

**AMASRA-B TAŞKÖMÜRÜ PROJESİ -510 ANA KAT GALERİLERİNİN  
JEOTEKNİK İNCELEMESİ**

**Ali SALTİK**

**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK**

**Ocak 2014**

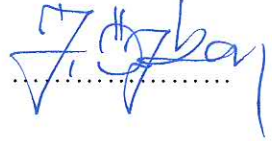
**KABUL:**

Ali SALTİK tarafından hazırlanan "AMASRA-B TAŞKÖMÜRÜ PROJESİ -510 ANA KAT GALERİLERİNİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 30/01/2014

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU (BEÜ)



Üye : Doç. Dr. İhsan ÖZKAN (SÜ)

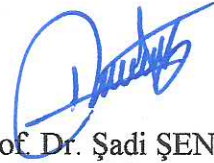


Üye : Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAĞ (BEÜ)



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. ..../.../2014



Prof. Dr. Şadi ŞEN  
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.”*

Ali ŞALTIK  


## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **AMASRA-B TAŞKÖMÜRÜ PROJESİ -510 ANA KAT GALERİLERİNİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ**

**Ali SALTIK**

**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU**

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

**Ocak 2014, 109 sayfa**

Bu çalışmada, Amasra’ da taş kömürü projesi kapsamında yapımına başlanan B24 kesitli -510 kotlarındaki ana kat galerilerinin kömür çevre kayaçları ve jeoteknik koşulların incelenmesi amaçlanmıştır. Kazı arınında bulunan jeolojik unsurların (kaya tipi ve özellikleri, formasyon, fay, süreksizlik, çatlak vb) belirlenmesi, ile jeoteknik sınıflandırmaların yapılması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeoteknik sınıflama, kömür çevre kayacı

**Bilim Kodu:** 606.04.01



**ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

**GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF AMASRA-B HARDCOAL PROJECT -510  
MAIN ROADWAYS**

**Ali SALTİK**

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

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Hülya KESKİN ÇİTIROĞLU**

**Co-Advisor: Assoc. Prof. Ahmet ÖZARSLAN**

**January 2014, 109 pages**

In this study, the objective is to investigate the geotechnical conditions of B24 cross section main roadways at -510 level which are driven in scope of Amasra hardcoal project. The target is to identify geological factors (formation, fault, discontinuities, cracks etc.) at heading face and to identify the most proper support system in accordance with engineering standards and geological conditions by examining geology, geological and geomechanical aspects.

**Keywords:** Geotechnical classification, coal measure rocks

**Science Code:** 606.04.01



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşmasında katkı ve desteğini eksik etmeyen, çalışmalara yön veren, tezin son şeklini almasında büyük emekleri geçen, değerli fikirleriyle bana yol gösteren tez danışman hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU'na ve Sayın Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması süresince ve sonuçlandırılmasında derin bilgileriyle önerilerde bulunan değerli jüri üyesi Sayın Doç. Dr. İhsan Özkan' a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimime başlama konusunda ve sonrasında sürekli desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAĞ' a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımı gerçekleştirmemi sağlayan HATTAT Enerji ve Maden Ticaret Anonim Şirketi'ne, eğitime verdiği değer ve desteği çalışmalarımın her aşamasında hissettiren Maden Müh. Suat ÖLMEZ'e, sahanın jeolojisinin aydınlatılmasında yardımcı olan Jeo.Yük.Müh. Ahmet YAVUZ'a; özellikle çalışmamda yol gösterici olan Maden Yük.Müh. Eren SOYER'e; haritaların çiziminde ve literatür kısmında yardımcı olan Jeo. Yük. Müh. Aysun TEKİNİRK'a çok teşekkür ederim.

Tez yazım çalışmalarım sırasında beni motive eden, yardımlarını ve desteklerini aldığım değerli arkadaşlarım Makine Yük. Müh. Sefa YILDIRIM, Makine Yük. Müh. Elif Koç, İnşaat Yük. Müh. Samet Dursun, İnşaat Müh. Görkem ATAMAN, Dr. Gizem ÖZCANLI, Makine Müh. Mehmet Mert SARI, Harita Müh. Hüseyin PINAR, Kimya Yük. Müh. Erol KULAÇ, Makine Müh. H.Reha KÜPCÜ, Maden Müh. Suat TOPCAN, Mak. Müh. Mücahit GÜNAYDIN, Maden Yük. Müh. Cihan ERSOY, Teknik Ressam Ferhat ÇANTI, Gıda Müh. Zülfiye Karoğlu, İzzet ŞAKIR, Ziraat Müh. İbrahim ADALI, Özlem YILDIRIM, Elmas YAŞAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.



## **TEŐEKKÖR (devam ediyor)**

Yaőamım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir Şekilde emeğini esirgemeyen her konuda desteklerini gÖrdüğüm sevgili babam Kadir SALTİK ve annem Suzan SALTİK'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINDA KAYA TANIMLAMA VE SINIFLANDIRMA ÖLÇÜTLERİ .....	3
2.1 GENEL BİGİLER .....	3
2.2 RENK .....	4
2.3 TANE BOYU .....	5
2.4 DOKU VE YAPI .....	5
2.5 SÜREKSİZLİKLER .....	6
2.5.1 Süreksizlik Türleri .....	6
2.5.2 Süreksizliğin Durumu.....	7
2.5.3 Süreksizlik Aralığı ve Eklem Sıklığı.....	7
2.5.4 Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı.....	10
2.5.5 Dolgu Malzemesi .....	10
2.5.6 Pürüzlülük ve Dalgalık .....	10
2.5.7 Süreksizlik Yönelimi .....	12

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.5.8 Süreksizliklerin Devamlılığı .....	13
2.5.9 Süreksizlik Takım Sayısı .....	13
2.5.10 Süreksizlik Yüzeylerinde Su Durumu .....	14
2.5.11 Blok Boyutu .....	16
2.6 BOZUNMANIN DERECEŚİ .....	17
2.7 KAYA MALZEMESİNİN DAYANIMI .....	18
2.8 KAYA KÜTLESİ SINIFLAMA SİSTEMLERİ .....	22
2.8.1 Genel Bilgiler .....	22
2.8.2 Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) .....	24
2.8.3 M-RMR Sınıflama Sistemi .....	29
2.8.4 Jeolojik Dayanım İndeksi Sınıflaması (GSI) .....	34
<b>BÖLÜM 3 İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ .....</b>	<b>43</b>
3.1 GENEL BİLGİLER .....	43
3.1.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım .....	44
3.1.2 İklim ve Bitki Örtüsü .....	44
3.1.3 Akarsular ve Dağlar .....	45
3.1.4 Önceki Çalışmalar .....	45
3.2 STRATİGRAFİ .....	48
3.2.1 Alaplı Formasyonu .....	51
3.2.2 Kazpınar Formasyonu .....	52
3.2.3 Uğurlar Formasyonu .....	52
3.2.4 Dinlence Formasyonu .....	53
3.2.5 Askersuyu Formasyonu .....	53
3.2.6 Ahatlar Formasyonu .....	54
3.2.7 Amasra Formasyonu .....	54
3.2.8 Gömü Formasyonu .....	54
3.2.9 Arıtdere Formasyonu .....	55
3.2.10 Karadon Formasyonu .....	55

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.2.10.1 Westfaliyen B Birimi (WB) .....	56
3.2.10.2 Westfaliyen C Birimi (WC) .....	56
3.2.10.3 Westfaliyen D Birimi (WD).....	57
3.2.11 Kozlu Formasyonu .....	57
3.2.12 Alacağzı Formasyonu .....	58
3.2.13 Yılanlı Formasyonu .....	59
3.3 YAPISAL JEOLJİ.....	59
3.3.1 Kıvrımlar.....	61
3.3.1.1 Hersiniyen Orojenezinin Etkisiyle Oluşmuş Kıvrımlar.....	61
3.3.1.2 Alp Orojenezini ile Oluşan Kıvrımlar .....	62
3.3.2 Faylar .....	62
3.3.3 Orojenez ve Fazlar.....	63
BÖLÜM 4 AMASRA-B TAŞKÖMÜRÜ PROJESİ GALERİ AÇMA ÇALIŞMALARI .....	65
4.1 GENEL BİLGİLER .....	65
4.2 ANA KAT GALERİLERİNDE KAZI VE TAHKİMAT YÖNTEMLERİ .....	67
BÖLÜM 5 -510 ANA KAT GALERİLERİNİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ .....	79
5.1 GENEL BİLGİLER .....	79
5.2 KÖMÜR ÇEVRE KAYA KOŞULLARI.....	80
5.3 JEOTEKNİK İNCELEMELER VE VERİLER .....	85
5.3.1 Değerlendirmeler.....	99
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	101
KAYNAKLAR .....	103
ÖZGEÇMİŞ .....	109



