

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

**PLİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLÜ BİRİMLERİN (İSTASYON MEVKİİ-ILGIN,  
KONYA) ORGANİK FASİYES ÖZELLİKLERİ VE KÖMÜRLERİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ**

**Meltem ÇETİNKAYA (ÖZDOĞAN)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2015**

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

**PLİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLÜ BİRİMLERİN (İSTASYON MEVKİİ-ILGIN,  
KONYA) ORGANİK FASİYES ÖZELLİKLERİ VE KÖMÜRLERİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ**

**Meltem ÇETİNKAYA (ÖZDOĞAN)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından  
2013.02.0121.008 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**2015**

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

**PLİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLÜ BİRİMLERİN (İSTASYON MEVKİİ-ILGIN,  
KONYA) ORGANİK FASİYES ÖZELLİKLERİ VE KÖMÜRLERİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ**

**Meltem ÇETİNKAYA (ÖZDOĞAN)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez .././201.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Doç. Dr Nazan YALÇIN ERİK

## ÖZET

PLİYOSEN YAŞLI KÖMÜRLÜ BİRİMLERİN (İSTASYON MEVKİİ-ILGIN, KONYA) ORGANİK FASİYES ÖZELLİKLERİ VE KÖMÜRLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

**Meltem ÇETİNKAYA (ÖZDOĞAN)**

**Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY**

**Temmuz 2015, 55 sayfa**

Çalışma alanı Konya'nın kuzey batısında Ilgın'ın kuzeyinde bulunmaktadır. Bu çalışma ile Ilgın kuzeyindeki kömürlü Pliyosen birimlerinin Organik Fasiyes özellikleri ile element içerikleri ve bunların çevresel etkileri incelenmiştir. Kömürlü birimlerdeki organik materyallerin karakterlerini saptamak için bölgede yapılan sondaj örneklerinden yararlanılmıştır.

Çalışma alanının temelini Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birimler oluşturmaktadır. Bu birimler üzerinde bulunan Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonunun litolojik içeriği çakıtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, tuf, marn, çamurtaşı araldanması ile yer yer mercekssel ince linyit arabantlarından oluşmaktadır. Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonu üzerinde uyumlu olarak Dursunlu Formasyonu bulunmaktadır. Bu birim beyaz, sarı, gri, yeşil, kırmızı renkli kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn, çamurtaşı ve yer yer linyitli seviyeleri içermektedir. Formasyonun en üst seviyelerinde yer yer kumlu killer ve çamurtaşları gözlenmektedir.

Dursunlu Formasyonundan alınan örneklerde toplam organik karbon (TOC) % 0,03-53,36 arasında değişmektedir. Hidrojen İndeksi (HI) 0-707 mgHC/TOC ve Oksijen İndeksi (OI) 33-1367 mgCO<sub>2</sub>/gTOC aralığında değerlere sahiptir. Üretim indeksi (PI) 0,02-1 mgHC/gTOC değer aralığındadır. Elde edilen sonuçlara göre Pliyosen yaşlı Dursunlu Formasyonu C, CD, D organik fasiyeslerinde çökeldiği belirlenmiştir.

KI-26 ve KI-30 sondajından alınan örneklerden ulaşılan değerlere göre element içerikleri incelenmiştir. Ulaşılan değerlere göre Swaine (1990)'de verilen Dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırıldığında ana elementlerden Ti'nin ve eser elementlerden Cs, Rb, Ta, Th, As, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm'nin Dünya kömürlerine ait sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Çalışılan bölgede insan yerleşiminin yoğun olması nedeniyle As, Th, Cs, Ta, La, Ce, Pr elementlerinin yüksek olması çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Ilgın, Organik Fasiyes, Eser Element, Kömür

**JÜRİ:** Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Doç. Dr Nazan YALÇIN ERİK

## ABSTRACT

### ORGANIC FACIES CHARACTERISTICS OF THE PLIOCENE COALY UNITS (STATION AREA –ILGIN, KONYA) AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF COAL

**Meltem ÇETİNKAYA (ÖZDOĞAN)**

**MSc Thesis in Geological Engineering**  
**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY**

**July 2015, 55 pages**

Studied area is located in the North-west of the Konya and North of Ilgın. In this study, coal element contents of pliocene units with organic facies characteristics in northern Ilgın and their environmental impacts are examined. To determine the character of organic materials inside the coal-fired units in region were use in the drilling samples.

It constitutes the basis of the study area Paleozoic- Mesozoic units. This lithological units on the content of the Miocene aged formations Çiğil conglomerate, limestone, sandstone, siltstone, tuff, marl, mudstone interbedded with the place where it is composed of thin lenticular interband lignite. There Dursunlu Miocene formation in accordance with the Miocene aged Çiğil formation. This unit is white, yellow, gray, green, red sandstone, siltstone, claystone, marl, mudstone and locally contains lignite levels. Place at the highest level, where sandy clay and mudstone formation is observed.

In the samples taken from the formation Dursunlu total carbon (TOC) ranged from 0.03 to 53.36 %. Hydrogen index (HI) 0-707 mgHC/gTOC and Oxygen index (OI) 33-1367 mgCO<sup>2</sup>/gTOC have values in the range. Production index ( PI ) values range from 0.02 to 1. The obtained results according to the Pliocene Formation Dursunlu C, CD, D, is determined that the organic facieses sediments.

The value reached by the element contents of the KI-26 and KI-30 drilling samples were examined. The values achieved compared by the world coal limit values in Swaine (1990), Ti values of the main elements and Cs, Rb, Ta, Th, As, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm values of the trace elements exceeds the world coal limit values has been determined. Due to the scarcity of human settlements in study area, high values of Cs, Ta, Th, La, As, Ce, Pr elements may have adverse effects on the environmental health of high value.

**KEYWORDS:** Ilgın, Organic Facies, Trace Element, Coal

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Supervisor)  
Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK  
Assoc. Prof. Dr. Nazan YALÇIN ERİK

## ÖNSÖZ

Kömür kullanımı nedeniyle dünyanın iklimi hızla değişmektedir. Karbon oranının yüksek olması termik santrallerde kömür kullanmak en çok karbondioksit kirliliğine yol açan enerji üretim şeklidir. Kömür santralleri civa kirliliğine asit yağmurlarına sebep olur. Asit yağmurlarında ortaya çıkan duman tüm ekosistemin dengesini bozmaktadır. Aynı zamanda küçük partiküller ve radyasyon yoluyla gerçekleşen hastalıkların kaynağıdır ve kömür yakmak zararlı partiküllerin ve radyasyonun açığa çıkmasına neden olur. Kömür santrallerinden yayılan zehirli maddeler bölgedeki tatlı suyu kirlendirir. Bu zehirli su sızdığına sadece yeraltı sularını değil toprağı da olumsuz şekilde etkilemektedir. Kömür madenciliğı erozyona neden olur. Madencilik alanının yüzeyindeki bitki örtüsü yok edilir. Bu durum toprak erozyonunu tetikler. Yeraltı madenciliğı de çökebilecek yeraltı boşluklarına sebep olur. Sayılan tüm bu olumsuz etkilerin yanında şimdiye kadar kullanılan ve yararlanılan en önemli enerji kaynaklarından bir tanesidir.

İlgın (Konya) yöresi yeraltı zenginlikleri ve özellikle de kömür açısından oldukça önemli bir bölgemizdir. Bu bölgede yer alan Pliyosen yaşlı kömürlerin ana ve eser element açısından çevrede oluşturabilecekleri olumsuz etkilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın başından sonuna kadar bana her zaman yardımcı olan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY'a, bana her konuda destek olan sayın hocam Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK'e, tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Selin HÖKEREK'e, Araş. Gör. Neslihan ÜNAL'a ve Öğr. Gör. Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşamım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. İncelemenin Amacı .....	2
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Yeryüzü Şekli .....	3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI .....	5
2.1. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırılması .....	5
2.1.1. Kömür .....	5
2.1.1.1. Turba.....	5
2.2. Kömürleşme .....	7
2.3. Kömürün Sınıflandırılması.....	9
2.4. Bölgesel Jeoloji .....	10
2.5. Kömür Madenciliğinin Olumsuz Çevresel Etkileri.....	13
2.5.1. Arama safhasındaki etkiler .....	13
2.5.2. Açık ocak kömür işletmeciliği sırasındaki etkiler .....	13
2.5.3. Çevre kirlenmesi .....	13
2.6. Önceki Çalışmalar .....	14
2.7. Stratigrafi .....	16
2.7.1. Dursunlu Formasyonu' nun litolojik özellikleri.....	19
3. MATERYAL VE METOT.....	24
3.1. Organik Jeokimyasal Analizler .....	24
3.1.1. Toplam organik karbon (TOC) analizi .....	24
3.1.2. Rock-Eval piroliz analizi .....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	27
4.1. Kömürde Bulunan Ana ve Eser Elementler .....	27
4.2. Dursunlu Formasyonunun Ana ve Eser Element İçerikleri .....	31
4.2.1. Çevresel Etkiler.....	32
4.2.1. Organik jeokimyasal çalışmalar.....	39
4.2.2. Organik madde miktarı, organik madde tipi ve olgunluk derecesi.....	40
4.3. Organik Fasiyes Bulguları .....	46
4.3.1. Dursunlu Formasyonu' nun organik fasiyesleri.....	49
5. SONUÇ .....	50
6. KAYNAKLAR .....	51
ÖZGEÇMİŞ .....	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
µm	Nanometre
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
C	Karbon
CaO	Kalsiyum Oksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
CrO <sub>3</sub>	Krom trioksit
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Demir trioksit
gr	Gram
H	Hidrojen
H <sub>2</sub> O	Su
HCl	Hidroklorik Asit
HF	Hidroflorik Asit
K <sub>2</sub> O	Potasyum Oksit
kg	Kilogram
KOH	Potasyum Hidroksit
m	Metre
mg	Miligram
MgO	Magnezyum Oksit
Mj	Megajul
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MnO	Mangan Oksit
Na <sub>2</sub> O	Sodyum Oksit
OH	Hidroksil grup
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Difosfor Pentoksit
Ppb	Milyarda bir
Ppm	Milyonda bir
Ro	Vitrinit yansıması
SiO <sub>2</sub>	Silisyum Dioksit
TiO <sub>2</sub>	Titanyum Dioksit
ZnBr <sub>2</sub>	Çinkobromür
ZnCl <sub>2</sub>	Çinkoklorür



## **Kısaltmalar**

ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği
DSİ	Devlet Su İşleri
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Őirketi
HI	Hidrojen İndeksi
HC	Hidrokarbon
ICP – AES	İndüklenmiŐ EŐleŐmiŐ Plazma Emisyon Spektroskopisi
ICP – MS	İndüktif EŐleŐmiŐ Plazma ve Kütlev Spektrometresi
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
MTEP	Milyon Ton EŞdeğer Petrol
Oİ	Oksijen İndeksi
PI	Üretim İndeksi
S1	Kaya içerisindeki serbest hidrokarbonlar
S2	Kerojenin parçalanması sonucu ortaya çıkan hidrokarbonlar
S3	400 °C altında oluşan karbondioksit (CO <sub>2</sub> )
TKİ	Türkiye Kömür İŐletmeleri Kurumu
Tmax	S2 pikinin maksimum sıcaklığı
TOC	Toplam Organik Karbon
TOT / C	Toplam Karbon Miktarı (Organik + İnorganik Karbon)
TOT / S	Toplam Sülfür Miktarı
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
XRD	X-IŐımları Difraksiyonu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının lokasyon haritası .....	2
Şekil 1.2. İnceleme alanının topografik görünümü .....	3
Şekil 1.3. İncelenen bölgenin genel görüntüsünden kesitler .....	4
Şekil 2.1. Turba, kahverengi kömür ve bitümlü kömür oluşumu .....	6
Şekil 2.2. Su tablasının durumuna göre farklı bataklıklarda oluşan turbaların özellikleri .....	6
Şekil 2.3. İlgin ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti .....	12
Şekil 2.4. İncelenen alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası .....	17
Şekil 2.5. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti .....	18
Şekil 2.6. İstasyon Mevkii-İlgin (Konya) KI-26 No'lu kuyunun dikme kesiti .....	20
Şekil 2.7. İstasyon Mevkii-İlgin (Konya) KI-30 No'lu kuyunun dikme kesiti .....	21
Şekil 4.1. Analiz yapılan örneklerin HI/OI diyagramı .....	42
Şekil 4.2. Hidrojen indeksi (HI) – Tmax diyagramı .....	43
Şekil 4.3. Tmax – Üretim İndeksi (PI) diyagramı .....	44
Şekil 4.4. Analizi yapılan örneklerin S1 – TOC diyagramı .....	45
Şekil 4.5. Analizi yapılan örneklerin S2 – TOC diyagramı .....	45
Şekil 4.6. Köken zenginliği diyagramı .....	46
Şekil 4.7. Organik fasiyeslerin şematik gösterimi .....	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kömürleşme derecelerine göre ASTM sınıflaması .....	10
Çizelge 2.2. İncelenen örneklerin XRD tüm kaya ve kil minerali analizi sonuçları .....	23
Çizelge 3.1. Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması .....	25
Çizelge 3.2. Tmax değeri ile temsil edilen olgunlaşma derecesi.....	26
Çizelge 3.3. Tmax ve PI korelasyonu .....	26
Çizelge 4.1. Ilgın'ın kuzeyinden alınan örneklerdeki ana ve eser element miktarları....	35
Çizelge 4.2. Orhaneli kömür havzası KI-26 ve KI-30 sondajlarından alınan kömür örneklerin bazı ana ve eser element sınır değerleri ile ortalama değerleri .....	38
Çizelge 4.3. Toplam organik karbon (wt. %), Rock- Eval piroliz sonuçları .....	40
Çizelge 4.4. Jones (1987)'a organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve jeokimyasal özellikleri.....	48
Çizelge 4.5. Baskin (1997)'e göre organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal özellikleri .....	48

## 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. Ülkemizde 2012 yılında tüketilen kömür 31,5 milyon tonu yerli ya da ithal taşkömürü ve 68,5 milyon tonu ise linyit olmak üzere toplam 100 milyon ton olmuştur. 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 (Özcan vd 2013).

Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir. 2012 yılı toplam dünya linyit üretiminin yaklaşık % 7,5'i ülkemizde bulunmaktadır. Bununla birlikte linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmıştır. Linyitin elektrik üretimi amaçlı tüketim payı, 1970'li yılların başında ısı değeri bazında % 20'ler düzeyindeyken bu tarihten itibaren artmaya başlamış ve 2001 yılında % 80 ile en yüksek seviyeyi görmüştür. Söz konusu gelişmeye paralel olarak, aynı dönemde konut ve hizmetlerin payı % 42'den % 7'ye ve sanayi sektörlerinin payı ise % 36'dan % 13'e gerilemiştir. 2001 yılı sonrasında ise süreç tersine dönmüş ve elektrik üretiminde kullanım payı görece düşerken sanayi sektörleri ile konut ve hizmetlerde kullanım payı tekrar artmıştır. 2012 yılında 121 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP) olan ülkemizin toplam birincil enerji tüketiminde kömürün payı % 31'dir (Özcan vd 2013).

Elektrik üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması hedeflenmiştir. 2005 yılına kadar 8,3 milyar ton olarak hesaplanan linyit rezervlerimizin çoğunluğu 1976–1990 yılları arasında bulunmuş, bu dönemden sonra kapsamlı rezerv geliştirme etüt ve sondajları yapılamamıştır. 2005 yılında, TKİ koordinatörlüğünde, MTA'nın sorumluluğunda ve ETİ Maden, TPAO, EÜAŞ, TTK ve DSİ'nin de katılımıyla başlatılan “Linyit Rezervlerimizin Geliştirilmesi ve Yeni Sahalarda Linyit Aranması Projesi” kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde; 2005-2012 yıllarını kapsayan dönem içinde önemli rezerv artışları sağlanmıştır. Uzun yıllardır 8,3 milyar ton olarak bilinen linyit rezervlerimiz 2013 yılı itibarıyla toplam 13,8 milyar tona ulaşmıştır (Özcan vd 2013).

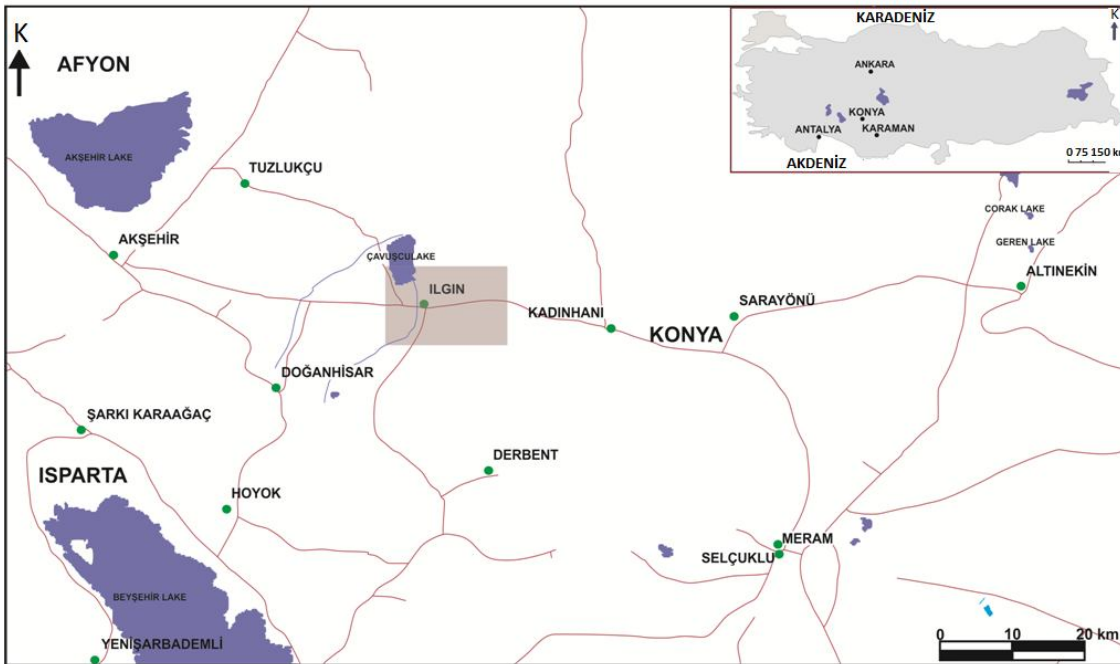
Bugünün enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji kaynakları (odun, bitki atıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgâr, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kömür endüstrisinin çevreye etkileri madenlerden kömür çıkarma, kömür hazırlama işlemleri, kömür nakliyatı, kömür yakma, atık depolama ve atık bertarafı gibi çeşitli aşamalarda görülsede, bu etkileri kömür madenciliği sırasında oluşan çevresel etkiler ile kömürün termik santrallerde ve diğer alanlarda kullanımı sırasında oluşan çevresel etkileri şeklinde başlıca iki ana grupta incelemek mümkündür.

Kömürün çevre ve insan sağlığı üzerine olan etkileri, içeriğinde bulunan veya yanma sonucu oluşan maddelerin, su, hava ve toprak gibi çeşitli alıcı ortamlara karışmasından kaynaklanmaktadır. Zira kömür büyük oranda organik maddeden oluşmakla birlikte coğrafi bölgeye ve yatağa bağlı olarak iz element olarak kurşun, civa, nikel, kalay, kadmiyum, antimon ve arsenik gibi çeşitli ağır metaller ile radyoaktif element olarak uranyum, toryum ve stronsiyum içermektedir (Çeçen 2014).

Bütün dünyada hızla gelişen çevre bilinci doğal çevrenin korunması konusunda ciddi atılımların yapılmasını zorlamaktadır. Ayrıca ülkemizin de taraf olduğu ve imza atmayı planladığı uluslararası sözleşmeler de bu gelişmeyi bir zorunluluk haline getirmiştir.

### 1.1 İncelemenin Amacı

İnceleme alanı Ilgın (Konya) ilçesinin merkezi kısımları ile kuzeyinde yer alır (Şekil 1.1). Bu alanı da içine alan bölgede değişik jeolojik konularda çalışmalar yapılmasına karşın Pliyosen yaşlı kömürlerde yeterli çalışma bulunmamaktadır. İncelemeler daha çok Miyosen yaşlı kömürler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu düşünceden yola çıkarak Ilgın'ın merkezi bölümleri ile hemen kuzey kesimlerinde yer alan ve son birkaç yıl içerisinde yapılan sondajlarla varlıkları belirlenen Pliyosen yaşlı kömürlü birimler çalışılmıştır. Bu kömürlü birimlerin organik jeokimyasal verilerle organik fasiyes özellikleri ortaya konulmuş, daha sonra da ana ve eser element içerikleri belirlenmiştir. Bölgede insan yerleşimlerinin yoğun olması nedeniyle kömürlerin kullanılması halinde neden olabileceği çevresel etkiler araştırılmıştır. Kömür içeren Pliyosen birimlerinin örtülü olması nedeniyle kömürlü birimlerdeki organik materyallerin karakterlerini saptamak için, KI26 ve KI30 sondajlarından alınan örneklerden yararlanılmıştır.

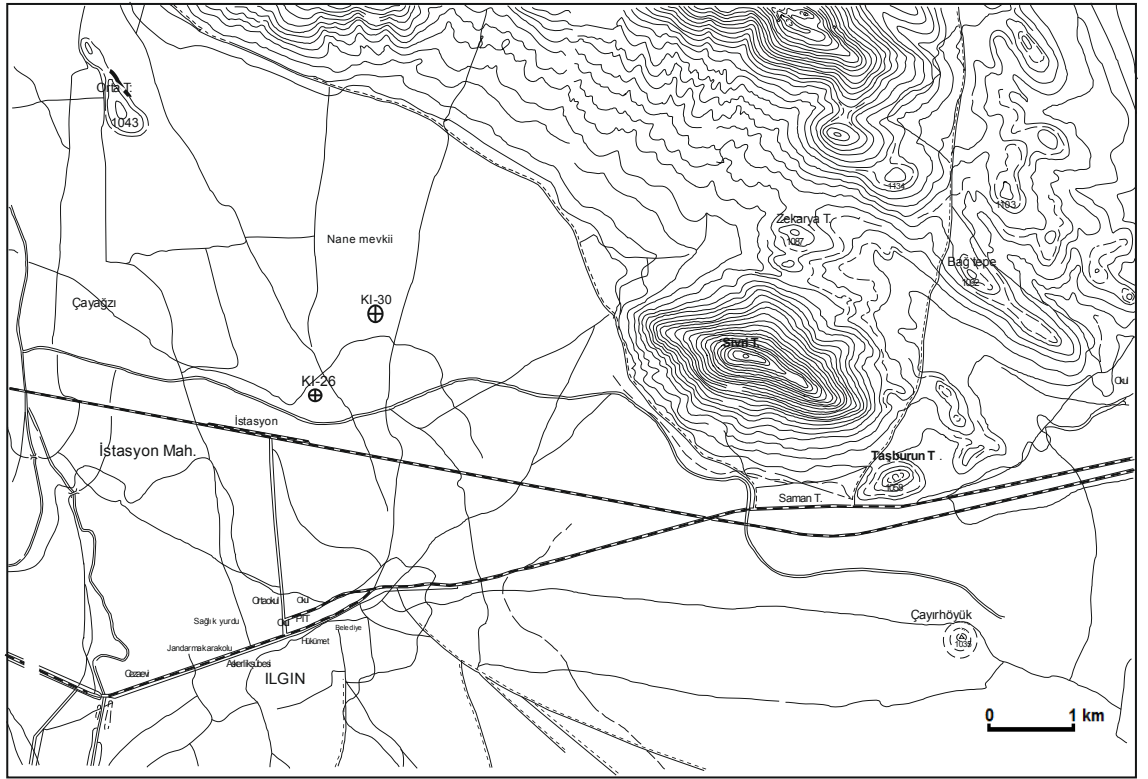


Şekil 1.1. İnceleme alanının lokasyon haritası

## 1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Yeryüzü Şekli

İnceleme alanı Ilgın (Konya) ilçesinin merkezi bölümleri ile kuzey kesimlerinde yer almaktadır. Ilgın Konya'ya 90 km uzaklıkta bulunmaktadır. Çalışmanın asıl amacını oluşturan Pliyosen yaşlı Dursunlu Formasyonu bölgede genel olarak çok düşük eğimde ve yatay bir topografya sunmakta birçok alanda da alüvyon örtünün altında kalmaktadır. İnceleme bölgesine ait topografik harita Şekil 1.2'de verilmiştir. Bu alana ait görünümde Şekil 1.3'te yer almaktadır.

