

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ZONGULDAK MİTHATPAŞA-II KARAYOLU TÜNELİ GÜZERGÂHINDAKİ  
FORMASYONLARIN GAZ İÇERİĞİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CENGİZ SAVAŞ**

**ARALIK 2021**



**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ZONGULDAK MİTHATPAŞA-II KARAYOLU TÜNELİ GÜZERGÂHINDAKİ  
FORMASYONLARIN GAZ İÇERİĞİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER**

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CENGİZ SAVAŞ**

**DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BUZKAN**

**İKİNCİ DANIŞMAN : Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ**

**ZONGULDAK**

**Aralık 2021**





**KABUL:**

Cengiz SAVAŞ tarafından hazırlanan “Zonguldak Mithatpaşa-II Karayolu Tüneli Güzergâhındaki Formasyonların Gaz İçeriği ve Alınması Gereken Önlemler” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 09/12/2021

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BUZKAN .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU .....  
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAK .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. ....../...../20....

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Cengiz SAVAŞ



## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ZONGULDAK MİTHATPAŞA-II KARAYOLU TÜNELİ GÜZERGÂHINDAKİ FORMASYONLARIN GAZ İÇERİĞİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER**

**Cengiz SAVAŞ**

**Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BUZKAN**

**İkinci Danışman: Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ**

**Aralık 2021, 79 Sayfa**

Zonguldak Belediyesi sınırları içerisinde yer alan imar alanını Kilimli Belediyesi yol güzergâhına bağlayacak olan Mithatpaşa-II Tünelinin Zonguldak şehir merkezinden, Kilimli ilçesine doğru çift tüp olarak Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonunda kazısı tasarlanmıştır. Tünel güzergâhındaki Zonguldak Kömür Havzası kömür damarlarının varlığı nedeniyle, tünel kazısı sırasında, güzergâh boyunca denk gelen bakir kömür damarlarının gaz içeriğinin ortama yayılması ile daha önce üretim yapılmış kömür panolarında depolanmış olan metan gibi yanıcı ve patlayıcı gazların patlama ihtimali bulunmaktadır. Bu araştırmanın amacı; tünel güzergâhı boyunca karşılaşılabilecek olumsuz jeolojik oluşumlar ve mevcut kömür damarlarının kazı bölgelerindeki gaz içerikleri ile eski üretimlerdeki gaz emisyonlarının depolanmış olması gibi durumların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınmasıdır.

Bu kapsamda, tezin ilk bölümlerinde tünel, tünel çeşitleri ve tünel açma yöntemleri hakkında konular ele alınmıştır.

## ÖZET (devam ediyor)

Mithatpaşa-II Karayolu tünel kazısı karşılıklı olarak her iki yönden başlamıştır. Çalışmada tünel kazısı 3 vardiya, 24 saat sürekli olarak yapılmıştır. Kazı sırasında sürekli olarak iş ve işçi sağlığı, yapı güvenliği gibi konuların da dikkate alınması çok önemli olmuştur. Bu nedenle, çalışmanın her anında sürekli olarak, kazı güvenliği için tünel kesitinin kaya duraylılığı kontrol edilerek ortamın gaz içeriği (metan, oksijen, azot, CO, CO<sub>2</sub>, vs olarak) çoklu gaz ölçer el dedektör cihazı ile ölçülerek çalışma ortamı denetlenmiştir. Tünel kazısı sırasında ortaya çıkan kömür damarlarından örnekler alınmış ve buralardaki kömür stampaları (kesitleri) belirlenmiştir.

Tezin sonraki bölümlerinde ise Mithatpaşa-II Tüneli çalışma alanı, tünel güzergâhının genel jeolojisi, güzergâhta yer alan formasyonlar ve bu formasyonlarda yer alan gazların içerikleri hakkında bilgi verilmiştir. Son bölümde ise çalışma süresince karşılaşılabilecek sorunlara ve alınabilecek tedbirlere yer verilmiştir.

Sonuç olarak Mithatpaşa-II tüneli kazısı; Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonunu oluşturan konglomera-kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-kömürlü şeyl-kömür damarı ardalanmasından oluşan litolojik birim ile Kretase yaşlı Kapuz kireçtaşı-ndan oluşan litolojik birim içinde gerçekleştirilmiştir. Mithatpaşa-II tüneli kazısı sırasında geçilmiş olan formasyonlarda bulunan kömür damarlarının gaz içeriği CH<sub>4</sub> için %0,00, CO için %0,00 ile %4,00 arasında değişmekte olduğu, CO<sub>2</sub> için %0,00, O<sub>2</sub> için %20.9 olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mithatpaşa-II Tüneli, Zonguldak, Kömür, Kozlu, Gaz İçeriği

**Bilim Kodu:** 606.03.01.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE GAS CONTENT OF THE FORMATIONS ON THE ROUTE OF ZONGULDAK MİTHATPAŞA-II HIGHWAY TUNNEL AND MESAURES TO BE TAKEN**

**Cengiz SAVAŞ**

**Zonguldak Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geology Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof.Dr. İbrahim BUZKAN**

**Co-Advisor: Asscoci. Prof.Dr. Ahmet KARAKAŞ**

**December 2021, 79 Pages**

Mithatpaşa-II Tunnel, which will connect the zoning area within the borders of Zonguldak Municipality to the Kilimli Municipality road route, is designed to be excavated in the westphalian A aged Kozlu Formation as a double tube from Zonguldak city center to Kilimli district. Due to the presence of coal seams in the Zonguldak coal basin on the tunnel route, with the spread of the gas content of the virgin coal seams along the route during the tunnel excavation there is possibility of explosion of flammable and explosive gases such as methane which were stored in the previously produced coal panels. The aim of this research is to determine the negative geological formations that may be encountered along the tunnel route, the gas contents of the existing coal seams in the excavation areas and the storage of gas emissions from old productions and to take the necessary precautions.

In this context, in the first parts of the thesis, topics about tunnels, tunnel types and tunnelling methods are examined.

## **ABSTRACT (continued)**

Mithatpaşa-II Highway tunnel excavation started from both directions. Tunnel excavation was carried out continuously for 24 hours in 3 shifts. It has been very important to constantly consider issues such as occupational and worker health and building safety during the excavation. For this reason, the rock sensitivity of the tunnel section was checked for excavation safety at every moment of the study and the working environment was inspected by measuring the gas content of the environment (such as methane, oxygen, nitrogen, etc.) with a multi-gas counter hand detector device. Samples were taken from the coal seams unearthed during the tunnel excavation and the coal sections in these areas were determined. In the next parts of the thesis, information is given about the Mithatpaşa-II Tunnel study area, the general geology of the tunnel route, the formations on the route and the contents of the gases in these formations. In the last part, the problems that may be encountered during the study and the precautions that can be taken are given.

As a result, Mithatpaşa-II Tunnel excavation was carried out within the lithological unit consisting of conglomerate-sandstone-siltstone-claystone-coal shale-coal vein alternation and Cretaceous aged Kapuz limestone forming the Westphalian A aged Kozlu Formation. It was determined that the gas content of the coal seams found in the formations passed during the Mithatpaşa-II Tunnel excavation was 0% for methane, 0% for carbon dioxide, 0% for oxygen, and carbon monoxide ranged between 0% and 4%.

**Keywords:** Mithatpaşa-II Tunnel, Zonguldak, Coal, Kozlu, Gas Content

**Science Code:** 606.03.01.



## TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi sürecinden itibaren tez çalışmasının hazırlanmasında bilgi birikimi, tecrübesi ve yardımlarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BUZKAN'a en içten duygularıyla teşekkür ederim. Çalışma sürecinde katkılarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAK'a ve hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de desteklerini eksik etmeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tamamlanması aşamasında değerli bilgilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na (A.Ü.) teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü Yol Yapım Baş Mühendisliği'ne ve tez çalışması boyunca desteklerini esirgemeyen Yol Yapım Kontrol Mühendisi Sayın Yasin YAVUZ'a ve projenin gerçekleştirilmesinde büyük katkısı olan Ö.D.F Yılmazlar İnş. Tur. Mad. Nak. ve Tic. Ltd. Şti.'ne ve çalışanlarına teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| KABUL: .....                                             | ii    |
| ÖZET .....                                               | iii   |
| ABSTRACT .....                                           | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                           | vii   |
| İÇİNDEKİLER.....                                         | ix    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                    | xiii  |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                  | xvii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                      | xix   |
| <br>BÖLÜM 1 GİRİŞ .....                                  | <br>1 |
| <br>BÖLÜM 2 TÜNELLER.....                                | <br>3 |
| <br>2.1 TÜNELLER .....                                   | <br>3 |
| 2.1.1 Tünel ile İlgili Bazı Tanımlamalar .....           | 4     |
| 2.2 TÜNEL ÇEŞİTLERİ .....                                | 5     |
| 2.2.1 Demiryolu Tünelleri .....                          | 5     |
| 2.2.2 Yaya Tünelleri .....                               | 6     |
| 2.2.3 Metro Tünelleri.....                               | 6     |
| 2.2.4 Karayolu Tünelleri.....                            | 6     |
| 2.3 TÜNEL AÇILMASINDA MALİYETİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ..... | 8     |
| 2.4 TÜNELLERDE SU, ISI VE GAZ SORUNU .....               | 8     |
| 2.4.1 Su Sorunu.....                                     | 8     |
| 2.4.2 Isı sorunu .....                                   | 9     |
| 2.4.3 Gaz Sorunu .....                                   | 9     |
| 2.5 TÜNEL JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI .....                     | 9     |
| 2.5.1 Ön Jeolojik Çalışmalar .....                       | 10    |
| 2.5.2 Detay Jeolojik Çalışmalar .....                    | 10    |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                         | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------|--------------|
| 2.5.3 Tünel Açılırken Yapılan Jeolojik Çalışmalar ..... | 10           |
| 2.5.4 Tünel Bittikten Sonra Yapılacak Çalışmalar .....  | 11           |
| 2.6 TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ .....                         | 11           |
| 2.6.1 Delme Patlatma Yöntemi.....                       | 12           |
| 2.6.1.1 Tam Kesit (Full-Face)Yöntemi .....              | 12           |
| 2.6.1.2 Kalot-Stross Yöntemi .....                      | 12           |
| 2.6.1.3 Çok Galerî Yöntemi .....                        | 13           |
| 2.6.1.4 Kaz Kapa Yöntemi .....                          | 13           |
| 2.6.2 Tünel Açma Makinesi (TBM) Yöntemi .....           | 13           |
| 2.6.3 Aç Kapa Yöntemi .....                             | 13           |
| 2.6.4 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM).....     | 14           |
| <br>BÖLÜM 3 ÇALIŞMA ALANI.....                          | <br>21       |
| 3.1 ÇALIŞMA ALANI.....                                  | 21           |
| 3.1.1 Morfoloji ve Bitki Örtüsü .....                   | 26           |
| 3.2 GÜZERGAHIN GENEL JEOLJİSİ .....                     | 27           |
| 3.2.1 Genel Jeoloji .....                               | 27           |
| 3.2.2 Stratigrafi .....                                 | 28           |
| 3.2.2.1 Yıllanlı Formasyonu (Dky) .....                 | 31           |
| 3.2.2.2 Alacağzı Formasyonu (Ka).....                   | 31           |
| 3.2.2.3 Kozlu Formasyonu (Kk).....                      | 31           |
| 3.2.2.4 Karadon Formasyonu (Kka).....                   | 32           |
| 3.2.2.5 Zonguldak Formasyonu (Jkrz) .....               | 33           |
| 3.2.2.6 Kilimli Formasyonu (Jki) .....                  | 34           |
| 3.2.2.7 Velibey Üyesi (Kkv) .....                       | 34           |
| 3.2.2.8 Sapça Üyesi (Kks).....                          | 35           |
| 3.2.2.9 Tasmaca Üyesi (Kkt).....                        | 35           |
| 3.2.2.10Alüvyon ( Qal) .....                            | 36           |
| 3.2.2.11Yamaç Örtüsü ( Qym) .....                       | 36           |
| 3.2.3 Yapısal Jeoloji ve Tektonik .....                 | 36           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3.2.4 Depremsellik.....                                                                               | 37           |
| 3.2.5 Sondaj Çalışması .....                                                                          | 38           |
| 3.2.6 Jeofizik Çalışması .....                                                                        | 39           |
| 3.2.7 Hidrojeoloji.....                                                                               | 40           |
| 3.2.7.1 Yüzey Suları.....                                                                             | 40           |
| 3.2.8 Jeolojik-Jeoteknik Değerlendirmeler .....                                                       | 42           |
| 3.2.8.1 Birimlerin Jeolojik-Jeoteknik Özellikleri.....                                                | 42           |
| 3.2.8.2 Kaya Sınıflamaları ve Zemin Parametreleri.....                                                | 44           |
| <br>BÖLÜM 4 MİTHATPAŞA-II TÜNELİ KAZISINDA OLASI GAZ EMİSYONLARI VE<br>ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER..... | <br>49       |
| <br>4.1 YERALTI MADENLERİNDE BULUNAN ZARARLI GAZLAR VE METAN<br>DRENAJ.....                           | <br>49       |
| 4.1.1 Boğucu Gazlar .....                                                                             | 50           |
| 4.1.1.1 Karbondioksit(CO <sub>2</sub> ) .....                                                         | 51           |
| 4.1.1.2 Azot(N <sub>2</sub> ) .....                                                                   | 53           |
| 4.1.2 Zehirli Gazlar.....                                                                             | 53           |
| 4.1.2.1 Karbonmonoksit(CO).....                                                                       | 53           |
| 4.1.2.2 Hidrojensülfür (H <sub>2</sub> S) .....                                                       | 54           |
| 4.1.2.3 Kükürtdioksit(SO <sub>2</sub> ) .....                                                         | 55           |
| 4.1.2.4 Azot Oksitler .....                                                                           | 55           |
| 4.1.3 Patlayıcı Gazlar.....                                                                           | 57           |
| 4.1.3.1 Metan(CH <sub>4</sub> ) .....                                                                 | 57           |
| 4.1.3.2 Metan Drenajı.....                                                                            | 58           |
| 4.1.3.3 Metan drenajının avantajları.....                                                             | 61           |
| <br>BÖLÜM 5 MİTHATPAŞA-II TÜNELİNDE GAZ ÖLÇÜMLERİ .....                                               | <br>63       |
| 5.1 GAZ ÖLÇÜMLERİ.....                                                                                | 63           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------|--------------|
| BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 75           |
| 6.1 SONUÇ VE ÖNERİLER.....     | 75           |
| KAYNAKLAR.....                 | 77           |
| ÖZGEÇMİŞ .....                 | 79           |



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                                    | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1 Tünel Enkesiti (Erguvanlı, 1994).....                                                                                              | 5            |
| Şekil 2.2 Mithatpaşa-II Tüneli Tip Kesiti Sol Tüp.....                                                                                       | 7            |
| Şekil 2.3 Mithatpaşa-II Tüneli Tip Kesiti Sağ Tüp.....                                                                                       | 7            |
| Şekil 2.4 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Üst Yarı Kömürlü Ayna Kazısı Çalışmasından Örnek. ....                                | 15           |
| Şekil 2.5 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tünel Açıklığının İbo Bulon Destekleme İksa Çalışmasından Kumtaşında Örnek.....              | 15           |
| Şekil 2.6 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada İksa Destekleme Çalışmasından Örnek.....                               | 16           |
| Şekil 2.7 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada Umbrella Destekleme Çalışmasından Örnek.....                           | 16           |
| Şekil 2.8 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada İbo Bulon Enjeksiyonu İksa Çalışmasından Örnek.....                    | 17           |
| Şekil 2.9 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp 2.Araç Geçişİ İnvert İksaKurulumu Çalışmasından Örnek.....              | 17           |
| Şekil 2.10 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Sağ taraf Alt Yarı Kazı Destekleme Çalışmasından Örnek. ....           | 18           |
| Şekil 2.11 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp İbo Bulon Enjeksiyonu Çalışmasından Örnek. ....                        | 18           |
| Şekil 2.12 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Keçe-Membran İmalatı Çalışmasından Örnek. ....                         | 19           |
| Şekil 2.13 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp Sağ-Sol Taraf Kiriş Betonu ( C 30/37) Çalışmasından Örnek. ....        | 19           |
| Şekil 2.14 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Üst Yarı Püskürtme Betonu (C 25/30 Sınıfı) Çalışmasından Örnek. ....   | 20           |
| Şekil 2.15 NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp 12.Ano Nihai Kaplama Betonu (C 30/37 Sınıfı) Çalışmasından Örnek. .... | 20           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| No                                                                                                                                                 | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1 Çalışma Sahasının Yer Bulduru Haritası .....                                                                                             | 21    |
| Şekil 3.2 Tünel Güzergâhı Uydu Görüntüsü .....                                                                                                     | 22    |
| Şekil 3.3 Mithatpaşa-II Tüneli Bağlık Mevkii Girişi. ....                                                                                          | 22    |
| Şekil 3.4 Mithatpaşa-II Tüneli Zonguldak İkinci Makas Çıkışı.....                                                                                  | 23    |
| Şekil 3.5 Mithatpaşa-II Tünelinin Mevcut Faylara, Üretim Yapılmış Çay Damarına ve<br>Kömürlü Birimlere Göre Konumları .....                        | 23    |
| Şekil 3.6 Mithatpaşa-II Tüneli Güzergâhındaki Öküşne Kireçtaşlarında Var Olan Karstik<br>Boşluklarla İlişkisi.....                                 | 24    |
| Şekil 3.7 EskiÜretim Panosu Çay Damarı Üretimleri ile Mithatpaşa-II Tünelinin İlişkisi. ....                                                       | 24    |
| Şekil 3.8 Mithatpaşa-II Tüneli Jeolojik Haritası ve Kesiti.....                                                                                    | 25    |
| Şekil 3.9 Tünel Eksenini Kesmiş ve Kesecek Olan Kömür Damarları.....                                                                               | 25    |
| Şekil 3.10 Jeofizik Ölçüm Hattı Topoğrafik Değişimler .....                                                                                        | 26    |
| Şekil 3.11 Çalışma Alanında Var Olan Bitki Örtüsü .....                                                                                            | 26    |
| Şekil 3.12 Bölgesel Jeoloji Haritası Üzerinde Mithatpaşa-II Tüneli Güzergahı.....                                                                  | 28    |
| Şekil 3.13 İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Stratigrafik Kolon Kesiti .....                                                                      | 30    |
| Şekil 3.14 Türkiye Deprem Tehlike Haritası .....                                                                                                   | 37    |
| Şekil 3.15 Zonguldak İli Deprem Tehlike Haritası .....                                                                                             | 38    |
| Şekil 3.16 Çalışma Alanı ve Atış Noktaları .....                                                                                                   | 39    |
| Şekil 3.17 Uydu Görüntüsünde Yüzey Sularının Drenajı ve Tünelere Etkisi (Ölçeksiz). ....                                                           | 41    |
| Şekil 3.18 Mithatpaşa-II Tüneli ve Mithatpaşa-I Tünelini Etkileyecek Yüzey Sularının<br>Drenaj-Akış Yönleri İlişkisi (Ölçeksiz). ....              | 42    |
| Şekil 3.19 Mithatpaşa-II Tüneli Kömür Damarı Çıkan Ayna Fotoğrafları.....                                                                          | 45    |
| Şekil 3.20 Mithatpaşa-II Tünel Güzergâhı Orta Kesimde Öküşne Kireçtaşlarının<br>Görünümü.....                                                      | 46    |
| Şekil 3.21 Kozlu Formasyonu Tabaka Doğrultu-Eğimi ve Şeyl Tabakaları Arasında<br>Oluşmuş Kırıktaki Genç Organik Madde Depolanması.....             | 46    |
| Şekil 3.22 Tünelin Orta Kesimlerinde Kozlu Formasyonu Kumtaşı Görünümü. ....                                                                       | 47    |
| Şekil 3.23 Kozlu Formasyonu Bozunmuş Kumtaşı-Çamurtaşı-Kömür Bandı Mostrasından<br>görünüm.....                                                    | 47    |
| Sekil 4.1 Havada Bulunan Metan ve Oksijenin Hacimsel Olarak Yüzdeleri ile Patlama<br>Riski Oluşturmasının Coward Üçgeni Üzerinde Gösterilmesi..... | 57    |
| Sekil 4.2 Üretim Öncesi Metan Drenajı (Durşen & Yasun, 2012). ....                                                                                 | 59    |



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| No                                                                                                                         | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 4.3 Yatay Sondaj Delikleri ile Drenaj .....                                                                          | 59    |
| Şekil 4.4 Tavan ve tabana açılan çapraz deliklerle drenaj .....                                                            | 60    |
| Şekil 4.5 Göçükten Metan Drenajı Yöntemi .....                                                                             | 60    |
| Şekil 5.1 Mithatpaşa-II Tüneli Sol Tüp Gaz Emisyonlarına Yönelik Erken Uyarı Sistemi. ...                                  | 64    |
| Şekil 5.2 Mithatpaşa-II Tüneli Sağ Tüp Gaz Emisyonlarına Yönelik Erken Uyarı Sistemi....                                   | 65    |
| Şekil 5.3.a Metan Drenajı Amacıyla Açılması Öngörülen Rasat Delgileri Uygulaması<br>(Önden Görünüm) .....                  | 66    |
| Şekil 5.3.b Metan Drenajı Amacıyla Açılması Öngörülen Rasat Delgileri Uygulaması<br>(Yandan Görünüm).....                  | 67    |
| Şekil 5.4 Mithatpaşa-II Tüneli Bağlık Giriş Sağ ve Sol Tüp Havalandırma Fanları. ....                                      | 68    |
| Şekil 5.5 Mithatpaşa-II Tüneli İkinci Makas Çıkış Sağ ve Sol Tüp Havalandırma Fanları. ...                                 | 68    |
| Şekil 5.6 Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile İlerleme Noktasındaki<br>Gaz Ölçüm Değerleri.....            | 69    |
| Şekil 5.7 Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile Diğer bir İlerleme<br>Noktasındaki Gaz Ölçüm Değerleri. .... | 69    |
| Şekil 5.8 Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile Başka bir İlerleme<br>Noktasındaki Gaz Ölçüm Değerleri. .... | 70    |
| Şekil 5.9 Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 34+988,70'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü<br>Ayna. ....                           | 70    |
| Şekil 5.10 Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+014,95'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı<br>Kömürlü Ayna.....                           | 71    |
| Şekil 5.11 Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+064,45'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı<br>Kömürlü Ayna.....                           | 71    |
| Şekil 5.12 Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+066,70'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı<br>Kömürlü Ayna.....                           | 72    |
| Şekil 5.13 Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+067,45'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı<br>Kömürlü Ayna.....                           | 72    |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                        | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 3.1 Güzergâh İçin Yapılan Sondajların Özet Listesi.....                  | 38           |
| Çizelge 3.2 Çalışma Alanı Sismik Yansıma Hattı Profil Bilgileri.....             | 40           |
| Çizelge 3.3 Proje Güzergâhı Yakınındaki Önemli Yüzey Suları.....                 | 40           |
| Çizelge 3.4 Sondajlardaki Yer altı su seviyeleri .....                           | 42           |
| Çizelge 4.1 Oksijen miktarının insan sağlığına etkisi .....                      | 51           |
| Çizelge 4.2 Karbondioksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi.....                 | 52           |
| Çizelge 4.3 Uygulanan Karbondioksit ve Oksijen standartları .....                | 52           |
| Çizelge 4.4 Karbon Monoksit Miktarının İnsan Üzerindeki Süreye Bağlı Etkisi..... | 54           |
| Çizelge 4.5 Kan CO Düzeyine Göre Klinik Bulgular .....                           | 54           |
| Çizelge 4.6 Hidrojen Sülfür Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi. ....              | 55           |
| Çizelge 4.7 Kükürt Dioksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi .....               | 55           |
| Çizelge 4.8 Nitrik Oksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi .....                 | 56           |
| Çizelge 4.9 Başlıca Zararlı Gazlar .....                                         | 56           |
| Çizelge 5.1 Metan Oranına Göre Alınması Önerilen Önlemler .....                  | 67           |
| Çizelge 5.2 Mithatpaşa-II Tüneli Gaz Ölçüm Değerlerinden Örnekler. ....          | 73           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| <b>CO</b>                         | : Karbon monoksit (CO)             |
| <b>CO<sub>2</sub></b>             | : Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) |
| <b>H<sub>2</sub>S</b>             | : Hidrojen Sülfür                  |
| <b>CH<sub>4</sub></b>             | : Metan                            |
| <b>SO<sub>2</sub></b>             | : Kükürt dioksit                   |
| <b>O<sub>2</sub></b>              | : Oksijen                          |
| <b>NO<sub>2</sub></b>             | : Azot dioksit                     |
| <b>NO</b>                         | : Nitrik oksit                     |
| <b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b> | : Azot tetraoksit                  |
| <b>N<sub>2</sub>O</b>             | : Nitröz oksit                     |
| <b>NO<sub>3</sub></b>             | : Azot trioksit                    |
| <b>NHO<sub>3</sub></b>            | : Nitrik asit                      |

### KISALTMALAR

|             |                                          |
|-------------|------------------------------------------|
| <b>A.Ü.</b> | : Ankara Üniversitesi                    |
| <b>AFAD</b> | : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı |
| <b>B</b>    | : Batı                                   |
| <b>BEÜ</b>  | : Bülent Ecevit Üniversitesi             |
| <b>D</b>    | : Doğu                                   |
| <b>Dky</b>  | : Yılanlı Formasyonu                     |
| <b>Esd</b>  | : Eşik Sınır Değeri                      |
| <b>FBE</b>  | : Fen Bilimleri Enstitüsü                |
| <b>GB</b>   | : Güneybatı                              |
| <b>Jki</b>  | : Kilimli Formasyonu                     |
| <b>Jkrz</b> | : Zonguldak Formasyonu                   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| <b>Jkrzi</b> | : İncivez Kırıntılı Üyesi       |
| <b>Jkrzk</b> | : Kapuz Kireçtaşı Üyesi         |
| <b>Jkrzö</b> | : Öküşne Kireçtaşı Üyesi        |
| <b>Ka</b>    | : Alacaağzı Formasyonu          |
| <b>KD</b>    | : Kuzeydoğu                     |
| <b>Kk</b>    | : Kozlu Formasyonu              |
| <b>Kka</b>   | : Karadon Formasyonu            |
| <b>Kks</b>   | : Sapça Üyesi                   |
| <b>Kkt</b>   | : Tasmaca Üyesi                 |
| <b>Kkv</b>   | : Velibey Üyesi                 |
| <b>NATM</b>  | : New Austrian Tunneling Method |
| <b>Ppm</b>   | : Milyonda Bir Birim            |
| <b>Qal</b>   | : Alüvyon                       |
| <b>Qym</b>   | : Yamaç Örtüsü                  |
| <b>TBM</b>   | :Tunnel Boring Machine          |
| <b>TTK</b>   | : Türkiye Taşkömürü Kurumu      |

## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

Tünel sözcüğü İngiltere'nin Galler bölgesinde konuşulan Gel dilinden gelmektedir. O bölgede yaşayan insanlar sıvıların nakledilmesinde “Tonne” adı verilen, iki ucu kapalı ince ve uzun tahtadan kaplar kullanırlardı. Daha sonraları yeraltı depoları gibi yerleşim yerlerine de bu isim verilerek 19. Yüzyılın ikinci yarısından sonra yaygınlaşıp tünel kelimesi bugünkü anlamıyla kullanılmaya başlamıştır (Köse, Gürgen, &Onargan, 1992).

