ANKARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BATI KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YER ALAN ZONGULDAK FORMASYONU'NUN KUYU VERİLERİYLE PETROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nil KÜÇÜKKUŞ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2014

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Nil KÜÇÜKKUŞ tarafından hazırlanan **"Batı Karadeniz Bölgesi'nde Yer Alan Zonguldak Formasyonu'nun Kuyu Verileriyle Petrofiziksel Özelliklerinin İncelenmesi"**adlı tez çalışması 25/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Turhan AYYILDIZ
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Asuman TÜRKMENOĞLU
ODTÜJeoloji MühendisliğiAnabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Turhan AYYILDIZ
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

25.06.2014

Nil KÜÇÜKKUŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BATI KARADENİZ BÖLGESİ'NDE YER ALAN ZONGULDAK FORMASYONU'NUN KUYU VERİLERİYLE PETROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nil KÜÇÜKKUŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Turhan Ayyıldız

İnceleme konusu, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yüzeyleyen Vestfaliyen (Karbonifer) yaşlı Zonguldak-formasyonu kırıntılılarının hazne kaya karakteristiklerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, Amasra- Bartın arasında açılan üç ayrı (Amasra-1, Çakraz-1, Gegendere-1) kuyudan alınan veriler ve kuyu loglarıyla petrofiziksel değerlendirme yapılmıştır. Petrografik analizlerine göre kumtaşları genellikle gri renkli, orta-iri taneli ve kötü boylanmalı olup litik arenit, sublitarenit, feldispatik arenit, karbonat çamurtaşı ve kuvars arenit bileşimindedir. Kumtaşlarında yapılan SEM-kil fraksiyonu XRD analizleri sonuçlarına göre; kil tiplerinin illit, klorit, kaolinit hâkim kil mineralleri olduğu ve simektitin düşük oranda olduğu tespit edilmiştir. Killer tane kaplayıcı, gözenek dolgulayıcı ve kaplayıcı olarak gözlenmiştir. Kuyu kompozit loglarının değerlendirilmesi sonucunda 7 fasiyes ve 4 fasiyes birlikteliği belirlenmiş ve bunların menderesli akarsu- taşkın ovası ve gölsel çökellerle temsil edildiği ortaya konulmuştur. Çalışılan kuyulardaki loglar; Gamma Ray, SP, Kaliper, Sonik, Nötron, Yoğunluk, Rezistivite olup, bu loglar yardımıyla litoloji tayini, kil tipleri ve gözeneklilik verileri saptanmıştır. Sonik log değerlendirmeleri sonucunda inceleme konusu kumtaşları düşük gözenekliliğe sahip (%0.01- % 0.69) olduğu belirlenmiştir. Rezistivite loglarına (LLD ve LLS) göre formasyon geçirimsizdir. Elde edilen sonuçlara göre, Zonguldak formasyon'nun hazne kaya potansiyeli inceleme yapılan kuyularda zayıftır. Bu verilere göre, geleneksel hazne kaya potansiyeli olmamasına karşılık, geleneksel olmayan sıkı kumtaşı olarak önem arz edebilir.

Haziran 2014, 136 sayfa

Anahtar Kelimeler: Zonguldak formasyonu, kırıntılı kayaçlar, kuyu logları, sıkı kumtaşı, diyajenez

ABSTRACT

Master Thesis

THE STUDY OF PETROPHYSICAL PROPERTIES OF ZONGULDAK FORMATION BY USING WELL DATA IN LOCATED OF WESTERN BLACKSEA REGION

Nil KÜÇÜKKUŞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Dr. Turhan AYYILDIZ

The subject of the research is the determiantion of the characteristics of reservoir rock of Westfalian (Carboniferous) aged Zonguldak Formatian which is outcropped in Western Black Sea region. For this purpose, thedata collected from three different wells between Amasra andBartın area (Amasra-1, Çakraz-1, Gegendere-1) and well logs evaluated petrophysically. According to petrographic analysis, sandstones are generally grey coloured, fine to medium grained and poorly sorted and they are in composition of lithic arenite, sublitarenite, feldispatic arenite and quartz arenite. According to XRD and SEM analysis, illite, chlorite, kaolinite are dominant clay minerals andsmectit is rare. Clay typeswere observed as grain coatings, pore filling and coating. As a result of evalutionof composite logs, 7 facies and 4 facies associationhave been determined. These facies are evaluated as meandering rivers-flood plains and lacustrine sediments. From Gamma Ray,SP, Caliper, Sonic, Neutron, Density and Resistivity logs of the studied wells, lithologies, clay types and porosity values have been determined. As a result of Sonic log evaluations, studied sandstones possess low porosity values between 0.1 % and 0.69% for Gegendere-1 well. According to Resistivity logs (LLD and LLS),the formation showsimpermeable characteristics. According to petographic and petrophysical results, the reservoir rock potential of the Zonguldak Formation is very lowreservoir quality. Considering these results, though there is no conventional resevoir rock potential, it may have an importance as unconventional tight sandstone potential in the future.

June 2014, 136 pages

Key Words: Western BlackSea region, Zonguldak formation, clastics, tight sand gas, well logs.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlamasından sonuçlandırılmasına kadar beni yönlendiren ve çalışma süresince değerli katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Turhan AYYILDIZ'a, Kompozit kuyu logları ve gerekli kuyu verilerini temin etmemde kolaylık sağlayan PİGM ve TPAO'ya, Tezin her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Ömer ŞAHİNTÜRK'e (TPAO), Arazi çalışmalarım sırasında değerli fikir ve görüşlerini benimle paylaşan Jeoloji Yüksek Mühendisi Muzaffer SİYAKO'ya (TPAO), İnce kesit incelemelerinde büyük yardımları olan Doktor Hüsnü AKYOL'a (TPAO), Kuyu logları ile ilgili verilerin hazırlanmasında ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Bülent SADİOĞLU'na (TPAO), XRD verilerinin yorumlanmasında yardımlarından dolayı Yar. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ'a, En önemlisi; sonsuz sabırları, güvenleri, maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan, beni her zaman her konuda destekleyen aileme, teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Nil KÜÇÜKKUŞ

Ankara, Haziran 2014

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI ..... **i**
ETİK ..... **ii**
ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
TEŞEKKÜR ..... **v**
SİMGELER DİZİNİ ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışma alanı **1**
1.2 Çalışmanın amacı **2**
1.3 Önceki çalışmalar **2**
2.MATERYAL VE YÖNTEM **8**
2.1. Saha çalışmaları **8**
2.2.Laboratuar çalışmaları **8**
2.2.1 Mineraloji ve petrografi çalışmaları **8**
2.2.2 Kuyu logları çalışmaları **9**
2.2.3 Gözeneklilik –geçirgenlik testleri **10**
3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİK KONUMU VE GENEL JEOLOJİSİ **11**
3.1.Stratigrafi **13**
3.1.1 Yılanlı formasyonu **16**
3.1.2 Alacaağzı formasyonu **17**
3.1.3 Zonguldak formasyonu **19**
3.1.4 Çakraz formasyonu **22**
3.1.5 İnaltı formasyonu **24**
3.1.6 Yemişliçay formasyonu **26**
3.2 Bölgenin jeolojik evrimi **27**
4.PETROL JEOLOJİSİ **31**
4.1 Kaynak kaya- hazne kaya özelliği **31**
4.2 Örtü kaya özelliği **32**
4.3 Kapanlar **32**
4.4 Batı Karadeniz Bölgesi petrol sistemi **32**
5. İNCELENEN KUYULARA AİT DETAY BİLGİLER **34**
5.1 Amasra-1 kuyusu (TPAO) **34**
5.2 Çakraz-1 kuyusu (TPAO) **38**
5.3 Gegendere-1 kuyusu (TPAO) **40**
6. ZONGULDAK FORMASYONU KUMTAŞLARININ PETROGRAFİSİ **44**
6.1. Kesinti ve karot örnekleri **44**
6.2 İnce kesit çalışmaları **45**
6.2.1 Kuvarslar **46**
6.2.2 Feldispatlar **46**
6.2.3 Kayaç parçaları **47**
6.2.4 Kumtaşlarının sınıflandırılması **47**
6.3 XRD analizleri **52**
6.3.1 Değerlendirme **55**
6.4 Taramalı elektron mikroskop saptamaları (SEM) **56**

6.5 Zonguldak formasyonu kırıntılılarının diyajenezi....62
6.5.1 Diyajenez bileşenleri....62
6.5.1.1 Karbonat çimentolar....62
6.5.1.2 Kil mineralleri....62
6.5.1.3 Kuvars çimento....63
6.5.1.4 Sıkışma....64
6.6 Sedimantolojik veriler....65
6.6 Fasiyes birliklerinin genel değerlendirilmesi....69
7.ZONGULDAK FORMASYONU KIRINTILI KAYAÇLARININ PETROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ....75
7.1 Karot ve tapa örneklerinden hazne kaya değerlendirmesi....75
7.1.1 Gözeneklilik (Porozite)....75
7.2. Geçirgenlik (Permeabilite)....76
7.3 Kuyu logları....78
7.3.1 Gamma ray logu (GR)....79
7.3.2 SP logu (Spontaneous Potential)....81
7.3.3 Kaliper logu....84
7.4 Gözeneklilik logları....84
7.4.1 Sonik logu (DT)....84
7.4.2 Densite (Yoğunluk)logu....86
7.4.3 Nötron logu....90
7.5 Rezistivite logları....91
7.6 Kuyu loglarına göre gözeneklilik-geçirgenlik değerlendirmeleri....92
8. TARTIŞMA....95
9. SONUÇLAR....97
KAYNAKLAR....99
EKLER....108
EK 1.1 Amasra-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları....109
EK 1.2 Çakraz-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları....111
EK 1.3 Gegendere-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları....113
EK2.1 Amasra-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri....115
EK 2.2 Amasra-1 kuyusu karot örneklerine ait ince kesit incelemeleri....117
EK 2.3 Amasra-1 kuyusu tapa örneklerine ait ince kesit incelemeleri....118
EK 2.4 Çakraz-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri....119
EK 2.5 Gegendere-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri....121
EK 2.6 Saha örneklerinin mikroskobik tanımlamaları....124
EK 3 Kuyu örneklerinin XRD tanımlamaları....125
EK 4 Kuyu logları
ÖZGEÇMİŞ....136

SİMGELER DİZİNİ

C1	Metan
mD	MiliDarcy
K	Potasyum
Th	Toryum
ϕ	Gözeneklilik
ρma	Matriks yoğunluğu
ρb	Kayaç Yoğunluğu
ρf	Akışkan yoğunluğu

Kısaltmalar Dizini

API	American Petroleum Institute
DT	Logda ölçülen geçiş zamanı
DTma	Matriks geçiş zamanı
DTf	Akışkandan geçiş zamanı
DST	Açık kuyu testi
EDS	Energy Dispersed Spectirum
GC	Gaz kromotograf
GR	Gamma Ray
GRmin	Gamma Ray minimum
Grmax	Gamma Ray maximum
HI	Hidrojen İndeksi
IP	Interactive Petrophysics
Ka	Hava Geçirgenliği
LLD	Derin zonda rezistivite okuması (ohmm)

LLS	Orta zonda rezistivite okuması (ohmm)
MOS	Hareketli petrol doygunluğu
MT	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
PY	Potansiyel alan
RHOB	Matriks yoğunluğu
Ro	Vitrinit yansıma
ROS	Kalıcı petrol doygunluğu
Rxo	Süpürülme zonunda rezistivite değeri
Rt	Temiz zonda rezistivite değeri
SCI	Spor colour index
SP	Spontaneus potential
XRD	X –ışınları Difraksiyonu
SEM	Taramalı Elektron mikroskobu
Tmax	Maximum Sıcaklık
TOC	Toplam Organik Karbon
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
Vb	Boşuk Hacmi
Vg	Gözenklilik Hacmi
Vsh	Şeyl Hacmi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası (Burger vd. 2000) 1

Şekil 3.1 Türkiye'nin genel tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999) 12

Şekil 3.2 Batı Karadeniz Bölgesi'nin tektonik unsurları (Tüysüz vd. 2004)..... 13

Şekil 3.3 Zonguldak ve Ulus sahalarının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Şahintürk ve Özçelik 1983'den değiştirilmiştir.)..... 14

Şekil 3.4 Bartın-Amasra-Çakraz alanının genel stratigrafik kesiti (Derman 1995'den değiştirilmiştir) 15

Şekil 3.5 Yılanlı formasyonu dolomitleri (Yer:Bartın-İnkumu)..... 17

Şekil 3.6 Alacağzı Formasyonu' nun Tarlaağzı mevkiindeki kalın şeylerine genel bir bakış 18

Şekil 3.7 Tüysüz vd. (2004) verileri kullanılarak çizilmiştir..... 20

Şekil 3.8 Zonguldak Formasyonu ve İnaltı Formasyonu kireçtaşları arasındaki ilişkinin genel görünümü..... 21

Şekil 3.9 Zonguldak formasyonu' na ait arazi resimleri..... 22

Şekil 3.10 Çakraz Formasyonu'na ait bordo renkli kumtaşı-çamurtaşı birimlerinin genel görünümü (Mevkii: Bozköy)..... 24

Şekil 3.11 İnaltı Formasyonu ve İnciğez Üyesi'nin Zonguldak'taki görünümü..... 26

Şekil 3.12 Zonguldak-Filyos yolunda yüzeylenen Yemişliçay volkanikleri 27

Şekil 3.13 Karadeniz Bölgesi'nin Albiyen-Senomaniyen'de rekonstrüksiyonu..... 29

Şekil 3.14 Santoniyen-Kampaniyen'de paleocoğrafik rekonstrüksiyonu (Okay vd.).... 29

Şekil 4.1 Batı Karadeniz Bölgesindeki Karbonifer yaşlı kaynak kaya ve Kretase yaşlı hazne kaya verileri ile oluşturulan petrol sisteminin şematik değerlendirmesi (Yalçın vd. 2003)..... 33

Şekil 5.1 Batı Karadeniz Bölgesi'nde açılan kuyulara ait yer bulduru haritası (TPAO)..... 34

Şekil 5.2 Amasra-1 Kuyusu'na ait kompozit log (TPAO 1989'dan değiştirilmiştir)..... 37

Şekil 5.3 Çakraz 1 Arama Kuyusu'na ait kompozit log (TPAO 1989'dan değiştirilmiştir) 40

Şekil 5.4 Gegendere-1 Kuyusuna ait kompozit kuyu logu (TPAO 1994'den değiştirilmiştir.) 43

Şekil 6.1 (a,b) Amasra-1 kuyusunun 1699-1701 m aralığına ait kırıntılıların karot görüntüsü 45

Şekil 6.2 Amasra-1 Kuyusu kesintilerine ait tek nikol ince kesit görüntüleri 48

Şekil 6.3 Amasra-1 Kuyusu karot örneklerine ait ince kesitlerin tek nikol görüntüleri 48

Şekil 6.4 Zonguldak kumtaşlarının Amasra-1 kuyusuna ait modal bileşimi (Folk,1980) 49

Şekil 6.5 Çakraz-1 Kuyusu kesintilerine ait ince kesit görüntüleri 50

Şekil 6.6 Zonguldak Formasyonunun Çakraz-1 Kuyusuna ait modal bileşimi (Folk,1980) 50

Şekil 6.7 Gegendere-1 Kuyusu kesintilerine ait ince kesit görüntüleri 51

Şekil 6.8 Zonguldak Formasyonunun Gegendere-1 Kuyusuna ait modal bileşimi (Folk,1980) 52

Şekil 6.9 1700m karot örneğine özgü difraktogram 54

Şekil 6.10 Çakraz-1 774 m kesinti örneğine ait difraktogram 54

Şekil 6.11 Gegendere-1 1050 m kesinti örneğine özgü difraktogram 55

Şekil 6.12 Amasra-1 kuyu loglarıyla yapılan kil mineralleri sonuçları 56

Şekil 6.13 Th/K oranının alterasyon ve kimyasal olgunlasma ile ilşkisi (Schlumberger 1972) 56

Şekil 6.14 Otijenik kuvarslar ve bunların üzerimde gelişmiş gözenek dolgulayıcı kaolinit yaprakcıkları ve SEM/EDS sonuçları (Amasra-1 1690 m) 58

Şekil 6.15 Tane kaplayıcı simektit yapraklarının oluşumu, mikroporosite ve çözünme etkisi(Amasra-1 1690 m) 59

Şekil 6.16 Otijenik kuvars ve kloritler (Çakraz-1 950 m) 60

Şekil 6.17 Rozet (gülcük) tipte gelişmiş diyajenetik kloritler (Gegendere-1 1204 m) .. 61

Şekil 6.18 Silis çimento ince kesit görüntüleri 63

Şekil 6.19 Kuvars iç bükey-dış bükey dokanağı (a.tek nikol b. çift nikol görüntüsü) 64

Şekil 6.20 Zonguldak Formasyonu kumtaşlarının diyajenetik tarihçesi 65

Şekil 6.21 Amasra-1 kuyusu sedimantolojik logu..... 66

Şekil 6.22 Çakraz-1 kuyusu sedimantolojik logu..... 67

Şekil 6.23 Gegendere-1 kuyusu sedimantolojik logu..... 68

Şekil 6.24 Zonguldak Formasyonu F1 fasiyesi GR log (çan şeklinde geçişli) ve kesinti örnekleri(Amasra1)..... 69

Şekil 6.25 F2-F3-F4 fasiyes ardalanması a)GR log örneği b)ince kesit örnekleri (litik arenit,2580m)(Gegendere1) 71

Şekil 6.26 F6-F7 fasiyes birlikleri a) GR log örneği b) kesinti örnekleri c) ince kesit örneği(kireçtaşı850m)(Gegendere1)..... 72

Şekil 6.27 Zonguldak Formasyonu çökelme ortamı modeli (Kordi vd.2010) 74

Şekil 7.1 a)Zonguldak Formasyonu'na ait yüksek killilik ve düşük gözenekliliğin gözlendiği karot ve b) Bu seviyenin log örneği (1695 m)..... 77

Şekil 7.2 Zonguldak Formasyonu'na ait tapa örneklerinin % gözeneklilik ve hava geçirgenliği (Ka) ilişkisi 78

Şekil 7.3 Çakraz-I Kuyusunun IP programı ile değerlendirilmesi 80

Şekil 7.4 Gegendere-I Kuyusunun IP programı ile değerlendirilmesi 81

Şekil 7.5 Amasra-I Kuyusunda SP logunun değişimi 82

Şekil 7.6 Gegendere-1 Kuyusunda SP logunda negatif yönde değişimin gözlenmesi 83

Şekil 7.7 Amasra-1 Kuyusunda gözeneklilik loglarında kumtaşı fasiyesi okumalarının gözlenmesi..... 88

Şekil 7.8 Yoğunluk **(**densite)-Nötron crossplot (Amasra-1)..... 93

Şekil 7.9 Yoğunluk **(**densite)-Nötron crossplot (Çakraz-1)..... 93

Şekil 7.10 Yoğunluk **(**densite)--Nötron crossplot (Gegendere-1)..... 94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Batı ve Orta Pontid örneklerinin jeokimyasalve gözeneklilik-geçirgenlik analiz sonuçları (Derman ve İztan 1997) 31

Çizelge 5.1 Amasra-1 kuyusu litostatigrafi birimleri (Güner 1989) 35

Çizelge 5.2 Çakraz-1 kuyusu litostratigrafi birimleri (Türker 1989) 38

Çizelge 5.3. Gegendere -1 kuyusu litostratigrafi birimleri (Dölek ve Türker 1994) 41

Çizelge 6.1 İnceleme alanı sondaj karot ve kesinti örneklerinin XRD mineralojik tanımlamaları 53

Çizelge 7.1 Hazne kayada gözeneklilik-geçirgenlik değerleri (Levorson,1967) 76

Çizelge 7.2 Temel karot analiz sonuçları (Amasra-1 Arama Kuyusu) 77

Çizelge 7.3 Zonguldak Formasyonu için sonik logundan hesaplanılan gözeneklilik sonuçları (Gegendere-1) 86

Çizelge 7.4 Kayaçlar için karakteristik matriks yoğunluk değerleri 87

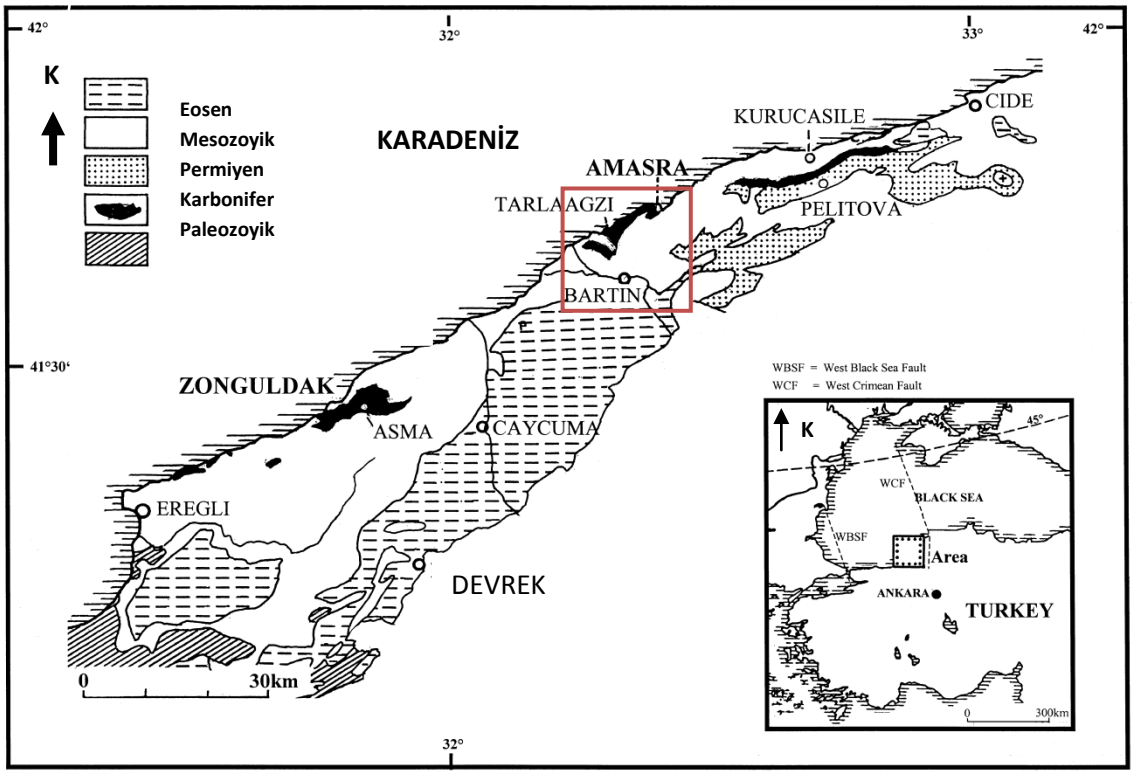
Çizelge 7.5 Zonguldak Formasyonu için nötron-yoğunluk loglarından saptanılan gözeneklilik değerleri (Amasra-1) 89

Çizelge 7.6 Zonguldak Formasyonu için nötron-yoğunluk loglarından saptanılan gözeneklilik değerleri (Çakraz-1) 90

1. GİRİŞ

Çalışma alanı

Çalışma alanı, coğrafik olarak Kuzeybatı Anadolu'da Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Zonguldak E28-c paftasının kuzeydoğusunda yer alan çalışma alanı, Batı Karadeniz Bölgesi, Amasra-Bartın arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır.



Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası (Burger vd. 2000).

1.2 Çalışmanın amacı

Bu araştırma Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan izin kapsamında tamamlanmıştır.Karadeniz bölgesinde bugüne kadar yapılan çalışmalar havzanın petrol aramaları bakımından önemli olduğunu göstermektedir.

Zonguldak Formasyonu için daha çok kömürlü seviyeleri ile gaz potansiyeli için araştırmalar yapılmakta olduğu bilinmektedir (Hoşgörmez2007, Yalçın vd.2003).Yakın zamanda yapılan çalışmalar ise Karbonifer yaşlı çökellerin, hem deniz hem de kara için farklı pek çok hidrokarbon olanağı sunduğunu göstermektedir (Pelin ve Coşkun 1995, Derman ve İztan 1997). Hedef seviye olarak dahaçok sığ fasiyesler hedeflenmesine rağmen daha derin sondajlarda içerisinde gaz bulundurma potansiyeli olan Zonguldak Formasyonu' da önemli olacaktır. Bölgede son günlerde hidrokarbon aramalarına yönelik çalışmalar mevcuttur.Bu güne kadar kaynak kaya potansiyeli açısından araştırmalar bulunmasına rağmen, birimin hazne kaya potansiyeli değerlendirilmemiştir Bu nedenle, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Zonguldak Formasyonu, hazne kaya potansiyeli açısından kuyu logları ve kuyu verileriyle yapılan hidrokarbon çalışmalarına yönelik bilimsel bir araştırma bulunmamaktadır.

Bu nedenle, Amasra-Bartın civarında açılmış olan kuyularda (Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1) kesilen Vestfaliyen yaşlı Zonguldak Formasyonu'nun kumtaşı ve çakıltaşı seviyelerinin, petrol jeolojisi açısından petrofiziksel karakteri ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.3 Önceki çalışmalar

Çalışma alanı ve yakın civarında bilinen en eski çalışma,Amasra yöresindeki kömürler üzerinde Schlean (1852) tarafından gerçekleştirilmiştir.Spratt (1877) Zonguldak civarında kömür içeren tabakaları incelemiş ve kömürlerin kalitesi hakkında bir rapor yazmıştır Daha sonra, Ralli (1895-1896)Eregli-Zonguldak sahasında ilk jeoloji çalısmasını yapmıştır. Sonraki jeolojiçalısmaları genellikle kömür damarlarının yer

aldığı Zonguldak, Amasra, Azdavayyörelerindeki Karbonifer yaslı birimler üzerinde gerçeklesmistir (Derman 1995).

Arni (1938, 1941, 1942)Zonguldak ve Amasra dolaylarında çeşitli jeolojiçalışmalarında bulunmuştur. Ayrıntılı jeolojik çalışmalarını Zonguldak dışında,Azdavay civarında da yürüten araştırıcı, Karbonifer katlarında bölümlemeler vestratigrafi çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmaları sırasında fosil bulguları da sağlamıştır.

Fratschner (1952, 1956)Amasra-Cide arası ve Kumluca-Ulus-Eflani-Azdavayyörelerindejeolojik ve tektonik çalışmalar yapmıştır. Araştırıcı bu çalışmasında Malmve Jura-Kretase sınır kalkerlerini tespit etmiş, karbon bulunma olasılığı olan bölgelerinetüdünü yapmış ve yeni bulunacak kömür mostralarını incelemiştir.

Tokay (1952)Karadeniz Ereğlisi-Alaplı-Kızıltepe-Alacaağzı Bölgesi'nde Paleozoyik'te Üst Siluriyen Alt Devoniyen ve Karbonifer tabakaları bulunduğunu belirtmiştir.

Tokay (1954, 1955)Filyos Çayı Ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağız-Çaycuma bölgesinde,yörenin stratigrafisi, tektonik ve paleocoğrafyasını kapsayan jeolojik bir çalışmayapmıştır.

Yahşıman ve Ergönül (1958)Amasra-Tarlaağzı Taşkömür bölgesinde yapılan sondaj,saha ve galeriden alınan kömür numuneleri ile kömür damarlarının sporolojik etütleriniyapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kömür damarlarının korelasyonu yapılarakdevamlılıkları ve tektonik belirlenmeye çalışılmıştır.

Ketin ve Gümüş (1962)Sinop-Ayancık güneyinde yapmış oldukları jeoloji III. bölgeye dahil olan sahaların jeolojisini incelemişlerdir.

Akyol vd. (1974)Cide-Kurucaşile dolayını kapsayan 1/50.000 ölçekli jeoloji haritası yapımı çalışmalarında, Prekambriyen'den günümüze kadar birçok birim tanımlanışlardır.

Saner vd. (1979)“Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi” isimli raporunda Safranbolu Havzasının jeolojik yapısını ve Tersiyer coğrafyasını incelemiştir.

Siyako vd. (1980) Zonguldak dolaylarının jeolojisi ve hidrokarbon potansiyeli hakkında rapor yazmışlardır.

Saner (1980) Üst Jura öncesinde Avrasya kıtasının devamı halinde olan BatıPontid'lerin, Üst Jura’ da deniz transgresyonuyla sığ bir şelf halinde geldiğini, AltKretase sonlarında güneyde yer alan Tetis okyanusunun kuzey kolunun okyanusalkabugunun Avrasya kıtası altına dalmaya başlamasıyla D-B uzanımlı bir volkanik yaygeliştiğini, bunun ardından kıtasal kabuktaki incelmeye Karadeniz'in oluştugunubelirtmiştir.

Kaya vd (1983) Ereğli Alanının Kretase Stratigrafisi isimli çalışmada Tokay (1952) tarafından önerilen stratigrafinin 1:25000 ölçekli haritada yeniden değerlendirilmiştir. Çalışma alanı Zonguldak Ereğlisi’nin doğusunda F27-a4 paftasında yer almaktadır. Bu çalışmada amaç özellikle yeni saptanan stratigrafi ilişkilerini vurgulamaktır.

Şahintürk ve Özçelik (1983)Zonguldak-Bartın-Amasra, Kurucaşile ve Cide dolaylarının jeolojisi ve hidrokarbon olanaklarını hakkında rapor yazmışlardır.

Gedik ve Korkmaz (1984)Sinop havzasında yapmış oldukları çalışma kapsamındayörenin jeolojisi ve petrol olanaklarını araştırmışlardır. Havzanın temelindeki Boyabat metamorfitleri üzerineuyumsuz gelen Liyas-Kuvaterner zaman aralığında çökelmiş kayaç birimleri ve çeşitli evrelede oluşan volkaniklerde yapılan petrolojik çalışmalar sunulmuştur. Sinop havzasında petrol jeolojisi yönündeniyi ana kaya, orta hazne kaya iyiörtü kaya olabilecek nitelikteki düzeylerin varlığı ortaya konulmuştur.

Aydın vd. (1986)Ballıdag-Çangaldagı (Kastamonu) arasındaki bölgenin jeolojisini inceledikleri çalısmalarında Prekambriyen-Neojen arası dönemdeki stratigrafik aralıkların litolojilerini, yaşlarını, dokanak ilişkilerini ve bölgedeki paleocoğrafyayı

incelemişlerdir. Üst Liyas öncesi birimler, fasiyes ve tektonik konumlarıaçısından kıtasal kabuğa ait birimler ve okyanusal-derin denizel birimler olarak iki ayrıgrupta incelenmişlerdir. Bu ayrıma Kızılsaray Grubu dahil edilmemiştir. Üst Jura yaşlı birimlertransgresyonla başlar. Alt dokanağı Himmetpaşa ve Bürnük Formasyonları ile paralelveya az açılı uyumsuz olan İnaltı Formasyonu, içerdiği fosil topluluğuna göre Geç Jura-Erken Kretase (?) yaşındadır. Albiyen-Paleosen arasında genelde kesintisiz bir istifvardır. Neotetis'in kapanmasıyla kıta-kıta çarpışması Üst Paleosen'de başlar.

Aydın vd. (1987)Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedag (Bolu) yöresinde yaptıklarıçalışmada bölgede yer alan formasyonların stratigrafisini, yapısal jeolojisini vepaleocoğrafyasını ayrıntılı olarak incelemişlerdir.

Bölgenin jeolojisini ve tektoniğini aydınlatmaya yönelik çalısmalar arasında Görür vd. (1983), Şengör vd. (1984), Derman (1990), Dean vd. (1997), Okay vd.(1994), Yılmaz vd. (1997), Tüysüz (1999) yer almaktadır.

Tüysüz vd. (1990)çalışmalarında Orta Pontidlerde Üst Jura-Alt Kretaseçökellerinin kendilerinden daha yaşlı kayalar üzerinde transgresif bir serioluşturduklarını ve bu serinin Orta-Geç Jura yaşlı taban konglomerası, Geç Jura-ErkenKretase yaşlı bir karbonat ve onu izleyen Erken Kretase yaşlı kırıntılı bir istif ile temsiledildiğini belirtmişlerdir. Araştırıcılara göre bu çökeller düzensiz bir tabana ve farklı suderinliklerine sahip denizel ortamda gelişmişler, çalışılan bölgedeki tüm jeolojikolayların Pontidlerin güneyinde Neo-Tetis'in kuzey kolunun Liyas'tan itibaren,kuzeyinde ise Karadeniz'in Üst Kretase başında açılması ile denetlenmiştir.

Akman (1992) Amasra-Arıt arasında, yörede sorunlu olan Mesozoyik-Senozoyik dönemi stratigrafisini kurarak tektonik çatıyı ortaya koymak ve ekonomik açıdanönemli olan kömürlü Karbonifer birimlerinin, Mesozoyik-Senozoyik yaşlı istif altındadurumlarını ortaya çıkarmak amacıyla doktarı tezi yapmıştır.

Zonguldak civarındaki kömürlü seviyelerin palinolojik yöntemlerle yaş tayini Nakoman (1975), Zonguldak civarındaki Paleozoyik yaşlı birimlerin sedimantolojik evrimi Kerey (1982), Geç Jura-Erken Kretase birimlerinin sedimantolojik evrimi Derman (1990) tarafından çalışılmıştır.

Zonguldak ve Amasra kömürlerinin petrografisi ve olgunlaşma değerleri Artüz (1971,1974), Toprak (1984), Erdem (1985), Buzkan (1987) ve Karayiğit (1989) tarafından incelenmiştir. Erdem (1985) tarafından ise bölgenin jeotermal gradyanı incelenerek kömürler üzerinde etkili olan sıcaklık evrimi araştırılmıştır.

Harput (1988), Harput (1993)tarafından Samsun-Adapazarı arasından yer alan sedimanter birimler kaynak kayave olgunlaşma verileri kuyu ve yüzey örnekleri ile yorumlanmıştır.

Derman ve Özçelik (1993)Karadere'den İstanbula'a kadar olan alandaki Paleozoyik birimlerin stratigrafisi,bu birimlerin çökelme ortamları ve bölgenin Paleozoyik evrimi konusunda çalıma yapmışlardır.Devoniyen'in bölgesel uyumsuzlukla Siluriyen'i üzerlediğini,Orta Devoniyen'de var olan ve Vizeyen'e kadar devam eden karbonat platformunun İstanbul civarında Vizeyen başında,Zonguldak civarında ise Vizeyen sonunda kırıntılı etkisine girip,Karbonifer havzasının çökelmeye başladığını belirtmişlerdir.Karbonifer sonunda gelişen yükselme ve kıvrılma sonucunda aşındırılan alanlarda,Paleozoyik yaşlı birimleri,Triyas'tan Üst Kretase'ye yaşlı çökellerle açısal uyumsuzlukla örtmektedir.

Robinson vd. (1996) 'Karadeniz'in petrol jeolojisi' isimli çalışmasında, Batı Karadeniz'den alınan Paleozoyik-Oligosen yaşlı örneklerden yapılan analizlerle kaynak kaya potansiyelini yorumlamışlardır.

Derman ve İztan (1997) Kuyulardan ve yüzeyden alınan örneklerden yapılan jeokimya analizleriyle Karadeniz Bölgesi'ndeki kaynak kaya potansiyelini değerlendirmişlerdir. Bölgede onshore alanlarında dört ayrı (Zonguldak, Armutçuk, Pusacık, Ekinveren),

offshore alanlarında ise Rize petrol sızıntısının olduğu belirtilmiştir. Zonguldak Formasyonu yapılan analizlere göre gaz kökenli vitrinit maseralleri bileşimindedir.

Harput (1997)Batı Karadeniz Bölgesinde Kastamonu ile Adapazarı arasında kalan sedimanter istifte, kaynak kaya ve olgunlaşma analizleriyle ilgili doktora tezi yazmıştır. Siluriyen yaşlı Fındıklı Formasyonununaşırı olgun olduğu, Zonguldak ve Amasra civarındaki Paleozoyik yaşlı birimlerin orta-ileri olgunluk düzeyinde oldukları için fazla gömülmedikleri ve duraylı bir tektonikevrim geçirdikleri, bölgenin organik madde yönüyle oldukça zengin oldugu ancakpetrol aramacılıgı açısından rezervuar ve kapan sorunları oldugu ve bölgede petroltüretebilecek Tasmaca Formasyonu'nun gömülü olduğu alanların araştırılması gerektiği sonuçlarına varmıştır.

Harput vd. (1999) Batı Karadeniz Bölgesinde organik maddece zengin,Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı çökellerde,yüzeyden alınan örneklerden piroliz, vitrinit yansıma ve palynofasiyes analizleri yapılmıştır.

Yalçın vd. (2000, 2002, 2003)Batı Karadeniz'de yaptığı bazı çalışmalarda kömür kökenli gazlar hakkında bilgiler sunmuştur.Bu çalışmalarda Karbonifer yaşlı birimlerin kömür ve şeyleri, kaynak kaya olarak tanımlanmıştır.

Yukarıda sunulan çalışmalar inceleme alanı ve çevresinde yapılan araştırmaların kömür, kömür gazı, stratigrafi, palinolji ve kaynak kaya üzerine yoğunlaştığını göstermektedir. Buna karşılık petrol sistemine ait olan hazne kaya potansiyeli ve bunların petrofiziksel özelliklerine ait araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle, çok sayıda çalışmaya konu olan Zonguldak Formayonu' nun silisiklastik fasiyeslerinin petrofiziksel özelliklerinin araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması hem saha hem de laboratuar çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklı olarak laboratuar çalışmaları ile yürütülmüştür.

2.1. Saha çalışmaları

12-19 Ekim 2011 tarihi arasında TPAO Arama Dairesi Bartın Jeoloji Kampı ekibi ile yapılan arazi çalışmalarında, Amasra-Bartın-Zonguldak dolaylarında Paleozoyik'ten Eosen'e kadar geçen zaman aralığında çökelmiş birimler incelenmiştir. Zonguldak Formasyonu'nun mostra verdiği alanlar detaylı olarak çalışılmıştır. Ayrıca, bölgede o tarihlerde açılmakta olan Ulus-2 kuyusunda log alımı sırasında yapılan operasyonlar izlenmiştir. Tarlaağzı yöresinde mostra veren Zonguldak Formasyonu'ndan, kuyu verileriyle korele etmek amacıyla ve ince kesit yapılmak üzere 3 örnek alınmıştır.

2.2.Laboratuar çalışmaları

2.2.1 Mineraloji ve petrografi çalışmaları

Laboratuar çalışmalarında kullanılan; petrol arama kuyularının kırıntı-karot örnekleri ve kuyu logları bu tez çalışmasının materyalini oluşturmaktadır. Yararlanılan kuyular; TPAO'na ait Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyularıdır. Kuyu kırıntı ve karot örneklerinin tanımlanması, mineralojik-petrografik ve diyajenetik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TPAO Araştırma Merkezi'nde İnce Kesit Laboratuarı'nda ince kesitler yaptırılmıştır. Amasra-1 (7 kesinti ve 4 karot), Çakraz-1 (10 kesinti) ve Gegendere-1 (23 kesinti ve 4 karot) kuyularından toplam 44 örnek alınmış ve ince kesitleri yaptırılmıştır. Kuyulara ait daha önce yapılan ince kesitler de bu tez çalışmasının materyalini oluşturmaktadır.

Zonguldak formasyonu'nun litolojisi-mineralojik-petrografik özellikleri, üç kuyudan alınan karot ve kesinti örneklerinden ve bu örneklerden yapılan ince kesitler ile tanımlanmıştır. Kumtaşlarının bileşenlerini saptamak ve bu değerleri kullanarak kumtaşlarını sınıflandırmak amacıyla 44 kumtaşı kesiti, TPAO Araştırma Merkezi Sedimantoloji Birimi'nde Zeiss marka polarizan mikroskopta incelenmiş ve sınıflamaları Folk (1980) 'e göre geoplot yöntemi ile yapılmıştır. İnce kesit fotoğrafları Axivision LE.4.7 programında çekilmiştir.

TPAO Araştırma Merkezi, Sedimantoloji Birimi'nde yapılan kil mineralojisi (XRD) analizlerinde Rigaku Dmax 2200 marka X ışınları kırınımı aleti kullanılmıştır. İncelenen kuyulardan toplam 6 örnek analiz edilmiştir..Her örnek için tüm kaya,normal,etilen glikollu ve fırınlanmış (350 ve 550°C'de ısıtılmış) olarak dört ayrı etapta çekilmiştir. Difraktogramlarının belirlenmesi analizlerinde gonyometre hızı 2ϴ /dak olarak ayarlanmıştırElde edilen toz difraktogramlar üzerindemineral tanımlamaları ASTM (1972) kartlarına göre gerçekleştirilmiş ve her mineralinkarakteristik pik şiddeti değerlendirilmiştir. SEM analizleri Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü'nde Zeiss Evo 40, Back Scatter Electron (BSE) detektörü kullanılarak, her kuyu için bir örneğin detaylı olarak mineralleri belirlenmiştir.

2.2.2 Kuyu logları çalışmaları

Log verileri, TPAO Arama Dairesi Log Müdürlüğü'nde Interactive Petrophysics (IP) programında değerlendirilmiştir. Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyularından elde edilen Gamma Ray, SP, Sonik, Nötron, Densite, Rezistivite ve Kaliper loglarıyla Zonguldak Formasyonu'na ait silisiklastiklerin petrofiziksel özellikleri incelenmiştir. Bulunan sonuçlarla gözeneklilik ve litolojiler tanımlanmıştır. Amasra-1 arama kuyusunda GR logu verileriyle kil tipleri belirlenmiştir. Nötron-Densite loglarıyla crossplotlar oluşturularak litoloji tayinleri yapılmıştır.

2.2.3 Gözeneklilik –geçirgenlik testleri

TPAO Araştırma Merkezi Rezervuar Müdürlüğü'nde, Amasra-1 kuyusundan sistematik olarak alınan 6 tapa örneğinde yapılan testlerle, gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri hesaplanmıştır. Hazne kaya potansiyellerinin araştırılması için yapılan bu testler önemli bilgiler sunmaktadır. Gözenek tipleri, çimentolanmanın belirlenmesi ve korelasyon amaçlı alınan tapalarla ince kesit incelemeleri de yapılmıştır.

Gözeneklilik değerleri, "Vinci Technologies He Porosimeter Production Series" marka helyum porosimetresi ile ve "Boyle Kanunu" yardımıyla ölçülmüş, bu ölçümlerden elde edilen veriler, örneklere ait tane yoğunluğu değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Hava geçirgenliği ölçümü; "Vinci Technologies GasPerm Production Series" marka cihaz içerisindeki "Hassler" tipi karot hücresine yerleştirilen örnek içerisinden kuru hava geçirilerek "steady-state" koşullarda yapılmış ve "Darcy Kanunu" yardımıyla hesaplanmıştır.Ölçülen hava geçirgenliği (k_{air}) değerleri, Klinkenberg düzeltimi ile eşdeğer sıvı geçirgenliği (kL) değerlerine dönüştürülmüştür.

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİK KONUMU VE GENEL JEOLOJİSİ

Batı Karadeniz bölgesi Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden birini oluşturmaktadır.Bölge, Ketin (1966) tarafından Pontid kuşağı olarak tanımlanmıştır. Daha sonraki araştırmalar ile bu kuşağın batı bölümleri, Batı Pontid (Şengör ve Yılmaz 1981, Tüysüz 1990), İstanbul Napı (Şengör 1984) ve İstanbul Zonu (Okay 1989) olarak adlandırılmış olup inceleme alanı, bu zon üzerinde yer almaktadır (Şekil 3.1).

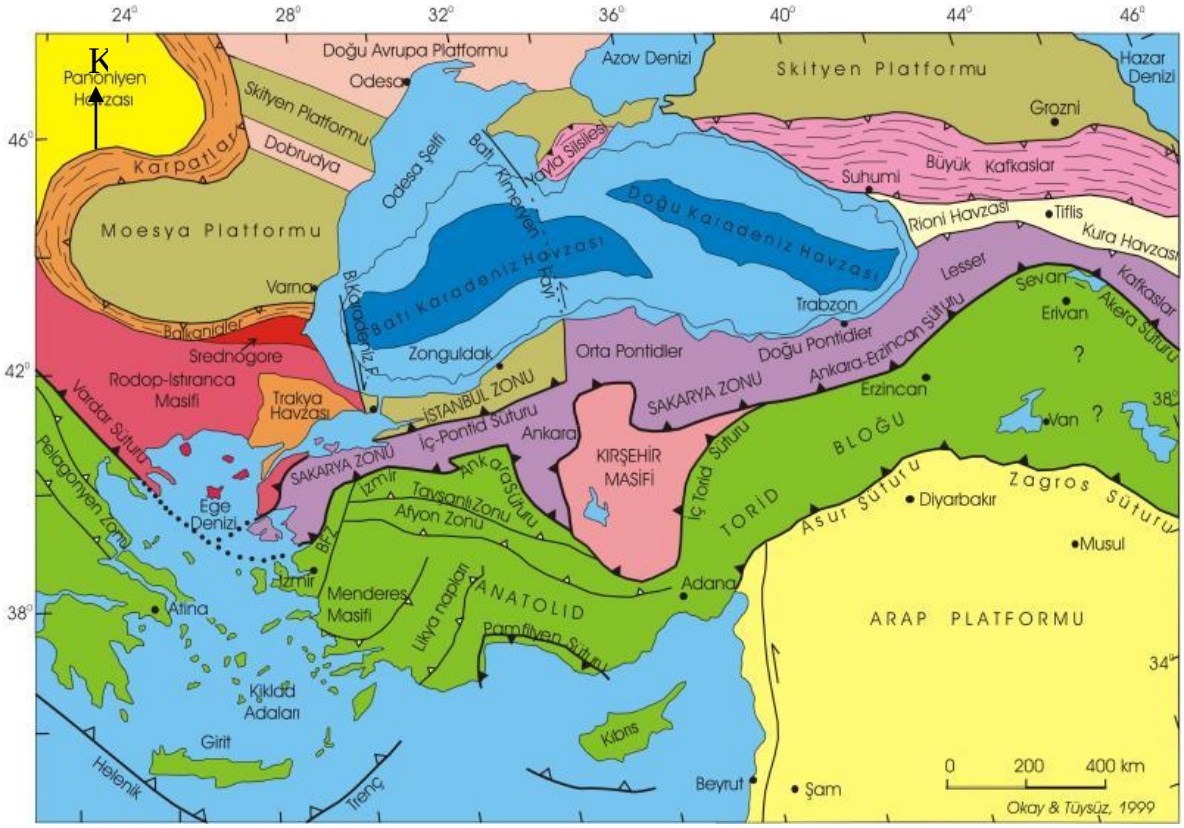
İstanbul zonunun bölgeye yerleşimi ile ilgili değişik görüşler bulunmaktadır. İstanbul Zonu'nun Dogger öncesinde yerleşmiş bir nap olduğu kabul edilirken (Şengör vd 1984);Kretase'de Moesya platformundan koparak bugünkü yerine yerleştiği ileri sürülmüştür (Okay vd 1994). Bu iddia Moesya Platformu ile İstanbul Zonu Paleozoyik istiflerinin stratigrafik benzerliğine dayandırılmıştır (Tüysüz vd. 2004).

İstanbul zonunun Sakarya kıtası ve Istıranca zonu ile bir araya gelmesinin Paleo-Tetis ve onun devamı olan İntra-Pontid Okyanusunun Triyas sonu ile Kretase arasındaki kapanması sonucunda olduğunu (Yılmaz vd. 1997) ve İstanbul Zonu'nun doğu ucunun İntra Pontid süturu ile sınırlandığı (Tüysüz vd. 2000) şeklinde farklı görüşler mevcuttur.

