



# Anadolu otoyolu Bolu tüneline litolojik ve yapısal unsurların dağılımı

*Distribution of lithological and structural features along Bolu tunnel, Anatolian motorway*

Süleyman DALGIÇ İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar, İstanbul

## Öz

Bolu tüneli yaklaşık 3250 m uzunluğu ile ülkemizin en uzun otoyol tüneli olacaktır. Tünel güzergahı değişik litolojilerden ve doğrultu atımlı faylar ile bindirme zonlarından geçmektedir. Anadolu otoyolu Bolu tüneline en yaşlı birim, başlıca amfibolit, gnays, metadiyorit, metakuvarsdiyoritten oluşan Prekambriyen öncesi, Yedigöller formasyonudur. Bu birimleri Devoniyen yaşlı kayraktaşı, metakuvarsit ile Çatak kireçtaşı üyesinden oluşan İkizoluk formasyonu tektonik dokanakla üzerlemektedir. Tünel güzergahına yakın alanlarda Üst Kretase kaotik bir topluluk olan Abant karmaşığı ile başlar. Bu topluluk içerisine karmaşıkla yaşlı veya daha genç, Elmalık granitoidleri sokulum yapmıştır. Breşik mermer ve kayraktaşından oluşan Atayla formasyonu Üst Kretase sonunu temsil etmektedir. Bu birimin üzerinde Paleosen-Alt Eosen yaşlı kumlu kireçtaşı ve karbonatlı kumtaşından oluşan Bayramışlar formasyonu ile kumlu kireçtaşı, karbonatlı kum taşı, breşik çakıltı, kum taşı, silttaşı, kil taşı, marn ve kireçtaşından oluşan Fındıcak formasyonu bulunmaktadır. Güzergahın en genç birimleri kil, kiltası, killi kireçtaşı, jips, marn ardalanması ile temsil edilen Orta-Üst Eosen yaşlı Apalar formasyonu ile tutturulmamış ve/veya tane tutturmalı çökeltilerden oluşan, Pliyosen yaşlı Asarsuyu formasyonudur. Bu birimler Üst Kretase'den başlayarak Üst Miyosen'e kadar K-G yönlü sıkıştırma kuvvetleri ile itilerek üst üste yığılmışlardır. Bu sıkıştırma rejimi Üst Miyosen'den sonra değişmiş ve tünel güzergahını da içine alan bölgede Kuzey Anadolu fay zone ile ilişkili doğrultu atımlı faylar gelişmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bolu, Otoyol, Tünel, Litolojik karmaşık, Yapısal jeoloji.

## Abstract

*The Bolu tunnel, with a length 3250 m is going to be the longest one among the others in Turkish motorway project. The tunnel alignment passes through various lithological unit and zones of strike-slip and thrust faults. The oldest unit of the Bolu tunnel of the Anatolian motorway is the Yedigöller formation of Precambrian age composed mainly of amphibolite, gneiss, metadiorite and meto-quartzdiorite. Tectonically overlying this unit is the İkizoluk formation, comprising of phyllite, shale, quartzite and the Çatak limestone member. Upper Cretaceous is represented by a chaotic assemblage, called the Abant complex. Elmalık granitoids have intruded into this assemblage in the upper or later. The end of Upper Cretaceous is represented by brecciated marbles and slates of the Atayla formation. It is overlain by Bayramışlar formation of Paleocene-Lower Eocene, which consists of sandy limestone, calcareous sandstone and breccia. The Fındıcak formation is represented by sandstone, siltstone, clay stone, marl and limestone. The youngest units of the alignment of the Bolu tunnel are the Apalar formation of Middle-Upper Eocene, which is represented by alternation of clay, claystone, clayey limestone, gypsum and marl and the Asarsuyu formation consisting of unconsolidated sediments of Pliocene. These units were piled up within a N-S compressional regime during Late Cretaceous. In Upper Miocene epoch the prevailing compressional regime has changed into which, has created when the North Anatolian Fault Zone, characterized by strike-slip faults.*

**Key Words:** Bolu, Motorway, Tunnel, Lithological complex, Structural geology.

## GİRİŞ

Transit Avrupa otoyolu güzergahı üzerinde yapımı sürdürülen Bolu tüneli, büyük ölçekli mühendislik yapılarından birini oluşturmaktadır (Şekil 1). Bolu tüneli, üç şeritli ikiz tünel olarak tasarlanmıştır. Tünelin yaklaşık uzunluğu sağ tüp için 3236 m ve sol tüp için 3287 metredir.

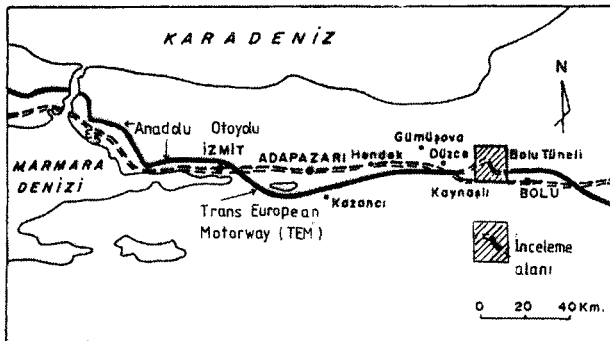
Tünel güzergahının jeolojisini ortaya koymak amacıyla yapılan bu çalışmada, öncelikle tektonik usurların denetiminde mostra dağılımı veren bölgenin, istif sel konumu incelenmiştir. Daha sonra çalışma alanındaki yapısal unsurların konum ve mühendislik özellikleri, yüzey jeolojisi çalışmalarına ek olarak 34 araştırma sondajı ve 15 araştırma çukuru verileri ile birlikte araştırılmıştır.

## TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ JEOLJİK BİRİMLER

Bolu tünelinin en yaşlı ve temel birimini, Yedigöller formasyonu oluşturur. Bu birimin üzerinde Devoniyen yaşlı istif ile örtü kayaları yer almaktadır. Bu birimler Üst Kretase'den sonraki dönemlerde devam eden K-G yönlü sıkıştırma kuvvetleri içinde yer yer itilerek yöreye uyumlu nitelik kazanmışlardır (Şekil 2).

