T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

GÖLBAŞI (ADIYAMAN) KÖMÜRLERİNDE ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Mehmet KARAGÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİSAN 2023

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

GÖLBAŞI (ADIYAMAN) KÖMÜRLERİNDE ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Mehmet KARAGÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİSAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖLBAŞI (ADIYAMAN) KÖMÜRLERİNDE ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Mehmet KARAGÖZ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2021-5766 numaralı proje ile desteklenmiştir.

NİSAN 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖLBAŞI (ADIYAMAN) KÖMÜRLERİNDE ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Mehmet KARAGÖZ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 11/04/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)
Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ
Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL

ÖZET

GÖLBAŞI (ADIYAMAN) KÖMÜRLERİNDE ANA-ESER ELEMENT ZENGİNLEŞMELERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Mehmet KARAGÖZ

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Nisan 2023; 75 sayfa

Ülkemizde Gölbaşı (Adıyaman) Bölgesinde önemli miktarlarda linyit rezervleri bulunmaktadır. Linyitler Neojen yaşlı kayaçların içerisinde yer alır. Bölgedeki kömürlerde taban kayaçları üstten alta doğru kömür izli kil birimleri, kil, marnlı seviyeler, alt kısımda ise, siltli kumlu ve çakıllı litolojiler olarak görülmektedir. Kömürün tavan kayaçları; kalkerli kil, mavi renkli kil ve çakıldan oluşmaktadır. Fosil yakıtlardan ülkemizde en fazla rezerve sahip olan kömürün çıkarımı ve yakılması sonucu, kömürün element zenginleşmesi çeşidine bağlı olarak çevre ve canlı sağlığı üzerinde çeşitli etkileri vardır. Belirlenen ana-eser element miktarları dünyadaki çeşitli bölgelerdeki kömürlerle karşılaştırılarak yüksek değer içeren elementler belirlenmiş, çevre ve canlı sağlığı açısından etkileri değerlendirilmiştir. 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 analizleri değerlendirme sonuçlarına göre çalışma alanına ait kömür ve kömürlü birimlere ait örneklerde Dünya linyit ortalamaları referans alındığında ortalama değer üzerinde kalan eser elementler Be, Sc, V, Co, Zn, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, W ve U olarak belirlenmiştir. Bu elementler çevresel açıdan değerlendirildiğinde Ba, Co, Sb, Be, Zn, Se, Mo ve U elementlerinin çevre ve canlı sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

XRD tüm kaya ve kil analizi sonucuna göre bulunma oranları bolluklarına göre kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, feldispat, jips, pirit, mika ve klorit mineralleri olarak belirlenmiştir. Kil mineralleri ise smektit, illit, kaolinit ve klorit mineralleri şeklinde tespit etmiştir. Baskın kil minerallerinin smektit, illit ve klorit olduğu görülmüştür. Kil minerallerinin dağılımı ve farklı oranları, bunların havza dışından gelen detritik kökene ait olduğu sonucunu doğurmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Gölbaşı, Adıyaman, Kömür, Eser Element

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL

ABSTRACT

KEY ELEMENT ENRICHMENTS AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACTS IN GÖLBAŞI (ADIYAMAN) COALS

Mehmet KARAGOZ

MSc Thesis at Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

April 2023; 75 pages

In our country, there are significant amounts of lignite reserves in Gölbaşı (Adıyaman) Region. Lignites are located in Neogene aged rocks. Base rocks in the coals in the region are seen as coal-trace clay units, clay, marly layers from top to bottom, and silty, sandy and pebbly lithologies in the lower part. Ceiling rocks of coal; It consists of calcareous clay, blue colored clay and pebbles. As a result of the extraction and burning of coal, which has the most reserves in our country, among fossil fuels, coal has various effects on the environment and animal health depending on the element enrichment type. The determined main-trace element amounts were compared with the coals in various regions of the world, and high-value elements were determined and their effects in terms of environment and living health were evaluated. In addition, correlation matrices were created by calculating the pearson correlation coefficient with the help of statistical analysis, and the relations of the elements with each other were revealed and inferences were made about their environmental origin with the help of XRD whole rock and detailed clay analyzes.

According to the main-trace element analysis evaluation results, when the world lignite averages are taken as a reference in the samples belonging to the coal and coal-bearing units of the study area, the trace elements remaining above the average value are Be, Sc, V, Co, Ni, Zn, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, it is designated as Sn, Sb, Ba, W, and U. When these elements are evaluated from an environmental point of view, it has been concluded that Ba, Co, Sb, Be, Zn, Se, Mo and U elements have negative effects on the environment and living health.

According to the results of XRD whole rock and clay analysis, their abundance was determined as quartz, calcite, clay minerals, dolomite, feldspar, gypsum, pyrite, mica and chlorite minerals. Clay minerals were determined as smectite, illite, kaolinite and chlorite minerals. Dominant clay minerals were smectite, illite and chlorite. The distribution and different ratios of clay minerals lead to the conclusion that they belong to detrital origin from outside the basin.

KEYWORDS: Gölbasi, Adiyaman, Coal, Major-Trace element

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Supervisor)

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL

ÖNSÖZ

Enerji kaynaklarının varlığı, çeşitliliği ve miktarı ülkelerin gelişimini doğru orantılı arttıracak şekilde ve bu gelişimin devamlılığının sağlanması yönünde önem arz etmektedir. Tarih sahnelerinde gördüğümüz savaşların temel sebebini de enerjiye olan açlığın ve bu enerji kaynaklarının sahibi olma isteğidir. Ülkemiz fosil yakıtların varlığı yönünden zengin bir ülke konumundadır. Ülkemizin bu kaynaklardan daha çok yararlanarak gelişmişlik düzeyimizi artırmak maksadıyla fosil yakıt kaynaklarının bulunması, bulunduğu yerden alınması ve işlenmesi oldukça büyük önem taşır. Fakat işletim sırasında bu kaynakların bünyesinde bulunan çevreye ve insan sağlığına bazı ölümcül veya geri dönüşü olmayan hasarlar bırakabilmektedir. Bu kaynakların çıkarımından kullanımından sonrasına kadar olan işlemler zincirinin hiçbir noktasında çevreye ve canlılara verilecek zararın hiç olmaması veya olabilecek en az zararın oluşturulma ortamının hazırlanması planlanmalıdır. Bu kapsamda kömür içerisinde bulunan elementler araştırılarak olası durumlar irdelenmiştir

Bu çalışma ve yüksek lisans hayatım boyunca bana verdiği her türlü destek için, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY'a, çalışmalarımda desteğini eksik etmeyen Dr.Öğr.Gör. Selin KARADİREK ve Dr. Öğr.Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her yönüyle bu işi sürdürebilmemde büyük destekte bulunanlara minnettarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
AKADEMİK BEYAN vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı 2
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi 3
2. KAYNAK TARAMASI 4
2.1. Kömür Tanımı 4
2.1.1. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırılması 4
2.1.2. Kömürleşme 6
2.2. Kömürlerin Sınıflandırılması 8
2.3. Kömürün Bileşenleri 9
2.3.1. Hüminit grupları 10
2.3.2. Liptinit grupları 10
2.3.3. İnertinit grupları 11
2.3.4. Mineraller ve eser elementler 11
2.3.4.1. Mineraller 11
2.3.4.2. Eser elementler 12
2.4. Kömürlerde Ana-Eser Element 13
2.4.1. Eser elementlerin çevresel etkileri 17
2.4.2. Eser elementlerin insan sağlığı açısından etkileri 18
2.5. Kömür ve Çevre Kirliliği 24
2.5.1. Kömürlerin Neden Olduğu Hava Kirliliği 24
2.5.2. Kömürlerin Neden Olduğu Su Kirliliği 24
2.5.3. Kömürlerin Neden Olduğu Toprak Kirliliği 25
2.6. Önceki Çalışmalar 26

3. MATERYAL VE METOT 29
3.1. Arazi Çalışmaları 29
3.2. Laboratuvar Çalışmaları 30
3.3. Ofis Çalışmaları 33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 34
4.1. Gölbaşı Çevresinin Jeolojisi 34
4.1.1. Neojen Öncesi Formasyonlar 36
4.1.2. Neojen Sonrası Kayaçlar 36
4.2. Kömür Sahasının Litolojik Özellikleri 39
4.3 Gölbaşı Bölgesinin Organik Jeokimyasal ve Petrografik Özellikleri 40
4.4. Kömür ve kömürlü birimlerin mineralojisi (XRD tüm kaya ve kil analizleri) 41
4.5. Ana-eser element analizleri 43
4.5.1. Ana element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler 49
4.5.2. Eser element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler 52
6. SONUÇLAR 68
7. KAYNAKLAR 70
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "**Gölbaşı (Adıyaman) Kömürlerinde Ana-Eser Element Zenginleşmeleri ve Çevresel 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.

11/04/2023

Mehmet KARAGÖZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : yüzde

^{o}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_3COOH: Asetik asit

CH_3OH: 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

HNO_3: Nitrik asit

Ho : Holmiyum

H2O : Dihidrojen monooksit

H_2SO_4 : Sülfirik asit

I : İllit

K : Potasyum

Kl : Klorit

Kln : Kaolinit

km : kilometre

La : Lantan

Lu : Lutesyum

m : metre

Mg : Magnezyum

mg/ m^3: 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 : İtriyum

Yb : İterbiyum

Zn : Çinko

Zr : Zirkonyum

Bu tezde kullanılan ondalık ayıracı virgül (,)' dür.

Kısaltmalar:

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

ASTM: Amerika Malzeme ve Test Birliği

EF : Zenginleşme Faktörü

DAFZ : Doğu Anadolu Fay Zonu

GD : Güney Doğu

ISO : Uluslararası Standart Organizasyonu

ICP-AES: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektometre

ICP-MS: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektometre

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. İnceleme alanının yer bulduru haritası 3

Şekil 2.1. Kömürleşme sırasındaki aşamalar (Flaig 1968) 6

Şekil 2.2. Linyin teorisine göre kömür oluşumu (Nakoman 1971)……7

Şekil 2.3. Maseral grupları (Stach vd. 1982 ve Sẏkorovà vd. 2005)……10

Şekil 2.4. İz elementlerin çevresel ilgilerine göre gruplandırılması (Akar 2001)..… 17

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait arazi fotoğrafları (Harmanlı kömür sahası; A) yol üstü kuzeydoğu yönü: B) yol üstü güneydoğu yönü: C) yol üstü kuzeybatı yönü: D) ocak altı kuzeydoğu yönü)..... 29

Şekil 3.2. Çalışma alanından örneklerin alındığı mostralar (Harmanlı kömür sahası)..... 30

Şekil 3.3. Araziden alınan örneklerin labaratuvarda analize hazırlanması 31

Şekil 3.4. Ofis çalışmalarına yönelik iş akış şeması..... 33

Şekil 4.1. Gölbaşı ve çevresinin jeoloji haritası (İmamoğlu 1993'den sadeleştirilerek alınmıştır) 34

Şekil 4.2. Gölbaşı/Adıyaman havzasının ölçeksiz stratigrafik sütun kesiti 35

Şekil 4.3. Harmanlı açık ocak işletme bölgesinden alınan ölçekli stratigrafik tip kesiti..... 39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Uluslararası genel kömür sınıflaması (DPT 2001) 5

Çizelge 2.2. Çeşitli ranklarda (kömürleşme derecelerinde) kömür özellikleri (DPT 2001)..... 5

Çizelge 2.3. Kömürleşme derecelerine göre ASTM sınıflaması (ASTM 1991)… ..... …9

Çizelge 2.4. Kömürlerde bulunan minerallerin sınıflandırması (Stach vd. 1982) ..... …13

Çizelge 2.5. Çevreye duyarlı 25 eser element (Finkelman 1997; Finkelman ve Gross 1999; Orem vd. 1999; Schweinfurth 2003) …….…….. 15

Çizelge 2.6. ABD, İngiltere, Avustralya ve Çin kömürlerine ait iz elementlerin konsantrasyonları (Yan vd. 1995)……..…….……16

Çizelge 3.1. Yapılan analizlerin örnek bazında dağılımları..... 32

Çizelge 4.1. İnceleme alanından alınan kömürlü birimlerin tüm kaya ve kil bileşenleri 42

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklere ait minimum, maksimum, ortalama değerler ve Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD ve Çin kömürleri ortalama konsantrasyonlarıyla karşılaştıtılması (a Ketris ve Yudovich (2009), b Palmer vd (2004), c Finkelman (1993), d Dai vd (2007,2008,2012), e Rudnick ve Gao (2003), f Valkovic (1983), * (%) olarak ifade edilmiştir)..... 44

Çizelge 4.3. Kömür örneklerinin element konsantrasyonlarının UCC, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya kömürleriyle kıyaslanması..... 48

Çizelge 4.4. Çalışma alanına ait kömürlerinin ana element içeriklerinin korelasyon matrisi..... 49

Çizelge 4.5. Majör elementlere ait zenginleşme faktörleri 52

Çizelge 4.6. Çalışma alanından alınan örneklerin eser element korelasyon matrisi (** 0,01; * 0,05 düzeyinde anlamlıdır.) 53

Çizelge 4.7. Eser elementlere ait zenginleşme faktörleri..... 65

1. GİRİŞ

Kömür, organik maddelerin milyonlarca yıl boyunca basınç ve ısıya maruz kalmasıyla oluşan bir fosil yakıttır. İnsan ömrüyle karşılaştırıldığında oluşumu çok uzun sürede gerçekleştiğinden "yenilenemeyen" bir enerji kaynağı olarak adlandırılan kömürün insanoğlunun yaşamında önemli bir yeri vardır. Ülkemizde üretilen linyit kömürleri; elektrik üretimi amacıyla termik santrallerde, sanayi sektörlerinde ve ısınma amaçlı olarak konut ve işyerlerinde tüketilmektedir. (Özcan vd. 2013). Ülkemizde 2021 yılında; 90,78 milyon ton linyit, 1,55 milyon ton asfaltit, 1,73 milyon ton taşkömürü olmak üzere toplam 94,06 milyon ton yerli kömür üretimi gerçekleşmiştir (TÜİK 2022). Bununla birlikte 2021 yılı kömür ithalatı ise 37,27 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (MTA 2021). 2012 yılı taşkömürü arzının % 37,7 oranındaki en büyük kısmı elektrik üretiminde ve % 31,5 oranındaki kısmı ise ısınma amaçlı olarak tüketilmiştir. Kok fabrikalarının payı % 17,1 ve diğer sanayinin payı ise % 13,7 düzeyindedir. 2021 yılında 73,61 milyon ton olan toplam linyit arzı bir önceki yılla benzer şekilde %82'si elektrik üretimi ve ısı üretiminde kullanılmıştır. Sanayi sektörlerinde kullanım payı %10,8 ve konut-işyerlerinde kullanım payı ise %7,5 düzeyindedir (TÜİK 2022; TKİ 2022).

Enerjinin çeşitliliği ve rezervi dışında enerji hammaddesinin kullanabilme yeteneği ülkelerin gelişmişlik durumu hakkında fikir verebilmektedir. Bir ülkenin sürekli gelişen ekonomilerde kendi sırasını korumak ya da konumunu üst sıralara taşımak için enerji olmazsa olmaz durumlarda üst sırada yer alır. Artan sanayileşme yanında enerji hammaddesi ihtiyacını arttırdığı için oluşan rekabet ortamında enerji kaynaklarına sahip olma arzusu yatmaktadır.

Enerji kaynakları kendilerini yenileyebilme ve yenileyememe özellikleri bakımından iki farklı gruba ayrılmaktadır. Rüzgâr, jeotermal enerji, güneş, hidroelektrik biokütle, dalgalardan elde edilebilen enerjiler kendilerini yenileyebilen enerji kaynaklarına örnek verilebilir. Bir başka çeşit olan kendini yenileyemeyen enerji fosil kaynaklı enerji kaynakları petrol, doğal gaz, bitümlü şeyl ve kömürdür. Ülkemiz yenilenebilen enerji kaynakları bakımından önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen fosil yakıtlar bakımından dışa bağımlılığı olan bir ülkedir. Termik santrallerden, sanayiye hatta konut ısıtmada sık kullanılan yakıt olan kömür havayı, suyu, toprağı kirletici özelliği bakımından sera gazı etkisi, küresel ısınma iklim değişikliği gibi sorunlar ile olumsuz etkilemektedir.

Ülkemizde 1980 sonrasında hızlı bir şekilde artan sanayileşmenin birlikte getirdiği kentleşmeyle enerji tüketimi de katlanarak artmıştır. Artan enerji ihtiyacı ile birlikte fosil yakıtlardan olan petrol, doğal gaz ve kömüre olan talep de artmıştır (Mucuk ve Uysal 2009). Türkiye'de elektrik enerjisinin %70 gibi yüksek bir oranı çevre kirliliğine neden olan ve küresel çapta olumsuzluklara neden olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir (Avcı vd. b.t.).

Ülkemizde fosil yakıtların önemli yer tuttuğu gibi dünyada da enerji üretimi için fosil yakıtlar önemli yer tutmaktadır. Ülkemizdeki gibi dünyadaki diğer ülkeler de enerji ihtiyaçlarını bu yakıtlardan sağlamaktadır. Fosil yakıtlardan yararlanırken enerji elde etmek için kulanılan yöntemler ortaya CO2, NOx ve SO2 gibi yanma ürünü olan zararlı gazları da atmosfere yayar. Üretim sürecinde yakıtlardaki ana ve eser elementler de bacalardan çevreye yayılır. Atmosferde artan CO2 miktarının sıcaklığı artırmasıyla birlikte yaşanan iklim değişiklikleri çevre dengesi üzerinde negatif etkiler yaratmaktadır. Başka bir etkiolarak da yanma sonucu oluşan SO2 gibi gazlar atmosferdeki su buharıyla birleşerek bölgelerde asit yağmurlarını oluşmasına ortam hazırlamaktadır. Oluşan asit yağmurları çevre kirliliği problemiyle ekolojikdengeyi tehdit etmektedir.

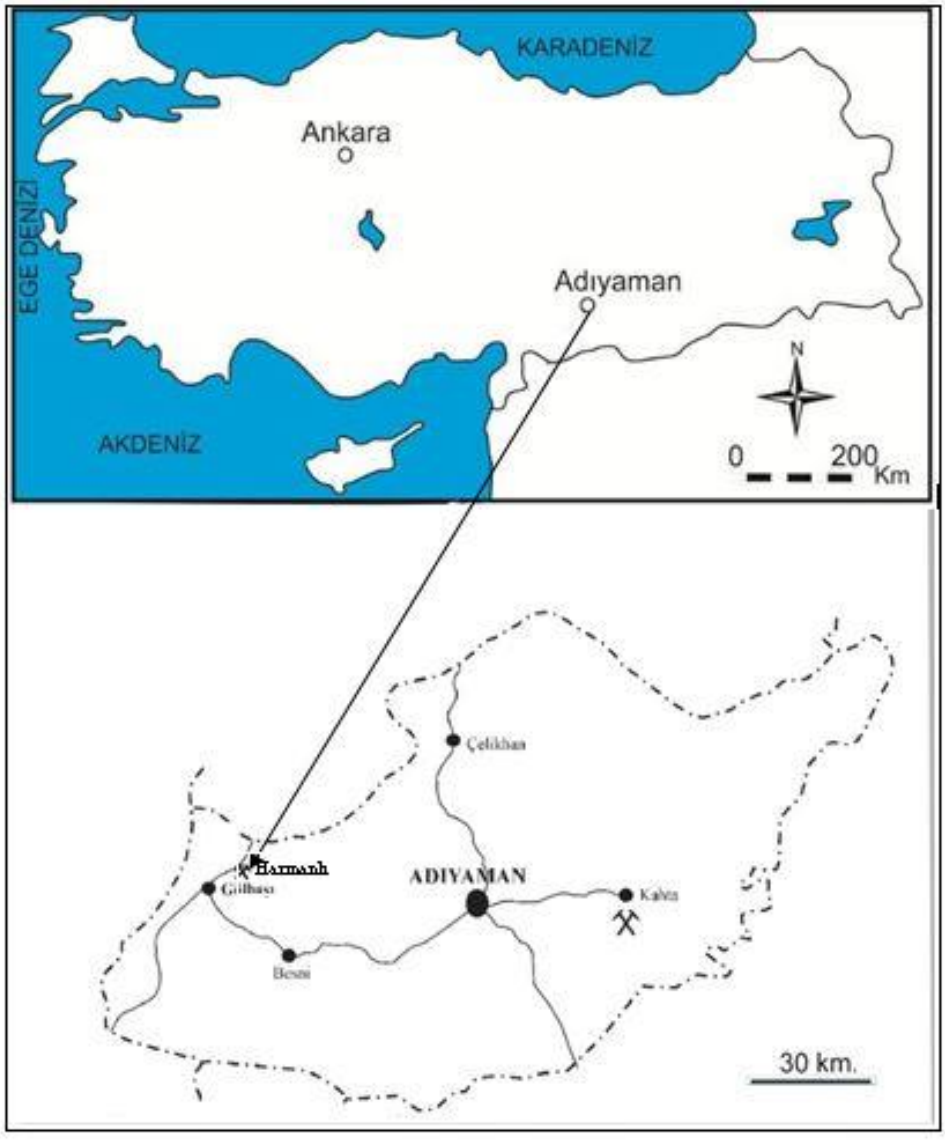
Kömür, yapısında bulundurduğu organik bileşenlerin yanında ppm ve ppb gibi düşük miktarlarda olsa dahi çevresel dengeyi olumsuz etkileyecek elementleri bünyesinde bulundurabilmektedir. Çok azının dahi olumsuz etkileri olabilen bu elementlere eser elementler denilmektedir. Eser elementler, kömürlerin çıkarılmasından taşınmasına en çok da yakılması sonucu ortaya çıkan uçucu küllerle havaya salınır. Yanmadan kalan organik olmayan maddeler de konsantre olarak atık depolama sahaları vasıtasıyla toprağa ve suya karışabilmektedir. Kömür içeriğindeki bu elementlerin dünya standartlarında belirlenen yoğunluk eşik değerleri vardır. Eser elementlerin ppm, ppb de olsa miktarlarının eşik değerlerin üzerinde olması ciddi sonuçlara neden olmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Yapılan bu çalışmada Adıyaman iline bağlı Gölbaşı ilçesinin kuzey doğusunda yer alan Harmanlı (Perveri) ve Ozan köyleri arasındaki bölgede Tersiyer yaşlı kömür ve kömürlü birimlerden örnekler alınmış, ana-eser element analizleri yapılarak ana-eser element içeriği tayin edilmiş, elde edilen değerler Türkiye ve Dünyadaki benzer nitelikli kömürlerle karşılaştırılmıştır. Dünyadaki kömür ortalamaları temel alınarak yapılan karşılaştırma sonucu sınır değerlerin üzerindeki değerlere sahip olan elementler belirlenerek bu elementlerin çevresel ve canlı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca tespit edilen elementlerin istatistiksel yorumlamaları yapılarak sedimantasyon ortamları hakkında yaklaşımlarda bulunulmuştur. Ayrıca bu örneklerin XRD tüm kaya ve kil analizleri yapılarak mineralojik bileşimleri ile kil minerali bileşenleri ortaya konmuştur.

1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi

İnceleme alanı, Adıyaman iline bağlı Gölbaşı ilçesi sınırları içerisinde yer amaktadır (Şekil 1.1). Bu alanda işletmeye açık kömür ocakları bulunmaktadır. Bölgede Plio-Pleistosen yaşlı linyitli çökellerin varlığı ve DAF zonunun üzerinde bulunması nedeniyle birçok araştırmaya konu olmuştur. Çalışma alanındaki istif gençten yaşlıya doğru; Neojen sonrası çakıllar ve alüvyonlar, Neojen yaşlı taban konglomerası, silttaşı-kiltaşı ve killi kalkerler, Neojen öncesi istif olan fliş, ofiyolitler ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu çalışma bölgede bulunan açık işletme sahasındaki bir istiften alınan kömür ve kömürlü birimlerden alınan örnekler incelenerek sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kömür Tanımı

Kömür farklı miktarlarda organik ve inorganik bileşenleri içinde bulunduran tortul bir kayaçtır. Uygun ortam koşullarında, bataklıklarda değişime ve çürümeye uğramadan biriken bitki kalıntılarının zaman içerisinde biyokimyasal ve fiziksel faktörlerle değişimi sonucu meydana gelir (Özpeker 1988). Kömür, detay tanım olarak asıl bileşeni karbon olan yanında hidrojen, oksijen, kükürt, azot gibi elementler içeren ve bazı anorganik bileşenleri de olabilen yanıcı bir kayaç olarak tanımlanabilir. 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 arasında turba, %60-70 arasında linyit, %80-90 arasında taş kömürü ve %90'dan fazla ise antrasit olarak adlandırılır (Orem ve Finkelman 2003).