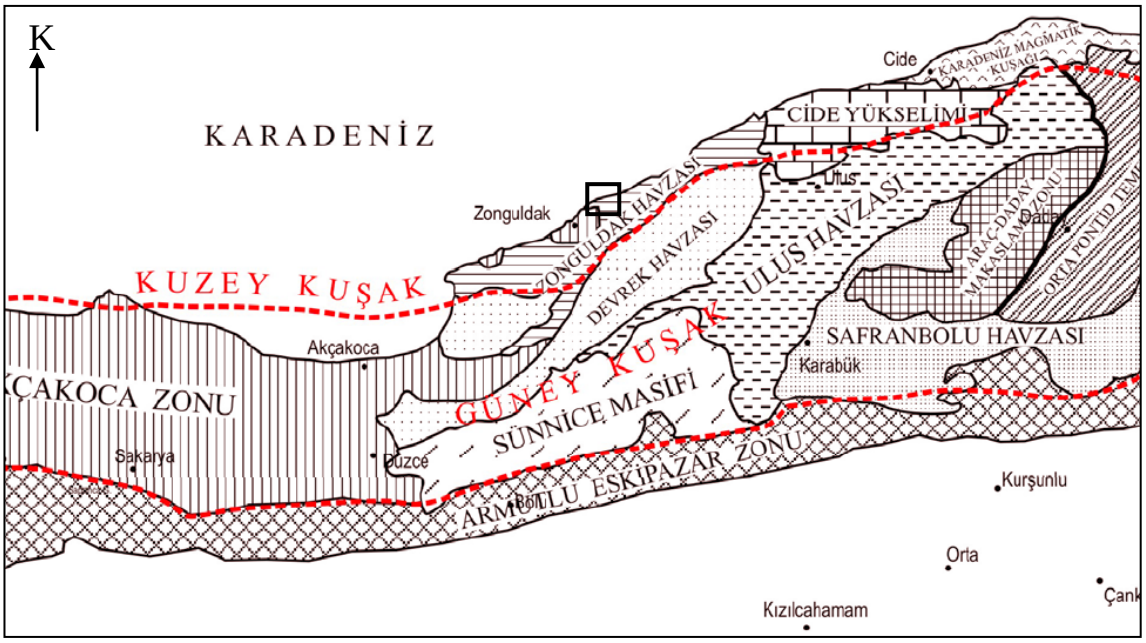
İnceleme alanı, İstanbul zonunda, Zonguldak Havzası içerisinde yer almaktadır. Havzanın kuzey bölümleri Karadeniz ile sınırlıdır. Güneyden Devrek havzası, Doğudan Cide Yükselimi ve Ulus havzası ve batıdan Akçakoca Zonu ile sınırlanmaktadır (Şekil 3.2 ve 3.3).

Batı Karadeniz, Moesya Platformu üzerinde, yay gerisi havza olarak Kretase döneminde oluşmuştur. Bolu-Karadeniz Ereğlisi hattının doğusunda kalan kesiminde Erken Kretase' den itibaren çökel havzaları gelişmeye başlamış, Zonguldak Havzası ve Ulus Havzası'nda Erken Kretase-Senomaniyen yaşlı çökeller depolanmıştır (Şekil 3.3). Senomaniyen-Maastrihtiyen döneminde çökelme devam ederken şiddetli bir volkanizma oluşmuştur. Çökelmeyi etkileyen bu volkanizma Maastrihtiyen'de sona ermiştir. Aynı dönemde İstanbul Zonu'nda yeni bir transgresyon başlamış, Eosen

ortasına kadar olan sürede bölgede denizel klastikler ve karbonatlar çökelmiştir. Maastrihtiyen-Eosen döneminde gelişen yaşıt birimler İstanbul zonunun güney ve kuzey kesimlerinde farklı özelliklerdedir (Tüysüz vd. 2004).



Şekil 3.1 Türkiye'nin genel tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999).

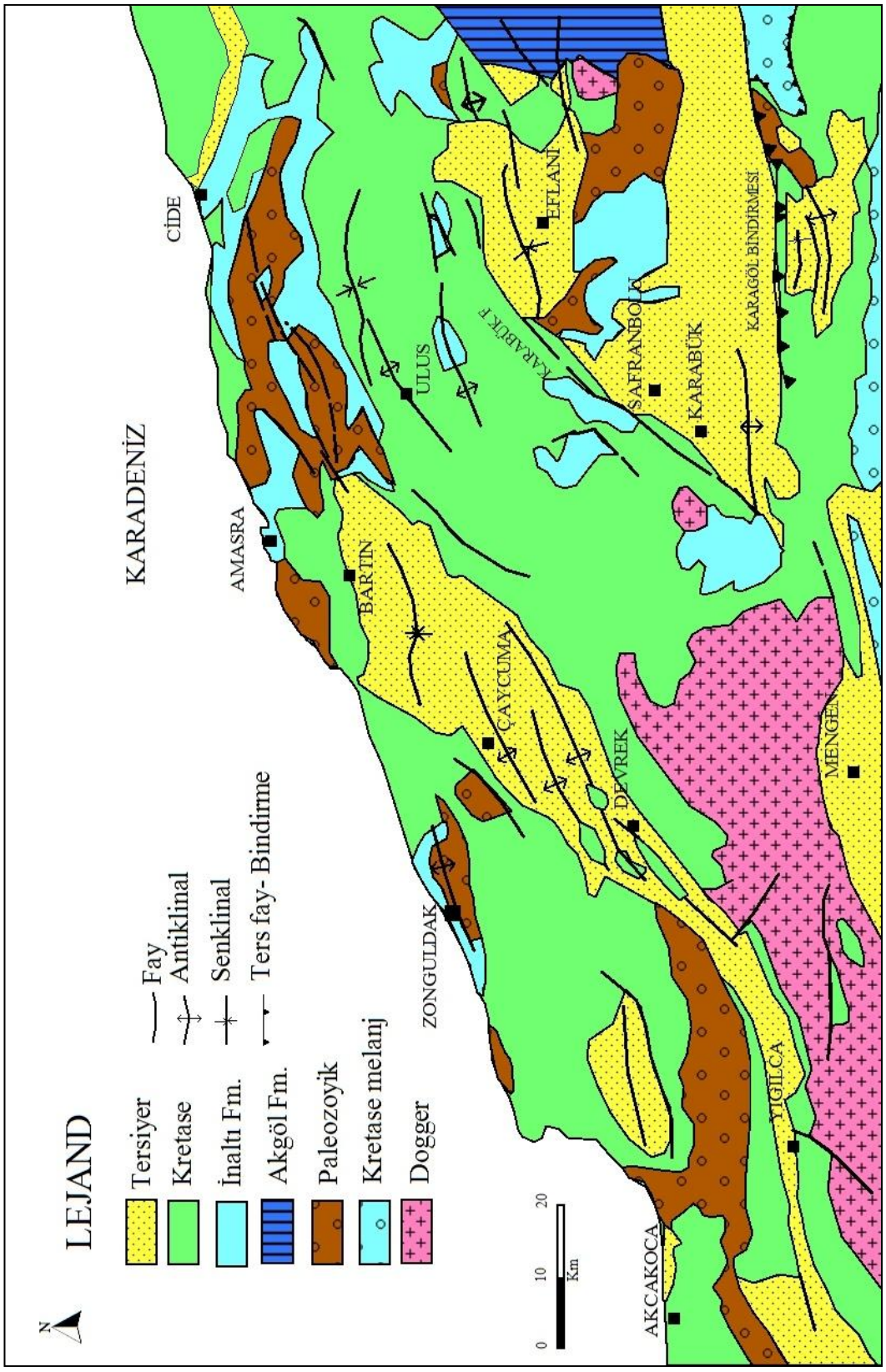


Şekil 3.2 Batı Karadeniz Bölgesi'nin tektonik unsurları (Tüysüz vd. 2004)

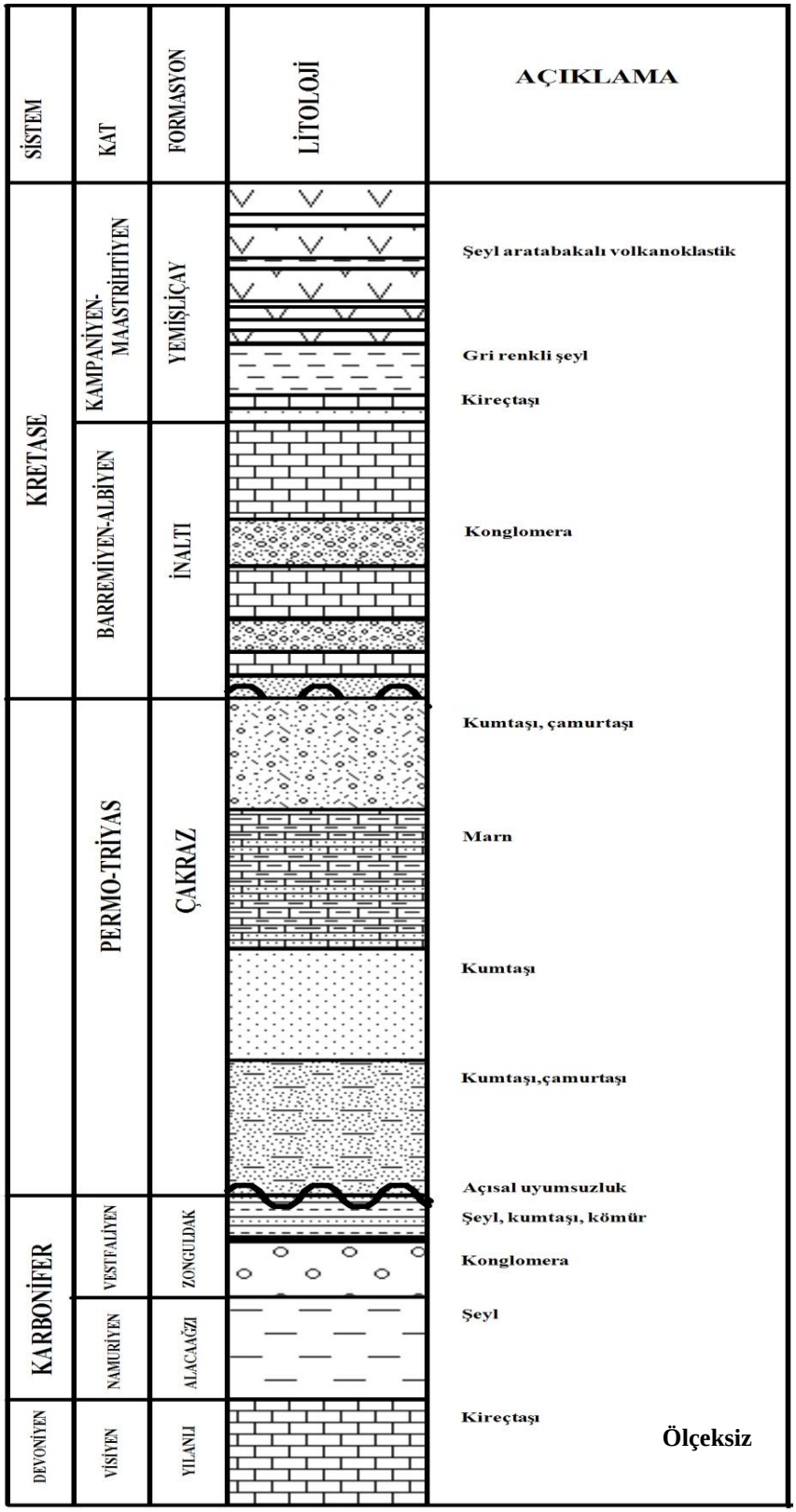
3.1.Stratigrafi

Zonguldak Havzasında mostra veren Paleozoik sedimanları, Prekambriyen yaşlı granit ve amfibolit içeren bir temel üzerinde bulunmaktadırlar (Dean vd.1997; Yılmaz vd.1997).

İstifin tabanında Devoniyen–Erken Karbonifer süresince sığ denizel karbonatlardan oluşan Yılanlı formasyonu çökelmiştir. Alt Karbonifer (Namuriyen)'de derinleşmiş olan denizde Alacaağzı formasyonu daha sonra da Üst Karbonifer (Vestfaliyen)'de Zonguldak formasyonu çökelmiştir. Permo-Triyas'ta ise delta çökelleri üzerinde karasal akarsu çökellerinin egemen olmasıyla Çakraz formasyonu oluşmuştur (Siyako vd. 1981). Jura (Liyas-Dogger) yaşlı kaya toplulukları yersel olarak gözlenmekte olup, bu birimleri Üst Jura-Alt Kretase zaman aralığında çökelen karbonatlar izler. Sedimantasyon, Eosen yaşlı çökeller ile son bulmaktadır (Şekil 3.3, 3.4).



Şekil 3.3 Zonguldak ve Ulus sahalarının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Şahintürk ve Özçelik 1983'den değiştirilmiştir.)



Şekil 3.4 Bartın-Amasra-Çakraz alanının genel stratigrafik kesiti (Derman 1995'den değiştirilmiştir).

3.1.1 Yılanlı formasyonu

Formasyon, Saner vd. (1979) tarafından Yılanlı formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bartın kuzeybatısındaki Yılanlı burnu birimin tip yeridir.

Derman ve Özçelik (1993), Zonguldak civarında, Yılanlı formasyonu'nun Kartal formasyonu üzerinde geçişli olarak yer aldığını belirtmektedir.Alt dokanağı Kartal Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Üst dokanağı Alacaağzı formasyonu ile geçişli olan birim, diğer alanlarda Mesozoyik ve Tersiyer birimleri tarafından yer yer açısal uyumsuzlukla örtülmektedir (Harput 1997, Aydın vd. 1986). Yılanlı formasyonu'nu uyumlu olarak Alacağızlı formayonu üzerlemektedir.

Formasyon, koyu gri-siyah renkli, sert keskin köşeli kırılma gösteren, orta-kalın, dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin en üst kesimlerinde, çörtlü, mercanlı kireçtaşı ve siyah renkli silisli şeyller yer almaktadır. Birimde yer yer kayma-yıkılma yapıları gözlenmektedir. Kristalize, gözenekli ve açık krem renkli kesimleri kırıldığında hidrojen sülfür kokuludur. Birimin üst düzeyleri bol mercan ve silis katkılıdır (Şahintürk ve Özçelik 1983).

Batıda İstanbul civarında, Çamdağ-Sünnicedağ, Orhandağ-Akçakoca, Bartın-Karadere (Şekil 3.5) bölgelerinde geniş yüzeylenmeleri bulunan birimin kalınlığı değişmekle birlikte Zonguldak dolayında 1000 m civarındadır (Harput 1997).

Birime ait litolojilerden derlenen örnekler üzerinde, Saner vd. (1979) ve TPAO Araştırma merkezi tarafından yapılan paleontolojik çalışmalarda saptanan fosillere göre fauna ve flora ile birimin yaşı Orta-Geç Devoniyen-Erken Karbonifer olarak kabul edilmiştir (Aydın vd. 1986, Harput 1997).

Formasyonun sahip olduğu flora, fauna ve kaya türü özellikleri, birimin bir şelf ortamında çökelmiş olabileceğini göstermektedir (Aydın vd. 1987). Birimin alt

bölümleri şelf-yamaç, üst bölümleri şelf ortamını temsil etmektedir (Gedik ve Önalan 2001).



Şekil 3.5 Yılanlı formasyonu dolomitleri (Yer: Bartın-İnkumu)

3.1.2 Alacaağzı formasyonu

Formasyon ilk kez Ralli (1895-1896) tarafından tanımlanmıştır.

Zonguldak ve Amasra bölgelerinde yaygın olarak yüzeylenen birimin tip ve referans kesitleri Zonguldak - Gökgöl (Gökgöl) ve Amasra-Tarlaağzı (Tarlaağzı) civarındadır. Bartın'ın kuzeyindeki Süzekdere ve Gavurpınarı yöresinde ise senklinal içerisinde kalmış olarak gözlenir (Şahintürk ve Özçelik 1983).

Alt dokanağı Yılanlı formasyonu üzerine geçişli olarak gelmektedir. Üst dokanağı ise Geç Karbonifer (Vestfaliyen) yaşlı Zonguldak formasyonu ile dereceli geçişlidir.

İstifin en iyi gözlendiği yer olan Tarlaağzı Kesiti'nde alt seviyelerini kireçtaşlarının üzerine gelen seviyelerde şeyl hâkimdir (Şekil 3.6). Yukarı doğru ince silt mercekleri

görülmeye başlar. Genelde rippel markların yaygın olduğu bu kısmı takip eden seviyelerde kumtaşları merceksel geometriler sunmaktadır. İlk kömür bantlarının görüldüğü noktaya kadar olan kırıntılılar Alacaağzı formasyonu'nu temsil etmektedir (Derman ve Özçelik 1993).

Kalınlığı Tarlaağzı ÖSK'da 400 m olarak ölçülmüştür (Şahintürk ve Özçelik 1983). Derman ve Özçelik (1993) ise birimin kalınlığının 1200 m' den fazla olduğunu belirtmektedir.

Zonguldak civarı Paleozoyik istifinde Alacaağzı formasyonu'nun yaşı Namuriyen-Vestfaliyen A'dir (Derman ve Özçelik 1993). Birimden derlenen numunelerde TPAO Araştırma merkezinde yapılan tayinlere göre Geç Karbonifer yaşı verilmiştir (Harput 1997).

Formasyonu oluşturan kayaç türleri ve içerdiği fosiller incelendiğinde birimin sığ denizel, delta ortamda çökelmiş olduğu saptanmıştır (Kerey vd. 1986).



Şekil 3.6 Alacaağzı formasyonunun Tarlaağzı mevkiindeki kalın şeylerine genel bir bakış

3.1.3 Zonguldak formasyonu

İnceleme alanında Zonguldak formasyonu karşılığı birimlere Ralli (1895) yılında Kozlu ve Karadon formasyonları olarak değerlendirmiştir. Buna karşılık, bazı araştırıcılar (Siyako vd 1979, Kaya 1982, Aydın vd. 1986, Derman ve Özçelik 1993) Kozlu ve Karadon formasyonlarını Zonguldak formasyonunun üyeleri olarak adlandırılmıştır. Akyol vd (1974) çalışmasında, Geç Karbonifer yaşlı Kozlu ve Karadon formasyonlarının litolojik olarak ayırt edilemediğini ve bu iki birime karşılık olarak Zonguldak formasyonunu ilk kez adlandırmıştır. Bu tez çalışmasında da bu isimlendirme kullanılmıştır (Şekil 3.7).

Zonguldak formasyonu'nu farklı bir şekilde tanımlayan araştırmalarda bulunmaktadır. Üst Kretase (Barremiyen) yaşlı taban konglomerasıyla başlayıp kireçtaşından oluşan ve Paleozoyik üzerine uyumsuz gelen birim Tokay (1952) tarafından Zonguldak formasyonu ismiyle tanımlanmıştır. Dil ve Konyalı (1978), Yergök vd 1987, Orhan ve Canca (1989), Dirik vd (1995), Yalçın vd (2003), Hoşgörmez (2007) ve Taşçı (2007) yaptığı tez çalışmasında da aynı adlanmayı kullanmıştır.

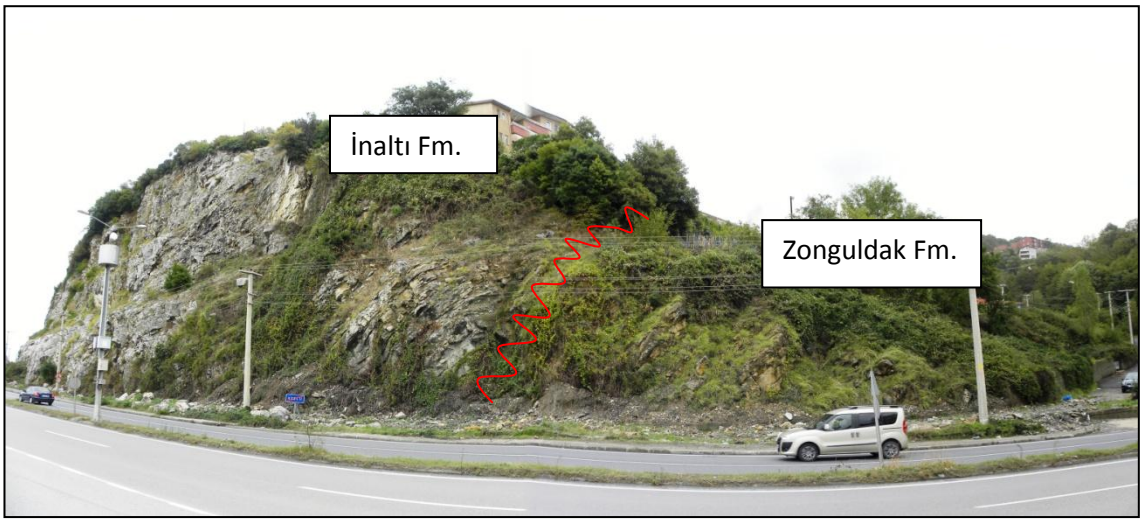
Devir	Devre (KBAvrupa)	Çağ (KBAvrupa)	Devre (ICS)	Çağ (ICS)	Yaş (MY)
Permiyen					
Karbonifer	Siketiyen	Stefaniyen	Pensilvaniyen	Gzheliyen	299-303,9
		Vestfaliyen		Kasimoviyen	303,9-306,5
				Moskoviyen	306,5-311,7
		Namuriyen		Bashkiriyen	311,7-318,1
	Dinantiyen		Missisipiyen	Serpukhoviyen	318,1-326,4
		Vizeyen		Vizeyen	326,4-345,3
		Turneziyen		Turneziyen	345,3-359,2
Devoniyen					

Kronostratigrafi			**Litostratigrafi**
Vestfaliyen	D	Kızıllı formasyonu	Zonguldak formasyonu
	C	Karadon formasyonu	
	B	Kozlu formasyonu	
	A		

Şekil 3.7 Tüysüz vd. (2004) verileri kullanılarak çizilmiştir.

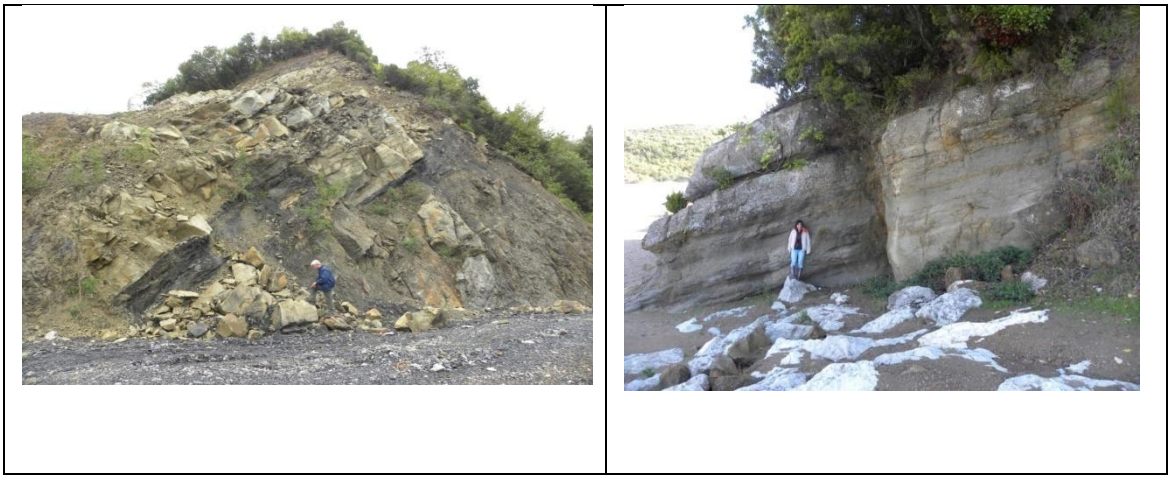
Birimin tip kesiti ve yeri olarak değerlendirilebilecek alanlar Zonguldak ve Amasra civarındadır (Kerey 1982, Kerey vd. 1986).

Zonguldak'ta İnaltı kireçtaşları ve Yılanlı formasyonu arasında bulunmaktadır (Şekil 3.8).Çalışma alanında, alt dokanağı olan Alacaağzı Formasyonu ile geçişlidir. Üst dokanağında ise açısal uyumsuzlukla Çakraz formasyonu ve/veya İnaltı formasyonu gelmektedir. Zonguldak Formasyonu Paleozoyik istifinin en yaygın birimidir. Gri, sarı renkli, kumtaşı, çakıltaşı, gri renkli şeyl, kalın kömür bantlarından oluşur.Çalışma alanında en iyi Tarlaağzı mevkiinde yüzeylenmektedir.



Şekil 3.8 Zonguldak formasyonu ve İnaltı formasyonu kireçtaşları arasındaki ilişkinin genel görünümü

Zonguldak formasyonunda egemen olarak sarımsı renkli olan kumtaşından kuruludur (Şekil 3.9 a, b). Arada yer yer kömür ve şeyl düzeyleri ile çakıltaşı mercekleri bulunur (Siyako vd. 1979). Azdavay-Söğütözü-Karafasıl yörelerinde yüzeylenen birimi, gri-sarı renkli çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, ince katmanlı şeyl ve kömür katmanları içermektedir Çakıltaşları, metamorfikve magmatik kökenlidir. Ayrıca, Tarlaağzı koyunda tüfit katmanları içerir (Aydın vd. 1986). Zonguldak formasyonu'nun yanal yönde çok belirgin fasiyes değişimi izlenmez. İstif regresif olduğu için üste doğru tane boyunda irileşme ile çakıltaşı seviyelerinde yoğunlaşma gözlenmektedir.



Şekil 3.9Zonguldak formasyonu' na ait arazi resimleri

a) Zonguldak şehir merkezine girişte Zonguldak formasyonu'na ait kalın kumtaşı – orta tabakalı marn ardalanmasının genel görünümü, b) Tarlaağzı mevkiindeki Zonguldak formasyonuna ait kalın kumtaşı seviyelerinin genel görünümü

Tarlaağzı ÖSK'da kalınlığı 400 m olmasına rağmen; gerek saha çalışmalarında gerekse sondajlarda 1000-1200 m kalınlık izlenmiştir (Şahintürk ve Özçelik 1983).

Yapılan paleontolojik tayinlerde; *Neuropteris schlehani*, *Neuropterisgugentea*, *Sphenopteris*, *Linopteris*, *Cystosporites*, *Giganteus*, *Calamites* gibi fosillere göre Geç karbonifer (Vestfaliyen-Stefaniyen (?)) yaşı verilmiştir (Tokay 1962).

Formasyonun çökelme ortamı olarak farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırıcılar delta düzlüğü ve bataklık ortamında çökelmiş (Siyako vd 1979, Şahintürk ve Özçelik 1983, Derman ve Özçelik 1993) olarak yorumlarken, Kerey (1982) ise istifi oluşturan birimlerin olasılıkla menderesli akarsu, yer yer kömürlü bataklık ve taşkın ovasında çökeldiğini belirtmiştir.

3.1.4 Çakraz formasyonu

Formasyon Akyol vd (1974) tarafından tanımlanmıştır. Formasyonun tip kesit yeri Amasra-Cide yolu üzerindeki Çakraz dolaylarındadır.

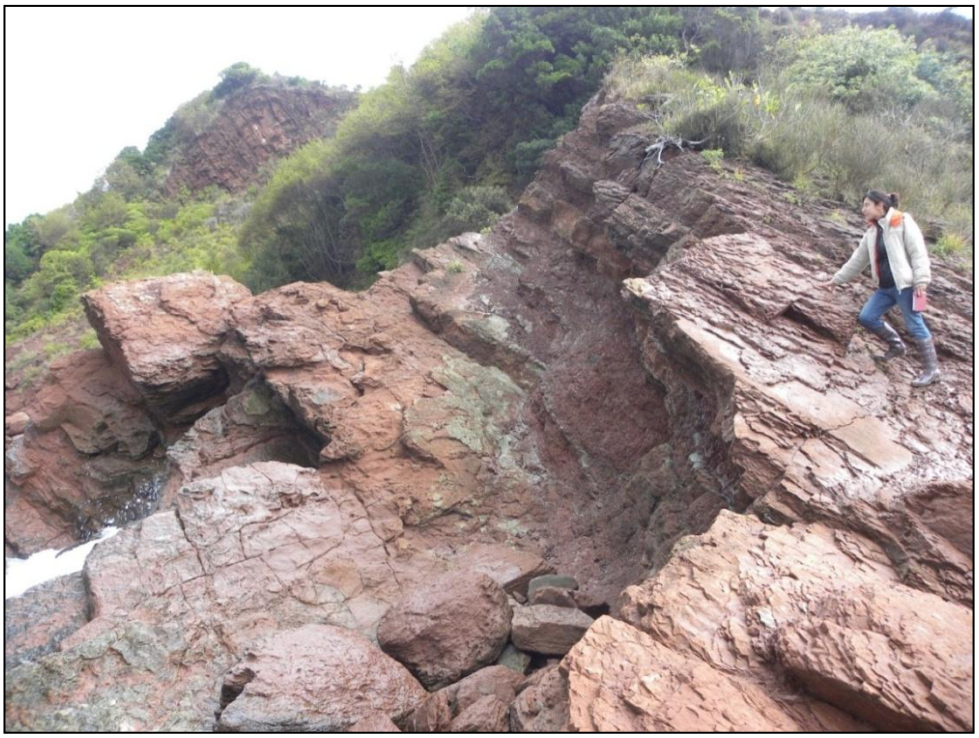
Birimin Çakraz koyu doğusunda Karbonifer çökelleri üzerine açısal uyumsuzlukla geldiği belirtilmiştir (Tüysüz vd. 1997). Üst dokanağı ise Çakrazboz formasyonu ile geçişlidir. Ayrıca Jura, Alt ve Üst Kretase birimleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Akman 1992, Tüysüz vd. 1997,2000).

Çakraz formasyonu, menderesli akarsu ve karasal çökellerden oluşmaktadır. Birim kırmızı rengi ile kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Formasyonun alt kesimlerini farklı kökenlerden kaynaklanan bileşenlerden oluşan çakıltaşları oluşturmaktadır. Üst seviyelere doğru ise çakıltaşları giderek azalır ve istif kumtaşı (Şekil 3.10), çamurtaşı ve kiltaşı ardalanması şeklinde bulunur (Tüysüz vd. 2004).

Formasyonun yanal ve düşey yönde değişimi gözlenmemiştir. Kalınlığı Göçkünsili'de 1898 metre olarak ölçülmüştür (Şahintürk ve Özçelik 1983). Birimin Çakraz dolayında 1200, Pelitovası dolayında ise 3000 metre kalınlıkta olduğu belirtilmiştir (Akyol vd. 1974) .

Formasyonda belirlenen *Ovalipollis sp., Triadispora sp., Infernopollis sp., Enzonapollenites sp.* fosilleri ile Geç Triyas yaşı verilmiştir (Alişan ve Derman 1995). Buna karşılık, bazı araştırmacılar ise birimin alt seviyelerinin Permiyen'i de içerebileceği düşüncesi ile Permo-Triyas yaşını kabul etmişlerdir (Akyol vd. 1974, Aydın vd. 1986,1987, Akman 1992). Bu çalışmada bu veri kullanılmıştır.

Çakraz formasyonunu oluşturan çakıltaşları ve üst kesimlerdeki kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalarında gözlenen kayma yapıları, kuruma çatlakları, taşkın ovası çökelleri ve Botryoccus sp.(tatlı su algleri) ile birimin göl ortamında çökeldiği belirtilmiştir (Alişan ve Derman 1995).



Şekil 3.10 Çakraz formasyonu'na ait bordo renkli kumtaşı-çamurtaşı birimlerinin genel görünümü (Mevkii: Bozköy)

3.1.5 İnaltı formasyonu

Ketin ve Gümüş (1962) tarafından Sinop-Ayancık güneyinde yer alan İnaltıKöyü civarında tanımlanmış olup ancak tip kesit önerilmemiştir. Birim en iyi Zonguldak civarı ve Amasra-Cide hattı güneyindeki alanlarda gözlenmektedir (Derman ve Sayılı 1992).

İnaltı formasyonu kendisinden yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelir. Birimin üst dokanağı Alt Kretase ve daha genç birimler tarafından açısal uyumsuzlukla örtülmektedir.

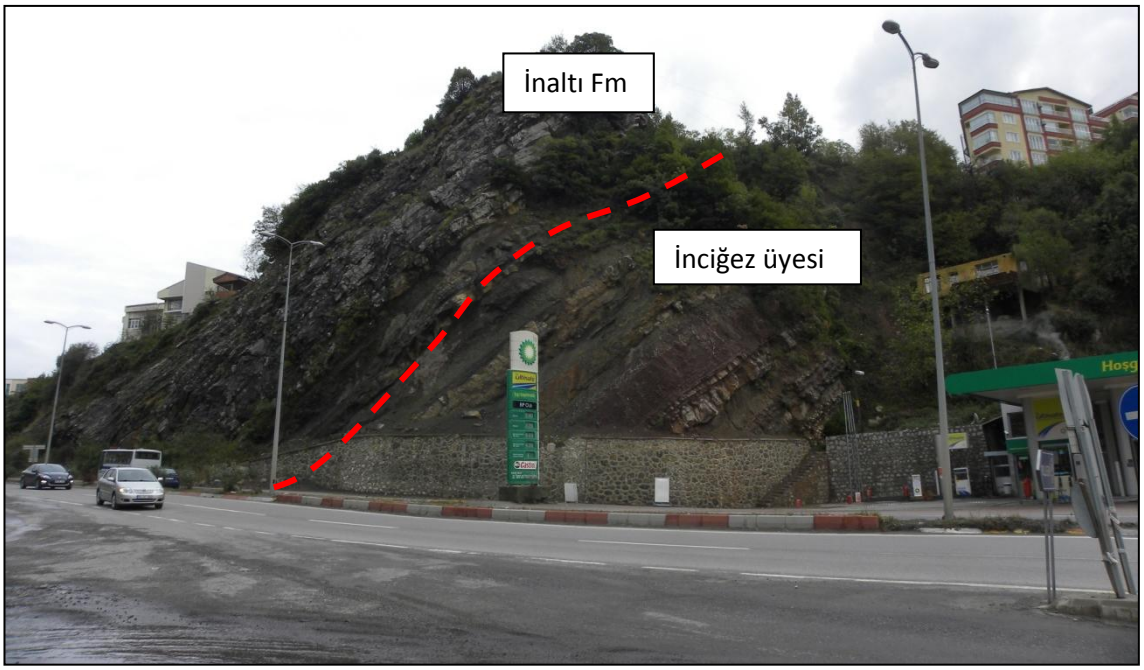
Formasyon, beyaz, bej, gri ve yer yer pembemsi renkli, orta-kalın tabakalı, bazenmasifyapıdadır. Tabanda kumtaşı, kumlu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ile transgresif olarak başlar ve genel olarak sığ denizel karbonatlardan oluşur. Bu seviyeler oolitik tanetaşı, bentik foraminifer-gastropod vaketaşı/istiftaşı,algal

stromatolitik bağlamtaşı, dolomitik karbonat çamurtaşı ve yer yer alg-mercanbağlamtaşı karakterindedir.Orta ve üst kesimleri tamamen monoton karbonatlardanoluşur. Karbonatlar, gel-git düzlüğü ve dalga etkinliği altındaki kesimlerde sparitçimentolu ve oolitik, lagün ve korunmalı şelf kesimlerde ise mikritik özelliktedir.Mikritik seviyeler içinde kumlu ve intraklastlı, sparit çimentolu merceksel düzeyler gelgit akıntı kanallarını işaret etmektedir (Akbaş vd. 2002, Tüysüz vd. 2004).

Zonguldak'ta Uzun Mehmet ÖSK' da Zonguldak Formasyonu üzerine taban çakıltaşı ile başlayıp, koyu gri renkli miliolideli, pelletli, piritli ve bol yeşil algli lagüner kireçtaşı olarak devam eder. 400 metre kalınlıkta olan bu birim İnciğez Üyesi olarak haritalanmıştır. Detritik kumtaşı, çakıltaşı ve kırmızı çamurtaşından oluşan ve kanal özellikleri görülen bu birim (Şekil 3.11) İnaltı kireçtaşını bu yörede ikiye bölmektedir (Siyako vd. 1979).

Birimin kalınlığı 150-1200 m arasında değişmektedir (Derman ve Sayılı 1995).İnaltı Formasyonu, Sinop güneyinden Zonguldak-Karadeniz Ereğlisi arasına kadar geniş bir alanda yüzeylenmektedir.Cide güneyleri ile Cide-Bartın arası, Safranbolu kuzeyi ve Zonguldak çevresi en geniş yayılımlı olduğu alanlardır (Tüysüz vd. 2004).

Derman ve Sayılı (1995) tarafından İnaltı formasyonu için Geç Jura (Geç Oksfordiyen) – Erken Kretase (Berriasiyen) yaşı kullanılmıştır. Akman (1992) ve Tüysüz vd (1997) birimin yaşının bazı kesimlerde Geç Jura (Valanjiniyen)' ya kadar çıktığını ileri sürmüşlerdir.



Şekil 3.11 İnaltı formasyonu ve İnciğez Üyesi'nin Zonguldak'taki görünümü.

3.1.6 Yemişliçay formasyonu

Zonguldak civarında Tasmaca formasyonu marnlarının üzerine tüf ve tüfit ardalanmasıyla başlayan birim Ketin ve Gümüş (1962) tarafından Sinop yöresinde adlandırılmıştır. Tüysüz vd. (2004) birimi Yemişliçay Üst Grubu olarak sınıflandırmıştır.

Zonguldak bölgesinde Tasmaca formasyonu ile geçişli olan Yemişliçay volkanitleri üst dokanağı Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu ile açısal uyumsuzlukla örtülmektedir.

Yemişliçay formasyonu, genel olarak, tüf, tüffit,aglomera, çakıltaşı, kumtaşı, şeyl ve volkanitlerden kuruludur. Birimin alt kesimlerinde bazik, üst kesimlerinde ise andezitik volkanik ve volkanoklastikler hakimdir (Harput 1997). Kretase ada yayının kuzeyde olması nedeniyle kuzeyde sadece volkanikler, güneyde ise daha çok volkanoklastikler (Şekil 3.12) yaygındır (Aydın vd 1986).

Çatalzeytinyörelerinde kalınlık 2000 metre civarında ve volkaniklikatkılar fazla iken, Çangal Dağı doğusunda,Dıranaz Tepesi yöresinde 825 metre kalınlıklı ve dahaçok piroklastik, epiklastik katkılıdır. Bunun yanında,daha güneylerde Hanönü yöresindeki kalınlığı 0-250metre arasında değişir (Aydın vd. 1986).

Birimin yaşı Geç Kretase (Senomaniyen-Kampaniyen) olarak belirlenmiştir (Aydın vd. 1986).



Şekil 3.12 Zonguldak-Filyos yolunda yüzeylenen Yemişliçay volkanikleri

3.2 Bölgenin jeolojik evrimi

Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan Pontidlerin evrimi konusunda çeşitli görüşler vardır. Pontidler Okay vd. (1994) tarafından İstanbul, Istıranca ve Sakarya zonlarına ayrılmıştır. Pontidlerin evrimi için üzerinde en çok tartışılan konu İstanbul ve Sakarya zonlarının ve bu zonu birbirinden ayıran okyanusların (Paleotetis, Neotetis ve Karadeniz) ilişkisidir (Tüysüz 2004).

Pontidler, Balkanlar, Kafkaslar, Kırım ve Scytian platformunda Jura öncesinde Hersiniyen veya Erken Kimmerik temel görülür (Saner 1980). İstanbul –Zonguldak

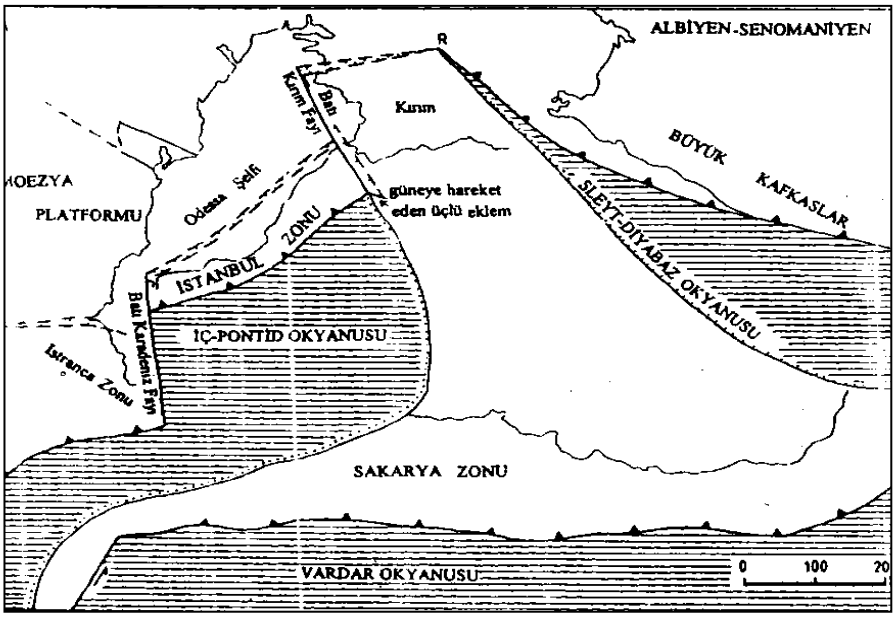
kompozit birliği Kadomiyen bir temele sahip iki Varisken birlik ve onların ortak Alpin örtüsünü içerir (Göncüoğlu 2010).

Okay vd. (1994)' ne göre, birlik Erken Kretase'ye kadar Moezya Platformu ve Kırım arasındaki Odessa şelfinin hemen güneyinde yer almaktadır (Şekil 3.13).Apsiyen-Albiyen döneminde İstanbul Zonu riftleşmiş (Görür 1988, Derman 1990), iki transform fayla sınırlanan bir kıta parçası olarak kaymış ve arkasında Batı Karadeniz Havzası açılmıştır.

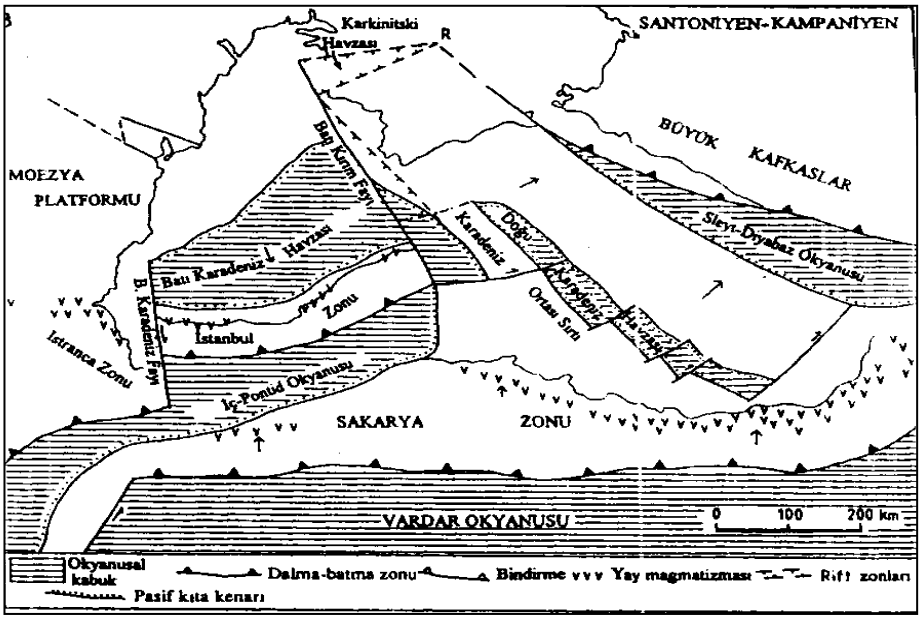
Robinson vd. (1995) ve Spadini vd. (1997) Karadeniz'in bu bölümünün Geç Kretase ve Orta Eosen'de yay ardı uzantısı üzerine genişlemeli olarak açıldığını önermişlerdir. Denizel jeofizik ve jeoloji çalışmalarında giderek önemli veriler elde edilmesine rağmen Karadeniz'in açılma tarihçesiyle ilgili bilgilerin çoğu hala karasal stratigrafik verilere dayanmaktadır (Tüysüz 1999).

İstanbul zonunun Paleozoyik ve Triyas kayalarından elde edilen paleoenlemler Lavrasya'nın görünür paleomanyetik kutup yörüngesi ile uyumludur (Sarıbudak vd. 1989, Evans vd. 1991,Theveniaut 1993).Bu da stratigrafik ve litolojik korelasyonların yanı sıra paleomanyetik verilere göre de İstanbul zonunun Triyas sonuna kadar Lavrasya'nın güney parçasının bir kolu olduğunu göstermektedir (Okay vd. 1994, Tüysüz 1999).

Kampaniyen'de İstanbul zonu, Odessa şelfine göre, güneye hareket etmekte ve arkasından Batı Karadeniz Havzası'nı açmaktadır (Şekil 3.14). İstanbul ve Sakarya zonlarının çarpışması ve bunun sonucunda Batı Karadeniz Havzası'nda gerilmenin bitişi ve Batı Karadeniz Fayı'nın etkisini yitirmesi Erken Eosen'de meydana gelmiştir. İstanbul Zonu'nda ki denizel sedimentasyon Geç Kretase –Erken Paleosen boyunca sürmüş ve Eosen'de Karadeniz gerilmeli faylanma sisteminden sıkışmalı sisteme geçtiğinde İstanbul zonu yükselmiştir (Okay vd. 1994).



Şekil 3.13 Karadeniz Bölgesi'nin Albiyen-Senomaniyen'de rekonstrüksiyonu



Şekil 3.14 Santoniyen-Kampaniyen'de paleocoğrafik rekonstrüksiyonu (Okay vd. 1994).

Çalışma alanında etkisi görülen tektonik hareketler genel olarak K-G yönlü ve KD-GB doğrultulu olup tektonik hatlar devamlı ve takip edilebilir niteliktedir

Zonguldak bölgesinde Paleozoyik sedimanları Hersiniyen Orojenezi ile kıvrımlanmışlardır. Bunu izleyen aşınma evresinden sonra çökelen Mesozoyik-Tersiyer istifi Alpin hareketleri ile bugünkü konumlarını kazanmışlardır. Bölgedeki kalın Paleozoik istifi mostrası bir paleotopoğrafya yükselimine tekabül etmektedir. Üzülmez Senklinalı ve onun üzerinde Gelik Antiklinalı (Zonguldak Bölgesi) olarak haritalanan D-B yönlü iki kıvrım bulunur (Siyako vd 1979)

Çalışma alanında, bölge tektoniğine uyumlu olarak gelişen tektonik hareketler Geç Kretase-Paleosen yaşlıdır. Bu dönemde oluşan faylar aynı zamanda sedimantasyonu da etkilemişlerdir. Çalışma alanındaki antiklinaller ve senklinaller paleotopoğrafyanın aşınması sonucu oluşmuşlardı. Ayrıca orojenik hareketlerle oluşan antiklinal ve senklinallerde vardır. Bölgede E29-a4 paftasında yer alan Çakraz Antiklinalinde altta Karbonifer yaşlı Alacağzı ve Zonguldak formasyonnları ile Devoniyen yaşlı Yılanlı Formasyonu bulunabilir. E28-c1 paftasında yer alan Gavurpınar Senklinalinde yüzeylenen en genç birim Zonguldak Formasyonu'dur (Şahintürk ve Özçelik 1983). Eosen sonlarına doğru sıkışıp yükselen yapılar bölgede yaklaşık D-B doğrultusundadır (Aydın vd. 1986)

4.PETROL JEOLOJİSİ

Bu bölümde, çalışma alanı ve çevresinde ortaya konulan petrol sistemi içerisindeki kaynak, hazne, örtü ve kapan hakkında Harput (1997) tarafında bölgede yapılan jeokimya ağırlıklı tez çalışması temel alınarak sunulacaktır.

4.1 Kaynak kaya- hazne kaya özelliği

Çizelge 4.1 Batı ve Orta Pontid örneklerinin jeokimyasalve gözeneklilik-geçirgenlik analiz sonuçları (Derman ve İztan 1997)

Formasyon	TOC (%)	Ro (%)	HI	SCI	Tmax (0C)	KerojenTipi	Gözeneklilik (%)	Geçirgenlik (mD)
Yılanlı	0.10-7.92	0.72-2.0	35-305	6.0-9.0	434-473	II	0.4-10	0.08-0.14
Alacaağzı (şeyl)	0.22-8.03	0.55-1.33	12-315	5.0-8.5	412-486	II,III	1-7	0.13
Zonguldak	0.07-8.03	0.45-1.20	12-51	5.5-7.5	436-494	III	9.87-16.72	0.21-0.33
Çakraz	-	-	-	-	-	-	-	-
Yemişliçay	0.29-1.12	0.88-0.94	152-225	6.5	443-447	III	-	-

4.2 Örtü kaya özelliği

Zonguldak Formasyonu kumtaşı ve çakıltaşı ağırlıklı olmakla birlikte yer yer örtü kaya imkânlarını sağlayacak kalınlıkta kiltaşı seviyeleri de içermektedir. Bunun yanı sıra Zonguldak Formasyonu'nu örten Kretase birimlerinden Sapça ve Tasmaca formasyonlarının şeylleri de çok iyi örtü kaya seviyeleridir (Özçelik ve Şahintürk 1983).

4.3 Kapanlar

Zonguldak Formasyonu'nun mostra verdiği alanlarda Gelik Antiklinali ve Üzülmez Senklinali gibi büyük yapılar bulunmaktadır. Üzülmez Senklinali 8 km boyunda, 1,5 km eninde D-B doğrultulu bir senklinal olup Vestafaliyen yaşlı Zonguldak Formasyonu en geç çökel olarak yüzeylenmektedir. Petrol jeolojisi yönünden güneyinde yer alan faya dayalı olarak ümitli olabilir (Özçelik ve Şahintürk 1983).