### Yedigöller formasyonu (PYZ)

Asarsuyu tarafından girişte tünel güzergahının yaklaşık 750 m'lik ilk kesiminde amfibolit, amfibolgnays, metadiyorit ve metagranitten oluşan Yedigöller formasyonu yüzeylenmektedir. Birimde egemen olan litolojiler amfibolitler ve metagranitlerdir. Bu birimleri kesen çeşitli kalınlıkta apelit, andezit ve diyabaz day klan ile kuvars damarları bulunmaktadır. Bu litolojilerin bir kısmı, bölgedeki paleotektonik ve neotektonik hareketler ile ileri derecede kataklastik deformasyona uğramışlardır. Amfibolitler, tünel güzergahında metagranitlerle birlikte yer alır ve başlıca hornblend, plajiyoklas, klorit, alkali feldspat, epidot ve opak minerallerden oluşur. Me-



Şekil 1. inceleme alanı yer bulduru haritası.  
Figure 1. Location map of the study area.

tagranitler; kuvars, plajiyoklas, ortoklas, hornblend, biyotit, mikroklin, epidot, klorit ve opak mineral topluluklarını içerir. Bazı ince kesitlerde hornblendlerin epidot, muskovit ve biyotite geri dönüştüğü gözlenmektedir.

İnceleme alanında Yedigöller formasyonunun tabanı gözlenmemektedir. Formasyonun üst dokanağı tünel ekseninde Devoniyen yaşlı şeyi, fillit, kayraktaşı ve kristalize kireçtaşları ile (İkizoluk formasyonu) tektonik dokanaklıdır. Bölgede çalışma yapan araştırmacılar (Blumenthal 1948; Ketin 1967; Canik 1980; Kaya ve Dizer 1984; Aydın vd., 1987; Cerit 1990; Dalgıç 1994) arasında birimin bölgedeki temeli oluşturduğu ve Pre-kambriyen yaşta olabileceği konusunda görüş birliği bulunmaktadır (Şekil 3,4).

Bölgesel metamorfizma ve daha sonra bunu izleyen genç bir kataklastik ve retrograd metamorfizma Yedigöller formasyonunu etkilemiş görülmektedir. Bölgesel metamorfizma derecesi başlıca kuvars+hornblend+plajiyoklas, hornblend+kuvars+plajiyoklas+biyotit+epidot mineral parajenezleri ile temsil edilmektedir. Mineral parajenezi, amfibolit fasiyesine karşılık gelmektedir. Bölgesel metamorfizmadan etkilenmiş olan Yedigöller formasyonunun, fay zonları yakınlarında kataklastik metamorfizmanın etkilerini de taşıdığı görülmektedir. Birimdeki kataklastik kayaların tanınmasında dokusal farklılık, ayrışma derecesi, fay zonları ve ince kesitlerdeki kataklastik doku gibi unsurlar yardımcı olmuştur. Higgings (1971), Sibson (1977), Takagi (1986), Schmid ve Handy, (1991) gibi araştırmacıların tanımlarına göre, Yedigöller formasyonunda fiziksel özelliklerinden dolayı daha çok birincil kohezyonlu milonitik kayalar bulunmaktadır. Kayalarda mekanik ufalanma ve rekristalizasyonun yanı sıra epidotlaşma ve kloritleşme yaygındır. Kuzey Anadolu fay zonunda ufalanma-kırıklanma nedeniyle biçim değişim dđđal olarak artmıştır.

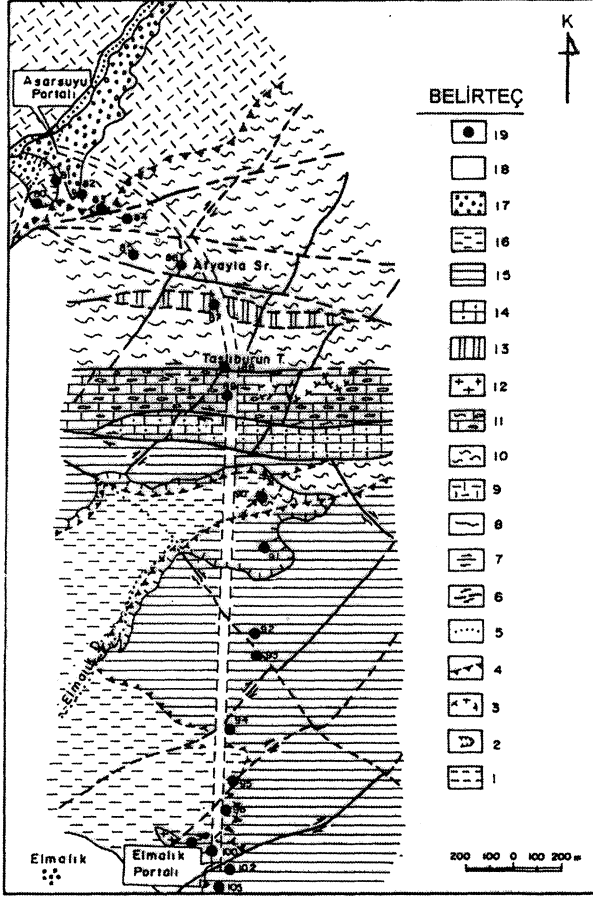
### İkizoluk formasyonu (Di)

İkizoluk formasyonunun fillit, kayraktaşı, kalkşist, şeyi, kil taşı ve silttaşı ile Çatak kireç taşlarına ait litolojiler tünel kotunda yer almaktadır (Şekil 3, 4). Fillit ve kayraktaşıda kuvars, klorit, plajiyoklas, kalsit ve opak mineraller izlenmektedir. Kuvarsitler ise çoğunlukla kuvars, alkali feldspat, opak mineraller ile ikincil kalsit dolguları bulundurmaktadır. İstifin alt kesimlerinde, metamorfizmanın arttığı kesimlerde serizit kuvars şist gibi düşük derecede metamorfik kayalar bulunmaktadır.

Şekil 2. Tünel güzergahının genelleştirilmiş tektonostratigrafik sütun kesiti.

Figure 2. Generalized tectonostratigraphic columnar section of the tunnel route.