Maden mühendisliğine göre tünel; kazılabilen ve düzenlenebilen yer altı geçişleridir.Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere tünel inşasında dikkat edilmesi gerekenler; kayanın kazılabilme ve desteklenebilme özelliğidir (Köse, Gürgen, &Onargan, 1992).

Tüneli bir şekilde daha tanımlarsak; karayolu, yaya yolu, demiryolu, kanal vb. gibi taşıma yolunun belli bölümünün yeryüzünden geçirilme olanağının teknik olarak zor olduğu ve ekonomik açıdan uygun görülmediği yerlerde, bu kesimlerin yer altından geçirilmesi için uygun bulunan sanat yapılarıdır (Köse, Gürgen, &Onargan, 1992).





## BÖLÜM 2

### TÜNELLER

#### 2.1 TÜNELLER

Doğa, insanların etki etmediği birçok dehliz ve mağara oluşturmuştur. İnsanlar bu doğal oluşumlardan farklı biçimlerde faydalanarak benzetme yoluyla küçük alanlı dehlizler açmaya başlamışlardır. İlk zamanlarda insan elinden çıkan bu işler güç koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Odun yakılarak ısıtılan kayalar daha sonra su ve sirke karışımı atılarak kayaların parçalanmaları ve dağılmaları sağlanmıştır (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

Mısırlılar, Mezopotamyalılar ve Romalılar ateş yakıp taşları çatlatıp sirke dökerek taşları eritmişler ve insanların beden gücünden yararlanarak metrelerce tüneller açmışlardır. M.Ö. 4000 yıllarında Babil yakınlarında Fırat nehri tabanında açılan ilk tünel, 1000 m. uzunluğunda 3.5x4.5 m. çapında aç-kapa yöntemiyle inşa edilmiştir. Bu tünelin yapımından sonra insan gücüyle dünyanın birçok alanında tüneller inşa edilmiştir. 1679'da barutun keşfiyle, kayalar parçalanarak tünel yapımı daha da sık hale gelmiştir. 1826 da Fransa'nın Raonne – Andressieux bölgelerinde karada ilk demiryolu tüneli ve 1826 –1829 yılları arasında İngiltere'de Liverpool – Manchester şehirleri arasında açılmıştır. 1857'de ilk defa Mont Cenis Tünel'i bölgede bulunan kayaların hidrolik güçler ile açılarak inşa edilmiştir (Erguvanlı, 1994).

Ülkemizde, özellikle geçmişten beri su taşımak için açılan uzun tüneller ve galeriler yer almaktadır. Doğu ve Güney Anadolu'dan, İstanbul dolaylarından su getirme maksadı ile geçmiş dönemlerden bu zamana kadar yapılmış galeri ve tüneller örnek gösterilebilir. Silifke'nin Kuzeydoğusunda milattan 300 yıl önce yapıldığı söylenen (0.80x1.50–2.00 m) çapında ve 45 km uzunluğundaki Aksıfat galerisinden bugünde köylerde su temin edilmesinde yararlanılmaktadır (Erguvanlı, 1994).

Birinci Dünya Savaşı ve 1950 yılları arasında ekonomik güçlükler ve savaşlar nedeniyle birçok sektörde durgunluk olduğu gibi tünelcilik alanında da durgunluk baş göstermiştir. Daha sonra yeni tünel açma yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte içme suyu ve sulama suyuna gereksinim duyulması, şehir içi ve şehirlerarası ulaşım hizmetlerinin en hızlı şekilde yapılması tünelcilik çalışmalarını hızlandırmıştır (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

Günümüzde ilerleyen teknoloji ve geliştirilmiş kazı makinelerinin kullanımının artmasıyla beraber tünel açma işleri daha kolay hale gelmiş ve sıklıkla kullanılan yapılar haline gelmiştir (Tarhan, 1989).

Tünel inşasının amaçları;

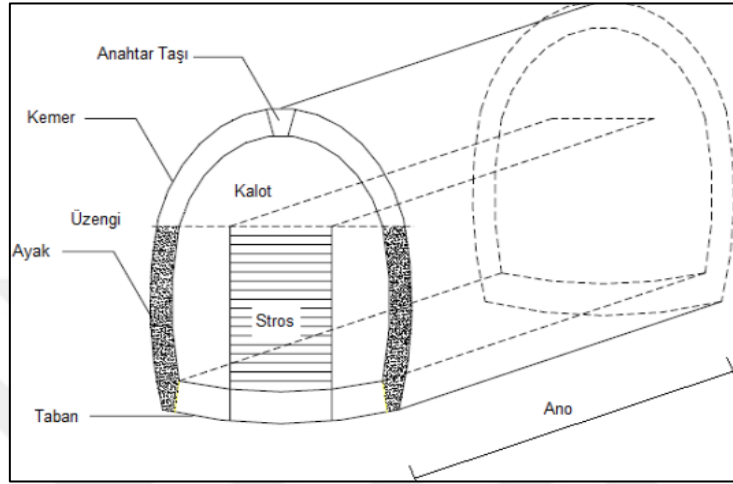
- Tünel yapımı ile karayolunda ve demiryollarında güzergâhın en uygun şekilde kısaltması,
- İçme suyu ve sulama alanları için su getirmek
- Baraj yapımında nehir suyunu çevirmek (Derivasyon)
- Şehir trafiğini rahatlatmak
- Yeraltı geçidi sağlamak,
- Hidroelektrik santrallerine su ulaştırmak,
- Yer altından taş, toprak ve maden çıkarmak
- Askeri amaçlar güdülmesi
- Yolların açılmasının arazi şartlarından dolayı mümkün olmaması nedeniyle,
- Toplu taşımacılığın metro tüneli ile yapılma ihtiyacı,

şeklinde sıralanabilir (Erguvanlı, 1994).

### **2.1.1 Tünel ile İlgili Bazı Tanımlamalar**

İki ucu açık yeraltındaki yatay veya eğik yapılara Tünel, tek tarafı açık yapılara “Galeri”, dik olarak yapılan kazılara “Baca” (şaft), aşağıya eğimli yapılara “Baş aşağı”, yukarıya doğru olanlara “Baş yukarı”, geniş daire şeklindekilere “Oda”, tünelin üst kısmındaki zemine “Örtü” ve bu zemin kalınlığına da “Örtü Kalınlığı” adı verilir (Erguvanlı, 1994).

Aşağıda yer alan tünel en kesitinde gösterildiği gibi; tünelin ilerlediği boşluğun alt kısmı “Taban” ya da “Radye”, yan kısımları “Yan”, “Ayak” ya da “Duvar”, üst kısmı ise “Tavan” ya da “Kemer” olarak adlandırılır. Kemerin ayaklarla birleştiği yere “Üzengi ve Üzengi Düzeyi”, üzenginin üstünde yer alan bölüme “Kalot” üzengi düzeyinin altında yer alan bölümüne de “Stros”, “Orta kısım” adı verilir (Erguvanlı, 1994).



**Şekil 2.1** Tünel Enkesiti (Erguvanlı, 1994).

Tünel kazılması sırasında tünelden çıkan malzemeye “Pasa” denir. Herhangi bir metodun tatbik edilmesinde, bir işlemin yapıldığı kısım “Ano” olarak adlandırılır. Bu kısmın uzunluğu uygulanan metoda göre 1,5 m ile 9 m arasında değişiklik gösterebilir (Erguvanlı, 1994).

## 2.2 TÜNEL ÇEŞİTLERİ

### 2.2.1 Demiryolu Tünelleri

Dünya genelinde yaygın olan hızlı tren ile ulaşım son yıllarda ülkemizde de gelişme göstermiştir. Ülkemizde yüksek hızlı tren projelerinin artması ve inşaatının tamamlanıp kullanıma açılmasıyla demiryolu tünelleri, ulaştırma tünelleri arasında önemli bir yere sahip olmuştur.

Demiryolu tünelleri dağlık alan, ırmak, su kanalları ve boğaz altları gibi yerlerde inşa edilebilir. Tek hatlı demiryollarında 4.5 m ile 6 m genişliğinde, çift hatlı demiryollarında ise 8 m ile 9 m’lik genişlikte olabilirler (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

### **2.2.2 Yaya Tünelleri**

Özellikle şehir içerisinde trafik yoğunluğunun çok sık olduğu yerlerde yaya tünellerinin yapımına ihtiyaç duyulur.

Yaya tünelleri genişliği 3m den, yüksekliği ise 2.50 m den daha küçük tutulmamalıdır. Şekilleri ise dikdörtgen, kemer veya daire biçiminde tercih edilebilir. Bu tünellerde bazen bisikletler için ayrı bir şeritte bulunabilir (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

### **2.2.3 Metro Tünelleri**

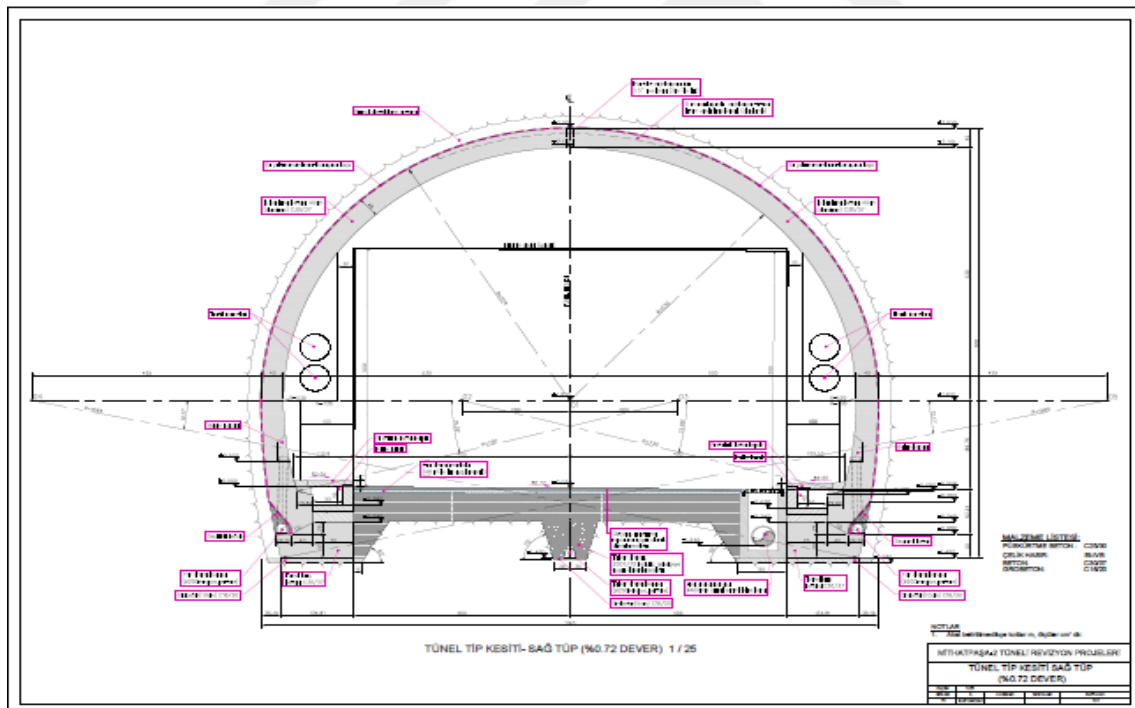
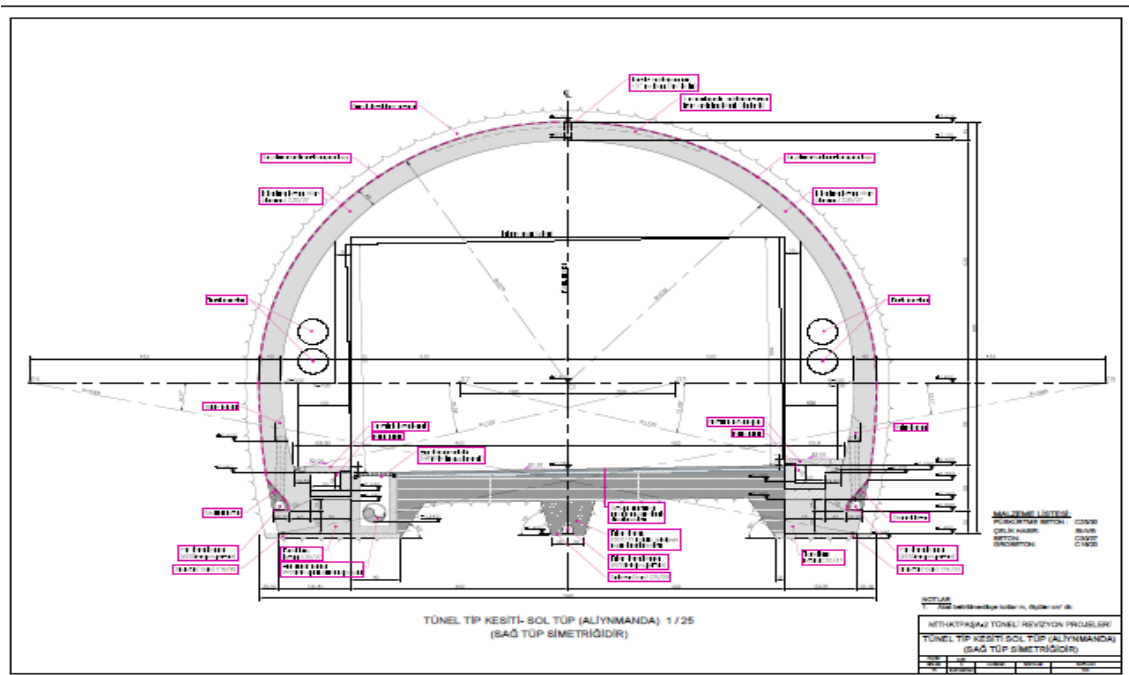
Şehir içerisindeki trafik yoğunluğunu en aza indirmek amacı ile metro tünelleri hizmete konulmakta ve yolcu taşımada toplu taşıma aracı olarak kullanılmaktadır.

Metro tünellerine ait şekil ve boyutlar değişik ülkelerde birbirinden farklı olarak uygulanmıştır. Örneğin Paris'teki metro tünelleri genellikle kemerli ve çift hatlı olabilmektedir (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

### **2.2.4 Karayolu Tünelleri**

Şehirlerarası yol tünellerinde genellikle 6 m'lik bir otoyolu ile yan taraflarında 1'er m'lik iki yaya yolu yer alır. Kemer yüksekliği genel olarak 5 ila 6 m'dir. Trafik yoğunluğu olan şehir içlerinde tüneller daha geniş olabilir. Bu tüneller tek yöndeki trafiğe bağlı olabildiği gibi bazen de gidiş-geliş olmak üzere her iki yöndeki trafiği de barındırabilir. Genelde otoyol aynı yönde iki şeritli ise genişliği en az 6 m yüksekliği de anahtar taşı altına kadar 4 m-4,30 m'dir. Eğer bir şerit gidiş diğer şerit geliş olacak şekilde ise 6 m'lik genişlik biraz daha artabilir (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

Tüneller özellikle tam kemer, sepet tutanağı ya da elips şeklinde olup nehir altından geçtikleri takdirde çok defa daire şeklinde olabilirler. Eğer tünel yüzeye yakın ise o zaman dikdörtgen kesit tercih edilip üzeri betonarme ile kapatılır (Köse, Gürgen, & Onargan, 1992)



## 2.3 TÜNEL AÇILMASINDA MALİYETİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tünel yapımında maliyeti etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Özellikle tünel, baraj, vb. gibi büyük yapıların yapılabilirliği jeolojik faktörlerin uygunluğuna bağlıdır. Bazı araştırmacılar tünel açılmasını “mühendisin doğaya meydan okumasının bir uygulaması” biçiminde tanımlamışlardır. Tünel açılmasını etkileyen faktörler;

- Tünel güzergâhının jeolojik konumu ve hidrojeolojik durumu,
- Tünel inşaatının yüzeyden derinliği,
- Tünelin desteklenmesi ve destek sınıfı,
- Tünelin uzunluğu, çapı ve şekli
- Çalışılan günler,
- İşçilik,
- Makine arızaları

Olarak sıralanabilir (Tarhan, 1989).

## 2.4 TÜNELLERDE SU, ISI VE GAZ SORUNU

Tünel açılması esnasında karşılaşılan su, ısı ve gazlar hem sorun yaratmakta hem de tünel inşaatının maliyetine etki etmektedir. Bu yüzden tünel açılacak olan sahalarda karşılaşılabilecek su, ısı ve gazların önceden saptanması ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir(Tarhan, 1989).

### 2.4.1 Su Sorunu

Büyük hacimli ve serbest hareket edebilen yer altı suları tünel açılması sürecinde büyük kazalara sebebiyet vermektedir. Yer altı su seviyesi altında açılan tünellerde, yer altı suyu tünel içine doğru hareket etmekte ve açılan tünel drenaj galerisine benzer şekilde çalışmaya başlamakta ve bazı tünel gzerghları yakınlarında bulunan kaynakların tünel açılmasının ardından kuruduğu görülmektedir. Tünellerde toplanan sular çalışmayı önlemekte ve bazı durumlarda can ve mal kaybına sebep olmaktadır (Tarhan, 1989).

Tünellerde su problemi ile karşılaşma olasılığı, tünel güzergâhında yapılan jeolojik çalışmalarla belirlenmeye çalışılır. Yapılan çalışmalarla tünel açılması sırasında tünele gelecek suyun miktarı, yerleri ve nasıl önlemler alınması gerektiği tespit edilmeye çalışılır (Tarhan, 1989).

#### **2.4.2 Isı sorunu**

Derinlerde açılan tünellerde jeotermik gradyan sebebiyle ısı yüksek olacağından çalışma güçleşmektedir. Bu nedenledir ki tünellerde ısı probleminin çözümü, tünel açılması ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda göz önünde bulundurulması gereken hususlardan biridir.

Tünel içerisinde sıcaklık meselesinin çözümünde kullanılması gereken en aktif çözüm havalandırmadır. Havalandırma hava basan veya emen motorlarla (aspiratör, kompresör vb.), düşey veya yan bacalarla (düşey, eğik, yatay tünellerle) sağlanır (Tarhan, 1989).

#### **2.4.3 Gaz Sorunu**

Tünel içinde zaman zaman çeşitli gazlarla karşılaşılabilir. Bu gazlar karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), metan (CH<sub>4</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), su buharı bazen hidrojenidir. Çalışma şartlarını tünel içinde bulunan gazlar güçleştirebilmektedir.

Tünellerde bu tür gazlarla karşılaşılması durumunda ve bu zararlı gazların etkilerinden kurtulmada en etkili yöntem havalandırmadır. Havalandırma, hava emici veya pompalayıcı aletlerden yararlanıldığı gibi, açılan ilave tünellerle doğal sirkülasyon sağlanarak da yapılabilir (Tarhan, 1989).

### **2.5 TÜNEL JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI**

Tünel açılmasında aşağıdaki jeolojik çalışmalar yapılır.

- Ön Jeolojik Çalışmalar
- Detay Jeolojik Çalışmalar
- Tünel açılırken yapılan jeolojik çalışmalar

- Tünel bittikten sonra jeolojik alışmalar (Erguvanlı, 1994).

### 2.5.1 n Jeolojik alışmalar

Tünellerin n çalışmaları topoğrafik ve jeolojik haritalar ele alınarak başlamış olur. Bu haritalar üzerinde güzergâh kabaca belirlenir, bölge jeolojisini anlatan yayınlar ve bilgiler elde edilir. Bu çalışmanın amacı tünel açılmasına ve güzergâh saptanmasına etki edecek jeolojik faktörlerin tespit edilmesidir. Bu safhada aşağıdaki konular ele alınır;

- Tünel giriş ıkışı
- Tünel giriş çıkışına üzerine gelecek yükler
- Olabilecek kaymalar
- Tünelin rt kalınlığı
- Tnele etki edecek hidrojeolojik sorunlar
- Isı ve gaz sorunları (Erguvanlı, 1994).

### 2.5.2 Detay Jeolojik alışmalar

Ayrıntılı jeolojik çalışmalar aşamasında;

- Ayrıntılı jeolojik çalışmalarda tünel içerisinde yer alan muhtemel kayaçların derinlikleri
- Kayaçların litolojik ve yapısal davranışları
- Kayaçların mekanik nitelikleri
- Kayaçların ayrışma ve kazılabilme özellikleri belirlenir.

### 2.5.3 Tünel Açılırken Yapılan Jeolojik alışmalar

Tünel açılma esnasında ve açıldıktan sonraki süreçte tünel içerisinde rastlanan jeolojik özellikler 1/50 veya 1/100 ölçekte hazırlanan özel haritalara işlenir. Tünel kesitleri genelde dikdörtgen veya daire şeklinde olabilir. Tünellerde alınan kesitlerde; litolojik ve petrografik özellikler, yanal ve düşey değişmeler formasyon sınırları, tabakaların yapısal özellikleri her türlü süreksizlik, milonitleşme zonları ve kıvrımlar, eğim ve doğrultuları, çatlaklar arasındaki açıklık, çatlakların dolu ve boş olması, dolgu malzemesi türü, fay kili ve breşi kalınlığı,



kompaksiyon ve çimentolanma derecesi, fayların hareket yönleri, ayrışma zonları, yerleri, rastlanan oyuk, kovuk ve mağaralar, erime boşlukları, doldurma dereceleri, boyutları, uzanırları ve eğimleri ölçölür. Haritalarda işaretleme yapılır (Erguvanlı, 1994).

