

T.C
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ULUKIŞLA (NİĞDE) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNİN JEOLOJİSİ VE JEOKİMYASI

Melahat PUSAT

Yüksek Lisans Tezi

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ

OCAK - 2005

ULUKIŞLA (NİĞDE) BİTÜMLÜ ŞEYL'LERİNİN JEOKİMYASI VE JEOLJİSİ

MELAHAT PUSAT

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ

Ocak 2005, 55sayfa

ÖZET

Bitümlü şeyller, organik çözücülerde çözünmeyen ve kerojen adı verilen oldukça karmaşık yapıya sahip organik madde içeren kayalar olarak tanımlanabilir. Bunlar, geniş anlamda ise ısıtıldığı zaman önemli miktarlarda organik yağ elde edilebile sıradan petrol çözücülerinde çözünmeyen ve kerojen olarak tanımlanan organik madde içeren ince daneli sedimanter kayalardır. Organik jeokimyasal parametreler dikkate alındığında, bu kayaları oluşturan organik madde, bitüm ve kerojen olarak iki grupta toplanır. Organik çözücülerde çözünebilen organik madde “bitüm”, çözünmeyen organik madde ise “kerojen” olarak adlandırılmaktadır.

Ülkemizde başlıca Çayırhan (Ankara), Himmetoğlu ve Kabalar (Bolu), Seyitömer (Kütahya) ve Ulukışla (Niğde) civarında varlıkları bilinmektedir.

Ulukışla civarında, volkanik ara katkılı kumtaşı ve şeyl aralanmasından oluşan Eosen yaşlı Güney Formasyonu üzerine, Üst Miyosen yaşlı yine kırıntılılardan oluşan Altay Formasyonu, bitümlü şeyl içeren Ulukışla Formasyonu ve kırmızı renkli kırıntılılardan oluşan Beştepeler Formasyonu gelir.

Bitümlü şeylerin inorganik bileşenleri genellikle çeşitli kil, karbonat, sülfat, zeolit ve evaporit mineralleri ile kuvarstan oluşmaktadır. İnorganik bileşenler çökme ortamı ve

çökeltme koşulları hakkında önemli bilgiler sunar. Ayrıca bu bileşenler iklim, canlı türü, çözeltinin kimyasal karakteri ve alterasyon hakkında da bilgi vermektedir.

Bitümlü şeyllerin organik bileşenleri (maseraller), çökeltme ortamını yansıtmaları yanında kalitesini de belirler. Bitümlü şeyli oluşturan kerojenlerin büyük bir kısmı alg (yosun) kalıntısından, kalan diğer bölümü ise değişik oranlarda tanımlanabilen organik kalıntı ile amorf organik maddeden oluşmaktadır. Temel alg tipleri Botryococcus ve Tasmanaceae'dir.

Ulukışla (Niğde) bitümlü şeyllerinin jeolojisi ve jeokimyasal çalışmalar kapsamında Kolsuz köyü civarı (MP) ve Katrandede Tepe'den alınan (MK) numunelerden organik petrografik analiz, XRD, organik jeokimya incelemesi (%TOC; kerojen tipi) ve major ve iz element analizleri (ICP) yapılmıştır. Organik petrografik analizde MP-1 örneği, linyit kömürleşme derecesi ve 100°C altında bir paleosıcaklığa karşılık gelmekte, MP-2 kömürleşme derecesi subbitümlü kömür ve 100°C altında bir paleosıcaklığa sahip MK-1 kömürleşme derecesi sınıflamasında az uçucu maddeli taş kömürü ve yaklaşık 220°C paleosıcaklığa, MK-2 ise kömürleşme derecesi sınıflamasında az uçucu maddeli taş kömürü ve 230°C'nin biraz üzerinde bir paleosıcaklığa sahiptir. X-ışını kırınım analizinde simektit grubu kil, mika, jips, kuvars, kalsit minerallerinin egemen olarak bulunduğu, bunları pirit ve dolomit minerallerinin izlediği görülmüştür. Organik jeokimya incelemelerinde Katrandede tepe numuneleri için %TOC değeri sentetik petrol eldesi için ekonomik olabileceği, numunelerin kerojen tipinin Tip I olduğu görülmekte, bu da örneklerin potansiyel verimlerinin oldukça yüksek olduğu ve petrol üretebilecek bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Majör element analizleri, X-ışını kırınımı ile belirlenen fazları tehit eder niteliktedir. İz element analizleri, bitümlü şeyllerin elemental çeşit açısından oldukça zengin olduklarını ancak herhangi bir element için potansiyel oluşturacak nitelikte olmadıklarını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Bitümlü şeyl, Ulukışla, Niğde, Altay, Katrandede inorganik, organik

GEOCHEMISTRY AND GEOLOGY OF BITUMINOUS SHALES OCCURRING
AROUND ULUKIŞLA (NİĞDE)

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied
Sciences Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Emin Çiftçi

June 2004, 55 pages

SUMMARY

Bituminous shales can be defined strictly as rocks containing kerogene, which is an organic substance with a highly complex structure and doesn't dissolve in the organic solvents. These rocks, in broad sense, yield oil when heated and are fine-grained sedimentary rocks containing kerogene, which is insoluble in the ordinary petroleum solvents. From organic geochemical point of view, these organic substances composing such rocks can be divided into two major subgroups: (I) bitumen and (II) kerogene. Former is an organic substance can be dissolved in the organic solvents, the latter doesn't dissolve in those solvents.

Major bituminous shale occurrences reported include Beypazarı (Ankara), Himmetoğlu-Göynük (Bolu), Seyitömer (Kütahya), and Ulukışla (Niğde).

Around Ulukışla, Eocene Güney Formation consisted of volcanics intercalated sandstones and shale alternation, is overlain by late Miocene Altay Formation composed of clastics and bituminous shale-bearing Ulukışla Formation and Beştepeler Formation, which is consisted of red colored clastics.

Inorganic components of bituminous shales include various clay-, carbonate-, sulfide-, sulfate-, zeolite-, evaporate minerals and quartz. Inorganic components bear clues on depositional environments and conditions. They also carry information on climate, chemical character of solutions and alteration.

Organic components (macerals) of bituminous shales have indications on depositional environments and they also determine quality of bituminous shale. Kerogenes are formed mostly by algae remnants, to a lesser extent, by partially definable organic materials remnants and amorphous organic substance. Principle algae are Botryococcus and Tasmanaceae.

Within the framework of geological and geochemical studies of the bituminous shales of Ulukışla area, selected samples collected from Kolsuz (MP) and Katrandede Tepe (MK) were investigated by employing organic petrographic analysis, XRD, organic geochemical analysis (TOC%, kerogene type), major and trace element analysis (ICP). Organic petrographic analysis indicated that MP-1 is at lignite coalification degree and has a paleotemperature slightly below 100°C; MP-2 is at subbituminous coalification degree and has a paleotemperature slightly below 100°C; MK-1 is a bituminous coal with less volatile components in coalification rank and has a paleotemperature of about 220°C; MK-2 is a bituminous coal with less volatile components in coalification rank and has a paleotemperature slightly above 230°C. XRD analyses indicated that smectite group clays, mica, gypsum, quartz, calcite are most abundant components of the bituminous shales and pyrite with dolomite are also present in subordinate quantities. Organic geochemical analyses on the other hand showed that the Katrandede Tepe samples may have potential for sythetic oil production with regards to TOC% values and they have Type I kerogene. Major element analyses are in great agreement with XRD phase analyses. Trace elements are highly diversified, however none were of economic significance.

Keywords: Bituminous shale, Ulukışla, Niğde, Altay, Katrandede, inorganic, organic

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yrd. Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ'nin yönetiminde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Öncelikle beni tez öğrencisi olarak kabul eden, tezin yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında, değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli yardımcı olan ve bizzat inceleme sahama gelerek saha çalışmalarına ve analizlerin yorumlanmasına katkı sağlayan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamda bana yol gösteren bilgilerini ve çalışmalarını benimle paylaşan desteğini esirgemeyen sayın Dr. İlker ŞENGÜLER'e, laboratuvar çalışmalarının yorumlanmasında yardımını esirgemeyen Dr. Selami TOPRAK'a, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Arama ve Etüd Dairesi Başkanlığı çalışanlarına ve tezin yazımında ve yorumundaki katkıları nedeniyle sayın Doç. Dr. İlkay KUŞÇU'ya teşekkürü borç bilirim.

Bugüne kadar bana her türlü maddi ve manevi yönden destek olan babama, anneme ve kardeşlerime sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	ii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
FOTOGRAFLAR DİZİNİ	x
SİMGE VE KISALTMALAR	xi
BÖLÜM 1	5
AMAÇ VE KAPSAM	5
1.1. Çalışma Amacı	5
1.2. Coğrafik Kesim	6
1.3. Önceki Çalışmalar	7
BÖLÜM 2	9
MATERYAL METOD	9
2.1. Arazi Çalışmaları	9
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	9
2.3. Büro Çalışmaları	9
BÖLÜM 3	6
GENEL JEOLojİ	6
3.1. Bölgesel Jeoloji	6
3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi	10
3.2.1. Güney Formasyonu	11
3.2.2. Altay Formasyonu	12
3.2.3. Ulukışla Formasyonu	14
3.2.4. Beştepeler Formasyonu	15
3.2.5. Kemerhisar Volkanitleri	16
BÖLÜM 4	17
BITÜMLÜ ŞEYLLERİN JEOKİMYASI VE PETROGRAFİSİ	17
4.1. Bitümlü Şeyl	17
4.2. Bitümlü Şeyllere İz Element Yerleşimi	19
4.3. Organik Petrografik Analiz	22
4.4. Organik Jeokimya İncelemeleri	25
4.4.1. Toplam Organik Karbon İçeriği (TOC%)	25
4.4.2. Organik Madde (Kerojen) Tipi	26
4.5. İnorganik Jeokimya İncelemeleri	29
4.5.1. X-ışını Kırınımı (XRD) Analizleri	29
4.5.2. İndüktif Eşli Plazma (ICP) ile Element Analizleri	31
BÖLÜM 5	39
SONUÇLAR	39
KAYNAKLAR	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 2 Çalışma alanı için genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	10
Şekil 3 Çalışma alanının jeolojik haritası.....	11
Şekil 4 H/C diyagramda kerojen tesbiti ve örneklerin diyagramdaki dağılımları.....	29
Şekil 5 X-Işını kırınımı sonuçlarının yarı-kantitatif değerlendirmesini gösteren histogramlar.....	31
Şekil 6 Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen majör oksit içerikleri.....	32
Şekil 7 Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen volatil madde içerikleri.....	33
Şekil 8 Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen demir-kükürt-volatil madde içerikleri.....	34
Şekil 9 Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen magnezyum-kalsiyum-toplam karbon-LOI içerikleri.....	34
Şekil 10 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve pozitif korelasyon gösteren baryum,rubidyum,stransiyum,CaO ve MgO içerikleri.....	36
Şekil 11 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve pozitif korelasyon gösteren uranyum,toryum,vanadyum ve zirkonyum içerikleri.....	36
Şekil 12 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve negatif korelasyon gösteren uranyum ve LOI-TOT/C içerikleri.....	37
Şekil 13 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve bağımsız dağılım gösteren arsenik,demir-oksit ve TOT/S içerikleri.....	37
Şekil 14 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve genelde bağımsız dağılım ve zayıf pozitif korelasyon gösteren metalik element içerikleri.....	38
Şekil 15 Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve bağımsız dağılım gösteren baz metal ve TOT/S içerikleri.....	38

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kayaçlar içinde radyoaktif element bollukları.....	20
Tablo 2. Mollusk kavkılarında iz elementlerin yerkabuğundaki şeylerdeki ve deniz suyundaki ortalama yüzdelerine göre birikimi.....	22
Tablo 3. Vitrinit (hüminite) yansıma değerleri (R_{max}) ve teorik paleortam sıcaklığı	24
Tablo 4. Vitrinit (hüminite) yansıma değerleri (R_{max}) ve kömürleşme dereceleri.....	25
Tablo 5. Toplam organik karbon (%TOC) içeriğinin hesaplanması	28
Tablo 6. X ışını kırınımı analiziyle belirlenen mineraller ve bollukları	30
Tablo 7. Majör element oksit analiz sonuçları.....	32
Tablo 8. Nadir toprak element ve diğer iz element analiz sonuçları	35
Tablo 9. Metalik element analiz sonuçları	35

FOTOGRAFLAR DİZİNİ

- Foto 1. Göçmen Tepe (A) ve Karakaya Tepe (B) de yüzlek veren şeylerden birer görünüm.....12
- Foto 2. Karakaya Tepe yüzleği oluşturan kumtaşı-marn-kiltaşı ardalanmasının yakından görünüşü.....12
- Foto 3. Katrandede Tepe formasyonunun kuzeydoğusunu örten Kemerhisar volkanitleri (A) ve Katrandede Tepe kumtaşı-kiltaşı-şeyl ardalanmasının yakından görünüşü (B)..13
- Foto 4. Katrandede Tepe bitümlü şeylerdeki yapraklanmanın yakından görünüşü (A) ve Katrandede Tepe güneyi bitümlü şeyleri (B).....14
- Foto 5. Kolsuz Köyü bitümlü şeyleri yakından görünüşü15
- Foto 6. Beştepeler Formasyonunun Güçük Tepe doğusundan bir görünüş (A) ve Beştepeler Formasyonu Güçük Tepe kiltaşı-kumtaşı-marn ardalanması.....16

SİMGE VE KISALTMALAR

TOT/C: Toplam karbon

TOT/S: Toplam kükürt

TOC: Toplam organik karbon

S1:

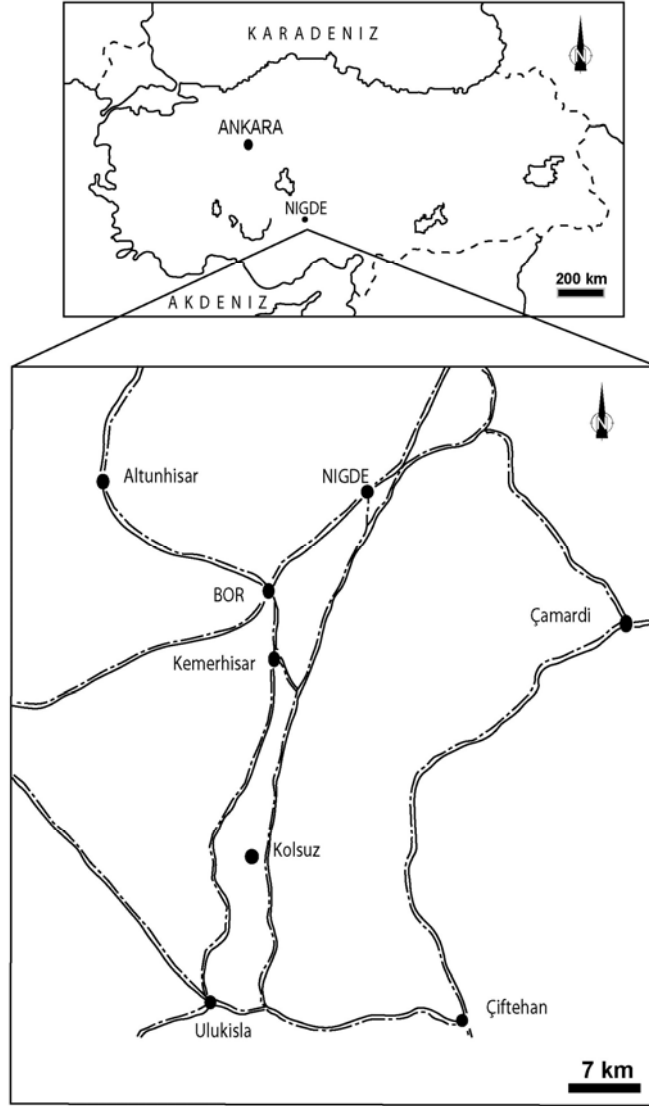
S2:

BÖLÜM 1

AMAÇ VE KAPSAM

1.1. Çalışmanın Amacı

İnceleme alanı ve yakın çevresinde bugüne kadar petrol jeolojisi, bitümlü şeyllerin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması, stratigrafi, sedimantoloji, paleontoloji ve tektonik konularında pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak bu kayaların inorganik element içerikleri ve özellikle herhangi bir element için potansiyel oluşturup oluşturmadıkları yeterince araştırılmamıştır. Bu yüzden bu çalışma; Ulukışla (Niğde) civarında yüzlek veren bitümlü şeyllerin yayılımının, jeolojisinin ve özellikle jeokimyasal incelemesini amaçlamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2. Coğrafik Konum

Çalışma alanı Türkiye Jeoloji haritasına ait 1:100.000 ölçekli J.19 paftası içinde yer almaktadır. İnceleme alanı Niğde İline bağlı Ulukışla İlçesinin 8 km batısındadır ve 1:25.000 ölçekli Karaman M 32 c1, c2, c3, c4 ile Kozan M 33 a4 ve dl paftaları içerisinde yer almaktadır. Toplam olarak 490 km²'dir.