PALEOZOYİK Paleozoic		MESOZOYİK Mesozoic			SENOZOYİK Cenozoic			ÜST SİSTEM Upper system	LİTOLOJİ Lithology	AÇIKLAMALAR Explanations			
DEVON.ÖNCESİ Pre.Devonian	DEVONİYEN Devonian	KRETASE Cretaceous			TERSİYER Tertiary			SİSTEM System					
		ÜST KRETASE. ALT EOSEN Upper Cretaceous. Lower Eocene			ORTA. ÜST EOSEN Midd. Up. Eocene			KUVA. Qu.	SERİ / AS SERİ Serie / Subserie	FORMASYON Formation			
YEDİGÖLLER	İKİZOLUK	ABANT KARMA COMPLEX	ELMALIK Gr	BAYRA- MIŞLAR	FINDICAK	APALAR	ASARSUYU		ÜYE Member	SEMBOLO Symbol			
	ÇATAK					AÇMA							
	Di	Ka	Ke	Kat	Kb	Ktf	Ea	Eaa	Pla				
	Diç												
	Pzy												
													Alüvyon. yamaç molozu - <i>Aluvium, slope debris</i>
													Siltli kil, killi silt, çakıllı kum <i>Silty clay, clayey silt, gravelly sand</i>
													Diskordans-unconformity
													Killaşı-killi kireçtaşı-jips <i>Claystone-clayey limestone-Gypsum</i>
													Killaşı-silttaşı-kil-silt, marn <i>Claystone-siltstone-clay-silt, marl</i>
													Tektonik dokanak-Tectonic contact
													Çakıltaşı-kumtaşı-silttaşı Killaşı-marn-kireçtaşı <i>Conglomerate-sandstone-siltstone</i> <i>Claystone-Marl-limestone</i>
													Tektonik dokanak - <i>Tectonic Contact</i>
													Kumlu kireçtaşı - <i>Sandy Limestone</i>
													Karbonatlı Kumtaşı - <i>Calcareous sandstone</i>
													Tektonik dokanak-Tectonic contact
													Breşik mermer-Breccia marble
													Sleyt-Slate
													Tektonik dokanak-Tectonic contact
													Granit, Granodiyorit <i>Granite, Granodiorite</i>
													Mermer, kuvarsit, şeyl, fillit <i>Marble, quartzite, shale, phyllite</i>
													Tektonik dokanak- <i>Tectonic contact</i>
													Şeyl, killaşı, silttaşı <i>Shale, claystone, siltstone</i>
													Kristaliz kireçtaşı-Crystalline limestone
													Kuvarsit, <i>Quartzite,</i>
													Fillit-kayraktaşı-kalkşist <i>Phyllite, slate, calcschist</i>
													Tektonik dokanak-Tectonic contact
													Amfibolit-amfibolgnays Metadiyorit-metagranit <i>Amfibolite-Amphibolegnays</i> <i>Metadiorite-Metagranite</i>



Şekil 3. Anadolu otoyolu Bolu tüneli geçişinin jeoloji haritası. 1) Tünel eksenini, 2) Duraylı heyelan, 3) Aktif heyelan, 4) Yeri yaklaşık bindirme, 5) örtülü doğrultu atımlı fay, 6) Olası doğrultu atımlı fay, 7) Doğrultu atımlı fay, 8) Formasyon sınırının 9) Yedigöller fm., 10) ikizoluk fm., 11) İkizoluk formasyonunun Çatak üyesi., 12) Elmaliğ granitoyidi, 13) Atyayla fm., 14) Bayramışlar fm., 15) Fındıcak fm., 16) Apalar fm., 17) Asarsuyu fm., 18) Alüvyon 19) Araştırma sondajı.

Figure 3. Geological map of the Bolu tunnel route of the Anatolian motorway.

1) Tunnel alignment; 2) Stabilized landslide, 3) Active landslide, 4) Probable thrust, 5) Concealed strike slip fault, 6) Probable strike slip fault, 7) Strike slip fault, 8) Formation boundary 9) Yedigöller fm., 10) İkizoluk fm., 11) Çatak number of İkizoluk fm., 12) Elmaliğ granitoid, 13) Atyayla fm., 14) Bayramışlar fm., 15) Fındıcak fm., 16) Apalar fm., 17) Asarsuyu fm., 18) Alluvium, 19) Borehole.

İstif üst kesimlere doğru, metamorfizmanın giderek azalan kesimlerinde şeyi, kilitaşı, sil t aşı ve ince taneli kumtaşı, ardalanması içerir. İstif içerisinde değişik kalınlıkta andezitik dayklar da yer almaktadır. İkizoluk formasyonunda, bindirme ve doğrultu atımlı fay zonları yakınlarında yaygın olarak kataklastik ve milonitik kayalar bulunmaktadır. Çatak kireçtaşı üyesine ait kayaçlar etkin tektonik hareketlere bağlı olarak yukarıda değinilen birimlerle girik ya da arakatlı görünümündedir.

#### Çatak kireçtaşı üyesi (Diç)

Tünel güzergahında Taşlıburun tepede, D-B doğrultulu elips şekilli mostraları bulunmaktadır (Şekil 3, 4). Başlıca kayaç türleri gri ve siyah, breşik, kaim katmanlı, kristalize kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarıdır. Kristalize kireçtaşları milonitik dokuludur, kalsit, kavkı parçalan, az miktarlarda serisit, klorit, yer yer kuvars ve opak mineral içermektedir. Dolomitik kireçtaşlarında kalsit, dolomit, az miktarda serisit, klorit ve çok az kuvars bulunmaktadır.

Tünel güzergahında ikizoluk formasyonunun alt ve üst birimlerle birincil ilişkiler yerini tektonik ilişkilere bırakmıştır. İstif kendi içerisinde de ekaylanmıştır. Bu nedenle istifin gerçek birincil kalınlığı belli değildir. Abdüsselamoğlu (1959), benzeri istife, rekristalize kireçtaşı ve kayraktaşmdan derlediği fosillerle Devoniyen yaşını vermiştir. Gözübol (1978), Canik (1980), Yılmaz vd., (1981), Aktimur vd., (1983), Aydın vd., (1987), Cerit (1990), bu çalışmada Çatak üyesi olarak tanımlanan birimde benzer fosiller bularak Orta Devoniyen yaşını saptamışlardır. Araştırmacılar, stratigrafik ilişkileri nedeniyle fillit, sleyt ve kuvarsitleri de Alt Devoniyen yaşlı kabul etmişlerdir.

İkizoluk formasyonu litolojik özelliklerine göre sığ denizel bir ortamda çökelmiş olmalıdır. Formasyonun üst seviyelerine doğru birincil dolomitlerin artması ortamın giderek daha sığlaştığını ve kaynak bölgeden kırıntılı malzeme gelişiminin azaldığını göstermektedir (Cerit, 1990). İkizoluk formasyonunun çökelişini izleyen dönemden Üst Kretase sonuna kadar çökellerle örtülmesi ise bölgede bu istifin hep pozitif bir alan olarak kaldığını veya istifin çökellerle örtüldüğünü, fakat Üst Kretase'den önce yükselerek hızlı bir aşınmaya uğradığını göstermektedir.

