TC
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİVAS

BOLU OVASI KUZEYBATI KESİMİNİN JEOLOJİK İNCELENMESİ

Deniz CİVELEK

Danışman: Yrd. Doç. Dr. T. Fikret SEZEN

YÜKSEK LİSAN TEZİ

SİVAS-2008

TC
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİVAS

BOLU OVASI KUZEYBATI KESİMİNİN JEOLOJİK İNCELENMESİ

Deniz CİVELEK

YÜKSEK LİSAN TEZİ

Yrd.Doç.Dr T.Fikret SEZEN Jeoloji Mühendisliği Bölümü

C.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:. Yrd. Doç. Dr. Orhan CERİT

Üye:. Yrd. Doç. Dr. T.FİKRET SEZEN

Üye: Yrd. Doç. Dr. Nazmi OTLU

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

…../…../2008

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayınlanan **" Yüksek Lisan ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu"** adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması CÜBAP komisyonunun **M- 310** no'lu projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... iv
ABSTRACT..... v
TEŞEKKÜR..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ..... vii
TABLOLAR DİZİNİ..... ix
EKLER……..... x

1. GİRİŞ..... 1

1.1. Amaç ve Kapsam…..... 1
1.2. Çalışma Yöntemleri……..... 1
1.3. Çalışma Alanının Konumu..... 3
1.4. Önceki Çalışmalar……..... 3

2. STRATİGRAFİ…… 9

2.1. Karadere Metamorfitleri..... 9
2.1.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 9
2.1.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 10
2.1.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum…..... 11
2.2. Işığandere Formasyonu..... 11
2.2.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 13
2.2.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 13
2.2.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 13
2.3. Kocadere Formasyonu..... 15
2.3.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 15
2.3.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 15
2.3.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 16
2.4. Hızardere Formasyonu..... 16
2.4.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 16

2.4.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 17
2.4.3. Yaş, Karşılastırma ve Yorum…… 18
2.5. Arkotdağı Karışığı……..... 23
2.5.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 23
2.5.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 28
2.5.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 29
2.6. Sarıkaya Formasyonu…..... 31
2.6.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 31
2.6.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 31
2.6.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 32
2.7. Çukurca Formasyonu…..... 36
2.7.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 36
2.7.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 37
2.7.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 38
2.8. Örencik Formasyonu…..... 39
2.8.1. Dağılımı ve Topoğrafya Görünümü..... 39
2.8.2. Alt-Üst Sınırlar ve Litoloji..... 39
2.8.3. Yaş, Karşılaştırma ve Yorum..... 40
2.9. Kuvaterner Oluşukları……..... 42

3. TEKTONİK……..... 43
3.1. Prekambriyen Dönemi..... 43
3.2. Paleotektonik Dönemi..... 43
3.3. Neotektonik Dönemi..... 45
3.4. Tabakalanma……..... 46
3.5. Kıvrımlanma……..... 52
3.6. Eklem Sistemleri……..... 52
3.7. Faylar……..……..... 56

3.7.1. Bindirme Fayları…..... 56
3.7.1.1. Çukurviran Bindirme Fayı..... 56
3.7.1.2. Değirmendere Bindirme Fayı..... 56
3.7.2. Doğrultu Atımlı Faylar……..... 57
3.7.2.1. Halahisarı Fayı...…..... 57
3.7.2.2. Çatak Fayı……..... 57
3.8. Bölgenin Depremselliği...……..... 58
3.8.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu..... 58
3.8.2. Paleosismik Yaklaşım.....…..... 60
3.8.3. Bölgenin Deprem Potansiyeli ve Deprem Riski…….... 61
4. SONUÇLAR..... 63
5. YARARLANILAN KAYNAKLAR……..... 65
6. ÖZGEÇMİŞ..... 70

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BOLU OVASI KUZEYBATI KESİMİNİN JEOLOJİK İNCELENMESİ

Deniz CİVELEK

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. T.Fikret SEZEN

Çalışma alanı, Bolu (KB) yöresini kapsamakta ve 1/25.000 ölçekli Bolu G 27-a4 ve G 26-b3 paftalarının alt yarıları ile sınırlandırılmış bulunmaktadır. Bu çalışmada, inceleme alanının jeolojisi ve tektoniği ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Yapılan çalışmada, öncelikle belirlenen alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve jeolojik kesitler çıkarılmıştır. Bölgede yüzeyleyen kayaç birimleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve çalışma alanının stratigrafisi ortaya konmuştur.

Bu stratigrafik birimler, istif içerisinde aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

Karadere Metamorfitleri (Prekambriyen), Işığandere formasyonu (Ordovisiyen-Alt Silüriyen), Kocadere formasyonu (Ordovisiyen- Alt Devoniyen), Hızardere formasyonu (Albiyen-Maastrihtiyen), Arkotdağı Karışığı (Maastrihtiyen), Sarıkaya formasyonu (Üst Kretase sonu-Paleosen- Alt Eosen), Çukurca formasyonu (Orta Eosen), Örencik formasyonu (Pliyosen) ve Kuvaterner oluşukları.

İncelenen alan, Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey kesiminde yer almaktadır. Bölgede, kırık tektoniği egemendir. Çalışma alanında esas olarak iki fay türü yer almaktadır. Bunlar, Bindirme fayları ile Doğrultu atımlı faylardır. Bindirme faylarının oluşumlarının son evresinde meydana gelmiş olan doğrultu atımlı fayların (yırtılma fayları), bindirme faylarını kestikleri saptanmıştır. Çalışma alanında yüzeyleyen birimlerden tabakalanma ve eklem sistem ölçümleri ile yapılan analizler sonucunda bölgenin KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında kaldığı saptanmıştır. KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi, Türkiye ve yakın çevresini Alt-Orta Miyosen başından itibaren etkilemeye başlayan ve halen günümüzde de etkileyen Neotektonik dönemi ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bolu Ovası, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Jeoloji.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

GEOLOGICAL INVESTIGATION OF NEARLY NORTHWESTERN PART OF THE BOLU PLAIN

Deniz CİVELEK

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural And Applied Sciences

Geological Enginering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. T.Fikret SEZEN

The investigated area is located NW of Bolu and covers south half parts of Bolu G 27-a4 and G 26-b3 sheets of 1/25.000 scale map. In this study geology and tectonic structure of this area were studied in detail.

The geological map af the area in 1/25.000 scale was prepared and geological cross-sections were drawn. The lithological units croping out in the area were investigated in detail and stratigraphy of the investigated area was identified. The stratigraphic units differentiated in the area from the bottom to top area as follows:

The basement rocks in the area investigated consist of Precambrian aged Karadere Metamorfitleri. Abone his formation Ordovician-Lower Silurian aged Işığandere formation. Abone his formation are Ordovician-Lower Devonian aged Kocadere formation, Albian-Maastrichtian aged Hızardere formation, Maastrichtian aged Arkotdağı melange, Upper Maastrichtian-Paleocene-Lower Eocene aged Sarıkaya formation, Middle Eocene aged Çukurca formation, Pliocene aged Örencik formation and Quaternery aged alluvial deposits.

Study area is located at the northern part of the Anatolian Fault Zone. There are two different main fault types in the area. These are " thrust faults and strike-slip faults. It is obseved that strike-slip fault (tear fault) were developed during the late stages of thrust fault since they cut these faults.

Analysing the measurement of the joint systems and bedding planes, it was concluded that the region has been influenced by NW-SE directed compression regime. This regime represents the neotectonical period which has started to affect the Turkey and vicinity since the beginning of Lower-Middle Miocene. This effects is still on process.

Key Words: Bolu plain, Nort Anatolian Fault Zone, Geology.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, her aşamada titizlikle ve sabırla destek sağlayan, bilgi, deneyim, kaynaklarından yararlandığım, tez çalışmamı yöneten ve yönlendiren Sayın Yrd. Doç. Dr. T. Fikret SEZEN'E (Tez Danışmanı) teşekkürlerimi sunarım.

Paleontolojik çalışmalarda yardımlarından dolayı Doç. Dr. Nazire Özden ERDEM'e;

Minerolojik-petrografik çalışmalarda yardımlarından dolayı Araş. Gör. Zeynel BAŞIBÜYÜK'e;

Kaynak araştırmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Orhan CERİT'e;

Harita ve jeolojik kesitlerin bilgisayar ortamında çizimi sırasında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Fatih KARADAĞ'a;

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen ÖZDEMİR ailesine;

Bu çalışmayı (M-310 numaralı proje) destekleyen Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na (CÜBAP) çok teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmaları sırasında gösterdikleri anlayış, maddi ve manevi destekleri için aileme ve eşime teşekkür ederim.

Deniz CİVELEK

Ekim 2008

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası……..……..…..... 2
Şekil 2. Türkiye diri fay haritası…….…… ……...…… 5
Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti….……...……..… 12
Şekil 4. Işığandere formasyonunda yer alan metakumtaşı-metasilttaşı arasındaki ardalanmalı litolojiler……..…….……..... 14
Şekil 5. Hızardere formasyonundan görünüm……... 18
Şekil 6. Hızardere formasyonunun alt kesimlerindeki konglomera seviyeleri …… 19
Şekil 7a. Hızardere formasyonunun içerisindeki fosilli kumlu kireçtaşı…….…… 20
Şekil 7b. Hızardere formasyonunun içerisindeki fosilli kumlu kireçtaşı .....…..…….. 20
Şekil 8a. Hızardere formasyonu içerisindeki kumlu kireçtaşı litolojileri.…….….. 21
Şekil 8b. Hızardere formasyonu içerisindeki kumlu kireçtaşı litolojileri …….……..… 21
Şekil 9. Hızardere formasyonundaki biyomikrosparit litolojileri içerindeki fosiller..….. 22
Şekil 10. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen amfibolit şist (Çift nikol)……... 24
Şekil 11. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen amfibolit şist (Tek nikol) …….……. 24
Şekil 12. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen amfibolit (Çift nikol)……..……..... 25
Şekil 13. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen amfibolit (Çift nikol)…..... 25
Şekil 14. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen altere mağmatik kayaç parçacıkları (Çift nikol) …….……..... 26
Şekil 15. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen gözlenen altere mağmatik kayaç parçacıkları (Tek nikol)……..…..……... 26
Şekil 16. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen buzunma türleri (Çift nikol)…..... 27
Şekil 17. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen buzunma türleri (Tek nikol)…..... 27
Şekil 18. Arkotdağı Karışığı içerisindeki metakumtaşları…….….. 28
Şekil 19. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller……... 29
Şekil 20. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller……... 30
Şekil 21. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller…….. ……..... 30
Şekil 22 Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Çift nikol)…….……... 33
Şekil 23. Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Tek nikol)…… 34
Şekil 24. Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Tek nikol)…..……..….. 34
Şekil 25. Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Tek nikol)…… 35
Şekil 26. Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Tek nikol)…….…….…….. 35
Şekil 27. Sarıkaya formasyonu içerisinde gözlenen fosiller (Tek nikol)…… 36
Şekil 28. Çukurca formasyonundaki bloklaşma…….…….. 37

Şekil 29. Örencik Formasyonu içerisinde bulunan konglomera litolojilerinden görünüm… 40
Şekil 30. Örencik formasyonundaki deformasyon izleri…… ……..…… 41
Şekil 31. Işığandere formasyonuna ait tabakalanma analizleri …….……..…… 48
Şekil 32. Kocadere formasyonuna ait tabakalanma analizleri ..…….…..……..... 49
Şekil 33. Hızardere formasyonuna ait tabakalanma analizleri ……..……....……... 50
Şekil 34. Çukurca formasyonuna ait tabakalanma analizleri ……..……..…….…….. 51
Şekil 35. Hızardere formasyonuna ait eklem sistemi analizleri …….……..…..…….. 54
Şekil 36. Çukurca formasyonuna ait eklem sistemi analizleri …….…… 55
Şekil 37. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ..…….……... 58

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. İnceleme alanında yer alan birimlerin yakın yöredeki çalışmalarla karşılaştırılması……..... 8

EKLER

Ek 1. Bolu Ovası kuzeybatı kesiminin jeoloji haritası
Ek 2. Jeolojik kesitler (A-A', B-B', C-C' kesitleri)
Ek 3. Bolu Ovası kuzeybatı kesiminin fay bulduru haritası
Ek Çizelge-1: Kayaç örneği alım lokasyonları…….69

1. GİRİŞ

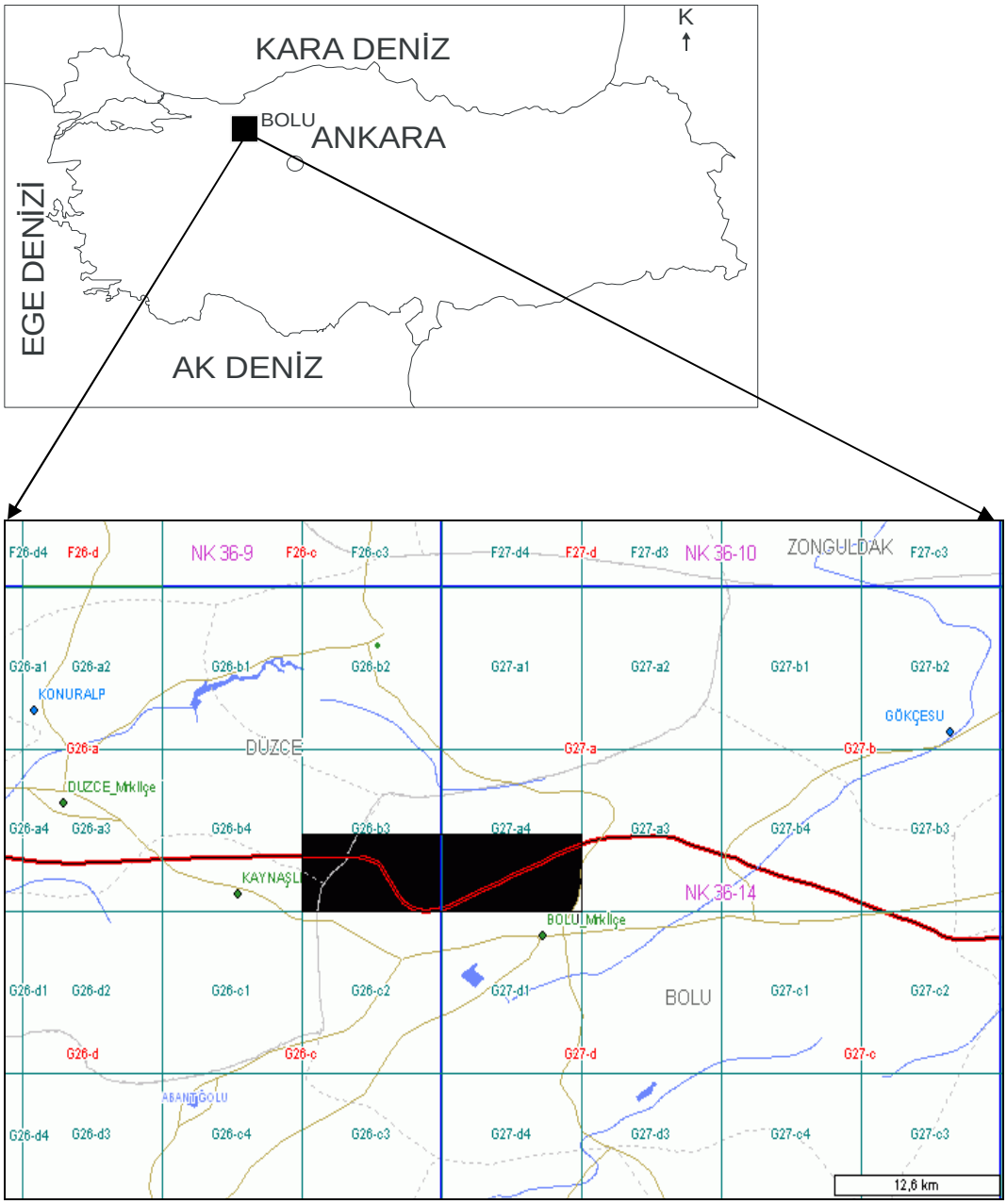
1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma, Bolu il merkezinin kuzeybatısında yer alan 1/25.000 ölçekli G-27 a4 ve G-26 b3 paftalarının güney yarılarından oluşan yaklaşık 150 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). İlgili alanda değişik köken ve yaştaki kayaç birimlerinin ayırtlanması ve bölgenin tektonik özelliklerinin ortaya konulması; ayrıca, daha önce yapılan çalışmalarla da yapısal bulguların desteklenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanını da etkileyen ve halen aktif olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), ve ilişkili fay segmentleri, çalışma alanının en önemli tektonik yapılarıdır. Bu çalışmada, incelenen alan içerisindeki KAFZ' nun özellikleri ve bölgenin tektonik evrimindeki rolü ve kayaç birimleri üzerindeki yapısal etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile ilgili Bolu ovasında daha önce yapılan paleosismik amaçlı yapılan çalışmalar da değerlendirilerek, bölgenin yakın jeolojik geçmişine ait depremselliği ve deprem oluşum sıklıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda belirlenen alandaki fayların ve kayaç birimlerinin ayrıntılı jeolojik haritalanması yapılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki kayaç birimlerine ait mostralardan ölçümler alınarak tabaka, kıvrım ve eklem sistemleri gibi yapılara ait tektonik kuvvetlerin özellikleri yorumlanmıştır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışmada ilk olarak, incelenecek alan ile ilgili önceden yapılan çalışmalara ait bilgiler araştırılmıştır. Bölgede gelişen tektonik rejimi belirlemek için kayaçlarda eklem ve tabaka konumları ölçülerek gerekli olanlar haritaya işlenmiş ve gerekli diyagramlarda ele alınıp yorumlanmışlardır. Sahada yüzeyleyen kayaç birimlerinden petrografik, mineralojik, paleontolojik incelemeler için örnekler alınıp ince kesitler yapılmış ve mikroskobik incelemeler gerçekleştirilmiştir. İlgili alanda gözlenen KAFZ' na bağlı olarak gelişen süreksizlikler haritaya işlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Ayrıca, bölgede oluşan tarihsel depremlere ait bilgiler değerlendirilerek bölgenin depremselliği de yorumlanmıştır. Son olarak ise yapılan bu çalışmalar ve arazi incelemeleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği ince kesit, mikroskop laboratuarları çalışmaları ile birleştirilerek daha önceki çalışmalar

deneştirilmiş ve bölgenin tektonik, stratigrafik ve paleosismik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı, kuzeybatı kesiminde Darıyeri Hasanbey ile kuzeydoğuda Kozlu köyü arasında, güneybatı da Darıyeri Bakacak ile güneydoğu da ise Bolu il merkezi arasında kalan 1/25.000 ölçekli Bolu G-27 a4 ve G-26 b3 paftalarının güney yarılarının birleşiminden oluşan alan içerisinde yer almaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanında bulunan yerleşim birimleri; Dodurga, Çömlekçiler, Fasıl, Kozlu, Sarıcalar, Salıbeyler, Çakmaklar, Alpagut, Pirahmetler, Kızılağıl, Ağaççılar, Karamanlar, Çatak, Darıyeri Hasanbey, Darıyeri Bakacak ve Kulübeyanı köyleridir. Yoğun orman örtüsü ile kaplı çalışma alanındaki köylerin ulaşımı, stabilize ve yer yer de asfalt yollar ile Bolu il merkezine bağlantılıdır.

Çalışma alnının en önemli yükseltileri ise, Kara Tepe (1337 m), Menekşeli Tepe (1577 m), Akyol Tepe (1204 m), Akgöynük Tepe (1191 m), Gökyarbaşı Tepe (1628 m), İkizin Tepe (1167 m), Ayıga Tepe (1104 m), Küçükyayla Tepe (1175 m), Erenler Tepe (1269 m)’ dir.

Çalışma alanı genellikle dağlık ve ormanla kaplı olsa da tarım arazisi için kullanılan daha düşük seviyede araziler bulunmaktadır.

Bolu Ovası, Batı Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Ortalama yıllık yağış miktarı 1000 mm ve mevsimsel sıcaklık ise -5 Cº ile 25 Cº ortalama değerleri arasında değişmektedir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Türkiye’de tektonik açıdan oldukça önemli olan bir çok fay gözlenmektedir. (Şekil 2). KAFZ’ nun üzerinde bulunan Bolu Ovası ve yakın çevresi, bulunduğu jeolojik konumu itibari ile birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Yapılan çalışmalarda Bolu Ovasının jeolojik özellikleri ve KAFZ’ nun mekanizması incelemiştir (Okay ve diğ. 2000).

Bölgede, özellikle 1944 Bolu-Gerede depreminden sonra birçok çalışma yapılmıştır. Ayrıca, 1957 Abant-Bolu depremi ve 1967 Mudurnu-Akyazı depremi

sonrasında bu bölgede birçok tektonik amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 1 ‘de verilmiştir.

İnceleme alanını ve yakın çevresini kapsayan çok az sayıdaki genel jeolojik-tektonik içerikli çalışmaların en eskisi Blumenthal, (1948) tarafından yapılmıştır. İncelenen alan bu çalışmaya ait 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası içerisinde yer almaktadır.

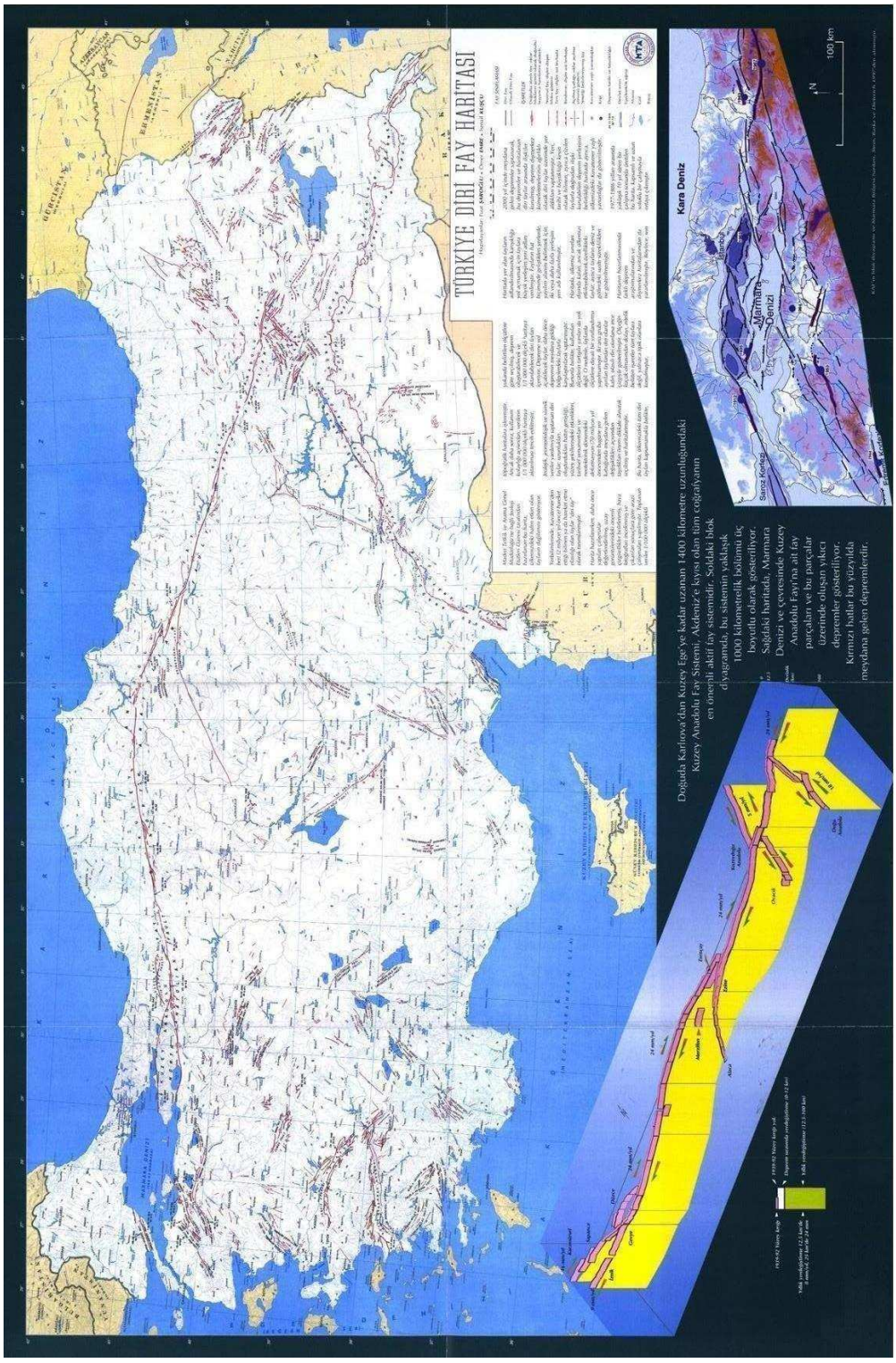
Ketin, (1967) tarafından Bolu, Gerede, Mengen ve Yığılca yörelerindeki yaşlı birimler tanımlanarak karşılaştırılmaları ve temel özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. İnceleme alanını ve yakın yöresinde bulunan Gerede-Ilgaz arasındaki geniş kuşak içinde çalışmış olan Tokay, (1973) bölgenin ayrıntılı jeolojik haritasını yapmıştır. Tokay bu çalışmasında bölgedeki kayaçları tanımlayarak litostratigrafi birimlerini ayırtlamış, Üst Kretase yerleşim yaşlı Akotdağı karışığını adlandırarak ayrıntılı ele almıştır.

Sezen, (1983) tarafından Mengen-Pazarköy (Bolu Kuzeydoğusu) yöresinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, bölgede yüzeyleyen kayaç birimleri tanımlanarak yörenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve tektonik özellikleri ortaya konulmuştur.