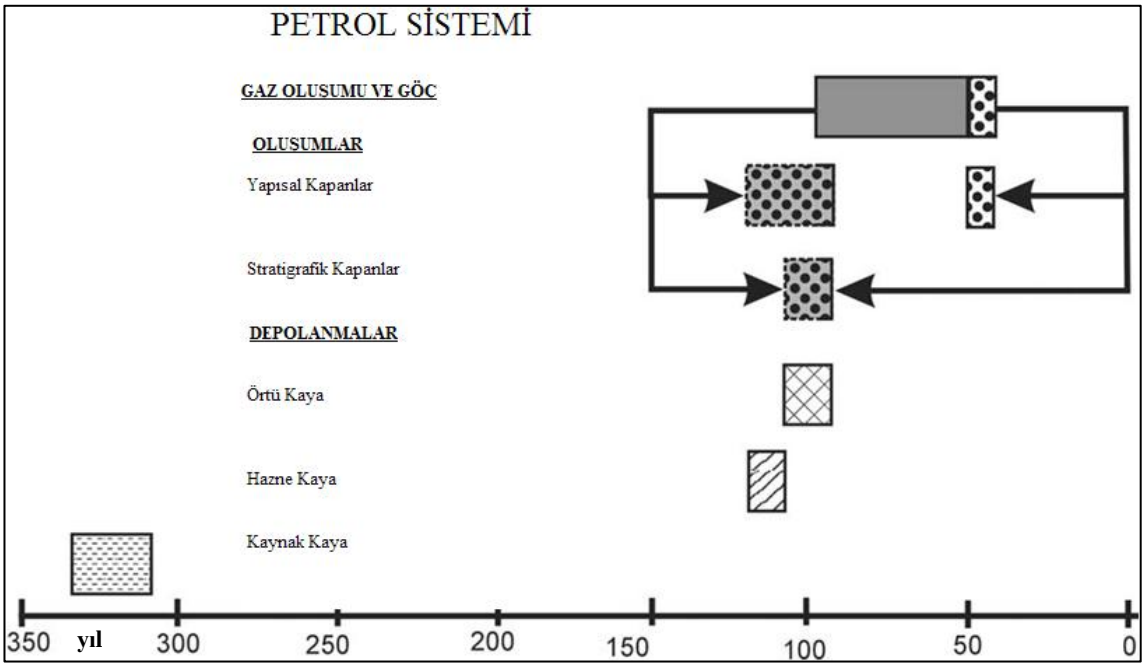
Gelik Antiklinali, 7 km boyunda 1.5 km eninde D-B doğrultulu doğuya dalımlı olup Alacaağzı Formasyonu yüzeylemektedir. Antiklinalde Zonguldak Formasyonu örtü kaya görünümünde olup, petrol jeolojisi açısından altta Yılanlı Formasyonu'nun olduğu düşünülmektedir (Özçelik ve Şahintürk 1983).

Yapıların bulunduğu yerde formasyonun mostrada olması nedeniyle bu bölgenin ekonomik bir değeri yoktur. Bu nedenle, Zonguldak Formasyonu'nun genç birimlerle örtülü olduğu alanlar bu formasyonda hidrokarbon aranması için umutlu alanlar olacaktır. Bu bölgelerde aranılacak kapanlar yapısal olabileceği gibi formasyonun çökelim koşullarından kaynaklanan stratigrafik kapanlar da olabilecektir.

4.4Batı Karadeniz Bölgesi petrol sistemi

Batı Karadeniz Bölgesi'nin petrol sistemi ilgili genel bir çalışma yapılmıştır (Şekil 4.1). Bu şekil petrolün göç, birikim, oluşum yaşı, yapısal ve stratigrafik kapanları içermektedir. Çalışma alanındaki petrol sisteminde Zonguldak Formasyonu kaynak

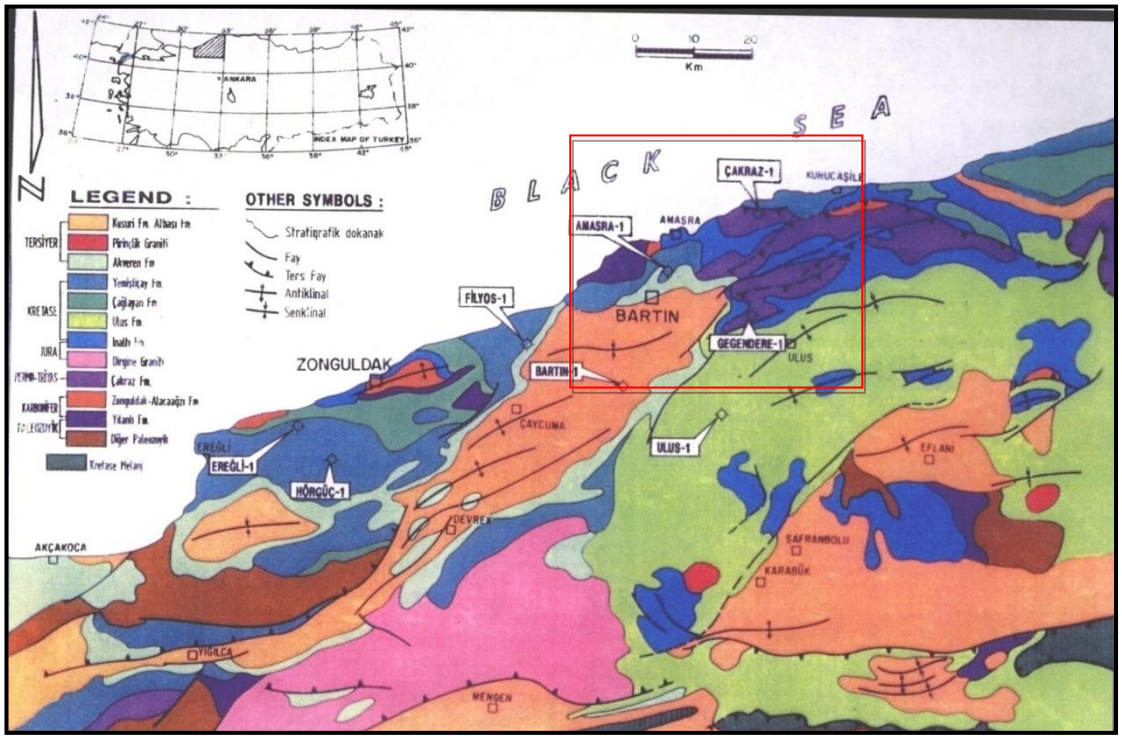
kaya olarak değerlendirilmiştir. Zonguldak Formasyonu'nun hazne kaya özelliği olmasına rağmen Velibey kumtaşlarının daha temiz yüzeyli olması nedeniyle, Kretase yaşlı Velibey Formasyonu hazne kaya olarak değerlendirilmiştir (Özçelik ve Şahintürk 1983). Petrolün oluşum yaşı ise 100-50 milyon yıl aralığındadır (Yalçın vd. 2003).



Şekil 4.1 Batı Karadeniz Bölgesindeki Karbonifer yaşlı kaynak kaya ve Kretase yaşlı hazne kaya verileri ile oluşturulan petrol sisteminin şematik değerlendirmesi (Yalçın vd. 2003).

5. İNCELENEN KUYULARA AİT DETAY BİLGİLER

Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyularına ait tarihçe bilgileri TPAO Kuyu tamamlama raporlarından derlenmiştir.



Şekil 5.1. Batı Karadeniz Bölgesi'nde açılankuyulara ait yer bulduru haritası (TPAO)

5.1 Amasra-1 kuyusu (TPAO)

Amasra-1 Arama Kuyusu, Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Paleozoyik birimleri, özellikle Yılanlı Formasyonu'nun hidrokarbon potansiyelini ortaya çıkartmak amacıyla açılmıştır (Şekil 5.1). 27.04.1989 tarihinde sulu kuyu olarak terk edilmiştir (Güner 1989)

Kuyuda, Devoniyen yaşlı Yılanlı formasyonu askıda kalmıştır. Kireçtaşı ve dolomitten oluşan birimin üzerinde dereceli geçişli olarak Geç Karbonifer (Namuriyen) yaşlı genellikle şeylerden oluşan Alacaağzı formasyonu bulunmaktadır. Alacaağzı formasyonu üzerinde dereceli geçişli olarak Zonguldakformasyonu yer alır. Zonguldak

formasyonununkesilen kalınlık değeri 1569 m'dir. Kuyuda kesilen birimler kumtaşı, çakıltaşı ve kömür bantlarından oluşmaktadır. Bu birimlerin üzerine Permo-Triyas yaşlı Çakraz formasyonuaçısal uyumsuz olarak gelmektedir. Çakraz formasyonu kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Tüfit, marn, kumtaşı ve kireçtaşı katkılarından oluşan Geç Kretase yaşlı Yemişliçay formasyonu, Çakraz formasyonunu açısal uyumsuzlukla örtmektedir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Amasra-1 kuyusu litostatigrafi birimleri (Güner 1989)

Birimler	**Derinlik (m)**	**Kot (m)**	**Kalınlık (m)**	**Üst Dokanak**
Yemişliçay	0	62.50	150.75	Yüzey
Çakraz	156.00	-93.50	48.00	Açısal uyumsuz
Zonguldak	204.00	-141.50	1506.00	Açısal uyumsuz
Alacaağzı	1710.00	-1647.50	313.00	Geçişli
Yılanlı	2023.00	-1960.50	197.00 (P)	Geçişli

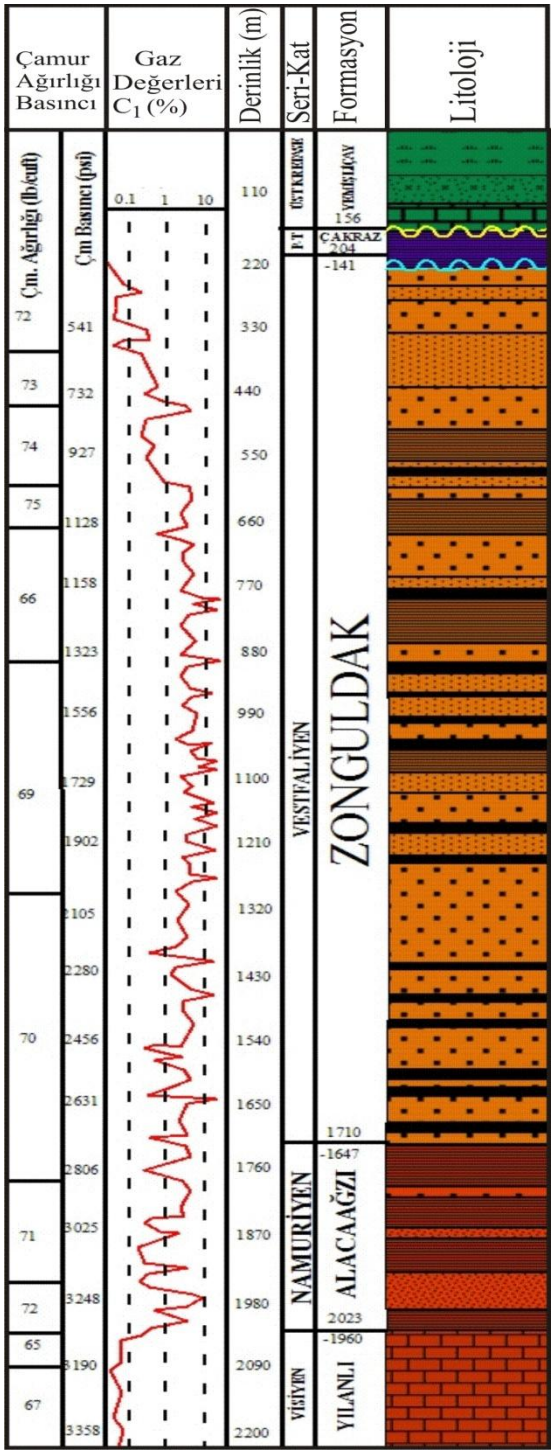
Amasra-1 Arama kuyusunda iki adet karot alınmıştır. Uzun ve kısa kolonlar halinde 1695-1701 m'de alınan, kumtaşı, şeyl ve çakıltaşı ardalanmasından oluşan karot Zonguldak formasyonu olarak tanımlanmıştır.2032-2040 m'de kısa kolon ve parçalar halinde alınan karotun tamamı kireçtaşı ve bol çatlaklı olup Yılanlı Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Yılanlı Formasyonu'na ait 7 adet DST yapılmıştır. DST sonucunda ise tuzluluğu 825-1650 ppm olan tatlı su alınmıştır (Güner 1989).

TPAO ve Schlumberger tarafından kuyudan alınan loglar; Gamma Ray, SP, Rezistivite, Yoğunluk ve Kaliper loglarıdır.

Amasra-1 kuyusunda, 100. metreden itibaren FID-765 Eh-5 numaralı gaz kromatografi (GC) çalıştırılmıştır (Güner 1989). TPAO'da kompozit kuyu logu ve kompozit çamur logunda yapılan çalışmalarda kömürlü seviyelerde gaz değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Zonguldak formasyonu'nun kömürlü seviyelerinde gaz değerleri yer yer %20-50 değerleri arasında değişmektedir. 778. metrede C_1 %25 ve 1070. metrede C_1 %35 maksimum gaz değerleri okunmuştur (Şekil 5.2).

Kuyuda kömürlü seviyelerin gaz değerlerinde önemli artış olmasına rağmen test yapılmamıştır. Ayrıca kömürün gözenekliliğinin düşük olması nedeniyle kuyu loglarında gaz değeri okunmamaktadır. Alınan loglar, çizilen kompozit çamur logu, kesinti ve karotların incelenmesi sonucunda sulu kuyu olarak terk edilmiştir (Güner 1989).



Şekil 5.2 Amasra-1 Kuyusu'na ait kompozit log (TPAO 1989'dan değiştirilmiştir.)

5.2 Çakraz-1 kuyusu (TPAO)

Çakraz-1 Kuyusu, Batı Karadeniz kuşağında belirlenen yükselim alanlarından birisi olan Amasra-Tarlaağzı yöresinden Çakraz'a doğru uzanan yükselim alanı üzerinde (Şekil 5.1) Karbonifer yaşlı birimlerin (Zonguldak formasyonu) kumtaşları ile Devoniyen yaşlı kumtaşı ve dolomitik kireçtaşlarının test edilmesi amacıyla açılmıştır (Türker 1989).

Kuyu, Devoniyen yaşlı Yılanlı formasyonu'nda askıda kalmıştır. Kireçtaşı ve çörtten oluşan birimin üzerinde dereceli geçişli olarak Üst Karbonifer (Namuriyen) yaşlı şeyl , kumtaşı, çamurtaşı ve kömürden oluşan Alacaağzı formasyonu bulunmaktadır. Alacaağzı formasyonu üzerinde dereceli geçişli olarak Zonguldak formasyonu gelmektedir. Formasyonu'nun kalınlık değeri 878 metredir ve kumtaşı, çakıltaşı ve kömür bantlarından oluşmaktadır.Bu birimlerin üzerine kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı ve şeylden oluşan Çakraz formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir (Çizelge 5.2).

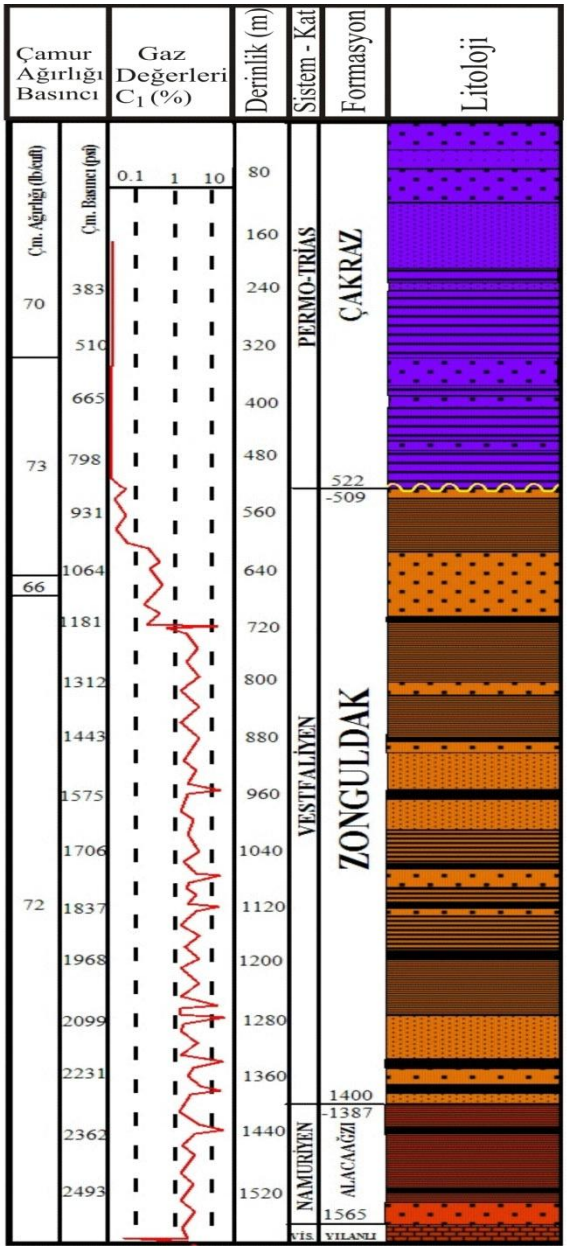
Çizelge 5.2 Çakraz-1 kuyusu litostratigrafi birimleri (Türker 1989)

Formasyon	**Derinlik (m)**	**Kot (m)**	**Kalınlık (m)**	**Üst Dokanak**
Çakraz	0	12.78	514.32	Yüzey
Zonguldak	522	-509.22	878.00	Diskordans
Alacaağzı	1400	-1387.22	185.00	Geçişli
Yılanlı	1595	-1582.22	30 (P)	Geçişli

Bu kuyuda, üç tane karot numunesi alınmıştır. Bunlardan birincisi, 1550-1558 m'de küçük parçalar halinde çıkan çamurtaşı, şeyl ve kumtaşlarından oluşan Alacaağzı formasyonuna aittir. 1582-1588 m' den, uzun kolon ve kısa parçalar halinde çıkan karotun tamamı kireçtaşı olup enine ve boyuna çatlaklıdır. 1588-1595 m' den uzun ve kısa parçalar halinde çıkan karot bol çatlaklı kireçtaşıdır. İki ve üç numaralı karot Yılanlı formasyonu olarak tanımlanmıştır. Zonguldak formasyonuna ait 3 tane,

Alacaağzı-Yılanlı formasyonu ve Yılanlı formasyonuna ait birer tane olmak üzere toplam 5 DST yapılmıştır. Yılanlı Formasyonu'nun kireçtaşında yapılan iki DST' de H_2S kokulu tatlı su alınmıştır (Türker 1989). Schlumberger tarafından kuyudan alınan loglar Gamma Ray, SP Rezistivite, Yoğunluk ve Kaliper logudur.

Çakraz-1 Arama Kuyusu'nda 202m'den itibaren GC çalıştırılmıştır. TPAO'da kompozit çamur logu ve kompozit kuyu logunda yapılan çalışmalarda; Zonguldak formasyonu içindeki kömürlü seviyelerde (714, 950, 1060, 1112, 1182, 1222, 1228, 1278, 1342 ve 1384 metreler) gaz değerleri % 20-70'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir (Şekil 5.3). Bu gazların ekonomik değerini anlamak için yapılan DST' ler by pass olmuştur. 1054-1072 m aralığında GC % 30-35 değerine ulaşmasına rağmen 3 numaralı DST'de herhangi bir gaz gelişi olmamıştır.Zonguldak formasyonu içerisindeki kömür seviyelerinde önemli gaz artışı olmuştur. Bu gazların ekonomik değerini anlamak için test yapılmış fakat gaz gelişi gözlenmemiştir.Yapılan DST ve alınan karot sonucunda kuyu 18.7.1989'da "sulu" olarak terk edilmiştir (Türker 1989).



Şekil 5.3 Çakraz 1 Arama Kuyusu'na ait kompozit log (TPAO 1989'dan değiştirilmiştir).

5.3 Gegendere-1 kuyusu (TPAO)

Kuyunun açılış amacı, bölgede yer alan Üst Paleozoyik yaşlı birimlerin hidrokarbon potansiyelinin ortaya çıkarılmasıdır. Bölgede daha önce açılan Amasra-1 ve Çakraz-1 kuyularda hedeflenen birimler kesilmiş ancak yapılan testlerde su alınmıştır. Gegendere bölgesinde yapılan çalışmalarda hedeflenen seviyelerin daha derinde olacağı ve

tektonikten fazla etkilenmemiş olduğu düşünülmüştür (Şekil 5.1) (Dölek ve Türker 1994).

Alacaağzı formasyonu'nda kuyu askıda kalmıştır.Namuriyen yaşlı Alacaağzı ve Vestfaliyen yaşlı Zonguldak formasyonlarının kuyuda tekrar etmesi ters fayın varlığını ortaya koymaktadır (Dölek ve Türker 1994). Fayın yaşı Orta Eosen sonrasıdır.Olgunlaşma seviyelerine de faylanmadan sonra ulaşılmıştır (Derman ve İztan 1997). Kuyuda tektonik nedenle iki kez kesilen Zonguldak formasyonu kumtaşı, şeyl, çakıltaşı, çamurtaşı ve kömür seviyelerinden oluşmaktadır. Zonguldak formasyonu Alacaağzı formasyonu üzerinde geçişli olarak örterken, ikincisinde tektonik olarak gelmektedir. Bu birimlerin üzerine gelen Çakraz formasyonu ile açısal uyumsuzdur (Çizelge 5.3).

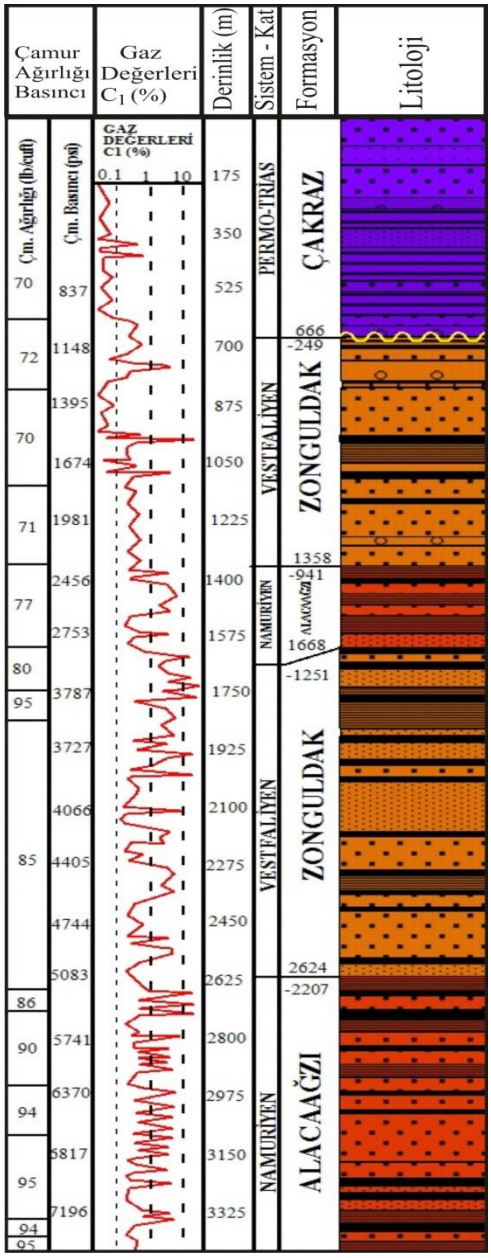
Çizelge 5.3. Gegendere -1 kuyusu litostratigrafi birimleri (Dölek ve Türker 1994)

Formasyon	**Derinlik(m)**	**Kot (m)**	**Kalınlık(m)**	**Üst Dokanak**
Çakraz	0	409.48	658.9	Yüzey
Zonguldak	666	-249.42	692	Açısal uyumsuz
Alacaağzı	1358	-941.42	310	Geçişli
Zonguldak	1668	-1251.42	956	Geçişli
Alacaağzı	2624	2609.36	826	Geçişli

Kuyudan iki tane karot numunesi alınmıştır. 2437-2440 m' de kısa kolon ve parçalar halinde alınan şeyl ve kumtaşı litolojilerinden oluşan karot Zonguldak formasyonu'na aittir. İkinci karot ise kısa parçalar halinde çıkartılmıştır. İnce çamurtaşı ve kumtaşı arabantlı şeyl litolojisinin hakim olduğu Alacaağzı formasyonudur. Zonguldak formasyonuna ait iki DST yapılmıştır ve gazlı sondaj çamuru alınmıştır. TPAO ve Schlumberger tarafından Gamma Ray, SP, Kaliper ve Rezistivite Logları alınmıştır (Dölek ve Türker 1994).

Kuyuda 176 metreden itibaren GC çalıştırılmıştır. Kömür olmayan seviyelerde gaz değerleri % 0.01 ile % 2.0 arasında değişmektedir. Kömürlü birimlerin kalınlıklarına göre gaz değerleri % 5-% 50 arasında görülmektedir. Zonguldak formasyonu içindeki kömürlü seviyelerde (976, 1711, 1745, 1958, 2006, 2100, 2115 ve 1384 m' ler) gaz değerleri %10-70 'a kadar yükselmiştir (Şekil 5.4). Zaman zaman çamura petrol verilmesi sebebiyle az miktarda gözlenen C_3 değerlerinde, petrolün çamurdaki yüzdesinin azalmasıyla birlikte görülmemiştir (Dölek ve Türker 1994).

Kuyuda sondaja Permo-Triyas yaşlı Çakraz formasyonundan başlanmıştır. Ancak, tektonik nedeniyle Karbonifer içerisindeki tekrarlamalar görüldüğünden hedeflenen Yılanlı formasyonuna girilmeden kuyu terk edilmiştir.



Şekil 5.4 Gegendere-1 Kuyusuna ait kompozit kuyu logu (TPAO 1994'den değiştirilmiştir).

6. ZONGULDAK FORMASYONU KUMTAŞLARININ PETROGRAFİSİ

Bu bölümde Zonguldak Formasyonu kesilmiş olan üç kuyuya ait karot, kesinti, tapa ve sahadan alınan numunelerin ince kesit örnekleriyle yapılan mineralojik ve petrografik çalışmalar sonucunda kumtaşları tanımlamaları yapılmıştır. XRD ve SEM çalışmaları da bu bölümde verilerek kumtaşı diyajenezi değerlendirilmişir. Bütün bu çalışmalar, Gamma Ray okumaları karşılaştırılarak çökelme ortamı hakkında yorum yapılmıştır.

6.1. Kesinti ve karot örnekleri

Kuyularda kesilen Zonguldak Formasyonu kumtaşı şeyl, çakıltaşı, çamurtaşı ve kömür seviyelerinden oluşmaktadır. Kumtaşları genellikle gri renkli orta-iri taneli ve karbonat silis çimentoludur. Şeyller açık gri, açık yeşil, açık kahverenkli, yer yer çamurlu, az karbonatlıdır. Çakıltaşları kuvars, çört ve volkanik kayaç parçası içermektedir. Kalınlığı 2-4 m arasında değişen kömür seviyeleri de kesilmiştir. Çamurtaşları ise genellikle gri renkli, gevşek ve yer yer kömür laminalıdır.

Amasra-1 Arama Kuyusunda (TPAO) Zonguldak Formasyonu'na ait bir karot alınmıştır (Şekil 6.1a, b) . Uzun ve kısa kolonlar halinde 1695-1701 m'de % 66 kurtarım ile alınan karot 4 metredir. Karotta üste doğru tane boyu incelmiştir. Sert sıkı dokulu, az gözenekli, belirsiz çapraz tabakalanmalıdır.

Karot üstten itibaren;

0.00-0.26 m: Açık koyu gri renkli, sertçe, yer yer ince kömür laminalı, ince orta taneli şeylden,

0.26-3.30 m: Açık gri renkli, sertçe, orta-kaba taneli,1-3 cm boyutunda çakıllı, çapraz katmanlı, köşeli, kötü boylanmalı, sıkı dokuluve taşınmış kömür parçaları içeren kumtaşı,

3.30-3.60 m: Az köşeli çakıllı kumtaşı,

3.60-4.00 m: Açık gri renkli, köşeli, zayıf tane arası gözenekli, yer yer kumtaşı geçişli, çakıltaşından oluşmaktadır.



Şekil 6.1 (a,b) Amasra-1 kuyusunun 1699-1701 m aralığına ait kırıntılıların karot görüntüsü.

6.2 İnce kesit çalışmaları

Ana bileşenlerin bollukları açısından istifin alt, orta ve üst seviyelerinde önemli bir farklılık göstermemektedir. Çatıyı oluşturan taneler kum boyu taneler olup kuvars, feldispat ve litik parçalardan oluşurlar. K-feldispatlar hemen hemen her kesitte plajiyoklazlardan daha fazla bulunmaktadır. Ayrıca monokristalen kuvarslar da

(Çakraz-1 ve Gegendere-1) polikristalen kuvarslardan her ince kesitte daha boldur. Kumtaşları hakim olarak bazı bölümlerde kayaç parçaları bakımından zengin olup genelde metamorfik ve sedimanter kökenlidir (mikritik kireçtaşı, fosil parçaları, kiltaşı, kömürleşmiş bitki parçaları, çört vb.,). Bazı kesitlerde serpantin kayaç parçaları artmaktadır. Kuvars bazı seviyelerde yoğun olup genelde plütonik kökenlidir Mika olarak muskovit az oranda gözlenmiştir. Ağır mineral olarak bazı seviyelerde apatit gözlenmektedir. Bağlayıcı malzeme %10-%20 arasındadır. Genel olarak kil matriks baskındır yer yer kalsit ve silis çimento bulunmaktadır.

6.2.1 Kuvarslar

Kumtaşları ve çakıltaşlarında en bol bulunan ve çok duraylı olan mineraldir. Bu tezde, kuvarslar isimlendirilirken, monokristalen ve polikristalen kuvars terimleri kullanılmıştır. Monokristalin olarak adlandırılan kuvarslar, Kyrnine (1942)'in Folk (1980) tarafından modifiye edilmiş sınıflamasına göre plütonik, volkanik ve damar kuvarslardır. Polikristalen kuvars grubu ise, aynı sınıflamaya göre metamorfik kuvars grubuna (rekristalize, şistik ve sıkıştırılmış) dahildir.

Ayrıca bazı araştırmacılara göre (Folk,1980) çört kuvars grubuna alındığından bu çalışmada sedimanter kayaç parçası olarak tanımlanmıştır. Monokristalen kuvarsların yüzdesi Amasra-1 karot verilerinde ve kesinti örneklerinin alt kesimlerinde, polikristalen kuvarslardan daha azdır. Çakraz-1'de ve Gegendere-1 kuyusu örneklerinde; monokristalen kuvars bütün seviyelerde polikristalenlerden daha çok gözlenmiştir.

6.2.2 Feldispatlar

Kumtaşlarının önemli bileşenlerinden ikincisi de feldispatlardır. Bozunmaya ve aşınmaya karşı duyarlı olması ve duraylılığının az olması nedeniyle sedimanter kayaçlarda daha az miktarlarda bulunurlar. K-feldispatların çok olması volkanik bir kaynağı gösterir. Plajiyoklazların azlığı veya çokluğu uzun süreli aşınmayı veya yüksek

oranlı bozunmayı işaret eder. İncelenen kesitlerde plajiyoklazlar ve çok az K-Feldispatlar gözlenmiştir. Plajiyoklazların bileşimi polarizan mikroskop altında belirlenememiştir. K-Feldispatlardan çok az oranda ortoklaz tanımlanmıştır. Ortalama olarak ince kesitlerde %10 civarındadır ve en bol Çakraz-1 Kuyusunda 646m'de gözlenmektedir.

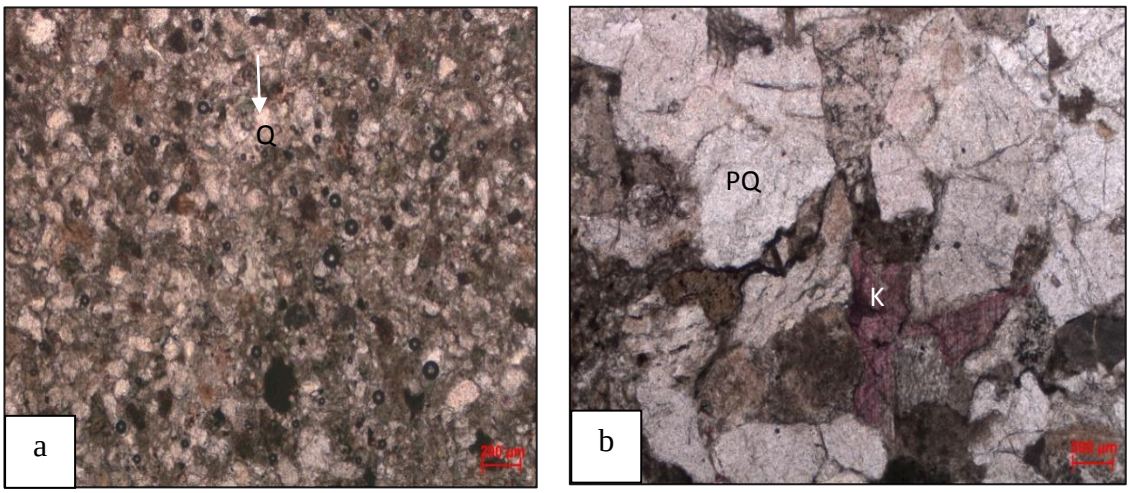
6.2.3 Kayaç parçaları

İnceleme alanında Zonguldak Formasyonu'nun kumtaşlarında metamorfik, magmatik ve sedimanter kayaç parçaları gözlenmektedir. Kayaç parçaları tüm kumtaşı kesitlerinde ortalama olarak sırasıyla % 66, % 45 ve % 31 (Amasra-1,Çakraz-1 ve Gegendere-1) civarında bulunmaktadır. Kayaç parçası miktarı, kaynak kaya, tane boyu ve olgunluk parametreleri hakkında bilgi vermektedir. Amasra-1 kuyusunda karot verilerine göre, metamorfik kayaç parçaları en fazla bulunan kayaç grubudur. Sedimanter kayaç grubu en az olup çört karakterli mikritik kayaç parçası belirlenmiştir. Çört parçaları; çörtün ayrışmaya karşı duraylı ve dayanımlı olduğundan, sedimanter kayaçlarda çok bulunurlar. Kesintilere göre ise serpantinit ve kömürleşmiş bitki parçaları yaygın olarak bulunmaktadır. Çakraz-1 'in kırıntılarından yapılan kesitlere göre; kayaç parçası oranı alt kesimden yukarıya doğru azalmaktadır. Çört, kömürleşmiş bitki parçaları ve çamurtaşını kapsayan sedimanter kayaç parçaları üst seviyelerde yer almaktadır. Metamorfik kayaç parçası en az bulunan gruptur. İncelenen kesitlerde Gegendere-1 kuyusunda en çok yüzdeye sahip olan kayaç grubu magmatikler olup yukarıya doğru sedimanter kayaç (çamurtaşı) yüzdesi artmaktadır.

6.2.4 Kumtaşlarının sınıflandırılması

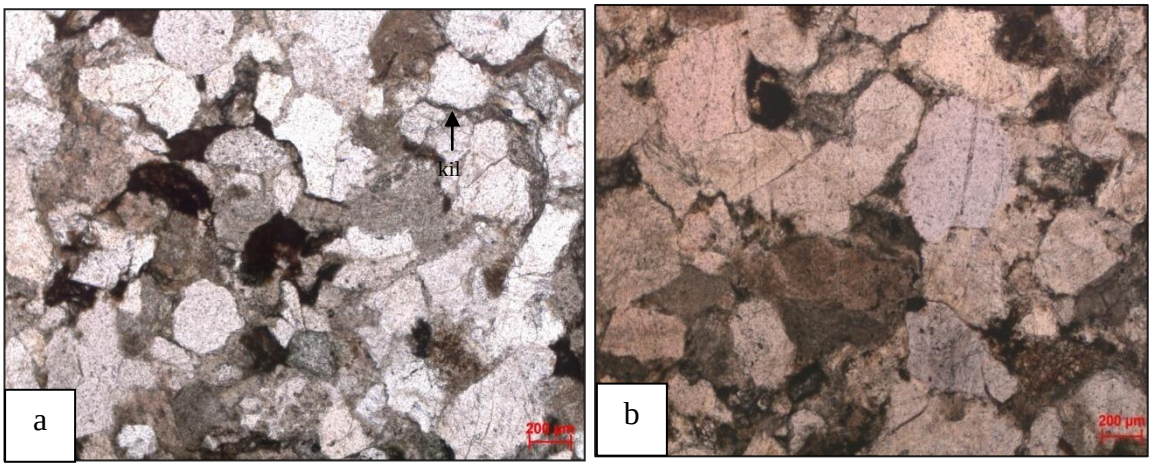
Petrografik tanımlamalar için kumtaşı bileşenlerinin yüzdeleri hesaplanmıştır. Folk 1980 üçgeni kullanılarak kumtaşlarının bileşimleri belirlenmiştir. Çizelgelerde (Ek,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6) görüldüğü gibi kırıntılıların sınıflama sonuçları; ince-orta taneli, orta boylanmalı, litik arenit, sublitarenit, feldispatik arenit, karbonat çamurtaşı ve birer örnekte kuvars arenit ve çakıltaşı çıkmıştır.

Amasra-1 kuyusunda kumtaşları ince taneli, köşeli ve orta boylanmalıdır (Şekil 6.2). Çört yaygın olarak gözlenmektedir. Çörtün yanı sıra organik madde içeren kayaç parçaları ile metamorfik (Şekil 6.3) ve volkanik kayaç parçaları izlenmiştir. Kalsit çimento, kil bağlayıcı ve kuvarsta erime boşluğu içeren kumtaşlarında nitel gözeneklilik zayıftır (EK 2.1, 2.2, 2.4). Alınan örneklerin petrografik değerlendirmesi ve Folk (1980) sınıflamasına göre sublitarenit, litik arenit, litik vake ve çakıltaşı bileşimindedir (Şekil 6.4).



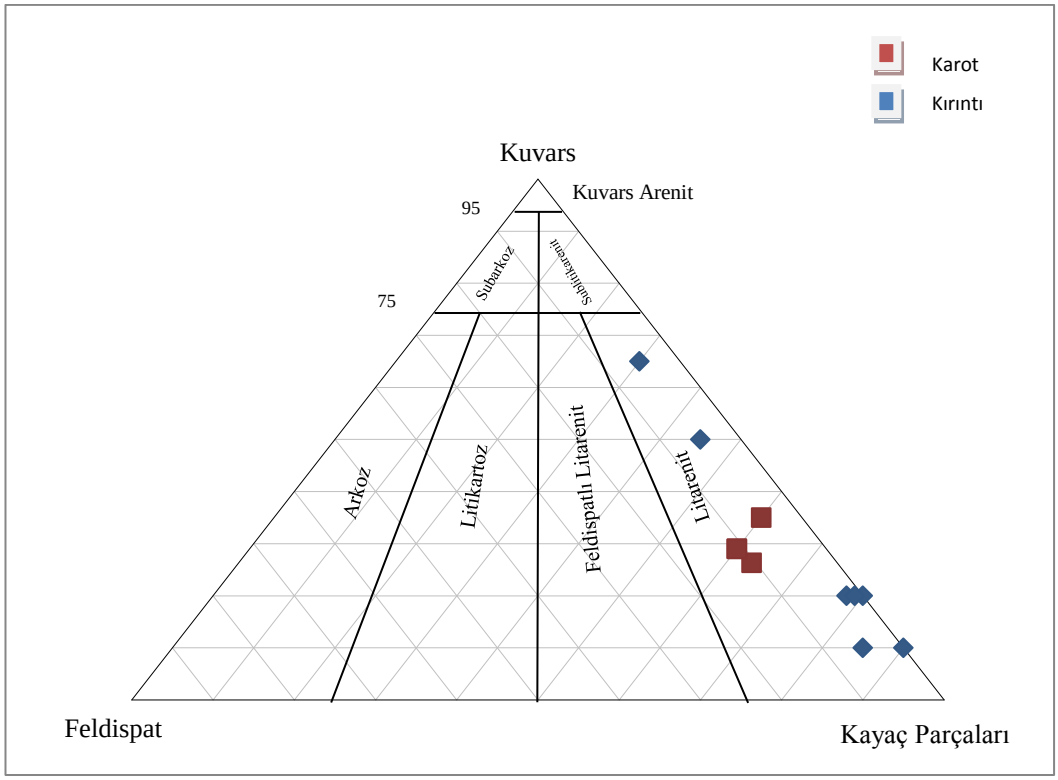
Şekil 6.2 Amasra-1 Kuyusu kesintilerine ait tek nikol ince kesit görüntüleri

a) Kuvarsın (Q) hâkim olduğu ince taneli sublitarenit (346m) b) Metamorfik kayaç parçaları (polikuvars:PQ; K: kalsit) içeren litikarenit (1346m)



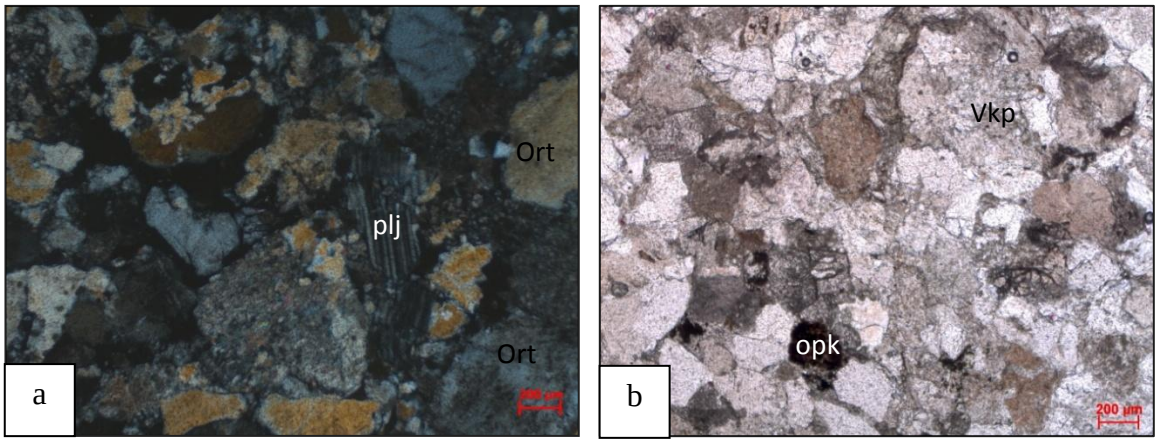
Şekil 6.3 Amasra-1 Kuyusu karot örneklerine ait ince kesitlerin tek nikol görüntüleri

a) %15'den fazla kil (ok) bağlayıcılı litik vake (1696,95m), b)İnce taneli çakıltaşının tek nikol (1698,25m).

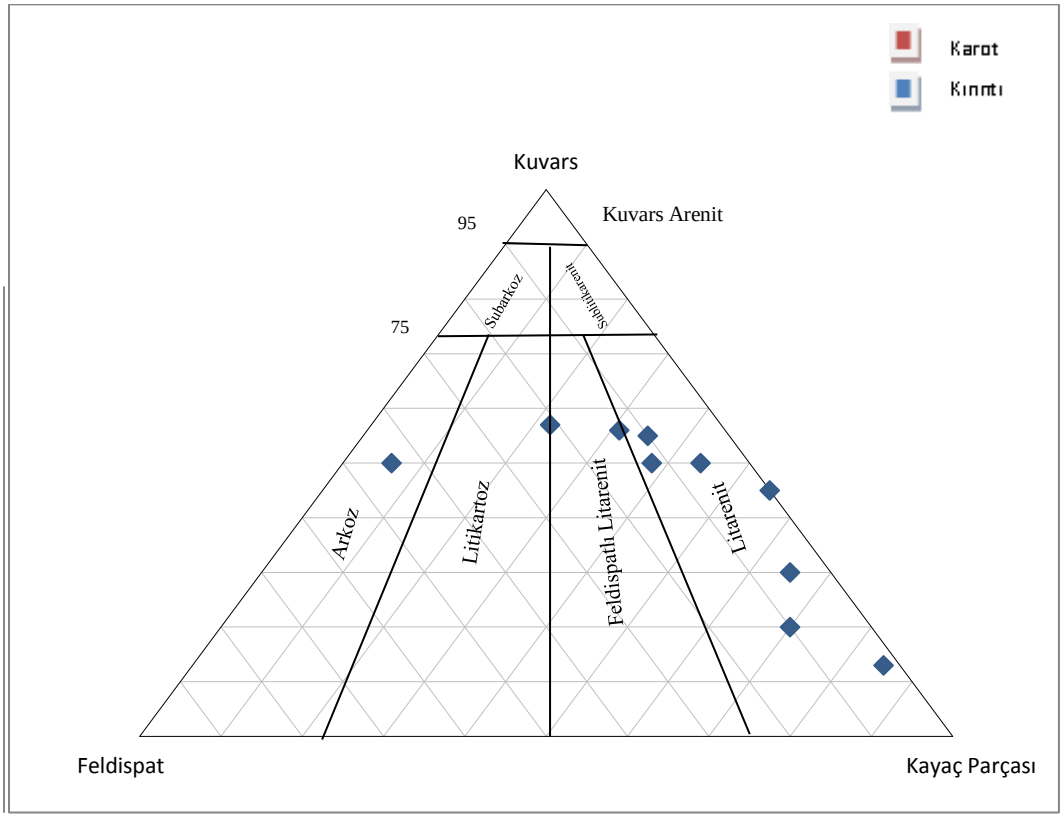


Şekil 6.4 Zonguldak kumtaşlarının Amasra-1 kuyusuna ait modal bileşimi (Folk,1980)

Çakraz-1 kuyusundan alınan kesinti örneklerinin petrografik değerlendirmesine göre kayaç parçası, feldspat ve kuvars bileşenleri gözlenmiştir (Şekil 6.5). Bağlayıcı olarak % 15' den az oranda kil ve karbonat gözlenmiştir. Folk (1980) sınıflamasına göre litik arenit ,feldispatik arenit ve arkoz olarak kumtaşları adlandırılmıştır (Şekil 6.6). Kumtaşları orta-kaba taneli, köşeli ve orta kötü boylanmalıdır. Feldispat taneleri altere olduğu için kirli yüzeylere sahiptir. Kil bağlayıcı ve kalsit çimento içermektedir. Kömürleşmş bitki parçaları ve volkanik kayaç parçaları içeren formasyonda nitel gözeneklilik zayıftır (Ek 2.4).



Şekil 6.5 Çakraz-1 Kuyusu kesintilerine ait ince kesit görüntüleri
a) Alterasyon nedeniyle kirli yüzeylere sahip feldispat (ort: ortaklas; plj: plajioklas) içeren feldispatik arenitin çift nikol görüntüsü (646m), b) Volkanik kayaç parçaları (vkp) ve opak mineralli (opk) litikarenitin tek nikol görüntüsü (1368m).