İnceleme alanı Niğde iline bağlı Ulukışla ilçesinin kuzeyinde yaklaşık 15 km²'lik bir alanı içerisine alır (Şekil 1). Çalışma alanı Yoldaş (1973)'e göre; Ölçtüğü stratigrafi kesitleri yardımıyla birimlerin kalınlıkları, litoloji değişimleri ve yaşları bulunarak formasyonlara Güney formasyonu, Altay formasyonu, Ulukışla formasyonu, Beştepeler formasyonu, Kemerhisar volkanitleri adı verilmiştir. Ulukışla (Niğde) bitümlü şeyl alanı içinde en yaşlı birim Eosen yaşlı Güney formasyonudur. Volkanit arakatlılar kapsayan kumtaşı şeyl ardalanmasından oluştuğu gözlenmiştir. Üst Miyosen gölgesel fasiyeste olup Eosen üzerine diskordan oluşturmaktadır. Altay, Ulukışla ve Beştepeler formasyonları ile temsil edilmiştir. Altay formasyonu kumtaşı-şeyl (şeklinde yazsa da aslında kumtaşı-marn ardalanmalıdır) ardalanması şeklindedir. Sığ göl fasiyesini yansıtır. Ulukışla formasyonunun killikireçtaşı-şeyl-bitümlü şist ardalanması (aslında kumtaşı-kumtaşı-şeyl ardalanmalıdır) şeklinde olduğu, Beştepeler formasyonu gevşek çimentolu kumtaşı ve konglomera seviyelerinden oluşmuştur.

Çalışma alanı Oktay (1982)'ye göre ise; Tersiyer başlarında Ulukışla ve yakın çevresini içine alan Tuzgölü Havzası'nın güney kesimi, Üst Kretase'de bir ofiyolit karmaşığın içine yerleştiği okyanusal bir çukurluk olarak tanımlanabilir. Bu basen içinde günümüze kadar, Tuzgölü Havzası'nın okyanus ve sonrası evrelerine ilişkin ve birbirlerinden bölgesel açılı uyumsuzluklarla ayrılan üç ayrı grup kayalık topluluğu oluşmuştur. Bunlar sırasıyla Ulukışla, Kılan ve Bohçadikmen grupları olarak adlanmış ve herbiri, litolojik farklılıklar göz önünde tutularak formasyon ve üyelerine bölünmüştür. Havzanın filiz çökelleri ve kapanma evresine ilişkin magmatik etkinlik ürünleri olan Ulukışla grubu, adayayı volkanikleri, bunlara ilişkin karbonat ve kırıntılar ile havzanın derin kesimlerinde depolanmış çeşitli türbiditik fasiyeslerden, molas türünde çökelleri temsil eden Kılan Grubu; evaporit, tatlı su karbonatları ile karasal kırıntılardan ve okyanusal sonrası çökelleri olan Bohçadikmen Grubu ise, çeşitli karasal kırıntılılar ve gölgesel tortullardan

oluşmuştur. Tersiyer başında bölge, içinde volkanik bir adayayının gelişmekte olduğu kapanan bir okyanus durumundadır. Kapanma, kuzeyden güneye ilerleyen Kıta/Adayayı/Kıta çarpışması şeklinde gelişmiştir.

1.3. Önceki Çalışmalar

Yoldaş (1973), Ulukışla bitümlü şeylleri incelemiş, inceleme alanının 1/25000 ve 1/10000 ölçeğinde ayrıntılı jeoloji haritaları yaparak bölgenin ekonomik değerini incelemiştir. Ölçülen stratigrafi kesitleri yardımıyla birimlerin kalınlıkları, litoloji değişimleri ve yaşlarını bularak, formasyon adlaması yapmıştır. İncelenen alandaki en yaşlı birimin Eosen yaşlı Güney Formasyonu olduğunu, bunun volkanit arakatlı kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluştuğunu gözlemiştir. Üst Miyosen'in gölsel fasiyeste olduğunu ve Eosen üzerine uyumsuz olarak oturduğunu tesbit etmiş. Altay, Ulukışla ve Beştepeler Formasyonları ile temsil etmiştir. Altay Formasyonu kumtaşı-şeyl ardalanması şeklinde olduğunu ve sıg gölsel fasiyesi yansıttığını tesbit etmiştir. İncelenen alanın ekonomik değerini ortaya çıkarmak amacı ile 21 adet yarma açtırılarak dizgisel şekilde numune almıştır. Alınan numunelerde yapılan kimyasal analizler sonucu bitümlü şistlerde 0-2790 Kcal/kg arasında değişen ısı ve yüzde 0-13.7 arasında değişen bitüm değerleri saptamıştır. Bitümlü şistlerin ortalama yoğunluklarının 1.97 gr/cm³ olduğu bulunmuş.Yarmaların korelasyonu ile Ulukışla formasyonunun fasiyes değişimlerini saptamıştır.

Oktay (1982), Ulukışla çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimini incelemiş Ulukışla ve yakın çevresini de içine alan Tuz gölü havzasının okyanusal bir havza olduğunu, Üst Kretase'de bu havza içinde gelişen bir dalma batma zonunda, dalan tablanın kısmi ergimesi sonucu Kretase sonlarından başlayarak Üst Eosen'e kadar yaklaşık doğu-batı doğrultulu bir adayayı geliştiğini belirtmiştir. Bölgenin okyanusal niteliği Lütésiyen sonlarında sona ermiş ve Üst Eosen-Alt Miyosen zaman süreci içinde gelişen molas çukurlarında önce evaporitik sonra tatlı su ve karasal kıyıtlıların depolandığını yörede Üst Miyosen-Pliyosen döneminde akarsu ve göl koşullarında yeni bir tortul devre geliştiğini belirtmiştir. Yörede okyanusal, molas ve genç karasal litoloji toplulukları birbirlerinden bölgesel açılı uyumsuzluklarla ayrıldığını belirtmiştir.

Akkuş (1981 ve 1985), Bitümlü şeylin tanımı Türkiye’deki bitümlü şeyller, bitümlü şeyl yataklarından yararlanma olanakları ve bitümlü şeylin enerji üretimindeki yeri ve Türkiye potansiyeli üzerine çalışmıştır. Bitümlü şeyller değişik oranlarda Au, U, Ni, V, Al v.b. gibi kıymetli nadir elementler içerebilirler. Yaklaşık olarak %10 veya daha çok kerojen içeren şeyllerden petrol ve gaz üretilebilir.

Sonel de diğ. (1999), Ulukışla’da yapılan çalışmada Ulukışla havzası Miyosen göl tortullarından derlenen bitümlü şeyl örneklerini, organik jeokimyasal, organik petrografik, gaz kromatografik analizlere ve yakma deneylerine tabi tutarak ekonomik kullanılabilirlikleri yönünden değerlendirilmiştir.

Şengüler (1985, 1994, 1997 ve 1999), Bitümlü şeyl tanımı, bileşimi, çökelme ortamları termik santrallerde bitümlü şeyl kullanımı ve enerji hammaddesi olarak bitümlü kayaçlar konusu üzerine çalışmalar yapmıştır. Ayrıca; Beypazarı (Ankara), Himmetoğlu, Hatıldağ, Mengen (Bolu), Boyalı (Çankırı), Çan (Çanakkale), Seyitömer, Darıca, Duraklar (Kütahya), Demirci (Manisa), Ulukışla (Niğde) Akdoğan (Isparta) arazilerinde bitümlü şeyli organik jeokimyasal çalışmalar ve ekonomik kullanılabilirlik yönünden incelemeler yapmıştır. Ulukışla’da yapılan çalışmada Sonel, Sarı, Toprakla beraber çalışmış lukışla havzası Miyosen göl tortullarından derlenen bitümlü şeyl örneklerini, organik, jeokimyasal, organik petrografik, gaz kromatografik analizlere ve yakma deneylerini yaparak ekonomik kullanılabilirlikleri yönünden değerlendirilmişlerdir.

Temur (1998), “Endüstriyel Hammaddeler” kitabında bitümlü şeylerin tanımı, sınıflandırması, bitümlü şeyllerin oluşumu ve kullanım alanları, dünya ve Türkiye’de rezerv ve üretim hakkında Türkiye bitümlü şeyl yatakları hakkında bilgi vermiştir. Uranyum ve toryum hakkında radyoaktif parçalanma hakkında bilgi vermiş yer kabuğundaki dağılımı, radyoaktif mineraller, uranyum ve toryum yataklarının oluşumu, radyoaktif hammaddelerin aranması, uranyum ve toryumun kullanım alanları dünya uranyum ve toryum rezervleri ve üretimi, Türkiye uranyum ve toryum yatakları hakkında geniş bilgiler vermiştir.

Yavuz (2000), “Sedimanter Petrografisi” kitabında bitüm ve kerojen hakkında bilgi vermiş ve bitümlü şeylleri organik inorganik incelemiştir. Genel olarak petrollü şeyllere deyinmiş organik oluşum ve şeyllerin sınıflandırılmasına değinmiştir.

BÖLÜM 2

MATERYAL METOD

Bu çalışma 2003 yılı arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olarak üç bölümde yürütülmüştür.

2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları 2003 yılı bahar ve yaz dönemlerinde yapılmıştır. Literatür taraması sonucu elde edilen jeolojik haritalar ile araziye çıkılmıştır. Arazi çalışması bölgede GPS ile lokasyon koordinat tesbiti, kayaçların tabaka doğrultu ve eğimlerinin ölçülmesi ve organik petrografik analiz, X-ışını kırınımı analizi, iz element analizi için numune alımı şeklinde yürütülmüştür. Örnekler 3 mostraya ait yarma ve istiflerdeki bitümlü şeyl seviyelerinden, el ve çekiç yardımıyla, yaklaşık 5 kg'lık miktarlar şeklinde alınmış, daha sonra seçilen 8 tanesi, agat havanda yaklaşık 150 meş'lik boyuta öğütülerek yaklaşık 100 g'lık miktarlara indirgenmiş ve bu kısımlar hem ICP ve hem de XRD analizleri için kullanılmıştır. Organik petrografik analizlerde yaklaşık 3 cm² lik parlak yüzey veren parçalar kullanılmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında alınan numunelerden, organik petrografik analiz, toplam organik karbon, X-ışını kırınımı (XRD) (MTA Lab – Ankara), inorganik ana ve iz element analizi (Acme Lab - Kanada) yapılmıştır. Analizlerin nasıl, hangi amaçla yapıldığı ve sonuçlarının yorumlanması Ulukışla bitümlü şeyllerin jeokimyası ve petrografisi konulu başlık içinde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

2.3. Büro Çalışmaları

Çalışma kapsamında; çalışma alanıyla ve çalışma konusuyla ilgili hazırlanmış rapor, makale, tez ve çeşitli yayınlar derlenerek bölgeyle ilgili bir ön çalışma yapılmıştır. MTA Genel Müdürlüğü, TPAO'nun arşiv, kütüphane ve laboratuvarlarından faydalanılmıştır. Çeşitli üniversitelerin kütüphane ve öğretim görevlileri ile bilgi alışverişi yapılmıştır. X-ışını kırınımı ve organik petrografik analiz, TOC (toplam organik karbon) analizini yapan MTA çalışanları ile birebir diyalog kurulmuş ve ayrıntılı bilgi toplanmıştır.

BÖLÜM 3

GENEL JEOLJİ

3.1. Bölgesel Jeoloji

Niğde ilinin jeolojik yapısını oluşturan Niğde Metamorfik Grubu, Aladağ Grubu, Ereğli-Ulukışla Havzası, Ecemiş Koridoru, Melendiz ve Kuvaterner Grubu'dur. Çalışma alanı Ereğli-Ulukışla Havzası içinde Ulukışla Formasyonudur. Formasyon volkanosedimanter kaya topluluğundan oluşan birimi ilk kez Oktay (1973) Ulukışla Grubu olarak tanımlamış, daha sonra Demirtaşlı ve diğerleri (1973) Ulukışla Formasyonu olarak tanımlamışlardır. Volkanitler sahada yaygın olarak aglomera, yastık lav, tuf, dayk ve akıntı breşi şeklinde görülür ve bunlarla yer yer ardalanan bol volkanik kırıntılı, kumtaşı, çakıltası ve şeyl yer alır. Mineralojik ve kimyasal bileşimine göre formasyonu oluşturan volkanitler çoğunlukla alkali ve kısmen subalkalidir. Birimin alt dokanağı Halkapınar formasyonu üzerinde uyumlu ve geçişlidir. Ulukışla Formasyonu'nun çökel kayaçlarından derlenen fosillerle birime Alt-Orta Eosen yaşı verilmiştir (Oktay, 1982).

Yoldaş (1973)'e göre; Eosen sonundaki (yaklaşık 40-50 milyon yıl önce) Pireneik hareketleri etkisiyle kıvrımlanıp su yüzüne çıkan volkanik arakatlı Güney Formasyonu Üst Miyosen'e kadar süren bir aşınma devresi geçirmiştir. 25-30 milyon yılı bulan bu aşınma devresinin sonunda yüksekliğin batıda az, aşınmaya karşı dirençli, yoğun volkanik arakatlılar kapsayan doğuda ise fazla olduğu bir topografya oluşmuştur. Daha sonra batıdaki bu çukur alan Üst Miyosen gölünün istilasası ile sular altında kalmış ve gölsel bir çökme havzası oluşmuştur. Başlangıçta sığ olan göl doğudan taşınan çoğunlukla Eosen yaşlı gereçlerle dolmaya başlamış ve sonuçta bol miktarda kırıntılı gereç kapsayan Altay Formasyonu çökelmiştir. Kırıntılı gerecin tabanda kaba, üstte ince daneli oluşu, göl sularında tedrici bir derinleşmenin oluştuğunu kanıtlar.

Ulukışla Formasyonu'nun çökeldiği dönemde iklim ve dolayısıyla göl suları sıcaktır. Göl kıyısında yaygın çam ormanları yer almaktadır. Sıcak göl suları Gastropoda, Ostracoda ve Algea için elverişli yaşama ortamları oluşturmuştur. Bu devirde canlıların fazla oluşu bol miktarda organik malzemenin göle taşınmasına neden olmuştur. Taşınan bu organik gereç, göl suları derinliğinin 150 m'yi aştığı yörelerdeki havasız ortamda anaerobik bakterilerin

ayırıştırma işlemleri sonucu bitüm şekline dönüşmüştür. İnceleme alanının kuzey ve güney yöresinde ise Ulukışla Formasyonu'nun bitümsüz ve az bitümlü olup, Gastropodlu ve Algli kireçtaşlarından oluşması denizin bu yörelerde sığ olduğunu gösterir. Bu çökeltme devrinde gölün derinlik ve suyun niteliğine göre oluşmuş fasiyes değişikliklerini korelasyon diyagramları ile incelemek mümkündür.

İnceleme alanında bitümlü seviyelerden alınan numunelerde bol miktarda spor ve polene rastlanmışsa da pek çok bulunması gereken Ostracod'lar pek azdır ve kötü korunmuşlardır. Bunun nedeni, ortamın asidik olması ile açıklanabilir. Asidik ortamda Ostracoda'nın $CaCO_3$ tan oluşan kavkuları bozulmuş veya yok olmuş, kitinden oluşan spor ve polenler ise korunabilmiştir.

Ulukışla Formasyonu'nun çökeliminden sonra göl yine sığlaşmıştır. Beştepeler Formasyonu'nun konglomera, kumtaşı ve şeyl gibi sığ suda çökelmiş gereçten oluşması bunu kanıtlar.

Pliyosen'de Hasan Dağı ve aynı sistemde bağlı volkanların faaliyete geçmesi bölgeye volkanik kayaların sokulmasına neden olmuştur. Zamanımızdan 5-7 milyon yıl önce meydana geldiği sanılan bu volkanik faaliyetler sonucu, inceleme alanının kuzeydoğusundaki Kemerhisar volkanitlerinin Üst Miyosen ve Eosen yaşlı kayaları örttüğü gözlenmiştir.

Pliyosen'den zamanımıza kadar süren aşınma işlemleri bölgeye bugünkü morfolojik durumunu kazandırmıştır. Bölgede Eosen ve Üst Miyosen yaşlı sedimanter kayalar ile Pliyosen yaşlı volkanik kayalar saptanmıştır. Eosen yaşlı Güney Formasyonu, volkanik ara katkılılar kapsayan kumtaşı-şeyl ardalması şeklindedir. Üst Miyosen yaşlı gölsel birimler tarafından uyumsuz olarak üzerlenir.

Altay Formasyonu Üst Miyosenin tabanını oluşturur. Kızıl ve yeşil renkli kumtaşı-şeyl ardalması şeklindeki birimin kalınlığı 200-250 m olarak hesaplanmıştır. Ulukışla Formasyonu, Altay Formasyonu üzerine uyumlu olarak oturur. Killikireçtaşı-şeyl-bitümlü şeyl ardalması şeklindeki birim ortalama 50 m kalınlıktadır. İnceleme alanının kuzey ve güneyinde kalınlığının sıfıra ulaşarak birimin kamalandığı gözlenmiştir. Yaşı Üst Miyosen

olarak bulunmuştur. Beştepeler Formasyonu bölgedeki Üst Miyosen'in en üst birimi oluşturur. Gevşek çimentolu kumtaşı ve dağılğan konglomera seviyeleri kapsar. Üst Miyosen gölünün sığlaştığı son dönemde çökelmiştir.

Litik tüflerle temsil olunan Kemerhisar volkanitleri Pliyosen yaşlıdır. Eosen ve Üst Miyosen yaşlı birimleri örttüğü gözlenmiştir.

İnceleme alanında Eosen dışında sakin bir yapısal durum gözlenir. Eosen'de sık ve dar kıvrımlar saptanmıştır. Üst Miyosen ise KB'ya doğru bir eğim gösterir. Yine Üst Miyosen'de faylanmaya bağlı olarak oluşmuş bazı dar ve geniş kıvrımlarda görülür. İnceleme alanındaki en önemli kırık, Boztepe fayıdır (Yoldaş, 1973).

Fasiyes değişimleri, kamalanma ve merceklenmeler, ekonomik olabilecek değerler veren bitümlü şeyl seviyelerin kalınlıkları, yayılımları, işletilebilme olanakları göz önüne alınmıştır. İnceleme alanının güney bölümü tümüyle yetersiz, kuzey yörede oldukça yüksek ısı değerleri veren seviyeler saptanmasına rağmen kalınlıklarının çok az oluşu ve devamsızlığı umut vermemiştir. Umutlu olan Çakmak Tepe ile Karakaya Tepe arasında kalan ve batıya doğru yayılan bölümdür. Bu alanın genişliği yaklaşık 70 km² olarak hesaplanmıştır. Gölün batıya doğru derinleştiği gözlemlendiğinden kıyıya yakın bölümlerde mostra veren bitümlü şeyllerin kalınlık, ısı değeri ve bitüm yüzdelerinin bu yönde artış göstermesi olağandır (Yoldaş 1973).