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kaya malzemesi, süreksizlik, kaya kütlesi kavramları ve yeraltı açıklığı.....	3
2.2 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri .....	6
2.3 Hat etüdü boyunca ortalama süreksizlik aralığı ve süreksizlik sıklığının tayini.....	9
2.4 a) Süreksizlik yüzeylerinde pürüzlülük ve b) dalgalılığının ölçümü, c) pürüzlülük sınıfları.....	11
2.5 a)Süreksizlik düzlemlerinin yöneliminin jeolog pusulasıyla ölçülmesi, b)Süreksizliklerin yönelimlerinin tanımlanmasıyla ilgili temel kavramlar ve c) doğrultu ile eğim yönü arasındaki ilişki .....	12
2.6 Tek ve üç süreksizlik takımı içeren kaya kütlelerine ait şematik görünüm.....	13
2.7 Kaya kütlelerinde süreksizlikler boyunca su akışı ve olası etkileri .....	14
2.8 Schmidt çekici deneyinin; a) arazide süreksizlik yüzeyinde; b) tünelde farklı konumlarda ve c) laboratuvarında yapılması.....	20
2.9 Schmidt geri sıçrama değeri ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki .....	21
2.10 Kaya kütlesi puanlama sistemi (RMR) değiştirgeleri .....	25
2.11 M-RMR sistemi tarafından sınıflandırma parametreleri için önerilen aralıklar ve indeks değerleri .....	33
2.12 Türkiye’de değişik maden işletmelerindeki kaya kütleleri için RMR ve M-RMR sınıflama sistemlerinden elde edilen sınıf puanlarının karşılaştırılması.....	34
2.13 Jeolojik tanımlamalara dayalı Jeolojik Dayanım İndeksi’nin tahmin edilmesi.....	36
2.14 Zayıf ve su içeren kaya kütlesi koşullarında GSI değerinin değişimi.....	39
2.15 Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen modifiye edilmiş GSI sistemi .....	40
3.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası .....	43
3.2 Bartın-Amasra havzası genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	50
3.3 Bartın-Amasra havzası jeoloji haritası .....	51
3.4 Bartın-Amasra sondaj haritası.....	60
4.1 Sahaların görünümü .....	66
4.2 Amasra sahasında kuyular ve ana galeriler şematik görünümü .....	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.3 Ana galerilerde tahkimat elemanlarının şematik görünümü.....	69
4.4 Ana galerilerde üst-alt kademelerin görünümü.....	70
4.5 Ana galeride üst kademede delik düzeni .....	71
4.6 Üst kademe ilerleme deliklerinin delik düzeni ve atım sıraları .....	72
4.7 Üst kademe saplama tahkimatı .....	73
4.8 Alt kademe delik düzeni .....	74
4.9 Alt kademe saplama tahkimatı.....	75
4.10 Püskürtme beton tahkimatlı ana galeri görünümü .....	77
4.11 TH-bağ takviyeli püskürtme beton tahkimatlı ana galeri görünümü .....	78
5.1 Jeoteknik raporda mevcut bilgi ve verilere ait örnek bir görünüm .....	81
5.2 Kumtaşı için tek eksenli basınç dayanımı dağılımı.....	82
5.3 Kumtaşı için dolaylı çekme dayanımı dağılımı .....	82
5.4 Kumtaşı kaya kütlesi için belirlenen GSI değerleri .....	84
5.5 Silttaşı kaya kütlesi için belirlenen GSI değerleri.....	85
5.6 Ana galerilerde yapılan yük ve deformasyon ölçümlerine ait örnek görünümler.....	87
5.7 Amasra-B projesinde -510 ve -410 ana kat galerilerinin jeolojik harita üzerinde galeri güzergahlarının görünümü .....	89
5.8 -510 kotundaki 3704 ve 3705 Nolu galerilerin Ocak 2014 itibarıyla fiili ilerleme durumları.....	90
5.9 Gömü 1 Nolu Kuyu -510 insepti. Galeri ilerlemeleri boyunca alınan jeolojik kesitlerde karşılaşılan jeolojik birimler .....	91
5.10 Gömü 1 Nolu Kuyu -510 kotunda 3703-3704-3705 Nolu galerilerin jeolojik kesitleri..	92
5.11 3705 nolu galeri güzergahının jeolojik kesit üzerinde genel görünümü .....	92
5.12 3704 ve 3705 nolu galeride jeoteknik sınıflamalar .....	94
5.13 3704 ve 3705 nolu galeride jeoteknik sınıflamalar .....	94
5.14 3705 nolu galeride 480. metrede kumtaşından alınan kesit.....	95
5.15 3705 nolu galeride 305. metrede kumtaşından alınan kesit.....	96
5.16 3705 nolu galeride 315. metrede kumtaşından alınan kesit.....	96
5.17 3704 nolu galeride 860. metrede silttaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.....	97
5.18 3705 nolu galeride 1335. metrede silttaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.....	98

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.19 3705 nolu galeride 190. metrede silttaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.....	98
5.20 3705 nolu galeride 636. metrede konglomera ve kumtaşı formasyonundan alınan kesit ....	99





## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kaya renk tanımı çizelgesi.....	4
2.2 Kayalarda tane boyu ve tanımlamaları.....	5
2.3 Süreksizlik türleri ve tanımlayıcı simgeleri.....	7
2.4 Süreksizlik aralığı değerleri ve tanımlamaları.....	8
2.5 Pürüzlülük ve dalgalılık sınıfları.....	11
2.6 Süreksizlik izinin ölçülen uzunluğuna bağlı tanımlamalar.....	13
2.7 Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri.....	15
2.8 Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri.....	15
2.9 Hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması.....	17
2.10 Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama.....	18
2.11 Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama.....	18
2.12 Arazide kayaların dayanımlarının tahmini için ölçütler.....	19
2.13 Jeomekanik Sınıflama Sistemi'nde Kaya Kütleli Puanı'nın (RMR) belirlenmesinde kullanılan değişkenler ve puanları.....	27
2.14 Eklem takımları arası duruma ait indeks değerlerin belirlenmesi - $I_{JC}$ .....	32
2.15 Patlatma ( $A_b$ ) ve büyük süreksizlik düzlemleri için düzeltme katsayıları ( $A_w$ ).....	34
2.16 Blok boyutu tanımlamaları ve $J_v$ parametresi aralıkları.....	41
4.1 Kuru karışım bileşenleri oranları ve dayanım bilgileri.....	77
5.1 Kumtaşı kaya kütleli için belirlenen jeoteknik aralık sınıflaması.....	93
5.2 Siltaşı kaya kütleli için belirlenen jeoteknik aralık sınıflaması.....	93