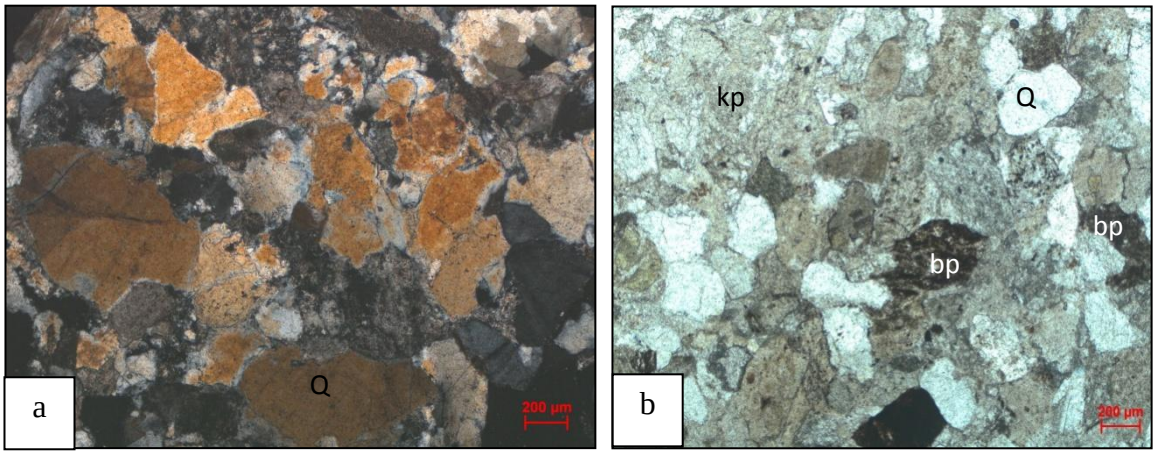


Şekil 6.6 Zonguldak Formasyonunun Çakraz-1 Kuyusuna ait modal bileşimi (Folk 1980)

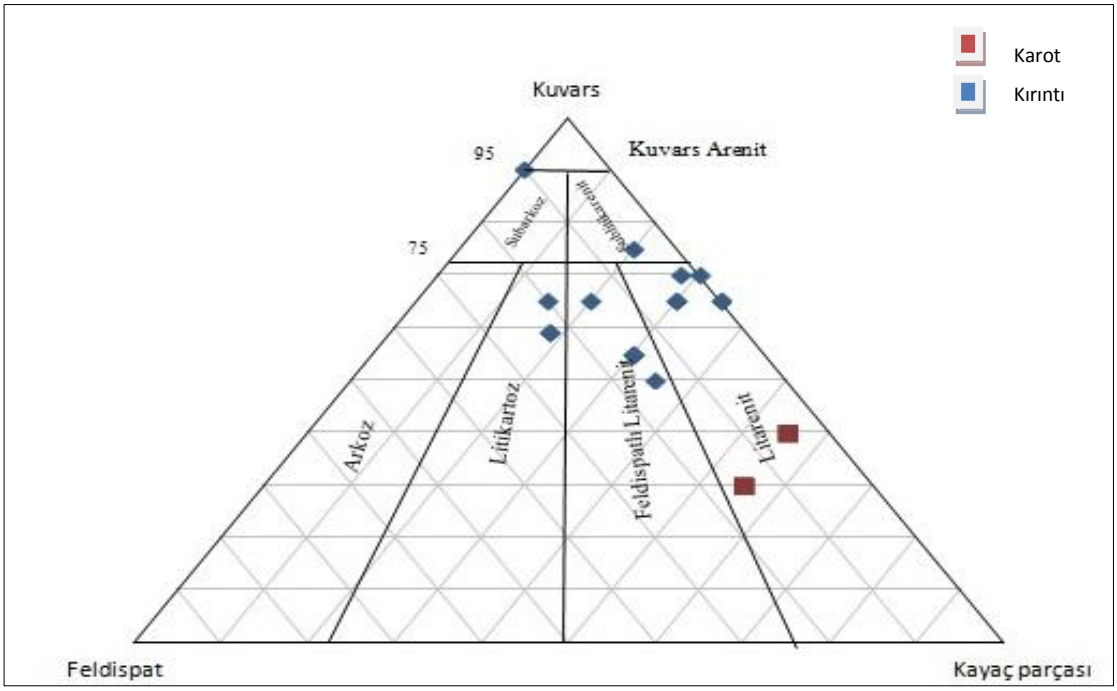
Gegendere-1 kuyusu örneklerinde kuvars ağırlıklı litik ve feldspat taneleri gözlenmiştir. Kömür parçaları da bu örneklerde bulunmaktadır (Şekil 6.7b). İncelenen örneklerin

bileşimi Folk (1980)' e göre litik arenit, feldispatik arenit, litik arkoz, sublitarenit ve kuvars arenittir (Şekil 6.8).838-854 metre aralığında kireçtaşı litolojisi hakimdir. Bu metrelerde kavkı parçaları gözlenmiştir.

Kumtaşları orta tane boylu yarı yuvarlak ve orta boylanmalıdır. İnce kesitlerde karbonat kayaç parçaları ve kömür saptanmıştır. Kalsit çimento ve kil bağlayıcı içermektedir. Erime ve çatlak gözenekliliği gözlenir. Formasyonun derin kesimlerinde (2617 m) dolomitik bağlayıcı gözlenmiştir. İnce kesit incelemelerinde yapılan çalışmalara göre nitel gözeneklilik (% 1.5-2) zayıftır (Ek 2.5).



Şekil 6.7 Gegendere-1 Kuyusu kesintilerine ait ince kesit görüntüleri.
a) Kuvarsarenitin (Q: Kuvars) çift nikol görüntüsü (776m), b)Kömürleşmiş bitki parçaları (bp) içeren litikarenitin (kp: kayaç parçası) tek nikol görüntüsü (2580m).



Şekil 6.8 Zonguldak Formasyonunun Gegendere-1 Kuyusuna ait modal bileşimi (Folk 1980)

6.3 XRD analizleri

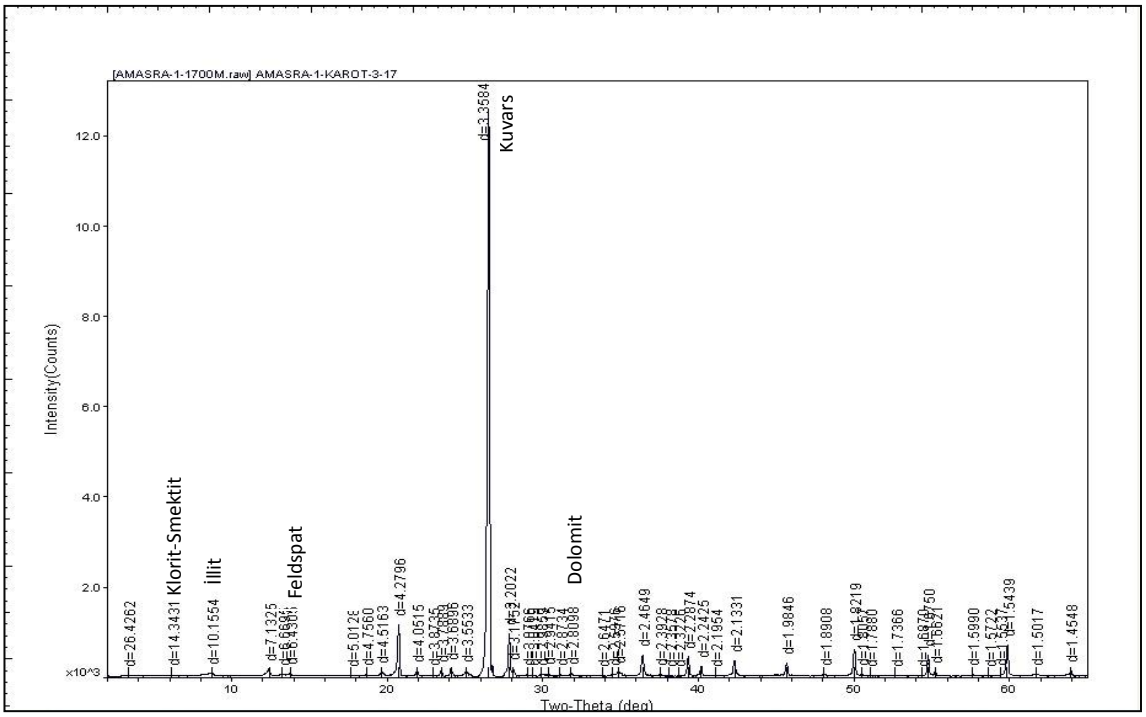
Zonguldak Formasyonu'ndan çalışılan üç kuyudan toplam altı örnekten alınan örneklerle X–ışınları difraksiyon tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Alınan örnekler, Amasra-1 kuyusunda (1695, 1790m) karot, Çakraz-1 (774,1090-1092) ve Gegendere-1 (792-794,1050 m) kuyularında ise kesintilerdeki kırıntılılardan seçilmiştir (EK 3). Bu analizlerde örneklerin tüm kaya bileşimleri ve kil fraksiyonundaki kil minerallerin cinsleri saptanmıştır. Formasyona ait tüm kaya minerallerinin değişimleri Çizelge 6.1 de gösterilmiştir. Zonguldak Formasyonu kumtaşlarında, kuvars ve feldispat düzenli olarak varlığını sürdürmektedir. Kuvars d=3.35 A°, feldispat d=3.17A°, kalsit d=3.02 A° ve dolomit d=2.8 A° (2θ) şeklinde bulunan karakteristik piklerle tanımlanmıştır.

Kil minerallerinin tüm kaya mineral bileşimine katılım cinsleri Formasyon boyunca çok fazla değişiklik göstermemektedir. Kil fraksiyonu analiz sonuçlarına göre; kil tiplerinin illit, klorit, kaolinitin hakim kil mineralleri, simektitin ise düşük oranda olduğunu

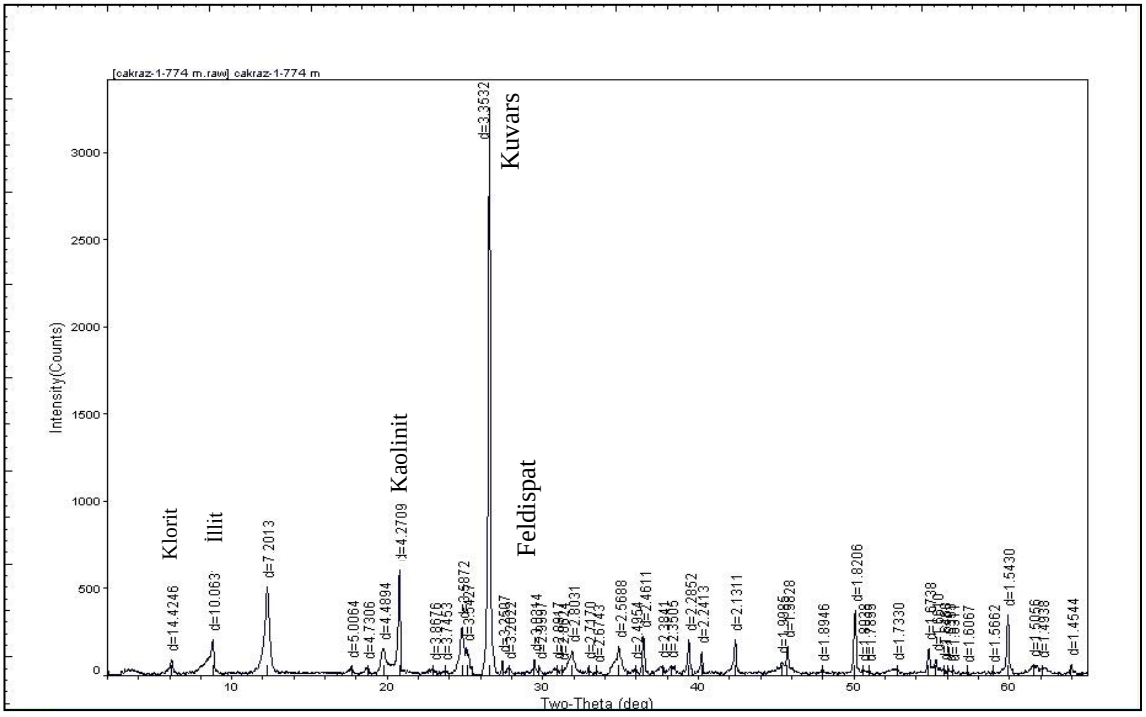
göstermektedir. İncelenen tüm seviyelerde illit, klorit ve kaolinit minerallerine rastlanılmıştır.Kloritd=14 A°, illit d=10A°, kaolinit d=7 A° ve simektit d=14 A° (2θ) şeklinde bulunankarakteristik piklerle tanımlanmıştır (Şekil 6.9 -6.11).

Çizelge 6.1 İnceleme alanı sondaj karot ve kesinti örneklerinin XRD mineralojik tanımlamaları.

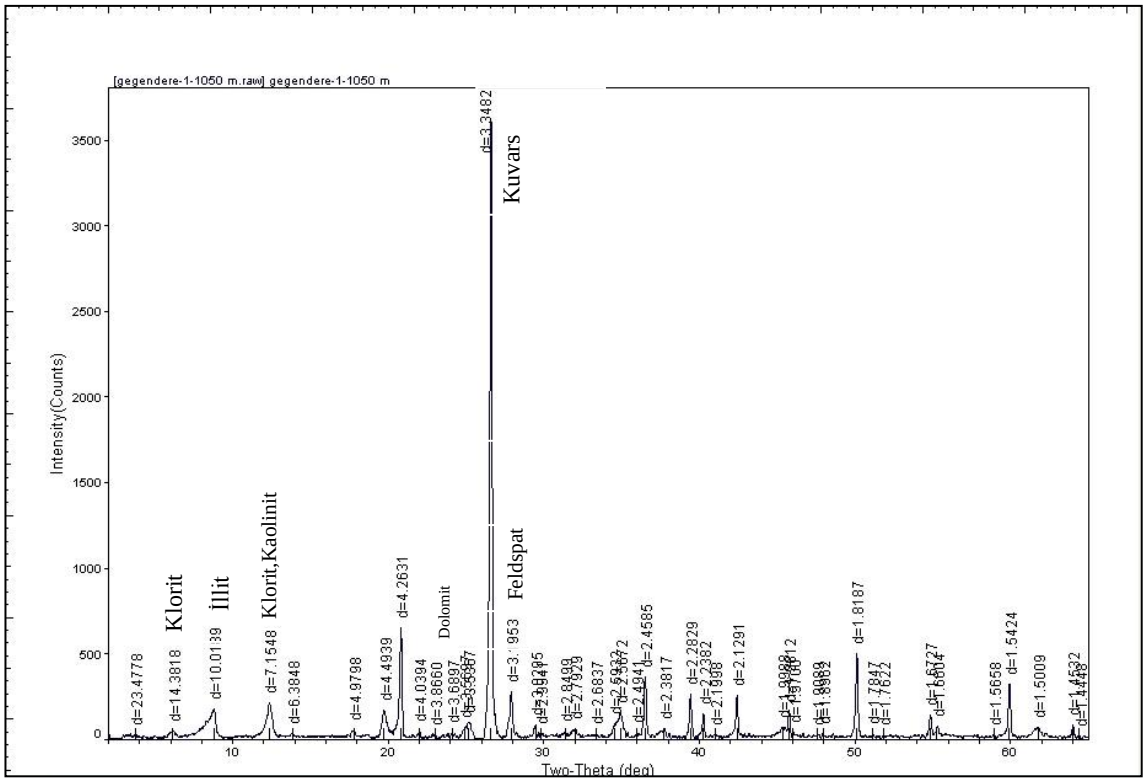
Kuyu	**Derinlik (m)**	**Kayaç İsmi (Folk 1980' e göre)**	**Tüm kayaç mineralojisi**	**Kil mineralojisi**
Amasra-1	1695	Litik arenit	Kuvars, feldspat, dolomit, kalsit	İllit,Klorit, Kaolinit
	1700	Çakıltaşı	Kuvars, feldspat, dolomit, kalsit	İllit,Klorit, Kaolinit,Simektit
Çakraz-1	774	Litikarenit	Kuvars, feldspat, dolomit, kalsit	İllit,Klorit, Kaolinit
	1090-1092	Sublitarenit	Kuvars, feldspat, dolomit, kalsit	İllit,Klorit, Kaolinit
Gegendere-1	792-794	Kuvarsarenit	Kuvars, feldspat, kalsit	İllit,Klorit, Kaolinit
	1050	Sublitarenit	Kuvars, feldspat,kalsit, dolomit	İllit,Klorit, Kaolinit



Şekil 6.9 1700m karot örneğine ait tüm kaya XRD difraktogramı



Şekil 6.10 Çakraz-1 774 m kesinti örneğine ait tüm kaya XRD difraktogramı.



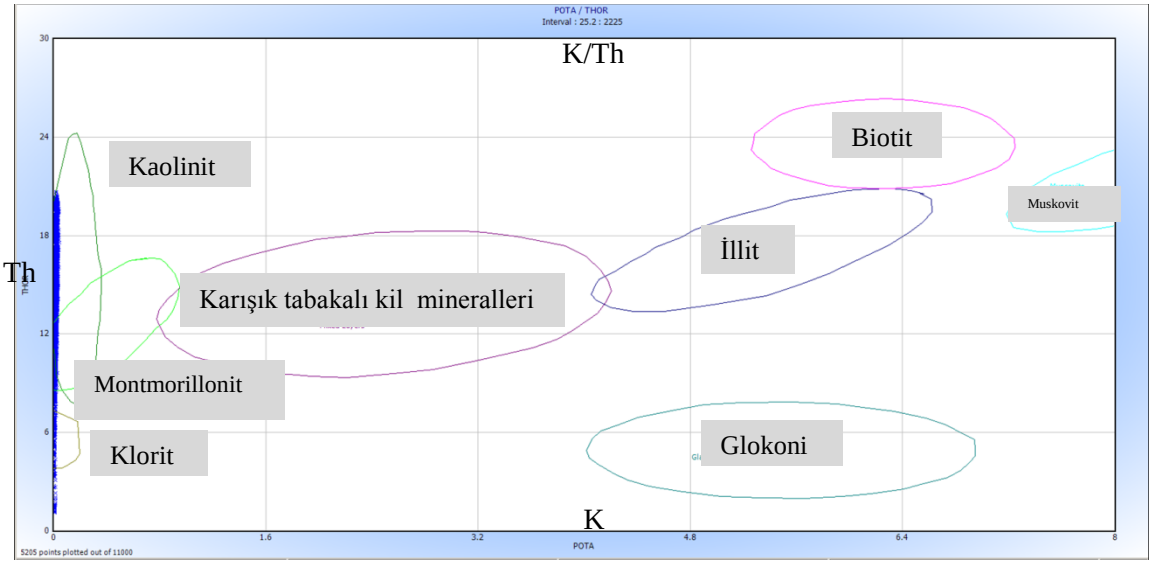
Şekil 6.11 Gegendere-1 1050 m kesinti örneğinin tüm kaya XRD difraktogram.

6.3.1 Değerlendirme

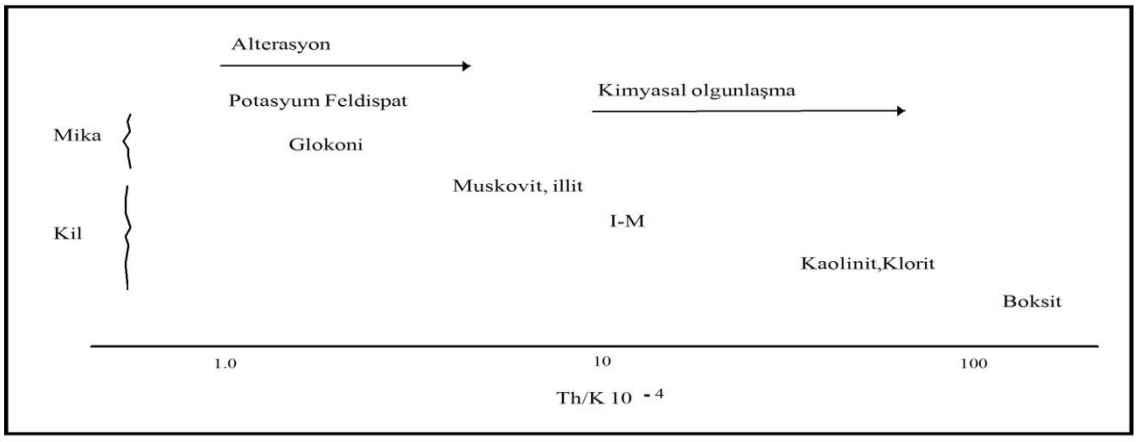
Amasra-1 kuyusunda illit, klorit ve kaolinitin yanı sıra simektit'te gözlenmektedir. (Şekil 6.9). Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyusunda kil birlikteliği illit, kaolinitin ve klorit'ten oluşmaktadır (Şekil 6.10, 6.11). Az oranda simektit oluşumu depolanma süresince mevsimsel olarak ıslak ve kuru iklim şartlarının hakim olduğunu göstermektedir. Kloritler ise muhtemel olarak ortama detritik olarak aktarılmıştır.

Kuyu loglarında yapılan GR okumalarından kil tiplerini belirlemek ve jeolojik ortam yorumu yapmak mümkündür. Amasra-1 kuyusunda GR ve CGR (uranyum etkisinden arındırılmış Gamma Ray logu) logları alınmıştır. Th/ K değerleri kullanılarak yapılan noktalamalarla kil mineralleri belirlenmiştir. Th/K oranındaki değişime göre kaolinit, klorit ve montmorillonit (simektit) içeriği gözlenmiştir (Şekil 6.12). GR okumaları ile belirlenen kil tipleri XRD yöntemi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Th/K oranındaki artış, alterasyonun fazla olduğunu göstermektedir. Yüzeyden derine doğru

gidildikçe simektitin azalışıyla birlikte illit mineralinin artışı kayacın kimyasal olgunlaşmasının (diyajenezin etkisini ile illit oluşumunun) göstergesidir(Şekil 6.13).



Şekil 6.12 Amasra-1 kuyu loglarıyla yapılan kil mineralleri sonuçları



Şekil 6.13 Th/K oranının alterasyon ve kimyasal olgunlasma ile ilşkisi (Schlumberger 1972)

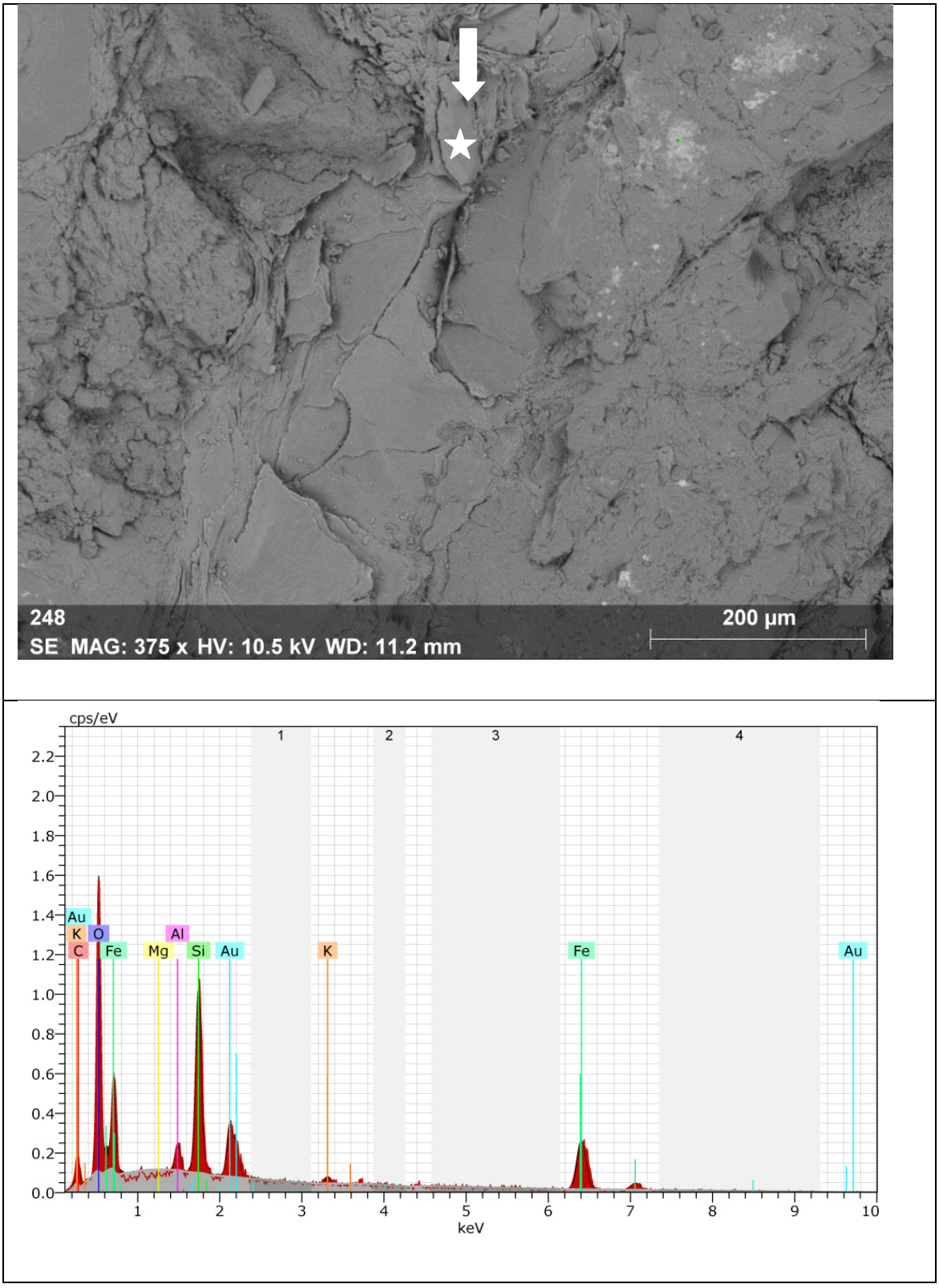
6.4 Taramalı elektron mikroskop saptamaları (SEM)

Taramalı elektron mikroskop (SEM) ve bununla bağlantılı çalışan mikroanaliz sistemleri (EDS) esas olarak kayaçların ve onları oluşturan minerallerin morfolojik ve

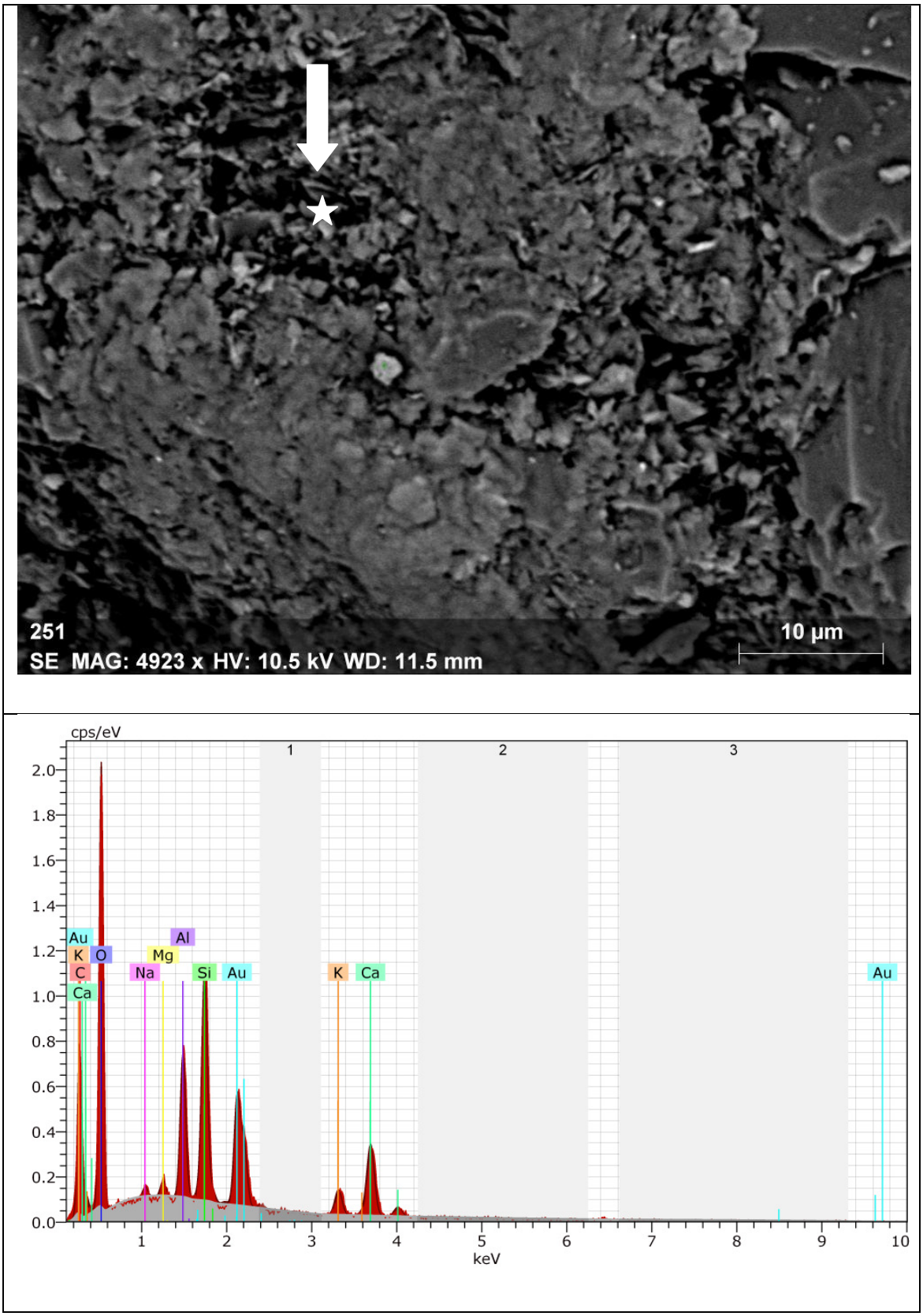
elementel incelemelerinde kullanılır. Rezervuardaki sıvılarla etkileşerek üretim sorunlarına neden olan kil mineralleri diyajenez sonucu oluşan killerdir. Bu nedenle, diyajenetik killerin kesin incelemeleri SEM yardımıyla yapılmaktadır. Elektron mikroskobun sağladığı yüksek büyütme gücü, morfolojik incelemelerin temelini oluşturur.

Genelde EDS (energy dispersive analyzer) sistemleri ile donatılan bu mikroskoplar başlıca iki tür analiz amacıyla kullanılırlar. Kalitatif analiz yoluyla kumtaşlarının mineralojik ve kristalogrfik özellikleri, mikromorfolojik özellikleri, tane-gözenek ilişkileri üç boyutlu olarak incelenir. Kantitatif analizde, SEM/EDS sistemi mineralleri elementlerine ayırarak analiz eder.

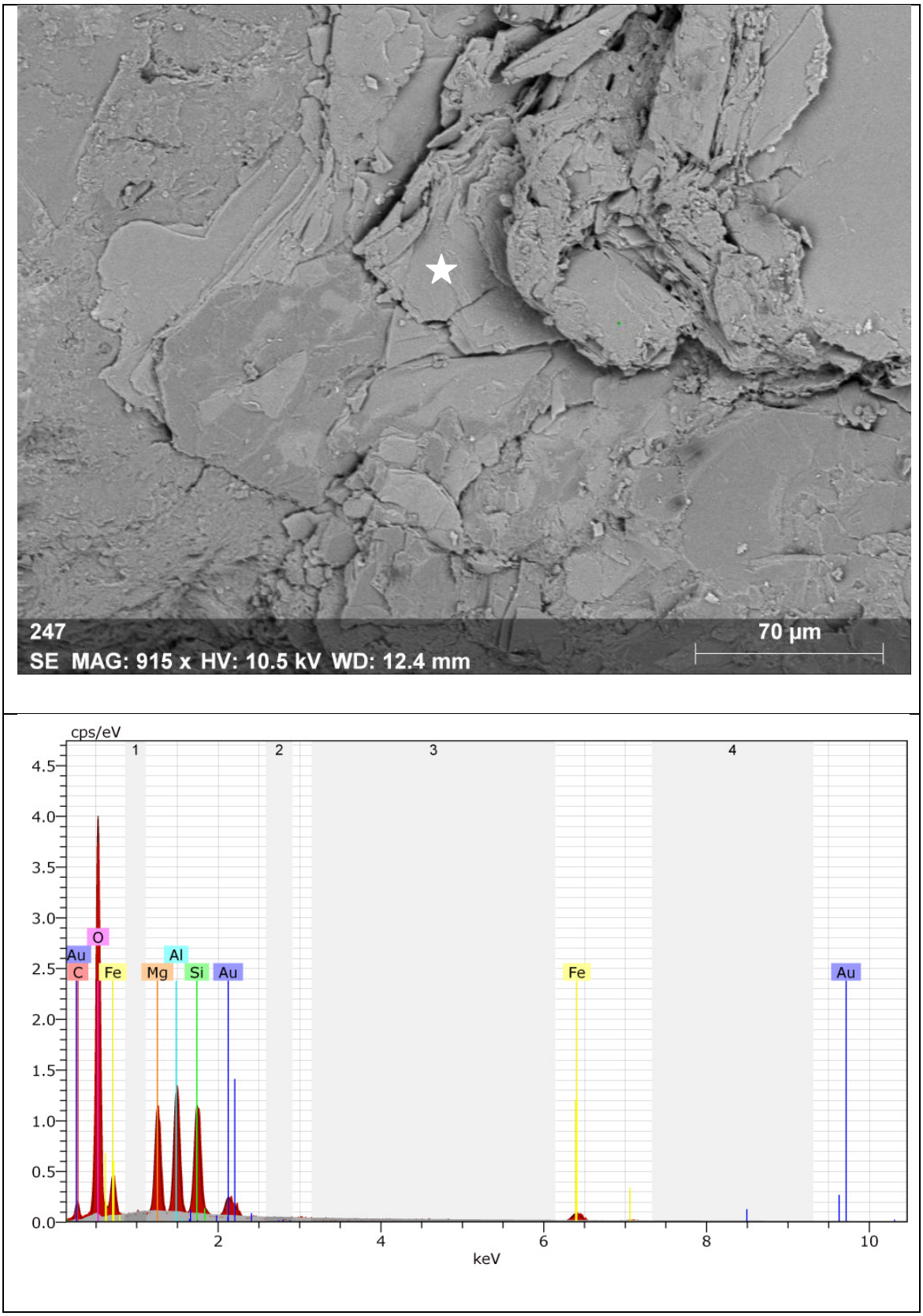
SEM kumtaşlarında kil tipleri ve gözeneklilik tipleri verilerinin belirlenerek diyajenetik alterasyonların belirlenmesini sağlar. Bu incelemeler sonucunda kum boyu tane – kil, gözenek kil ilişkileri gözlemlenmiştir. Diyajenez sonucu oluşan otijenik killer kumtaşlarının rezervuar özelliklerini doğrudan etkileyerek gözeneklilik ve geçirgenliği azaltmaktadır. Sem analizlerine göre kumtaşlarındaki killer kaolinit, klorit ve simektit olarak saptanmıştır. Kaolinitler gözenek dolgulayıcı tipte, istiflenmiş yaprakçıklar şeklinde dağılım göstermişlerdir (Şekil 6.14). Rezervuarda şişme ve akışı engelleme gibi olumsuzluklara sebep olan simektitler gözenek kaplayıcı olarak saptanmışlardır (Şekil 6.15). Kloritler tane kaplayıcı olarak tane üzerlerinde gelişen minerallerdir (Şekil 6.16, 6.17).



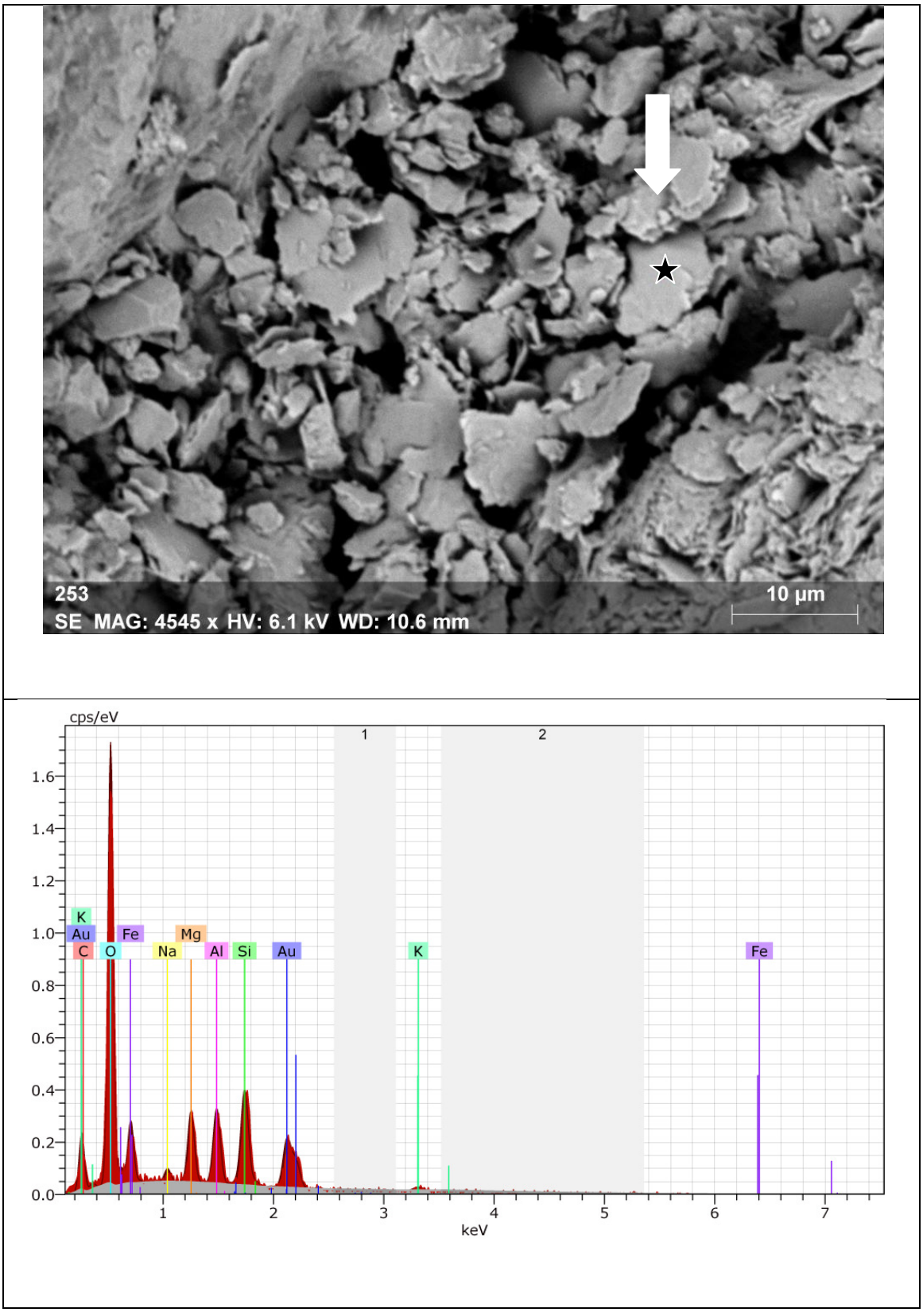
Şekil 6.14 Otijenik kuvarslar ve bunların üzerimde gelişmiş gözenek dolgulayıcı kaolinit yaprakcıkları ve SEM/EDS sonuçları (Amasra-1 1690 m) (★ : EDS noktası)



Şekil 6.15 Tane kaplayıcı smektit yapraklarının oluşumu, mikroporosite ve çözünme etkisi (Amasra-1 1690 m)) (★: EDS noktası)



Şekil 6.16 Kloritlerin SEDm ve EDS görüntüsü (Çakraz-1 950 m) (★ : EDS noktası)



Şekil 6.17 Rozet(gülcük) tipte gelişmiş diyajenetik kloritler (Gegendere-1 1204 m) (★: EDS noktası)

6.5 Zonguldak formasyonu kırıntılılarının diyajenezi

Zonguldak Formasyonu kırıntılarının petrografik, X-Işını Kırınımı (XRD) ve Taramalı Elektrom Mikroskop (SEM) analizleri sonucu diyajenetik tarihçesi ortaya konulmuştur. İncelenen ince kesitler sonucu akarsu kumtaşlarının litik arenit, sublitarenit ve subarkoz bileşiminde olduğu ortaya konulmuştur.

6.5.1 Diyajenez bileşenleri

6.5.1.1 Karbonat çimentolar

Karbonat çimento oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. İki tip karbonat çimento yaygındır (kalsit ve dolomit): Kalsit çimento yaygın olarak sparit şeklinde tane aralarında gözlenmektedir. Bazı seviyelerde tane arasında yeniden kristalleşerek kaba – blok kalsit şeklinde çimentolanma izlenmektedir. Bu tip çimento alanlarında ikincil erime izleri tespit edilmiştir.

Dolomit çimento, tüm kayaç analizlerinde tespit edilmiştir. % 5 – 10 arasında gözlenmekte olup tüm seviyelerde izlenmemiştir. Örneğin; Gegendere-1 kuyusunda ilk paketin ilk 250 metresi ile son 300 metresi haricinde gözlenmektedir. Karbonatın ortama taşınan Mg' lu sular etkisiyle dolomite dönüşümü olarak düşünülmektedir.

6.5.1.2 Kil mineralleri

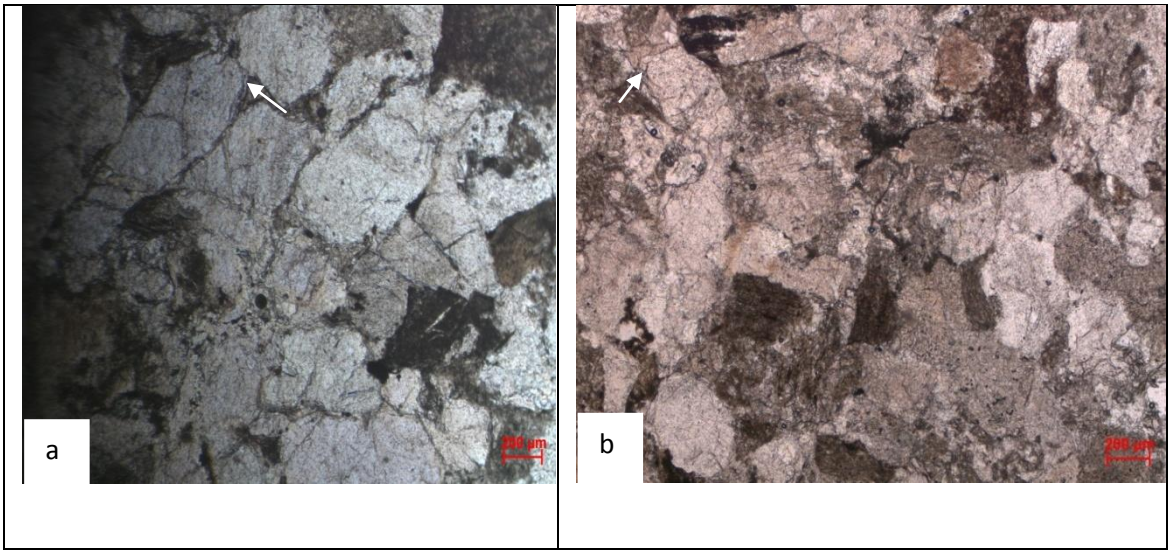
Kaolinit, illitten sonra gözlenen yaygın kil mineralidir. Bazı seviyelerde % 40 oranına yükselmektedir. Gegendere-1 kuyusunda istifin üst bölümünde bu değer % 5 seviyelerine düşmektedir. Kitapçık tipinde gözlenen kaolinlerde illitleşme veya çözünme izlerine rastlanmamıştır.

Demiroksitçe zengin kloritler tane kenarlarında pseudohekzagonal kristal düzenlenmesi şeklinde gözlenmiştir. Genel olarak tüm seviyelerde % 15 oranında bollukta gözlenir. Erken kalsit çimento gelişimlerinin olduğu zonlarda gelişim oldukça kötüdür.

İllit çökel paketi içerisinde dolomit ve kaolinitin arttığı zonlar haricinde oldukça yüksek değerlerde gözlenir. Kaolinit varlığının artması ortamın su etkisi altına girdiğini işaret edebilir.

6.5.1.3 Kuvars çimento

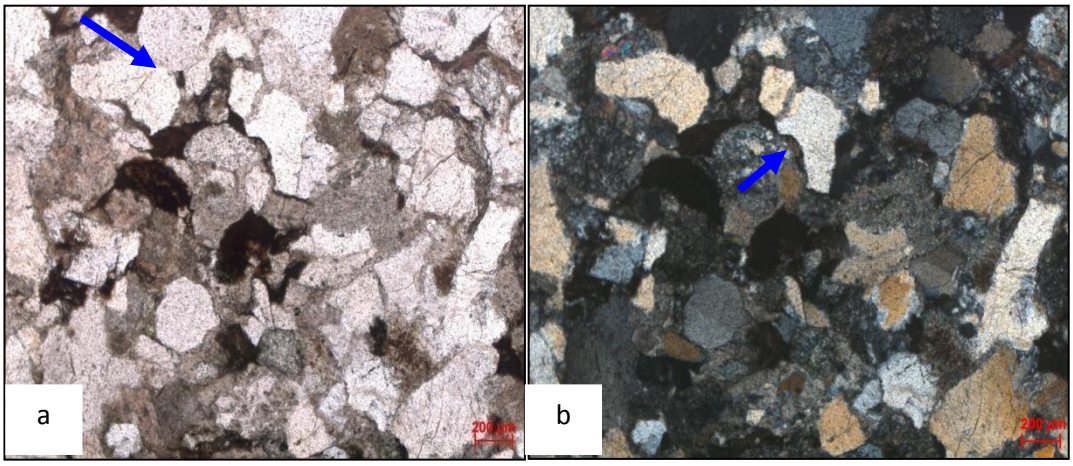
Kuvars çimento detritik kuvars üzerinde çevresel büyüme şeklinde gelişmiştir. Kil gelişimlerinin olduğu yerlerde polarizan mikroskop ile gözlenebilir (Şekil 6.18). Dışa doğru büyüme tek kristal veya birçok blok kristal şeklinde boşluğu doldurmuştur. Gegendere-1 kuyusunda alt seviyelerde kaolinit-illit oranı azalırken kuvars üzeri büyümenin artışı gözlenmiştir. Bu nedenle, gömülme derinliği ile kuvars çimento bolluğu arasında korelasyon gözlenmemiştir. Bu bölümde kaolinit için uygun çökelme ortamı olmadığı için silis çözeltileri kuvars üzerinde büyüme şeklinde gelişmiş olmalıdır.



Şekil 6.18 Silis çimento ince kesit görüntüleri
a, b) Kuvars üzeri büyümeleri gösteren (silis çimento) tek nikol görüntüsü

6.5.1.4 Sıkışma

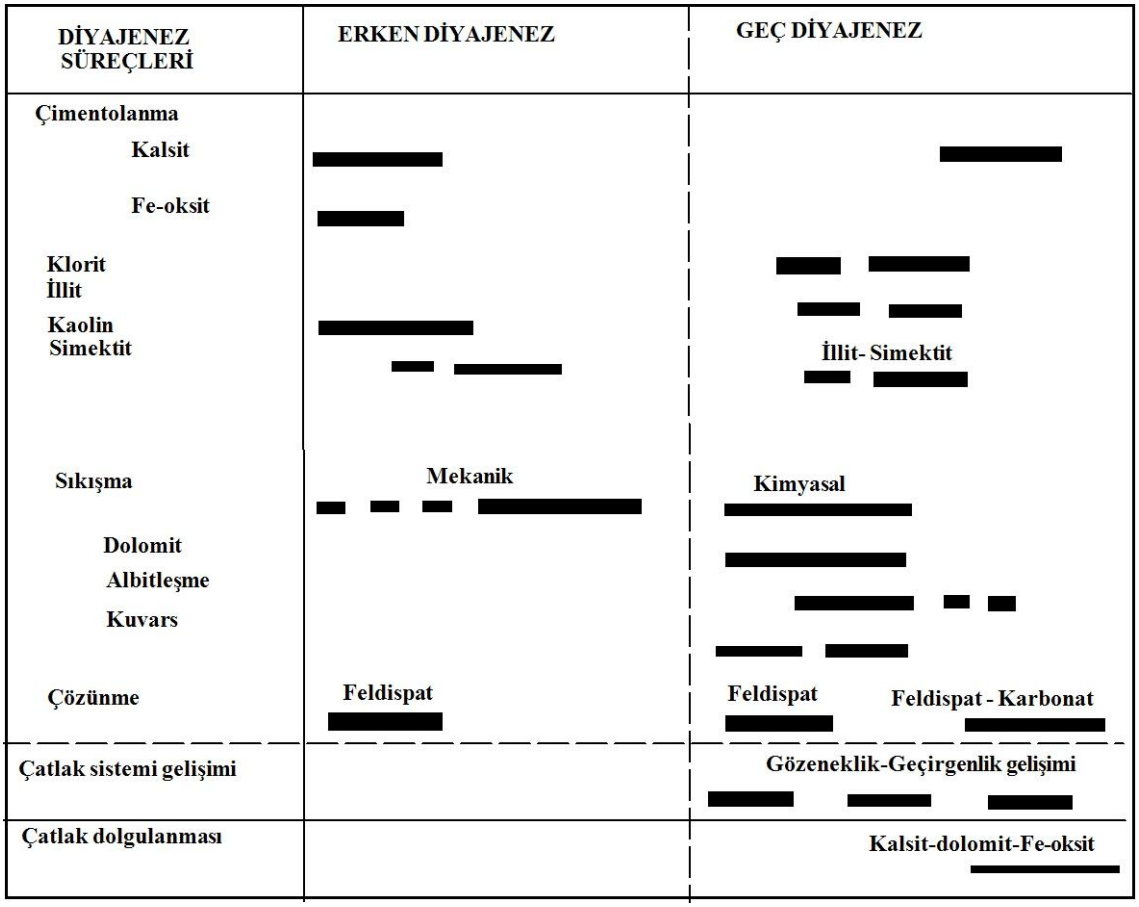
Kumtaşları değişen oranlarda mekanik ve kimyasal sıkışmaya maruz kalmışlardır. Mekanik sıkışma genelde kırılgan minerallerde çatlak oluşumu ve detritik tanelerin yeniden düzenlenmesi şeklinde gelişmişlerdir. Ayrıca mika minerallerinin daha rijit tane sınırlarında bükülmeleri de mekanik sıkışma ürünleridir. Kimyasal sıkışma kuvars taneleri arasında ki tane dokanakları (düz, konkavo-konveks ve sütürlü kontakt) boyunca basınç çözünmeleri ile belirgindirler (Şekil 6.19). Stilolitik yüzeyler ince kesitlerde gözlenmemiştir.