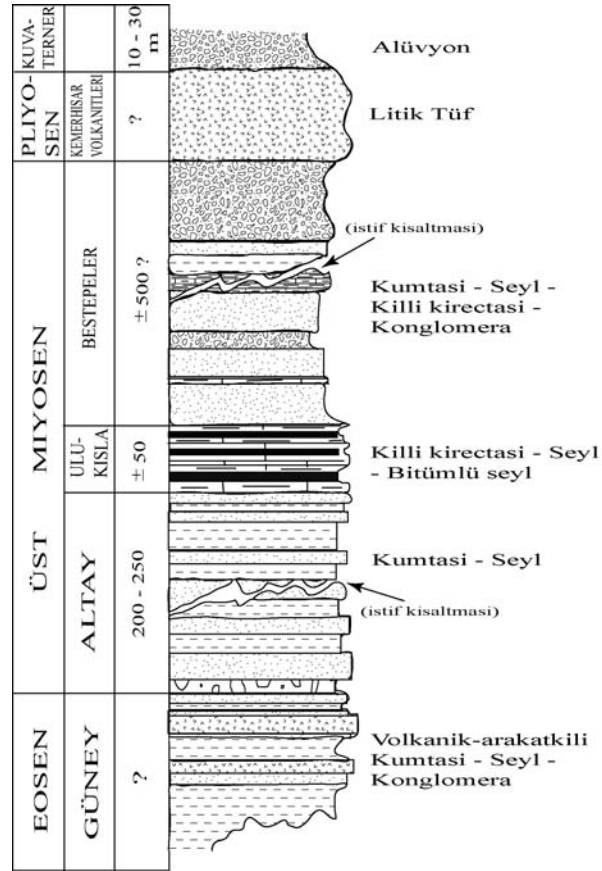
3.1. Bölgenin Jeolojik Evrimi

Oktay (1982) ye göre bölgenin jeolojik oluşumu; Tersiyer başlarında Tuzgölü Havzası'nın Bolkardağı kuzeyindeki kesimi, güneyine Üst Kretase'de yerleşen ofiyolitik karmaşığa karşın (Şimşim Karmaşığı) okyanusal niteliğini korumaktadır. Bu çukurluk içerisinde yeralan Ulukışla ve çevresinde de koşut olarak derin-denizel paleocografik koşullar egemendir. Üst Kretase sonunda yada Paleosen başlarında havza içinde ayrıca, doğu-batı uzanımlı ve egemen olarak denizaltı volkanizması şeklinde bir magmatik işlevde izlenmektedir. Bu etkinliğin nedeni Üst Kretase'de bölge güneyinde ofiyolit yerleşmesini sağlayan yitim zonunun işlevinin sona ermesi ve havza içinde bu kez, kuzeye doğru dalan yeni bir yitim zonunun gelişmiş olmasıdır. Dalan tablanın hareketini Paleosen boyunca

sürdürmesi ve dolayısı ile kısmi ergimesi sonucu, Ulukışla çevresinde doğu-batı doğrultulu bir adayayı geliştirmiştir. Bu adayayını yazar Ulukışla Adayayı olarak adlandırmıştır. Üst Paleosen'de yayın bazı kesimleri volkanik adalar şeklinde su üstüne çıkmıştır. Bunlar Ulukışla'dan doğuya doğru ve Güney ve Eminlik köyleri kuzeyinde iki ayrı kuşak oluşturmuşlardır. Bu adaların aşınması ile türeyen, tümü ile volkanik kökenli kırıntılar kısmen adalar çevresindeki dar sahanlıklarda kısmen de, flaksotürbiditik yelpazeler şeklinde abisal derinliklere çökelmeye başlamıştır (Serenkaya formasyonu). Gelişen istifte doğuya doğru kırıntılı çökellerin giderek azalması ve karbonat çökelinin yaygınlaşması (Başmakçı kireçtaşı) volkanik zincirin doğu kesiminde su üstüne çıkmamış olduğunu vurgulamaktadır. Üst Paleosen'de özellikle adayayı kuzeyinde magmatik işlevin sona ermesi ile sözü edilen iki kuşak arasında kalan havzaya hem su üstündeki adalardan ve hemde, olasılıkla Tuzgölü Havzasının batı kesiminden türbidit akıntılar ile kırıntılı malzeme depo edilmeye başlamıştır (Güney formasyonu). Böylece, özellikle doğuya doğru gelişen karbonat çökmesi de son bulmuştur. Bu dönem içinde adayayının güney kesiminde volkanik etkinlik sürmekte ve türeyen kırıntılı malzeme adalar gerisinde karbonatlar ile birlikte (Karatepe kireçtaşı) çökelmektedir. İpreziyen'de havzanın adayayı kuzeyinde kalan kesim kıvrımlanarak kara haline gelmiştir. Bu olay aynı zamanda adayayının güney kesiminde de volkanik etkinliğin sona ermesine ve Güney formasyonunun çökelmeye başlamasına neden olmuştur. Orta Lütésiyen'de bölgedeki koşullar değişmeden sürmekte ve Bolkardağ ile Ulukışla arasındaki derin çukurluk Güney Formasyonunu depolamaktadır. Üst Lütésiyen bölgede yeni bir tektonik etkinlik evresini temsil eder. Bu evrede havzanın adayayı ile bloklar arasındaki kesimi deforme olur ve su üstüne çıkar Kılan Grubunun tabanında görülen açısız uyumsuzluk bu olasılığa açık bir kanıttır. Üst Eosen içinde, ya da Oligosen başlarında bölge yeniden havzalaşma izlenir. Bu havzada önce evaporit bir çökme olur. Şattiyen-Akitaniyen döneminde ise durumuna gelen bu küçük havzada tatlı su kireçtaşlar ve marnları ardışıklı olarak gelişirler. Alt Miyosen, bölgede karasal koşulların egemen olduğu bir zaman aralığıdır. Bu devrede, özellikle bölgenin güney kesiminde kızıl rengi ile dikkati çeken ve oldukça küçük bir istif şeklinde karasal kırıntılılar oluşur (Kızılözü formasyonu). Orta Miyosen'de bölgenin orojenik hareketlerle yeniden şekillendiği izlenir. Kılan Grubu ile Üst Miyosen yaşlı Kızılbaş Formasyonu arasında bir açılı uyumsuzluğun varlığı Orta Miyosendeki deformatik hareketlerin açık kanıtıdır. Bu devrede ayrıca, Ulukışla güneyinde yaygın traverten oluşumları da göze çarpar (Kızıltepe traverteni). Üst Miyosen'de bölge hem

düşey hareketler ve hem de iklim değişimi ile yeniden bir çökeltme ortamı haline gelmiştir. Yeni tektonik rejim içinde gelişen çukurluklarda oluşan göllerde önce kırıntılı sonra karbonat ve daha sonra yine kırıntılı çökeltmesi izlenir. Bunların da büyük olasılıkla Pliyosen sonlarında etkin düşey hareketlere bağlı olarak, kuzeybatıya doğru eğilme ve açık kıvrım oluşturacak şekilde çok hafif bir deformasyon geçirdikleri, Konya ovası alüvyonlarının bunlar üzerinde uyumsuz olarak gelmiş olmalarıyla anlaşılmaktadır.

Ulukışla bitümlü şeylerini içeren birimlerin stratigrafik kolon kesiti Şekil 2 de gösterilmektedir.

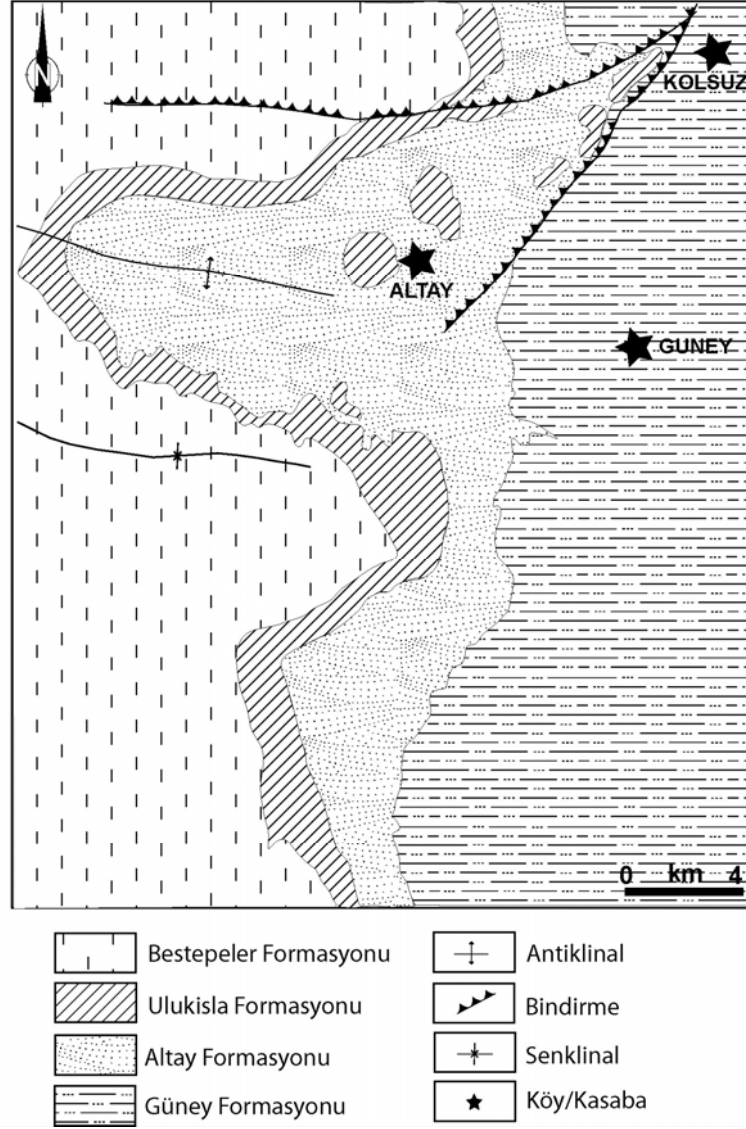


Şekil 2. Çalışma alanı için genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Yoldaş, 1973'dan geliştirilerek).

3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanını Oktay (1982); Ulukışla Grubu (Sansartepo formasyonu, Serenkaya formasyonu, Başmakçı kireçtaşı, Cehritepe siyeniti, Karatepe Kireçtaşı, Güney formasyonu, Tayhacı andeziti Dikmendedetepe trakiti), Kilan grubu (Zeyvegediği Anhidritleri, Kurtulmuştepe formasyonu, Kızılöz formasyonu, Kızıltepe traverteni)

Bohçadikmen Grubu (Kızılbayır formasyonu Katrandedetepe formasyonu, Beştepeler formasyonu) şeklinde gruplarken Yoldaş (1973) ise Güney formasyonu, Altay formasyonu, Ulukışla formasyonu, Beştepeler formasyonu, Kemerhisar volkanitleri olarak sınıflandırmıştır. Çalışma alanının jeolojik haritası (Sonel ve diğ.,1999) (Şekil 3)' de verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanının jeolojik haritası (Sonel ve diğ.,1999).

3.2.1. Güney Formasyonu

Güney Köyü civarında gözlemlendiğinden birime “Güney Formasyonu” adı verilmiştir. Birimin yaşı Yoldaş (1973)’a göre Eosen’dir.

Birimin genel litolojisi kumtaşı-marn kiltası ardalanması şeklinde olup arada ince ve seyrek olarak da konglomera arakatkıları kapsar. Formasyon, içinde tanımlanan birimler en iyi Göçmen (Foto 1) ve Karakaya tepede (Foto 2) gözlenir

Kumtaşları; yeşilimsi-boz, ince taneli ve sıkı çimentolu olup çok düzgün tabakalanmalıdır. Marnlar ise yeşilimsi-boz, mavi renkli, çok ince taneli ve midye kabuğu şeklinde kırılmalıdır. Seyrek görülen konglomeralar yuvarlaklaşmıştır, çimentolanma gevşektir.

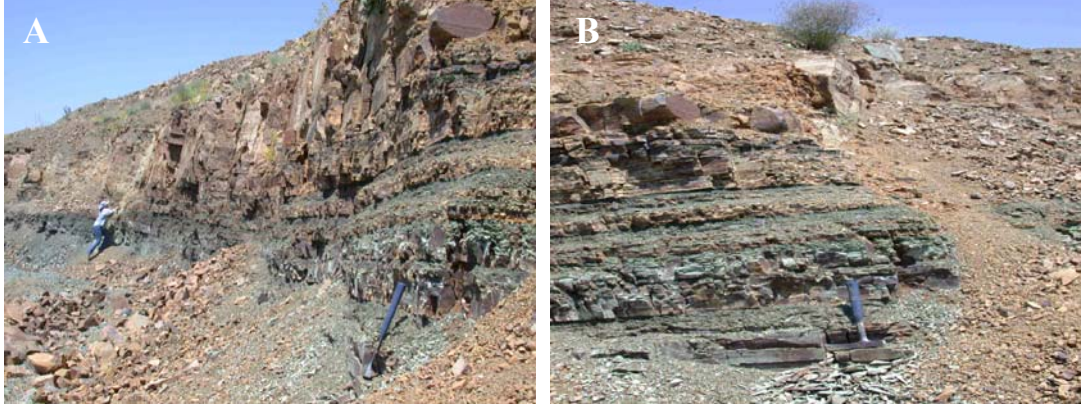


Foto 1. Göçmen (A) ve Karakaya tepe (B)'de yüzlek veren şeylerden birer görünüm.

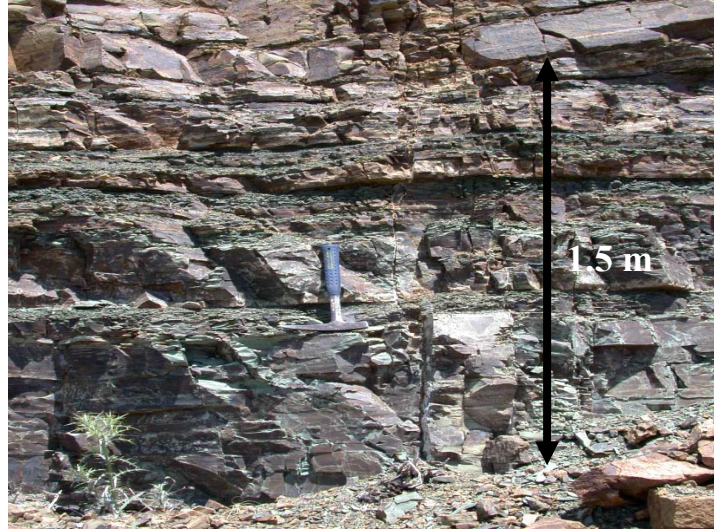


Foto 2. Karakaya Tepe yüzleği oluşturan kumtaşı-marn-kiltası ardalanmasının yakından görünüm.

3.2.2. Altay Formasyonu

En yaygın mostraları Altay Köyü civarında görüldüğünden birime bu ad verilmiştir (Yoldaş 1973).

Formasyon, kumtaşı ve marn ar dalanması şeklindedir. İncelenen alanda güneyde Hacıbekirli köyü, kuzeyde Kolsuz köyü bulunmaktadır. Taşocağı Tepenin 1 km kadar güneybatısında Eosen üzerinde kalmış bir küçük mostra ile Katrandede Tepe civarında doğup kuzeye doğru akan derenin yatağını derince açtığı kesimlerinde küçük mostralar şeklinde de görülür. Şahingüzmesi sırtının doğu yamaçları birimin en iyi gözlenebildiği yerlerdir.

Altay formasyonunun en üst seviyesini oluşturulan kumlu şeyller ile Ulukışla formasyonunun tabanını oluşturan beyaz renkli gösel killikireçtaşları bu sınırı çok açık olarak belirlemektedir. Kuzeydoğuda ise Kemerhisar volkanitleri tarafından örtülmektedir (Foto 3).

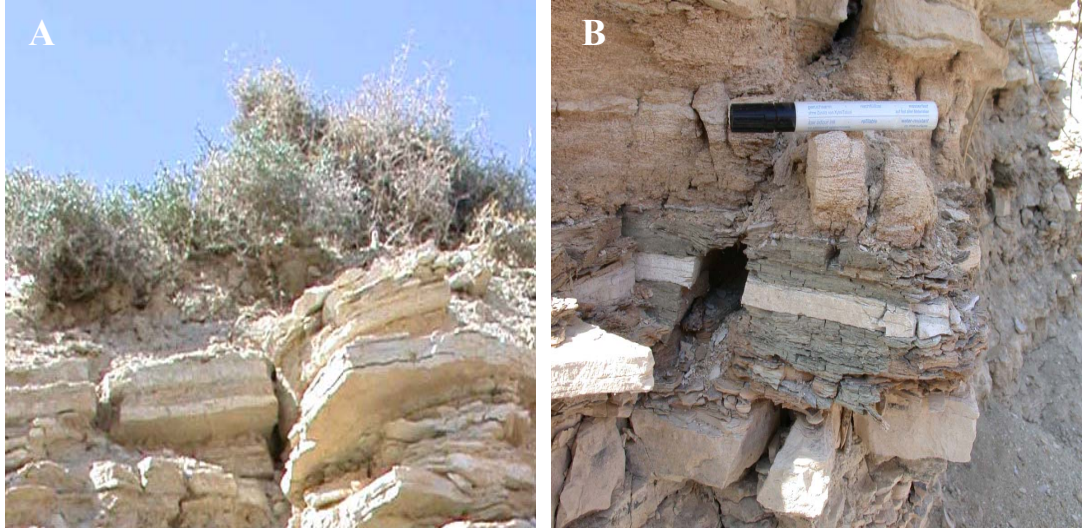


Foto 3. Katrandede tepe formasyonunun kuzeydoğusunu örten Kemerhisar volkanitleri (A) ve Katrandede Tepe kumtaşı-kiltaşı-şeyl ar dalanmasının yakından görünüşü (B).