2.1.1. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırılması

Uluslararası Kömür Kurulu taarfından kömürler için genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflama kömürler iki ayrı sınıfa ayrılmıştır.

a) Sert kömürler; ıslak ve külsüz olarak 5700 kcal/kg'ın üzerinde kalorifik değer gösteren kömürlerdir. Kalorifik değer, uçucu madde içeriği ve koklaşma özelliklerine göre değişik alt sınıflara ayrılırlar.

b) Kahverengi kömürler; ıslak ve külsüz olarak 5700 kcal/kg'ın kalorifik değer gösteren kömürlerdir. Toplam nem içeriği ve kalorifik değerlere göre alt sınıflara ayrılırlar (DPT 2001).

Uluslararası kömür sınıflamasında en çok kabul gören bir diğer sınıflama işlemi kömürleşme derecesine göre yapılan kömür sınıflamasıdır. Bu sınıflamada karbon içeriği temel değişken olarak değerlendirilir. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerde uçucu madde içeriği, kömürleşme derecesi düşük kömürlerde ise kalorifik değer temel alınarak sınıflandırılmıştır (DPT 2001). Uluslararası genel kömür sınıflaması, kömür rank sınıflaması ve özelliklerine Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de yer verilmiştir.

Çizelge 2.1. Uluslararası genel kömür sınıflaması (DPT 2001)

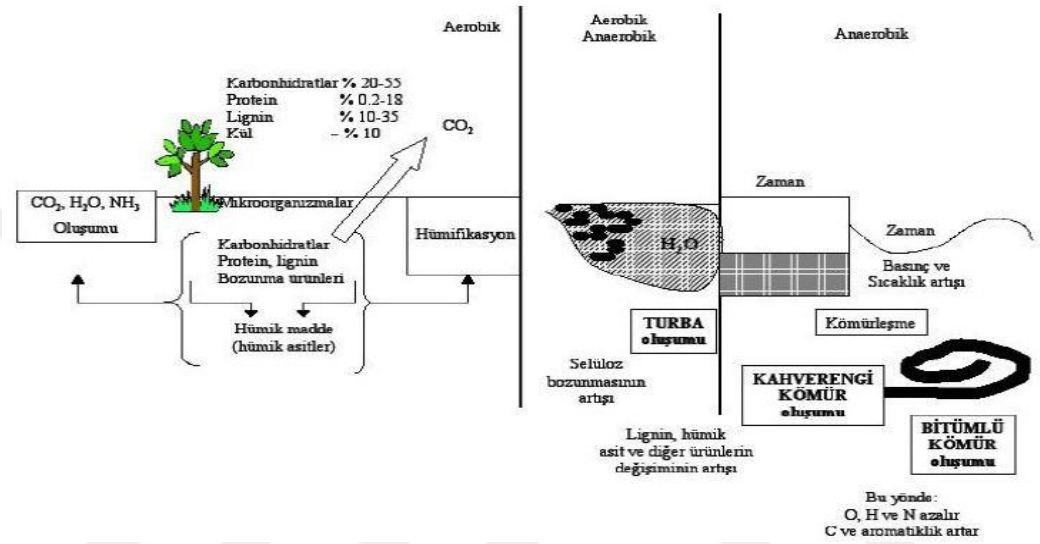
A- SERT KÖMÜRLER	B- KAHVERENGİ KÖMÜRLER
1- Koklaşabilir kömürler (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede) 2- Koklaşmayan kömürler a) Bitümlü kömürler b) Antrasit	1- Alt bitümlü kömürler (4165-5700 kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez) 2- Linyit (4165 kcal/kg'ın altında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Çizelge 2.2. Çeşitli ranklarda (kömürleşme derecelerinde) kömür özellikleri (DPT 2001)

Kömürleşme derecesi (rank)	Uçucu madde içeriği (% Ağırlık, Islak-külsüz)	Karbon içeriği (% Ağırlık, Islak-külsüz)	Kalorifik değer (Btu/Lb, Mineral maddesiz)	Nem içeriği (% Ağırlık)
1. LİNYİT	69-44	76-62	8.300-6.300	52-30
2. ALT BİTÜMLÜ	52-40	80-71	11.500-8.300	30-12
3. BİTÜMLÜ a) Yüksek uçuculu-B b)Yüksek uçuculu-C c)Yüksek uçuculu-A d)Orta uçuculu e)Düşük uçuculu	 50-29 49-31 31-22 22-14	 86-76 88-78 91-86 91-86	 13.000-10.500 14.000 14.000 14.000	 15-2 5-1 5-1 5-1
4. ANTRASİT	14-2	99-91	14.000	5-1

2.1.2. Kömürleşme

Kömür, oluşum aşamalarına ilk olarak turba ile başlamaktadır. Belirli bir jeolojik süreç içerisinde, yükselen ısı ve basınç etkisiyle birçok fiziki ve kimyasal değişikliklere uğrar. Taşkömürü evrelerini geçtikten sonra en son aşamada antrasit ve meta antrasit meydana gelir. Turbanın, linyitten, antrasite ve meta-antrasite dönüşme süreci kömürleşme olarak adlandırılır. Kömürleşme sırasında turbanın oluştuğu bataklık ortamında ince taneli sedimanların gelmesi sonucu oksidasyon engellenmiş ve sonuçta kömürleşme başlamış olur (Şekil 2.1).



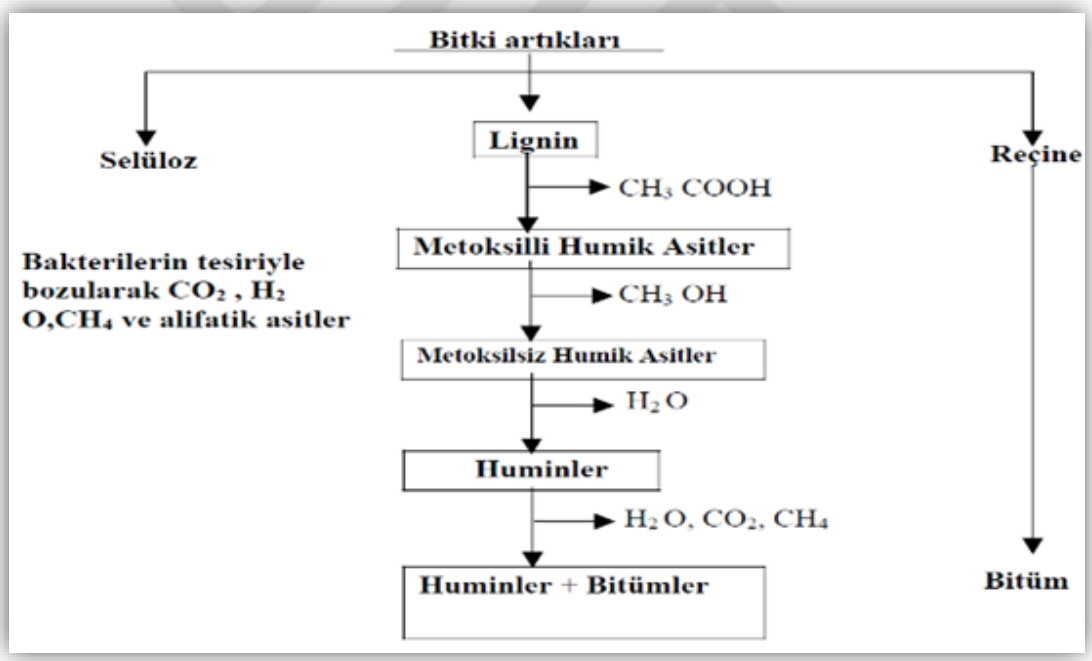
Şekil 1.1. Kömürleşme sırasındaki aşamalar (Flaig 1968)

Kömürleşme, iki grup olarak niteledirilmektedir. Bu gruplardan birincisi, fungi ve bakteri faaliyetlerinin fazla olduğu biyokimyasal aşama, ikincisi ise biyokimyasal aşamanın bitiminden itibaren sıcaklık, basınç ve zamanın değerlendirildiği kömürleşme derecesinin olduğu evredir. Bu evrede başlangıçta turbadan, artan basıncın ve sıcaklığın etkisiyle linyit oluşur. Kömürleşme derecesinin artması altbitümlü kömür, bitümlü kömür ve daha sonra antrasiti meydana getirir. Fiziksel ve kimyasal bozunmalar esas alındığında, alt bitümlü kömüre kadar olan değişmeler, diyajenetik süreç içerisinde değerlendirilmektedir (Karayiğit ve Köksoy 1997). Altbitümlü kömür aşamasının başlangıcından sonra organik madde değişiminin şiddeti çok yüksek olduğundan bu süreç metamorfizma olarak da ifade edilmektedir. Fakat bu süreç sırasında kömürün komşu kayaçlarında çok zayıf diyajenetik değişiklikler oluşturmaktadır. Bunun nedeni olarak kömürlerin artan ısı ve basınca karşı diğer sedimentlerden daha duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalarda, kavram kargaşasını ortadan kaldırmak amacıyla, turbadan başlayarak antrasite kadar olan kömürler diyajenez içerisinde gösterilmektedir. Bunun dışında meta antrasit ankimetaforizma içersinde değlendirilmektedir. Kömürleşme derecesi (rank) ise bir kömürün rütbesini veya kömürleşme süresi içerisindeki pozisyonunu ifade etmektedir (Korkmaz 2008).

Bir başka deyişle kömürleşme süreci turbanın kahverengi kömüre (linyit, alt bitümlü kömür) daha sonra da taş kömürü (bitümlü kömür) ve antrasit dönüşerek en son meta-antrasite dönüşmesine denir (Altunsoy ve Özçelik 1993).

Kömürleşme derecesi rank terimiyle ifade edilir. Rank hesaplanırken kimyasal parametreler, ısıl değer ve optik özellikler göz önüne alınarak belirlenmektedir. En düşük ranklı turbalardan sonra daha yaşlı kömürler sırasıyla linyit, alt bitümlü kömür, taş kömürü ve antrasittir. Sertlikleri, yaşları, kalite ve ısıl değerlerleri de bu sıralamaya göre artar (TKİ 2021). Fiziksel ve kimyasal değişimler göz önünde bulundurulduğunda, alt bitümlü kömürün oluşma aşamasına kadar olan prosesler diyajenez içerisinde değerlendirilirler. Bu aşamadan sonra organik maddenin değişim şiddetinin çok fazla yükselmedi sebebiyle bu aşama da metamorfizma olarak ifade edilir.

Selüloz, linyin, balmumu ve reçineler bitkilerin ana bileşenleridir. Bitkilerin içerdiği linyinin değişime uğramasıyla birlikte hümik asitler ve hümik jöle meydana gelir. Selüloz ise kısa zamanda yok olmaktadır. Bazı araştırmacılar selülozun 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 hümik asitlere dönüşür.



Şekil 2.2. Linyin teorisine göre kömür oluşumu (Nakoman 1971)

Şekil 2.2'de görüldüğü üzere linyin CH_3COOH uzaklaştırarak alkalilerde eriyebilen metoksilli hümik asitlere dönüşür. Daha sonra metoksilli bu hümik asitler metoksilsiz humik asitlere dönüşürler bu sırada CH_3OH açığa çıkar. Daha sonra metoksilsiz hümik asitler de H_2O degajmanıyla 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 yapıan araştırmalarda fiziksel özellikleriyle ve içindeki minerallerin görünümleriyle sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre parlak kömür, lifsi kömür, killi kömür, kömürlü kil taşı gibi gruplara ayrılır. Bunun yanında endüstriyel sınıflamalarda kömürlerin kimyasal özellikleri daha çok ön plana çıkmaktadır. Literatürde çeşitli araştırmacıların yaptığı çalışmalar doğrultusunda pek çok kömür sınıflaması yer almaktadır. Bilimsel sınıflamalarda kömürlerin karbon, oksijen ve hidrojen içerikleri gibi element özellikleri kullanılmaktadır. Bu parametreleri esas alan ve bilinen en iyi sınıflama, Seyller kömür sınıflamasıdır (Karayiğit ve Köksoy 1997). Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik komisyonu tarafından 1956 yılında, kahverengi kömürler için uluslararası bir kömür sınıflaması geliştirilmiştir. Bu sınıflamaya göre nemli külsüz bazda ölçülen ısıl değeri 23,86 MJ/kg'dan büyük olan sert kömürler, bu değerden küçük olanlar ise yumuşak kömürler olarak adlandırılır. Ülkemizde ise kömürler daha çok linyit ve taşkömürü olarak sınıflandırılmaktadır (Karayiğit ve Köksoy 1997).

Ticari kömürlerin sınıflaması yapılırken en çok ASTM kömür sınıflaması kullanılmaktadır (ASTM 1991; Çizelge 2.1). Bu sınıflama değerlendirilirken kömüre ait sabit karbon içeriği ve ısıl değeri referans almaktadır. Bu durumun yanında kömürlerin koklaşma özelliği de göz önünde bulundurulur. Bu sınıflamada kömürler, linyit, altbitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit olmak üzere 4 sınıfa ve bu gruplar da kendi içinde alt gruplara ayrılırlar. Bu sınıflamada, altbitümlü kömür ile bitümlü kömürün ayırımı, kömürlerin koklaşma özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır. Koklaşma göstermeyenler altbitümlü kömür sınıfında, gösterenler bitümlü kömür sınıfında yer almaktadır (Karayiğit ve Köksoy 1997).

Çizelge 2.3. Kömürleşme derecelerine göre ASTM sınıflaması (ASTM 1991)

Sınıf	Gruplar	Sabit Karbon (dmmf)		Uçucu Madde (dmmf)		Üst Isıl Değer (mmmf, Btu/lb)		Kekleşme Özelliği
		Eşit veya Büyük	Daha Küçük	Eşit veya Büyük	Daha Küçük Küçük	Eşit veya Büyük	Daha Küçük Küçük	
Antrasit	Meta Antrasit	98	-	-	2	-	-	Kekleşmez
	Antrasit	92	98	2	8	-	•	
	Semi-Antrasit	86	92	8	14	-	•	
Bitümlü Kömür	Düşük Uçuculu	78	86	14	22	-	-	İyi Kekleşir
	Orta Uçuculu	69	78	22	31	-	-	
	Yüksek Uçuculu-A		69	31	-	14000	-	
	Yüksek Uçuculu-B		-	-	-	13000	14000	
	Yüksek Uçuculu-C	-	-	-	-	11500 10500	13000 11500	Kekleşir
Altbitümlü Kömür	Altbitümlü-A	-	-	-	-	10500	11500	Kekleşmez
	Altbitümlü-B	-	-	-	-	9500	10500	
	Altbitümlü-C	-	-	-	-	8300	9500	
Linyit	Linyit - **A**	-	-	-	-	6300	8300	
	Linyit * B	-	•	-	•	-	6300	

Açıklamalar (eşitlikler bünye nemi içerenkâmûrdeki değerleri göstermektedir)

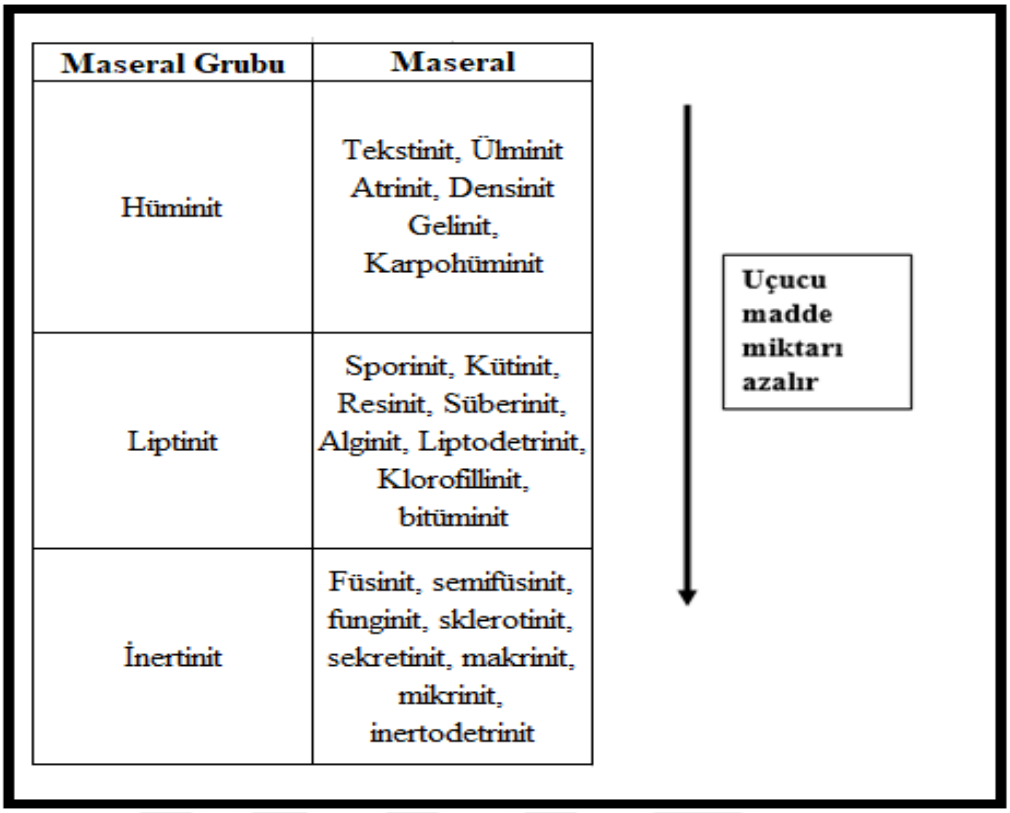
Kuru, mlneral-maddesİ2(dmmf] basla sabit karbon:
= 100(FC< 1S5)/(1O<HM*1.Û8AX).55S)
Kuru, mlneral-maddesi2(dmmf) basla uçucu madde: ^lOO-Kidmmn
Nemli, mlneral-maddesir (mmmf)batda üst ısıl değer: = 100 (Bt u -5OS | / (1004 î .08A«0.5 5 s))

Kısaltmalar:
Btu - Üst ısıl değer, Btu/lb
FC = Sabit karbon. %
VM = uçucu madde. %
M = nem. K
A-kül X
S? kükürt A

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. Maserallerin boyutları çok küçük olduğundan çıplak gözle görme durumu söz konusu değildir. Ancak mikroskop altında ayrıntılı olarak incelenebilme olanağı sunarlar. Maserallerin belirli bir kristal yapıları yoktur. Renk, ışığı yansıtma, şekil ve röliyef gibi bazı parametreler kullanılarak maseraller mikroskop altında ayırt edilebilirler. Maseraller hüminit, liptinit ve inertinit olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar (Stach vd. 1982 ve Sỳkorovà vd. 2005), (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Maseral grupları (Stach vd. 1982 ve Sỳkorovà vd. 2005)

2.3.1. Hüminit grupları

Linyit kömürlerinde yaygın olarak bulunur bu yüzden en önemli maseral grubudur. Kömürleşme derecesinin artması ile 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, %2-45 arasında uçucu madde, %1-6 hidrojen, %1-16 oksijen içerirler (Akbıyık 2021).

2.3.2. Liptinit grupları

Liptinit grubunun maseralleri şekil 4'te görüldüğü gibi sporinit, kütinit, resinit, sübersinit, alginit, klorofillinit, bitüminüt ve liptodetrinitten oluşurlar. Vitrinitlere göre daha fazla hidrojen içerirler. Bu grubun en önemli özelliği düşük kömürleşme derecesinde uzun dalga boylu ultraviyole ve mavi ışınlara karşı otolüminisent olmalarıdır. Kömürleşme derecesi arttıkça oluşan flüoresans şiddeti azalır (Altunsoy ve Özçelik 1993). Bu grubun maseralleri siyah renkte görünürler.

2.3.3. İnertinit grupları

Bu gruba ait maseraller koklaşma sürecinde reaksiyon göstermezler. Bunun sebebi ise karbonca zengin, hidrojence fakir olmasıdır. İnertinit grubu maseraller üç maseral grubu arasında en yüksek yansıma değerine sahiptirler. Vitrinit maseraline benzer şekilde bitki hücre duvarlarının mantarlardan, linyin ve selülozlarından türerler. Bu maseraller çökelmeden önce oksitlenme ve parçalanmaya uğramaktadır. Kömürleşme sürecinde daha erken kömürleşmelerinden dolayı esas kömürleşme sürecine girdiğinde oksijen ve hidrojen kaybederek karbonca zenginleşirler. Bu zenginleşme neticesinde yansıtma dereceleri de yükselir (Özpeker 1988).

2.3.4. Mineraller ve eser elementler

Kömürlerde orgnik maseraller yanında değişik oranlarda inorganik maddeler de bulunurlar. Bu maddeler kömürlerine göre turbanın kaynağını oluşturan bitkilerde bulunanlar, turba oluşum sürecinde meydana gelenler ve kömürün oluşumundan sonra meydana gelenler olarak üç grup altında toplanabilirler. Çizelge 3'te Stach vd. (1982)'ye göre kömürde bulunan mineraller kökenlerine göre sınıflandırılmıştır. Bitkilerde ana elementler olan C, H, O, N'dan farklı olarak Ca, Na, K, Mn, Mg, Al, Ti, S, Cl, P gibi elementler de bulunurlar. Bu elementler kömür külü içinde bulunurlar ancak bu tip eser elementlerin miktarı mineral miktarına göre çok daha azdır (Akbıyık 2021).

Kömür içeriği ana elementler ve mineraller, mineraller ise birincil ve ikincil mineraller olarak dağılım gösterebilmektedir. Ana elementler ve mineraller kömürleşme sürecine dahi olan bitkilerin yapısında bileşen olarak bulunabilirler. Bu elementler turbalaşma sürecinde ve kömürleşme evrelerinde, kimyasal tepkimelerin etkisi ile bileşiklere dönüşerek zenginleşir. Turbalaşma sırasında bitki kalıntılarının bataklıklarda birikirken meteorik sular ve rüzgârlarla taşınan mineraller ve elementleri bünyesine dâhil ederek ilksel birincil mineraller birliktelikleri oluştururlar. Bu durum kömürleşme senaryosu dâhilinde gerçekleşebilmektedir (Akbıyık 2021).

İlksel evrede oluşan mineral ve elementlerin dışında değişen ortam koşullarında dış etkiler altında kalan kömürler yüzeysel veya hidrotermal kökenli akışkanlar bünyesinden gelen elementlerin kömür katmanlarının kırıklık çatlakları ve gözenekleri içinde birikerek yeni mineral bileşenleri oluşturabilirler. Bu durum ikincil mineralleşme olarak nitelendirebilir (Akbıyık 2021).

2.3.4.1. Mineraller

Yapılan çalışmalar kömür içerisinde 50-60 tür mineral olduğunu göstermiştir. Bunlardan mineral grupları içerisinde en önemli olanları; killer, karbonatlar ve demir mineralleridir. Diğerlerinin kömür içerisindeki bolluğu %1'in altındadır.

a) Kil mineralleri: kömürlerde en sık gözlenen mineral grubunu killer oluşturur. Genel minerallere oranla kömürdeki minerallerin %60-80'nini oluştururlar. Kömürle ara katmanlı ilişki kurarlar. Kil katmanların kalınlığı yer yer 1-2 milimetrelik bantlar oluştururken bazen 10 santimetreye varabilmektedir. Uygulamada killi kömürler, kömür-kil arasındak oransal ilişkşye göre sınıflandırılır. %20'ye ulaşan kil içerikli mikrolitotiplere killi kömürler, %20-60 oranına kadar çıkan kil kil oranına sahip kömürlere karboarjilit denir (Temel 2007).

b) Karbonat mineralleri: İlksel ve ikincil kökene sahip olabilirler. Sideritler ilksel kökenli karbonatlardan en yaygın olanlarıdır. Dolomit varlığı çoğunlukla deniz ilerleme süreçleri dâhilinde gelişir. %20-60 oranında karbonat içeriğine sahip kömürlere karboankerit olarak adlandırılır (Temel 2007).

c) Demir mineralleri ve sülfitler: Kömürlerde denk gelebileceğimiz demir mineralleri ve sülfitler içerisinde en yaygın görüleni pirittir. Diğer ender demir mineralleri olarak kömür içerisinde limonit yaygın olarak gözlenebilir. İnce uzun lepidokrosit veya yassı götit kristallerinin karışımıdır. Diğer sülfit mineralleri arasında sfalerit, galen ve kalkopirit sayılabilir. %5-20 oranında başta pirit olmak üzere kükürt mineralleri içeren kömürler karbopirit olarak adlandırılabilir (Temel 2007).

d) Silikatlar ve diğer mineraller: Silikatlar içinde kuvars, killerden sonra bol bulunan minerallerdir. Kuvars, taşınma durumuna göre yuvarlanmış kristaller şeklinde bulunabilir. Ortam koşullarına bağlı olarak bataklık suyunda çözünen silisin uygun koşullar altında çökelimi ile oluşmuş ise mini kristalli veya kalsedon biçiminde gözlenir. Kökensel olarak bitkisel kökenli olabilmektedir. Silikatların varlığının saptanması çeşitli hastalıkların oluşumunun engellenmesi için önemli rol oynamaktadır (Özpeker 1988 ve Temel 2007).

e) Tuzlar: Kömür numuneleri incelendiğinde çoğunlukla sülfat, klorür ve nitrat tuzlarının izlerine rastlanır. Kömürlerde bu gruba dâhil en sık gözlenen jipstir. Genelde kökensel olarak ikincil olup çatlak ve kırıklık dolgusu görünümüne sahiptirler (Temel 2007).