İkizoluk formasyonundaki bölgesel metamorfizma etkisi mineral gelişimi açısından değerlendirildiğinde, yeşilist fasiyesinin koşullarını aşmadığı anlaşılmaktadır. Tane büyümesi kayraktaşı, fillit, şist geçişi evresini geçmemiş ve mineral uzaması bazı örneklerde tanınabilir boya ulaşmıştır (Yılmaz vd., 1981). İkizoluk formasyonunda kataklastik deformasyonun etkisi de çok yay-

gındır. Yedigöller formasyonunda kataklastik metamorfizma sonucu kayanın elastik olmasından dolayı birincil kohezyonlu kayalar gelişirken, İkizoluk formasyonu daha kırılğan olduğundan Higgins (1971) sınıflamasına göre fay breşi ve fay kili gibi ilk kohezyonsuz kataklastik kayalar oluşmuştur.

#### **Abani karmaşığı (Ka)**

Paleozoyik istifi ile ilişkili, birbirinden farklı kayaları bünyesinde tektonik bir karışım halinde bulunduran bir karmaşıktır (Gözübol, 1978). Abant karmaşığının başlıca kaya birimleri kayraktaşı, fillit, rekristalize kireçtaşı, pelajik kireçtaşları, kalkşist, kuvarsit ve mermer bloklarıdır. Bu karmaşık topluluk tünel güzergahının güneyinde yeralan Elmalık köyü dolaylarında granit sokuşumları tarafından kesilmiştir. Abant karmaşığı mostraları ise tünel güzergahı üzerinde bulunmamaktadır.

#### **Elmalık granitoyidi (Ke)**

Elmalık granitoyidi tünel ekseninde iki alanda bulunmaktadır (Şekil 4). Bu alanlardaki Elmalık granitoyidine ait birimlerin paleotopoğrafyası yaklaşık tünel eksenine yaklaşık paralel konumdadır.

Tünel güzergahının güney batısındaki Elmalık Köyü dolaylarında sarımsı kahverengi, çok fazla ayrışmış, az sert, paralanmış granitlerde başlıca kuvars, plajiyoklas, alkali feldspat, homblend ve biyotit mineralleri egemendir. Minerallerin hemen hepsinde ayrışma ve kataklastik deformasyonun izleri görülmektedir. Granit akma düzlem ve çizgileri içermez. Bu özellikleriyle daha çok intrüzif nitelikler gösterir. Diğer mostralarda granit intrüzyonu, yerleşimi sırasında yöre kayaları çok fazla deformasyona uğratmamıştır. Bu mostralarda sadece yerel kontakt metamorfizmanın izleri görülür. Granit yerleşmeleri kısmen de süreksizlik zonları boyunca gelişmiştir.

Granitoyidi erin yaşı, Dokurcun-Abant yöresinde Devoniyen'den genç olarak belirlenmiştir (Abdüsselamoğlu, 1959). Kuzey Anadolu Fay zonunun güneyinde ise Devoniyen'den yaşlı olduğu saptanmıştır (Gözübol, 1978). Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzeyinde Abant karmaşığı kestigiinden Üst Kretase'den genç olduğu düşünülmektedir (Yılmaz vd., 1981). Canik (1980), Bolu kuzeyinde yer alan granitoidleri Prekambriyen; Aktimur ve Algan (1983), Bolu yakın kuzeyinde yeralan granitik kayaçları genelde Paleozoyik ve Cerit (1990), Üst Paleozoyik yaşlarında değerlendirmişlerdir. İnceleme alanı dolayında yeralan granitoidler ise Abant karmaşığı olarak tanımlanan birimi kestigiinden Üst Kretase veya daha genç yaşta olabileceği kabul edilmiştir (Gözübol 1978).

#### **Atayla formasyonu (Kat)**

Bu formasyon, başlıca breşik mermer çakıllı dokusu metamorfik olmayan çakıltaşından oluşur. Tünel güzergahında yeraltı araştırma yöntemleri ile iki alanda varlığı saptanmıştır (Şekil 3, 4). Birimin ilk varlığı Atayla sırtında D-B doğrultuım, 100-120 m genişliğinde, 1000-1250 m uzunluğunda, İkizoluk formasyonu arasında tektonik dokanakla yer alır.

Birimin tünel güzergahındaki diğer varlığı, Elmalık köyünün kuzeyinde yer almaktadır. Ancak, birim bu alanda yüzeylenmez, başka birimlerce tektonik olarak üzerlenmektedir. Araştırma sondaj verilerine göre alt sınırın da tektonik dokanaklıdır.

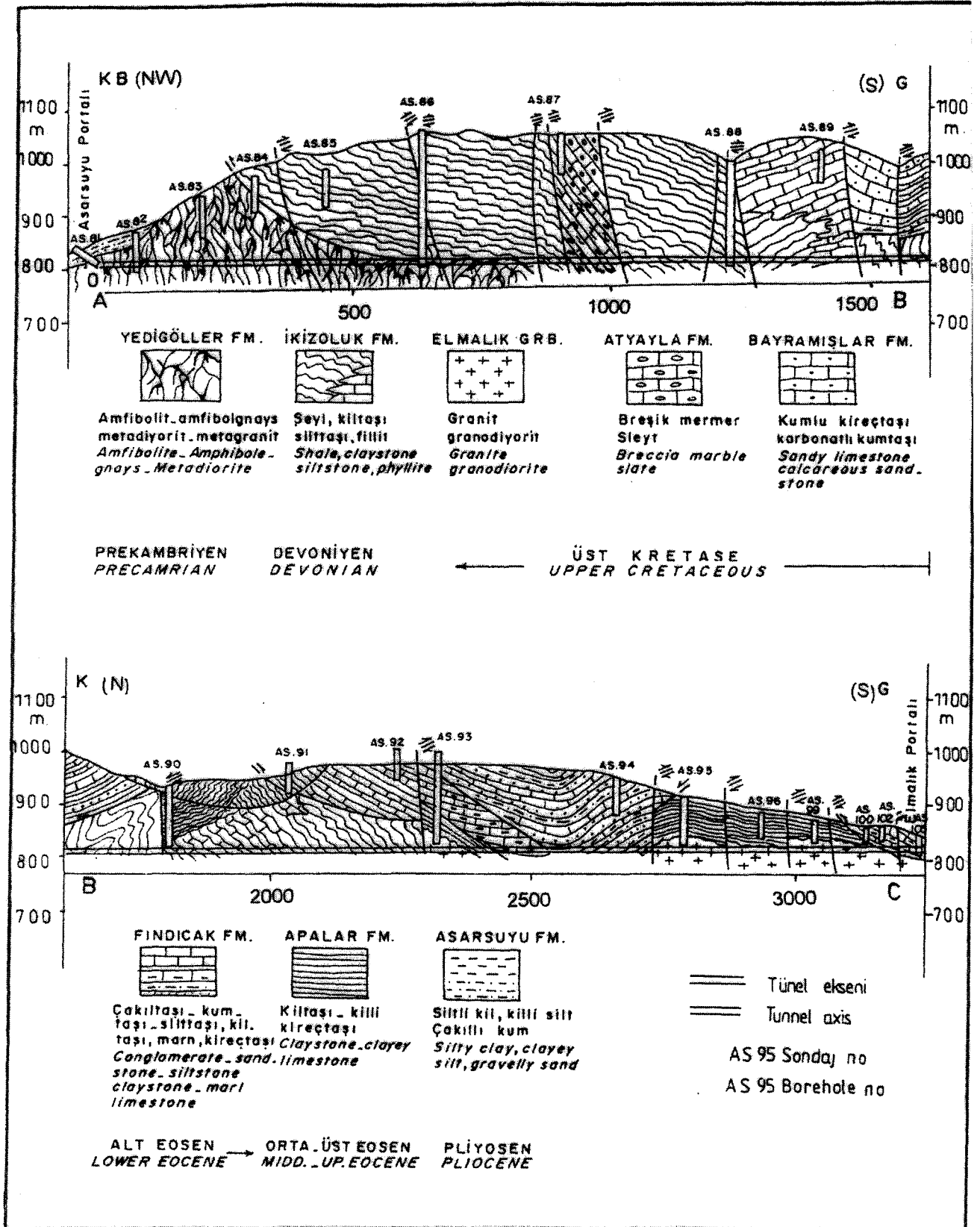
Birimdeki ana kayaç türleri, beyaz-pembe breşik mermer çakıllarından oluşmuş çakıltaşları ile kıltaşları ve bunları kesen birkaç metre kalınlığında andezit daykından oluşur. Breşik mermer çakıllarında (tektonik breş) kalsit, çok az miktarda kuvars ve metamorfik kaya kırıntıları bulunmaktadır. Kalsit minerallerinde oluşan şiddetli kataklastik metamorfizma sonucu ikiz lamellerinde bükülmeler ve ikincil kalsit damarları izlenir.