Altay formasyonu; Katrandede Tepede tabanda gevşek çimentolu bir konglomera ile başlar. Pembemsi renkli çimento içinde çoğunlukla siyah ve beyaz renkli kristalize kireçtaşı çakılları ile Eosen yaşlı kumtaşı ve volkanik çakılları görülmektedir. Tabakalanmasız ve dağılgan bir durum gösterir. 8-10 m bir kalınlıktaki bu seviye üzerine kumtaşları gelir. Altta seyrek şeyl seviyeleri kapsayan kumtaşları, üste doğru azalarak dereceli olarak şeyllere geçerler. Şeyllerin en üst seviyelerinde ise ince kumtaşı arakatkıları görülmektedir (Foto 4).



Foto 4. Kartandede Tepe bitümlü şeyllerindeki yapraklanmanın yakından görünüşü (A) ve Katrandede Tepe güneyi bitümlü şeylleri (B).

Kumtaşları; yeşil, yer yer kıvılcıklı, gevşek çimentolu, iyi boylanmış, kötü tabakalanmalı ve fosilsizdir. Şeyller ise yeşil, kıvılcıklı, çok ince taneli, midye kabuğu şeklinde kırılmalı, tabakalanmasız ve fosilsizdir. Altay formasyonunun yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir (Yoldaş 1973).

3.2.3. Ulukışla Formasyonu

Ulukışla formasyonu adını inceleme alanı dışındaki Ulukışla ilçesinden almıştır. İlçe ile olan ilgisi uzak ise de birimin taşıdığı ekonomik değeri nitelendirme ve tanınmasını kolaylaştırmak amacı ile Yoldaş (1973) bu adı verilmiştir.

En iyi gözlenebilen mostraları kuzeyde Kıvılcıklı Tepe ile Güçük Tepenin doğusunda kalan kesimlerde ve Boztepe mevkiinde, güneyde Çakmak Tepenin kuzeyi Beştepeler mevki ve Katrandede Tepe ile Karakaya Tepe arasında yer alan vadi içinde görülür.

Birim en iyi Kolsuz köyü civarında gözlenir. Birim kıltaşı-kumtaşı-şeyl ardalanması şeklindedir ve yer yer bitümlü şeyl seviyeleri içerir. Kumtaşları tabanda yeşil üstte morumsu-kıvılcıklı, kaba taneli, iyi yuvarlaklaşmamış olup boylanma kötüdür. Yer yer çok iyi tabakalanmaya sahip oldukları gözlenmiştir. Kıltaşı yeşilimsi-boz, ince taneli ve

sıkı çimentolu olup çok düzgün tabakalanmalıdır. Bitümlü şeyller ise yeşil, kıvıll renkli, çok ince taneli, midye kabuğu şeklinde kırılmalı ince tabaka şeklinde istiflenmiştir (Foto 5).

Ulukışla formasyonunun güneybatı ve kuzeydoğusunda tamamen gölssel kireçtaşı fasiyesinde gözlenen bitümlü şeyl içeren birimin bu yörelerde Gastropoda kavkıları ile Alg kalıntıları içermesi göl seviyesinde sığlaşmayı göstermektedir. Sığlaşma nedeniyle bitümün oluşumu için gerekli koşulların yitirilmesi bu yörelerde bitüm oluşumunun olmaması ile kanıtlanmaktadır. Çakmak Tepe ile Karakaya Tepe arasındaki kesimde göl derindir. Bu derin kesim bitüm oluşumu için gerekli koşullar varolduğu gibi buna paralel olarak yanal değişimler, merceklenmeler ve kamalanmalar görölmektedir (Yoldaş, 1973).

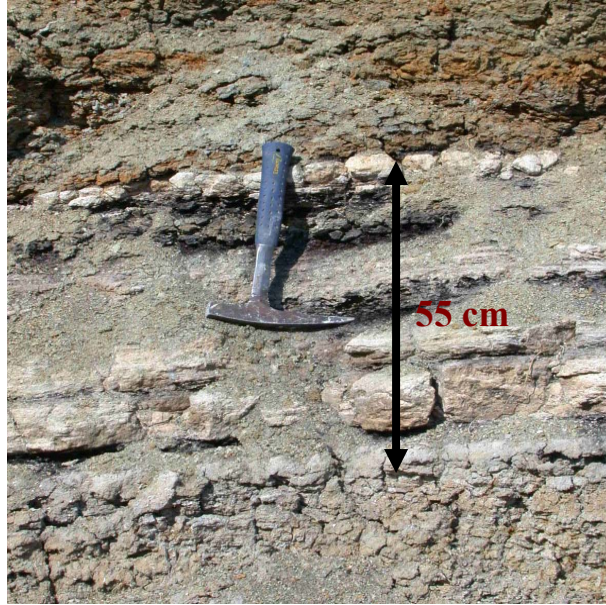


Foto 5. Kolsuz Köyü Bitümlü şeylleri yakından görünüşü

3.3.4. Beştepeler Formasyonu

Üst Miyosen yaşlı ve gölssel fasiyesteki birimlerin en üstte yer alanına Beştepeler formasyonu adı verilmiştir. Bu birimin en iyi gözlenebildiği Beştepeler mevkiinden dolayı konulmuştur (Yoldaş 1973).

Kuzeyde Güçük tepe (Foto 6) ve Kızıltepe arası da Beştepeler Formasyonunun en iyi gözlenebildiği yerlerden biridir.

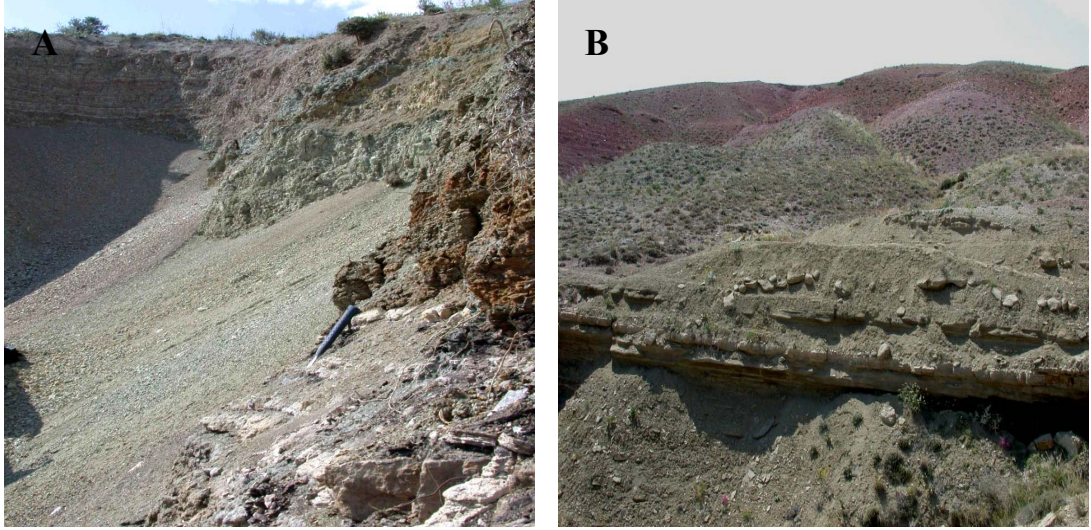


Foto 6: Beştepeler Formasyonu'nun Güçük Tepe doğusundan bir görünümü (A) ve Beştepeler Formasyonu Güçük Tepe kiltası-kumtaşı-marn ardalanması (B).

Kumtaşları; tabanda yeşil üstte morumsu-kızıl renkli, kaba taneli, iyi yuvarlaklaşmamış olup boylanma kötüdür. Yer yer çok iyi tabakalandıkları gözlenmiştir. Marnlar ise yeşilimsi-boz, yer yer kırmızımsıdır. İnce taneli olup midye kabuğu şeklinde kırılırlar. Kötu tabakalanmalıdır. Killikireçtaşları; beyaz renkli olup marnlar içinde ince arakatkılar şeklindedir. Konglomeralar kızıla kaçan alaca renklidir. İyi yuvarlaklaşmış, çubuk şekilli tanelerden oluşmuşlardır. Gevşek çimentolu olduklarından kolayca dağılırlar. Gevşek çimentolu konglomera ve kumtaşlarının kolayca aşınması Beştepeler formasyonuna yayvan küçük tepelikler şeklinde bir topografik görünüm sağlamıştır.

Altta Üst Miyosen yaşlı Ulukışla formasyonu ile uyumlu olması Beştepeler formasyonunda Üst Miyosen yaşlı olmasını gerektirmektedir (Yoldaş 1973).

3.2.5. Kemerhisar Volkanitleri

İnceleme alanının kuzeydoğu köşesinde 9 km² lik bir alanda görülen birimin yaygın mostraları Kemerhisar yakınında gözleendiğinden birime Kemerhisar volkanitleri adı verilmiştir. Birimin altta Güney, Ulukışla ve Beştepeler formasyonlarını örttüğü gözlenmiştir. İnceleme alanında görülebilen kalınlığı 50 m dir. Birim litik tüf olarak adlandırılmışlardır. Birimin yaşı stratigrafik durumuna göre Pliyosen olarak kabul

edilmiştir. Topografyadaki görünüşü düz yüzeyle, fazla yüksekliği olmayan tepeler şeklindedir.

BÖLÜM 4

BITÜMLÜ ŞEYLLERİN JEOKİMYASI VE PETROGRAFİSİ

4.1. Bitümlü Şeyl

Organik kayaçlar içinde önemli bir yeri olan bitümlü kayaçların gerek jeolojik gerek kimyasal açıdan değişmez bir tanımı yoktur. Ancak organik çözücülerde çözünmeyen ve kerojen adı verilen oldukça karmaşık yapıya sahip organik madde içeren kayaçlar olarak tanımlanabilir. Bitümlü kayaçlar ülkemizde litofasiyes özellikleri dikkate alınarak bitümlü şeyl ve bitümlü marn olarak tanımlanmıştır (Şengüler ve Sonel, 1999).

Yaygın olarak kullanılan "petrollü şeyl" (oil shale) terimi her ne kadar ticari bir anlam içermekte olsa da bitümlü kayaçlar için kullanılan tüm genel ve özel adlamaları kapsamaktadır (Şengüler, 2001).

Genel olarak bir tanımlama yapılmak istenirse, ısıtıldığı zaman önemli miktarlarda organik yağ elde edilebilen, alışlagelmiş petrol çözücülerde çözülmeyen ve kerojen olarak tanımlanan organik madde ihtiva eden ince taneli sedimanter kayaçlar "bitümlü şeyl" olarak tanımlanmaktadır (Şengüler ve Sonel, 1999).

Sedimanter kayaçların biyojenik bileşenleri olarak tanımlanabilen "organik madde", genellikle kayaçlar içinde saçınımlı olarak bulunur (Miles,1989). Organik jeokimyasal parametreler dikkate alındığında organik kayaçları oluşturan organik madde, bitümen ve kerojen olarak iki grupta toplanır. Organik çözücülerde çözünebilen organik madde "bitüm", çözünemeyen organik madde ise "kerojen" olarak adlandırılmaktadır (Tissot ve Welte, 1984). Ayrıca "kerobitüm" terimi de kerojen ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Saxby, 1976).

Organik kayaçları; kömürler, bitümlü şeyller, bitümen emprenye olmuş kayaçlar ve katranlı kumlar olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür (Hutton, 1987). Bitümlü şeylin bileşimi ise iki gruba ayrılır:

a) İnorganik bileşenler (mineral): İnorganik bileşenler çökeltme ortamı ve çökeltme koşulları hakkında önemli bilgiler sunar. Bitümlü şeylin inorganik bileşenleri genellikle

kil, karbonat sülfat, sülfat, zeolit ve evaporit mineralleri ile kuvars'tan oluşmaktadır. Bu mineraller iklim, canlı türü, çözeltinin kimyasal karakteri ve alterasyon hakkında bilgi verir.

b) Organik bileşenler (maseral): Organik bileşenler çökelme ortamını yansıtmaları yanında bitümlü şeylin kalitesinde belirler. Bitümlü şeyli oluşturan kerojenlerin büyük bir kısmı alg kalıntısından, kalan diğer bölümü ise değişik oranlarda tanımlanabilen organik kalıntı ile amorf organik maddeden oluşmuştur. Temel alg tipi *Botryococcus* ve *Tasmanaceae*'dir (Şengüler, 1999).

Petrografik özelliklerine göre organik kayaçları oluşturan üç tip kerojen tanımlanmıştır (Tissot ve Welte, 1984). Algal kerojenler olarak da adlandırılan, lignin ve selüloz içermeyen fitoplanktonların oluşturduğu I. tip kerojenlerin H/C oranı ve dolayısı ile gaz-petrol oluşturma potansiyeli oldukça yüksektir. II. tip kerojenler yağ ve mumsu maddeden oluşan lipid bileşenlerinden meydana gelir. Özellikle polen parçalarının dışını örten mumlu kısımlar, sporlar ve yaprakların oluşturduğu bu tip kerojenlerin H/C oranı ve dolayısı ile gaz-petrol oluşturma potansiyeli I. tip kerojene oranla daha düşüktür. Odunsu bitkilerin fazlaca içerdiği oksijen bakımından zengin lignin ve selülozun bozunması ile oluşan III. tip kerojenin H/C oranı düşüktür. Bu nedenle petrol oluşturma potansiyeli orta-düşük düzeyde olup çok derinlerde gaz oluşturabilir. Organik madde karasal yüksek bitkilerden türediğinden O/C oranı yüksektir. Kömürlerin çoğu bu tip kerojenlerden oluşmuştur.

Petrol ana kayalarındaki organik madde ile oil shale' deki kerojenin elemental bileşimleri karşılaştırıldığında, petrolü şeylerdeki organik maddenin genellikle I. veya II. tipe ait olduğu görülmektedir. Petrol ana kayası ile oil shale arasındaki bu benzerlik, petrolü şey için "petrol elde edilebilen kayaçlardır" tanımını doğrulamaktadır.

Kerojeni oluşturan beş ana element; karbon, hidrojen, oksijen, azot ve kükürttür. Kerojenlerin H/C ve O/C oranları kerojen tiplerine göre farklılık göstermektedir. Hidrojen içeriğindeki değişim kerojenin kimyasal ve yapısal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Yüksek hidrojen içeriğine sahip kerojenler yapılarında karşılaştırmalı olarak yüksek oranda aklan zincirlerine ve doymuş halkalara sahiptir. Düşük hidrojen içeriğine sahip kerojenler ise aromatik özelliktedir yani daha çok doymamış halkalara sahiptir. Kerojen tiplerinin

farklı özellik göstermesinin diğerk bir nedeni ise farklı organik materyalden meydana gelmiş olmasıdır.

Tissot diyagramında yer alan kerojen tipleri, Van Krevelen diyagramında yer alan maseral grupları ile birleştirildiğinde veya başka bir deyişle kerojen tipleri, maseral grupları gibi düşünöldüğünde; I. tip kerojenleri alginit maseralinin, II. tip kerojenleri sporinit (spor ve pollen) ve kütinit (lif kütüköllerü) maserallerinin, III. tip kerojenleri ise hüminit (vitrinit) maseral grubunun oluşturduğu göröölür.

Bunların dışında IV. tip kerojen terimi resmi bir terim olmamakla beraber kimyasal açıdan inertinit grubu maserallerin eşdeğeri olarak kullanılmaktadır (Miles, 1989). Bunlar değışik kökenli materyalin oksidasyona uğraması ile oluşur. Oksidasyon; orman yangınları, bakteri ve havanın etkisi veya daha önceki depolanma sürecinde gelişen erozyonal etkiler ile gerçekleşebilir. Kerojen ve bitüm bir arada herhangi bir kayadaki toplam organik karbonu oluştururlar (Sarı, 1997).

Ölkemizde Paleosen-Eosen ve Miyosen göl tortulları içinde çok yaygın olarak bitümlü seviyeler mevcuttur (Sarı ve Sonel, 2000). Bitümlü şeyller için önerilen başlıca çökeltme ortamları: Büyük göl havzaları, sığ denizel ortamlar ve küçük göller, lagün ve bataklık ortamlarıdır.

4.2. Bitümlü Şeyllere İz Element Yerleşimi

Bitümlü şeyllerin içerdikleri başlıca majör elementler Al, Ca, Fe, Mg, K, Si ve Na dır. Eser elementler ise B, Ba, Cr, Cu, Li, Mn, U, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr,Th, Ti, V, Zn ve Au'dur.

İz elementler, minerallere benzer kökenlidir. Her bir organik maddenin bileşimi ve karakteri, onu oluşturan organik ve inorganik bileşenlerin dolayısıyla geçirdiğı diyajenezin derecesiyle tanımlanmaktadır. Bitümlü şeyl ve kömür, organik bileşenleri oluşturan maserallerden ve inorganik maddeyi oluşturan su ile minerallerden meydana gelir.

Tablo 1: Kayaçlar içinde radyoaktif element bollukları kısaltılarak (Yılmaz, 1988).