Bölgenin en önemli yerleşim merkezi Ilgın ilçesidir. Diğer yerleşim birimleri ise Orhaniye ve Gedikören gibi köylerdir. Yükselti olarak; Sivri Tepe, Zekarya Tepe, Taşburun Tepe, Bağ Tepe, Orta Tepe, Saman Tepe, Çal Tepe, Tekke Dağ yer almaktadır. İnceleme alanının kuzeyinde de Çavuşçugöl bulunmaktadır.



Şekil 1.2. İnceleme alanının topografik görünümü



Şekil 1.3. İncelenen bölgenin genel görüntüsünden kesitler

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırılması

#### 2.1.1. Kömür

Kömür oluşumunun ilk evresi turba ile başlar. Belirli jeolojik bir zaman içerisinde, artan sıcaklık ve basınç etkisiyle bir dizi fiziksel ve kimyasal değişimler geçirir. En son aşamada antrasit ve meta antrasite dönüşür. Turbanın, linyit, altbitümlü kömür ve bitümlü kömür aşamalarından geçerek antrasite ve meta-antrasite dönüşmesi sürecine kömürleşme denilmektedir. Kömürleşme süreci turbanın olduğu bataklıkta turbanın üzerinin ince klastik veya diğer sedimentlerle örtülmesiyle başlamaktadır.

#### 2.1.1.1. Turba

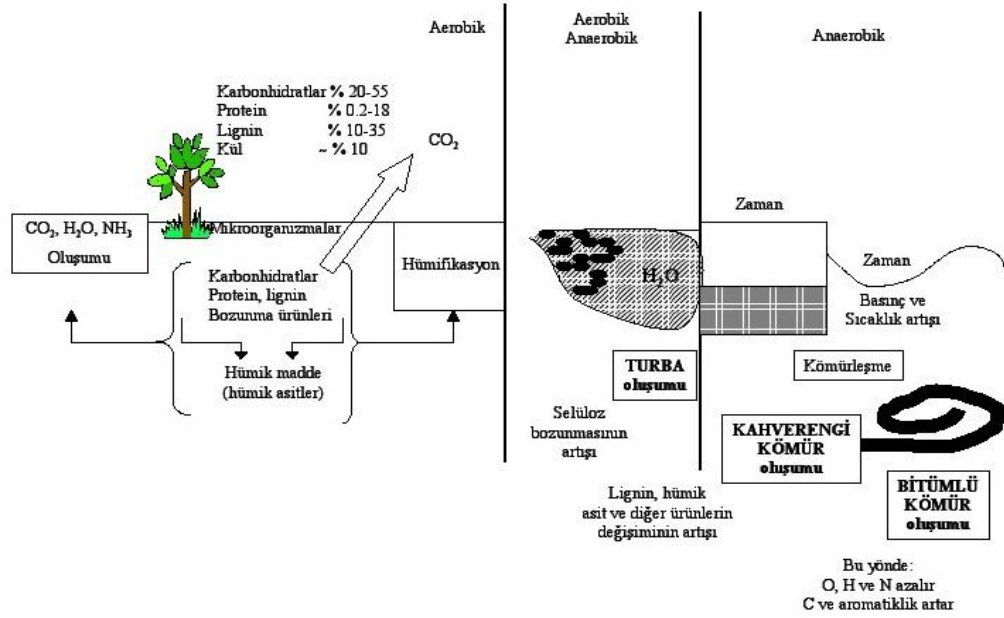
İşletilebilir kalınlık ve kalitede, yeterli uzanıma sahip kömür damarlarının oluşabilmesi için havanın neden olacağı oksidasyondan korunmuş, yeterli miktarlarda bitkisel materyallere ihtiyaç vardır. Aksi halde bitkisel materyaller havanın serbest oksijeniyle parçalanmakta ve turba yerine CO<sub>2</sub> ile H<sub>2</sub>O oluşmaktadır. Bu nedenle, turba oluşumu sırasında depolanan organik madde miktarının, havada bozulan madde miktarından fazla olması ve depolama sırasında, organik maddelerin yanı sıra havanın oksijeni ile bozunmasına engel olacak kil ve silt gibi inorganik madde birikiminde bulunması gerekmektedir (Güllüdağ 2012).

Kömürleşmenin tüm safhaları yani turbadan bitümlü kömüre kadar oluşum, şematik olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Yoğun bitki büyümesi bunlardan arta kalan bitki parçalarının havanın oksijeninden nispeten korunmaları, bataklıktaki durgun su seviyesinin altında çökelmeleriyle mümkündür. Bilindiği yeşil bitkiler fotosentez olayı sonucu, su ve karbondioksiti güneş enerjisiyle karbohidratlara dönüştürürler. Bitki büyüdükçe bol miktarda glikoz molekülü, polimerizasyonla nişasta gibi karbohidratları oluşturacak büyük molekülleri meydana getirirler. Bitkilerin önemli organik bileşenlerini karbohidratlar, glikosidler, tanninler, pigmentler, asitler ve onların tuzları (yağlar ve balmumu gibi) reçineler, azotlu bileşikler, protein ve enzimler oluşturur (Flaig 1968).

Turbalıkta çökelen maddeler, faaliyetleri sonucu, hidroliz, oksitlenme ve indirgeme süreçlerini içeren biyokimyasal değişimlere uğrarlar ve böylece turba gelişir. Turba oluşumu sırasında, önce organik maddelerden hümitik asitler meydana gelir (Flaig 1968; Şekil 2.1). Hümitik asitlerin asidik karakterlerini kaybetmesi sonucu hüminler oluşur. Hümin bozunmakta olan organik madde (odun), turba olarak isimlendirilmektedir. Bataklıklarda büyüyen bitkiler, bataklıklardaki organik sedimentasyonu sağlamalarının bataklığı koruma (örneğin, akarsu taşkınlarından) görevi de görürler. Bataklıklardaki su seviyesi, turba oluşumu açısından önemlidir. Bataklık kuruyacak olursa aşırı oksitlenme nedeniyle turba oluşmayabilir (Şenel 1986). Bataklıktaki su seviyesi çok olursa turba yerine organik çamur veya kömür dışı sedimentler çökecektir. Bir turba bataklığının değişik kesimlerinde su seviyesine, tuzluluğa ve olasılıkla temel kaya türüne bağlı olarak farklı bitki toplulukları ve değişik özelliklere sahip turbalar gelişir. Şekil 2.2'de bu durumu özetlemektedir. Turba oluşturan



bataklıklar, genelde, akarsu taşkın düzlüklerinde, deltalarda, göllerde ve sahil düzlükleri ile lagünlerde oluşabilir. Bir turba, bitkilerin büyüdüğü yerde gelişirse otokton, bitkilerin taşınmaları sonucu gelişirse allokton oluşum olarak isimlendirilir. Otokton turbalar; kömür damarının taban kayacı içindeki kök izlerinin varlığıyla kolayca tanımlanabilmektedir. Ancak kök izlerinin yokluğu bitkilerin taşınmış olduğunu göstermeyebilir (Güllüdağ 2012).



Şekil 2.1. Turba, kahverengi kömür ve bitümlü kömür oluşumu (Flaig 1968)

	KURU ORMAN	SULU ORMAN	SAZ BATAKLIĞI	AÇIK SU
	Wälko mellar, Glossopteris	Lycopod	Noeggerathacops	Phyllothea
	Su Tablası			Bahyococcus
		TURBA		
SUYLA KAPLANMA	Yok	Su seviyesi değişir	Hemen hemen suyla kaplı	Tümüyle suyla kaplı
ASİTLİK	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük
ATMOSFERİK O <sub>2</sub>	Bulunur	Kısmen bulunur	Çoğunlukla bulunmaz	Bulunmaz
REAKSİYON TİPİ	Oksidasyon	Oksidasyon ve Redüksiyon	Çoğunlukla redüksiyon	Redüksiyon
ORGANİK AKTİVİTE	Fungi, Böcek, Bakteri	Actinomyces ve bakterileri	Anaerobik bakteri	Anerobik bakteri
BOZUNMA	Parçalanma	Turbalaşma	Turbalaşma	Sapropelleşme
TURBA TİPİ	Hümmik	Odon ve hümmik	Lifi ve toprağimsi	Organik çamur
MIKROLİTOTİP	Füsit- Dürit	Vitrinit - trimaserit	Dürit, inertodetrinit	Liptit, trimaserit
LİTOTİP	Füsen ve Düren	Vitren ve klaren	Klarodüren ve düren	Cannel ve boghead
KÖMÜR TİPİ		HÜMMİK		SAPROPELİK

Şekil 2.2. Su tablasının durumuna göre farklı bataklıklarda oluşan turbaların özellikleri (Diessel 1980, Bend 1992)

## 2.2. Kömürleşme

Kömürleşme, genellikle iki gruba ayrılmaktadır. Birincisinde, fungi ve bakteri faaliyetleri fazla olup, biyokimyasal aşama olarak isimlendirilir. İkincisi, biyokimyasal aşamanın bitiminden itibaren başlar ve bu aşamada sıcaklık, basınç ve zaman önemli olup, turbadan, çoğunlukla basıncın ve daha fazla sıcaklığın etkisiyle linyit oluşur. Kömürleşme derecesinin artmasıyla altbitümlü kömür, bitümlü kömür ve daha sonra antrasit meydana gelir. Fiziksel ve kimyasal bozunma derecesi esas alındığında, alt bitümlü kömüre kadar olan değişimler, diyajenetik proses içerisinde değerlendirilmektedir (Karayigit ve Köksoy 1997). Ancak altbitümlü kömür aşamasının başlangıcından sonra organik maddenin değişimi öylesine şiddetli olmaktadır ki bu proses metamorfizma olarak da ifade edilmektedir. Halbuki bu proses sırasında kömüre komşu kayalardan son derece zayıf diyajenetik değişiklikler oluşmaktadır. Bunun nedeni, kömürlerin artan ısı ve basınca karşı sedimentlerden daha fazla duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarda, kavram kargaşası yaratmamak için, turbadan antrasite kadar olan kömürler diyajenez içerisinde ve meta antrasit ankimetaforizma içerisinde gösterilmektedir. Kömürleşme derecesi (rank) ise bir kömürün rütbesini veya kömürleşme süresi içerisindeki pozisyonunu ifade etmektedir (Korkmaz 2008).

Kömürleşme süreci içerisindeki kimyasal ve fiziksel yapısal değişiklikler arasında bir ayrım yapılmaktadır. Fiziksel-yapısal değişiklikler (örneğin; gözenekliliğinin azalması, optik anizotropinin artışı), artan litostatik basınçla ilişkilidir. Kömürleşme derecesi (rank), çoğunlukla, kimyasal parametreler (karbon, oksijen, hidrojen ve uçucu madde) ve ısı değer ile optik özellikler (örneğin, vitrinit yansıtması) kullanılarak belirlenmektedir. Nem içeriği, kömürleşmenin başlangıç aşamasında hızla azalmakta ve daha önce belirtildiği gibi, turba-lyinyit ayrımında nispeten iyi bir diyajenetik parametre olarak kullanılmaktadır. Nem içeriği azaldıkça orijinal kömür bazında ısı değeri aynı ölçüde artmaktadır. Nem içeriğindeki azalma, büyük oranda gözenekliliğin azalışıyla ve daha az oranda hidrofik fonksiyonel grupların bozunmasıyla ilişkilidir. Linyit-altbitümlü kömür aşamasında, lignin ve selülozun son kalıntıları daha büyük moleküllü hümitik maddeler ile hümitik asitlere dönüşür ve asidik karakterlerini kaybetmeleri sonucu alkalilerde çözünmeyen hüminler oluşur. Hümitik asitler KOH'de çözünürken, hüminler çözünmez. Bazı ülkelerde bu yöntem kullanılarak linyit ve bitümlü kömür ayrımı yapılmaktadır. Uçucu madde içeriği, linyit-altbitümlü kömür aşamasında nispeten küçük değişiklikler gösterir. Bu geçiş aşamasında en önemli değişiklikler, altbitümlü C/B (mat ve kahverengi parlak kömür) sınırındaki kömürlerin petrografik bileşenlerini oluşturan mesarallerde görülmekte ve jeokimyasal jelleşme nedeniyle altbitümlü A-B kömürlerin hüminit maseralleri bitümlü kömürlerin vitrinitlerine büyük benzerlik göstermektedir. Yüksek oranda uçucu madde içeren bitümlü kömürlerde (kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği > % 30), kömürleşme süreci, linyit-altbitümlü kömürlere benzerlik göstermektedir. Bu aşamada kömürleşme derecesinin artmasına bağlı olarak, nem içeriği azalmakta ve ısı değerler artmaktadır. Daha sonra bitümlü kömür aşamasında (kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği < % 30 - % 10 ) uçucu madde içeriği, artan kömürleşme derecesiyle hızlıca azalmasına karşın, karbon içeriği zayıfça artmaktadır. Antrasit aşamasında vitrinitin yansıtmasında ve anizotropisinde ise hızlı artış görülmektedir (Stach vd 1982).

Kömürleşme süreci, sıcaklık artışıyla ve bunun etkili olduğu zamanla doğrudan ilişkilidir. Basınç ise, kömürleşme sırasında oluşan kimyasal tepkimeleri geçirmektedir (Stach vd 1982). Sıcaklığın en önemli etkileri, kontak metamorfik kömürlerde görülmektedir. Bununla ilgili ilginç örnekler, ülkemiz kömürlerinde de görülmekte ve kontak zonlarında, tabii kok oluşumlarına rastlanılmaktadır. Kömürleşme derecesinin artan laboratuvar normal olarak artışı, Hilt Kuralı olarak bilinmekte ve kömürleşme derecesindeki artış oranı, bölgenin jeotermal gradyanıyla, kayaçların ısı iletkenliğine bağlılık göstermektedir (Stach vd 1982). Kontak metamorfizma ısı etkisi hızlı olmasına karşın, artan derinlikte normal ısı artışı nispeten çok daha yavaş olmaktadır. Eskiden en önemli kömürleşme faktörü olarak zaman görülürdü. Ancak sonraları birçok kömürün yaş ve kömürleşme dereceleri arasındaki uyumsuzluk nedeniyle ikinci bir faktör olarak düşünölmeye başlandı. Bununla ilgili en iyi örneklerden birini Moskova yakınlarındaki Alt Karbonifer yaşlı linyit kömürleri oluşturmaktadır ve bu kömürler oluşumlarından beri 20-25 °C'tan daha yüksek bir sıcaklığa uğratılmışlardır (Nakoman 1971) ve (Stach vd 1982). Hâlbuki dünyadaki Üst Karbonifer yaşlı kömürlerin çoğu, bitümlü kömür aşamasındadır. Zamanın kömürleşmeye etkisi literatürde çok tartışılmıştır. Basıncın etkisi daha önce belirtildiği gibi, turba-linyit aşamasında çok büyüktür ve bu etki gözeneklilik ile nem içeriğinin derinlikle azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, çoğunlukla şiddetli kıvrımlanmış bölgelerde kömürleşme derecesi daha az kıvrımlanmış bölgelerinkinden çok daha yüksektir ve bu durum kömürleşme derecesindeki artışın kıvrımlanmaya neden olan basıncın etkisiyle meydana geldiği şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölgelerde yapılan ayrıntılı incelemeleri kıvrımlanma öncesi, bu birimlerin çok derinlere gömüldüklerini göstermiş ve kömürleşme derecesindeki artışın derin gömölme ile ilgili olduğu savunulmuştur. Deneysel çalışmalarda statik basıncın kömürleşme sırasındaki kimyasal tepkimeleri artırmadığı ve hatta azalttığı saptanmıştır. Çünkü reaksiyon sonrasında oluşan gazların ayrılması zorlaşmaktadır (Stach vd 1982). Faylanma ve bindirmeler sırasındaki hızlı tektonik hareketler, kömürleşme derecesinde yerel artışa neden olabilmektedir. Bu artış, herhalde sürtünme ısısından kaynaklanmaktadır. Benzer durum, ülkemizde, Amasra (Bartın) sahasında yapılan sondajlarda da görülmekte ve bindirme zonlarında, kömürleşme derecesinde yerel artışlar belirlenmektedir. Diğer taraftan makaslama kuvvetlerinin kömürleşme derecesi üzerine doğrudan etkisi, antrasitten grafitte geçişte görülmektedir. Bu proses, aynı zamanda yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır (ısınma süresine bağlı olarak yaklaşık 600-800 °C); ancak grafit oluşumu makaslama kuvvetlerinin artmasına bağlı olarak nispeten daha düşük sıcaklıklarda da gerçekleşebilmektedir (Stach vd 1982).

Kömürleşme derecesindeki artışa nadiren, kömürlerdeki radyoaktivite de neden olabilmektedir. Mikroskobik çalışmalar sırasında maserallerin içinde uranyum konsantrasyonundan kaynaklanan veya toryum içeren zirkon kristallerinin etrafında küçük ve çevresinden çok daha yüksek yansıtıma sahip alanlar görülebilmektedir (Stach vd 1982).

### **2.3. Kömürün Sınıflandırılması**

Kömürle uğraşan araştırmacılar, kömürlerin çoğunlukla fiziksel özellikleriyle ve içindeki minerallerin görünüşleriyle ilgili parlak kömür, lifsi kömür, killi kömür, kömürlü kil taşı gibi tanımlamalar yapmaktadır. Ancak endüstriyel kullanımda sınıflamalar kömürlerin kimyasal özelliklerine göre yapılmaktadır. Literatürde pek çok

kömür sınıflaması bulunmaktadır. Bilimsel sınıflamalarda kömürlerin daha çok element özellikleri (karbon, oksijen ve hidrojen içerikleri) kömür sınıflaması için kullanılmaktadır. Bu parametreleri esas alan ve bilinen en iyi sınıflama, Seyler kömür sınıflamasıdır (Karayiğit ve Köksoy 1997). Ülkemizde yapılan çalışmalarda, bu sınıflamanın pek kullanılmadığı görülmektedir. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik komisyonu tarafından 1956 yılında, kahverengi kömürler için uluslararası bir kömür sınıflaması geliştirilmiştir. Bu sınıflamada, nemli külsüz bazda ısı değeri 23.86 MJ/kg'dan büyük olan sert kömürler, küçük olanlar ise yumuşak kömürler olarak, ülkemizdeki kömürler ise, linyit ve taş kömürü şeklinde isimlendirilmiştir (Karayiğit ve Köksoy 1997).

Ticari kömür sınıflamalarından en çok kullanılanı, ASTM kömür sınıflamasıdır (ASTM 1991; Çizelge 2.1). Bu sınıflama, kömürün sabit karbon içeriğini ve ısı değerini esas almaktadır. Ayrıca kömürlerin koklaşma özelliğinden de yararlanılmaktadır. Bu sınıflamada kömürler, antrasit, bitümlü kömür, altbitümlü kömür ve linyit olmak üzere 4 sınıfa ve bunlar da kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır. Bu sınıflamada, altbitümlü kömür-bitümlü kömür ayırımı, kömürlerin koklaşma özelliklerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Koklaşma göstermeyenler altbitümlü kömür sınıfında, gösterenler bitümlü kömür sınıfında yer almaktadır (Karayiğit ve Köksoy 1997).

Çizelge 2.1. Kömürleşme derecelerine göre ASTM sınıflaması (ASTM 1991)

Sınıf	Gruplar	Sabit Karbon (dmmf)		Uçucu Madde (dmmf)		Üst Isıl Değer (mmm, Btu/lb)		Kekleşme Özelliği
		Eşit veya büyük	Daha Küçük	Eşit veya büyük	Daha Küçük	Eşit veya büyük	Daha 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	13000	Kekleşir
Altbitümlü Kömür	Altbitümlü-A	-	-	-	-	10500	11500	Kekleşmez
	Altbitümlü-B	-	-	-	-	9500	10500	
	Altbitümlü-C	-	-	-	-	8300	9500	
Linyit	Linyit - A	-	-	-	-	6300	8300	Kekleşmez
	Linyit - B	-	-	-	-	-	6300	

Açıklamalar (eşitlikler bünye nemi içeren kömürdeki değerleri göstermektedir):

Kuru, mineral-maddesiz (dmmf) bazda sabit karbon:  
 $=100(FC-0,155)/(100-(M+1,08A+0,55S))$

Kuru, mineral-maddesiz (dmmf) bazda uçucu madde:  
 $=100-FC$  (dmmf)

Nemli, mineral-maddesiz (mmm) bazda üst ısıl değer:  
 $=100(Btu-50S)/(100-(1,08A+0,55S))$

Kısaltmalar:  
 Btu = Üst ısıl değer, Btu/lb  
 FC = Sabit karbon, %  
 VM = uçucu madde, %  
 M = nem, %  
 A = kül, %  
 S = kültür, %

## 2.4. Bölgesel Jeoloji

İlgın ve çevresinde yapılan jeolojik çalışmalara göre bölgenin jeolojisi şu şekildedir; Bölgenin temelinde Siluriyen-Alt Karbonifer yaşlı Bozdağ Formasyonu bulunmaktadır (Doğan 1975). Bu formasyon genellikle gri-beyaz yer yer siyah renkli mermer ve dolomitli mermerlerden oluşmuştur (Şekil 2.3). Bu formasyon yanal ve düşey olarak Devoniyen-Alt Permiyen yaşlı Bağrıkkurt Formasyonuna geçiş gösterir (Üstündağ 1987). Genellikle metaçakıltaşı, metakumtaşı, fillit ve metaçört araldanmasından oluşan Bağrıkkurt Formasyonu içinde birimin kırıntıları ile uyumlu mermer arakatıkları (Ardıçlıtepe üyesi) ve ekzotik kökenli metakarbonat blokları (Bahçesaray olistolitleri) da bulunmaktadır. Yörenin temelini oluşturan bu kayaçlar üzerinde Mesozoyik yaşlı metamorfiteiler açılı uyumsuz olarak yer alır (Eren vd 2004). Birbirleriyle yanal ve düşey geçişler sunan Mesozoyik yaşlı metamorfiteiler, alttan üste doğru; Alt Triyas yaşlı karakteristik olarak mor renkli metaçakıltaşı, metakumtaşı ve fillit araldanmasından oluşan Bahçecik Formasyonu (Üstündağ 1987); Alt Triyas yaşlı metakumtaşı, fillit, mermer ve dolomit mermer şeklindeki Ertuğrul Formasyonu (Doğan 1975); Üst Triyas- Alt Jura yaşlı gri-koyu gri renkli yer yer breşik ve lamine dolomit mermerlerden oluşan Kızılören Formasyonu (Göğer ve Kıral 1969) ve Alt Jura-Kretase yaşlı genellikle açık renkli mermer ve dolomit mermerlerden yapıları Lorasdağ Formasyonu (Göğer ve Kıral 1969) şeklinde sıralanmaktadır.