2.3.4.2. Eser elementler

Kayaç ve kömürler içerisinde %0,1 altında oranlarda yer alan elementler eser element olarak adlandırılmaktadır. İz elementler kökensel olarak minerallere benzerler. Kömüre kaynak olabilecek bitkilerden gelebileceği gibi kömürleşme sürecinde kaynağı besleyen malzemeden de kaynaklanabilirler veya çatlak, kırık gözeneklerde gezinen iz elementlere kaynak olabilecek çeşitli ortamlardan geçmiş akışkanlara bağlı gelişebilirler. İz elementler, organik yapıcıların yanında minarellere de bağlı olabilirler. (Özpeker 1988).

Çizelge 2.4. Kömürlerde bulunan minerallerin sınıflandırması (Stach vd. 1982)

Mineraller	**Senjenetik (Kömürün bünyesinde)**		**Epijenetik (Kırık ve Çatlaklarda)**
	Su ve hava akımları ile taşınanlar	**Oluşumu kömürle aynı anda olanlar**	
Killer	**İllit, serisit, kaolinit, levernerit, montmoriillonit, vb.**		
Spatik Karbonatlar		**Siderit konkresyonlan, dolomit (ankerit), kalsit**	**Kalsit, Ankerit**
Sülfürler		**Pirit,FeS_2- $CuFeS_2$-ZnS Konkresyonlan,melnikovit**	**Pirit.markasit blend, Kalkopirit, Galen**
Oksitler		**Limonit, hematit**	**Gotit**
Kuvars	**Kuvars taneleri**	**Kalseduan ve kuvars**	**Kalseduan ve kuvars**
Klorür ve Sülfatlar		**Kaya tuzu, tenardit, jips**	

2.4. Kömürlerde Ana-Eser Element

Kömür içeriklerinde genellikle 1000 ppm'den yüksek değere sahip ve buradaki organik matriksleri olusturan C, O, H, N ve S gibi elementler ana element olarak isimlendirilirken, konsantrasyonları 1000 ppm'den daha az değere sahip olan olan Cu, As, Zn, Th, V vb. elementler ise kömürde eser elementler olarak isimlendirilir (Liu vd. 2003). Kömürlerin içerdiği eser element değerlerinin cins ve miktarı, kömürün kullanılılabilirliğini belirler. Kullanılması durumunda ortaya çıkan kullanılamayacak durumdaki artık maddelerdeki element birikiminin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin minimuma indirilmesi için nasıl bertaraf edilmesi gerektiği veya birikimin ekonomik olarak olumlu ya da olumsuz nasıl etkileri olacağı gibi konular önem taşımaktadır. Kömürler içerisinde; inorganik veya organometalik bileşikler içeren ve ekonomik düzeylerde olduğu sürece üretime katılabilen bazı elementler bulundurabilmektedir. Kömür tabakalarının yer aldığı sedimanlarda ve kömür oluşumları içerisinde, ekonomik oranlarda Ge, U, Ga ve Cu bulunabildiği bilinmektedir. Bunlardan ayrı olarak kömürün bünyesinde; Be, Mo, V, Zn, W, Co, Cd, As, Pb, Se, Cr gibi kirliliğe sebep olma potansiyeli yüksek toksik iz elementler mevcuttur (Kural 1991).

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. Kömür içeren birimlerin çoklu fasiyes karakterli ve farklı köken kayaçlardan oluşmaları, kömürler içerisinde yer alan iz elementlerin dağılımının nasıl gelişebileceği yönünde araştırmaların yapılmasına klavuzluk etmiştir. Bu araştırmaların sonuçları değerlendirilerek çeşitli yorumlar yapılmıştır. Bu değerlendirmeler kapsamında:

- Kömür damarlarında yüksek oranda iz element içeriğinin bulunması, genellikle geçirgenliği yüksek kumlu ve siltli sedimanların bulunduğu bölgelerde yer alır. Bu yorum kesin bir kuralı temsil etmemekle beraber, çoğu iz elementin bu özelliği gösterdiğe bağlı kaldığı belirtilmektedir.

- Kömür damarlarının yer aldığı sedimanlar akarsular tarafından kesilerek oluşan sedimanların içerisinde iz elementler yoğunlaşmaktadır.

- Yüksek miktarlı iz element konsantrasyonları, genellikle kömür damarlarının tavan ya da taban kesimlerinde oluşmaktadır. Bu seviyelerle damar içi zenginleşmeler karşılaştırıldığında zenginleşmelerin oranı %50 ile %70 arasında değişkenlik göstermektedir.

- Kül yüzdesinin düşük olduğu kömürlerde iz element konsantrasyonları daha yüksek ve yayılım alanı geniş olarak bulunmaktadır. Yüksek kül yüzdeli kömürlerde, özellikle Ge için yüksek konsantrasyon değerleri elde edilmiş ve bu küllerde Fe yüzdesi de yüksek olarak bulunmuştur (Kural 1991; Bayram ve Odabası 1994).

Böylesi bir çeşitlilik söz konusu olduğundan eser element çalışmalarının insan ve çevre sağlığı açısından tüm kömür sahalarında gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kömür, içeriğinde 60'dan fazla eser elemente yer vermekte olup bu elementlerden 25 tanesi çevresel olarak hassas elementler olarak bilinmektedir (Çizelge 2.3). Kömürlerde bulunan eser elementlerin, dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalar temel 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 2.5. 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	Sülfitler
Kadmiyum	Sfalerit
Kalay	Oksitler ve Sülfitler
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 Sülfitler
Nikel	Organik Madde ve Sülfitler
Selenyum	Clausthalite, Ferroselit, Galen, Organik Madde, Pirit
Talyum	Pirit
Toryum	Kil, Monazit, Zenotim, Zirkon
Uranyum	Organik Madde, Zirkon
Vanadyum	Kil ve Organik Madde

Çizelge 2.4'te verilen değerlerde ABD (1-2), İngiltere (3-4-5) ve Avustralya (6) kömürlerindeki 38 adet iz element ortalaması verilmiştir. İz element içerikleri kömür tipine göre oldukça kuvvetli şekilde değişir görünse de, dört esas grup içerik seviyesi verilebilir ve çoğu iz element değerlerinin 50 ppm'den daha az konsantrasyonda oldukları görülmektedir (Raask 1985). Çizelge 2.4'te ayrıca yedi Çin kömüründeki 10 iz elementin konsantrasyonları da verilmiştir (Yan vd. 1995).

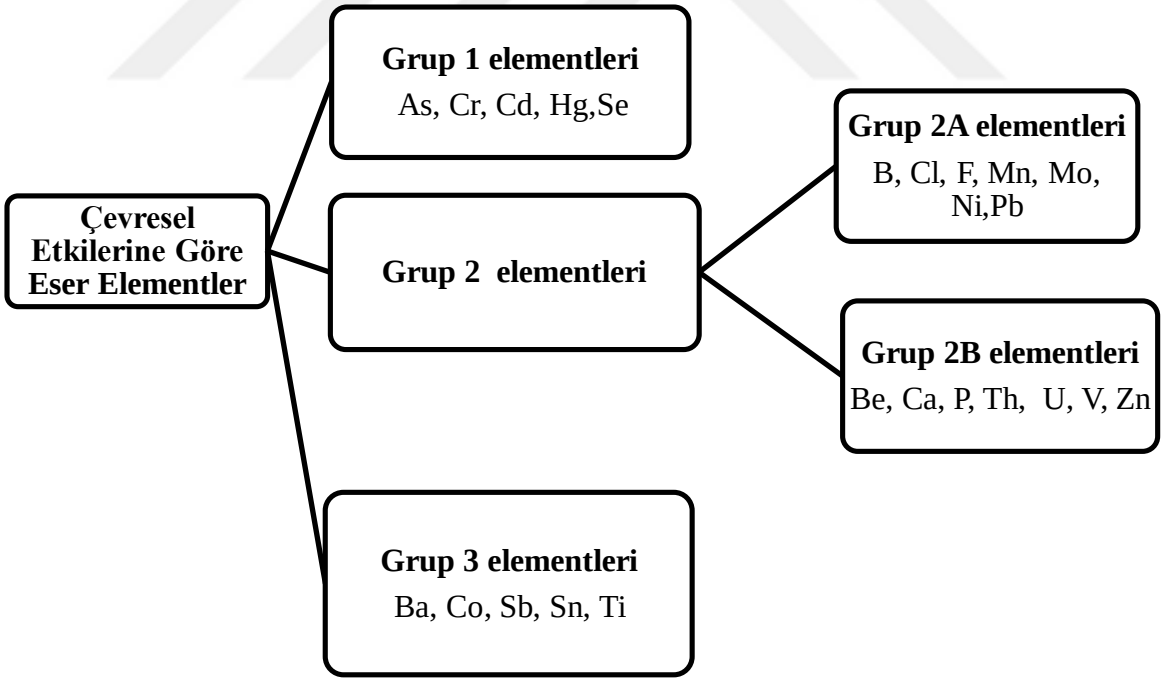
Çizelge 2.6. ABD, İngiltere, Avustralya ve Çin kömürlerine ait iz elementlerin konsantrasyonları (Yan vd. 1995)

Elementler	ABD		İngiltere			Avust.	Çin							Tüm
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	Kömürler
>50 ppm														
Baryum		150	70-		142	70-300								20-1000
Bor	102	50	30-			30-60								5-400
Florin	61	74	150		114	150								20-50
Manganez	49	100	130		84	130								5-300
Fosfor	71		-			-								10-3000
Stronsiyum	37	100	100			100								15-500
Titanyum	700	800	900	63		900								10-2000
Çinko	272	39	25			25								5-300
10-50 ppm														
Arsenik	14	15	1.5		18	1.5	14.5	9.9	12.1	21.0	11.0	9.6	13.9	0.5-80
Seryum	11		-			-								-
Brom	15		-			-								-
Klor			150			150								50-2000
Krom	14	15	6		34	6	36.8	25.4	21.6	30.4	26.0	12.0	74.0	0.5-60
Bakır	15	19	15	48		15	27.5	33.4	31.4	21.6	23.3	19.5	32.1	0.5-50
Kurşun	35	16	10	48	34	10	20.9	18.1	12.2	29.4	22.8	22.7	24.4	2-80
Lityum		20	20			20								1-80
Nikel	21	15	15		28	15	13.9	18.6	17.1	17.0	12.4	9.3	24.9	0.5-50
Rubidyum	14													
Vanadyum	33	20	20		76	20	76.5	100	70.8	54.2	48.5	38.3	109	2-100
10-50 ppm														
Zirkonyum	72	30	100			100								5-200
1-10 ppm														
Antimon	1.3	1.1	0.5		3.1	0.5								0.05-10
Berilyum	1.6	2	1.5		1.8	1.5	3.1	2.6	1.8	1.3	1.9	1.3	2.5	0.1-15
Kadmiyum	2.5	1.3	0.08	0.24	0.4	0.08	0.19	0.15	0.29	0.30	0.10	0.08	0.25	0.1-3
Kalsiyum			1.3			1.3								0.3-5
Kobalt	9.6	7	4			4	8.5	9.5	11.6	7.4	6.7	5.6	10.8	0.5-30
Galyum	3.1		4			4								1-20
Germanyum	6.6		6	6.8	5.1	6	1.95	1.48	0.47	0.4	0.94	0.63	0.93	0.5-50
İyot	2.0		-			-								-
Lantan	6.9		16			16								-
Molibden	7.5	3	1.5		<2	1.5								0.1-10
Niyobyum		3	-			-								1-20
Skandiyum	2.4	3	4			4								1-10
Selenyum	2.1	4.1	0.8		2.8	0.8								02-4
Talyum			-			-								<0.2-1
Toryum	2.0		2.7	3.9		2.7								0.5-10
Uranyum	1.6	1.8	2		1.3	2								0.5-10
<1 ppm														
Cıva	0.2	0.18	0.1	0.2		0.1								0.02-1
Gümüş	0.2		<0.1			<0.1								0.02-2
Tantal	0.15													

2.4.1. Eser elementlerin çevresel etkileri

Günümüzde birçok ülkenin enerji alt yapısını kömürlü termik santraller oluşturmaktadır. Termik santrallerde kömürün yanmasıyla ortaya çıkan atıklar ve uçucu küller eser elementlerin çevreyle temas ederek kirlenmesine yol açmaktadırlar. Termik santrallerde kömürün yakılması ile olusan mikro, makro tüm atıkların depolanması ve kullanımı ile ilgili problemler günümüzün giderilemeyen sorunlarındandır. Ortaya çıkan kül ve tozlara ait fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Kömür yakma işlemi sırasında bazı elementler atmosfere karışır, bazıları ise kül ve tozun yüzeyinde birikir. Bu elementler çevresel olarak çok büyük tehdit oluştururlar. Depolamada uygun şartların oluşmaması halinde çeşitli yollarla su sirkülasyon sistemine dahil olurlar (Xu vd. 2003). Kömürün yanmasıyla birlikte ortaya çıkan atıklar olan kül, cüruf ve gaza transfer olan ve çevreyi kirtletme potansiyeli olan elementlerden bazıları As, Cd, Sb, Se, Ga, Ge, Pb, Sn, Ti, Mo, 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 kirtetici 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 5).



Şekil 2.4. İz elementlerin çevresel ilgilerine 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 As ve 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 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 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 U ve 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. Tabi 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 gözlemlemişlerdir. 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).

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 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 Cd'un konsantrasyonunun $1mg/m^3$'ü geçmesi durumunda solunumdaki akut etkilerin görüleceğini belirtmektedir. Bunun yanısıra akciğer ödemleri, pnömonisitis, 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 nikeldir. Ni'in solunmasıyla solunum sisteminde anormal fonksiyonlar meydana gelir. Astım gibi solunum problemleri yanında burun ve gırtlak kanserleri ve deri hastalıkları Ni'in yol açtığı diğer sağlık problemleridir (Özkan 2009).

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

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

Varol 1999 ve Aşar 2006'ya göre bazı elementlerin kömürde bulunma şekilleri ve insan sağlığı açısından etkileri aşağıda verilmiştir.

Arsenik (As): Yüksek miktarlarda konsantre olduğu zaman sağlık açısından çok zararlı olabilmektedir. 1 ppm'den az miktarlardan yüzlerce ppm'e kadar bulunabilmektedir. Bazen Arsenikçe zengin cevherleşmelerin olduğu çevrelerde konsantre oranı çok yüksek miktarlara çıkabilmektedir. Kömürün kullanım durumu açısından As'in atmosfere yayılım miktarı önemlidir. As kömürlerde arsenopirit olarak gözlendiği gibi başka formlarda da bulunabilir. Pirit içindeki katı çözeltilerde yer alabilir. Organik maddede nadir olarak gözlenir. 80 ppm ve üzeri kömür için tercih edilmez.

Baryum (Ba): Baryum kömürlerde ilk olarak Barit olarak saptanmıştır. Baritosölestin, gorceixite ve witherit olarak gözlenmiş, ayrıca Baryum'un ankeritle birlikteliği de saptanmıştır. Düşük dereceli kömürlerde Ba organik kömür maddesiyle birliktelik gösterebilir. Baryum suda çözülüp nehir ekosistemine karıştığında yüksek miktarda alınması sonucu vücutlarında biriktiğinde kasların güçsüzleşmesine, beyin ve karaciğerde hasara ve kalp ritminin bozulmasına yol açar.

Berilyum (Be): Kömürlerde organik maddeyle birlikteliği gözlenmektedir. Hindistan Kömürlerinde Berilyum'un kuvars ve kil mineralleriyle bulunduğu belirlenmiştir. Be az da olsa Beril olarak veya kuvars ve killerde gözlenebilmektedir. Be'un sağlıkla ilgili bir probleme yol açtığı şu an belirlenememiştir.

Bizmut (Bi): Çevresel ve sağlık açısından olumsuz etkisi bilinmemektedir. Bazı kaynaklarda belirtildiğine göre Bizmutun sülfidlerle bulunduğu gözlenmiştir.

Kadmiyum (Cd): Endüstriyel atıklar yoluyla çevre kirlenmesine yol açmaktadır. Cd'un Sfalerit içerisinde Çinko ile yer değiştirebileceği belirlenmiştir. Cd ayrıca piritlerde, kil ve karbonat içerisinde de bulunabilmektedir. Cd'un kömürde mineral maddede özellikle Sfaleritte bulunduğu bilinmektedir. Organik maddeler içerisinde bulunması nadirdir.

Sezyum (Cs): Cs'un, killerde, mika minerallerinde, organik maddede ve feldispatlarda yer aldığı belirlenmiştir. Sezyum elementinin eser miktarları bile ölümcül sonuçlar yaratabilmektedir. Olumsuz etkisinin çok yüksek olduğu bu maddenin canlıların yaşam alanı sınırların içerisinden olabildiğince uzak yerlerde kullanılması gerekir.

Krom (Cr): Krom elementinin toksik formu Hexavalent olarak bilinmektedir. Bu form endüstriyel atıklarda ve atık sularda yüksek konsantrasyonda gözlenmektedir. Kömür içerisinde bulunurluğu yoktur. Killerde ve organik madde de bulunur.

Kobalt (Co): Kobalt'ın kömürlerde nasıl etkili olduğu hakkında bilgiye yer verilmemiştir. Kobalt'ın organik madde, killerle ve sülfidler ile bulunduğu belirlenmiştir.

Bakır (Cu): Bakırın fazla miktarlarda oluşu biyolojik açıdan istenmemektedir. Cu, kalkopirit olarak veya sülfid minerallerinde bulunmaktadır. Organik yapıda da bulunabilmektedir.

Galyum (Ga): Endüstriyel atıklardaki veya kömür külündeki Galyum içeriği önemlidir. Kömür işletimi veya kullanımı sırasında Galyum'un sağlık açısından zararı bilinmemektedir. Galyum'un organik ve inorganik birliktelikleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Sfalerit, kil mineralleri, feldispat ve sülfid minerallerinin yapısında yer alabilmektedir.

Germanyum (Ge): Kömür içerisindeki varlığı genellikle organik madde ile beraberdir. Sfaleritle birlikteliği de söz konusu olmuştur. Killerdedeki varlığıyla ilgili beraberlik ilişkisi saptanamamıştır. Sağlık açısından zararı ile ilgili emarelere rastlanmamıştır.

Kurşun (Pb): Çevre ve canlı hayatı açısından etkileri çok önemlidir. Baryum mineralleri içerisinde ve Galen ile birlikte bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca organik madde ve pirit ile birlikteliği bilinmektedir.

Mangan (Mn): Çevresel olarak olumsuz etkileri bilinmektedir. Genellikle organik maddelerin yapısında yer almaktadır. Karbonat, kil mineralleriyle ve pirit ile birlikteliği söz konusudur. Kömür kullanımı veya işletimi yönünden Mangan ile ilgili herhangi bir bilgi yoktur.

Niobiyum (Nb): Niobiyum'un çevresel açıdan bilinen bir etkisi yoktur. Nb'un rutil ile birlikte olduğu belirtilmiştir.

Fosfor (P): Kömürlerde Fosfor genel olarak 1000 ppm'in altında bulunması sebebiyle eser element sınıfında değerlendirilmektedir. Fosfor birlikteliği Fosfat mineralleri ile birliktedir.

Stronsiyum (Sr): Stronsiyum elementi organik madde yapısında yer alabilmektedir. Organik madde yapısı dışında Fosfat mineralleri ve Kalsitle de birlikte bulunmaktadır. Şimdiye kadar çevresel zararı konusunda bilgi bulunmamaktadır.

Talyum (TI): Kömürlerdeki Talyum varlığı oldukça önemlidir. Çünkü Talyum ile oluşan bileşikler toksik özelliğe sahiptir. Kömür işletimi ve kullanımı için çok az miktarlarda olması engel teşkil etmez. Talyumun bileşikleri toksik özelliklerinden dolayı oldukça zehirli olan fare zehiri yapımında kullanılmaktadır. Tl'un zenginleşmesinin özellikle piritte olduğu bilinmektedir. Talyumun organik maddeyle bulunmadığı kesin olarak bilinmektedir.

Toryum (Th): Toryum elementinin radyoaktif element olduğu bilinmektedir. Toryum varlığı biyolojik açıdan ve çevre açısından çok önemlidir. Toryum mineral madde ile özellikle de zirkon, monzonit ve xenotime ile birlikteliği vardır. Eser miktarlarda da olsa Toryum, Demir oksitlerle ve killerle birliktelik kurabilmektedir. Fakat Toryum'un organik birliktelik kurduğu söylenemez.

Titanyum (Ti): Kömürlerde varlığının çok az olması sebebiyle eser element sınıfında kabul edilmektedir. Kömürlerde bulunuşuna bazı çalışmacılar organik birliktelik ile bazı çalışmacılar ise Rutil Anatas ve Kil mineralleri gibi minerallerde bulunduğu belirmiştir. Titanyum'un kuvarsla birlikteliği de bazı çalışmalarda yer almıştır. Ancak Titanyum genelde organik yapıda bulunmaktadır. Titanyum'un çevresel ve sağlık açısından olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisinden söz edilmemiştir.

Tungsten (W): Tungsten'in organik bağlar ile yer aldığı belirlenmiştir. Ancak az miktarlarda da olsa şelit, wolframit gibi Tungsten mineralleri ile de bulunmaktadır. Hindistan bölgesine ait kömürlerde karbonat mineralleriyle bulunduğu saptanmıştır. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında Tungsten kaynaklı olumsuz bir etkinin varlığından söz edilmemiştir.

Uranyum (U): Radyoaktif element sınıfında olduğundan biyolojik, çevresel ve ekonomik açıdan önemlidir. Uranyumun kömürlerdeki varlığı genellikle organik bağlarla sağlanmaktadır. Uranyum adsorblama yoluyla kil mineralleri ile bulunabilir. Uranyum'un Uranitit, Coffinit, Karnotit, Torbenit ve Outinit gibi minerallerde de yer aldığı bilinmektedir. Karbonat, Sülfid ve Sülfat mineralleri içerisinde de bulunabilir.

Vanadyum (V): Kömür kullanımı esnasında korezyon etkisin sebebiyle önemlidir. Ayrıca yüksek miktarlarda ekoloji ve sağlık açısından zararları bulunmaktadır. Organiklerle ve inorganiklerle birliktelikleri söz konusudur.

İtriyum (Y): Organometalik bileşiklerde bulunmasına rağmen çoğunlukla inorganiklerle birlikteliği vardır. Varlığının kömür kullanımı ve çevresel açıdan bilinen zararlı bir etkisi bildirilmemiştir.

Antimon (Sb): +3 ve +5 olan iki oksidasyon kademesine ait bileşikleri zehirlidir. Vücuda hangi yolla girerse girsin iç organlarda toplanan Antimon'un akut veya kronik etkileri temel olarak mide hastalıkları, deride kızarıklık ve açılan yaralardır. Uzun süreli maruziyet durumunda ciğerler ve bronşlar üzerinde olumsuz etkileri görülmektedir. Ancak Antimon bileşiklerine ait en hayati etki kalp ritmi ve sinir sistemi üzerinde geri dönülmez tahribatlara yol açmasıdır. Bununla beraber sürekli maruziyette kilo kaybı, metabolizmanın hızlanması ve kan şekerinin düşmesine yola açar. Solumnum, (antimon bileşikleri içeren hava / toz) yeme, içme ile ve deri teması ile vücuda geçer. Antimon ve bileşiklerinin canlılar üzerinde öldürücü etkileri olduğu tahmin edilmektedir. Soluma ile temas sonucunda hayvanlarda ölüm, insanlarda ise solunum sistemi, sinir sistemi ve sindirim sisteminde negatif etkiler yaratmaktadır. Antimon kaynaklı ölümler bağışıklık sistemi gelişmeyen küçük bebeklerde görülmektedir. Antimonun insanlar üzerindeki etkileri üretim bölgelerinde ve termik santraller yakınlarında yerleşim alanlarında görülmektedir.

Çinko (Zn): Biyoloji ve ekosistem açısından önemli bir elementtir. Organik bileşiklerde ve Sfaleritle beraber bulunur.

Zirkonyum (Zr): Organik yapıda veya Zirkon olarak bulunmaktadır. Zararlı bir etkisi belirlenmemiştir.

Skandiniyum (Sc): Özel metal alaşımları yapımında kullanılması sebebiyle önemli bir elementtir. Çevresel açıdan zararları bilinmemektedir. Kömürlerde organik ve inorganik maddelerde bulunabilmektedir.

Molibden (Mo): Molibden varlığı biyolojik ve çevresel açıdan önemlidir. Olumlu olarak bitkilerin büyümesine katkı sağlamaktadır. Yüksek miktarlarda alınması zehirlenmelere neden olabilir. Molibden kömürlerde organik ve inorganik yapıda yer alabilmektedir. Piritlerde ve Sülfid mineralleri içerisinde bulunabilmektedir. Molibdence zengin kömürlerin işletilmesi uçucu küller veya atıklar yoluyla canlı zehirlenmelerine neden olabilmektedir.