Cerit, (1983) tarafından Mengen ilçesi (Bolu Kuzeydoğusu) dolayında yapılan çalışmada, bölgenin stratigrafisi ayrıntılı olarak yapılış ve çalışma alanlarında yüzeyleyen birimler tanımlanarak 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

Cerit, (1990) tarafından Bolu masifinin jeolojik ve tektonik özelliklerinin ortaya konmasına yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Bolu Masifini oluşturan kayaç istifinin tanımlanması ve bu masifin bölgesel jeoloji ve tektonik çerçevesindeki konumunun saptanması ile bölgenin depremselliğinin, kırık sistemleri ile ilişkisinin bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Öztürk ve diğ., (1984) Abant-Yeniçağ (Bolu) yöresinde yaptıkları çalışmada KAFZ’ nun Kuzey ve Güney kesiminin stratigrafik özelliklerini belirlemişler ve KAFZ’ nun kuzey ve güney kesiminde yer alan birimlerin birbirlerinden farklılık gösterdiklerini saptamışlardır. Ayrıca Arkotdağı karışığının tipik bir melanj özelliğinde olduğunu ve çalışma alanındaki Üst Kretase yaşlı birimler üzerinde tektonik olarak yerleştiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2. Türkiye Diri Fay Haritası (Harita Genel Kom. (www.hgk.tsk.mil.tr))

Öztürk ve diğ., (1985) Abant-Yeniçağ (Bolu) yöresinde yaptıkları çalışmada, bölgenin tektonik evrimini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, bölgenin tektonik evrimini, KAFZ' nun kuzeyinde ve güneyinde yer alan birimlerin Üst Miyosen başına kadar farklı tektonik rejimlerin etkisinde ve Üst Miyosenden günümüze kadar geçen dönemde ise aynı tektonik rejimin etkisi altında kaldığı için Paleotektonik dönem ve Neotektonik döneme ait olay ve yapıları incelemişlerdir.

Aktimur ve diğ. (1986) tarafından yapılan çalışmada Bolu Ovası ve yakın çevresinde meydana gelebilecek bir depremin merkezi, magnitüdü, şiddeti ve bölgede hangi kesimi ne şiddette etkileyeceğini öngörmeye çalışmışlar ve buna bağlı olarak şiddet dağılımı ve ivme dağılımını gösteren bir harita hazırlamışlardır. Buna bağlı olarak meydana gelebilecek depremin zararlarının en aza indirilebilmesi için önerilerde bulunmuşlardır.

Aydın ve diğ. (1987) Çamdağı (Sakarya)-Sünnice (Bolu) yöresinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bölgede yüzeyleyen kayaç birimlerini tanımlayarak bölgedeki Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı istiflerin birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemeye çalışmışlardır.

Türkecan ve diğ., (1991) Bolu-Çankırı (Köroğlu dağları) dolaylarındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisini belirlemeye yönelik ayrıntılı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada volkanitler ayırtlanarak tanımlanmış ve yaşlandırılmıştır.

Barka ve diğ., (1992) tarafından KAFZ' de Bolu Ovası ve yakın çevresindeki segmentlerde (Gerede-Çerkeş arasında) uzun ve kısa süreli ölçümler şeklinde radon gazı ölçümleri yapılarak meydana gelebilecek depremler önceden tahmin edilmeye çalışılmıştır.

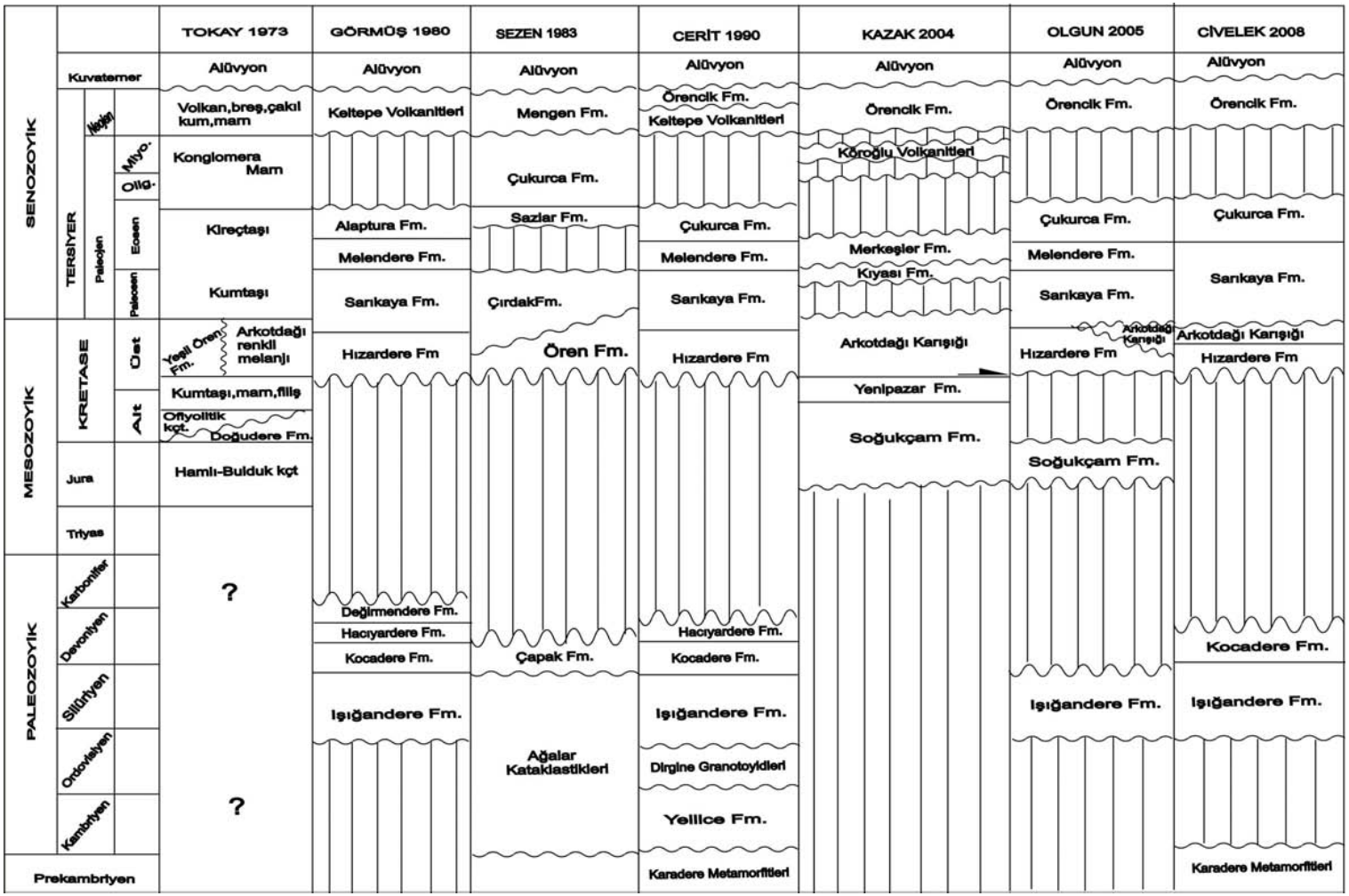
Demirtaş ve diğ., (1995) yılında KAZF' nin batı kesiminde yer alan Mudurnu vadisi segmentinde yaptıkları hendek (trench) çalışması sonucunda, bu segment üzerinde 1957 ve 1967 depremlerinden başka M.Ö 4335 ile günümüzden 2500 yıl öncesinde meydana gelen dört büyük deprem saptamışlardır. Çalışmalardan bu segmentte meydana gelen büyük depremlerin ortalama tekrarlanma aralığının 150 yıldan fazla olabileceğini elde etmişlerdir.

Demirtaş ve diğ., (1997) tarafından Abant –İsmetpaşa kesiminde yapılan çalışmada bölgenin neotektonik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Bolu Ovası yöresinin KAF ana kolu denetiminde doğrultulu atım egemenliğinde, Kuzey kenarı ise verev atımlı faylar denetiminde gelişen bir çek-ayır (pull-apart) havzası niteliğinde olduğunu belirlemişlerdir.

Taymaz, (1999) tarafından yapılan çalışmalarda KAFZ' nun batı kesiminin (Bolu ovası ve yakın çevresinin) aktif tektoniği ve depremselliği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Cerit ve diğ., (2000) tarafından, 17 Ağustos 1997 Gölcük ve 17 Kasım 1999 Düzce depremlerinin tektonik özellikleri belirlenmeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada depremlerden etkilenen bölgelerde saha çalışması yapılarak depremleri meydana getiren faylar ve özellikleri belirlenmiş, depremler sonrasında meydana gelen yüzeysel kırıkları ve atımları ortaya konulmuştur.

Özmen, (2000) tarafından yapılan çalışma da, Bolu-Düzce dolaylarının jeolojisini ve diri faylarını belirlemeye yöneliktir. İlgili alanlarda çok sayıda aktif fay olduğu, bu fayların genel olarak KAFZ' nun içerisinde yer aldıkları belirtilmiştir. Ayrıca bölgenin depremselliğinin KAFZ tarafından belirlendiği ortaya konmuştur



Tablo 1. İnceleme alanında yer alan birimlerin yakın yöredeki çalışmalarla karşılaştırılması

2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanında Prekambriyen-Kuvaterner yaş aralığındaki mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç gruplarından oluşan dokuz litostratigrafi ve litodem birimi ayırtlanmıştır.

Bu birimler sırasıyla;
Kuvaterner oluşukları (Kuvaterner)
Örencik Formasyonu (Pliyosen)
Çukurca Formasyonu (Orta Eosen)
Sarıkaya Formasyonu (Üst Kretase sonu-Paleosen-Alt Eosen)
Arkotdağı Karışığı (Maastrihtiyen)
Hızardere Formasyonu (Albiyen-Maastrihtiyen)
Kocadere Formasyonu (Silüriyen- Alt Devoniyen)
Işınğandere Formasyonu (Ordovisiyen- Silüriyen)
Karadere Metamorfitleri (Prekambriyen) olarak adlandırılmışlardır (Şekil 3).

2.1. Karadere Metamorfitleri

Birim adını, Bolu – Yığılca arasında yer alan ve birimin en iyi gözlendiği Karadere'den almıştır.

2.1.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Karadere metamorfitleri, çalışma alanı içerisinde en geniş yayılıma sahip olan birimdir. Birim çalışma alanında KD-GB uzanımına sahiptir (Ek 1).
Çalışma alanı içinde, Mavrumşa Tepe (1222 m.), Kara Tepe (1337 m.), ve Menekşeli Tepe (1577 m.) Karadere metamorfitlerine ait en önemli yükseltileri oluşturmaktadır.

2.1.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Çalışma alanında oldukça geniş bir alanda yayılım gösteren (çalışma alanının batı kesiminin büyük bir bölümü) Karadere Metamorfitleri çalışma alanının KD kesiminde pliyosen yaşlı Örencik formasyonu tarafından diskordans olarak örtülmüştür. Karadere metamorfitleri ile Kocadere formasyonu ve Hızardere formasyonu arasındaki dokanak tektonik bir dokanaktır. Bu tektonik dokanak bindirme fayı karakterinde olup, bu fay Çukurviran Bindirme fayı olarak adlandırılmıştır (Cerit, 1990). Çukurviran bindirme fayı çalışma alanının KD kesiminde Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu tarafından örtülmüştür.

Çalışma alanı içerisinde büyük bir yayılıma sahip olan Karadere Metamorfitlerinin kalınlığı, birimin alt ve üst sınırı çalışma alanında belirgin olmaması nedeniyle ölçülememiştir. Çalışma alanının batı kesiminde, Kocadere formasyonu, Hızardere formasyonu ve Işığandere formasyonu, Karadere metamorfitlerinin kapladığı alan içerisinde pencere şeklinde gözlenmektedir.
Genel olarak, amfibol gnays ile kuvars-feldspat-gnays ardalanması, yer yer biyotit-kuvarsşist seviyelerinden ve mermerlerden oluşan Karadere metamorfitleri arazide değişik kalınlıklara sahip olup, koyu ve açık renkli bantları ile tipik bir gnaysik görünüm arzetmektedir. Gnayslarla ardalanmalı oldukları kesimlerde kuvarsitler, beyaz renkli ve masif olarak gözlenmekte, mermerlerle birlikte bulundukları kesimlerde ise çok kırıklı ve pembe renkli olarak gözlenmektedir.

Karadere Metamorfitleri, çalışma alanının bazı kesimlerinde breş, kataklazit ve ultrakataklazit türü fay kayacı özelliğinde amfibol gnays, breşik, yer yer konglomeratik mermer oluşan bir tektonik karmaşık görünümünde yer almaktadır. Karadere Metamorfitlerinin bu şekildeki görünümü daha doğuda melanj olarak tanımlanmış Arkotdağı Karmaşığı (Tokay, 1973), Ören Melanjı (Cerit, 1983; Cerit, 1984; Sezen, 1983) gibi birimlere benzerlik gösterdiği gösterdiği tartışılabilir bir olasılıktır. Ancak, bölgedeki kayaçların ifade edilen melanj tanımları ile uyuşması; bu birimin tektonik etkilerin yoğun olduğu bir kuşak üzerinde bulunması ve litolojik özellikleri bakımından, Karadere Metamorfitlerine ait oldukları kanısını güçlendirmektedir.

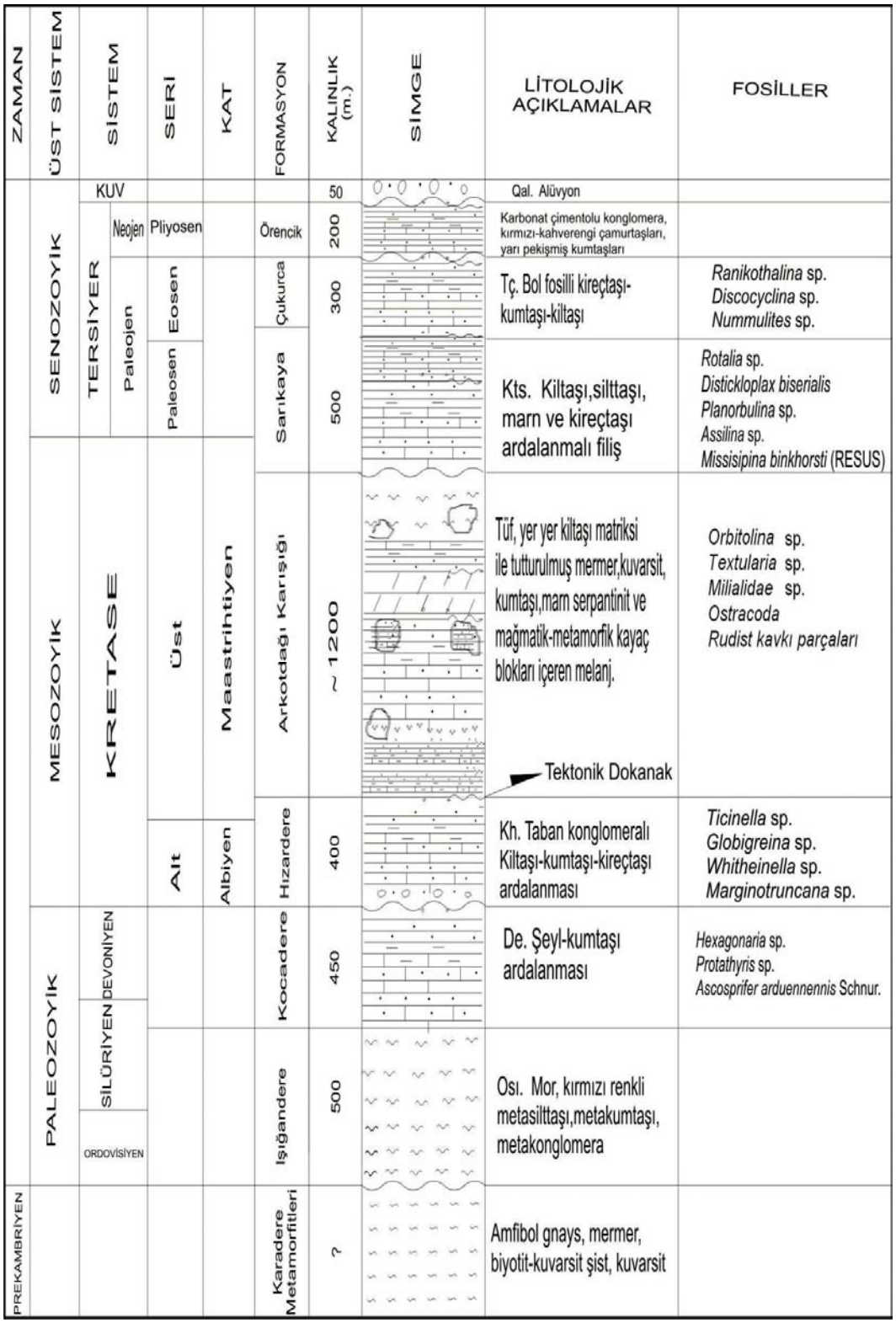
2.1.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Birim, Bolu Kuzeyinde, Aydın ve diğ. (1987) tarafından Yedigöller formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim, Cerit (1990) tarafından Karadere Metamorfitleri olarak adlandırılmıştır. Canik (1980), bu birimin yaşının Prekambriyen olduğunu savunmuşlardır. Kaya (1978a), Şahintürk ve diğ. (1984), kuzeybatı Anadolu'da yer alan bantlı amfibol gnaysları Prekambriyen olarak tanımlamışlardır. Ayrıca Yılmaz (1980) tarafından Kastamonu yöresinde tanımlanan gnays ve metakarbonatlardan oluşan, Prekambriyen yaşlı Ebrek metamorfitleri, bu çalışmada tanımlanan Karadere metamorfitlerine karşılık gelmektedir. Litolojik benzerlikleri yanında, coğrafi ve bölgesel jeoloji içerisindeki konumu da göz önünde tutulduğunda, bu birimin aynı kuşak içerisinde Ebrek metamorfitlerinin batı uzantısı olarak düşünülmesinin de mümkün olduğunu göstermektedir.

Genel olarak amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olan Karadere mertamorfitleri, inceleme alanı içinde, olası Alt Paleozoyik yaşlı epimetamorfik birimler tarafından diskordans olarak örtülmektedir. Mevcut bulgu ve verilere göre, bu çalışmada Karadere metamorfitlerinin yaşı Prekambriyen olarak kabul edilmiştir.

2.2. Işığandere Formasyonu

Görmüş,(1980) tarafından tanımlanan Işığandere Formasyonu, çalışma alanında, tipik gri-mor rengi ve genel kırıntılı görünümüyle, ilgili alanda yer almaktadır. Genellikle metakonglomera ve metakumtaşlarından oluşan birim çalışma alanının kuzeybatı kesiminde belirgin ve geniş bir alanda yüzeylemektedir (Ek 1).



Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti

2.2.1. Dağılım ve topografya görünümü

Formasyonun, Karadere Metamorfitleri ile olan kuzey sınırı Elmalı Sırtından başlayıp, Kara Tepe (1337 m.)'ye kadar devam etmektedir. Işığandere Formasyonu, genellikle çalışma alanının kuzeybatı kesimi mostra vermektedir. Oldukça sarp bir topografyaya sahip olmasına rağmen güneye doğru formasyonun daha yumuşak bir topografyaya sahip olduğu görülmektedir. Formasyona ait en önemli yükselti Kara Tepe (1337 m.)'dir.

2.2.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Işığandere Formasyonu çalışma alanının kuzeybatı kesiminde geniş bir mostrada gözlenmektedir. Çalışma alanının batı kesiminde Işığandere formasyonu ile Kocadere formasyonu ve Karadere Metamorfitleri arasındaki dokanak uyumsuz bir dokanaktır. Işığandere Formasyonu, Görmüş (1980, 1982a) tarafından adlanmış ve Silüriyen yaşlı olarak tanımlanmıştır. Işığandere Formasyonu ile ilgili alanda; mor, kırmızı renkli metasilttaşı, metakonglemera ve metakumtaşları litolojilerinden oluşmaktadır (Şekil 4). Alınan örneklerde, metasilttaşları ve metakumtaşları içerisinde az miktarda serizit, klorit ve opak minerallerde gözlenmektedir.

Işığandere Formasyonunun kalınlığı daha önce yapılan çalışmalara ve arazi gözlemlerine göre 400-500 metre arasındadır.

2.2.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Görmüş, (1980) tarafından, Işığandere Formasyonu olarak tanımlanan Silüriyen yaşlı birim, Aydın ve diğ., (1987) tarafından Fındıklı formasyonu olarak tanımlanmış ve göreceli Silüriyen yaşı verilmiştir. Eşdeğer birim, Canik, (1980) tarafından Çukurviran formasyonu olarak adlanmış ve birime "kuşkulu" Silüriyen yaşı verilmiştir. Ayrıca Kaya, (1978a) ve Aydın ve diğ. (1986,1987) tarafından tanımlanan Ordovisiyen yaşlı Kurtköy ve Ordovisiyen-Silüriyen yaşlı Aydos formasyonunun litoloji tanımları da Işığandere ve kısmen Fındıklı formasyonlarının tanımlarına uymaktadır.

Şekil 4. Işığandere formasyonundaki metakumtaşları-metasilttaşları litolojileri (Fasıl Köyü)

Benzer şekilde, Sayar, (1979) arkoz, mor arkoz ve konglomeralar olarak tanımladığı litolojilerin yaşını Ordovisiyen sonu ve/veya Ordovisiyen-Silüriyen geçişi olarak belirtmekte; Şahintürk ve diğ., (1984) Ordovisiyen yaşlı birimlerin kumtaşları ile temsil edildiğini ifade etmektedir.

Bu çalışmada da, litolojik uyum nedeniyle, formasyon adı "Işığandere Formasyonu" olarak benimsenmiştir.

İncelenen alanda Işığandere formasyonunun yaşı, önceki çalışmalarda belirtilen eşdeğer birimlerle olan litolojik benzerlikleri göz önünde bulundurularak, Ordovisiyen-Alt Silüriyen olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanında Işığandere formasyonu, tamamen metekırıntılı kayaç türlerinden oluşmuş olup, sürekli ve hızlı bir malzeme getiriminin olduğu sığ ve hareketli bir ortamda çökelmiş olmalıdır.

2.3. Kocadere Formasyonu

Yığılca yöresinde tanımlanan formasyon Blumenthal, (1948), Batum (1968) ve Görmüş (1980) tarafından ayırtlanmıştır. Birimin çalışma alanındaki yayılımı belirgin mostralar halinde gözlenmektedir.

2.3.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Kocadere formasyonu, çalışma alanında genel olarak Çatak mahallesinin kuzey kesiminden başlamak üzere Sincan Yaylası boyunca KD-GB uzanımlı bir zon şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca, çalışma alanının batı kesiminde ve güney kesiminde geniş mostralar halinde gözlenmektedir (Ek 1).

Kocadere formasyonun bulunduğu alan içerisindeki en önemli yükseltiler; Asarlıkkirse Tepe (1179 m) ve Aşağıyanık Tepe (1291 m)' dir.

2.3.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Kocadere formasyonunun birçok birimle dokanağı gözlenmiştir. Hızardere formasyonu, genel olarak Kocadere formasyonunun üzerine açısal uyumsuzlukla gelmiştir. Ancak, Hızardere formasyonu ile Kocadere formasyonu arasındaki dokanak, Çatak mahallesinin K-KB kesiminde, tektonik dokanaklıdır. Bu tektonik dokanak doğrultu atımlı sağ yönlü fay karakterindedir.

Kızılağıl köyünün GB kesiminde küçük mostra şeklinde gözlenen Karadere metamorfitleri ile çalışma alanının tamamında Kocadere formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir. Bu iki birim arasındaki fay Çukurviran bindirme fayı olarak adlandırılmıştır (Cerit, 1990). Çalışma alanında, Örencik formasyonu genel olarak Kocadere formasyonunun üzerini açısal uyumsuzlukla örtmektedir.

Kocadere formasyonu ile Hızardere formasyonu arasındaki dokanağın Domuzgölü mevkiinde doğrultu atımlı sağ yönlü bir fay olan Halahisarı fayı tarafından ötelendiği gözlenmektedir.

Çalışma alanı içerisinde gözlenen Kocadere formasyonu, kumtaşı-şeyl-kireçtaşı ardalanmasından oluşan bir litolojiye sahiptir. Bazı kesimlerde fazlaca silisleşme gösterir ve yer yer silisli şeyl niteliği kazanmıştır. Stratigrafik olarak alt düzeylerde gri, siyah, yeşil renklerde ve ince-orta tabakalı iken, üst seviyelerde yeşil renkli laminalı şeylerle

dönüşür. Kütle hareketi bakımından göreceli olarak sağlam ve duraylı bir birimdir. Yapılan incelemelere göre sığ denizel oluşuklar olup birimin kalınlığı daha önce yapılan çalışmalara göre 400-500 metre'dir.

2.3.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Kocadere formasyonu, ilk kez Yığılca yöresinde, Blumenthal (1948), Batum (1968) tarafından ve Görmüş (1980) tarafından ayırtlanmıştır. Kocadere formasyonu ilk kez Canik (1977) tarafından Kızılağıl formasyonu olarak tanımlanmıştır. Daha sonra bu formasyon Öztürk ve diğ. (1984) tarafından yapılan çalışma da İntepe ve Çatak üyesi olarak 2 üye şeklinde ayırtlanmıştır. Birime litolojik uyum nedeniyle, Görmüş (1980) tarafından verilen Kocadere Formasyonu ismi benimsenmiştir.

Kocadere formasyonunun şeyl ve kumtaşlarından oluşması ve daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen içerdiği fosiller (Hexagonaria sp., Protathyris sp.,) nedeniyle, şelf ortamında çökeldiği kısmen metamorfizmaya uğradığı, ayrıca birim içerisinde kireçtaşının da bulunması nedeniyle de sıcaklığın yüksek olduğu sığ deniz ortamında çökeldiğini gösterir. Daha önce yapılan çalışmalarda içerisinde saptanan fosillere (*Hexagonaria* sp., *Protathyris* sp., *Ascosprifer arduennennis* Schnur.) dayanılarak birime Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı verilmiştir.

2.4. Hızardere Formasyonu

İlk tanımlaması Görmüş (1980) tarafından yapılan Hızardere formasyonu çalışma alanında çok geniş bir yayılım göstermektedir. Hızardere formasyonu genel olarak klastik sedimanlardan oluşmaktadır. Görmüş (1980) tarafından Yığılca yöresinde tanımlandığından bu isim çalışma alanı içindeki eşdeğer birim için de kullanılmıştır.

2.4.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Hızardere formasyonu genel olarak çalıma alanında KD-GB uzanımlı bir zon halinde gözlenmektedir. Ayrıca, 1/25.000 ölçekli haritalarda gösterilebilecek büyüklükte, küçük mostralar şeklinde çalışma alanının değişik kesimlerinde gölemek mümkündür.

