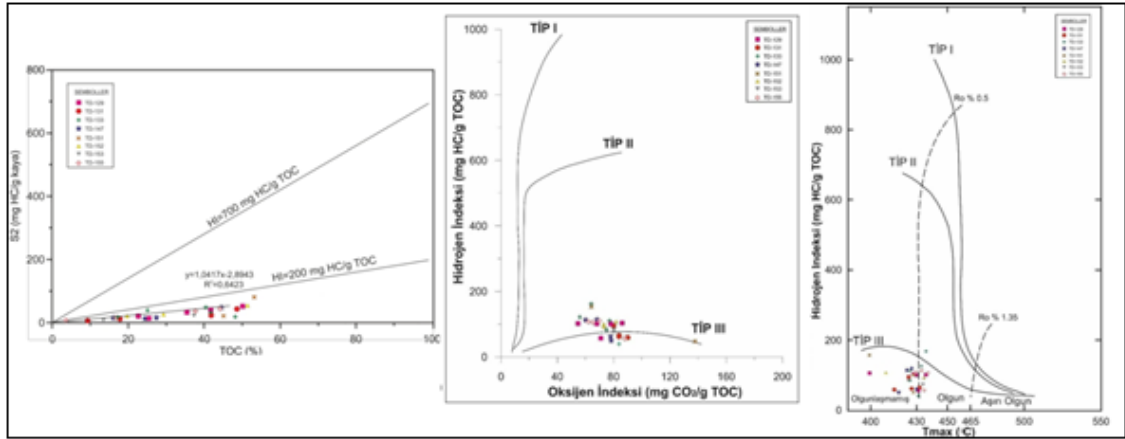
Bu fay sistemiyle ilgili en-echelon yapılar gelişmiş olup bu yapıların eksenleri ve çoğu yerde fay zonları boyunca önemli miktarda aşınmalar gerçekleşmiştir (Perinçek 2015). Gerçekleşen bu aşınmaya bağlı olarak Danişmen Formasyonu havzının bazı yerlerinde kısmen veya tamamen aşındırılmıştır (Perinçek 2010 a, b, c; Perinçek vd. 2011). Aşınmadan sonra çökmesi başlayan Ergene Formasyonu Hamitabat sahası gibi alanlarda doğrudan Osmancık Formasyonu'nun üzerine çökmüştür (Perinçek 2015). Faylanma sebebiyle oluşan yükselim alanlarında Ergene Formasyonu daha ince olarak çökmüş olup çukur alanlardaki senklinallerde ise daha kalın olarak çökmüştür (Perinçek 2015). Trakya Havzası'nda bulunan fayların aktivitesi Ergene Formasyonu'nun çökelişi tamamlandıktan sonra da devam etmiş olup (Perinçek 1991 ve 2006; Perinçek ve Karşıoğlu 2007) havzının doğusunda kalan bazı yerlerde Ergene Formasyonu'nun tabanındaki diskordans düzlemi fayın neden olduğu sıkışma ile kıvrılmıştır (Perinçek 1987; 1991).

4.4. Malkara Bölgesinin Organik Jeokimyasal ve Organik Petrografik Analizleri

Güllüdağ (2019) tarafından Malkara'da yapılan çalışmalarda bölge'nin organik jeokimyasal ve organik petrografik özellikleri ortaya konmuştur. Güllüdağ (2019) Malkara Bölgesi'nde MTA tarafından açılmış olan kuyulardan aldığı örneklerle piroliz ve TOC analizleri yaptırarak organik maddenin miktarı, türü, olgunluğu parametrelerini ortaya koymuş ve organik fasiyes incelemelerini ile Hüminit yansıma ölçümleri yapılarak organik maddenin kömürleşme derecesini tespit etmiştir.

Organik madde miktarı (TOC)'nın, örnekler üzerinde yapılan analizler sonucunda, %5,9 ila %53,25 arasında değiştiği ve ortalama değerinin %32,03 olduğu belirlenmiştir (Güllüdağ 2019).

Yapılan çalışmada organik madde türünü belirleyebilmek için S₂-TOC, HI-OI, HI-T_{max}, gibi çeşitli diyagramlar (Şekil 4.7) kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin ayrı diyagramlarda değerlendirilmesi neticesinde tüm diyagramlarda kerojenin Tip-III olduğu belirtilmiştir (Güllüdağ 2019).



Şekil 4.7. Malkara linyitlerine ait S₂-TOC, HI-T_{max}, HI-OI diyagramları (Güllüdağ 2019)

Organik madde olgunluğunu belirlemek için T_{max} ve PI (üretim indeksi) değerleri bulunmuştur. Güllüdağ (2019) çalışma alanındaki T_{max} değerlerinin 381 ila 437 °C arasında değişmekte olup ortalamalarının 425,4 °C olduğunu, PI değerlerinin ise 0,01 ila 0,08 arasında değişmekte olup ortalamalarının 0,02 olduğunu gözlemlemiştir. Güllüdağ (2019) tüm bu verileri birleştirdiğinde çalışma alanındaki örneklerin olgunlaşmamış olduğunu ortaya koymuştur.

Güllüdağ (2019) çalışma alanındaki egemen organik fasiyesin belirlenebilmesi için analizler sonucunda elde ettiği HI ve OI değerlerini kullanmış ve Jones (1987)'nin sınıflamasına göre HI değerleri kullanıldığında organik fasiyesi CD, OI değerleri kullanıldığında ise organik fasiyesi C olarak gözlemlenmiştir. Fakat Güllüdağ (2019) 29 örneği tek tek incelediğinde egemen organik fasiyesin Jones (1987) sınıflandırmasına göre CD olduğunu görmüştür. CD organik fasiyesi okside olmuş, taşınmış organik maddeyi işaret etmektedir (Güllüdağ 2019).

Güllüdağ (2019) kömürleşme derecesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir kriter olan Hüminit yansımaya değerleri için Malkara kömürlerinden aldığı örneklerle TS ISO 7404-2 standartlarına göre MTA Laboratuvarlarında hüminit yansımaya analizi yaptırmıştır. Analiz sonuçlarına göre ortalama yansımaya değerinin (R_o) %0,314-0,489 aralığında olduğu gözlemlenmiş olup ASTM (1983) sınıflandırmasına göre Malkara Kömürleri, Linyit-Alt bitüm; Alman DIN sınıflandırmasına göre ise yumuşak mat-parlak linyit olarak belirtilmiştir (Güllüdağ 2019). Ayrıca Güllüdağ (2019) hüminit çizelgeyansımaya değerlerinin olgunlaşmamış organik maddeyi işaret ettiğini ve bunun da piroliz sonuçları ile örtüştüğünü ortaya koymuştur.

4.5. İnorganik Jeokimyasal ve Petrografik Analizler

4.5.1. Kömür ve kömürlü birimlerin mineralojisi (XRD tüm kaya ve kil analizleri)

Bu çalışmayla Malkara-Karaiğdemir Baraj Gölü çevresinden alınan kömür ve kömürlü birim örneklerine XRD çekimleri yapılmıştır. Bahse konu olan alandan alınan 27 adet örneğe tüm kaya bunların 20 adetine ise kil fraksiyonunu belirlemek için MTA laboratuvarlarında çekim işlemleri yapılmıştır

Analiz sonuçlarına göre örneklerde kuvars, kalsit, dolomit, feldispat, pirit, mika, klorit ve kil mineralleri olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarında gözlemlenen mineraller ve kil malzeme nispi bolluklarına göre çizelge 4.1'de görüldüğü gibi sıralanmıştır. Ayrıca çizelgede kil mineralleri de (Kaolinit, İllit, Smektit, Klorit) kendi içerisinde nispi bolluklarına göre gösterilmiştir.

Karbonat grubu minerallerden kalsit ve dolomit karşılaştırıldığında kalsitin dolomite göre bariz bir üstünlüğünün olduğu gözlemlenmiş olup bu duruma bakıldığında kömürlerin ana karbonat mineralinin kalsit olduğu yorumu yapılabilir.

Çizelge 4.1. İnceleme alanından alınan kömürlü birimlerin tüm kaya ve kil bileşenleri

Örnek No	XRD Tüm Kaya Sonuçları	Kil Grubu Mineraller			
		Kln	İ	Sm	Kl
Ö-1	Kuars, Kalsit, Dolomit, Kil Mineralleri, Feldispat		**	***	*
Ö-2	Kalsit, Kuvars, Kil Mineralleri, Feldispat, Pirit				
Ö-3	Kil Mineralleri, Kuvars, Feldispat				
Ö-4	Kalsit, Kuvars, Kil Mineralleri, Feldispat		*	**	***
Ö-5	Kuars, Kil Mineralleri, Klorit, Prit		*	***	**
Ö-6	Kuars, Kalsit, Feldispat, Kil Mineralleri, Pirit		**	*	***
Ö-7	Kuars, Kil Mineralleri, Feldispat, Pirit				
Ö-9	Kalsit, Kuvars, Feldispat, Mika		***	*	**
Ö-11	Kalsit, Kuvars, Kil Mineralleri, Feldispat, Klorit		*	***	**
Ö-12	Kuars, Feldispat, Kalsit, Pirit				
Ö-13	Kuars, Feldispat, Kil Mineralleri, Pirit	*	***	****	**
Ö-14	Kalsit, Kuvars, Feldispat, Klorit, Kil Mineralleri, Dolomit		***	**	*
Ö-15	Kil Mineralleri, Kuvars, Feldispat, Dolomit				
Ö-18	Kuars, Kalsit, Feldispat, Kil Mineralleri, Mika		***	**	*
Ö-20	Kalsit, Kuvars, Kil Mineralleri, Feldispat, Pirit		**	***	*
Ö-21	Kalsit, Kuvars, Kil Mineralleri, Pirit, Feldispat		*	**	***
Ö-22	Kuars, Feldispat, Kil Mineralleri, Pirit, Mika		**	*	***
Ö-23	Kuars, Feldispat, Kil Mineralleri, Dolomit, Pirit		**	***	*
Ö-24	Kuars, Kil Mineralleri, Feldispat, Dolomit, Pirit		*	**	***
Ö-25	Kuars, Kalsit, Feldispat, Pirit, Kil Mineralleri				
Ö-26	Kuars, Kalsit, Feldispat, Kil Mineralleri, Dolomit		**	***	*
Ö-27	Kalsit, Kuvars, Feldispat, Kil Mineralleri, Pirit, Mika		**	***	*
Ö-28	Kalsit, Kuvars				
Ö-29	Kuars, Kalsit, Feldispat, Kil Mineralleri, Pirit		***	*	**
Ö-30	Kuars, Kalsit, Kil Mineralleri, Feldispat, Dolomit		*	***	**
Ö-31	Kalsit, Kuvars, Feldispat, Kil Mineralleri, Dolomit		**	***	*
Ö-32	Kuars, Kalsit, Feldispat, Kil Mineralleri, Dolomit		***	*	**

Not: Mineraller bolluklarına göre sıralanmışlardır. Kln (Kaolinit), İ (İllit), Sm (Smektit), Kl (Klorit), " * " Minerallerin nispi bollukları

Analiz sonuçlarına bakıldığında Kuvars mineralinin hemen hemen her örnekte bol miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Kuvarsın bu denli bol temsili inceleme alanının çökelişi sırasında alana her daim detritik malzeme girişinin olduğuna işaret etmektedir (Güllüdağ 2019).

Hemen hemen her örnekte görülen bir diğer mineral de Feldispattır. Feldispat miktar olarak az bulunmaktadır. Bu noktadan hareketle inceleme alanına kömür oluşumu sırasında volkanik malzeme girişinin az olduğu yorumu yapılabilir. Çoğu örnekte yer alan minerallerden bir diğeri de pirittir. Pirit miktar olarak genelde diğer minerallere göre daha az bulunmaktadır.

İnceleme alanından alınan örneklerin kil analizlerine bakıldığında, örneklerde kil grubu minerallerden smektit, illit, kaolinit ve klorit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu minerallerin birbirlerine göre nispi bollukları yine çizelge 4.1'de gözlemlenmektedir. Çizelgeye bakıldığında baskın kil minerallerinin smektit, illit ve klorit olduğu göze çarpmakta olup genelde diğerlerine göre daha bol miktarda bulunan kil mineralinin smektit olduğu görülmektedir. Smektitin bol oluşu çoğunun illit'e dönüşmeden kaldığını göstermekte olup bu da inceleme alanındaki kömürün olgunlaşmasının daha tam anlamıyla gerçekleşmediğini gösterir. Sadece bir örnekte ise kaolinit mineraline rastlanmıştır. Kaolinit mineralinin sadece bir örnekte gözlemleniyor olması bu mineralin taşınarak dışardan geldiği ihtimalini göstermektedir.

4.5.2. Ana-eser element analizleri

İnceleme alanından alınan örnekler arasından seçilen 23 örneğin ana-eser element analizleri Kanada, Acme Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre her elementin minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri tespit edilmiş ve bu değerler Dünya, Üst kıtasal kabuk, Amerika, Çin ve Türkiye ortalamalarıyla mukayese edilmiştir (Çizelge 4.2).