#### **2.5.4 Tünel Bittikten Sonra Yapılacak Çalışmalar**

Tünel içindeki yapısal özelliklerin kolayca görölmesi ve ölçölmesi için bunlar daha önce kireçle boyanmalıdır. Bu zaman haritaların yapılması çok daha kolay olur. Tünel içindeki kayaçların süreksizlikleri mühendislik özellikleri ( ayrışma dereceleri, basınç dirençleri, E modülleri, suya karşı hassasiyetleri) göz önünde tutularak tahkimatsız olarak sağlamlaştırımadan kendi kendini tutma süresi, destek ve sağlamlaştırma açısından sınıflandırmalar yapılır. Birçok yerde Stini, Tergazhi, Lauffer, Rabcewicz, Müller tarafından yapılan sınıflamalar kullanılmaktadır (Erguvanlı, 1994).

#### **2.6 TUNEL AÇMA YÖNTEMLERİ**

Günümüzde uygulanmakta olan pek çok tünel açma metodu bulunmaktadır. Tünel açma yöntemleri belirlenirken;

- Tünel açılacak zeminin litolojisi
- Zeminin yumuşak ya da sert oluşu
- Hidrojeolojik durumu
- Tünel çapı ve şekli

göz önünde bulundurulur (Erguvanlı, 1994).

Günümüzde tünellerin açılmasında genellikle aşağıdaki metotlar yer almaktadır.

- Delme - Patlatma Yöntemi
- Tünel Açma Makinesi Yöntemi (TBM)
- Aç - Kapa Yöntemi
- Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)

### 2.6.1 Delme Patlatma Yöntemi

Klasik tünel açma metodudur. Hemen hemen her türlü kaya şartlarında emniyet ve başarı ile uygulanabilmektedir. Delme patlatma yönteminde dikkat edilecek en önemli konu kazı esnasında aşırı sökülmenin minimum seviyede tutulmasını sağlamaktır. Bu da patlatma yapılacak deliklerin yönlendirilmesi, uzunluklarının iyi seçilmesi, patlayıcı maddenin türü ve kullanılacak patlayıcının ölçüsünün iyi ayarlanması ile mümkündür. Bir patlamada ilerlenecek aralık, kayanın özelliğine ve tünel genişliğine bağlı olup genel olarak bu mesafe tünel genişliği kadardır.

Delme patlatma yöntemiyle tünel açılırken, kayaçların özelliklerine bağlı olarak tüneller;

- Tam kesit ( kemerlenme süresi uzun kayalarda)
- Kalot-Stross ( kemerlenme süresi kısa sürelerde)
- Çok galeri ( zayıf kayalarda)
- Kaz-Kapa ( çok zayıf kayalarda ya da zeminlerde sığ derinlikte)

yöntemleri uygulanarak açılır (Tarhan, 1989).

#### 2.6.1.1 Tam Kesit (Full-Face)Yöntemi

Kemerlenme zamanı uzun olan sert kayalarda ve küçük çaplı tünellerde uygun bir çözüm yöntemi olup, aynı zamanda en ekonomik tünel açma yöntemidir. Bu yöntemin tatbik edilmesinde çeşitli geçici destek ve nervür kullanılır (Erguvanlı, 1994).

#### 2.6.1.2 Kalot-Stross Yöntemi

Kemerlenme süresi kısa, masif fakat çatlaklı kayalarda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde önce tünelin kalot denilen üst kısmı açılır ve gerekli destekleme yapıldıktan sonra alt (stross) kısmı açılarak tünel açımı tamamlanır (Tarhan, 1989).

### **2.6.1.3 Çok Galeri Yöntemi**

Zayıf kayaçalarda (kemerlenme süresi az) uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde ana tünel, birden fazla küçük tüneller açılarak tamamlanır. Küçük tünellerin açılış yerlerine bağlı olarak;

- Yan galeri yöntemi
- Kemer galeri yöntemi
- Orta galeri yöntemi

uygulanarak ana tünel açılır(Tarhan, 1989).

### **2.6.1.4 Kaz Kapa Yöntemi**

Kayaçların çok zayıf olmaları ya da zeminlerde özellikle de sığ derinliklerde tünel açılmasında uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde tünel açılacak olan güzergâh planlanan derinliğe kadar kazılır kazı içine tünel inşa edilir ya da dışarıda beton veya çelikten inşa edilen tünel, kazı içine yerleştirilerek üstü örtülür. Bu tür tünel inşaatı genellikle gevşek, akışkan, yumuşak zeminlerde veya su içinde uygulanır (Tarhan, 1989).

### **2.6.2 Tünel Açma Makinesi (TBM) Yöntemi**

Son yıllarda enerji gereksiniminin artması hidrolik enerjinin önemini arttırmış ve yer altı kazılarının kısa zamanda yapılmasını, tünellerin kısa zamanda açılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenledir ki eskiden beri bilinen kazı ve tünel açma makinelerinde büyük gelişmeler olmuştur. Makine kullanmada tek amaç zaman kazanmadır. Tam kesit tünel açma makineleri açılacak tünelin aynasının tümünü kazarak ilerler. Kazı dönen diskin üzerine yerleştirilmiş kesiciler tarafından yapılır, kırılan kayaç parçaları taşıyıcı bantlarla arkadaki vagonlara iletilir ve vagonlar özel bir düzenle dışarıya çıkarılır (Erguvanlı, 1994).

### **2.6.3 Aç Kapa Yöntemi**

Örtü kalınlığı en az 10 metreye kadar olan gevşek, akışkan ve yumuşak zeminlerde tüneller Aç-Kapa (Cutand-Cover) yöntemi ile yapılır. Bu yöntem hem ucuz hem de pratiktir (Erguvanlı, 1994).

#### 2.6.4 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)

Tünelcilikte yeni bir anlayış olan “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi” (NATM) özellikle çürük taş ve zayıf zeminlerde öbür metotlara göre daha başarılı olmuştur. Bu metot kaya ortamına kendisini taşıtma ilkesine dayanmaktadır(Köse, Gürgen, & Onargan, 1992).

Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin esası;

- Ana kayanın ilk dayanıklılığını korumak,
- Dağı fazla kurcalamamak,
- Yükü dağa taşıtmak,
- Koruyucu zonu boşluk yakınında oluşturmak,
- Oluşabilecek deformasyonları ve gerilmeleri ölçümlerle kontrol etmek,
- Kazı kesitlerini olduğunca yuvarlak seçmek,
- Sağlamaştırma işlemlerini en kısa zamanda tamamlamak (Erguvanlı, 1994).

Tünelde yapılması gereken sağlamaştırma işlemleri aşağıdaki sırayı takip etmektedir.

- Püskürtme betonla kaplama,
- Hasır çeliği püskürtme beton üzerine koyma,
- Çelik bağları (I profil) yerleştirme,
- Püskürtme betonla üzerini örtme,
- İkinci hasır çeliği çelik bağlar üzerine koyma,
- Püskürtme betonla kaplama,
- Ankraj yapma,
- Püskürtme betonla tekrar sıvama,
- Betonla kaplama (Erguvanlı, 1994).

Tünelde bu işler tamamlandıktan sonra tünel açmaya ikinci anoda devam edilir. Aynı işler tamamlandıktan sonra üçüncü ano açımına geçilir. Süreç bu şekilde devam eder (Erguvanlı, 1994).



**Şekil 2.4** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Üst Yarı Kömürlü Ayna Kazısı Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.5** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tünel Açıklığının İbo Bulon Destekleme İksa Çalışmasından Kumtaşında Örnek.



**Şekil 2.6** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada İksa Destekleme Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.7** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada Umbrella Destekleme Çalışmasından Örnek.





**Şekil 2.8** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Kömürlü Aynada İbo Bulon Enjeksiyonu İksa Çalışmasından Örnek



**Şekil 2.9** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp 2.Araç Geçiş İvert İksaKurulumu Çalışmasından Örnek.





**Şekil 2.10** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Sağ taraf Alt Yarı Kazı Destekleme Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.11** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp İbo Bulon Enjeksiyonu Çalışmasından Örnek.





**Şekil 2.12** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Keçe-Membran İmalatı Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.13** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp Sağ-Sol Taraf Kiriş Betonu ( C 30/37) Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.14** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sağ Tüp Üst Yarı Püskürtme Betonu (C 25/30 Sınıfı) Çalışmasından Örnek.



**Şekil 2.15** NATM Yöntemi ile Açılan Mithatpaşa-II Tüneli Giriş Sol Tüp 12.Ano Nihai Kaplama Betonu (C 30/37 Sınıfı) Çalışmasından Örnek.

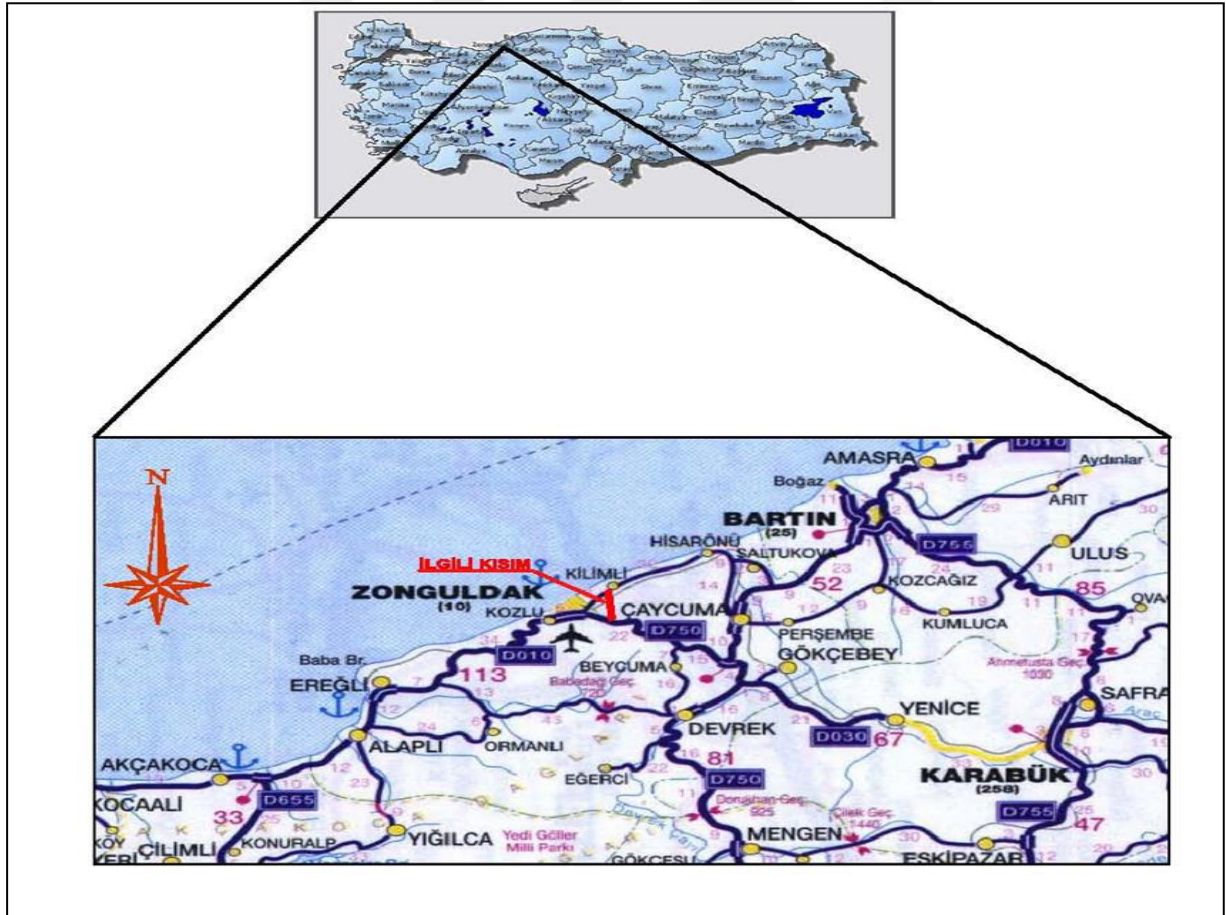


## BÖLÜM 3

### ÇALIŞMA ALANI

#### 3.1 ÇALIŞMA ALANI

Zonguldak Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alır. Doğuda Bartın, batıda Düzce, kuzeyde Karadeniz, güneyde Bolu, güneydoğuda Karabük illeri ile sınırı bulunan ilimizdir. Çalışma alanı olarak seçilen Mithatpaşa-II Tüneli Zonguldak iline ait Kilimli İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanının bulunduğu yer ve tünel güzergâhı aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma Sahasının Yer Bulduru Haritası (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).



**Şekil 3.2** Tünel Güzergâhı Uydu Görüntüsü(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Zonguldak ili, Zonguldak Belediyesi'ne bağlı imarlı yerleri Kilimli ilçesi, Kilimli Belediyesi içerisinde yer alan imarlı yerlere bağlayacak olan şekil 3.2 de kırmızı renk ile güzergâhı gösterilen Mithatpaşa-II Karayolu Tüneli, Zonguldak şehir merkezinden itibaren Kilimli tarafına doğru çift tüp olarak planlanmış olup sağ tüp Km:34+468 - 35+998 arasındadır. Sol tüp ise Km 34+478 - 35+998 arasındadır. Mithatpaşa-II Tünelinin sağ tüpü 1530 m, sol tüpü ise 1520 m olarak planlanmıştır.



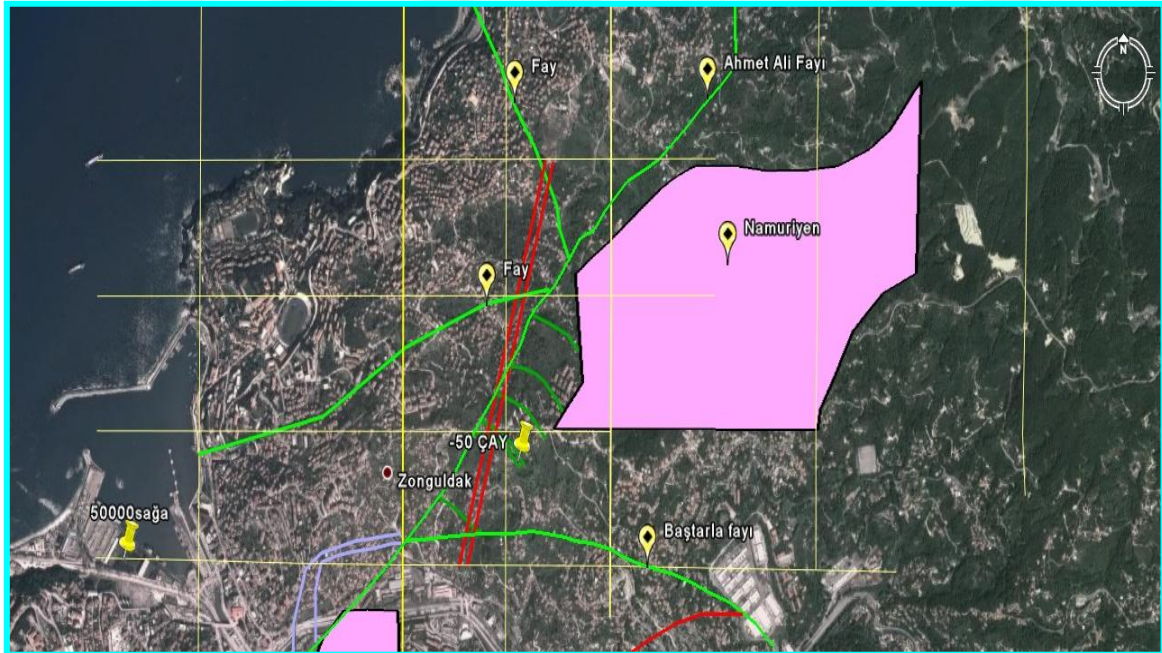
**Şekil 3.3** Mithatpaşa-II Tüneli Bağlık Mevkii Girişi.





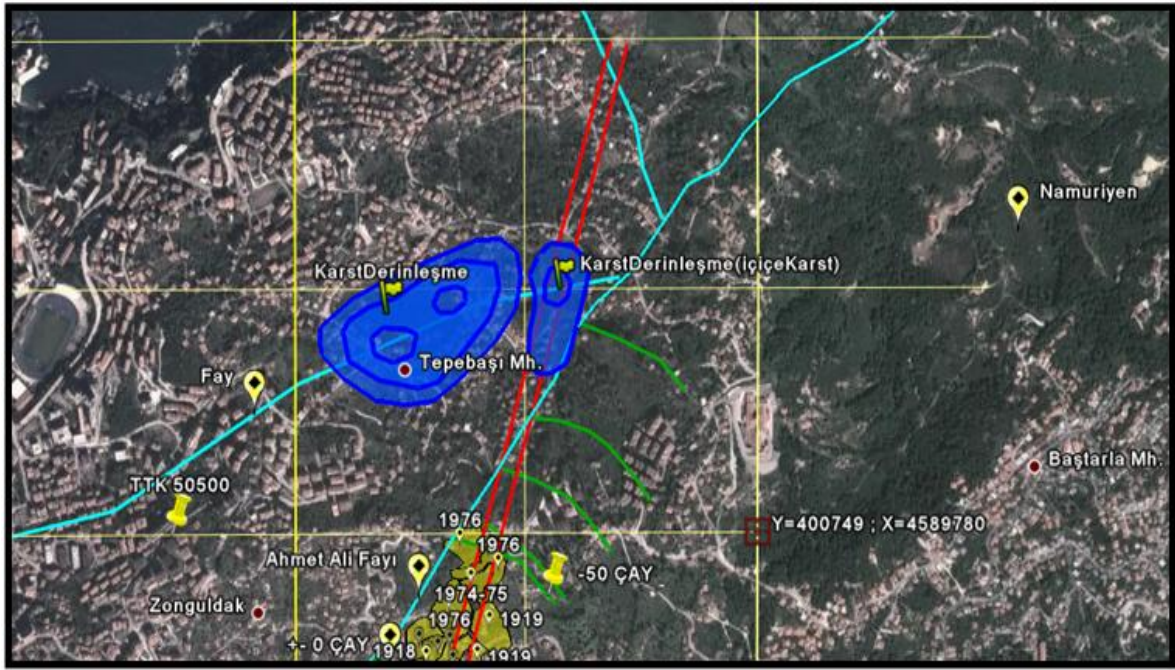
**Şekil 3.4** Mithatpaşa-II Tüneli Zonguldak İkinci Makas Çıkışı.

Aşağıda, Şekil3.5'te Mithatpaşa-II Tünelinin sağ ve sol tüplerinin faylar ve eski imalatların yapıldığı bir damarla (Çay Damar) ilişkisi verilmektedir (Didari, 2014).



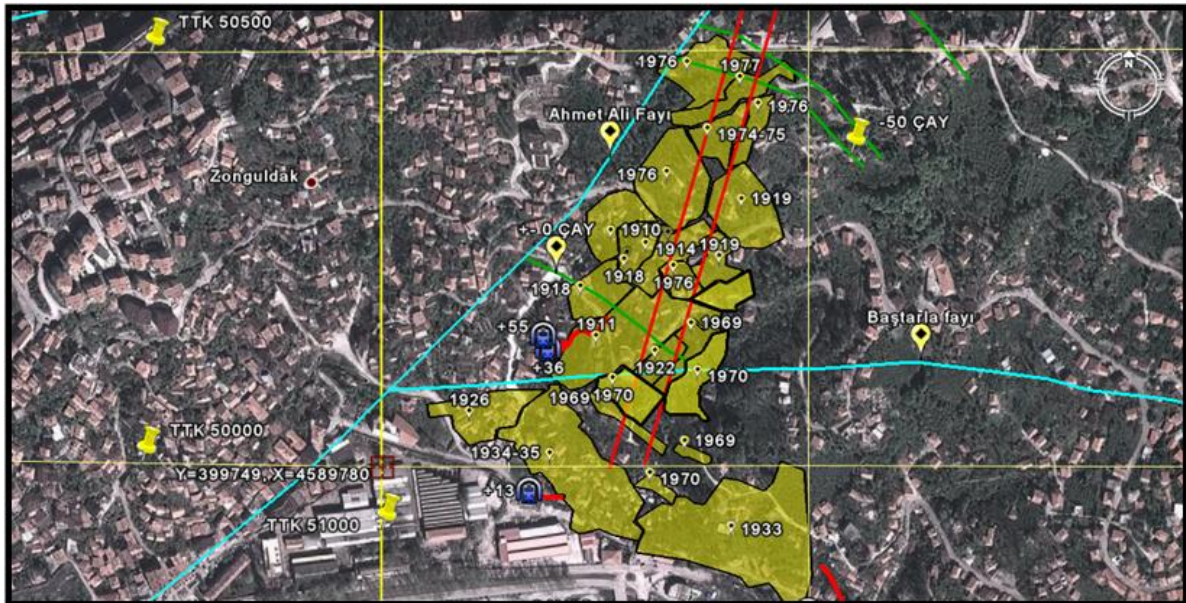
**Şekil 3.5** Mithatpaşa-II Tünelinin Mevcut Faylara, Üretim Yapılmış Çay Damarına ve Kömürlü Birimlere Göre Konumları(Didari, 2014)





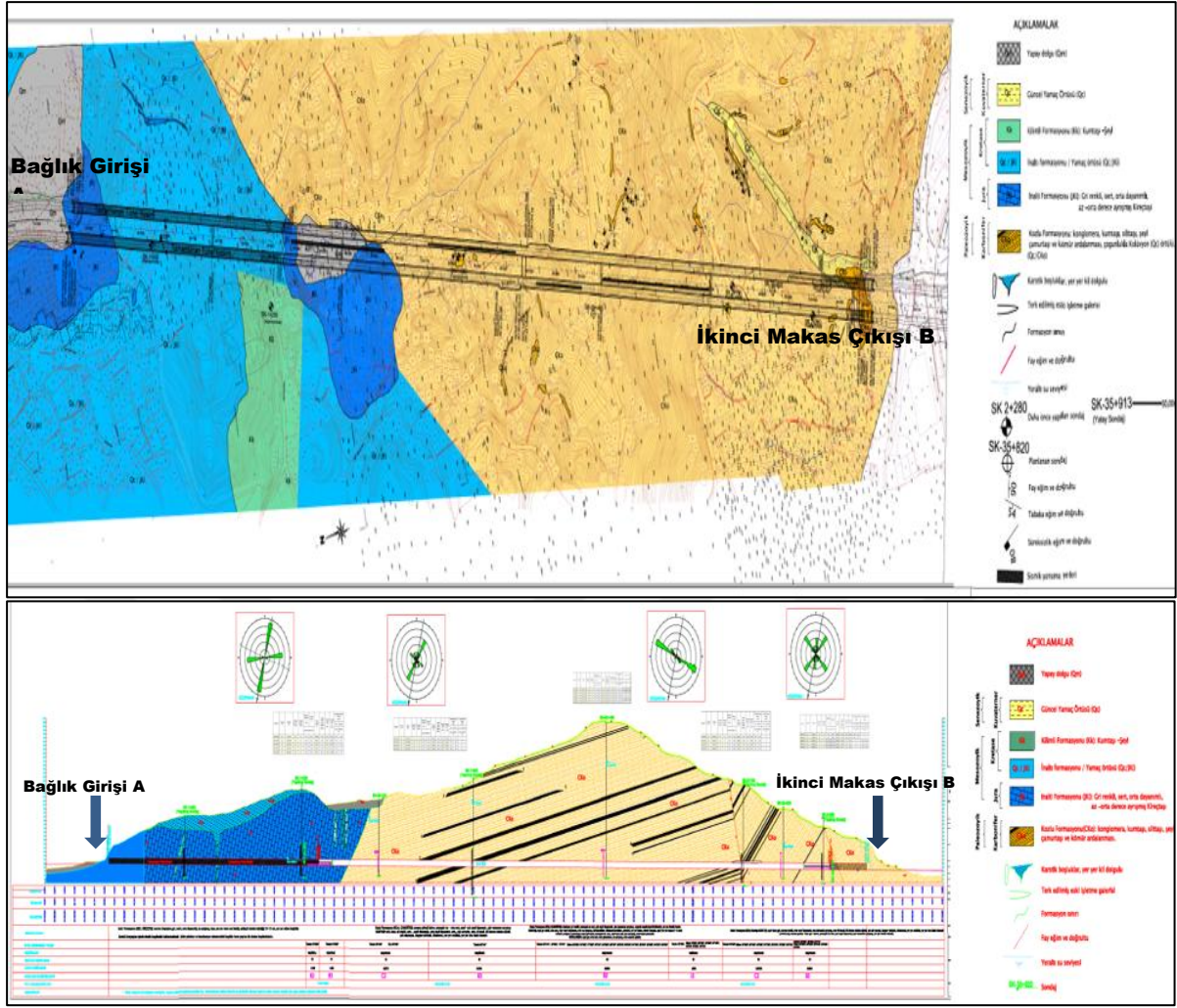
**Şekil 3.6** Mithatpaşa-II Tüneli Güzergâhındaki Öküşne Kireçtaşlarında Var Olan Karstik Boşluklarla İlişkisi (Didari, 2014).