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: H-B ölçütünde kaya kütesinin özelliklerine bağlı sabiti
Ab	: Patlatmaya dayalı düzeltme katsayısı
Aw	: Büyük süreksizlik düzlemi ve zayıflık düzlemlerine dayalı düzeltme katsayısı
D	: Örselenme faktörü
E <sub>i</sub>	: Kaya malzemesinin elastisite modülü
E <sub>m</sub>	: Kaya kütesinin deformasyon modülü
Fc	: Suda dağılma dayanımına bağlı bir katsayı
H	: Yerüstünden derinlik
I <sub>PLT</sub>	: Nokta yükleme dayanımına bağlı indeks değeri
I <sub>RQD</sub>	: RQD (Rock Quality Designation) değerine bağlı indeks değeri
I <sub>JS</sub>	: Süreksizlikler arası mesafeye bağlı indeks değeri
I <sub>JC</sub>	: Süreksizlikler arası durum indeks değeri
I <sub>GW</sub>	: Yeraltı su durumuna bağlı indeks değeri
I <sub>OI</sub>	: Eklem takım konumuna bağlı indeks değeri
J <sub>a</sub>	: Eklem yüzeyi araştırma sayısı
jA	: Olası dolgu ve aşınma varlığında eklem duvarının özelliğini temsil eden eklem ayrışma katsayısı
jC	: Eklem koşulu faktörü
jL	: Eklem boyutu ve süreklilik katsayısı
J <sub>n</sub>	: Eklem takımı sayısı
JP	: Eklem parametresi
J <sub>r</sub>	: Eklem pürüzlülük sayısı
Jr	: Eklem düzlemsellik ve eklem duvar yüzeyinin eklem pürüzlülük katsayısı
J <sub>v</sub>	: Hacimsel eklem sayısı
J <sub>w</sub>	: Eklem su azaltma faktörü
k	: Toplam gerilme oranı
m <sub>i</sub>	: H-B ölçütünde kaya malzemesi için boyutsuz malzeme sabiti
m <sub>b</sub>	: H-B ölçütünde kaya kütesi için boyutsuz malzeme sabiti

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$n$	: Veri sayısı
$Q_1$	: Birinci kantil değeri
$Q_2$	: İkinci kantil değeri
$Ph_{max}$	: En büyük yatay birincil gerilme
$Ph_{min}$	: En küçük yatay birincil gerilme
$P_i$	: İçsel su basıncı
$P_v$	: Düşey birincil gerilme
$R_f$	: Süreksizliklerin dolgu puanı
$R_r$	: Süreksizliklerin pürüzlülük puanı
$R_w$	: Süreksizliklerin bozunma puanı
$s$	: H-B ölçütünde kaya kütesinin özelliklerine bağlı sabiti
$V_b$	: Blok hacmi
$\gamma$	: Birim hacim ağırlığı
$\tau$	: Kayma gerilmesi
$\nu$	: Poisson oranı
$\sigma$	: Normal gerilme
$\sigma_{ci}$	: Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı
$\sigma_{cm}$	: Kaya kütesinin basınç dayanımı
$\sigma_{max}$	: En büyük asal gerilme
$\sigma_{min}$	: En küçük asal gerilme
$\sigma_{ti}$	: Kaya malzemesinin çekme dayanımı
$\sigma_{tB}$	: Kaya malzemesinin dolaylı (Brezilya) çekme dayanımı
$\sigma_{tm}$	: Kaya kütesinin çekme dayanımı
$\sigma_{\theta}$	: En büyük teğetsel gerilme

## KISALTMALAR

AASHO	: Karayolları sınıflandırma sistemi
ASTM	: American Society for Testing and Material
ASTER	: The Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflections Radiometer
SEM	: Tarayıcı elektron mikroskobu

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

DTA	: Diferansiyel termal analiz
ERS	: Avrupa uzaktan algılama uyduları
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği
XRD	: X-ışını difraktometre analizleri
PVC	: Potansiyel hacim değişimi
ÖYA	: Özgül yüzey alanı eşitlik
PSInSAR	: İnterferometri yapay açıklıklı radar
SWIR	: Kısa dalga kızılötesi
USCS	: Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi



## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

Tez çalışması kapsamında incelenen maden sahası Bartın ili Amasra ilçesinde olup Karadeniz sahilinden yaklaşık 3 km içeride bulunmakta olup, sahil Amasra kömür sahasının kuzeyinde yer almaktadır. Amasra B sahasında mevcut tahmini 400 milyon ton'luk kömür rezervinden 56 milyon ton tüvenan kömürün 20 yıllık süre içerisinde üretilmesi hedeflenmektedir. Amasra taşkömürü projesinde 3 adet derin kuyu açılmış olup kuyuların ve ana kat galerilerin bağlantılarını sağlayacak galeri açma çalışmaları devam etmektedir. Proje kapsamında toplam 13 bin m ana kat galerisi açılması planlanmaktadır. -510 ve -410 ana katlarda açılmakta olan 24 m<sup>2</sup> kesitli ana galeri ve bağlantı galerilerinin toplam uzunluğunun yaklaşık 5 km olması öngörülmektedir. Tez çalışması kapsamında ana kat galerilerinin kömür çevre kayaçları ve jeoteknik koşulları incelenmiştir.

Tez çalışmasında, önce mühendislik uygulamalarında kaya tanımlama ve sınıflandırma ölçütleri hakkında bilgiler verilmiştir. Amasra-B proje sahasında inceleme alanının jeolojisi tanıtılıp, sahanın stratigrafisi ve yapısal jeolojisi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Amasra-B taşkömürü projesi galeri açma çalışmalarında uygulanan kazı ve tahkimat yöntemleri açıklanmıştır. Ana kat galerilerinin jeoteknik incelemesi yapılmıştır. -510 ana kat galerilerinin jeoteknik incelemesi kapsamında kömür çevre kaya koşulları incelenmiştir. -510 kat ana galeriler ile ilgili ayrıntılı jeolojik haritalama çalışmaları yapılmıştır.



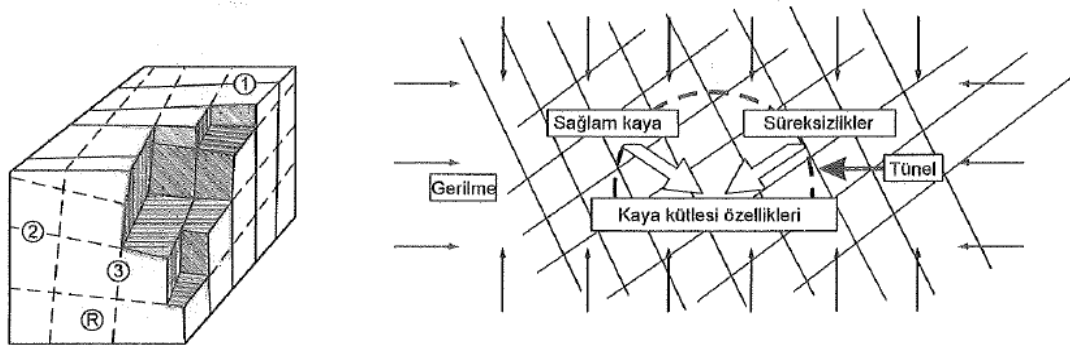


## BÖLÜM 2

### MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINDA KAYA TANIMLAMA VE SINIFLANDIRMA ÖLÇÜTLERİ

#### 2.1 GENEL BİGİLER

Kaya malzemesi (rock material); sağlam ve süreksizlik içermeyen kaya elemanı şeklinde ve genellikle birim hacim ağırlık, deformabilite ve dayanım gibi özellikleriyle tanımlanır. Süreksizlik; genel anlamda kaya kütlesi içindeki ihmal edilebilir düzeyde çekme dayanımına sahip olan mekanik kırıkları ifade eder. Süreksizlikler, kaya malzemesine oranla daha düşük makaslama dayanımına sahiptirler ve sıvı iletme kapasiteleri yüksektir. Kaya kütlesi, farklı yönlerde gelişmiş süreksizlikler (eklem, tabakalanma, şistozite, fay makaslama zonu vd) tarafından ayrılmış kaya malzemesinin süreksizliklerle birlikte bulunduğu, diğer bir ifadeyle yapısal süreksizlikleriyle birlikte yerindeki kayayı tanımlayan bir sistemdir (Şekil 2.1) (Ulusay 2010).



Şekil 2.1 Kaya malzemesi, süreksizlik, kaya kütlesi kavramları ve yeraltı açıklığı (Hudson 1989, ISRM 2007).

Jeoteknik incelemelerde kayalar, aşağıda belirli bir sırayla verilmiş olan özellikleri saptanarak tanımlanırlar.