Ayrıca ana ve eser elementlerin birbirleriyle olan ilişkilerini anlayabilmek ve kıyaslayabilmek için istatistiki yöntemler kullanılarak korelasyon matrisleri oluşturulmuş ve pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklerle ait minimum, maksimum, ortalama değerler ve Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD ve Çin kömürleri ortalama konsantrasyonlarıyla karşılaştırılması (^aRudnick ve Gao 2003; ^bPalmer vd. 2004; ^cFinkelman 1993; ^dDai vd. 2007; 2008; 2012; * (%) olarak; ** (ppb) olarak ifade edilmiştir.)

Element ppm	Örnek No																															Malkara Linyitleri			UCC ^a	Türkiye ^b	ABD ^c	Çin ^d	Dünya ^b
	Ö-1	Ö-2	Ö-3	Ö-4	Ö-5	Ö-6	Ö-7	Ö-8	Ö-11	Ö-12	Ö-13	Ö-14	Ö-15	Ö-16	Ö-18	Ö-21	Ö-22	Ö-23	Ö-24	Ö-25	Ö-26	Ö-28	Ö-31	Min.	Max.	Ort.													
Si*	21,89	15,99	16,29	20,41	17,25	28,16	13,6	20,79	21,05	4,96	11,37	20,73	10,03	23,27	22,96	16,88	14,3	18,11	18,22	1,83	23,5	3,01	21,49	1,83	28,16	16,79	31,1	6,39	2,7	3,97	-								
Al*	7,53	6,53	6,88	7,71	8,03	5,74	5,82	7,64	8,11	1,17	4,57	6,58	4,44	6,28	6,41	6,53	5,86	4,18	7,9	0,79	6,55	0,84	5,4	0,79	8,11	5,717	8,15	2,3	1,5	3,23	1^c								
Fe*	4,2	3,96	3,69	5,43	4,99	3,87	4,57	4,58	5,26	1,48	3,81	4,49	2,08	4,22	3,43	4,59	4,57	2,63	5,5	1,62	3,85	0,71	3,83	0,71	5,5	3,798	3,92	2,65	1,3	4,04	1^c								
Mg*	2,43	1,77	1,47	2,53	1,71	1,75	1,91	2,86	2,54	0,67	1,41	2,39	0,77	2,78	2,78	2,07	1,74	1,45	2,01	0,34	2,7	0,45	2,59	0,34	2,86	1,875	1,5	0,58	0,11	0,15	0,02^c								
Ca*	5,8	1,11	0,71	6,54	0,64	4,6	1,07	6,41	5,63	2,42	0,66	8	0,65	6,41	7,1	12,99	5,95	15,89	0,51	0,8	6,12	35,41	9,96	0,51	35,41	6,321	2,57	2,3	0,46	1	1^c								
Na*	0,53	0,59	0,65	0,45	0,65	1,36	0,65	0,78	0,74	0,81	0,76	0,81	0,79	1,07	1,01	0,62	0,65	0,9	0,69	0,57	1,16	0,16	1,01	0,16	1,36	0,757	2,43	0,13	0,08	0,13	0,02^c								
K*	2,01	1,41	1,07	2,12	1,44	1,4	1,22	2,02	2,27	0,27	0,9	1,78	0,48	1,53	1,73	1,83	1,69	1	1,96	0,12	1,55	0,2	1,44	0,12	2,27	1,367	2,32	0,3	0,18	0,17	0,01^c								
Ti*	0,38	0,29	0,31	0,42	0,35	0,42	0,25	0,4	0,43	0,07	0,23	0,36	0,29	0,37	0,38	0,32	0,26	0,34	0,37	0,05	0,4	0,06	0,34	0,05	0,43	0,308	0,38	0,33	0,08	0,22	0,05^c								
P*	0,07	0,03	0,01	0,05	0,01	0,06	0,02	0,04	0,04	0,01	0,01	0,05	0	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,03	0	0,04	0,02	0,04	0	0,07	0,033	0,07	0,04	0,04	0,04	-								
Mn*	0,06	0,02	0,02	0,11	0,02	0,08	0,02	0,07	0,09	0,01	0,01	0,1	0	0,06	0,05	0,1	0,08	0,09	0,02	0	0,05	0,07	0,07	0	0,11	0,052	0,08	-	0,05	0,01	0,05^c								
Cr*	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0	0,04	0,01	0,03	0	0,04	0,021	0,01	-	-	-	-								
Ba	297	257	228	342	293	316	270	314	349	234	221	294	267	275	301	301	332	209	325	177	274	67	235	67	349	268,6	624	130	170	159	150								
Ni	235	189	111	186	176	132	227	182	345	41	136	390	52	187	205	133	144	91	218	47	292	28	181	28	390	170,8	47	130	14	13,7	13								
Sc	19,00	15,00	14,00	19,00	21,00	12,00	14,00	19,00	20,00	2,00	11,00	16,00	12,00	14,00	14,00	16,00	14,00	12,00	18,00	2,00	15,00	2,00	13,00	2,00	21,00	13,65	14,00	4,70	4,20	4,70	3,9								
Be	0	2	3	0	6	0	1	3	5	0	3	3	0	0	2	2	2	0	3	0	0	0	2	0	6	1,609	2,1	1,09	2,2	2,1	1,6								
Co	139,2	25,7	13,9	31,7	17,4	59,4	25,7	28,7	35	15,7	19,6	36,7	11,5	33,3	26,8	21,9	18,2	17,5	25,2	5,1	28,9	9,1	21,3	5,1	139,2	29,02	17,3	9,26	6,1	7,1	5,1								
Cs	10,6	6,9	6,3	6,5	6,9	2,6	9,4	6,8	7,2	1	4,6	7,7	3,1	6,4	6,9	5,6	6,5	3,2	6,9	0,7	5,7	0,8	5	0,7	10,6	5,535	4,9	3,84	1,1	1,13	1								

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

Element ppm	Örnek No																															Malkara Linyitleri			UCC ^a	Türkiye ^b	ABD ^c	Çin ^d	Dünya ^b
	Ö-1	Ö-2	Ö-3	Ö-4	Ö-5	Ö-6	Ö-7	Ö-8	Ö-11	Ö-12	Ö-13	Ö-14	Ö-15	Ö-16	Ö-18	Ö-21	Ö-22	Ö-23	Ö-24	Ö-25	Ö-26	Ö-28	Ö-31	Min.	Max.	Ort.													
Ga	16,3	13,5	13,3	16,4	16,8	10,4	12,4	18,2	18,1	1,9	11,4	13,8	9,8	13,3	13,4	13,1	12,8	7,7	16	1,5	13,5	0,7	10,6	0,7	18,2	11,95	17,5	5,84	5,7	6,55	5,8								
Hf	2,4	2	2,6	2,6	3	5,5	1,5	2,9	2,8	0,8	1,7	2,7	3,5	4	3,3	2,3	1,8	6,6	2	0,5	5,2	0,6	3,4	0,5	6,6	2,77	5,3	-	0,73	3,71	1,2								
Nb	9,6	6,6	7,3	9,9	7,7	9,6	5,9	10,4	10,5	1,7	4,1	8,9	6,4	9,2	9,9	7,3	6,5	7,9	6,7	1,6	9,7	1,5	8,2	1,5	10,5	7,265	12	4,21	2,9	9,44	3,7								
Rb	115,2	91,8	85,8	113,5	107,9	62,1	89,6	116,4	131,1	11,4	60,9	96,9	34,3	80,3	95,4	101,4	93,3	49,9	116,2	8,1	81,5	11	76,8	8,1	131,1	79,6	84	22,02	21	9,25	14								
Sn	3	2	2	2	2	1	2	2	3	0	1	2	0	2	2	2	1	2	0	2	0	1	0	3	1,565	2,1	1,67	1,3	2,11	1,1									
Sr	249,8	267,8	285,8	253,2	300,7	191,9	335,2	285,1	270,3	524,4	346,4	271,1	371,5	250,7	261,1	681,9	581,9	399,1	311,8	450,5	293,2	1204	278	191,9	1204	376,7	320	249,3	130	140	110								
Ta	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,7	0,4	0,7	0,8	0,1	0,3	0,7	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,8	0,522	0,9	-	0,22	0,62	0,28								
Th	10,6	9,7	11,7	9,4	11,2	6,4	8	9,8	10,7	1,4	6,6	8,8	8,5	8,3	8,2	7,6	8,2	6,7	9,1	1,4	8	1,3	6,9	1,3	11,7	7,761	10,5	-	3,2	5,84	3,3								
U	4,5	2,3	3,1	1,8	3,3	1,9	3,6	2,4	2,1	0,6	3,5	2,2	2,6	2,1	2	1,9	2,2	2,1	2,8	3,1	2,2	0,4	1,5	0,4	4,5	2,357	2,7	10,43	2,1	2,43	2,4								
V	151	108	117	158	188	88	125	153	155	12	91	124	110	111	110	125	104	70	132	19	123	12	89	12	188	107,6	97	81,67	22	35,1	25								
W	101,7	8,3	5,8	8,5	3,4	831,9	15,3	47,7	28,3	270,3	14,7	59,3	51,5	143,3	79,7	55	10,7	98,2	6,6	11,7	85,8	121,3	51,8	3,4	831,9	91,77	1,9	-	1	1,08	1,1								
Zr	89,6	68,5	94	98,1	119,7	196,3	53,5	112,5	103,8	28,9	60,8	101,5	175,2	147,5	121,3	81,5	66,7	247	75,9	18,8	191,4	25	127,7	18,8	247	104,6	193	41,22	27	89,5	36								
Y	21,5	16,2	12,7	24	23,1	22,3	16,1	23,1	21,4	4,9	16,4	22,8	15,8	22,8	20,7	23	17,3	22,6	17	3,2	19,4	4,7	19,6	3,2	24	17,85	21	8,17	8,5	18,2	8,4								
La	26,3	20,4	20,8	27,7	24,6	23,3	16,1	26,8	28,6	5,3	16	25,5	15,3	23,9	24,2	24,7	19,4	25,9	25,7	4,2	22,7	8,2	21,7	4,2	28,6	20,75	31	-	12	22,5	11								
Ce	51	39,1	38,8	52,4	43,7	43,2	30,5	51,4	53,6	9,1	29,6	49,4	28,5	45,5	45,7	44,8	36,4	47,4	47,1	5,5	42,9	16,8	40,2	5,5	53,6	38,81	63	-	21	46,7	23								
Pr	5,83	4,47	4,54	6,14	5,42	5,24	3,52	6,06	6,2	1,03	3,45	5,73	3,27	5,39	5,39	5,15	4,3	5,62	5,52	0,64	5,15	1,75	4,78	0,64	6,2	4,547	7,1	-	2,4	6,42	3,5								
Nd	21,9	16,5	16,7	23,5	20,2	20,2	12,9	23,3	24,2	4,3	12,9	21,6	12,8	20,5	19,9	19,7	16,1	21	20,9	2,6	19,4	6,9	17,5	2,6	24,2	17,2	27	-	9,5	22,3	12								
Sm	4,3	3,05	2,07	4,39	4,28	4,1	2,69	4,41	4,63	0,77	2,72	4,39	2,64	4,07	4,21	3,87	3,25	4,33	4,09	0,47	3,87	1,08	3,84	0,47	4,63	3,37	4,7	-	1,7	4,07	2								
Eu	0,97	0,67	0,68	1,03	0,99	0,92	0,55	1,02	0,99	0,2	0,64	0,95	0,6	0,92	0,91	0,9	0,69	0,9	0,87	0,12	0,81	0,23	0,81	0,12	1,03	0,755	1	-	0,4	0,84	0,47								
Gd	4,19	3,08	2,73	4,26	4,11	4	2,58	4,48	4,17	0,81	2,65	4,2	2,54	4,1	4,03	3,91	3,2	4,06	3,65	0,5	3,53	0,94	3,64	0,5	4,48	3,277	4	-	1,8	4,65	2,7								
Tb	0,66	0,47	0,41	0,67	0,65	0,65	0,61	0,68	0,65	0,11	0,42	0,67	0,42	0,65	0,64	0,59	0,49	0,63	0,55	0,08	0,57	0,13	0,56	0,08	0,68	0,52	0,7	-	0,3	0,62	0,32								