Şekil 3.6’da karst boşlukları ile tünelin ilişkisi. Şekil 3.7’de eski üretim yapılmış Çay Damar imalatı ve mevcut faylara göre tünelin konumu gösterilmektedir. Şekil 3.9’da ise tünel güzergâhı boyunca kesilecek eskiden çalışılmış kömür damarlarının konumlarını göstermektedir.

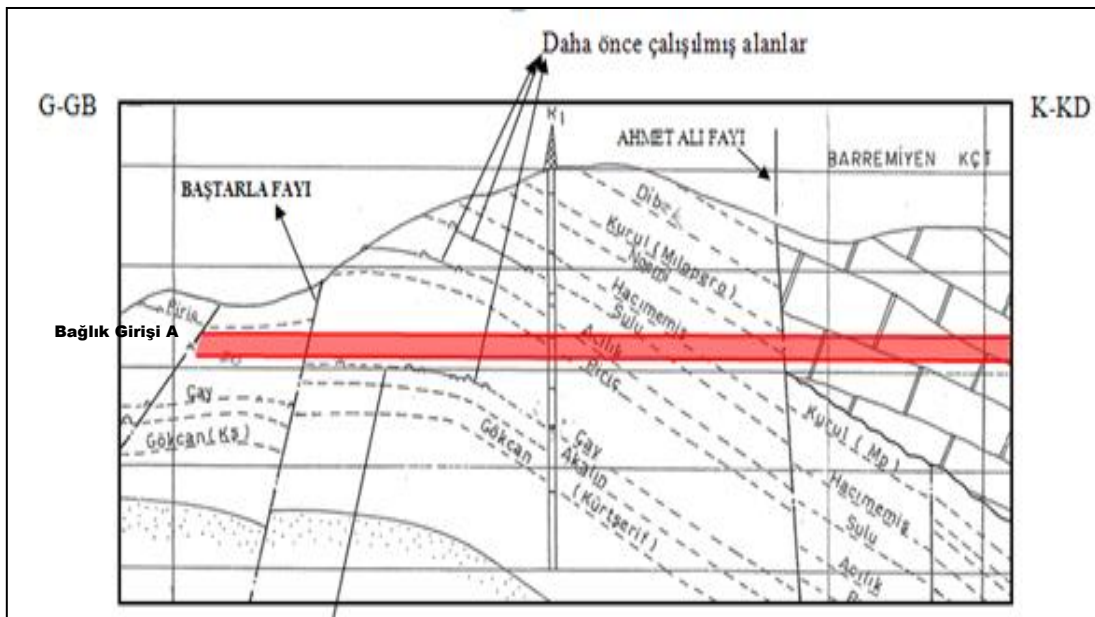


**Şekil 3.7** Eski Üretim Panosu Çay Damarı Üretimleri ile Mithatpaşa-II Tünelinin İlişkisi (Didari, 2014).





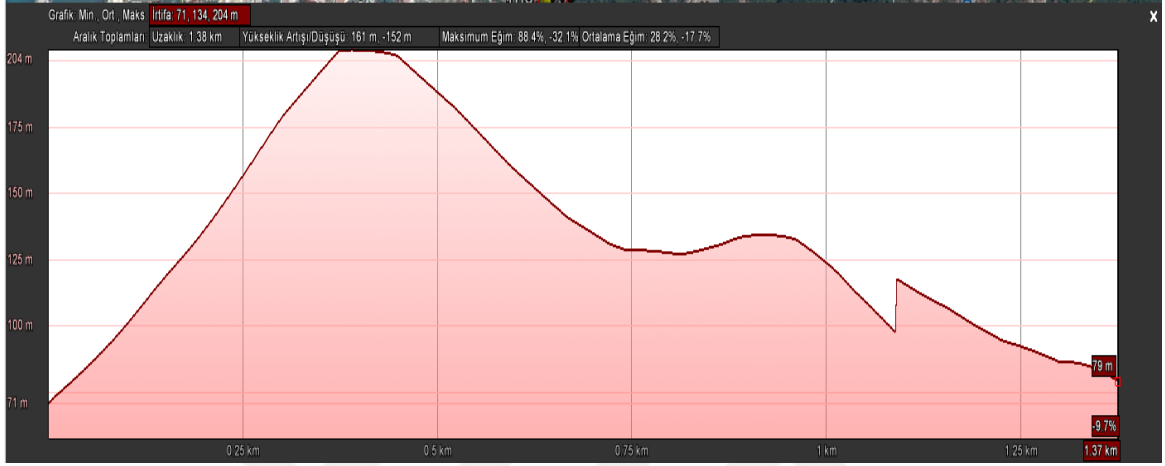
Şekil 3.8 Mithatpaşa-II Tüneli Jeolojik Haritası ve Kesiti.



Şekil 3.9 Tünel Eksenini Kesmiş ve Kesecek Olan Kömür Damarları (Didari, 2014).

### 3.1.1 Morfoloji ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı, oldukça eğimli bir topografyaya sahiptir. Ölçüm yapılan hattın başlangıç noktasının güneyinden kuzeyine doğru dik bir tepe yer almaktadır. Bu tepenin ardında yine yüksek eğimle bir iniş bulunmaktadır.



**Şekil 3.10** Jeofizik Ölçüm Hattı Topoğrafik Değişimler(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Jeofizik Ölçüm Hattının topoğrafik Değişimleri gösteren grafik incelendiğinde yüzey topoğrafyasının 70 ve 207 m kotları arasında değişim gösterdiği görülmektedir.



**Şekil 3.11** Çalışma Alanında Var Olan Bitki Örtüsü(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).



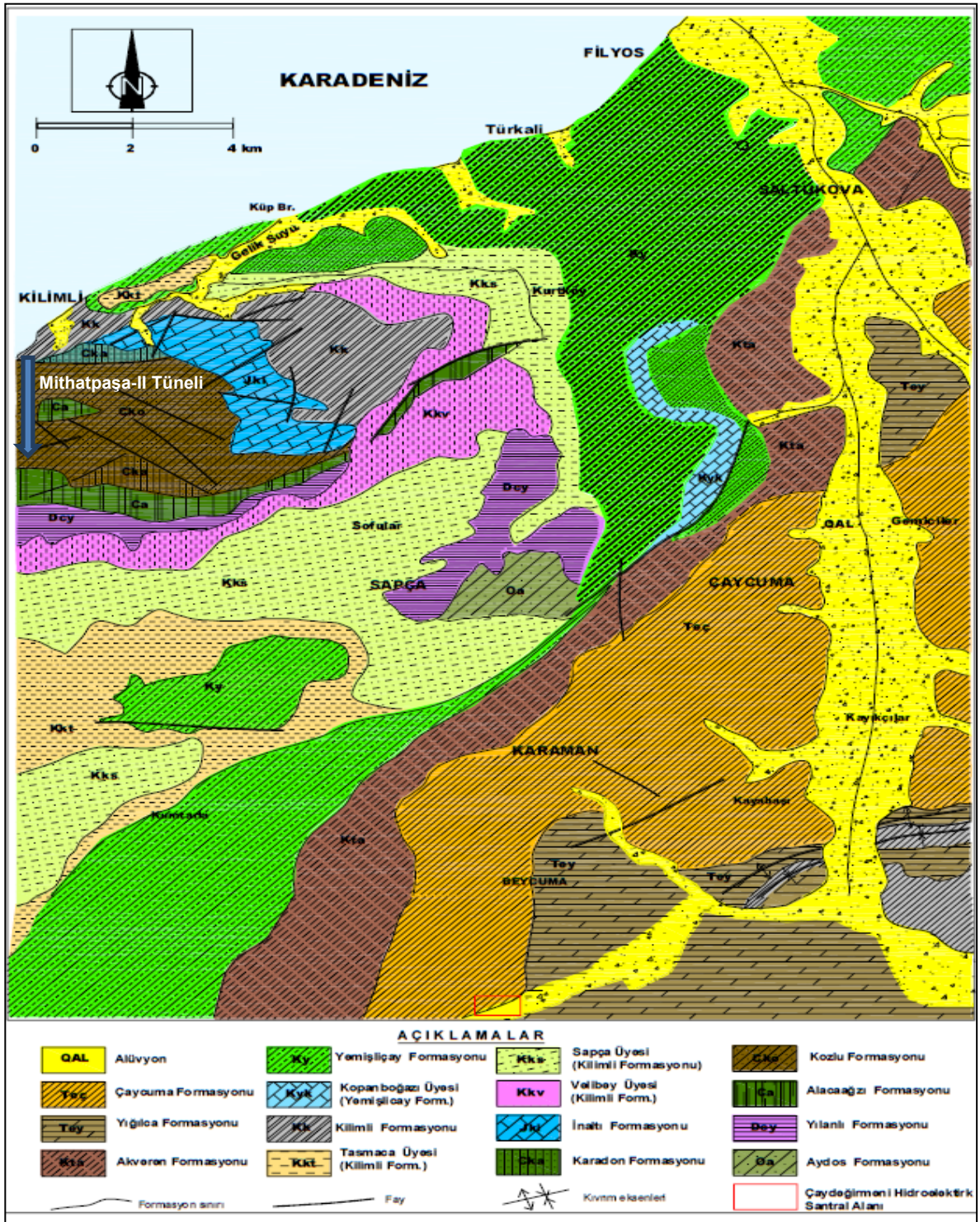
Sismik hat boyunca yoğunluklu dikenli yapıya sahip bodur bitki örtüsü ve sık ağaçlar bulunmaktadır.

## **3.2 GÜZERGAHIN GENEL JEOLJİSİ**

### **3.2.1 Genel Jeoloji**

Mithatpaşa-II Tüneli, güneyden kuzeye doğru jeolojik olarak Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu ile Alt Kretase yaşlı Zonguldak Formasyonu Öküşne Üyesini kesmektedir. Kozlu Formasyonu; kömür-kömürlükiltaş-kömürlü şeyl-silttaş-kumtaş-konglomera tabakalarının ardalanmasından oluşmaktadır. Zonguldak Formasyonu Öküşne Üyesi, kireçtaşı taban konglomerası ile başlamakta olup tabakalı kireçtaşlarıyla devam etmektedir. Ayrıca tünel projesinin olduğu istikamette yoğun bir yerleşim alanında da bulunmaktadır. Bu sebeple tünel güzergâhı boyunca mevcut kömür damarlarının gaz içeriği ve yayılımı ile önceki üretim panolarının kazı alanlarında yer alan gaz ve su birikimlerinin yayılımı, bu projenin uygulanmasında risk oluşturabilecektir.

Tünel güzergâhındaki kazı yerlerinde kömür damarlarının bulunduğu ve bu damarlarda geçmişteki yıllarda Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından kömür üretimi yapıldığı ilgili imalat planlarından bilinmektedir. Bu sebeple Zonguldak kömürlerinin oluşumları itibarı ile tünel güzergâhı boyunca kesilecek olan bakir kömür damarlarındaki mevcut gaz içeriği ve daha önce işletilmiş üretim sahalarındaki kömür panolarının açıklıklarında, tünel kazısı esnasında gaz ve su baskını gibi olaylarla karşılaşılma ihtimali yüksek olmaktadır. Zonguldak Kömür Havzası, dünya literatüründe bitümlü kömür sınıfında olup, kömür oluşumları boyunca gazları(köken olarak metan, vs. gibi) kömürleşme sürecinde oluşturmuşlardır. Bu gaz oluşumları, havzadaki kömür damarının mikroporlarının yanında, kömür damarlarının çevre kayaçları bünyesi (taban ve tavan kayaçları) ile kömürlü birimlerin tabanındaki taban kayaçları ve kömürlü birimleri örten, Örtü Birimlerinde de mikroporlarda depolanmış durumdadır. Bu sebeple, havzada kömürlü birimlerde ve kömür damarlarında gerçekleştirilen hazırlık çalışmalarında (kuyu, galeri, taban yolu, vs. açılması sırasında), kömür panolarında gerçekleştirilen üretim çalışmalarında gaz püskürmesi ile zaman zaman karşılaşılabilir. Bu gaz püskürmeleri zaman zaman yüzlerce çalışanın can kaybına da neden (1983 yılında TTK Kandilli grizu patlamasında 116 kişinin ölmesi, vs.) olmuştur (Buzkan & Buzkan, 1990)



**Şekil 3.12** Bölgesel Jeoloji Haritası Üzerinde Mithatpaşa-II Tüneli Güzergahı (Alkan, 2019, Bacak ve Konakçı'dan 2016).

### 3.2.2 Stratigrafi

Çalışma alanı içerisinde Karbonifer Vestfaliyen A yaşı Kozlu Formasyon (kömür, kömürlü şeyl, şeyl, kiltası, silttaşı, kumtaşı ve konglomera tabakalarının ardalanmasından oluşan), Jura-Kretase-Barremiyen yaşı Zonguldak Formasyonu Öküşne Üyesi (mikritik, yer yer

sparitik yapıda kireçtaşı) ve Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler bulunmaktadır. Burada formasyonlar arasındaki geçiş faylı kontak olup kazı sırasında dikkat edilmesi gereken önemli bir konu olmaktadır. Zonguldak Kömür Havzası olgunlaşması açısından diyajenez sonrası gelişmiş olan Antimetamorfik zonda bulunduğundan, Kozlu Formasyonu kömürlerinin az, orta ve yüksek miktarda gaz içerdikleri de görülmektedir.

Proje alanında yüzeyleyen kayalar yaşlıdan gence doğru aşağıdaki şekilde incelenmiş ve proje güzergâhının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti aşağıdaki şekilde verilmiştir (Ocakçioğlu ve diğerleri, 2013).





| ÜST SİSTEM | SİSTEM     | SERİ        | KAT         | FORMASYON  | ÜYE                | KALINLIK      | SİNGE | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR                                                                                  |
|------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------------|---------------|-------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| MESOZOYİK  | Kretase    | Üst Kretase | Alt Kretase | Senonamien | Turonien-Kampanien | Maastrichtien | Qal   |          | Alüvyon                                                                                      |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, silttaşı, kiltası<br>aglomera, tuf, marn ar dalanması                               |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Marn, killi-kumlu kireçtaşı                                                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Bazalt, aglomera, az tuf<br>Marn, kireçtaşı                                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı                                                             |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, silttaşı, kiltası                                                                   |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Marn, kiltası, tuf<br>Aglomera, tuf, kumtaşı                                                 |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Andezit, nadir tuf, aglomera                                                                 |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Killi kireçtaşı, kumtaşı, marn, tuf                                                          |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Aglomera, tuf, kumtaşı-marn ar dalanması                                                     |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Marn, kiltası, kumtaşı, tuf ar dalanması                                                     |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, nadir kiltası, tuf                                                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kireçtaşı                                                                                    |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, silttaşı, kiltası                                                                   |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Marn, kumtaşı                                                                                |
| PALEOZOYİK | Karbonifer | Westfaliyen | Namurien    | Kozlu      | Karadön            | Çakraz        | Ptuç  |          | Glokonili kumtaşı, kiltası, kumlu<br>kireçtaşıKarbonatlı kiltası, kumtaşı<br>kumlu kireçtaşı |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kuvarslı kumtaşı                                                                             |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, karbonatlı kumtaşı, nadir kiltası                                                   |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kireçtaşı                                                                                    |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Konglomera, kırmızı renkli kumtaşı,<br>kiltası ar dalanması                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kireçtaşı, kumtaşı, kiltası ar dalanması                                                     |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, silttaşı, kiltası ar dalanması                                                      |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kırmızı renkli kumtaşı,<br>Silttaşı, kiltası                                                 |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kömür<br>Kiltası ar dalanması                                 |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kömür<br>Kiltası ar dalanması                                 |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kumtaşı, silttaşı, kiltası, kömür                                                            |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı                                                               |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Meta kiltası, meta silttaşı                                                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Belen Graniti<br>Kuvarsit, mikro konglomera                                                  |
|            |            |             |             |            |                    |               |       |          | Konglomera, kumtaşı                                                                          |

Şekil 3.13 İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Stratigrafik Kolon Kesiti (Ocakoğlu, Şahin, & Pulat, 2013).

### **3.2.2.1 Yılanlı Formasyonu (Dky)**

Zonguldak antiklinoryumunun güney kanadında uzun bir şerit şeklinde ayrıca Zonguldak'ın güneydoğusunda yer alan Göldağ'da ve Bartın'ın kuzeyinde yüzeyler. Sığ deniz ortamında depolanmış gri-siyah renkli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit ve çörtlü kireçtaşı ardalanması şeklindedir. Kalınlığı yaklaşık 1500 metredir. Kapsadığı fosillere göre yaşı Orta Devoniyen-Vizeyen'dir. Zonguldak yöresindeki kömürlü Karbonifer alttan üste doğru sırasıyla Alacağzı, Kozlu ve Karadon formasyonları ile temsil edilir. (Ünalan, 2010). Taban ilişkisi Değirmenağzı dolaylarında Alacağzı formasyonu üzerine uyumlu bir şekilde geldiği gözlenir (Bacak, 2008).

### **3.2.2.2 Alacağzı Formasyonu (Ka)**

Ereğli'nin doğusunda Alacağzı ve Değirmenağzı dolaylarında Zonguldak'ın güneyinde ve Bartın'ın kuzeyinde yüzeyler. Alttaki Yılanlı Formasyonu, üstteki Kozlu Formasyonu ile olan dokanakları geçişlidir. Delta ormanını yansıtan Kumtaşı, Silttaşı ve Çamurtaşı katmanları ile ince kömür damarlarının ardalanmasından oluşur. Kömür damarlarının kalınlıkları 0.10-0.50 metre arasında değişen ve günümüz koşullarında ekonomik bir değer taşımayan bir seviyededir. Formasyonun kalınlığı Alacağzı'nda 1100 metreye kadar çıkmaktadır. Palinoloji verilerine göre yaşı Namuriyen'dir (Ünalan, 2010).

### **3.2.2.3 Kozlu Formasyonu (Kk)**

Zonguldak ve Ereğli dolaylarında geniş mostraları yer alır. Alttaki Alacağzı Formasyonu ve üst taraftaki Karadon Formasyonu ile geçişlidir. Kozlu formasyonu menderesli nehir ortamını yansıtan konglomera, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kiltası ve kömür ardalanmasından oluşmaktadır (Ünalan, 2010).

İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda; Orta Karbonifer Vestfaliyen A yaşı Kozlu Formasyonu'nun bölgede temel birimini oluşturduğu görülmektedir. Bu formasyonun tip kesiti Güntepe Kilimli dolaylarında görülmektedir. Kozlu Formasyonu genelde konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası, kömürlü şeyl tabakaları ile kömür damarlarının ardalanmasından oluşmaktadır. Kozlu Formasyonu'nun bu ardalanmalı litolojisinde sırası ile kumtaşı, silttaşı, kiltası hakim olmaktadır. Formasyon daha az olarak ta konglomera ardalanmasından

oluşmaktadır. Konglomera, kumtaşı ve silttaşlarında hakim kırıntılar sırasıyla kuvars, mağmatik kayaç parçaları ve çok az da feldispat, mika, glokonit minarelleri olmaktadır. Bu kırıntılı kayaçlar yer yer silis, karbonat ve killi bir çimento ile bağlanmış olup, iyi derecede çimentolanmışlardır. Kozlu Formasyonu'nun tipik rengi gri olup, killi zonlarda kömür içerdiklerinden dolayı kahverengimsi-siyah renkte görülmektedir. Formasyonun ortalama kalınlığı 700m civarındadır. Kozlu Formasyonu'nu oluşturan litolojik birimler doğu-batı doğrultusunda uzanmakta olup (Gelik Antiklinalinin kuzey kanadını oluşturmakta) yaklaşık olarak 30-35° kuzeye eğimlidirler, güney kanadını oluşturanlar ise Mithatpaşa-II Tüneli güzergâhında (Gelik Antiklinalinin güney kanadını oluşturmakta) yaklaşık olarak 30-35° güneye eğimlidirler. Formasyonun içerdiği 27 adet kömür damarından 25'i işletilebilir kalınlıktadır.

İnceleme alanında; altta ana kaya gri renkli Kozlu Formasyonu ile bunların üzerinde yer alan Kozlu Formasyonunun kahverenkli bozunmuş kaya seviyeleri bulunmaktadır. Bu kaya seviyeleri üzerinde yapılan araştırma sondajlarında yüzeyden itibaren; 0.00 m-1.00 m arasında kahverenkli kireçtaşı çakıllı bitkisel toprak içeren dolgu malzemesi, daha altta ise 1.00 m'den sonra 4.50 m'ye kadar kahverenkli bozunmuş, çakıllı, kumlu katı kil, 4.50 m'den 6.00 m'ye kadar kahverenkli orta sert killi ince taneli bozunmuş kumtaşı, 6.00 m'den 10.00 m'ye kadar kahverenkli orta sert çakıllı killi bozunmuş kumtaşı, 10.00 m'den 20.00 m'ye kadar gri renkli orta sert, kömür izli, çakıllı orta taneli bozunmuş kumtaşı görülmektedir. Burada bozunmuş litolojik birimler ile kaya şeklinde olan litolojik birimlerden örnekler alınmış ve bunların üzerinde ilgili zemin parametreleri belirlenmiştir.

Kozlu Formasyonu üzerine tünel güzergâhında burada uyumsuz olarak üstte, kuzeyde yer alan Zonguldak Formasyonu Öküşne Üyesine (kireçtaşı) geçiş göstermektedir.

#### **3.2.2.4 Karadon Formasyonu (Kka)**

Zonguldak, Amasra, Azdavay dolaylarında mostra verir. Altındaki Kozlu formasyonu ile geçişlidir. Akarsu ortamında çökelmiş çakıltı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kömür aralanması şeklindedir. Yaşı bazı yazarlara göre Vestfaliyen B,C,D'dir. Kalınlığı Zonguldak'ta 350 metredir. 5 adet işletilebilir kömür damarı kapsar. Amasra yöresinde kalınlığı 550 metre, üretilebilir kömür damar sayısı 13'tür. Zonguldak ve Amasra yörelerinde Karadon Formasyonu içinde kalınlığı 70-100 metre arasında değişen bir şiferton zonu

mevcuttur. Bu zon içinde, kömür damarları ile ardalanmalı ve kalınlıkları 1-10 metre arasında değişen 5 adet şiferton seviyesi yer almaktadır (Ünalan, 2010).

### 3.2.2.5 Zonguldak Formasyonu (Jkrz)

Formasyonun yaygın olarak kullanılan diğer adı İnaltı Formasyonu'dur. Ereğli-Zonguldak arasında ve ayrıca Amasra-Cide arasında bulunur. Denizel karbonatlar ve bunlar arasında yer alan karasal kırıntılardan oluşur. Kapsadığı fosillere göre Geç Jura-Apsiyen'dir. Zonguldak yöresinde, aşınmış Karbonifer üzerine, arada Çakraz Formasyonu olmaksızın, açısal uyumsuzlukla gelen ilk birimdir. Diğer yerlerde ise Karbonifer üzerine uyumsuzlukla gelen ilk birim Çakraz Formasyonu'dur.