Şekil 6.19 Kuvars iç bükey-dış bükey dokanağı (a.tek nikol b. çift nikol görüntüsü)

Zonguldak Formasyonu kumtaşlarında gerçekleşen diyajenez olayları ve bunların diyajenetik tarihçedeki yerleri petrografi, XRD ve SEM analizleri sonucu oluşturulmuştur (Şekil 6.20). Kalsit ve Fe-oksit çimento erken dönemde oluşan ilk çimentodur. Klorit SEM çalışmalarında tane kaplayıcı olarak gözlenmesi geç diyajenetik zamanda otijenetik kökeni işaret edebilir. Kil çekimlerinde karışık tabakalı illit-simektit oluşumları gözlenmemiştir. Bununla birlikte, kaolinit ve simektit oluşumu taneleri kaplayıcı olarak gelişmesi erken diyajenetik dönemde işaret etmektedir. Geç diyajenetik dönemde dolomitleşme, albitleşme ve kuvars büyümeleri şeklinde izlenmektedir. Ayrıca çatıyı oluşturan mineraller erken ve geç diyajenez dönemde çözünmeye maruz kalmışlardır. İkincil gözenekliliği etkileyen çatlak sistemi gelişimi ve çatlak dolgulanması gibi diyajenetik olaylar ise geç dönemde izlenmiştir. Çatlak

dolgusu olarak genelde karbonat ve demiroksit gözlenmiş olup gözenekliliği azaltıcı etkiler yapmışlardır.

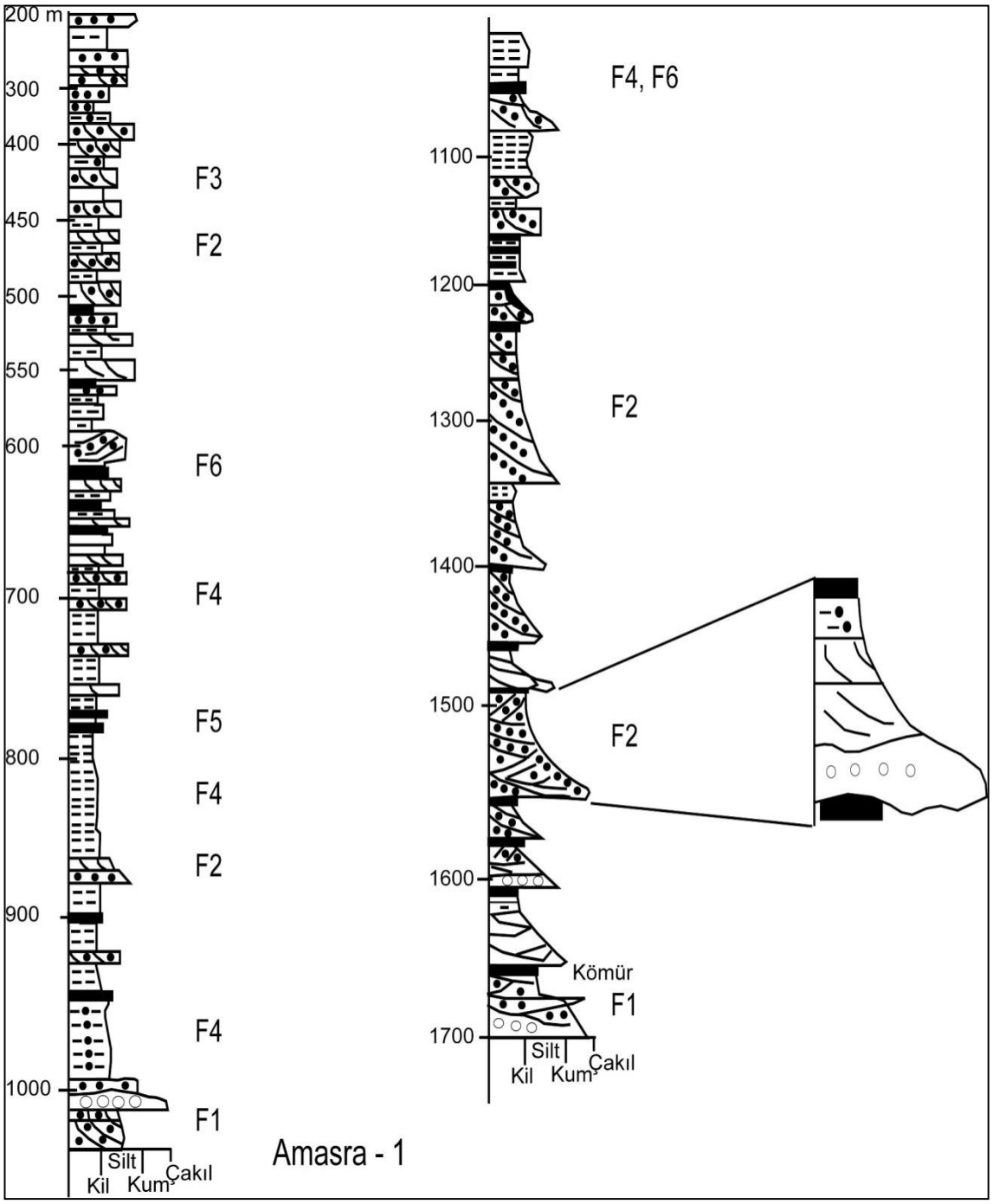


Şekil 6.20 Zonguldak Formasyonu kumtaşlarının diyajenetik tarihçesi.

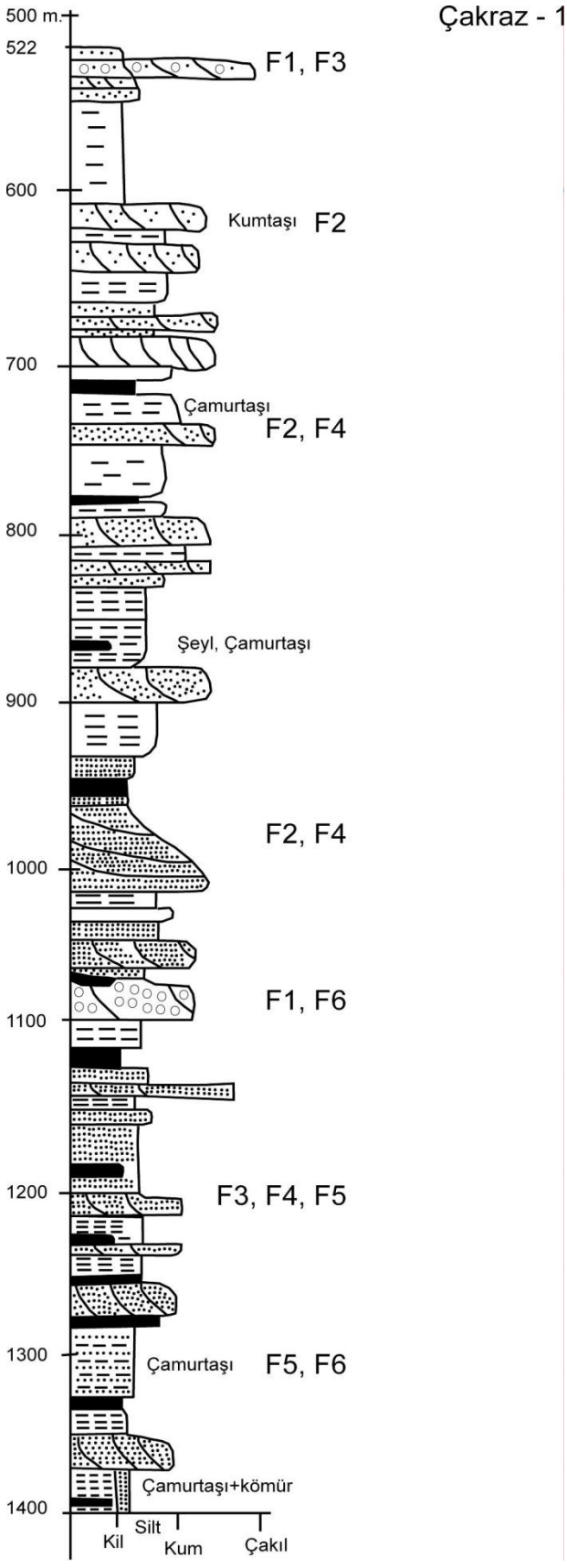
6.6 Sedimantolojik veriler

Zonguldak Formasyonu'na ait üç kuyuda yapılan kompozit kuyu logundan kırıntılılara ait sedimantolojik loglar çizilmiştir (Şekil 6.21, 6.22, 6.23) . Bu loglarla Gamma Ray logları da korele edilerek fasiyes birlikleri oluşturulmuş ve sedimanter ortam hakkında yorum yapılmıştır.

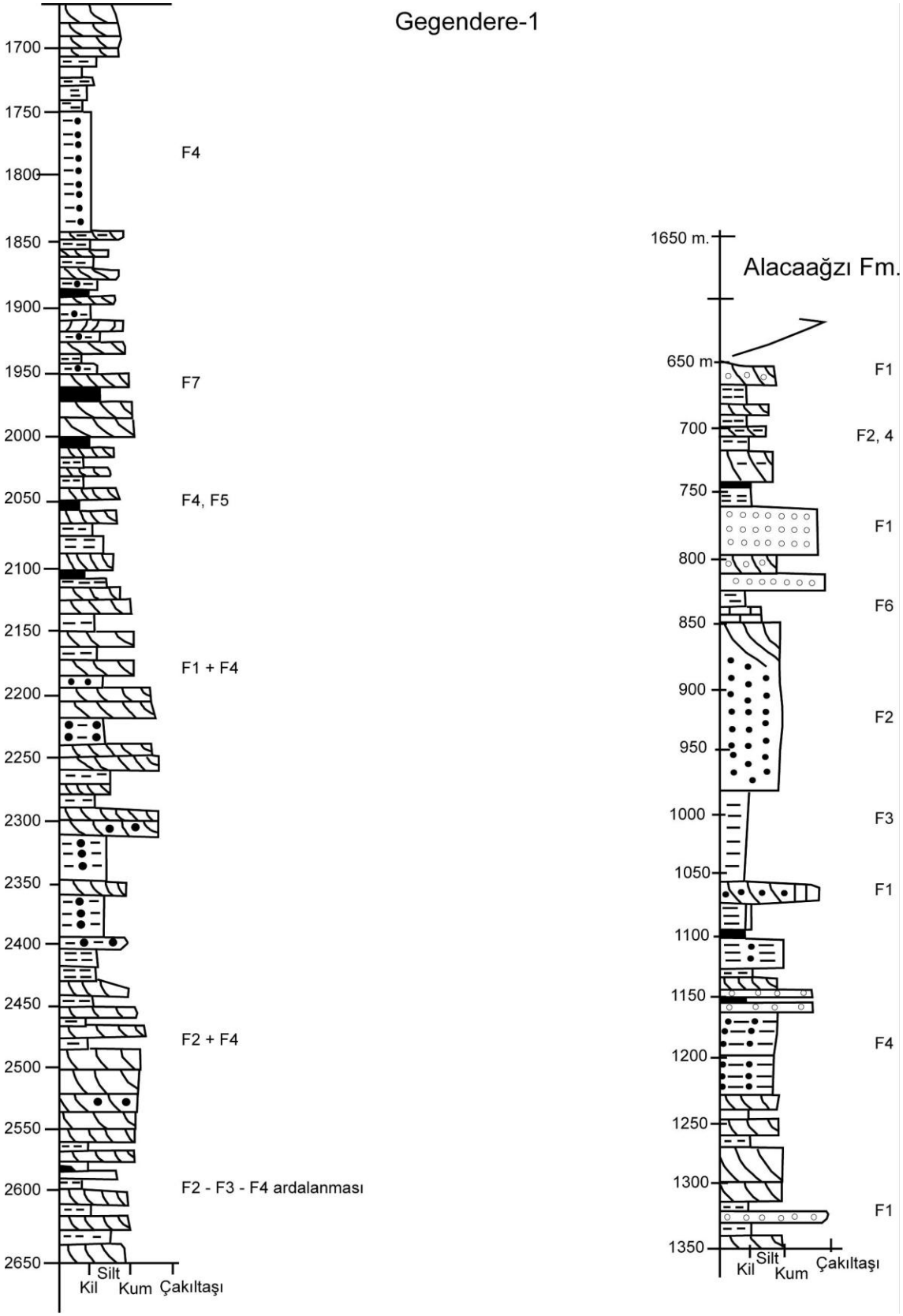
Makroskopik gözlemlere göre, Formasyon içerisindeki fasiyes özelliklerine bağlı olarak renkler koyulaşmakta veya açılmaktadır. Aynı seviyelere ait Gamma Ray (GR) ve Sonik (DT) logları da Formasyona ait litolojileri kanıtlamaktadır.



Şekil 6.21 Amasra-1 kuyusu sedimantolojik logu



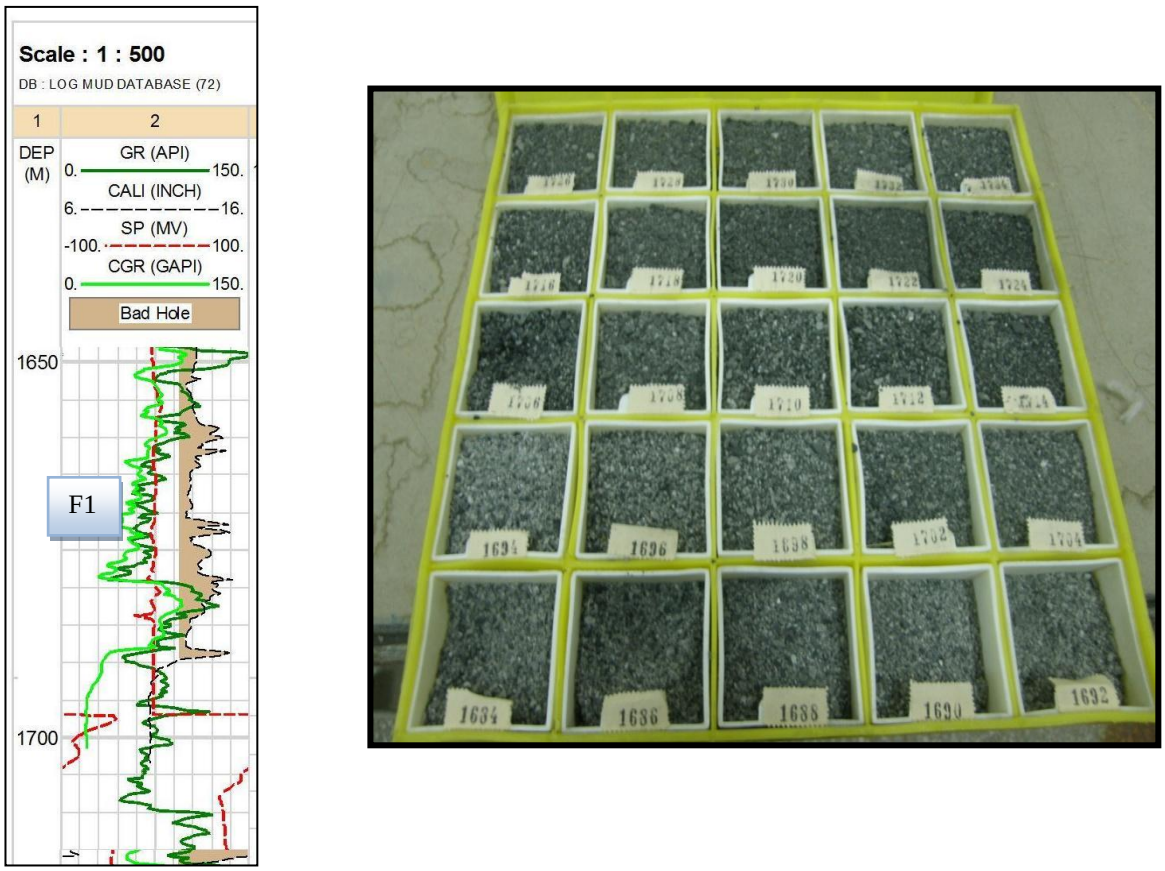
Şekil 6.22 Çakraz-1 kuyusu sedimantolojik logu



Şekil 6.23 Gegendere-1 kuyusu sedimantolojik logu

6.6 Fasiyes birliklerinin genel değerlendirilmesi

Fasiyes 1: Aşınma tabanlı çakıltaşı – çapraz tabakalı kumtaşı fasiyesi: Bu fasiyes Amasra-1 kuyusunda tipik olarak gözlenmiştir. Çakıltaşı ve kumtaşı fasiyesi kendi içerisinde sırasıyla 1a ve 1 b olarak alt fasiyeslere bölümlenebilir. Fasiyes 1a erozyonal bir tabana sahip olup 1b fasiyesi ile amalgamasyon gösterir ve ardalanmalıdır. Fasiyes 1b kumtaşları ile karakterize olur ve çapraz tabakalanma gösterir ve tane boyu tabandan tavana doğru değişir. GR logunda çan şekil gösterirler. Çakıltaşı fasiyesi (fasiyes 1a) dağıtım kanalı veya barları olarak düşünülebilir (Şekil 6.24). Fasiyes 1b menderesli akarsu çökelleri olarak değerlendirilebilir (Diessel 1992).



Şekil 6.24 Zonguldak Formasyonu F1 fasiyesi GR log (çan şeklinde geçişli) ve kesinti örnekleri (Amasra-1)

Fasiyes 2: Kumtaşı fasiyesi: Erozyonal taban bulunduran, çapraz tabakalı, metre kalınlığında olan bol kil matriksli, derecelenmeli fasiyestir. İstifin bazı bölümlerinde

fasiyes 3 veya 4 ile ardalanmalar göstermektedir. Fasiyes küçük yelpaze kanalı veya kenara doğru genişleyen yarık (crevasse splay) çökelleri olarak yorumlanabilir (Fielding 1984 a, b).

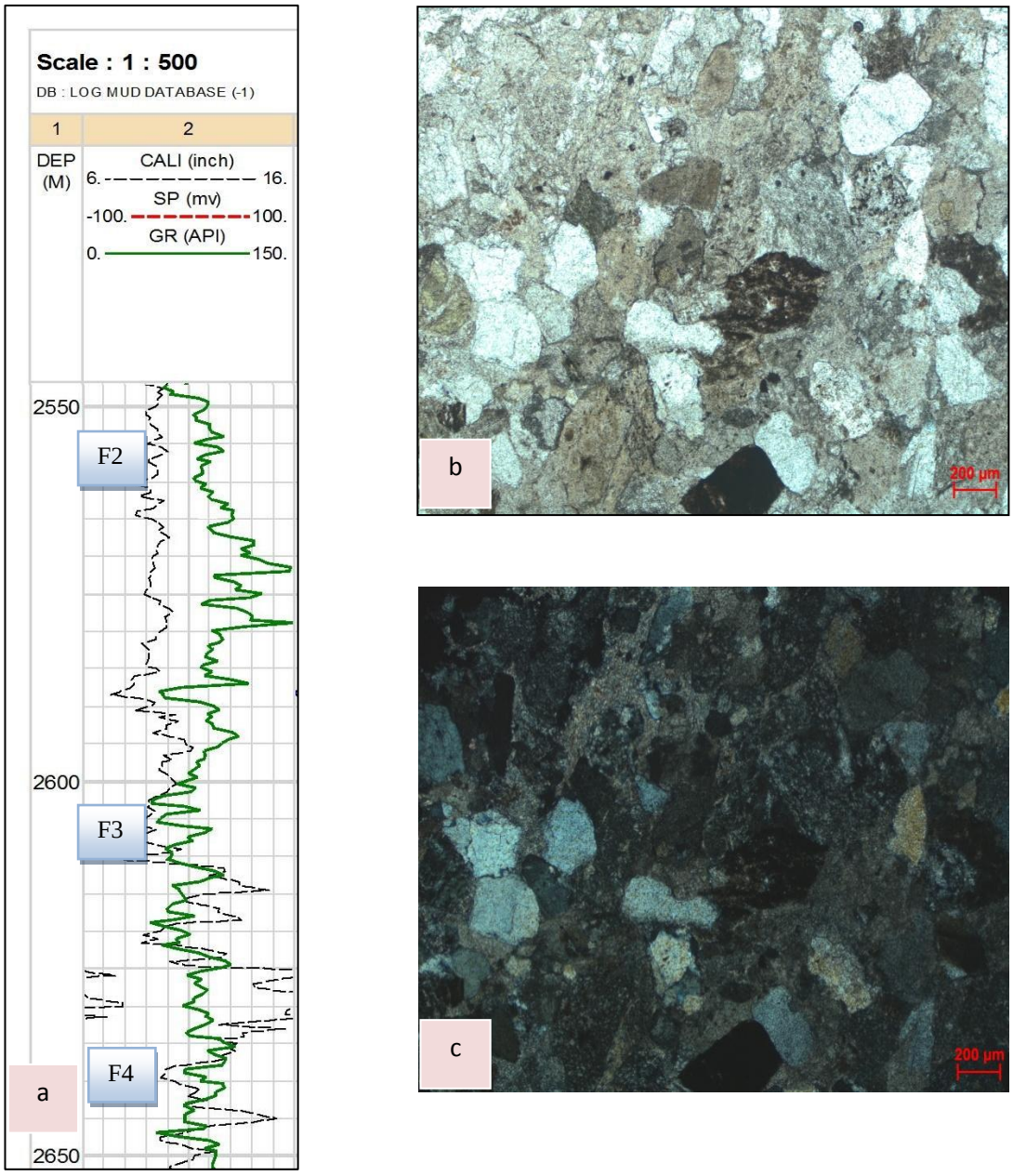
Fasiyes 3: Silttaşı - çamurtaşı fasiyesi: İstifte metre boyutunda gözlenmekte olup ardalanma göstermektedir. Bazı bölümlerde Fasiyes 4 veya 5 ile birliktelik sunmaktadır (Şekil 6.25). Siltik levee çökelleri olarak değerlendirilebilir.

Fasiyes 4: Silttaşı - bitki parçalı çamurtaşı fasiyesi: Metre boyutunda laminalı silttaşları bol bitki parçalı çamurtaşı fasiyesi ile birliktelik oluştururlar. Taşkın düzlüğü süspansiyon çökelleri olarak değerlendirilebilir (Fielding 1984 a, b).

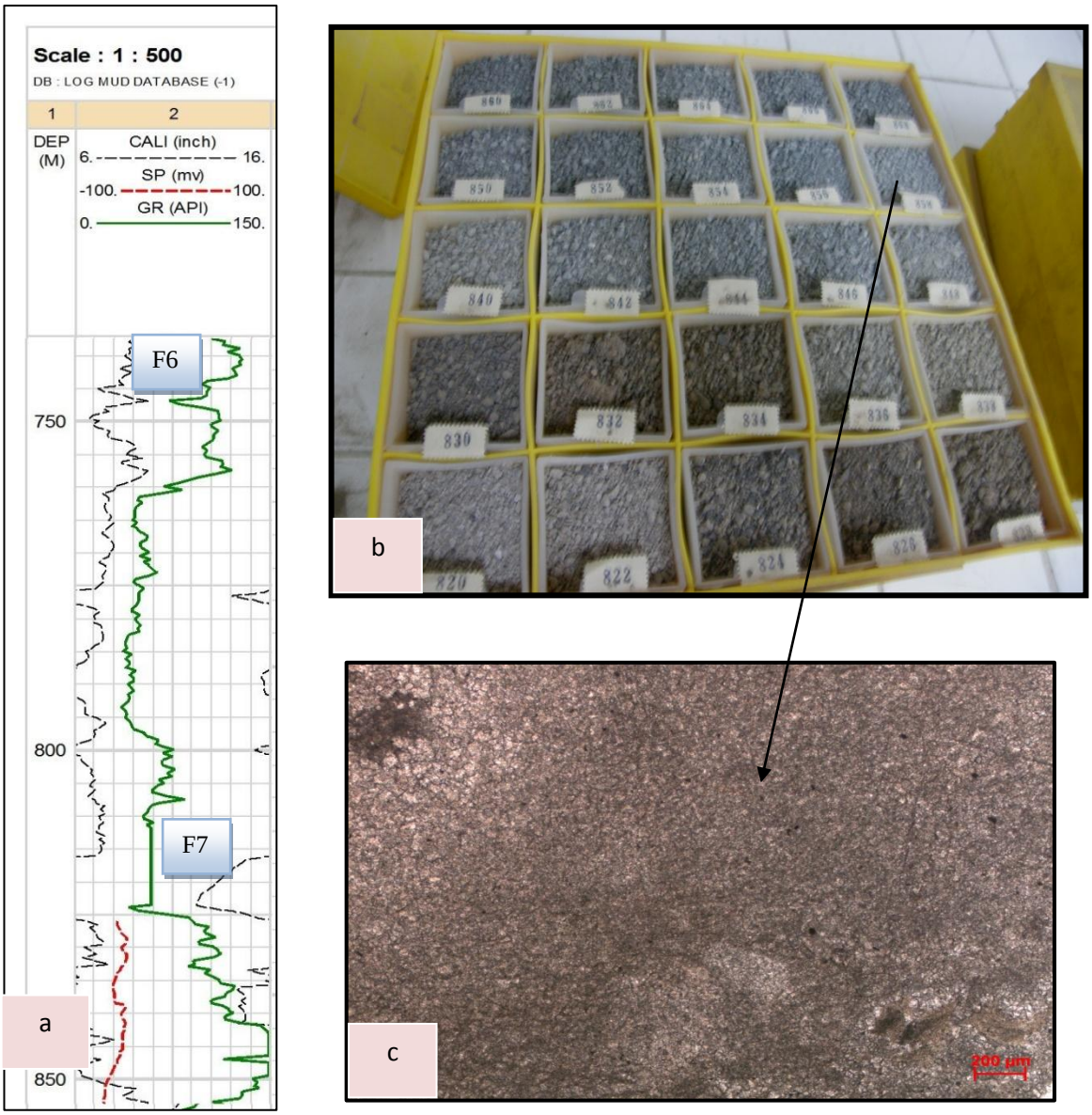
Fasiyes 5: Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve bol bitki parçalı çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Bu fasiyes 4 nolu fasiyes ile ilişkilidir.

Fasiyes 6: Kömür: Bu fasiyes santimetre – metre boyutunda kalınlık değişimleri gösterir. Su tablası seviyesinin düşükten yükseğe kadar değiştiği bataklık veya çamur ortamında çökelimi gösterir (Diessel 1992). Fasiyes 1b veya 4 – 5 fasiyeslerinin üst zonunda izlenmektedir. Bu seviyeler ile ilgili oldukça detaylı jeokimyasal analizler mevcuttur (İztan ve Derman 1997).

Fasiyes 7: Kireçtaşı fasiyesi: Gegendere-1 kuyusunda Çakraz formasyonu geçişinde gözlenmiştir. Bazı ince kesitlerde çamurtaşı fasiyesinde izlenirken, çok az kesitte kavkı parçaları gözlenir (Şekil 6.26).



Şekil 6.25 F2-F3-F4 fasiyes ardalanması a)GR log örneğib) Bu fasiyese ait tek ve çift nikol ince kesit resimleri (litik arenit, 2580m) (Gegendere-1)



Şekil 6.26 F6-F7 fasiyes birlikleri a) GR log örneği b) kesinti örnekleri c) ince kesit örneği (kireçtaşı 850 m) (Gegendere-1)

Fasiyes Birliktekileri (FB);

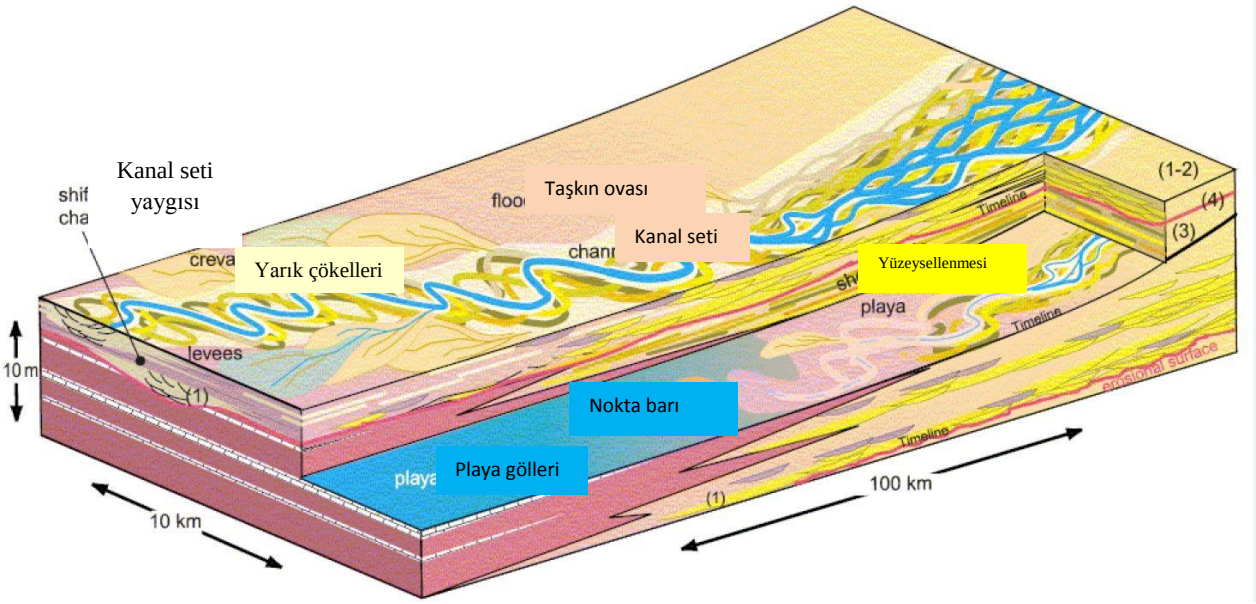
FB1: Aşınma tabanlı çakıltaşı – kumtaşı – kömür fasiyesi birlikteliği: İstif genelde aşınma tabanlı olarak çakıltaşı ile başlayıp çapraz tabakalı kumtaşı ve kömür ile son bulmaktadır. Genelde üstte yine aşınma ile sona erer ve bazen taşkın düzlüğü çökellerine geçiş gösterir. Kırıntılı seviyelerde taşınmış kömür ve kil parçaları gözlenir.

İstif delta istiflerinin gerisinde çökelen menderesli istifin kanal dolgusu fasiyesini işaret etmektedir.

FB2: Bu fasiyes genel olarak ince taneli istifi yansıtır. Çamurtaşı – silttaşı ve kömür – bitki köklerince zengin fasiyesleri yansıtır. Bu fasiyes birlikteliği taşkın düzlüğü ortamını yansıtmaktadır. Bol bitki parçaları ortamın şartlarının kömürleşme için uygun olmadığını işaret etmektedir. Muhtemel biyortürbasyon izleri yansıtan çamurtaşları uzun süreli yüzey şartlarına maruz kaldığını işaret etmektedir. Bu fasiyesin kalınlığı menderesli kanaların yerdeğiştirme nedeniyle aşındırma işlevi sonucu kalınlığı değişkendir. Bazı bölümlerde kömür kalınlığı 10 metreye kadar çıkmaktadır. Genelde bitki kök parçalı çamurtaşı fasiyesi üzerinde gözlenir. Muhtemelen ortam şartlarının bozulmadığı, bunun sonucu olarak birkaç evreli organik kökenli birikimlerin sonucu gelişmiştir.

FB3: Bu fasiyes genel olarak ince taneli kumtaşı – laminalı çamurtaşı ardalanmasından oluşmakta olup kanal arası veya interfluviyal alanlarda (yüksek alanlar) çökelimi işaret etmektedir (Şekil 6.27).

FB4: Kireçtaşı fasiyesi: Hakim olarak çamurtaşı fasiyesinden oluşmakta olup fosil içeriği bulunmamaktadır. Menderesli akarsu sistemi içerisinde kopmuş kalanlarda (oxbow lake) çökelmiş gölsel karbonatları işaret etmektedir. İstifi içerisinde üst seviyelerde gözlenmesi çökelme alanının eğiminin oldukça düşmesi sonucu kanal yer değiştirmelerinin arttığını işaret edebilir. Tümü mikritten oluştuğu için gözenek oluşumu zayıf bir fasiyestir.



Şekil 6.27 Zonguldak formasyonu çökelme ortamı modeli (Kordi vd 2010)

Özellikle GR logundan yapılan kumtaşı fasiyesi okumalarında kanal ve bar tipi çökellerin varlığı saptanmıştır.Diğer parametrelerin ortak değerlendirilmesi ile Zonguldak Formasyonu çökelme ortamının akarsu ortamı içerisinde değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İstifin menderesli akarsu-taşkın ovası ortam ürünü olup yer yer kömürlü bataklık çökellerine geçmektedir.

Formasyon fasiyesleriçerisinde yorumlandığında altta şeyl, silttaşı ve kısmen kumtaşı ardalanması şeklinde bir dizilim sunarken üste doğru kömür tabakalarının arttığı saptanmıştır. Buna göre regresif bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Bununla birlikte (Gegendere-1) üste doğru karbonatların artışı dikkate alındığında transgresif bir özellik göstermektedir.

7.ZONGULDAK FORMASYONU KIRINTILI KAYAÇLARININ PETROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, Amasra-1 Kuyusundan alınan tapa örneklerinin sonuçları ile Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyularına aitlog verileri kullanılarak Zonguldak Formasyonu'nun petrofiziksel özelikleri belirlenmiştir.

7.1 Karot ve tapa örneklerinden hazne kaya değerlendirmesi

7.1.1 Gözeneklilik (Porozite)

Kumtaşlarında birincil gözeneklilik çökelme sırasında, ikincil gözeneklilik ise çökelme sonrası diyajenetik evrede kazanılır. Birincil gözeneklilik formasyon içinde bulundukları yere göre tane içi ve taneler arası olmak üzere iki şekilde bulunur (Zuffa 1985). İkincil gözenekliliğin üç yaygın tipi; çekme, çözünme ve çatlak gözenekliliğidir (Selley,1985).

Bir kayacın gözenekliliği, boşluk alanının tüm hacmine oranı olarak alınır ve gözeneklilik % cinsinden ifade edilir.

$$\phi \quad —$$

ϕ = Gözeneklilik

Vg= Gözenek Hacmi

Vb= Kayacın toplam Hacmi

İdeal bir hazne kayada bulunması gereken gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri ve değerlendirmesi Levorson (1967)'e göre değerlendirilmiştir (Çizelge 7.1).

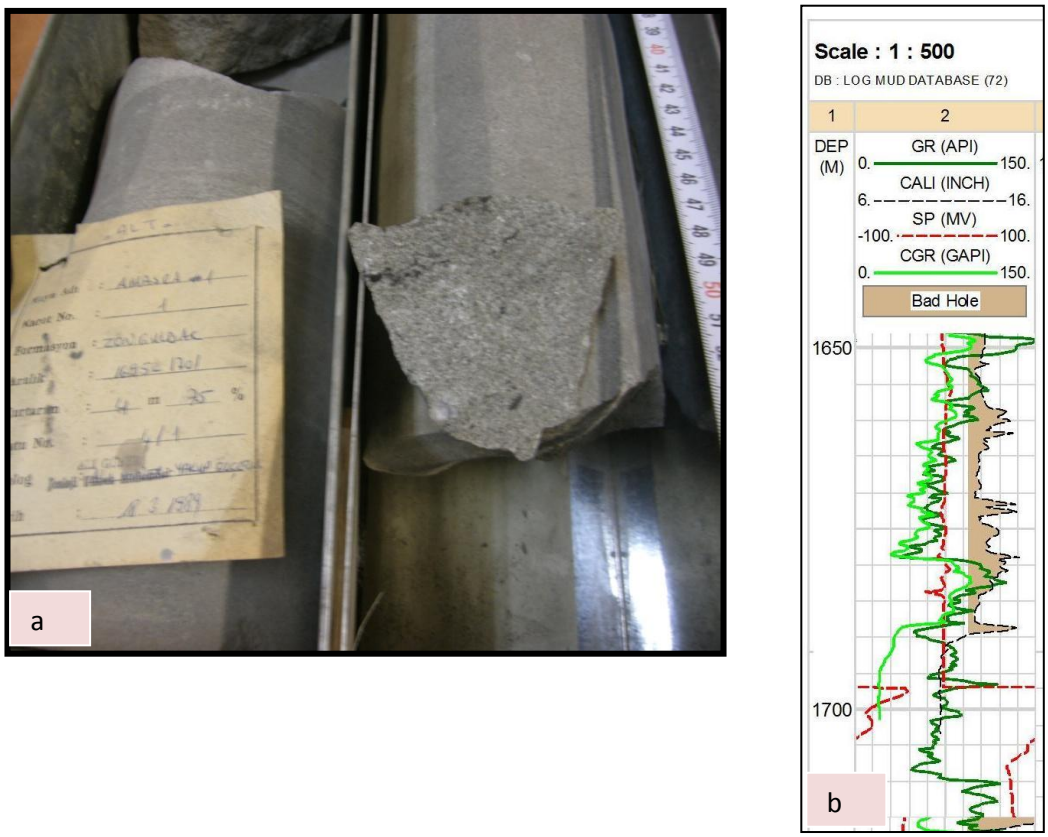
Çizelge 7.1 Hazne kayada gözeneklilik-geçirgenlik değerleri (Levorson,1967)

Gözeneklilik (%)	Geçirgenlik (md)	Değerlendirme
0-5	-	Önemsiz
5-10	-	Zayıf
10-15	1.0-10.0	Orta
15-20	10.0-100	İyi
20-25	100-1000	Çok İyi

7.2. Geçirgenlik (Permeabilite)

Bir kayacın bağlantılı gözeneklerinden bir akışkanın geçmesine gösterilen kolaylığın ölçüsü geçirgenliği ifade etmektedir. Geçirgenlik birimi Darcy'dir. Rezervuarların çoğunda geçirgenlik 1 Darcy'den az olduğu için milidarcy (md) kullanılır. Geçirgenlik, kayacın petrografik özelliklerine, çökelme koşullarına, diyajenetik gelişmelere ve tektonik olaylara bağlıdır.

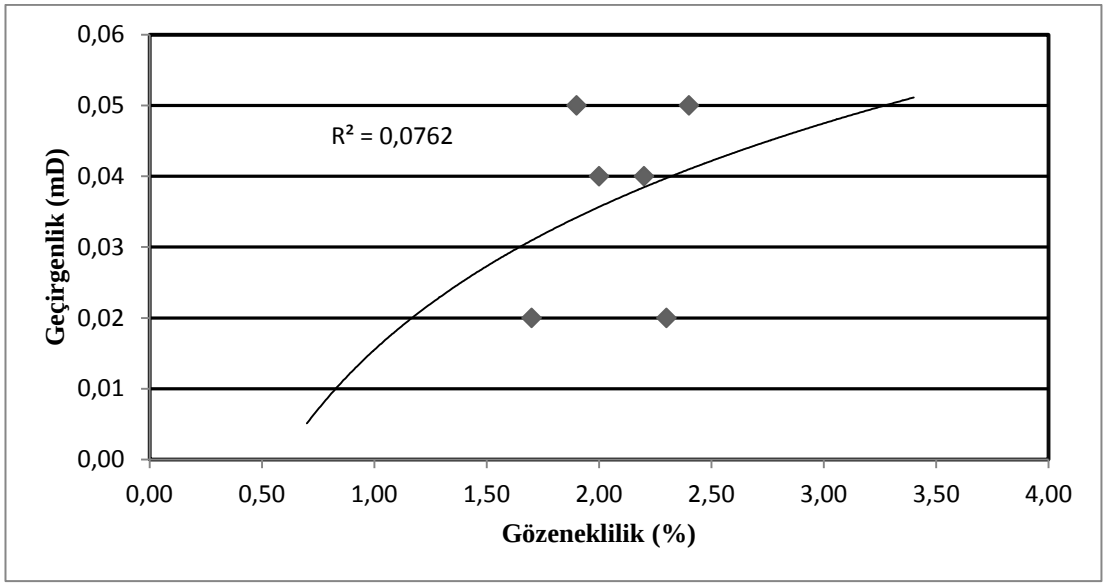
Çalışma alanında açılan Amasra-1 kuyusunda alınan karot örneklerinden 6 adet tapa örneği alınmıştır (Şekil 7.1a). Bu örneklerden gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri ile tane yoğunluğu verileri elde edilmiştir. Gözeneklilik değerleri % 1.7 ile 2.4 arasında ölçülmüştür. Geçirgenlik değerleri ise 0.01-0.03 mD arasındadır (Çizelge 7.2). Tane yoğunluğuna ait sonuçlar Çizelge 7.2 de verilmiştir. Verilere göre matriks yoğunluk 2.64 ile 2.68 g/cc aralığındadır (Çizelge 7.1). Bu değerler incelenen örneklerin kumtaşı litolojisinde olduğunu gösterir.



Şekil 7.1 a) Zonguldak Formasyonu'na ait yüksek killilik ve düşük gözenekliliğin gözlendiği karot ve b) Bu seviyenin log örneği (1695 m)

Çizelge 7.2 Temel karot analiz sonuçları (Amasra-1 Arama Kuyusu)

Örnek no	**Gözeneklilik (%)**	**Geçirgenlik Hava (md)**	**Geçirgenlik Sıvı (md)**	**Tane Yoğunluğu(g/cc)**
1	2.3	0.02	0.01	2.68
2	1.7	0.02	0.01	2.68
3	2.2	0.04	0.02	2.67
4	1.9	0.05	0.03	2.67
5	2.0	0.04	0.02	2.66
6	2.4	0.05	0.03	2.64



Şekil 7.2 Zonguldak Formasyonu'na ait tapa örneklerinin % gözeneklilik ve hava geçirgenliği (Ka) ilişkisi

Karot numuneleri üzerinde yapılan testlerle hesaplanan verilere göre Zonguldak Formasyonu gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri düşük korelasyon katsayısı göstermektedir (Şekil 7.2).

7.3 Kuyu logları

Log; açılan sondaj kuyularında formasyonların fiziksel özelliklerinin derinliğinin fonksiyonu olarak kaydedilmesi ile elde edilen bir dizi eğridir (Özkanlı 1990). Kayaçların petrofiziksel özelliklerinin belirlenmesinde; petrol rezervlerinin tahmini ve üretilebilir petrol miktarlarının bilinmesinde açık kuyu loglarından değerlendirmeler yapılmaktadır.

Gözeneklilik loglarla doğrudan ölçülen bir parametre değildir. Gözeneklilik verileri elde etmek amacıyla kullanılan yoğunluk (densite), sonik ve nötron logları ile formasyonunfarklı fiziksel parametreleri ölçülür ve bunlardan gözeneklilik değeri bulunur (Özkanlı 1990). Kuyuda yapılan fiziksel ölçümler ve rezervuarın içerdiği mayi ile ilgili parametrelerle formasyon değerlendirilir. Bu nedenle, dört ayrı kategoriye başvurulur. Sırasıyla mud logging, karot alımı ve analizleri, DST ve kuyu logları. Mud

logging gibi verileri günlük sağlanan çalışmaların yanı sıra ana hedefi belirlemek için rezervuar tanımlamalarına temel olarak kuyu logları katkıda bulunmaktadır.

3 kuyudan alınan kuyu logları, rezervuar karakterizasyonu için başlangıç noktasıdır. Loglardan elde edilen genel jeolojik yapı, formasyon içinde benzerliğe işaret etmektedir. Bu çalışmada inceleme alanında açılan kuyulardan alınan GR, SP, Nötron, Densite, Sonik ve Rezistivite loglarından Karbonifer yaşlı klastiklerin petrofiziksel log verileri TPAO Arama Grubunda kullanılan IP programıyla hazne kaya özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca Kaliper logu verileri de değerlendirilmiştir.

7.3.1 Gamma ray logu (GR)

Gamma Ray (GR) ölçümleri; korelasyon yapılmasında, kayaç tiplerinin ayrılmasında ve hazne kaya içindeki kil miktarının tahmininde önemlidir (Özkanlı 1990). GR Logu formasyonların doğal radyoaktivitesini ölçer. Radyoaktif mineraller genellikle şeyl ve killer içerisinde konsantre oldukları için sedimanter kayaçlarda formasyondaki şeyl miktarını yansıtır. Üç radyoaktif element, Uranyum (U), Potasyum (K) ve Toryum (Th) şeyllerde konsantre olmaya eğilimlidir. Şeyl içermeyen kumtaşı ve karbonatlı kayaçlar çok az oranda U, K ve Th içerir. Formasyon suları içinde erimiş radyoaktif tuzlar bulunmayan veya volkan külleri, bozunmuş granit gibi malzeme içermeyen temiz formasyonların radyoaktivitesi düşüktür (Özkanlı 1990).

Şeyl içeriği şeyl hacmi olarak tanımlanabilir. Kalitatif olarak Vsh formasyonun şeylli veya temiz olup olmadığını göstermektedir. Kantitatif olarak, Vsh log okumalarında şeyl etkisini hesaplamak ve hazne kaya içinde belli oranda şeyl olması durumunda killilik düzeltmesi yapılması için kullanılır. Düzeltme yapılmadan bulunan gözeneklilik değerleri ve buna bağlı olarak bulunan su doygunlukları son derece hatalı olacaktır. Şeyl hacmi GR logundan şu şekilde hesaplanabilir;

Vsh ——————

Vsh: Şeyl hacmi (%)

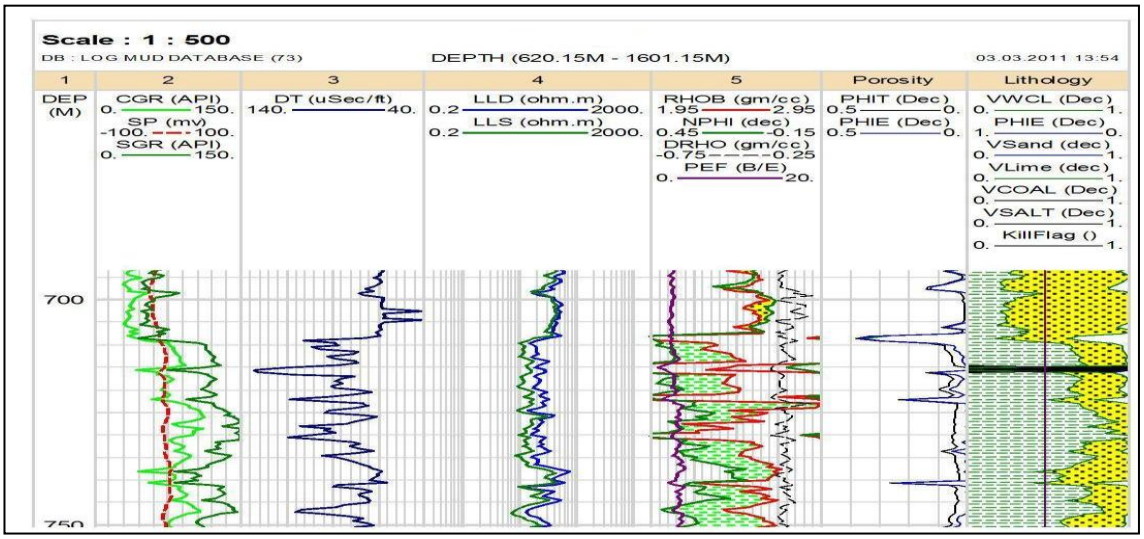
GR: GR ölçümü

GRmin: Temiz hazne kayaçta GR okuması

GRmax: Hesaplama yapılan yere en yakın yerdeki şeyl zonu karşısında okunan GR.

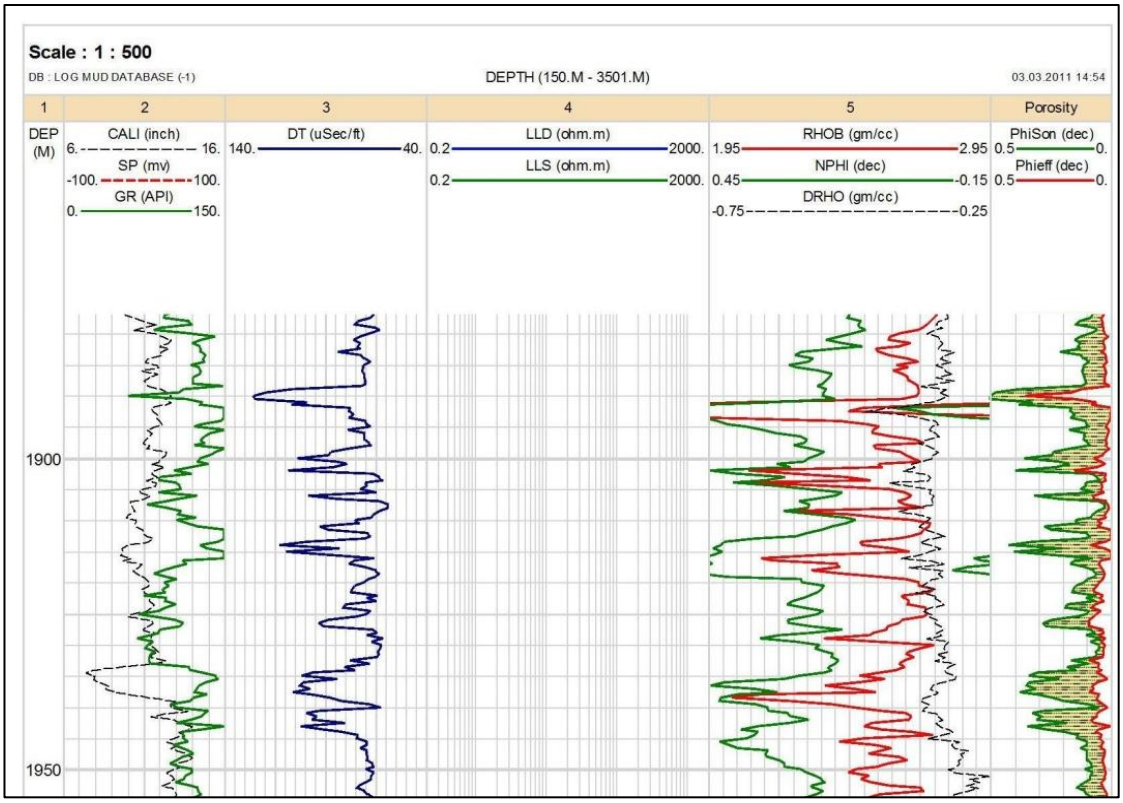
Amasra-1 Kuyusu; GR Logu Amasra-1 Arama Kuyusu'nda 700-2200 metreleri arasında alınmıştır. Zonguldak Formasyonuna ait olan 700-1710 metre aralıklarında GR değerleri oldukça yüksek API derecelerine sahiptir. Kil oranının artması formasyonda düşük gözenekliliğe sebep olmaktadır.