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

Element ppm	Örnek No																					Malkara Linyitleri			UCC ^a	Türkiye ^b	ABD ^c	Çin ^d	Dünya ^b		
	Ö-1	Ö-2	Ö-3	Ö-4	Ö-5	Ö-6	Ö-7	Ö-8	Ö-11	Ö-12	Ö-13	Ö-14	Ö-15	Ö-16	Ö-18	Ö-21	Ö-22	Ö-23	Ö-24	Ö-25	Ö-26	Ö-28	Ö-31	Min.						Max.	Ort.
Dy	3,81	2,74	2,41	3,92	3,79	3,7	2,59	3,99	3,79	0,75	2,68	3,9	2,53	3,89	3,6	3,52	2,84	3,86	3,18	0,58	3,36	0,79	3,29	0,58	3,99	3,022	3,9	-	1,9	3,74	2,1
Ho	0,8	0,55	0,46	0,84	0,82	0,81	0,53	0,83	0,78	0,15	0,54	0,8	0,52	0,8	0,75	0,73	0,6	0,8	0,6	0,1	0,7	0,14	0,71	0,1	0,84	0,624	0,83	-	0,35	0,96	0,54
Er	2,36	1,61	1,35	2,42	2,45	2,41	1,77	2,44	2,31	0,42	1,8	2,51	1,66	2,35	2,17	2,2	1,75	2,42	1,86	0,34	2,02	0,47	2,04	0,34	2,51	1,875	2,3	-	1	1,79	0,93
Tm	0,34	0,23	0,2	0,36	0,36	0,34	0,24	0,35	0,32	0,06	0,24	0,35	0,25	0,34	0,31	0,31	0,27	0,35	0,25	0,04	0,3	0,06	0,28	0,04	0,36	0,267	0,3	-	0,15	0,64	0,31
Yb	2,24	1,45	1,29	2,24	2,36	2,22	1,56	2,29	2,09	0,41	1,54	2,22	1,65	2,08	2	2,02	1,58	2,35	1,63	0,29	1,96	0,41	1,99	0,29	2,36	1,733	2	-	0,95	2,08	1
Lu	0,35	0,24	0,22	0,35	0,35	0,34	0,26	0,34	0,31	0,06	0,26	0,32	0,25	0,32	0,32	0,3	0,26	0,34	0,26	0,05	0,32	0,06	0,29	0,05	0,35	0,268	0,31	-	0,14	0,38	0,2
Mo	0,5	2,3	0,7	0,2	1,3	0,2	2,5	0,4	0,6	0,6	2,1	0,6	0,4	0,4	0,2	0,5	1,4	0,2	1,5	1,1	0,3	0,2	0,6	0,2	2,5	0,817	1,1	12,74	3,3	3,08	2,2
Cu	40	46	46,8	45,6	79,5	20,9	40,6	40,9	45,4	3,8	34,3	31,7	24,3	24,7	30,8	33,1	34,3	13,2	58,7	6,3	25,8	4,2	23,6	3,8	79,5	32,8	28	18,67	16	17,5	16
Pb	16,4	13,2	15,4	16,4	22,6	8,6	17	14,1	16,4	2,3	12,1	13,5	12	10,1	11,4	12,6	12,8	6,6	15,2	1,8	9,6	2	9,9	1,8	22,6	11,83	17	8,02	11	15,1	7,8
Zn	84	63	52	81	98	50	55	78	89	10	52	66	50	49	57	59	62	30	83	12	56	6	49	6	98	56,13	67	48,52	53	41,4	23
Ni	229,6	171,3	90,5	183	167,9	132,4	217,2	173,6	388,3	46,3	144,4	396,9	41,9	169,9	190,3	127,9	134,5	82,1	196,8	42,1	209,3	29,7	147,9	29,7	396,9	161,5	47	130,1	14	13,7	13
As	4	9,9	5,5	3	15,9	1,5	15,7	0,6	6,1	6,5	14,3	2,8	0,8	1,8	3	20,3	13,1	9,8	11,9	7,5	5,2	3,9	7,6	0,6	20,3	7,422	4,8	72,98	24	3,79	8,3
Cd	0,2	0	0,2	0,2	0,4	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,3	0	0,1	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,4	0,087	0,09	0,25	0,47	0,25	0,22
Sb	0	0,3	0,3	0	0,2	0	0,4	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0,4	0	0,2	0,1	0	0	0,1	0	0,4	0,104	0,4	1,55	1,2	0,84	0,92
Bi	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,1	0,5	0,3	0,3	0	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0	0,2	0	0,2	0	0,5	0,248	0,16	-	<1	0,79	0,97
Ag	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,004	53*	-	-	-	0,1
Au**	0,9	1,9	1,8	2,2	2,1	1,4	2,4	2,4	3,2	0	1,7	1,6	0	0,5	1,6	1,8	1,2	0	1,5	0	0	0	1,3	0	3,2	1,283	1,5	-	-	-	3,7
Hg	0,05	0,06	0,06	0,08	0,19	0	0,05	0,02	0,06	0	0,09	0,03	0,04	0	0	0,06	0,18	0,05	0,06	0,09	0,03	0	0,05	0	0,19	0,054	0,05	0,1	0,17	0,16	0,1
Tl	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0	0,3	0	0,3	0,187	0,9	0,69	1,2	0,47	0,63
Se	0,6	0,6	0,9	1	0,9	0	1,3	0	0,5	0,6	1,2	0,8	1,5	0	0,6	1,2	0,9	1,3	1	0,9	0	2,6	0,8	0	2,6	0,835	0,09	4,27	2,8	2,47	1,3

Bütün örneklerin analiz sonuçlarına göre elde edilen konsantrasyonlarının ortalamaları, Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarıyla karşılaştırılmış olup bu ortalamalara göre fazla olanlar çizelge 4.2 'de gösterilmiştir.

Üst Kıtasal Kabuk ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, üst kıtasal kabuk ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Mg, Ca ve Cr; eser elementler ise Ni, Co, Cs, Sr, V, W, Cu, As, Bi, Hg, Se olarak gözlemlenmiştir. Akar (2001)' in yaptığı çevresel açıdan duyarlı element sınıflamasına göre bakıldığında en tehlikeli grup olan Grup 1'deki elementlerden hepsi (As, Co, Cr, Hg, Se), Grup 2A elementlerden Ni, Grup 2B elementlerinden Cu ve V üst kıtasal kabuk ortalamalarının üzerinde değerler vermiştir. Grup 3 elementlerinden ise üst kıtasal kabuk ortalamaları üzerinde değer veren herhangi bir element tespit edilememiştir.

Türkiye ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Türkiye ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Nb, Rb, Sr, V, Zr, Y, Cu, Pb, Zn olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden hiçbiri Türkiye değerlerinin üzerinde değildir ancak Grup 2A elementlerinden Ni ve Pb, Grup 2B elementlerinden Be, Cu, Zn, V ve Grup 3 elementlerinden Ba ve Co konsantrasyonları Türkiye kömür ortalamalarının üzerindedir.

ABD ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, ABD ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; Eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden hiçbiri; Grup 2A elementlerinden Ni, Pb; Grup 2B elementlerinden Cu, Th, U, V, Zn; Grup 3 elementlerinden Ba, Co ve Sn konsantrasyonları ABD kömür ortalamalarının üzerindedir.

Çin ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Çin ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Rb, Sr, Th, V, W, Zr, Y, Er, Cu, Zn, As olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden As; Grup 2A elementlerinden Ni; Grup 2B elementlerinden Cu, Th, V, Zn; Grup 3 elementlerinden Ba, Co konsantrasyonları Çin kömür ortalamalarının üzerindedir.

Dünya ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Dünya ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn ve Ni olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden hiçbiri ortalama değerler üzerinde değer göstermezken Grup 2A elementlerinden Mn, Ni, Pb; Grup 2B elementlerinden Be, V, Cu, Th ve Zn; Grup 3 elementlerinden Ba, Co, Sn ve Ti konsantrasyonları Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir.

Çizelge 4.3. Kömür örneklerinin element konsantrasyonlarının UCC, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürleriyle kıyaslanması

Element	UCC	Türkiye	ABD	Çin	Dünya	Element	UCC	Türkiye	ABD	Çin	Dünya
Si*		Y	Y	Y		Y		Y	Y	Y	Y
Al*		Y	Y	Y	Y	La			Y		Y
Fe*		Y	Y		Y	Ce			Y		Y
Mg*	Y	Y	Y	Y	Y	Pr			Y		Y
Ca*	Y	Y	Y	Y	Y	Nd			Y		Y
Na*		Y	Y	Y	Y	Sm			Y		Y
K*		Y	Y	Y	Y	Eu			Y		Y
Ti*			Y	Y	Y	Gd			Y		Y
P*						Tb			Y		Y
Mn*			Y	Y	Y	Dy			Y		Y
Cr*	Y					Ho			Y		Y
Ba		Y	Y	Y	Y	Er			Y	Y	Y
Ni	Y	Y	Y	Y	Y	Tm			Y		
Sc		Y	Y	Y	Y	Yb			Y		Y
Be		Y			Y	Lu			Y		Y
Co	Y	Y	Y	Y	Y	Mo					
Cs	Y	Y	Y	Y	Y	Cu	Y	Y	Y	Y	Y
Ga		Y	Y	Y	Y	Pb		Y	Y		Y
Hf			Y		Y	Zn		Y	Y	Y	Y
Nb		Y	Y		Y	As	Y			Y	
Rb		Y	Y	Y	Y	Cd					
Sn			Y		Y	Sb					
Sr	Y	Y	Y	Y	Y	Bi	Y				
Ta			Y		Y	Ag					
Th			Y	Y	Y	Au**					
U			Y			Hg	Y				
V	Y	Y	Y	Y	Y	Tl					
W	Y		Y	Y	Y	Se	Y				
Zr		Y	Y	Y	Y						

Y: Yüksek çıkan değerler, *: %, **: ppb 'dir.

4.5.2.1. Ana element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler

İnceleme alanından alınan kömür örneklerinin ana element analizi sonuçlarına bakıldığında ana element ortalama değerlerinden Si, Al, Fe, Mg, Ca, K değerleri %1 üzerinde konsantrasyon sunarken Na, Ti, P, Mn, Cr değerleri %1'in altında konsantrasyon değerleri sunmaktadır. Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element konsantrasyonları Üst kıtasal kabuk ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Mg, Ca, Cr; Türkiye ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K; ABD ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; Çin ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; Dünya ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn konsantrasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element konsantrasyonları istatistiki analizlerle yorumlanmış ve Pearson korelasyon katsayılarına göre korelasyon matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Çalışma alanı kömürlerinin ana element içeriklerinin korelasyon matrisi

	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Mn	Cr
Si	1	,793**	,691**	,869**	-.152	,614**	,809**	,943**	,779**	,525*	,806**
Al		1	,920**	,807**	-.358	.178	,910**	,895**	,487*	.317	,465*
Fe			1	,760**	-.401	.128	,901**	,772**	,450*	.346	.369
Mg				1	-.121	.394	,893**	,844**	,707**	,519*	,697**
Ca					1	-.308	-.161	-.222	.258	,532**	.151
Na						1	.167	,468*	.314	.070	,589**
K							1	,858**	,703**	,577**	,553**
Ti								1	,670**	,483*	,695**
P									1	,791**	,783**
Mn										1	,549**
Cr											1

* Korelasyon 0,05 düzeyinde, ** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır.

Ortalama %16,79 konsantrasyonla ana elementler içerisinde en yüksek değeri veren Si; Türkiye, ABD ve Çin kömürlerine göre yüksek değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Si ile Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, P, Mn ve Cr ile pozitif korelasyon göstermekteyken Ca anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır. Kömürlerde Si elementinin yüksek oranda temsili kırıntılı bir kaynağa işaret eder ve diyajenetik silikat ilişkili olabilmektedir. Dolayısıyla Si'un kökeni silika veya detritik kuvars ile ilişkili olabilmektedir (Güllüdağ 2019).

Ortalama %6,32 konsantrasyonda değer sunan Ca, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Ca ile Mg arasında pozitif korelasyon görülmekteyken diğer elementlerle arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Mukhopodhyay (1986) ve Karayiğit (2003)'ün belirttiği üzere kömürlerdeki kalsiyumun kaynağı, kil mineralleri, sülfat, karbonat ve organik madde olabilir. Kalsiyumun ana kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, hemen hemen her seviyede bol miktarda bulunan kalsit olduğu ve az bir miktarının da kömürlerde gözlemlenen fosil kavkılarında kaynaklandığı yorumu yapılabilir.

Ortalama %5,72 konsantrasyonda değer sunan Al, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken, Üst kıtasal kabuk değerlerine göre düşük değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Al ile Si, Fe, Mg, K, Ti, P, Cr arasında pozitif korelasyon varken; Al ile Ca, Na, Mn arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Ortalama %3,80 konsantrasyonda değer sunan Fe, Türkiye, ABD ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken, Üst kıtasal kabuk ve Çin değerlerine göre düşük değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Fe ile Si, Al, Mg, K, Ti, P arasında pozitif korelasyon varken; Fe ile Ca, Na, Mn, Cr arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Fe elementi kil minerallerinin yapısında bulunabileceği gibi demir minerali olarak da bulunabilmektedir. Ayrıca Fe'in Si, Al, Ti gibi detritik kökenli elementlerle olan pozitif korelasyon ilişkisine bakıldığında demir içeriğinin kil mineralleriyle ilintili olduğu ve inorganik kökenli olduğu yorumu yapılabilir (Güllüdağ 2019). XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında pirit mineralinin varlığı gözlemlenmiş olup demirin kaynağının pirit olabileceği de düşünülmüştür (Güllüdağ 2019).