Kimyasal Kayaç Analizi				Veri Derleme, Uzanımlar ve Yorumlar					
Olağan kayaç					Ortalama Bolluk		Yerküre Katmanı		
		Th ppm	U ppm	K %	K %	U ppm			
Kumtaşı		3.8	1.4	1.8		2.68	Tortul Örtüsü	Üst Kabuk	Kabuk
Şeyl	Gri	<0.01	4.2	4.2					
	karbonlu	11.5	53.0						
Kireç taşı		1.2	1.9	0.63	3.0 2.4 2.0	2.68	Sialik Temel Kalkanı	Üst Kabuk	Kabuk
Riyolit		19.0	5.0	4.2					
Granit		19.0	3.6	2.75					
Fonalit	nefelin	17.1	6.5	5.78					
Latit,	riyodasit	11.0		2.53					
Granodiyorit									
Metamorfik	Sialik temel	10.9	3.5	2.66					
Temel Amfibolit		5.0	2.3	0.91					
Temel Granulit		21.0	0.5						
Alkali Bazalt		4.6	0.99	0.61					
Plato Bazalt		1.96	0.53	0.61					
Gabro		3.84	0.84	0.58		1.10	Alt Kabuk		

Günümüzde bitki, hayvan ve insan organizmalarının dokularında (bünyesinde) 70'e yakın kimyasal element belirlenmiştir. Kayaçlar içinde radyoaktif element bollukları (Tablo-1)'de verilmiştir. Elementlerin bir kısmı organizmaların sert dokularında (kavkı, iskelet veya sadece kafeslerinde) yoğunlaşırken, en çok da yumuşak kısımlarda (hücrelerindeki protein, lipid, karbonhidratlar vb. bileşiklerde) yoğunlaşmaktadır. Aslında, organizmalar tüm olarak bu elementlerin atom ve bileşimlerinden yapılmış durumdadırlar.

Eser elementler, organik maddelerin bileşimine, oluşumun her evresinde girebilmektedir. Sc, U, Th, Eu gibi eser elementler, bileşime, canlı organizmaların bunları topraktan emerek bünyelerine almaları ve organizmaların kömürleşmeleri sonucu girmektedir. Kömürleşme esnasında, volkanik aktivitenin bulunduğu basenlerdeki kömürlerin bundan etkilenmeleri sonucu; As, Ag, Zn, Cd, Pb, V, Mo, Sb, Bi, Au ve Pt elementlerince zenginleşme olur. Bunun en tipik örneği, Almanya'daki Kupferschiefer formasyonudur.

Denizel ortamlarda iz elementlerin Mollusca'larca biriktirilmesini belirtmek için elementlerin kavkılardaki değerleri ile sedimanlarda, yerkabuğunda şeyllerdeki ve deniz suyundaki ortalama değerleri arasında karşılaştırmalı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar iz elementlerin mollusklarındaki değerleri ile çökellerdeki değerleri arasında keskin farklılıkların olduğu görülmüştür. Bir grup elementler (V, Mo, Co, Zn, Ni, Cu, Pb, Yb) çalışma alanı çökellerdekine göre kavkılarda daha yüksek iken, diğer Nb, Ga, P, Cr, Zr ve Sc elementlerinin yüzdeleri ise çökellerde yüksek seviyededir (Tablo 2). Bu durumun benzerini elementlerin yerkabuğunda şeyllerdeki ve kavkılardaki ortalama miktarları arasındaki karşılaştırmada da görmekteyiz (Aliyev ve Sarı, 2002).

Tablo 2. Mollusca kavkılarında iz elementlerin, yerkabuğundaki şeyllerdeki ve deniz suyundaki ortalama yüzdelerine göre birikimi (BBO: biyolojik biriktirme oranları (Aliyev ve Sarı, 2002).

Yerkabuğundaki Şeyller		
Element	Ppm	BBO
V	130	2.79
Mo	2.0	2.15
Co	20	3.33
Zn	90	3.3
Pb	20	4.22
Yb	3.0	1.82
Ni	80	1.06
Cu	50	2.21
Cr	100	0.715
Pb	750	0.37
Zr	180	0.19
Sc	10	0.275
Nb	15	0.2
Ga	25	0.15

4.3. Organik Petrografik Analiz

Örneklerin parlatma briketleri ve parlatılması MTA Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Mineraloji-Petrografi Servisi'nde gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1 mm boyutundaki öğütülmüş örnekler havada 1-2 gün kurutularak, özel mekanik bölücülerle azaltılmış ve yaklaşık 3 cm çapında özel plastik örnek kaplarına, içinde %96'sı polyester, %2'si katalizör ve %2'si de sertleştirici olan bir sıvı ile birlikte konmuş ve sertleşmesi için beklenmiştir. Briket örneklerinin parlatma işlemi iki ayrı aşamada yapılmıştır.

İlk aşama kaba parlatma olup, bu aşamada, örneğin parlatılacak yüzeyinin, dönen diskler üzerinde, 250, 400, 600 ve 800 mesh boyutundaki farklı büyüklükteki parlatma tozlarının su ile birlikte diskler üzerine dökülmesi ve örneği bu diskler üzerinde kaba taneliden, ince taneliye doğru, diskin dönmesinin tersi yönünde çevrilerek parlatılması sağlanmıştır. Bu tozlardan en iri taneli olanı 250 mesh büyüklüğünde olanıdır. Aşındırıcı korund tozlarının tane boyutunun küçülmesi ile aşındırma özelliği de daha ince ve daha az olmaktadır. Her bir parlatma seviyesinden öbürüne geçerken, örnek dikkatlice ve iyice yıkanmıştır. Örneklerin üzerinde kalan her hangi bir toz tanesi, bir sonraki ince taneli parlatma aşamasından parlatmayı negatif yönde etkileyecek ve iyi bir parlatma yüzeyi elde etmemizi engelleyecektir.

Parlatmanın ikinci aşaması parlatma aşamasıdır. Bu aşamada solüsyon haline getirilmiş, çok daha ince boyuttaki parlatma tozları, özel bez v.s ile kaplanmış diskler üzerine konarak, ilk aşamadan geçirilmiş ve temizlenmiş örneklerin bu diskler üzerinde, daha önce anlatıldığı şekil ve uygulama yöntemi ile parlatılmıştır. Örnekler için, 1000 mesh büyüklüğünde korund tozu ve 0.05 mikron boyutundaki Al_2O_3 tozu, su ile süspansiyon haline getirilmiş ve örneğin ince parlatılma aşamasından bu süspansiyon veya 0.05 mikronluk elmas tozu spreylere kullanılmıştır. Kil oranı yüksek örnekler için parlatma aşamasında su yerine "etil alkol" kullanılmıştır (Toprak, 1996).

Bitümlü şeyl örneklerinin petrografik olarak incelenmesi üstten aydınlatmalı mikroskopla (maden mikroskobu) yapılmıştır. Bitümlü şeyllerin mikroskobik olarak incelenebilen bileşenleri; maseraller, mikrolitotipler ve inorganik maddelerdir.

Parlatılmış örnekler, önce “32x” büyültmeli objektiflerle yağ ortamında ve 20 bölmeli “10x” büyültmeli okülerle taranmış ve tüm örnekler yaklaşık 200 nokta baz alınarak taranmış, maseral ve minerallerin nokta sayımları yapılmıştır.

Mikroskopik gözlemlerde yağ objektifleri kullanıldığı için standartlara uygun kırılma indisi olan özel yağlar (n=1,518) kullanılmıştır. Liptinitler için aynı nokta sayımları floresan ışık altında, aynı örneklere uygulanmış ve liptinit maseralleri tanımlanmıştır.

R_{max} (yansıma) değerleri, genelde inorganik madde, nem, uçucu madde içerikleri ne olursa olsun, doğrudan doğruya kömürlerin kömürleşme dereceleri hakkında bilgi sunmaktır. R_{max} (yansıma) ölçümleri için 32x ve 50x yağ objektifleri kullanılmış ve standartlara uygun şekilde (Stach ve diğ., 1982) gerçekleştirilmiştir. Yansıma değerleri için safir ($R= \%0,548$) ve cam ($R=\%1,23$) standartları kullanılmıştır. Yansıma ölçümleri için Leitz’in “MPV Geor” programı kullanılmıştır. Bu ölçümler için iki ayrı kez örnekler taranarak ölçümler gerçekleştirilmiştir (Toprak,1994).

Ölçümler sonucu çıkan değerler aşağıda verilmiştir:

MP-01 : Çok az miktarda organik madde içeren silttaşı R_{max} : %0,354

MP-02 : Çok az miktarda organik madde içeren silttaşı R_{max} : %0,483

MK-01 : İçerisinde eser miktarda organik madde bulunan silttaşı R_{max} : %1,575

MK-02 : İçerisinde eser miktarda organik madde bulunan silttaşı R_{max} : %1,871

Bu sonuçlar; paleoortam sıcaklığı (Boogs, 1987) (Tablo 3), yansıma değerleri ve (Stach, 1982) (Tablo 4) kömürleşme değerlerini içeren tablolarla değerlendirildiğinde:

Tablo 3. Vitrinit (hüminite) yansımaya değeri (R_{max}) ve teorik paleoortam sıcaklıkları (Boggs,1987).

% Yansımaya (R_{max})	Paleo Sıcaklık ($^{\circ}C$) Değeri	Karşılık Geldiği Kömürleşme Derecesi
<0,48	<100	Subbitümlü Kömür
0,59	125	Subbitümlü Kömür
0,72	145	Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü
0,86	165	Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,00	180	Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,16	195	Orta Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,42	210	Orta Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,50	220	Az Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,70	230	Az Uçucu Maddeli Taşkömürü
1,92	235	Az Uçucu Maddeli Taşkömürü
2,14	240	Semi Antrasit

Tablo 4. Vitrinit (hüminite) yansımaya değeri (R_{max}) ve kömürleşme dereceleri (Stach, 1982).

Kömürleşme Derecesi	% R_{max} (yağda)
Linyit	<0,38
Subbitümlü Kömür	0,38-0,65
Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü	0,65-1,10
Orta Uçucu Maddeli Taşkömürü	1,10-1,50
Az Uçucu Maddeli Taşkömürü	1,50-2,05
Semi Antrasit	2,05-2,80
Antrasit	2,80-4,00
Meta Antrasit	4,00-6,50
Semi Grafit	6,50-9,00
Grafit	>9,00

MP-1 için R_{max} değeri %0.354 olarak ölçülmüş, Stach (1982)'ye göre bu değer linyit kömürleşme derecesine karşılık gelmekte ve Boggs (1987)'ye göre de bu değer $100^{\circ}C$ altında bir paleosıcaklık değerine karşılık gelmektedir.

MP-2 için R_{max} değeri %0,483 olarak ölçülmüş, bu da Stach (1982)'a göre subbitümlü kömürleşme derecesine karşılık gelmekte ve Boogs (1987)'a göre de bu değer $100^{\circ}C$ altında bir paleosıcaklık değerine karşılık gelmektedir.

MK-1 bitümlü şeyl örneği üzerinde ölçülen organik madde refleksiyon (R_{max} yansıma) değerlerinin %1,575 olduğu tesbit edilmiş ve bu değer, Stach (1982) kömürleşme derecesi sınıflamasında az uçucu maddeli taş kömürü kömürleşme seviyesi gösterdiği Boogs (1987)'a göre de yaklaşık $220^{\circ}C$ 'lik bir paleosıcaklık değerine sahip olduğu tesbit edilmiştir.

MK-2 bitümlü şeyl örneği üzerinde ölçülen organik madde refleksiyon (R_{max} yansıma) değerlerinin %1,871 olduğu tesbit edilmiş ve bu değer, Stach (1982)'e göre kömürleşme derecesi sınıflamasında az uçucu maddeli taş kömürü kömürleşme seviyesi gösterdiği Boogs (1987)'a göre de yaklaşık $230^{\circ}C$ 'nin biraz üzerinde bir paleosıcaklık değerine sahip olduğu tesbit edilmiştir.

Bu iki bitümlü şeylin içindeki kömürümsü materyal ortama etkiyen volkanik veya tektonik etkiler sonucu oluşan sıcaklık değerinin geçmişte $100^{\circ}C$ 'den daha az bir etkileşim değerini ortaya çıkarmıştır.

4.4. Organik Jeokimya İncelemeleri

Üst Miyosen yaşlı Ulukışla formasyonundan derlenen bitümlü şeyl örnekleri üzerinde toplam organik karbon (TOC%) miktarı saptanmış ve organik madde tipi belirlenmiştir. Ayrıca yapılan petrografi çalışmaları ile bitümlü kayaların litolojik karakteristikleri ile vitrinit yansıma değerleri ($R_m\%$) bulunmuştur.

4.4.1. Toplam Organik Karbon İçeriği (TOC%)

Toplam organik karbon içeriğinin saptanması, öğütülmüş ve ağırlığı bilinen kayaç örneğinin oksijenli ortamda $700-1600^{\circ}C$ sıcaklıklarda yakılması esasına dayanır. Yanma ürünü olarak ortaya çıkan CO_2 sıra ile su, kükürt ve halojen tutuculardan ve karbon miktarı bilinen bir standartla kalibre edilmiş dedektörden geçer.

Ulukışla bitümlü şeyl sahasında Katrandede ve Kolsuz köyü civarından alınan dört adet örnek üzerinde Leco cihazı kullanılarak yapılan analiz sonucunda, bitümlü şeyllerin %2,47 ile %14,35 arasında değişen oranlarda toplam organik karbon (TOC%) içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5). Genellikle TOC% değeri %10 ve daha yüksek olan bitümlü kayaçlardan sentetik petrol eldesinin ekonomik olduğu bilinmektedir. Buna göre, Ulukışla bitümlü şeylerinin petrol üretebilecek bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Ancak bitümlü kayaçları Ulukışla formasyonundan, kesit güzergahı boyunca numune (oluk numune) derlenerek harmanlandığında steril seviyeler nedeniyle toplam organik karbon (TOC%) içeriğinin düşük çıkacağı kesindir.

4.4.2. Organik Madde (Kerojen) Tipi

Ulukışla bitümlü şeylerinde toplam 4 adet örnek ile Piroliz analizi yapılmıştır. Piroliz analizinde, ısıtılan organik maddeden çıkan hidrokarbonlar saptanır ve S1, S2 pikleri olarak kayıt edilir. S1 piki kaya içerisindeki serbest hidrokarbonları, S2 piki ise kerojenin parçalanmasından ortaya çıkan hidrokarbonları temsil etmektedir. Bu işlem sırasında ayrıca S2 pikinin maksimum sıcaklığı olan T_{max} değeri de ölçülür. Bu piklerin yorumlanması ise aşağıdaki parametreler kullanılarak yapılmaktadır.

$$\text{Hidrojen İndeksi (HI)} = S2 \text{ (ppm)} / \text{TOC (\%)}$$

$$\text{Potansiyel Ürün} = S1 \text{ (ppm)} / S1 \text{ (ppm)} + S2 \text{ (ppm)}$$

$$\text{Potansiyel Verim} = S1 \text{ (ppm)} + S2 \text{ (ppm)}$$

Hidrojen indeksi (HI) değerleri kayanın içindeki kerojenin hidrojen, oksijen indeksi (OI) ise oksijen zenginliğini temsil etmektedir. Genel olarak 200 değerinden büyük HI değerleri petrol türümüne uygun organik maddeyi işaret eder. Piroliz analizlerinde HI değerlendirmeleri kuyularda HI değişim grafikleri ile yapılır.

Üretim index (PI) değeri kayanın içinde hazır halde bulunan sıvı hidrokarbon oranını göstermektedir. PI değeri kayanın olgunlaşması ile birlikte artar. Bu hidrokarbonlar kayanın kendi içinde oluşabileceği gibi dışardan gelerek kayayı kirletmiş olabilir. Kuyularda PI değerlendirmesi PI değişim grafikleri ile yapılır.

Piroliz analizleri elde edilen diğeri bir parametre potansiyel verim parametresidir. S₁+S₂ piklerinin ppm cinsinden ifadesi olan bu parametre esas olarak kayanın petrol türüm potansiyelini gösterir. Potansiyel verim ile kaynak kaya potansiyeli arasındaki ilişki aşağıda özetlenmiştir.

<2000 ppm: Kaynak kaya potansiyeli yok

2000-6000 ppm: orta derecede kaynak kaya potansiyeli

>6000 ppm: İyi kaynak kaya potansiyeli

Piroliz analizi sonucu; S₁, S₂, S₃ ve T_{max} parametreleri bulunmuştur (Tablo 5). Kerojen tipi, hidrojen indeksi (S₂/TOC) ve oksijen indeksi (S₃/TOC) kullanılarak bulunmaktadır. Hidrojen indeksi (HI) ile H/C oranı ve oksijen indeksi (OI) ile O/C arasındaki ilişki nedeniyle HI ve OI grafiği yerine, H/C ve O/C grafiği kullanılabilir (Soylu ve Sinanoğlu, 1979).

HI-T_{max} diyagramında bulunan değerler yerine konduğunda incelenen örneklerdeki kerojen tipinin çoğunlukla Tip I olduğu görülmektedir (Şekil 4). Kerojenin gerekli zaman aralığında ve gerekli sıcaklık altında oluşturacağı petrol miktarı potansiyel verim olarak tanımlanır (Tissot ve Welte, 1984).