Çakraz-1 Kuyusu; GR logu Çakraz-1 Kuyusu'nda 642-1590 metreler arasında alınmıştır. Killilik formasyonda yüksek miktarda gözlenmektedir (Şekil 7.3). 643-650 m (15-30 API), 673-680 (30-45 API) ve 694-708 (30-45 API) metreleri arasındaki API değerleri diğer seviyelere göre daha düşüktür.



Şekil 7.3 Çakraz-I Kuyusunun IP programı ile değerlendirilmesi

Gegendere-1 Kuyusu; 666-1358 ve 1668-2624 metreleri arasında GR logu alınmıştır. CGR logu (Uranyum etkisinden arındırılmış GR) alınmamıştır. GR logu Zonguldak Formasyonu için bu kuyuda da yüksek API değerlerine sahiptir (Şekil 7.4). Arada düşük API değerlikli seviyeler muhtemelen ince silisiklastik seviyelerdir. Bu seviyeler DT ve RHOB loglarında belirgin olarak sapmalar göstermektedir.



Şekil 7.4 Gegendere-I Kuyusunun IP programı ile değerlendirilmesi

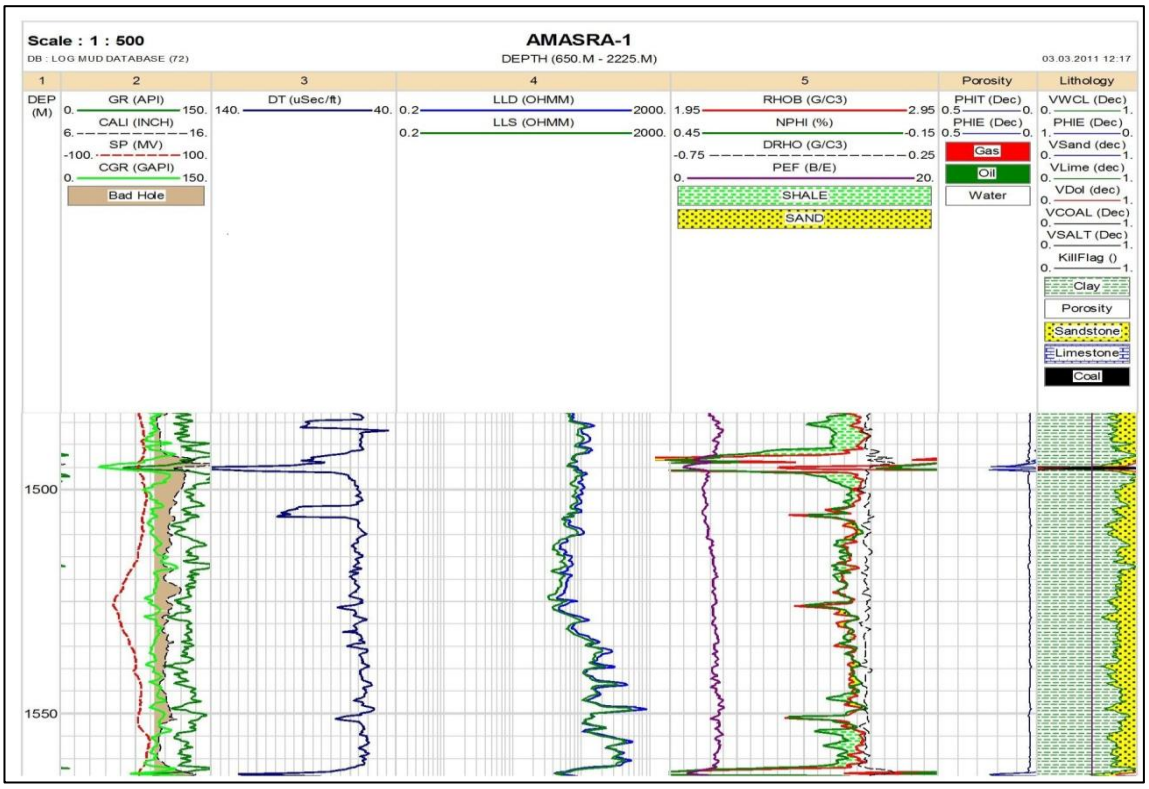
7.3.2SP logu (Spontaneous Potential)

SP Logu formasyon suyu ile iletken sondaj çamuru ve şeylin etkileşimi sonucu oluşan elektriksel potansiyeli ölçer. Şeyller karşısında SP logu hemen hemen düz bir çizgi şeklindedir ve bu şeyl temel hattı olarak tanımlanır. Bu log kuyu içinde hareketli bir elektrotla yüzeydeki sabit potansiyelli bir elektrotun elektriksel potansiyellerinin farkının derinliğe göre kaydıdır. Geçirgen tabakalar karşısında SP logu bu temel

hattından sağa (+) veya sola (–) doğru sapar ve kalın tabakalar karşısında bu sapma artık sabit bir değere ulaşır. Bu değer kum hattı olarak tanımlanır (Schlumberger 1972)

SP ölçümleri; gözenekli ve geçirgen tabakaların belirlenmesinde, tabaka sınırlarının belirlenmesi ve korelasyonunda, formasyon suyu rezistivitesinin bulunmasında, kil oranının tahmininde ve litoloji bulunmasında kullanılır (Özkanlı 1990)

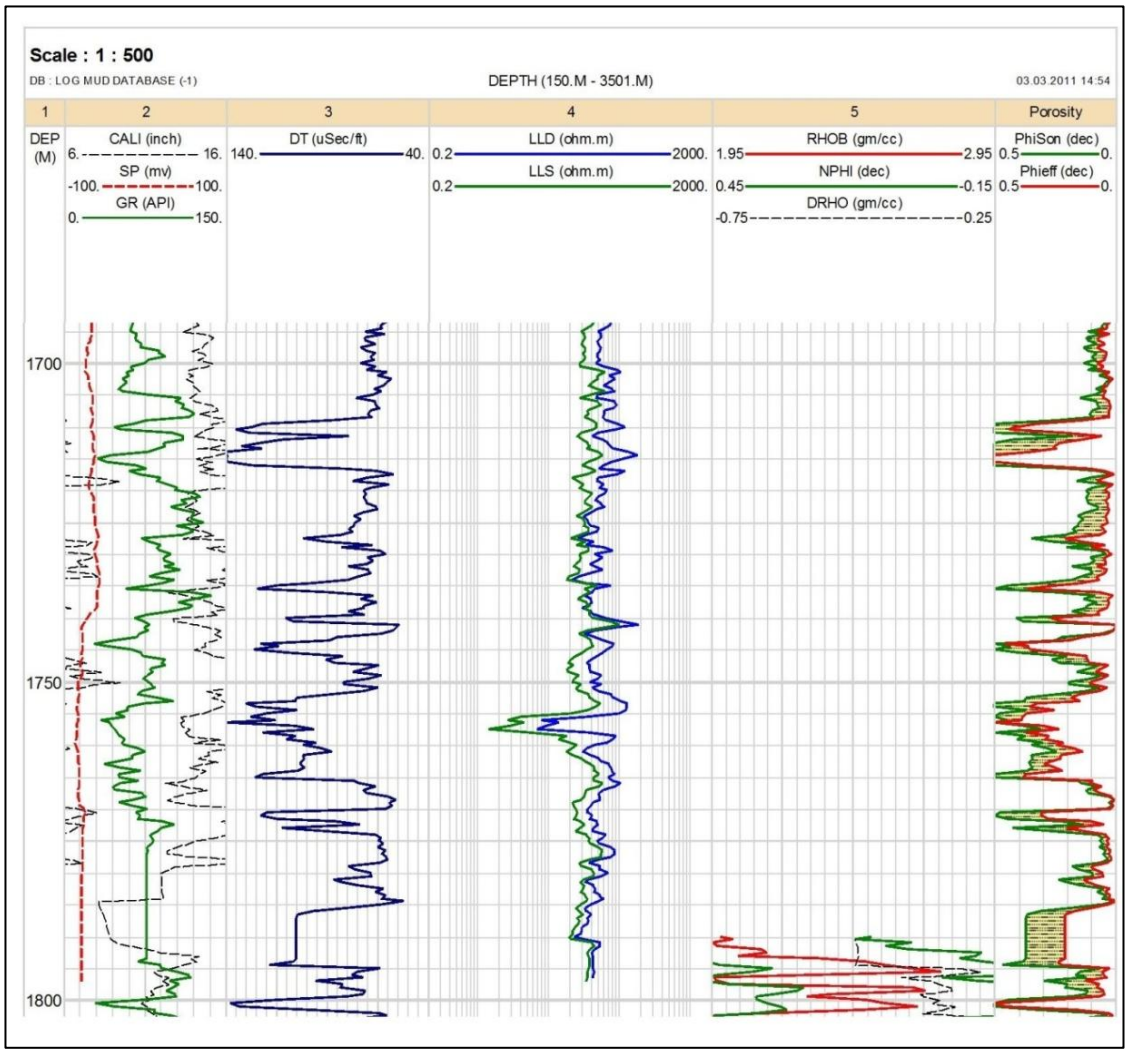
Amasra-1 Kuyusu; SP logu 650-675 metre arasında başlayıp, 2010 m'ye kadar alınmıştır. SP eğrisindeki okumalar 1500 m' ye kadar çok şeyl temel hattı üzerinde yer aldığı için formasyonu tuzluluğu ile çamur suyunun tuzluluğu birbirine eşittir. 1515-1545 metre arasında SP normal biçimde sola sapmaktadır (Şekil 7.5). Bu durum negatif sapma olarak tanımlanır. Formasyon suyu tuzluluğu, çamur suyu tuzluluğundan daha fazladır. 1700-1710 metredeki katmanda ise SP pozitif yönde sapmıştır. Bu durum, formasyon suyu tuzluluğunun çamur suyu tuzluluğundan daha az olduğunu gösterir.



Şekil 7.5 Amasra-I Kuyusunda SP logunun değişimi

Çakraz-1 Kuyusu; 650 -1590 metreler arasında SP logu alınmıştır. Zonguldak Formasyonu için (650-1400) SP okumaları şeyl baz hattında devam etmektedir. Bu durumda sapma gözlenmez ve formasyon suyu tuzluluğu ile çamur suyu tuzluluğu birbirine eşittir (Şekil 7.3).

Gegendere-1 Kuyusu; 825-1800 metreleri arasında SP logu okumaları bulunmaktadır. 1740 metreden sonra şeyl temel hattından sola (negatif yönde) doğru sapma olmuştur (Şekil 7.6).Formasyon suyu tuzluluğu, çamur tuzluluğundan fazladır.



Şekil 7.6 Gegendere-1 Kuyusunda SP logunda negatif yönde değişimin gözlenmesi.

7.3.3 Kaliper logu

Kaliper kuyu çapını direk olarak inç cinsinden verir. Log sunumunda kaliper ile birliktematkap çapı da çizilir. Kuyudaki genişlemeler en yaygın olarak şeyl ve şeylli formasyonlarda gözlenir (Bassiouni 1994).

Kuyuda alınan diğer logların yorumlanmasında ve kuyu şartları için yapılan düzeltmelerde, kuyu iç hacminin hesaplanmasında ve çimentolama operasyonlarında kullanılacak çimento hacminin bulunmasında, geçirgen zonların bulunmasında ve çatlaklı zonların belirlenmesinde diğer loglarla birlikte kullanılır (Özkanlı 1990).

Amasra-1 Kuyusu; Kaliper logu okumaları kuyu çapından büyüktür. Bu nedenle kuyuda yıkılma ve çatlak etkisi olduğu düşünülebilir (Şekil 7.5).

Çakraz-1 Kuyusu; Kaliper logu alınmamıştır.

Gegendere-1 Kuyusu; 666-1358 metreleri arasında kaliper logu okuması kuyu çapından büyüktür. 1668-2624 metreleri arasında ise kaliper logu okumalarının kuyu çapından daha büyük ve daha küçük olduğu kısımlar gözlenmiştir. Geçirimli tabaklarda Kaliper logu kuyu çapından daha küçüktür. Kaliper logu okumaları kuyu çapından küçük olduğu kesimlerde çamur keki oluşumu vardır

7.4 Gözeneklilik logları

7.4.1 Sonik logu (DT)

Sonik log, ses dalgalarının formasyonun 1 foot uzunluğundan geçmesi için gerekli olan zamanın derinliğe göre kaydıdır. Geçiş zaman aralığı olarak bilinen DT, sesin bir ortamdaki yayılma hızının tersidir. Geçiş zaman aralığı bir formasyonun litolojisi ve gözenekliliğine bağlıdır (Schlumberger 1972).

Sonik logundan gözeneklilik şu eşitlik ile hesaplanabilir.

$$\phi s \quad \text{————}$$

ϕs: Sonik log gözenekliliği (%)

DT: Logda ölçülen geçiş zamanı

Dtma: Matriks geçiş zamanı

DTf: Akışkandan geçiş zamanı

Sonik logu, gözeneklilik tayini, litolojinin belirlenmesi, gazlı zonların saptanması, sismik değerlendirmelerde kullanılmak üzere formasyon hızlarının belirlenmesi, ikincil gözenekliliğin bulunması ve çatlakların belirlenmesi amacıyla kullanılabilir (Özkanlı 1990).

Yoğunluk ve nötron logu olmayan Gegendere-1 kuyusunda Zonguldak Formasyonu'nda sonik logdan yararlanılarak birincil gözeneklilik bulunmuştur. Bu gözenekliliğin hesaplanılmasında sonik logundan ilgili derinliğe karşı gelen DT değerleri, IP programında hesaplanarak gözeneklilik belirlenmiştir (666-1358, 1668-2624m). Maksimum gözeneklilik değeri bu kuyuda 0.69 %'dir. (Çizelge 7.3)

Çizelge 7.3 Zonguldak Formasyonu için sonik logundan hesaplanılan gözeneklilik sonuçları (Gegendere-1)

Derinlik (m)	**Efektif Gözeneklilik (%)**	**Toplam Gözeneklilik (%)**
1218	0.06	0.08
1219	0.22	0.27
1220	0.24	0.40
1221	0.11	0.35
1222	0.25	0.36
1223	0.69	0.84
1224	0.51	0.67
1225	0.35	0.44
1226	0.10	0.14

7.4.2 Densite (Yoğunluk)logu

Densite logu formasyonun elektron yoğunluğunu ölçen gözeneklilik logudur. Eğer matriks yoğunluğu biliniyorsa ölçülen (ρ_b) değerleriyle gözeneklilik hesaplanabilir (Schlumberger 1972).

$$\phi \quad \frac{\qquad}{\qquad}$$

ρma: Matriks yoğunluğu

ρb: Kayaç Yoğunluğu

ρf : Akışkan yoğunluğu

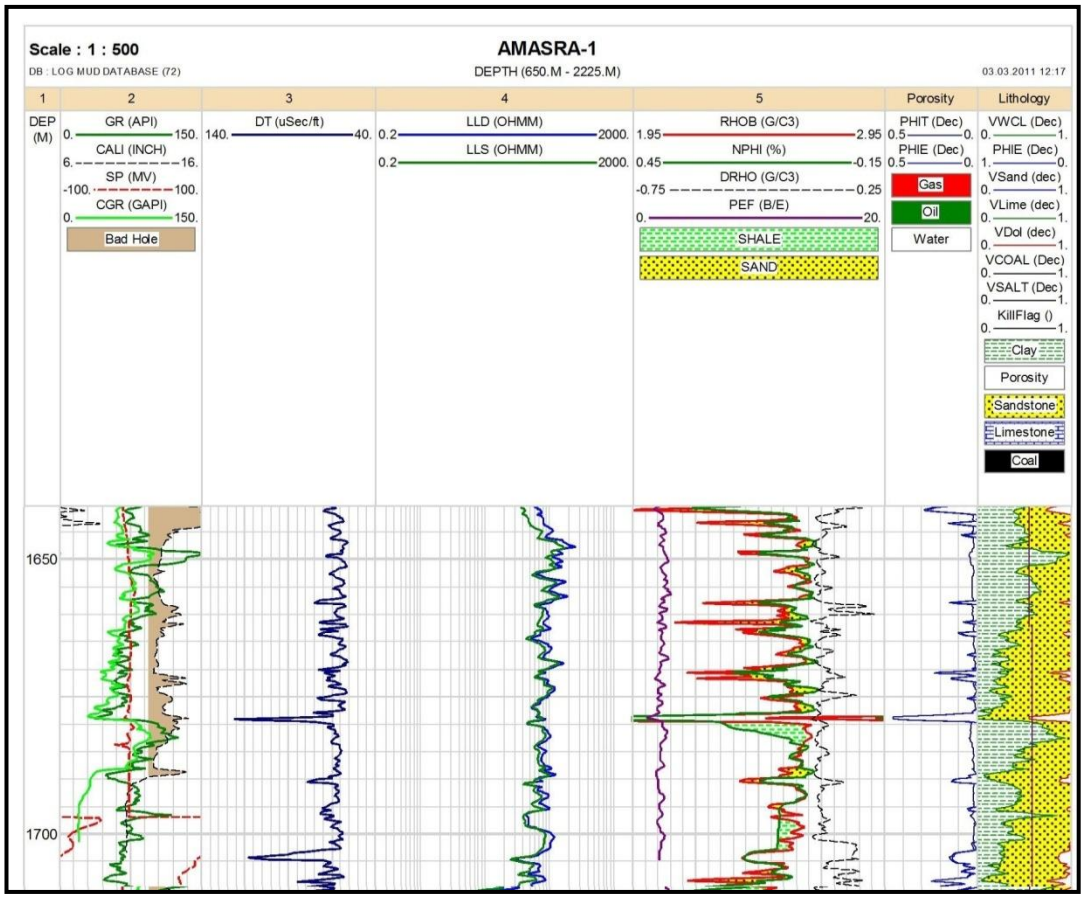
Matriks yoğunluğu belirli litolojiler için bilinen değerlerdir (Çizelge 7.4). Bu veriler hesaplamalar yapılırken kullanılmaktadır.

Çizelge 7.4 Kayaçlar için karakteristik matriks yoğunluk değerleri

Kayaç tipi	ρma (g/cc)
Kumtaşı	2.65
Kireçtaşı	2.71
Dolomit	2.87
Anhidrit	2.98
Şeyl	2.20-2.60

Yoğunluk logu genellikle nötron logu ile birlikte alınır ve birlikte yorumlanır. Eğer tek başına kullanılırsa kayaçların yoğunluk, gözeneklilik ve litoloji tanımlanmasında kullanılabilir. Yoğunluk logu gözeneklilik bilgisinin sağlanmasında, diğer loglarla birlikte kullanılarak litoloji tayininde, hidrokarbon yoğunluğunun belirlenmesinde, gazlı zonların belirlenmesinde ve şeyl hacminin belirlenmesinde kullanılır(Özkanlı 1990).

Amasra-1 Kuyusu; 1700-1710 metreleri arasında Gamma Ray değerlerinin de düşük olduğu derinlikte yoğunluk okumaları 2.55-2.65 g/cc aralığındadır ve bu aralıkta bu nedenle kumtaşı litolojisi hakimdir (Şekil 7.7). Kuyuda genişlemelerin olduğu kesimlerde ise RHOB değerleri 1.95-2.40 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca bu derinliklerde matriks yoğunluğu 2.20-2.60 aralığında olan şeyl etkisi gözlenmiştir. Şeyl içeren kırıntılı seviyelerde yoğunluk (densite) ölçümleri düşük okunmuştur (Çizelge 7.5)



Şekil 7.7 Amasra-1 Kuyusunda gözeneklilik loglarında kumtaşı fasiyesi okumalarının gözlenmesi.

Çizelge 7.5 Zonguldak Formasyonu için nötron-yoğunluk loglarından saptanılan gözeneklilik değerleri (Amasra-1)

Derinlik (m)	**Efektif Gözeneklilik (%)**	**Toplam Gözeneklilik (%)**
800	0.02	0.05
801	0.06	0.09
802	0.01	0.04
803	0.01	0.04
804	0.04	0.07
805	0.01	0.04
806	0.01	0.05
807	0.01	0.04
808	0.01	0.04
809	0.01	0.04
810	0.02	0.04

Çakraz-1 Kuyusu; Formasyonun kumtaşı litolojisinin baskın olarak gözlemlendiği aralıklarda densite okumaları 2.55-2.65 g/cc olarak okunmuştur. Gözeneklilik loglarından hesaplanan kumtaşı fasiyesine ait gözeneklilik değerleri zayıftır (Çizelge7.6). Bununla birlikte şeylli seviyelerde ise yoğunluk (densite) okumaları 2.20-2.60 g/cc aralığındadır. Gegendere-1 Kuyusu'nda ise Yoğunluk (densite) logu alınmamıştır.

Çizelge 7.6 Zonguldak Formasyonu için nötron-yoğunluk loglarından saptanılan gözeneklilik değerleri (Çakraz-1)

Derinlik (m)	**Efektif Gözeneklilik (%)**	**Toplam Gözeneklilik (%)**
1340	0.01	0.03
1341	0.01	0.04
1342	0.22	0.25
1343	0.27	0.30
1344	0.45	0.45
1345	0.36	0.37
1346	0.01	0.05
1347	0.01	0.05
1348	0.01	0.04
1349	0.01	0.05
1350	0.01	0.04

7.4.3 Nötron logu

Nötron loğu formasyondaki hidrojen atomlarının yoğunluğunu ölçerek gözeneklilik bilgisinin sağlanmasında ve gaz ihtiva eden zonların belirlenmesinde kullanılır.

Formasyonun içerdiği hidrojen atomunun sayısı fazla ise formasyona gönderilen nötronların büyük bir kısmı gönderildikten kısa bir süre sonra hidrojen atomları ile çarpışarak yavaşlar. Bu nedenle dedektör tarafından sayılan nötron sayısı azalacak ve nötron logu yüksek gözeneklilik gösterecektir.

Amasra-1 ve Çakraz-1 kuyusunda nötron logu değerleri çok geniş aralıkta değişmektedir. Şeylli birimler de kumtaşlarına göre nötron logu okumaları daha yüksektir. Şeyllerdeki kil mineralleri içinde bulunan sular, formasyonun gözenekliliği ile direk ilgisi olmadığı halde nötron logu okumalarını etkiler. Bu zonlar karşısında yüksek gözenekilik değerlerine sebep olur. Ölçümü etkileyen bu faktörde IP programında gerekli düzeltmeler (killilik, kuyu çapı, çamur keki etkisi gibi) yapılarak gözeneklilik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 7.5, 7.6). Gegendere-1 kuyusunda ise nötron logu alınmamıştır.

7.5 Rezistivite logları

Rezistivite logları formasyonun elektirik akımına karşı gösterdiği direnci ölçer. Hidrokarbonlar elektrik akımını iletmezler ve yüksek rezistivite gösterirler, suya doygun zonlarda ise suyun tuzluluğuna bağlı olarak elektirik akımı az ya da çok iletirler. Dolayısıyla genelde suya doygun zonların rezistivitesi petrollü zonlardan daha düşüktür. Bu özellikten dolayı rezistivite ölçümleri sulu ve petrollü zonların ayırt edilmesinde temel bir metottur. Rezistivite ölçümleri; gerçek kaya direncinin hesaplanmasında (Rt), katman kalınlıklarının bulunması, stratigrafik fasiyes karşılaştırmalarında, formasyon suyu direncinin bulunmasında (Rw) ve gözenekliliğinin bulunmasında kullanılabilir.

Formasyonun içerdiği su, kalıcı ve hareketli petrol doygunluklarının bulunabilmesi için süpürülme zonunda (Rxo) ve temiz zonda (Rt) rezistivite ölçümlerinin yapılması gerekir. Bu nedenle okuma derinlikleri farklı rezistivite aletleri kullanılır (Özkanlı 1990).

Amasra -1 ve Çakraz-1 kuyularında Zonguldak Formasyonu'nun kesildiği derinlikte LLD ve LLS logu alınmıştır. Gegendere -1 kuyusunda ise aynı loglar 825-1795 m aralıklarında alınmıştır. Şeyl ve kil gibi geçirimsiz zonlarda invazyon yok ise, gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra, LLD ve LLS'in aynı değeri okuması gerekir (Özkanlı 1990). İncelenen kuyularda LLD ve LLS logları değerleri birbirine eşit ve düşüktür (Şekil 7.5, 7.6). Bu nedenle, Zonguldak formasyonu rezistivite loglarına göre geçirimsizdir. Ayrıca, hidrokarbon saturasyonu olmadığı için rezistivite logları ile

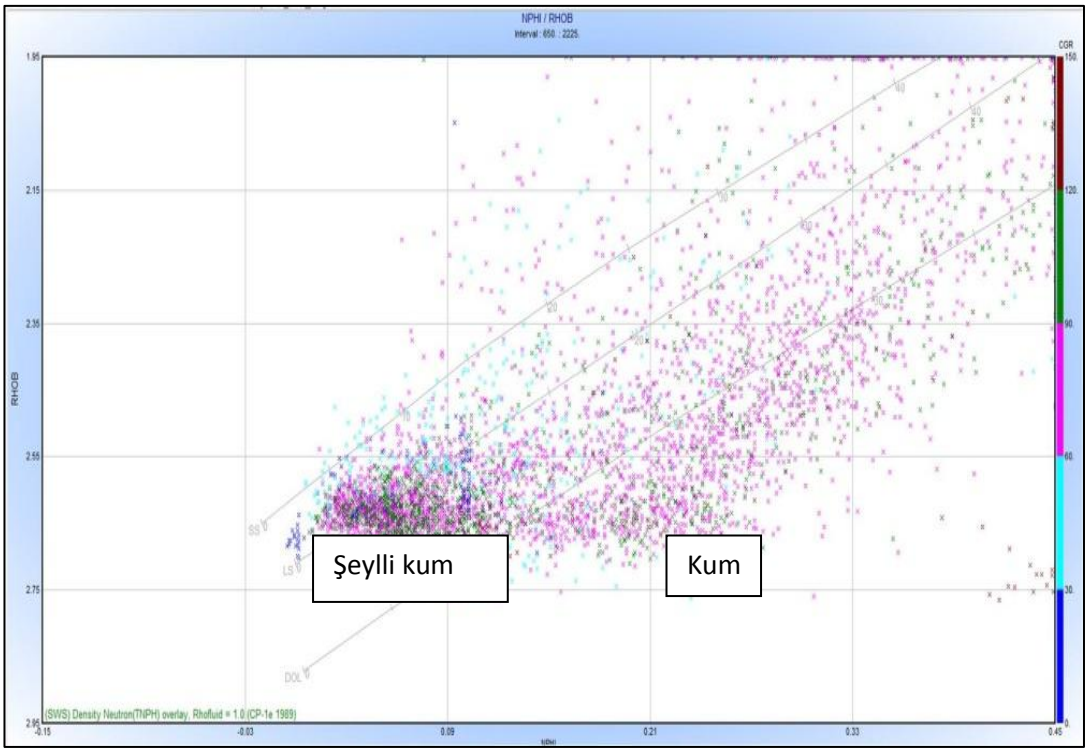
çalışılan kuyularda MOS (hareketli petrol doygunluğu %) ve ROS (kalıcı petrol doygunluğu %) belirlenemez.

7.6 Kuyu loglarına göre gözeneklilik-geçirgenlik değerlendirmeleri

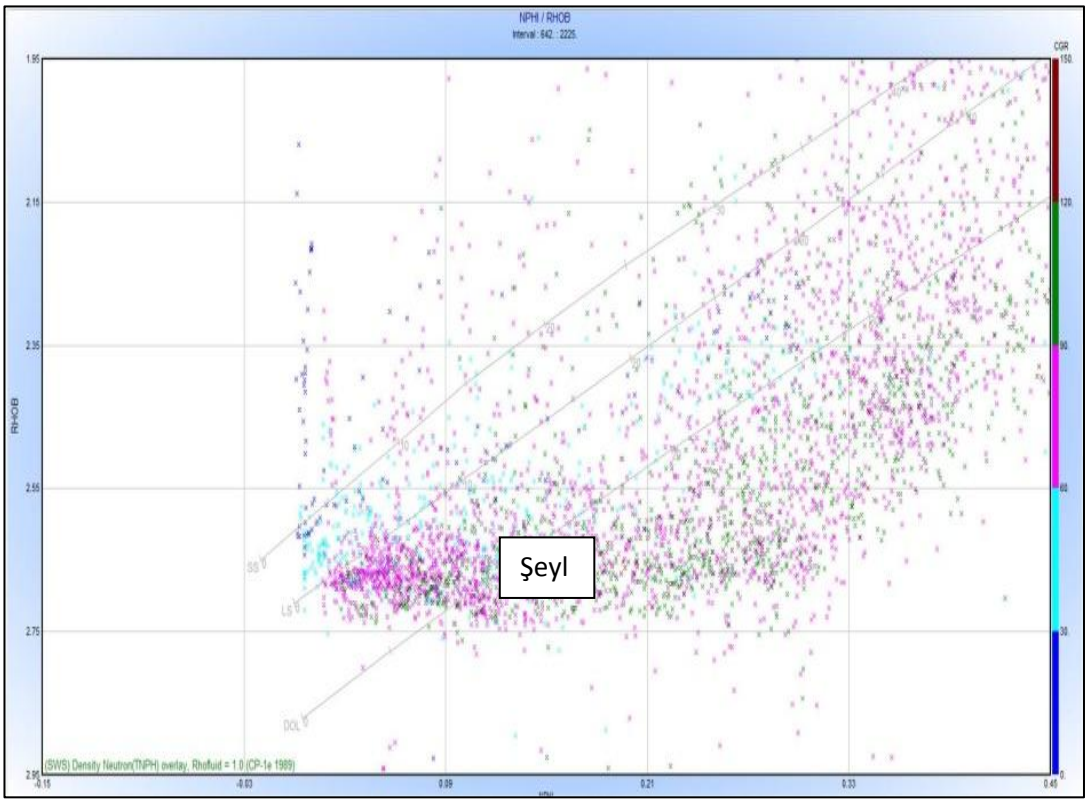
Gözeneklilik değerleri Amasra-1 ve Çakraz-1 Kuyularında Yoğunluk (Densite) ve Nötron loglarından; Gegendere-1 kuyusunda ise Sonik Log sonuçlarından hesaplanmıştır.

Sonik, nötron ve yoğunluk (densite) loglarının ölçümleri yalnızca gözenekliliğe bağlı değildir. Bunun yanı sıra formasyonun litolojisi, gözenekler içindeki mayi, kısmen de gözeneklerin yapısı ve geometrisi ölçümü etkiler. Log okumaları kuyu şartları düzeltilerek tek başına yoğunluk (densite) ve nötrondan, ikincil gözeneklilik olmaması halinde sonik logundan gözeneklilik bulunabilir. Yoğunluk (densite) ve nötron formasyonun toplam gözenekliliğini okur. Bu birincil (tane arası) ve ikincil (çatlak, erime boşluğu) gözenekliliklerin toplamına eşittir. Sonik ise yalnız homojen bir dağılım gösteren birincil gözenekliliği okur.

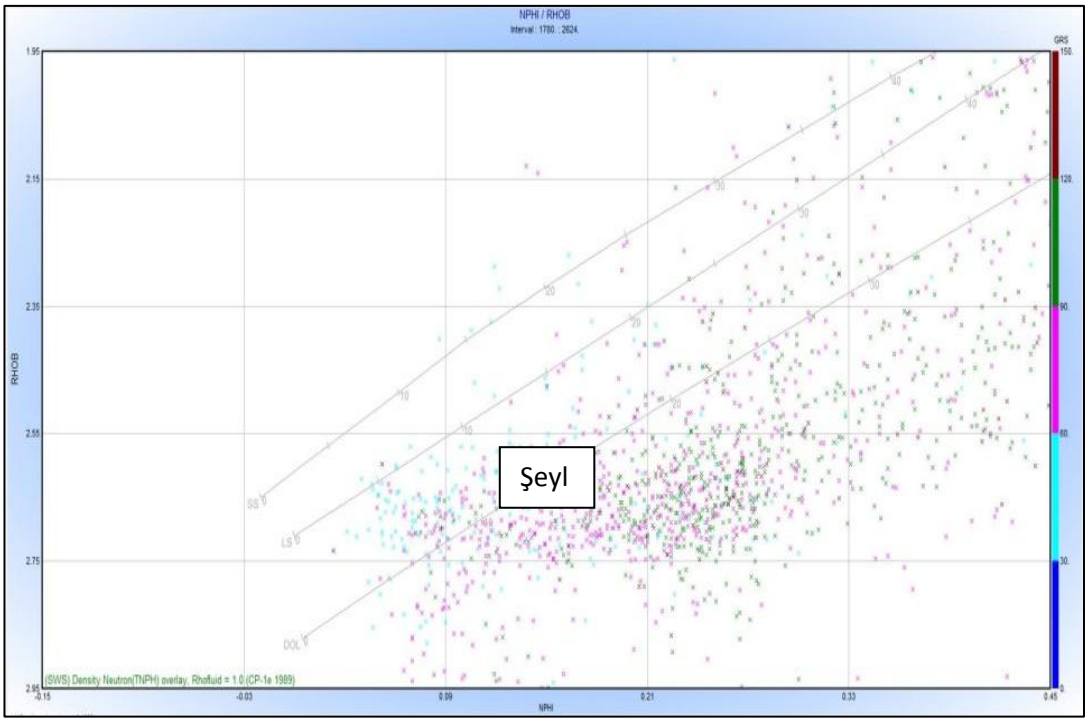
Nötron densite x-plotunda kireçtaşı, dolomit ve kumtaşı matriks eğrileri üzerindeki gözenek ölçeği iki logun kombinasyonu sonucu elde edilen gözenekliliği vermektedir. Ayrıca matriks eğrileri arasındaki mesafe nedeniyle litolojilerin belirlenmesini sağlar. Çalışılan kuyularda gözeneklilik loglarındaki matriks parametreleri (RHOma ve NPHIma) kullanılarak litoloji tanımlaması yapılmıştır (Şekil 7.8, 7.9, 7.10). Gözeneklilik ve litoloji tayinini yapmak amacıyla üç kuyuda nötron- densite grafiği kullanılarak noktalama işlemi yapılmıştır. Yapılan grafikte kayaç içerisindeki kil minerallerinin yüksek oranda olması nedeniyle, formasyonda şeyl litolojisinin hakim olduğu saptanmıştır.



Şekil 7.8 Yoğunluk **(**densite)-Nötron crossplot (Amasra-1)



Şekil 7.9 Yoğunluk **(**densite)-Nötron crossplot (Çakraz-1)



Şekil 7.10 Yoğunluk **(**densite)--Nötron crossplot (Gegendere-1)

Şahintürk ve Özçelik (1983)'e göre yüzeyde alınan örneklerden (Zonguldak Formasyonu kumtaşları) yapılan gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri sırasıyla 9.87-16.72 % ve 0.21-3.03 md olarak verilmiştir. Yüzeyden alınan örneklerde Zonguldak Formasyonu oldukça iyi hazne kaya özelliğine sahip olsa da yapılan petrofizik değerlendirmelerde zayıf hazne kaya niteliği sunmaktadır. Kuyu loglarında yapılan çalışmalara göre; formasyon genellikle zayıf gözeneklilik değerlerine sahiptir. Maksimum gözeneklilik değeri Gegendere-1 kuyusunda % 0.69 olarak gözlenmiştir. Amasra-1 Kuyusu'nda etkin gözeneklilik değerleri 0.01 ile 0.34% arasında değişmektedir. Çakraz-1 Kuyusu'nda nötron ve yoğunluk (densite) loglarından hesaplanan etkin gözeneklilik değerleri 0.01 ile 0.45 % arasında değişmektedir. Kil minerallerinin yaygın olarak gözlenmesi gözeneklilik ve geçirgenliği etkilemektedir. Geçirgenlik değerleri ise rezistivite logu (LLD ve LLS) okumalarına göre düşüktür.

8. TARTIŞMA

Batı Karadeniz havzasında önceden yapılan araştırmalar, bölgede petrol jeolojisi açısından önemli birimler olduğunu ortaya koymaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan kaynak kaya özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar Zonguldak formasyonu' nun kaynak kaya potansiyelinin olduğunu göstermektedir (Harput 1997). Bununla birlikte, Zonguldak formasyonu'nun silisiklastik fasiyeslerinin petrol sistemini oluşturan hazne kaya açısından değerlendiren araştırma bulunmamaktadır. Zonguldak formasyonu 'nun çökelme ortamı hakkında iki farklı görüş bulunmaktadır (Kerey 1986; Derman ve İztan 1993); menderesli akarsu ve delta ortamı. Kompozit kuyu logu, karot ve kesinti numunelerinin incelenmesi sonucu 7 fasiyes ve bu fasiyeslerden 4 fasiyes birlikteliği tespit edilmiştir. Fasiyes birliktelikleri, kuyu log (GR, SP) karakterleri ile birlikte değerlendirildiğinde menderesli akarsu fasiyes özellikleri taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca, Gegendere-1 kuyusunun üst seviyelerinde gözlenen herhangi bir denizel işaretçi bulunmayan, fosilsiz, mikritik karbonatların mendereslerden kopan göllerde (ox-bow) oluştuğu belirlenmiştir. Bu verilere göre, incelenen kuyulardaki istifin akarsu-taşkın ovası ve gölsel çökeller ile temsil edildiği sonucuna varılmıştır.

Kaynak kaya fasiyeslerine sahip şeylli seviyelerden türeyen hidrokarbon için kırıntılı seviyelerin hazne kaya potansiyeli taşıyıp taşımadığı petrografi, petrofiziksel ve SEM çalışmaları ile ortaya konulmuştur. Petrografik olarak hakim olarak litik arenit bileşimindeki silisiklastiklerde nitel gözeneklilik % 3 değerinin altında belirlenmiştir. Tane dokanakları grift olup yoğun çimentolanma ve kil matriks belirlenmiştir. İnce kesitlerde gözlemlenen ana mineral ve bağlayıcı – çimento ilişkisini ortaya koymak ve gözenek tiplerini detaylı olarak incelemek için 3 kuyudan alınan örneklerle XRD ve SEM analizleri yapılmıştır. Kumtaşlarını temsilen alınan karot-kesinti örneklerinde tüm kayaç XRD sonuçlarına göre kuvars, feldspat, dolomit ve kalsit tespit edilmiştir. Ayrıca, kil analizlerinde simektit, illit, klorit ve kaolinit belirlenmiştir. Petrografik olarak tespit edilen kil değerlerinin yüksek olduğu zonlarda, GR okumaları da yüksek API değerindedir. XRD analizleri sonucu elde edilen kil verileri ile Th/K grafiğinden elde edilen sonuçlar birbiri ile uyumludur. SEM-EDS analizlerinde kloritlerin tane kaplayıcı, kaolinitler boşluk dolgusu ve simektitlerin gözenek kaplayıcı olarak gözlenmiştir.

Petrografik ve SEM çalışmalarına göre kumtaşları tane-tane dokanak ve yoğun kil-karbonat bağlayıcı bulundurmaktadır. Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde diyajenetik tarihçe içerisinde sıkışma ve erken diyajenetik olaylar sonucu oluşan çimentolanma, otijenetik kil oluşumları sonucu gözenek alanları negatif olarak etkilediği sonucuna varılmıştır. GR verilerine göre kumtaşı seviyelerinin API değerleri yüksek gözlenmiştir. Bu veri kumtaşlarının kil yönünden zengin olduğunu göstermektedir. Yüksek kil içeriği birincil kil oluşumu ile açıklanabileceği gibi allakton ve/veya kil infiltrasyonu ile de sonuçlanmış olabilir. Bununla birlikte, eldeki veriler ile bunların etkisinin belirlenmesi mümkün olmamıştır. Gözenek ve geçirgenliği pozitif yönde etkileyen çözünme ve çatlak oluşumu olaylarının etkisi incelenen örneklerde az orandadır. Bunun sonucunda gözenek-geçirgenliği düşük silisiklastik kayaların oluşumu ile sonuçlanmıştır diyebiliriz.

Mineralojik ve SEM analizleri ile elde edilen sonuçlarla birlikte detay analizler ile inceleme konusunu oluşturan klastikler detaylı incelemeye tabi tutulmuştur. İnceleme konusunu oluşturan silisiklastiklerin nicel hazne kaya özelliklerini belirlemek amacı ile yüzey, karot ve petrofiziksle özellikleri incelenmiştir. Karot tapalarından elde edilen gözenek verileri, gözeneklilik kuyu logları ve rezistivite logları birlikte değerlendirildiğinde gözenek ve geçirgenlik değerlerinin sırasıyla % 3 ve 1 mD' den düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Gözeneklilik-geçirgenlik verilerine göre incelenen kumtaşı seviyelerinin geleneksel hazne kaya potansiyeli zayıf olarak değerlendirilir. Buna karşın, günümüzde geçirgenlik değerleri 1 mD' den düşük kumtaşları sıkı (tight) kumtaşı olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel olmayan sıkı kumtaşlarından son yıllarda çatlatma ile gaz elde edilmektedir. Kaynak kaya açısından gaz türetme potansiyeline sahip olan Zonguldak formasyonu bu açıdan önem arz edebilir. Bununla birlikte, olumsuzluk olabilecek bir durum kompozit kuyu loglarında sadece kömür seviyelerinde gaz okumaları gözlenmiştir. Kumtaşı seviyelerinden ise gaz okuma değerleri kuyu kayıtlarına göre bulunmamaktadır. Bu olumsuzluklara rağmen inceleme konusunu oluşturan kumtaşları sıkı kumtaşı değerleri içerisinde olan ve geleneksel olmayan gaz kökeni için araştırmaların detaylı olarak sürüdürülmesi gerek bir alan olduğu düşünülmektedir.

9. SONUÇLAR

Batı Karadeniz Bögesi Bartın-Amasra arasında açılan Amasra-1, Çakraz-1 ve Gegendere-1 kuyularına ait kesinti, karot ve kuyu logları kullanılarak Zonguldak formasyonu' nun petrofiziksel özellikleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kuyu logları ve karot-kesinti örneklerinin incelenmesi sonucu 7 fasiyes ve 4 fasiyes birlikteliği belirlenmiştir. Belirlenen fasiyeslerin menderesli akarsu özellikleri taşıdığı sonucuna varılmıştır. Gegendere-1 kuyusundaki fosilsiz mikritik kireçtaşları ise mendereslerin kopmuş kollarını oluşturan gölsel kireçtaşı ürünüdür.

2. Kuyu kesinti-karot örneklerinin değerlendirmeleri sonucu, kumtaşlarının ince-orta taneli, orta boylanmalı, litik arenit, sublitarenit, feldispatik arenit ve bir örnek kuvars arenit bileşimindedir. Nitel gözeneklilik değerleri hakim olarak % 1-3 ve az oranda % 3-5 arasında belirlenmiştir.

3. Petrografik, XRD ve SEM analizleri sonucunda sislisiklastiklere ait diyajenetik tarihçe ortaya konulmuştur.

4. Kompozit çamur logu ve kompozit kuyu logundan yapılan çalışmalarda kömürlü seviyelerin karşısında gaz okumalarının arttığı görülmüştür. Buna karşılık, kuyu loglarında gaz değerleri okunmamıştır. Bunu nedeni olarak kömürde gözeneklilik değerlerinin düşük olmasının etkisi düşünülmektedir.

5. Karot örneklerinden alınan tapaların gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri sırasıyla % 1.7-2.4 ve 0.01-0.03 mD' dir.

6. GR, Kaliper, SP, Sonik, Nötron, Yoğunluk ve Rezistivite log verileri kullanılarak petrofiziksel özellikleri değerlendirilmiştir. Sonik logundan Gegendere-1 kuyusundan elde edilen sonuçlara göre, formasyona ait gözeneklilik değerleri 0.01-0.69 % aralığında değişmektedir. Amasra-1 ve Çakraz-1 kuyularından nötron ve

yoğunluk (densite) loglarından hesaplanan etkin gözeneklilik değerleri sırasıyla 0.01 ile 0.34% ve 0.01 ile 0.45 % arasında değişmektedir.

7. Geçirgenlik değerleri ise rezistivite logu (LLD ve LLS) okumalarına göre düşüktür. Petrofiziksel verilere göre, hidrokarbon aramalarına yönelik yapılmış olan onshore kuyularında, Zonguldak formasyonu kumtaşlarının gözeneklilik ve geçirgenlik açısından zayıf hazne kaya özelliği taşıdığı ortaya konulmuştur.

8. Petrofiziksel değerlendirmeler sonucunda inceleme konusunu oluşturan Zonguldak formasyonu kumtaşları geleneksel hazne kaya potansiyeli olmadığı, geleneksel olmayan "sıkı kumtaşı=tight sand" olarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akbaş, B., Altun, İ. E. ve Aksay, A. 2002. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak-E28 Paftası. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Pafta No.24, Ankara.

Akman, Ü. 1992. Amasra – Arıt arasının jeolojisi. Doktora Tezi, Ankara ÜniversitesiFen Bilimleri Enstitüsü, 209 s.

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K., Uysal, P., 1974. 1/50.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, Zonguldak E29 a,b,c,d ve E 30 a,d paftaları.MTA Enstitüsü Yayınlanmamış.

Alişan, C. ve Derman, A.S. 1995. The first palynological age, sedimentological and stratigraphic data for Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea in A. Erler, T.Ercan, E. Bingöl and S. Örçen (eds.). Geology of the Black Sea Region. General Directorate of Mineral Research and Exploration, and Chamber of Geological Engineers, Ankara – Turkey, 93 – 98.

Arni, P. 1938. Preliminary stratigraphical note of Ereğli-Zonguldak-Amasra coal basins in northern Anatolia (in Turkish). MTA Rap. No. 674.

Arni, P. 1941. Amasra-Tarlaağzı Bölgesinin taşkömürü etüdü.MTA Rap.No.1274.

Arni, P. 1942. Karadon jeolojisi hakkında rapor. TPAO Rap. No. 1115. 3.

Akman, Ü. 1992. Amasra-Arıt arasının jeolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 209 s.

Artüz, S. 1971. Zonguldak–Asma ve Dilaver bölümlerindeki (Vestfaliyen–A) Hacımemiş kömür damarı numunelerinin petrografi incelemesi. İ.Ü. Fen Fakültesi Monografileri, 21,30 s.

Artüz, S. 1974. Zonguldak-Kozlu bölümündeki (Vestfaliyen-A) Hacıpetro kömür damarının petrografi incelemesi. İ.Ü. Fen Fakültesi Monografileri, 24,31s.

ASTM. 1972. Inorganic index to the powder diffraction file, Joint Committee onPowder Diffraction Standarts, Pennsylvania,1432 p.

Aydın, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Özçelik, Y., Çokugras, R., Akarsu,İ., Üngür, A. ve Kasar, S. 1986. Ballıdag-Çangaldagı (Kastamonu) arasındaki bölgenin Jeolojisi. TJK Bülteni, 29, 2, 1-16.

Aydın, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. Ve Özçelik, Y. 1987. Çamdağ (Sakarya) – Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 30. 1-14.

Bayrak, A. 1994. One dimentional quantative basin modelling in Western Black Sean region. METU Ms. Thesis. 150 p.

Burger, K.,Bandelow, F., Bieg, G. 2000. Pyroclastic kaolin coal–tonsteins of the Upper Carboniferous of Zonguldak and Amasra, Turkey. International Journal of Coal Geology vol. 45, 39–53.

Buzkan, İ., 1987. Zonguldak Karadon bölgesinde Kozlu formasyonu kömürlerinin petrolojisi ve değerlendirilmesi, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 115s.