Ortalama %1,87 konsantrasyonda değer sunan Mg, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Mg ile Si, Al, Fe, K, Ti, P, Mn, Cr arasında pozitif korelasyon varken; Mg ile Ca, Na arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Magnezyum, dolomit ve kil minerallerinde bulunmaktadır. Ayrıca Kortenski ve Stirov (2002) yaptıkları çalışmalarda magnezyumun az da olsa organik madde yapısında da bulunabileceğini ortaya koymuşlardır. Magnezyumun kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, örneklerin hemen hemen hepsinde bulunan kil mineralleri ve bazılarında bulunan dolomit mineralinin olduğu yorumu yapılabilir.

Ortalama %1,37 konsantrasyonda değer sunan K, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken Üst kıtasal kabuk değerlerinin altında bir değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında K ile Si, Al, Fe, Mg, Ti, P, Mn, Cr arasında pozitif korelasyon varken Ca ve Na ile arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Potasyumun kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, kil mineralleri ve az da olsa feldispat olacağı yorumu yapılabilir.

Ortalama %0,76 konsantrasyonda değer sunan Na, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken Üst kıtasal kabuk değerlerinin altında bir değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Na ile Si, Ti, Cr arasında pozitif korelasyon varken diğer elementlerle arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Sodyumun ana kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, kil mineralleri ve feldispat olduğu düşünülmekte olup bu da inorganik kökene işaret etmektedir.

Ortalama %0,31 konsantrasyonda değer sunan Ti, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken Üst kıtasal kabuk ve Türkiye değerlerinin altında bir değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Ti ile Ca hariç diğer tüm elementler arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ti kömürlerde çoğunlukla kil minerallerinde ve rutil, ojit, ilmenit vb. gibi mikron boyutundaki minerallerde bulunmaktadır (Calvert 1976; Karayiğit ve Whateley 1997; Karayiğit 2003; Baba vd. 2008). Titanyumun kaynağının kil mineralleri olduğu düşünülmektedir.

Ortalama %0,05 konsantrasyonda değer sunan Mn, ABD, Çin ve Dünya kömürlerine göre yüksek konsantrasyonda değer gösterirken Üst kıtasal kabuk ve Türkiye değerlerinin altında bir değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Mn ile Si, Mg, Ca, K, Ti, P, Cr arasında pozitif bir korelasyon varken; Mn ile diğer elementler arasında anlamlı herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Çoğunlukla organik maddenin yapısında bulunan Mn karbonat, kil ve pirit mineralleri ile de bulunabilmektedir. Manganın kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, inorganik olduğu düşünülmektedir.

Ortalama %0,03 konsantrasyonda değer sunan P, diğer tüm kömür ortalamalarına göre düşük konsantrasyonda değer göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında P ile Si, Al, Fe, Mg, K, Ti, Mn, Cr arasında pozitif korelasyon varken Ca ve Na ile arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Koralay (2009)'a göre fosforun organik maddede bulunabileceği gibi apatit minerali de fosforun kaynağı olabilir. Fosforun ana kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, apatit olmadığı ancak kalsit olabileceği düşünülmektedir.

Ortalama %0,02 konsantrasyonda değer sunan Cr, sadece Üst kıtasal kabuk değerlerine göre yüksek konsantrasyon göstermektedir. Çizelge 4.4'e bakıldığında Cr ile Si, Al, Mg, Na, K, Ti, P, Mn arasında pozitif bir korelasyon varken; Mn ile Fe ve Ca arasında anlamlı herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Kromun kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, kil mineralleri olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.5'te çalışma alanından alınan kömür örneklerinin zenginleşme faktörleri hesaplanmış olup 1'den küçük değerler tüketilmiş, 1'den büyük değerler ise zenginleşmiş olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Majör elementlerin zenginleşme faktörleri

	Si*	Al*	Fe*	Mg*	Ca*	Na*	K*	Ti*	P*	Mn*	Cr*
Ö-1	0,93	0,92	1,07	1,62	2,26	0,22	0,87	1,00	1,00	0,75	3,00
Ö-2	0,51	0,80	1,01	1,18	0,43	0,24	0,61	0,76	0,43	0,25	2,00
Ö-3	0,52	0,84	0,94	0,98	0,28	0,27	0,46	0,82	0,14	0,25	1,00
Ö-4	0,66	0,95	1,39	1,69	2,54	0,19	0,91	1,11	0,71	1,38	2,00
Ö-5	0,55	0,99	1,27	1,14	0,25	0,27	0,62	0,92	0,14	0,25	2,00
Ö-6	0,91	0,70	0,99	1,17	1,79	0,56	0,60	1,11	0,86	1,00	3,00
Ö-7	0,44	0,71	1,17	1,27	0,42	0,27	0,53	0,66	0,29	0,25	2,00
Ö-8	0,67	0,94	1,17	1,91	2,49	0,32	0,87	1,05	0,57	0,88	2,00
Ö-11	0,68	1,00	1,34	1,69	2,19	0,30	0,98	1,13	0,57	1,13	2,00
Ö-12	0,16	0,14	0,38	0,45	0,94	0,33	0,12	0,18	0,14	0,13	1,00
Ö-13	0,37	0,56	0,97	0,94	0,26	0,31	0,39	0,61	0,14	0,13	1,00
Ö-14	0,67	0,81	1,15	1,59	3,11	0,33	0,77	0,95	0,71	1,25	3,00
Ö-15	0,32	0,54	0,53	0,51	0,25	0,33	0,21	0,76	0,00	0,00	1,00
Ö-16	0,75	0,77	1,08	1,85	2,49	0,44	0,66	0,97	0,71	0,75	3,00
Ö-18	0,74	0,79	0,88	1,85	2,76	0,42	0,75	1,00	0,57	0,63	3,00
Ö-21	0,54	0,80	1,17	1,38	5,05	0,26	0,79	0,84	0,71	1,25	2,00
Ö-22	0,46	0,72	1,17	1,16	2,32	0,27	0,73	0,68	0,43	1,00	2,00
Ö-23	0,58	0,51	0,67	0,97	6,18	0,37	0,43	0,89	0,71	1,13	4,00
Ö-24	0,59	0,97	1,40	1,34	0,20	0,28	0,84	0,97	0,43	0,25	2,00
Ö-25	0,06	0,10	0,41	0,23	0,31	0,23	0,05	0,13	0,00	0,00	0,00
Ö-26	0,76	0,80	0,98	1,80	2,38	0,48	0,67	1,05	0,57	0,63	4,00
Ö-28	0,10	0,10	0,18	0,30	13,78	0,07	0,09	0,16	0,29	0,88	1,00
Ö-31	0,69	0,66	0,98	1,73	3,88	0,42	0,62	0,89	0,57	0,88	3,00
EF=(element)_{örnek}/(element)_{UCC}											

Çizelge 4.5'e bakıldığında Si, Al, Na, K, P elementlerinin tüm örneklerde tüketilmiş olduğu; Ti'un, 4,6,8,11,26 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Mn'in, 4,11,14, 21, 23 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Fe'in, 3, 6, 12, 13, 15, 18, 23, 25, 26, 28, 31 numaralı örnekler dışında zenginleşmiş olduğu; Mg'un 3, 12, 13, 15, 23, 25, 28 numaralı örnekler dışında zenginleşmiş olduğu ve Ca'un 2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 24, 25 numaralı örnekler dışında zenginleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

4.5.2.2. Eser element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler

Çalışma alanından alınan örneklere yapılan analizler sonucunda örneklerde Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se elementlerine ait konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen element konsantrasyon değerlerinin birbirleriyle olan ilişkilerinin değerlendirilebilmesi için istatistiki yöntemler ile korelasyon katsayıları hesaplanarak korelasyon matrisi (Çizelge 4.6) oluşturulmuştur.

Ba'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 268,6 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür değerlerinin üzerindeyken, Üst kıtasal kabuk ortalamasının altında değer göstermektedir. En yüksek değer 349 ile Ö-11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Baryum'un Ni, Sc, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Finkelman (1995) kömürdeki baryumun genellikle baritten kaynaklandığını, Goodarzi (2002) organik madde ve kilden kaynaklandığını ve Swaine (1990) ise ankerit mineralinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında ankerit ve barit olmadığı gözlemlenmiştir bu nedenle baryumun kaynağının kil minerallerinden gelebileceği düşünülmektedir.

Ni'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 170,8 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür değerlerinin üzerinde bir değer göstermektedir. En yüksek değer 390 ppm ile Ö-14'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Nikel'in, Ba, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Nikel çoğunlukla sülfütle bulunmakla birlikte organik maddede de bulunabilir (Swaine 1990, 1995) ancak korelasyon matrisine bakıldığında nikelin kaynağının kil madde olduğu düşünülmektedir.

Sc'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 13,65 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür değerlerinin üzerindeyken, Üst kıtasal kabuk ortalamasının altında değer göstermektedir. En yüksek değer 21 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Skandiyum'un, Ni, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde Sc'un kaynağı organik madde, silikatlar, killer ve fosfat mineralleri olabileceği belirtilmektedir (Singh vd. 1983).

Be'un çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 1,61 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye ve Dünya kömür değerlerinin üzerindeyken, Üst kıtasal kabuk, ABD ve Çin ortalamasının altında değer göstermektedir. En yüksek değer 6 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Berilyum'un, Ni, Sc, Ga, Rb, Th, V, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Au, Hg, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında kömürlerdeki Be'un kaynağının kil madde ve kuvarla ilgisi olduğu yorumu yapılabilir.

Co'n, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 29,02 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 139,2 ppm ile Ö-1'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kobalt'ın, Ba, Ni, Sc, Cs, Nb, Sn, U, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Cs'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 5,53 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 10,6 ppm ile Ö-1'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Sezyum'un, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Ga'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 11,95 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk değerinin altındadır. En yüksek değer 18,2 ppm ile Ö-8'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Galyum'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Ga, sfalerit, feldispat, kil ve sülfat minerallerinin yapısında bulunmaktadır (Güllüdağ 2019). XRD analiz sonuçlarına bakıldığında kömürlerdeki Ga'un kaynağının kil madde ve feldispat olabileceği yorumu yapılabilir.

Hf'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 2,77 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 6,6 ppm ile Ö-23'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Hafniyum'un Nb, Ta, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Mo ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Hafniyum zirkonyum elementi bir arada bulunan bir elementtir zaten çizelge 4.6'dan da görüleceği gibi Zr ile yüksek pozitif korelasyon değeri göstermektedir. Kömürlerdeki Hf elementinin kaynağının detritik girdi olduğu düşünülmektedir (Güllüdağ 2019).

Nb'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 7,27 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk ve Çin değerlerinin altındadır. En yüksek değer 10,50 ppm ile Ö-11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Niyobyum'un, Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Hf, Rb, Sn, Ta, Th, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerdeki Niyobyum elementinin kaynağının detritik girdi olduğu düşünülmektedir (Güllüdağ 2019).

Rb'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 79,6 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk değerinin altındadır. En yüksek değer 131,1 ppm ile Ö-11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Rubidyum'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Sn, Ta, Th, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Palmer ve Filby (1984) kömürlerdeki rubidyumun kaynağının kil mineralleri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sn'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 1,57 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 3 ppm ile Ö-1 ve Ö-11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kalay'ın, Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Nb, Rb, Ta, Th, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerdeki kalayın kaynağının genelde mineraller olduğu kabul edilmektedir (Güllüdağ 2019).

Sr'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 376,7 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 1203,8 ppm ile Ö-28'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Stronsiyum' un Se ile pozitif ilişkisinin olduğu; Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi, Tl ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) stronsiyumun kömürlerde genelde sülfat, karbonat, fosfat mineralleriyle birlikte olduğunu belirtmektedir ancak XRD analizlerine bakıldığında sülfat, karbonat ve fosfat bulunmamaktadır. Bu nedenle Sr' un taşınmış olabileceği yorumu yapılabilir.

Ta'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,52 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 0,8 ppm ile Ö-11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Tantal'ın, Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Th, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Tantal kömürlerde mineral maddeyle ve muhtemelen de K, Ti ve Zr' la birlikte bulunur (Finkelman 1980; Palmer ve Filby 1984). Tantalın çalışma alanına büyük ihtimal detritik malzemeye geldiği düşünülmektedir (Güllüdağ 2019).

Th'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 7,76 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk değerinin altındadır. En yüksek değer 11,7 ppm ile Ö-3'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Toryum' un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Palmer ve Filby (1984) Toryumun kömürlerde mineral maddeyle büyük oranda da monazit ve zirkonla, Finkelman (1980) xenotimelle, ayrıca Swaine (1990) demiroksitler ve kil mineralleriyle birlikte bulunduğunu belirtmektedirler. XRD analiz sonuçlarına bakıldığında toryumun kil minerallerinden kaynaklandığı yorumu yapılabilir.

U'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 2,36 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer sadece ABD ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 4,5 ppm ile Ö-1'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Uranyum' un, Sc, Co, Cs, Ga, Th, V, Mo, Cu, Pb, Zn, Cd, Sb, Bi, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle

anlamli bir iliskisinin olmadigi tespit edilmiştir. Uranyumun varliginin inorganik kökenli olduğu düşünölmektedir (Güllüdağ 2019).