Çalışma alanında Hızardere formasyonu; Fasıl Köyü kuzeyinde bulunan Manastır Tepenin kuzey yamacından itibaren başlayarak KD-GB uzanımlı bir zon şeklinde gözlenmektedir. Birimlere ait yüzleklerin kuzey kesiminde, genel olarak Örencik formasyonu ve Kocadere formasyonu gözlenmektedir. Güney kesimde ise Sarıkaya Formasyonu ile dokanağı gözlenmektedir (Ek 1). Ayrıca çalışma alanının GB kesiminde de belirgin mostralar vermektedir. Hızardere formasyonuna ait en önemli yükselti Erenler Tepe (1269 m.) olarak belirtilebilir. Hızardere formasyonunun bulunduğu çalışma alanının yükseltisi KD'dan GB'ya doğru az da olsa azalmaktadır. Ayrıca Hızardere formasyonunun çalışma alanının GB kesiminde vermiş olduğu mostrada, Karadere metamorfitleri ile dokanağı gözlenmektedir. Bu dokanak, Çukurviran bindirme fayının devamı niteliğindedir.

2.4.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Hızardere formasyonu Fasıl Köyü kuzeyinde bulunan Manastır Tepenin kuzey yamacında Sarıkaya formasyonu ile uyumlu bir dokanak oluşturmaktadır ve bu dokanak KD-GB uzanımlı bir şekilde devam etmektedir. Çatak Mahallesi civarında Hızardere formasyonu ile Kocadere formasyonu arasındaki dokanağın tektonik olduğu gözlenmektedir. Bu tektonik dokanak doğrultu atımlı sağ yönlü fay karakterindedir.

Ayrıca Örencik formasyonu ile Hızardere formasyonunun Çatak mahallesinin KB kesiminde görülen dokanağının oldukça keskin bir sınırla şekilde olduğu gözlenmektedir. Bu da bize buradaki dokanağın tektonik dokanak olabileceği yönünde kuvvet kazanmaktadır (Çatak fayı).

Hızardere formasyonunun egemen litolojisi, ilgili çalışma alanının güney kesiminde, çakıl boyutundan blok boyutuna değişen bileşenlere sahip karbonatlı bağlayıcı konglomeralar ile başlamaktadır. Ayrıca bu söz konusu konglomeralar, bol kırıklı olarak gözlenmektedir. Bu seviyelerin üzerinde ise kireçtaşı tabakaları yer almaktadır. Bu kireçtaşı tabakaları ise, seyrek, masif ve konglomeralı seviyelerde içermektedir. İstifin üzerine ise, birimin egemen litolojisini oluşturan, kumtaşı-kiltaşı-kireçtaşı ardalanması gelmektedir (Şekil 5).

Şekil 5. Hızardere Formasyonundan görünüm (Manastır Tepe kuzey yamacı)

Belirtilen istifin her yerde aynı özelliği göstermediği, bazı yerlerde filiş karakteriyle gözlenebildiği belirtilmektedir. Ayrıca bu formasyon tabakalı ve bol çatlaklı olarak gözlenmekte ve sıkışma rejiminden dolayı tabakalar bazı lokasyonlarda devrik, dik ve eğik tabakalar şeklinde gözlenmektedir.

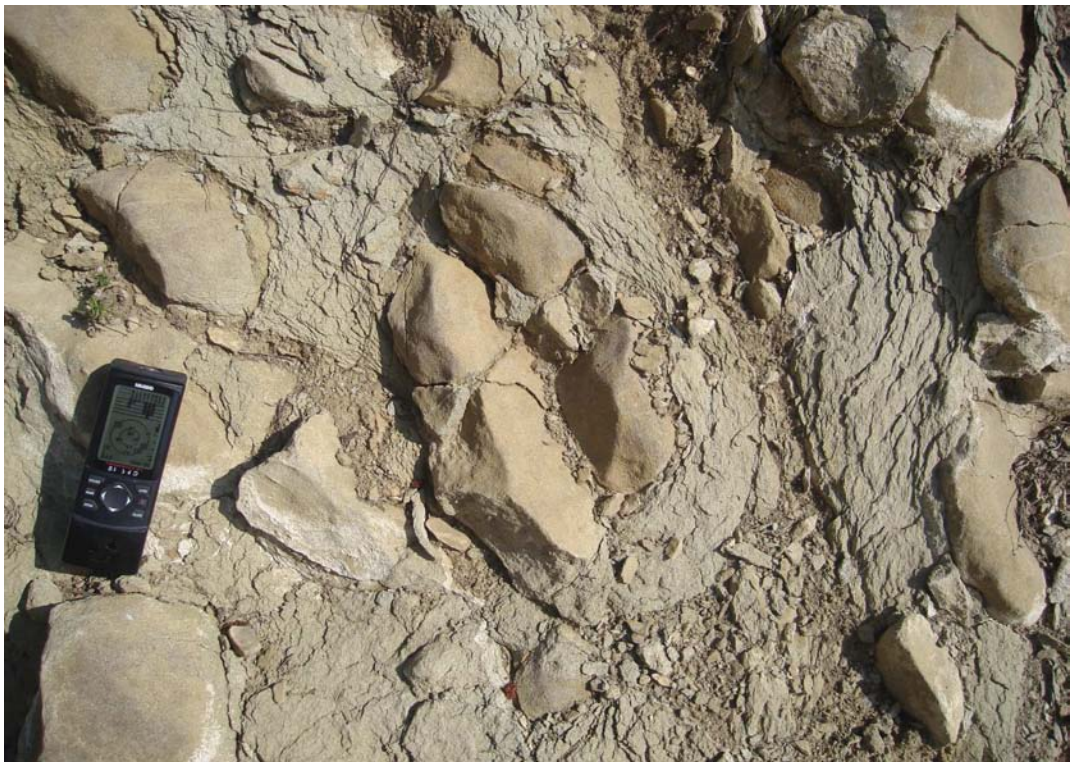
Hızardere formasyonunun çalışma alanındaki kalınlığı daha önce yapılan çalışmalara ve arazi gözlemlerine göre 300–400 metre arasındadır. Fasıl köyü batısında konglomeratik seviyeleri içren kireçtaşı tabakaları belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 6).

Formasyondan alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler incelendiğinde, birimin bol fosilli, litoklastlı (kuvars, feldspat ve kayaç parçacığı) olduğu gözlenmiştir **(Şekil 7a, 7b, 8a, 8b, 9).**

2.4.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

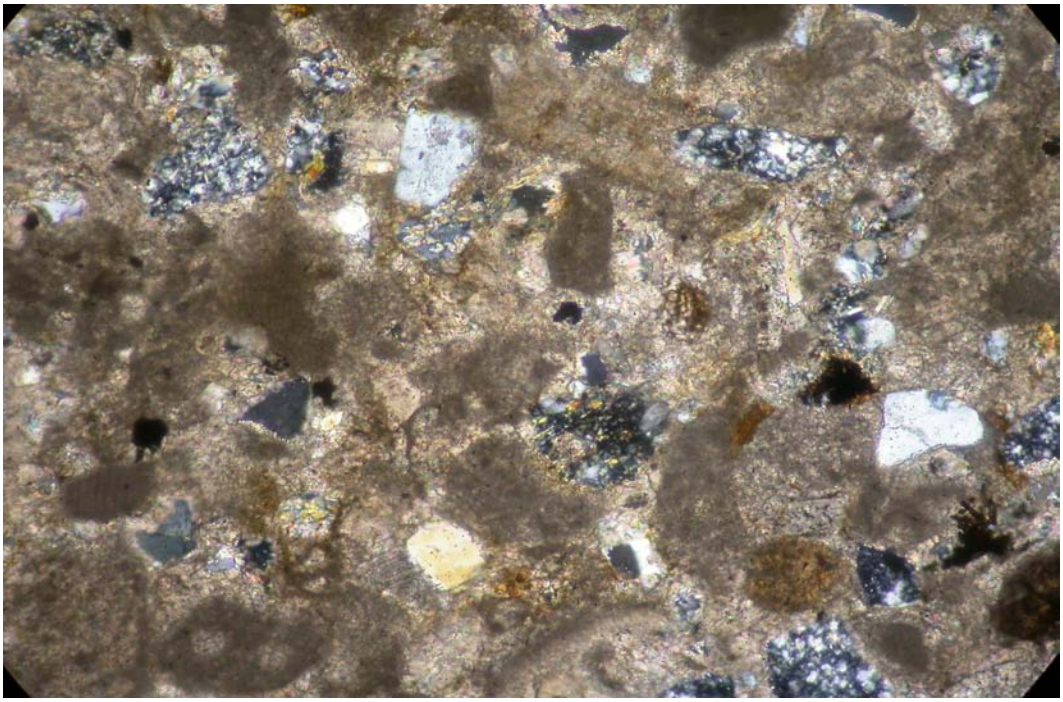
Hızardere formasyonu, Görmüş, (1980,1982a) tarafından Yığılca yöresinde isimlendirilmiş ve formasyon Üst Kretase yaşlı olarak tanımlanmıştır. Aydın ve diğ., (1987) tarafından, Hızardere formasyonuna eşdeğer olan litolojiler, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Akveren formasyonu adı altında tanımlanmıştır.

Canik, (1980) tarafından Bolu yöresinde Üst Kretase yaşlı Bayramışlar formasyonu olarak tanımlanan birim, Hızardere formasyonunun güney kesiminde yer alan fasiyeslere karşılık gelmektedir.

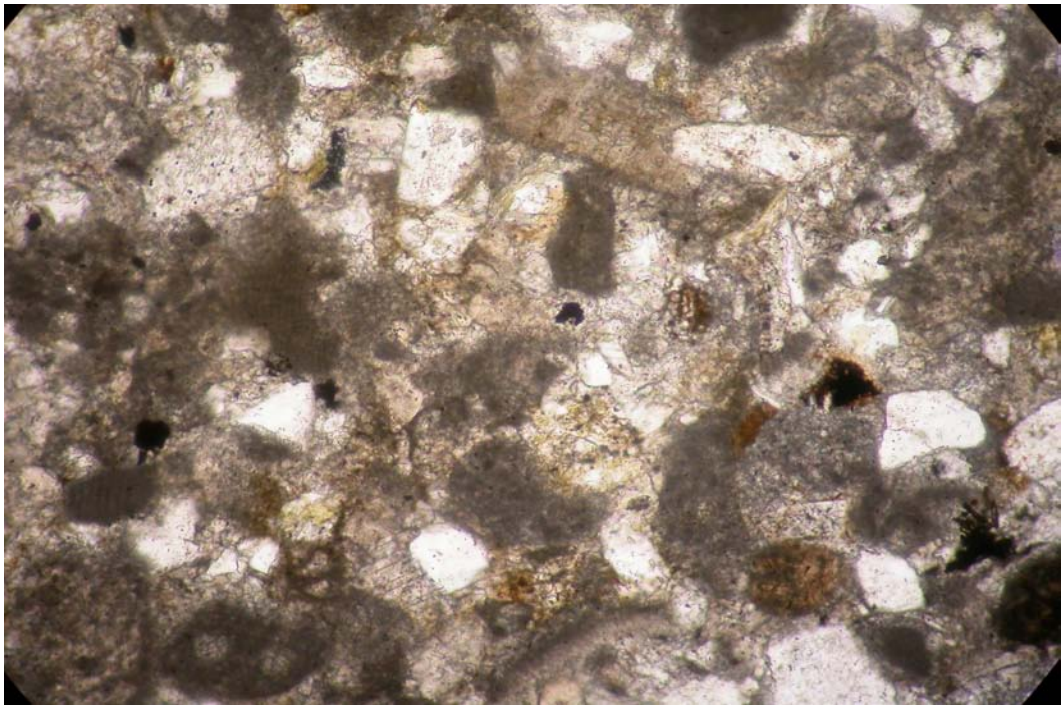


Şekil 6. Hızardere formasyonunun alt kesimindeki konglomera seviyeleri (Kozlu köyü güneydoğusu)

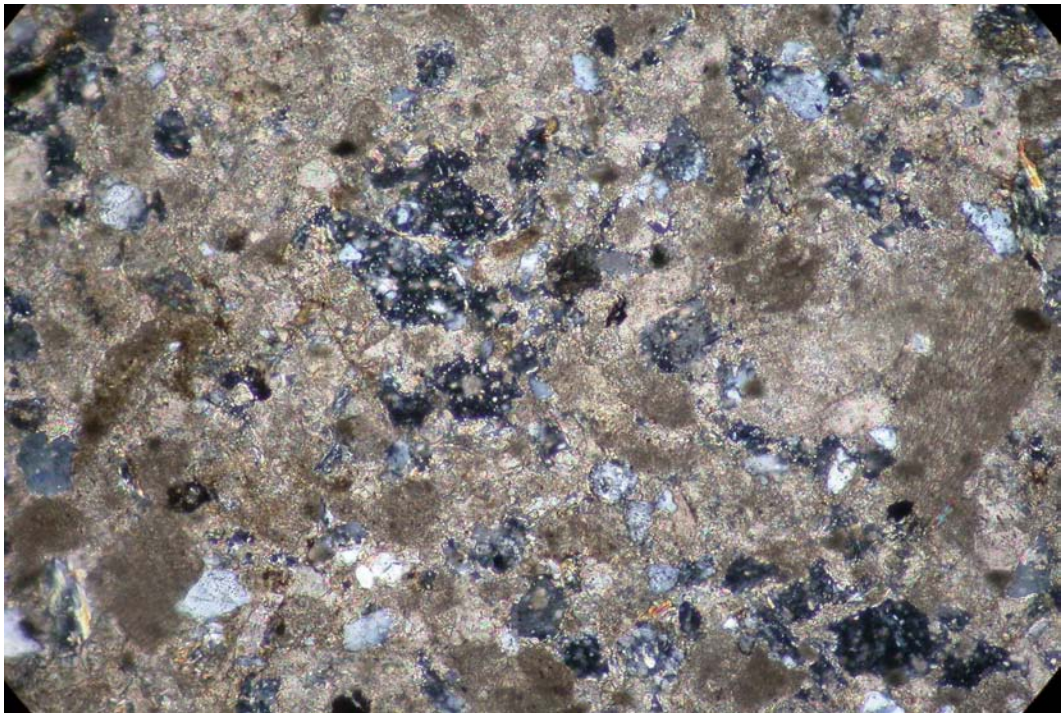
Aktimur ve diğ., (1983) tarafından kireçtaşı, kumtaşı, kiltaşı, çakıltaşı ardalanması olarak adlandırılan ve Üst Kretase – Paleosen yaşlı olarak tanımlanan bu birim, Hızardere formasyonunu kapsamaktadır. Cerit, (1990) tarafından yapılan çalışmada da kumtaşı, kiltaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan eşdeğer birim, Hızardere formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada, ilgili alanda görülen litolojiler uyumu nedeniyle Görmüş, (1980,1982a)'ün önerdiği "Hızardere formasyonu" adı benimsenmiştir.



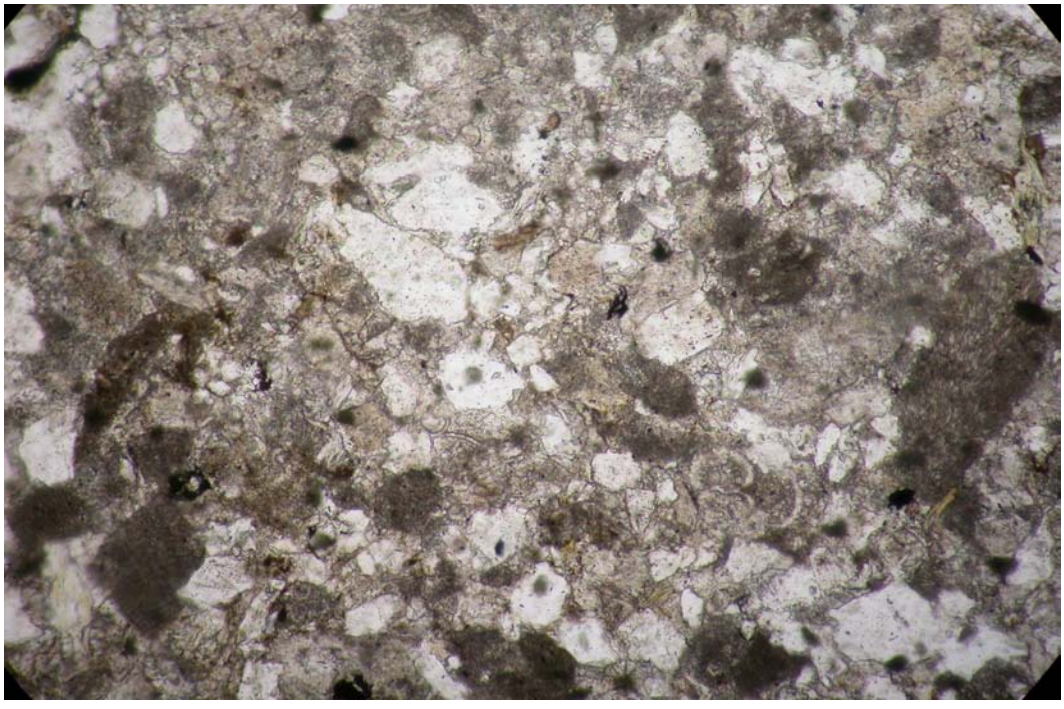
Şekil 7a. Hızardere formasyonu çerisindeki fosilli kumlu kireçtaşı (litosparit) (X 10-Çift nikol)



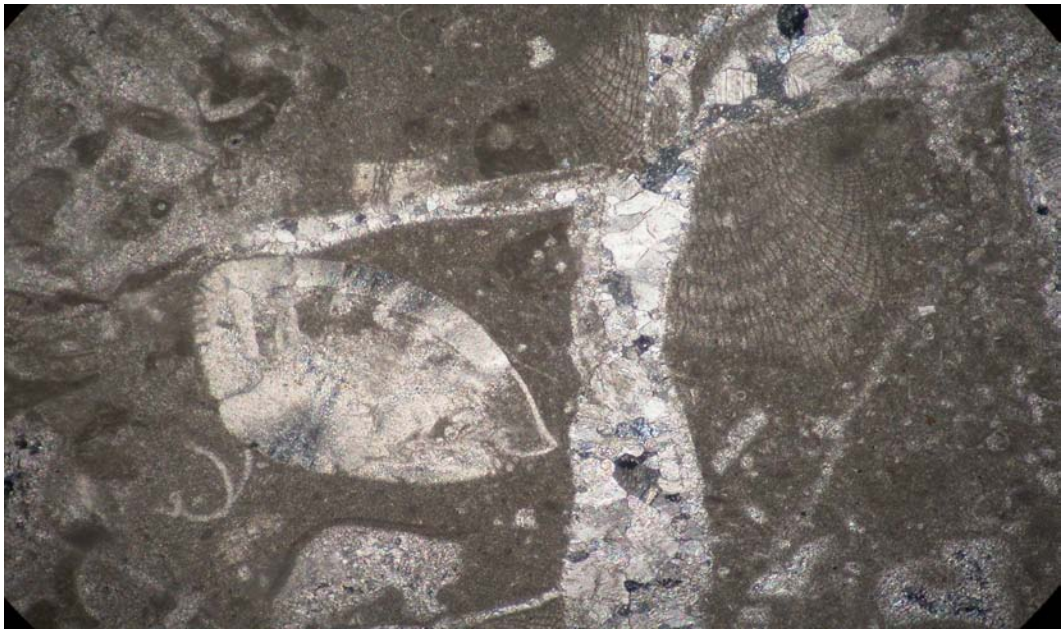
Şekil 7b. Hızardere formasyonu içerisindeki fosilli kumlu kireçtaşı (litosparit) (X 10-Tek nikol)



Şekil 8a. Hızardere formasyonu içerisindeki kumlu kireçtaşı litolojileri (litosparit) (X 10-Çift nikol)



Şekil 8b. Hızardere formasyonu içerisindeki kumlu kireçtaşı litolojileri (litosparit) (X 10-Tek nikol)



Şekil 9. Hızardere formasyonundaki biyomikrosparit litolojileri içerisinde gözlenen fosiller (*Globigerinelloides* sp., *Ticinella* sp.) (X 10-Tek nikol)

Hızardere formasyonuna ait, Fasıl Köyü civarından alınan örneklerden hazırlanan ince kesitlerden yapılan paleontolojik incelemelerde;

Helvetoglobotruncana helvetica (BOLLI)

Whiteinella sp.

Margirotruncana sp.

Globigerinelloides sp.

Rugoglobigerinella sp.

Ticinella sp.

Hedbergella sp.

fosilleri saptanmıştır. Saptanan fosil topluluklarına dayanarak Hızardere Formasyonunun yaşı Albiyen- Meastrihtiyen olarak belirlenmiştir.

Hızardere formasyonu Paleozoyik ve öncesi (Prekambriyen) yaşlı birimler üzerinde transgresif ve diskordan olarak yer almaktadır. Çalışma alanında belirlenen kısmi fasiyes farklılıklarına göre, Hızardere formasyonunun sedimantasyonu esnasında, Paleozoyik ve öncesi yaşlı birimler, bir denizaltı eşiği şeklindeki paleoröliyefi oluşturmuşlardır.

Hızardere formasyonunun bazı yerlerde filiş karakteri göstermesi, enerjisi yüksek bir derin deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir.
Çalışma alanında, Hızardere formasyonuna ait sedimantasyon, transgresyon ile taban konglomeraları şeklinde başlamış ve zamanla derinleşen denizel bir fasiyeste gelişmiştir.

2.5. Arkotdağı Karışığı

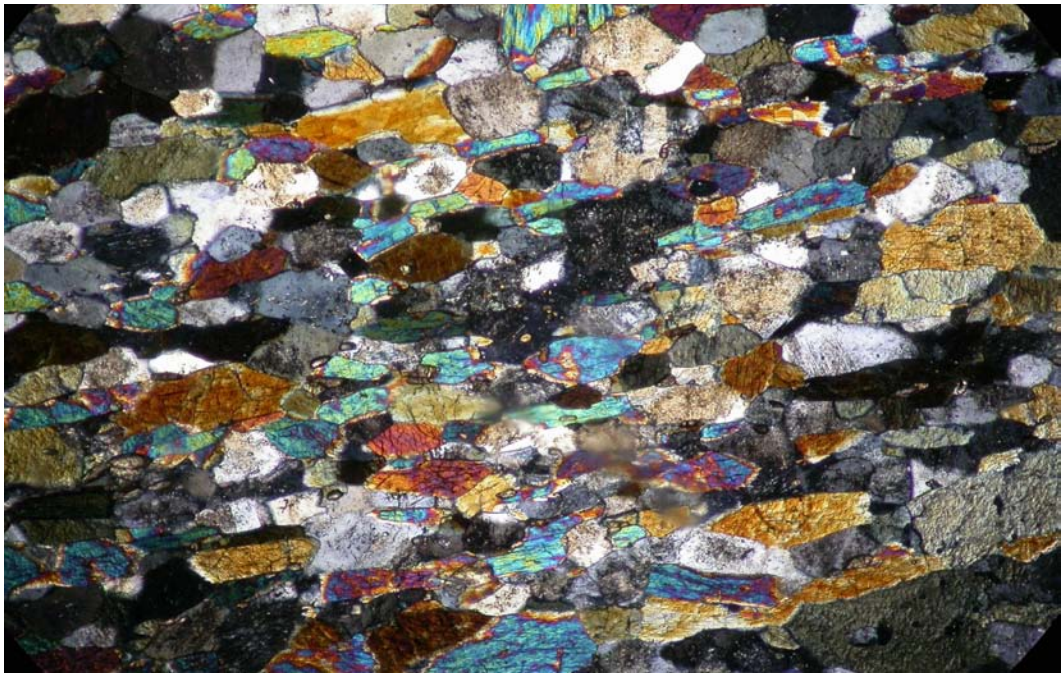
Çalışma alanında oldukça küçük bir alanda yüzeyleyen ve tipik bir melanj özelliği gösteren birim, ilk kez Blumenthal (1945) tarafından Arkotdağı Formasyonu adı altında incelenmiştir.

Öztürk ve diğ. (1984) tarafından yapılan çalışmada, birim formasyon özelliği göstermediğinden dolayı Arkotdağı Karışığı adı altında incelenmektedir. Birim, Yılmaz ve diğ. (1981) tarafından tanımlanan Üst Kretase yaşlı Abant Karmaşığı, Tokay, (1973) tarafından tanımlanan Üst Kretase yaşlı Arkotdağ Formasyonuna karşılık gelmektedir. Aksay ve diğ. (2002) tarafından ise Üst Kampaniyen- Alt Eosen olarak yaşlandırılmış Abant Formasyonunun eşdeğeridir.

2.5.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Arkotdağı Karışığı, çalışma alanının doğusunda Fasıl köyünün güneydoğu kesiminde çok küçük bir alanda mostra vermektedir (Şekil 18) (Ek 1). Akotdağı Karışığı'ndan alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler incelendiğinde; kesitlerde genellikle, amfibolit şist, amfibolit ve altere mağmatik kayaç türü kayaçlar gözlenmiştir (Şekil 10-11-12-13-14-15).

Karışık içerisinde yer alan metamorfit türü kayaçların minerolojik bileşimi içerisinde; Plajiyoklaz, hornblend, titanit, kuvars gibi mineraller bulunmaktadır. Ayrıca incelenen kesitlerde, killeşme, serizitleşme ve kloritleşme gibi yaygın bozunmalar da gözlenmektedir (Şekil 16-17). Arkotdağı Karşığı içerisinde yer alan altere mağmatik kayaçlar da ise yaygın killeşme- kloritleşme- serizitleşme ve karbonatlaşma türü bozunmalar gözlenmektedir. Ayrıca mineral gözeneklerinde zeolit ve klorit oluşumları ile kayaç içerisinde bulunan opak minerallerin altere olduğu da gözlenmektedir.