Kaya tanımında;

- i. Renk
  - ii. Tane Boyutu
  - iii. Doku ve Yapı
  - iv. Süreksizliklerin Özellikleri
  - v. Bozunmanın Derecesi
  - vi. İkincil Litolojik Özellikler
  - vii. Kayanın Adı
  - viii. Kayanın Tahmini Dayanımı
  - ix. Kayanın Tahmini Kütle Geçirgenliği
  - x. Diğer Mühendislik Özelliğini Belirten Farklı Terimler
- esas alınır (Ulusay 2010).

## 2.2 RENK

Kayanın rengi niceleyici olarak “Kaya Renk Kartı-Rock Color Chart” kullanılarak tanımlanır. Kartlarda yer alan çok sayıda renklerle kayanın orijinal renginin kolaylıkla karşılaştırılabilmesi ve her renge bir numara verilmiş olması, renk tanımında kolaylık sağlar (Şekil 2.2).

Kaya renk tanımı için kişisel değerlendirmeye dayanan daha basit bir yöntem de kullanılabilir. Bu yöntemde kişisel görüşlere dayanılarak renk tanımı yapılır (Çizelge 2.1). Aşağıdaki çizelgede kayacın ana rengi 1. açıklama sütunundan seçilir. Gerekirse; yardımcı olması açısından 1 ve 2 nolu sütunlardan yararlanılır (Ulusay 2010, BS 2003, DIN 2004).

Çizelge 2.1 Kaya renk tanımı çizelgesi (Ulusay 2010, BS 2003, DIN 2004).

3. Açıklama (Koyuluk, Aydınlık)	2. Açıklama(İkincil Renk)	1. Açıklama(Ana Renk)
1. Açık	1. Pembemsi	1.Pembe
2.Koyu	2.Kırmızımsı	2.Kırmızı
	3.Sarımsı	3.Sarı
	4.Kahverengimsi	4.Kahverengi
	5.Zeytin Yeşilimsi	5.Zeytin yeşili
	6.Yeşilimsi	6.Yeşil
	7.Mavimsi	7.Mavi
	8.Grimsi	8.Beyaz
		9.Gri
		10.Siyah

## 2.3 TANE BOYU

Kayalarda da zeminlerdekine benzer tane boyu aralıkları uygulanır. Bu amaçla aşağıda verilen Çizelge 2.2' den yararlanır (Geological Society Engineering Group Working Party 1972).

Çizelge 2.2 Kayalarda tane boyu ve tanımlamaları (Geological Society Engineering Group Working Party 1972).

Tanım	Bileşenlerin tane boyu
Çok iri taneli	>60 mm
İri taneli	2-60 mm
Orta taneli	60 mikron-2 mm
İnce taneli	2-60 mikron
Çok ince taneli	< 2 mikron

## 2.4 DOKU VE YAPI

Doku bir kayayı oluşturan bileşenlerin düzeni olarak tanımlanabilir. Bu amaçla aşağıdaki terimler kullanılır (Ulusay 2010);

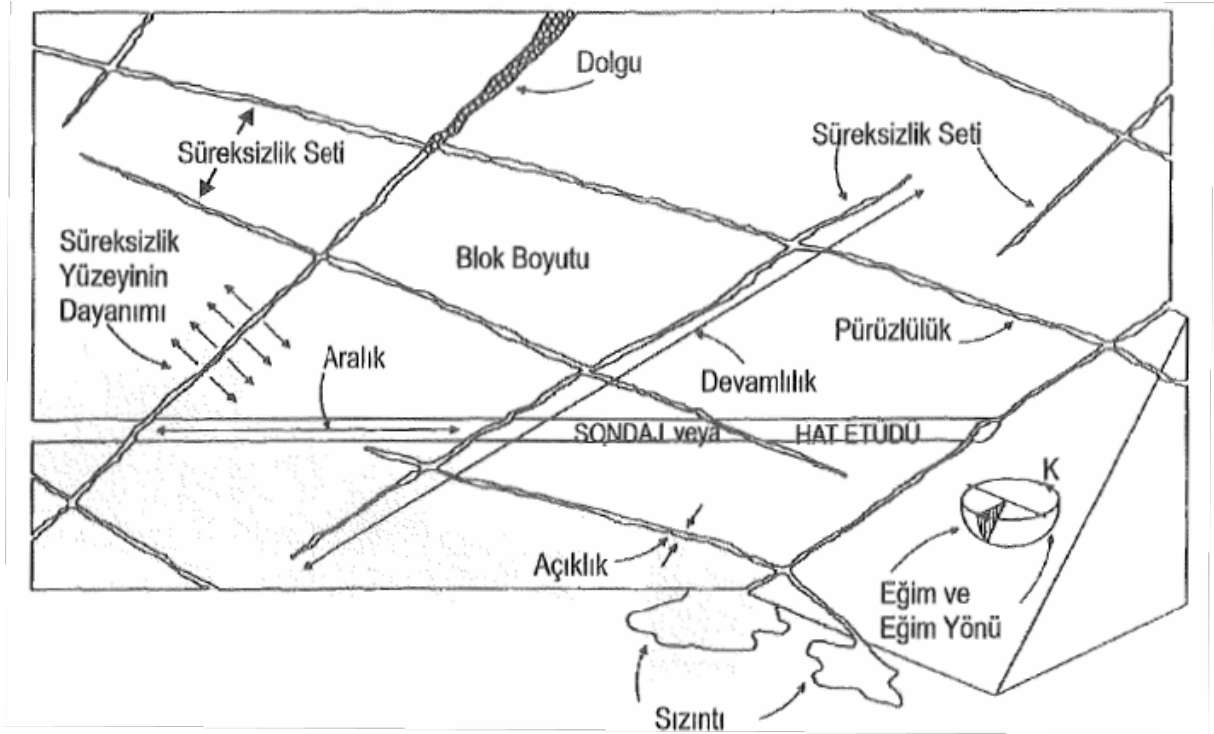
1. Dilinimli
2. Yapraklanmalı
3. Lineasyonlu
4. Masif
5. Akma Bantlı
6. Damarlı
7. Porfiritik
8. Homojen
9. Sedimanter kayalar için;
  - 9.1 Düzensiz tabakalı
  - 9.2 Düzenli tabakalı
  - 9.3 Laminalı
  - 9.4 Çapraz laminalı
  - 9.5 Dereceli
  - 9.6 Çamur izli
  - 9.7 Dalga izli
  - 9.8 Kuruma çatlaklı

## 2.5 SÜREKSİZLİKLER

Süreksizlikler, kaya kütlelerindeki eklem, tabaka düzlemi, fay, dilinim, foliasyon, çatlak gibi mekanik süreksizlik yüzeyleri ve kırıklardır. Mühendislik uygulamasında, özellikle kaya kütlelerinin tanımlanması açısından, süreksizliklere ilişkin özelliklerin kaydedilmesi gerekir (Ulusay 2010).

### 2.5.1 Süreksizlik Türleri

Süreksizlik türleri kaydedilirken, uluslararası standartlara uygun aşağıda verilen simgeler kullanılır (Şekil 2.2, Çizelge 2.3).



Şekil 2.2 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Hudson 1989).

Çizelge 2.3 Süreksizlik türleri ve tanımlayıcı simgeleri (Ulusay 2010).

Süreksizliğin Türü	Simgesi
Ekleme	J
Tabakalanma	B
Fay zonu	FZ
Fay	F
Dilinim (klivaj)	C
Şistozite	S
Yapraklanma (Folliasyon)	Fo
Laminasyon	L
Makaslanma Yüzeyi	SP
Gerilim Çatlağı	TC
Fisür	F
Damar	V

### 2.5.2 Süreksizliğin Durumu

Süreksizliğin durumunu tanımlamak için aşağıdaki tanımlar kullanılır.

1. Açık
2. Kapalı (Sıkı)
3. Çimentolu veya dolgulu
  - 3.1 Kohezyonsuz malzeme
  - 3.2 Kil veya kil matriks
  - 3.3 Şişen kil veya kil matriks
  - 3.4 Klorit, talk veya jips
  - 3.5 Diğerleri (kuvars, kalsit vb, kısaltılmış olarak belirtilmeli) (Ulusay 2010).