Rubidyum (Rb): Finkelman (1981) tarafından yapılan çalışmada Rubidyum'un kil mineralleriyle ilişkisi belirlenmişlerdir. Kömür işletmesi ve kullanılması sırasında oluşabilecek herhangi bir zararlı etki saptanamamıştır.

Civa (Hg): Günümüzde Civa kullanımı metalik form ve bileşiklerinin ekosistem için çok zehirli olması sanayi kollarında kullanımının yasaklanmasına sebep olmuştur. Civa bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti olan sinir sisteminin, beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar oluşturduğu çeşitli çalışmalarla saptanmıştır. Yüksek dozlarda kısa süreli maruziyetinde ciğerler, ağız, boğaz ve solunum yollarına hasar verdiği tespit edilmiştir. Bunun ile beraber civa konsantrasyonun vücutta yükselmesi, tansiyon, kalp krizine, dermatolojik rahatsızlıklar oluşmasına neden olabilir. Civa buharının solunması insanların sindirim sisteminde, kas yapılarında, böbreklerde, deride hastalıkların ortaya çıkmasına neden olur.

Nikel (Ni): ortama dâhil olan Nikelin çoğu toprağa bağlanır. Asidik ortamlarda daha serbest olan Nikel insan sağlığı açısından kanserojen etki de gösterebilmektedir. Nikel işletmelerinde çalışanlarda veya herhangi bir şekilde nikel bileşimlerinin tozuna maruz kalanlarda akciğer yetersizliği, kronik bronşit, akciğer kanseri, sinüs kanserleri görülebilmektedir.

Selenyum (Se): Doğada nadir bulunan elementlerden olan selenyumun yerkabuğundaki konsantrasyon ortalaması 0,05 ppm'dir. Selenyum düşük konsantrasyonda vücut için gerekli element olmasına rağmen yüksek konsantrasyonda zehirleyici etkiye sahiptir. Kandaki Selenyum konsantrasyonu 60-100 µg/l aralığı üzerine çıktığı zaman kötü sonuçlar doğurabilmektedir. Yüksek miktarlarda Selenyum'un vücuda alınması saç ve tırnak hastalıkları, merkezi sinir sistemi rahatsızlıkları (felç, parestezi ve hemiflegi), karaciğer ve böbrek hasarları gibi etkiler göstermektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan bilimsel çalışmalara göre derekli miktarda selenyum alımı, canlıları kansere karşı koruduğunu göstermiştir.

Kalay (Sn): Kalay insan tarihinde önemli kullanım alanlarına sahiptir. Bakırın kalaylanması bna örnek verilebilmektedir. Kalay ile ilgili herhangi bir olumsuz sonuç içeren çalışma belirtilmemiştir.

Lantan (La): Lantan gazının solunması çalışma sahası ve yaşam alanı sınırları içinde bulunanlar açısından oldukça olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Uzun süreli maruziyette, akciğer hastalıklarına neden olabilir. Lantan ayrıca insanlarda kanserojen etkisi sebebiyle özellikle solunum yoluyla alınmasından kaynaklı akciğer kanserine neden olmaktadır. İnsan vücudunda yüksek konsantrasyonlara ulaşması da karaciğerde ağır tahribatlara neden olabilmektedir.

Tantalum (Ta): ağız veya deri solunumu yoluyla vücuda alınan Tantalyum sağlık açısından zarara sebep olabilir. Göz ve deride tahrişler, solunum sistemine dâhil olduğunda ise mukoza membranlarında tahrişe sebep olur (Varol 1999; Aşar 2006).

2.5. Kömür ve Çevre Kirliliği

Karbondioksit, ince kül, kükürt oksitler, azot oksitler hidrokarbonlar ve aldehitler kömür kullanımı sonucunda atmosferde kirletici etki yaratan bazı maddelerdir (Edgar 1983). Bu maddelerin çeşitli yollarla atmosfere salınımı kimi zaman büyük oranlarda çevre kirliliğine neden olmaktadır. Havaya, suya, toprağa karışan atıklar içerisinde bulunan elementlerin çevreye yıkıcı etkilerle zararı bulunabilmektedir.

2.5.1. Kömürlerin Neden Olduğu Hava Kirliliği

Kömür madenlerinden kaynaklanan hava kirliliği kömür veya artık oluşturan parçacıklı maddelerde biriken kükürt dioksit (SO_2), metan (CH_4), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) gibi ürünlerin yüksek oranda birikiminden kaynaklanmaktadır. Madenciliğin çıkarımdan nakliyeye hatta üretime kadar çoğu aşamasında oluşan toz taneciklerinin etrafa salınımını engellemek için, çıkarımdan üretime tüm evrelerde nem değeri sulama ile yükseltilerek ortaya çıkacak tozun havaya karışması engellenebilir. Gerek kömürün çıkartılması gerekse nakliyesi sırasında ortama salınan tozun etki alanı içerisinde bulunan insan varlığı için ölümcül solunum yolları hastalıklarına neden olduğu bilinmektedir. Etki alanındaki tarım arazilerine de büyük oranda zarar verebilmektedir.

2.5.2. Kömürlerin Neden Olduğu Su Kirliliği

Madencilik gerek nehir, göl vb. yüzey sularının bozulmasına yol açan, yerüstü ve yeraltı suyu hidrolojisini ve kalitesini çok etkileyen bir faaliyetidir. Madencilikte su genellikle kömür hazırlama aşamadında, toz kontrolünün sağlanmasında, yangın söndürme ve insani ihtiyaçlar için kullanılmaktadır. Bu sular üzey sularından ve madencilik sırasında ortaya çıkan yeraltı sularından temin edilmektedir (Fly 2014).

Modern bir kömür işletmesin çıkan sular kirlenme durumlarına göre kirlenmemiş, düşük risk taşıyan, yüksek risk taşıyan kirlenmiş sular olarak üçe ayrılmaktadırlar. Bu ayrıma göre her derecenin ayrı değerlendirilme olanağı bulunmaktadır. Yüksek risk taşıyan kirlenmiş sular grubunda ele alınan yüzey ve yeraltı suyu kirliliğine yol açan en önemli husus Asidik Maden Drenajı (AMD) adı verilen bir suyun oluşmasıdır. Asidik Kaya Drenajı (AKD) kükürt içeren kayaların hava ve suyla temas etmesiyle doğal olarak sülfürik asit oluşması prosesidir. Asidik maden drenajının oluşumu esasen kimyasal reaksiyonlar sonucu gerçekleşmekte olup, bazı mikrobiyel faaliyetler sonucunda hızlanmaktadır (Çeçen 2015).

2.5.3. Kömürlerin Neden Olduğu Toprak Kirliliği

Madencilik sırasında çıkan katı atıkların oluşturduğu kirliliktir. Madenden çıkan katı atıklar, kömür yıkama ve hazırlama sırasında oluşan atıklar, Asidik Maden Drenajı (AMD) sonucu oluşan atık sularının arıtmasıyla ortaya çıkan arıtma çamurları olarak üç grupta incelenir. Tüm durumlarda ortaya çıkan atıklar, farklı özelliklere ve etkilere sahip olsalar da, çoğu kez toplu halde "maden atığı" olarak adlandırılmaktadır. Maden atıkları çok önemli miktarlara ulaşmaktadır. Örneğin, Almanya'da yeraltı kömür madenlerinden yılda 24 milyon ton kömür elde edildiği ve maden atıklarının üretilen kömür ile aynı oranda olduğu düşünülmektedir (CanoSeco 2008). Madenden çıkan katı atık yığınları güneş ışığı etisiyle kendi kendine tutuşma ve yanma özelliğine sahiptir. Bunun yanı sıra büyük yığınlar halinde istif edilen bu atıklar, iyi kontrol edilmekleri takdirde, rüzgâr ve yağışla erozyona uğramaktadır. Bu atıkların yakın bölgelerdeki nehirlere taşınması su kaynaklarında sediman birikimine ve çözünmüş oksijenin tükenmesine, dolayısıyla su kalitesinin ve su yaşamının bozulmasına yol açmaktadır (Çeçen 2015).

2.6. Önceki Çalışmalar

Sungurlu (1973), çalışmasında VI. Bölge olarak belirlenen Gölbaşı-Gerger arasında bulunan sahada yaptığı çalışmasında daha önceki çalışmaların paralelinde sahanın jeolojisinin değerlendirerek petrol imkânlarını belirlemeye çalışmıştır.

Sungurlu (1974), bölge kapsamında yapılan ilk çalışmadır. Bölgeyle ilgili ilk verileri sunmaktadır. Koçali, Karadut ve Sungurlu birleşiklerinin, kuzeyde Triyastan başlayarak açılan jeosenkline ait Jura-Kretase yaşlı bölümler olduğunu ve Kampaniyen döneminde oluşan tektonik ile yükseldikleri ve Kastel çukurluğuna yürüdüğünü belirlemiştir. Araştırma Güneydoğu Anadolu bölgesinde, kıvrımlarının Gölbaşından Erganiye kadar olan kısmında 1972 ve 1973 yıllarında yapmıştır. Çalışmada bölgenin petrol imkânları saptanmaya çalışılmış ve şaryaj kütleleri altındaki istifte ana kayaç ve hazne kayaç niteliklerinin olabileceğini ortaya koymuştur.

Arpat ve Şaroğlu (1975), Doğu Anadolu Fayı'nın tüm segmentleri haritalanmış, fayın Karlıova ve Hatay Grabenleri arasından Bingöl, Palu(Elazığ), Hazar Gölü(Elazığ), Sincik(Adıyaman), Çelikhan(Adıyaman) ve Gölbaşı (Adıyaman) ilçelerinden geçerek uzandığını belirtmişlerdir.

Perinçek vd. (1987), Çelikhan-Gölbaşı arasında Doğu Anadolu Fayı'nın Güneydoğu Anadolu Miyosen bindirmesini kestiğini, Gölbaşı'nın yaklaşık 30 km güneybatısında yer alan Doğu Anadolu Fayı'nın ise 20º batıya döndüğü ve buradan Türkoğlu yönünde uzandığı, aynı alan yakınında bulunan ikinci bir kolun ise 30º batıya doğru döndüğünü ve bu dönmeler sonucunda Kahramanmaraş bloğunun B/GB yönünde kayması sonucunda Gölbaşı güneybatısında çöküntü alanı oluştuğu ve bu alanda bulunan göllerin çöküntüler vasıtasıyla oluştuğunu belirtmişlerdir.

Wagner vd. (1987), Adıyaman alanında Karababa, Derdere, Karaboğaz ve Sayındere formasyonlarına ait çökelme koşulları ve Paleocoğrafyalarını araştırarak jeolojik evrimleri ortaya konulmuştur. Araştırmacılar Derdere-1 formasyonunun Geç Turoniyen Koniasiyen zamanlarında karşılaşmış topografyası, üzerine Santoniyen'den itibaren Kampaniyen sonuna kadar birbirini izleyen transgresyon-regresyon devreleriyle sırasıyla Karababa-A, B, C üyeleri ile Karaboğaz Sayındere formasyonları'nın çökeldiğini söylemiştir. Bu birimlerin çökelimi sırasında özellikle Karababa ve Karaboğaz formasyonları dönemlerinde sınırlı, yarı sınırlı havza özelliğinde olduğu, Karababa-A üyesi ile Karaboğaz formasyonunun kaynak kaya, Karababa-C üyesi ile Derdere formasyonunun ise rezervuar kaya niteliğinde olduklarını ortaya koymuştur.

İmamoğlu (1993), Doğu Anadolu Fayının Gölbaşı-Pazarcık-Narlı arasındaki bölgenin neotektonik özellikleri incelemiş, Pliyosen çökellerini, Esmepuru, Döndükler ve Pazarcık Formasyonları olarak haritalamıştır.

İmamoğlu ve Gökten (1996), Gölbaşı-Saray fay kaması havzasının Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Perveri'nin doğusundan başlayarak yön değiştirmesi sonucunda çatallanması ile oluştuğunu, Pliyosen'den itibaren havzanın güneyinde kalan DAFZ kolu üzerinde sol yönlü atımın devam ettiğini belirlemiş, inceleme alanında mostra veren birimleri Paleotektonik dönem birimleri veya Temel Kayalar olarak, Pliyosen sonrası birimleri ise örtü birimleri olarak incelemişlerdir.

Westaway ve Arger (1996), Doğu Anadolu fay zonu üzerindeki 33 km uzunluğundaki Gölbaşı havzasının Afrika ve Arap levhaları arasındaki üçlü kavşağı işaret ettiğini göstermiştir. Anadolu levhası, Anadolu-Arap levha sınırının ana kolu olan Göksu fayı, daha güneybatıda buluna Anadolu-Afrika ve Afrika-Arap sınırlarına doğru gelişen faylar oluşturmak üzere yayılmadan önce bu havzaya DKD'den girdiği sonucuna varılmıştır. Anadolu-Afrika levha sınırı olan Gölbaşı Türkoğu fayının 16 km kaydığı gösterilmiştir. Daha önce tanınmayan Kırkpınar fayı, Afrika-Arap levha sınırında 17 km kaymıştır. Bu fay geometrisi, yakındaki diğer doğrultu atımlı faylarda, Anadolu levhasının batıya doğru hareketinin başlangıcını işaret etmektedir.

Soykan Kömür İşletmesi (1997), Adıyaman-Gölbaşı linyitleri fiziksel özellik olarak ilk haliyle yumuşak ve siyahımsı kahverengidir. Orjinal kömür doğal yollarla nem içeriğini kaybettiğinde ilk haldeki ıslak görünümü kaybolmakta ve dağılmaya başlamaktadır. Orijinal kömürde 20^0C koşullarında yoğunluğu 1,32 ton/m3 olup, ağaç parçaları ve yer yer gastropoda fosilleri içermektedir. Kömürün taban kayaçları ince taneliden iri taneliye doğru; linyit izli kil, kil, marnlı seviyelerden daha derinlerde siltli kumlu ve çakıllı litolojilere geçmektedir. Kömürün tavan kayaçlarını ise; çakıllar, kalkerli killer ve mavi renkli killer oluşturmaktadır. Tavan kayaçlarının kalınlığı 4 ile 74 m arasında değişmektedir.

Kavak (1997), Çalışma Adıyaman bölgesindeki Karaboğaz Formasyonu'nun kaynak kaya potansiyeli incelenerek bu Karaboğaz formasyonun TOC değerinin %6-7 çıktığını, organik madde tipi olarak TİP II denizel organik madde olduğu ve bu formasyonun orta-iyi kaynak kaya potansiyeline sahip olduğunu açıklamıştır.

Tuncalı vd. (2002), yapılan çalışmada, Adıyaman-Gölbaşı linyitlerine kimyasal analizler yapılmış, bu analizler sonucunda şu verilere ulaşılmıştır: orijinal kömür içeriği değerlendirildiğinde; %49,07 nem, %22,74 uçucu madde, %14,54 kül, %13,65 sabit karbon, %1,45 toplam kükürt içermekte olup alt ısı değeri 1736 kcal/kg ve üst ısı değeri 2119 kcal/kg şeklindedir. Ayrıca linyitin petrografik özellikleri; Hüminit: %58, Kil, silt vb. maddelr: %21, İnertinit: %7, Liptinit: %5, Pirit: %5 şeklinde bulunmuştur.

Çıplak (2004), yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fayının Erkenek-Gölbaşı arasında kalan kısmı boyunca olan fayların geometrisi, konumları belirlenmiş, yaş, atım ve depremselliğe ilişkin veriler araştırılmış, inceleme alanındaki Permiyen-Kuvaterner yaş aralığında değişen birimlerin 1/25.000 ölçeğinde haritalaması yapılmıştır. Sahanın kuzeydoğu ve güneybatısında görülen birimler ayrı ayrı değerlendirilmiş; Kuzeydoğuda, Koçali Karmaşığının temel teşkil ettiği ve bunun üzerine açısal uyumsuzlukla Midyat Grubu çökellerinin geldiği ve istifin Malatya Metamorfitlerine ait bindirmeyle devam edip, Kuvaterner çökelleriyle örtüldüğü gözlenmiştir.

Temel (2007), Adıyaman-Gölbaşı linyitlerine yapılan kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirmesine göre Harmanlı linyitinin değerlendirilme olanakları hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarınnda Adıyaman-Gölbaşı linyitleri ham bazda; %48,66 nem içeriği, %15,13 kül içeriği, %23,69 uçucu madde içeriği, %12,52 sabit karbon içeriği ve %1,43 toplam kükürt içeriğine sahiptir. Üst ısı değer olarak 2193 kcal/kg ölçülmüş ve alt ısı değeri 1650 kcal/kg olarak ölçülmüştür. Petrografik analiz sonucunda Adıyaman-Gölbaşı linyiti; %57 oranında hüminit, %6 oranında liptinit, %6 oranında inertinit, %6 oranında pirit ve %25 oranında kil, silt vb. maddeleri içermektedir. Major element analiz sonuçlarına göre Adıyaman-Gölbaşı linyiti; %32,55 SiO_2, %11,50 Al_2O_3, %5,80 Fe_2O_3, %18,50 CaO, %0,50 Na_2O, %0,70 K_2O, %5,10 MgO, %0,70 TiO_2, %0,70 P_2O_5, %0,10 MnO, %0,20 Cr_2O_3, %0,80 BaO ve %15,98 SO_3 içermektedir. X-Ray analiz sonuçlarına göre Adıyaman-Gölbaşı linyiti; anhidrit, kuvars, dolomit, feldspat, illit, kristobalit ve mika içermektedir.

Kavak ve Toprak (2011), Adıyaman ilinin Gölbaşı ilçesinde bulunan kömür sahasındaki Tersiyer yaşlı organik madde bakımından zengin olan kömürlü serilere ait organik jeokimyasal, organik petrografik ve kömür kalite değerlendirmeleri yapılmıştır. Petrografik değerlendirme sonuçları Gölbaşı kömürlerinin hüminit grubu maseraller bakımından zengin buna karşın liptinit ve inertinitçe fakir olduğu görülmüştür. Hüminit maseral grubunda ise gelinitler egemendir. Pirit içeriği oldukça yüksek olup, çoğunlukla framboidal oluşumludur. Hüminit (Ro) yansıma değerleri % 0,28 ile 0,516 arasında değişir ve diyajeneze karşılık gelen düşük olgunluk seviyesini belirtir.

Karayiğit vd. (2016), Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde bulunan Gölbaşı kömür sahasının turba birikim koşulları belirlenmiştir. Paleontolojik ve mineralojik veriler paralelinde DAFZ tarafından kontrol edilen kısa sürede büyük turba birikmesinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum paralelinde akarsu ve göl birikimleri duraylı turba birikimlerine ortam hazırlamıştır. Paleontolojik veriler de bölge kömürünün orta pleistosen yalında olmak ile birlikte Türkiye şartlarında oluşmuş son kömür oluşumunu temsil ettiği düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde bulunan Harmanlı kömür bölgesindeki 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

Çalışma alanına ait arazi fotoğrafları Şekil 6'da görülmektedir. Bölgede daha önceden yapılan çalışmalara bakılarak bölge jeolojisi hakkında çalışmalar yapılmıştır. Kavak (2011) ve Temel (2007) tarafından daha önce yapılan çalışmalar örnek alınarak Adıyaman iline bağlı Gölbaşı ilçesi Harmanlı kömür havzasındaki açık ocak kömür işletmesindeki istifi en iyi şekilde gösteren kömürlü birimlerden örnekler alınmıştır (Şekil 3.1, 3.2). Kömürlü seviyelerin en iyi şekilde temsil etmesi amacıyla seçilen örnekler özellikle taban, tavan ve katmanlarınn ara kısımlarından alınmaya özen gösterilmiştir. Alınan örneklerin başka örneklerle kirlenmemesi için özel kilitli poşetlere konulmuş ve bu örnekler numarandırılarak analizlere gönderilmek üzere hazırlanmıştır.

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait arazi fotoğrafları (Harmanlı kömür sahası; A) yol üstü kuzeydoğu yönü: B) yol üstü güneydoğu yönü: C) yol üstü kuzeybatı yönü: D) ocak altı kuzeydoğu yönü)

Şekil 3.2. Çalışma alanından örneklerin alındığı mostralar (Harmanlı kömür sahası)

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonucunda çalışma sahasından alınarak seçilen 24 örneğin analize hazırlanması, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Jeokimya laboratuvarı'nda yapılmıştır. Alınan her örnek ayrı ayrı agat havanda ufaltılarak halkalı öğütücüye konulmuştur. Sonraki süreçte halkalı öğütücünden çıkan malzeme elekten geçirilerek fırınlama ve kimyasal işlemlerden sonra analiz için paketlenerek hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.3).

Şekil 3.3. Araziden alınan örneklerin labaratuvarda analize hazırlanması

Hazırlanan örneklerden 12 tanesi Ana-Eser element analizi için Kanada'da bulunan ACME Laboratuvarlarına gönderilmiş, 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.

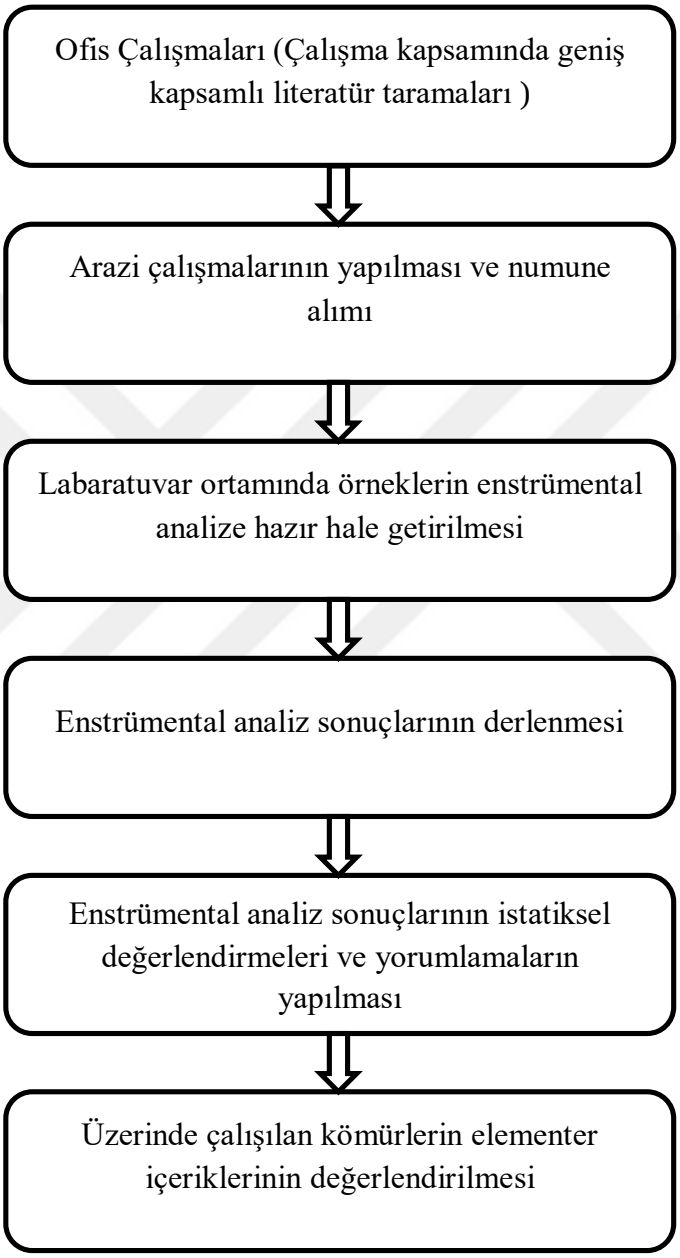
20 adet örnek ise XRD tüm kaya ve kil analizleri için MTA laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu 20 adet örnekten 14 tanesine detay kil analizi yapılmıştır. XRD difraktom çekimlerinin yapılması için örnekler toz haline getirilmiş olup toz haldeki bu örnekler özel bölmeli lam üzerine sıkıştırılarak konulmuştur. Tüm kaya analizleri 2-60^o 2θ çekim aralığında, detay kil analizleri ise 2-40^o 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
GM-1		✓	✓	**GM-13**	✓	✓	✓
GM-2		✓		**GM-14**			
GM-3		✓	✓	**GM-15**	✓	✓	✓
GM-4				**GM-16**		✓	
GM-5	✓	✓	✓	**GM-17**			
GM-6	✓	✓	✓	**GM-18**	✓	✓	✓
GM-7		✓	✓	**GM-19**	✓	✓	
GM-8		✓		**GM-20**	✓	✓	✓
GM-9		✓	✓	**GM-21**			
GM-10		✓	✓	**GM-22**	✓	✓	✓
GM-11	✓	✓		**GM-23**	✓	✓	
GM-12	✓	✓	✓	**GM-24**	✓	✓	✓

3.3. Ofis Çalışmaları

Yapılan ofis çalışmaları kapsamında kömürler, kömür içeriğindeki ana-eser elementler, bu elementlerin çevresel etkiler ve insan sağlığı üzerindeki etkileri konularında önceden yapılan çalışmalar literatürden taranmıştır. Yaptırılan analiz sonuçları doğrultusunda sonuçların değerlendirilmesi, ortaya çıkan bulgular doğrultusunda tezin yazımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).