V'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 107,6 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 188 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Vanadyum' un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Au ile pozitif iliskisinin olduğu; Sr ile negatif iliskisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir iliskisinin olmadigi tespit edilmiştir. Vanadyum kömürlerde kil ve organik maddeyle birlikte bulunduğu belirtilmektedir. (Querol vd. 1996; Finkelman ve Gross 1999; Goodarzi 2002). Vanadyum'un çalışma alanına büyük ihtimalle kil mineralleriyle ilgili olduğu düşünölmektedir.

W' in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 91,8 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 832 ppm ile Ö-6'da gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Tungsten' in sadece Tl ile negatif iliskisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir iliskisinin olmadigi tespit edilmiştir. Eskenazy (1982) Tungsten'in kömürlerde organik maddeyle birlikte bulunduğunu ancak bir miktar da wolframit ve şeelit mineralleriyle de bulunabileceğini belirtmektedir. XRD analizlerine bakıldığında wolframit ve şeelit bulunmadığından W' in kaynağının organik madde olabileceği tahmin edilmektedir.

Zr'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 104,6 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk değerinin altındadır. En yüksek değer 247 ppm ile Ö-13'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Zirkonyum' un, Hf, Nb, Ta, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu ile pozitif iliskisinin olduğu; Sr ve Mo ile negatif iliskisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir iliskisinin olmadigi tespit edilmiştir. Finkelman (1980) Zr' un her zaman belli miktarda Hf' la birlikte bulunduğunu belirtmektedir. Zirkonyumun çalışma alanına detritik malzemeye geldiği düşünölmektedir (Güllüdağ 2019).

Y'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 17,9 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk değerinin altındadır. En yüksek değer 24 ppm ile Ö-4'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında İtiryum' un, Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, V, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Au ile pozitif iliskisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif iliskisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir iliskisinin olmadigi tespit edilmiştir. İtiryum kömürlerde organometaliklerle (Ershov 1962), organik maddeyle (Given ve Miller 1987) ve mineral maddeyle (Swaine 1990) bulunmaktadır. Güllüdağ (2019) aynı bölgede yaptığı çalışmada detritik minerallerle iliskilendirilen elementlerce zengin örneklerde sunduğu yüksek konsantrasyon nedeniyle itiryumun kaynağının kil mineralleri olduğunu belirtmiştir.

Mo'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,82 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 2,5 ppm ile Ö-7'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Molibden' in, U, As, Sb, Bi, Hg ile pozitif ilişkisinin olduğu; Zr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Anoksik koşulların artması ile Molibden'in konsantrasyonunun artması arasında doğru orantı vardır. Molibden hümik asitlerle ilişkili olduğu kadar sülfürlerle de ilgilidir (Yavuz Pehlivanlı 2011). Mo varlığının bir kısmı organik madde bir kısmında pirit le ilgili olabilir (Güllüdağ 2019).

Cu'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 32,8 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindedir. En yüksek değer 79,5 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Bakır'ın, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Pb, Zn, Cd, Bi, Au, Hg, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde Cu kaynağının pirit, kalkopirit ve organik madde olduğu belirtilmiştir (Quarol vd. 1998; Swaine 1990; Goodarzi 2002). XRD analizlerine bakıldığında bakırın kaynağının pirit olabileceği yorumu yapılabilir (Güllüdağ 2019).

Pb'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 11,8 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk ve Çin ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 22,6 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kurşun'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Zn, Cd, Bi, Au, Hg ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Finkelman (1994a) kömürlerde Pb kaynağının sülfür mineralleri olduğunu belirtmiştir. XRD analizlerine bakıldığında kurşunun kaynağının pirit olabileceği yorumu yapılabilir (Güllüdağ 2019).

Zn'nun, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 56,1 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk ortalamasının altındadır. En yüksek değer 98 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Çinko'nun, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Cd, Bi, Au ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve Se ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Karayığit vd. (2000) ve Goodarzi (2002) kömürlerde Zn kaynağının genel olarak sülfür mineralleri, sfalerit, karbonat ve kil mineralleri olduğunu belirtmişlerdir. XRD analizlerine bakıldığında çinkonun kaynağının kil mineralleri olabileceği yorumu yapılabilir.

As'in, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 7,42 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk ve Çin ortalamalarının üzerindeyken Türkiye, ABD ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 20,3 ppm ile Ö-21'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Arsenik'in, Mo, Sb, Hg ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle

anlamli bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde genelde piritle bulunan arseniğin (Finkelman 1994a), kil mineralleri ve fosfatlardan da kaynaklandığı belirtilmiştir (Swaine 1990). XRD analizlerine bakıldığında fosfat bulunmamakta olduğu için As'in kaynağının pirit ve kil mineralleri olabileceği yorumu yapılabilir.

Cd'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,09 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 0,4 ppm ile  -5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kadmiyum'un, Mo ve Bi ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerdeki kadmiyumun kaynağının inorganik kökenli (Swaine 1990; Finkelman 1994b, 1995), karbonat, kil, organik madde (Goodarzi 2002), ve pirit (Swaine 1990) olabileceği belirtilmiştir. XRD analizlerine bakıldığında sfalerit bulunmamaktadır bu nedenle örneklerdeki Cd kaynağının kil mineralleri olabileceği yorumu yapılabilir.

Sb'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,1 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değerler 0,4 ppm ile  -7,  -13 ve  -22'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Antimon'un, U, Mo, As, Bi, Hg, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) antimonun kömürlerde organik madde ve s lfitlerle birliktelik gösterdiğini belirtmiştir. Güllüdağ (2019) alışma alanındaki kömürlerde bulunan Sb'un kaynağının sülfitler olabileceği yorumunu yapmıştır.

Bi'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,25 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer üst kıtasal kabuk ortalamasından üzerindeyken ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değerler 0,5 ppm ile  -3,  -5 ve  -7'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Bizmut'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Rb, Sn, Th, U, V, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Cd, Sb, Au, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ile negatif ilişkisi olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) antimonun kömürlerde organik madde ve s lfitlerle birliktelik gösterdiğini belirtmiştir. Bi kömürlerde sülfit mineralleriyle ilgili olarak bulunmamaktadır. Güllüdağ (2019) alışma alanındaki kömürlerde bulunan bizmutun kaynağının inorganik kökenli olduğunu belirtmiştir.

Au' ın, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 1,28 ppb olarak hesaplanmıştır. Bu değer üst kıtasal kabuk ve Dünya kömür ortalamasının altındadır. En yüksek değer 3,2 ppb ile  -11'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Altın'ın, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Rb, Nb, Sn, Th, Ta, V, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Cu, Pb, Zn, Bi ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamli bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) kömürlerde piritin bir miktar altın içerebileceğini belirtmiştir. XRD analizlerine bakıldığında kömür örneklerinde bulunan Au'ın kaynağının pirit olabileceği yorumu yapılabilir.

Hg'nın, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk ortalamasının üzerindeyken Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 0,19 ppm ile Ö-5'te gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Civa'nın, Be, Mo, Cu, Pb, As, Sb, Tl ile pozitif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde bulunan civa'nın kaynağı genelde selenit ve sülfidlerle ilgilidir (Finkelman 1995; Goodarzi 2002). XRD analizlerine bakıldığında selenit gözlemlenmemiştir ancak çalışma alanındaki kömürlerde bulunan Hg'nın kaynağının pirit olabileceği yorumu yapılabilir.

Tl'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,19 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değerler 0,3 ppm ile Ö-3, Ö-5, Ö-13, Ö-14, Ö-25 ve Ö-31'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Talyum'un Be, U, Cu, Sb, Bi, Hg ile pozitif ilişkisinin olduğu; Sr ve W ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde bulunan talyumun kaynağının pirit olduğu bilinmektedir. XRD analizlerine bakıldığında hemen her örnekte bulunan piritin çalışma alanındaki kömürlerde bulunan Tl'un kaynağının olabileceği yorumu yapılabilir.

Se'un, çalışma alanından alınan kömür örneklerine bakıldığında, ortalama konsantrasyonu 0,83 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk değerinin üzerindeyken Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömür ortalamalarının altındadır. En yüksek değer 2,6 ppm ile Ö-28'de gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Selenyum'un Sr ile pozitif ilişkisinin olduğu; Ba, Ni, Sc, Ga, Nb, Rb, Sn, Th, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Zn ile negatif ilişkisinin olduğu ve diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Güllüdağ (2019) çalışma alanında yaptığı çalışmada kömürlerde bulunan selenyumun kaynağının az bir miktarının organik madde ve geri kalanının da pirit olabileceğini belirtmektedir.

Çizelge 4.7'de çalışma alanından alınan kömür örneklerinin eser elementlerinin zengileşme faktörleri hesaplanmış olup 1'den küçük değerler tüketilmiş, 1'den büyük değerler ise zenginleşmiş olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Eser element zenginleşme faktörleri

	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd
Ö-1	0.48	5.00	1.36	0.48	8.05	2.16	0.93	0.45	0.80	1.37	1.43	0.78	0.67	1.01	1.67	1.56	53.53	0.46	1.02	0.85	0.81	0.82	0.81
Ö-2	0.41	4.02	1.07	0.95	1.49	1.41	0.77	0.38	0.55	1.09	0.95	0.84	0.56	0.92	0.85	1.11	4.37	0.35	0.77	0.66	0.62	0.63	0.61
Ö-3	0.37	2.36	1.00	1.43	0.80	1.29	0.76	0.49	0.61	1.02	0.95	0.89	0.67	1.11	1.15	1.21	3.05	0.49	0.60	0.67	0.62	0.64	0.62
Ö-4	0.55	3.96	1.36	0.48	1.83	1.33	0.94	0.49	0.83	1.35	0.95	0.79	0.78	0.90	0.67	1.63	4.47	0.51	1.14	0.89	0.83	0.86	0.87
Ö-5	0.47	3.74	1.50	2.86	1.01	1.41	0.96	0.57	0.64	1.28	0.95	0.94	0.56	1.07	1.22	1.94	1.79	0.62	1.10	0.79	0.69	0.76	0.75
Ö-6	0.51	2.81	0.86	0.48	3.43	0.53	0.59	1.04	0.80	0.74	0.48	0.60	0.78	0.61	0.70	0.91	437.84	1.02	1.06	0.75	0.69	0.74	0.75
Ö-7	0.43	4.83	1.00	0.48	1.49	1.92	0.71	0.28	0.49	1.07	0.95	1.05	0.44	0.76	1.33	1.29	8.05	0.28	0.77	0.52	0.48	0.50	0.48
Ö-8	0.50	3.87	1.36	1.43	1.66	1.39	1.04	0.55	0.87	1.39	0.95	0.89	0.78	0.93	0.89	1.58	25.11	0.58	1.10	0.86	0.82	0.85	0.86
Ö-11	0.56	8.40	1.43	2.38	2.02	1.47	1.03	0.53	0.88	1.56	1.43	0.84	0.89	1.02	0.78	1.60	14.89	0.54	1.02	0.92	0.85	0.87	0.90
Ö-12	0.38	0.87	0.14	0.48	0.91	0.20	0.11	0.15	0.14	0.14	0.48	1.64	0.11	0.13	0.22	0.12	142.26	0.15	0.23	0.17	0.14	0.15	0.16
Ö-13	0.35	2.89	0.79	1.43	1.13	0.94	0.65	0.32	0.34	0.73	0.48	1.08	0.33	0.63	1.30	0.94	7.74	0.32	0.78	0.52	0.47	0.49	0.48
Ö-14	0.47	8.30	1.14	1.43	2.12	1.57	0.79	0.51	0.74	1.15	0.95	0.85	0.78	0.84	0.81	1.28	31.21	0.53	1.09	0.82	0.78	0.81	0.80
Ö-15	0.43	1.11	0.86	0.48	0.66	0.63	0.56	0.66	0.53	0.41	0.48	1.16	0.44	0.81	0.96	1.13	27.11	0.91	0.75	0.49	0.45	0.46	0.47
Ö-16	0.44	3.98	1.00	0.48	1.92	1.31	0.76	0.75	0.77	0.96	0.95	0.78	0.78	0.79	0.78	1.14	75.42	0.76	1.09	0.77	0.72	0.76	0.76
Ö-18	0.48	4.36	1.00	0.95	1.55	1.41	0.77	0.62	0.83	1.14	0.95	0.82	0.78	0.78	0.74	1.13	41.95	0.63	0.99	0.78	0.73	0.76	0.74
Ö-21	0.48	2.83	1.14	0.95	1.27	1.14	0.75	0.43	0.61	1.21	0.95	2.13	0.67	0.72	0.70	1.29	28.95	0.42	1.10	0.80	0.71	0.73	0.73
Ö-22	0.53	3.06	1.00	0.95	1.05	1.33	0.73	0.34	0.54	1.11	0.95	1.82	0.56	0.78	0.81	1.07	5.63	0.35	0.82	0.63	0.58	0.61	0.60
Ö-23	0.33	1.94	0.86	0.48	1.01	0.65	0.44	1.25	0.66	0.59	0.48	1.25	0.67	0.64	0.78	0.72	51.68	1.28	1.08	0.84	0.75	0.79	0.78
Ö-24	0.52	4.64	1.29	1.43	1.46	1.41	0.91	0.38	0.56	1.38	0.95	0.97	0.56	0.87	1.04	1.36	3.47	0.39	0.81	0.83	0.75	0.78	0.77
Ö-25	0.28	1.00	0.14	0.48	0.29	0.14	0.09	0.09	0.13	0.10	0.48	1.41	0.11	0.13	1.15	0.20	6.16	0.10	0.15	0.14	0.09	0.09	0.10
Ö-26	0.44	6.21	1.07	0.48	1.67	1.16	0.77	0.98	0.81	0.97	0.95	0.92	0.67	0.76	0.81	1.27	45.16	0.99	0.92	0.73	0.68	0.73	0.72
Ö-28	0.11	0.60	0.14	0.48	0.53	0.16	0.04	0.11	0.13	0.13	0.48	3.76	0.11	0.12	0.15	0.12	63.84	0.13	0.22	0.26	0.27	0.25	0.26
Ö-31	0.38	3.85	0.93	0.95	1.23	1.02	0.61	0.64	0.68	0.91	0.48	0.87	0.67	0.66	0.56	0.92	27.26	0.66	0.93	0.70	0.64	0.67	0.65