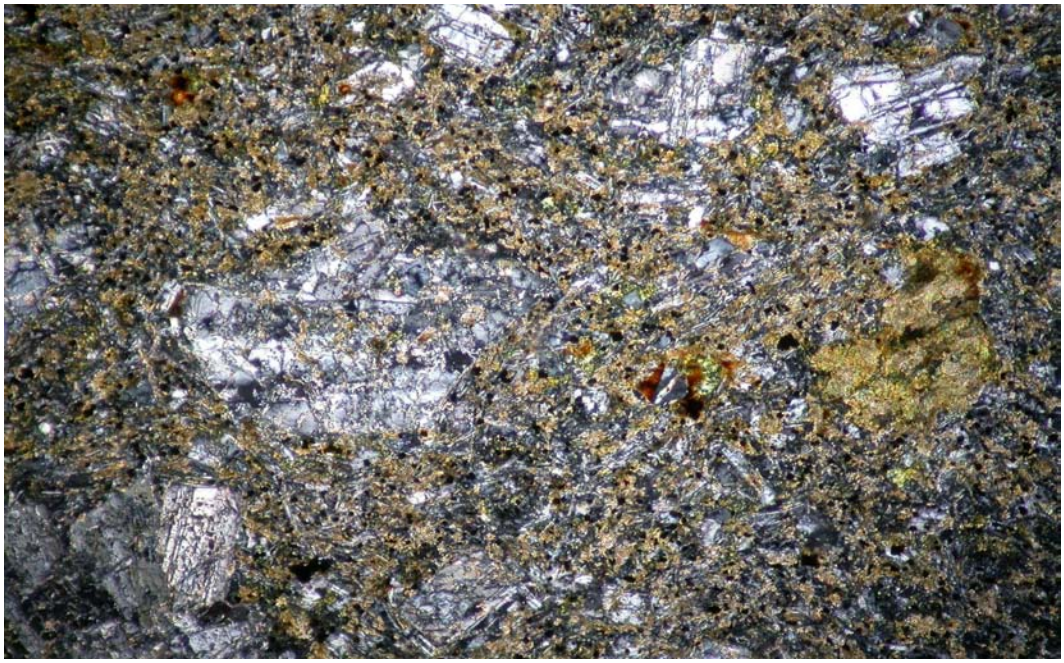


Şekil 10. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan amfibolit şist (X 5 -Çift nikol)

Şekil 11. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan amfibolit şist (X 5 -Tek nikol)

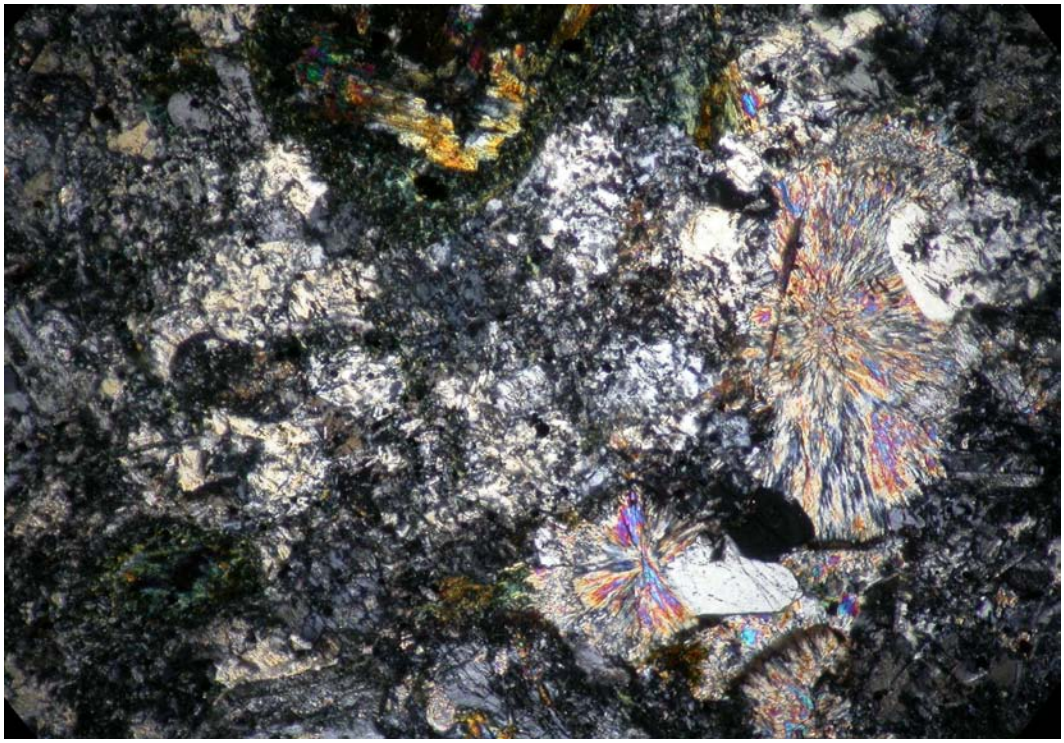
Şekil 12. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan amfibolit (X 5 -Çift nikol)

Şekil 13. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan amfibolit (X 5 -Tek nikol)



Şekil 14. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan altere mağmatik kayaç parçaları (X 5 - Çift nikol)

Şekil 15. Arkotdağı Karışığı içerisinde bulunan altere mağmatik kayaç parçaları (X 5 - Tek nikol)



Şekil 16. Arkotdağı Karışığı içerisindeki litolojilerde gözlenen bozunma türlerinden epidotlaşma (X 5 -Çift nikol)

Şekil 17. Arkotdağı Karışığı içerisindeki litolojilerde gözlenen bozunma türlerinden epidotlaşma (X 5 -Tek nikol)

Şekil 18. Arkotdağı karışığı içerisindeki metakumtaşları (Fasıl köyü güneydoğusu)

2.5.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Birim, çalışma alanının doğu kesiminde, Fasıl köyünün GD kesiminde çok küçük bir alanda gözlenmektedir. Çalışma alanında, Arkotdağı karışığı ile Çukurca formasyonu arasındaki dokanak tektonik bir dokanaktır. Bu tektonik dokanak, Arkotdağı karışığının Çukurca formasyonunun üzerine bindirmesiyle oluşmuş olup, bindirme fayı karakterindedir ve Değirmendere Bindirme fayı olarak adlandırılmıştır (Canik, 1980). Ayrıca, Arkotdağı karışığı ile Sarıkaya formasyonu arasındaki dokanak uyumlu bir dokanaktır.

Arazide değişik kalınlıklara sahip koyu ve açık renkli bantlar halinde bir görünüm sunan Arkotdağı Karışığı genel olarak breş, kataklazit ve ultrakataklazit türü fay kayaçları özelliğinde, breşik yer yer konglomeratik ve yaşı belirlenemeyen rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Pembe renkli pelajik kireçtaşları, ayrıca karışık içerisinde mermer ve breşik kuvarsit, kuvarssişt, köken olarak daha eski kayaçlardan bünyesine aldığı oldukça kataklazmaya uğramış altere plütonik mağmatik kayaçları, matriks bağlayıcının olduğu silt-kiltaşı ve kumtaşlarından oluşan bir tektonik karışık görünümünde yer almaktadır. Karışık özellikteki bu birimin alt ve üst sınırları belirgin

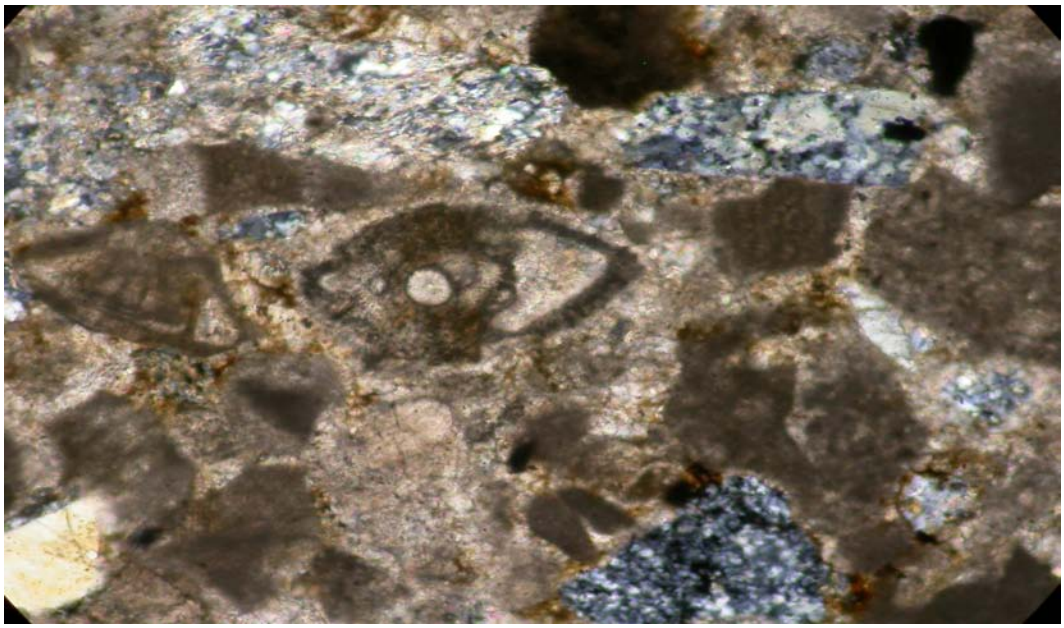
olmamakla birlikte, kalınlığı daha önce yapılan çalışmalara ve arazi gözlemlerine göre 1200 metre olabileceği kabul edilmiştir.

2.5.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Yılmaz, (1980) tarafından Kastamonu yöresinde tanımlanan gnays ve metakarbonatlardan oluşan Prekambriyen yaşlı Ebrek Metamorfitleri, bu çalışmada tanımlanan Arkotdağı Karışığında yer alan allokton blokların bazılarına karşılık gelmektedir.

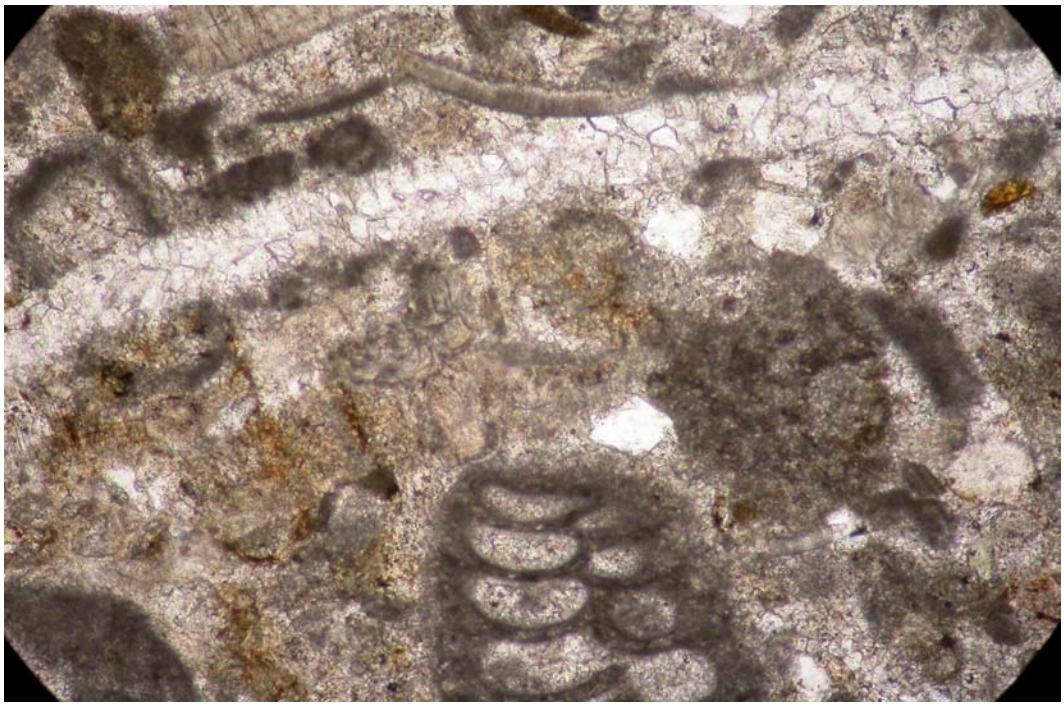
Litolojik benzerlikleri yanında, coğrafik ve bölgesel jeoloji içerisindeki konumu da göz önünde tutulduğunda, bu birim içerisindeki allokton bloklar aynı kuşak içerisinde Ebrek Metamorfitlerinin batıdaki eşdeğerleri olan Paleozoyik öncesi yaşlı Bolu masifinin eşdeğer kayaç toplulukları, Abdüsselamoğlu, (1983) tarafından Devoniyen öncesi olarak belirtilirken, Öztürk ve diğ., (1984) birim içerisindeki allokton metamorfik blokların Kambriyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Arkodağı Karışığı içerisinde yer alan değişik kayaç bloklarından alınan örneklerden hazırlanan ince kesitlerin ayrıntılı paleontolojik incelemesi sonucunda yalnızca karışık içerisinde yaygın olarak kireçtaşları içerisinde gözlenen fosiller(Şekil 19-20-21);

Orbitolina sp.	*Siderolites* sp.	*Rudist* kavkı parçası
Textularia sp.	*Ostrakoda* sp.	
Alg (bol miktarda)	*İdalina* sp.	



Şekil 19. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller (*Orbitolina* sp.) (X 20 -Çift nikol)

Şekil 20. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller (*İdalina* sp., *Rudist* kavkı parçası) (X 20 -Tek nikol)



Şekil 21. Arkotdağı Karışığı içerisinde gözlenen fosiller (*Ostrakoda* sp.) (X 10 -Tek nikol)

Aksay ve diğ., (2002) Arkotdağı Karışığının eşdeğeri olan Abant Formasyonunun yaşını Üst Kretase olarak belirlemişlerdir. Öztürk ve diğ., (1984) tarafından yapılan çalışmada Arkotdağı Karışığının yerleşim yaşının Üst Kretase olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada, ilgili birimin yerleşim yaşı arazi gözlemleri ve önceki çalışmalar ışığında Maastrihtiyen olarak benimsenmiştir.

Üst Kretase yaşlı Arkotdağı Karışığı, Üst Jura öncesinde Avrasya kıtası ile Afrika kıtası arasında yer alan Tetis Denizinin kapanmasını sağlayan bölgesel tektonik olaylar sonucunda oluşmuş bir melanj özelliğindedir (Şengör,1980; Öztürk ve diğ., 1985).

Arkotdağı Karışığı yoğun tektonik aktivitenin etkisiyle birçok yaş ve kökendeki kayaçların tektonik olarak karışımıyla oluşmuş ve yine tektonik hareketler ile Üst Kretase yaşlı birimler üzerine yerleşmiştir. Arkotdağı Karışığı içerisinde yer alan kayaç türlerinin birbirleriyle olan dokanakları tektoniktir. Bunu destekleyen veri, Permiyen yaşlı dolomitik kireçtaşı ve mermer bloklarının parlatılmış cilalı yüzlere sahip olmaları ve bu yüzler üzerinde kayma ve sürtünme izlerinin gözlenmesidir.

2.6. Sarıkaya Formasyonu

Yığılca yöresinde Görmüş, (1980) tarafından tanımlanan Sarıkaya Formasyonu çalışma alanının KD kesiminde KD-GB uzanımlı bir zon şeklinde yer almaktadır ve genellikle karbonat bileşimli kayaçlardan oluşmaktadır.

2.6.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Sarıkaya Formasyonu çalışma alanında KD-GB uzanımlı bir zon şeklinde gözlenmektedir. Çalışma alanında KD kesiminde Fasıl Köyü civarında mostra vermeye başlayıp, çalışma alanının GB kesiminde Karamanlar Köyünün batısına doğru KD-GB doğrultulu uzanarak, inceleme alanının dışına çıkmaktadır. Yaygın bitki örtüsü altında gözlenen birimin en önemli yükseltisi Küçükyayla Tepe' (1175 m.) dir (Ek 1).

2.6.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Sarıkaya Formasyonu, çalışma alanının KD kesiminde, Hızardere Formasyonu ve Arkotdağı karışığı ile Sarıkaya Formasyonu arasındaki uyumlu bir dokanak gözlenmektedir. Sarıkaya Formasyonu ile Hızardere Formasyonu arasındaki dokanak,

KD-GB doğrultulu bir uzanımla çalışma alanının dışın da devam etmekte iken, Arkotdağı karışığı ile Sarıkaya Formasyonu arasındaki dokanak çalışma alanında Çömlekçiler Köyü kuzeybatısında yerini, Çukurca formasyonuna bırakmaktadır. Burada Sarıkaya formasyonu, Hızardere formasyonunun üzerine boşluklu diskordansla gelmektedir. Çukurca Formasyonu ile Sarıkaya formasyonu arasındaki dokanak tektonik bir dokanaktır ve Sarıkaya Formasyonu çalışma alanını terk edene kadar devam etmektedir. Bu tektonik dokanak bindirme fayı niteliğindedir; Sarıkaya Formasyonu, Çukurca Formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir.

Sarıkaya Formasyonu genel olarak, tabanda kırıntılı tanelerden oluşmakta ve üst kesimlere doğru taneler kiltaşı, silttaşı ve en üst kesimde ise kireçtaşlarından oluşmaktadır. Sarıkaya Formasyonunun kalınlığı, daha önce yapılan arazi çalışmaları ve arazi gözlemlerine göre 400-500 metre arasındadır.

2.6.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Sarıkaya Formasyonu, Görmüş, (1980, 1982a) tarafından Yığılca yöresinde adlandırılmıştır. Bu araştırıcı tarafından, gri renkli, bol fosilli kireçtaşı olarak tanımlanan birimin yaşı Üst Kretase (?)- Paleosen ve kısmen Alt Eosen olarak saptanmıştır. Yığılca yöresinden farklı olarak, formasyonun kil içeriği daha da artmakta, birim genel olarak kireçtaşı-kiltaşı-marn ardalanması olarak tanımlanmaktadır.

Cerit (1983,1984) ve Sezen, (1983) taraflarından yapılan ayrı çalışmalarda, Mengen ve Pazarköy yöresinde Üst Kretase- Paleosen yaşlı Çırdak Formasyonu olarak tanımlanan birim, Sarıkaya Formasyonu ile eşdeğer olmaktadır.

Sarıkaraya Formasyonu, Canik (1980) tarafından Bolu kuzeyinde Fındıcak Formasyonu olarak adlandırılmış olup, Paleosen yaşlı ve filiş fasiyesinde gelişitiği tanımlanmıştır.

Aynı birim Aydın ve diğ., (1987) tarafından, Üst Kretase- Paelosen yaşlı Akveren formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu Formasyon Görmüş, (1980, 1982a) tarafından Yığılca yöresinde tanımlanan eşdeğer birimin bir devamı niteliğinde yer almaktadır. Ayrıca her iki alanda da formasyon benzer litolojik özellikler taşımaktadır. Cerit, (1990) Bolu masifinde yaptığı çalışmada benzer litoloji topluluğunu Sarıkaya Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada da Görmüş, (1980, 1982a) tarafından önerilen birim adlaması benimsenmiştir.

Sarıkaya Formasyonuna ait örneklerden hazırlanan ince kesitlerde yapılan pleontolojik incelemelerde;

Rotalia sp.

Miliolid sp.

Planobulina sp.

İdalina sp.

Distickloplax biserialis.

Discocyclina sp.

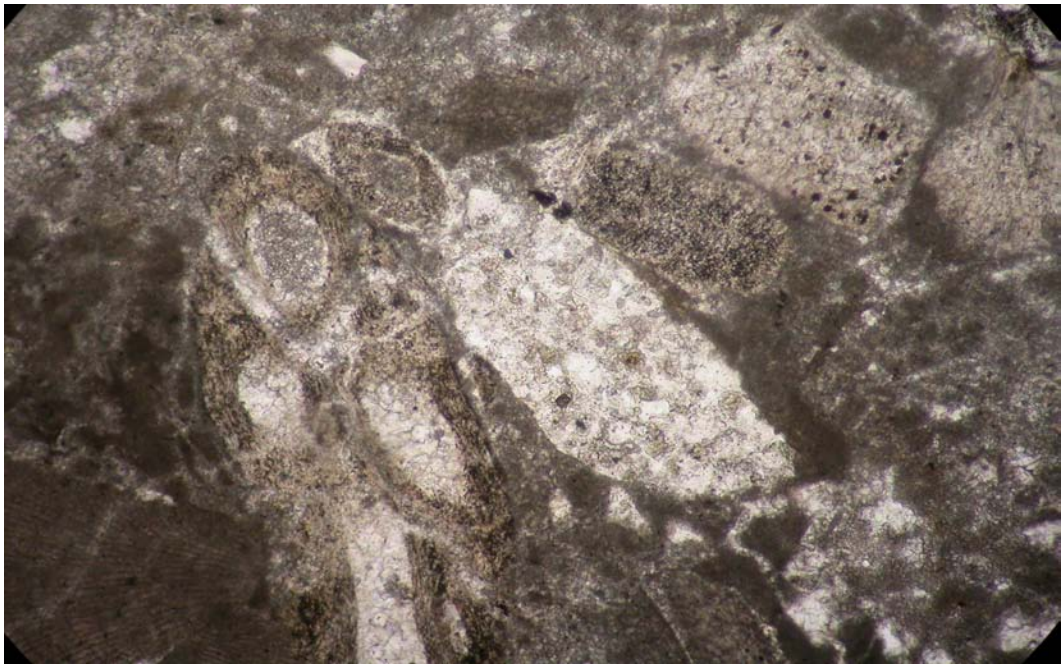
Mississippina binkhorsti (REUSS)

Alg, bryzoa ve *mercan*

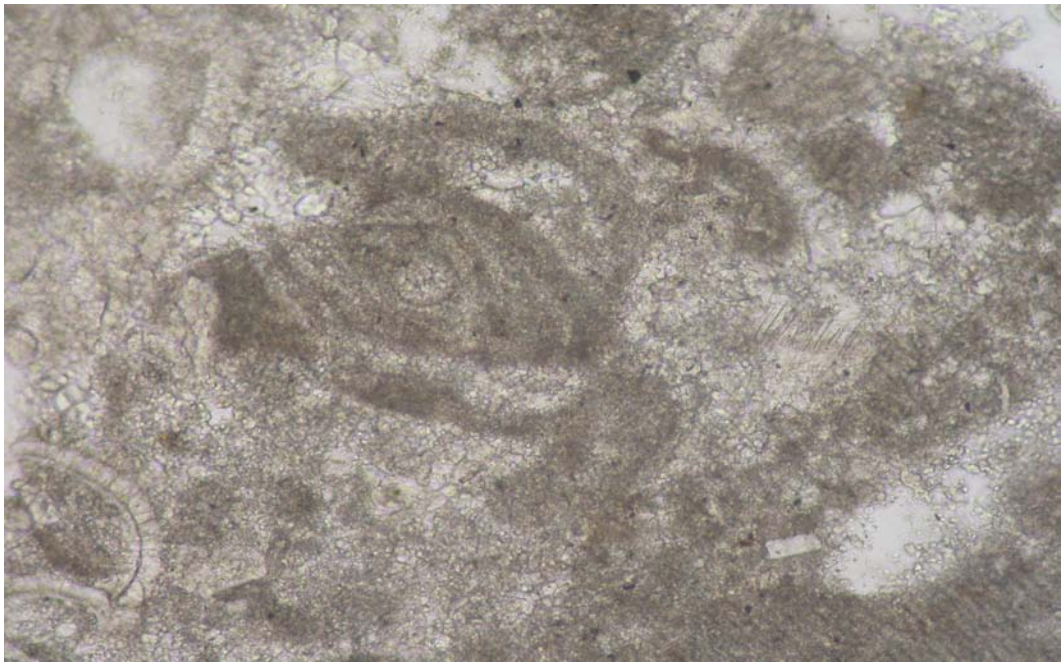
fosilleri saptanmıştır (Şekil 22-23-24-25-26-27).

Bu saptanan fosil topluluklarına dayanarak Sarıkaya formasyonunu yaşı Üst Kretase sonu –Paleosen- Alt Eosen olarak belirlenmiştir.