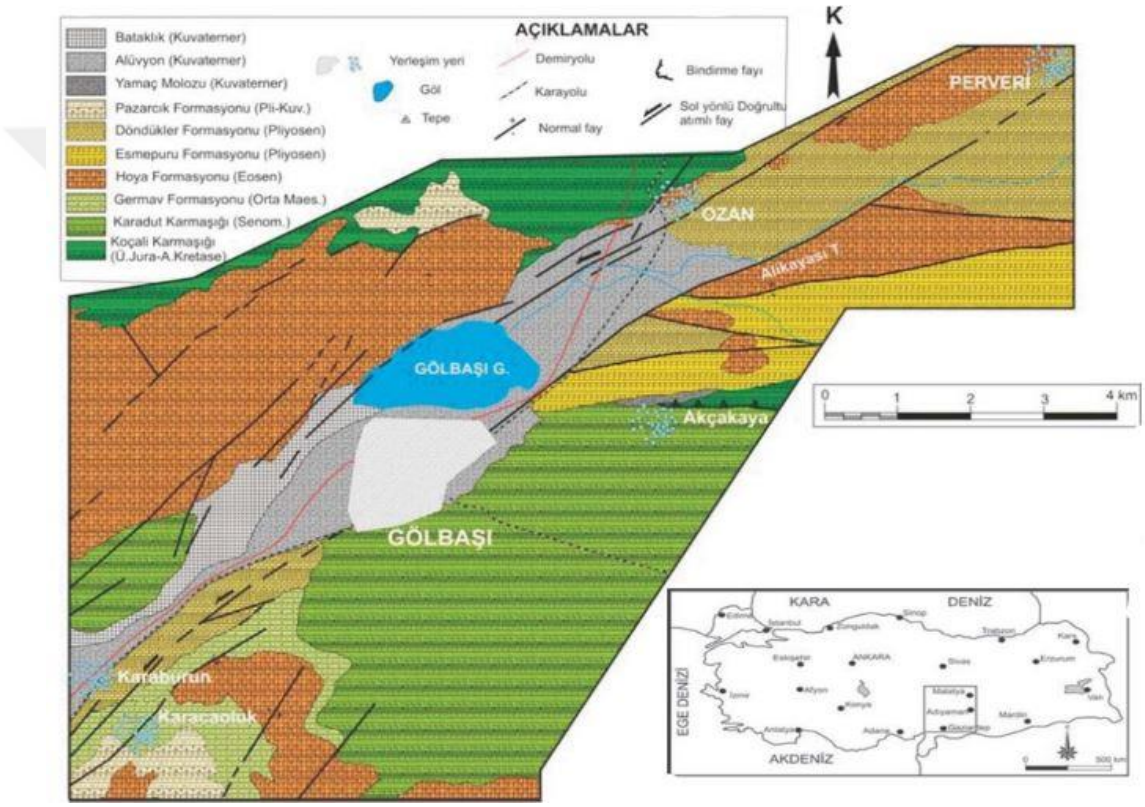


Şekil 3.4. Ofis çalışmalarına yönelik iş akış şeması

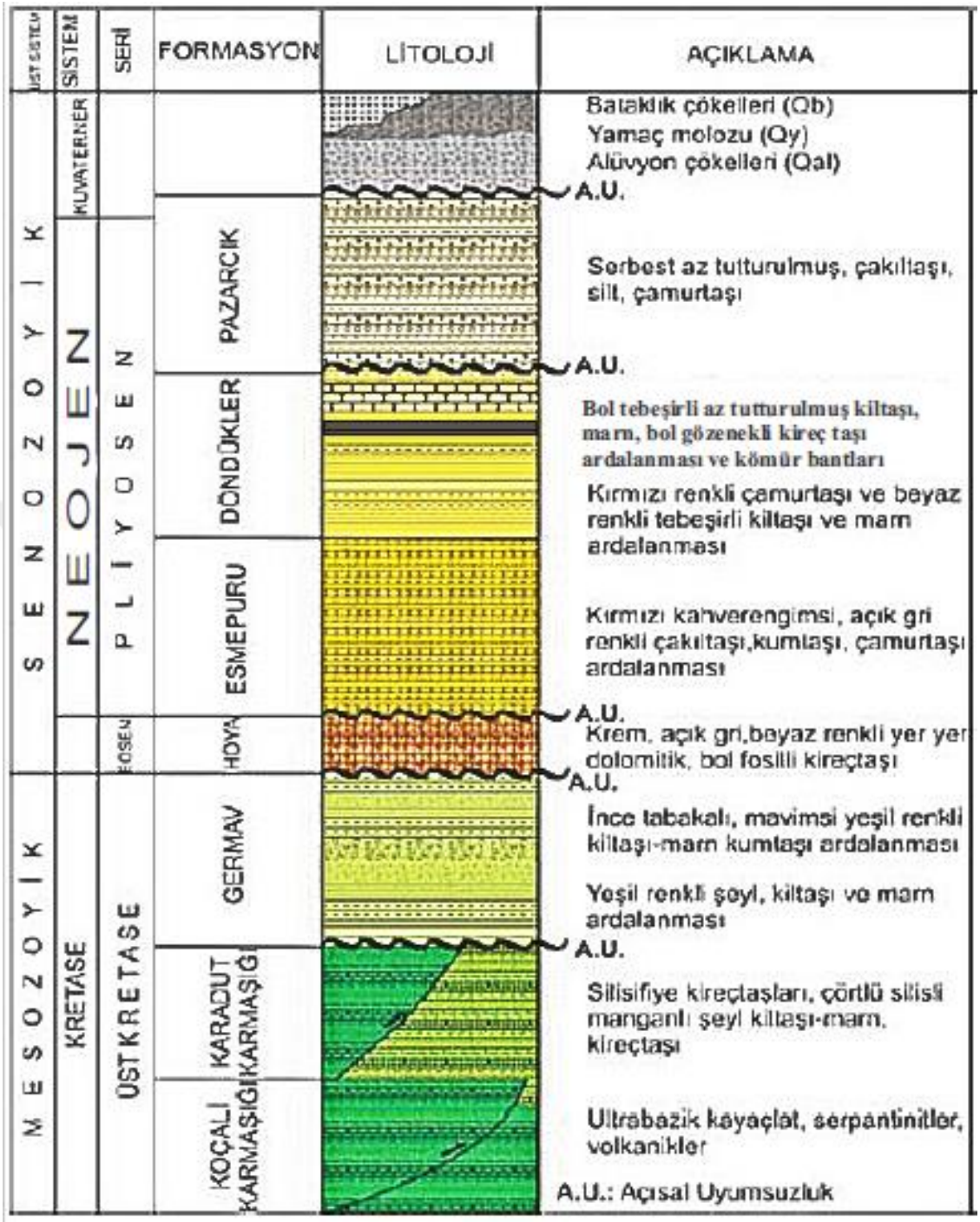
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Gölbaşı Çevresinin Jeolojisi

İncelemenin yapıldığı kömürlü birimlerin de yer aldığı Gölbaşı çevresinin jeolojisi bölgede şimdiye kadar yapılan çalışmalarda dikkate alınarak aşağıda anlatılmıştır. Bu formasyonlar anlatılırken bölgede İmamoğlu (1993) tarafından yapılan çalışmalar esas alınarak birimlerin özelliklerine, hazırlanan jeolojik haritaya (Şekil 4.1) ve stratigrafik kesite (Şekil 4.2) yer verilmiştir. Bu formasyonların özellikleri şu şekildedir;



Şekil 4.1. Gölbaşı ve çevresinin jeoloji haritası (İmamoğlu 1993'den sadeleştirilerek alınmıştır)



Şekil 4.2. Gölbaşı/Adıyaman havzasının ölçeksiz stratigrafik sütun kesiti

4.1.1. Neojen Öncesi Formasyonlar

Bunlardan Koçali Karmaşığı, Karadur Karmaşığı ve Germav Formasyonu Üst Kretase yaşlı, Hoya Formasyonu ise Eosen yaşlıdır. Fliş, ofiolitler ve kireçtaşlarından oluşan kayaçlar Neojen'in temelini oluşturmaktadır.

Kömürlerin yer aldığı kesimlerde en yaşlı kayaçlar flişlerdir. Bunlar yeşilimsi, gri renkli marn ile kireçtaşı katmanlarının ardalanmasından oluşmuşlardır. Kumtaşları ince - kalın katmanlar şeklindedir. Kireç çimentolu olan bu kumtaşları serinin en üst kısmında yer almaktadırlar. Bunların üstünde ise ofiyolit çakıllı, kırmızı renkli çakıltaşları bulunmaktadır. Bu serinin Üst Kretase yaşında olduğu kabul edilmiştir (Soykan Kömür İşletmesi 1997).

4.1.2. Neojen Sonrası Kayaçlar

Esmepuru formasyonu (Te): Bölgenin orta kesiminde kalın banklar halinde yüzeyleyen çakıltaşları ve kumtaşları kez İmamoğlu ve Gökten (1996) tarafından ayırtlanmış ve Esmepuru formasyonu olarak adlandırılmıştır. Örgülü akarsu ürünü olan polijenik, değişik boyutlarda çakıltaşları, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı düzeyleri kısa mesafelerde içiçe kamalanmış olarak yüzeylenir. Birim en geniş yüzeylemesini Esmepuru, Küçükören ve Çatalağaç köyleri yöresinde sunmaktadır (Şekil 4.1). 20-200 m. arasında kalınlıklar sunan birim fosil içermemekte ve yaşı stratigrafik konumu nedeniyle Pliyosen olarak alınmıştır. DAFZ ile Aksu Fayı arasında yüzeyleyen birim bu kesimde akan örgülü akarsu ürünü olarak çökelmiştir (İmamoğlu 1996).

Döndükler formasyonu (Td): Döndükler köyü yöresinde en iyi şekilde gözlenen bu formasyon, kiltaşı, marn, şeyl ve kireçtaşı litolojilerini içermektedir. Formasyon en altta kırmızı çamurtaşı, beyaz renkli kiltaşı ile marn ardalanması şeklinde başlamaktadır. Üste doğru ise beyaz renkli az tutturulmuş kiltaşı, marnlar ile yüksek gözenekli kireçtaşıyla devam etmektedir. Birim Döndükler köyü yöresinde, fay zonunda ve Gölbaşı-Perveri arasında en geniş yüzeylenmesini sunmaktadır (Şekil 4.2). Tabanda Esmepuru formasyonu ile geçişli olan formasyon üzerinde başka birim bulunmamaktadır. Palinolojik tetkik ve fosil kapsamından yaşı Pliyosen olarak tespit edilen birim fay koridorunda, koridorun önünün tıkanmasıyla oluşan göl ortamında çökelmiştir. Birim Perveri-Gölbaşı arasındaki bölümde DAFZ ile 2300 m civarında sol yanal olarak ötelenmiştir (Şekil 4.2), (İmamoğlu 1996).

Pazarcık formasyonu (T9p): Pazarcık yöresinde geniş mostra veren, düzensiz tabakalanma gösteren çok az tutturulmuş akarsu ve yamaç molozu şeklindeki seriler Pazarcık formasyonu olarak ayırtlanmıştır. Formasyon eski birimlerden, değişik boyutlarda, az olgun ve köşeli, kahverengimsi kırmızı renkli polijenik çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı-silt düzeyleri ile yamaç molozlarının oluşturduğu konilerin ardalanmasından oluşmuştur. Formasyonu meydana getiren litolojiler yanal süreksizlik ve örgülü bir yapı gösterirler. Taneler serbest ve az tutturulmuştur. Birim üzerinde kalın bir toprak örtüsü oluşmuştur. Birim Pazarcık ve Balkar yöresinde geniş mostra vermekte olup, daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur. Kot farklarından kalınlığının 50 metrenin üzerinde olabileceği düşünülmektedir. Birimin göreceli yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak alınmıştır. Birim genç faylarla sınırlanmış, bazı yerlerde değişik yönlü birçok fay ile ötelenmiştir. Bu nedenle çökelimi üzerinde belirgin bir fay etkisinin olduğunu göstermektedir (İmamoğlu 1996).

Kuvaterner yaşlı birimler: Eski yeni alüvyonlar, yamaç molozları, birikinti konileri, alüvyon yelpazeleri ve güncel bataklık çökelleri Kuvaterner yaşlı birimler olarak ayırtlanmıştır. Günümüzde akan dere yataklarına göre yüksekte bulunan ve seki oluşturan eski akarsu çökelleri "eski alüvyonlar (taraçalar) (Qt)" olarak belirlenmiştir. Serbest çakıl ve kum litolojisinin egemen olduğu bu kesimlerde yer yer çamur ve siltli düzeyler de yer almaktadır. İnceleme alanının güneybatı kesimlerinde yüzeylenmektedir(İmamoğlu 1996).

Güncel Alüvyonlar (gal): Dere yatakları içinde yer alan alüvyonlar güncel alüvyonlar olarak ayırtlanmıştır (Şekil 4.2). Gri, açık gri, kısmen olgun ve olgun, polijenik çakıl ve kum düzeylerinin egemen olduğu birim bazen silt düzeyleri içermektedir. İçyapısı itibariyle tipik örgülü akarsu ürünü olarak gözlenen birim çoğu yerde faylarla sınırlanmış olup, küçük faylar boyunca yer yer atımlar gözlenmektedir (İmamoğlu 1996).

Yamaç Molozları (gy): Hemen hemen bütün fay diklikleri boyunca gelişen yamaç döküntüleri yer yer geniş bir alanda yüzeylendiklerinden ayrı haritalanmıştır (Şekil 4.2). Birim irili ufaklı, çoğu köşeli kaya parçalarından oluşmakta olup, gereç boyu dağdan uzaklaştıkça küçülmektedir. Yer yer yalancı tabakalanma bazen basit bir derecelenme gözlenmektedir. Birim Pehnik kuzeybatısında ve sahanın güneybatısındaki fay sarplıklarında geniş yüzlekler verir (İmamoğlu 1996).

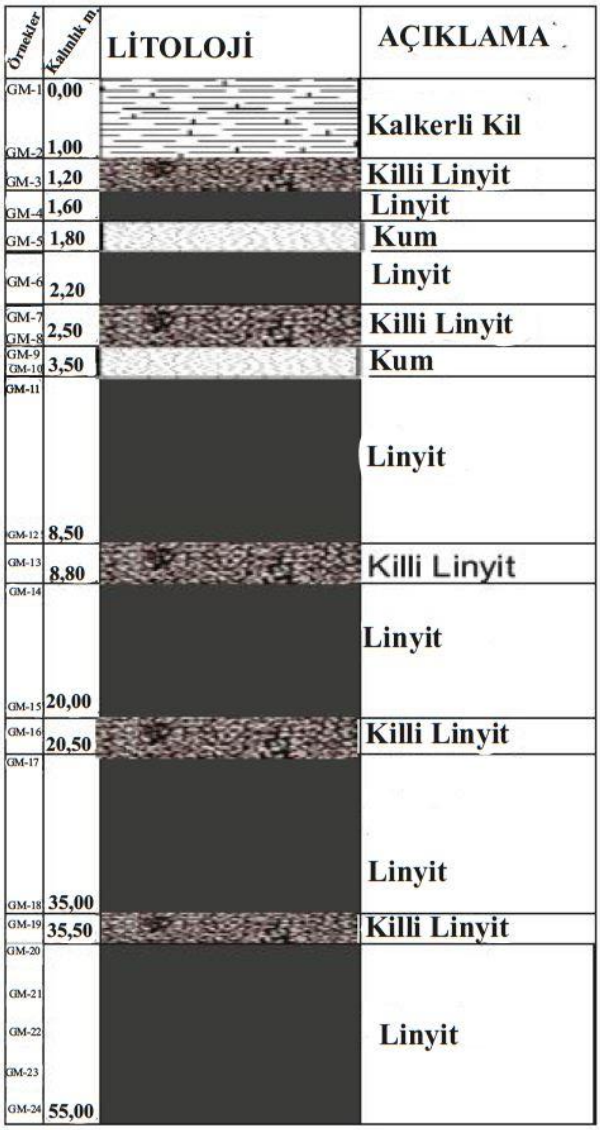
Birikinti Konileri: Dere ve yamaçlardan düzlüklere inen kesimleri üzerinde yüksek açı ile oluşmuş küçük yelpazeler birikinti konileri olarak ayırtlanmıştır. Yamaç eğimleri genellikle 5°den büyüktür. Koninin tepesinden eteklere gidildikçe tane boyunda incelmeler görülmektedir. Moloz ve çamur akması egemendir. Tane boyu silt boyundan, blok boyutuna kadar değişmektedir. Taneler az olgun ve köşelidirler. İki tarafı faylarla denetlenen Gölbaşı-Saray havzasının kuzey ve güney kenarlarında sıkça gözlenmektedir (Şekil 4.2). Havzanın güneydoğusundan geçen DAFZ üzerindeki konilerin çoğunluğu fayla ötelenmiş ve sol yönlü çarpılmışlardır (İmamoğlu 1996).

Alüvyon yelpazeleri: Gölbaşı-Saray havzasına açılan dere ağızlarında gelişen yelpaze şekilli morfolojik yapılar alüvyon yelpazeleri olarak ayarlanmıştır (Şekil 4.2). Morfolojik olarak birikinti konileri- ne benzemelerine karşılık, yamaç eğimleri 5° den çok azdır. Daha çok sulu ortamda geliştiklerinden taneler daha temiz ve olgundurlar. Yelpaze ağzında kum-çakıl boyutunda olan taneler, yelpazenin ıraksak kesimlerinde ince kum, çamur ve silt boyutuna ulaşmakadırlar. Örgülü akarsu sistemine benzer kum ve çakıl düzeylerinin yanında yaygı sellenmeleri ile gelişmiş düzeyler gözlenmektedir. Yelpazelerin iraksak kesimlerinde yelpaze gereci ile bataklık çökelleri iç içe karışarak kamalanmışur. Gölbaşı-Saray havzasına açılan yelpazelerde sol yönlü çarpılma ve ötelenmeler gözlenmektedir (Şekil 4.2), (İmamoğlu 1996).

Güncel Bataklık Çökelleri (gb): Gölbaşı-Saray havzası içindeki Gölbaşı, Azaplı ve İnekli göllerinin çevresinde yer alan bataklık alanda çökelen güncel sedimanlar bataklık çökelleri olarak ayırtlanmıştır. Genellikle siyah, koyu kahverengimsi koyu grimsi çok ince silt ve çamur boyutunda sedimanlar egemen olup, içinde bol bitki kökleri mevcuttur. Duzenli ince tabakalanma gözlenmektedir (Şekil 4.2) (İmamoğlu 1996).

4.2. Kömür Sahasının Litolojik Özellikleri

Kömürlü birimlerin ana-eser element içeriklerini ve bunların çevresel etkilerini incelemek amacıyla Şekil 4.3'te görülen tip kesit alınmıştır. Bu tip kesit boyunca olabildiğince sık aralıklarla örnekler alınarak bunların özellikleri incelenmiştir. 55 m olarak ölçülen bu tip kesitte oldukça kalın olan kömür oluşumları görülmektedir. Linyit ve killi linyit ardalanması şeklinde görülen istifte yer yer de kumtaşı tabakalarına da rastlanılmaktadır. Alt bölümlerde oldukça kalın olan kömür tabakaları üste doğru incelmektedir.



Şekil 4.3. Harmanlı açık ocak işletme bölgesinden alınan ölçekli stratigrafik tip kesiti

4.3 Gölbaşı Bölgesinin Organik Jeokimyasal ve Petrografik Özellikleri

İnceleme alanındaki kömürlerin organik jeokimyasal ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Özellikle Kavak ve Toprak (2011) bu konuda ayrıntılı çalışmalar yapmışlardır. Bu araştırıcıların değerlendirmelerinde kömürlerin mat bantlar ve bazanda bantlı litotiplerden ardalanmalı olarak meydana geldiğini, kömürlerin yüksek kül içeriği nedeniyle ayrıntılı olarak tanımlanamadığını belirtmişlerdir. Yapılan incelemelerde egemen maseral grububn hüminit olduğu, liptinit ve inertinit maseral gruplarının ise daha az oranda olduğu ortaya konulmuştur (Kavak ve Toprak 2011).

Hüminit maserallerinden Gelinitin baskın olması organik dokularının bozulduğuna ve kömür oluşumu sırasında pH değerlerinin nötr değerlere yakınlaştığına işaret ettiği, füsinit ve makrinit gibi inertinit maserali oluşumları ise su düzeyinin ve bu duruma bağlı olarak da yükselen oksidasyon durumunu gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca kömürlerin sporinit ve kil mineralleri açısından zengin olması sazlık bir ortamdaki yüksek bakteriyel etkinliğe bağlı olarak ayrışmaya işaret etmektedir (Kavak ve Toprak 2011). Mineral madde oranı %14-30 olup, başlıca karbonatlar, killer ve silikat minerallerinden oluşmaktadır. Bu düzeyler, turba gelişimi sırasında organik maddece zengin düzeylerin yerini zaman zaman inorganik maddelerin aldığını göstermektedir. Yüksek oranda mineral madde içeriği, kırıntılı maseral içeriği ve dokuların seyrek oluşu, kömürlerin bulunduğu ortamda taşınma ve tektonik hareketlere maruz kalma izlenimi vermektedir. Kömürlerde mikro izler halinde bile olsa kuruma çatlaklarının görülmesi yüksek oranlarda su tutan kil mineralleri gibi mineral maddelerin fazla olduğuna ve nem kaybına işaret etmektedir. Kömürlerin petrografik bileşenleri Toprak (2009)'da belirtildiği gibi benzer özellikler göstermekte ve gölsel oluşum izlenimi vermektedir. Bu durum diğer bulgular ile de ortaya konmaktadır. Stach vd. (1982), bu özellikte ve yüksek oranda densinit gibi kırıntılı maseral bileşenlerine sahip oluşum tipini "hipotokton" yani çökelme ortamı içerisinde taşınmalar göstermiş kömürler olarak yorumlamaktadırlar. Yansıma ölçümlerinin ülkemizde bulunan aynı kalitedeki kömürlere kıyasla daha yüksek oluşu da, muhtemelen, kömürlerin bulunduğu ortamın, çok önemli tektonik hatlara (Arap Kalkanı Sütur Zonu'na ve DAF'a) yakınlığındandır (Kavak ve Toprak 2011) .

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

Bu çalışmada Gölbaşı (Adıyaman) bölgesindeki kömür ve kömürlü birimlerden çok sayıda örnek alınmış ve bunların da 24 adedinde XRD çekimleri yapılmıştır. Mineralojik bileşimi belirlenecek örnekler seçilirken kömürlü birimlerin tamamını yansıtacak şekilde olmasına dikkat edilmiştir. XRD Tüm kaya incelemelerine göre de özellikle kil içeriği olan örnekler seçilerek bunların Normal, Etilen Glikollü ve Fırınlanmış (350^{o}C ve 550^{o}C) çekimleri yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Tüm bu çalışmalar MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Tüm Kayaç mineral belirlemelerinde tüm örneklerde benzer mineral dağılımı elde edilmiştir. Bunlar nisbi bolluk sırasına göre Çizelge 4.1'de verilmiştir. Analiz sonuçlarında bolluk sırasına göre kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, feldispat, jips, pirit, mika ve klorit mineralleri olduğu görülmüştür. Tüm örneklerde kuvars ve kalsit minerallerinin yüksek oranlarda olduğu gözlenmiştir. Diğer mineraller ise değişkenlik göstermektedirler. Karbonat grubu minerallerden kalsit dolomite oranla daha fazla yer almaktadır. Kuvarsın ise tüm örneklerde bol miktarda oluşu havzanın çökelimi sırasında önemli oranda detritik malzeme taşınmasını ifade etmektedir. Örneklerin büyük bir bölümünde Feldispatlara da rastlanılmıştır Feldispat türleri olarak Ortoklas ve Oligoklaslar bulunmaktadır. Bu mineraller havzaya önemli oranda volkanik kökenli kırıntıların da taşındığına işaret etmektedir. Örneklerde belirlenen diğer mineraller ise pirit ve jipslerdir.

XRD Kil Minerali çözümlemelerinde sırasıyla kaolinit, smektit ve illit mineralleri belirlenmiştir. Hiçbir örnekte klorit türü kil mineraline rastlanmamıştır. Stratigrafik istif boyunca kil minerallerinde belirgin değişiklikler görülmemektedir. Farklı örneklerde herbir kil minerali farklı oranlarda bulunabilmektedir. Bu durum havza dışından gelen detritik kökeni düşündürmektedir.