### 2.5.3 Süreksizlik Aralığı ve Ekleme Sıklığı

Süreksizlik aralığı komşu süreksizlikler arasındaki aralık olarak tanımlanır. Yüzlelerde (mostralarda) hat etüdü veya pencere haritası yapılarak ölçülebileceği gibi, sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Görünür uzaklık ve gerçek uzaklık olmak üzere iki tür olarak ölçülür (Ulusay 2010).

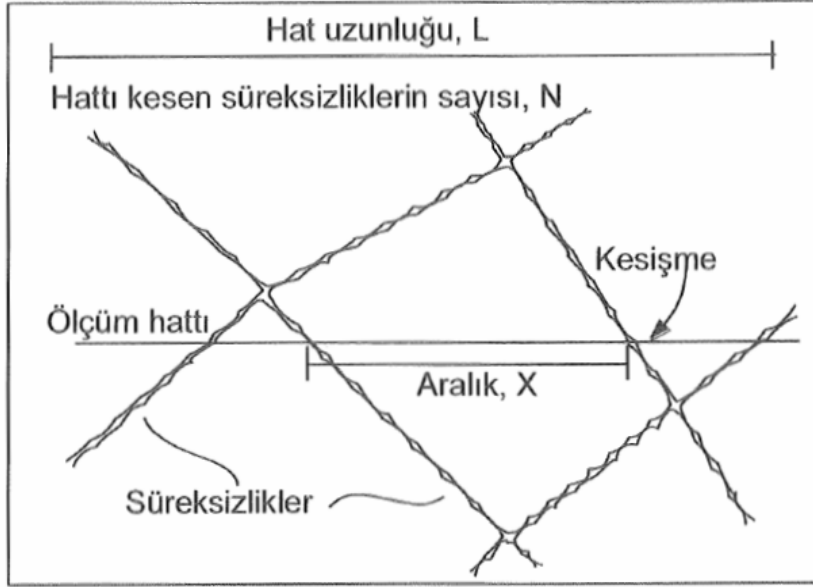
Süreksizlikler arasındaki uzaklığın tanımlanması amacıyla Çizelge 2.4’de verilen tanımlama ölçütleri kullanılabilir.

Çizelge 2.4 Süreksizlik aralığı değerleri ve tanımlamaları (Geological Society Engineering Group Working Party 1977, (BS 2003, DIN 2004).

Uzaklık/Aralık	Tanım
> 2 m	Aşırı derecede geniş aralıklı
600 mm-2 m	Çok geniş aralıklı
200 mm-600 mm	Geniş aralıklı
60 mm-200 mm	Orta derecede geniş aralıklı
20 mm-60 mm	Orta derecede yakın aralıklı
6 mm-20 mm	Yakın (dar) aralıklı
<6 mm	Çok dar aralıklı

Ayrıca ortalama süreksizlik aralığı ve bir metredeki süreksizliklerin veya eklemlerin sayısı olarak tanımlanan süreksizlik sıklığı (fracture frequency)’ de süreksizliklerin belirlenmesi gereken bir diğer özelliğidir (Şekil 2.3). Bu özellik sondaj çalışmalarında bir ilerlemedeki (manevra) süreksizlik sayısının ilerleme (manevra) boyuna oranıdır (Ulusay 2010).

Ortalama süreksizlik sıklığı (m <sup>-1</sup> )	Kaya kütlesi tanımı
> 1	1. Masif
1 - 3	2. Az çatlaklı - kırıklı
3 - 10	3. Kırıklı
10 - 50	4. Çok çatlaklı - kırıklı
> 50	5. Parçalanmış



Şekil 2.3 Hat etüdü boyunca ortalama süreksizlik aralığı ve süreksizlik sıklığının tayini (Hudson 1989).

Ortalama süreksizlik eklem aralığı:

Ortalama süreksizlik aralığı Eşitlik 2.1’de, süreksizlik sıklığı Eşitlik 2.2’de, görülmektedir.

$$\bar{x} = L / N \quad (2.1)$$

Süreksizlik Sıklığı:

$$\bar{\lambda} = N / L \quad (2.2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{\bar{\lambda}}; \bar{\lambda} = \frac{1}{\bar{x}}$$

N: Süreksizlik sayısı

L: Ölçüm hattının uzunluğu (m)



Süreksizlik sıklığı, kaya kütesinin; kalitesini, deformasyonla ilgili davranışını, yenilme (duyarsızlık modelini), dayanımını, hidrolik iletkenliğini, blok boyutunu, kazılabilirliğini etkileyen bir özelliktir (Ulusay 2010).

#### **2.5.4 Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı**

Bir süreksizliğin birbirine komşu iki yüzeyi arasındaki dik mesafe açıklık olarak tanımlanır. Açıklık bazen dolgu malzemesinin genişliği olarak da ölçülebilir.

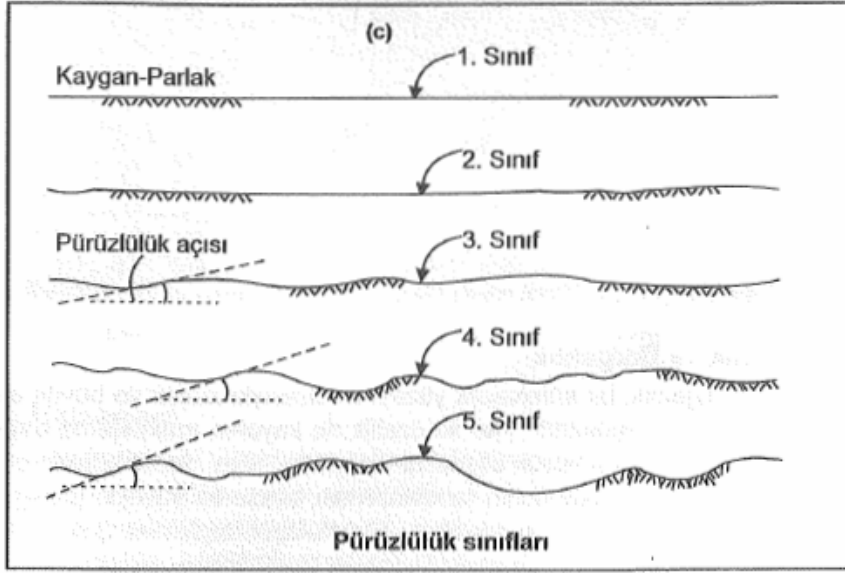
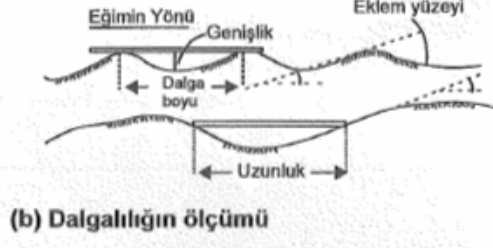
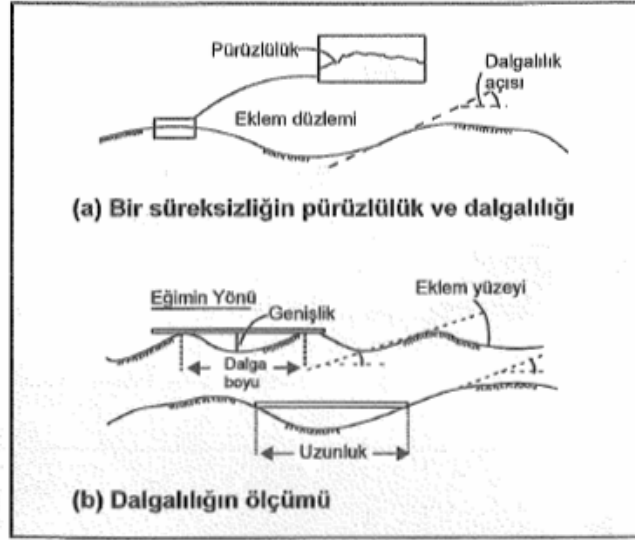
Açıklık, süreksizliklerin makaslama dayanımını ve hidrolik iletkenliğini etkiler. Geniş açıklıklar, pürüzlülük ve dalgalılığı yüksek olan süreksizliklerin makaslama hareketine maruz kalmaları sonucunda oluşurlar. Dik süreksizlikler erozyon nedeniyle çekme mekanizmasıyla açılmış olup, açıklıkları fazladır. Yüzeyde gözlenen süreksizlikler, yüzeye yakın yerel bozunmadan veya kazı yönteminden dolayı biraz daha derindeki kaya kütlelerindeki süreksizliklere oranla daha geniş açıklığa sahiptirler (Ulusay 2010).