Zonguldak'ta formasyon içinde üç üye ayırt edilmiştir. Bunlar alttan üste Öküşne, İncivez ve Kapuz üyeleridir.

- Öküşne Kireçtaşı Üyesi (JKrzö): 350 metre kalınlıkta olup kireçtaşlarından oluşur.
- İncivez Kırıntılı Üyesi (JKrzi): Karasal, kırmızı renkli kırıntılarla temsil edilir. Kalınlığı 50-150 metre arasındadır.
- Kapuz Kireçtaşı Üyesi (JKrzk): 250 metre kalınlığı olan masif, gri krem renkli kireçtaşlarından oluşur (Ünalan, 2010).

İnceleme alanı olan Mithatpaşa-II Tüneli güzergâhı ve yakın çevresinde yapılan arazi gözlem ve çalışmaları(yol yarmaları, sondaj vs.) sonucunda; Üst Jura-Alt Kretase A yaşlı Zonguldak Formasyonu'na ait Öküşne Üyesinin çalışma sahasının kuzeyinde temel kaya birimini oluşturduğu görülmektedir. Öküşne Üyesinin tip kesiti Kozlu nahiyesi batısında, inceleme alanını da kapsayan Öküşne Sahili dolaylarında görülmektedir. Bölgedeki Zonguldak Formasyonu Öküşne Üyesinin inceleme alanının bulunduğu yamaç üzerinde; güneybatıdaki Öküşne Deresi tabanından itibaren, inceleme alanının kuzeyinde yer alan Milli Eğitim Bakanlığı Teknik Lisesi yakınlarına kadar ölçülen ortalama kalınlığı 350 m kadar olmaktadır.

İnceleme alanında görülen Zonguldak Formasyonunun Öküşne Üyesi, şelf ortamını karakterize eden açık gri renkli kireçtaşlarından ve bu kireçtaşlarının altında taban konglomerasından (çakılları kireçtaşı ve çimentosu karbonat) oluşmaktadır. Bu kireçtaşları kalın katmanlı, yer yer masif olup resifal özellikler göstermektedirler. Birimin alt



seviyelerinde dolomitleşmenin varlığı gözlenmektedir. Birim Karbonifer (Vestfaliyen A yaşlı, Kozlu Formasyonu konglomera-kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-şeyl-kömürlü şeyl ve kömür damarları) üzerine uyumsuz olarak geldiğinden, bölgedeki transgrasyonun belirtisi olan, taban konglomeraları bölgede izlenmektedir. İnceleme alanında yüzeyden itibaren mostra vermiş olan Öküşne Üyesinin kireçtaşları; parçalı kaya bloklar halinde ve aralarında yer yer kahverenkli kil dolguları ile görülmektedir. Birim alt seviyelerinde kireçtaşı ara katkılı (çimentolu), üst seviyelerinde ise çakıltası-kumtaşı tabakalarının ardalanması şeklinde devam etmektedir.

İnceleme alanı çevresinde gözlenmiş olan yol yarmalarında ve bina temel çukurlarında, tabaka doğrultu ve eğimleri net bir şekilde gözlenebilmektedir. Bölgedeki orta-kalın tabakalı Öküşne Üyesi birimlerinde tabaka eğim yönleri, güneybatıya olan yamaç eğimi ile  $90^0$  açılı olarak kuzeye doğru olup,  $35^0$  ile  $40^0$  arasında değişmektedir.

#### **3.2.2.6 Kilimli Formasyonu (Jki)**

Velibey, Sapça ve Tasmaca üyeleri Kilimli formasyonunda yer alan üyelerdir. Sarı renkli kuvars kumtaşlarından oluşan Velibey üyesi, glokonili kumtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Sapça üyesi, marnlardan oluşan seviyelerde Tasmaca üyesi olarak adlandırılmıştır.

Kilimli formasyonu, Zonguldak doğusunda Kilimli ilçesi ve Amasra ilçesi civarlarında sıkça bulunur. Kilimli dolayında kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Renk gri, kurşun rengi ve sarımsı bej rengi olabilir. Tabakalar ince ve orta kalınlıktadır. (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

#### **3.2.2.7 Velibey Üyesi (Kkv)**

İlk defa Arni (1931) tarafından formasyon düzeyinde incelenmiş, ancak bu çalışmada Kilimli formasyonunun bir üyesi olarak değerlendirilmiştir. Zonguldak- Devrek karayolunda Kızılca kilise mevkiinde gözlenen birim, kumtaşı ve nadiren de kuvarsit çakıllı kumtaşlarından oluşur. Alterasyonların çok gözlenmiş olduğu birim de hakim renksarımsı bejdir. Velibey üyesinin alt dokanağı İnaltı formasyonu ile geçişlidir. Üstdokanağında Sapça üyesi ile tedrici geçiş gösterir. Yanal ve düşey yönde Kilimli formasyonunun diğer litolojilerine geçiş gösterir (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### 3.2.2.8 Sapça Üyesi (Kks)

Glokonili kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve kumlu kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Zonguldak- Devrek karayolunda çokiye mostralari gözlenen birimin adı, tip kesitinin gözleendiği Sapça köyünden alınmıştır. Kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ardalanmasından oluşan birimde bol miktarda kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı seviyeleri bulunur. Kumtaşı taneleri kuvars, glokon, metamorfik kaya parçası ve magmatik kaya parçasından meydana gelir. Hakim rengi gri ve yeşildir. Glokoniler birimin yeşil renkli görünmesine neden olur. Katmanlanma karbonatsız olan birimlerde net izlenemez. Alt dokanağı Velibey üyesi ile, üst dokanağı da Tasmaca üyesi ile geçişlidir. En kalın olduğu yerde 400 m. kalınlık sunar (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### 3.2.2.9 Tasmaca Üyesi (Kkt)

Marn ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan aynı zamanda Zonguldak- Devrek karayolunda ve Kızılca kilise dolayında iyi gözlenen birim; marn, çamurtaşı, nadir silttaşı ve kumtaşı arasında meydana gelmektedir. Oldukça altere olan birimde hakim renk mavi ve gridir.

Tabakalar 1-2 cm. ile 20 cm. arasında değişir. Alt dokanağı Sapca üyesi ile geçişli olan birimin üst dokanağı Kilimli formasyonunun diğer litolojileri ile geçişli, bazende doğrudan Yemişli çay formasyonu ile geçişlidir. Yanal yönde Kilimli formasyonlarının diğer litolojilerine de geçiş gösteren birim en fazla 400 m kalınlıktadır. Ammonit fosillerine göre birimin yaşı Alt Kretase'nin üst seviyelerine karşılık gelir. Tasmaca üyesi Tokay (1952)'in tanımladığı Tasmaca formasyonunun alt ve üst mavi marnlarına karşılık gelmektedir. Tasmaca üyesi fazlaca sığ olmayan ve yavaş yavaş derinleşen bir denizi karakterize etmektedir.

Kilimli formasyonu çökelme ortamında farklı alanlarda farklı özellikler gösterir. Sığ plaj kumlarından başlayarak derin deniz ortamına kadar çökelmiş olan birimleri temsil eder (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### **3.2.2.10 Alüvyon ( Qal)**

Dereler tarafından taşınıp depolanan kil, silt, kum, çakıl ve blok gibi kaya parçacıklarından oluşmaktadır. Kum çakıl ve bloklar yarı yuvarlak - yuvarlaktır. Yer yer kömür parçalarına rastlanmaktadır. Birim Kuvaterner yaşlıdır. (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### **3.2.2.11 Yamaç Örtüsü ( Qym)**

Yamaç eteklerinde ve kısmen de yamaç üstlerinde yer alır. Bu birim kahve renkli,katı-çok katı, tutturulmamış veya az tutturulmuş kil, kum, köşeli ve yuvarlakçakıllardan meydana gelmektedir. Yuvarlak çakıllar ayrılmış konglomeralardan taşınmıştır. Yamaç örtüsü içinde yer yer değişik miktarlarda kömür parçaları bulunmaktadır. Birim Kuvaterner yaşlıdır (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### **3.2.3 Yapısal Jeoloji ve Tektonik**

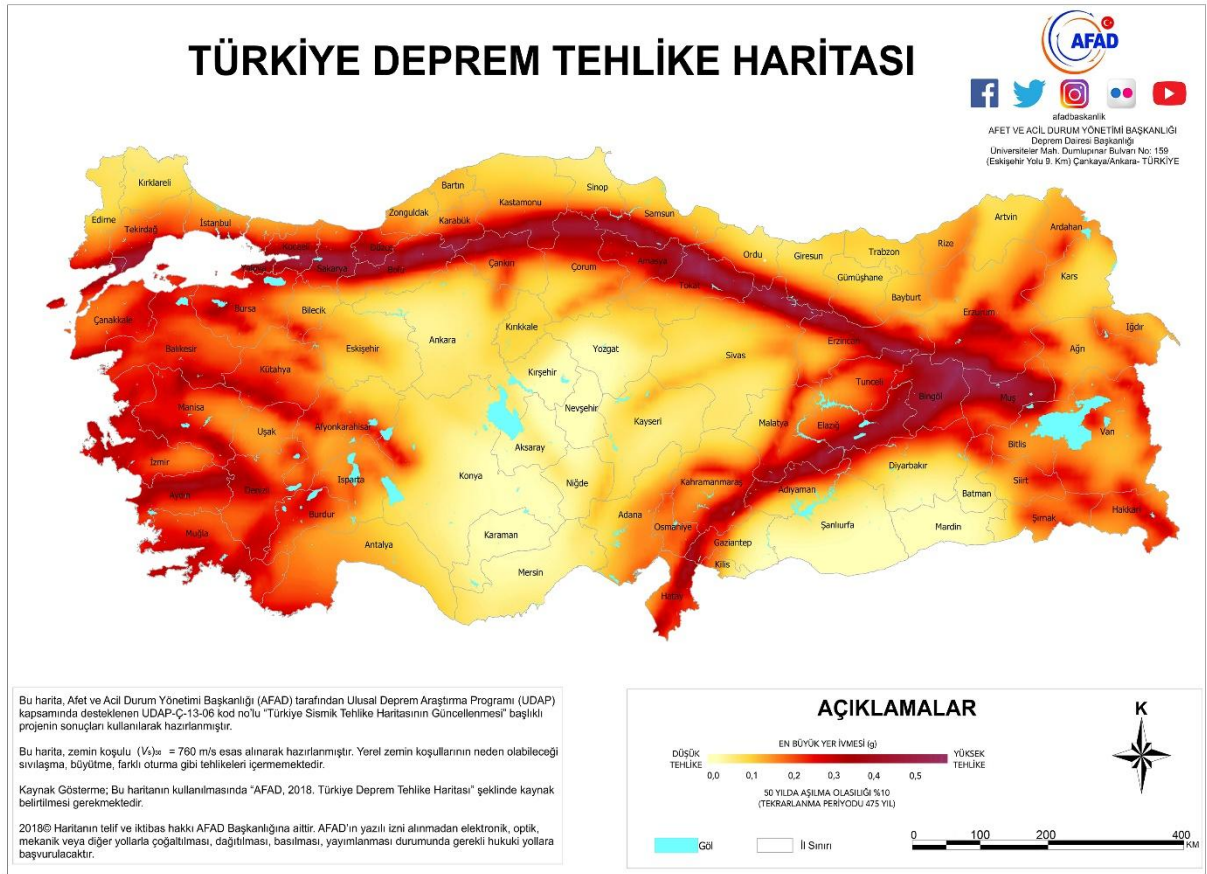
Yapısal olarak güzergâhın yer aldığı Zonguldak bölgesindeki kayalar erozyonla açığa çıkmış ve çoğunlukla doğu-batı doğrultulu faylarla bölünmüş bir senklinoryumun güney kanadına ait olduğu düşünülmektedir. Bu senklinoryumun kuzey kanadı ise Karadeniz altında kalmaktadır. Birimler arasındaki dokanakların hemen hemen hepsi faylıdır. Faylı senklinoryum içindeki kıvrımları büyük ölçüde bozmuştur. Güzergahın bulunduğu Zonguldak bölgesindeki çökel kayaları çok kırık ve karmaşıktır. Eklem, kıvrım ve faylar kuzey-güney yönünde bir sıkışma sonucunda genelde doğu-batı ve kuzeydoğu- güneybatı doğrultulu eksen yönlerinde gelişmiştir. Çamurtaşı, şeyl gibi kayalarda ise çok sık – sık aralıklı ve düzensiz kırıklar şeklinde gelişmiştir. Tabaka araları kapalıdır. Yerel kıvrımlar ve faylar yüzünden tabaka doğrultu ve eğimleri çok değişik olmakla beraber genelde tabakalarda Kuzeydoğu (KD)- Güneybatı (GB) doğrultular egemendir, eğimler ise 30° ve daha diktir.

Güzergâh ve yakın çevresinde pek çok ana fay bulunmaktadır. Bunlardan sekiz adedi güzergahı kesmekte veya çok yakınında bulunmaktadır. Bu fayların hemen hepsi KD-GB ve Doğu (D)- Batı (B) doğrultularındadırlar ve çoğu farklı formasyonlar arasındaki dokanakları oluştururlar.

Yılanlı formasyonu ile Alacağzı formasyonu arasındaki dokanak faylıdır. Kabaca 40°-50° kuzeye eğimlidir. Alacağzı formasyonu ile Kozlu Formasyonu arasındaki dokanak da faydır. Fay düzlemi kuzeybatıya eğimlidir (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

### 3.2.4 Depremsellik

Proje güzergâhının bulunduğu bölge Kuzey Anadolu Fayı'na yakın olması sebebiyle bölgenin güney ve güneybatı sınırlarında oluşan magnitüdü 7 ve daha yüksek olan depremlerden etkilenmiş bulunmaktadır. (17 Ağustos 1999 Doğu Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri gibi) (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).



Şekil 3.14 Türkiye Deprem Tehlike Haritası(AFAD, 2018).



Şekil 3.15 Zonguldak İli Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).

### 3.2.5 Sondaj Çalışması

Mithatpaşa-II Tünelinin (Km: 34+468.00- 35+998.00), Jeolojik-Jeoteknik etüt programı için arazi çalışmaları Kasım 2016 - Ocak 2017 tarihlerinde yapılmıştır. Arazi çalışmalarında tünel güzergâhı boyunca geçilen jeolojik birimler tanımlanmış ve jeolojik- jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Güzergâhta bu kesimde yapılan 5adet sondaja ait özet bilgiler Çizelge3.1’de verilmiştir(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Çizelge3.1 Güzergâh İçin Yapılan Sondajların Özet Listesi (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

| Sondaj No   | Km     | Derinlik (m) | Koordinatlar |         | Yass (m) | Açıklama      |
|-------------|--------|--------------|--------------|---------|----------|---------------|
|             |        |              | X            | Y       |          |               |
| SK - 34+865 | 34+865 | 50.00        | 4 592 465    | 400 831 | Sızıntı  | TÜNEL (YATAY) |
| SK - 35+010 | 35+010 | 95.00        | 4 592 321    | 400 823 | 24.00    | TÜNEL         |
| SK - 35+465 | 35+465 | 195.00       | 4 591 891    | 400 639 | 51.00    | TÜNEL         |
| SK - 35+820 | 35+820 | 90.00        | 4 591 547    | 400 583 | 48.00    | TÜNEL         |
| SK - 35+913 | 35+913 | 50.00        | 4 591 447    | 400 570 | Sızıntı  | TÜNEL (YATAY) |



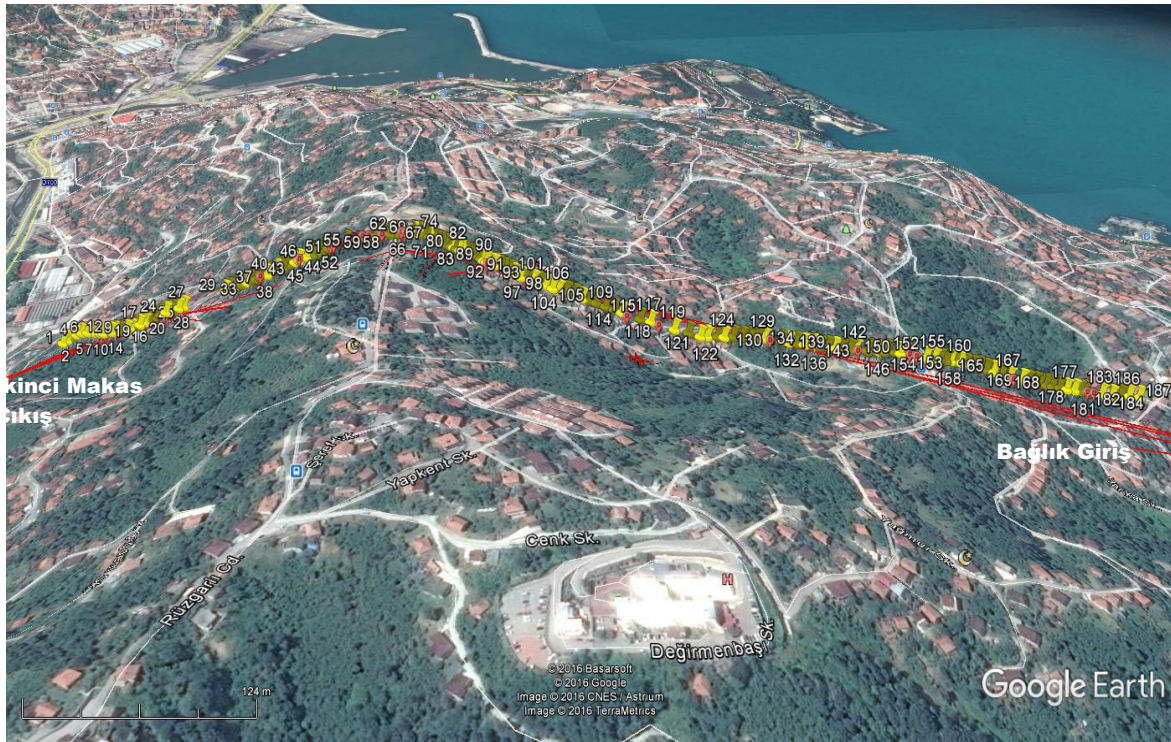
### 3.2.6 Jeofizik Çalışması

Mithatpaşa-II tüneli yapım aşamasında karşılaşma olasılığı bulunan kömür galerilerinin, var ise galeri içindeki su birikintisinin varlığının, fay, birim kontağı gibi jeolojik dokanakların varlığını tespit edebilmek amacı ile jeofizik çalışma yapılmıştır.

Bu amaçla çalışma alanı şartlarına göre ilgili kurumca uygun görülen sismik yansıma çalışması ile yüzeyden yaklaşık kırmızı kotun en derin olduğu 250 metre derinliğekadar tünel hattını izleyen 1320 m uzunlukta sürekli kesit oluşturulmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanı Zonguldak ili sınırları içinde yer almaktadır. Şehir merkezinin 2 km doğusunda bulunan Mithatpaşa-II Tüneli inşaat güzergâhı, yoğun yerleşim alanlarının altından geçmektedir.

Mithatpaşa-II Tüneli çalışma alanında, yaklaşık 1320 metrelik hat boyunca, 211 atış noktasıyla yansıma sismiği ölçümleri yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde sismik çalışma alanı ve atış noktaları yer almaktadır. Aşağıdaki şekilde sismik çalışma alanı ve atış noktaları yer almaktadır (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).



**Şekil 3.16** Çalışma Alanı ve Atış Noktaları (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Ölçüm alanının güney bölgesindeki yoğun yerleşim nedeniyle ölçüm başlangıcından 190 m sonra ölçümler sonlandırılmış ve yerleşim pas geçilerek yeniden başlatılmıştır. Ölçümlerin başlangıç ve bitiş serimlerinde, jeofon başı vuruşlarla tomografik yansıma ölçümleri alınmıştır. Bu yüzden, sismik yansıma hattı atış numaralarına göre 4 ara profilden oluşmaktadır. Bu profillere ait bilgiler aşağıda verilmektedir.

**Çizelge 3.2** Çalışma Alanı Sismik Yansıma Hattı Profil Bilgileri(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017)

| HAT ATIŞ NO | ÖLÇÜM SİSTEMİ     | KM              | UZUNLUK |
|-------------|-------------------|-----------------|---------|
| 1-28        | Tomografik        | 35+740 - 35+920 | 180 m   |
| 29-56       | Tomografik        | 35+515 - 35+690 | 175 m   |
| 56-177      | AtışÖnde(çekerek) | 34+710 - 35+515 | 805 m   |
| 178-211     | Tomografik        | 34+600 - 34+710 | 110 m   |

### 3.2.7 Hidrojeoloji

#### 3.2.7.1 Yüzey Suları

Yüzey suları olarak derelerin çoğunlukla yaz döneminde su akışının azaldığı vebazılarının tamamen kuruduğu bilinmektedir. Tünel güzergâhına yakın olan dereler ve bu derelerin yaklaşık debilerine ait verilere aşağıdaki çizelgede yer verilmiştir (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

**Çizelge 3.3** Proje Güzergâhı Yakınındaki Önemli Yüzey Suları(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

| Dere Adı       | Yaklaşık Debisi<br>(m <sup>3</sup> /sn) |
|----------------|-----------------------------------------|
| Üzülmez Deresi | 35                                      |
| Filyos Çayı    | 35                                      |
| Ömeci Deresi   | 15                                      |
| Çay Dere       | 5                                       |
| Tombalak Dere  | 4                                       |
| Ercek Dere     | 6                                       |





**Şekil 3.17** Uydu Görüntüsünde Yüzey Sularının Drenajı ve Tünel Etkisi (Ölçeksiz).

Mithatpaşa-II tünel güzergâhındaki yüzey sularının drenaj alanları şekil 3.17’de görülmektedir. Bu yüzey suları drenaj alanının Zonguldak formasyonu Öküşne kireçtaşı üyesine ait mevcut karstik kireçtaşları sifonu içinden geçiş yaptığı bilinmektedir.

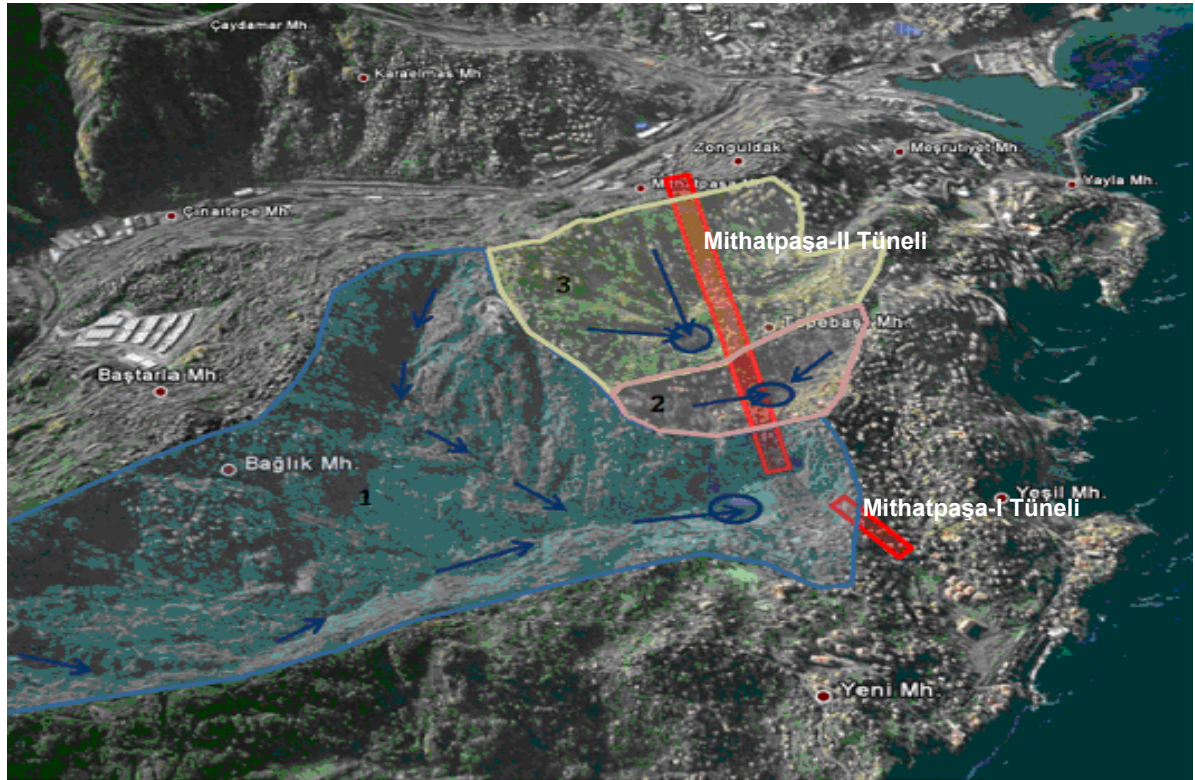
### 3.2.7.2 Yeraltı Suları

Mithatpaşa-II Tüneli bölgesindeki Öküşne kireçtaşları, literatür araştırmalarına bakıldığında en geçirimli birimler olarak öngörülmektedir. Bunun yanında Kozlu formasyonu konglomera-kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-kömürlü şeyl ve kömür tabakalarının ardalanmasından oluşan sedimanter istifin geçirimliliği de yine literatür araştırmalarına göre derinlerde daha az olmaktadır.