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

Örnek No	XRD Tüm Kaya	Kil Grubu Mineraller			
		Kaolinit	Smektit	İllit	Klorit
GM-1	Kalsit, Feldispat, Kuvars	-	-	-	-
GM-2	Kalsit, Feldispat, Kuvars				
GM-3	Kuvars, Kil Min., Feldispat	***	**	*	
GM-5	Feldispat, Kil Min., Kuvars, Jips, Mika	-	-	-	-
GM-6	Kil Min., Kuvars, Feldispat, Jips, Dolomit	**	-	***	-
GM-7	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Jips	***	**	*	
GM-8	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Jips				
GM-9	Feldispat, Kalsit, Kuvars, Dolomit	-	-	-	-
GM-10	Kalsit, Kuvars	-	-	-	-
GM-11	Kuvars, Feldispat, Kil Min.Jips				
GM-12	Kuvars, Feldispat, Kil Min.Jips	***	**	*	-
GM-13	Kalsit, Feldispat, Kuvars	*	-	**	
GM-15	Kil Min., Kuvars, Feldispat, Jips	***	**	*	-
GM-16	Kalsit, Kuvars				
GM-18	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Pirit	*	***	**	
GM-19	Kalsit, Kuvars				
GM-20	Kuvars, Kil Min., Feldispat	-	-	***	-
GM-22	Kuvars, Feldispat, Kil Min., Dolomit	-	-	-	-
GM-23	Kuvars, Feldispat, Kil Min., Pirit				
GM-24	Kuvars, Kil Min.	***	-	-	-
Not: Mineraller bolluklarına göre sıralanmışlardır. " * " Minerallerin nispi bollukları					

4.5. Ana-eser element analizleri

İnceleme alanı olan Adıyaman iline bağlı Gölbaşı ilçesindeki açık ocak işletmesine ait bölgeden alınan kömür örnekleri arasından özellikle kömür içerikli ve bölgeyi en iyi şekilde temsil edebilecek 12 örneğin ana-eser element analizleri Kanada, Acme Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Yapılan analiz sonuçları dahilinde örneklerin içeriğinde bulunan her elementin minimum, maksimum ve ortalama değerleri tespit edilmiş ve bu değerler Dünya, Üst kıtasal kabuk, Amerika, Çin ve Türkiye ortalamalarına göre durumları değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2).

Örneklerin içeriğindeki ana ve eser elementlerin birbirleriyle ilişkileri hakkında değerlendirmeler yapmak ve aralarında kıyas yapabilmek için istatistiksel yöntemler kullanılarak korelasyon matrisleri oluşturulmuş ve pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklere ait minimum, maksimum, ortalama değerler ve Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD ve Çin kömürleri ortalama konsantrasyonlarıyla karşılaştıtılması (a Ketris ve Yudovich (2009), b Palmer vd (2004), c Finkelman (1993), d Dai vd (2007,2008,2012), e Rudnick ve Gao (2003), f Valkovic (1983), * (%) olarak ifade edilmiştir)

Element PPm	Örnek Numaraları												Gölbaşı Linyitleri			UCC[a]	Dünya[b]	Dünya Linyitleri[c]	Türkiye[d]	ABD[e]	Çin[f]
	GM-5	GM-6	GM-11	GM-12	GM-13	GM-15	GM-18	GM-19	GM-20	GM-22	GM-23	GM-24	Min.	Max.	Ort.						
Si*	2,43	12,07	2,85	10,90	11,05	17,37	10,91	0,57	3,38	8,11	8,18	8,36	0,57	17,37	8,02	31,1	-	-	5,1	2,4	3,96
Al*	1,24	4,22	1,20	4,27	3,85	6,69	3,93	0,29	1,76	2,85	2,85	3,39	0,29	6,69	3,05	8,15	1 [c]	-	2,1	1,5	3,16
Fe*	0,59	2,36	0,37	1,10	1,33	2,31	1,68	1,47	0,80	0,99	1,00	1,47	0,37	2,36	1,29	3,92	1 [c]	-	2,3	1,3	3,39
Mg*	0,57	0,57	0,53	1,23	1,24	1,27	1,04	0,73	0,75	1,01	1,01	0,97	0,53	1,27	0,91	1,5	0,02	-	0,5	0,11	0,13
Ca*	3,32	2,91	2,31	4,26	19,39	4,49	3,14	43,86	4,55	4,08	4,43	3,38	2,31	43,86	8,34	2,57	1 [c]	-	1,8	0,46	0,88
Na*	0,06	0,09	0,05	0,31	0,20	0,40	0,25	0,01	0,05	0,06	0,08	0,10	0,01	0,40	0,14	2,43	0,02	-	0,1	0,08	0,12
K*	0,06	0,36	0,09	0,22	0,34	0,38	0,34	-	0,09	0,21	0,20	0,23	0,06	0,38	0,22	2,32	0,01	-	0,3	0,18	0,16
Ti*	0,07	0,24	0,07	0,25	0,23	0,4	0,25	0,02	0,1	0,18	0,18	0,21	0,02	0,40	0,18	0,38	0,05	-	0,1	0,08	0,2
P*	0,03	0,05	0,02	0,09	0,12	0,15	0,07	0,28	0,06	0,05	0,07	0,09	0,02	0,28	0,09	0,07	c	-	-	0,04	0,04
Mn*	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01	0,11	-	0,02	-	-	0,01	0,11	0,038	0,08	0,05	-	-	0,05	0,01
Cr*	0,011	0,024	0,006	0,02	0,011	0,049	0,027	0,003	0,02	0,045	0,025	0,017	0,003	0,05	0,02	0,01	c	-	-	-	-
TOT C*	49,67	37,66	>50	40,43	30,23	32,33	41,5	19,81	46,34	43,71	43,36	45,58	19,81	49,67	39,15	-	-	-	-	-	-
TOT S*	2,22	3,03	2,07	1,3	0,93	1,48	2,31	0,46	1,82	1,83	1,83	2,23	0,46	3,03	1,79	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	2	2,1	1,6	1,2	1,3	2,2	2,1
Sc	2	8	2	7	5	10	5	1	3	4	4	3	1,00	10,00	4,50	14	3,9	4,1	4,8	4,2	4,38
V	194	264	56	70	49	112	124	26	115	124	79	97	26,00	264,00	109,17	97	25	22	65	22	35,1
Co	16,00	9,90	35,60	17,50	10,50	12,20	27,80	10,60	25,70	7,20	20,60	27,60	7,20	35,60	18,43	17,3	5,1	4,2	10	6,1	7,08
Ni	54	116	35	33	41	76	62	-	42	47	39	35	33,00	116,00	52,73	47	13	9	150	14	13,7
Cu	6,8	28,8	5,2	17,2	12,3	17,3	16,2	0,9	6,3	15,9	8,3	7,6	0,90	28,80	11,90	28	16	15	20	16	17,5

Çizelge 4.2'nin devamı

Zn	4	27	12	16	35	31	163	4	25	154	97	53	4,00	163	51,75	67	23	18	40	53	41,4
Ga	2,00	4,60	0,60	3,80	3,70	7,50	4,60	-	1,10	1,70	1,90	2,70	0,60	7,50	3,11	17,5	5,8	5,5	5,8	5,7	6,55
As	7,3	16,6	3,8	4,9	5,2	8,5	12,2	2,3	11	4,7	3,4	8,5	2,30	16,6	7,37	4,8	8,3	7,6	65	24	3,79
Se	8,3	20,7	2,8	9,2	2,3	16	11,3	2,2	8,3	17	11	8,4	2,20	20,7	9,79	0,09	1,3	1	-	2,8	2,47
Rb	3,70	20,8	6,80	8,20	14,10	13,2	17,20	0,60	4,10	11	8,10	9,80	0,60	20,8	9,80	84	14	10	25	21	9,25
Sr	106,	92,6	70,2	132,0	266,50	175,	104,0	217,	134,	116	144,	116,60	70,2	266,	139,7	320	110	120	210	130	140
Y	5,6	18,4	3,5	8,1	8,5	12,7	8,2	2,2	4,4	6,4	8,7	6,9	2,20	18,4	7,80	21	8,4	8,6	8,3	8,5	18,2
Zr	51,1	73,2	16,6	48,7	43,2	71,4	55,3	3,8	25,2	31,6	43,5	44,3	3,80	73,2	42,33	193	36	35	-	27	89,5
Nb	3,40	10,2	1,80	3,10	3,90	5,80	4,20	0,90	2,10	2,70	3,90	4,30	0,90	10,2	3,86	12	3,7	3,3	4	2,9	9,44
Mo	15,9	21	3,1	3,3	1,4	4	9,7	1,3	5,6	1,6	2,4	4,5	1,30	21,0	6,15	1,1	2,2	2,2	9,8	3,3	3,08
Ag	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-	0,20	0,2	53*	0,1	0,1	-	-	-
Cd	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	-	-	0,3	0,3	0,2	-	0,30	0,20	0,09	0,22	0,2	-	0,47	0,25
Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	2	-	12	7	2,1	1,1	0,8	-	1,3	2,11
Sb	3	3,5	0,7	0,9	0,4	1,4	0,4	0,3	1,4	1,2	0,9	1,4	0,30	3,50	1,46	0,4	0,92	0,8	2,7	1,2	0,84
Cs	0,60	1,30	0,50	0,70	1,40	1,10	1,30	0,10	0,40	0,90	0,60	1,30	0,10	1,40	0,85	4,9	1	1	4,9	1,1	1,13
Ba	582	1103	424	1030	1703	2327	966	1735	1128	1434	1106	915	424	2327	1204,42	624	150	150	130	170	159
La	2,5	12,2	3,5	7,1	10,4	10,9	8,5	1,7	2,8	5,9	9	8,8	1,70	12,2	6,94	31	11	10	-	12	22,5
Ce	5,9	22,4	7,2	13,8	18,2	21,8	16,1	2,3	5,9	11,4	17,7	17,2	2,30	22,4	13,33	63	23	22	-	21	46,7
Pr	0,76	2,65	0,84	1,6	2,17	2,64	1,97	0,27	0,77	1,39	2	1,82	0,27	2,65	1,57	7,1	3,5	3,5	-	-2,4	6,42
Nd	3	9,9	3,3	6,3	7,8	10,2	7,8	1	3,2	5,5	7,7	7,5	1,00	10,2	6,10	27	12	11	-	9,5	22,3
Sm	0,68	2,21	0,51	1,29	1,44	2,07	1,48	0,05	0,69	1,05	1,46	1,38	0,05	2,21	1,19	4,7	2	1,9	-	1,7	4,07
Eu	0,14	0,53	0,17	0,35	0,34	0,54	0,37	0,02	0,16	0,25	0,34	0,29	0,02	0,54	0,29	1	0,47	0,5	-	0,4	0,84
Gd	0,83	2,52	0,75	1,36	1,51	2,32	1,63	0,28	0,64	1,04	1,53	1,37	0,28	2,52	1,32	4	2,7	2,6	-	1,8	4,65
Tb	0,12	0,41	0,1	0,23	0,24	0,36	0,23	0,04	0,13	0,15	0,24	0,2	0,04	0,41	0,20	0,7	0,32	0,3	-	0,3	0,62
Dy	0,8	2,53	0,6	1,27	1,41	2,2	1,39	0,31	0,75	0,97	1,54	1,07	0,31	2,53	1,24	3,9	2,1	2	-	1,9	3,74

Çizelge 4.2'nin devamı

Ho	0,14	0,56	0,1	0,28	0,3	0,47	0,3	0,06	0,17	0,23	0,29	0,22	0,06	0,56	0,26	0,83	0,54	0,5	-	0,35	0,96
Er	0,52	1,67	0,31	0,78	0,76	1,23	0,94	0,16	0,48	0,59	0,94	0,68	0,16	1,67	0,76	2,3	0,93	0,9	-	1	1,79
Tm	0,07	0,27	0,04	0,12	0,13	0,19	0,12	0,02	0,06	0,08	0,12	0,08	0,02	0,27	0,11	0,3	0,31	0,3	-	0,15	0,64
Yb	0,46	1,69	0,32	0,68	0,75	1,28	0,77	0,13	0,41	0,5	0,7	0,67	0,13	1,69	0,70	2	1	1	-	0,95	2,08
Lu	0,08	0,26	0,04	0,12	0,11	0,19	0,12	0,02	0,06	0,09	0,11	0,1	0,02	0,26	0,11	0,31	0,2	0,2	-	0,14	0,38
Hf	1,30	1,50	0,40	1,20	1,20	2,00	1,40	-	0,60	0,70	1,20	1,00	0,40	2,00	1,14	5,3	1,2	1,2	-	0,73	3,71
Ta	0,10	0,40	-	0,20	0,40	0,40	0,20	0,20	-	0,30	0,20	0,30	-	0,40	0,27	0,9	0,28	0,3	-	0,22	0,62
W	207,6	28,3	133,8	79,2	36,4	47	104,2	37,6	64,7	11,8	34,9	35,1	11,80	207,	68,3	1,9	1,1	1,2	-	1	1,08
Au**	1,7	3,2	0,9	-	-	1,5	1,9	-	-	1,4	1	0,7	-	3,20	1,19	1,5	3,7	3	-	-	-
Hg	0,03	0,05	-	0,04	0,02	0,25	0,06		0,02	0,1	0,18	0,07	-	0,25	0,08	0,05	0,1	0,1	0,1	0,17	0,16
Tl	-	0,1	-	-	0,2	0,1	0,2	-	-	-	-	0,1	-	0,20	0,12	0,9	0,63	0,7	-	1,2	0,47
Pb	2	3,8	1,7	4,4	3,5	16,3	7,5	0,6	2,6	10,7	11	5,9	0,60	16,3	5,83	17	7,8	6,6	9,3	11	15,1
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,97	0,8	-	(<1)	0,79
Th	0,90	2,50	1,00	1,80	2,10	3,20	2,40	-	0,90	1,30	2,30	2,00	0,90	3,20	1,85	10,5	3,3	3,3	-	3,2	5,84
U	10	52,3	3,5	5,5	14,6	8,7	12,1	6,6	17,5	5,7	10,6	6,7	3,50	52,3	12,8	2,7	2,4	2,9	13	2,1	2,43

Örneklerin analiz sonuçlarından elde edilen değerlere göre ortalama konsantrasyonların, Üst Kıtasal Kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitlerindeki element ortalamalarına göre karşılaştırmaları yapılmış sahadan alınan örneklerin konsantrasyonları yüksek olanları Çizelge 4.3'te işaretlenmiştir.

Üst Kıtasal Kabuk ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, üst kıtasal kabuk ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Ca, P ve Cr; eser elementler ise V, Co, Ni, As, Se, Cd, Sb, Ba, W, Hg, Tl ve U olarak gözlemlenmiştir. Akar (2001) çevresel açıdan duyarlı element sınıflamasına göre en tehlikeli grup olan Grup 1'deki elementlerden As ve Se, Grup 2A elementlerden Ni Grup 2B elementlerinden U üst kıtasal kabuk ortalamalarının üzerinde değerler vermiştir. Grup 3 elementlerinden ise üst kıtasal kabuk ortalamaları üzerinde değer veren element Sb olarak tespit edilmiştir.

Türkiye ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Türkiye ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Mg, Ca, Na ve Ti; eser elementler ise Be, V, Co, Zn, Ba olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 ve Grup 2A elementlerinden hiçbiri Türkiye değerlerinin üzerinde yer almazken, Grup 2B elementlerinden Ca, V, Zn ve Grup 3 elementlerinden Co, Ba elementlerinin konsantrasyonları Türkiye kömür ortalamalarının üzerindedir.

ABD ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, ABD ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Ti ve P; Eser elementler ise Sc, V, Co, Ni, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Ba, Pr, Gd, Ho, Er, Tm, Lu, Ta, W ve U olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1'deki elementlerden As, Se; Grup 2A elementlerinden Mo ve Ni; Grup 2B elementlerinden Ca ve V; Grup 3 elementlerinden Ti, Co, Sn, Sb ve Ba konsantrasyonları ABD kömür ortalamalarının üzerindedir.

Çin ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Çin ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Mg, Ca, Na, K, P ve Mn; eser elementler ise Sc, V, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Mo, Ba, Sb, W ve U olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden As ve Se; Grup 2A elementlerinden Mn, Ni, Mo; Grup 2B elementlerinden V, Zn ve U; Grup 3 elementlerinden Ti, Co, Sb ve Ba konsantrasyonları Çin kömür ortalamalarının üzerindedir.

Dünya kömür ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Dünya kömürlerinin ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler saptanamamış iken eser elementlerden yüksek ortalama değeri verenler Be, Sc, V, Co, Ni, Zn, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Ba, W ve U olarak gözlemlenmiştir. Bu elementlere bakıldığında Grup 1 elementlerinden Se; Grup 2A elementlerinden Ni, Mo; Grup 2B elementlerinden Ca, V, Zn ve U; Grup 3 elementlerinden Ti, Sn, Sb ve Ba konsantrasyonları dünya kömür ortalamalarının üzerindedir.

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

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

4.5.1. Ana element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element analizi sonuçlarına göre ana elementlere ait ortalama değerlerden Si, Al, Fe, Ca değerleri %1'den yüksek konsantrasyon gösterirken Mg, Na, Ti, P, K, Mn, Cr değerleri %1'den düşük konsantrasyon değerleri gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element konsantrasyonları Üst kıtasal kabuk ortalamaları karşısında Ca, P konsantrasyonları; Türkiye ortalamaları karşısında Si, Al, Mg, Ca, Na, Ti konsantrasyonları; ABD ortalamaları karşısında Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Ti, P konsantrasyonları; Çin ortalamaları karşısında Si, Mg, Ca, Na, K, P, Mn konsantrasyonları; Dünya ortalamaları karşısında Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti konsantrasyonlarının yüksek değerler gösterdiği sonuçlarla ispatlanmıştır.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element analizi sonucundaki konsantrasyonları istatiksel analizlerle yorumlanatak Pearson korelasyon katsayılarına göre korelasyon matrisi oluşturulmuş, sonuçlar Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Çalışma alanına ait kömürlerinin ana element içeriklerinin korelasyon matrisi

	Si	**Al**	**Fe**	**Mg**	**Ca**	**Na**	**K**	**Ti**	**P**	**Mn**	**Cr**
Si	1	,951**	,702*	,650*	-0.042	,904**	,981**	,938**	0.307	0.000	,599*
Al		1	,663*	,696*	-0.063	,945**	,915**	,981**	0.303	-0.069	,619*
Fe			1	0.390	0.088	,580*	,736**	,646*	0.551	0.242	0.406
Mg				1	0.477	,750**	,600*	,767**	,627*	0.352	0.502
Ca					1	-0.050	-0.137	-0.049	,775**	,647*	-0.095
Na						1	,873**	,970**	0.363	-0.118	0.464
K							1	,919**	0.260	0.000	,627*
Ti								1	0.337	-0.047	,609*
P									1	,585*	-0.059
Mn										1	0.082
Cr											1

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

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %8,02 konsantrasyon değeriyle ana elementler arasındaki en yüksek ikinci değeri gösteren Si; Türkiye, ABD ve Çin kömürleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk ve Dünya Linyitleri karşısında ise düşük değer göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Si ile Al, Mg, Na, Fe, K, P, Ti, Mn ve Cr ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %3,05 konsantrasyon gösteren Al; Türkiye ve ABD kömürleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri karşısında ise düşük değer göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Al ile Si, Mg, Fe, Na, Ti, K, P ve Cr ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %1,29 konsantrasyon gösteren Fe; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında düşük değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Fe ile Si, Al, Mg, Na, K, Ti, Ca, P, Cr ve Mn ile pozitif korelasyon göstermiştir. Fe elementi kil mineralleri içerisinde konsantre olabileceği gibi demir minerali olarak da bulunabilmektedir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,91 konsantrasyon değeri gösteren Mg; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Mg ile Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Ti, P, Cr ve Mn ile pozitif korelasyon göstermiştir. Magnezyum, dolomit ve kil mineralleri içerisinde bulunmaktadır. Ayrıca Kortenski ve Stirov (2002) yaptıkları çalışmalarda magnezyumun az da olsa organik madde yapısında da bulunabileceğini ortaya koymuşlardır.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %8,34 konsantrasyon değeriyle ana elementler arasındaki en yüksek değeri gösteren Ca; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Ca ile Fe, Mg, P ve Mn ile pozitif korelasyon gösterirken Si, Al, Na, K, Ti ve Cr elementleri ile negatif korelasyon değeri göstermektedir. Mukhopodhyay (1986) ve Karayiğit (2003)'ün Çalışmalarında yer verildiği üzere kömürlerdeki kalsiyumun kaynağı, kil mineralleri, sülfat, karbonat ve organik madde olabildiği düşünülebilir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,14 konsantrasyon değeri gösteren Na; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Na ile Si, Al, Fe, Mg, K, Ti, P, Cr ve Mn ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Sodyumun ana kaynağının, XRD tüm kaya analizlerine bakıldığında, kil mineralleri ve feldispat olduğu düşünülmekte olup bu da inorganik kökene işaret etmektedir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,23 konsantrasyon değeri gösteren K; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında K ile Si, Al, Fe, Mg, Na, Ti, P, Mn, Cr ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,18 konsantrasyon değeri gösteren Ti; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Ti ile Si, Al, Fe, Mg, Na, K, P ve Cr ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,09 konsantrasyon değeri gösteren P; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında yüksek değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında P ile Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti ve Mn ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,08 konsantrasyon değeri gösteren Mn; Çin ile karşılaştırıldığında yüksek değerler gösterirken Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk ve Dünya linyitleri karşısında ise düşük değer göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Mn ile Si, Fe, Mg, Ca, K, P ve Cr ile pozitif korelasyon özelliği gösterirken Al, Na ve Ti elementi ile negatif korelasyon değeri göstermektedir.

Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama %0,01 konsantrasyon değeri gösteren Cr; Türkiye, ABD Üst kıtasal kabuk, Çin ve Dünya linyitleri ile karşılaştırıldığında düşük değerler göstermiştir. Çizelge 4.4'teki korelasyon matrisine bakıldığında Cr ile Si, Al Mg, , Fe, Na, Ti ve Mn pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Cr elementi; killer, demir ve manganez oksitler, apatitler ve organik maddelerin üzerine adsorblanabilmektedir (Prevot 1990).

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

Çizelge 4.5. Majör elementlere ait zenginleşme faktörleri

	Si*	Fe*	Mg*	Ca*	Na*	K*	Ti*	P*	Mn*	Cr*
GM-5	0.45	1.29	2.80	11.39	0.20	0.27	1.30	1.76	1.55	12.63
GM-6	0.66	1.54	0.83	2.96	0.11	0.47	1.35	1.04	0.46	7.47
GM-11	0.54	0.84	2.72	8.18	0.21	0.38	1.34	1.82	1.59	0.00
GM-12	0.59	0.71	1.78	4.27	0.34	0.28	1.42	2.06	0.45	3.69
GM-13	0.66	0.95	2.00	21.55	0.25	0.48	1.47	2.85	1.00	4.08
GM-15	0.60	0.95	1.18	2.88	0.28	0.32	1.45	2.30	0.58	7.06
GM-18	0.64	1.18	1.65	3.42	0.31	0.47	1.55	1.68	0.49	8.01
GM-19	0.47	14.28	15.94	662.86	0.22	0.23	1.43	93.02	61.22	0.00
GM-20	0.45	1.25	2.63	11.08	0.14	0.26	1.38	3.75	1.10	8.96
GM-22	0.66	0.95	2.20	6.13	0.09	0.40	1.56	1.54	1.35	16.56
GM-23	0.66	0.96	2.20	6.66	0.13	0.40	1.56	2.31	0.68	11.04
GM-24	0.57	1.20	1.76	4.29	0.13	0.37	1.56	2.60	0.57	4.66
$EF=(element)_{örnek}/(element)_{ucc}$										

Çizelge 4.5'e bakılarak zenginleşme faktörleri değerlendirildiğnde; Si, Na, K elementlerinin tüm örneklerde zenginleşmemiş olduğu; Fe'in, GM-5, GM-6, GM-18, GM-19, GM-20, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Mn'un, GM-5, GM-11, GM-12, GM-13, GM-15, GM-18, GM-19, GM-20, GM-22, GM-23, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Ca'un, GM-5, GM-6, GM-11, GM-12, GM-13, GM-15, GM-18, GM-19, GM-20, GM-22, GM-23, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Ti'un GM-5, GM-6, GM-11, GM-12, GM-13, GM-15, GM-18, GM-19, GM-20, GM-22, GM-23, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; P'ın GM-5, GM-6, GM-11, GM-12, GM-13, GM-15, GM-18, GM-19, GM-20, GM-22, GM-23, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Mn'un GM-5, GM-19, GM-20, GM-22, numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu; Cr'un GM-5, GM-6, GM-12, GM-13, GM-15, GM-18, GM-20, GM-22, GM-23, GM-24 numaralı örneklerde zenginleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

4.5.2. Eser element analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmeler

Çalışma alanından alınan örneklere yapılan analizler sonucunda örneklerde Ba, Ni, Sc, Ga, Hf, Nb, Be, Co, Cs, Rb, Sn, Th, U, W, Sr, Ta, Zr, Y, La, Ce, Sm, Eu, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb, Ho, Er, Lu, Mo, Zn, As, Cu, Pb, Cd, Sb, Au, Hg, Bi, Ag, 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.

Çizelge 4.6. Çalışma alanından alınan örneklerin eser element korelasyon matrisi (** 0,01; * 0,05 düzeyinde anlamlıdır.)