Dean, W.T., Martin, F., Monod, O., Demir, O., Rickards, R.B., Bultynck, P., Bozdoğan, N. 1997. Lower Paleozoic stratigraphy Karadere-Zirve area Central Pontides, northern Turkey (Early Paleozoic Evolution in NW Gondwana). IGSP Project No. 351, Third International Meeting, November geologist. Ankara .Special Publication No.3.32-38.

Derman , A.S. 1990. Batı Karadeniz Bölgesi'nin Geç Jura ve Erken Kretase'deki jeolojik evrimi. Türkiye 8. Petrol Kongresi. Bildiriler (Jeoloji). Petrol Jeologları Derneği/ TMMOB Petrol Mühendisleri Odası , 328-339.

Derman, A.S. ve Özçelik, Y. 1993. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Paleozoik birimlerinin

stratigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve yörenin muhtemel paleocoğrafik evrimi. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2 – 5 Eylül 1991, Ankara, 11 – 20.

Derman, A.S. 1995 Cretaceous megabreccias and other mass flow deposits in the eastern Ulus Basin, Western Black Sea Region of Turkey, Ph. D. Thesis. The Grad. School of Naturel and Aplied Sciences, Unpublished,Metu,Ankara,229 p.

Derman, A.S., and Sayılı, A. 1992. İnaltı Formatin: a key unit for regional geology : General Diretorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of

Geological Engineers, International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Ankara, Turkey, September 7-11.104-108

Derman, A.S. and İztan, Y.H. 1997.Results of geochemical analyses of seeps and potential source rocks from Northern Turkey and Turkish Black Sea, AAPG Memoir 68. p.313-330.

Diessel C. 1992. Coal-Bearing Depositional Systems. Berlin: Springer, pp. 721.

Dil, N. ve Konyalı, Y., 1978, Carboniferous of Zonguldak area. In Guidebook for the field excursion on the Carboniferous Stratigraphy, 5-23.

Dirik, K., Erler, A., ve Karahanoğlu, N., 1995, Statistical and Geological Evaluation of Proximate Chemical Analyses of Coal Seams at ASMA Mine (Üzülmez Zonguldak Turkey). Geology of the Black Sea Region, Editörler: A.Erler, T.Ercan, E.Bingöl, S. Örçen. 273-278.

Erdem , Ü. 1985. Kozlu (Zonguldak) bölgesinin zaman-sıcaklık-derinlik incelemesi. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. Ankara, 76 s.

Evans , I., Hall, S.A., Sarıbudak , M.A., Akyol, A. 1991. Preliminary paleomagnetic resulst from Paleozoic rocks of the İstanbul-Zonguldak region. NW Turkey, Bulletin of Technical University of İstanbul, 44, 165-190.

Fielding, C.R. 1984a.A coal depositional model for the Durham Coal Measures of N. E. England. Journal of the Geological Society of London, 141,919- 931.

Fielding, C. R. 1984b. Upper delta plain lacustrine and fluviolacustrine facies from the Westphalian of the Durham Coalfield. Sedimentology, 31,547- 564.

Fratschner, W. T., 1952. Azdavay, Bartın, Kumluca, Kurucaşile, Ulus bölgelerinde 19-Mayıs- 24 Ekim arasında yapılan etüdlere dair ilk rapor. MTA Rap. No. 1960. Ankara.

Fratschner, W. T., 1956. Azdavay sondajlarına ait rapor ve mutalaa. MTA Rap. No 2408. Ankara.

Folk, R.L. 1980. Petrology of sedimantary rocks: Hemphill Publishing Company, 182 pp.

Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984. Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. TMMOB Jeoloji Müh.Yayım Organı. Sayı. 19, 53-79.Ankara.

Gedik, İ. ve Önalan, M. 2001. Çamdağ (Sakarya ili) Paleozoyik stratigrafisine ait yenigözlemler. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, 14, 1 – 2, 61 – 76.

Göncüoğlu, M.C. 2010. Türkiye Jeolojisine Giriş: Alpin ve Alpin Öncesi Tektonik Birliklerin Jeodinamik Evrimi.MTA. Monografi Serisi.5.

Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., Yılmaz, Y., 1983. Pontidlerde Neo-Tetis'in kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler, TJK Bülteni, 26, 11-20.

Güner, A. 1989. TPAO Trakya Bölge Müdürlüğü Amasra-1 Arama Kuyusu kuyu tamamlama raporu. TPAO, Rapor no. 255.

Harput, O.B. 1988. Oil and gas potential of Northern Anatolia, a brief source rock stuy, TPAO Araştırma Merkezi Rapor No 1195, 20.

Harput, O.B. 1993. Kaynak Kaya Değerlendirmesi: Petrol jeologları için organik jeokimya, Ediger V.Ş. ve Soylu, C. (Der.), TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları, No 23, 69-95.

Harput, O.B., 1997.Batı Karadeniz Bölgesi tortullarının kaynak kaya ve olgunlaşma yöntemiyle incelenmesi.H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 133 s.

Harput, O.B., Demirel, İ.H., Karayiğit, A.İ., Aydın, M., Şahintürk, Ö., and Bustin,R.M. 1999.Preliminary hydrocarbon source rock assestment of the Palozoic and Mesozoic formation of the Western Black Sea Region of Turkey. Energy Sources, v. 21,945-956.

Hoşgör, İ. ve Okan Y. 2007. Late Visean–Early Namurian Bivalves From the ZonguldakCoal Basin, Northwestern Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 16, pp. 225–240.

Hoşgörmez, H. 2007.Origin and secondary alteration of coalbed and adjacent rock gases inthe Zonguldak Basin, western Black Sea Turkey. Geochemical Journal, Vol. 41, pp. 201 to 211.

Karayiğit, A., 1989. Zonguldak ve Amasra kömürlerinin petrografik özellikleri. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara.315 s.

Kaya, O. 1982. Ereğli, Yığılca, Bolu, kuzey Mengen alanlarının stratigrafisi ve yapısal özellikleri. TPAO Rapor no. 1639.

Kaya, O.,Dizer, A., Tansel, İ., Meriç, E., 1983. Eregli (Zonguldak) Alanının Kretase Stratigrafisi, MTA Bülteni 99-100.

Ketin, İ. ve Gümüş, O. 1962. Sinop, Ayancık ve güneyinde , III. bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor.1, II: TPAO Rap., No.213 ve 218 (yayımlanmamış).

Ketin, İ. 1966. Anadolu'nun tektonik birliktelikleri. MTA Bülteni, 66, 20-34.

Kerey, I.E. 1982. Stratigraphical and sedimentological studies of Upper Carboniferousrocks in Northwestern Turkey. Ph. D. Thesis Keele University, 232 p.

Kerey, I.E., Kelling, G., Wagner, R.H., 1986. An outline stratigraphy and paleobotanical records from middle Carboniferous rocks of northwestern Turkey. Ann. Soc. Geol. Nord. CV. 203-216.

Koçyiğit, D., 2007. Batı Karadeniz Bölgesi Üst Devoniyen-Turneziyen ve Kretase Siyah Şeyl Fasiyesinin Hidrokarbon Kaynak Kaya Poansiyelinin Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Kordi, M., Hovorka, S., Milliken, K., Treviño, R., and Lu, J., 2010. Diagenesis and reservoir heterogeneity in the Lower Tuscaloosa Formation at Cranfield Field, Mississippi: presented at the 60th Annual Convention of the Gulf Coast Association of Geologicial Societies and the Gulf Coast Section of SEPM, San Antonio, Texas,October 10-12, 2010. GCCC Digital Publication Series #10-13.

Kyrinine, P.D. 1942. Differantial sedimantation and its droducts during on a complete geocylinal cycle, Ann. Prim. Congr., Panamericano de Ingen de Minas Geology (Chile), Geologia 1st Pt. v,2. 537-561.

Levorsen, A.I. 1967. Geology of petroleum : Freeman, W.H. and Company, San Fransisco, 499.

Nakoman, E. 1975. Zonguldak kömür havzasının Karadon ve Üzülmez bölgelerindeki Namuriyen ve Vestfaliyen-A yaşlı damarların palinoloji incelemeleri, MTA Dergisi 87, 80-109.

Naz, H., ve Ertürk, O., 1993. Kırıntılı Kayalar Sedimantolojisi, Rezervuar Özellikleri ve Basen Evrimi. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı. Eğitim Yayınları No.27.

Orhan, E. and Canca, N. (1989) Geology and coal occurrences of the (Zonguldak) Kandilli - Değirmenağzı MTA ReportNo. 8549 (unpublished)

Okay, A.I. 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. A.M.C. Şengör (Ed.) Tectonic evalution of the Tethyan region. NATO Advanced Science Institute (ASI) Series, C259.109-116.

Okay, A.I., Şengör, A.M.C., Görür, N. 1994. Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. Geology, 22, 267-270 .

Okay, A.I. and Tüysüz, O.. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.

Özkanlı, M. 1990. Log Yorumu Prensipler ve Uygulamaları. TPAO Yayınları.

Pelin, S. and Coşkun, B. 1995. Investigation of the origin of gas encountered in the Akçakoca-1 well, western Black Sea. Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, p: 244-255.

Ralli, G. 1895-1896,Le bassin Houillier d'Heraclee, Anneler Society of Geologie, Belgium. v. 23, p. 151-267

Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M., Hirst, J.P.P. 1995. Stratigraphic and structural evolution of the Eastern Pontides, Turkey. Journal of the Geological Society of London.v. 152. 861-872.

Robinson, A.G., Judat, J.H., Banks, C.J., Wiles, R.L.F., 1996. Petroleum geology of the Black Sea . Marine and Petroleun Geology, v.13. 195-223.

Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M. ve Bürkan, K. 1979. Karabük- Safranbolu Bölgesinin Jeolojisi. TPAO Rap. No. 1322

Saner,S.1980. Batı Pontidler'in ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kuramıyla açıklanması,Kuzeybatı Türkiye,Türkiye Jeoloji Kurumu'nun 34. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Sözlü Bildirisi.

Sarıbudak, M., Sanver, M. Ponat, E. 1989. Location of western Pontides, NW Turkey, during Jurassic time: Preliminary paleomagnetic results, Geophysical journal.96. 43-50.

Schlean, A. 1852. Versuch einer geognostichen beschribung der gegend zwischen Amasra und Tarlaağzı an der Nordkuste von klein-Asien-Zeistchribe Deustche Geologische Geselshaft, v.4. p. 96-132.

Schlumberger, 1972. Log interpretation principles. vol.1. Schlumberger Limited, New York, 122 pp.

Selley, R.C. 1985. Elements of Petroleum Geology. Freeman, USA.

Siyako, M., Aksoy, Z., Burkan, K. A. ve Demir, O. 1980. Zonguldak dolayının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları : Türkiye Petrolleri A, O., Arama Grubu, rap, no : 1.536.

Spadini, G., Robinson, A.G., and Cloetingh. 1997. Thermomechanicai Modeling of Black Sea Basin Formation, Subsidence and Sedimentation.AAPG Memoir 68. p. 19-38.

Spratt, T. 1877. Remarks on the coal bearing deposits near Erekli (the ancient Heraclea, Pontic, Brithynia), Quarterly Journal of Geological Society of London, v.33, p. 524-533).

Şahintürk, Ö. ve Özçelik, Y. 1983. Zonguldak-Bartın-Amasra-Kuruçaşile-Cide Dolaylarının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rap. No. 1816.

Şengör, A.M.C ve Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tecgonophysics, 75, 181-241.

Şengör, A.M.C. 1984. The Cimmeride Orogenic System and the Tectonics of Eurasia, The Geological Society of America Special Paper No 195, 82 p.

Şengör, AMC. Yılmaz, Y., Sungurlu, O. 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature and evolution of the western termination of Paleotethys. In: J. E. Dixon and A. H. F. Robertson (eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: geological Society of London Special publication 17, 17 – 112.

Taşçı, R., 2007. Zonguldak kömür havzası Alacaagzı Armutçuk Bölgesi Kozlu formasyonu kömür damarlarının karakteristik özellikleri.Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.86.

Theveniaut, H. 1993. Evolution de la Tethys occidentale et de la Pangee au Trias. Phd thesis, Paris VII University.

Tokay, M. 1952. Karadeniz Ereğlisi-Alaplı-Kızıltepe-Alacaağız Bölgesinin jeolojisi. MTA Dergi 42/43,26-35.

Tokay, M. 1954/1955. Filyos Çayı ağzı- Amasra- Bartın- Kozcaağız- Çaycuma Bölgesi'nin jeolojisi.MTA Dergi 46/47. 58-74.

Toprak, S. 1984. Petrographic characterizations of coals in the Kozlu and Kılıç formations (Westphalian A), Zonguldak-Turkey, Ms Thesis, The Pittsburgh University, 78 p.

Türker, M. 1989. TPAO Trakya Bölge Jeoloji Müdürlüğü Çakraz-1 Arama Kuyusu kuyu tamamlama raporu. TPAO, Rapor no: 256.

Türker , M. ve Dölek, T. 1994. TPAO Arama Grubu Başkanlığı Gegendere-1 Arama Kuyusu kuyu tamamlama Raporu.

Tüysüz, O. 1990. Tectonic evolution of a part of the Tethyside orogenic collage: The Kargı massif Northern Turkey, Tectonics,9.141-160.

Tüysüz, O., Yılmaz, Y., Yigitbas, E. ve Serdar, H.S., 1990, Orta Pontid'lerde Üst Jura-Alt Kretase stratigrafisi ve tektonik anlamı. Türkiye 8. Petrol Kongresi Bildirileri,340-350.

Tüysüz, O., Kirici, S., Sunal, G., 1997. Cide-Kurucaşile dolayının jeolojisi. TPAO Rapor no. 3736.

Tüysüz, O. 1999. Geology of the Cretaceous sedimantary basins of the Western Pontides. Geological Journal. 34, 75-93.

Tüysüz, O., Keskin. M., Natalin, B., Sunal, G., 2000. İnebolu-Ağlı-Azdavay civarının jeolojisi. TPAO Rapor no: 4250.

Tüysüz, O., Aksay, A., Yiğitbaş, E. 2004. Batı Karadeniz Bölgesi Litostatigrafi Birimleri , MTA, Stratigrafi Komitesi, Litostatigrafi Birimleri Serisi-1.92.

Yahşıman, K., ve Ergönül, Y. 1958. Amasra (Tarlaağzı) E. K. 1. Galerisindeki kömür damarlarının sporolojik etüdü ve korelasyonu. MTA Dergi No. 51, s. 42,Ankara.

Yalçin M.N., ve Gürdal G. 2000. Gas Adsorption Capacity Of Carboniferous Coals In The Zonguldak Basin (Nw Turkey) And Its Controlling Factors", FUEL, no.79, pp.1913-1924.

Yalçın, M.N., İnan, S., Gürdal, G., Mann, U., Schaefer, R. G., 2002,Carboniferous Coals of the Zonguldak Basin (northwest Turkey): Implications for Coalbed Methane Potential. AAPG Bulletin, 86,7, 1305-1328.

Yalçın, M.N., İnan, S. Hoşgörmez, H., Çetin, S., 2003, A new Carboniferous coal/shale driven gas play in the Western Black Sea Region (Turkey). Marine and Petroleum Geology, 19, 1241-1256.

Yergök, A. F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N. N., Keskin, I., Mengi, H., Umut,M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. ve Çetinkaya, A. 1987. BatıKaradeniz Bölgesinin jeolojisi (I), MTA Rap. No. 8273.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, O.C., Şengör, A.M.C. 1997.Geology and tectonic evalution of the Pontides.AAPG Memoir 68, 313-330.

Zuffa, G. 1985. Provenance of arenites.Nato ASI Series. Series C, Mathematical and Physical Sciences, 148 s.115-135.

EKLER

EK 1.1 Amasra-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

EK 1.2 Çakraz-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

EK 1.3 Gegendere-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

EK 2.1 Amasra-1 kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

EK 2.2 Amasra-1 kuyusu karot örneklerine ait ince kesit incelemeleri

EK 2.3 Amasra-1 kuyusu tapa örneklerine ait ince kesit incelemeleri

EK 2.4 Çakraz -1 kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

EK 2.5 Gegendere-1 kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

EK 2.6 Saha örneklerinin mikroskobik tanımlamaları

EK 3 Kuyu örneklerinin XRD tanımlamaları

EK 4 Kuyu logları

EK 1.1 Amasra-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

Derinlik (m)	Tanımlama
284-334	Açık gri renkli kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı ve şeyl içermektedir
334-382	Kumtaşı, çamurtaşı ve açık gri renkli şeyl ardalanmasından oluşmaktadır.
384-432	Organik madde içeriği düşük, gri, açık kahve renkli, kil oranı az kumtaşı tanımlanmıştır.
434-482	Polijenik, açık gri renkli, kumtaşı, kırmızı ve kahve renkli çamurtaşı ve ve şeylden oluşmaktadır.
484-532	512-514 m'de bordo renkli kumtaşları tanımlanmıştır. Diğerleri ise gri yeşil renkli kumtaşlarından oluşmaktadır.
534-582	Genellikle kumtaşı ve az oranda şeyl gözlendi.
584-632	Çamurtaşı, Şeyl, kumtaşı, kömür ve kumtaşı şeyl ardalanmasından oluşmaktadır.
634-682	Şeyl, kömür,kumtaşı, ve şeyl,kumtaşı ardalanmasından oluşur.
684-732	Kömür, şeyl ve kumtaşı içeriyor
734-782	Kumtaşı,çamurtaşı ardalanması ve kömür bantlarından ve kömür katkılı şeylden oluşmaktadır.
784-832	Kömür, şeyl içermektedir ve 814 m'den sonra şeyl oranı azalmış olup kumtaşı tanımlanmıştır.
834-882	874 m'ye kadar şeyl ağırlıklıdır. 874 m'den sonra ise kumtaşı,şeyl ardalanmalıdır.
884-932	Şeyl,çamurtaşı,kömür ardalanması 922 m'ye kadar devam etmektedir.At kesime ise kumtaşı litolojisi hakimdir.
934-982	Çamurtaşı ,kömür ve organik maddeli seviyelerle başlayan aralık 946-948 metrede silttaşından oluşmaktadır.Alt seviyeler ise kömür ve şeyl ardalanmalıdır.
984-1032	Üst kesimler kumtaşı,şeyl ve çamurtaşı olarak tanımlanmıştır. Orta seviyede kumtaşı ve çakıltaşı litolojisi hakim olup 1032 m'de kömür oranı artmaktadır.

EK 1.1 Amasra-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları (devam)

1034-1082	Kumtaşı şeyl ardalanması ile başlayan litoloji kömür arakatkılı kumtaşı ile devam etmektedir.
1084-1132	Çoğu organik madde içeren kömürleşmemiş çamurtaşı bulunmaktadır.1122 m ve 1124-1126 m arası kömürlüdür. Geri kalan kısım ise kumtaşı ve şeyl ardalanmalıdır.
1134-1182	Kırmızı, açık gri renkli, polijenik kumtaşı ile başlayıp, kömür, çamurtaşı ve şeyl ile devam etmektedir.
1184-1232	Kömür, çamurtaşı, kumtaşı ve organik madde içeriği yüksek olan şeylden oluşmaktadır.
1234-1282	Genel olarak organik maddece zengin şeyl ve kumtaşı içerir.
1284-1332	1306 metreye kadar kumtaşı ve şeyl ardalanmalı olup; sonrasında şeyl oranı azalıp kumtaşı ağırlıklı olarak bulunmaktadır.
1334-1382	1346-1348 metreler arası organik maddece zengin bir fasiyesten oluşmaktadır. Geri kalan kısım ağırlıklı olarak kumtaşından oluşmaktadır. Şeylde gözlenmiştir.
1384-1432	1400 metreye kadar şeyl arakatkılı kumtaşı gözlenmiştir.Alt kesimler kömür,çamurtaşı ve şeyl ardalanmalıdır.
1434-1484	1460 metre kömürlüdür. Bu metrenin üst ve alt kesimi kum ve çamurtaşı içermektedir.
1484-1532	Üst kesim kumtaşı ile başlar.1494 metre kömür bantlıdır. Alt seviyelerde ise kumtaşı birimleri devam etmektedir.
1534-1582	Gri renkli kumtaşı hakim litolojidir.1562. metrede kömür mevcuttur. Alt kesimler ise şeyl arakatkılı kumtaşı olarak devam etmektedir.
1584-1632	Kömür ile başlayan kesintiler, şeyl arakatkılı kumtaşı içermektedir.1618-1624 metreler arasında kömür yer almaktadır. Alt kesimlerde kumtaşı ve şeyl gözlenmiştir.
1634-1682	Genellikle kumtaşı ve şeyl içermektedir.1658-1662 m'de kömür bulunmaktadır.
1684-1710	Kumtaşı ve şeyl ardalanmalı olarak yer almaktadır.

EK 1.2 Çakraz-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

Derinlik (m)	Tanımlama
518-566	518-524 m'de bordo ve koyukahverengi kumtaşı,524-544 m'de yeşil renkli kumtaşı,544-550 m'de koyu kahve renkli kumtaşı ve 552-566 m'de ise şeyl ve kumtaşları kesilmiştir.
568-616	Gri renkli yer yer zayıf karbonatlı şeyl ile başlayan kesintilerin alt seviyelerinde gri renkli polijenik kumtaşları bulunmaktadır.
618-666	Silis çimentolu çakıltaşı geçişli kumtaşları üst kısımda yer alır.640 metre itibariyle koyu gri kahve şeyller vardır.Şeyllerin alt kesiminde çamurtaşı ve kumtaşı gözlenmiştir.
668-716	700m'ye kadar kumtaşı çamurtaşı ardalanması kesilmiştir. Geri kalan kesimi ise şeyl oluşturmaktadır.
718-766	Kil oranı çok yüksek kumtaşı ve organik madde içeriği oldukça yüksek koyu renkli şeyller vardır.
768-816	Kumtaşı ve şeyl içermektedir.782-786 metre arasında organil madde içeriği yüksektir.
818-866	840-844 metreler arası kumtaşıdır. Geri kalan kısım kumtaşı, şeyl, ince taneli kum ile sit arası malzeme içermektedir.
868-916	Kum arakatkılı şeyl içerir.880-886 m arasında ise kömür yer alır.
918-966	Kumtaşı, şeyl ve kömür laminaları kesilmiştir.958.m'de organik madde içeriği gözlenmiştir.
968-1016	Genel olarak kesintiler kumtaşı ve şeylden oluşmaktadır. 972. Metrede kömür bulunmaktadır. 998 metreden sonra ise organik madde içeriği oldukça düşük olup, kumtaşı kırıntıları tanımlanmıştır.
1018-1066	Kumtaşı ve şeyl içerir ve kil içeriği oldukça fazladır.1066.metre kömür içermektedir
1068-1116	1068-172 m'de az oranda kömür ve şeyl,1074-1076m'de kömür ve kumtaşı arakatkılı şeyl,1078-1094 m'de kumtaşı, 1096-1112 m'de organik madde içeriği yüksek şeyl ve 1114-1116m'de kömür içermektedir.
1118-1166	Kumtaşı, çamurtaşı ve kömür laminaları yer almaktadır.

EK 1.2 Çakraz-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları (devam)

1168-1216	1168-1186 metre arasında ince silt,kumtaşı ve organik maddece zengin şeyl bulunmaktadır.1186-1196m'de kömürlü ve kumtaşı seviyeleri gözlenmiştir.1198-1208m'de kum ağırlıklı şeyl ve 120-1216 m'de organik maddece zengin şeyl ve kumtaşı vardır.
1218-1266	Organik madde içeriği yüksektir. Kömür damarları 1236 ve 1266. Metrede bulunmaktadır.1238-1244 ve 1256-1262 metreler arasında kumtaşı seviyeleri vardır. Geri kalan kısım ise koyu renkli çamur ve kömürden oluşmaktadır.
1268-1316	1268-1280 ve 1286-1316 metreler arasında kumtaşı şeyl aradalnmalıdır. Organik madde içeriği fazladır.1282-1284 metreler arasında ise kömür birimleri kesilmiştir.
1318-1366	Kumtaşı, şeyl, kömür ve ince şeyl ardalanmalı kumtaşından oluşmaktadır.
1368-1416	1368-1378 metreleri arasında kumtaşı,1380-1386 metrelerinde şeyl ve kumtaşı,1388-1390 metre arasında kömür ve 1392-1408 metre arasında ise şeyl bulunmaktadır.1400 metre itibariyle Alacaağzı Formasyonu'na geçiş olmuştur.

EK 1.3 Gegendere-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları

Derinlik (m)	Tanımlama
670-718	668 metreden itibaren gri renkli kumtaşı ve şeyller kesilmiştir.678 metreden itibaren Zonguldak Formasyonu birimleri kesilmiştir.700 metrede kömürlü seviyeler alt kesimde ise kumtaşı arakatkılı şeyl bulunmaktadır.
720-768	720-726 metre arasında bordo renkli kumtaşları bulunduğundan Çakraz Formasyonu'na geçiş olabilir. Kumtaşı, şeyl ve kömürlü seviyeler gözlenmiştir. 754 metreden itibaren kırmızımsı çakıltaşı hakimdir.
770-818	770-792 metreler arasında kömür ve ince şeyller yaygındır.792metreden sonra ise kömür kalıntısı yoktur ve temiz kumtaşı içermektedir.
820-868	Çakıltaşı, şeyl ile başlayan kesintiler kırmızımsı kireçtaşı ile devam etmektedir. Alt kesimler ise gri-sert kumtaşından oluşmaktadır.
870-918	Gri renkli sert kumtaşı litolojisi devam etmektedir.
920-968	Gri–yeşil renkli kumtaşları 920-940 metre arasındadır. Geri kalan bölümde ise kömür arakatkılı kumtaşı yer alır.
970-1018	970-976m arasında açık gri renkli kumtaşları ve 978-986 m arasında kömürlü seviyeler geçmiş.988 metreden itibaren yeşil renkli kumtaşı ve gri, kahverenkli, bitki kalıntılı kömür laminalı şeyl kesilmiştir.
1020-1068	Yeşil renkli, ince taneli kumtaşı ve çamurtaşı katkılı şeylden oluşmaktadır.1054 metreden sonra ise gri renkli, sert, polijenik kumtaşı ve çakıltaşı tanımlanmıştır.
1070-1118	Kırıntılı, gri yeşil renkli karbonat çimentolu kumtaşı 1070-1098 metrede kesilmiştir.1110 metreden sonra kumtaşı arakatkılı gri,yeşil renkli şeylli birimler kesilmiştir.
1120-1168	Kesintiler kumtaşı arakatkılı gri,yeşil renkli şeylli birimler ile başlayıp, açık gri silis çimentolu kumtaşı ,koyu gri,kahverenkli şeyl ve çakıltaşı ardalanması ve gri renkli kumtaşı ile devam etmektedir
1170-1218	Kumtaşı ve şeylden oluşmaktadır.

EK 1.3 Gegendere-1 kuyu kesinti örneklerinin makroskobik tanımlamaları (devam)

1220-1268	1220-1232 metreler arasında ara ara ince kömür laminalı kumtaşı tanımlanmıştır.1234-1240 metrede ise genel olarak gri kahverenkli, kömür laminalı şeyl vardır.1240 metrenin sonrasında ise ince kömür katkılı kumtaşı yer almaktadır.
1270-1318	1270 ve 1278 metrelerde şeyl,1280-1296 metrelerde ise kumtaşı kesilmiştir.1290. metrede kumtaşı ve şeyl vardır. Diğer seviyeler ise şeyl ağırlıklıdır.
1320-1358	Kumtaşı ve şeyl ardalanmalıdır.

EK2.1 Amasra-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
346	Sublitarenit	Kuvarsın hakim olduğu kumtaşında feldispat gözlenmemektedir. Kayaç parçaları arasında Serpantinitin oranı %5 civarındadır. Çok ince taneli, köşeli, orta boylanmalı kayaçta kömürleşmiş bitki kalıntılarının yanı sıra muskovitte yer alır. Kalsit çimento oranı alizerin ile boyanma sonucunda % 25 olarak belirlenmiştir. Silttaşı kesintilerinin bulunduğu kayaç daha çok volkanikler içerir ve ofiyolitik kaynaktan türemiştir.	%1'den az
562	Litikarenit	Kırıntıları karbonat kayaçları (intraklast,mikritik intrasparit) ,metamorfik kayaç parçaları ve volkanik kayaç parçaları gözlenmiştir. Kuvars (%10) ve opak mineral içeren kayaçta feldispat gözlenmemektedir. Çört yaygın olarak görülmektedir. Kalsit çimento oranı %25 'tir. Tane arası gözeneklilik, kuvarsta tane erime boşluğu ve karbonatların erimesi sonucunda erime boşluğu görülmektedir.(Şekil 5.4.b)	% 2
680	Litikarenit	Kayaç parçalarının büyük bir kısmı metamorfik kökenlidir.Kuvars (volkanik kuvars ve plütonik kuvars) oranı sedimanter kayaç parçasından daha azdır. Çört ve organik madde içeren kayaç parçasıda gözlenmektedir. Bağlayıcısı Kil (%3), demiroksit ve silis çimento (%10) dan oluşan kumtaşı orta boylanmalı ve köşelidir.	%1-2
752	Litikarenit	Ana bileşenleri, sedimanter kayaç parçaları (kireçtaşı) ,volkanik kayaç parçaları, kuvars (%10) ve feldispat (%5)oluşturur.Muskovit ve alterasyona uğramış olan biyotit gözlenmiştir. Matriksi kil oluşturmaktadır. Erime boşluğu karbonat çimento olan yerlerde etkindir ve tane arası gözeneklilik görülür.	%3-4
918	Sublitarenit	Çört ve dolomit içeren kumtaşında, sedimanter kayaç parçaları, kuvars ve feldispat (%5) ana bileşenleri oluşturmaktadır. Tane boyu ince, orta boylanmalı ve köşeli olan kayaçta kömür parçaları görülmektedir. Kayacın bağlayıcısı karbonat (%15-20)tır.	%1'den az

EK 2.1 Amasra-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri (devam)

Derinlik	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
1078	Sublitarenit	Kömürleşmiş bitki parçaları ile eser oranda mika (muskovit) içeren kayacın ana bileşenlerini, sedimanter kayaç parçası(kireçtaşı), serpantin, kiltaşı ve kuvars (plütonik kökenli) oluşturur. Tanelerde ve bağlayıcıda karbonattan beslenme görülmektedir. Erime boşluğu düşük derecede olup, tane arası gözeneklilik yok denilebilecek kadar azdır.	%1'den az
1346	Litikarenit	Mikritik kireçtaşı, metamorfik kayaç parçası, kuvars ve feldispat içeren kumtaşı orta tane boylu ve köşelidir. Alizerin kırmızısı ile boyama sonucunda kalsit çimento oranı %15 olarak belirlenmiştir. Silttaşı kırıntıları içeren kayaç orta boylanmalıdır.	%1'den az

EK 2.2 Amasra-1 kuyusu karot örneklerine ait ince kesit incelemeleri

Derinlik(m)	**Kayaç İsmi**	**Açıklamalar**	**Gözeneklilik (%)**
1695-1701 (0.70 m)	Litikarenit	Kayaç parçası taneleri, metamorfik kayaç parçası (%20), volkanik kayaç parçası (%20) ve %10 oranında çört ve mikritik kireçtaşı ve silisli sedimanter kayaç parçasından oluşmaktadır. Kuvars (polikuvars ve monokuvars) içeren kumtaşında feldipatlar alterasyona uğramıştır. Fosil içeriği bulunmayan kayacın kil matriks oranı çok düşüktür ve kalsit çimento%15 civarındadır. Sıkışma sonucu oluşan metamorfik kayaç parçaları da matriksi oluşturmaktadır. Tane boyu orta ve boylanma derecesi kötü-ortadır. Opak bileşenler ve mika mineralleri (muskovit, klorit) seyrektir.	%1'den az
1,955	Litikvake	Orta-kaba taneli, fosil içermeyen sedimanter kayacın ana bileşenlerini kuvars(%10 mono kuvars,%15 polikuvars),feldispat (%10) ve kayaç parçası (metamorfik kayaç parçası %30 ve %20 magmatik kayaç parçası) oluşturmaktadır. Bağlayıcısı kil ve %15'ten fazla gözlemlenmiştir.	%0.5-1
3,255	Litikarenit	Kayaç parçası yüzdesi oldukça yüksektir. Yarı yuvarlak, köşeli, orta-kaba taneli kayacın bağlayıcısı kildir. Feldispat (%10) ve kuvars (monokuvars %10 ve polikuvars %15) içermektedir.(Şekil 5.5.a)	%1'den az
3,25	Çakıltaşı	Ammonid ve echinit parçaları görülmektedir. Kayacın ana bileşenlerini, kuvars (%10monokuvars ve %20 polikuvars),feldispat (%5) ve kayaç parçası (%50) oluşturmaktadır. Çimentoyu kil (%15) ve silis oluşturur. Numune konglomeraatik görünümlüdür.	%1'den az

EK 2.3 Amasra-1 kuyusu tapa örneklerine ait ince kesit incelemeleri

Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
1695.85	Feldispatik arenit	İnce taneli orta boylanmalı %45 kuvars, kömürleşmiş bitki parçaları,klorit ve volkanik kayaç parçaları içermektedir. Bağlayıcısı kil (%5) ve kalsittir (%10).	%1'den az
1696.25	Feldispatik arenit	Diyajenezin ileri derece etkileri gözlemlenmiştir. Kiltaşı ve sedimanter kayaç parçaları içerir. Tane arası gözeneklilik saptanmıştır.	% 1.5-2
1696.85	Feldispatik arenit	Kayaç parçası yüzdesi oldukça yüksektir. Kömürleşmiş bitki kalıntıları gözlemlenmiştir. İnce orta taneli kayacın bağlayıcısı kildir.	%1'den az
1697.25	Feldispatik arenit	Feldispatlar altere olmuştur. Tane sınırlarında killeşme ve tanelerde sıkışma gözlemlendi. Volkanik bir kaynaktan beslenme vardır.	%1'den az
1698	Feldispatik arenit	Volkanik kayaç parçası oranı fazladır. Gözeneklilik zayıftır.Az oranda muskovik gözlemlendi.	%1'den az
1698,85	Feldispatik arenit	Orta- kötü boylanmalı taneler çakıl boyundadır. Demir oksit bağlayıcı gözlemlendi.	%1'den az

EK 2.4 Çakraz-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
584	Litikarenit	Silttaşı ve çamurtaşına geçiş görülmektedir. Kumtaşında başlıca tane tipi kayaç parçasıdır (serpantinit ve çört).Feldispat ve kuvarsın oranı düşüktür. Çimentoyu kil oluşturmaktadır.	%1
646	Feldispatik arenit	Başlıca bileşenleri %45 kuvars,%40 feldispat,%5 kayaç parçası ve eser miktarda mika(muskovit) mineralinden oluşmaktadır. Sedimanter kayaç parçaları (çamurtaşı ve çört) içermektedir. Feldispat taneleri alterasyona uğradığı için kirli yüzeylere sahiptir. Başlıca çimentolar ise silis, kil ve kalsittir. Gözlenen porozite tipi ise tane arası ve silis çimento çözünmesine bağlı olan ikincil gözenekliliktir. (Şekil 5.6.a)	%1
650	Litikarenit	Kumtaşı orta-kaba taneli ve orta boylanmalıdır. Çatıyı kuvars, feldispat ve kayaç parçaları oluşturmaktadır. Kireçtaşı ve kiltaşı gibi sedimanter kayaç parçaları ve serpantinit görülmektedir. Eser oranda mika içeren kumtaşının çimentosunu kalsit ve kil oluşturmaktadır.Erime gözenekliliği görülmektedir.	%5
660	Litikarenit	Çamurtaşına geçiş görülmektedir. .Kayaç orta-kaba taneli, köşeli ve orta-kötü boylanmalıdır. Başlıca bileşenler kuvars(%45),feldispat (%10) ve kayaç parçasıdır (%25).Kayaç kömürleşmiş bitki parçaları içermektedir. Çimentoyu kil (%5) ve kalsit (%10) oluşturmaktadır.	%1
700	Litikarenit	Ana bileşenleri kuvars(%55),feldispat (%20) ve kayaç parçasıdır (%20).Feldispatlar killeşmiş, altere olmuştur. Bağlayıcısı kalsit ve kildir. Az oranda muskovit ve piroksen gözlenmiştir. Kuvarsta erime boşlukları ve tane çatlakları vardır.	%2
916	Sublitarenit	Kumtaşı orta taneli, köşeli ve orta-kötü boylanmalıdır. Silttaşına geçiş gözlenmektedir. Kuvars (%45) ve kayaç parçası görülmektedir. Feldispat gözlenmemiştir. Kömürleşmiş bitki parçaları ve muskovit içermektedir. Bağlayıcısı kildir.	%1'den az

EK 2.4 Çakraz-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri (devam)

Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik(%)
1000	Sublitarenit	Kumtaşı orta tane boylu, köşeli ve orta boylanmalıdır. Çatıyı kuvars (%40), feldispat (%10) ve kayaç parçaları(30) oluşturmaktadır. Feldispatlar altere olmuştur. Eser oranda opak mineral (%5) içeren kumtaşının çimentosunu kalsit ve kil oluşturmaktadır.	%2-3
1022	Sublitarenit	Sedimanter kayaç parçaları (çört), kuvars ve feldispat (%5) ana bileşenleri oluşturmaktadır. Tane boyu orta-kaba, orta boylanmalı ve köşeli olan kumtaşında az miktarda muskovit bulunmaktadır. Kayacın bağlayıcısı karbonat ve kildir.	%1'den az
1260	Litikarenit	Kuvars (volkanik kuvars ve plütonik kuvars) ,feldispat ve kayaç parçası ana bileşenlerdir. Bağlayıcısı kilve kalsit çimentodan oluşan kumtaşı orta boylanmalı ve köşelidir. Opak mineraller ve mika mineralleri (%5) az oranda gözlemlendi. Erime boşlukları görülmektedir.	%2
1368	Litikarenit	Kayaç parçası yüzdesi kuvarstan fazladır.%10 civarında feldispat gözlemlenmiştir.Volkanik malzeme alanı vardır.%5 oranında opak mineral ve mika içermektedir. Bağlayıcısı kildir.(Şekil 5.6.b)	%3

EK 2.5 Gegendere-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri

Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
722	Sublitarenit	Kayacın ana bileşenlerini, kuvars (%35monokuvars ve %15polikuvars),feldispat (%15) ve kayaç parçası (%35) oluşturmaktadır. Bağlayıcı karbonattır. Orta tane boylu, yarıyuvarlak ve orta boylanmalı kumtaşında damar kuvars ve plütonik kuvars gözlenmiştir. Doku tipi tane desteklidir.	%1'den az
776	Kuvarsarenit	Kuvars (%15polikuvars ve %75monokuvars) ve feldispat (%10) içeren kumtaşı tane desteklidir.Bağlayıcı karbonattır. Erime ve çatlak gözenekliliği görülmektedir. Tane boyu orta-iri ve boylanma derecesi ortadır.	%1,5
838	Karbonat çamurtaşı	Kavkı parçaları gözlendi. Tane içi, çatlak ve erime boşlukları görülmektedir. Ortokemi mikrittir.	%1'den az
842	Karbonat çamurtaşı	Ortokemi sparit ve mikrittir.	%1'den az
846	Karbonat çamurtaşı	Ortokemi sparit ve mikrittir.	%1'den az
850	Karbonat çamurtaşı	Ortokemi mikrittir.	%1'den az
850	Karbonat çamurtaşı	Yer yer çatlak ve erime boşlukları evaporitle (anhidritle)doldurulmuştur.Bağlayıcı kalsittir.	%1'den az
854	Karbonat çamurtaşı	Erime boşluğu gözlemlendi.Ortokemi mikrittir.	%1'den az
838	Karbonat çamurtaşı	Mikrit ve sparitle dolmuş çamurtaşında demiroksit bağlayıcı olarak gözlemlendi.	%1.5
885	Feldispatik Litikarenit	Kuvars (%15polikuvars ve %50 monokuvars) ve feldispat (%25) ve kayaç parçası (volkanik kp %20) içeren kumtaşı tane desteklidir. Tane araları evaporitle doldurulmuştur ve çört yaygın olarak gözlenmiştir. Tane boyu orta- ve boylanma derecesi ortadır.	%1
980	Subarkoz	İnce-orta taneli, yarıyuvarlak ve orta boylanmalıdır. Kömür parçaları gözlenmiştir. Kuvars (monokuvars%50 ve 15 polikuvars) ve feldispat (%25) saptanmıştır. Bağlayıcı kildir.	%1'den az

EK 2.5 Gegendere-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri (devam)

Derinlik (m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
1062	Sublitarenit	Kumtaşı orta tane boylu, yarıyuvarlak ve orta boylanmalıdır. Çatıyı kuvars (monokuvars %50,polikuvars %15), feldispat (%15) ve kayaç parçaları(20) oluşturmaktadır.	%1'den az
1150	Litikarenit	Tane desteklidir. Ana bileşenleri kuvars ve kayaç parçası oluşturmaktadır. Tane boyu ve boylanması ortadır.	%1'den az
1812	Litikarenit	İnce kesitte kırmızı renkli karbonat kaya parçaları saptanmıştır. Bağlayıcı silistir. Erime boşlukları gözlenmiştir.	%0,5-1
1854	Litikarenit	İnce-orta taneli, yarıyuvarlak ve orta boylanmalıdır. Kuvars (%50 monokuvars,%5 polikuvars), feldispat (%15) ve kayaç parçaları (%15 magmatik,%15 metamorfik) ana bileşenleridir. Bağlayıcı sparittir. Eser miktarda muskovit gözlenmiştir.	%2
1932	Silttaşı (Sublitarenit)	Kireçtaşı ve kömür parçaları gözlenmiştir. Tane boyu ince, yarıyuvarlak ve boylanması iyidir.	%3
1986	Litikarenit	Tane boyu orta-iri,yarıyuvarlak ve boylanması kötüdür.Tane desteklidir ve kalsit dolgusu görülmüştür.. Kuvars (%50 monokuvars,%5 polikuvars), feldispat (%15) ve kayaç parçası (%30) içermektedir. Tane çatlağı gözenekliliği gözlenmiştir. Bağlayıcı kildir.	%1.5
1554	Litikarenit	Ana bileşenleri kuvars(%65 monokuvars,%5 plokuvars) ve kayaç parçası (%30) oluşturmaktadır. Erime boşluğu gözlenmektedir. Bağlayıcı kildir. İnce-orta tane boylu, yarı yuvarlak ve orta –kötü boylanmalıdır.	%1.5
1626	Litikarenit	Sedimanter ve metamorfik kayaç parçası olduğu belirlenmiştir. Yarı köşeli karbonat kayaç parçaları görülmüştür. Tane boyu orta, yarı yuvarlak ve orta boylanmalıdır. Kuvars ve kayaç parçası çatıyı oluşturan bileşenlerdir. Çatlak gözenekliliği mevcuttur. Bağlayıcı kildir.	%3

EK 2.5 Gegendere-I kuyusu kırıntı örneklerine ait ince kesit incelemeleri (devam)

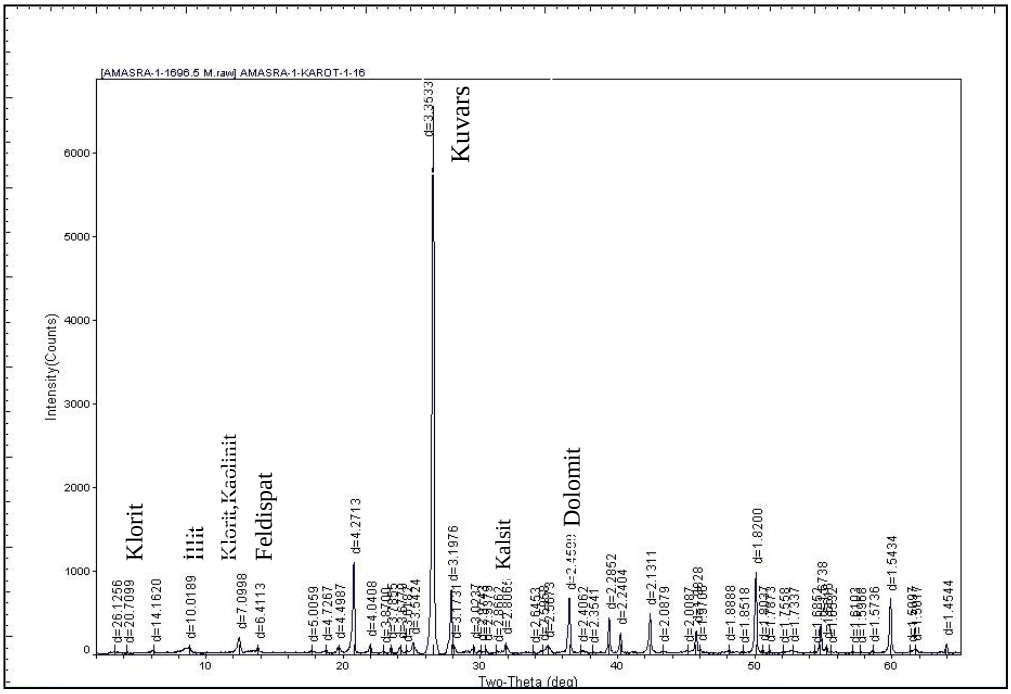
Derinlik(m)	Kayaç İsmi	Açıklamalar	Gözeneklilik (%)
1674	Litikarenit	Orta-iri taneli, yarıyuvarlak ve kötü boylanmalıdır. Doku tipi tane desteklidir. İnce kesitte eser oranda muskovit belirlenmiştir. Kuvars (%50 monokuvars,%15 polikuvars), Feldispat (%5) ve kayaç parçası (%30) içermektedir. Metamorfik ve volkanik kayaç parçaları görülmektedir. Bağlayıcı kildir. Erime boşlukları gözlenmiştir.	%3
2580	Litikarenit	Kömürleşmiş bitki parçaları içermektedir. Feldispat gözlenmemektedir. Orta tane boyludur ve boylanması ortadır. Görsel gözeneklilik zayıftır.	% 0.5
2550	Sublitarenit	2550 m'de karot örneğine ait iki ince kesit yapılmıştır. Sedimanter kayaç parçaları dolomitleşmiş ve yer yer basınca uğramış mikritik karbonatlara aittir. Koyu renkli çört mevcuttur. Doku tipi tane desteklidir. Plütonik kuvars görülmüştür. Kireçtaşına ait kırıntılar belirlenmiştir. Yer yer kömür parçaları bulunmaktadır. Bağlayıcı kil ve karbonattır. Ana bileşenleri kuvars (%5 monokuvars,%25 polikuvars), feldispat(%15) ve kayaç parçası (%55) dır dır. Tane boyu orta, yarı köşeli ve orta-kötü boylanmalıdır. Erime ve tane içi gözeneklilik belirlenmiştir.	%1-2
2617-2617.60	Litikarenit	2617-2617.60m'de yapılan kesitlerde yapılan petrografik incelemelere göre özelliklerinin aynıdır. Epidot ve muskovit eser oranda gözlemlendi. Kuvars(%25 monokuvars,%15 polikuvars),feldispat(%5) ve kayaç parçası (%55) ana bileşenlerdir. Tane boyu orta, yarıköşeli ve boylanması ortadır. Bağlayıcı dolomitiktir. Kayaç parçaları içerinde karabonat kayaçlarının oranı daha fazladır. Görsel gözeneklilik zayıftır.	%0.5-1