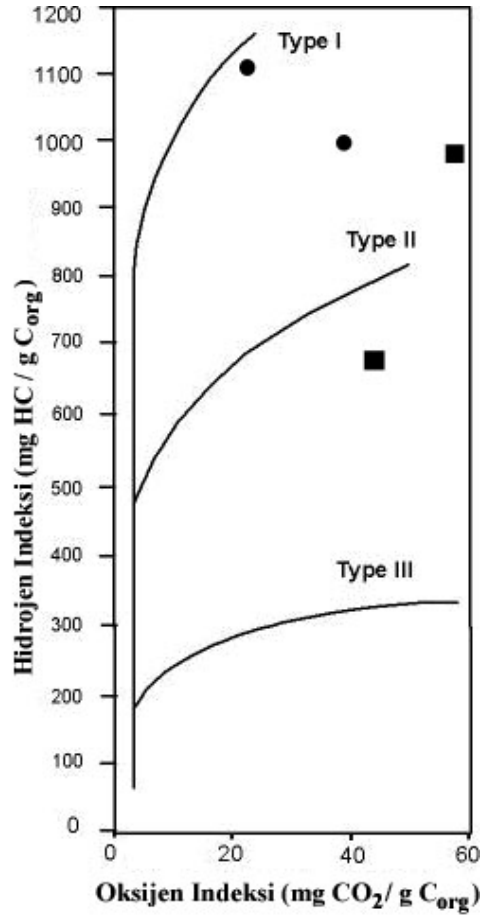
Damıtma ile elde edilen S₁ miktarı kayacık içindeki serbest hidrokarbonları, S₂ miktarı ise kayacık petrol türetebilme özelliğini gösterir. Genellikle 20 000 ppm potansiyel verime sahip kaynak kaya, iyi petrol kaynak kayası olarak değerlendirilmektedir. Bitümlü şeyller için böyle bir tanım verilmemiş olmakla beraber, literatürde 30 000 ppm den yüksek potansiyele sahip bitümlü şeyllerin yüksek kaliteli bitümlü şeyller olduğu belirtilmektedir.

Ulukışla bitümlü şeyl sahasında incelenen MK-01, MK-02 ve MP-02 nolu örneklerin potansiyel verimlerinin oldukça yüksek olduğu ve petrol üretebilecek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu amaçla işletilmesi halinde istifte yer alan steril seviyelerin yoğunluğu kompoze örneklerde potansiyel verimi düşürecektir.

Sonel ve diğ., (1999) yaptıkları araştırmada bitümlü şeyllerin organik madde miktarının (TOC%) 0,2 ile 26,88 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Tablo 5. Toplam organik karbon (TOC %) içeriğinin hesaplanması.

Lokasyon	Örnekler	TOC (%)	Tmax (°C)	S ₁ (ppm)	S ₂ (ppm)	S ₃ (ppm)	HI (S ₂ /TOC)	OI (S ₃ /TOC)	PV (S ₁ +S ₂)
Katrandede	MK-01	11,87	443	807	117692	5042	991	42	118499
	MK-02	14,35	443	1284	158573	3101	1105	21	159857
Kolsuz	MP-01	2,47	437	68	16438	1683	665	68	16506
	MP-02	3,93	426	1897	37786	1884	961	47	39683



Şekil 4. H/C diyagramında kerojen tesbiti ve örneklerin (●: Katrandede Tepe, ■: Kolsuz) bu diyagramdaki dağılımları.

4.5. İnorganik Jeokimya İncelemeleri

4.5.1. X-ışını Kırınımı (XRD) Analizleri

X-ışını kırınımı, numuneyi oluşturan bilinmeyen kristalin fazın nitel mineralojisi ve karışım halindeki kristalin fazların nitel ve nicel mineralojisinin yorumlanması ilkesine dayanır.

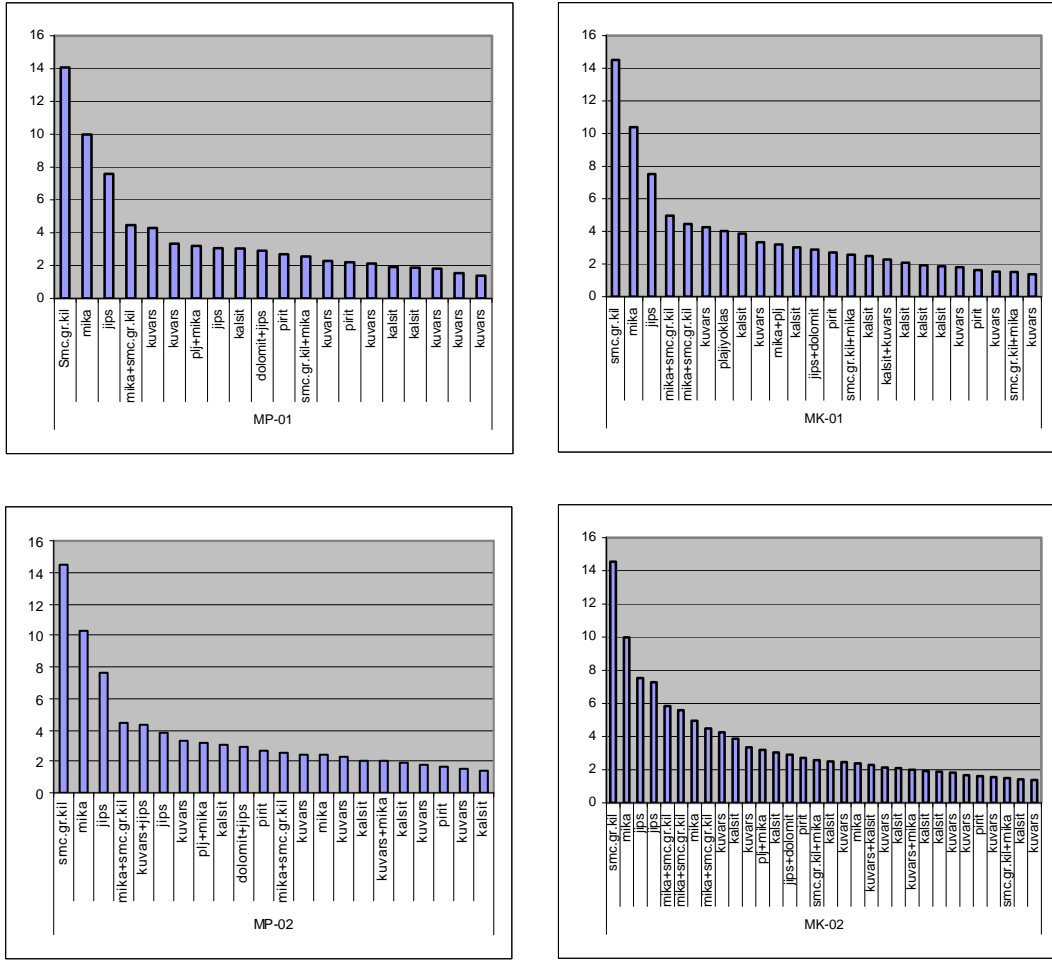
Sedimentolojik araştırmalar için gerek duyulan kil mineralojisi incelemelerinin yapılması için mostradan alınan kayaç numuneleri önce kırılıp ufalanarak ve/veya agat havanda elde öğütülmek suretiyle <10 µ dane boyutuna getirilir ve kumtaşı ve şeyl gibi kırıntılı kayaçların kırma ve ufalama aşamasından sonra numunenin ilksel disagregasyonu sağlanmalıdır. Bu işlem için bir karıştırıcı ve ultrasonik banyoya ihtiyaç vardır. Ufalanmış örnekten yeteri kadar temsili olarak alınarak bir beher içinde 200 ml distile su ile 2-3 dakika karıştırılır ve kil süspansiyonunun oluşumu sağlanır. Sonra bu süspansiyon vakit geçirmeden temiz ayrı bir behere konup ultrasonik banyoda 30 dakika tutulur. Ultrasonik banyodan alınan numune 1-2 dakika bekletildikten sonra süspansiyon santrifüj kabına boşaltılır ve numune çökene kadar santrifüjlenir (genellikle 3000 rpm de 3-5 dakika). Bazen disagregasyon sırasında analiz için yeterli miktarlarda kil örneği sağlanamaz bunun için yukardaki işlem birkaç kez tekrarlanarak yeterli miktara ulaşabilir. Bu işlem sonucunda süspansiyon halde elde edilen kil örneği analiz için hazırdır (Saka, 1997).

Bitümlü şeyl numuneleri MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi'nde aşağıdaki deney düzeneği ve koşullarında kırınım analizine tabi tutulmuştur. Difraktometre tipi: PW3710 BASED; Tüp anodu: Cu; Jeneratör gerilimi: 40 kV; Jeneratör akımı: 55 mA; Dalga boyu Alfa1(Å):1.54060; Dalga boyu Alfa2 (Å): 1.54439; Intensite oranı (alfa2/alfa1): 0.500; Diverjans sliti: 1°; Alım sliti: 0.2°; Monokromatör kullanıldı; Başlama açısı: 2.510 2θ, Adım aralığı (2θ): 0.020; Max. intensite: 30.2500 CPS; Her adımdaki süre: 0.250 s; Tarama tipi: Devamlı; Düzgünleştirme faktörü: 1.

Yapılan X-ışını kırınım analizleri sonuçları Şekil 5 ve Tablo 6'de yarı kantitatif ve kalitatif olarak gösterilmektedir.

Tablo 6. X-ışını kırınımı analiziyle belirlenen mineraller ve yarı-kantitatif bollukları (M: majör; m: minör).

Mineral	MK-1	MK-2	MP-1	MP-1
Smektit	M	M	M	M
Mika	M	M	M	M
Jips	M	M	M	M
Kuars	M	M	M	M
Kalsit	m	m	m	m
Dolomit	m	m	m	m
Pirit	m	m	m	m
Plajiyoklaz	m	m	m	m



Şekil 5. X-ışını kırınımı sonuçlarının yarı-kantitatif değerlendirmesini gösteren histogramlar.

4.5.2. İndüktif Eşli Plazma (ICP) ile Element Analizleri

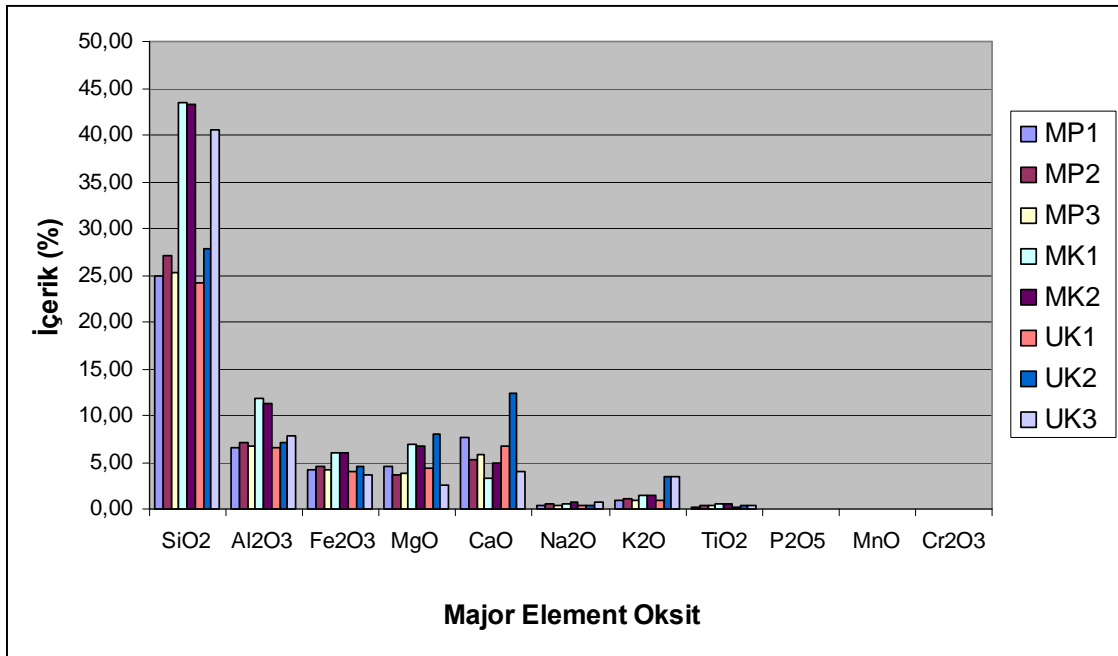
Çalışma sahasından alınan örneklerden seçilen 8 adet örnek (MP1, MP2, MP3, MK1, MK2, UK1, UK2 ve UK3) major, nadir toprak ve metalik elementler için Acme Laboratuvarlarında analiz edilmiştir: Toz haline getirilmiş olan örneklerden 0.2 gr'lık kısımlar LiBO_2 ile ergitilmiş ve ICP-ES sisteminde 4A grubu elementleri için analiz edilmiştir. Ergitilme sırasında buharlaşan elementler (kükürlü bileşikler, su ve karbonlu bileşikler halinde bulunan elementler) LOI olarak rapor edilmiştir. Toplam C ve S analizi LECO ile yapılmıştır (Tablo 7).

Aynı örneklerden 0.2 gr'lık miktarlar aynı yöntemle analize hazırlanmış ve ICP-MS sisteminde nadir toprak elementleri için analiz edilmiştir (Tablo 8).

Bu örneklerden 0.5 gr'lık kısımlar 3 ml 2-2-2 HCL-HNO₃-H₂O ile 95°C'de 1 saat yıkanma işlemine (leaching) tabi tutulmuş, bu çözelti daha sonra 10 ml'ye seyreltilmiş ve 1 DX elementleri (seçilmiş metalik elementler) için ICP-MS ile analiz edilmiştir (Tablo 9).

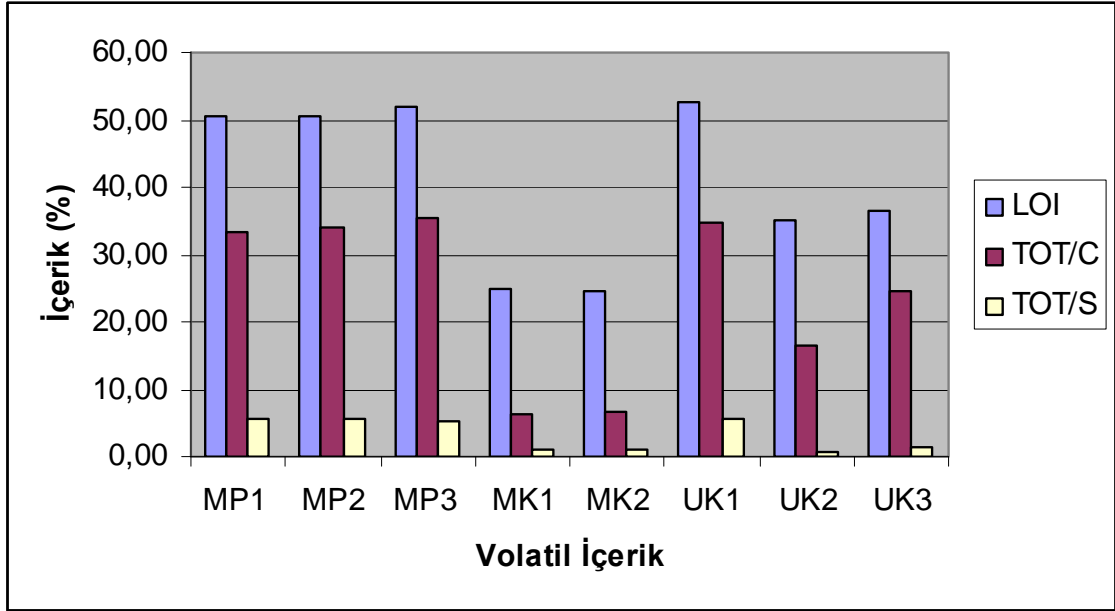
Tablo 7. Major element analiz sonuçları (ICP-ES; sonuçlar % olarak verilmiştir).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	TOT/C	TOT/S	Toplam
MP1	24,99	6,49	4,17	4,61	7,55	0,39	0,95	0,27	0,06	0,04	0,014	50,60	33,48	5,52	100,17
MP2	27,13	7,17	4,48	3,60	5,20	0,49	1,16	0,31	0,08	0,04	0,016	50,60	34,09	5,78	100,22
MP3	25,24	6,79	4,18	3,80	5,79	0,32	1,00	0,29	0,08	0,04	0,017	52,04	35,33	5,29	99,97
MK1	43,43	11,80	6,06	7,00	3,23	0,49	1,44	0,46	0,06	0,04	0,021	25,06	6,31	1,04	99,68
MK2	43,21	11,29	6,03	6,69	4,90	0,71	1,44	0,46	0,07	0,04	0,020	24,70	6,54	1,05	99,61
UK1	24,10	6,47	4,04	4,40	6,69	0,35	0,94	0,27	0,07	0,04	0,016	52,50	34,9	5,49	99,92
UK2	27,77	7,18	4,47	8,08	12,43	0,39	3,47	0,35	0,06	0,05	0,016	35,00	16,59	0,79	99,30
UK3	40,55	7,84	3,57	2,55	4,09	0,80	3,46	0,43	0,02	0,03	0,013	36,50	24,72	1,52	99,88



Şekil 6. Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen major oksit içerikleri.

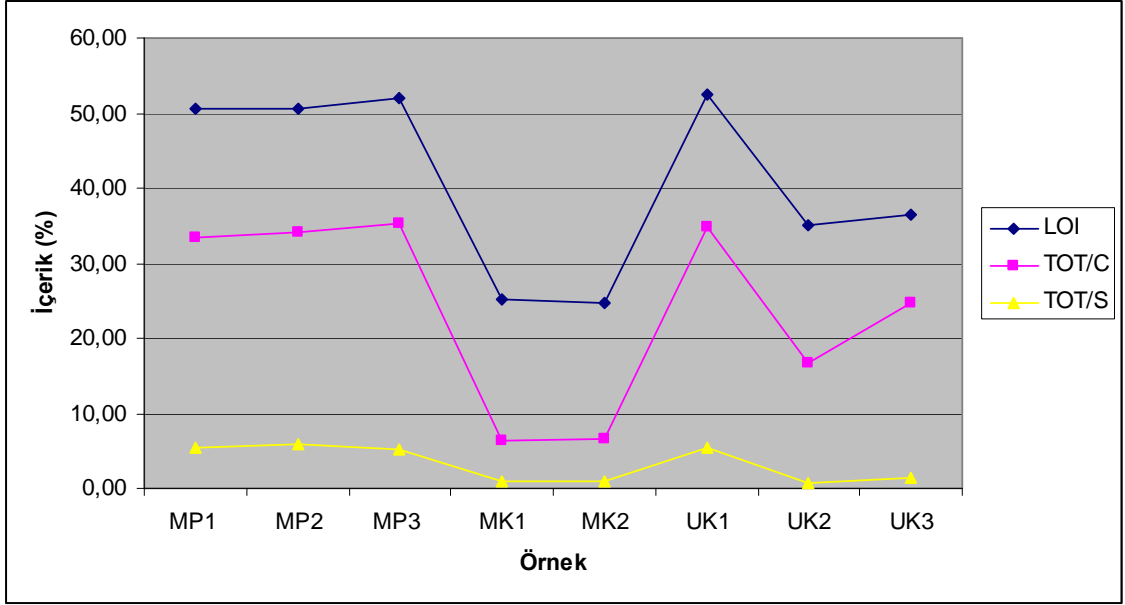
Örneklerin silika içeriği genel olarak diğer tüm major oksitlerle pozitif korelasyon göstermektedir. Buna karşın volatil içeriği temsil eden karbon ile kükürt içerikleri ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 6 ve 7).