Çalışma sahasında yapılan sondajlarda karşılaşılan yeraltı suyu seviyeleri aşağıdaki tabloda listelenmiştir (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

**Çizelge 3.4** Sondajlardaki Yer altı su seviyeleri (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017)

| Sondaj No   | Yass (m ) |
|-------------|-----------|
| SK - 34+865 | sızıntı   |
| SK - 35+010 | 24.00     |
| SK - 35+465 | 51.00     |
| SK - 35+820 | 48.00     |
| SK - 35+913 | sızıntı   |



**Şekil 3.18** Mithatpaşa-II Tüneli ve Mithatpaşa-I Tünelini Etkileyecek Yüzey Sularının Drenaj-Akış Yönleri İlişkisi (Ölçeksiz).

### 3.2.8 Jeolojik-Jeoteknik Değerlendirmeler

#### 3.2.8.1 Birimlerin Jeolojik-Jeoteknik Özellikleri

Mithatpaşa-II Tünel güzergahı (Km.34+468.00–35+998.00) boyunca Zonguldak Formasyonu(Jki) ve Kozlu Formasyonu (Kco) olmak üzere 2 farklı formasyon gözlenmektedir.

**Zonguldak Formasyonu (Jki);** *kireçtaşlarından* oluşan birim; Sarımsı beyazımsı, gri renkli, sert, orta dayanımlı, az ayrılmış, taze, yer yer marn ara bantlı, yaklaşık tabaka kalınlığı 10-15 cm, yer yer erime boşluklu olarak gözlenmektedir.

**Kozlu Formasyonu (Kk);** Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı, Şeyl, Kömürlü Şeyl ve Kömür Damarlarının ardalanmasından oluşmuş birimdir.

**Konglomera;** açık gri renkli, orta sert, orta çimentolu, az ayrılmış, orta-seyrek çatlaklıdır. Burada yapılan sondajlar, arazi gözlemleri ve laboratuar deney sonuçlarına göre tünel güzergâhında bulunan birimler için SK-34+865, SK-35+010, SK-35+465, SK-35+820 ve SK-35+913 sondajlarından elde edilen, örneklerde yapılan deneylerden elde edilmiştir (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

**Kumtaşları;** açık-koyu gri renkli, orta-zayıf çimentolu, orta zayıf dayanımlı, orta çok ayrılmış, orta-iri taneli, 35° tabaka eğimli, çok sık parçalı, kaygan pürüzlü yüzeyli, düzlemsel, yer yer ondüleli, ince kalsit damarlı, açık-gri renkli, orta sert, orta-zayıf dayanımlı, orta-az ayrılmış, süreksizlikleri; düzlemsel ondüleli, pürüzlü, yer yer kalsit ve kömür dolgulu, açık-yer yer kapalıdır (1-2 mm).

**Çamurtaşları;** sarımsı grimsi kahve, siyahımsı gri renkli, yumuşak-az-orta sert, zayıf-çok zayıf dayanımlı, çok-tamamen ayrılmış, organik madde içerikli (kömürlü şeyl), yer yer kömür bantlıdır.

**Şeyl;** grimsi kahve ve siyahımsı gri renkli olup, yumuşak-az-orta sert, zayıf-çok zayıf dayanımlı, ayrılmış, yer yer organik madde içerikli (kömürlü şeyl), yer yerde kömür bantlıdır.

**Kömürlü Şeyl;** koyu gri-siyah kömürlü, yumuşak-az sert, zayıf-çok zayıf, çok ayrılmış, orta-zayıf çimentolu ve şeyl yapısındadır.

**Kömür;** siyah renkli yer yer oldukça sert, bantlı yapıdaki, yanıcı-parlayıcı gazları bünyesinde içeren, organik yapıdaki, taban ve tabanı kumtaşları olan, tabakalı bir yapısı vardır.

### 3.2.8.2 Kaya Sınıflamaları ve Zemin Parametreleri

Mithatpaşa-II Tüneli güzergâhında Km 34+865 ve Km 35+913 de yataysondajlar (SK-34+865 ve SK-35+913) yapılmıştır. Ayrıca Km 35+010 (SK35+010), Km35+465(SK-35+465), Km 35+820'de (SK-35+820) olmak üzere 5 adet sondaj yapılmıştır.

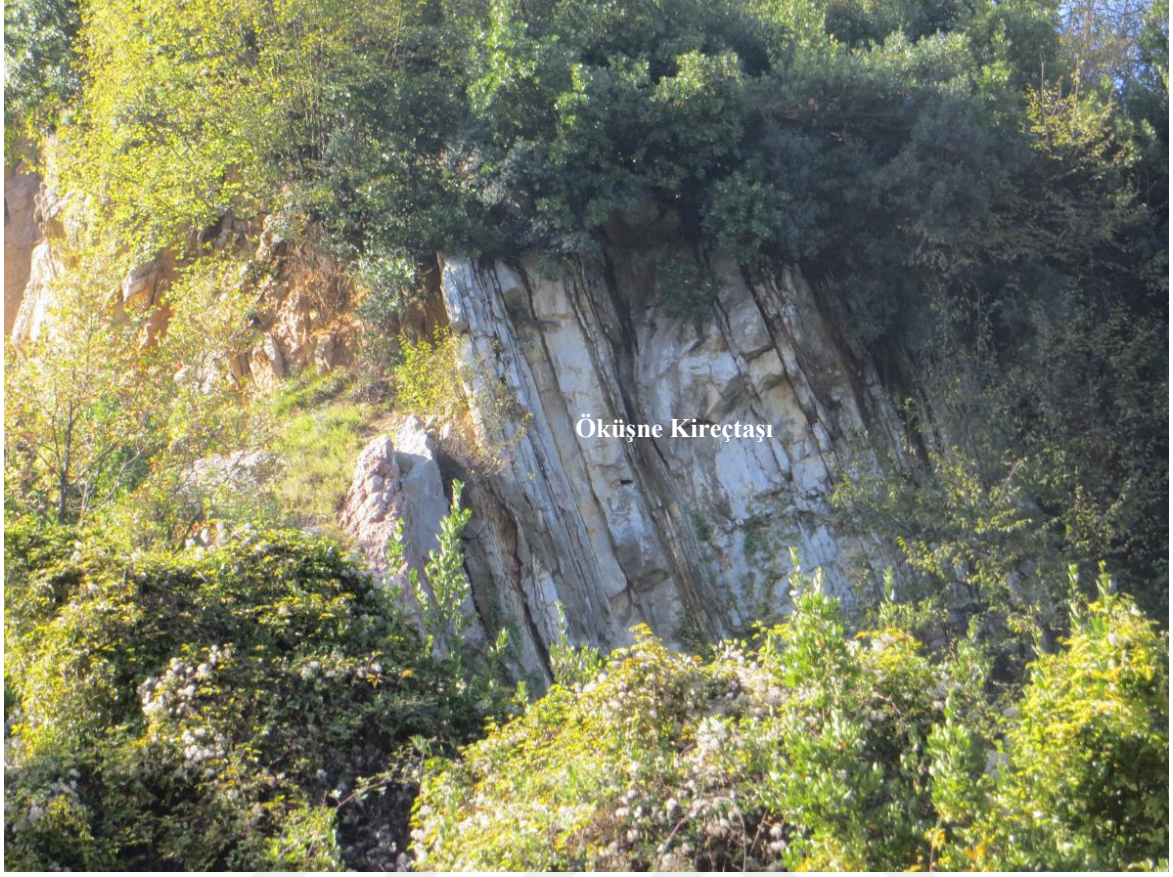
Buna göre yapılan arazi çalışmaları, yüzey jeolojisi ölçüm değerleri ilelaboratuvar analiz sonuçları yapılan sondajlar ile birlikte değerlendirildiğinde tünel, Zonguldak Formasyonuna ait Kireçtaşı ve Kozlu Formasyonuna ait Konglomera- Kumtaşı- Çamurtaşı- Kömürlü Şeylve Kömür içerisinde kazı çalışmaları yapılacaktır (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017)



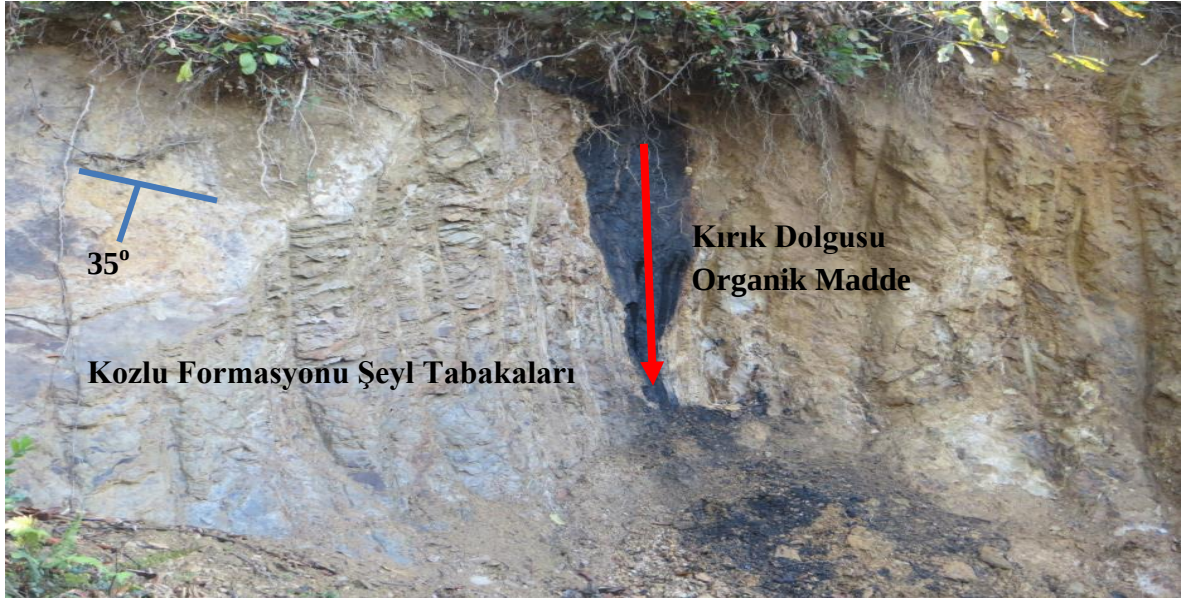








**Şekil 3.20** Mithatpaşa-II Tünel Güzergâhı Orta Kesimde Öküşne Kireçtaşlarının Görünümü.



**Şekil 3.21** Kozlu Formasyonu Tabaka Doğrultu-Eğimi ve Şeyl Tabakaları Arasında Oluşmuş Kırıkta Genç Organik Madde Depolanması.





Şekil 3.22 Tünelin Orta Kesimlerinde Kozlu Formasyonu Kumtaşı Görünümü.



Şekil 3.23 Kozlu Formasyonu Bozunmuş Kumtaşı-Çamurtaşı-Kömür Bandı Mostrasından görünüm.



## BÖLÜM 4

### MİTHATPAŞA-II TÜNELİ KAZISINDA OLASI GAZ EMİSYONLARI VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

#### 4.1 YERALTI MADENLERİNDE BULUNAN ZARARLI GAZLAR VE METAN DRENAJİ

Yeraltı maden işletmelerindeki faaliyetler sırasında; ortamdaki nem, su buharı, vs. ve gazların karışımından meydana gelen hava, yeraltındaki çalışma sahasını kaplayan ve genellikle ortam tozunu da içeren bir yapıdadır. Genelde oksijen miktarının azalması ve karbondioksit ile diğer gazların artması yeraltındaki havanın olumsuz şekilde değişmesi olarak değerlendirilir. Bu değişim, maden havasının kirlenmesine yanında, mevcut kayaç yapısına göre ortamda yanıcı, boğucu ve zehirli gazların açığa çıkmasına-depolanmasına sebep olmaktadır. Bu yanıcı gazlara örnek olarak; hidrojen ( $H_2$ ), metan ( $CH_4$ ) ve karbonmonoksit ( $CO$ ) verilebilirken; boğucu gazlara metan ( $CH_4$ ), nitrojen ( $N_2$ ) ve karbondioksit ( $CO_2$ ), örnek olarak gösterilebilir. Zehirli gazlar ise, hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) ve azotun ( $N$ ) tüm oksitleri ile karbonmonoksit ( $CO$ ), kükürtdioksit ( $SO_2$ ) vb. gazlardan oluşmaktadır (Durşen & Yasun, 2012).

Maden havasının kirlenmesinin artması;

- Cevherin veya kömürün içerdiği gaz miktarına,
- Çalışma alanına gelen havanın miktarına,
- Çalışma sahasının boyutlarına,
- Makineleşme seviyesine ve kullanılan makinelere,
- Cevherin veya kömürün oksijenle etkileşime meyil etmesine,
- Uygulanan maden yöntemine,

bağlıdır.

Yeraltı ortamı havasının, ortaya çıkan tehlikeli gazlarla etkileşimi ( metan, karbon monoksit, hidrojen sülfür vb.) ile grizu, kör nefes gibi gazların oluşmaktadır. Oluşan bu gazlar çalışanların sağlığı ve işyerleri güvenliği için çok fazla tehlike arz etmektedir.

Metan ( $\text{CH}_4$ +Hava) çabuk tutuşma özelliğine sahiptir. Metan bataklık ortamlarında organik maddenin kömürleşmesi sonucunda ortaya çıkan bir gazıdır. Patlayıcı ve boğucu olan metan gazı çok tehlikeli olarak ortamda birikerek, şartların oluşması ile grizu patlamalarına neden olmaktadır.

$\text{CO} + \text{Hava} \rightarrow$  Hafif bir gaz olan karbon monoksit aynı zamanda oldukça zehirli bir gazdır. Ayrıca patlayıcı özelliği de bulunmaktadır. Genellikle yeraltı kömür madenlerinin bulunduğu ortamlardaki kazı veya işletmesi faaliyetleri sırasında karşımıza çıkmaktadır.

$\text{H}_2\text{S} + \text{Hava} \rightarrow$  Kükürtlü hidrojen veya hidrojen sülfür olarak bilinen çok zehirli olan bir gazdır. Çürümüş yumurtayla benzerlik gösteren keskin bir kokusu vardır. Patlayıcı özelliği de olan hidrojen sülfür nadiren tehlikeli miktarlarda görülür.

$\text{CO} + \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow$  Zehirli, boğucu ve patlayıcı ortam meydana getirir. Grizu patlamasından sonra beliren zehirli gazlar olarak bilinir.

$\text{CO}_2 + \text{N}_2 \rightarrow$  Kör soluk veya kör nefes diye de bilinmektedir. Boğucu bir gaz olmasına rağmen maden ortamında %100 emisyonu mümkündür (Durşen & Yasun, 2012).

#### 4.1.1 Boğucu Gazlar

Oksijen havanın ana bileşenlerinden bir tanesi olup boğulma olayı havanın içerisinde yer alan oksijen miktarı ile ilgilidir.

Renksiz, kokusuz ve tatsız olan oksijenin sıcaklığı normaldir. Yanma olayının olabilmesi için oksijene gereksinim duyulmaktadır. Oksijen olmaması veya oksijen miktarındaki düşüş nefes alma problemi yaratır. Oksijen miktarının az olması madenlerde;

- Kömürün veya maddenin oksitlenmesinden,
- Kereste gibi odunsu organik maddenin çürümesinden,



- Diğer gazların ortamda yer almasından,
- Yangın olayından,
- Patlamalardan ve patlatmalardan,
- Nefes almadan

Kaynaklanır(Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.1** Oksijen miktarının insan sağlığına etkisi (Durşen & Yasun, 2012).

| O <sub>2</sub> (%) | Etki                                                           |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| 21                 | Normal nefes alma                                              |
| 19                 | Neredeyse normal nefes alma (Lamba parlaklığının %30 u azalır) |
| 17                 | Nefes almada hızlanma ve zorlanma                              |
| 15                 | Baş dönmesi, sersemleme, bulanık görme                         |
| 9                  | Baygınlık veya bilinç kaybı                                    |
| 6                  | Nefes almada yavaşlama ve durma, ardından kalpte durma         |
| 0                  | Çırpınma, kasılma ve kısa sürede ölüm                          |

Çizelge incelendiğinde oksijen miktarının insan yaşamındaki önemi açıkça görülmektedir. Oksijen miktarının yer altı madenlerinde ve çalışma sahalarında %19 dan az olmaması gerekmektedir. Oksijen miktarını ölçmeye yarayan emniyet lambasının aydınlık şiddeti havadaki oksijen miktarı ile orantılıdır. Oksijen miktarının %17 - %18' in altına düşmesi durumunda lamba söner. Oksijen miktarında meydana gelen her % 0.1'lik azalma, ışık şiddetinde %3.5'lik bir azalmaya neden olur(Durşen & Yasun, 2012).

#### 4.1.1.1 Karbondioksit(CO<sub>2</sub>)

Asidimsi bir tada sahip olan karbondioksit gazı kokusuz ve renksizdir. Havadan daha ağır olan bu gaz 1.52g/cm<sup>3</sup> ağırlığa sahiptir. Yanıcı bir gaz olmadığından dolayı yanma reaksiyonuna herhangi bir katkısı olmaz. Nefes alışverişinden ve karbon içeren herhangi bir maddenin(ağaç,kömür,petrol vb.)yanmasından meydana gelen karbondioksitin ana kaynakları içerisinde patlamaların olması, ağaç çürümesi ve yangın olayları yer almaktadır(Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.2** Karbondioksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi(Durşen & Yasun, 2012).

| Karbondioksit (%) | Atmosfer havası(%) | İnsanlar Üzerindeki Etkisi                |
|-------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| 1                 | 99                 | Hissedilir bir etkisi yoktur              |
| 3                 | 97                 | Nefes almak hafiften daha zorlaşır        |
| 5-6               | 95-94              | Sık ve zorlu soluk alma ve başağrısı      |
| 10                | 90                 | Şiddetli acı                              |
| 15                | 85                 | Narkotik etki yüzünden kısmi bilinç kaybı |
| 18                | 82                 | Boğulma ve ölüm                           |
| 25                | 75                 | Kısa sürede ölüm                          |

### Karbondioksitin Tespiti:

Karbondioksitin tespit edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri emniyet lambasındaki parlaklıktır. Donuk ve duman rengi ışığın olması, ortamdaki karbondioksitinin az %2olduğuna işaret etmektedir. Karbondioksit miktarının %1'i aştığı yerlerde insanların çalıştırılmaması gerekmektedir.

Karbondioksitin tespit edilmesinde kullanılan diğer metot ise havayı kireçli su içerisinden geçirmektir. Yoğunlaşan sıvı süt - tebeşir tozu rengini alır. Diğer bir metot ise kimyasal analizlerin yapılmasıdır.

Ülkemizde ve bazı ülkelerde oksijen ve karbondioksit için uygulanan standartlara aşağıdaki tabloda yer almaktadır(Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.3**Uygulanan Karbondioksit ve Oksijen standartları(Durşen & Yasun, 2012).

|                | Kabul edilebilir en düşük $O_2$ (%) | En fazla izin verilebilen $CO_2$ (%) |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Türkiye</b> | 19.0                                | 0.5                                  |
| <b>Amerika</b> | 19.5                                | 0.5                                  |
| <b>Rusya</b>   | 20                                  | 0.5                                  |



#### **4.1.1.2 Azot(N<sub>2</sub>)**

Suda çözünmeyen, kokusuz, tatsız ve renksiz olan bu gaz atmosferin yaklaşık %80'ini oluşturur. Zehirli ve patlayıcı değildir. Nefes alışverişine ve yanma reaksiyonuna herhangi bir katkısı veya zararı bulunmamaktadır.

Azotun havadaki oksijeni azaltma anlamında önemlidir. Atmosferde saf oksijen bulunursa yangınların kontrol edilmesi zorlaşır.

Azotun ana kaynakları arasında patlatmalar, kayaların veya kömür çatlaklarının arasından yayılan organik maddelerin çürümesi yer almaktadır (Durşen & Yasun, 2012).

#### **4.1.2 Zehirli Gazlar**

##### **4.1.2.1 Karbonmonoksit(CO)**

İnsan sağlığı için tehlikeli ve son derece zehirli bir gaz olan karbonmonoksit havadan biraz daha hafif olup özgül ağırlığı 0.96 (g/cm<sup>3</sup>)'dir.

Karbon monoksit kokusuz, tatsız ve renksiz bir gazdır. Ayrıca yanıcı bir gaz olan karbon monoksit mavi alev çıkararak yanar fakat yanma reaksiyonunu başlatmaz ve sürdürmez. Bunun sebebi ise yangını başlatabilecek veya patlamaya neden olacak kadaryeterli konsantrasyona ulaşamamasıdır.

Kanda bulunan hemoglobinin sayesinde havadaki oksijen önce akciğerlere oradan da vücuttaki diğer dokulara taşınmış olur. Sonuç olarak karbon monoksit normalden daha çabuk bir şekilde vücuda girer. Karbon monoksit zehirlenmesiyle karşılaşan bir kişinin rengi pembeleşir. Karbon monoksitin 8 saatlik çalışma süresi içinde aşmaması gereken değer eşik değeri (esd) % 0.005(50 ppm)'dir (Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.4** Karbon Monoksit Miktarının İnsan Üzerindeki Süreye Bağlı Etkisi (Durşen & Yasun, 2012).

| <b>Konsantrasyon(%)</b> | <b>İzin verilebilir maruziyet süresi</b>                            |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 0.01                    | Birkaç saat maruz kalmabilinir                                      |
| 0.04-0.06               | Farkedilmeden 1 saat normal nefes alınabilir                        |
| 0.06-0.07               | 1 saatten sonra farkedilebilir etki gösterir                        |
| 0.07-0.12               | 1 saatten sonra rahatsız eden fakat tehlikeli olmayan etki gösterir |
| 0.12-0.20               | 1 saat maruziyet tehlikelidir                                       |
| 0.20-0.40               | 1 saatten az maruziyet tehlikelidir                                 |
| ≥0.40                   | 1 saatten az sürede ölüme yol açar                                  |

**Çizelge 4.5** Kan CO Düzeyine Göre Klinik Bulgular (Durşen & Yasun, 2012).

| <b>Kan CO düzeyi(%)*</b> | <b>Klinik Bulgular</b>                                                                                                                                                          |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| %10-20                   | Bulantı, yorgunluk, taşipne, duygusal dengesizlik,konfüzyon,sakarlık                                                                                                            |
| %21-30                   | Baş ağrısı,efor dispnesi, angina, görme duyusunda değişiklikler, çevreye uyumda hafif yetersizlik, tehlikeye karşı tepki vermede zayıflık, hafif güç kaybı, duyularda zayıflama |
| %31-40                   | Baş dönmesi,sersemlik, bulantı, kusma, görme bozuklukları, karar almada yetersizlik                                                                                             |
| %41-50                   | Bayılma, bilinç değişiklikleri, unutkanlık, taşikardi, taşipne                                                                                                                  |
| %51-60                   | Nöbetler , koma, belirgin asidoz, ölümle sonuçlanabilir                                                                                                                         |
| %60 üzeri                | ölüm                                                                                                                                                                            |

Karbon monoksit zehirlenmesinde, en kısa süredekişiye oksijen verilmesi sağlanmalıdır. O sırada kişiye oksijen verilmesinin mümkün olmaması durumunda kişinin acilen temiz hava alması sağlanmalıdır.