#### **2.5.5 Dolgu Malzemesi**

Bir süreksizliğin komşu iki yüzeyi arasında yer alan ve genel olarak ana kayadan daha zayıf özellikteki malzeme dolgu olarak adlandırılır. Tipik dolgu malzemeleri; kum, silt, kil, breş ve milonittir. Jeoteknik araştırmalarda süreksizlikler boyunca kaymaya karşı direnç, dolgu malzemesinin kalınlığına, türüne ve dayanımına bağlı olup dolgu malzemesi önem kazanır. Dolgunun en ince ve kalın olduğu yerlerden ölçü alınarak ortalama dolgu kalınlığı belirlenir. Eğer dolgunun kalınlığı ( $f_d$ ) süreksizlik yüzeyinin genliğinden ( $a$ ) büyükse süreksizliğin makaslanma dayanımı dolgunun makaslanma dayanımı tarafından denetlenir (Ulusay 2010).

#### **2.5.6 Pürüzlülük ve Dalgalılık**

Pürüzlülük ve dalgalılık, bir süreksizlik yüzeyinin birkaç santimetre (küçük) ve birkaç metre (büyük) ölçekte düzlemsellikten sapmasının ölçüsüdür (Şekil 2.4). Bu özellikler kayanın makaslanma dayanımı üzerinde etkilidir. Ölçek büyüdükçe pürüzlülük eğimi etkilenmektedir (Ulusay 2010).



Şekil 2.4 a) Süreksizlik yüzeylerinde pürüzlülük ve b) dalgalılığının ölçümü, c) pürüzlülük sınıfları (Golder Hoek and Associates 1979).

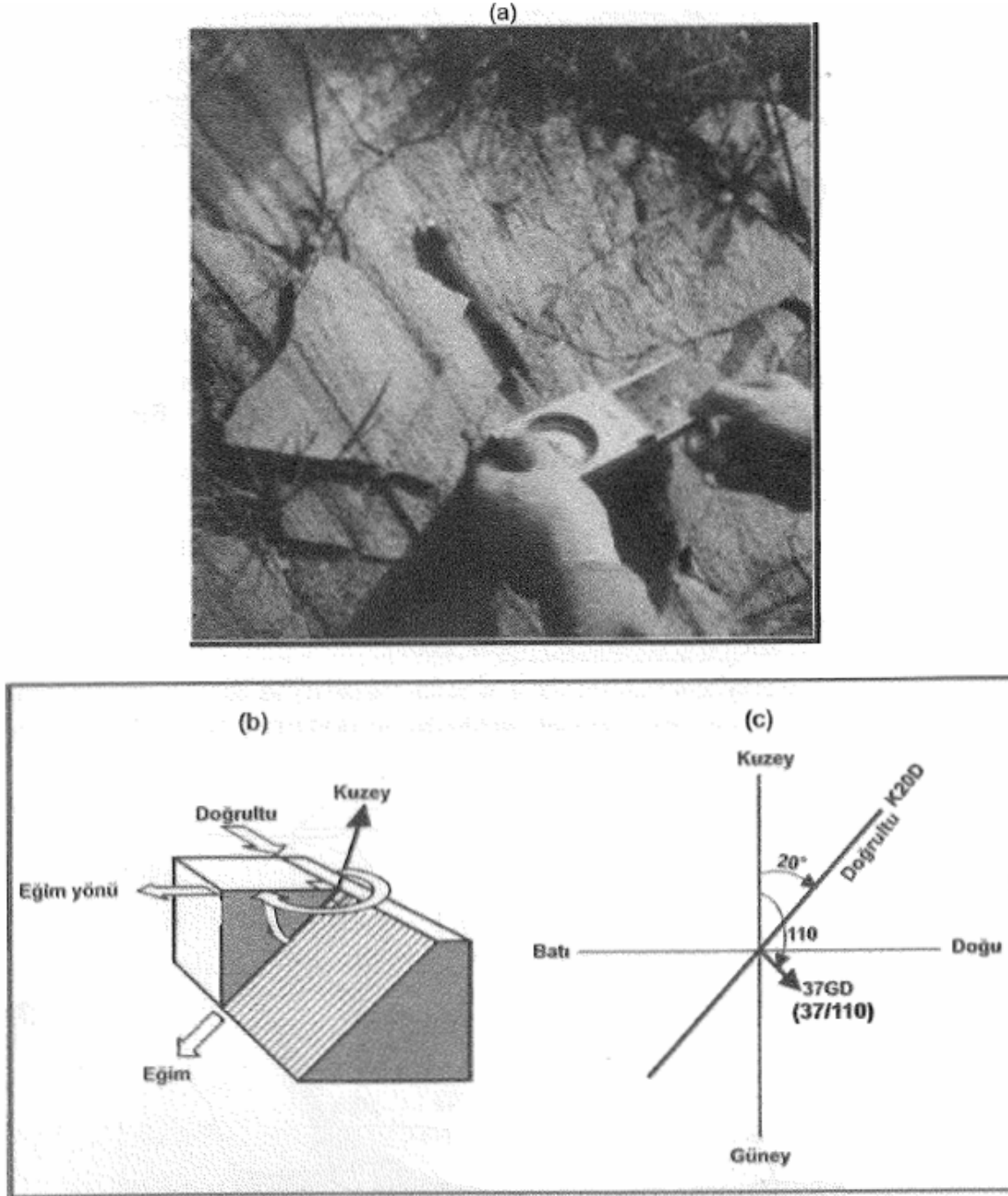
Pürüzlülük ve dalgalılık aşağıdaki Çizelge 2.5' de verilen terimler ile tanımlanabilir.

Çizelge 2.5 Pürüzlülük ve dalgalılık sınıfları (Golder Hoek and Associates 1979).

Pürüzlülük	Sınıf	Dalgalılık	Sınıf
Kaygan-Parlak	1	Düzlemsel	1
Düz	2	Az Dalgalı	2
Pürüzlü	3	Dalgalı	3
Çıkıntılı	4	Kavisli	4
Basamaklı	5	Kıvrımlı	5

## 2.5.7 Süreksizlik Yönelimi

Jeoteknik araştırmalarda bir süreksizliğin yönelimi jeolog pusulası ile ‘eğim’ ve ‘eğim yönü’ değerleri ile tanımlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 a) Süreksizlik düzlemlerinin yöneliminin jeolog pusulasıyla ölçülmesi, b) Süreksizliklerin yönelimlerinin tanımlanmasıyla ilgili temel kavramlar ve c) doğrultu ile eğim yönü arasındaki ilişki (Ulusay 2010).

### 2.5.8 Süreksizliklerin Devamlılığı

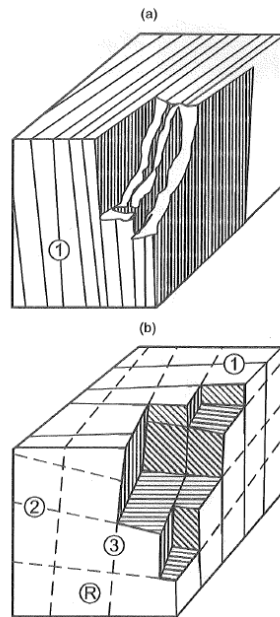
Kaya yüzeyinde süreksizlik izinin gözlenen uzunluğu devamlılık olarak tanımlanır ve düzlem içerisinde bir süreksizliğin boyutunun veya alansal yayılımının kaba bir ölçüsüdür. Süreksizliklerin devamlılık göstermesi kazı duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Alınan ölçümler sonucu her bir süreksizlik setinin devamlılığı aşağıdaki Çizelge 2.6'da verilen ölçütlere göre tanımlanır (Ulusay 2010).