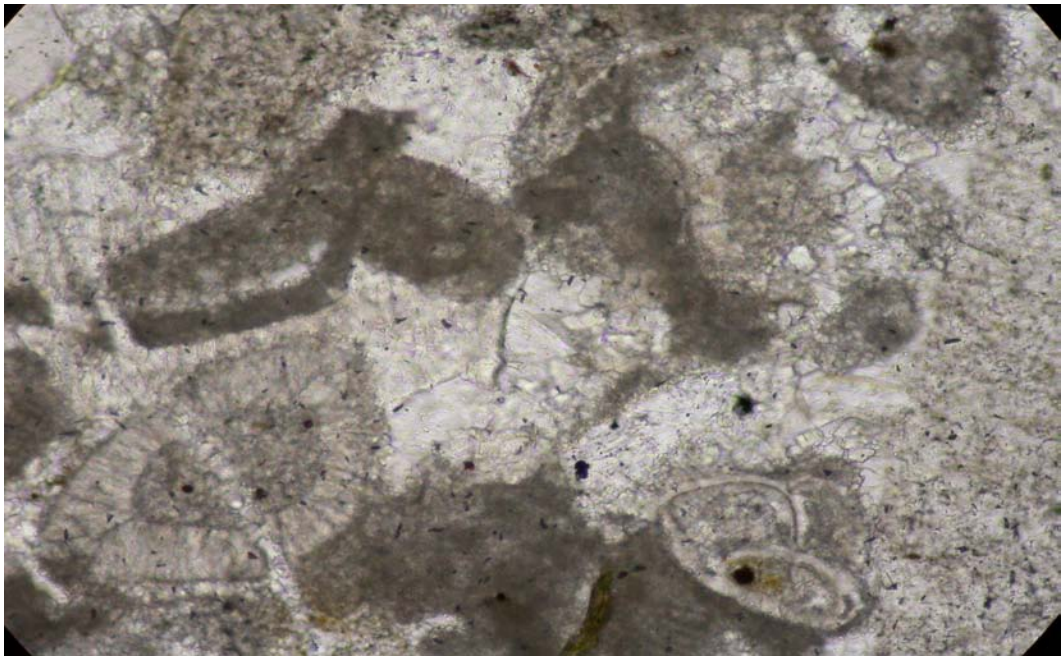
Şekil 22. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller (*İdalina sp*., *Miliolid* sp.) (X5-Çift nikol)



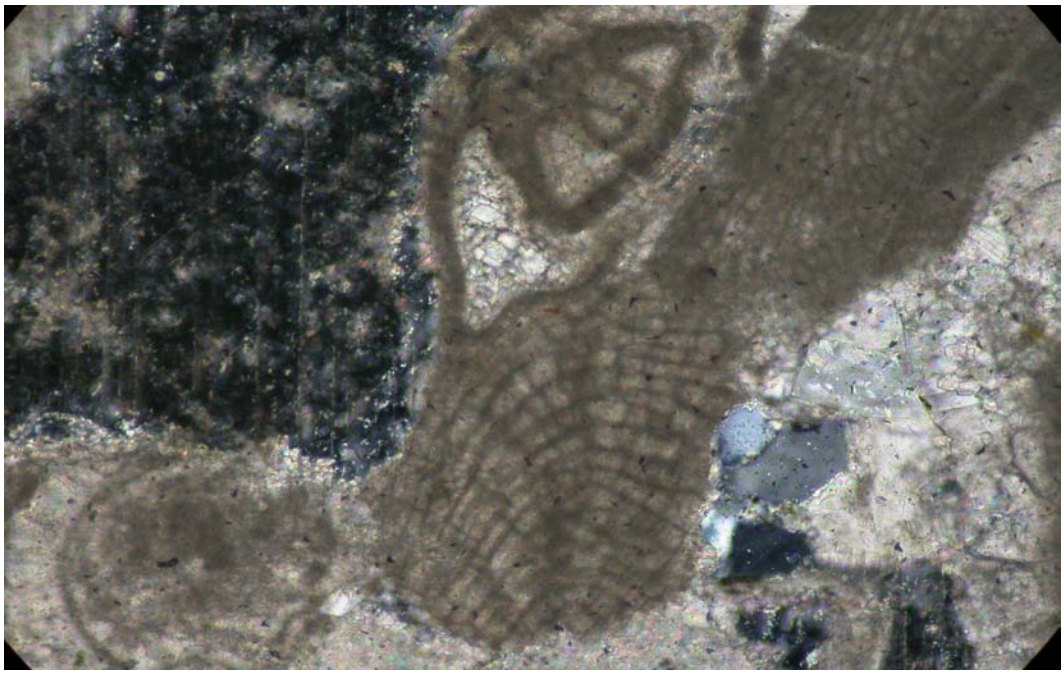
Şekil 23. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller (*Rotalia* sp). (X 5 -Tek nikol)



Şekil 24. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller *(Discocyclina sp.)* (X 20 -Tek nikol)



Şekil 25. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller (*Alg, bryzoa* ve *mercan)*
(X 10 -Tek nikol)



Şekil 26. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller *(Distickloplax biserialis)* (X20-Çift nikol)

Şekil 27. Sarıkaya formasyonu içerisinde fosiller *(Planobulina* sp.) (X20-Tek nikol)

Sarıkaya formasyonunun, çalışma alanı içerisinde gösterdiği fasiyes farklılıkları, ortamın kuzeyden güneye doğru derinleşen bir özellikte olduğunu ve kuzey kesimin oldukça sığ olduğunu göstermektedir

2.7. Çukurca Formasyonu

Cerit, (1983,1984) tarafından Mengen yöresinde tanımlanan Çukurca Formasyonu, özellikle çalışma alanının GD kesiminde yer almaktadır. Çukurca formasyonu yanal ve düşey fasiyes değişiklikleri göstermektedir.

2.7.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Çukurca formasyonu çalışma alanının GD kesiminde, KD-GB uzanımlı bir zon halinde gözlemlenmektedir. Çalışma alanında birim, morfolojik olarak önemli bir yükselim oluşturmamaktadır. Daha çok düz bir topoğrafya görünümüne sahiptir (Ek 1).

Çukurca formasyonu çalışma alanı içerisinde, çalışma alanının GD kesiminde Çömlekçiler, Alpagut, Ağaççılar ve Karamanlar köyleri kesiminde gözlenmektedir.

2.7.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Çukurca formasyonu çalışma alanı içerisinde oldukça düz bir topoğrafyaya sahiptir. Sarıkaya formasyonu ile Çukurca formasyonu arasında tektonik bir dokanak gözlenmektedir. Çalışma alanının doğu kesiminde Arkotdağı karışığının Çukurca formasyonu üzerine bindirdiği gözlenmektedir. Bu tektonik dokanak bindirme fayı niteliğindedir ve Değirmendere bindirme fayı olarak adlandırılmıştır (Canik, 1980). Sarıkaya formasyonu, bu tektonik dokanak boyunca Çukurca formasyonu üzerine bindirmiştir. Örencik formasyonu, Çukurca formasyonunun üzerine uyumsuzlukla gelmiştir.

Çalışma alanı içerisinde Çukurca formasyonu, bol fosilli kireçtaşı, kiltaşı ve kumtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Sarıkaya formasyonu ile arasındaki bindirme fayı, Çukurca formasyonu litolojileri üzerinde ezilmelere ve büyük ölçüde bloklaşmalara neden olmuştur (Şekil 28).

Şekil 28. Çukurca Formasyondaki bloklaşma (Çömlekçiler köyü civarı)

Sarı renkli bol fosilli (Nummulites, echinid, gastropoda), genellikle kalın tabakalı ve kısmen kumlu kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Çalışma alanında diğer birimler ile arasındaki sınırlar tektonik ve açısal uyumsuz olarak belirlenmektedir.

2.7.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Öztürk ve diğ., (1984) tarafından yapılan Merkeşler formasyonu olarak incelenen Çukurca formasyonunun yaşı Lütesiyen olarak saptanmıştır. Cerit, (1983,1984) tarafından Mengen yöresinde adlandırılmış ve yaşı Lütesiyen (Orta Eosen) olarak belirtilmiştir.

Canik, (1980) tarafından Bolu kuzeyinde Alt-Orta Eosen yaşlı Apalar formasyonu olarak tanımlanmış ve iki üyeye ayrılarak incelenmiştir. Aydın ve diğ., (1987) tarafından Bolu yöresinde, Eosen yaşlı Tokmaklar formasyonu olarak tanımlanan birim, Çukurca formasyonuna karşılık gelmektedir. Yığılca yöresinde tanımlanan Alaptura formasyonu yaş olarak Çukurca formasyonuna karşılık gelmektedir. Ancak, çalışma alanının GD kesiminde yayılım gösteren Çukurca formasyonu, Cerit, (1983,1984) tarafından Mengen yöresinde ve Sezen, (1983) tarafından Bolu kuzeydoğusundaki Pazarköy yöresinde tanımlanan formasyonlara benzerlik göstermekte ve deneştirilebilmektedir.

Çukurca formasyonuna ait örneklerden hazırlanan ince kesitlerden yapılan paleontolojik incelemelerde**;**

Nummulites sp.

Discocyclina sp,

Ranikothalina sp,

fosilleri saptanmıştır. Saptanan fosil topluluklarına ve önceki çalışmalara dayanarak Çukurca formasyonunu yaşı Orta Eosen olarak belirlenmiştir.

Çukurca formasyonu, hızlı bir malzeme getiriminin olduğu, sığ denizel bir ortamı temsil etmektedir. Çukurca formasyonunun alt seviyelerinde gözlenen Nummulitik kireçtaşları ortamın başlangıçta sığ denizel olduğunu daha sonra gelen kumlu kireçtaşı ise ortamın daha sonraki hareketlerle bağıl olarak derinleştiğini göstermektedir. Orta Eosen'de gelişen tektonik hareketlerle, incelenen alanda da, birimin üst seviyelerindeki kırıntılı sedimantasyon hızlanmış ve bölgenin genelinde yaygın olduğu gibi, KKB-GGD doğrultulu sıkışma kuvvetleri ile ilişkili olarak bu kesimde de bindirme fayları Orta Eosen sonlarında yoğun bir şekilde gelişmiştir.

2.8. Örencik Formasyonu

Örencik formasyonu, Aydın ve diğ. (1987) tarafından Bolu kuzeyinde adlandırılmış ve olası Pliyosen yaşı verilmiştir. Aynı birim, Kaya, (1982) tarafından "Baykanlı formasyonu" alarak adlandırılmıştır. Sulu karasal ortam çökellerinden oluşan Örencik formasyonu, Bolu ovasının kuzey kesimlerinde yaygın olarak yer almakta ve yer yer küçük taraçalar oluşturmaktadır (Ek 1).

2.8.1. Dağılım ve topoğrafya görünümü

Örencik formasyonu çalışma alanının kuzey kesiminde ve güneydoğu kesiminde büyük mostralar halinde gözlenmektedir. Örencik formasyonun yüzeylediği birinci mostra, çalışma alanının güneydoğu kesiminde kalan Sarıcalar ve Salıbeyler köylerinin olduğu bölge bulunmaktadır (Şekil 29).

Formasyonun yüzeylediği ikinci mostra ise, Kozlu köyü civarında gözlenmektedir ve buradan KD-GB doğrultulu bir uzanıma sahiptir. Kızılağıl köyü civarında küçük bir mostra şeklinde Karadere metamorfitleri gözlenmektedir. Gözlenen bu Karadere metamorfitleri mostrası, Kızılağıl köyü civarında Örencik formasyonunun Karadere metamorfitlerini uyumsuz olarak örttüğünü göstermektedir.

Çalışma alanında mostralar halinde gözlenen Örencik formasyonu çökelleri önemli bir yükselim oluşturmamaktadır.

2.8.2. Alt-üst sınırlar ve litoloji

Örencik formasyonu, Bolu ovası çevresinde, yarı pekişmiş, iyi yuvarlaklaşmış, karbonat çimentolu konglomeralar, kırmızı ve kahverengi çamurtaşları, pekişmemiş ve/veya yarı pekişmiş kumtaşları ve kil matriksli breşik konglomeralardan oluşmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde Örencik formasyonu, pliyosen öncesi birimler üzerinde açısal uyumsuzlukla yer almakta, daha genç alüvyonal oluşuklar ve yamaç molozları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Şekil 29. Örencik Formasyonu içerisinde bulunan konglomera litolojilerinden görünüm (Salıbeyler Köyü).

Çalışma alanında Örencik formasyonu, kendinden daha yaşlı tüm birimleri açısal uyumsuzla örtmektedir. Ayrıca birim üzerine yine açısal uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

Çalışma alanında Örencik formasyonunun kalınlığı, daha önce yapılan çalışmalara ve arazi gözlemlerine göre 200 metre civarındadır.

2.8.3. Yaş, karşılaştırma ve yorum

Örencik formasyonu, Aydın ve diğ., (1987) tarafından Bolu kuzeyinde adlandırılmış ve olası Pliyosen yaşı verilmiştir. Aynı birim, Kaya, (1982) tarafından "Baykanlı formasyonu" alarak adlandırılmıştır. Canik, (1980) ise birimi Pliyosen yaşlı olarak belirlemiş ve formasyon adlaması yapmamıştır. Çalışma alanında, Örencik formasyonu litolojileri içerisinde fosil bulunamamıştır.

Birimin stratigrafik konumu ve çalışma alanının çevresinde yaş verilmiş olan benzer litolojiler ile deneştirilmesi sonucunda, Örencik formasyonunun yaşı Pliyosen

olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, Aydın ve diğ., (1987)'in önerdiği birim adlaması kullanılmıştır. Örencik formasyonu litolojileri çalışma alanının bazı kesimlerinde genç tektonik hareketlerden etkilenmeden yaklaşık yatay konumda bulunmaktadır. Ancak ilgili birim çalışma alanındaki Sarıcalar köyü civarında tektonik deformasyon izlerini yansıtmaktadır (Şekil 30).

Şekil 30. Örencik Formasyondaki deformasyon izleri (Sarıcalar Köyü)

Örencik formasyonu, çalışma alanında, neotektonik olayların sedimanter ürünleri olarak gözlenmektedir. Orta Eosen'den sonra, Alpin Orojenezinin Pirenien fazı ile çalışma alanını da içine alan bölge, güncel tektoniğini genel olarak kazanmış bulunmaktadır (Cerit, 1983, 1984). Örencik formasyonu, aktif olan tektonik hareketlere bağlı olarak gelişen bu alanlarda çökelmiştir.

Bolu ovasının kuzey kesimlerinde Örencik formasyonunun yer yer taraçalar oluşturması, Pliyosen yaşlı tektonik kuvvetler ile bölgenin yükseldiğinin kanıtlarıdır. Ayrıca birim litolojilerinde belirli bir eğim saptanmıştır. Bu veri de birimin oluşmasını takip eden dönemde de KAFZ'nu hareketlendiren güncel tektonik kuvvetlerin etkisinde olduklarını göstermektedir.

2.9. Kuvaterner Oluşukları

Kuvaterner oluşukları, çalışma alanında, haritalanabilir ölçekte akarsu çökelleri ve eski akarsu taşkın düzlüğü alüvyonları olarak gözlenmektedir. Bu çökeller, akarsu yataklarında, eski çukurlar üzerinde gelişmiş düz alanlardaki çakıllı-kumlu kil, kum, kumlu kil, yamaç döküntüleri ve birikinti konilerinden oluşmaktadır.

Çalışma alanında yüzeyleyen tüm birimler, yatay bir şekilde, bu genç çökeller tarafından açısal uyumsuz olarak örtülmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar genel olarak çakıl ve blok boyutundan ince silt ve kil boyutuna kadar değişen büyüklükteki malzemeden oluşmaktadır (Ek 1).

3. TEKTONİK

Çalışma alanı, Türkiye'yi doğudan batıya kat eden ve son derece aktif olan "Kuzey Anadolu Fay Zonu" (KAFZ) üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanı, Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinin etkisiyle oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. KAFZ' nin kuzeyinde ve güneyinde yer alan bölgeler Geç Miyosen başına kadar farklı tektonik rejimlerin etkisinde ve Geç Miyosen başından itibaren günümüze kadar geçen zaman diliminde ise aynı tektonik rejimin etkisi altında kalmıştır (Şengör, 1980; Öztürk ve diğ., 1985). Bu nedenle çalışma alanının tektonik evrimi; "Prekambriyen Dönemi", Geç Miyosen başına kadar olan tektonik evre " Paleotektonik Dönem" ve Geç Miyosen başından itibaren günümüze kadar olan ve günümüzde de devam eden evre ise " Neotektonik Dönem" olarak üç ayrı evrede anlatılmıştır.

3.1. Prekambriyen Dönemi

Çalışma alanında, metasedimanlardan oluşan Prekambriyen yaşlı kayaçlar Karadere Metamorfitleriyle temsil edilmektedir. Karadere Metamorfitlerinin yaşı, stratigrafik pozisyonuna ve yakın yörelerde tanımlanmış benzer litolojilerle deneştirilmesi ile verilmiştir. Karadere Metamorfitleri gnayslarının üst seviyelerinin en üstünde kuvarsit ve mermerlerin yer alması, bu dönemde gittikçe sığlaşan bir çökelme ortamının varlığını göstermektedir.

Litolojik özellikleri ile kıtasal kabul malzemesi niteliği gösteren Karadere Metamorfitleri, muhtemelen Paleozoyik öncesi dönemde Avrasya kıtasının güney kenarlarına aittir.

3.2. Paleotektonik Dönem

Çalışma alanındaki Paleozoyik yaşlı birimlerin en yaşlısı, Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Işığandere formasyonudur. Kaba ve ince taneli kırıntılardan oluşan birim, bölgede şiddetli bir bölgesel yükselme ve hızlı bir erozyon geliştiğini göstermektedir. Bu evrede Pontitler, halen Avrupa kıtasının güney kenarlarında yer almaktadır. Anadolu

plakası ise, Arap plakası ile birlikte Afrika kıtasının kuzey kenarlarını oluşturmaktadır (Adamia ve diğ., 1981, Şengör ve Yılmaz 1981). Birim bu yörede daha çok, hızlı bir malzeme getiriminin sağlandığı muhtemel büyük bir denizaltı yelpazesi çökelimi şeklinde gelişmiştir (Cerit,1990).

Çalışma alanını da içerisine alan bölgede, Paleotektonik dönemde genellikle çekme ve sıkıştırma türü tektonik evreler birbirini izlemiştir (Öztürk ve diğ., 1985). Üst Jura öncesinde Avrasya ve Afrika kıtaları arasında yer alan Tetis denizi, Anadolu bloğu tarafından ikiye ayrılmaktaydı (Şengör,1980). Üst Jura'da Anadolu bloğunun kuzey kesiminde deniz trangresyonu (Çekme tektoniği) ve blok faylanmalar ile sığ şelf oluşmuş ve bu şelfe karbonatlar çökelmiştir.

Üst Kretase'de, sığ denizin derinleşmeye başlamasıyla beraber, çalışma alanında, Paleozoyik yaşlı birimlerin oluşturduğu pleotopoğrafya üzerinde, Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonu, derin deniz filişi fasiyesinde çökelmiştir.

Üst Kretase sonunda bölgenin sıkışma tektoniği etkisi altına girmesiyle aradaki okyanus yavaş yavaş kapanmaya başlamıştır (Öztük ve diğ., 1985). Artan sıkışma tektoniği etkisiyle Anatolit ve Pontitlerin çarpışması sonucu aradaki okyanus tamamen yitmiş ve çarpışmayı gösteren doğu-batı uzanımlı bindirmeler, ters faylar gelişmiş ve bölgede gözlenen Arkotdağı Karışığının yerleşimi gerçekleşmiştir.

Arkotdağı Karışığının yerleşmesinden sonra, kısa bir dönem su üstünde kalan bölge, Paleosen'de transgresif bir özellik kazanmış ve Paleosen ortalarına doğru çekme tektoniğine bağlı olarak daha da derinleşmiş ve bu bölgede neritik ve litoral ortamın ürünü olan birimler çökelmiştir.

Sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen dağ arası havzalarda karbonat oluşumları yaygın bir şekilde gelişmiş, neritik ortamı karakterize eden Orta Eosen yaşlı nummulitli kireçtaşları, marn ve çakıltaşları ile seyrek ardalanmalı olarak Çukurca formasyonu depolanmıştır. İnceleme alanını içerisine alan bölge, Çukurca formasyonunun oluşumunu takip eden süreçte, sıkışma rejiminin etkisi ile daha da yükselerek sedimantasyonda bir ara verme söz konusu olmuştur.

K-G doğrultulu sıkışma tektoniği, Miyosen başlarında da etkisini sürdürmüş ve bölge nispeten yükselmiş ve KAFZ gelişmiştir. Bu aynı zamanda da Türkiye ve yakın çevresi için neotektonik dönemin başlangıcı olarak kabul edilmiştir (Şaroğlu ve diğ,1985).

3.3. Neotektonik Dönem

Bölgede KAFZ' nun oluşumundan günümüze kadar ve günümüzde de devam etmekte olan tektonik yapı, olay ve bunlara bağlı oluşumları kapsayan tektonik dönem "Neotektonik Dönem" olarak adlandırılmıştır (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Yaklaşık güneydoğu Anadolu sınırımızı izleyerek doğuya ve batıya devam eden Avrasya-Arap levha sınırı, günümüzde aktif olan levha sınırlarından biridir. Arap plakasının Avrasya plakasının altına daldığı bu bölgede yaklaşık 200 milyon yıl önce oluşmuş Tetis okyanusu bulunuyordu (Şengör, 1980; Şaroğlu ve diğ, 1985).

Yaklaşık 65 milyon yıl önce Atlantik okyanusundaki genişlemenin kuzeye ittiği Afrika levhası, Tetis okyanusunun doğu yanını kapatmış ve bugünkü Akdeniz'i oluşturmuştur (Şengör, 1980; Şaroğlu, Şengör ve Görür, 1985).

Kızıldeniz boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılması, Arap levhasını Afrika levhasından ayırmış ve kuzey ilerlemesini sağlamıştır. Böylece Arap levhası Avrasya levhasının altına dalmaya başlamış ve yaklaşık güneydoğu sınırımızdan geçen bir hat boyunca Anadolu'yu sıkıştırmaya başlamıştır. K-G doğrultulu sıkışma rejimi altında kalan Anadolu bloğu, bu sıkışmayı kıvrılıp kalınlaşarak karşılamaya çalışmıştır. Ancak, giderek artan K-G doğrultulu sıkışma nedeniyle Anadolu bloğu bu sıkışmayı batıya doğru hareket ederek karşılamıştır. Anadolu bloğunun batıya hareketiyle beraber bölgenin neotektonik dönemdeki gelişimini belirleyen KAFZ ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) oluşmuştur. Bu büyük fay zonlarının oluşumu aynı zamanda Türkiye ve yakın çevresi için neotektonik dönemin başlangıcı olarak kabul edilmiştir (Şengör, 1980).

Neotektonik dönemin önemli elemanlarını, değişik karasal ortamlarda (akarsu yatağı, delta ve göl ortamları) çökelen ve neotektonik hareketler ile nispeten deforme olmuş tortullar ile bunları denetleyen doğrultu atımlı faylar oluşturmaktadır. Çalışma alanının yakın çevresine bakıldığında genel olarak, travertenler, sıcak su kaynakları, maden suları ve küçük göllerin birbirlerini izleyen doğrultularda ve KAFZ' nin bölgede oluşturduğu çizgisellik boyunca dizildikleri gözlenmektedir. Bu durum neotektonik dönemde oluşan faylanmaları işaret etmektedir.

3.4. Tabakalanma

Çalışılan alanın temelini oluşturan Prekambriyen yaşlı Karadere Metamorfitlerinden, sistematik tabaka ölçümleri alınmamıştır. Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Işığandere Formasyonu içerisinde değişik lokasyonlarda yapılan 10 adet tabakalanma ölçümleriyle hazırlanan diyagramlara bakıldığında birim genel olarak KKB-GGD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında kaldığı anlaşılmaktadır. İlgili doğrultuda sıkışma rejimi altında kalan birimin egemen tabaka doğrultusu KD-GB, KB-GD ve egemen eğim yönü ise KB ve KD olarak belirlenmiştir. Tabakaların eğim değerlerinin ise 10-20º arasında yığılım gösterdikleri anlaşılmaktadır (Şekil 31).

Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Işığandere formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelen Ordovisiyen- Alt Deoniyen yaşlı Kocadere formasyonu çalışma alanında önemli bir alanda gözlenmektedir. Kocadere formasyonundan alınan 40 adet tabakalanma ölçümlerinden hazırlanan diyagramlara bakıldığında, birim genel olarak KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında kaldığı anlaşılmaktadır.

Birimin egemen tabaka doğrultusu KD-GB, egemen eğim yönü ise KB-GD olarak belirlenmiştir. Birimi ait tabakaların eğim değerlerinin ise 20-30º arasında yığılım gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 32).

Ordovisiyen-Alt Devoniyen yaşlı Kocadere formasyonunu üzerine uyumsuzlukla gelen Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonundan alınan 50 adet tabaka ölçümleriyle hazırlanan diyagramlar incelendiğinde, Hızardere formasyonunun KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında kaldığı belirlenmiştir. KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi etkisi altında kalan Hızardere formasyonunun egemen tabaka doğrultusu KD-GB , egemen eğim yönü ise KB olarak belirlenmiştir. Hızardere formasyonuna ait tabakaların eğim değerlerinin ise 40-60º arasında yığılım gösterdikleri anlaşılmaktadır (Şekil 33).

Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonunun üzerine tektonik olarak gelen Maastrihtiyen yerleşim yaşını veren Arkotdağı Karışığından, tabaka ölçümü alınsa bile elde edilecek sonuçla Karışık özellikteki birimin yapısal anlamda yorumlanması açısından anlamlı olmayacağından dolayı tabaka ölçümü alınmamıştır.

Maasrihtiyen yaşlı Arkotdağı Karışığı üzerine uyumsuzlukla gelen Üst Kretase sonu- Paleosen-Alt Eosen yaşlı Sarıkaya formasyonu ise genel olarak KB-GD

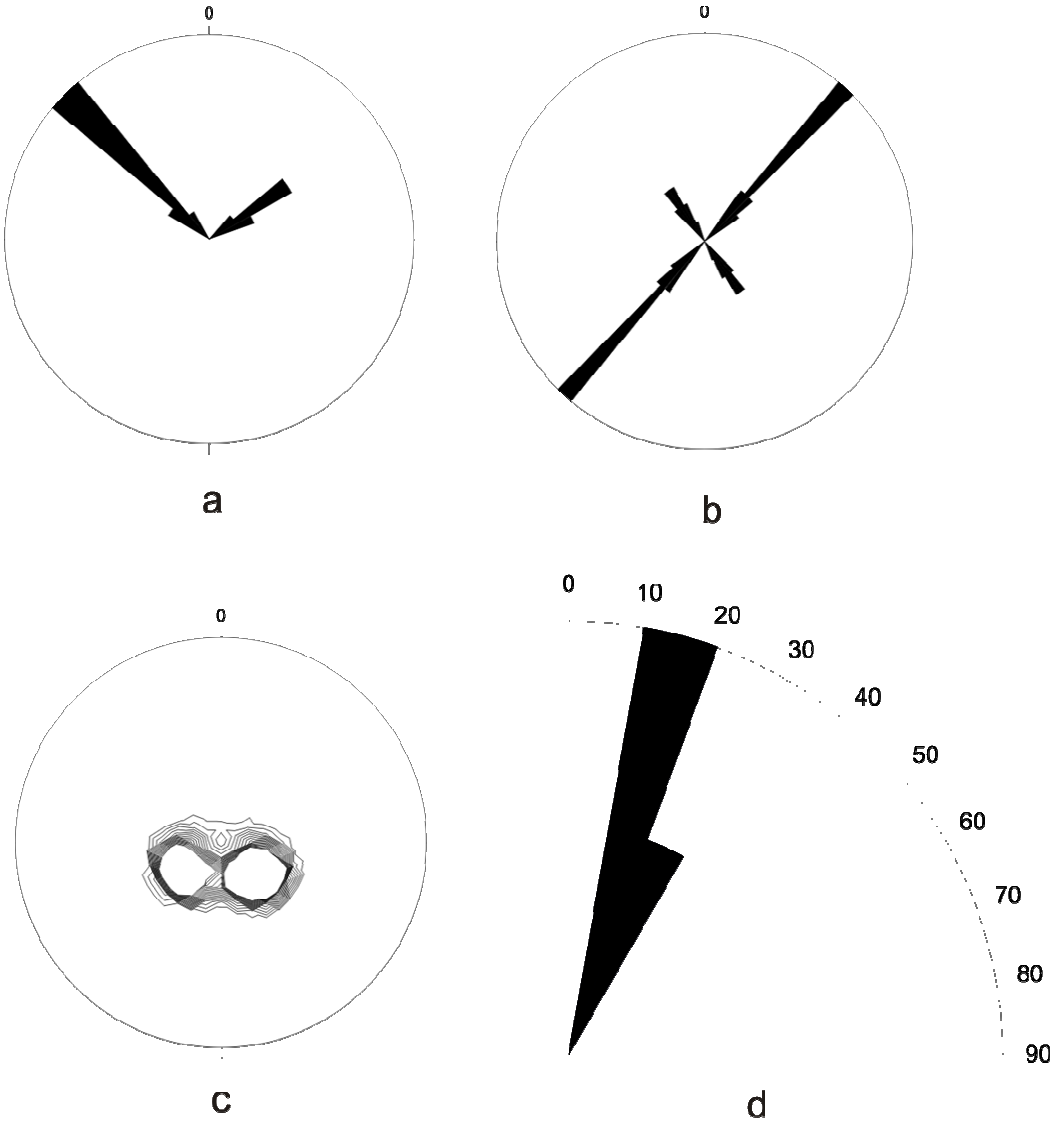
doğrultulu bir sıkışma rejimi altında kaldığı, egemen tabaka doğrultularının ise KD-GB olduğu belirlenmiştir.