Temeli oluşturan metamorfizma üzerine Tersiyer yaşlı metamorfizma geçirmemiş örtü kayaçları uyumsuz olarak gelmektedir. Örtü kayaçlarının en alt birimi kömür ara tabakaları içeren kiltayı, çamurtaşı, silttaşı ar dalanmasından oluşan Miyosen yaşlı Harmanyazı Formasyonudur (Tüfekçi 1987). Bu birim üstten uyumlu olarak st Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı, gl sel kireçtaşı, marn, çamurtaşı ve akiltayından oluşan Ulumuhsine Formasyonu tarafından üstlenir (Göger ve Kırall 1969). Ulumuhsine Formasyonu da uyumlu olarak Pliyosen yaşlı alacalı renkli çamurtaşı, kiltayı ve yer yer akiltayından ibaret Sebiller Formasyonu tarafından örtülür (Tüfekçi 1987). Bu birim de üste doğru yanal ve düşey olarak alüviyal yelpaze okellerinden yapılı st Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Tekeler Formasyonu'na geçiş gösterir (Tüfekçi 1987). Yukarıda sözü edilen bütün birimlerin üzerinde ise yine açılı uyumsuzlukla çeşitli boyutlarda malzeme içeren gncel alüvyonlar bulunmaktadır.

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		FORMASYON		KALINLIK-m		LİTOLOJİ		AÇIKLAMALAR	
SENZOZOYİK		TERSTİYER		NEOJEN		MYOSEN		PLEYSTOSEN		MESOZOYİK		PALEOZOYİK	
		GÖNCEL	ALDYOYON					20					
		ÜST PLYOSEN	TEKELER					60					
		ORTA PLYOSEN	SEBİLLER					110					
		ÜST MYOSEN- ALT PLYOSEN	ULUMARININE					100					
		MYOSEN	BARMANPAZI					120					
		ALT JURA- ALT KRETAŞE	LORASDAĞI					400					
		ÜST TRİYAS- ALT JURA	KIZILOREN					250					
		ALT TRİYAS	ERTÜĞRÜL					100					
		ALT TRİYAS	BAHÇEKÇİ					350					
		DEVONİYEN - ALT PERMIYEN	B. AĞRIKURT BAHÇEKÇİ ADICULTURE ÖYSE					800					
		ÜST SİLÜRİYEN - ALT KARBONİFER	BOZDAĞ					1000					

Şekil 2.3. Ilgın ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Eren ve Hüseyinca 2007)

## 2.5. Kömür Madenciliğın Olumsuz Çevresel Etkileri

Kömürün kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesi; üretim, hazırlama, taşıma, depolama ve yakma gibi çeşitli süreçleri içerir. Bu süreçlerin hepsinde çevre az veya çok, olumsuz yönde etkilenmektedir (Borand 2012). Bunlar;

### 2.7.1. Arama safhasındaki etkiler

Maden yatakları belirli bölgelerde oluştuğu için madencilik faaliyetleri için bölge seçimi veya önceden planlama yapılması söz konusu değildir. Maden yatakları genellikle yerleşim yerleri dışında ve nispeten bozulmamış doğada bulunurlar. Önceki nesiller için madencilik faaliyetleri ile topraktan elde edilen zenginlik ilerleme ve daha iyi bir geleceğin göstergesi olarak gurur verici bir durum ifade etmekteydi. Günümüzde ise birçok kişi tarafından yaşanan çevrenin bozulması, kirletilmesi anlamına gelmektedir (Borand 2012).

Kömür madeninin, açık ocak veya yer altı üretim yöntemleriyle üretilmesi sırasında meydana gelen başlıca çevre problemleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Arazinin bozulması
- Çevredeki manzaranın bozulması
- Su kaynaklarının zarar görmesi
- Tarım ve orman arazilerinin zarar görmesi
- Gürültü kirliliği ve toz oluşumu
- Erozyon ve toprak kayması
- Arazide meydana gelebilecek göçük ve çökmeler ile patlamaların yarattığı sarsıntılar

### 2.7.2. Açık ocak kömür işletmeciliği sırasındaki etkiler

Kömür damarları yüzeye yakınsa ve örtü tabakaları da gerekli koşulları sağlıyorsa, üretim, yüzey madenciliği yani açık işletme ile yapılır. Üretime, çıkarılacak maden üzerindeki örtü tabakası kaldırılarak başlanır. Bu nedenle, arazi, yer altı madenciliğine oranla daha fazla bozulur ve doğal manzara yok olur (Borand 2012).

- Arazinin doğal görünümünün bozulması (topografyanın değişimi),
- Verimli üst toprağın kaybolması,
- Bitki örtüsü ve topografyadaki değişimler, erozyon,
- Ekolojik dengenin bozulması,
- Kaçak toz oluşumu,
- Kömür sahası üzerindeki yerleşim yerlerinin başka yere taşınması,
- Açık ocak su seviyesinin düşmesi ve buna bağlı olarak ocak yakınlarındaki tarım arazilerinde oluşan verim kaybı,
- Kullanılmış atık su; askıda katıları, demir bileşiklerini, klorürleri, sülfatları ve eser elementleri içerdiğinden ve genellikle asidik karakterde olduğundan, çevre suların kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.



### 2.7.3. Çevre kirlenmesi

Kömürün kullanımı sonucu atmosfere katılan kirletici elemanlar ince toz, kükürt oksit, azot oksit, karbon dioksit, hidrokarbon ve aldehit olarak özetlenebilir (Edgar 1983). Bu elemanların doğal dengeyi ve çevreyi etkilemesi ise asit yağmuru ve atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışı gibi iki noktada önem kazanmaktadır.

Araştırmacılar termik santral katı atıklarının başlıca etkisinin, atıkların bünyesinde bulundurduğu potansiyel kirleticilerin çözünerek toprak ve yeraltı suyunu kirlenmesi olduğu görüşünü bildirmişler.

Meij (1994), eser elementlerin yanma esnasındaki davranışlarını bunların dönüşümlerini ve atıklar üzerindeki dağılımlarını incelemiştir. Elementlerin yanma sonucu oluşan katı atıklardaki dağılımı ve uçuculuk özelliğine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Kömür içindeki elementleri yanma sırasındaki davranışlarına göre (Si, Al, Ca, K, Mg, Ti) uçucu ancak kül taneleri üzerinde yoğunlaşma özelliği gösteren elementler (As, Mo, Pb, Sb, Th, Ti, U, V, Zn, Cd, Cr, Cu) ve büyük ölçüde bacadan uzaklaşan kuvvetli uçucu elementler (Hg, Se, B, Br, Cl, F, I) olarak 3 sınıfa ayrılmışlardır.

### 2.6. Önceki Çalışmalar

Konya kuzeyi ve kuzeybatısı ile Ilgın çevresinde birçok jeolojik çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır;

**Wiesner (1968)**, bölgedeki magmatik ve metamorfik kayalar üzerinde ilk çalışan araştırmacılarından bir tanesidir. Yapmış olduğu çalışmalarda metamorfik kayaların Siluriyen-Permiyen yaş aralığında oluştuğunu söylemiş ve buradaki magmatik kayaların Alpin Orojenezi ile ilgili kayalar olduklarını ifade etmiştir belirtmiştir.

**Doğan (1975)**, inceleme bölgesinin güneyindeki kayaların Siluriyen-Karbonifer yaş aralığında olduğunu ortaya koymuştur.

**Bektimuroğlu (1978)**, bölgede yer alan ve kömürün tabanındaki bulunan killerin seramik endüstrisinde kullanılabilme özelliklerini çalışmıştır.

**Özcan vd (1988)**, geniş ölçekli bölgesel kapsamda yaptıkları incelemelerde çalıştıkları alanda Hersiniyen temelli “Kütahya-Bolkardağı Kuşağı” olarak adlandırmışlar ve buradaki kayaların Geç Paleozoyik’te bir yay ardı havza olarak gelişimlerini tamamladıklarını belirtmişlerdir.

**Umut vd (1990)**, Ilgın ilçesini de içine alan geniş ölçekli çalışmada Kütahya güneyinden Konya kuzeyine kadar olan kuşakta Karbonifer yaşlı kırıntılıların bulunduğunu ve çalıştıkları alanda en alt birimi Siluriyen-Devoniyen yaş aralığındaki rekristalize kireçtaşlarının oluşturduğunu belirtmişlerdir.

**Çağlar ve Ayhan (1991)**, İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Haremiköy linyit yatakları ile ilgili çalışmalarında linyitlerin faylarla kesilip düşen blok tarafında Kurugöl Kuvaterner alüvyonlarının altında kaldığını ifade etmişlerdir. MTA’nın yaptığı

sondaj çalışmasında ilk linyit seviyesinin 25 m derinlikte kesildiği ve Kurugöl içinde doğru doğru kalınlığının arttığı saptanmıştır.

**Eren (1993)**, Kadınhanı, Ilgın, Sarayönü ve Derbent ilçe sınırları içinde yer alan geniş kapsamlı çalışmasında bölgenin jeolojik gelişimini inceleyerek otokton, paraotokton ve allokton kayaç gruplarını ayırt etmiş ve birimleri tektonostratigrafik olarak bölümlendirmiştir.

**Çelik ve Temel (1993)**, Bölgede kil mineralleri üzerinde çalışmışlar, linyit seviyesi ile ilişkili killer üzerinde yaptıkları köken ve ortamsal yorumlarda kömür oluşumu esnasında ortamın zaman zaman tatlı su zaman zaman da acı su karakteri gösterdiğini ancak kömür oluşumu sonrasında tamamen acı su ortam özelliği kazandığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar killerin mineralojik ve kimyasal bileşimlerinin farklı olduğu ve pH değerlerinin iki grupta toplandığı, ortamın bazen asidik bazen de bazik olduğunu açıklamışlardır.

**Eren vd (1996)**, Bozdağlar masifinin (KB Konya) tektonostratigrafik olarak alttan üste doğru otokton, metamorfik Gökçeyurt grubu (Üst Permiyen - Mesozoyik): allokton, Çayırbağı ofiyoliti (Mesozoyik) ve Ladik metamorfitelerinden (Silüriyen - Mesozoyik) oluştuğunu ortaya koymuştur. Üst Miyosen - Kuvaterner yaşlı tortul ve volkanik kayaçların ise masifin neo - otokton örtü oluşukları şeklinde geliştiğini ifade etmiştir.

**Karayığit vd (1999)**, inceleme alanının kuzeyinde yer alan Miyosen yaşlı linyitler üzerinde çalışmışlardır. Haremiköy linyitleri ile ilgili yaptıkları çalışmada, Ilgın linyitlerinin göl kenarında bulunan bataklık ortamında ve yarı tropikal iklim koşullarında geliştiğini ifade ederek fosil içeriklerine göre linyitin yaşının Orta Miyosen olduğunu belirlemişlerdir.

**İnaner (2005)**, Çavuşçu alanında çökelen Miyosen yaşlı linyitlerin, depolanma koşulları ve onlardan yararlanma olanakları üzerine çalışmalar yapmıştır. Bölgede termik santral kurulduğu zaman yeteri kadar kömür depolanmasının bulunduğuna işaret etmiştir.

**Hüseyinca (2006)**, Ilgın İlçesi (Konya)'nın kuzeybatısı ve kuzeyinin jeolojisi ve tektoniğini incelemiştir. Bölgede Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimlerin Alpin hareketlere bağlı olarak çok evreli deformasyon geçirdiklerini ve başkalaşıma uğrayarak yapraklanma kazandıklarını, bu deformasyonlar sonucunda Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimlerin en az üç evreli kıvrımlanma geçirdiklerini belirtmiştir. Neo-tektonik dönemde ise biri doğu - batı gidişli diğeri ise kuzey - güney gidişli olmak üzere iki normal fay sistemi geliştiğini bu normal fay sistemlerinin bölgede değişik gidişli graben ve horst yapıları meydana getirdiğini, kuzey - güney gidişli olan normal fay sisteminin görünürde doğu - batı gidişli fay sistemini kesdiğini ifade etmiştir.

**Hüseyinca ve Eren (2007)**, Ilgın İlçesi (Konya kuzeybatısı) ve kuzeyinin jeolojisinin incelenmesinde temel kayaçlarını, Silüriyen-Alt Karbonifer yaşlı, rekristalize kireçtaşları ve dolomit mermerlerden oluşan Bozdağ Formasyonu ile Devoniyen-Alt Permiyen yaşlı, metakonglomera, metakumtası, fillit, rekristalize

kireçtaşı seviyeleri ve ekzotik kökenli rekristalize kireçtaşı bloklarından meydana gelen Bağrikurt Formasyonunun oluşturduğunu, temel kayaçlarının üzerinde açılı uyumsuzlukla Alt Triyas yaşlı, metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden meydana gelen Bahçecik Formasyonu; Alt Triyas yaşlı, fillit, dolomitik rekristalize kireçtaşları ve dolomit mermerlerden oluşan Ertuğrul Formasyonu, Üst Triyas-Alt Jura yaşlı, tabanında breşik seviyeler içeren ve dolomit mermerlerden oluşan Kızılören Formasyonu, Alt Jura-Alt Kretase yaşlı dolomit mermer ve dolomitik rekristalize kireçtaşlarından oluşan Loras Dağı Formasyonu yer almaktadır. Mesozoyik yaşlı birimler üzerinde açılı uyumsuzlukla Miyosen yaşlı, kiltası, marn, kireçtaşı ve kömür seviyelerinden meydana gelen Harmanyazı Formasyonu, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı taban konglomerası ve kalın kireçtaşı tabakalarından oluşan Ulumuhsine Formasyonu, Pliyosen yaşlı, siltli kiltası ve konglomeradan oluşan Sebiller Formasyonu, ve Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökellerinden oluşan Tekeler Formasyonu yer aldığı ortaya koymuşlardır.

**Özdamar vd (2010)**, Ilgın (Konya) yöresinde yer alan metasedimenter ve metavolkanik kayalar üzerinde jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirmiştir.

## 2.7. Stratigrafi

Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan kömürlü birimlerin yer aldığı bölgenin jeoloji haritası Şekil 2.4'te verilmiştir. Bu alan genellikle düz bir topografyadan oluşmakta olup kuzey kesimlere doğru engebeler artmaktadır. Bu alanda temeli Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşı, kuvarsit, şist, metakumtaşı ve ofiyolitik kayaçlardan (gabro, diyabaz, serpantin vb) oluşmuştur (Şekil 2.4 ve 2.5). Bunların üstünde Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır. İncelenen alanda ve sondaj lokasyonlarında her ne kadar Çiğil Formasyonu kesilmese de çok yakın bölgede geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Çiğil Formasyonu beyaz, gri, sarı, kırmızı, kahve renkli çakıltası, kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, tuf marn, çamurtaşı ardalanması ile yer yer merceksel ince linyit arabantlarından oluşur.

Çiğil Formasyonu içerisinde bulunan çakıltaları orta kalın katmanlı, çakıllar az yuvarlanmış, tane boyları 5-15 cm arasında değişmektedir. Çamurtaşları ile ardalanmalı olan çakıllar matriks ve tane desteklidir. Kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası ve marnlar orta-ince tabakalanmalar halindedir. Formasyon içerisinde gözlenen tüfler arakatıklar şeklindedir. Birim içerisinde bol fosilli organik boyamalı killer ile devamlılığı olmayan merceksel linyit damarları bulunmaktadır. Formasyon kalınlığı 500-600 m arasında değişmektedir. Daha önce araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda birimin yaşı Miyosen olarak kabul edilmiştir (Hüseyinca ve Eren 2007). Çiğil Formasyonu akarsu ve gölsel ortamda çökelmiştir.



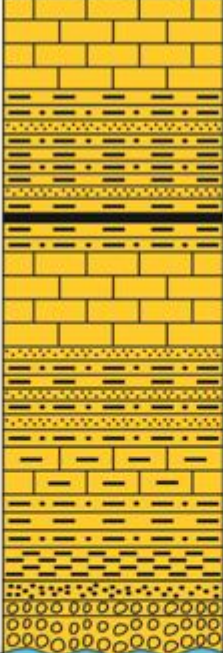

Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonu üzerinde uyumlu olarak Dursunlu Formasyonu gözlenmiştir. İncelemenin asıl konusunu oluşturan bu formasyon Pliyosen yaşlı olup beyaz, sarı, gri, yeşil kırmızı renkli kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn, çamurtaşı ve yer yer linyitli seviyelerden oluşmaktadır. Bu Formasyon inceleme alanının değişik kesimlerinde yüzlekler vermektedir. Formasyonun en üst seviyelerinde yer yer kumlu killer ve çamurtaşları gözlenmektedir. Dursunlu Formasyonunun kalınlığı 100-300 m arasında değişmektedir. Önceki araştırmacılar göre Dursunlu kömür ocaklarında bulunan

omurgalı fosillerden formasyonun yaşı Pliyosen olarak belirlenmiştir (Demirci vd 1987). Bu formasyon görsel ortamda çökelmiştir.

Stratigrafik dizilimin en üstünde Kuvaterner yaşlı ve yelpaze çökellerinden oluşan çakıltaşı, kumtaşları, silt ve killer ile değişik boyutlardaki çakıl ve bloklardan oluşan yamaç molozları bulunmaktadır.



Şekil 2.4. İncelenen alanın basitleştirilmiş jeoloji haritası (Altunsoy vd. 2014)

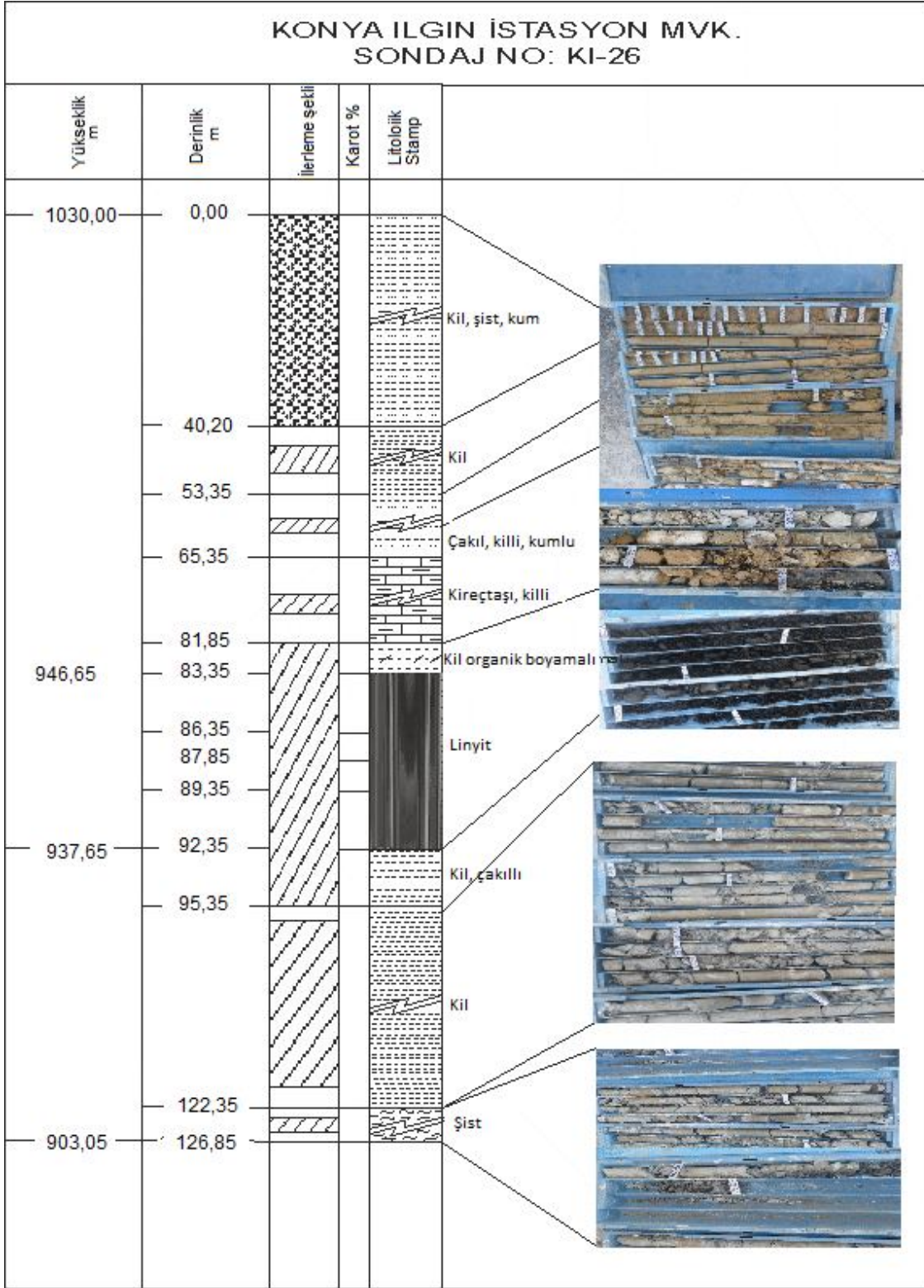
Yaş	Kalınlık	F. Geçişim	Litoloji	Açıklama
				Alüvyon
PLİYOSEN	~100-300 m	DURSUNLU		Kumtaşı, silttaşı, kil taşı, marn, kömür
MIYOSEN	~300 m	ÇİĞİL		Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kil taşı, çamur taşı, marn, kireçtaşı, kömür
PALEOZOİK MEZOZOİK	~1800 m			Kristalize kireçtaşı, kuvarsit, metamorfikler

Şekil 2.5. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (Altunsoy vd 2014).