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

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.7'nin devamı

	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
Ö-1	0.91	0.97	1.05	0.94	0.98	0.96	1.03	1.13	1.12	1.13	0.45	1.43	0.96	1.25	0.83	2.22	0.25	2.50	0.10	0.60	1.00	0.22	6.67
Ö-2	0.65	0.67	0.77	0.67	0.70	0.66	0.70	0.77	0.73	0.77	2.09	1.64	0.78	0.94	2.06	2.22	0.75	2.50	0.10	1.27	1.20	0.22	6.67
Ö-3	0.44	0.68	0.68	0.59	0.62	0.55	0.59	0.67	0.65	0.71	0.64	1.67	0.91	0.78	1.15	2.22	0.75	3.13	0.10	1.20	1.20	0.33	10.00
Ö-4	0.93	1.03	1.07	0.96	1.01	1.01	1.05	1.20	1.12	1.13	0.18	1.63	0.96	1.21	0.63	2.22	0.25	1.88	0.10	1.47	1.60	0.22	11.11
Ö-5	0.91	0.99	1.03	0.93	0.97	0.99	1.07	1.20	1.18	1.13	1.18	2.84	1.33	1.46	3.31	4.44	0.50	3.13	0.10	1.40	3.80	0.33	10.00
Ö-6	0.87	0.92	1.00	0.93	0.95	0.98	1.05	1.13	1.11	1.10	0.18	0.75	0.51	0.75	0.31	1.11	0.25	0.63	0.10	0.93	0.20	0.11	5.56
Ö-7	0.57	0.55	0.65	0.87	0.66	0.64	0.77	0.80	0.78	0.84	2.27	1.45	1.00	0.82	3.27	1.11	1.00	3.13	0.10	1.60	1.00	0.22	14.44
Ö-8	0.94	1.02	1.12	0.97	1.02	1.00	1.06	1.17	1.15	1.10	0.36	1.46	0.83	1.16	0.13	1.11	0.25	1.88	0.10	1.60	0.40	0.11	5.56
Ö-11	0.99	0.99	1.04	0.93	0.97	0.94	1.00	1.07	1.05	1.00	0.55	1.62	0.96	1.33	1.27	1.11	0.25	1.88	0.10	2.13	1.20	0.22	5.56
Ö-12	0.16	0.20	0.20	0.16	0.19	0.18	0.18	0.20	0.21	0.19	0.55	0.14	0.14	0.15	1.35	1.11	0.25	0.63	0.10	0.33	*	0.11	6.67
Ö-13	0.58	0.64	0.66	0.60	0.69	0.65	0.78	0.80	0.77	0.84	1.91	1.23	0.71	0.78	2.98	1.11	1.00	1.25	0.10	1.13	1.80	0.33	13.33
Ö-14	0.93	0.95	1.05	0.96	1.00	0.96	1.09	1.17	1.11	1.03	0.55	1.13	0.79	0.99	0.58	1.11	0.25	1.88	0.10	1.07	0.60	0.33	8.89
Ö-15	0.56	0.60	0.64	0.60	0.65	0.63	0.72	0.83	0.83	0.81	0.36	0.87	0.71	0.75	0.17	3.33	0.25	0.63	0.10	0.33	0.80	0.11	16.67
Ö-16	0.87	0.92	1.03	0.93	1.00	0.96	1.02	1.13	1.04	1.03	0.36	0.88	0.59	0.73	0.38	1.11	0.25	1.25	0.10	0.33	0.20	0.22	5.56
Ö-18	0.90	0.91	1.01	0.91	0.92	0.90	0.94	1.03	1.00	1.03	0.18	1.10	0.67	0.85	0.63	1.11	0.25	1.88	0.10	1.07	0.20	0.22	6.67
Ö-21	0.82	0.90	0.98	0.84	0.90	0.88	0.96	1.03	1.01	0.97	0.45	1.18	0.74	0.88	4.23	1.11	0.25	1.25	0.10	1.20	1.20	0.11	13.33
Ö-22	0.69	0.69	0.80	0.70	0.73	0.72	0.76	0.90	0.79	0.84	1.27	1.23	0.75	0.93	2.73	1.11	1.00	1.25	0.10	0.80	3.60	0.22	10.00
Ö-23	0.92	0.90	1.02	0.90	0.99	0.96	1.05	1.17	1.18	1.10	0.18	0.47	0.39	0.45	2.04	1.11	0.25	0.63	0.10	0.33	1.00	0.11	14.44
Ö-24	0.87	0.87	0.91	0.79	0.82	0.72	0.81	0.83	0.82	0.84	1.36	2.10	0.89	1.24	2.48	2.22	0.50	2.50	0.10	1.00	1.20	0.22	11.11
Ö-25	0.10	0.12	0.13	0.11	0.15	0.12	0.15	0.13	0.15	0.16	1.00	0.23	0.11	0.18	1.56	1.11	0.25	0.63	0.10	0.33	1.80	0.33	10.00
Ö-26	0.82	0.81	0.88	0.81	0.86	0.84	0.88	1.00	0.98	1.03	0.27	0.92	0.56	0.84	1.08	1.11	0.25	1.25	0.10	0.33	0.60	0.22	5.56
Ö-28	0.23	0.23	0.24	0.19	0.20	0.17	0.20	0.20	0.21	0.19	0.18	0.15	0.12	0.09	0.81	1.11	0.25	0.63	0.10	0.33	0.20	0.11	28.89
Ö-31	0.82	0.81	0.91	0.80	0.84	0.86	0.89	0.93	1.00	0.94	0.55	0.84	0.58	0.73	1.58	1.11	0.25	1.25	0.10	0.87	1.00	0.33	8.89

Çizelge 4.7’de açıkça görülmektedir ki çalışma alanından alınan örnekler Ba, Ga, Hf, Nb, Sn, Ta, Th, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Pb, Zn, Sb, Ag, Tl elementleri yönünden tüketilmiş olup Ni, Sc, Be, Co, Cs, Rb, Sr, U, V, W, Gd, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, As, Cd, Bi, Au, Hg elementleri yönünden de zenginleşmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Tekirdağ'ın yaklaşık 50 km kuzeybatısında, Malkara'nın ise 10 km kuzeydoğusunda yer alan Karaiğdemir Baraj Gölü çevresinden alınan kömür örneklerinin, Ana-Eser element analizi yardımıyla element içeriği belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre element konsantrasyonlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri hesaplanarak bu değerler Üst kıtasal kabuk (UCC), Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürlerinin ortalamalarıyla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar neticesinde Üst kıtasal kabuk miktarları baz alınarak zenginleşme faktörleri hesaplanmıştır ve Dünya kömürlerine göre zenginleşen elementler tespit edilerek bu elementlerin çevre ve canlı sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Arazi çalışmaları ile 32 adet örnek alınmış olup bu örneklerden Danişmen Formasyonunu en iyi temsil edeceği düşünülenler laboratuvar ortamında ayırt edilmiştir. Seçilen 23 örneğe Kanada ACME laboratuvarlarında Ana-Eser element analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçların istatistiksel yöntemler ile Pearson korelasyon katsayıları hesaplanarak korelasyon matrisleri oluşturulmuştur. Bu istatistiksel yöntemler göz önüne alınarak elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve kökenleri hakkında yorum yapılmaya çalışılmıştır. Üst kıtasal kabuk ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, üst kıtasal kabuk ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Mg, Ca ve Cr; eser elementler ise Ni, Co, Cs, Sr, V, W, Cu, As, Bi, Hg, Se olarak gözlemlenmiştir. Türkiye ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Türkiye ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Nb, Rb, Sr, V, Zr, Y, Cu, Pb, Zn olarak gözlemlenmiştir. ABD ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, ABD ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; Eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn olarak gözlemlenmiştir. Çin ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Çin ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Rb, Sr, Th, V, W, Zr, Y, Er, Cu, Zn, As olarak gözlemlenmiştir. Dünya ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn; eser elementler ise Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Ni olarak gözlemlenmiştir.

Dünya kömür ortalamalarına göre zenginleşme gösteren eser elementler, Akar (2001)'in yaptığı çalışma neticesinde ortaya koyduğu çevreye duyarlı 24 eser elementi ayırdığı 4 grup bazında incelenerek çevreye duyarlı olanların tespiti yapılmıştır. Bu elementlere bakıldığında birinci gruba dahil olup en ufak miktarları bile çevre ve canlı sağlığı açısından ölümcül sonuçlara yol açabilecek elementlerden hiçbiri ortalama değerler üzerinde değer göstermemektedir. Grup 2A'da bulunan elementler birinci gruba göre daha az zararlı olanlardır. Kömür örneklerinde Grup 2A'ya ait olan elementlerden Mn, Ni, Pb açısından zenginleşme görülmektedir. Doğada hareketli olarak bulunan Pb Enerji Santralleri yakınında hareket ederek hem havayı hem de suyu kirletir (Lansdown ve Yule 1986). Nikel ve Kurşun'un çevre açısından olduğu gibi canlı açısından da zararlı sonuçlar doğurabildiğinden kömürlerin kullanımında bu elementlere dikkat edilmelidir. Kömür örnekleri, Grup 2B'de bulunan elementlerden Be, V, Cu, Th ve Zn açısından zenginleşmişlerdir. Özellikle uçucu küllerde yüksek konsantrasyonlarda

bulunan Toryum (Th)' un radyoaktif özellikleri bulunmaktadır. Bu elementin toprakta birikmesi ve bitkileri etkilemesiyle besin zincirinde önemli zehirleyici problemlere yol açacağından bu elementin radyoaktivitesi minimize edilmelidir. Canlı sağlığı açısından da birçok olumsuz etkisi bulunan bu elementlere de dikkat edilmelidir. Son grup olan Grup 3'teki Ba, Co, Sn ve Ti açısından zenginleşme göstermektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında alınan kömür örneklerinde S(kükürt) elementinin de bulunduğu tespit edilmiştir. Kükürtün çevre zararlarının yanısıra canlı sağlığı üzerinde de oldukça zararlı etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Bu nedenle bölge kömürlerinin çıkarılması, taşınması ve yakılması sırasında kükürt miktarına dikkat edilmelidir.

Seçilen 27 adet örneğe ise XRD Tüm Kaya analizi ve bunların 20 tanesinde de detaylı kil analizi yapılmıştır. XRD tüm kaya analiz sonuçlarına göre örneklerde kuvars, kalsit, dolomit, feldispat, pirit, mika, klorit ve kil mineralleri olduğu görülmüştür. Örneklerde bol miktarda kil mineralleri olduğu tespit edilmiş olup bunlardan 20 tanesine yapılan detay kil analizlerine göre örneklerde smektit, illit, kaolinit ve klorit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Diğerlerine göre daha bol miktarda bulunan kil mineralinin smektit olduğu görülmektedir. Smektitin baskın kil minerali olarak göze çarpmaktadır. Smektitin bol oluşu çoğunun illit e dönüşmeden kaldığını göstermekte ve bu da inceleme alanındaki kömürün olgunlaşmasının daha tam anlamıyla gerçekleşmediğini gösterir. Sadece bir örnekte ise kaolinit mineraline rastlanmıştır. Kaolinit mineralinin sadece bir örnekte gözlemleniyor olması bu mineralin taşınarak dışardan geldiği ihtimalini göstermektedir.

Karbonat grubu minerallerden kalsit ve dolomit karşılaştırıldığında kalsitin dolomite göre bariz bir üstünlüğünün olduğu gözlemlenmiş olup bu duruma bakıldığında kömürlerin ana karbonat mineralinin kalsit olduğu yorumu yapılabilir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında Kuvars mineralinin hemen hemen her örnekte bol miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Kuvarsın bu denli bol temsili inceleme alanının çökelişi sırasında alana her daim detritik malzeme girişinin olduğuna işaret etmektedir.

Hemen hemen her örnekte görülen bir diğer mineral de Feldispattır. Feldispat miktar olarak az bulunmaktadır. Bu noktadan hareketle inceleme alanına kömür oluşumu sırasında volkanik malzeme girişinin az olduğu yorumu yapılabilir.