Karbon monoksit tespit teknikleri; termal ve dijital detektörler, laboratuarda kimyasal analizler veren ölçüm detektörüdür (Durşen & Yasun, 2012).

#### 4.1.2.2 Hidrojensülfür (H<sub>2</sub>S)

Renksiz bir gaz olan hidrojen sülfür son derece zehirli bir gazdır. Koku duyusuna zarar veren bu gazın kokusu çürümüş yumurtaya benzer. Hidrojen sülfürün özgül ağırlığı 1.19(g/cm<sup>3</sup>) olup %4 - %44.5 konsantrasyon aralığında patlayıcı özelliğe sahip gazdır.

Hidrojen sülfür gazı, sülfürlü cevherlerin patlatılması sonucunda, kara barutun yanması ve su basmış yerlerin suyunu alma işlemi esnasında ortaya çıkar (Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.6** Hidrojen Sülfür Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi (Durşen & Yasun, 2012).

| Konsantrasyon(ppm)        | Etki                                               |
|---------------------------|----------------------------------------------------|
| 50-150                    | Belirgin göz tahrişi, boğazda tahriş               |
| 150-400                   | Belirgin göz tahrişi ve solunumda zorlanma         |
| 400-900                   | Bilinçsizlik ve baygınlık                          |
| 900-2000 veya $\geq 2000$ | Şiddetli zehirlenme , 1 dakikadan kısa sürede ölüm |

#### 4.1.2.3 Kükürtdioksit(SO<sub>2</sub>)

Sert kükürtsü bir kokusu olan Kükürt dioksit çok zehirli bir gazdır. Yanıcı bir gazolmayan kükürt dioksitin özgül ağırlığı 2.26(g/cm<sup>3</sup>)’dır. Kükürt dioksitin ana kaynakları arasında yanmış demir piriti ve kükürtlü cevherlerin patlatılması yer almaktadır. Gözü,burnu ve boğazı tahriş eden kükürt dioksitin solunan havada yoğun bir şekilde bulunması akciğerlere zarar vermektedir (Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge4.7** Kükürt Dioksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi (Durşen & Yasun, 2012).

| Konsantrasyon(ppm) | Etki                                    |
|--------------------|-----------------------------------------|
| 20                 | Öksürme,gözde,burunda ve boğazda tahriş |
| 150                | Belki 1 dakika dayanılabilir            |
| 400                | Nefes almak imkansızdır                 |

#### 4.1.2.4 Azot Oksitler

Azot dioksit(NO<sub>2</sub>), Nitrik oksit(NO), azot tetraoksit(N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), nitrozoksit(N<sub>2</sub>O)ve azot trioksit(NO<sub>3</sub>) azot oksitlerdir. Dizel motorların egzoz çıkışlarında ve azot patlamalarında görülürler.30 dakikadan fazla süre %0.1nitroz dumanı içeren havaya maruz kalmak tehlikeli olup azot oksitin 8 saatlik çalışma süresi içerisinde maksimum konsantrasyon değeri 25 ppm’dir (Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.8** Nitrik Oksit Miktarının İnsan Sağlığına Etkisi (Durşen & Yasun, 2012).

| Konsantrasyon(ppm)* | Etki                                                                |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 25                  | Uzun süre maruziyet için en fazla izin verilebilen konsantrasyondur |
| 25-60               | Kısa sürede boğaz tahrişi                                           |
| 60-100              | Öksürük                                                             |
| 100-200             | Kısa süreli maruziyet için bile tehlikelidir                        |
| ≥200                | Kısa sürede ölüm                                                    |

\*Bu konsantrasyon değerleri azot dioksit( $\text{NO}_2$ ) için 5 ile bölünmelidir.

Canlıların sağlığı için önem arz eden nitrat asidi, Azot dioksitin havanın içinde bulunan nem ile birleşmesinden oluşur.

Azot oksit emisyonları atmosferde nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) oluştururlar ve bu gazları, çok az miktarda solumak bile ölüme sebebiyet verebilir. Azot dioksit( $\text{NO}$ ) için eşik sınır değeri ise (esd) 5 ppm'dir.

Aşağıdaki tabloda yeraltında bulunan zehirli gazlar ve bu gazların eşik değeri ve patlama limitleri yer almaktadır (Durşen & Yasun, 2012).

**Çizelge 4.9** Başlıca Zararlı Gazlar (Durşen & Yasun, 2012).

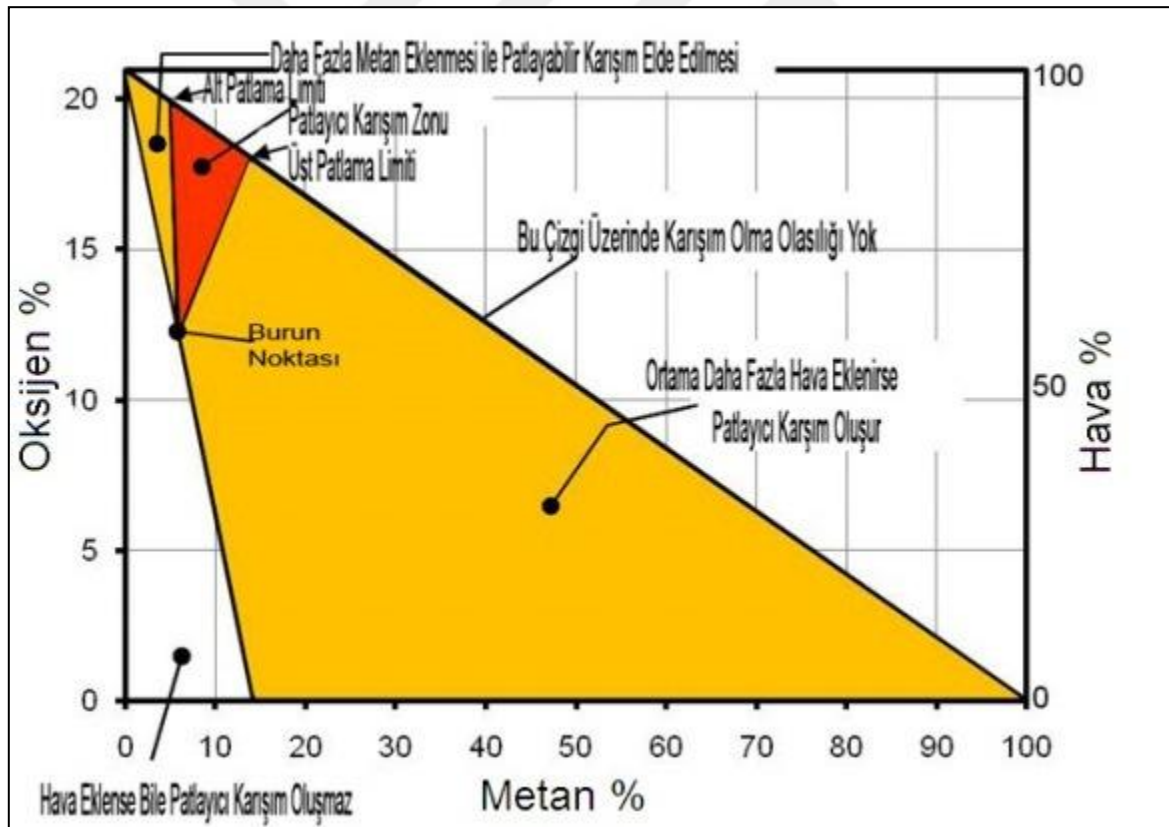
| Gazlar          | Formül           | Eşik Sınır Değerleri(esd)(ppm) | Patlama Limitleri(%) |
|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------------|
| Karbon monoksit | CO               | 50                             | 12.5-74              |
| Karbon dioksit  | CO <sub>2</sub>  | 5000                           | Yanıcı olmayan madde |
| Nitrik oksit    | NO               | 25                             | -                    |
| Azot dioksit    | NO <sub>2</sub>  | 5                              | -                    |
| Metan           | CH <sub>4</sub>  | -                              | 5.0-15.0             |
| Hidrojen sülfür | H <sub>2</sub> S | 10                             | 4.0-44.0             |
| Kükürt dioksit  | SO <sub>2</sub>  | 5                              | Yanıcı olmayan madde |
| Hidrojen        | H <sub>2</sub>   | -                              | 4.0-75.0             |

### 4.1.3 Patlayıcı Gazlar

Yer altı kömür madenciliği ülkemizde maden iş kazalarının en çok görüldüğü iş koludur. Özellikle grizu patlamalarında meydana gelen kazalarda çok sayıda insan yaşamını kaybetmektedir..

#### 4.1.3.1 Metan( $\text{CH}_4$ )

Patlayıcı bir gaz olan metan kokusuz ve renksizdir. Özgül ağırlığı ise  $0.55 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 'dir. Zehirli olmayan metan gazı; maden havasında bulunan oksijen oranını %12'nin altına düşürecek kadar ortamda bulunduğunda boğucu özelliğe sahiptir. Maden havasında %4-15 oranında metan bulunması durumunda metan patlaması meydana gelebilir. En güçlü patlama ise ortam havası içerisinde %9.5 metan meydana gelmesiyle oluşur (Durşen & Yasun, 2012).



**Sekil 4.1** Havada Bulunan Metan ve Oksijenin Hacimsel Olarak Yüzdeleri ile Patlama Riski Oluşturmasının Coward Üçgeni Üzerinde Gösterilmesi (Durşen & Yasun, 2012).

Şekilde farklı  $\text{CH}_4$  ve  $\text{O}_2$  oranlarına sahip grizunun oluşturacağı riskler Coward üçgeni üzerinde açıklanmaktadır. Oksijen( $\text{O}_2$ ), metan gazı ( $\text{CH}_4$ ) ve karışımın patlamasına neden olan ateşleme kaynağı olmak üzere üç etkenin bir araya gelmesiyle Grizu patlaması meydana gelebilir. Tutuşma kaynakları arasında sürtünme veya elektrik ile oluşan kıvılcımlar, fazla ısınan yüzeyler, açık ateş ve patlayıcılar olabilir.

Oksijen miktarının havada %12-20 aralığında, metan miktarının ise %7-15 arasında olması durumunda patlama gerçekleşebilir. Oksijen miktarının %12'den az metan miktarının %15'den fazla olması durumunda ise patlama gerçekleşmez.

Metan, kapalı ocak maden işletmelerinde üç şekilde maden havasına karışabilir;

- Metan emisyonu
- Metan üflenmesi
- Ani metan çıkışı

Metan ;jeolojik olarak kalınlığı sabit olmayan alanlarda, dar alanlarda, kömür madeninin kuru alanlarında, kısa aynalarda ve toz çıkışı sırasında görülür. Bunların dışında kömür aynasından, konveyörde taşınan kömürden ve makine tarafından kırılan kömürden de metan çıkışı gözlemlenebilir.

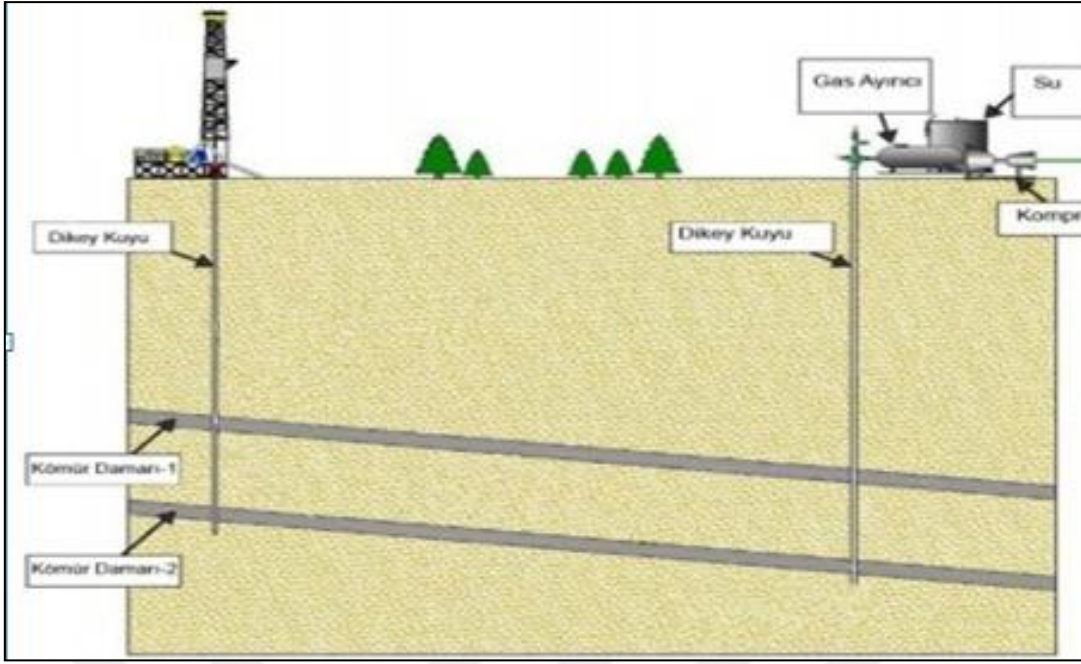
Yeraltında açığa çıkan metanın drenajı yapılmadığında tam olarak kontrol edilmesi pek mümkün değildir. Grizu patlamalarının önlenmesinin en etkin yolu çalışma öncesi ve çalışma esnasında gerekli drenajların uygulanmasıdır (Durşen & Yasun, 2012).

#### **4.1.3.2 Metan Drenajı**

Metan drenajı, kömür ocaklarında damar ve tabakalardan ocak atmosferi içine nüfuz eden grizunun çalışma alanlarına ulaşmasını engellemek için uygulanır.

İlk olarak İngiltere'de uygulanmaya başlayan metan drenajı sonraki zamanlarda tüm dünyaya yayılarak gerek güvenlik gerekse ekonomik faydalar sağlamıştır (Durşen & Yasun, 2012).

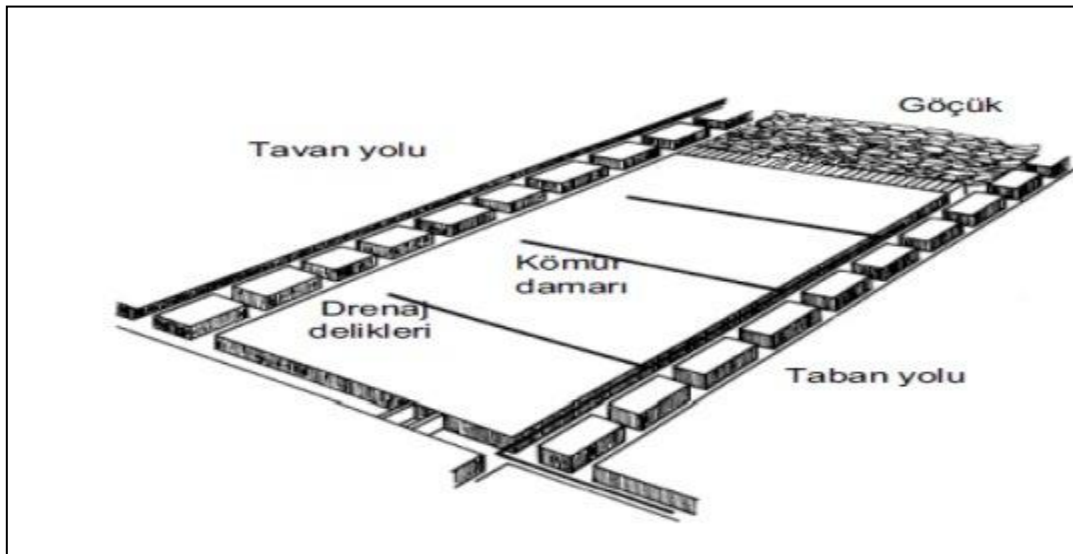




**Şekil 4.2** Üretim Öncesi Metan Drenajı (Durşen & Yasun, 2012).

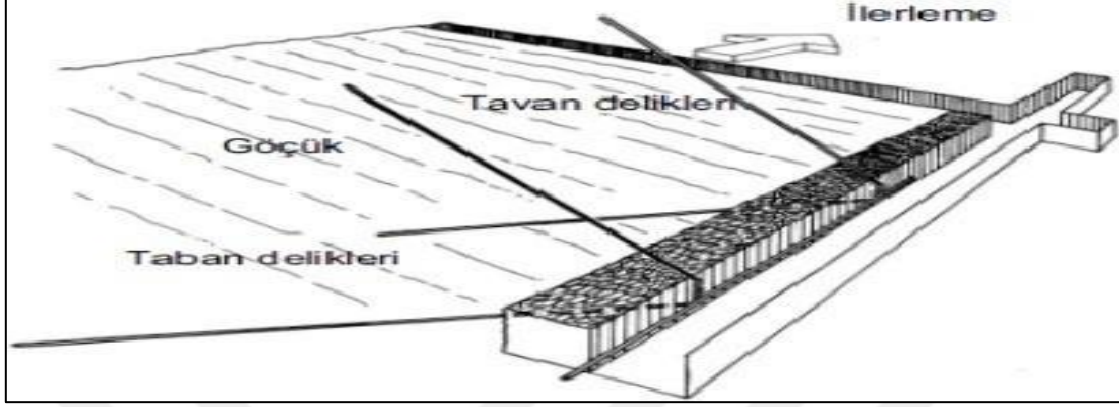
Bir çalışma sahasında üretim öncesi metan drenajı yapılsa dahi üretim esnasında da metan drenajı uygulaması sürdürülmelidir. Üretim sırasında gerçekleştirilen metan drenajı uygulaması 3'e ayrılmaktadır.

**Yatay sondaj delikleri ile drenaj:** Taban ve tavan deliklerinden metanın emilmesi ve emilen metanın uygun teçhizatlar ile yeraltında depolanarak yeryüzüne çıkarılması sağlanır (Durşen & Yasun, 2012).



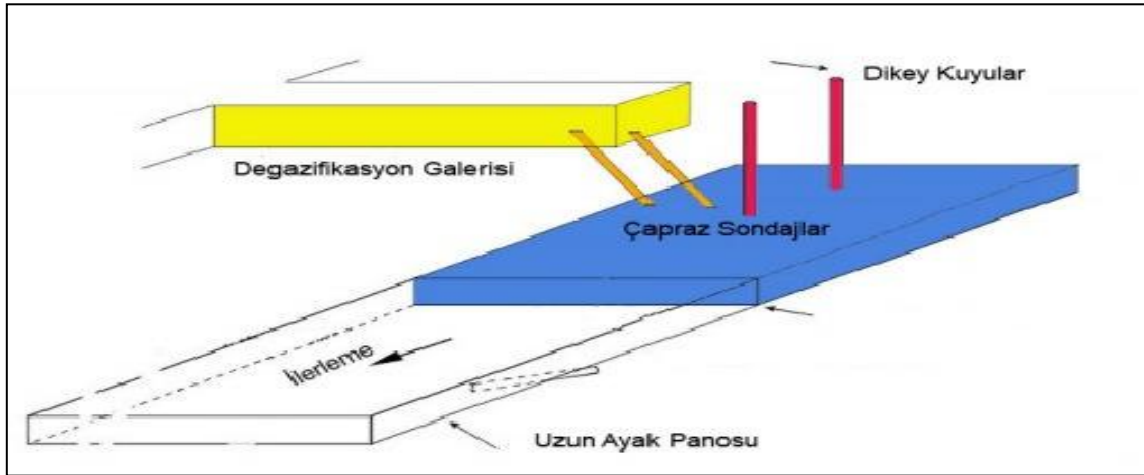
**Şekil 4.3** Yatay Sondaj Delikleri ile Drenaj(Durşen & Yasun, 2012).

**Çapraz sondaj delikleri ile drenaj:** Özellikle tavan ve tabandan da metanın gelmesi halinde maden açıklıklarından açılı bir şekilde, çapraz olarak delinen sondajlardan da metan drenajı yapılabilir (Durşen & Yasun, 2012).



**Şekil 4.4** Tavan ve tabana açılan çapraz deliklerle drenaj (Durşen & Yasun, 2012).

**Göçükten metan drenajı:** Yeraltı kömür madeninde göçüğe bırakılan alanda da metan oluşumu olduğu gözlenmektedir. Yeryüzünden göçüğe bırakılan kısmın üstüne dikey sondajlar açılarak veya bir degazifikasyon (gazdan arındırma) galerisinden göçüğe bırakılan kısma dik veya açılı sondajlar yapılarak göçüğe bırakılmış alandaki metanın emilimi sağlanır.



**Şekil 4.5** Göçükten Metan Drenajı Yöntemi (Durşen & Yasun, 2012).

Drenaj sistemlerinin performansı ve elde edilen gaz içerisindeki metan oranı aşağıdaki faktörlere göre değişiklik göstermektedir.

- Üretim yöntemine,

- Sondajların lokasyonuna,
- Gaz üretim süresine,
- Kömür damarının kalınlığına,
- Kömür damarı sayısına,

bağlı olarak değişmektedir (Durşen & Yasun, 2012).

#### **4.1.3.3 Metan drenajının avantajları**

- Metan miktarı ile üretim arasında ters bir orantı vardır. Ortamda yüksek oranda metan olduğu takdirde üretime ara verilmek zorundadır ve üretimin durması halinde ekonomik zorluklar yaşanmaktadır.
- Üretim öncesi açığa çıkabilecek metanın yaklaşık %50 ila %90'ı emilerek uzaklaştırıldığında yeraltı çalışması sırasında tehlikeye mahal verecek boyutta metan gelirinin olmasının önüne geçilecektir.
- Metan geliri azalacağından havalandırma maliyetleri azalacak ve metan nedeniyle çalışılmayan zaman büyük oranda azalacağı için iş verimi artacak ve maliyetler de azalacaktır. Bunun dışında toz miktarı azalacak ve daha iyi bir çalışma ortamında çalışmalar sürdürülecektir.
- Üretilen metandan ekonomik bir gelir elde edilecektir. Drenaj ile elde edilen metan; elektrik enerjisi üretiminde, kömür kurutmada, araçlarda yakıt olarak, ısınma ve soğutmada, endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yakma havasına katılarak kullanılmakta, doğalgaz boru hatlarına dahi verilmektedir (Durşen & Yasun, 2012).



## BÖLÜM 5

### MİTHATPAŞA-II TÜNELİNDE GAZ ÖLÇÜMLERİ

#### 5.1 GAZ ÖLÇÜMLERİ

Mithatpaşa-II Tüneli yapımı süresince tasarlanan güzergâh boyunca yapılacak olan kazı çalışmalarında Zonguldak Formasyonuna ait Öküşne Kireçtaşı ve Kozlu Formasyonuna ait konglomera-kumtaşı-çamurtaşı-kiltaşı-şeyl-kömürlü şeyl ve kömür damarlarının aralanmasından oluşan birimler ile bu birimlerin arasında ara ara gözlenme olasılığı bulunan kömürlü seviyeleri karşılaşılabilecek olduğu beklenmektedir.

Yeryüzünde tünele herhangi bir etkisi söz konusu olabilecek su kaynağı bulunmamakla birlikte yüzey sularının sızıntı halinde kaya eklemlerinden, kireçtaşlarının ergime boşluklarından tünele gelmesi söz konusu olmaktadır. Proje güzergâhının bulunduğu bölge, Türkiye Deprem Bölgeleri içinde Kuzey Anadolu Fayı'na yakın olması sebebiyle güney ve güneybatı sınırlarında oluşan magnitüdü 7 ve daha yüksek olan depremlerden etkilenmesi söz konusudur. Bu sebepten dolayı tünel kazıları sırasında jeolojik koşulların belirlenmesi ve belgelenmesi amacı ile gerekli deprem haritalama işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde yapılacak olan deformasyon ölçümleri ile oluşturulan haritalar karşılaştırılıp bu sonuçlara göre uygulanması gereken kazı ve destek sistemleri belirlenmelidir.