### **2.7.1. Dursunlu Formasyonu'nun litolojik özellikleri**

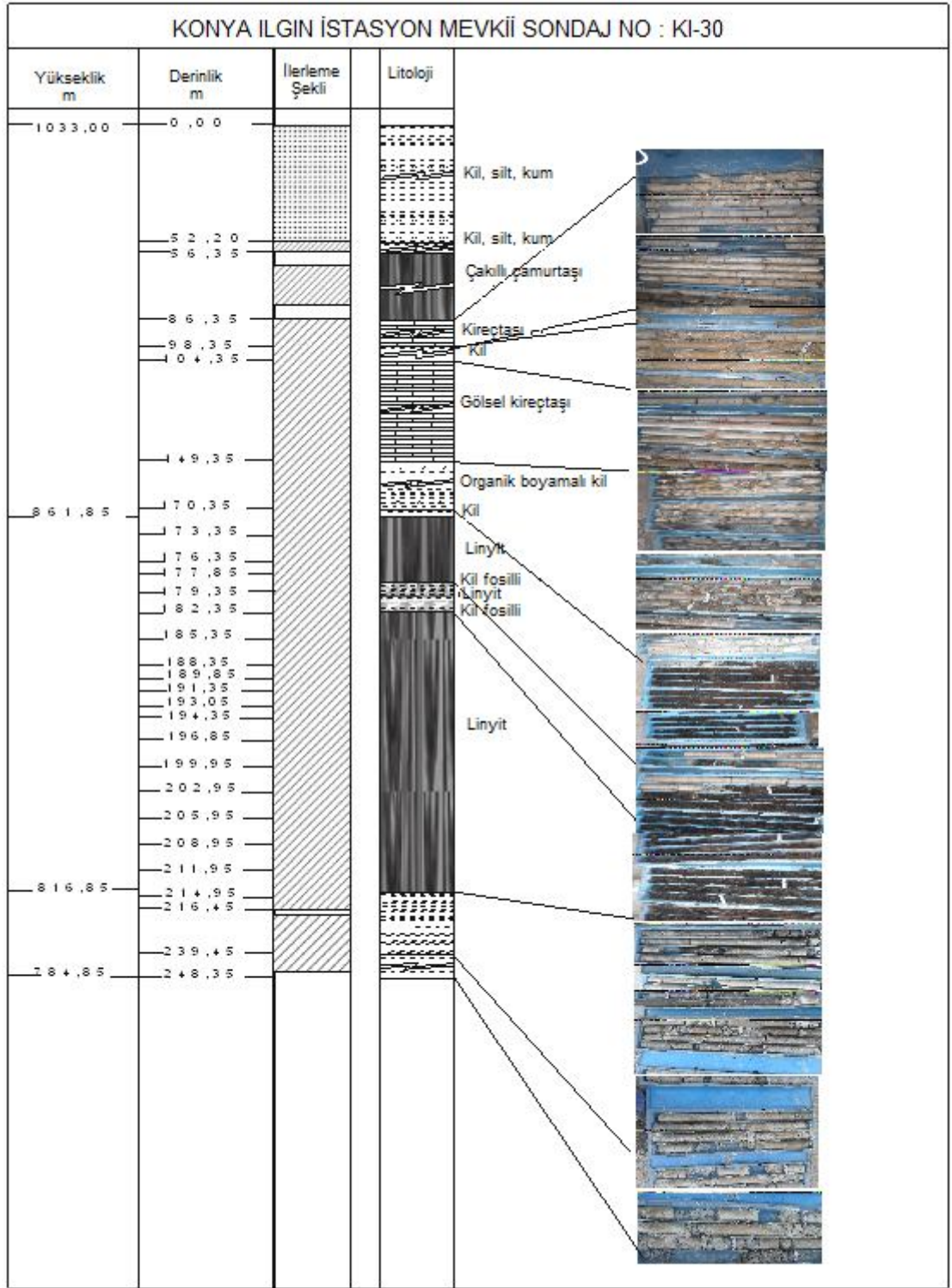
Dursunlu Formasyonu'nun litolojik özelliklerini tanımlamak için inceleme bölgesinde yapılan 2 adet sondajdan yararlanılmıştır. Bu sondajlar KI-26 ve KI-30 sondajlarıdır. Her iki sondajda da Dursunlu Formasyonunun tamamı kesilmiştir.

KI-26 sondajının litolojik dizilimi ve bu litolojilerin özellikleri şu şekildedir; bu sondajın ilk 40 m lik bölümü gevşek ve yarı pekişmiş halde bulunan açık kahverengimsi ve grimsi renkli kil, silt ve kumlardan oluşmaktadır (Şekil 2.6). En üst bölümlerde çok gevşek ve dağılgan olmalarına karşın tabana doğru daha pekişmiş bir yapı göstermektedirler. Buradan alınan örneklerin XRD tüm kayaç çözümlemesinde elde edilen mineraller bolluk sırasına göre kuvars, kalsit, kil mineralleri, mika (muskovit ve biyotit) çok az olarakta klorit ve dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Aynı şekilde XRD kil difrogtogramı çözümlemelerinde elde edilen kil mineralleri illit, kaolinit, smektit ve klorit şeklindedir (Çizelge 2.2).



Şekil 2.6. İstasyon Mevkii-İlgın (Konya) KI-26 No' lu kuyunun dikme kesiti





Şekil 2.7. İstasyon Mevkii-İlgin (Konya) KI-30 No' lu kuyunun dikme kesiti

40-53 m arasında kil boyutu kırıntılılar çökelmiştir. Buradaki mineral dağılımı ise bolluk durumuna göre kalsit, kuvars, kil mineralleri dolomit ve feldispat sıralaması şeklindedir. Bu bölümdeki kil mineralli parajenezleri kaolinit, illit ve smektit şeklindedir.



53-65. m arasında kahverengimsi ve grimsi renklerde yarı pekişmiş halde bulunan çakıl, kum, silt ve killi düzeyler yer almaktadır. Bu litolojilerin mineral bileşenleri az önce bahsedilenlerle benzerdir. Daha sonra killi kireçtaşı düzeyleri başlamaktadır. Bu seviye 81. m'ye kadar devam etmektedir. 81-83. m ler arasında organik maddece zengin killi seviyeler yer almaktadır. Daha sonra çalışmanın ana konusunu oluşturan kömür oluşumları meydana gelmiştir. Kömürün bu sondajdaki kalınlığı 9 m olup 92. m'ye kadar çökelmiştir. 92. m'den formasyonun tabanı olan 126. m'ye kadar ilk önce çakıllı ve kumlu kil çökelimleri meydana gelmiş daha sonra ise tabanda şisti özellikli kil boyutu kırıntılar çökelmiştir. Bu bölümdeki mineral bileşenleri genel olarak kuvars kil mineralleri, feldispat ve mika mineralleri şeklindedir. Kil mineral parajenezleri ise büyük oranda illit ve kaolinitlerden oluşmuştur. Kil mineral parajenezlerinde illit ve kloritin bolca bulunması inceleme alanı çevresinde temeli oluşturan magmatik ve metamorfik kökenli kayalardan oluştuğunu göstermektedir.

KI-30 litolojik dizilimi ve bu litolojilerin özellikleri şu şekildedir: bu sondajın ilk 56,35 m'lik bölümü gevşek ve yarı pekişmiş halde bulunan açık kahverengimsi ve grimsi renkli kil, silt ve kumlardan oluşmaktadır. Buradan alınan örneklerin XRD tüm kayaç çözümlemesinde elde edilen mineraller bolluk sırasına göre kuvars, kalsit, kil mineralleri, mika (muskovit ve biyotit) çok az olarakta klorit ve dolomit minerallerinden oluşmaktadır. 56,35-86,35 m ler arasında grimsi renkte yarı pekişmiş çakıllı, kumlu, siltli çamurtaşı bulunmaktadır. 86,35-98,35 m ler arasında kireçtaşı düzeyleri bulunmaktadır. Bunu 104,35 m ye kadar killi seviyeler takip eder. 104,35-149,35 m ler arasında kırmızımsı renkte gösel kireçtaşı yer almaktadır. 149,35-170,35 m ler arasında gri ve koyu gri renklerde yarı pekişmiş organik kalıntılar bulunan kil gözlenmektedir. Daha sonra kömür oluşumları meydana gelmiştir. Kömürün bu sondajdaki kalınlığı 9 m olup 179,35. m'ye kadar çökelmiştir. Devamında fosilli kil ardalanması 182,35. m'ye kadar devam etmektedir. Bu sondajdaki ikinci bir kömür oluşumu 214,95. m'ye kadar tekrar gözlenmiştir. En alt bölümdeki 34,4 m'lik seviye organik kalıntıların da bulunduğu killi siltli ve kumlu seviyeler meydana gelmiştir. Bu bölümdeki sedimanların XRD tüm kayaç incelemesinde kuvars, kil mineralleri, kalsit, feldispat ve mika mineralleri ağırlıklı olarak gözlenmiştir. Kil fraksiyon çözümlemelerinde ise kaolinit, illit, ve smektit mineralleri elde edilmiştir.

Çizelge 2.2. İncelenen örneklerin XRD tüm kaya ve kil minerali analizi sonuçları

Kuyu No	Örnek No	Tüm kaya sonuçları	Kil minerali parajenezleri (Kil mineralleri bolluklarına göre sıralanmıştır)
KI26	1	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Kalsit, Biyotit, Klorit	İllit, Kaolinit, Smektit, Klorit
	2	Kuvars, Kalsit, Kil Min., Feldispat, Mika Biyotit)	İllit, Kaolinit, Klorit, Smektit
	3	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Mila(Muskovit, Biyotit)	Kaolinit, İllit, Smektit
	4	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Mika(Muskovit), Klorit, Dolomit	
	5	Kalsit, Kuvars, Kil Min., Dolomit, Feldispat	
	6	Kuvars, Feldispat, Kil Min., Mika(Muskovit)	İllit, Kaolinit
	7	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Dolomit, Mika (Biyotit)	İllit, Kaolinit
	8	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Mika (Biyotit), Dolomit, Klorit	İllit, Kaolinit, Klorit
	9	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Mika (Biyotit)	İllit, Kaolinit, Smektit
KI30	1	Kuvars, Kalsit, Kil Min., Feldispat, Mika (Biyotit)	İllit, Kaolinit
	3	Kuvars, Kil Min., Feldispat	Smektit, Kaolinit, İllit
	4	Kalsit, Çok az Kuvars ve Mika	
	5	Kalsit, Kuvars, Çok az Kil Min. ve Mika	Smektit, İllit, Kaolinit
	7	Kalsit, Kuvars, Kil Min., Feldispat	Kaolinit, İllit, Smektit
	13	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Biyotit	İllit, Kaolinit
	12A	Kuvars, Kalsit, Kil Min., Feldispat, Mika (Biyotit)	
	16	Kuvars, Kil Min., Feldispat, Mika Min. (Biyotit)	

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Organik Jeokimyasal Analizler

İndirgen anaerobik ortamda çökelmiş ince taneli organik maddece zengin kayalara petrolün ana kayası denir. Petrolün ana kayaları, basenlerde indirgen koşullarda depolanan siyah renkli şeyller mikritik kireçtaşları ve marnlardır. (Levorsen 1967, Momper 1978, Kirkland ve Evans 1981). Bu kayalar organik maddenin biriktiği ve organik maddenin uygun koşullar altında toplandığı bir yer olarak görülebilir. Bunların içinde biriken ve toplanan organik madde petrolün ana maddesini oluşturur. Toplam organik karbon (TOC), piroliz ve biomarker analizleri petrol kaynak kayası potansiyelini açığa çıkarmak için kullanılan jeokimyasal analiz yöntemleridir.

##### 3.1.1. Toplam organik karbon (TOC) analizi

Kaynak kayaların ekonomik miktarda petrol türetebilmeleri için belirli miktarlarda organik madde içermeleri gerekmektedir. Organik madde miktarının belirlenmesi kaya içerisindeki toplam organik karbon miktarının ortaya çıkarılması ile belirlenebilmektedir. Toplam organik karbon kayacın içindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbona ait karbonların toplamıdır. (Durand vd 1972, Jonathan vd 1976). Toplam organik karbon (TOC) analizleri kaya örnekleri içerisindeki toplam organik karbon miktarının ölçüldüğü bir analiz tekniğidir.

Toplam organik karbon (TOC) analizi diğer aşamalarda yapılacak olan analizlerin devamı için gerekli bir kriterdir. Çünkü TOC değeri düşük olan kayaların potansiyel kaynak kaya olabilme özelliği yoktur. Bu tür kayalar içerisinde bir miktar petrol oluşsa bile bu petrol kaynak kaya dışına atılamamakta, atılsa bile gittiği yerde önemli bir birikim sağlayamamaktadır (Ünalın 1982). Genellikle ağırlık yüzdesi cinsinden % 0,50'den fazla miktarda organik karbon içeren kayalar ana kaya olabilir (Welte 1965, McIver 1967, Durand vd 1972, Jonathan vd 1976, Momper 1978, Ala vd 1980).

Toplam organik madde miktarı Leco Cihazıyla belirlenmektedir. Bu analiz, inorganik kökenli karbon ile organik kökenli karbonun birbirinden ayırt edilme esasına dayanır. İnorganik kökenli karbonat bileşiklerine bağlı olan karbon asitle uzaklaştırıldıktan sonra örneğin oksijenli ortamda yakılarak organik karbonun karbondioksite dönüştürüldükten sonra oluşan karbondioksit miktarının ölçülmesi ile belirlenir. Örneklerin bu işlemlere tabi tutulması için çeşitli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Öncelikle örnekler öğütülerek hazır hale getirilir. % 5 HCl (hidroklorik) asit ile tepkimeye sokularak inorganik karbonlar ortamdaki uzaklaştırılır. Daha sonra dekantasyon işlemi uygulanarak örnek istenmeyen maddelerden temizlenmesi sağlanır. Bütün bu hazırlıkların sonucunda kalibre edilmiş cihazda analiz edilir. 1 gram örnekteki karbon yüzdesi dijital olarak direkt okunur. Her örnekten iki kez ölçüm alınır. Bu iki ölçüm arasındaki fark % 10'dan fazla ise ölçüm tekrarlanır.

Çizelge 3.1. Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması

ARAŞTIRICI	TOC (%)	KAYNAK KAYA POTANSİYELİ
Thomas (1979)	<0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	2,0-4,0	Çok iyi
	>4,0	Mükemmel
Kraus ve Parker (1979)	<0,5	Zayıf
	0,5-1	Orta
	>1	İyi
Tissot ve Welte (1984)	0,1-0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	2,0-10,0	Zengin
Peters (1986)	0,1-0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	>2,0	Zengin
Jarvie (1991)	<0,5	Yetersiz
	0,5-1,0	Orta
	>1,0	Yeterli

### 3.1.2. Rock-Eval piroliz analizi

TOC miktarının belirlenmesi tek başına kaynak kayanın belirlenmesinde yeterli olmayabilir. Sedimanter kaya içindeki organik madde tipinin ve olgunlaşma derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla piroliz analizlerinden faydalandırılır. Yüksek karbon içeriği her zaman kaynak kayanın belirlenmesinde yardımcı olmaz. Bunun için diğer parametrelerin de belirlenerek göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kerojenin oksijensiz ortamda ısıl olarak parçalanma olayına piroliz denir. Piroliz süresince S1; kerojenin ısıl olarak parçalanması sonucu deney sırasında açığa çıkan hidrokarbonlar, S2; 400 °C derecede yanma sonucu açığa çıkan karbondioksit miktarı belirlendikten sonra S2 ve S3 pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık Tmax değeri bulunur. Bunun sonucu bu piklerden yararlanılarak kaynak kaya potansiyeli (Genetik Potansiyel), hidrojen indeksi (HI), oksijen indeksi (OI), üretim indeksi (PI) ve kerojen tip tayini yapılır.

Piroliz işlemi 100 mg kadar öğütülmüş örneğin taban ve tavan geçirimli çelik bir hücre içerisine yerleştirildikten sonra mikropiroliz fırınına yerleştirilir. Sıcaklık helyum atmosferinde 25 °C derece arttırılarak 550 °C dereceye kadar yükseltilir. Bu aşamadan sonra çeşitli dedektörler yardımıyla önce açığa çıkan hidrokarbon gazlarının miktarı, ardından 300-350 °C derece arasında açığa çıkan hidrokarbonların miktarı ve daha sonra 400 °C dereceye kadar açığa çıkan karbondioksit miktarı saptanır. Kaynak kayanın olgunluk derecesi Tmax ile belirlenmektedir. Tmax değeri ile yapılan değerlendirmeler en sık kullanılan yöntem olmasına rağmen fay, kıvrım, uyumsuzluk, jeotermal gradyan

gibi etkenler sonucunda değerde değişimler görülebilir. Tmax değeri ile temsil edilen olgunlaşma derecesi çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tmax değeri ile temsil edilen olgunlaşma derecesi (Tissot ve Welte 1984)

Tmax	Olgunlaşma Derecesi
< 435 °C	Olgunlaşmamış
435-445 °C	Erken-Orta Olgun
445-460 °C	Orta- İleri Olgun
>460 °C	Aşırı Olgun

Bir diğer olgunluk derecesini belirleme yöntemi de üretim indeksidir (PI). Bu değer genellikle derinlik artışına bağlı olarak artar, ancak bu değişim kayaca göç yoluyla gelen hidrokarbonlar tarafından da değişebilir (Peters 1986, Peters ve Cassa 1994). Daha doğru sonuçların belirlenmesi için Tmax ve PI korelasyonundan yararlanılması gerekmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Tmax ve PI korelasyonu (Tissot ve Welte 1984)

OLGUNLUK	Tmax	PI
Olgunlaşmamış	< 435 °C	<0.10
Erken Olgun	435-445 °C	0.10-0.15
Orta Olgun	445-450 °C	0.25-0.40
Olgun	450-470 °C	>0.40
Aşırı Olgun	> 470 °C	-

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Kömürde Bulunan Ana ve Eser Elementler

Kömürlerde genel olarak bulunan ve çevresel etkileri önemli olan ve aynı zamanda Yüksek Lisans Tezi kapsamında analizleri yapılan ana ve eser elementlerden bazılarının özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla bazı bilgiler Varol (1999) ve Aşar (2006)'ın çalışmalarından özetlenerek aşağıda sunulmuştur.

**Arsenik (As):** Yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman sağlık açısından zararlı olabilmektedir. 1 ppm'den az miktarlardan yüzlerce ppm'e kadar bulunabilmektedir. Bazen As'ce zengin cevherleşme civarlarında çok yüksek miktarlara çıkabilmektedir. Kömür açısından As'in atmosfere yayılım miktarı önemlidir. As kömürlerde arsenopirit olarak gözleendiği 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 şeklinde saptanmıştır. Baritosölestin, witherit ve gorceixite olarak gözlenmiş, ayrıca Ba'un ankeritle birlikteliği belirlenmiştir. Düşük ranklı kömürlerde Ba organik kömür maddesiyle de birliktelik gösterebilir. Baryum suda çözülüp balıklar tarafından yüksek miktarda alındığında ve vücutlarında biriktiğinde kasların güçsüzleşmesine, beyin ve karaciğerde hasara ve kalp ritminin bozulmasına yol açar.

**Berilyum (Be):** Kömürlerde genellikle organik maddeyle birliktelik göstermektedir. Hindistan Kömürlerinde Be'un kuvars ve kil mineralleriyle bulunduğu belirlenmiştir. Be az da olsa beril olarak veya kuvars ve killerde gözlenebilmektedir. Be'un şimdiye kadar sağlıkla ilgili bir probleme yol açtığı belirlenmemiştir.

**Bizmut (Bi):** Çevresel ve sağlık açısından etkisi bilinmemektedir. Bazı kaynaklarda bizmutun sülfidlerle gözlelendiği belirtilmiştir.

**Kadmiyum (Cd):** Endüstriyel atıklarla çevre kirlenmesine yol açmaktadır. Cd'un sfalerit içerisinde Zn ile yer değiştirebileceği saptanmıştır. Cd ayrıca pirit, karbonat ve kil minerallerinde de bulunabilmektedir. Cd'un kömürde mineral maddede özellikle sfaleritte bulunduğu bilinmektedir. Organik madde ile birlikte çok nadirdir.

**Sezyum (Cs):** Cs'un organik maddede, killerde, mika minerallerinde ve feldispatlarda bulunduğu saptanmıştır. Sezyum elementinin insana etkisi çok ama çok fazladır. Sezyum elementinin bir toplu iğne ucu kadarını insanların içtiği su kaynağına damlatılırsa suyun ulaştığı herkeste ölüm etkisi yaratmaktadır. Bu çok etkili maddenin insanlardan kesinlikle uzak yerlerde kullanılması gerekir.

**Krom (Cr):** Hexavalent durumu dışında toksik olarak nitelendirilmez. Bu durum genellikle endüstriyel atıklarda ve atık sularda gözlenir. Kömür için geçersizdir. Killerde ve organik madde de bulunur.

**Kobalt (Co):** Co'nın kömür kullanımına ve işletimine nasıl etkisi olduğuna dair herhangi bir bilgi yoktur. Co'nun sülfidlerle, killerle ve organik madde 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):** Kömür külündeki veya endüstriyel atıklardaki Ga önemlidir. Kömür kullanımı veya işletimi sırasında Ga'un sağlık açısından bir zararı yoktur. Ga'un organik ve inorganik birliktelikleri bilinmemektedir. Sfalerit, feldispat kil ve sülfid minerallerinin yapısında bulunabilmektedir.

**Germanyum (Ge):** Kömürlerde genellikle organik madde ile beraber bulunmaktadır. Sfaleritle birlikteliği de belirlenmiştir. Şimdiye dek killerde bulunduğu saptanmamıştır. Sağlık açısından herhangi bir zararı belirlenmemiştir.

**Kurşun (Pb):** Çevre ve sağlık açısından etkileri önemlidir. Baryum mineralleri ve galen ile bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca pirit ve organik madde ile beraberlikler bilinmektedir.

**Mangan (Mn):** Çevresel açıdan bazı problemlere yol açtığı bilinmektedir. Genellikle organik madde yapısında yer almaktadır. Karbonat, pirit ve kil mineralleriyle de birlikteliği söz konusudur. Kömür kullanımı ve işletimi açısından Mn ile ilgili olarak herhangi bir bilgi yoktur.

**Niobiyum (Nb):** Nb'un çevresel açıdan bir etkisi yoktur. Nb'un rutil ile birlikteliği belirtilmiştir.

**Fosfor (P):** Kömürlerde P genelde 1000 ppm'in altında bulunduğu için eser element olarak değerlendirilmektedir. Fosfat mineralleri ile birlikte bulunmaktadır.

**Nadir Toprak Elementleri (REEs):** Kömürler için çevresel açıdan bir önemleri yoktur. Nadir Toprak Elementleri genellikle mineral maddeyle birlikte bulunmaktadır. Organik birliktelikleri çok nadirdir.

**Stronsiyum (Sr):** Organik madde yapısında bulunabilmektedir. Bunun dışında fosfat mineralleri ve kalsitle birlikte bulunmaktadır. Şimdiye dek herhangi bir zararlı etkisi belirtilmemiştir.

**Talyum (Tl):** Kömürlerdeki Tl önemlidir. Çünkü Tl bileşiklerinin toksik özelliği vardır. Az miktarlarda olursa kömür işletimi ve kullanım için zararlı değildir. Tl bileşikleri fare zehiri yapımında kullanılmaktadır. Tl'nin özellikle piritte zenginleştiği bilinmektedir. Tl kesinlikle organik maddeyle bulunmaz.