Atayla formasyonu; İkizoluk formasyonu, Fındıcak formasyonu ve Apalar formasyonu ile tektonik dokanaklıdır. Bu nedenle, stratigrafik olarak bir yaş vermek mümkün değildir. Ayrıca, istif içerisinde fosil bulgusu da yoktur.

Breşik mermerlere kaynaklık eden kayalara araştırmacılar değişik yaş konakları vermişlerdir. Blumenthal (1948), mermerleri Triyas yaşlı olarak belirtmiştir. Abdüsselamoğlu (1959), gnays ile amfibollü şistin üzerine gelen mermerleri şistlerle birlikte Devoniyen öncesi olarak incelemiştir. Canik (1980), Çalça formasyonu olarak tanıttığı dolomitli mermerlerin Prekambriyen yaşta olabileceğini belirtmiştir. Cerit (1990), mermerleri Prekambriyen yaşlı Karadere metamorfite olarak adlandırdığı birim içerisinde tanıtmıştır. Bu veriler Atayla formasyonuna kaynaklık eden birimlerin daha çok Paleozoyik yaşlı olabileceğini göstermektedir. Birimin çökelme yaşının ise çakıltaşı matriksinin metamorfik olmayışı nedeniyle, Üst Kretasedeki ilk transgresyon ile ilgili olacağı varsayılabilir.

#### **Bayramışlar formasyonu (Kb)**

Bayramışlar formasyonunun kumlu kireçtaşı ve karbonatlı kumtaşı mostraları tünel güzergahı boyunca gözlenirken tünel kotuna kadar sürekliliği yoktur (Şekil 3, 4). Bunun nedeni Bayramışlar formasyonunun alt dokanacağının tünel kotuna yakın yerde bir bindirme fayı ile sınırlandırılmış olmasıdır. Tünel güzergahındaki Taşburnun güneyinde, dokanak ilişkileri faylarla sınırlandırılmış ve uzun ekseni 1500 m, kısa ekseni 100 m olan bir alanda yüzeylenmektedir.



Birimde egemen litoloji sarımsı, kumlu kireçtaşları ile aridalanmalı karbonatlı kumtaşlarıdır. Kumlu kireç - taşlarında kuvars+felspat ve intraklast parçaları sparitik matriks içerisinde yer alırlar. Karbonatlı kumtaşları da kalsit, kuvars, muskovit ve opak mineraller içermektedir. Çatlaklar ikincil kalsit damarları ile doldurulmuştur.

Birim çalışma alanında sınırlı mostralara sahiptir. Buna karşın, Canik (1980)'in adlandırdığı Bayramışlar formasyonuna eşdeğer tutulmasına, çökelme ortamı ve buldukları yaş konakları gibi kriterler yardımcı olmuştur. Ayrıca, Canik (1980), Bayramışlar formasyonuna ait taban çakıltaşlarının, İkizoluk formasyonu üzerinde açıl uyumsuzlukla bulunduğunu ve saptadığı fosillerle bu birimin Üst Kretase yaşlı olduğunu ileri sürmektedir. Bayramışlar formasyonuna ait birimler, Görmüş (1980) ve Cerit (1990), tarafından Hızardere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Aktimur ve Algan (1983), tarafından kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, çakıltaşı aridalanması olarak tanımlanan ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı olarak tanımlanan birim, çalışma alanında kısmen Bayramışlar formasyonu, kısmen de Fındıcak formasyonuna karşılık gelmektedir. Aydın vd., (1987), tarafından, Bayramışlar formasyonunun eşdeğeri olan birimler, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Akveren formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Bayramışlar formasyonunun alt ve üst dokanak ilişkileri bölgedeki etkin tektonizma sonucunda kaybolmuştur. Birimin kalınlığı, bu nedenle kesin olarak belirlenememiştir. Cerit (1990)'a göre ve birimin egemen kayalar türleri gözönünde bulundurulduğunda çökelim ortamının sığ denizel olabileceği anlaşılmaktadır.

#### **Fındıcak formasyonu (Ktf)**

Fındıcak formasyonuna ait breşik kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn ve kireçtaşları, tünel ekseninde yer almaktadır (Şekil 3,4). Fındıcak formasyonunun tünel güzergahında, yüzeyde geniş ölçüde mostraları bulunmakla birlikte, tektonik dokanakra diğer birimler üzerinde yer aldığından araştırma sondaj verilerine göre tünel kotuna kadar inmemektedir. Formasyon tünel kotunda, tektonizmadan aşın derecede etkilenmiş killi silt matriks içerisinde çoğunluğu kireçtaşından oluşan değişik boyutlarda bloklar şeklinde yer almaktadır.