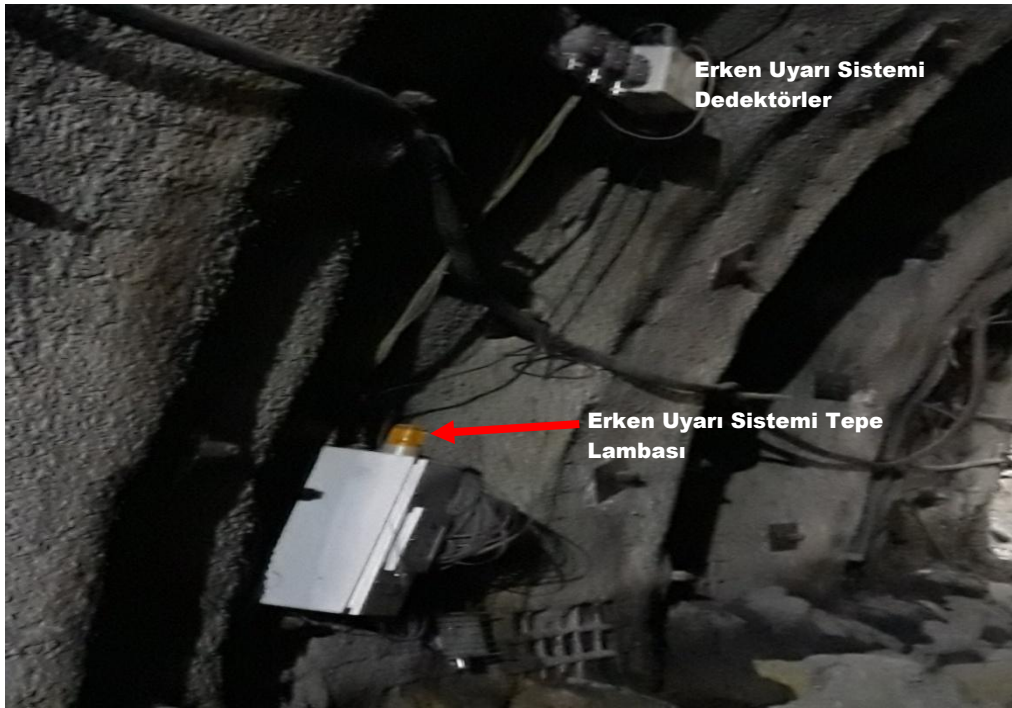
Mithatpaşa-II Tüneli kazı ve destek aşamasında herhangi bir sorunla karşılaşılmasının önceden tespit edilebilmesi için çalışma alanı sınırları içerisinde olası eski kömür galerilerinin yönü ve boyutlarının tespit edilmesi, özellikle güney kesimdeki İkinci Makas Çıkış bölgesinde gerekmektedir. Çünkü eski işletme galerileri ile imalat panolarının kısmen veya tamamen suyla dolmuş olma ve buralarda gaz sıkışması, depolanması ihtimali bulunmaktadır.

Güzergâh boyunca özellikle yüzeyden düşük kotlardan tünel güzergâhına doğru açılmış kalıntı galerilerin mevcut olması durumunda, bu galerilerden kaynaklanabilecek gaz çıkışları ile karşılaşılması ihtimali de göz önünde bulundurulması oldukça önemli olmaktadır.

Mithatpaşa-II Tüneli kazı sırasında, eski imalat ocaklarından metan geliri olabileceği göz önünde bulundurularak, ortam havasındaki CO değerlerinin erken uyarı sistemi ile sürekli kontrol altında tutulması öngörülmektedir.

Kömürlü seviyelerin ana bileşeni olan hidrokarbon oluşumlarının bulunduğu kesimlerin tünel güzergâhı ile kesiştiği yerlerde yapılan kazılarda metan gazıyla yer yer karşılaşmıştır.

Yukarıda belirtilen hususlar göz önüne alınırsa tünel güzergâhı boyuncakarşıma çıkabilecek jeolojik yapısal unsurlar ve bu unsurlara bağlı zayıf zonların içerdiği gaz birikintileri, eski ocaklar ve bunlara bağlı zayıf zonların gaz emisyonları gibi davranışları saptamak için, iş ve işçi sağlığı ile yapı güvenliği gibi hususlar da dikkate alınarak özel önlemler alınması uygun olacaktır. Bu gibi durumlarda gaz emisyonlarına yönelik olarak erken uyarı sistemlerinin tünel içinde bulundurulması büyük önem taşımaktadır.



**Şekil 5.1** Mithatpaşa-II Tüneli Sol Tüp Gaz Emisyonlarına Yönelik Erken Uyarı Sistemi.





**Şekil 5.2** Mithatpaşa-II Tüneli Sağ Tüp Gaz Emisyonlarına Yönelik Erken Uyarı Sistemi.

Metanın gerek boğucu özellik gösterdiği durumlar gerekse metan patlamasına neden olacağı durumlar da dikkate alınarak çalışanların ve çalışmanın yapıldığı tüm alanlarda güvenliğin sağlanması amacıyla aşağıdaki koşullara uyulması çok önem taşımaktadır.

- Çalışanlara gerekli çalışma ortam havasının sağlanması (İş yerinde havanın oksijen konsantrasyonu %20'nin altında olmamalıdır),
- Çalışma sırasında karşılaşma olasılığı bulunan zehirli ve yanıcı gazları ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_2$ , vb.) ilgili güvenlik yönergelerinde yer alan makul oranlara indirmek,
- Karşılaşma ihtimali bulunan zehirli ve yanıcı gazlar için erken uyarı sistemlerinin kurulması ve sürekli olarak emisyonların izlenmesi ve kaydedilmesi.

Tünel güzergahının eski kömür imalatları ile kesiştiği yerlere denk gelecek bölümlerinde ortamın risksiz bir biçimde olabilmesi için aşağıdaki temel koşulların sağlanması gerekmektedir:

- Yeterli havalandırma sağlanması,
- Gazın sürekli bir şekilde sensörlerle izlenmesi ve kaydedilmesi,

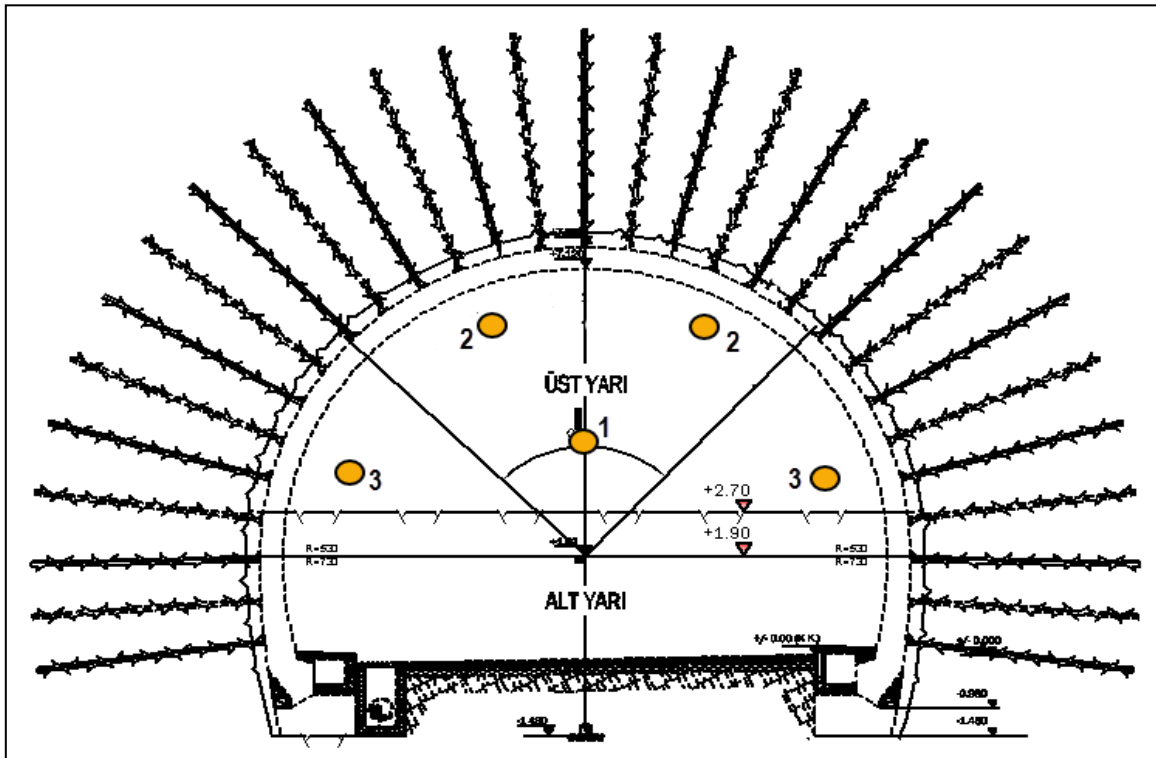
- Sensörlerde ayarlanmış gaz yüzdesi aşıldığı sırada sesli alarmin çalışması sonucuna göre tünel içindeki tüm işlerin, gazın normal değerlerine gelene kadar durdurulması.

Ayrıca gerek tünel içerisinde belirlenecek sabit lokasyonlarda ve gerekse görevli kontrol mühendisi ve uygulamacı teknik personelde metan, karbon monoksit, karbondioksit ve diğer zararlı gazları ölçen detektörler ile oksijen detektörleri bulundurulmalıdır.

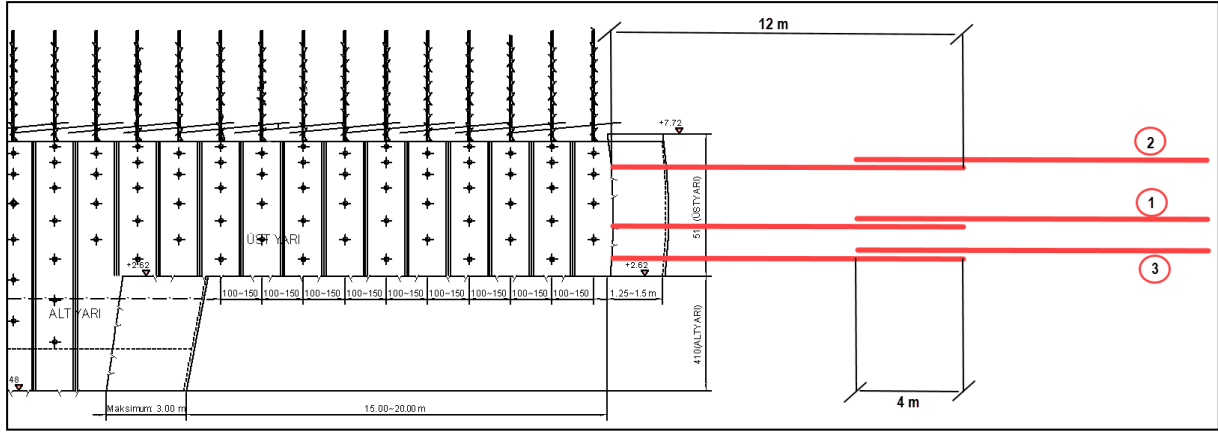
Sabit istasyonlar uygun bir kontrol paneli ve tesisatı kullanılmak şartıyla tavana yakın olarak tünelin ortasında tesis edilmelidir.

Sabit istasyonların yanı sıra yetkili şantiye kontrollük elemanlarınca ve yetkili iş güvenliği uzmanlarınca sürekli olarak beraberinde taşınmak şartıyla yeterli sayıda mobil gaz uyarı cihazı kullanılmalıdır.

Ayrıca tünel aynasında ilerleme yönüne doğru mekanik delgi çalışmaları yapılarak ilerleme yönündeki olası gaz ceplerinin varlığı kontrol edilmeli ve deşarjları sağlanmalıdır. Söz konusu delgiler tünel aynasında 5 ayrı noktada en az 12 m uzunluğunda Jumbo delici ile yapılmalıdır (Şekil 5.3.a-b).



**Şekil 5.3.a** Metan Drenajı Amacıyla Açılması Öngörülen Rasat Delgileri Uygulaması (Önden Görünüm)(Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).



**Şekil 5.3.b** Metan Drenajı Amacıyla Açılması Öngörülen Rasat Delgileri Uygulaması (Yandan Görünüm) (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Ayrıca, tünel içinde çalışanlar için önemli metan oranları aşağıda çizelgedeki gibidir (aynadan dönüş yapan hava içinde bulunacak şekilde, tavana yakın olarak tünelin ortasına asılı metan sensörünün okuduğu değerlere göre).

**Çizelge 5.1** Metan Oranına Göre Alınması Önerilen Önlemler (Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, 2017).

| CH4 ORANI | ALINACAK TEDBİRLER                                                                                         |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| % 0.30    | . Havalandırma arttırılmalı ve gaz oranı izlemeye alınarak, kesme, kaynak, vb. sıcak işler iptal edilmeli. |
| % 1.00    | . Mekanik kazıya başlamadan önce gaz emisyonu kontrol edilerek ölçüm yapılmalı.                            |
| % 1.50    | . Operatörler çalışan motorları durdurmalı ve güvenlikle ilgili personel dışındakiler tahliye edilmeli.    |
| % 2.00    | . Tüm personel tahliye edilmeli (Sadece havalandırma yapılmalı).                                           |

Tünel yapım çalışmaları sürecinde karşılaşılabilecek olası gaz emisyonları dikkate alınarak emici (Suction) olarak çalışma yapabilecek nitelikte havalandırma sistemi kullanılması önerilmektedir.





**Şekil 5.4** Mithatpaşa-II Tüneli Bağlık Giriş Sağ ve Sol Tüp Havalandırma Fanları.



**Şekil 5.5** Mithatpaşa-II Tüneli İkinci Makas Çıkış Sağ ve Sol Tüp Havalandırma Fanları.



**Şekil 5.6** Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile İlerleme Noktasındaki Gaz Ölçüm Değerleri.



**Şekil 5.7** Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile Diğer bir İlerleme Noktasındaki Gaz Ölçüm Değerleri.





**Şekil 5.8** Mithatpaşa-II Tünelinde Manuel Gaz Ölçüm Cihazı ile Başka bir İlerleme Noktasındaki Gaz Ölçüm Değerleri.



**Şekil 5.9** Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 34+988,70'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü Ayna.





**Şekil 5.10** Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+014,95’de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü Ayna.



**Şekil 5.11** Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+064,45’de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü Ayna.



**Şekil 5.12** Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+066,70'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü Ayna.



**Şekil 5.13** Mithatpaşa-II Tünelinde Km: 35+067,45'de Gaz Ölçümünün Yapıldığı Kömürlü Ayna.

Çizelge 5.2 Mithatpaşa-II Tüneli Gaz Ölçüm Değerlerinden Örnekler.

| TARİH      | SAAT  | KM        | CH <sub>4</sub> | CO   | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> |
|------------|-------|-----------|-----------------|------|-----------------|----------------|
| 18.02.2019 | 09:00 | 34+988,70 | 0,00            | 0,00 | 0,00            | 20,9           |
| 18.02.2019 | 14:00 | 34+988,70 | 0,00            | 0,7  | 0,00            | 20,9           |
| 18.02.2019 | 19:00 | 34+988,70 | 0,00            | 1,2  | 0,00            | 20,9           |
| 18.02.2019 | 23:00 | 34+988,70 | 0,00            | 1,4  | 0,00            | 20,9           |
| 18.02.2019 | 04:00 | 34+988,70 | 0,00            | 2,4  | 0,00            | 20,9           |
| 14.03.2019 | 08:30 | 35+014,95 | 0,00            | 2,80 | 0,00            | 20,9           |
| 14.03.2019 | 12:30 | 35+014,95 | 0,00            | 3,00 | 0,00            | 20,9           |
| 14.03.2019 | 18:30 | 35+014,95 | 0,00            | 2,70 | 0,00            | 20,9           |
| 14.03.2019 | 23:30 | 35+014,95 | 0,00            | 1,10 | 0,00            | 20,9           |
| 14.03.2019 | 04:30 | 35+014,95 | 0,00            | 2,30 | 0,00            | 20,9           |
| 06.04.2019 | 08:30 | 35+811,50 | 0,00            | 0,50 | 0,00            | 20,9           |
| 06.04.2019 | 11:30 | 35+811,50 | 0,00            | 2,00 | 0,00            | 20,9           |
| 06.04.2019 | 15:00 | 35+811,50 | 0,00            | 2,50 | 0,00            | 20,9           |
| 06.04.2019 | 22:00 | 35+811,50 | 0,00            | 0,80 | 0,00            | 20,9           |
| 06.04.2019 | 04:00 | 35+811,50 | 0,00            | 0,00 | 0,00            | 20,9           |
| 01.05.2019 | 08:30 | 35+064,45 | 0,00            | 4,00 | 0,00            | 20,9           |
| 01.05.2019 | 11:00 | 35+064,45 | 0,00            | 2,00 | 0,00            | 20,9           |
| 01.05.2019 | 16:30 | 35+064,45 | 0,00            | 2,80 | 0,00            | 20,9           |
| 01.05.2019 | 22:30 | 35+064,45 | 0,00            | 3,50 | 0,00            | 20,9           |
| 01.05.2019 | 02:45 | 35+064,45 | 0,00            | 2,00 | 0,00            | 20,9           |
| 04.05.2019 | 08:00 | 35+066,70 | 0,00            | 0,90 | 0,00            | 20,9           |
| 04.05.2019 | 13:00 | 35+066,70 | 0,00            | 2,80 | 0,00            | 20,9           |
| 04.05.2019 | 16:00 | 35+066,70 | 0,00            | 3,50 | 0,00            | 20,9           |
| 04.05.2019 | 23:30 | 35+066,70 | 0,00            | 3,00 | 0,00            | 20,9           |
| 04.05.2019 | 02:45 | 35+066,70 | 0,00            | 2,00 | 0,00            | 20,9           |
| 05.05.2019 | 08:00 | 35+067,45 | 0,00            | 0,80 | 0,00            | 20,9           |
| 05.05.2019 | 13:15 | 35+067,45 | 0,00            | 1,00 | 0,00            | 20,9           |
| 05.05.2019 | 16:00 | 35+067,45 | 0,00            | 1,50 | 0,00            | 20,9           |
| 05.05.2019 | 22:00 | 35+067,45 | 0,00            | 2,80 | 0,00            | 20,9           |
| 05.05.2019 | 02:00 | 35+067,45 | 0,00            | 2,00 | 0,00            | 20,9           |

Tünel yapım çalışmaları süresince yukarıda belirtilen meydana gelebilecek olumsuzluklar göz önünde bulundurularak 19 Eylül 2013 Tarihli, 28770 Sayılı Resmi Gazetede Yayınlanan “Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği” kapsamında “yer altı ve yer üstü maden işlerinin yapıldığı iş yerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için gerekli asgari şartların sağlanması gerekmektedir( Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013).





## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 6.1 SONUÇ VE ÖNERİLER

Zonguldak Belediyesi sınırları içerisinde yer alan imar alanını, Kilimli Belediyesi yol güzergâhına bağlayacak olan Mithatpaşa-II Tünelinin Zonguldak şehir merkezinden, Kilimli ilçesine doğru çift tüp olarak Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonunda kazısı tasarlanmıştır. Tünel güzergâhındaki Zonguldak Kömür Havzası kömür damarlarının varlığı nedeniyle, tünel kazısı sırasında, güzergâh boyunca denk gelen bakir kömür damarlarının gaz içeriğinin ortama yayılması ile daha önce üretim yapılmış kömür panolarında depolanmış olan metan gibi yanıcı ve patlayıcı gazların patlama ihtimali bulunmaktadır.

Bu çalışmada tünel güzergâhı boyunca karşılaşılabilecek olumsuz jeolojik oluşumlar ve mevcut kömür damarlarının kazı bölgelerindeki gaz içerikleri ile eski üretimlerdeki gaz emisyonlarının depolanmış olması durumları araştırılmıştır.

Çalışmada tünel kazısı 3 vardiya, 24 saat sürekli olarak yapılmış ve ilgili veriler toplanmıştır. Çalışmanın her anında sürekli olarak, kazı güvenliği için tünel kesitinin kaya duraylılığı kontrol edilerek ortamın gaz içeriği (metan, oksijen, azot, CO, CO<sub>2</sub>, vs olarak) çoklu gazölçer el dedektör cihazı ile ölçülerek çalışma ortamı denetlenmiş ve çalışma ortamının gaz kontrolü yapılmıştır.

Mithatpaşa-II tüneli kazısı sırasında geçilmiş olan formasyonlarda bulunan kömür damarlarının gaz içeriği CH<sub>4</sub> için %0,00 olduğu, CO için 0,00,ile en yüksek %2,40 (Km: 34+988,70), %2,80 (Km: 35+067,45), %3,00 (Km: 35+014,95), %3,50 (Km: 35+066,70), %4,00 (Km: 35+064,45) arasında değişmekte olduğu, CO<sub>2</sub> için %0,00 olduğu, O<sub>2</sub> için %20,9 olduğu değişmektedir.

Bu nedenle tünel yapım çalışmaları sürecinde karşılaşılabilecek olası gaz emisyonları dikkate alınarak iş güvenliği açısından, ilgili yönetmelikler çerçevesinde ilerleme yapılması ve emici (suction) olarak çalışma yapabilecek nitelikte havalandırma sistemi kullanılması önerilmektedir.





## KAYNAKLAR

- AFAD** (2018) *AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası*. 12 20, 2021 tarihinde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Web Sitesi : <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> adresinden alındı.
- Alkan E** (2019) Çaydeğirmeni (Devrek-Zonguldak) Hidroelektrik Santral Alanının Jeolojik ve Jeoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Bacak G** (2008) Zonguldak Batısında Yeralan (Kozlu-Krd. Ereğli) Volkanitlerinin Jeolojik Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması. ZKÜ Araştırma Fonu Projesi, 2. Gelişme Raporu (yayımlanmamış), Bilimsel Araştırma Projesi Başkanlığı, Proje Kod No: 20.
- Buzkan S ve Buzkan İ** (1990) “Zonguldak Taşkömür Havzasındaki İş Kazalarında Ölüm Oranlarını Etkileyen Faktörler”, Türkiye 7. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası Zonguldak Şubesi, 347-362, Zonguldak.
- Didari V** (2014) *Mithatpaşa II Tünellerinde Karşılaşılabilecek Jeolojik Arızalar, Karstik Boşluklar, Eski İmalat ve Metan Gazı Sorunlarının Önceden Belirlenmesi ve Alınacak Önlemler*. Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü.
- Durşen M ve Yasun B** (2012) *Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar*. Ankara: İsgüm.
- Erguvanlı K** (1994) *Mühendislik Jeolojisi*. İstanbul: Seç Yayın Dağıtım.
- Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü, K. G.** (2017) *Mithatpaşa-2 Tüneli Revizyon Projeleri (Km:34+468.00 – 35+998.00) Tünel Jeolojik – Jeoteknik Raporu*.
- Köse H, Gürgen S ve Onargan T** (1992) *Tünel ve Kuyu Açma*. İZMİR: Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi.
- Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği** (2013, 09 19). Resmi Gazete.
- Ocakoğlu F, Şahin N ve Pulat O** (2013) <https://jeoloji.ogu.edu.tr/>. 06 13, 2021 tarihinde <https://jeoloji.ogu.edu.tr/Storage/Jeoloji/Uploads/Zonguldak-gezi-Dokuman%C4%B1-2013.pdf> adresinden alındı.
- Tarhan F** (1989) *Mühendislik Jeolojisi Prensipleri*. TRABZON: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.
- Ünal G** (2010) *Kömür Jeolojisi*. ANKARA: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.



## ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Batman Atatürk İlköğretim okulunda tamamladı. İstanbul Küçükköy Vefa Poyraz Lisesinden mezun olduktan sonra 1995 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1997 ‘ de Helaldı Balıkçı Barınağı İnşaatında Jeofizik Mühendisi, 1998 – 2004 yılları arasında Gerze Balıkçı Barınağı İnşaatı ve Cizre – Şırnak Karayolu İnşaatı işlerinde Jeofizik Mühendisi olarak çalıştı. Halen 2018 yılında girmiş olduğu Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programını sürdürmektedir. 2013 yılından itibaren Zonguldak’ta Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş, Tümaş Türk Mühendislikve Müşavirlik A.Ş ve halende UBM Uluslararası Birleşmiş Müşavirler Müşavirlik Hizmetleri A.Ş’de çalışmaktadır.