**Toryum (Th):** Radyoaktif element olduğundan biyolojik olarak ve çevre açısından önemlidir. Toryumun mineral madde ile özellikle de monzonit, zirkon ve xenotime ile

birlikte bulunmaktadır. Az miktarlarda da olsa Th, Fe oksitlerle ve killerle beraber bulunabilmektedir. Ancak organik birliktelik söz konusu değildir.

**Titanyum (Ti):** Kömürlerde fazla bulunmamasından dolayı eser element olarak kabul edilmektedir. Kömürlerde bulunuşu ile ilgili pek çok görüş vardır. Bir kısım yazarlar organik birlikteliğe değinmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise Ti'un rutil anatas ve kil gibi bazı minerallerde bulunduğu belirtilmiştir. Ti' un kuvarsla birlikteliği de söz konusudur. Ancak Ti genelde organik yapıda bulunmaktadır. Ti' un çevresel ve sağlık açısından herhangi bir etkisi bildirilmemiştir.

**Tungsten (W):** W' nin organik bağlarda yer aldığı belirlenmiştir. Ancak az miktarlarda da olsa W mineralleri ile de bulunmaktadır (şelit, wolframit). Hindistan kömürlerinde karbonat mineralleriyle de bulunmuştur. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında W'den kaynaklanan herhangi bir etki bildirilmemiştir.

**Uranium (U):** Radyoaktif olduğundan hem biyolojik ve çevresel açıdan ve hem de ekonomik açıdan önemlidir. Kömürlerde U genellikle organik bağlarda bulunur. Az miktarlarda da olsa U adsorblama yoluyla kil mineralleri ile bulunabilir. U' un uranitit, coffinit, outinit, torbenit ve karnotit gibi minerallerde de yer aldığı bilinmektedir. Karbonat, sülfid ve sülfat minerallerinde de bulunabilir.

**Vanadyum (V):** Kömür kullanımı sırasında korezyon etkisinden dolayı önemlidir. Ayrıca yüksek miktarlarda bulunursa sağlık açısından zararları bulunmaktadır. Organik ve inorganik birliktelikleri söz konusudur.

**İtriyum (Y):** Organometalik bileşiklerde bulunmaktadır. Ancak çoğunlukla inorganiklerle bulunmaktadır. Kömür kullanımı ve çevresel açıdan henüz zararlı bir etkisi bildirilmemiştir.

**Çinko (Zn):** Biyolojik ve çevresel açıdan önemli bir elementtir. Organik bileşiklerde ve sfaleritle bulunur.

**Zirkonyum (Zr):** Organik yapıda veya zirkon olarak bulunmaktadır. Zararlı bir etkisi bildirilmemiştir.

**Molibden (Mo):** Biyolojik ve çevresel açıdan önemlidir. Örneğin bitkilerin büyümesine katkı sağlamaktadır. Ancak fazla miktarlarda olursa hayvanların zehirlenmesine yol açmaktadır. Mo kömürlerde inorganik ve organik yapıda yer alabilmektedir. Piritlerde ve sülfid minerallerinde bulunabilmektedir. Mo'ca zengin kömürlerin yakılması ve işletilmesi sonucunda gerek uçucu küller dolayısıyla, gerek atıklardan ötürü eğer otlama alanına yakınsa hayvan zehirlenmeleri gündeme gelmektedir.

**Skandinyum (Sc):** Özel metal alaşımların yapımında kullanılmasından dolayı önemli bir elementtir. Ancak çevresel açıdan önemli zararları yoktur. Kömürlerde organik ve inorganik maddede bulunabilmektedir.



**Rubidyum (Rb):** Finkelman (1981), Rb'nin kil mineralleriyle ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında herhangi bir zararlı etkisi belirlenmemiştir.

**Antimon (Sb):** Bulunabildiği iki oksidasyon kademesine ( 3+, 5+) ait bileşikleri zehirlidir. Vücuda hangi yolla girmiş olursa olsun özellikle ciğerler, mide ve bağırsak bölgesinde toplanan antimuan'ın akut veya kronik etkileri temel olarak mide kasılmaları, mide ağrıları, kusma, deride kızarıklık ve açılan yaralardır. Uzun süreli alınmaları durumunda ciğerlerde ve bronşitler üzerinde negatif etkileri görülmektedir. Ancak antimon bileşiklerine ait en çarpıcı etki kalp ritmini bozması ve sinir sistemi üzerinde düzeltilemez tahribatlara yol açmasıdır. Bunun yanında sürekli maruz kaldığında kilo kaybına, metabolizmanın hızlanmasına ve kan şekerinin düşmesine yola açar. Canlı bünyesine soluma, (antimon bileşikleri içeren hava / toz) yeme, içme ile ve deri teması ile geçer. Antimon ve bileşiklerinin insanlar üzerinde öldürücü etkileri olduğu tahmin edilmekle beraber yetişkin insanların sadece antimon ve bileşiklerine bağlı ölümü gözlenmemiştir. Soluma ile temas sonucunda hayvanlarda ölüm, insanlarda ise solunum sistemi, sinir sistemi ve sindirim sisteminde negatif etkiler yaratmaktadır. Antimon kaynaklı insan ölümü sadece küçük bebeklerde görülmektedir. Antimonun insanlar üzerindeki negatif etkileri en fazla bu metal ve bileşiklerinin üretildiği bölgelerde ve termik santraller yakınlarında yaşayanlarda görülmektedir. Bir çok farklı sağlık kuruluşunun deneysel çalışmalar sonucunda elde ettiği verilerden yola çıkarak çalışma ortamlarında antimon oranının 0,5 mg/m<sup>3</sup> üzerine çıkmasına izin verilmemektedir ([http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138\\_6471.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf))

**Civa (Hg):** Günümüzde civa kullanımı gerek metalik formunun ve gerekse bileşiklerinin flora ve fauna için çok zehirli olmasından dolayı azaltılmaktadır ve bazı endüstri kollarında kullanımı yasaklanmıştır. Sinir sisteminin civa bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti vardır. Bunun yanında vücuda alınan civanın beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yarattığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Farklı civa bileşiklerinin sinir sistemi, böbrekler ve beyin üzerinde farklı etkileri vardır ki bunların nedeni vücuda alınan civanın metalik, organik veya inorganik bileşik olmasına göre vücut içerisinde izleyeceği yol farklılık göstermektedir. Kısa süre yüksek dozlarda maruz kalınması durumunda civanın ciğerler, ağız ve boğaz ile solunum yollarında hasar yarattığı tespit edilmiştir. Bunun yanında civa konsantrasyonunun vücutta yükselmesi, tansiyon yükselmesine, kalp krizine, derilerde kızarıklık ve yaraların oluşması ile gözlerin zarar görmesine neden olabilir. Metalik ve organik civa bileşiklerinin buharının 1-1,5 mg/kg miktarında 3-4 ay solunması durumunda etkinin ani kalp durması, kalp krizi ve kan basıncının ani yükselmesine bağlı ölümlerle sonuçlandığı tespit edilmiştir. Civa buharının solunması insanların kas yapılarında, sindirim sisteminde, böbreklerde, deride ağrıların ve hastalıkların ortaya çıkmasını tetikler (<http://www.metalurji.org.tr/dergi>).

**Nikel (Ni):** Çevreye giren nikelin çoğu toprağa bağlanır. Asitli şartlarda, nikel daha seyyardır ve kolaylıkla yer altı sularına da sızar. Nikel tozları ve nikel bileşimlerinin toksit ve kanserojen etkisi nedeniyle, bir bebek daha anne karnındayken bile etkilenerek, kanser ve diğer sağlık sorunlarına maruz kalabiliyor. Nikel proses işletmelerinde, nikel bileşimlerinin tozuna maruz kalanlarda kronik bronşit, akciğer

yetersizliği, akciğer kanseri, burun ve sinüs kanserleri riski görülebilmektedir ([http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138\\_6471.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf)).

**Selenyum (Se):** Doğada 66. nadir element olan selenyumun yer kabuğunda ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm'dir. Selenyum düşük konsantrasyonda vücut için önemli bir iz elementi olmakla beraber, yüksek konsantrasyonda zehirlidir. Kandaki selenyum konsantrasyonu 60-100 µg/l olmalıdır. Kronik yüksek selenyum alımını 5 mg/gün'den yüksek olduğunda, saç kaybı, tırnak morfolojisinde değişim, ishal, merkezi sinir sisteminde bozukluklar (felç, parestezi ve hemiflegi), böbrek ve karaciğer hasarları, iştahsızlık gibi belirtiler gözükmemektedir. Çalışma ortamında yüksek selenyum konsantrasyonunda çalışanlar üzerinde baş ağrısı ve "selenyum nezlesine" neden olmaktadır. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırma sonucunda uygun miktarda selenyumun canlıları kansere neden olan kimyasallara ve ultraviyole ışınlarla karşı koruduğunu göstermiştir. Çok az sayıdaki selenyum bileşiği ani ölümlere neden olmaktadır. Sindirim sistemindeki mukos mebranlarında tahrişe, karaciğer hasarına ve akciğerde toksik ödemlere neden olduğu gözlenmiştir. Değişik yiyeceklerde selenyum içeriği bölgedeki doğal selenyum içeriğine, insansal aktivitelere bağlı olarak çok geniş oranda değişmektedir. Selenyumun en zehirleyici bileşiği, MAK değeri 0,05 ppm olan hidrojen selenürdür. Diğer selenyum bileşiklerinin MAK değeri 0,1 ppm'dir. Amerika'daki TLV değeri 0,2 mg/m<sup>3</sup>'tür. Almanya'da içme suyundaki limit değeri 0,008 mg/l olup EPA maksimum sınır seviyesini (MCL) 0,01 mg/l olarak önermektedir.

**Kalay (Sn):** Kalay insanlar tarafından bulunan en eski metallere biridir. Sn simgesi ile periyodik cetvelde ellinci sırada olup ametaller sınıfına girmektedir. Kalay birçok kullanım alanına sahiptir. Bu sebeple kalayın elektro kaplamadaki önemi büyüktür.

**Lantan (La):** Lantanın buharının ve gazının hava ile solunmasından dolayı, çalışma çevresinde lantan çok tehlikelidir. Özellikle uzun süre maruz kalmalarda, akciğerde emboliye neden olabilir. Lantan ayrıca insanlarda kansere neden olabilir, bulunduğu da akciğer kanseri riskini arttırmaktadır. Son olarak ise, insan vücudunda biriktiğinde karaciğer için tehlikeli olabilir (<http://www.biyotip.com/images/File/e.pdf>).

**Tantalum (Ta):** Solunum, ağız yoluyla tüketim veya deriden emilim yoluyla vücuda alındığında zararlı olabilir. Göz ve deride tahrişlere sebep olabilir. Bu materyal üst solunum yollarında ve mukoza membranlarında tahrişe sebep olur (<http://www.biyotip.com/images/File/e.pdf>).

#### 4.2. Dursunlu Formasyonunun Ana ve Eser Element İçerikleri

Element zenginleşmeleri ve çevresel etkenlerini belirlemeye yönelik olarak kömür ve bitümlü şeyl içeren birimlerde ana ve eser element ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ülkemizde yapılan bu kapsamdaki çalışmalardan bazıları Karayigit vd (2001), Sarı ve Aliyev (2006), Yerin (2006) ve Altunsoy vd (2015)' in çalışmalarıdır. Bu tez çalışması kapsamında da ICP-MS ve ICP-AES yardımıyla toplam 21 adet örneğin ana ve eser element incelemesi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Analizler ACME (Kanada) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu ana ve eser elementler, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, CrO<sub>3</sub>, Ni, Sc, LOI, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Pb, 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, Bi, Ag, Au, Hg, Ti, Se ICP-MS, ICP-AES ve Leco cihazlarıyla belirlenmiştir.

Analizi yapılan örneklerdeki ana ve eser element bileşimleri incelendiğinde; silisyum (SiO<sub>2</sub> olarak) tüm örnekler dahil olmak üzere % 0,13 – 82,78 aralığında olup ortalama % 41,455, alüminyum (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olarak) % 0.01 – 23,52 aralığında olup ortalama % 11,765, kalsiyum 21 örnekten alınan değerler baz alındığında % 0,08 – 53,38 aralığında olup ortalama % 26,73 değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde alınan örneklerin aralıkları ve ortalamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Kömürlü birimlerden LECO’dan % olarak ölçülen TOT/C değeri tüm örnekler baz alındığında ortalama 27,44 olup, değerler 0,09 – 54,79 arasındadır. TOT/S değerleri % 0,02 – 7,26 arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). Tüm örneklerin ortalaması ise % 3,64’tür. Dünya kömürleri için sınır değerleri çok fazla değişkenlik göstermektedir.

#### 4.2.1. Çevresel Etkiler

Sonuçları alınan örneklerin kömür içerikleri Swaine (1990) tarafından verilen Dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. KI-26 ve KI-30 sondajından alınan örneklerden ulaşılan değerlere göre element içerikleri Swaine (1990)’de verilen Dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırıldığında ana elementlerden Ti’ nin, eser elementlerden Cs, Rb, Ta, Th, As, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm’nin, Dünya kömürlerine ait sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

Çalışılan bölgede insan yerleşiminin yoğun olması nedeniyle As, Th, Cs, Ta, La, Ce, Pr elementlerinin yüksek olması çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. Aşağıda bu elementlerin etkilerine değinilmiştir:

**Arsenik (As):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Arsenik (As) elementinin ortalama değeri KI-26 sondajında 82,25 ve KI-30 sondajında ise 184,15 olduğu ve dünya sınır değerini (0,5-80) aştığı tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman sağlık açısından zararlı olabilmektedir. 1 ppm’den az miktarlardan yüzlerce ppm’e kadar bulunabilmektedir. Bazen As’ce zengin cevherleşme civarlarında çok yüksek miktarlara çıkabilmektedir. Kömür açısından As’in atmosfere yayılım miktarı önemlidir. As kömürlerde arsenopirit olarak gözleendiği gibi başka formlarda da bulunabilir. Pirit içindeki katı çözeltilerde yer alabilir. Organik maddede nadir olarak gözlenir. 80 ppm ve üzeri kömür için tercih edilmez.

**Toryum (Th):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Toryum (Th) elementinin ortalama değeri KI-26 sondajında 10,3 ve KI-30 sondajında ise 13,95 olduğu ve dünya sınır değerini (0,5-10) aştığı tespit edilmiştir. Radyoaktif element olduğundan biyolojik olarak ve çevre açısından önemlidir. Toryumun mineral madde ile özellikle de monzonit, zirkon ve xenotime ile birlikte bulunmaktadır.

**Sezyum (Cs):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Sezyum (Cs) elementinin ortalama değeri KI-26 sondajında 29,1 ve KI-30 sondajında ise 29,8 olduğu ve dünya sınır değerini (0,5- 5) aştığı tespit edilmiştir. Sezyum elementinin bir toplu iğne ucu kadarını insanların içtiği su kaynağına damlatılırsa suyun ulaştığı herkeste ölüm etkisi

yaratmaktadır. Bu çok etkili maddenin insanlardan kesinlikle uzak yerlerde kullanılması gerekir.

**Rubidyum (Rb):** Sonuçlardan alınan örneklerde Rubidyum (Rb) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 93,05 ve Kl-30 sondajında ise 86,85 olduğu ve dünya sınır değerini (2-50) aştığı tespit edilmiştir. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında herhangi bir zararlı etkisi belirlenmemiştir.

**Tantalum (Ta):** Sonuçlardan alınan örneklerde Tantalum (Ta) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 1,1 ve Kl-30 sondajında ise 1,5 olduğu, dünya sınır değerini aştığı (0,1-1) tespit edilmiştir. Solunum, ağız yoluyla tüketim veya deriden emilim yoluyla vücuda alındığında zararlı olabilir. Göz ve deride tahrişlere sebep olabilir.

**Lantan (La):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Lantan (La) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 30,35 ve Kl-30 sondajında ise 61,95 olduğu ve dünya sınır değerini (1-40) aştığı tespit edilmiştir. Lantanın buharının ve gazının hava ile solunmasından dolayı, çalışma çevresinde lantan çok tehlikelidir. Özellikle uzun süre maruz kalmalarda, akciğerde emboliye neden olabilir. Lantan ayrıca insanlarda kansere neden olabilir, bulunduğu da akciğer kanseri riskini arttırmaktadır. Son olarak ise, insan vücudunda biriktiğinde karaciğer için tehlikeli olabilir.

**Niobiyum (Nb):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Niobiyum (Nb) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 17 ve Kl-30 sondajında ise 21,3 olduğu ve dünya sınır değerini (1-20) aştığı tespit edilmiştir. Nb'un çevresel açıdan bir etkisi yoktur. Nb' un rutil ile birlikteliği belirtilmiştir.

**Seryum (Ce):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Seryum (Ce) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 59,7 ve Kl-30 sondajında ise 135 olduğu ve dünya sınır değerini (2-70) aştığı tespit edilmiştir. Seryum elementinin uzun zamandır çocuklarda ölümcül bir kalp riskine neden olduğundan kuşulanılmaktadır (://www.jmo.org.tr).

**Praseodim (Pr):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Praseodim (Pr) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 6,71 ve Kl-30 sondajında ise 12,1 olduğu ve dünya sınır değerini (1- 10) aştığı tespit edilmiştir. Makul olabilecek kadar düşük toksik özelliktedir. Uzun süre bulunduğu zaman akciğerde damar tıkanıklığına sebep olabilmektedir. (<http://www.lenntech.com/periodic/elements/pr.htm>)

**Neodimyum (Nd):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Neodimyum (Nd) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 24,85 ve Kl-30 sondajında ise 43,8 olduğu ve dünya sınır değerini (3-30) aştığı tespit edilmiştir. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında herhangi bir zararlı etkisi belirlenmemiştir.

**Samaryum (Sm):** Sonuçlardan alınan örneklere göre Samaryum (Sm) elementinin ortalama değeri Kl-26 sondajında 4,885 ve Kl-30 sondajında ise 7,245 olduğu ve dünya sınır değeri (0,5-6) aştığı tespit edilmiştir. Kömür kullanımı ve işletimi sırasında herhangi bir zararlı etkisi belirlenmemiştir.

Çizelge 4.1. Ilgın'ın kuzeyinden alınan örneklerdeki ana ve eser element miktarları

ÖRNEK NO	Wgt kg	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	TiO2 %	P2O5 %	MnO %	Cr2O3 %	Ni ppm	Sc ppm	LOI %	Sum %	Ba ppm	Be ppm
KI26-1	0.23	60.36	12.05	5.17	1.48	6.56	0.67	2.33	0.77	0.11	0.05	0.011	39	10	10.2	99.77	444	1
KI26-2	0.13	49.03	10.70	4.41	1.89	13.94	0.51	2.10	0.68	0.11	0.09	0.012	36	10	16.2	99.71	715	4
KI26-3	0.14	55.64	23.52	3.63	0.92	1.19	0.83	2.25	1.14	0.06	0.01	0.019	48	14	10.4	99.59	1412	3
KI26-4	0.13	6.93	3.88	1.18	0.52	2.91	0.10	0.36	0.16	<0.01	<0.01	0.003	<20	2	83.9	99.90	123	2
KI26-5	0.17	2.89	1.67	0.66	0.50	3.20	0.05	0.08	0.09	<0.01	<0.01	<0.002	<20	2	88.4	97.51	126	<1
KI26-6	0.28	67.83	18.36	2.06	0.60	0.11	0.72	2.95	0.90	0.03	<0.01	0.014	40	14	6.2	99.79	506	4
KI26-7	0.20	67.36	17.43	3.86	0.55	0.18	0.76	2.90	0.72	0.05	<0.01	0.014	30	14	5.9	99.79	604	3
KI26-8	0.25	58.27	19.78	7.71	0.77	0.30	1.03	3.47	0.90	0.05	0.07	0.017	29	16	7.4	99.78	606	2
KI26-9	0.27	57.00	22.34	6.23	1.40	0.22	1.29	4.35	1.01	0.04	0.05	0.015	72	18	5.8	99.74	750	6
KI30-1	0.39	56.75	7.51	3.02	0.48	15.51	0.20	1.78	0.41	0.02	0.06	0.006	<20	6	14.1	99.86	213	3
KI30-2	0.30	8.62	2.06	0.91	0.27	47.45	0.04	0.39	0.09	<0.01	0.02	0.003	<20	1	40.1	99.93	50	<1
KI30-3	0.35	52.96	18.53	4.82	1.76	4.10	0.32	1.96	0.61	0.05	0.03	0.009	40	11	14.7	99.80	423	4
KI30-4	0.45	12.69	6.98	1.53	0.54	41.14	0.05	0.29	0.12	0.02	0.02	<0.002	<20	2	36.6	99.92	57	4
KI30-5	0.20	19.10	9.02	3.38	0.80	33.79	0.16	0.73	0.29	0.04	0.03	0.007	32	6	32.5	99.87	160	<1
KI30-6	0.22	29.30	10.17	9.18	0.52	14.82	0.45	1.03	0.47	0.06	0.03	0.014	56	8	27.2	93.23	248	1
KI30-7	0.22	7.95	2.01	3.09	0.50	45.78	0.14	0.30	0.10	0.05	0.05	0.003	<20	2	39.9	99.83	155	<1
KI30-8	0.25	16.17	6.16	2.97	0.39	35.13	0.27	0.69	0.30	0.03	0.04	0.007	24	5	37.6	99.76	191	2
KI30-9	0.20	1.04	0.52	1.18	0.60	53.16	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	<0.002	<20	<1	43.3	99.92	56	<1
KI30-10	0.20	0.90	0.88	0.50	0.70	5.22	0.19	0.08	0.03	0.01	<0.01	<0.002	<20	<1	86.3	94.76	13	<1
KI30-11	0.33	0.13	0.01	0.08	0.80	53.38	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.002	<20	<1	45.4	99.92	65	<1
KI30-12a	0.16	9.50	4.18	0.78	0.35	3.84	0.28	0.70	0.20	<0.01	<0.01	0.004	20	3	80.1	99.94	68	<1
KI30-12b	0.32	16.65	10.96	1.83	0.40	2.19	0.26	1.01	0.21	0.02	<0.01	0.006	29	6	66.4	99.91	86	3
KI30-13	0.19	72.68	14.90	1.69	0.44	0.94	0.31	2.72	0.59	0.03	<0.01	0.008	27	7	5.5	99.83	275	3
KI30-14	0.35	75.16	14.01	1.63	0.46	0.22	0.26	2.46	0.68	0.02	<0.01	0.007	<20	7	4.9	99.81	227	4
KI30-15	0.35	82.78	8.86	2.15	0.36	0.08	0.49	1.86	0.51	0.03	<0.01	0.007	<20	8	2.7	99.86	385	3
KI30-16	0.39	54.40	19.24	9.84	0.73	0.46	0.71	4.17	0.88	0.16	0.11	0.014	28	16	9.0	99.71	865	4