Üst Kretase sonu- Paleosen-Alt Eosen yaşlı Sarıkaya formasyonunun üzerine uyumlu olarak yerleşen Orta Eosen yaşlı Çukurca formasyonunun değişik seviyelerinden alınan 30 adet tabakalanma ölçümleriyle hazırlanan diyagramlara bakıldığında birimin KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi etkisinde kaldığı anlaşılmaktadır. Bu doğrultulu sıkışma rejimi etkisi altında kalan birimin egemen tabakalanma doğrultusunun KD-GB olduğu belirlenmektedir. Tabakaların egemen eğim yönü ise KB olarak tespit edilmiştir. Eğim değerleri ise 50-60^{o} arasında yığılım göstermektedir (Şekil 34).

Yapılan tabakalanma analizleri sonucunda birimlerin genel olarak KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında eğim kazandıkları anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak gelişen egemen tabakalanma doğrultusunun KD-GB olduğu belirlenmiştir. Birimlerin egemen eğim yönü ise KB olarak belirlenmiştir.

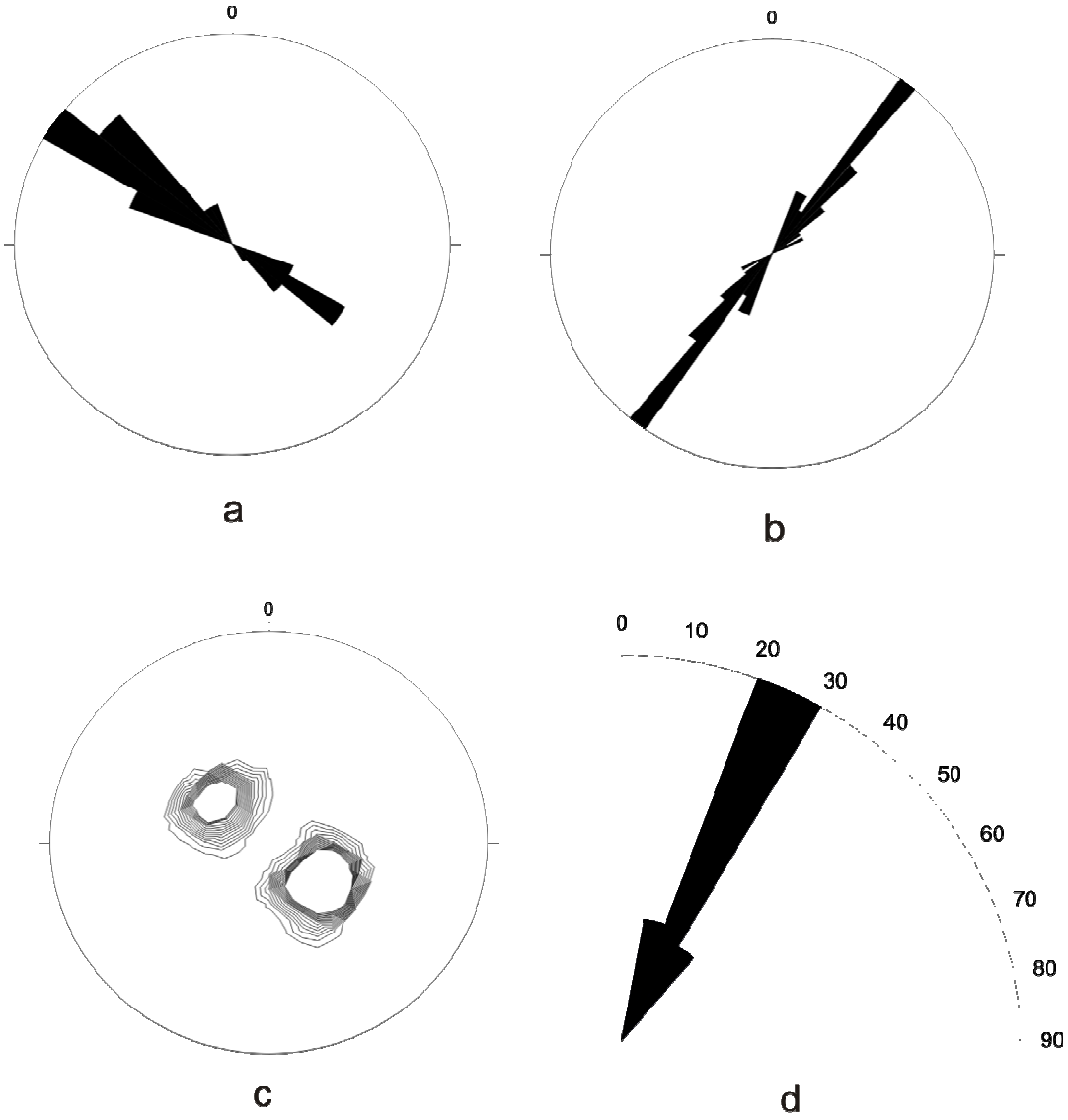
Sonuç olarak, çalışma alanındaki çeşitli yaştaki birimlerin tabaka konumlarındaki değişikliğe neden olan kuvvetlerin KB-GD doğrultulu sıkışma özelliğinde olduğu ve bunun da neotektonik dönemi ifade ettiği düşünülmektedir. Türkiye ve yakın çevresini Geç Miyosen başından itibaren etkileyen K-G doğrultulu sıkışma rejiminin, Bolu Ovası ve yakın çevresinde KB-GD doğrultusunda etkili olduğu söylenebilir.

Yapılan tabaka analizleri sonucunda elde edilen verilere dayanarak, çalışma alanında yüzeyleyen Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Işığandere formasyonu, Ordovisiyen- Alt Devoniyen yaşlı Kocadere formasyonu, Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonu, Maastrihtiyen yerleşim yaşını veren Arkotdağı Karışı, Üst Kretase sonu- Paleosen-Alt Eosen yaşlı Sarıkaya formasyonu ve Orta Eosen yaşlı Çukurca formasyonu neotektonik dönem olaylarından şiddetli biçimde etkilendiklerinden, yapılan analizlerde bu döneme ait veriler ön plana çıkmaktadır. Ancak, inceleme alanında belirlenen Değirmendere ve Çukurviran bindirme fayları gibi tektonik yapılar paleotektonik dönem olaylarının izlerini yansıtmaktadırlar.



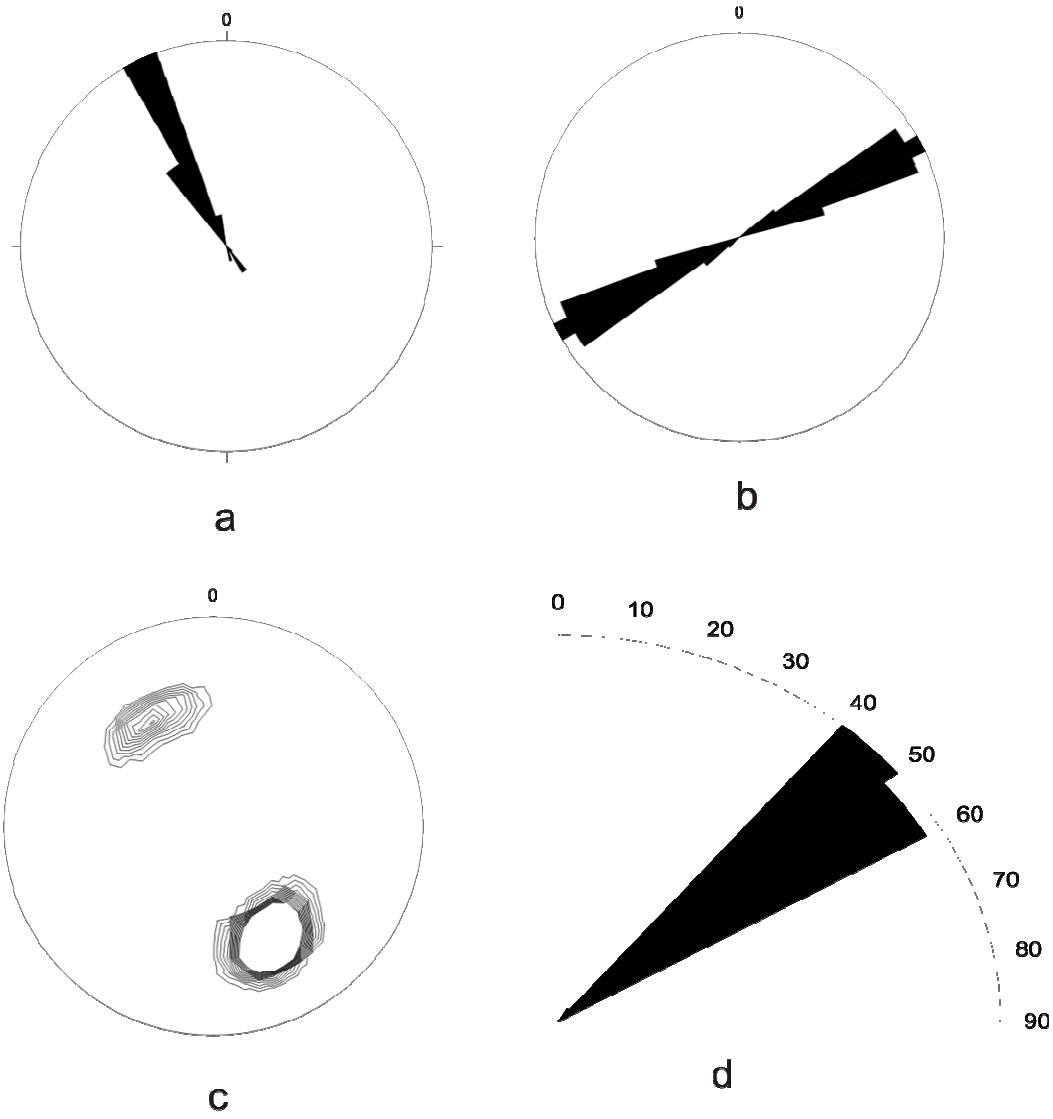
a) Eğim yönü gül diyagramı
b) Doğrultu gül diyagramı
c) Eşit alan stereografik projeksiyonu
d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 31. Ordovisiyen-Alt Silüriyen yaşlı Işığandere Formasyonuna ait tabakalanma analizleri (10 adet).



a) Eğim yönü gül diyagramı
b) Doğrultu gül diyagramı
c) Eşit alan stereografik projeksiyonu
d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 32. Silüriyen - Alt Devoniyen yaşlı Kocadere formasyonuna ait tabakalanma analizler (40 adet).



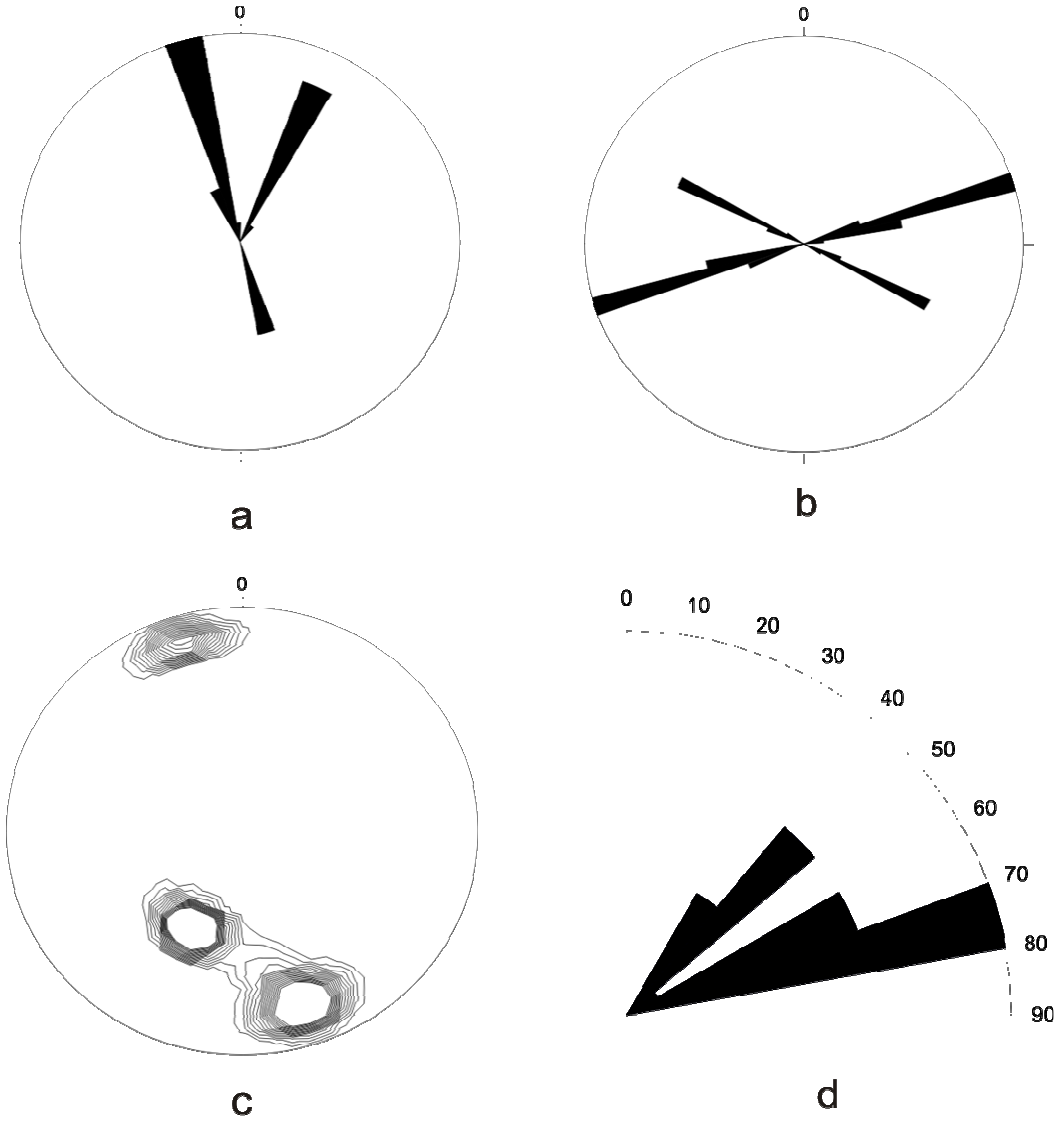
a) Eğim yönü gül diyagramı

b) Doğrultu gül diyagramı

c) Eşit alan stereografik projeksiyonu

d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 33. Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonuna ait tabakalanma analizler (50 adet).



a) Eğim yönü gül diyagramı
b) Doğrultu gül diyagramı
c) Eşit alan stereografik projeksiyonu
d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 34. Orta Eosen yaşlı Çukurca formasyonuna ait tabakalanma analizler (30 adet).

3.5. Kıvrımlanma

Çalışma alanının doğu kesiminde Fasıl köyü Kuzeybatısında Fasıl devrik senklinali gözlenmektedir. Ayrıca çalışma alanının batı kesiminde Hızardere devrik senklinali gözlenmektedir. Arazi gözlem ve bulguları ilgili kıvrımın devrik karakterde olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında değişik yaştaki birimler, Arkotdağı karışığına ait litolojiler arasında sıkışmış olarak yer almaktadır.

İncelen alanın yer aldığı bölgede, KB-GD sıkışması, bölgenin mevcut egemen yapısal özelliklerinin oluşmasında rol oynamıştır. Bu bölgede kırık tektoniği hakimdir. Büyük ve kapsamlı kıvrımlı yapılar ancak yerel önem taşıyacak nitelikte gelişebilmiştir. Çalışma alanında gözlenen bindirme fayları özellikle çalışma alanının doğusundaki bindirme fayları daha sonra doğrultu atımlı sağ yönlü faylar tarafından kesilerek ötelenmişlerdir.

Bölgede KAFZ'nun genel karakteri ile deneştirildiğinde yapısal yorum açısından, kırık tektoniğinin en önemli elemanları doğrultu atımlı faylardır.

3.6. Eklem Sistemleri

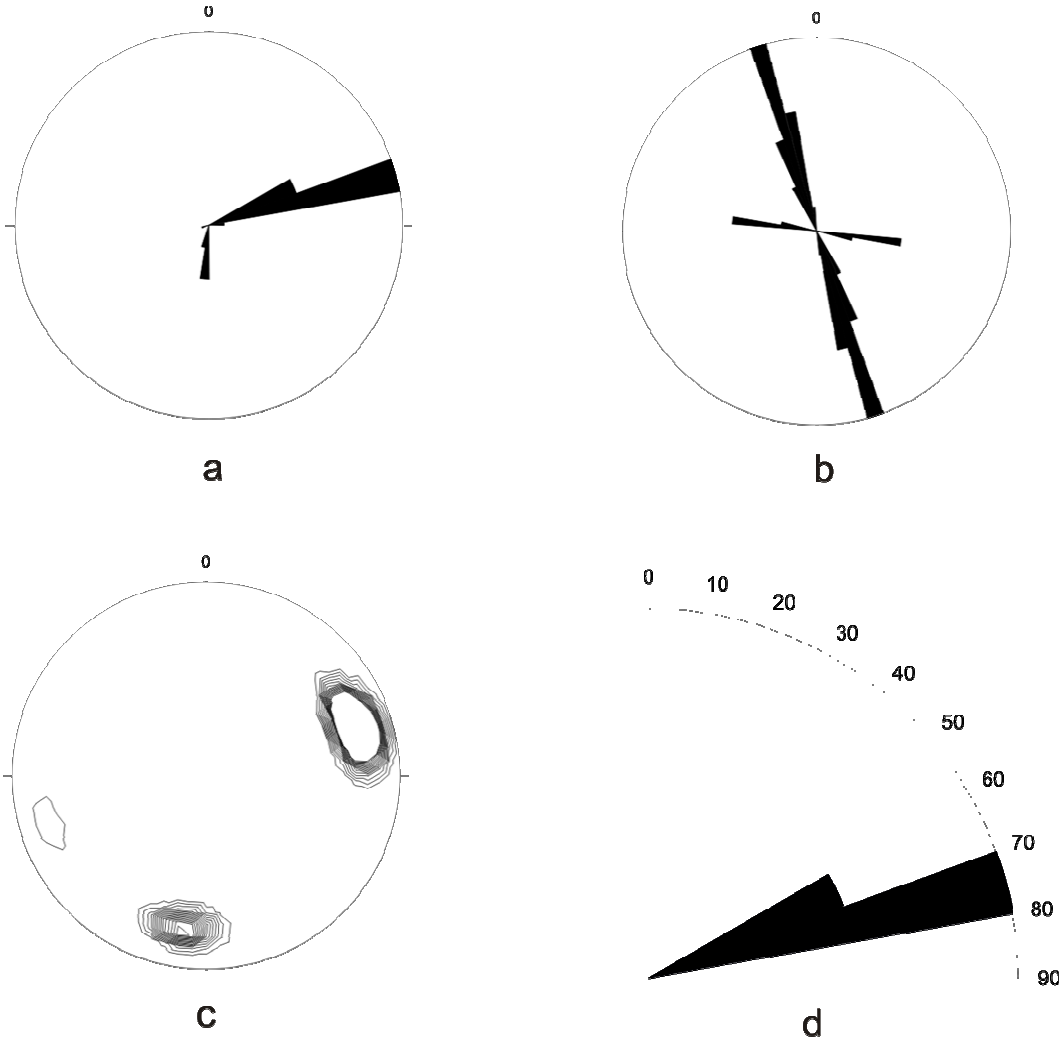
Çalışma alanı ve yakın çevresinin ileri derecede deformasyona uğraması nedeniyle çeşitli doğrultularda eklem sistemleri gelişmiştir. Hızardere formasyonu ve Çukurca formasyonu oldukça kırılgan yapıda olduğundan dolayı, eklem sistemleri oldukça belirgin gelişmiştir. Bu nedenle çalışma alanında mostra veren birimlerden sadece, Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonu ve Orta Eosen yaşlı Çukurca Formasyonuna ait litolojiler içerisinde eklem sistemleri ölçülmüştür.

Maastrihtiyen yerleşim yaşını veren Arkotdağı Karışığını oluşturan litolojilerin tam anlamıyla birbirleriyle tektonik olarak karışmış olmaları nedeniyle herhangi bir eklem ölçümü yapılmamıştır. Pliyosen yaşlı Örencik Formasyonu genel olarak ayrışmış bir örtü şeklinde yer almakta ve genç olması nedeniyle ölçüme uygun eklem sistemleri içermemektedir.

Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde gelişmiş olan eklem sistemlerinden alınan ölçümler ile hazırlanan diyagramlar incelendiğinde, gelişen eklem sistemlerinin genel olarak KB-GD doğrultulu oldukları ve çoğunlukla KD'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Eğim değerleri ise 60-80^{o} arasında

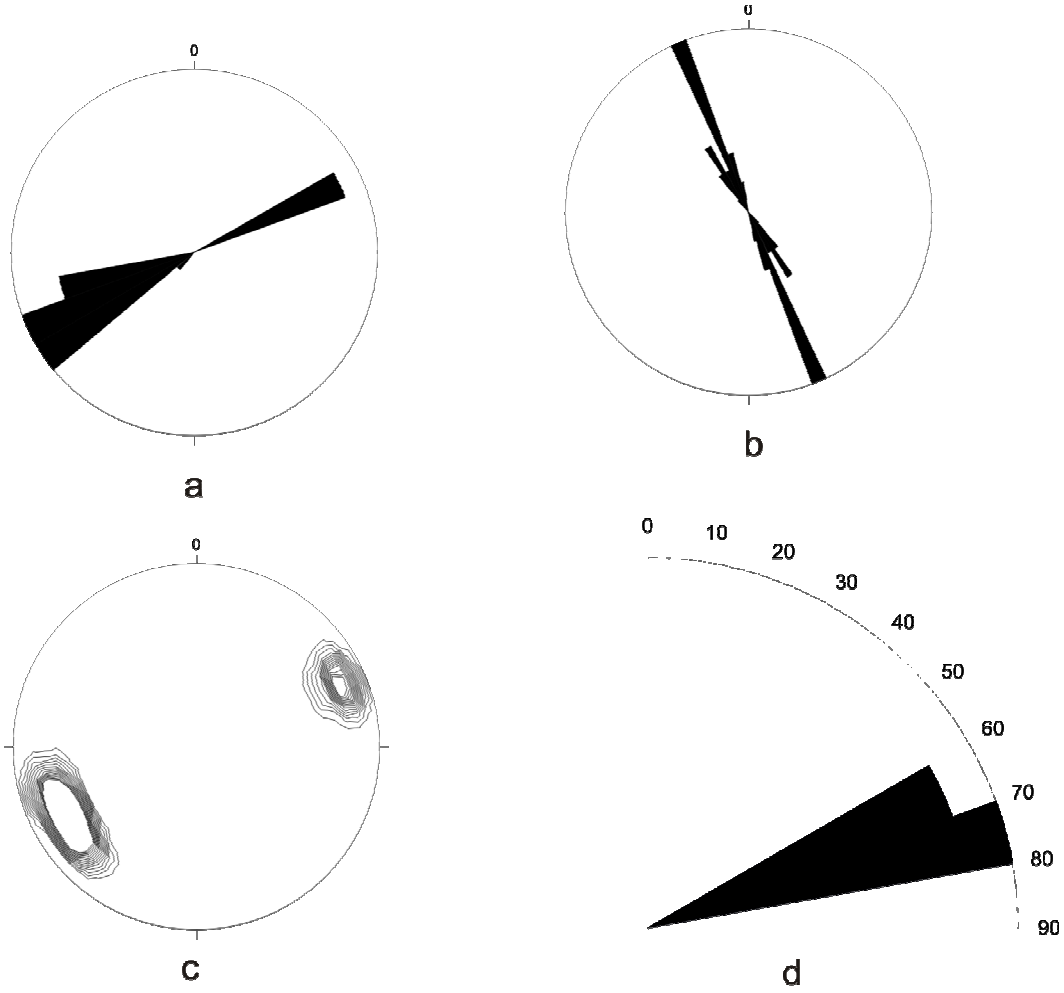
gözlenmekle birlikte, yoğun olarak 70-80º arasında yoğunlaştıkları görülmektedir. KB-GD doğrultulu eklem sistemlerini oluşturan sıkışma kuvvetleri yorumlanırken, bu eklemlerin bulunduğu kesimdeki bindirme fayları ile senklinal yapıları birlikte ele alındıklarında, KB-GD doğrultulu gelişen eklemler tansiyon eklemleridir. Bu tansiyon eklemleri, genel sıkışma doğrultusu ile uyumlu konumda bulunmaktadırlar. Genel sıkışma yönüne verev olarak bulunan çok az sayıdaki eklemler ise makaslama eklemleri olarak tanımlanmıştır ve KKD-GGB uzanımlıdırlar. Hızardere formasyonunun eklem analizi sonucunda elde edilen KB-GD doğrultulu sıkışma, aynı birim için yapılan tabakalanma analizi sonucunda da elde edilmiştir; bu birime ait tabakalanmalar genel olarak KD-GB uzanımlı ve eğim yönleri de genellikle KB'dır (Şekil 35).