	Ba	Ni	Sc	LOI	Sum	Be	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	TOT/C	TOT/S	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Ag	Au	Hg	Tl	Se
Ba	1	0.091	0.310	-,727**	0.399	-0.306	-,636*	0.018	0.056	0.021	0.004	0.126	0.129	,783**	0.511	0.154	0.196	-0.242	-0.483	-0.133	0.224	0.210	0.189	0.217	0.217	0.189	0.151	0.098	0.281	0.224	0.287	0.137	0.254	0.182	0.126	-,734**	-,680*	-0.503	0.189	0.252	0.137	-0.224	-0.144	0.246	-0.332	0.389	-0.256	0.182	0.118	0.056
Ni		1	0.543	0.060	-0.137	-0.262	-0.280	0.456	,607*	,758**	,635*	,599*	-0.092	-0.312	0.371	0.572	,602*	,825**	-0.088	,704*	0.574	0.469	0.477	0.515	0.558	,634*	0.509	,623*	0.538	0.574	,649*	,593*	,581*	,644*	0.566	-0.011	0.516	,634*	,606*	0.399	0.337	,879**	,721**	0.459	,784**	0.195	,809**	0.455	0.454	,670*
Sc			1	-0.468	0.120	-0.176	-0.303	,671*	,877**	,770**	,716**	,824**	-0.018	0.070	,681*	,861**	0.324	0.282	-0.282	,725**	,884**	,831**	,825**	,859**	,882**	,873**	,949**	,845**	,913**	,884**	,942**	,903**	,938**	,912**	,949**	-0.475	0.063	0.239	,958**	,676*	0.460	0.419	0.492	,583*	0.314	0.359	0.333	,581*	0.556	,698*
LOI				1	-,630*	0.218	0.531	-0.289	-0.368	-0.239	-0.207	-0.329	0.028	-,650*	-,630*	-0.340	-0.133	0.378	0.315	-0.147	-0.399	-0.364	-0.361	-0.385	-0.392	-0.350	-0.403	-0.329	-0.432	-0.399	-0.441	-0.361	-0.462	-0.413	-0.411	,993**	0.564	0.406	-0.392	-0.154	-0.063	0.287	0.091	-0.141	0.342	-0.194	0.203	-0.067	-0.394	-0.011
Sum					1	0.394	-0.284	0.431	0.167	-0.046	0.260	0.368	0.377	0.308	,656*	0.253	-0.028	-0.358	-0.424	-0.025	0.144	0.326	0.323	0.298	0.316	0.207	0.196	0.221	0.165	0.144	0.182	0.095	0.184	0.200	0.130	-,662*	-0.158	-0.333	0.102	0.007	0.161	-0.210	0.012	0.147	-0.265	-0.097	-0.125	-0.007	0.573	-0.088
Be						1	0.306	0.308	0.044	-0.132	0.306	0.044	0.516	-0.044	0.180	0.044	-0.131	-0.044	-0.218	0.044	-0.044	0.131	0.131	0.044	0.044	0.044	-0.044	0.044	-0.044	-0.044	-0.044	-0.131	-0.044	-0.088	-0.044	-0.044	0.218	0.306	0.131	-0.131	0.131	0.219	-0.131	0.175	0.090	0.132	-0.135	-0.133	0.219	0.246	-0.044
Co							1	-0.219	-0.130	-0.183	-0.116	-0.252	-0.321	-0.322	-,641*	-0.088	-0.168	-0.154	,594*	-0.112	-0.280	-0.217	-0.228	-0.210	-0.140	-0.161	-0.095	-0.161	-0.291	-0.280	-0.308	-0.186	-0.356	-0.238	-0.214	0.566	0.298	0.252	-0.371	-0.084	0.007	-0.021	0.074	-0.279	0.032	0.000	-0.096	-0.133	-0.039	-0.256
Cs								1	,774**	,625*	,797**	,900**	0.482	-0.053	,775**	,747**	0.356	0.258	-0.335	,617*	,720**	,780**	,790**	,780**	,799**	,755**	,705*	,780**	,717**	,720**	,767**	,684*	,779**	,797**	,727**	-0.317	0.334	0.222	,698*	0.487	,624*	0.310	0.541	,591*	0.326	-0.033	0.345	0.439	,875**	0.433
Ga									1	,921**	,870**	,788**	-0.064	-0.053	,633*	,849**	0.361	0.398	-0.035	,918**	,841**	,767**	,779**	,792**	,851**	,862**	,898**	,876**	,828**	,841**	,868**	,886**	,887**	,918**	,940**	-0.378	0.281	0.490	,886**	,585*	0.382	0.536	,660*	0.493	0.537	0.260	0.492	0.559	,721**	,604*
Hf										1	,854**	,655*	-0.222	-0.113	0.518	,797**	0.465	0.557	0.014	,958**	,838**	,690*	,713**	,725**	,765**	,824**	,790**	,859**	,788**	,838**	,822**	,871**	,842**	,880**	,873**	-0.268	0.370	,577*	,810**	0.549	0.296	,634*	,610*	0.521	,654*	0.391	,688*	,583*	0.576	,628*
Nb											1	,767**	0.078	-0.088	,698*	,884**	0.504	0.470	-0.301	,872**	,879**	,865**	,877**	,858**	,868**	,914**	,804**	,928**	,847**	,879**	,833**	,879**	,848**	,900**	,854**	-0.256	0.496	0.525	,746**	,616*	0.495	0.515	,663*	,633*	,617*	0.357	,590*	,666*	,740**	,628*
Rb												1	0.285	-0.168	,752**	,858**	0.392	0.354	-0.399	,636*	,797**	,839**	,837**	,867**	,893**	,860**	,851**	,860**	,807**	,797**	,893**	,799**	,850**	,881**	,828**	-0.371	0.368	0.252	,839**	0.573	,676*	0.490	,581*	,644*	0.363	0.065	0.477	0.491	,808**	,655*
Sn													1	0.129	0.458	0.000	-0.147	-0.041	-0.560	-0.202	-0.009	0.147	0.147	0.092	0.069	0.000	-0.078	0.000	0.014	-0.009	0.023	-0.101	0.042	-0.009	-0.078	0.028	-0.014	-0.349	0.037	0.239	0.497	-0.193	-0.074	0.404	-0.157	-0.255	-0.173	0.226	0.233	0.055
Sr														1	0.295	-0.028	0.112	-0.574	-0.245	-0.266	0.084	0.077	0.063	0.056	0.039	0.000	-0.046	-0.077	0.137	0.084	0.053	-0.035	0.088	0.000	-0.046	-,615*	-,834**	-,601*	-0.105	0.105	-0.004	-,643*	-0.329	0.043	-0.543	0.389	-,612*	0.028	0.059	-0.364
Ta															1	,694*	0.248	0.090	-,662*	0.479	,727**	,788**	,795**	,767**	,748**	,698*	,647*	,709**	,739**	,727**	,737**	,649*	,773**	,727**	,670*	-,669*	-0.029	-0.094	,691*	0.511	0.445	0.133	0.258	,659*	0.098	0.233	0.229	0.507	,659*	0.460
Th																1	0.378	0.274	-0.329	,750**	,942**	,942**	,944**	,963**	,986**	,970**	,954**	,981**	,928**	,942**	,937**	,947**	,915**	,956**	,914**	-0.375	0.323	0.273	,830**	,746**	,623*	0.434	0.477	,756**	0.360	0.519	0.526	,694*	,711**	,684*
U																	1	0.441	-0.203	0.392	0.497	0.420	0.406	0.448	0.410	0.545	0.280	0.448	0.509	0.497	0.529	0.438	0.466	0.510	0.382	-0.203	0.263	0.469	0.266	0.077	0.249	0.329	,655*	0.090	0.494	0.065	0.274	0.084	0.493	0.189
V																		1	-0.067	,637*	0.312	0.168	0.179	0.193	0.216	0.389	0.246	0.375	0.262	0.312	0.353	0.395	0.299	0.375	0.374	0.322	,728**	,802**	0.452	0.298	0.249	,886**	,695*	0.263	,936**	-0.065	,792**	0.429	0.128	,705*
W																			1	0.007	-0.413	-0.490	-0.476	-0.448	-0.347	-0.392	-0.231	-0.343	-0.439	-0.413	-0.382	-0.326	-0.370	-0.315	-0.256	0.364	0.000	0.294	-0.315	-0.434	-0.511	0.112	0.060	-0.575	0.071	-0.194	-0.036	-0.456	-0.138	-0.434
Zr																				1	,776**	,643*	,666*	,664*	,704*	,790**	,767**	,825**	,726**	,776**	,753**	,848**	,780**	,832**	,867**	-0.175	0.511	,706*	,811**	0.517	0.259	,692*	,687*	0.441	,762**	0.259	,708**	,586*	0.532	,687*
Y																					1	,944**	,949**	,958**	,935**	,965**	,907**	,965**	,989**	1,000**	,963**	,974**	,977**	,972**	,940**	-0.434	0.235	0.273	,860**	,699*	0.529	0.357	0.445	,720**	0.370	0.518	0.470	,670*	,611*	,669*
La																						1	,998**	,993**	,963**	,930**	,886**	,930**	,954**	,944**	,914**	,890**	,928**	,916**	,863**	-0.406	0.231	0.175	,776**	,643*	0.550	0.273	0.424	,720**	0.250	0.453	0.356	,596*	,690*	,578*
Ce																							1	,991**	,961**	,928**	,884**	,939**	,953**	,949**	,912**	,895**	,933**	,921**	,868**	-0.403	0.246	0.182	,781**	,641*	0.539	0.280	0.414	,730**	0.261	0.454	0.383	,603*	,691*	,579*
Pr																								1	,981**	,951**	,914**	,951**	,965**	,958**	,946**	,914**	,945**	,944**	,888**	-0.427	0.238	0.189	,804**	,650*	0.571	0.315	0.441	,720**	0.265	0.453	0.399	,589*	,710**	,599*
Nd																									1	,960**	,949**	,960**	,938**	,935**	,951**	,918**	,933**	,956**	,903**	-0.427	0.246	0.224	,827**	,694*	,607*	0.389	0.498	,721**	0.304	0.454	0.437	,620*	,770**	,618*
Sm																										1	,928**	,979**	,958**	,965**	,967**	,970**	,938**	,979**	,937**	-0.392	0.350	0.371	,853**	,727**	,630*	0.469	,588*	,702*	0.469	0.453	0.523	,691*	,710**	,718**
Eu																											1	,928**	,914**	,907**	,935**	,946**	,922**	,942**	,963**	-0.417	0.226	0.287	,914**	,708*	0.523	0.438	0.491	,633*	0.334	0.422	0.433	,624*	,642*	,698*
Gd																												1	,937**	,965**	,946**	,970**	,938**	,979**	,937**	-0.371	0.399	0.357	,853**	,706*	,592*	0.476	0.518	,738**	0.455	0.453	,602*	,688*	,710**	,708*
Tb																													1	,989**	,970**	,956**	,981**	,961**	,937**	-0.463	0.163	0.239	,863**	,681*	0.520	0.316	0.460	,679*	0.322	0.488	0.371	,629*	,613*	,643*
Dy																														1	,963**	,974**	,977**	,972**	,940**	-0.434	0.235	0.273	,860**	,699*	0.529	0.357	0.445	,720**	0.370	0.518	0.470	,670*	,611*	,669*
Ho																															1	,953**	,979**	,984**	,949**	-0.476	0.214	0.280	,911**	,680*	,582*	0.445	0.544	,678*	0.385	0.389	0.465	,610*	,691*	,695*
Er																																1	,951**	,974**	,977**	-0.389	0.321	0.378	,907**	,736**	0.537	0.462	0.505	,683*	0.465	0.487	0.546	,710**	,582*	,758**
Tm																																	1	,977**	,959**	-0.490	0.168	0.258	,914**	,642*	0.484	0.370	0.482	,663*	0.349	0.392	0.420	,591*	,656*	,643*
Yb																																		1	,968**	-0.448	0.298	0.357	,902**	,671*	0.557	0.469	0.571	,669*	0.448	0.389	0.527	,628*	,729**	,683*
Lu																																			1	-0.428	0.269	0.393	,954**	,674*	0.467	0.470	0.552	,596*	0.457	0.358	0.482	,632*	,613*	,728**
TOT/C																																				1	0.501	0.364	-0.406	-0.147	-0.077	0.231	0.042	-0.166	0.289	-0.194	0.135	-0.074	-0.434	-0.046
TOT/S																																					1	,753**	0.231	0.165	0.305	,704*	0.568	0.228	,769**	-0.162	,763**	0.285	0.257	0.509
Mo																																						1	0.336	0.063	-0.021	,797**	,837**	-0.072	,938**	-0.130	,619*	0.179	0.237	0.434
Cu																																							1	,685*	0.473	0.538	0.511	,619*	0.452	0.259	0.502	,642*	0.512	,816**
Pb																																								1	,792**	0.301	0.203	,879**	0.268	,648*	0.381	,961**	0.315	,767**
Zn																																									1	0.210	0.253	,778**	0.177	0.260	0.301	,701*	0.513	0.574
Ni																																										1	,753**	0.268	,878**	0.000	,847**	0.379	0.296	,708*
As																																											1	0.074	,830**	-0.162	0.471	0.228	,612*	0.460
Cd																																												1	0.175	,603*	0.495	,870**	0.388	,694*
Sb																																													1	-0.033	,756**	0.407	0.278	,622*
Ag																																														1	0.198	,650*	0.000	0.324
Au																																															1	0.502	0.291	,708*
Hg																																																1	0.247	,803**
Tl																																																	1	0.217
Se																																																		1

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ba'un ortalama konsantrasyonu 1024,42 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değer göstermektedir. En yüksek değer 2327 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Baryum'un Ni, Sc, Cs, Ga, Sn, Sr, Hf, Nb, Rb, Ta, La, Ce, Th, U, Y, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Tm, Yb, Dy, Ho, Er, Lu, Cu, Ag, Hg, Pb, Zn, Cd, Tl, Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Finkelman tarafından 1995 yılında yapılan çalışmada kömürdeki Baryum elementinin genellikle Barit kaynaklı olduğu, Goodarzi (2002) organik madde ve kilden kaynaklandığı ve Swaine (1990) ise ankerit mineralinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. XRD Tüm Kaya analizlerine bakıldığında çalışma alanındaki kömürlerde bulunan Ba'un kaynağının Kil Mineralleri olabileceği yönünde yorum yapılabilir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ni'in ortalama konsantrasyonu 52,73 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değer gösterirken Türkiye ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 116 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Nikel'in, Ba, Sc, Rb, Sr, Ta, Th, U, Cs, Ga, Hf, Nb, V, Zr, Y, Nd, Sm, Eu, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Tm, Yb, Dy, Ho, Er, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl, Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Nikel çoğunlukla Organik Madde ve Sülfitler bulunabilir (Swaine 1990, 1995). XRD Tüm Kaya analizlerine bakıldığında çalışma alanındaki kömürlerde bulunan Ni'in kaynağının Kil Mineralleri olabileceği yönünde yorum yapılabilir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Sc'un, ortalama konsantrasyonu 4,50 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 10,00 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Skandiyum'un, Ba, Ni, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl, Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde Sc'un kaynağı organik maddeler, silikatlar, kil mineralleri ve fosfat mineralleri olabileceği Singh vd. tarafından 1983 yılında yapılan çalışmada belirtilmektedir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Be'un ortalama konsantrasyonu 2 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2 ppm ile GM-24 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Berilyum'un, Co, Cs, Rb, Sn, Ta, Ga, Nb, Th, Pr, Nd, Zr, La, Ce, Sm, Gd, Mo, Pb, As, Cd, Zn, Sb, Hg, Tl ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. XRD Tüm Kaya analizlerine bakıldığında çalışma alanındaki kömürlerde bulunan Be'un kaynağının kuvars ve bol bulunan kaolinit olduğu değerlendirilebilir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Co'ın ortalama konsantrasyonu 18,43 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değer göstermektedir. En yüksek değer 35,60 ppm ile GM-11 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kobalt'ın, Be, W, Mo, Zn, As, Sb, Ag pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Co'ın sülfidlerle, organik madde ve killer ile bulunduğu Varol (1999) ve Aşar (2006) tarafından yapılan çalışmalarda belirtilmiştir

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Cs'un, ortalama konsantrasyonu 0,85 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 1,40 ppm ile GM-13 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Sezyum'un, Ba, Ni, Sc, Be, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Cs'un organik maddede, mika minerallerinde, killerde ve feldispatlarda bulunduğu bilinmektedir (Varol 1999; Aşar 2006).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ga'un ortalama konsantrasyonu 3,11 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 7,50 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Galyum'un, Ba, Cs, Hf, Nb, Ni, Sc, Be, Rb, Ta, Th, U, Ce, Pr, V, Zr, Y, La, Nd, Tb, Dy, Sm, Eu, Gd, Ho, Er, Mo, Cu, Tm, Yb, Lu, Pb, Zn, Ni, Ag, Au, As, Cd, Sb, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Galyum; sfalerit, feldispat, kil ve sülfit minerallerinin yapısında bulunmaktadır (Güllüdağ 2019; Akbıyık 2021).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Hf'un ortalama konsantrasyonu 1,14 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken ABD değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2 ppm ile GM-5 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Hafniyum'un Ba, Ni, Nb, Rb, Ta, Th, Sc, Cs, Ga, U, V, W, Zr, Y, Nd, Sm, La, Ce, Pr, Eu, Gd, Er, Tm, Tb, Dy, Ho, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Au, As, Cd, Sb, Ag, Hg, Tl ve Se pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Nb'un ortalama konsantrasyonu 3,86 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya kömür ortalamalarının üzerindeyken Üst kıtasal kabuk, Türkiye ve Çin değerlerinin altındadır. En yüksek değer 10,20 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Niyobyum' un Ba Ni, Ga, Hf, Rb, Sc, Be, Cs, Sn, Ta, Zr, Y, La, Th, U, V, Ce, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Sm, Dy, Ho, Tm, Yb, Er, Lu, Mo, Pb, Zn, Cu, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Niyobyum Nb'un rutil ile birlikteliği belirtilmiştir (Varol 1999; Aşar 2006).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Rb'un, ortalama konsantrasyonu 9,80 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 20,80 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Rubidyum'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Sn, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl, Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Palmer ve Filby tarafından 1984 yılında yapılan çalışmaya göre kömürlerdeki rubidyumun kaynağının kil mineralleri olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Sn'ın ortalama konsantrasyonu 7 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk, Türkiye ve Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 12 ppm ile GM-22 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kalay'ın, Ba, Be, Nb, Rb, Ta, Cs, Th, U, V, La, Ce, Zr, Y, Pr, Nd, Sm, Tb, Dy, Eu, Gd, Ho, Er, Lu, Mo, Tm, Yb, Cu, Pb, As, Cd, Zn, Ni, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kalayın içinde bulunduğu mineral ya da maddenin Oksitler ve Sülfitler olduğu kaynağının genelde mineraller olduğu kabul edilmektedir (Güllüdağ 2019; Akbıyık 2021).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Sr'un ortalama konsantrasyonu 139,70 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk, Türkiye ve Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 266,50 ppm ile GM-13 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Stronsiyum' un Ni, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, V, W, Zr, Eu, Gd, Er, Lu, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Au ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken 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.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ta'ın ortalama konsantrasyonu 0,27 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken ABD değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,40 ppm ile GM-6 GM-13 ve GM-15 numaralı örneklerde gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Tantal'ın, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Tantal kömürlerde mineral madde ile birlikte ve muhtemelen de K, Ti ve Zr'la birlikte bulunmaktadır (Finkelman 1980; Palmer ve Filby 1984).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Th'un ortalama konsantrasyonu 1,85 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 3,20 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Toryum' un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) Toryumun mineral madde ile özellikle de Zirkon, Xenotime ve Monzonit ile birlikte bulunduğunu, az miktarlar da olsa Th, Fe oksitlerle ve killerle birlikte bulunabildiğini ncak organik birlikteliğin olmadığını belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre U'un ortalama konsantrasyonu 12,82 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Çin, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Türkiye değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 52,30 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Uranyum' un, Ba, Ni, Ga, Hf, Sc, Cs, Nb, Rb, V, Zr, Y, La, Sr, Ta, Th, Ce, Pr, Eu, Gd, Nd, Sm, Tb, Dy, Tm, Yb, Ho, Er, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) kömürlerde Uranyumun genellikle organik bağlarda bulunduğunu, Uranyumun az miktarlarda da olsa adsorblama yoluyla kil mineralleri ile bulunabileceğini belirtmiştir. Yine U'un outinit, uranitit, coffinit, torbenit ve karnotit gibi minerallerde de yer aldığını sülfat, sülfid ve karbonat minerallerinde de bulunabileceği yönünde yorumlamalar yapılabileceğini de belirtmişlerdir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre V'un ortalama konsantrasyonu 109,17 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler göstermektedir. En yüksek değer 264 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Vanadyum' un, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Vanadyum elementinin kömürlerde kil ve organik maddeyle birlikte bulunduğu belirtilmiştir. (Querol vd. 1996; Finkelman ve Gross 1999; Goodarzi 2002).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre W' in ortalama konsantrasyonu 68,38 ppm olarak hesaplanmıştır. Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler göstermektedir. En yüksek değer 207,60 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Tungsten' in, Co, Hf, Zr, Mo, Ni, As ve Sb ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) Tungsten'nin organik bağlarda yer aldığını ancak az miktarlarda da olsa W mineralleri ile de bulunabileceğini (şelit, wolframit), Hindistan kömürlerinde karbonat mineralleriyle de bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Zr'un ortalama konsantrasyonu 42,33 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk ve Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 73,20 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Zirkonyum' un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U, V, W, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Finkelman (1980) yapılan çalışmasında Zirkonyum' un her zaman belli miktarda Hafniyum ile birlikteliğinin olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Y'un ortalama konsantrasyonu 7,80 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 18,40 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında İtriyum' un, Ba, Ni, Sc, Nb, Ta, Th, U, V, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Rb, Sr, Ni, As, Cd, Cs, Ga, Hf, Sb, Ag, Au, Sm, Eu, Gd, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. İtriyumun kömürlerde organometaliklerle beraber (Ershov 1962), organik maddeyle birlikte (Given ve Miller 1987) veya mineral maddeyle bir arada bulunduğu (Swaine 1990) belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Mo'in ortalama konsantrasyonu 6,15 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler göstermektedir. En yüksek değer 21,00 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Molibden'in Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Anoksik koşulların artması ile konsantrasyonunun artması arasında doğru orantı vardır. Molibden hümik asitlerle ilişkili olduğu kadar sülfürlerle de ilgilidir (Pehlivanlı 2011).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Cu'ın ortalama konsantrasyonu 11,90 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 28,80 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Bakır'ın, Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) Bakır'ın, kalkopirit olarak veya sülfid minerallerinde bulunabileceği gibi organik yapıda da bulunabileceğini belirtmiştir. Kömürlerde Cu kaynağının pirit, kalkopirit ve organik madde olduğu belirtilmiştir (Swaine 1990; Quarol vd. 1998; Goodarzi 2002).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Pb'un ortalama konsantrasyonu 5,83 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 16,30 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kurşun'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) Kurşun'un, Baryum mineralleri ve Galen ile birlikte bulunduğu ayrıca pirit ve organik madde ile beraberlikler kurduğunu belirtmiştir. Finkelman (1994) da kömürlerde Pb kaynağının sülfit mineralleri olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Zn'nun ortalama konsantrasyonu 51,75 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Türkiye, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Üst kıtasal kabuk ve ABD değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 163,00 ppm ile GM-18 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Çinko'nun, Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Karayiğit vd. (2000) ve Goodarzi (2002) kömürlerde Çinko'nun kaynağının genel olarak sülfit mineralleri, sfalerit, karbonat ve kil mineralleri ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre As'in ortalama konsantrasyonu 7,37 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, ABD ve Çin ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Türkiye ve Dünya linyitleri değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 16,60 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Arsenik'in, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde genelde piritle bulunan Arsenik'in (Finkelman 1994), kil mineralleri ve fosfatlardan da kaynaklandığı belirtilmiştir (Swaine 1990).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Cd'un, ortalama konsantrasyonu 0,20 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Türkiye, ABD, Dünya linyitleri ve Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,30 ppm ile GM-15 GM-22 ve GM-23 numaralı örneklerde gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Kadmiyum'un, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerdeki kadmiyumun kaynağının inorganik kökenli (Swaine 1990; Finkelman 1994, 1995), karbonat, kil, organik madde (Goodarzi 2002), ve pirit (Swaine 1990) olabileceği belirtilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Sb'un ortalama konsantrasyonu 1,46 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Çin, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Türkiye değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 3,50 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Antimon'un, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) antimonun kömürlerde organik madde ve sülfitlerle birliktelik gösterdiğini belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Bi'un ortalama konsantrasyonu <0,1 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer limit altında kaldığı için Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD Çin ve Dünya linyitleri ortalamalarının karşısındaki durumu hesaplanamamıştır. En yüksek değer için tüm değerler alt limitin de altında kaldığı için saptanamamıştır. Yine aynı sebep ile korelasyon matrisine bakılamamıştır.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Au'ın ortalama konsantrasyonu 1,54 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 3,20 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Altın'ın, 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, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Swaine (1990) kömürlerde piritin bir miktar altın içerebileceğini belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Hg'nın ortalama konsantrasyonu 0,08 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Türkiye, ABD, Dünya linyitleri ve Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,25 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Civa'nın, Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kömürlerde bulunan Civa elementinin kaynağı olarak selenit ve sülfitler düşünülmektedir (Finkelman 1995; Goodarzi 2002).