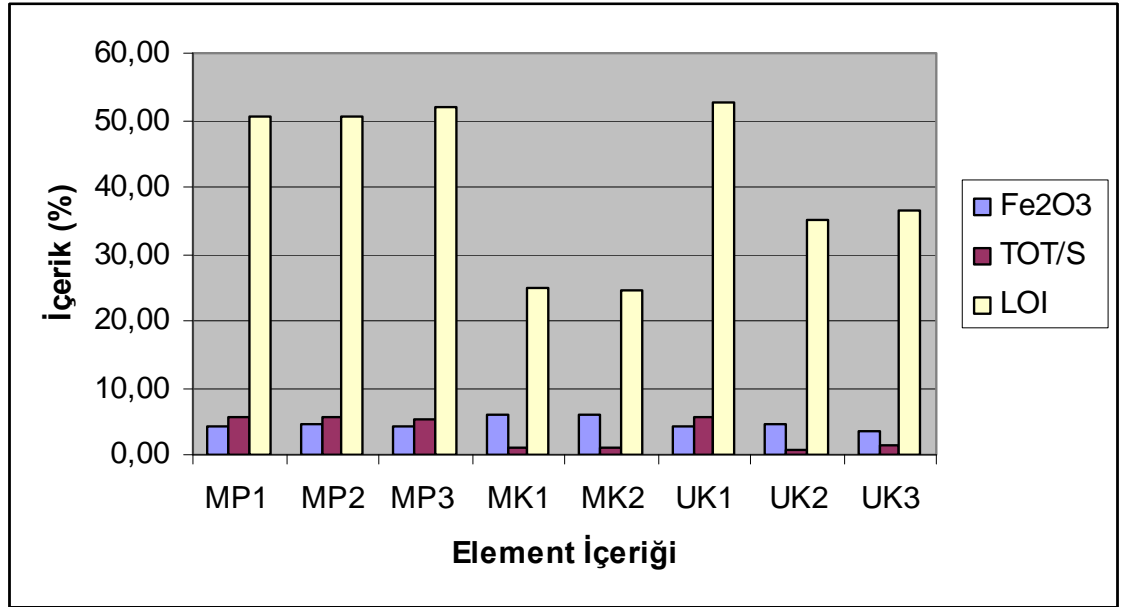
Şekil 7a. Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen volatil madde içerikleri.

MP3 ve UK3 nolu örneklerin örnek hazırlama sürecinde diğerlerine göre daha koyu renkli oldukları gözlenmiştir. Organik içeriğin artması ile şeyl örneklerinin rengi koyu griye dönmekte, bu da daha yüksek LOI içeriği ile desteklenmektedir. LOI oranı TOT/C, TOT/S H₂O ve SO₄ içeriği ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermekte, bu da karbon ve sülfat bileşiklerinin LOI'ini temsil ettiğini göstermektedir (Şekil 7a ve 7b).

MK1, MK2, UK2 ve UK3 nolu örneklerde yüksek demir içeriğine karşın düşük TOT/S içeriği, örneklerde demirin pirit olarak bulunmadığını, magnetit olarak bulunduğunu ki bu gerek yüksek titanyum ve düşük LOI içerikleri ile desteklenmektedir. MK nolu örneklerde XRD sonuçlarındada çok düşük pirit tespit edilmiştir (Şekil 8).

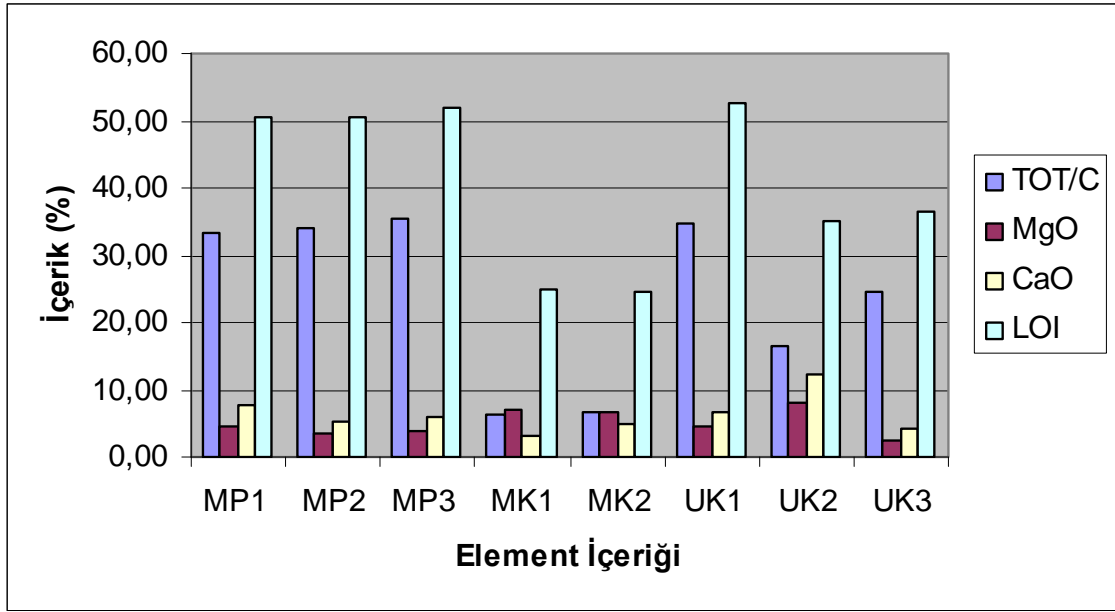


Şekil 7b. Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen volatil madde içerikleri (LOI), toplam karbon (TOT/C) ve toplam kükürt (TOT/S) içeriklerinin pozitif korelasyonu.



Şekil 8. Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen demir-kükürt-volatil madde içerikleri.

UK2 ve UK3 nolu örneklerdeki yüksek potasyum içeriğinin yüksek illit içeriğine bağlı olduğu sanılmaktadır. Ancak; bu örneklere ait XRD verisinin bulunmadığından bu yoruma itina ile yaklaşılmalıdır.



Şekil 9. Seçilmiş örneklerin ICP-ES analizi ile elde edilen magnezyum-kalsiyum-toplam karbon-LOI içerikleri.

MK1, MK2 ve UK2 nolu örnekler de karbonun kalsit ve/veya dolomit olarak bulunduğunu, bunun LOI oranı ile de desteklendiği gözlenmiştir (Şekil 9).

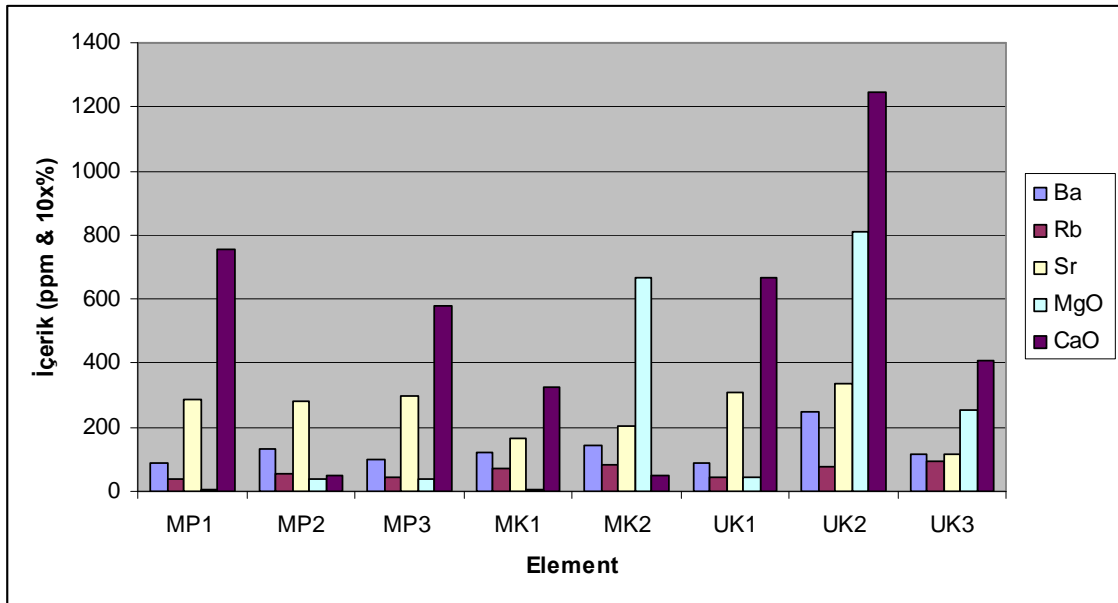
Tablo 8. Nadir toprak element (NTE) ve diğer iz element analiz sonuçları (ICP-MS; sonuçlar ppm olarak verilmiştir).

	La	Ce	Nb	Hf	Ta	Sm	Eu	Yb	Lu	Cs	Ba	Ga	Rb	Sr	Th	U	V	Zr
MP1	9,1	16,9	3,9	1,5	0,3	1,3	0,35	0,6	0,1	3,8	90	7,6	40,0	284,8	6,8	2,5	95	34,6
MP2	12	22,1	4,6	1,7	0,4	2,1	0,48	0,73	0,13	5,0	134	9,1	52,5	282,9	6,9	3,1	129	46,2
MP3	10,3	18,7	4,5	1,3	0,3	1,5	0,37	0,81	0,12	4,7	101	8,1	46,0	299,5	6,2	2,1	113	41,4
MK1	13,5	25,9	7,7	1,8	0,6	2,5	0,51	1,26	0,17	8,9	124	13,8	73,5	162,7	9,7	7,7	161	61,1
MK2	16,4	32,4	9,0	2,9	0,8	2,7	0,63	1,56	0,19	9,6	141	15,0	84,6	203,1	7,8	6,8	173	78,1
UK1	11	21,6	4,1	1,3	0,3	1,8	0,39	0,8	0,11	4,4	88	7,8	43,1	307,1	2,8	3,1	109	39,2
UK2	12,8	23,2	6,7	1,5	0,4	2,6	0,60	0,97	0,13	2,4	250	8,6	75,9	334,3	9,4	4,7	81	40,1
UK3	7,1	12,7	7,2	1,6	0,5	1,0	0,23	0,49	0,08	5,8	118	8,7	92,2	116,1	1,9	1,2	66	47,5

Tablo 9. Metalik element analiz sonuçları (ICP-MS; sonuçlar Au için ppb diğer elementler için ppm olarak verilmiştir).

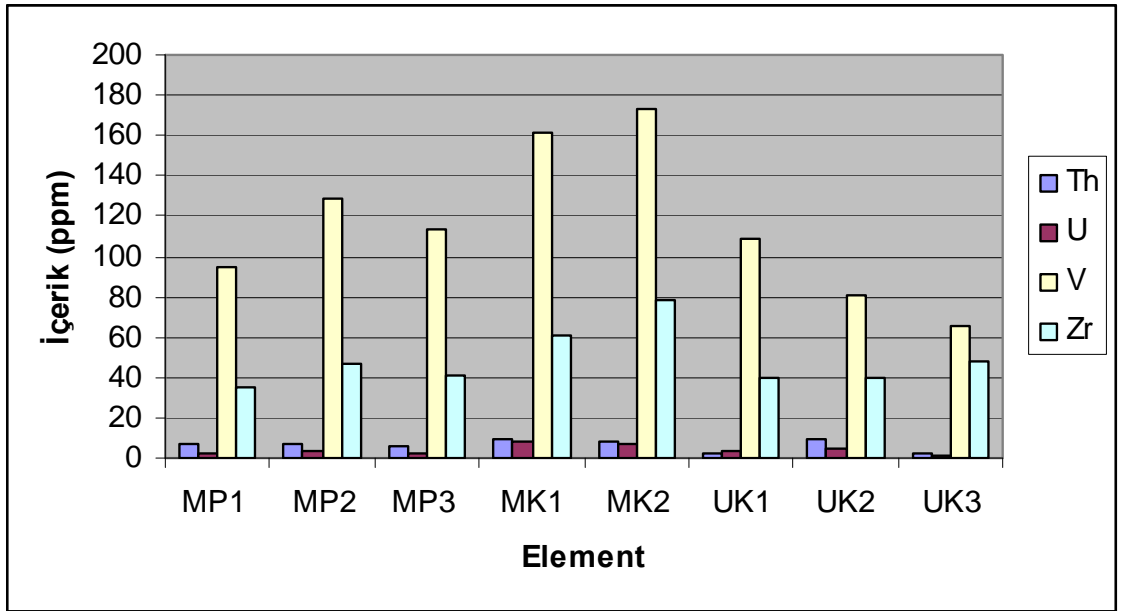
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Se	Co	W
MP1	30,00	45,60	13,40	119	189,9	9,2	0,3	0,5	0,3	0,1	1,1	0,06	2,3	29,8	0,7
MP2	32,20	80,60	53,50	94	198	9,9	0,5	0,5	0,3	12,7	215,5	0,06	2,6	37,5	1,8
MP3	36,60	49,30	49,70	130	191,	10,6	0,5	0,2	0,3	0,2	<0,5	0,05	2,7	33,5	1,0
MK1	29,70	63,30	23,40	122	205,5	52,9	0,5	0,3	0,5	0,1	4,4	0,05	5,2	22,0	1,8
MK2	24,40	66,30	21,90	66	209,5	38,4	0,3	0,3	0,5	0,1	1,1	0,08	4,3	25,4	2,1
UK1	35,00	151,20	16,20	119	178,7	9,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,7	0,03	2,1	31,5	1,5
UK2	8,70	309,70	27,70	243	120,2	12,9	0,3	0,5	0,3	0,1	1,3	0,02	0,6	22,1	0,8
UK3	4,40	125,30	17,70	105	96,3	23,2	0,1	0,3	0,3	0,1	<0,5	0,02	1,0	16,7	1,1

İz element içeriği yönünden oldukça zengin olmalarına rağmen, herhangi bir element için potansiyel önem taşımadıkları görülmektedir. Rubidyum ve stronsiyum hem birbirleri, hem baryum ve hem de CaO ve MgO ile pozitif korelasyon gösteriyor olmaları bunların karbonat mineralleri içinde bulunduğunu göstermektedir. Baryumun TOT/S ile denişmemesi, bu elementin barit olarak bulunmadığını, ancak Şekil 10'da gösterildiği gibi CaO ve MgO ile pozitif korelasyon göstermesi, baryumun karbonat yapılarında bulunmuş olabileceğini önermektedir.

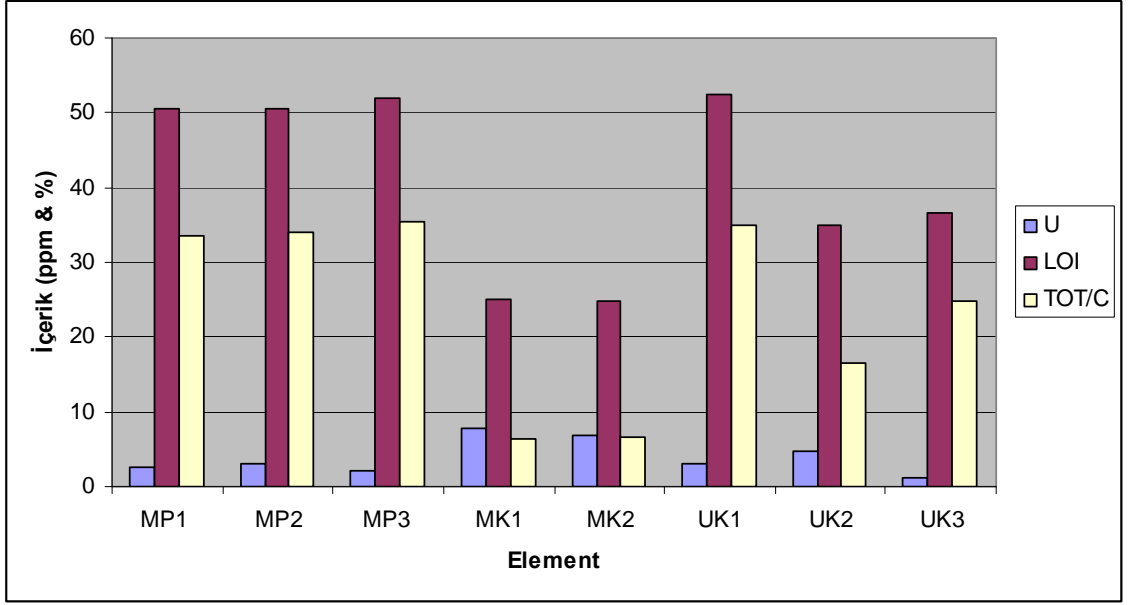


Şekil 10. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve pozitif korelasyon gösteren baryum, rubidyum, stronsiyum, CaO ve MgO içerikleri.