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.1. Ilgın'ın kuzeyinden alınan örneklerdeki ana ve eser element miktarları (Devamı)

ÖRNEK NO	Co ppm	Cs ppm	Ga ppm	Hf ppm	Nb ppm	Rb ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Th ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Zr ppm	Y ppm	La ppm	Ce ppm	Pr ppm
KI26-1	14.7	26.4	13.3	8.2	15.4	120.3	1	327.3	0.9	12.6	2.7	84	1.7	291.7	30.0	51.5	93.8	10.28
KI26-2	12.3	14.9	14.9	5.8	14.0	93.9	1	733.5	0.7	12.4	2.8	111	1.7	226.6	27.6	41.1	80.7	9.09
KI26-3	11.6	56.4	27.4	5.3	31.0	118.0	5	655.6	2.0	17.5	4.0	165	2.2	259.1	29.5	53.6	91.0	11.25
KI26-4	2.9	9.3	2.5	0.5	4.4	24.6	<1	408.9	0.4	3.4	10.7	18	0.6	28.5	6.2	10.8	16.8	2.14
KI26-5	2.2	1.8	3.0	0.6	3.0	4.0	<1	488.6	0.2	1.8	13.7	39	<0.5	23.6	6.6	6.8	13.1	1.52
KI26-6	3.0	46.5	22.5	6.8	16.8	170.5	5	114.3	1.4	18.8	3.7	117	2.3	257.2	33.0	46.3	95.3	11.19
KI26-7	2.7	9.7	22.8	3.2	12.7	152.1	3	121.2	1.1	17.0	3.8	110	1.9	124.1	23.9	45.2	88.4	10.18
KI26-8	17.3	9.8	22.9	4.9	15.9	166.6	5	127.8	1.2	17.4	2.9	126	2.0	161.1	32.3	48.2	93.4	10.73
KI26-9	14.7	10.7	23.9	4.2	16.5	182.1	4	145.0	1.3	16.7	2.9	120	1.6	165.2	29.4	53.9	106.3	11.90
KI30-1	9.6	15.9	9.9	7.1	15.1	90.3	5	78.0	1.2	10.3	1.8	60	2.6	228.9	18.5	27.7	49.9	5.87
KI30-2	1.8	12.6	<0.5	1.0	3.2	21.3	<1	207.3	0.2	3.0	0.4	<8	0.7	36.6	5.6	8.3	14.7	1.53
KI30-3	8.0	41.1	18.0	5.9	24.1	159.3	4	136.6	2.2	27.7	2.2	54	3.3	213.0	29.4	59.5	111.6	11.93
KI30-4	1.6	36.6	5.4	1.9	6.1	27.0	2	185.0	0.6	9.3	0.5	<8	4.3	56.7	8.4	14.0	28.8	3.16
KI30-5	4.6	21.2	8.5	1.6	8.8	71.3	2	331.8	0.7	9.0	1.7	48	1.5	65.2	17.4	25.2	50.4	5.43
KI30-6	6.5	59.5	14.6	3.3	18.0	64.7	4	657.1	1.2	10.4	9.7	108	2.0	124.7	26.5	30.1	51.5	6.08
KI30-7	1.6	6.3	<0.5	1.1	3.7	15.4	<1	1037	0.1	1.8	10.9	11	<0.5	36.8	4.2	6.7	12.0	1.25
KI30-8	6.8	14.2	8.8	2.4	10.2	41.4	4	1279	0.6	6.3	3.1	62	1.0	80.9	13.1	19.4	35.0	3.83
KI30-9	0.6	1.6	<0.5	0.2	0.3	2.3	<1	391.9	<0.1	0.6	0.7	<8	<0.5	6.6	0.8	4.3	5.5	0.53
KI30-10	0.4	1.7	0.8	0.2	1.0	3.0	1	140.4	<0.1	1.1	0.4	14	<0.5	7.8	1.3	4.6	7.9	0.71
KI30-11	<0.2	0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	<1	463.1	<0.1	<0.2	1.6	<8	<0.5	0.6	<0.1	0.3	0.5	0.03
KI30-12a	1.0	8.5	2.3	1.1	6.5	40.2	1	100.7	0.7	3.2	17.3	19	<0.5	33.7	7.0	9.8	15.1	1.84
KI30-12b	3.0	17.0	2.3	1.3	14.7	75.1	2	71.8	0.8	10.7	17.1	29	0.7	51.5	22.1	31.3	50.0	6.73
KI30-13	5.7	28.7	19.1	6.9	33.7	167.4	6	54.7	2.3	23.9	3.1	62	2.4	247.3	22.8	44.6	77.1	8.20
KI30-14	4.8	28.4	19.5	8.8	42.5	150.6	7	48.0	2.9	18.0	4.4	60	4.2	327.8	26.2	37.4	65.5	6.80
KI30-15	2.8	6.9	9.9	6.0	7.9	72.5	3	40.1	0.6	8.6	2.0	49	1.8	180.6	16.6	10.4	20.1	2.15
KI30-16	53.1	11.0	19.2	4.2	14.8	173.5	3	192.9	1.3	14.2	3.0	97	1.6	155.8	32.6	123.6	269.5	24.17

Çizelge 4.1 Ilgın'ın kuzeyinden alınan örneklerdeki ana ve eser element miktarları (Devamı)

ÖRNEK NO	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	TOT/C %	TOT/S %	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm
KI26-1	43.3	6.93	1.50	6.52	0.91	5.48	1.15	3.29	0.45	3.06	0.40	1.34	0.03	1.1	20.1	17.8	52	32.1	55.6
KI26-2	33.8	6.07	1.40	5.86	0.79	4.94	0.96	2.98	0.40	2.78	0.34	3.05	0.04	1.4	16.1	16.5	42	26.8	29.3
KI26-3	42.6	7.72	1.69	7.23	1.05	6.07	1.22	2.69	0.48	3.04	0.46	0.36	0.07	0.4	21.9	67.1	132	23.0	4.8
KI26-4	6.4	1.37	0.29	1.17	0.19	1.02	0.19	0.40	0.07	0.38	0.08	49.98	4.05	3.3	10.2	10.1	22	10.1	135.2
KI26-5	6.9	1.19	0.22	1.06	0.15	1.08	0.20	0.59	0.06	0.35	0.07	54.79	4.21	3.0	6.9	3.0	13	6.3	163.9
KI26-6	42.5	8.58	1.65	7.40	0.96	6.18	1.19	3.23	0.49	3.08	0.43	0.11	0.59	0.3	22.8	15.6	19	1.6	70.8
KI26-7	37.1	7.24	1.27	5.93	0.78	4.35	0.81	2.42	0.37	2.44	0.33	0.42	0.02	0.2	28.8	67.5	22	2.0	6.2
KI26-8	39.4	7.55	1.53	7.20	0.98	5.91	1.20	3.20	0.43	3.03	0.47	0.98	<0.02	<0.1	30.5	4.4	102	20.7	0.8
KI26-9	42.7	7.63	1.48	6.61	0.91	5.52	1.16	3.16	0.46	3.15	0.45	0.30	<0.02	<0.1	18.1	16.2	203	52.9	0.6
KI30-1	22.7	3.86	0.73	3.70	0.49	2.96	0.65	1.75	0.28	1.86	0.32	3.12	<0.02	1.4	5.1	5.7	27	14.0	16.8
KI30-2	7.6	1.07	0.20	0.99	0.15	0.95	0.22	0.47	0.06	0.45	0.07	10.68	0.03	0.4	1.0	3.7	28	2.6	15.5
KI30-3	46.2	7.58	1.39	6.90	0.98	5.14	1.04	2.75	0.41	2.79	0.40	0.72	0.03	<0.1	8.4	22.5	55	13.4	41.5
KI30-4	10.9	1.93	0.35	1.83	0.27	1.48	0.29	0.63	0.12	0.84	0.11	8.94	0.03	0.1	1.4	13.0	28	1.5	62.0
KI30-5	19.9	3.96	0.79	3.70	0.52	3.09	0.66	1.62	0.25	1.45	0.24	7.27	0.05	0.3	8.9	20.4	44	10.9	323.5
KI30-6	22.1	4.63	0.91	4.82	0.69	5.17	0.91	2.85	0.39	2.83	0.42	10.98	7.26	14.8	11.0	19.5	30	39.4	94.6
KI30-7	3.5	0.79	0.20	0.90	0.13	0.49	0.15	0.43	0.06	0.19	0.06	12.96	2.36	5.0	2.8	3.6	7	2.5	62.6
KI30-8	16.7	2.98	0.57	2.71	0.36	2.15	0.44	1.19	0.15	1.01	0.15	15.57	2.27	2.2	6.0	8.9	16	7.3	282.4
KI30-9	1.1	0.28	0.05	0.17	0.03	0.09	0.03	0.07	0.01	<0.05	<0.01	13.84	0.93	0.8	0.7	1.1	2	<0.1	365.0
KI30-10	2.2	0.46	0.06	0.28	0.03	0.17	<0.02	0.04	<0.01	<0.05	0.01	53.97	4.05	0.2	2.4	2.1	3	1.6	249.4
KI30-11	<0.3	<0.05	<0.02	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	0.03	<0.01	<0.05	<0.01	13.60	0.09	<0.1	0.2	0.5	<1	0.4	5.3
KI30-12a	5.4	1.24	0.20	1.09	0.17	0.83	0.19	0.36	0.07	0.57	0.08	48.11	4.59	1.0	11.6	3.4	4	5.5	14.9
KI30-12b	21.1	4.96	0.83	5.33	0.79	4.34	0.84	1.95	0.30	1.97	0.27	37.29	3.64	1.0	21.4	7.2	22	10.1	95.5
KI30-13	28.2	5.12	0.73	4.64	0.57	3.89	0.77	2.24	0.35	2.36	0.35	0.57	0.16	0.3	2.6	7.0	4	2.8	19.3
KI30-14	21.5	4.15	0.52	3.67	0.56	4.10	0.72	2.58	0.40	2.78	0.41	0.09	<0.02	1.2	4.4	7.2	10	1.6	9.3
KI30-15	6.0	1.54	0.41	2.26	0.42	3.46	0.62	1.83	0.25	1.95	0.26	0.18	0.05	<0.1	2.7	5.3	43	3.6	3.3
KI30-16	87.3	14.44	2.89	11.28	1.37	7.48	1.19	3.06	0.46	2.82	0.43	1.31	0.04	0.3	20.5	9.8	55	13.6	6.0

Çizelge 4.1 Ilgın'ın kuzeyinden alınan örneklerdeki ana ve eser element miktarları (Devamı)

<b>ÖRNEK NO</b>	<b>Cd ppm</b>	<b>Sb ppm</b>	<b>Bi ppm</b>	<b>Ag ppm</b>	<b>Au ppb</b>	<b>Hg ppm</b>	<b>Tl ppm</b>	<b>Se ppm</b>
KI26-1	0,2	0.3	0.2	<0.1	3.4	0.01	0.1	<0.5
KI26-2	0,2	0.2	0.2	<0.1	2.8	0.04	0.1	<0.5
KI26-3	0,7	0.2	0.7	0.1	2.4	0.08	0.2	<0.5
KI26-4	0,3	<0.1	0.5	<0.1	<0.5	0.11	<0.1	2.7
KI26-5	0,2	<0.1	0.2	<0.1	1.8	0.14	<0.1	2.7
KI26-6	<0,1	<0.1	0.2	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
KI26-7	<0,1	<0.1	0.5	<0.1	0.7	0.01	<0.1	<0.5
KI26-8	<0,1	<0.1	0.2	<0.1	0.9	<0.01	<0.1	<0.5
KI26-9	<0,1	<0.1	0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
KI30-1	0,1	0.2	0.1	<0.1	<0.5	0.02	0.2	<0.5
KI30-2	<0,1	0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.04	0.2	<0.5
KI30-3	<0,1	<0.1	0.5	<0.1	<0.5	0.05	0.5	<0.5
KI30-4	0,2	0.4	0.3	<0.1	<0.5	0.04	0.1	<0.5
KI30-5	0,3	<0.1	0.2	<0.1	<0.5	0.04	0.2	<0.5
KI30-6	0,2	0.6	0.3	<0.1	<0.5	0.10	0.1	1.5
KI30-7	<0,1	0.4	<0.1	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	0.8
KI30-8	<0,1	0.4	<0.1	<0.1	<0.5	0.05	<0.1	0.9
KI30-9	<0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
KI30-10	<0,1	<0.1	0.1	<0.1	<0.5	0.04	<0.1	<0.5
KI30-11	<0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
KI30-12a	0,1	0.2	0.1	<0.1	<0.5	0.12	<0.1	4.4
KI30-12b	1	0.2	0.3	<0.1	<0.5	0.34	<0.1	6.4
KI30-13	<0,1	<0.1	0.3	<0.1	0.6	0.12	<0.1	<0.5
KI30-14	<0,1	<0.1	0.2	<0.1	<0.5	0.12	0.4	<0.5
KI30-15	0,2	0.3	0.1	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
KI30-16	<0,1	1.1	0.2	<0.1	<0.5	0.09	0.1	<0.5



Çizelge 4.2. Ilgın'ın kuzeyinden, KI-26 ve KI-30 sondajlarından, alınan kömür örneklerinin bazı ana ve eser element sınır değerleri ile ortalama değerleri

Değer	Element	KI-26		KI-30		Dünya kömürleri, Swaine (1990),ppm
		Sınır Değerleri	Ortalama	Sınır Değerleri	Ortalama	
(kg)	Wgt	0,13- 0,28	0,205	0,16- 0,45	0,305	-
(%)	SiO <sub>2</sub>	2,89- 67,83	35,36	0,13- 82,78	41,455	-
(%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,67- 23,52	12,595	0,01- 19,24	9,625	-
(%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,18-7,71	3,88	0,08- 9,84	2,86	-
(%)	MgO	0,50-1,89	1,195	0,27- 1,76	1,015	-
(%)	CaO	0,11-13,94	7,025	0,08- 53,38	26,73	-
(%)	Na <sub>2</sub> O	0,05-1,29	0,67	0,03- 0,71	0,37	-
(%)	K <sub>2</sub> O	0,08-4,35	2,215	<0,01- 4,17	2,09	-
(%)	TiO <sub>2</sub>	0,09-1,14	0,615	<0,01- 0,88	0,445	0,001-0,2
(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,01-0,11	0,06	<0,01- 0,16	0,085	10-3000
(%)	MnO	<0,01-0,09	0,05	<0,01-0,11	0,06	5-300
(%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,002-0,019	0,0105	<0,002-0,014	0,008	0,5-60
(ppm)	Ni	<20-72	46	<20- 56	38	0,5-50
(ppm)	Sc	2-18	10	<1- 16	8,5	1-10
(%)	L	5,8-88,4	47	2,7- 86,3	44,5	-
(%)	Sum	97,51- 99,90	98,705	93,23- 99,94	96,585	-
(ppm)	Ba	123- 1412	767,5	13- 865	439	20-1000
(ppm)	Be	<1-6	3,5	<1- 4	2,5	0,1-15
(ppm)	Co	2,2-17,3	9,75	<0,2- 53,1	26,65	0,5-30
(ppm)	Cs	1,8- 56,4	29,1	0,1- 59,5	29,8	0,5-5
(ppm)	Ga	2,5-27,4	14,95	<0,5- 19,5	9,775	1-20
(ppm)	Hf	0,5-8,2	4,35	<0,1-8,8	4,45	0,4-5
(ppm)	Nb	3,0-31,0	17	<0,1- 42,5	21,3	1-20
(ppm)	Rb	4-182,1	93,05	0,2- 173,5	86,85	2-50
(ppm)	Sn	<1-5	3	<1- 7	4	1-10
(ppm)	Sr	114,3-733,5	423,9	40,1- 1279	348,6	15-500
(ppm)	Ta	0,2-2	1,1	<0,1- 2,9	1,5	0,1-1
(ppm)	Th	1,8-18,8	10,3	0,2- 27,7	13,95	0,5-10
(ppm)	U	2,7-13,7	8,2	0,4- 17,3	8,85	0,5-10
(ppm)	V	18-165	91,5	<8- 108	58	-
(ppm)	W	<0,5-2,3	1,4	<0,5- 4,3	2,4	0,5-5
(ppm)	Zr	23,6- 291,7	157,65	0,6-327,8	164,2	5-200
(ppm)	Y	6,2- 33,0	19,6	<0,1-32,6	16,35	2-50
(ppm)	La	6,8-53,9	30,35	0,3-123,6	61,95	1-40
(ppm)	Ce	13,1-106,3	59,7	0,5-269,5	135	2-70
(ppm)	Pr	1,52-11,90	6,71	0,03-24,17	12,1	1-10
(ppm)	Nd	6,4- 43,3	24,85	<0,3- 87,3	43,8	3-30
(ppm)	Sm	1,19-8,58	4,885	0,05-14,44	7,245	0,5-6
(ppm)	Eu	0,22-1,69	0,995	<0,02-2,89	1,455	0,1-2
(ppm)	Gd	1,06-7,40	4,23	<0,05- 11,28	5,665	0,4-4

Çizelge 4.2. Ilgın'ın kuzeyinden, KI-26 ve KI-30 sondajlarından, alınan kömür örneklerinin bazı ana ve eser element sınır değerleri ile ortalama değerleri (**Devam**)

Değer	Element	KI-26		KI-30		Dünya kömürleri, Swaine (1990),ppm
		Sınır Değerleri	Ortalama	Sınır Değerleri	Ortalama	
(ppm)	Tb	0,15-1,05	0,6	<0,01-0,98	0,495	0,1-1
(ppm)	Dy	1,02-6,18	3,6	0,06-7,48	3,77	0,5-4
(ppm)	Ho	0,19-1,22	0,705	<0,02-0,91	0,465	0,1-2
(ppm)	Er	0,40- 3,29	1,845	0,03-3,06	1,545	0,5-3
(ppm)	Tm	0,06-0,49	0,275	<0,01-0,46	0,235	0,5-3
(ppm)	Yb	0,35- 3,15	1,75	<0,05-2,83	1,44	0,3-3
(ppm)	Lu	0,07-0,47	0,27	<0,01-0,43	0,22	0,03-1
(ppm)	TOT/C	0,11-54,79	27,45	0,09-53,97	27,03	-
(ppm)	TOT/S	<0,02-4,21	2,115	<0,02-7,26	3,64	-
(ppm)	Mo	0,1-3,3	1,7	<0,1-14,8	7,45	0,1-10
(ppm)	Cu	6,9-30,5	18,7	0,2-21,4	10,8	0,5-50
(ppm)	Pb	3,0-67,5	35,25	0,5-22,5	11,5	2-80
(ppm)	Zn	13-203	108	<1-55	28	5-300
(ppm)	Ni	1,6-52,9	27,25	<0,1-39,4	19,75	0,5-50
(ppm)	As	0,6-163,9	82,25	3,3-365,0	184,15	0,5-80
(ppm)	Cd	<0,1-0,7	0,4	<0,1-1	0,55	0,1-3
(ppm)	Sb	<0,1-0,3	0,2	<0,1-0,6	0,35	0,05-10
(ppm)	Bi	0,1-0,7	0,4	<0,1-0,5	0,3	2-20
(ppm)	Ag	<0,1-0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-
(ppm)	Au	<0,5-3,4	3,95	<0,5-0,6	0,55	-
(ppm)	Hg	<0,01-0,14	0,075	0,01-0,34	0,175	0,02-1
(ppm)	Tl	<0,1-0,2	0,15	<0,1-0,5	0,3	0,2-1
(ppm)	Se	<0,5-2,7	1,6	<0,5-6,4	3,45	0,2-10

#### 4.2.2. Organik jeokimyasal çalışmalar

Organik jeokimyasal ve organik petrografik çalışmalar bir havzada fosil yakıt potansiyelini belirlemek için yapılan çalışmalar olup organik madde tipi, organik madde miktarı ve olgunlaşma derecesi gibi parametrelerin ortaya konulmasıyla gerçekleştirilir. Organik jeokimyasal verileri de belirlemek için Toplam Organik Karbon ve Rock Eval Piroлиз analizleri yapılır.

Kömür ve kömürlü birimlerin yer aldığı Dursunlu Formasyonu üzerinde bu incelemeler yapılmıştır. Adı geçen birimlerin organik jeokimyasal özellikleri bu amaçla değerlendirilmiştir. KI 26 ve KI 30 sondajlarından alınan 26 örnek üzerinde toplam organik karbon ve Rock –Eval pirolizi analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Toplam Organik Karbon (TOC) ve Rock-Eval Piroliz analizleri tümü Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO Ankara-Türkiye)'de yapılmıştır. Bu analizlerin tamamı Rock-Eval VI cihazında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.3. Toplam organik karbon (wt. %), Rock- Eval piroliz sonuçları

TOC; Toplam Organik Karbon (wt %). S1; Kayadaki serbest hidrokarbon (mg HC/g kaya). S2; Hydrocarbon generated from the thermal breakdown of kerogen (mg HC/ g kaya). S3; CO<sub>2</sub> değeri (mg CO<sub>2</sub>/g kaya). Tmax; maksimum Sıcaklık (°C). HI; Hidrojen İndeks (mg HC/ g TOC). OI; Oksijen İndeks (mg CO<sub>2</sub>/g TOC). PI; Potansiyel İndeks (mg HC/g TOC).

Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	S2/S3	PI	PY	RC
KI26-1	0.09	0	0	0.32	n.d.	0	356	0	1	0	0.08
KI26-2	0.18	0.01	0	0.73	n.d.	0	406	0	1	0.01	0.15
KI26-3	0.31	0.03	0.24	0.35	341	77	113	0.69	0.12	0.27	0.27
KI26-4	43.32	1.15	40.64	27.31	429	96	65	1.49	0.03	41.79	37.18
KI26-5	51.71	0.96	48.76	29.73	425	94	57	1.64	0.02	49.72	45.64
KI26-6	0.09	0	0	0.2	n.d.	0	222	0	1	0	0.08
KI26-7	0.03	0.02	0.01	0.41	330	33	1367	0.02	0.72	0.03	0.01
KI26-8	0.03	0.01	0	0.08	n.d.	0	267	0	1	0.01	0.02
KI26-9	0.05	0	0	0.36	n.d.	0	720	0	1	0	0.01
KI30-1	0.08	0	0	0.18	n.d.	0	225	0	1	0	0.07
KI30-3	0.08	0.03	0	0.46	n.d.	0	575	0	1	0.03	0.05
KI30-4	0.08	0.01	0	0.30	n.d.	0	375	0	1	0.01	0.07
KI30-5	0.14	0.02	0	0.68	n.d.	0	488	0	1	0.02	0.12
KI30-7	10.43	2.98	73.7	3.40	431	707	33	21.68	0.04	76.05	3.87
KI30-9	1.47	0.41	6.22	1.55	421	423	105	4.01	0.06	6.63	0.84
KI30-10	49.67	0.97	54.45	33.89	431	110	68	1.61	0.02	55.42	43.2
KI30-11	0.72	0.20	2.87	0.93	433	399	129	3.09	0.07	3.07	0.42
KI30-12a	53.38	1.67	60.85	32.99	420	114	62	1.84	0.03	62.15	46.2
KI30-12b	44.45	1.79	19.48	34.96	386	44	79	0.56	0.08	21.27	40.21
KI30-13	0.04	0.02	0.02	0.19	329	50	475	0.11	0.45	0.04	0.03
KI30-16	0.11	0.02	0.01	0.58	324	9	527	0.02	0.57	0.03	0.07

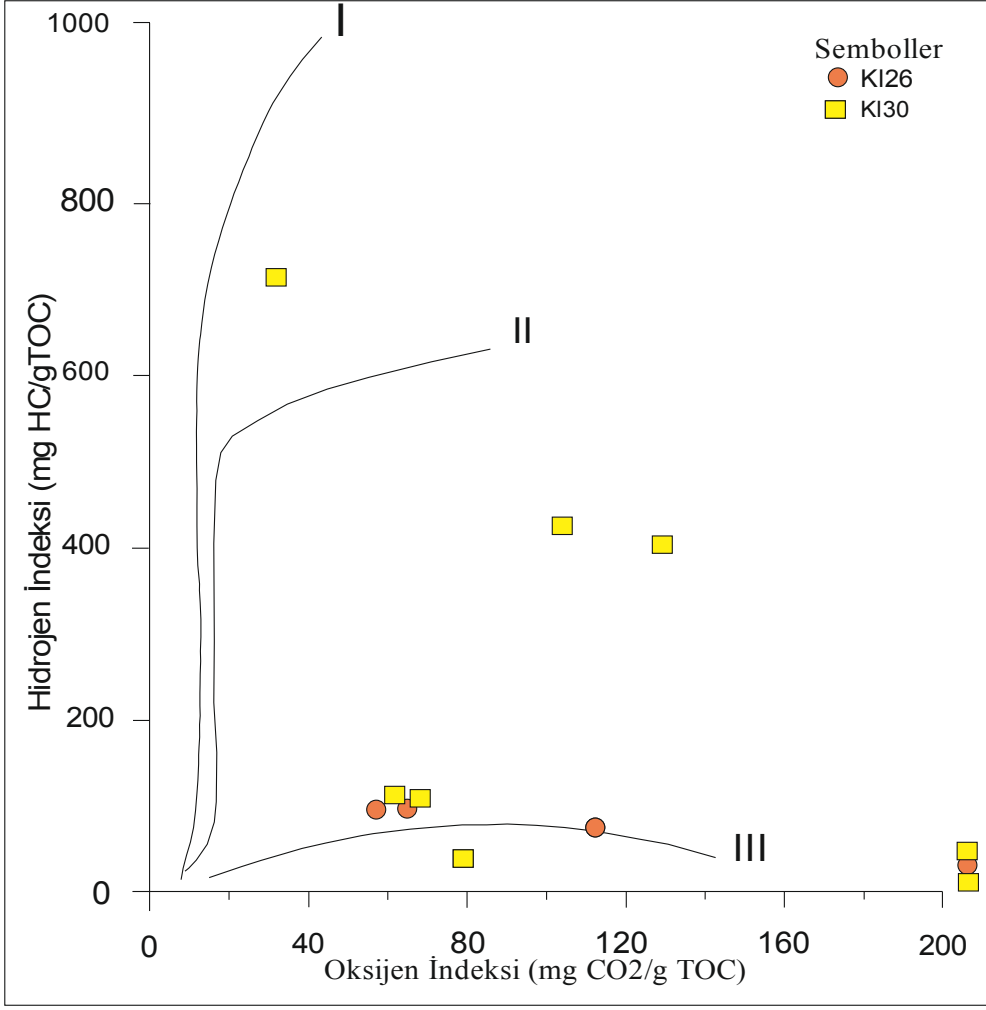
#### 4.2.3. Organik madde miktarı, organik madde tipi ve olgunluk derecesi

Toplam organik karbon miktarı (TOC), kayacın içerisindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden üretilmiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbonların toplamıdır (Durand vd 1972, Jonathan vd 1976). Toplam Organik Karbon Değerleri kömürlü düzeylerde oldukça yüksek, kömürlü düzeylerin dışındaki alanlarda ise oldukça düşük değerler sunmaktadır. KI 26 sondajından 9 örneğin toplam organik karbon değerleri ölçülmüştür. Bunların 2 adedi kömürlere aittir. Kömürlü düzeye ait örneklerin değerleri % 43,32 – 51,71 TOC'dir. Diğer 5 örneğe ait Toplam organik Karbon değerleri % 0,03 -0,31 TOC arasındadır. KI 30 sondajında ise toplam 12 adet örneğin toplam Organik Karbon değeri ölçülmüştür. Bunlardan 4 adedi kömürlere ait, 8 adedi ise kömürlü düzeyler arasında kalan bölümlere aittir. Kömürlü 4 adet örneğin

Toplam Organik Karbon değeri % 10,43 – 53,38 TOC arasındadır. Diğer birimlere ait 8 örneğin TOC değeri ise % 0,04 – 0,72 TOC arasında değişmektedir.

Yukarıdaki Toplam Organik Karbon değerleri Tissot ve Welte (1984)'nin Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması ile kıyaslandığında ana kaya potansiyelinin kömürlü düzeylerde “iyi”, diğer düzeylerde ise “zayıf” olduğu gözlenmektedir.

Dursunlu Formasyonundan alınan örneklerin sonuçlarına göre, HI (Hidrojen İndeksi) 0 – 707 mgHC/gTOC arasında değişmekte olup, ortalama 248 mgHC/gTOC' dur. Kömürlü düzeyler dışındaki hidrojen indeksi değerleri son derece düşüktür. Kömürlü seviyelerdeki HI değeri ise 44 – 707 mgHC/gTOC arasında olup nispeten daha yüksek değerlerdedir. OI değeri ise 33- 1367 mgCO<sub>2</sub>/gTOC değerleri arasında değişmektedir. TOC içeriği düşük olan örneklerde yüksek OI elde edilmiştir. Kömürlü düzeylerdeki 33 – 129 mgCO<sub>2</sub>/gTOC arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Hidrojen indeksinin yüksek ve oksijen indeksinin düşük olduğu örnekler dikkate alınarak organik maddece zenginleşmiş örneklerin HI –OI diyagramına göre II. ve III. Tip kerojenlerin varlığı görülmektedir (Şekil 4.1). KI 30 kuyusunda II tip kerojenlerin egemen olduğu göze çarpar. KI 26 kuyusunda ise II. Tip ve III. Tip kerojenlerin varlığı görülür.

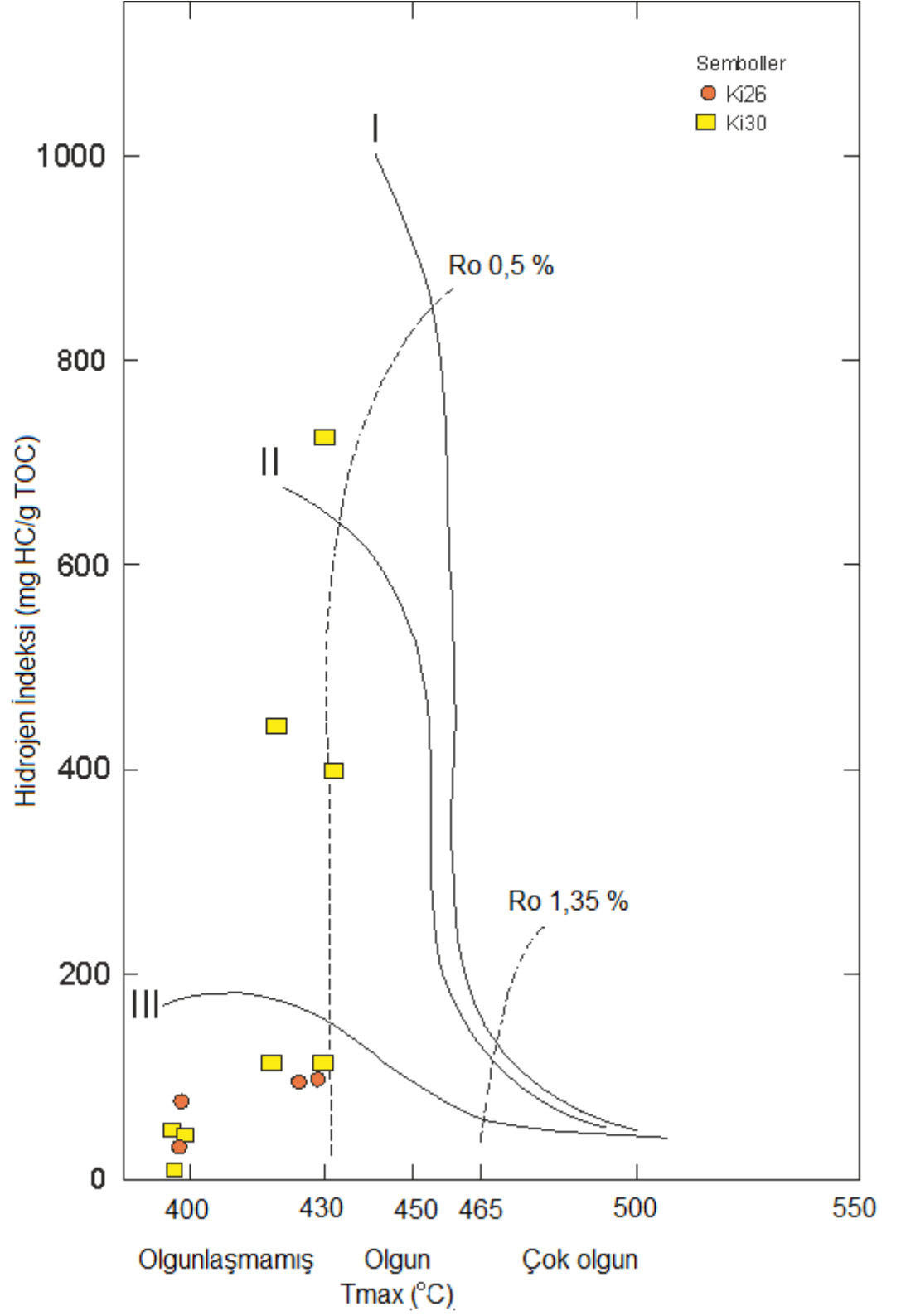


Şekil 4.1. Analizi yapılan örneklerin HI-OI diyagramı

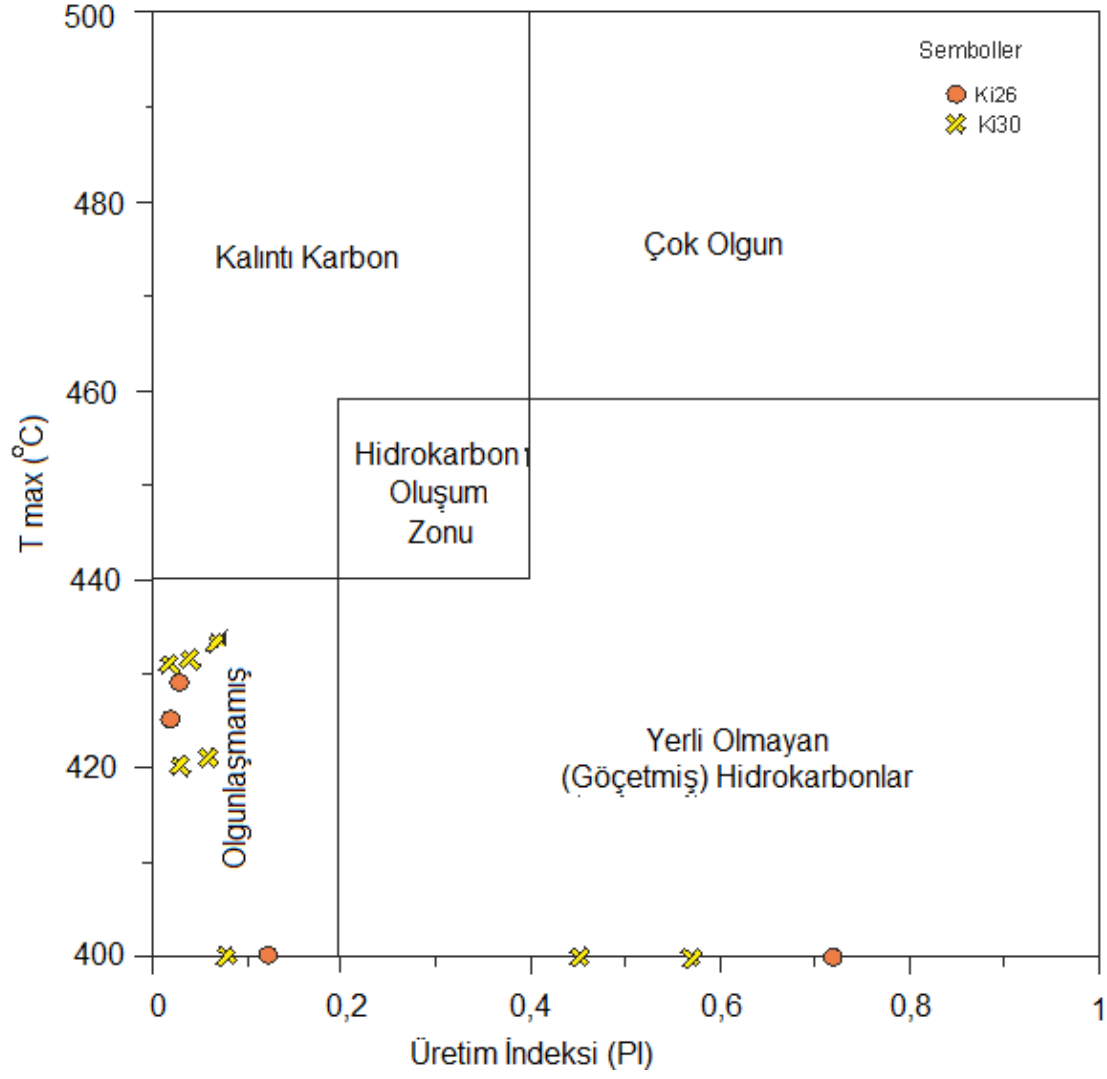
Rock-Eval pirolizi bilgileri yardımıyla çizilen HI/Tmax ve Tmax/PI diyagramları organik maddelerin olgunlaşma dereceleri hakkında fikir edinilmiştir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). HI-Tmax diyagramında örneklerin tamamı olgunlaşmamış zon içerisinde bulunmaktadır. KI 30 kuyusundan alınan TOC içeriği yüksek 2 örnek olgunlaşmış zon ve olgunlaşmamış zon sınırında yer almaktadır. TOC içeriği düşük örneklerin oksidasyon ve benzeri etkenlerden etkilenebileceği düşüncesiyle bu diyagramlara uygulanmamış yalnızca TOC içeriği nispeten yüksek örnekler dikkate alınmıştır. Tmax – PI diyagramında noktaların tamamının olgunlaşmamış zon içerisinde yer aldıkları görülür (Şekil 4.3). Bu diyagramda da yalnızca TOC içeriği yüksek olan örnekler dikkate alınmıştır.

Rock –Eval pirolizlerinden elde edilen S1 verileri ortalama 0,26 mgHC/kaya'dır. S2 verileri ise ortalama 1,54 mgHC/kaya'dır. Bu amaçla çizilen S1-TOC (Şekil 4.4) ve S2-TOC (Şekil 4.5) diyagramlarına göre organik maddelerin oluşturduğu hidrokarbonların yerli hidrokarbonlar olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. HI – TOC değerleriyle çizilen köken zenginliği diyagramında (Şekil 4.6) örneklerin zayıf petrol ve

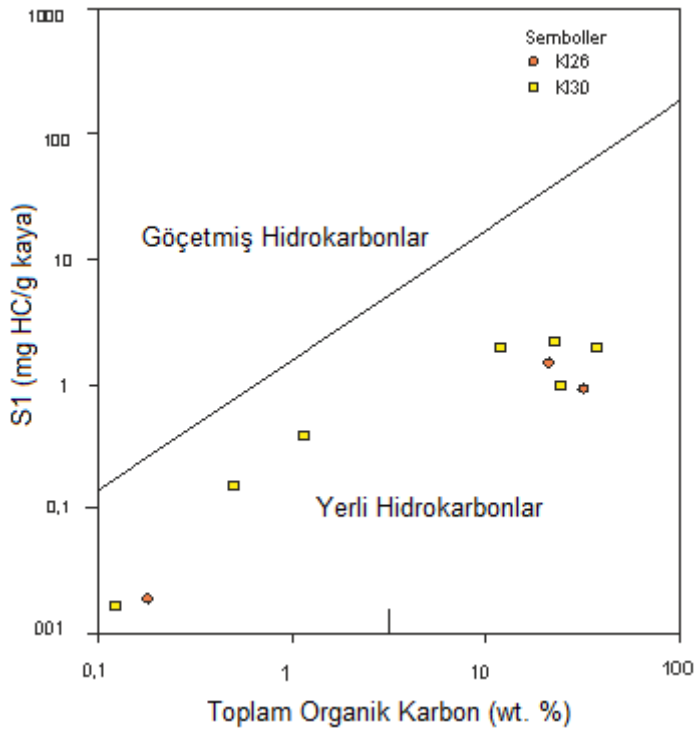
gaz köken alanlarını gösteren bölümlerde buldukları izlenir. Özellikle TOC içeriği yüksek olan örnekler gaz kökenini gösteren alanlarda bulunmaktadır (Şekil 4.6).



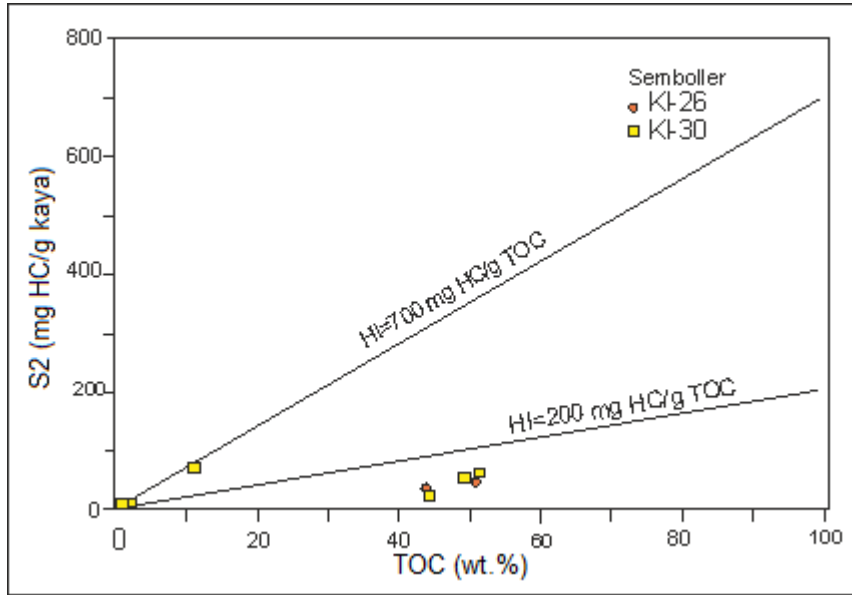
Şekil 4.2. Hidrojen İndeksi (HI) – Tmax diyagramı



Şekil 4.3. Tmax – Üretim İndeksi (PI) diyagramı



Şekil 4.4. Analizi yapılan örneklerin S1 – TOC diyagramı



Şekil 4.5. Analizi yapılan örneklerin S2-TOC diyagramı.





Şekil 4.6. Köken zenginliği diyagramı.

Örneklerin analizlerinden elde edilen Tmax değerleri 324-433 °C aralığında değişmektedir. Birçok örneğin analizinde Tmax değeri elde edilememiştir. Ancak TOC değeri yüksek olan örnekler dikkate alındığı zaman bu değerlerin 386 - 433 °C arasında oldukları görülür. Buna göre örneklerin olgunlaşmadıkları ortaya çıkar. TOC değerleri çok düşük örneklerin dikkate alınmadığı ve kömürlü seviyelerde Üretim İndeksi (PI) değerleri 0,02-0,08 arasında değişmekte olup ortalamaları 0,043'dür. Potansiyel indeks (PI) ile Tmax değerlerinin birbirine paralel sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

### 4.3. Organik Fasiyes Bulguları

Bir havzanın organik çökelimini belirleyebilmek için organik fasiyes incelemeleri oldukça önemlidir. Bu çalışmaları gerçekleştirebilmek için en doğru ve takip edilmesi gereken yol jeolojik - jeofizik veriler ile organik jeokimyasal analiz sonuçları ve mikroskobik verilerin hepsini bir arada değerlendirmektir. Ancak bu değerlendirmeyi yapmak için jeolojik ve jeofizik verileri kullanmak zorunlu olmamasına karşın, organik jeokimyasal analiz sonuçları ve mikroskobik verileri kullanmak gereklidir (Jones 1987).

Rock-Eval pirolizi sonuçlarına göre bulunan hidrojen indeksi (HI) ve oksijen indeksi (OI) verileri ve egemen organik madde türlerine göre A, B, BC, C ve D olmak

üzere 5 tip organik fasiyes belirlenmiştir. Jones (1987), bu sınıflandırmayı geliştirerek A, AB, B, BC, C, CD ve D olmak üzere 7 tip organik fasiyes ayırtlamıştır (Çizelge 4.4). Daha sonra Baskin (1997)'de yaptığı çalışmalarla H/C oranı, hidrojen indeksi ve oksijen indeksi kullanılarak A, B, B-C, C, D olmak üzere 5 adet fasiyes tanımlanmıştır (Çizelge 4.5). Altunsoy ve Özçelik (1993) tarafından oluşturulan şematik gösterim Şekil 4.7'de verilmiştir.

7 adet organik fasiyes çeşidi Jones (1987) sınıflaması dikkate alınarak aşağıda kısaca açıklanmıştır. tarafından belirlenen 7 organik fasiyesin açıklaması aşağıda verilmiştir;

**A Organik Fasiyesi:** En verimli organik fasiyes çeşidir. Genellikle sarı renkli algal düzeylerden oluşan amorf organik fasiyestir. Bu fasiyeste korunmuş ve iyi kalitede kerojen bulunmaktadır. Toplam organik karbon (TOC) miktarı % 5-20 arasında değişmektedir. Genellikle büyük göllerin merkezlerinde, daha az denizel alanlarda yer almaktadır (Jones 1987).

**AB Organik Fasiyesi:** AB fasiyesi, A fasiyesi ile B fasiyesi arasında geçiş oluşturmaktadır. Bu fasiyeste karışık kökenli algler tarafından meydana getirilen kerojen egemendir. Toplam organik karbon (TOC) genellikle yüksek olup, organik madde amorfudur. Karasal organik madde içeriği oldukça azdır. Büyük boyutlu organik madde genellikle kıyıya yakın ortamlarda çökelerken, spor, polen gibi küçük organik maddeler ise daha derin ortamlarda çökelmektedirler (Jones 1987).