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Tl'un ortalama konsantrasyonu 0,14 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,20 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Talyum'un Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Varol (1999) ve Aşar (2006) Talyum'un özellikle piritte zenginleştiğini ve kesinlikle organik maddeyle birliktelik kurmadığını belirtmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Se'un ortalama konsantrasyonu 0,08 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Çin, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler Türkiye gösterirken değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,25 ppm ile GM-13 ve GM-18 numaralı örneklerde gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Selenyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg ve Tl ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre La'ın ortalama konsantrasyonu 6,94 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 12,20 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Lantan'ın Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ce'un ortalama konsantrasyonu 13,33 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 22,40 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Sezyum'un Ba, Ga, Hf, Nb, Ni, Sc, Be, Cs, Rb, Sn, V, Zr, Y, La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Pr'in ortalama konsantrasyonu 1,57 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2,65 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Praseodim'in Ba, Ni, Sc, Hf, Nb, Be, Cs, Ga, Rb, Th, U, Sn, Sr, Ta, V, Zr, Y, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Nd'un ortalama konsantrasyonu 6,10 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 10,20 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Neodimyum'un Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Sm'un ortalama konsantrasyonu 1,19 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2,21 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Samaryum 'un Ba, Ni, Sc, Be, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, T ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Eu 'un ortalama konsantrasyonu 0,29 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,54 ppm ile GM-15 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Evropiyum 'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Gd'un ortalama konsantrasyonu 1,32 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2,52 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Gadolinyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Tb'un ortalama konsantrasyonu 0,20 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,41ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Terbiyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Dy'un ortalama konsantrasyonu 1,24 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 2,53 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Disprosyum'un Ba, Ni, Sc, Rb, Sn, Sr, Cs, Ga, Hf, Nb, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Ta, Th, U, V Eu, Tm, Yb, Gd, Tb, Ho, Er, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ho'un ortalama konsantrasyonu 0,26 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD ve Dünya linyitleri ortalamasının üzerinde değerler gösterirken Çin değerlerinin altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,56 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Holmiyum'un Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ni, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, Y, La, Ce, Pr, Nd, U, V, Zr, Sm, Eu, Er, Tm, Gd, Tb, Dy Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Er'un ortalama konsantrasyonu 0,76 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,67 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Erbiyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Tm'un ortalama konsantrasyonu 0,11 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,27 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Tulyum 'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Yb'un ortalama konsantrasyonu 0,70 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 1,69 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında İterbiyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Lu'un ortalama konsantrasyonu 0,11 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,26 ppm ile GM-6 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Lutesyum'un Ba, Ni, Sc, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin analiz sonucu değerlendirmesine göre Ag'un ortalama konsantrasyonu 12 örneğin 11'inde limit altında kaldığı için hesaplanamamıştır. Bu değeler Üst kıtasal kabuk, Türkiye, ABD, Çin ve Dünya linyitleri ortalamasının altında değerler göstermektedir. En yüksek değer 0,20 ppm ile GM-15 ve GM-23 numaralı örnekte gözlemlenmektedir. Korelasyon matrisine bakıldığında Gümüş'ün, Ba, Sc, Hf, Co, Ga, Ni, Nb, Ta, Th, U, Rb, Sr, Zr, Pr, Nd, Y, La, Ce, Sm, Eu, Ho, Er, Gd, Tb, Dy, Tm, Pb, Zn, Yb, Lu, Cu, Ni, Hg, Cd, Au, Tl ve Se ile pozitif korelasyon gösterirken diğer elementlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

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

Çizelge 4.7. Eser elementlere ait 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**
GM-5	11.52	14.19	1.76	-	11.42	1.51	1.41	3.03	3.50	0.54	-	4.12	1.37	1.06	45.73	24.70	1349.4	3.27	3.29	1.00	1.16	1.32	1.37
GM-6	6.46	9.02	2.09	-	2.09	0.97	0.96	1.03	3.11	0.90	-	1.06	1.62	0.87	70.79	9.95	54.44	1.39	3.20	1.44	1.30	1.36	1.34
GM-11	8.65	9.48	1.82	-	26.20	1.30	0.44	0.96	1.91	1.03	-	2.79	-	1.21	16.51	7.35	896.88	1.10	2.12	1.44	1.46	1.51	1.56
GM-12	5.95	2.53	1.80	-	3.65	0.52	0.78	0.82	0.93	0.35	-	1.49	0.80	0.62	7.35	2.60	150.34	0.91	1.39	0.83	0.79	0.81	0.84
GM-13	10.90	3.49	1.43	-	2.42	1.14	0.84	0.90	1.30	0.67	2.00	3.33	1.78	0.80	21.60	2.02	76.55	0.89	1.62	1.34	1.15	1.22	1.15
GM-15	8.59	3.72	1.64	-	1.62	0.52	0.99	0.87	1.11	0.36	-	1.26	1.02	0.70	7.42	2.66	56.96	0.85	1.39	0.81	0.80	0.86	0.87
GM-18	6.07	5.17	1.40	-	6.30	1.04	1.03	1.04	1.37	0.80	-	1.27	0.87	0.90	17.56	5.01	214.91	1.12	1.53	1.07	1.00	1.09	1.13
GM-19	151.0	-	3.88	-	33.29	1.11	-	-	4.07	0.39	-	36.91	12.08	-	132.8	14.56	1075.3	1.07	5.69	2.98	1.98	2.07	2.01
GM-20	15.84	7.83	1.88	-	13.02	0.72	0.55	0.99	1.53	0.43	-	3.69	-	0.75	56.80	10.39	298.46	1.14	1.84	0.79	0.82	0.95	1.04
GM-22	12.40	5.40	1.54	-	2.25	0.99	0.52	0.71	1.21	0.71	32.38	1.96	1.80	0.67	11.39	6.90	33.52	0.88	1.64	1.03	0.98	1.06	1.10
GM-23	9.57	4.48	1.54	-	6.43	0.66	0.59	1.22	1.75	0.52	-	2.44	1.20	1.18	21.19	4.40	99.15	1.22	2.24	1.57	1.52	1.52	1.54
GM-24	6.68	3.39	0.98	4.34	7.26	1.21	0.70	0.86	1.63	0.53	4.55	1.66	1.52	0.87	11.30	4.55	84.12	1.05	1.50	1.29	1.24	1.17	1.26
EF = (Element)örnek/(Element)ucc																							

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
GM-5	1.79	1.73	2.56	2.12	2.53	2.08	2.79	2.88	2.84	3.19	178.	3.00	1.45	0.74	18.78	13.7	92.58	-	-	14.0	7.45		-	1143.25
GM-6	1.72	1.94	2.30	2.14	2.37	2.47	2.65	3.29	3.09	3.07	69.7	3.76	0.82	1.47	12.64	8.15	31.97	-	-	7.80	3.68		0.41	843.86
GM-11	1.38	2.16	2.39	1.82	1.96	1.53	1.72	1.70	2.04	1.64	35.8	2.36	1.27	2.28	10.08	14.2	22.28	-	-	7.64	-		-	397.73
GM-12	0.99	1.26	1.23	1.18	1.17	1.22	1.22	1.44	1.23	1.40	10.8	2.22	0.93	0.86	3.68	4.02	8.11	-	-	-	2.90		-	370.07
GM-13	1.22	1.36	1.51	1.37	1.44	1.44	1.32	1.73	1.50	1.42	5.08	1.75	0.82	2.09	4.33	8.91	3.99	-	-	-	1.61		0.89	102.50
GM-15	1.01	1.24	1.34	1.18	1.30	1.30	1.23	1.46	1.47	1.41	8.37	1.42	2.21	1.07	4.08	7.70	8.05	-	0.01	2.30	11.58		0.26	410.89
GM-18	1.23	1.45	1.60	1.29	1.40	1.42	1.60	1.57	1.51	1.52	34.5	2.27	1.73	9.53	9.96	8.74	23.50	-		4.96	4.73		0.87	493.88
GM-19	0.58	1.09	3.80	3.10	4.32	3.93	3.78	3.62	3.53	3.51	64.2	1.75	1.92	3.24	26.03	-	40.73	-	-	-	-		-	1333.33
GM-20	1.29	1.40	1.40	1.63	1.69	1.80	1.83	1.75	1.80	1.70	44.6	1.97	1.34	3.27	20.08	-	30.66	-	-	-	3.53		-	811.34
GM-22	1.21	1.51	1.40	1.16	1.34	1.50	1.38	1.44	1.35	1.57	7.85	3.06	3.40	12.4	5.28	18.0	16.19	-	-	5.04	10.86		-	1023.48
GM-23	1.68	1.84	2.06	1.85	2.13	1.89	2.21	2.16	1.89	1.92	11.7	1.60	3.49	7.81	3.82	18.0	12.14	-	0.02	3.60	19.54		-	662.25
GM-24	1.34	1.32	1.56	1.30	1.25	1.21	1.35	1.21	1.53	1.47	18.6	1.24	1.58	3.60	8.06	10.1	15.93	-	-	2.13	6.41		0.51	426.61
	EF = (Element)örnek/(Element)ucc																							

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

6. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi çevresindeki Neojen yaşlı kömürlü birimlerin Ana-Eser element analizleri yapılarak element oranları belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda element konsantrasyonları incelenerek örneklerin minimum, masimum ve ortalama element miktarları hesaplanmıştır. Bunlar başka alanlardaki miktarlarıyla karşılaştırılarak söz konusu elementlere ait zenginleşme faktörleri belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel değerlendirmelerin ışığında örneklere ait elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve kökenleri hakkında yorumlama yapılmıştır. Üst kıtasal kabuk ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, üst kıtasal kabuk ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Ca, Cr ve P; eser elementler ise V, Co, Ni, As, Se, Cd, Sn, Sb, Ba, W, Hg, Tl ve U olarak gözlemlenmiştir. Türkiye ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Türkiye ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Mg, Ca, Na ve Ti; eser elementler ise Be, V, Co, Zn ve Ba olarak gözlemlenmiştir. ABD ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, ABD ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Al, Ca, Na, K, Mg, Ti ve P; Eser elementler ise Sc, V, Co, Ni, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Ba, Pr, Gd, Ho, Er, Tm, Lu, Ta, W ve U olarak gözlemlenmiştir. Çin ortalamalarıyla yapılan kıyaslamalarda, Çin ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Si, Mg, Ca, Na, K, P ve Mn; eser elementler ise Sc, V, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sn, Sb, Ba, W ve U olarak gözlemlenmiştir. Dünya ortalamalarına göre yüksek ortalama değer veren ana elementler Al, Fe, Mg, Ca Na, K ve Ti; eser elementler ise Be, Sc, V, Co, Ni, Zn, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, W ve U olarak gözlemlenmiştir.

Dünya linyit ortalama değerleri göz önüne alınarak yüksek ortalama sunan eser elementler incelendiğinde dört grup altında değerlendirilen çevreye duyarlı olan 16 eser elementin tespiti yapılmıştır. Bu gruplara dâhil olan elementlere bakıldığında çalışma alanına ait verilere göre çevresel ve insan sağlığı açısından ölümcül sonuçlara neden olabilecek birinci gruba dâhil elementlerden Selenyum elementine ait değerler dünya linyitlerine göre yüksek değerler göstermiştir. Selenyum elementinin 60-100 μg/l değerinden yüksek değerlerde alınması sinir sistemi rahatsızlıklarına (felç, parestezi ve hemiflegi), karaciğer ve böbrek hasarlarına neden olabilmektedir. Birinci gruba göre ekolojik zararı daha az olan 2A grubu elementlerinin çalışma alanındaki konsantrasyonları incelendiğinde ise Mo elementinin ortalama konsantrasyonları dünya linyitine ait element konsantrasyon ortalamasından yüksek değerler sergilemiştir. Bu elementlerin doğurabileceği olumsuz sonuçlar sebebiyle kullanımıyla ilgili çalışmalar titizlikle yürütülmelidir. Çalışma alanına ait kömürlerin analiz değerlendirmesi sonucuna 2B grubuna ait elementlerden Be, Zn ve U elementlerinin ortalama değerleri dünya linyitine ait ortalama değerler karşısında yüksektir. Radyoaktif eser element sınıfının üyesi olan U elementinin besin zinciri yoluyla geniş yayılım alanlarında olumsuz sonuçlar göstermemesi için radyoaktif özelliğinin minimize edilerek kullanılması gerekmektedir. Grup 3'e bakıldığı zaman ise Co, Sb ve Ba elementlerinin çalışma alanındaki ortalama değerleri dünya linyit konsantrasyon ortalamalarının üzerine çıkmıştır.

Çalışma alanından alınan 24 adet örneğe XRD Tüm Kaya analizi yapılmış bu örneklerden 19 tanesinde de detaylı kil analizine yer verilmiştir. XRD tüm kaya analiz sonuçlarında bolluk sırasına göre kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, feldispat, jips, pirit, mika ve klorit mineralleri olduğu görülmüştür. Örneklerde bol miktarda kuvars mineralleri olduğu tespit edilmiştir. Kuvarsın yüksek temsil edildiği bölgelerde çökelim sırasında alana dış kaynaklı malzeme girişi olduğu anlaşılabilir. Analizi yapılan örneklerden 19 tanesine detay kil analizleri de yapılmış çıkan sonuçlarda örneklerde smektit, illit, kaolinit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Diğerlerine göre bolluk oranının yüksek olduğu görilen kil minerali illit olarak saptanmıştır. Karbonat grubu mineralleri değerlendirildiğinde kalsit mineralinin ve dolomit karşısında yüksek bolluk oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu durum göz önüne alındığında ise alandaki ana karbonat kalsit olduğu değerlendirmesi yapılabilir.

Çalışma alanında bolluk miktarı yüksek olan bir diğer mineral de Jips mineralleridir. Jips mineralleri kömürlerde genellikle boşluk suyunda olan depolanma, buharlaşma yoluyla oluşur. Bunun yanı sıra pirit oksidasyonundan da kaynaklanabileceğinden epijenetik kökenli olabileceği yorumu yapılabilmektedir.

Sonuç olarak çalışma alanına ait veriler değerlendirilince ortamdaki Be, Sc, V, Co, Zn, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, W ve U elementlerine ait ortalama konsantrasyon değerlerinin dünya linyitlerine ait sonuçlarla karşılaştırıldığında çalışma alanı verilerinin yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu elementlerin ekosistem üzerindeki zararlı etkilerini göz önünde bulundurarak linyitlerin çıkarımından nakliyesine ve kullanımına kadar tüm aşamalarda titizlikle çalışılması gerekmektedir. Bundan sonraki çalışmlarda bu elementlerin varlığı gözönünde bulundurulmalı ve oluşabilecek olumsuzluklar için gereken önlemler alınmalıdır.

7. KAYNAKLAR

Akar, G., 2001, Kömür Külü Atık Sahalarından Oluşacak Olan Ağır Metal Kirlenmesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Ünversitesi, İzmir, 84 s.

Akbıyık, O., A., 2021. Karaiğdemir Baraj Gölü (Tekirdağ) Çevresindeki Kömürlü Birimlerin Ana-Eser Element Zenginleşmeleri ve Bunların Çevre Sağlığı Açısından Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 74 s.

Altunsoy, M., Özçelik, O., 1993. Organik fasiyesler, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 43, 34-39. Arpat, E.,Şaroğlu, F., 1975, Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, *TJK Bülteni,* 18, 91-101.

Astm, 1991. Annual book of ASTM standards. Philadelphia.

Aşar, Z.İ. 2006. İleri teknoloji elementlerinin (Ga, Ge, Se, Te) bazı kömür yataklarındaki konsantrasyonlarının araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 66 s.

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

Arpat, E., Şaroğlu, F., 1975. Some significant recent tectonic events in Turkey. *Geological Society of Turkey Bulletin* 18, 91-101

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., İkiışık, H., Bakırcı, L. 2008. Çan Kömür Havzasındaki madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. ÇAYDAG-106Y041 nolu proje raporu, 479 s.

Bayram, A., Odabaşı, M., 1994, Türkiye'de Linyitli Termik Santrallerin Kirletici Emisyonları, Türkiye 6. Enerji Kongresi

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, Enviromental Research, 13(3), s.378-385.

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.

CanoSeco (2008) Casablanca Clean Coal Technology Underground Mine Project, Mine Waste Management at Modern Coal Mines- A state of the art report.

Çeçen, F., 2015. Kömür Madenciliğinin Çevresel Etkileri, Boğaziçi Üniversitesi Soma Araştırma Grubu Raporu, s.150- 163. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

Çıplak, R., 2004. Erkenek-Gölbaşı (Adıyaman) Arasında Doğu Anadolu Fayının Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 76 s.

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-richcoals: 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.

DPT., 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu Enerji Maddeler Alt komisyonu Kömür Çalışma Grubu. DPT: 2605 - ÖIK: 616, Ankara.

Edgar, T.F. 1983. Coal processing and pollution control.

Ershov, V.M. 1962. Rare earth elements in coals of the Kizel coal basin. Geochemistry (USSR) 3: 306-308.

Fly, E., 2014. Coal Mining and Water, **http://water.epa.gov/action/importanceofwater/upload/14-Fry.pdf**.

[son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014]

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.

Fınkelman, R.B. 1981. Modes of occurrence of trace elements in coal. U.S. Geological Survey Open-File Report 81-99.

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. 1994. Theuse of modes of occurence information to predict the removal of the hazardous air pollutants. *International Journal of CoalGeology*, 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 andpublic health. 3rd European Coal ConferenceProcedings, pp. 199-202, İzmir.

Finkelman, R. B. and Grosss, 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.

Faig, W. 1968. Biochemical factors in coal formation. Edinburgh, 197-232 p.

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.

Güllüdağ, C.B., 2019, Malkara (Tekirdağ) kömürlerinin organik jeokimyasi, ana-eser element içerikleri ve çevresel etkilerinin CBS destekli incelenmesi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 163 s.

İmamoğlu, M.Ş., 1993, Gölbaşı (Adıyaman)- Pazarcık- Narlı (K. Maraş) Arasındaki Sahada Doğu Anadolu Fayı'nın Neotektonik İncelemesi, Doktora Tezi, A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, 137 s.

İmamoğlu, M.Ş. ve Gökten, E., 1996, Doğu Anadolu fay zonu Gölbaşı kesimi neotektonik özellikleri ve Gölbaşı-Saray fay kaması havzası, *TJK Bült*., 11**,** 176-184.

Karayiğit, A.İ. and Köksoy, M., 1997. Kömürün oluşumu ve sınıflandırılması. İstanbul.

Karayiğit, A.İ., Gayer, R.A., Querol, X. and Onocak, T. 2000. Contents of major and trace elements in feed coals fromTurkish 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.

Karayiğit, A., Oskay, R.G., Tuncer, A., Gümüş, B. A., Mastalerz, A., Şengüler, İ., Oluşturdu, H., Tolunoğlu, C., (2016). A multidisciplinary study of the Gölbaşı-Harmanlı coal seam, SE Turkey. *International Journal of Coal Geology*. 167. 31-47.

Kartal G., Güven A., Kahvecioğlu Ö., Timur S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri -II, İTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Kavak, O., 1997, Adıyaman karaboğaz formasyonunun kaynak kaya potansiyeli, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 146 s.

Kavak, O., Toprak, S.,2011. Gölbaşı Harmanlı (Adıyaman) Kömürlerinin Organik Jeokimyasal Ve Petrografik Özellikleri, *Jeoloji Mühendislik Dergisi*, Cilt35, Sayı 1,Sayfa 43-78, Haziran, JMO, Ankara.

Ketris, M.P. and Yudovich, Y.E. 2009. Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: world averages fortrace element contents in black shales and coals. International Journal of Coal Geology, 78: 135-148.

KORKMAZ, S. 2008. Yakıtlar jeolojisi ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

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.

Kural, O., (1991). Linyit ve Kullanım Alanları, Kömür Kitabı, 12. Bölüm (Ed. Orhan Kural), s. 294 – 332.

Lansdown, R., ve Yule, W., 1986, The lead debate: The environment, toxicology and child health. Beckenham, Kent (39235): Croom Helm Ltd.

Liu, G., Zhang, H., Gao, L., Zheng, L., Peng, z., 2003, " Petrological and Mineralogical Characterizations and Chemical Composition of Coal Ashes from Power Plants in Yanzhou Mining District, China.", Fuel Processing Technology 85, 1635-1646

MTA., 2021. MTA 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Ankara: MTA.

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 Golf 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, 8889.

Nakoman, E. 1971. Kömür. Mta Eğitim Serisi, No:8, Ankara.

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.

Özcan, M., Özel, G., Demirkol, Ö. And Babayiğit, S.S. 2013. Kömür Sektör Raporu (Linyit). TKİ. Ankara.

Özkan G., 2009, Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy'de Partikül Madddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Kocaeli, 9,12-22.

Özpeker, I., 1988, Kömürün oluşumu, petrografisi ve sınıflandırılması, Kömür (ed.Orhan Kural)

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 Turkishcoals: a nationwideperspective, International Journal of Coal Geology, 60, 85-115.

Pehlivanlı, Y., 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.

Perinçek, D., Günay, K., Kozlu, H., 1987, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler, Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri, 89-103.

Prevot, L. 1990. Geochemistry, Petrography, Genesis of Cretaceous-Eocene Phosphorites; The Ganntour deposit (Morocco): a type example. Societe Geologique de France, Paris, 232p.

Querol, X., Cabrera, Ll., Pickel, W., Fernandez-Turıel, J.L., Hagemann, H.W. and Lopezsoler, A. 1996. Controls on the quality of the Mequinenza Coal Deposit, NE Spain. *International Journal of Coal Geology*, 29: 67-91.

Singh, R.M., Singh, M.P. and Chandra, D. 1983. Occurence, 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.

Schweinfurth, S. P. 2003. Coal-A comlex natural resource. U.S. Geological Survey Circular 1143, 39p.

Soykan 1997. Adıyaman-Gölbaşı Soykan kömür işletmeleri tanıtımı ve gelişimi, Ankara, 135s.

Stach, E., Mackowsky, M.Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. And Teichmüller, R. 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology. Berlin.

Sungurlu, O., 1973, VI. Bölge Gölbaşı-Gerger arasındaki sahanın jeolojisi, TPAO Arama Grubu, Rapor no. 802

Sungurlu, O., 1974. VI. Bölge kuzey sahalarının jeolojisi. TPAO Arama Grubu, Rapor No:871. 32s.

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.

Swaine, D.J. 1990. Trace Elements in Coal. Butterwarh, 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.

Temel, A., H.,2007. Adıyaman-Gölbaşı Linyitinin Değerlendirilme Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 180 s.

Toprak, S., 2009. Petrographic properties of majör coal seams in Turkey and their formation. *International Journal of Coal Geology*, 78, 263-275.

TÜİK., 2022. Katı Yakıt İstatistikleri, Ankara.

TKİ., 2021 Faaliyet Raporu, Ankara.

TKİ., 2021. Kömür Sektör Raporu (Linyit), Ankara.

Tuncalı, E., Çiftçi, B., Yavuz, N., Toprak, S., Köker, A., Gencer, Z., Ayçık, H., Şahin N., 2002, Türkiye tersiyer kömürlerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara Van Krevelen (1961)

Varol, N.Ö. 1999. Analsim içeren Koyunağılı linyitinin (Miyosen) kimyasal, jeokimyasal ve petrografik özellikleri. Mihalıççık-Eskişehir, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Ens., Ankara, 132 s.

Valkovic, V. 1983. Trace elements in coal, vol. 1. Chem. Rubber Co. Press, Boca Raton, Fla., 210 p.

Wagner, C., TUNA, E., 1988, Campanian cycle IV carbonates in Southeast Turkey-depositional environments and paleogeography: TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2528, 11 s., Ankara.

Westaway, R., Arger, J., 1996, The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, J. Geol. Soc., London, 153, 729-743.

Wouterlood, H.J., Bowling, K.Mc.G., 1979, Removal and recovery of arsenous oxide from flue gases. Enviromentel Science Technology 13(1), 93-97.

Xu, Z., Liu, J., Choung, J.W., Zhou, Z., 2003, Electrokinetic study of clay interactions with coal in flotation, International Journal of Mineral Processing, 68, 183-196.

Yan, R., Zeng, H., Ouyang, Z., 1995, "The mode of occurrence and concentration of trace elements in several typical Chinese coals.", Anal. Lab. 14, 43-47

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), s119-13.

ÖZGEÇMİŞ

MEHMET KARAGÖZ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Antalya
Lisans 2014-2018	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Jeoloji Mühendisi 2021-2021	JeoTasarım Proje&Mühendislik/ANTALYA
Jeoloji Mühendisi 2018-2019	Analiz Zemin Sondaj Müh. Müş. Ltd. Şti./ ANKARA
Stajyer Mühendis 2017-2017	Soner Temel Mühendislik İnşaat ve Ticaret Anonim Şirketi