Çizelge 2.6 Süreksizlik izinin ölçülen uzunluğuna bağlı tanımlamalar (ISRM 2007).

Süreksizlik İzinin Ölçülen Uzunluğu	Tanımlama
<1 m	Çok Düşük Devamlılık
1-3 m	Düşük Devamlılık
3-10 m.	Orta Devamlılık
10-20 m.	Yüksek Devamlılık
>20 m	Çok Yüksek Devamlılık

### 2.5.9 Süreksizlik Takım Sayısı

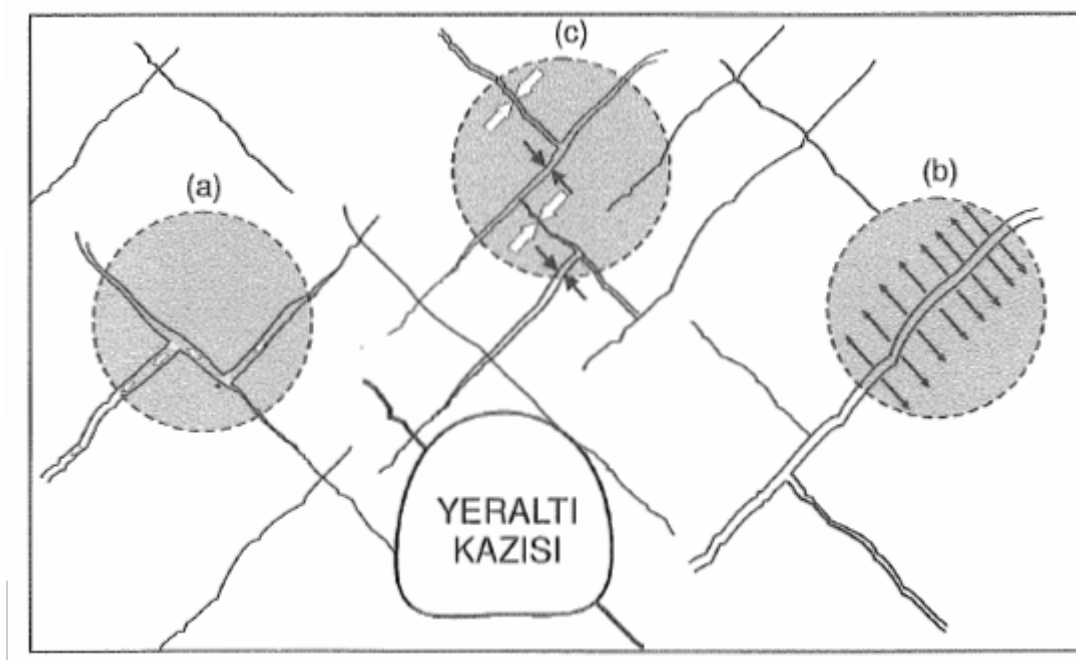
Süreksizlik takımlarının sayısı kaya kütlelerinin görünümü ve mekanik davranışlarını etkiler. Üç eklem takımı içeren bir kaya kütlelerinde 3 boyutlu bloklu yapı oluşumu, daha az sayıda süreksizlik içeren kaya kütlelerine oranla daha fazladır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Tek ve üç süreksizlik takımı içeren kaya kütlelerine ait şematik görünüm (ISRM 2007).

## 2.5.10 Süreksizlik Yüzeylerinde Su Durumu

Birbiriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca su sızması meydana gelir. Bu sızma hızı yerel hidrolik eğime ve yönsel geçirgenliğe bağlıdır. Açık süreksizliklerde yüksek hızdaki akış türbülansından dolayı basınç kayıplarına neden olur. Süreksizlikler boyunca su akışının varlığı durumunda, kaya kütesinin ve süreksizliklerin mekanik ve hidrojeolojik özellikleri değişebilir (Şekil 2.7). Su basıncı normal gerilmeyi dolayısıyla makaslama dayanımını azaltır veya yüksek normal gerilmeler altında süreksizliklerin hidrolik iletkenliği azalır (Ulusay ve Sönmez 2007).



Şekil 2.7 Kaya kütlelerinde süreksizlikler boyunca su akışı ve olası etkileri (Hudson 1989'dan düzenlenmiştir).

Kaya kütlelerinin hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi için; sondaj, bu sondajlarda yapılan deneyler, yeraltı su tablasının belirlenmesi, piezometre yerleştirilmesi vb. türde uygulamalar yaygındır. Kaya mühendisliği çalışmalarında ilk başta sondaj yapılmadığı için genelde arazi çalışmaları ile gözleme dayalı olarak kaya kütlelerinin hidrojeolojik özellikleri belirlenir. Bu amaçla ISRM (1981) tarafından önerilmiş olan ve kazı aynalarında yapılacak gözlemleri esas alan su sızıntısı ile ilgili tanımlamalardan yararlanılır. Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için önerilen bu tanımlar Çizelge 2.7' de verilmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Kaya mühendisliği uygulamaları suyun drene olmasına neden olabileceğinden uygulamadan önce kaya kütlelerine gelen suyun tanımlanması gerekir. Bunun için Çizelge 2.8' den yararlanır. Bu çizelgeyi kazı esnasında veya kazıdan hemen sonra kullanmak gerekir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Çizelge 2.7 Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 1981).

Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
<b>DOLGUSUZ SÜREKSİZLİKLER</b>	
1	Süreksizlik yüzeyi kapalı ve kuru, su akışı gözlenmiyor
2	Süreksizlik yüzeyi kuru ve suyun aktığına ilişkin bir gösterge yok
3	Süreksizlik yüzeyi kuru, ancak suyun akmış olduğuna ilişkin izler (yosunlanma gibi) var
4	Süreksizlik yüzeyi nemli, ancak su akışı yok
5	Süreksizlik yüzeyinde damlalar halinde sızıntı var, ancak sürekli bir akış gözlenmiyor
6	Süreksizlik yüzeyi boyunca sürekli bir su akışı var (lt/dk olarak ölçülebilir veya basınç düşük, orta ve yüksek şeklinde tanımlanabilir)
<b>DOLGULU SÜREKSİZLİKLER</b>	
1	Dolgu malzemesi aşırı konsolide olmuş malzemeden oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması nedeniyle önemli derecede su akışı görülüyor
2	Dolgu ıslak, yer yer su damlacıkları gözleniyor
3	Dolgu malzemesi su damlalarıyla ıslanmış
4	Dolgu malzemesinin yıkanmış-ıslanmış olduğuna ilişkin izler ve sürekli su akışı gözleniyor
5	Dolgu malzemesi yerel olarak yıkanmış-taşınmış ve yıkanma kanalları boyunca dikkate değer miktarda su akışı var
6	Dolgu malzemesi tamamen taşınmış, su basıncı yüksek

Çizelge 2.8 Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 1981).

Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru, sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış, sürekli akışın gözlemlendiği süreksizlikler belirlenmeli
4	Önemli miktarda akış gözlenen süreksizlikler belirlenmeli
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözleniyor

### 2.5.11 Blok Boyutu

Süreksizlik aralığı, eklem takım sayısı ve süreksizliğin devamlılığı gibi özellikler blok boyutlarını belirleyen unsurlardır. Süreksizlik takım sayısı ve yönelim, bloğun şeklini etkiler.

Blok boyutu ve bloklar arası makaslanma dayanımı, kaya kütlelerinin belirli gerilme koşulları altında mekanik davranışı belirler. Geniş bloklardan oluşan kaya kütleleri daha az deforme olurlar ve kenetlenmeye uygundur. Küçük blok boyutu, şevlerde zeminlerdekine benzer şekilde dairesel kaymalar için potansiyel ortamları oluşturur (Ulusay ve Sönmez 2007).