EK 2.6 Saha örneklerinin mikroskobik tanımlamaları

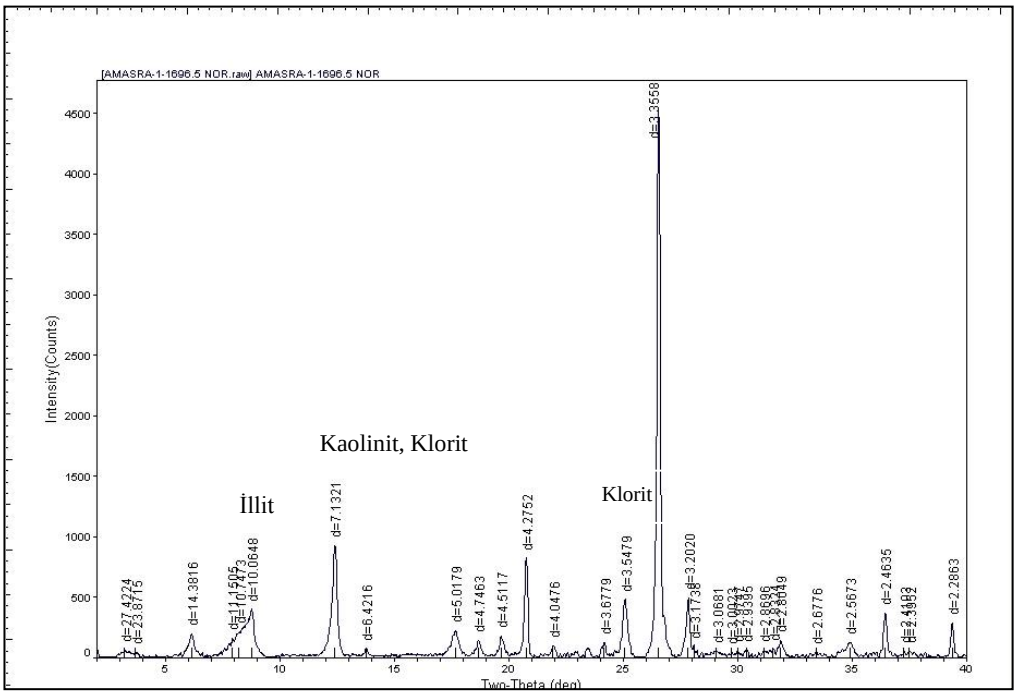
Derinlik(m)	**Kayaç İsmi**	**Açıklamalar**	**Gözeneklilik (%)**
Zonguldak-1	Sublitarenit	Feldispatlar altere olmuş ve mika mineralleri bükülmüştür. Kömür parçaları ve organik madde içermektedir. Az oranda demir oksit bağlayıcı içermektedir.	%1'den az
Zonguldak-3	Litikarenit	Şistik kayaç parçaları ve çört yoğun olarak bulunmaktadır. Feldispatlarda alterasyon gözlenmiştir. Silis çimento ve kil bağlayıcı içermektedir.	%2

EK 3 Kuyu örneklerinin XRD tanımlamaları

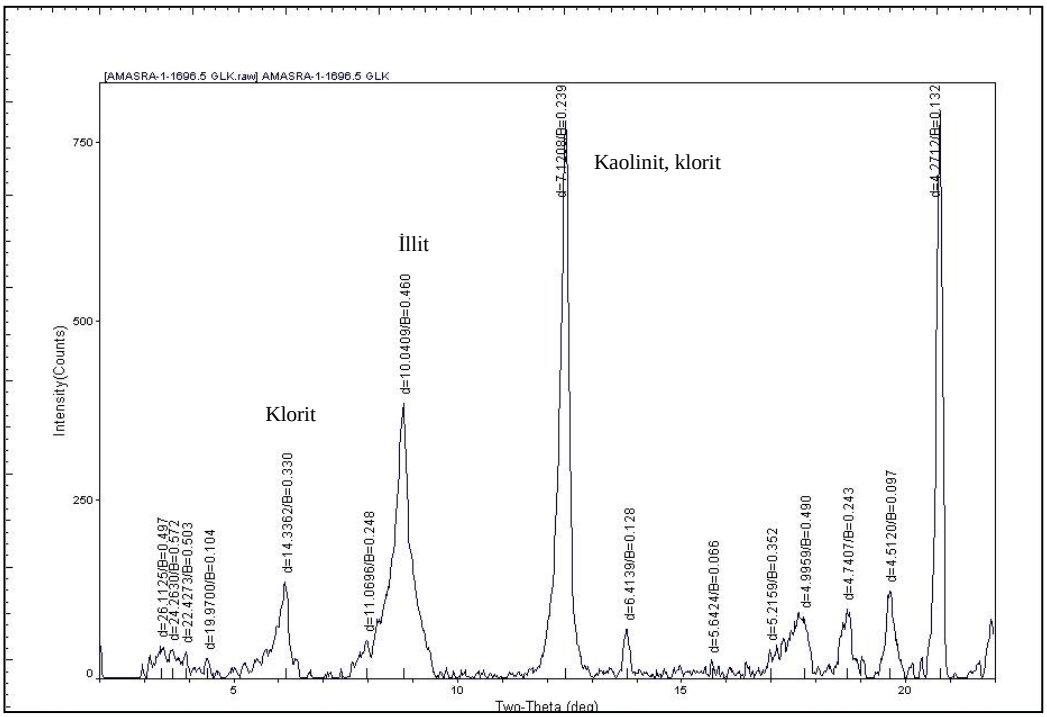
Amasra-1 1696 m örneğine ait difraktogram (tüm kayaç çekimi)



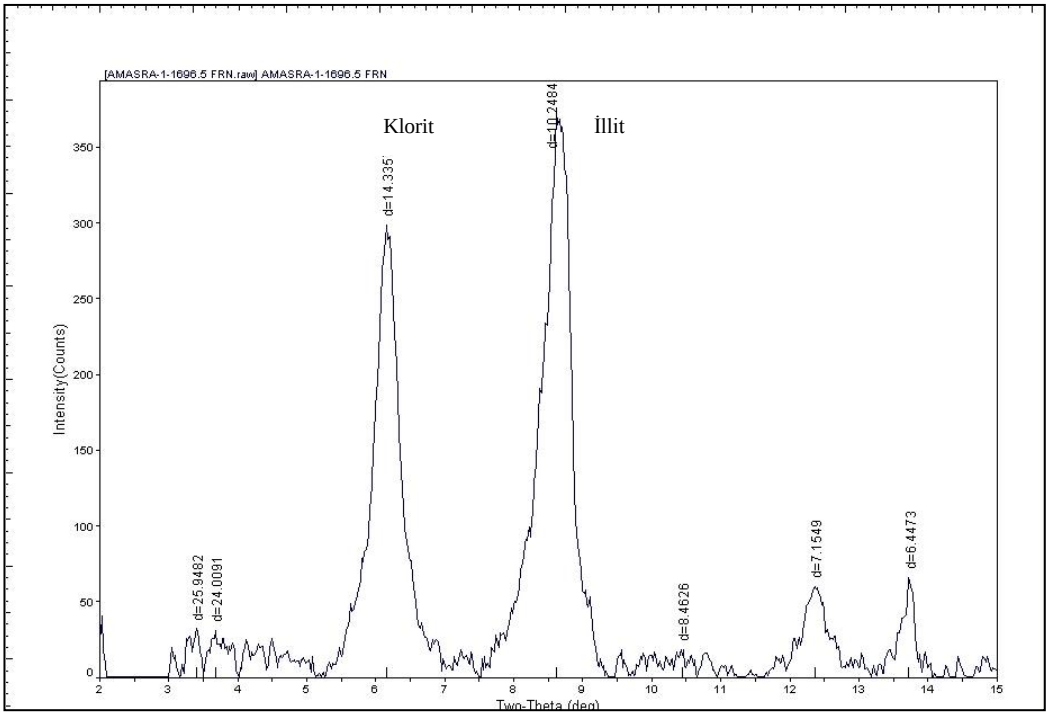
Amasra-1 1696 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



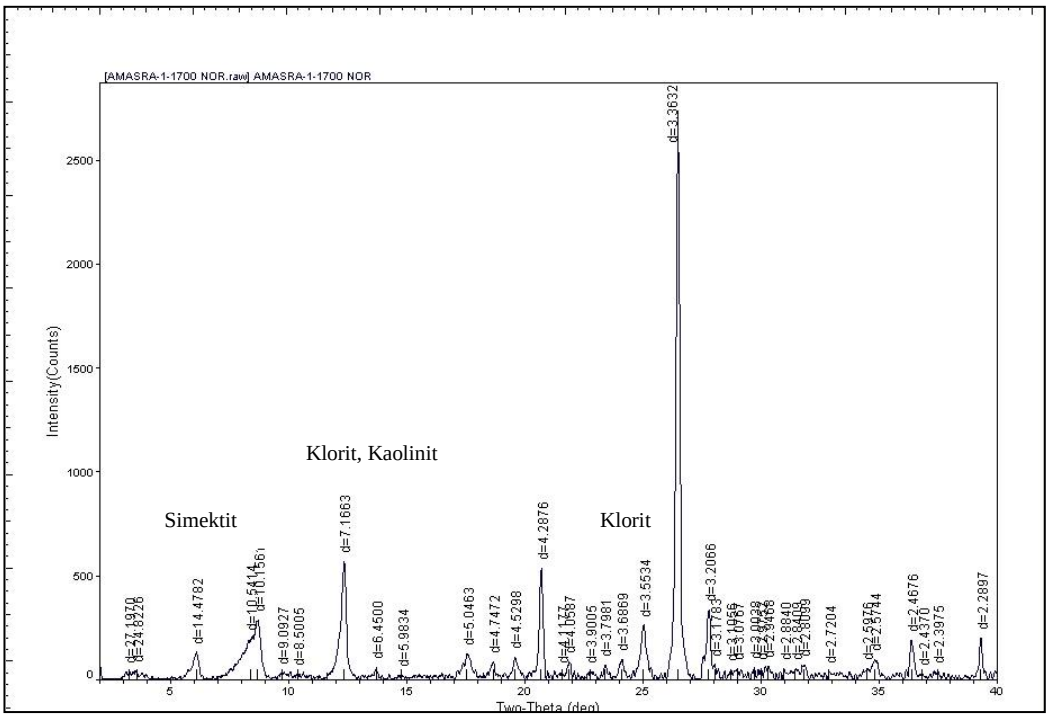
Amasra-1 1696 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



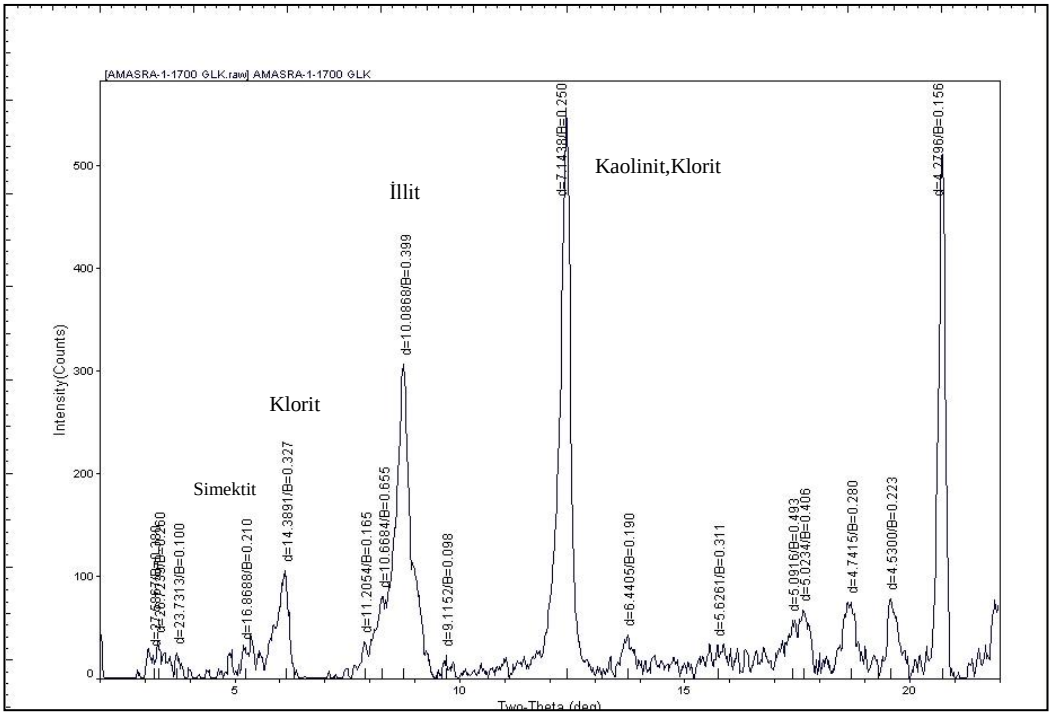
Amasra-1 1696 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



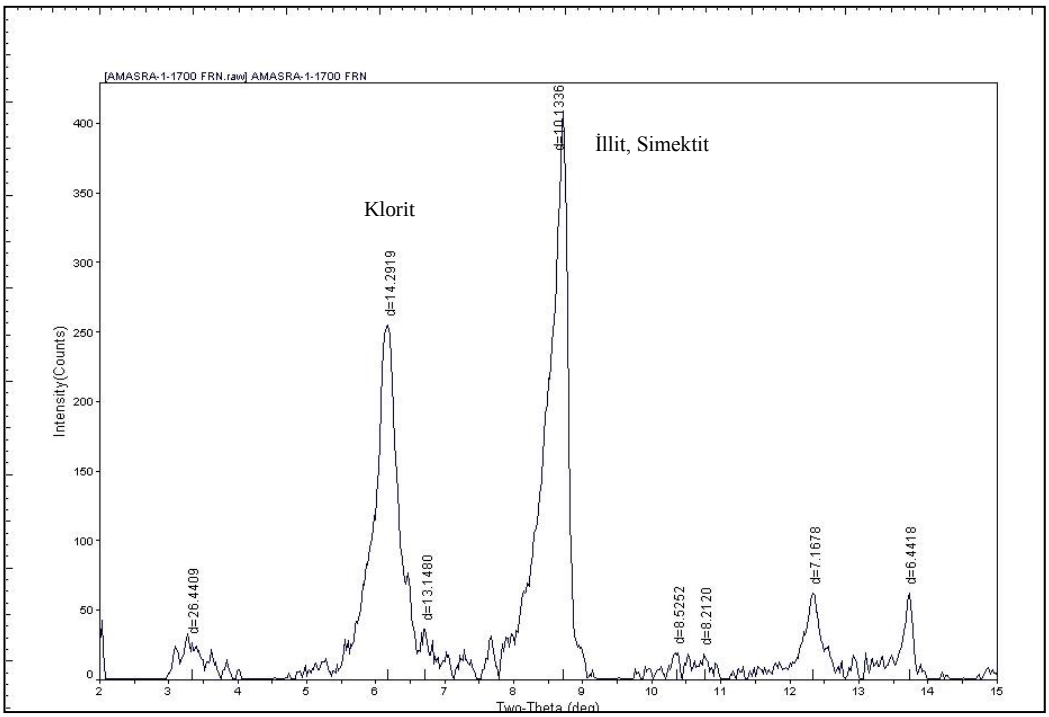
Amasra-1 1700 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



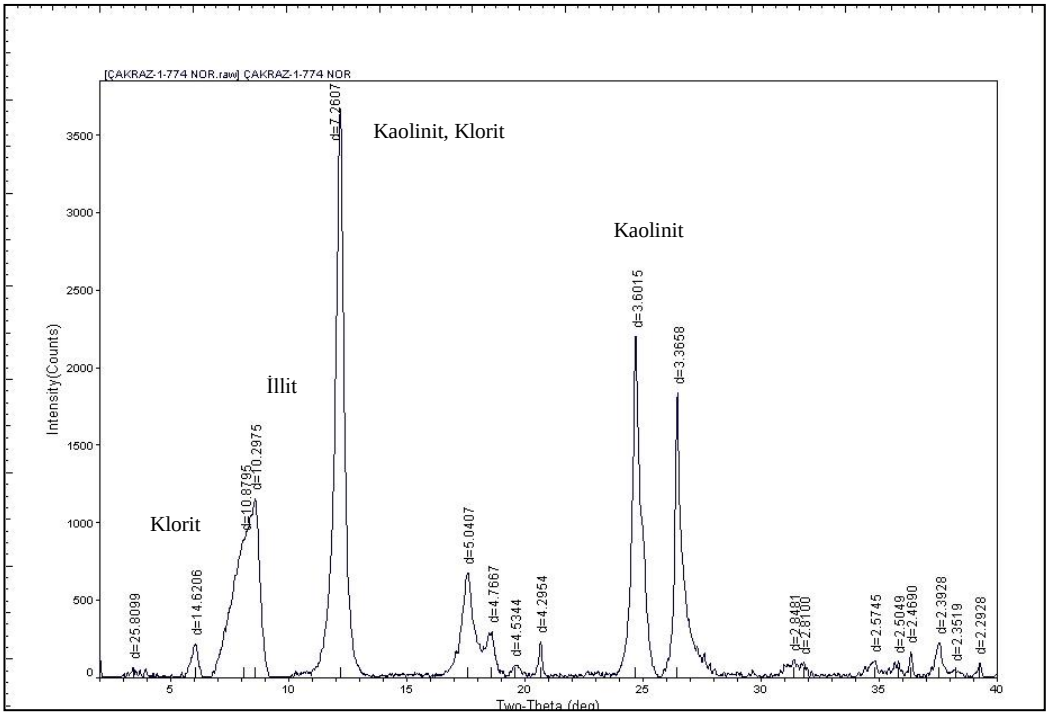
Amasra-1 1700 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



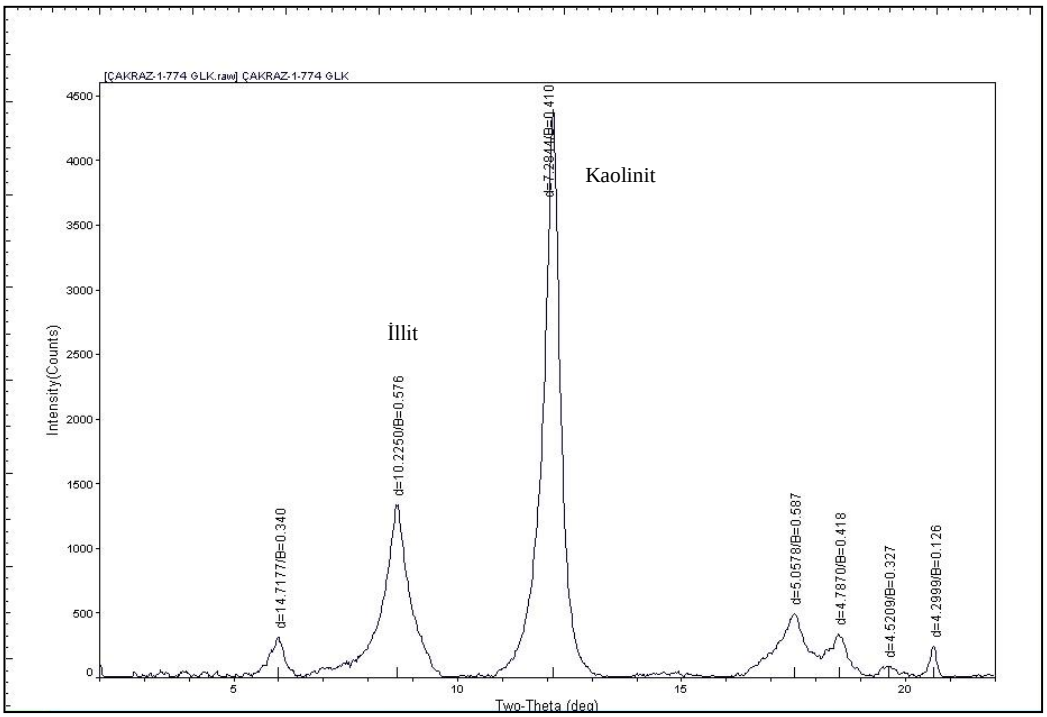
Amasra-1 1700 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



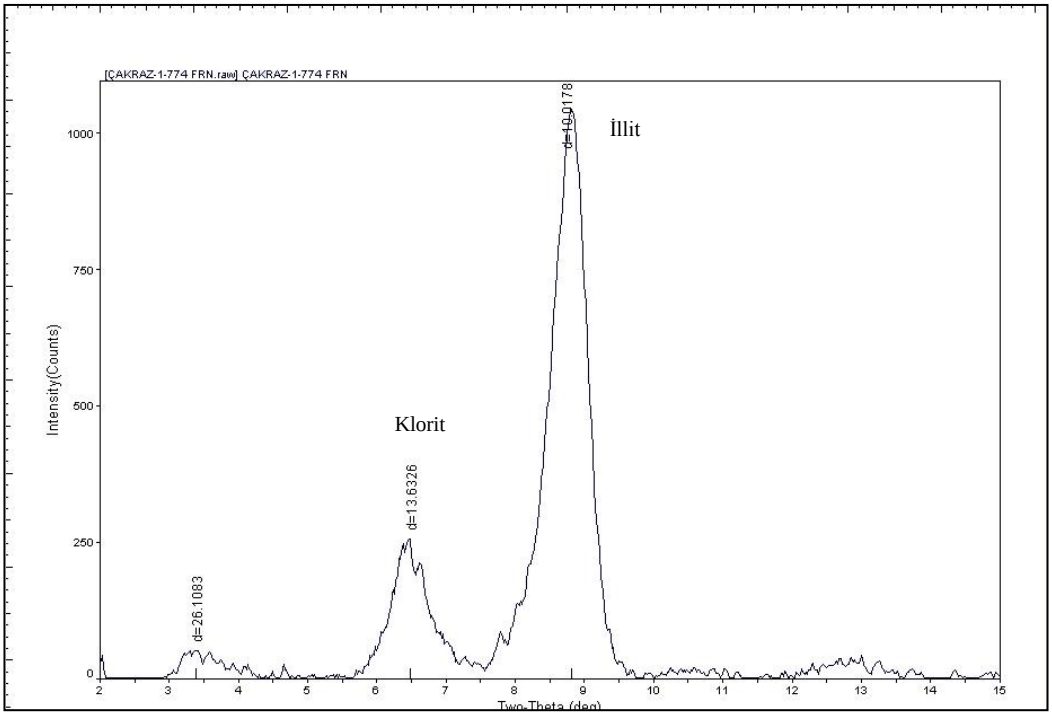
Çakraz-1 774 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



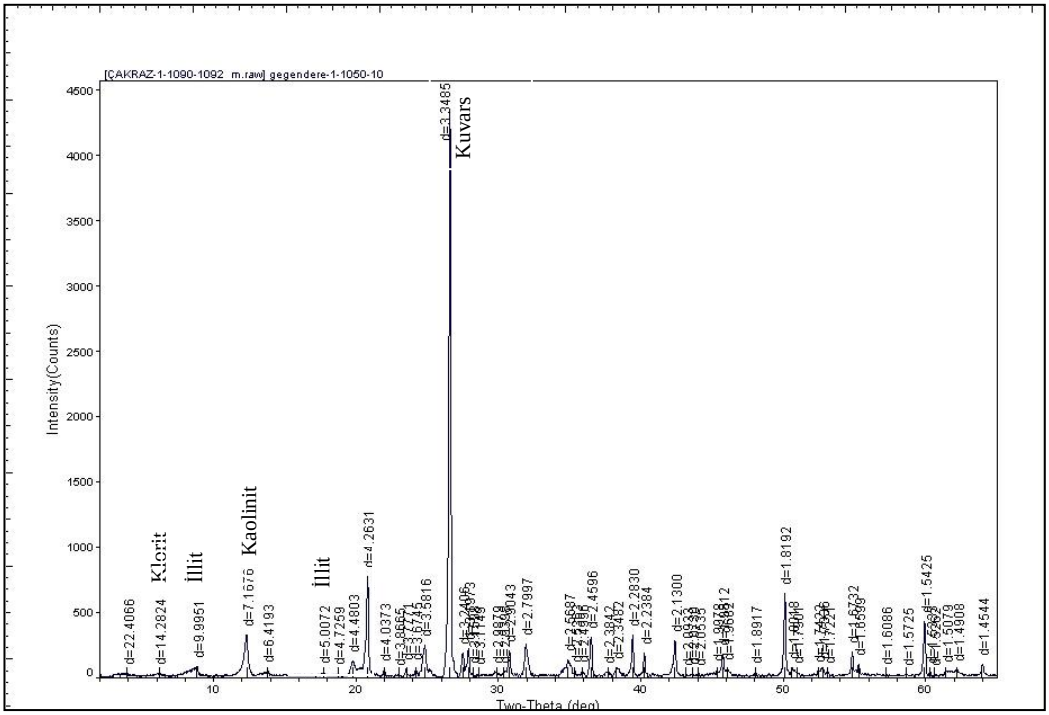
Çakraz-1 774 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



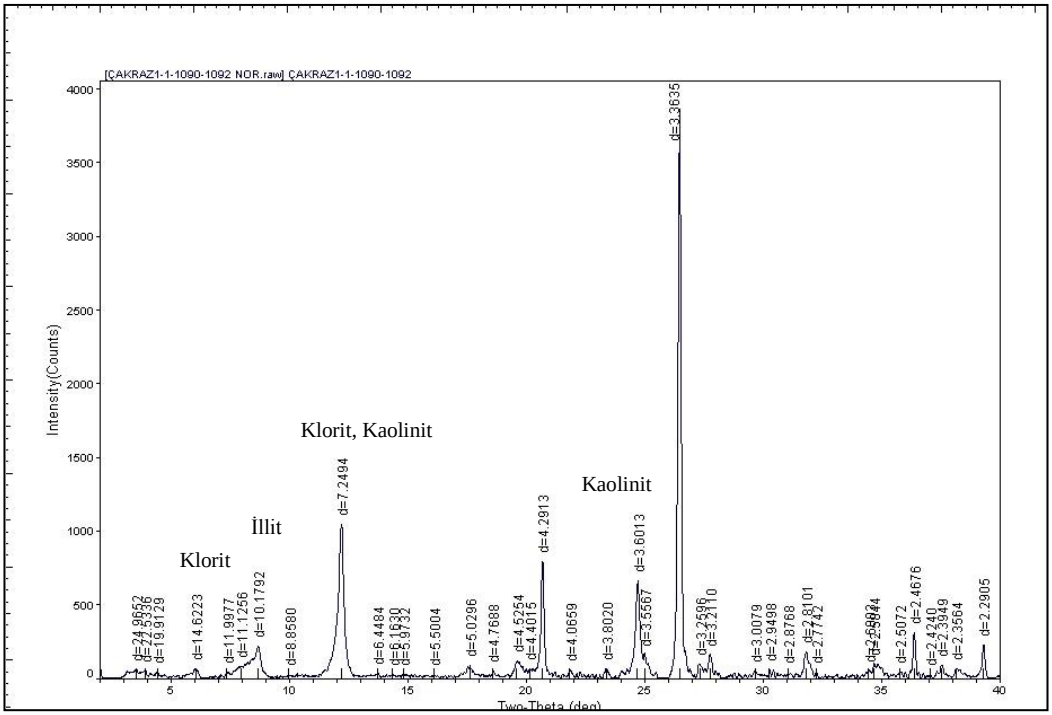
Çakraz-1 774 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



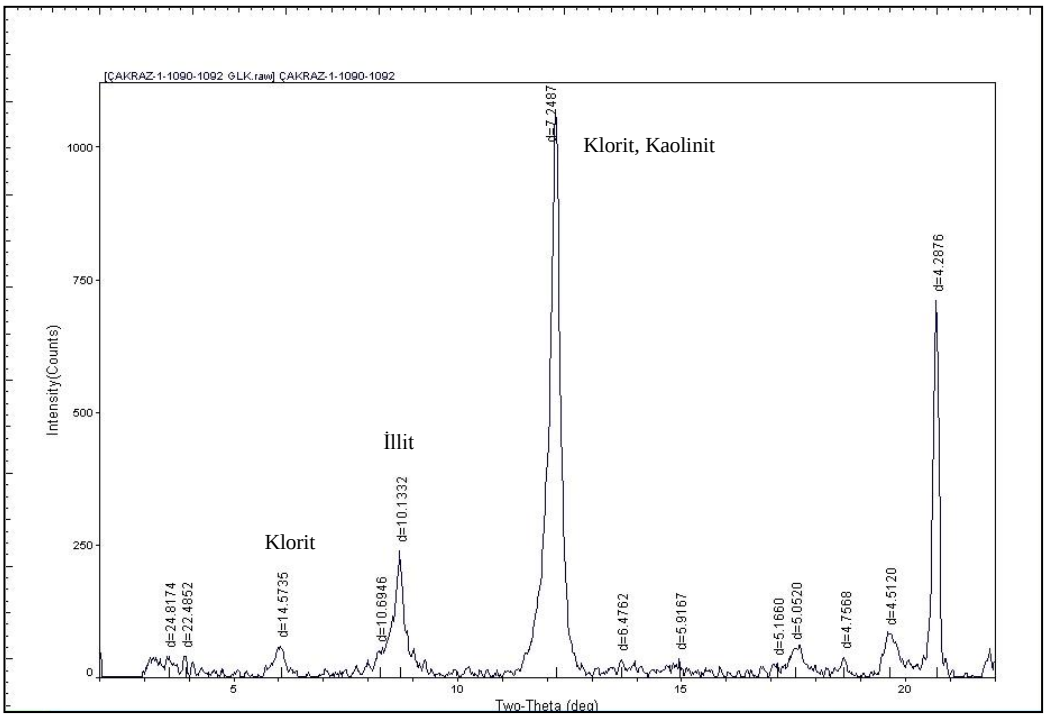
Çakraz-1 1090-1092 m örneğine ait difraktogram (tüm kayaç çekimi)



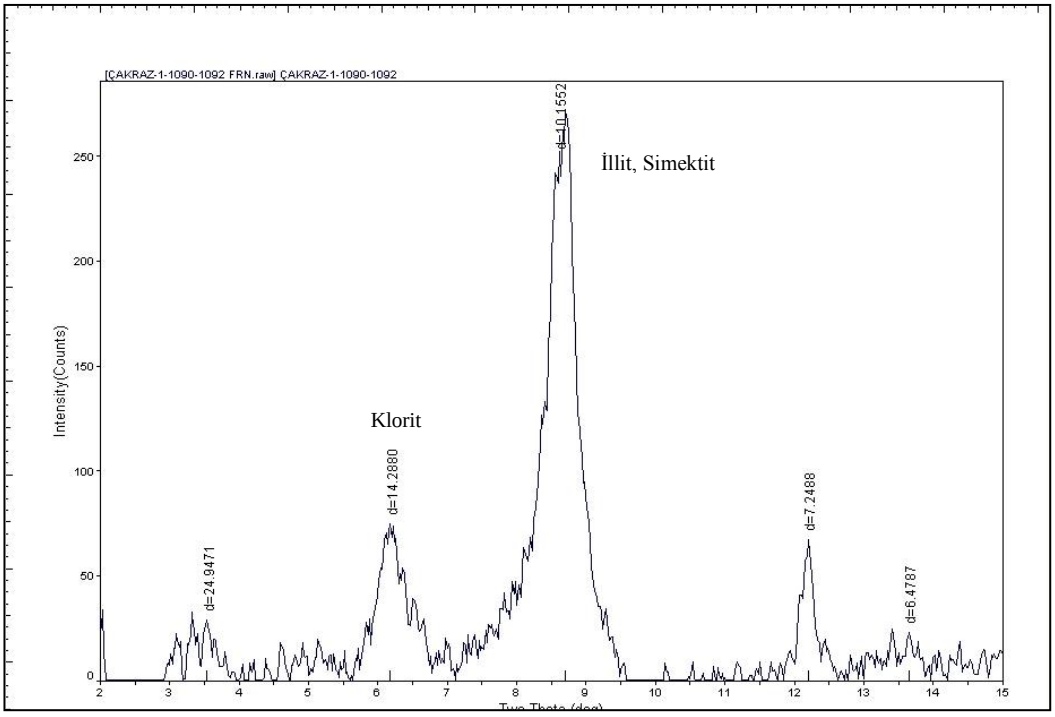
Çakraz-1 1090-1092 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



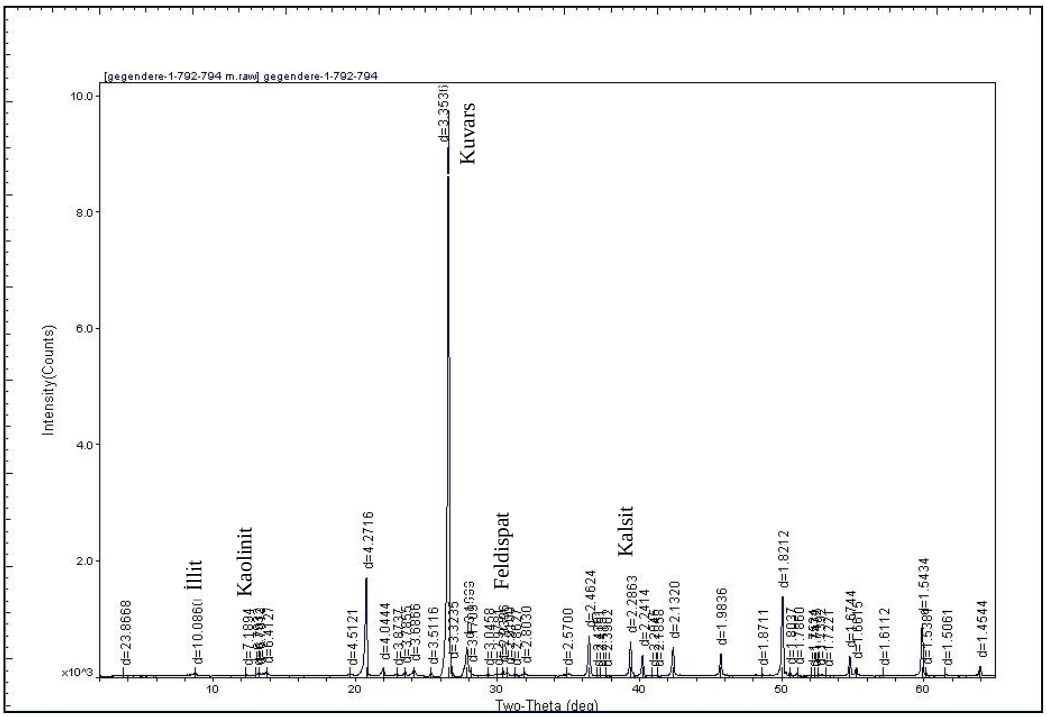
Çakraz-1 1090-1092 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



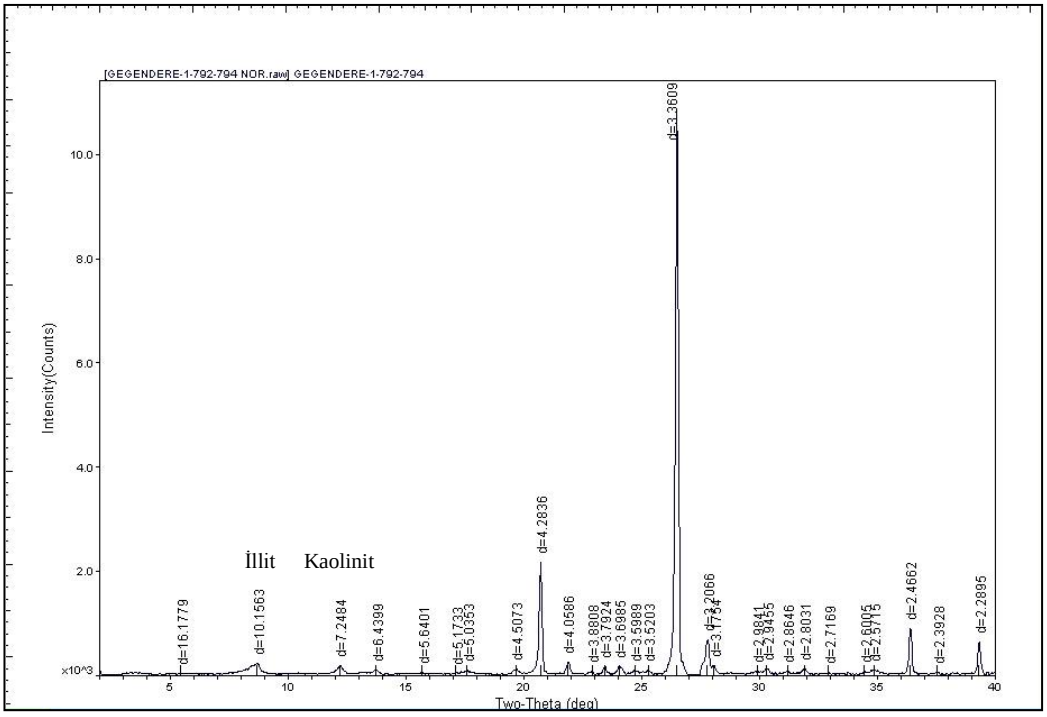
Çakraz-1 1090-1092 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



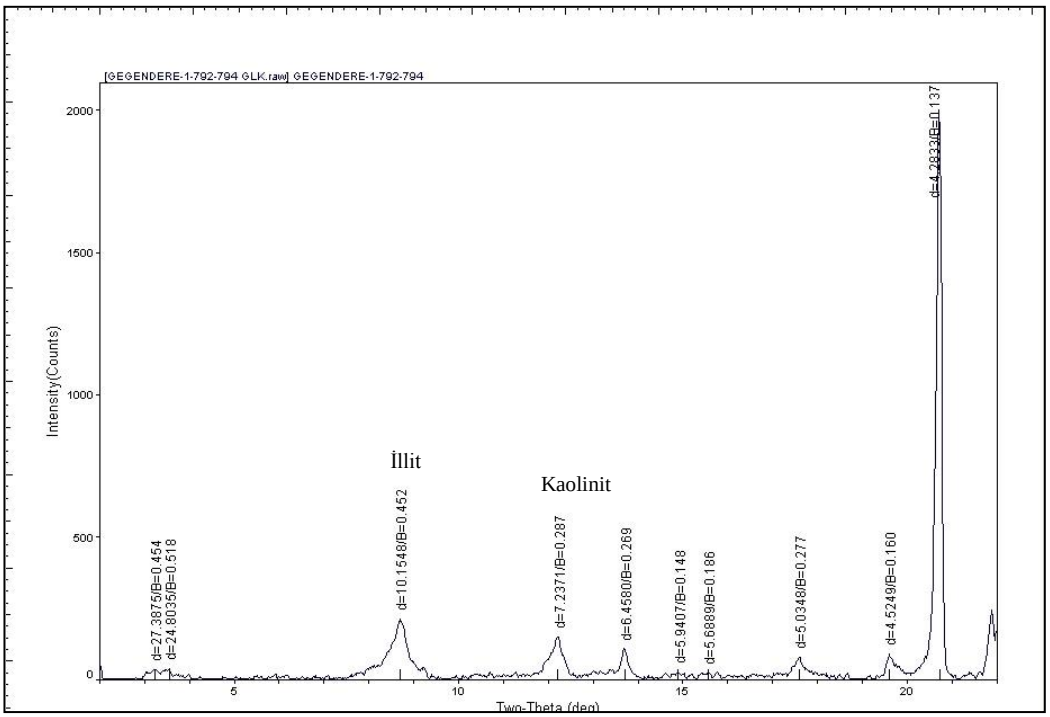
Gegendere-1 792-794 m örneğine ait difraktogram (tüm kayaç çekimi)



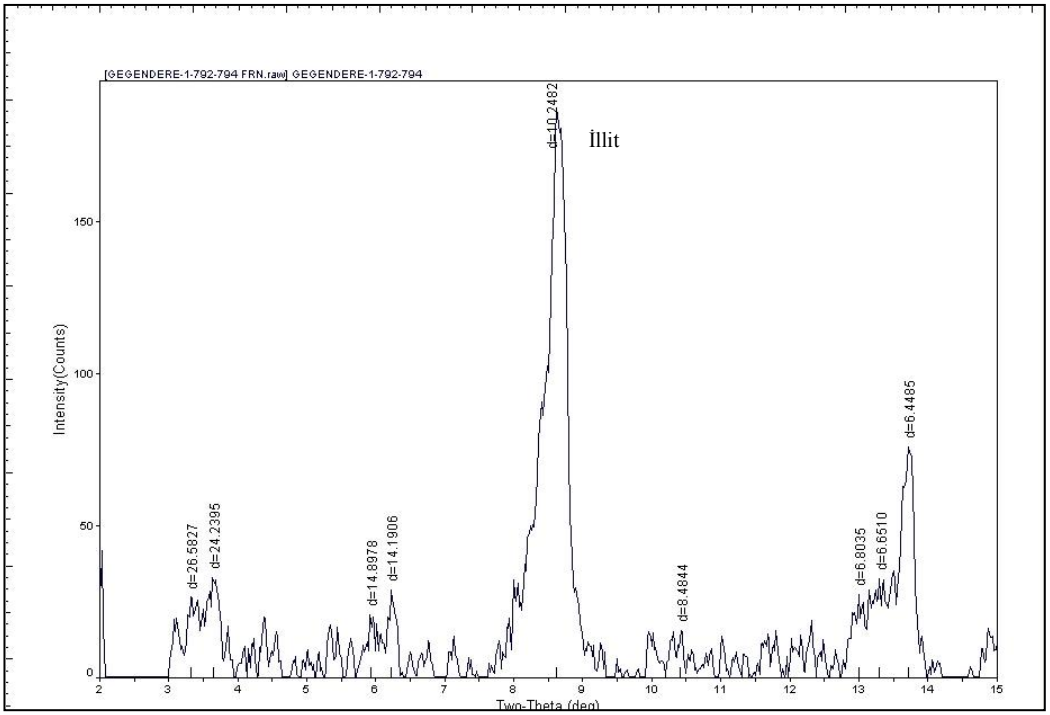
Gegendere-1 792-794 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



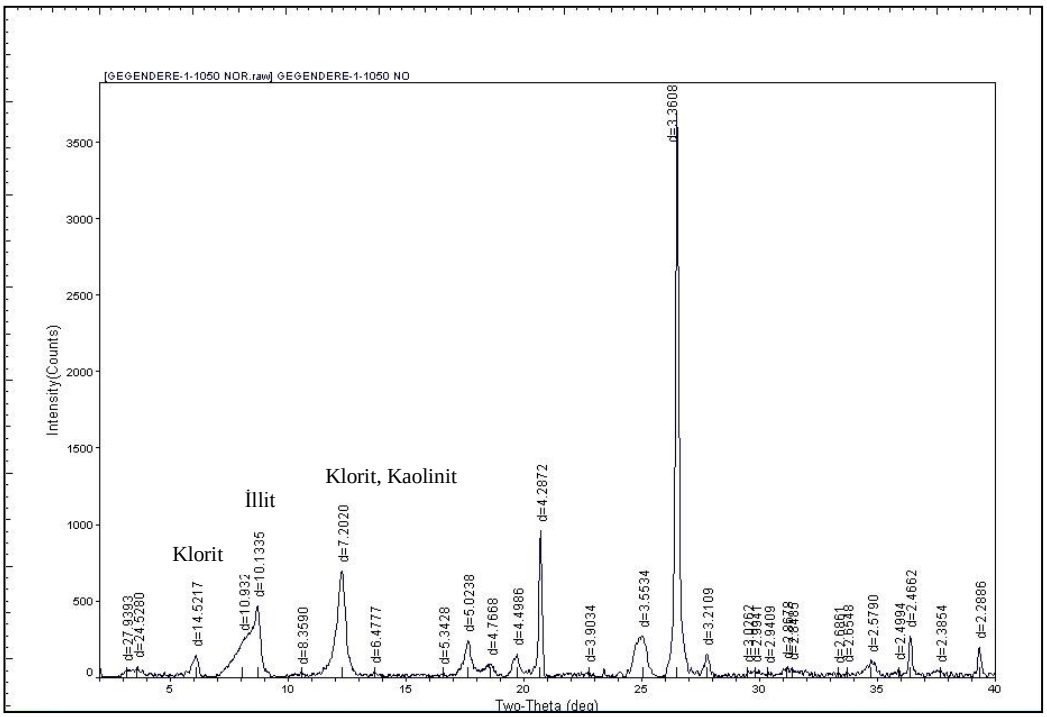
Gegendere-1 792-794 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



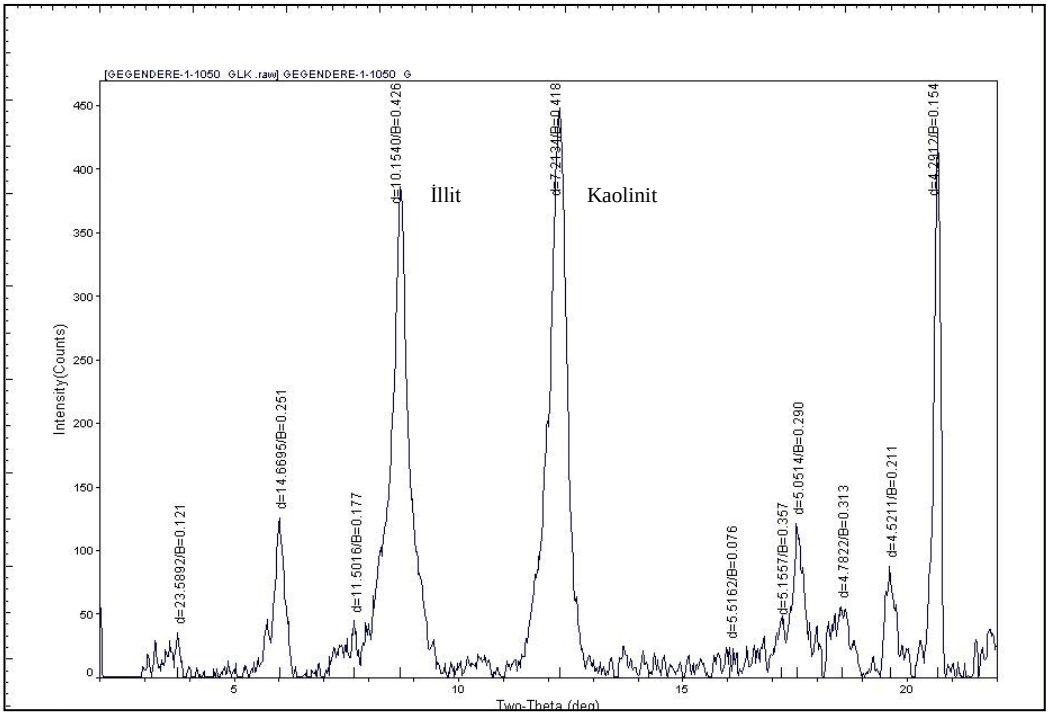
Gegendere-1 792-794 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



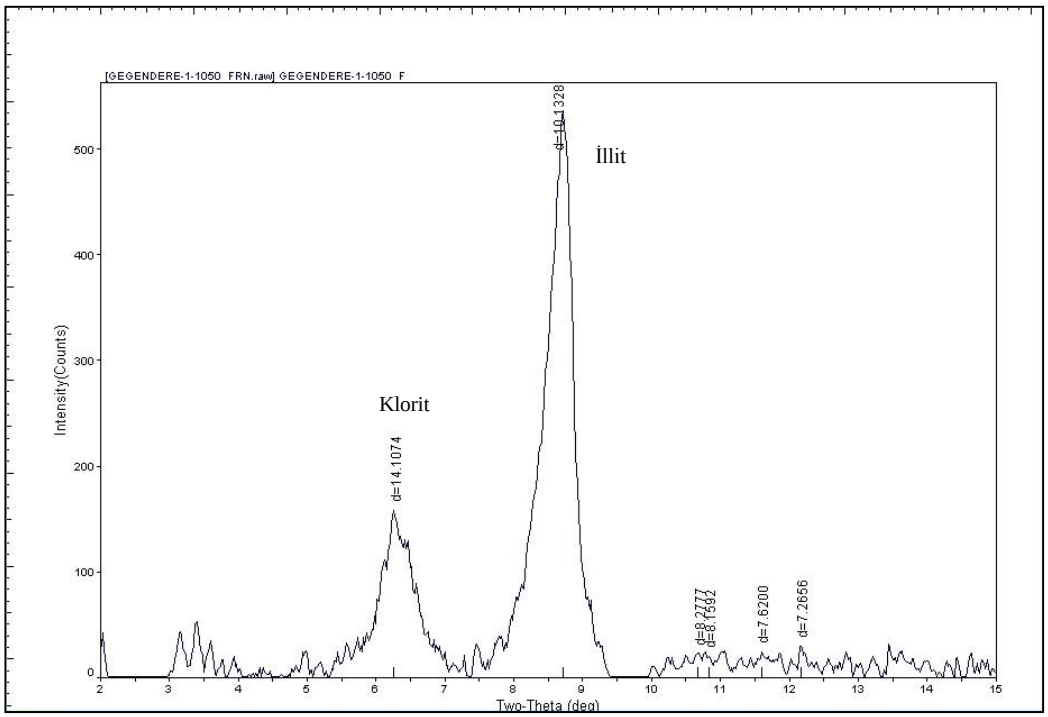
Gegendere-1 1050 m örneğine ait difraktogram (normal çekim)



Gegendere-1 1050 m örneğine ait difraktogram (etilen glikollü çekim)



Gegendere-1 1050 m örneğine ait difraktogram (fırınlanmış çekim)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nil KÜÇÜKKUŞ

Doğum Yeri : Bursa

Doğum Tarihi : 13/12/1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Celal Bayar Anadolu Lisesi (2003)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2009)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Haziran 2014)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Geolog International, Kuyu Jeologu, 2013-

Yayınları:

1.**Küçükkuş, N.,** Ayyıldız, T., Şahintürk Ö. 2011. The Study on Petrophysical Properties of Zonguldak Formation Located in Black Sea Region by Using Well Logs. IPETGAS 2011, Ankara.

2. **Küçükkuş, N.**and Ayyıldız T. 2012. Resevoir Properties of the Zonguldak Formation, Located in the Western Black Sea Region, Northwestern Turkey, EGU 2012, Vienna.

3. **Küçükkuş, N.**and Ayyıldız T. 2012.Clay minerology and paleoenvironment evolution of theZonguldak formation siliciclastics in the Western BlackseaRegion. Nigde Universtiy, Engineering Faculty, 15. National Clay Symposium.