Orta Eosen yaşlı Çukurca formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde gelişmiş olan eklem sistemlerinden alınan ölçümler ile hazırlanan diyagramlara bakıldığında, gelişen eklemlerin genel olarak KB-GD doğrultulu oldukları ve çoğunlukla GB yönünde eğim kazandıkları görülmektedir. Eğim değerleri ise 60-80º arasında bir yığılım göstermektedirler. KB-GD doğrultulu eklemleri oluşturacak sıkışma doğrultusu ise bu birim ile ilişkili olarak gelişen bindirme fayının oluşumunda etkili olan tektonik kuvvetler ile ilişkili şekilde düşünüldüğünde KB-GD'dur. KB-GD doğrultulu eklem sistemleri, gevrek özellikteki kireçtaşlarında gelişen ve KB-GD doğrultulu sıkışma yönüne paralel olarak gelişmiş olan tansiyon eklemleridir. Bu lokalitede ölçülen eklemlerin kuvvet yönleri ile uyumlu doğrultuda olanları arasında, makaslama eklemlerine göre oldukça fazla ayırım yüzey aralıkları vardır. Ayrıca, sıkışma yönünü verev olarak kesen eklemler ise makaslama eklemleri olarak yorumlanmıştır (Şekil 36).



a) Eğim yönü gül diyagramı
b) Doğrultu gül diyagramı
c) Eşit alan stereografik projeksiyonu
d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 35. Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonuna ait kireçtaşı seviyesi içerisinde gelişmiş eklem sistemlerine ait analizler.



a) Eğim yönü gül diyagramı

b) Doğrultu gül diyagramı

c) Eşit alan stereografik projeksiyonu

d) Eğim şiddeti analizi

Şekil 36. Orta Eosen yaşlı Çukurca formasyonuna ait kireçtaşı seviyesi içerisinde gelişmiş eklem sistemlerine ait analizler.

3.7. Faylar

Çalışma alanında gözlenen tektonik yapılar, bölgenin, Alpin orojenik hareketleri ile yaklaşık KKB-GGD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında kaldığını göstermektedir (Cerit, 1990). Bu etkiler nedeniyle, bölgede, yaklaşık KD-GB doğrultulu bindirme fayları gelişmiştir. Çalışma alanında yer alan değişik ölçeklerdeki kıvrımların genel uzanımları da, bu faylara yaklaşık paralel olarak gözlenmektedir. Ayrıca, bölgede genel uzanımları KB-GD doğrultu atımlı yırtılma özelliğindeki faylar da gelişmiştir. Bu faylar çalışma alanının aktif fay haritasında ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Ek 3).

3.7.1. Bindirme fayları

3.7.1.1. Çukurviran bindirme fayı

Çukurviran bindirme fayı, çalışma alanının kuzeydoğu kesiminde, Kozlu köyü civarlarında, Arkotdağı Karışığının, Hızardere formasyonu üzerine ötelenmesi şeklinde gözlenmektedir. Söz konusu fay Cerit, (1990) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanının büyük bir kesiminde gözlemlenen ve genel olarak DKD-BGB doğrultusunda uzanan Çukurviran bindirme fayı boyunca gözlenen birimlerde, bindirme düzlemi boyunca breşleşme ve ezilmeler bulunmaktadır.

3.7.1.2. Değirmendere bindirme fayı

Çalışma alanında devamlılığı en fazla olan ve bariz bir şekilde gözlenebilen bu fay, DKD-BGB doğrultusunda uzanmaktadır. Söz konusu bindirme fayı Canik, (1980) tarafından "Değirmendere Şariyajı" olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da ilgili fay için aynı isim isimlendirme kullanılmıştır. Çalışma alanında Çömlekçiler köyü civarından başlayarak, Karamanlar köyüne kadar devam eden Değirmendere Bindirme Fayı, Sarıkaya formasyonu ile Çukurca formasyonu arasındaki tektonik dokanağı teşkil etmektedir. Sarıkaya formasyonunun, Çukurca formasyonuna ait değişik litolojileri üzerine ötelenmesi şeklinde gözlenmektedir.

Fay düzlemi KKB yönünde eğimli olup, eğim açısı 25-30º arasında değişmekte ve bazen daha küçük değerler de taşıyabilmektedir. Genel olarak fay zonunda yer alan litolojiler, bloklaşmış ve breşleşmiş olarak gözlenmektedir.

Değirmendere bindirme fayı, uzanımı boyunca yer yer kendinden genç olan yırtılma fayları tarafından kesilmiş ve ötelenmiş olarak gözlenmektedir.

3.7.2. Doğrultu atımlı faylar

3.7.2.1. Halahisarı fayı

Çalışma alanında Domuzgölü mevkii ve Halahisarı Tepesi civarında gözlemlenen bu faya, Cerit (1990) tarafından Halahisarı fayı ismi önerilmiştir. KB-GD doğrultulu bir şekilde uzanmaktadır. Kuzeydoğu bloğunun göreceli olarak düştüğü bu fayda, doğrultu atım bileşeni sağ yönlü olarak belirlenmiştir. Halahisarı fayı çalışma alanının güneydoğu kesiminde Değirmendere bindirme fayını keserek ötelemiştir.

3.7.2.2. Çatak fayı

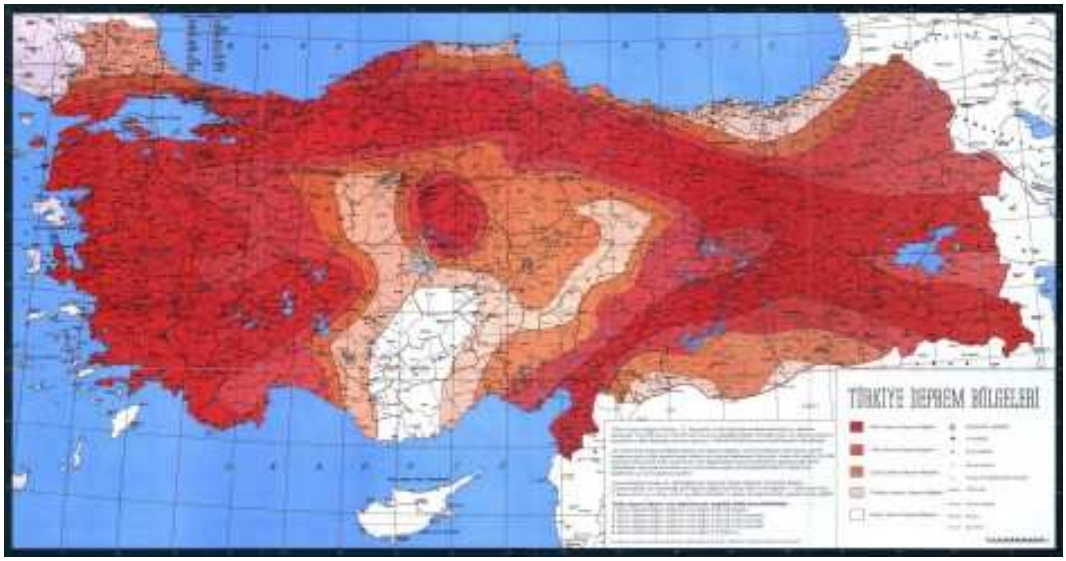
Çalışma alanında Çatak Mahallesi kuzeybatı kesiminde gözlenen bu faya Çatak fayı ismi önerilmiştir; KB-GD doğrultulu bir şekilde uzanmaktadır. Hızaredere formasyonuna ait litolojileri kesen bu fayın doğrultu atım bileşeni sağ yönlü olarak belirlenmiştir. Karamanlar köyü kuzey kesiminde, kendisinden yaşlı olan Değirmendere bindirme fayını keserek ötelediği gözlenmektedir.

3.8. Bölgenin depremselliği

Çalışma alanını da içerisine alan bölgede tarihsel ve aletsel dönemlerde pek çok deprem meydana gelmiştir.

3.8.1. Kuzey Anadolu fay zonu (KAFZ)

İlk kez Ketin, (1948) tarafından tanımlanan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), ülkemizin olduğu kadar dünyada da üzerinde yıkıcı depremler olan en aktif fay kuşaklarından biridir. KAFZ etkisinde kalan yakın çevredeki alanlar, ülkemizde depremselliğin en fazla yaşandığı yüksek riskli deprem bölgelerine karşılık gelmektedir. Çalışma alanı ve yakın çevresi KAFZ'nin kuzey kesiminde yer almakta ve bu nedenle birinci derece deprem bölgesi içinde bulunmaktadır (Şekil 37).



Şekil 37. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Nurlu ve diğ., 1997)

KAFZ yaklaşık 1200 km uzunluğunda, doğuda Van gölünden batıya doğru Karadeniz kıyılarına paralel olarak Varto, Karlıova, Erzincan, Niksar, Erbaa, Ladik, Tosya, Kurşunlu, Çerkeş, Gerede, Yeniçağa, Bolu, Abant, Mudurnu, Düzce ve Adapazarı'nı izleyerek gelen: kuzeyde İzmit Körfezi güneyi, Marmara Denizi içi ve Saros Körfezine kadar uzanan bir kol, güneyde ise, Adapazarı'ndan Pamukova, Geyve, İznik,

Gemlik, Mudanya, Yenice ve Ezine'den Ege Denizine uzanan bir kola sahip " Sağ yanal atım mekanizması" gösteren bir fay zonudur.

KAFZ düz ve tek bir çizgisellik olmayıp, özellikle batı kesimde birçok segmentten oluşan, sağa ve sola atlamalar yapan geniş bir zondur. Bu segmentlerden bazıları, Bolu-Gerede segmenti, Düzce segmenti, Sapanca-Gölcük segmenti ve Gölcük-Karamürsel segmentidir. Bu segmentler değişik zaman aralıklarında kırılarak değişik magnitüdlü şiddetli depremler üretmişlerdir. KAFZ üzerinde meydana gelen büyük magnitüdlü depremlerin bazıları; 1939 Erzincan depremi (Ms=7.9), 1942 Niksar depremi (Ms=7.0), 1943 Tosya-Ladik depremi (Ms=7.2), 1944 Bolu-Gerede depremi (Ms=7.2), 1957 Bolu-Abant depremi (Ms=7.2), 1967 Bolu-Mudurnu depremi (Ms=7.2), 1999 İzmit Körfezi depremi (Ms=7.4) ve 1999 Bolu-Düzce depremi (Ms=7.2)'dir. Bu depremlerin magnitüdleri de Ms≥7.9 'dır.

Görüldüğü gibi KAFZ üzerinde son yüzyılda meydana gelen Ms≥7.0 depremlerin beş tanesi çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak çalışma alanının neotektonik dönemdeki evrimi, KAFZ'nin kontrolü altında gelişmiştir. Tarihsel dönemde çalışma alanı ve yakın çevresinde Sipahioğlu ve diğ., (1981) tarafından hazırlanan kataloğa göre 5 büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sırası ile;

1-) 2 Eylül 967 tarihinde Bolu-Çerkeş arasında büyük yıkıma neden olan bir deprem olmuştur.

2-) 3 Mayıs 1035 tarihinde Gerede-Bayındır-Hamamlı'da büyük yıkıma neden olan bir deprem olmuştur.

3-) 18 Aralık 1036 tarihinde Gerede-Bayındır-Hamamlı'da büyük yıkıma neden olan bir deprem olmuştur.

4-) 18 Temmuz 1668 tarihinde Bolu ve Kastamonu'da etkili olan bir deprem olmuştur.

5-) 24 Kasım 1863 tarihinde Bolu'da büyük yıkıma neden olan bir deprem olmuştur.

3.8.2. Paleosismik Yaklaşım

Deprem büyüklükleri tahmininde paleosismik yaklaşım, esas olarak tarihsel kayıtların bir devamını oluşturur ve tarih öncesi depremlerin tanımlanması ve özelliklerinin belirlenmesini gerektirir. Bu yaklaşım doğrudan sismik açıdan aktif faylar boyunca jeolojik kayıtların ayrıntılı çalışılması ve dolaylı olarak paleosismik olaylar tarafından etkilenmiş olan bölgelerin incelenmesi ile yerine getirilir. Bu tür çalışmalar, paleodepremin büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılabilen bilgiler sağlar.

Paleosimoloji, yeni fikir ve teknikler ile hızlı bir gelişme göstermektedir. Bunlar yeni tekniklerin gelişmesi ve hendek (trench) çalışmalarındaki stratejiler, sayısal tektonik-jeomorfolojik çalışmalar ve yeni yaş teknikleridir. Bu çalışmalar, deprem süreçlerinin daha iyi anlaşılmalarına öncülük etmekte ve sismik tehlike analizleri için daha fazla birikim sağlamaktadır. Her iki yaklaşımda doğrudan özel bir kaynağı tanımlayan depremleri vurguladığı için paleosismik yaklaşım, tarihsel deprem yaklaşımına benzerlik gösterir. Bu iki yaklaşım arasındaki fark, verilerle ilişkili ilave belirsizlikler, paleosismik olayların yorumlanması ve farklı metod ve tekniklerin kullanılmasıdır. Paleosismik çalışmaların en önemli avantajı, tarihsel kayıtların ötesinde büyük depremlerin gerçek tekrarlanma aralıklarını ortaya koymak için geniş bir zaman periyodunu kapsamasıdır. Kesin paleosismik kanıtlar, bir kaynağın sismik potansiyeli hakkındaki en doğru bilgileri oluşturur.

Deprem kaynak özellikleri, yüzey görünümleri ve paleosismik olayların kanıtlarını taşıyan lokasyonlardaki değişkenler, paleosismik verilerin toplanmasını zorlaştırır ve yalnızca bir yere ait veriler kullanıldığı zaman büyük belirsizlikler olabilir. Bu problemleri çözmek için fay zonu boyunca birkaç çalışma yeri ve birçok teknik (hendek çalışmaları, tektonik ve jeomorfolojik çalışmalar ve detaylı yüzey jeoloji harita yapımı) paleosismik geçmişi ortaya koymak için gerçekleştirilir.

Sismik tehlike analizlerinde önemli parametreler oluşturan kayma hızı, her bir depremde meydana gelebilecek maksimum kayma miktarı ve her bir fay segmentinin geometrisi gibi aktif fayların karakteristik özelliklerini bilmek amacıyla, ilk defa 1980 yılından sonra Türkiye'de paleosismik çalışmalar başlatılmıştır. Bu dönem içerisinde farklı kuruluşlardaki araştırıcılar tarafından KAFZ'ın farklı segmentlerinde birçok hendek açılmış ve yorumlanmıştır.

Okumura ve diğ.,(1994), 1944 Gerede deprem kırığı üzerinde yaptıkları hendek çalışmasında, M.Ö. 30 yılından 1944 yılına kadar olan bir dönem içerisinde meydana

gelmiş 8 deprem olayını saptamışlardır. Bu segment üzerinde yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin ortalama tekrarlanma aralıklarını, 200-300 yıl arasında değişen bir zaman olarak öngörmüşlerdir.

Demirtaş ve diğ., (1999) yılında Sapanca-Gölcük segmentinde, Refahiye-Kullar köyleri arasında uzanan 1999 kırığı üzerinde paleosismik amaçlı hendek açmışlardır. Hendek duvarlarında Holosen çökelleri ve faylanma olaylarına ait izler saptanmıştır. Bu araştırıcılar Geç Holosen'den bu yana aynı segmenti kırmış en az üç büyük depremin varlığını ortaya çıkarmışlardır. Tarihsel kayıtlar, bu segmentin en son 1719 yılında kırıldığını göstermektedir. Ayrıca GPS ölçümleri ile saptanan 16 mm.lik yıllık kayna hızı, bu segmentte; 1999 İzmit Körfezi gibi büyük depremlerin 250-300 yıl aralıklarla yinelendiğini göstermektedir.

Yapılan bu çalışmaların sonuçlarına göre, inceleme alanını da içerisine alan KAFZ'nin bu kesimde yüzey kırığı meydana getirebilecek büyüklükteki ($Ms \geq 6.5$) depremlerin oluş sıklığı 200-300 yıl olarak öngörülmektedir.

3.8.3. Bölgenin deprem potansiyeli ve deprem riski

KAFZ'nin Bolu Ovasından geçen bölümünde, zonun güney ana fay segmenti, Bolu Ovasının güney kenarından, kuzey ana fay segmenti ise kuzey kenarından geçmektedir (Sezen ve Cerit., 2001). Bugün KAFZ'nin her an büyük depremlere neden olabilecek etkinlikte olduğu tüm yer bilimcilerce kabul edilmektedir. Bunu tarihsel veriler, aletsel kayıtlar (1939 Erzincan, 1943 Kastamonu, 1944 Bolu-Gerede, 1953 Yenice-Gönen, 1957 Bolu-Abant, 1967 Mudurnu-Akyazı, 1999 Marmara ve Bolu-Düzce depremleri) kanıtlamaktadır.

Bölgede etkin olan depremlerden 1944 Bolu-Gerede depreminin magnitüdü Ambraseys (1970)'e göre Ms:7.6 ve Dewey (1976)'e göre Ms:7.3 olup; şiddeti Io:IX-X olarak belirlenmiştir. Depreme neden olan fay parçasının uzunluğu Ketin (1948, 1957) ve Dewey (1976)'e göre 160 km'dir. Yine bu depremde yanal atım 4 m, düşey atım 1 m'dir (Ketin, 1948). Bu belirtilen fay segmenti, güney ana fay segmentidir.

1957 Dokurcun-Abant depremi Dewey (1976)'e göre magnitüdü Ms: 7.1, şiddeti ise Io: IX' dur ve depreme neden olan fay parçasının uzunluğu 40 km'dir.

1967 Mudurnu-Akyazı depreminin magnitüdü, Ms:7.2, odak derinliği 33 km, maksimum şiddeti ise Io:IX'dir (Bağcı, 2000). Bu ilgili fay segmenti ise kuzey ana fay segmentidir.

17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen İzmit depreminden yaklaşık 3 ay sonra meydana gelen 12 Kasım 1999 Bolu-Düzce depreminin magnitüdü ise Ms:7.2, odak derinliği 11 km, maksimum şiddeti ise Io:IX (MSK) olarak belirlenmiştir. Bu deprem Düzce baseninin güneyindeki Düzce fayı üzerinde meydana gelmiş ve Bolu ili ve özellikle Düzce yerleşim biriminde etkili olmuştur (Özmen, 2000).

Bolu Ovasında bu tarihten (12 Kasım 1999) sonra birçok küçük magnitüdlü deprem meydana gelmiş ve daha yıllar boyu da meydana gelecektir. KAZF'nin dünya üzerindeki son derece aktif sayılı fay zonlarından biri olması ve Bolu Ovası'nın da bu zon üzerinde yer alması nedeniyle yoğun bir deprem potansiyeline sahip ve her an yüksek magnitüdlü bir deprem olma riski altındadır. Aktimur ve diğ., (1986) yaptıkları çalışmada, Bolu Ovasını etkileyecek fay parçasının 1944 depremine neden olan fay parçası olduğunu (güney ana fay segmenti) belirtmişlerdir. Yapmış oldukları ayrıntılı çalışmalara dayanarak 1944 depremine neden olan fay parçasının batıda Taşkesti'ye kadar devam etmediği, Bolu Ovasının batısında yer alan Güvem Dağı civarında bitiği, buradan itibaren 1957 depremine neden olan ikinci bir fay parçasına geçildiğini belirtmişlerdir. Bu görüşü 1957 Dokurcun-Abant depreminin Bolu ve çevresini etkilememiş olması da kanıtlamaktadır ki, söz konusu depremin magnitüdü Ms:7.1 'dir. Dolayısıyla iddia edildiği gibi 1944 depremine neden olan fay parçasının uzunluğu 190 km olmayıp 140 km'dir. Aktimur ve diğ., (1986) tarafından yapılan çalışmada Bolu ilini etkileyecek depremin 1944 depremine neden olan 140 km uzunluğundaki fay parçası üzerinde merkez üssünün ise bu fay parçası üzerindeki herhangi bir nokta olabileceğini ve magnitüdünün ise Ms≥7.3 olabileceğini belirtmişlerdir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile, Bolu G-27 a4 ve G-26 b3 paftalarının güney yarılarından oluşan 150 km^2' lik bir alanın stratigrafisi ve tektonik özellikleri incelenerek 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki bulgu ve sonuçlara ulaşılmıştır:

Ayırtlanan 9 litostratigrafi ve litodem birimleri; Karadere Metamorfitleri (Prekambriyen), Işığandere formasyonu (Ordovisiyen-Alt Silüriyen), Kocadere formasyonu (Ordovisiyen-Alt Devoniyen), Hızardere formasyonu (Albiyen-Maastrihtiyen), Arkotdağı Karışığı (Maastrihtiyen), Sarıkaya formasyonu (Üst Kretase sonu- Paleosen-Alt Eosen), Çukurca formasyonu (Orta Eosen), Örencik formasyonu (Pliyosen) ve Kuvaterner oluşukları (Kuvaterner)' dır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nu oluşturan neotektonik dönem hareketleri, çalışma alanında yüzlek oluşturan birimlerin litolojilerinde, genel olarak kataklastik ve breşik bir yapı gelişmesine neden olmuşlardır.

En yaşlı birim olan Karadere Metamorfitlerinin üzerine, Işığandere formasyonunu boşluklu diskordansla gelmiştir. Işığandere formasyonunun üzerine Kocadere formasyonun uyumlu olarak geldiği ve bu formasyonların üzerine Albiyen-Maastrihtiyen yaşlı Hızardere formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla örtüldüğü belirlenmiştir.

Arkotdağı Karışığının tipik bir melanj özelliğinde olduğu ve yerleşim yaşının Maastrihtiyen olduğu belirlenmiş ve daha yaşlı diğer birimler üzerine tektonik olarak yerleştiği ve Sarıkaya formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla örtüldüğü gözlenmiştir.

Çalışma alanındaki Değirmendere ve Çukurviran bindirme faylarının oluşumlarının paleotektonik dönem hareketleri ile ilişkili oldukları tespit edilmiştir.

Çalışma alanında yer alan Tersiyer yaşlı birimlerin paleotektonik dönem hareketleri etkisinde kıvrımlandıkları, özellikle de bindirme fayları ile birlikte paleotopoğrafyanın, sıkışmadan dolayı devrik kıvrımlar meydana gelmesinde katkıda bulundukları sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanında belirlenen Halahisarı fayı, Çatak fayı ve buna benzer doğrultu atımlı fayların neotektonik dönem hareketleri ile oluştukları sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanında yüzeyleyen birimlerde yapılan tabakalanma ve eklem analizleri sonucu, bu yapıların KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altında geliştikleri belirlenmiştir.

Yapılan eklem sistemleri analizleri sonucunda çalışma alanında yüzeyleyen birimlerde gelişmiş olan eklemlerin, genellikle tansiyon eklemleri olduğu, ender olarak ise makaslama eklemleri olarak geliştikleri belirlenmiştir.

5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu, Ş., 1963. İstanbul Boğazı doğusunda mostra veren Paleozoyik arazide stratigrafik ve paleontolojik müşahedeler. M.T.A. En. Derg., 60.s.17

Adamia, ve diğ., 1981. Tectonics of the Caucasus and the adjoining regions. İmplicatios for the evolution the Tetys Ocean. Jour. Of Struct. Geol., 3. Pp. 122-136

Aksay, A., Altun, İ., Sevim, M., 2002. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeolojisi Haritaları, Bolu G-27 ve G-26 paftaları: M.T.A., 22 s.

Aktimur, T., Algan, Ü., Ateş, Ş., Oral, A., Ünsal, Y., Karatosun, H., Öztürk, V., Sönmez, M., 1983. Bolu ve yakın çevresinin yerbilim sorunları ve muhtemel çözümleri. M.T.A. rap. 93s.

Aktimur, T., Ateş, Ş., Oral, A., 1986. Bolu Çevresindeki Deprem Zararlarının Azaltılmasına Yönelik Sismik Zonlama Çalışması: T.J.K Bülteni Cilt 29, Sayı 2, 43-48 s.

Altıner, A., Şengör, D., Cin, T., Ustaömer, E., 1991. Jurassic-Lower Cretaceous Stratigraphy and Paleogeohraphie Evolution of The Southern Part of Nort Western Anatolia (Turkey). Geology and Paleontolgy of Western Pontides Turkey. (Eds. A. Farrinacci. D. V. Ager. V. Nicosia). Geologica Romania.

Ambraseys, N.N., 1970. Some Charecteritic Features of teh Anatolian Fault Zone. Tectonophysics,9, 143-165.

Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar, H. S., Özçelik, Y., 1986. Ballıdağ-Çangaldağı arasındaki (Kastamonu) bölgenin jeolojisi. T.J.K. Bülteni., 29. s. 1-16.

Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y., 1987. Çamdağ (Sakarya)- Sünnicedağ (Bolu) Yöresinin Jeolojik İncelenmesi. T.J.K. Bülteni, c.30, S.1, sf. 1-14, Ankara.

Bağcı, G., 2000. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Batı Kesiminin Depremselliği (Aletsel ve Tarihsel Dönem) ve Deprem Riski: 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.

Barka, A. A., Kuşçu, İ., Kato, K., 1992. Kuzey Anadolu Fay Zonundaki Bazı Faylarda Radon Gazı (Alpha İzi) Ölçümleri: Jeoloji Mühendisliği Dergisi, s.40, 33-40 s., İ.T.Ü.

Batum, İ., 1968. 1/25.000 ölçekli Adapazarı G26-b3 paftasının jeolojisi. M.T.A rap. No:4778. 13 s. (Yayımlanmamış).

Blumenthal, M.M., 1945. Kuzey Anadolu'nun Bazı Ofiyolit Mıntıkaları Liyas'dan Evvelki Devreye mi Aittir? M.T.A. Ens. Dergisi S.1, sf. 53. Ankara.

Blumenthal, M.M., 1948. Bolu civarı ile Aşağı Kızılırmak mecrası arasındaki Kuzey Anadolu silsilelerinin jeolojisi. MTA.Ens. Yayınları, Seri B, No:13, 265 s., Ankara.

Canik, B., 1980. Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeolojik incelenmesi. Doçentlik tezi. Selçuk Üniv. Fen.Fak. Yayını. No:1. 74s.

Cerit, O., 1983. Mengen (Bolu kuzeydoğusu) Yöresinin Jeolojik İncelenmesi. Yük. Müh. Tezi, Hacettepe Üniv., 160 s (Yayımlanmamış), Anakara.