Kireçtaşlarında kalsit, kuvars, az oranda muskovit, klorit ince taneli matriks içerisinde yer alır. Üstte bulunan karbonatlı kumtaşlarında kalsit, kuvars ve plajiyoklas egemendir. Karbonat oranının artması ile marn ve ki-

reçtaşına geçişler de gözlenmektedir. Kataklastik metamorfizmanın yoğun olduğu yerlerde, İkizoluk formasyonun fillit ve kayraktaşları ile benzerlik gösterir.

Benzer fasiyesteki birimleri, Abdüsselamoğlu (1959) Kretase flişi, Gözübol (1978) ile Yılmaz vd., (1981) Gök veren formasyonu, Görmüş (1980) Sarıkaya formasyonu, Aydın vd., (1987) Akveren formasyonu olarak adlandırmıştır. Birime Görmüş (1980) Üst Kretase-Paleosen ve kısmen Alt Eosen, Canik (1980) Paleosen, Abdüsselamoğlu (1959) Üst Kretase, Gözübol (1978) ve Yılmaz vd., (1981) Eosen yaşlarını vermiştir. Bu çalışmada da araştırmacıların saptadıkları Üst Kretase-Paleosen, kısmen Alt Eosen yaşı kabul edilmiştir.

Fındıcak formasyonunun egemen litolojisini oluşturan kumtaşlarında, derecelenme, ince tabakalanma ve çapraz tabakalanmaya sık rastlanılır. Yalnız, bu tür tortul yapıların, şiddetli tektonizmadan etkilenmiş olması nedeniyle izlenmesi güçtür. Buna karşın, Fındıcak formasyonunun tektonotortul bir ortamda çökeldiği söylenebilir.

#### **Apalar formasyonu (Ta)**

Apalar formasyonunun kiltası, silttaşı, kil, silt aridalanmalı ve üst kesimlere doğru jips arakatlı düzeyleri, tünel kotunda değişik kesimler de bulunmaktadır (Şekil 3, 4). Elmalık tarafından girişte, Elmalık granitoidinin üzerinde yer almaktadır. Tünel kotunda görüleceği bölüm Taşlıburun Tepe'nin güneyindedir. Apalar formasyonu tünel ekseninde yanal ve düşey yönde sık sık fasiyes değişiklikleri sunmaktadır. Bu nedenle istifle düzenli bir aridalanma izlenemez. Bununla birlikte kırmızı kil, kiltası, marn ve jips birimin ana bileşenleridir. İstif içerisinde Fındıcak, Bayramışlar ve İkizoluk formasyonlarına ait blok boyutunda çeşitli kütleler bulunmaktadır. Bu litolojileri kesen çok sayıda volkanik sokulumlar gözlenmektedir. Apalar formasyonunun mostraları çalışma alanında çoğunlukla tektonik sınırlarla belirlendiği için birime ait belirgin bir kalınlık verilemez. Birim tünel güzergahında Fındıcak formasyonu ile tektonik dokanaklıdır. Çalışma alanına yakın alanlarda Fındıcak formasyonu üzerine kuşku uyumsuzlukla gelmektedir (Canik, 1980). Apalar formasyonu yer yer Pliyosen yaşlı Asarsuyu formasyonu ve güncel çökeller ile örtülüdür.

Canik (1980), Apalar formasyonu olarak tanıttığı birimi iki üyeye ayarlayarak incelemiştir, Evri kumlu kireçtaşı üyesi olarak tanıttığı istifle bulduğu fosillerle birime Alt Eosen yaşını vermiştir. Bu çalışmada Apalar formasyonu olarak tanımlanan üyenin de Orta Eosen-Üst Eosen yaşında olduğunu belirtmiştir. Görmüş (1980) tarafından Yığılca yöresinde tanımlanan Alaptur formasyonu yaş olarak Apalar formasyonuna karşılık gelmektedir. Benzer birimler Aydın vd., (1987) tarafından, Bolu yöresinde, Eosen yaşlı Tokmaklar formasyonu olarak

**Şekil 4.** Anadolu otoyolu Bolu tüneli güzergahının jeoloji kesiti.

**Figure 4,** Geological profile of the Bolu tunnel alignment of the Anatolian motorway.

tanımlanmıştır. Cent (1990) benzer fasiyesteki birimi Çukurca formasyonu olarak adlandırmış, yaşını da derlediği fosillere göre Orta-Üst Eosen olarak belirlemiştir.

Apalar formasyonu Orta Eosen'de derinleşen bir çökeltme ortamında oluşmuştur. Üst Eosen'de bu ortam giderek sıklaşmış jips ve jipsli seviyelerin çökmesine uygun koşullar yaratmıştır.

#### **Asarsuyu formasyonu (Tas)**

Killi silt, kumlu silt, bloklu çakıllı kum aralanmasından oluşan bu birim, Kuvaterner çökellerinden ayrılanmıştır. Tünelin Asarsuyu girişinde yüzeylenmektedir (Şekil 3 ve 4). Bu mostraların bir kısmı şev kazısı sırasında kaldırılmıştır. Asarsuyu formasyonunun alt kesimlerinde, bloklu çakıllı düzeyler bulunur. İstifin bazı kesimleri ise daha ince kırıntılı çökeller ile başlamaktadır. Asarsuyu formasyonun egemen litolojisini çapraz katmanlı kumlu silt, kumlu killi silt, siltli kil gibi düzeyler oluşturur. Asarsuyu tarafından girişte birimin korunmuş kalınlığı 30 m'dir. Birim, tünelinin kuzeyden girişi dolaylarında Yedigöller formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Asarsuyu formasyonu tünelin Elmalık Köyü çıkışı dolaylarında Fındıcak ve Apalar formasyonu üzerinde uyumsuz olarak görülür. Benzer fasiyesteki çökel birimlerinin yaşını Abdüsselamoğlu (1959), Gözübol (1978), Aydın vd. (1987), Canik (1980) buldukları fosillere göre Pliyosen olarak belirtmişlerdir. Siltli kil matriks içerisinde organik malzemelerden palinolojik araştırmalar (Astaldi rap. no 2014, 1990) yapılmış ve biriminin yaşının en az 2 milyon yıl olduğu bulunmuştur. Stratigrafik konumu, çalışma alanı çevresinde yaş verilmiş olan benzer fasiyesteki litolojiler ve palinolojik yaş verilerine göre, Asarsuyu formasyonun yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Asarsuyu formasyonu, Kuzey Anadolu Fay zonu tarafından denetlenen havzalarda çökelmiştir. Çökeltme ortamı, büyük olasılıkla tünel güzergahı yakınlarındaki Asarsuyu vadisinin kuzey yamaçlarındaki neotektonizmaya bağlı olarak gelişen kaymanın, vadi içini kapatması ile oluşmuştur.