Çoğu örnekte yer alan minerallerden bir diğeri de pirittir. Pirit miktar olarak genelde diğer minerallere göre daha az bulunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada Mn, Ni, Pb, Be, V, Cu, Th, Zn, Ba, Co, Sn, Ti elementlerinin dünya kömür ortalamalarına göre sınır değerler üzerinde kaldığı tespit edilmiş olup bu elementlerin çevre ve canlı sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında kömürlerin çıkarımı, taşınması ve kullanımı sırasında gerekli önlemler azami seviyede alınmalıdır. Daha sonraki çalışmalarda bu elementler üzerine yoğunlaşarak gerekli tedbirler alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Akar, G. 2001. Kömür külü atık sahalarından oluşacak olan ağır metal kirlenmesinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 127 s.
- Akartuna, M. 1968. Armutlu Yarımadasının Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografiler, 20, 105 s.
- Alişan, C. 1985. Trakya "I" Bölgesi'nde Umurca-1, Kaynarca-1, Delen-1 kuyularında kesilen formasyonların palinostratigrafisi ve çökeltme ortamlarının değerlendirilmesi. TPAO Araştırma Grubu Raporu No: 386 (yayınlanmamış), Ankara.
- Akartuna, M. 1953, Çatalca-Karacaköy bölgesinin jeolojisi. İst. Üniv. FenFak. Monogr., Sayı 13, 88 s.
- Altunsoy, M.ve Özçelik, O. 1993. Organik Fasiyesler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 43: 34-39.
- Aslaner, M., 1956, Tozaklı, Poyralı linyitleri ve Pınrhisar civarının jeolojisi, MTA Enstitüsü Dergisi, 66, 126-142.
- ASTM, 1991. Annual book of ASTM standards. Philadelphia.
- Avcı, E.D., Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. (b.t.) "*Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevre Etkilerinin Karşılaştırılması.*", Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Aydın, Y., 1974, Istranca Masifi'nin (Türkiye) orta kısmının petrografik ve jeokimyasal çalışması, Nancy Üniversitesi.
- Aydın, 1988. Yıldız Dağları Masifinin Jeolojisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,2, 61-74.
- Baba, A. 2000. Muğla-Yeniköy Termik Santral Katı Atıklarının Çevre Jeolojisi Açısından İncelenmesi. Türkiye 8. Enerji Kongresi, ss. 247-258, 8-12 Mayıs, Ankara.
- Baba, A., Save, D., Gündüz, O., Gürdal, G., Bozcu, M., Sülün, S., Özcan, H., Hayran, O., İkişik, H., Bakırcı, L. 2008. Çan Kömür Havzasındaki madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. ÇAYDAG-106Y041 nolu proje raporu, 479 s.
- Batı, Z., Erk, S., Akça, N. 1993. Trakya Havzası Tersiyer Birimleri'nin palinomorf, foraminifer ve nannoplankton biyostratigrafisi. TPAO Araştırma Grubu Rapor No: 1947 (yayınlanmamış), Ankara.

- Batı, Z., 1996, Palynostratigraphy and coal petrography of the Upper Oligocene lignites of the Northern Thrace Basin, NW Turkey, Doktora Tezi (yayınlanmamış), ODTÜ Ankara, 341 s.
- Batı, Z., Alişan, C., Ediger, V.Ş., Teymur, S., Akça, N., Sancay, H., Ertuğ, K., Kirici, S., Erenler, M. ve Aköz, Ö., 2002. Kuzey Trakya havzasının Palinomorf, Foraminifer ve Nannoplankton Biyostratigrafisi, Türkiye Stratigrafi Komitesi Çalıştayı (Trakya Bölgesi'nin Litostratigrafi Adlamaları) Özleri, s.14.
- Beer, H. ve Wright, J.A., 1960, Stratigraphy of the Ganosdağ, Korudağ and Keşan Hills, District I, TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 736, 42 s.
- Bencko, V. ve Symon, K., 1977, Health aspects of burning coal with a high arsenic content: I. Arsenic in hair, urine and blood in children residing in a polluted area, Environmental Research, 13(3), s.378-385.
- Bend, S.L., 1992, The origin, formation and petrographic composition of coal, Fuel Volume 71. Pp. 851-870.
- Bhangare, R.C., Ajmal, P.Y., Sahu, S.K., Pandit, G.G., Puranik, V.D., 2011, Distribution of trace elements in coal and combustion residues from five thermal power plants in India, International Journal of Coal Geology, 86(4), s.349-356.
- Boer, N.P.de, 1954, Report on a geological reconnaissance in Turkish Thrace, September, December G.A. 25373.
- Brongniart, A. T. (1821). Mémoires sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en général, et en ceux des terrains des sédiments supérieur en particulier. Mémoires de Musée d'Histoire Naturelle, Paris, 8, 203–240, 297–347
- Burke, W. F. and Uğurtaş, G. 1974. Seismic interpretation of Thrace Basin, in H. Okay and E. Dileköz, eds., Proceeding of second petroleum congress of Turkey: Association of Turkish Petroleum Geologists, 227-248.
- Calvert, S.E. 1976. The mineralogy and geochemistry of near shore sediments. In: Riley JP, Chester R (Eds.). Chemical oceanography, Academic Press, London, pp.187-280.
- Chatalov G.A., 1980. Two facies types of Triassic in Standza Mountain, SE Bulgaria. Rivista Iral Paleont, 85, 1029-1046.
- Chatalov, G.A., 1985, Triyas Istranca-tipi' nin stratigrafisi (Istranca Dağın Bulgaristan'ın Güneyi), Balkan Jeolojisi, 15, s3-38.
- Chatalov, G.A., 1990, Bulgaristandaki Istranca zonunun jeolojisi, Bulgar Bilim Akademisi Yayınevi.

- Çağlayan, M.A. ve Yurtsever, A., 1998. Burgaz-A3, Edirne-B2 ve B3, Burgaz-A4 ve Kırklareli-B4; Kırklareli-B5 ve B6; Kırklareli-C6 paftaları, 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, No:20,21,22,23. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dai, S.F., Zhou, Y.P., Ren, D.Y., Wang, X.B., Li, D., Zhao, L. 2007. Geochemistry and mineralogy of the Late Permian coals from the Songzao Coalfield, Chongqing, southwestern China. *Science in China Series D: Earth Science*, 50: 678-688.
- Dai, S.F., Li, D., Chou, C.-L., Zhao, L., Zhang, Y., Ren, D.Y., Ma, Y.W., Sun, Y.Y. 2008. Mineralogy and geochemistry of boehmite-rich coals: new insights from the Haerwusu Surface Mine, Jungar Coalfield, Inner Mongolia, China. *International Journal of Coal Geology*, 74: 185-202.
- Dai, S.F., Ren, D.Y., Chou, C.L., Finkelman, R.B., Seredin, V.V. and Zhou, Y.P. 2012. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: A review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization. *International Journal of Coal Geology*, 94: 3-21.
- Doust, H. ve Arıkan, Y., 1974, The Geology of Thrace Basin, Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, s. 119-136.
- Duman, T.M., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz, S., Olgun, Ş., Şahin, H. ve Gökmenoğlu, O., 2004, İstanbul metropolü batısındaki (Küçükçekmece-Silivri-Çatalca yöresi) kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri, Özel Yayın Serisi-3, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Edgar, T.F., 1983, Coal processing and pollution control.
- Ediger, V.Ş. 1982. Kuleli Babaeski sırtının (KB Trakya) paleo-ortamsal incelemesi ve Kuzey Trakya havzasının hidrokarbon potansiyelinin değerlendirilmesinde yeni yaklaşım. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Rapor No: 1995 (yayınlanmamış), Ankara.
- Ershov, V.M. 1962. Rare earth elements in coals of the Kizel coal basin. *Geochemistry (USSR)* 3: 306-308.
- Eskenazy, G.M. 1982. The geochemistry of tungsten in Bulgarian coals. *Int. J. Coal. Geol.* 2: 99-111.
- Esso Standard, 1960, 1 sayılı Marmara petrol bölgesi AR/EST/105,106,108 ve 109 hak sıra numaralı sahalara ait terk raporu. TPAO Arama Grubu Arşivi, (yayınlanmamış) rapor, 1031. Ankara

- Fayol., H, 1887, Etudes sur le terrain houiller de Commeny: lithologie et ..., 1. cilt, Saint Etienne.
- Fergusson, D.M., Horwood, I.J. ve Lynskey, M.T., 1993, Early dentine lead levels and subsequent cognitive and behavioural development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(2), 215-227.
- Finkelman, R.B. 1980. Modes of occurrence of trace elements in coal. PhD dissertation, University of Maryland, 301 p.
- Finkelman, R.B. 1993. Trace and minor elements in coal. *Organic Geochemistry*. Ed: Engel, M.H., Macko, S.A. New York: Plenum.
- Finkelman, R.B. 1994a. Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: level of confidence. *Fuel Processing Technology*, 39 (1-3): 21-34.
- Finkelman, R.B. 1994b. The use of modes of occurrence information to predict the removal of the hazardous air pollutants. *International Journal of Coal Geology*, 124: 132- 134.
- Finkelman, R.B. 1995. Modes of occurrences of environmentally-sensitive trace elements in coal. In: *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Swaine, D. J., Goodarzi, F. (eds), The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 24-44.
- Finkelman, R. B. 1997. Coal quality and public health. 3rd European Coal Conference Proceedings, pp. 199-202, İzmir.
- Finkelman, R. B. and Gross, P. M. K. 1999. The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. *Int. Journal of Coal Geology*, 40: 91-101.
- Flaig, W. 1968. Origin of nitrogen in coals. Biochemical Soil Institute, Research Institute for Agriculture, Braunschweig Germany.
- Gerhard, J.E. ve Alişan, C., 1987. Palynostratigraphy, Paleoecology, and visual organic geochemistry Turgutbey-2, Değirmencik-3 and Pancarköy-1, Thrace Basin, Turkey. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 983, 33s. Ankara
- Given, P.H. and Miller, R.N. 1987. The association of major, minor and trace inorganic elements with lignites. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 51: 1843-1853.
- Goldstein, G.W., 1992, Neurologic concepts of lead poisoning in children, *Pediatric Annals*, 21(6), 384-388.

- Goodarzi, F. 2002. Mineralogy, elemental composition and modes of occurrence of elements in Canadian feed-coals. *Fuel*, 81: 1199-1213.
- Görür, N. and Okay, A.I. 1996. Fore-arc origin of the Thrace basin, northwest Turkey. *Geologische Rundschau*, 85: 662-668.
- Güllüdağ, C.B., 2009, "*Antalya Yöresi Kömür Oluşumları.*", Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Güllüdağ, C.B., 2019, Malkara (Tekirdağ) kömürlerinin organik jeokimyasi, ana-eser element içerikleri ve çevresel etkilerinin CBS destekli incelenmesi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Holmes, A.W., 1961, A stratigraphic review of Thrace. TPAO Araştırma Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 368, Ankara.
- İmik, M., 1988, Kırklareli C2-3 Paftası ve İzahnamesi, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara 10 s.
- Jones, R.W. 1987. Organic Facies. In: Advances in Petroleum Geochemistry, Brooks, J. and Welte, D. (eds.), Academic Press, London, 2:1-90.
- Kara, H., Tuncalı, E., Narin, R., Gürsoy, B. ve Dümenci, S. 1996. Trakya Tersiyer kömür havzası raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9974 (yayımlanmamış), Ankara.
- Karayiğit, A.I. and Whateley, M.K.G. 1997. Properties of a lacustrine subbituminous (k1) seam, with special reference to the contact metamorphism, Soma Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 34: 131-155.
- Karayiğit, A.İ., Gayer, R.A., Querol, X. and Onocak, T. 2000. Contents of major and trace elements in feed coals from Turkish coal-fired power plants, *International Journal of Coal Geology*, 44 (2): 169-184.
- Karayiğit, A.İ. 2003. Mineralogy and trace element contents of the Upper Carboniferous Coals from the Asma-Dilaver and Gelik Mines in Zonguldak, Turkey. *Energy Sources*, 25 (7): 689-702.
- Kartal G., Güven A., Kahvecioğlu Ö., Timur S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri –II, İTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
- Kasar, S., 1987, Edirne-Kırklareli-Saray (Kuzey Trakya) bölgesinin jeolojisi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Tebliği Kitabı, 281-291.
- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako, M., ve Demir, O., 1983, Tekirdağ-Şarköy-Keşan-Enez bölgesinin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, TPAO Araştırma Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 1771, 71s., Ankara

- Kasar, S., ve Eren, A., 1986, Kırklareli-Saray-Kıyıköy bölgesinin jeolojisi. TPAO Araştırma Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no,2208, 45 s., Ankara.
- Kemper, E., 1961, The Kırklareli Limestone (Upper Eocene) of the northern basin rim. G. Deilman Bergbau GMBH jeolojik raporu, T37.
- Keskin, C., 1966, Pınarhisar resif karmaşığı mikrofasiyes incelemesi, Rev. Fac. Scien. Univ. İst., Seri B, 31/3-4, s. 109-146.
- Keskin, C. 1974. Kuzey Trakya Havzası'nın Stratigrafisi, Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, ss. 137 – 163.
- Kopp, K.O., Pavoni, N. and Schindler, C. 1969. Geologie Thrakiens IV: Das Ergene-Becken. Beih zum Geol. Jahrb., Heft 76, Hannover, 136 p.
- Koralay, D. B. 2009. Bolu havzası eosen bitümlü şeyllerinin hidrokarbon potansiyeli ve izement dağılımlarının belirlenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 198 s.
- Kortenski, J. and Sotirov, A., 2002, Trace and major elements content and distribution in Neogene lignite from the Sofia Basin, Bulgaria. *International Journal of Coal Geology*, 52: 63-82.
- Lansdown, R., ve Yule, W., 1986, The lead debate: The environment, toxicology and child health. Beckenham, Kent (39235): Croom Helm Ltd.
- Lebküchner, L.B., 1974, Orta Trakya Oligoseni'nin jeolojisi hakkında. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 83, 1-29.
- Mucuk, M. ve Uysal, D., 2009, "Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", Maliye Dergisi, sayı 157, s106
- Mukhopadhyay, P.K. 1986. Petrography of selected Wilcox and Jackson Group lignites from the Tertiary of Texas. In: R.B. Finkelman and D.J. Casangrande, (Eds.). *Geology of Gulf Coast Lignites, Field Trip Guide Book*, Geological Society of America, Boulder, CO, 140 p.
- Munawer, M.E. 2017. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. Centre for Coal Technology, University of Punjab, 88-89.
- Nakoman, E. 1971. Kömür. MTA Eğitim serisi, No:8, Ankara.
- N.V. Turkse Shell, 1969, AR/NTS/837,838 ve 839hak sıra no'lu arama ruhsatlarına ait terk raporu, TPAO Arama Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 1468, Ankara.