**B Organik Fasiyesi:** Organik madde yaygın olarak amorfudur. Kerojenleri yeşilimsi ve portakal renktedirler. Genellikle denizel şeyl ve karbonatlar, daha az olarak da gölsel sedimanların yer aldığı alanlarda rastlanmaktadır. Toplam organik karbon (TOC) % 1-3 arasında veya daha düşüktür. B organik fasiyesinin çökelebilmesi için oksijen miktarının, 1 litre suda 1 ml' den daha az olması gerekmektedir (Demaison ve Moore 1980).

**BC Organik Fasiyesi:** B ve C organik fasiyesleri arasında geçiş oluşturmaktadır. Organik madde genellikle karışık olup bazen de oksidasyona uğramıştır. B organik fasiyesine göre daha fazla karasal organik madde içermektedir. BC organik fasiyesi genellikle delta önlerinde, prodelta çamurlarında ve dış şelflerde, nadir olarak da lagünlerde bulunmaktadır. BC organik fasiyesi yüksek hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir.

**C Organik Fasiyesi:** C fasiyesi değişik tipteki karasal kerojenlerden oluşmaktadır. Tüm vitrinit tiplerinin yanında spor, kütikül, rezinit, füzinit, semifüzinit ve inertinit gibi organik bileşimler bulunmaktadır. Taşınmış organik maddelere de nadir rastlanmaktadır. Genellikle karasal organik madde yaygın olarak görülür ve bazen organik madde oksidasyona uğramış olduğu gözlenir. Toplam organik karbon (TOC) oranı % 0,5 - 2 aralığında değişmektedir. Bu fasiyes için en uygun çökelim ortamı bataklık ortamlarıdır. Kömür oluşumları oluşması açısından önemli olan bu fasiyes, düşük Tmax değeri ve düşük hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir (Mann ve Stein 1997).

**CD Organik Fasiyesi:** Bu fasiyeste karasal bitki kalıntıları ile taşınmış ve oksitlenmiş organik maddeler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ince taneli organik maddeler CD fasiyesinde egemendirler. Bu fasiyes % 0,5'ten daha düşük TOC ve düşük HI değerine sahiptir. Bu fasiyes genellikle derin deniz ortamları ve yüksek dağ dizilimlerinde görülmektedir. Daha az oranda ise iç şelf ortamında ince taneli sedimentlerle çökeltmektedir.

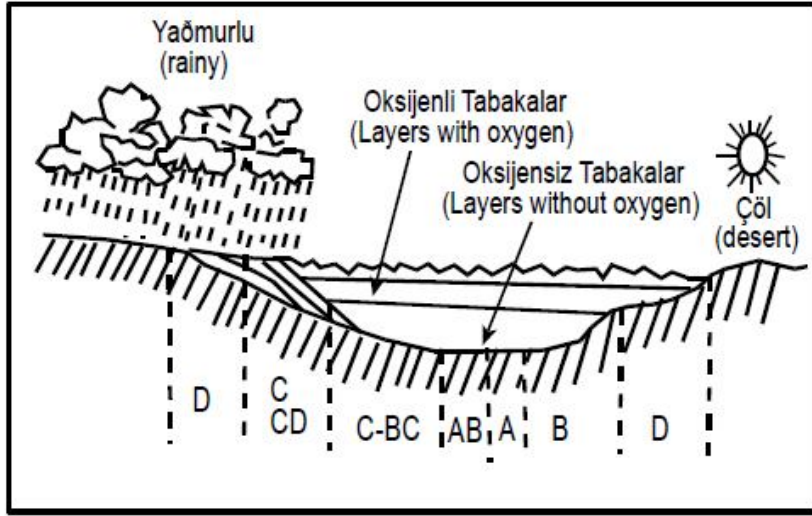
**D Organik Fasiyesi:** Çok geniş alanları kaplayan bu fasiyes türünde kalıntı haline dönüşmüş organik madde tipleri bulunmaktadır. Organik maddeler yüksek alterasyona uğramış olup, siyah renkli ve köşelidir (Tissot 1979). D organik fasiyesi, düşük TOC içeriğine sahiptir. Oksijenli ortamlarda gömülmenin yavaş olması nedeniyle sedimanların oksijenle teması kesilmemektedir ve bu nedenle karasal çökellerin yanı sıra karbonatlı kayalar da bu fasiyeste gelişebilmektedirler. D organik fasiyesi oksitlenmenin gerçekleştiği her ortamda gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.4. Jones (1987)'a organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve jeokimyasal özellikleri

Organik Fasiyes	R <sub>o</sub> % 0.5 ' de H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
A	1.45	> 850	10-30	Algal, amorf
AB	1.35-1.45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1.15-1.35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0.95-1.15	250-400	40-80	Karışık, bazen okside
C	0.75-0.95	125-250	50-150	Karasal, bazen okside
CD	0.60-0.75	50-125	40-150	Okside, taşınmış
D	0.60	50	20-200	Yüksek Okside, Taşınmış

Çizelge 4.5. Baskin (1997)'e göre organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal özellikleri

Organik Fasiyes	Ürün	H/C	HI (mg HC/g TOC)	OI (mg CO <sub>2</sub> /g TOC)
A (Gösel)	Petrol	> 1.40	700-1000	10-40
B (Denizel)	Petrol	1.20-1.40	350-700	20-60
B-C (Karışık)	Petrol-Gaz	1.00-1.20	200-350	40-80
C (Hüyük)	Gaz-Petrol	0.70-1.00	50-200	50-150
D (İnert)	Bazen Gaz	< 0.70	< 50	20-200



Şekil 4.7. Organik fasiyelerin şematik gösterimi (Altunsoy ve Özçelik 1993).

#### 4.3.1. Dursunlu Formasyonu'nun organik fasiyeleri

Dursunlu Formasyonunun organik madde türü karasal organik maddelerdir. Bu organik maddeler genellikle düşük hidrojen indeksi değerleri ve yüksek oksijen indeksi değerlerinden meydana gelmişlerdir. Çok az oranda II. Tip ve çoğunlukla da III. tip kerogenlerden oluşmuşlardır.

Organik fasiyes değerlendirmesi yaparken hem kömürlü örneklerin ve hem de kömürlü olmayan diğer tüm örneklerin değerleri alınarak ortalamaları hesaplanmıştır. Bunlara göre Toplam organik Karbon değerleri (TOC) 0,03 – 53,4 arasında değişir. Bu değerlerin ortalaması ise % 12,2'dir. Hidrojen indeksi ortalama 102 mgHC/gTOC ve S2 değeri 14,6 mgHC/gTOC dir. Oksijen indeksi düşük değerler göstermekle birlikte çoğunlukla yüksek değerler sunmaktadır. Organik madde türleri karasal ve okside olmuş durumdadırlar. Bu bilgiler doğrultusunda Jones (1987) ve Baskin (1997) sınıflamalarına göre Dursunlu Formasyonu C, CD ve D organik Fasiyeslerine işaret etmektedir.

Kömür oluşumları C organik fasiyesinde görülmektedir. Bu fasiyesin oluşması için uygun ortamlar bataklıklardır. Hem denizel hem de denizel olmayan sedimanları içermektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi ve basenin derinleşmesi ile bozunma ve taşınma bu tür ortamlarda gerçekleşir. Bu fasiyes genellikle sınırlı yayılım gösteren, ince tabakalar şeklinde dağılım göstermektedir.

Diğer yaygın olarak görülen CD organik fasiyesinde, karasal bitki kalıntıları ve taşınmış-oksitlenmiş organik maddeler egemendir. Bu fasiyeste ince taneli organik maddeler gözlenmektedir. Derin denizler ve yüksek dağ dizilerinin önlerinde çökelimler bulunur. D organik fasiyesi oksitlenmenin gerçekleştiği her ortamda çökelmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Konya' nın kuzeybatısında bulunan Ilgın'ın kuzeyinde kömürlü Pliyosen yaşlı Dursunlu Formasyonunun organik fasiyes özellikleri ile kömürlü birimlerin ana ve eser element içerikleri ve bunların çevresel etkileri belirlenmiştir. Bu bölgede daha önce yapılan çalışmalar araştırılarak bilgi edinilmiştir. Bu bilgilerden yola çıkılarak arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bölgenin stratigrafik özellikleri yeniden gözden geçirilmiştir.

İncelenen bölgede en altta Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler, bunların üzerinde genellikle kırıntılı birimlerin yer aldığı ve kömür oluşumlarının da gözlemlendiği Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonu uyumsuz olarak bulunur. İncelemenin asıl konusunu oluşturan Pliyosen yaşlı Dursunlu Formasyonu 300 m kalınlığa kadar ulaşmaktadır. Kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve kömür oluşumlarının gözlemlendiği bu formasyon Miyosen yaşlı Çiğil Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Formasyonun en üst seviyelerinde yer yer kumlu killer ve çamurtaşları gözlenmektedir.

Dursunlu Formasyonunda yapılan sondajlardan alınan örneklerin XRD tüm kaya analizlerinde kalsit, kuvars, feldispat, kil mineralleri ve daha az olarak da dolomit ve mika gibi minerallerden oluştuğu görülmüştür. Kil minerali parajenezleri ise bolluk sırasına göre kaolinit, illit ve smektit olarak görülmüştür.

Alınan örneklerde toplam organik karbon (TOC) % 0,03-53,36 arasında değişmektedir. Toplam Organik Karbon (TOC) ve Rock-Eval Piroliz sonuçlarına göre HI (Hidrojen İndeksi) 0-707 mgHC/gTOC arasında değişmektedir. Oksijen İndeksi (OI) 33-1367 mgCO<sub>2</sub>/gTOC aralığında değerlere sahiptir. HI/OI diyagramından Tip II ve Tip III kerojenin varlığı tespit edilmiştir. HI/Tmax diyagramı incelendiğinde örneklerin çoğunun Olgunlaşmamış Zon'da yer aldığı görülmektedir. Tmax/PI diyagramında noktaların genellikle Olgunlaşmamış alanda olduğu görülmektedir. S1-TOC ve S2-TOC diyagramlarına göre organik maddeyi oluşturan hidrokarbonların yerli hidrokarbon oldukları görülmektedir. HI/TOC örneklerin zayıf petrol ve gaz köken alanlarını gösteren bölümlerde buldukları belirlenmiştir.

KI-26 ve KI-30 sondajından alınan örneklerden ulaşılan değerlere göre element içerikleri Swaine (1990)'de verilen Dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırıldığında ana elementlerden Ti' nin, eser elementlerden Cs, Rb, Ta, Th, As, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm' nin, Dünya kömürlerine ait sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

- ALTUNSOY, M. ve ÖZÇELİK, O. 1993. Organik fasiyesler. Cumhuriyet Üniv., Sivas, 34-38s.
- ALTUNSOY, M., OZDOGAN, M., and OZCELIK, O. 2014. Organic Geochemical Characteristics Of The Pliocene Coaly Units, Central Anatolia, Ilgın (Konya / Turkey)". European Geosciences Union General Assembly 2015, Viyana, AVUSTURYA, 12-17 Nisan 2015, pp.1-1.
- ASLAN, K. Elementler. Biyotip Laboratuvarı, <http://www.biyotip.com/images/File/e.pdf> [Son erişim tarihi: 30.06.2015].
- 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, 8,9 s.
- BASKIN, D.K. 1997. Atomic H/C ratio of kerogen as an estimate of thermal maturity and organic matter conversion. AAPG Bulletin, 81,9,1453-1450.p.
- BEND, S.L. 1992. The origin, formation and petrographic composition of coal. Fuel, Vol. 71, 851-870 p.
- BEKTİMURÖĞLU, O. 1978. Konya ili Ilgın ilçesi civarındaki kil yatakları hakkında ön rapor. MTA, Rapor No: 6238, Ankara.
- BORAND, M.N. 2012. Açık ve kapalı maden işletmeciliğinde çevresel etki. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 31-33 s.
- ÇAĞLAR, A.T. ve AYHAN, A., 1991. Haremiköy - Ilgın (Konya) Çevresinin jeolojik özellikleri ve linyit yatakları. S.Ü. Müh. MİM. Fak. Derg., 2, 20-31 s.
- ÇEÇEN, F. 2014. Kömür Madenciliğinin Çevresel Etkileri. Boğaziçi Üniversitesi, <http://www.busomarastirmagrubu.boun.edu.tr/sites/default/files/madenciligincevreselektisi.pdf>. [Son erişim tarihi: 26.06.2015].
- ÇELİK, M. ve TEMEL, A. 1993, Ilgın (Konya) Kömürlerinin Tabanında Bulunan Killerin Kökeni. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu Bild. S. 277-281.
- DEMAISON, G.J. and Moore, G.T. 1980. AAPG Bull. 64, 11794209.
- DEMİRCİ, R., METİN, S., ÖZGÖNÜL, E., ERKAN, M., KARABIYIKOĞLU, M. and KURT, Z. 1987. Tuzlukçu-Ilgın-Doğanhisar-Doğanbey (Konya ili) ve dolayının jeolojisi. MTA Raporu, No: 8246, Ankara.
- DIESSEL, C.F.K. 1980. Coal Geology. Australian mineral foundation. Adelaide, South

Australia.

- DOĞAN, A. 1975. Sızma - Ladik (Konya) Civa Sahasının Jeolojisi ve Maden Yatakları Sorunlarının incelenmesi. İ.Ü. Fen Fakültesi Min. Pet. Kürsüsü, Yük. Müh. Diploma Çalışması, İstanbul, 40s. , (Yayınlanmamış).
- DOW, W.O. 1978. AAPG bull. 62,1584-1606.
- DURAND, B., ESPITALIE, J. and NICASLE. G. 1972. Etude metiere organique des argiles du toarcien de Basin de Paris Etude parles procedes optiques analyse elemantaire. etude mikroskopre et diffraction elektronigues.
- EDGAR, T.F. 1983. Coal processing and pollution control.
- EREN, Y. 1993. Konya Kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya 224s.
- EREN, Y., KURT H., ROSSELET, F. and STAMPFLI, G. 2004. Paleozoic Deformation and Magmatism in the Northern Area of the Anatolide Block (Konya). Witness of the Palaeotethys Active Magrin, Eclogae Geol. Helv. 97, 293-306.
- EREN, Y. 1996. Ilgın - Sarayönü (Konya) güneyinde Bozdağlar masifinin yapısal özellikleri. Şelçuk Üniv., Konya, 49, 59s.
- FAIG, W. 1968. Biochemical factors in coal formation. Edinburgh, 197-232 p.
- FINKELMAN, R.B. 1981. Modes of occurrence of trace elements in coal. U.S. Geological Survey Open-File Report 81-99.
- GÖĞER, E. ve KIRAL, K. 1969. Kızılören Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No: 5204 (Yayınlanmamış).
- GÜLLÜDAĞ, C.B. 2012. Pamucakyayla (Kemer-Antalya) yöresi Karbonifer çökellerinin organofasiyes özellikleri. Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 5-11s.
- HÜSEYİNCA, M.Y. ve EREN, Y. 2006. Ilgın (Konya) kuzeyinin jeolojisi. 30. Fikret Kutman Jeoloji Sempozyumu, Konya, 9.
- HÜSEYİNCA, M.Y. ve EREN, Y. 2007. Ilgın (Konya) Kuzeyinin Stratigrafisi ve Tektonik Evrimi. Selçuk Üniversitesi, KONYA, 2s.
- İNANER, H. 2005. Properties of lignite from the Konya-Ilgın-Çavuşçugöl deposit and its potential use in a future power plant. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- JARVIE, D.M. 1991. Total Organic Carbon (TOC) Analysis in R.K,Merrill (ed.), Source and Migration Processes and Evaluation Techniques. Treatise of Petroleum Geology,AAPG,Tulsa,OK,113-118.

- JONATHAN, D., LETRAN, K., OUDIN, S.L. and VANDER WEIDE, B.M. 1976. Les methodes d'physical-chemistry de la matiere organique Bull. Centre Rech. Pau SNPA. 10(1): 39-108.
- JONES, R.W. and DEMAISON, G.J. 1982. in "Proceedings of the second ASCOPE conference and exhibition. Manila, (Saldivar-Sali, A, Ed.), 51-68.
- JONES, R.W. 1987. Organic Facies: Advances in petroleum geochemistry. (Brooks, J., ve Weite D Eds.), V,2, 1-91.
- KARAYİĞİT, A.İ. and KÖKSOY, M., 1997. Kömürün oluşumu ve sınıflandırılması. İstanbul.
- KARAYİĞİT, A.İ., AKGÜN, F., GAYER, R.A. and TEMEL, A. 1999. Quality, Palynology, And Paleoenvironmental Interpretion of the Ilgın Lignite. Turkey. International Journal of Coal Geology, 38, 219-236.
- KARAYİĞİT, A.İ., GAYER, R.A., ORTAC, F.E. and GOLDSMİTH, S. 2001. Trace elements in the Lower Pliocene fossiliferous Kangal lignites. Sivas, Turkey, Int. Journal of Coal Geology, 47, pp.73-89.
- KEMAL, M. 1991. Linyit Kömürü Değerlendirilmesi ve Kullanımında Kömür Özelliklerinin Etkileri. Önal, G., Atesok, G. Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, YMGV, 270-282s.
- KIRKLAND, D.W. and EVANS, R. 1981. Source-rock potential of evaporitic environment. AAPG Bull.
- KORKMAZ, S. 2008. Yakıtlar jeolojisi ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- KRAUS, G.P. and PARKER, K. A. 1979. Geochemical evaluation of petroleum source rock in Bonaparte Gulf-Timor sea region. NW Australia, A.A.P.G. Bull.
- LEVORSEN, A.I., 1967, Geology of petroleum. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- MANN, U. and STEIN, R. 1997. Organic facies variations, source rock potential, and sea level changes in Cretaceous black shales of the Quebrada Ocal. upper Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, v.81, n.4, 556-576 p.
- MCIVER, R.D. 1967. Composition of kerogen-clus to its role in the origin of petroleum. Proceedings of the 7th World Petr. Cong. Mexico.
- MEIJ, R. 1994. Trace element behavior in coal- fired power plants. Fuel Processing Technology 39.



- MOMPER, J.A. 1978. Oil migration limitations suggested by geological and geochemical considerations, In Phys and Chemical Controls on Petroleum Migration. AAPG Continuing Education Course Note Series, No. 8: Tulsa.
- NAKOMAN, E. 1971. Kömür. MTA Eğitim serisi, No:8, Ankara.
- OCAKOĞLU, F. 2013. Kömür Jeolojisi Ders Notları. Osmangazi Üniv., Eskişehir, 14,26, 27s.
- ÖZCAN, A., GÖNCÜOĞLU, M.C., TURAN, N., UYSAL, Ş., ŞENTÜRK, K. ve IŞIK, A. 1988. Late Paleozoic Evolution of the Kütahya - Bolcardağ Belt. METU Journal of Pure and Appl. Sci. 21, 1/3, 211-220.
- ÖZCAN, M., ÖZEL, G., DEMİRKOL, Ö. and BABAYİĞİT, S.S. 2013. Kömür Sektör Raporu (Linyit). TKİ. Ankara.
- ÖZDAMAR, Ş., ESENLİ, F. ve UZ, B. 2010. İlgin (Konya) kuzeyindeki metasedimanter ve metavolkanik kayaçların jeolojisi ve jeokimyası. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- PETERS, K.E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. AAPG Bull, 318–329 p.
- PETERS, K.E. and CASSA, M.R. 1994. Applied source rock geochemistry, in Magoon, L.B., and Dow, W.G., eds., The petroleum system—From source to trap. Tulsa, Okla, American Association of Petroleum Geologists Bull., V.70, 329 p.
- SARI, A. and ALİYEV, S.A. 2006. Organic Geochemical Characteristics of the Paleocene-Eocene Oil Shales in the Nallıhan Region. Ankara, Turkey. Petroleum Science and Engineering.vol.53.p.123-134.
- SWAINE, D.J. 1990. Trace Elements in Coal. Butterworths, London, 278 pp.
- ŞENEL, M. 1986. Geology of Tahtalıdağ and surroundings (Antalya- Kemer). İstanbul, 218 p.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.TH., TEİCHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. and TEİCHMÜLLER, R. 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology. Berlin.
- THOMAS, B.M. 1979. Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern Perth Basin. Australia, A.A.P.G. Bull.
- TISSOT, B. 1979. Nature. 277,377-380.
- TISSOT, B. ve WEITE, D.H. 1984. Petroleum formation and occurrence. Revised edition, Springer-Verlag, NewYork.

- TUFEKÇİ, K. 1987. Ilgın Gölü ve Dolayının Jeomorfolojisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yük. Lis. Tezi, Ankara (Yayınlanmamış).
- UMUT, M., BİLGİN, A.Z. ve GÜNER, E. 1990. Kadınhanı- Sarayönü- Sülüklü (Konya) dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No: 9030 (Yayınlanmamış), Ankara.
- ÜNALAN, G. 1982. Kalecik-Tüney-Sulakyurt (Ankara) arasındaki bölgenin petrol olanaklarının araştırılması. Doçentlik tezi, I.Ü.F.F.
- ÜSTÜNDAĞ, A. 1987. Sızma- Kurşunlu-Meydan- Bağrıkurt Köyleri Arasında Karadağ Çevresinin Jeolojisi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yük. Lis. Tezi, Konya, 65 s. , (Yayınlanmamış).
- VAROL, N.Ö. 1999. Analsim içeren Koyunağlı linyitin (Miyosen) kimyasal, jeokimyasal ve petrografik özellikleri. Mihalıççık-Eskişehir, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Ens. Ankara, 132 s.
- WELTE, D.H. 1965. Relation between petroleum and source rock. Bull. Am. Assoc. Petr. Geol. 49:2246 2267 , Petroleum exploration and organic geochemistry: J. Gcochem. Expl.
- WIESNER, K. 1968. Konya civa yatakları ve bunlar üzerindeki etüdler. M.T.A. Enstitüsü Dergisi, 70,178 - 213.
- YERİN, O.Ü. 2006. Orhaneli Mineralojisi, Petrografisi ve Element İçeriği. Hacettepe Üniv., Ankara, 69-72s.
- <http://library.cu.edu.tr/tezler/7938.pdf>
- <http://library.cu.edu.tr/tezler/7938.pdf>
- <http://library.cu.edu.tr/tezler/7938.pdf>.
- [http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138\\_6471.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf)
- [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2c420d928d4bf8c\\_ek.pdf?tipi=23](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2c420d928d4bf8c_ek.pdf?tipi=23)
- <http://www.recepakdur.com/upload/%C4%B0%C5%9EYER%C4%B0NDE%20TOKS%C4%B0NLER%20RA.pdf>
- <http://www.lenntech.com/periodic/elements/pr.htm>

## ÖZGEÇMİŞ

Meltem ÇETİNKAYA 1985 yılında Ankara' da doğdu. Lise öğrenimini İstanbul' da tamamladı. 2004 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü' nden 2008 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yapmış olduğu yandal programını 2009 yılında tamamladı. Çalışma hayatı, 2009 yılında satış sektöründe özel bir şirkette başlamıştır. Ardından iş güvenliği uzmanlığı belgesini alarak 2011 yılından iş güvenliği uzmanı olarak özel şirketlerde çalışmaya başlamıştır. Şu an iş güvenliği uzmanı olarak serbest çalışmaktadır.