#### **TÜNEL GÜZERGAHINDA YAPISAL UNSURLAR**

Ketin (1966), tarafından Tontidler', Şengör ve Yılmaz (1981), tarafından 'Batı Pontidler' olarak tanımlanan kuşaklar içerisindeki tünel güzergahında, paleotektonik döneme ait bindirmeler ve neotektonik döneme ait Kuzey Anadolu Fayı başlıca jeolojik yapılarıdır. Bu yapılar, jeolojik evrim ile sistemli bir şekilde denestirilerek, bölgenin tektonik rejimi hakkında yorumlar yapılabilmektedir (Gözübol, 1986).

#### **Bindirmeler ve doğrultu atımlı faylar**

Tünel güzergahındaki bindirmeler ve Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkili yanal aümlü faylar, ana tektonik unsurlardır. Jeolojik evrim modeli içerisinde bindirmeler, Üst Kretase sonrasında bölgenin sıkıştırma rejiminin etkisi altına girmesiyle güneyden kuzeye itilmeler ile ekaylı yapı gelmiştir. Bu olay Üst Miyosen'e kadar devam etmiştir (Yılmaz vd., 1981). Üst Miyosen'den günümüze kadar geçen dönemde ise, Kuzey Anadolu fay zonu ile ilgili yanal atımlı faylar ve bu faylarla ilgili yapı unsurları gelişmiştir (Şekil 2, 3, 4). Bölgede ve inceleme alanında paleotektonik yapıların izleri, iyi korunmuş ana bindirmeler dışında Kuzey Anadolu Fay zonunun gelişimine neden olan jeolojik devinimler ile büyük ölçüde silinmiştir. Neotektonik dönem ile ilişkili yapılar daha egemendir.

Tünel güzergahında 34 tane araştırma sondajının 26 tanesinde bindirme ve fay zonu kesilmiştir. Bu zonların kalınlığı tüneldeki karotlu sondajın yaklaşık % 50'sini oluşturmaktadır. Tünel güzergahındaki araştırma sondajlarında, İkizoluk ve Apalar formasyonlarında ezik zonların daha yoğun olduğu izlenmiştir. Yedigöller formasyonunda diğer formasyonlara kıyasla daha az ölçüde ezik zon vardır.

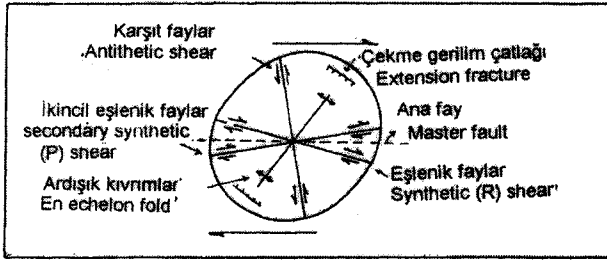
Tünel güzergahındaki bindirmeler yaklaşık D-B doğrultulu ve güneye eğilimlidirler. Bindirme düzlemleri yer yer Kuzey Anadolu Fay zonuna ait faylar tarafından kesilerek yatayda 30-40 m.'lik atımlar kazanmıştır. Tünel güzergahındaki en önemli bindirme düzlemi Asarsuyu girişinden yaklaşık 700 m. sonra görülür. Buradaki bindirme düzleminde İkizoluk formasyonunda yaklaşık 100 m kalınlığında fay kili ve breşi bulunmaktadır. Bindirme düzleminin altında bulunan Yedigöller formasyonunda ise, kayanın fiziksel özelliklerinden dolayı milonitik ezik zonlar 15-20 m. ile sınırlı kalmıştır.

Tünel güzergahındaki diğer bir bindirme düzlemi Elmalık tünel girişinin kuzeyinde izlenir. Burada, Fındıcak formasyonu, Apalar formasyonu üzerine itilmiştir. Bindirme düzlemine ait veriler yüzeyde izlenememekte olup, sınırlan araştırma sondajı verilerine göre çizilmiştir. Elmalık bindirmesi de Kuzey Anadolu Fay zonu tarafından etkilenmiş ve bindirme düzlemi yatayda yaklaşık 100 m'lik atımlar kazanmıştır.

#### **Fayların oluşum mekanizması**

Tünel güzergahındaki Kuzey Anadolu fay zonunda gelişen fayların oluşum sırasını açıklayabilmek için saha verileri ve Wilcox vd., (1973); Christie ve Biddle (1985) tarafından uygulanan kil model çalışmaları kullanılmıştır (Şekil 5). Doğrultu atımlı sağ yönlü kil model deneylerinde, dorukların yaklaşık birbirine paralel ve çevresinde yer aldıkları ana fay ile yaklaşık 45° açılar





Şekil 5. Sağ yanal doğrultu atımlı faylar için gerilme elipsi (Christie ve Biddle, 1985).

Figure 5. Strain ellipsoid for right-lateral strike-slip faults (Christie and Biddle, 1985).

sunduğu görülmektedir. İnceleme alanındaki doruklarda kil model deneylerinde olduğu gibi sağa yönelimlidir. Dolayısıyla inceleme alanındaki bu sırtlar doğrultu atımlı sağ yönlü fayları işaret etmektedir.

İnceleme alanında bulunan ana faya uyumsuz ve uyumlu faylar, kil model çalışma incelemelerinde olduğu gibi, birbirleriyle kesişmekte ve ikiz kırık setleri oluşturmaktadır. Bindirme fayları Kuzey Anadolu Fayı ve yardımcı fayları tarafından kesilmektedir. Kuzey Anadolu Fayı ana fay olarak güncelliğini korurken yardımcı faylarda jeoenerjiyi kırmak üzere gelişimlerini sürdürmektedir.

Doğrultu atımlı faylarla ilgili kil model incelemele-  
rinde gelişen üçüncü yapı, normal faylardır. Bu faylar, aralı-aşmalı kıvrımları dik şekilde kesmekte ve antitetik faylarla sintetik faylar arasındaki dar açı ortayına yaklaşık paralel uzanmaktadır. İnceleme alanı çevresindeki fayların bir kısmında düşey atım, kil model incelemelerinde tanımlanan normal faya çok yakın benzerlikler göstermektedir.