- N.V. Turkse Shell, 1972, 1 No'lu Marmara petrol bölgesinde AR/NTS/832,833,835,836,997,998 hak sıra no'lu arama ruhsatlarına ait terk raporu, TPAO Arama Grubu Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 769., Ankara
- OECD (1983), *OECD Economic Outlook, Volume 1983 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/eco_outlook-v1983-1-en.
- Okay, A.I., Tüysüz, O., Akyüz, S., ve Chen, F. 2001. The tectonics of the Strandja Massif: late-Variscan and mid-Mesozoic deformation and metamorphism in the northern Aegean. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 90, 217-233.
- Okay A., Yurtsever A. (2006) Istranca Masifi metamorfik kaya birimleri, metamorfik sonrası Kretase kaya birimleri ile Trakya bölgesi lito-stratigrafik birimleri, Litostratigrafik Birimler Komitesi, MTA, 1-41.
- Orem, W.H., Feder, G. L. and Finkelman, R.B. 1999. A possible link between Balkan endemic nephropathy and the leaching of toxic organic compounds from Pliocene lignite by groundwater, preliminary investigation. *Int. Journal of Coal Geology*, 40: 237-252.
- Orem, William & Finkelman, Robert. (2003). *Coal Formation and Geochemistry. Treatise on Geochemistry. 7.* 191-222. 10.1016/B0-08-043751-6/07097-3.
- Ozansoy, F., 1962, Doğu Trakya Alt Oligosen Antrakoterienleri. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 58, 85-96.
- Özkan G., 2009, Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısız Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy'de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 9,12-22.
- Öztunalı, Ö. ve Üşümezsoy, Ş. 1979. Istranca Masifi'nin "Çekirdek" kayaları ve petrojenetik evrimleri, Türkiye Jeoloji Kurumu-İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Altın Sempozyumu, 37-44.
- Palmer, C.A. and Filby, R.H. 1984. Distribution of trace elements in coal from the Powhatan No. 6 mine, Ohio. *Fuel*, 63: 318-328.
- Palmer, C.A., Tuncalı, E., Dennen, K.O., Coburn, T.C., Finkelman R.B. 2004. Characterization of Turkish coals: a nationwide perspective, *International Journal of Coal Geology*, 60, 85-115.
- Perinçek, D. 1987. Trakya havzası reñç fay zonunun sismik özellikleri. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri*, ss. 11-20.

- Perinçek, D. 1991. Possible strand of the North Anatolian Fault in the Thrace Basin, Turkey – an interpretation. *AAPG Bulletin* 75: 241 – 257.
- Perinçek, D., Karşlıoğlu, Ö. 2007. Çanakkale Boğazı'nın oluşumu ve Kuvaterner yaşlı birimlerin dağılımında fayların rolü. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, 16-22 Nisan, Ankara, 478-479.
- Perinçek, D. 2010 a. Trakya Havzası'nın Linyit İmkanları TKİ Rapor, Ocak 2010, 55 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Perinçek, D. 2010b. Trakya Havzası'nın Linyit İmkanları TKİ Rapor, Mart 2010, 37 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Perinçek, D. 2010c. Trakya Havzası'nın Linyit İmkanları TKİ Final Rapor, Aralık 2010, 51 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Perinçek, D., Ataş, N., Erensoy, E., Karatut, Ş. Kösebalaban, A., Ergüder İ., Ünal., Y. 2011. Trakya Havzası'nın linyit potansiyeli ve bunu kontrol eden jeolojik faktörler.64. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, 16-25-29 Nisan 2011, Ankara, 93-94
- Perinçek, D., Ataş, N., Karatut, Ş. and Erensoy, E. 2015. Trakya Havzasında, Danışmen Formasyonu içindeki linyit katmanlarının potansiyelini kontrol eden jeolojik faktörler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 150: 79-110.
- Rudnick, R.L. and GAO, S. 2003. Treatise on Geochemistry, Volume 3, In: The Crust, Holland, H.D. and Turekian, K.K. (Eds.). Elsevier-Pergamon, Oxford, 683 p.
- Rückert-Ülkümen, N., 1990, Neue Ergebnisse zum Alter der Miozaenen Fisch-Schichten in Nord-Thrakien (Türkei), Stratigraphie 1. Mitt. Bayer, Staatsslg. Palaont. Hist, Geol., 30, 27-37, München.
- Querol, X., Cabrera, Ll., Pickel, W., Fernandez-Turiel, J.L., Hagemann, H.W. and Lopez- soler, A. 1996. Controls on the quality of the Mequinenza Coal Deposit, NE Spain. *International Journal of Coal Geology*, 29: 67-91.
- Sakınç, M., 1994, Karaburun (B İstanbul) denizel Oligoseni'nin stratigrafisi ve paleontolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 116, 9-14.
- Saner, S. 1985. Saros Körfezi dolayının çökelme istifleri ve tektonik yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 1-10.
- Saraç, G. 1987. Kuzey Trakya bölgesinde Edirne-Kırklareli-Saray-Çorlu-Uzunköprü Derekebir yörelerinin memeli paleo-faunası. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Schweinfurth, S. P. 2003. Coal-A complex natural resource. U.S. Geological Survey Circular 1143, 39p.
- Singh, R.M., Singh, M.P. and Chandra, D. 1983. Occurrence, distribution and probable source of trace elements in Ghugas coals, Wardha Valley, district Chandrapur and Yeotmal, Maharashtra, India. *Int. J. Coal. Geol.*, 2: 371-381.
- Siyako, M., 2005, Trakya ve yakın çevresinin Tersiyer stratigrafisi, TPAO Arama Dairesi Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 4608, 104s., Ankara
- Siyako, M. 2006 a. Trakya Havzası'nın linyitli kumtaşları. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 132: 63 – 73.
- Siyako, M. ve Kasar, S., 1985, Edirne-Lalapaşa-Kırklareli bölgesinin jeolojisi. TPAO Arama Dairesi Arşivi, (yayımlanmamış) rapor no, 2062, 78s., Ankara
- Siyako, M., Bürkan, K., Okay, A.I. 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1: 183-199.
- Sykorova, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G. H. ve Flores, D., 2005, Classification of huminite-ICCP System 1994, *Int. Journal of Coal Geology*, 62, sayfa 85-106.
- Stach E., Mackowsky, M.-TH., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmuller, R. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 535 p.
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E.N., Ünay, E., Gürbüz, M., Atalay, Z., 1987, Gelibolu yarımadası ve güneybatı Trakya Tersiyer Havzası'nın stratigrafisi, sedimentolojisi ve tektoniği. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, (yayımlanmamış) rapor no, 8218.
- Sütçü, E., Paker, S., Nurlu, P., Kumtepe, P. ve Cengiz, T., 2009. Tekirdağ-Malkara havzasında CBS yöntemleriyle potansiyel kömür sahalarının belirlenmesine yönelik iki değişkenli istatistiksel yaklaşım. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Bildirileri, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Swaine, D.J. 1990. *Trace Elements in Coal*. Butterwarth, London, 278 p.
- Swaine, D.J. 1995. The contents and some related aspects of trace elements in coals. In: *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Swaine, D.J., Goodarzi, F. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 5-23.
- Şengüler, İ., Toprak, S., Kara, H., Öner, A., Tuncaltı, E. ve Kır, N. 2000. Güney Trakya Bölgesindeki kömürlerin petrografik incelemesi ve ortamsal yorumu. *Türkiye*

12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, ss. 173-180. Karadeniz Ereğlisi, Zonguldak.
- Şengüler, İ., Akman, Ü., Taka, M., Dümenci, S., Kalkan, İ., Kır, N. ve Sulu, K. 2003. Güney Marmara Neojen Havzalarının kömür potansiyeli. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, ss. 212-213. Ankara.
- Şengüler, İ. 2013. Ergene (Trakya) Havzası'nın jeolojisi ve kömür potansiyeli. *Maden Tetkik ve Arama Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 16: 109-114.
- Şentürk, K., Sümengen, M., Terlemeç, İ. ve Karaköse, C., 1998a, Çanakkale-D3 Paftası, 1:100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, 63, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri dairesi, Ankara.
- Şentürk, K., Sümengen, M., Terlemeç, İ. ve Karaköse, C., 1998b, Çanakkale-D4 Paftası, 1:100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, 64, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri dairesi, Ankara.
- Taner, F. ve Çağatay, A. 1983. Istranca masifindeki maden yataklarının jeolojisi ve minerolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26: 31-40.
- Temel, R.Ö. ve Çiftçi, N.B. 2002. Gelibolu Yarımadası, Gökçeada ve Bozcaada Tersiyer çökellerinin stratigrafisi ve ortamsal özellikleri. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 14: 17-40.
- Turgut, S., Siyako, M. ve Dilki, A. 1983. Trakya Havzası'nın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 4: 35-46.
- Türkecan, A. ve Yurtsever, A., 2002, İstanbul Paftası, 1:500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Umut, M, İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Sarıkaya H., Saraç, G. 1983. Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7349 (yayınlanmamış), Ankara.
- Umut, M, İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoğlu M., Saraç, G. 1984. Edirne İli-Kırklareli İli-Lüleburgaz (Kırklareli İli)-Uzunköprü (Edirne İli) civarının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7604, (yayınlanmamış), Ankara.
- Umut, M, 1988, Kırklareli-C5 Paftası ve İzahnamesi, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel müdürlüğü, Ankara 10 s.
- Umut, M, 1988, Kırklareli-C4 Paftası ve İzahnamesi, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel müdürlüğü, Ankara 6 s.

- Ülkümen, N.,1960, Trakya ve Çanakkale mntıklarında bulunan Neojen balıkları formasyonları hakkında. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 16-80s.
- Ünal, O. T. 1967. Trakya jeolojisi ve petrol imkanları. TPAO Arama Grubu Rapor No: 391 (yayınlanmamış), Ankara.
- Üşümezsoy, Ş. 1982. Igneous and metamorphic geology and mineralization of Istranca region (Geotectonic setting and mineralization of the Istranca masif). *İstanbul University Earth Sciences Review*, 3(1-2) 227-294.
- Wouterlood, H.J., Bowling, K.Mc.G., 1979, Removal and recovery of arsenous oxide from flue gases. *Enviromental Science Technology* 13(1), 93-97.
- Yavuz Pehlivanlı, B. 2011. Hırka Formasyonu (Beypazarı, Ankara, Türkiye) bitümlü şeyllerinin inorganik element depolanmaları ve organik-inorganik elementler arasındaki kökensel ilişkiler. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 332 s.
- Zheng, B., Ding, Z., Huang, R., Zhu, J., Yu, X., Wang, A., Zhou, D., Mao, D., Su, H., 1999, Issues of health and disease relating coal use in southwestern China, *International Journal of Coal Science*, (40), s119-132.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Onur AKBIYIK
onurakbiyik1@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-Devam ediyor	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2010-2015	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Jeoloji Mühendisi Mayıs, 2019-Devam Ediyor	DSİ 10. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Şube, Diyarbakır
Sondör Yardımcısı Mayıs, 2018- Haziran, 2018	Turkish Petroleum International Company (TPIC), Erzurum
Şantiye Şefi Haziran, 2015-Eylül, 2015	Ortadoğu Sondaj San. ve Tic. A.Ş., Aydın