Cerit, O., 1984. Mengen (Bolu kuzeydoğusu) Yöresinin Jeolojik İncelenmesi 2: Tektonik ve Jeolojik Evrim. Yerbilimleri 12, 93-101.

Cerit, O., Sezen, T. F., Batman, B., 1987. Mengen-Pazarköy (Bolu KD) yöresi kataklazitleri. Yerbilimleri, 14. Gürol Ataman özel sayısı. S. 245-253.

Cerit, O., 1990. Bolu masifinin jeolojik ve tektonik incelenmesi. Doktora tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 217 s.

Cerit, O., Sezen, T. F., Nurlu, M., 2000. 17 Ağustos 1999 Güney Marmara Depremi Tektonik Özellikleri: Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantısı, ATAG-3 Makaleler Kitapçığı, sayfa: 90-99, Sivas.

Demirtaş, R., 1995. Paleosismology of the Northern Anatolian Fault: A Case study in the Mudurnu Valley Segment, Bulletin of International Institute of Sismology and Earthquake Engineering, İndividual Studies by participants at the IISEE, vol 31, IISEE, BRI, Ministry of Construction, Tsukuba-Japan.

Demirtaş,R., Karakisa, S., and Yılmaz, R., 1997. The mechanism of The Dinar Earthquake, October 1,1995, Bulletin of International Institute of Sismology and Earthquake Engineering, IISEE, BRI, Ministry of Construction, Tsukuba-Japan (In press).

Demirtaş, R., Meral ve Yıldırım A., 1999. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları.

Dewey, J.F., 1976. Seismicity of Northern Anatolia: Bull.Seismol. Am., Vol.66 P.843-868.

Görmüş, S., 1980. Yığılca (Bolu NW) yöresinin jeolojik incelenmesi. Doktora tezi. Hacettepe Üniv. Ankara. 210 s. (Yayınmlanmamış).

Görmüş, S., 1982a. Yığılca (Bolu NW) yöresinin stratigrafisi. Yerbilimleri 9. S. 91-110.

Kaya, O., 1978a. İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyeni. Yerbilimleri 4 (1-2). S. 1-22.

Kaya, O., 1982. Ereğli, Yığılca, Bolu kuzeyi, Mengen alanlarının stratigrafisi ve yapı özellikleri. T.P.A.O. Arama Grubu. Rap. No:1639. Derg. 97-98.

Kazak, B., 2004. Bolu Ovası güneydoğu kesiminin jeolojisi ve neotektoniği. C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 74 s. (Yayımlanmamış).

Ketin, İ., 1948. Uber die tectonisch-mechanischen folgerungen aus den grossen Anotolischen Erdbeden desletzten Dezenniums, Geolgie Rundsh, 37, 77-83.

Ketin, İ.,1957. Kuzey Anadolu Deprem Fayı. İTÜ dergisi cilt 15, no:2. İstanbul.

Ketin, İ.,1967. Bolu, Gerede, Mengen ve Yığılca Bölgesindeki Paleozoyik Teşekküllerine Ait Jeolojik Rapor. T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, no:379, Ankara.

Nurlu, M., Özmen, B., Güler, H., 1997. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi. Türkiye deprem bölgeleri haritası.

Okay, A., Siyako, M., Birkan, K., 2000. Geology and evolution of the Biga Peninsula, Northwest Turkey, Bulletin of the Tecnical Universty, İstanbul 44, 155-219.

Okumura, K., Yoshioka, T., and Kuşcu, İ., 1994. Surface faulting on the North Anatolian Fault in these two millenia, In Proceedings of the Workshop on Paleosismology, U.S. Geological Survey, Open File Report 94-568, (1994), p.143.

Olgun, M.A., 2005. Bolu Ovası Yakın kuzeydoğusunun jeolojik incelenmesi. C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 91 s. (Yayımlanmamış).

Özmen, B., 2000. Bolu-Düzce Bölgesinin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri: 12 Kasım Düzce Depremi Raporu, 1-13 s., Ankara.

Öztürk, A., İnan, S., Tukun, S.Z., 1984. Abant –Yeniçağa (Bolu) Yöresinin Stratigrafisi: C.Ü. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi c.2, s.1, Sivas.

Öztürk, A., İnan, S., Tukun, S.Z., 1985. Abant –Yeniçağa (Bolu) Yöresinin Tektoniği: C.Ü. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi c.2, s.1, Sivas.

Sayar, C., 1979. İstanbul Alt Paleozoyik serilerinde Brakiyopo-Diplograbtid zonu fosilleri. Alıntılı Sempozyumu. T.J.K. İst. Üniv. 6-7 Mart 1979. İstanbul. Tebliğler. s. 27-36.

Sezen, T.F., 1983. Pazarköy (Bolu NE) Yöresinin Jeolojik İncelemesi: Yüksel Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniv., 141 s., (Yayımlanmamış), Ankara.

Sezen, T.F., Cerit, O., 2001. Bolu Ovası ve Yakın Civarının Neotektoniği ve Deprem Riski: 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Makaleleri CD'si, 9 s.

Sipahioğlu, Soysal H.S., Kolçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu (M.Ö. 2100- M.S. 1900). TÜBİTAK rapor no: TBAG 314, 875 s. Ankara.

Stein, R.S., Barka, A. A., Dietrich, J.H., 1997 Progressive failure on the North Anatolian Fault since 1939 by earthquake stres triggering Geophys. J.Inti 128, 594-604.

Şahintürk, Ö., Aydın, M., Özçelik, Y., Çokuğraş, R., 1984. Zonguldak-Bartın-Cide-İnebolu-Küre-Azdavay-Araç-Ulus yörelerinin jeolojisi. T.J.K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı. 20-24 Şubat 1984. Ankara. Bildiri özetleri. S. 47-49.

Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., Görür, N., 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation. İn Zones Of Tectonic Escape: Turkey As a Case Study: The Soc. Econ. Paleont. And Mineral. 227-264.

Şengör, C., 1980. Türkiye Neotektoniğinin Esasları: T.J.K Özel Sayısı, Ankara.

Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981. Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım. T.J.K. Yerbilimleri Özel Dizisi, No: 1, s.75.

Taymaz, T., 1999. Marmara Bölgesinin Aktif Tektoniği: 1999 Gölcük-Düzce Depremleri. İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Tokay, M., 1973. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede-Ilgaz Arasındaki Kısımda Jeolojik Gözlemler. In The Symposium On The North Anatolian Fault and Earthquake Belt, March 29-31, Spec.Publ.Miner. Res.Explor. Inst., Turkey.

Türkecan, A., Ercan, T., Akyürek, B., Günay, E., 1991. Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) Arasındaki Neojen Yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi ve Petrolojisi: T.J.K. Bülteni, s.6, 85-103, 1991.

Yılmaz, O., 1980. Daday-Devrekani masifi kuzeydoğu kesimi litostratigrafi birimleri ve tektoniği. Yerbilimleri 5/6. s. 101-135.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A.M., Yiğitbaş, E., 1981. Abant (Bolu)-Dokurcun (Adapazarı) Arasındaki Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kuzey ve Güneyinde Kalan Tektonik Birimlerin Jeolojik Evrimi: İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Dergisi, 2/3-4, 239-261 s. İstanbul.

Ek Çizelge-1: Kayaç örneği alımı lokasyonları

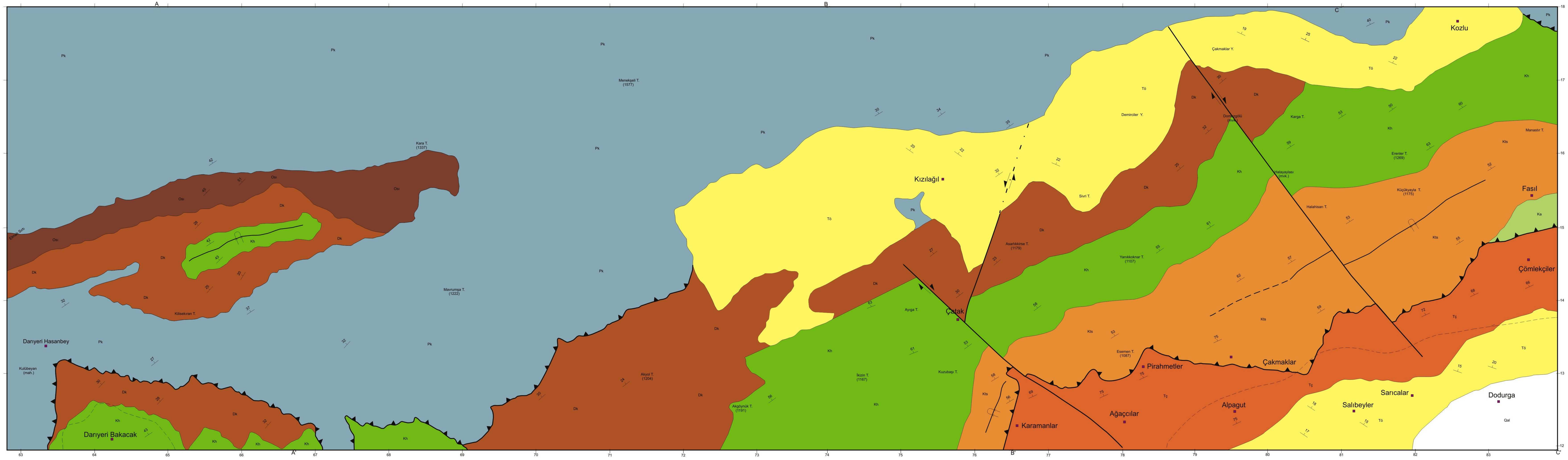
Örnek No	Enlem	Boylam	Örnek No	Enlem	Boylam
DC-1	16,75	82,80	**DC-24**	14,60	76,28
DC-2	16,50	83,35	**DC-25**	15,73	78,20
DC-3	17,32	81,62	**DC-26**	12,67	72,98
DC-4	18,81	81,42	**DC-27**	13,03	71,25
DC-5	16,05	82,20	**DC-28**	12,90	70,05
DC-6	16,80	81,84	**DC-29**	12,60	66,32
DC-7	16,75	83,18	**DC-30**	12,90	65,75
DC-8	15,12	82,63	**DC-31**	14,42	65,61
DC-9	14,40	81,86	**DC-32**	14,68	66,03
DC-10	14,08	79,80	**DC-33**	15,38	65,50
DC-11	15,25	80,90	**DC-34**	15,75	66,70
DC-12	13,90	80,63	**DC-35**	15,82	67,42
DC-13	13,82	80,30	**DC-36**	15,87	65,57
DC-14	14,08	82,83	**DC-37**	15,73	66,01
DC-15	13,87	82,10	**DC-38**	12,85	65,25
DC-16	13,68	81,04	**DC-39**	13,00	64,92
DC-17	13,00	78,68	**DC-40**	13,17	64,05
DC-18	12,60	77,69	**DC-41**	16,18	75,13
DC-19	12,62	76,72	**DC-42**	14,78	75,53
DC-20	14,32	77,70	**DC-43**	14,22	75,76
DC-21	13,52	76,10	**DC-44**	16,07	75,82
DC-22	13,48	75,13	**DC-45**	12,68	81,25
DC-23	12,80	76,25	**DC-46**	13,08	82,53

6. ÖZGEÇMİŞ

Deniz CİVELEK 20.11.1983 tarihinde Çorum'da doğmuştur. İlköğrenimini Narlı Kasabası İlköğretim Okulunda tamamlamış ve Lise Öğrenimini Samsun Veteriner Sağlık Meslek Lisesinde bitirmiştir.

2001-2002 öğretim yılında başladığı Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2004-2005 öğretim yılında, bölüm dönem ikincisi olarak mezun olmuştur. Bitirme ödevi olarak " Türkiye Bor/Borat Yatakları" konulu çalışmayı yapmıştır. 2005-2006 öğretim yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda (Yapısal Jeoloji-Tektonik) Yüksek Lisans'a başlamıştır. Yüksel Lisans seminerini 2006- 2007 öğretim yılında "Pull-Apart (Çek-Ayır) Basenlerin Tektonik Özellikleri" konusunda vermiştir.

EK 1. BOLU OVASI KUZEYBATI KESİMİNİN JEOLOJİ HARİTASI



HARİTA BİRİMLERİNİN KORELASYONU VE AÇIKLAMASI

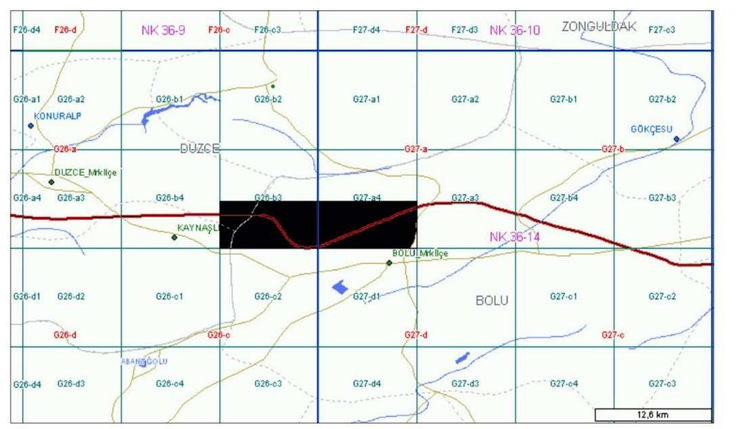
KUVATERNER	Kuvaterner	Qal	Alüvyon Çakıl,kum, silt, toprak
		UYUMSUZLUK	
TERSİYER	Pliyosen	Tö	Örencik Formasyonu Yarı pekişmiş kumtaşı ve breşik konglomera
	Orta Eosen	Tç	Çukurca Formasyonu Kireçtaşı-kumtaşı-kiltaşı ardalanması
MESOZOYİK	Paleosen-Alt Eosen	Kts	Sarıkaya Formasyonu Kiltaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı ardalanması
	Üst Kretase – Maastrihtiyen	Ka	Arkotdağı Karışığı Kumtaşı,marn,serpantinit,mağmatik ve metamorfik kayaç blokları içeren melanj
	Albiyen	Kh	Hızardere Formasyonu Kiltaşı-Kireçtaşı,Kireçtaşı ardalanması
PALEOZOYİK	Alt Devoniyen	Dk	Kocadere Formasyonu Kireçtaşı ara seviyeli şeyl-kumtaşı ardalanması
	Ordovisiyen-Alt Silüriyen	Osi	Işığandere Formasyonu Metasiltaşı, metakumtaşı, metakonglomera
PREKAMBRİYEN		Pk	Karadere Metamorfitleri Amfibol gnays, mermer, biyotit-kuvarsit şist

K

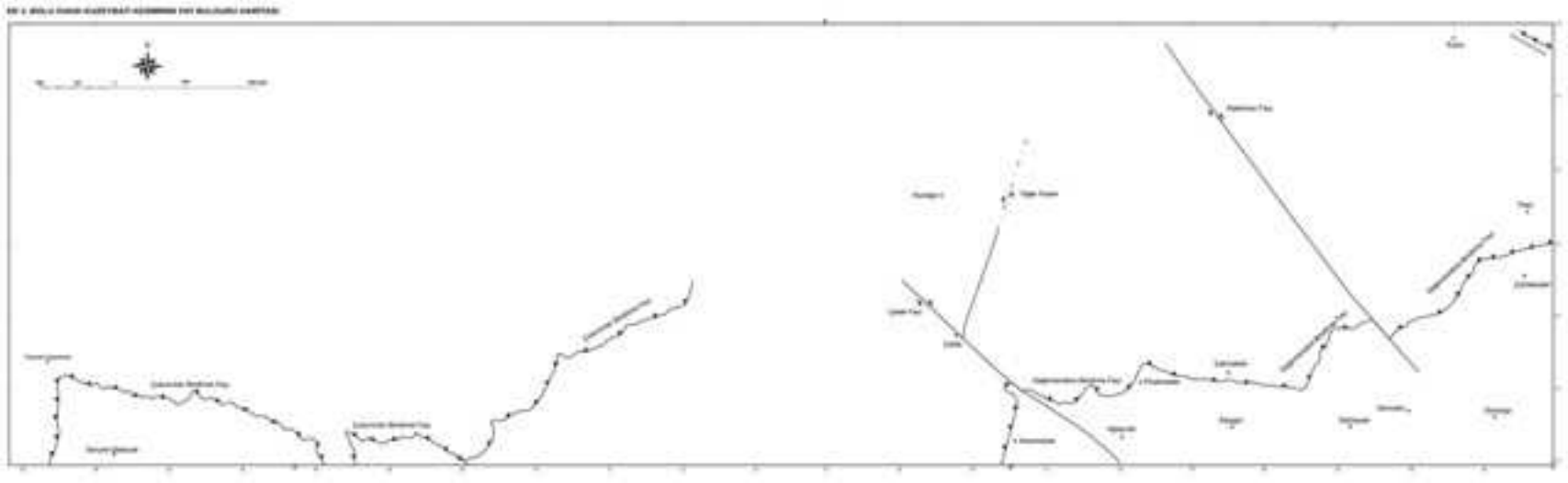
1000 500 0 1000 2000 metre

İŞARETLER

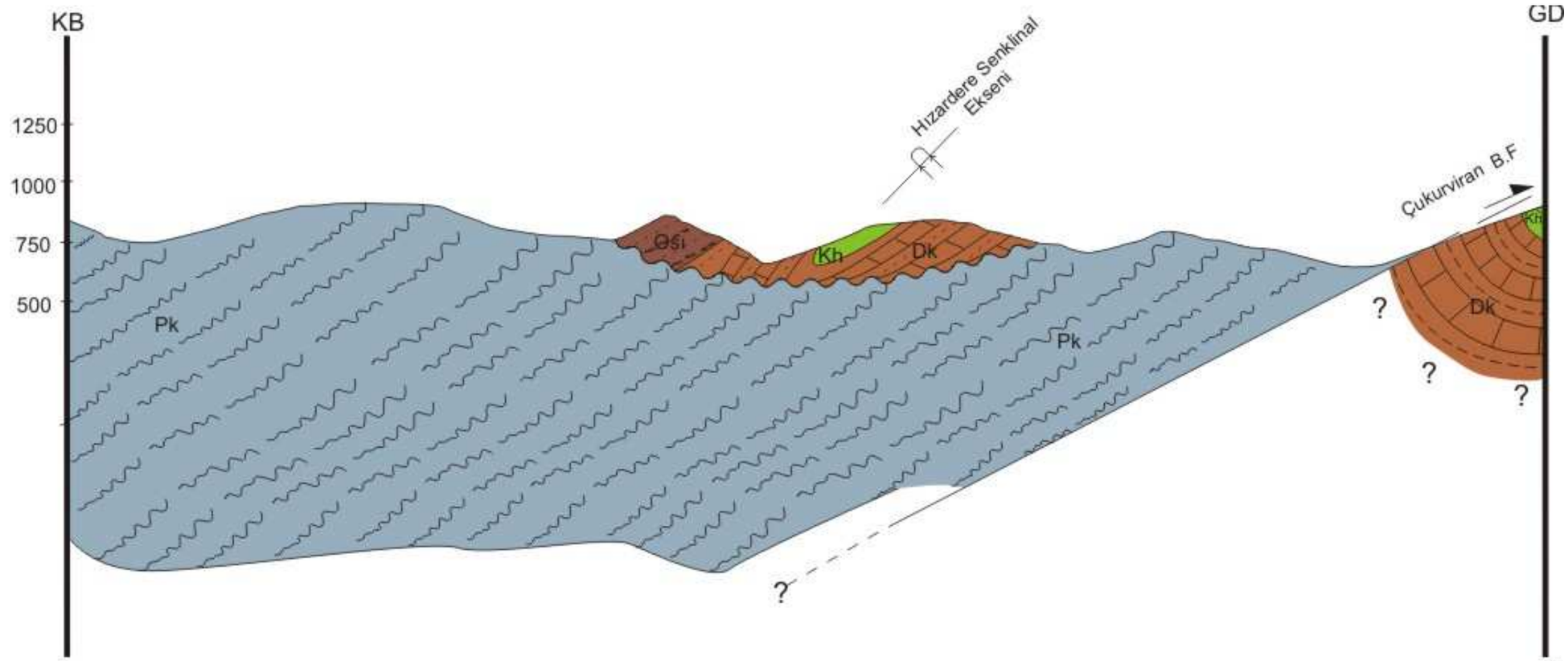
- 43 — Katman doğrultu ve eğimi
- Formasyon sınırı
- Doğrultu atımlı fay
- Olasılı Fay
- Bindirme fayı, (dişler üst blokta)
- Devrik senklinal ekseni
- Yerleşim Yeri
- A – A' — Jeolojik Kesit Doğrultusu
- Otoyol



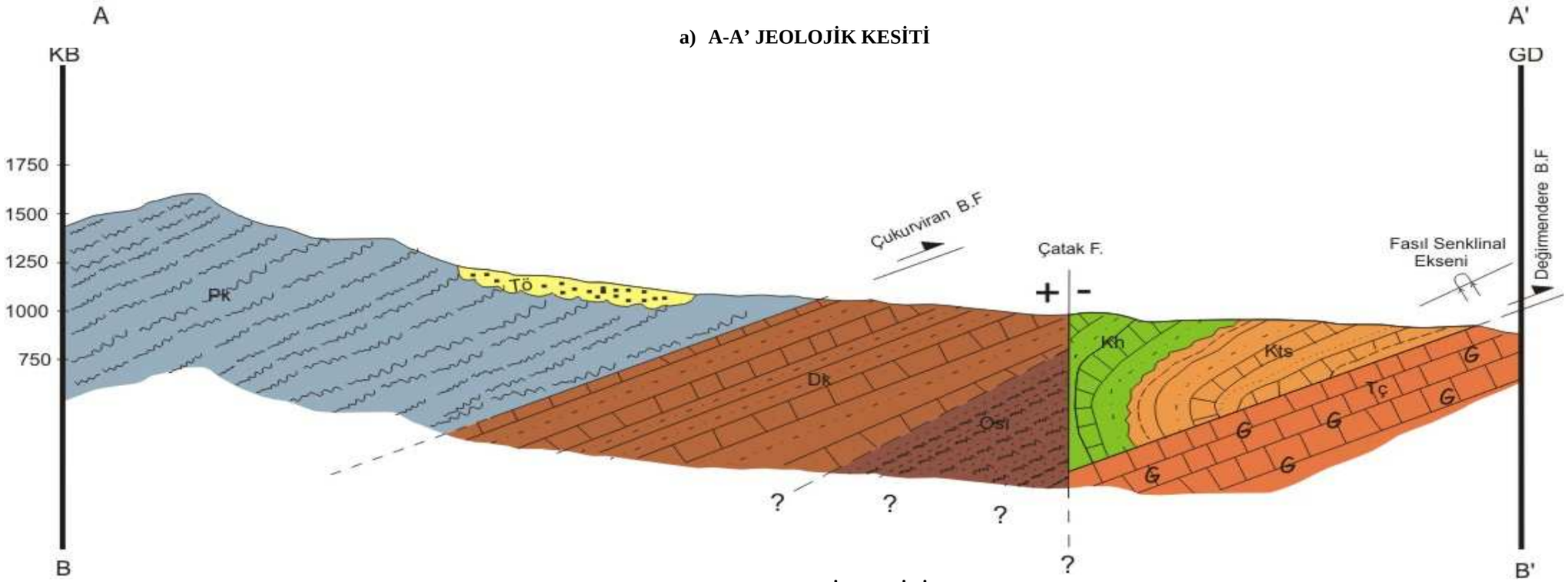
DENİZ CİVELEK 2008



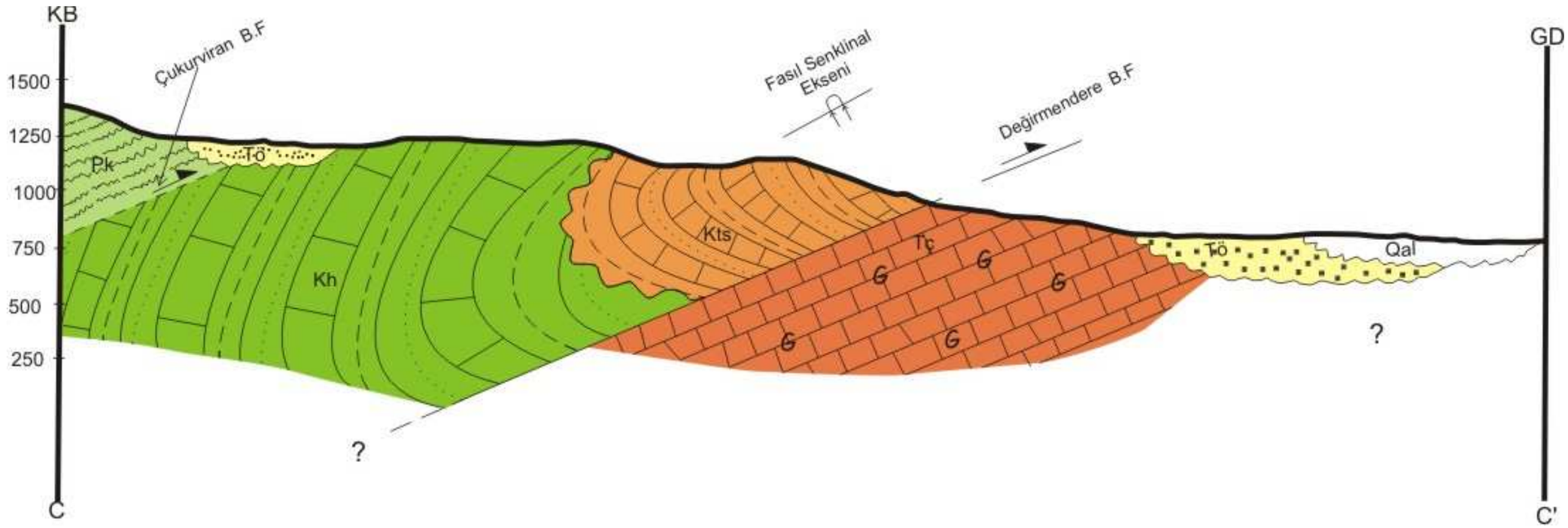
EK-2: BOLU OVASI KUZEYBATI KESİMİNE AİT JEOLOJİK KESİTLER



a) A-A' JEOLOJİK KESİTİ



b) **B-B' JEOLOJİK KESİTİ**



c) C-C’ JEOLOJİK KESİTİ