Uranyum içeriği tüm örneklerde 1 ila 8 ppm arasında değişmekte, toryum ve vanadyum ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Bu üç elementin zirkonyum ile pozitif korelasyon göstermesi, uranyumun şeyllerde zirkon yapısında bulunabileceğinin kuvvetli bir göstergesidir (Şekil 11). Buna ilaveten uranyum içeriği LOI ve TOT/C içerikleri ile negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 12). Kül analizi yapılmamasına rağmen, bu negatif ilişki, en azından uranyumun organik olarak değil, inorganik olarak bulunduğunu göstermektedir. Ancak bunun tehiti için, kül analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

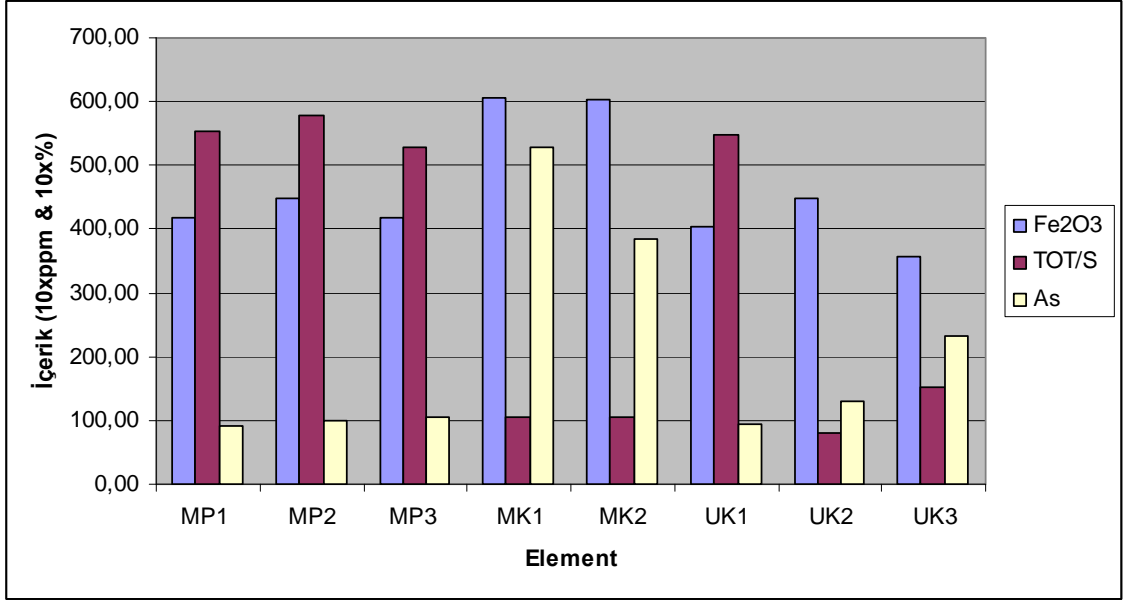


Şekil 11. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve pozitif korelasyon gösteren uranyum, toryum, vanadyum ve zirkonyum içerikleri.



Şekil 12. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve negatif korelasyon gösteren uranyum ve LOI – TOT/C içerikleri.

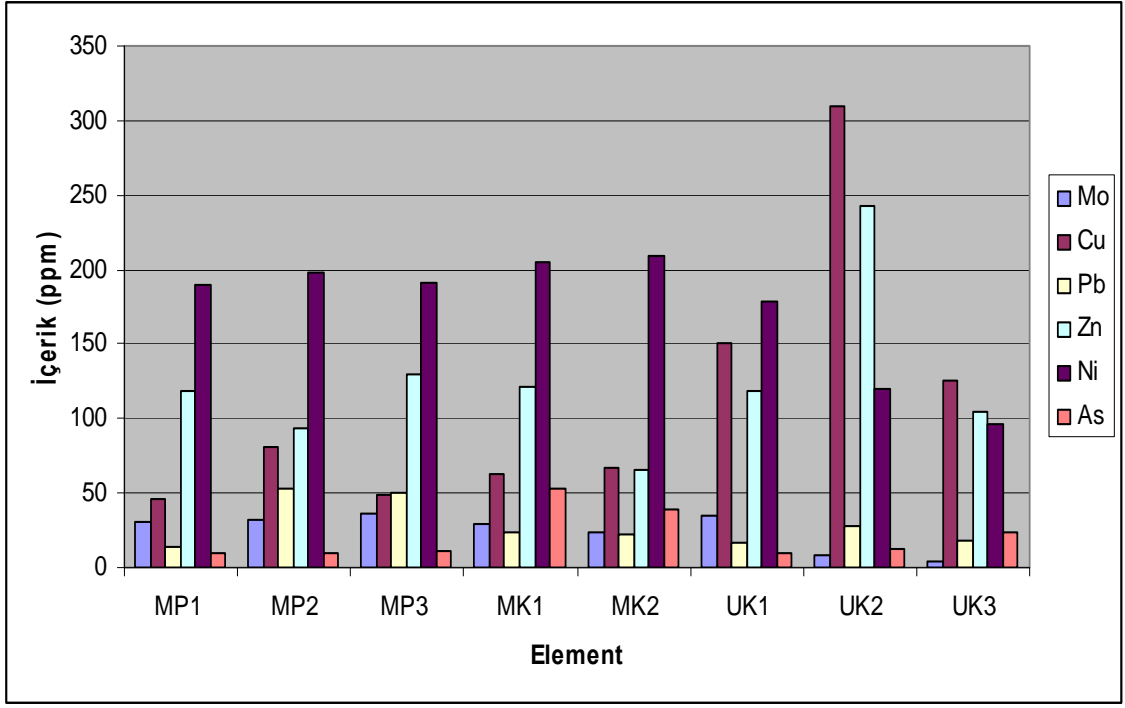
Altın ve gümüşçe oldukça fakir olan bitümlü şeyler, 309 ppm'lere varan bakır değerleri göstermektedir. Bazı metallerin birbirlerinden bağımsız değişmesi, bulunuşlarında bağımsız olabileceğini ima etmektedir. Söz konusu kayaçların mineralojik bileşimleri göz önüne alındığında, bu elementlerin bir kısmının kil yüzey adsorpsiyonu ile iyon olarak tutulmuş olmaları da olasıdır. Arsenik demirden bağımsız olarak davranmakta, dolayısı ile arsenopirit olarak ve/veya diğer bazı metallerin kristal yapısında bulunmuş olabileceğini önermektedir (Şekil 13). Altın ve arsenik dağılımı da bağımsız gözükmektedir.



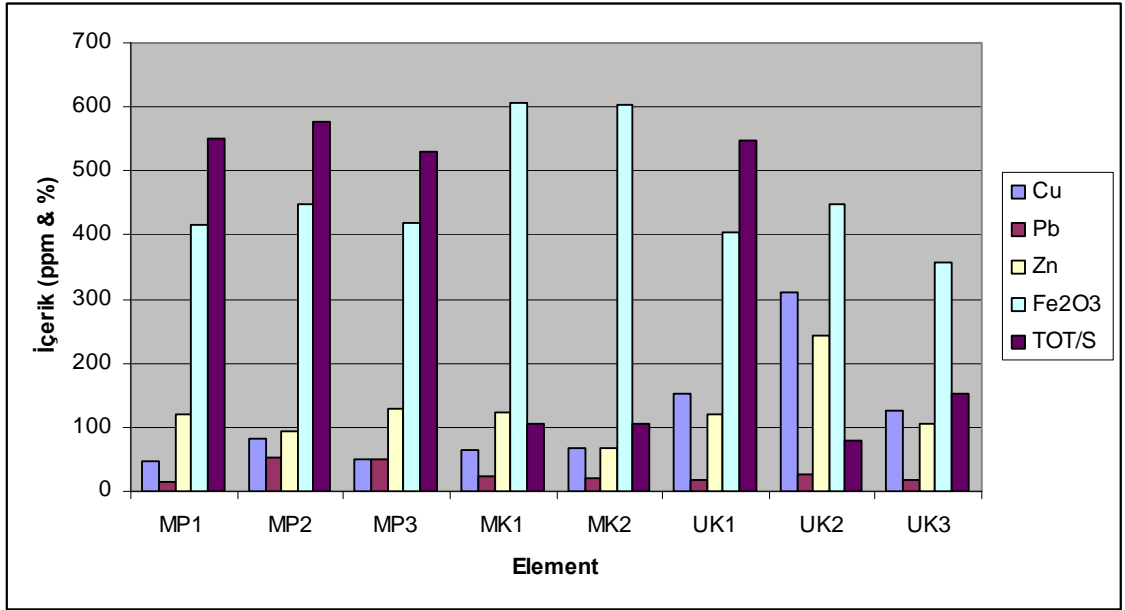
Şekil 13. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve bağımsız dağılım gösteren arsenik, demir-oksit ve TOT/S içerikleri.

Analiz edilen örneklerde, nikel, kobalt ve bakır elementlerinin kurşun ve çinkoya oranla daha bol bulunmaları, yöre kayaçlarının ve beslenme havzasında drene edilen litolojilerin mafik, ultramafik tabiatlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu metallerin havzaya iyonlar halinde veya mekan kayaç/mineralerin alterasyonu sonucu fiziksel olarak taşınmış olabilecekleri speküle edilmektedir.

Analiz edilen örneklerdeki baz metal içerikleri TOT/S ile yorumlandığında, bu metallerin bileşik olarak bulunmaktan çok, iyon olarak ana kayaç yapıcı minerallerin kristal kafes yapılarında ya da kil minerallerinin yüzeylerinde tutulmuş olarak bulunabileceklerini önermektedir. MK1, MK2, UK2 ve UK3 nolu örneklerde ise demirin daha çok oksit olarak, diğer örneklerde ise sülfid (esas olarak pirit şeklinde) bulunmuş olabileceği muhtemeldir (Şekil 15).



Şekil 14. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve genelde bağımsız dağılım ve zayıf pozitif korelasyon gösteren metalik element içerikleri.



Şekil 15. Seçilmiş örneklerin ICP-MS analizi ile elde edilen ve bağımsız dağılım gösteren baz metal ve TOT/S içerikleri.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Toplam organik karbon miktarı petrolün oluşmasını sağlayan tüm organik maddenin miktarı hakkında bilgi verir ve kayanın organik maddelerce zenginliğinin bir ölçüsüdür. Toplam organik karbon miktarı, kaya içerisinde kerojene ilişkin karbon miktarı ile kerojenden türemiş fakat kaya dışına atılmamış hidrokarbonlara ait karbon miktarlarının toplamıdır. Organik jeokimyasal yöntemlerden yararlanarak ana kayaların hidrokarbon üretip üretmeyecekleri kolaylıkla anlaşılabilir. Bir kayanın kaynak kaya olabilmesi için içermesi gereken en az Toplam Organik Karbon (TOC) değeri şeyller için %0,5 karbonatlı kayaçlar için %0,3 olarak kabul edilmektedir. Kerojen içindeki H/C ve O/C oranları kerojenin kökenini belirlemede son derece yararlı verilerdir.

Organik petrografik analiz sonuçlarında Katrandede tepeye ait örnekler petrol elde edilebilir nitelikte organik madde içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Oksijen ve hidrojen indeksi kullanılarak örneklerde bulunan kerojenin çoğunlukla Tip I kerojen olduğu tespit edilmiştir.

Örneklerde LOI oranı TOT/C ve TOT/S içeriği ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermekte, bu da karbon ve sülfat bileşiklerinin LOI'ı temsil ettiğini göstermektedir.

X-ışını kırınımı analizlerinde ise smektit grubu killeri, mika, jips, plajiyoklas feldispat ve kuvars mineralleri ana kayaç yapıcı mineraller olarak tespit edilmiştir.

Bitümlü şeyllerin major element içerikleri, mineralojik bileşimleri ile paralellik sunmaktadır.

İz element analizleri, bitümlü şeyllerin oldukça çeşitli element içeriğine sahip olduklarını, ancak potansiyel önem gösteren değerlerin mevcut olmadığını göstermiştir. Ancak bazı örneklerde bakır, çinko ve nikel önemli değerlere varabilmektedir.

Uranyum içeriği toryum ve vanadyum ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Bu üç elementin zirkonyum ile pozitif korelasyon göstermesi, uranyumun şeyllerde zirkon yapısında bulunabileceğinin kuvvetli bir göstergesidir. Buna ilaveten uranyum içeriği LOI ve TOT/C içerikleri ile negatif korelasyon göstermektedir. Bu da bu konudaki bulgu ve öneriyi desteklemektedir.

KAYNAKLAR

- Alıyev, S., Sarı, A., (2002). Holosen Mollusklarında İz Element Birikimi (GB Marmara) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:15 Sayı:1, 153-162
- Boogs, S.Jr., (1987). Principles of Sedimentology and stratigraphy, Macmillan Publishing Co., New York.
- Degens, E.T., Larsen, G., and Chilingar, G.v., (Ed.), (1967). Developments in Sedimentology 8, Diagenesis in Sediments.
- Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı D.Y., Selim, M., Turhan, N., (1973). Bolkardağlarının Jeolojisi. Cumhuriyet'in 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, MTA Yayını, Sayfa: 608 Ankara
- Filippidis, A., Georgakopoulos, A., Kassoli-Fournarakı, A., Misaelides, P., Yiakkoupis P., Broussoulis J., (1996). Trace Element Contents in composited samples of Three Lignite Seams From the Central Part of the Drama Lignite Deposit, Macedonia, Greece. International Journal of Coal Geology 29 (1996) 219-234
- Heinrich E.W., (1958). Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials. Mc.Grow-Hill Book Comp. Inc.
- Hutton, A.C., (1987). Petrographic Classification of Oil Shales. International Journal of Coal Geology, 8, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, pp. 203-231.
- Miles, A.J., (1989). Illustrated Glossary of Petroleum Geochemistry. Clarendon Pres Oxford, New York, USA.
- Oktay, F.Y., (1982). Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi. TJK Bülteni C:25 Sayfa: 15-23

Saka, A.H., (1997). X-Işınları Toz Kırınım Yönteminin Temel Prensipleri ve Laboratuvar Şartlarının Standardizasyonu. MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Başkanlığı Mineraloji Araştırma Koordinatörlüğü (yayımlanmamış) Ankara.

Saxby, J.D., (1976). Chemical Separation and Characterization of Kerogen From Oil Shale. İn: T.F. Yen and G.v. Chilingar (Editors), Oil Shale. Elsevier, Amsterdam, pp.101-127.

Sarı, A., (1997). Organik Jeokimya A.Ü.F.F.Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No.47

Sarı, A., Sonel, N., (2000). Görsel Bitümlü Kayaçların Organik Jeokimyasal Özellikleri ve Ekonomik Kullanım Olanakları.Yer Bilimleri. Sayı: 37-55-72

Sonel, N., Sarı, A., Toprak, Ö. ve Şengüler, İ., (1999).Ulukışla Bitümlü Şeyllerinin Organik Jeokimyası ve Ekonomik Kullanım Olanakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, 67, Isparta.

Sonel, N., Sarı, A., Toprak, Ö. ve Şengüler, İ., (1999). Ulukışla (Niğde) Bitümlü Şeyllerinin Jeokimyasal İncelemesi. Selçuk Üniversitesi Müh. ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 4, Sayı. 2, 77-88, Konya.

Soylu, C., Sinanoğlu, E., (1979). Petrol Türümü ve Göçme İlkelerinin Petrol Arama Bölgelerinin Saptanmasında Uygulanması. Yeryuvarı ve İnsan, Cilt. 4, Sayı: 2, 31-35, Ankara

Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. And Teichmüller, R., (1975). Stach's Textbook of Coal Petrology, Translation and English Revision by D.G. Murchison, G.H Taylor and F.Zierke (Editors). Gebruder Borntrager, Stuttgart, 536 pp.

Stach, E., Mackowsky, M. Th., et al (1982): "Stach's Textbook of Coal Petrology", Berlin

Şengüler, İ., (1999). Seyitömer (Kütahya) Petrollü Şeylleri. (Doktora Tezi) Ankara.

Şengüler, İ. ve Sonel, N., (1998). Bitümlü Şeyllerin Toprak Güçlendirici Olarak Kullanılması. 15.Türkiye Jeomorfoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 36, Ankara.

Şengüler, İ. ve Sonel, N., (1999). Enerji Hammaddesi Olarak Bitümlü Kayaçlar; Seyitömer Bitümlü Marnlarının Katı Yakıt Olarak Kullanımı. BAKSEM' 99-1.Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 136-142, İzmir.

Şengüler, İ., (2001). Türkiye Bitümlü Şeyllerinin Gap Bölgesinde Toprak Güçlendirici Olarak Kullanılması İmkanlarının Araştırılması ve Geliştirilmesi. MTA Rap.No: 10463 (yayımlanmamış).

Tissot, B.P. and Welte, D.H. (1984). Petroleum Formation and Occurrence. Second Revised and Enlarged Edition. Springer-Verlag, p. 699, Berlin.

Toprak, S., (1994) Kömür Petrografisi ve Çökelim Ortamları. MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi (yayımlanmamış). Ankara

Toprak, S., (1996). Alpagut-Dodurga (Osmancık-Çorum)Bölgesi Çevresindeki Kömürlerin Oluşum Ortamları ve Özelliklerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi)

Waples, D.W., (1981). Organic Geochemistry For Exploration Geologist. Colorado School of Mines. 151 p.

Yılmaz, H., (1988). Uranyum ve Toryum Jeokimyası. MTA Yayınları Eğitim Serisi No:29 Ankara

Yoldaş, R., (1973). Ulukışla (Niğde) Bitümlü Şist Alanının Jeolojisi ve Ekonomik Olanakları. MTA Dosya No: 5050 (Yayımlanmamış).