Kil model incelemelerinde, doğrultu atımlı ana fay, deformasyonun son evresinde oluşmaktadır. Ana fayı oluşturmak için kilin yenilme işlemi, doğrultu atım zonu boyunca çeşitli noktalardan başlamaktadır. Ana zon boyunca oluşan yenilmeler, karmaşık görünümde birleşerek büyük ölçekli doğrultu atım fay zonları için tipik olan örgülü fay örneklerini yaratırlar.

## SONUÇLAR

Tünel güzergahında, kuzeyden güneye önce amfibolit, metagranit, metadiyorit gibi litolojilerden oluşan Yeşiltaş formasyonu bulunmaktadır. Bu birimleri şeyi, fillat, kayraktaşı ve kristalize kireçtaşıyla oluşan İkizölük formasyonu tektonik dokanakla izlemektedir. Tünelin ileri kesimlerinde Elmalık granitoid ile kil, kiltası, killi kireçtaşı, jips ardalanmasından oluşan Apalar formasyonu yer almaktadır. Bu birimleri breşik mermer

ve kayraktaşı ile temsil edilen Atyayla formasyonu izlemektedir. Tünelin sonraki bölümlerinde kumlu kireçtaşı, karbonatlı kumtaşı, breşik çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn ve kireçtaşıyla oluşan Fındıcak formasyonu saptanmıştır. Tünelin Elmalık çıkışına doğru ise tekrar Apalar formasyonu, Elmalık granitoidi ve Fındıcak formasyonu ile karşılaşılacaktır.

Tünel güzergahında bulunan kaya birimleri Üst Kre-tase'den başlayarak K-G yönlü sıkıştırma gerilmeleri rejimi içinde itilerek üst üste yığılmışlardır. Bu rejim Üst Miyosen'den sonra değişerek tünel güzergahını da içine alan bölgede Kuzey Anadolu Fay zonu ile ilişkili doğrultu atımlı faylar gelişmiştir. Tünel duraylılığı da bindirme düzlemleri, D-B doğrultulu yanal atımlı faylar, bu faylara bağlı olarak gelişen KD-GB veya KB-GD faylar etkileyecektir.

## KATKI BELİRTME

Yazar, bu makalenin hazırlanmasına imkan olanak Gümüşova-Gerede otoyolundaki ana yüklenici kuruluş Astaldi SPA ve kontrol firması Yüksel-Rende'le teşekkürlerini sunar.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdüsselamoğlu, Ş., 1959, Almacıkdağı ile Mudurnu ve Gökçü civarının jeolojisi; İÜ Fen Fak. Monografileri sayı: 14.
- Aktimur, T., Algan, Ü., Ateş, Ş., Oral, A., 1983, Bolu ve yakın çevresinin yer bilim sorunları ve çözümleri: M.T.A. Rap. no: 7387 (yayınlanmamış).
- Astaldi rap. no: 2014,1990, Geological report; Preliminary design. Anatolian Morotway Gümüşova-Gerede Street» No 2,96s.
- Aydın, M., Serdar, S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. ve Özçelik, Y., 1987, Çamdağ (Sakarya) Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi TJK Bülteni, 30,1-14.
- Blumenthal, M., 1948, Bolu civarı ile Aşağı Kızılırmak Mecer-  
arasındaki kuzey Anadolu silsilelerinin jeolojisi: MTA yayınları no: 13,265s.
- Canik, B., 1980, Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi: Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi yayınları no: 1,74s.
- Christie-Blick, N. ve Biddle, K.T., 1985, Deformation and basin formation along strike-slip faults: Soc. Econ. Paleont. and Min. Spec. Publ. No: 37, p: 1-34.
- Çent, O., 1990, Bolu masifinin jeolojik jeoteknik incelemesi, Doktora tezi, HÜ Fen Bil. Ens., Ankara, 217 s. (yayınlanmamış).
- Dalgıç, S., 1994, Anadolu otoyolu Bolu dağı geçişinin mühendislik jeolojisi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 213 s. (yayınlanmamış).
- Görmüş, S., 1980, Yığılca (Bolu NW) yöresinin jeolojik incelemesi, Doktora tezi, Hacettepe Univ., Ankara, 210 s. (yayınlanmamış).
- Gözübol, A., M., 1978, Mudurnu-Dokurcun-Abant (Bolu ili) alanının jeoloji incelemesi ve Kuzey Anadolu yardımının

- yapısal özellikleri, Doktora tezi, İÜ Fen Fak. Uygulamalı Jeoloji Kürsüsü, 116 s.
- Gözübol, A.M., önal, M., 1986, Çat barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelemesi, Malatya-Çelikhan alanının jeolojisi: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu TBAG-647 projesi (yayınlanmamış).
- Higgins, W.M., 1971, Cataclastic Rocks: United States Government Printing Office, Washington. 97 p.
- Kaya, O. ve Dizer, A., 1984, Bolu kuzeyi Üst Kretase ve Paleojen kayalarının stratigrafî ve yapısı: MTA Dergisi no: 97/98 (Ayrı baskı).
- Ketin, I., 1966, Anadolunun Tektonik Birlikleri; MTA Enstitüsü Dergisi, 66,20-34.
- Ketin, İ., 1967, Bolu, Gerede, Mengen ve Yiğilca bölgesindeki Paleozoyik Teşekküllere ait jeolojik rapor; TPOA Arama grubu, rapor no: 379 (yayınlanmamış).
- Schmid, S.M. ve Handy, M.R., 1991, Towards genetetic classification of fault rocks; Geological usade and tectonophysical implications; Controversies in modern geology: Academic press limited, p 339-361.
- Sibson, R.H., 1977, Fault rocks and fault mechanizm Jour, of Geo.Soc.Lond. 133,191-213.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution: of Turkey Plate Tectonic Approach: Tectonophysics, 75, 181-241.
- Takagi, H., 1986, Implications of mylonite microstructures for the geotectonic evolution of the median tectonic line: Central Japan. Jour. Structural Geo., 8,3-14.
- Wilcox, R.f., Harding, T.P. ve Seely, D.R., 1973, Basich wrench tectonics; AAPG Bull., 57/1, 74-96.
- Yılmaz, Y., Gözübol, A.M., Tüysüz, O. ve Yiğitbaş, E., 1981, Abant (Bolu)-Dokurcun (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi. İÜ Yerbilimleri Der. 2., 231-261.

---

Makalenin geliş tarihi: 12.03.1996

Makalenin yayını kabul edildiği tarih: 24.02.1997

**Received March 12,1996**

**Accepted February 24,1997**