Blok boyutlarının tanımlanması için aşağıdaki iki parametreden biri kullanılır.

a. Blok boyutu indeksi ( $I_b$ ): Çeşitli tipik blok boyutları seçilerek ve bunların ortalaması hesaplanarak belirlenir. Bu indeksin tayin edilmesindeki amaç arazide seçilen tipik blokların ortalama boyutlarını tanımlamaktır. İndeksin değeri milimetreden birkaç metreye kadar olabileceği için, % 10 duyarlılıkta alınmalıdır. Eğer kaya kütlelerinde üçten fazla sayıda süreksizlik takım sayısı varsa,  $I_b$  'nin kullanımı gerçekçi olmaz. Dördüncü takım geniş aralıklı ise  $I_b$  'yi yapay olarak arttıracak, ancak sahada gözlenen gerçek blok boyutları üzerinde çok az etkili olabilecektir (ISRM 2007).

$$I_b = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} \quad (2.3)$$

Burada  $S_1, S_2, ve S_3$  her eklem takımı için hesaplanmış ortalama modal aralık değerini ifade eder.

b. Hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ): Palmstrom (1982) tarafından birim hacimdeki bir kaya kütlelerinde gözlenen süreksizliklerin toplamı olarak tanımlanmıştır (Çizelge 2.9). Bu parametreyi tayin ederken rastgele gelişmiş süreksizlikler dikkate alınabilir, bu durumda  $J_v$  önemli ölçüde etkilenmez. Yapılan çalışmalar sonucu ölçüm hattı uzunluğu 5-10m arasında alınabileceği sonucuna varılmıştır. Aşağıdaki gibi hesaplanır (Ulusay 2010).

$$j_v = \frac{N_1}{L_1} + \frac{N_2}{L_2} + \dots + \frac{N_n}{L_n} \quad (2.4)$$

Nn: Gözlenen her bir eklem (süreksizlik) takımı (1'den n' e kadar) için ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı

Ln: Gözlenen her bir eklem takımına (1'den n'e kadar) dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu.

Çizelge 2.9 Hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması (ISRM 1981).

Tanım	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )
Çok geniş bloklar	<1
Geniş bloklar	1-3
Orta büyüklükteki bloklar	3-10
Küçük bloklar	10-30
Çok küçük bloklar	>30

## 2.6 BOZUNMANIN DERECEŚİ

Süreksizlik yüzeylerinin çevresindeki kayanın dayanımını, yüzeylerinin dolgusuz ve birbiriyle temas halinde olması koşulunda, makaslama dayanımı ve deformabilite açısından son derece önemlidir. Bozunma derecesine bağılı olarak süreksizlik yüzeyinin dayanımı kayanın dayanımında daha düşük olabilir. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımını ilgilendiren bozunmanın mekanik parçalanma veya kimyasal ayrışma gibi iki önemli sonucu vardır. Fiziksel bozunma, süreksizliklerin açıklığı boyunca olur ve kayanın parçalanması sonucu komşu minerallerde dilinim ve kırıklar geliştirerek yeni süreksizliklerin oluşumunu sağlar. Kimyasal bozunmada renk değişimi, silikat mineraller kil minerallerine dönüşmesi, karbonat ve tuz minerallerinin çözünmesi gibi olaylar meydana gelir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Süreksizlik yüzeylerinin dayanımına etkisi açısından taşıdığı önem açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, önce kaya kütlelerinin, daha sonra kaya malzemesinin bozunma derecesinin tanımlanması gerekir. Arazide pratik olarak bu tanımlamaların yapılması için gerekli olan çizelgeler sırasıyla Çizelge 2.10 ve 2.11'de sunulmuştur.



Çizelge 2.10 Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981, BS 2003, DIN 2004).

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunmanın Derecesi
Bozunmamış (Taze)	Kayanın bozulduğuna ilişkin gözle ayırdedilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	W1
Az bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W2
Orta derecede bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze, ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W3
Tamamen bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	W4
Artık Zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W5

Çizelge 2.11 Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981, BS 2003, DIN 2004).

Tanım	Tanımlama ölçütü
Taze (bozunmamış)	Kaya malzemesinin bozulduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yoktur.
Rengi değişmiş	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozularak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılındır.

## 2.7 KAYA MALZEMESİNİN DAYANIMI

Kaya malzemesinin dayanımı laboratuvar ortamında tek eksenli sıkışma deneyi veya hem arazide hem laboratuvar ortamında uygulanabilen nokta yükü, disk makaslama deneyi yapılarak doğrudan bulunabilir. Bu deneyler yapılmadığı takdirde Çizelge 2.12'den yararlanarak arazide jeolog çekici kullanılarak dayanım belirlenmeye çalışılır (Ulusay 2010).

Çizelge 2.12 Arazide kayaların dayanımlarının tahmini için ölçütler (ISRM 2007, BS 2003, DIN 2004).

Simge	Tanım	Saha tanımlaması	Tek eksenli sıkışma dayanımı, $\sigma_c$ (Mpa)
R0	Aşırı derecede zayıf kaya	Kayanın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0.25-1.10
R1	Çok zayıf kaya	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye ufalanan kaya, çakı ile doğranabilir.	1.0-5.0
R2	Zayıf kaya	Kaya, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5.0-25
R3	Orta derecede sağlam kaya	Kaya, çakı ile doğranamaz. Kaya örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbeye kırılabilir.	25-50
R4	Sağlam kaya	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
R5	Çok sağlam kaya	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	100-250
R6	Aşırı derecede sağlam kaya	Kaya örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	>250

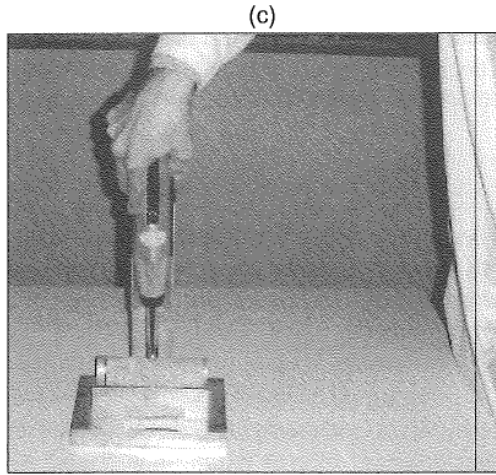
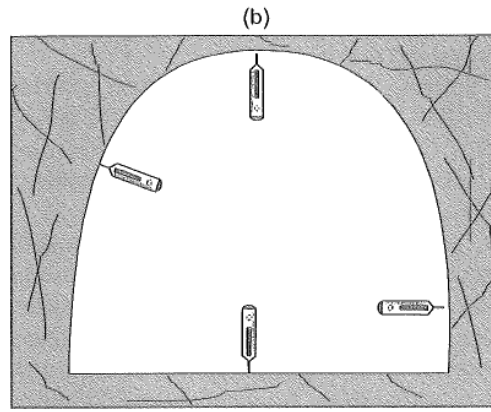
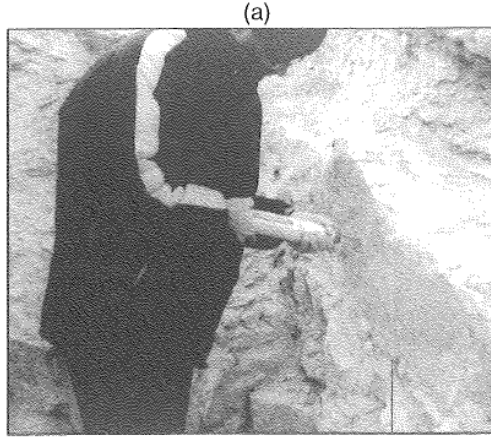
Arazide dayanımının tahmin edilmesi için basit deneyler veya Schmidt çekicinden yararlanılır. Schmidt çekici süreksizlik yüzeylerine dik olarak uygulanır (Şekil 2.8). Deney yüzeyinin temiz olması gerekir. Dar aralıklı süreksizlikler içeren gevşek kaya kütleleri için uygun değildir.

Schmidt çekici kullanılırken dikkat edilmesi gerekenler aşağıdadır.

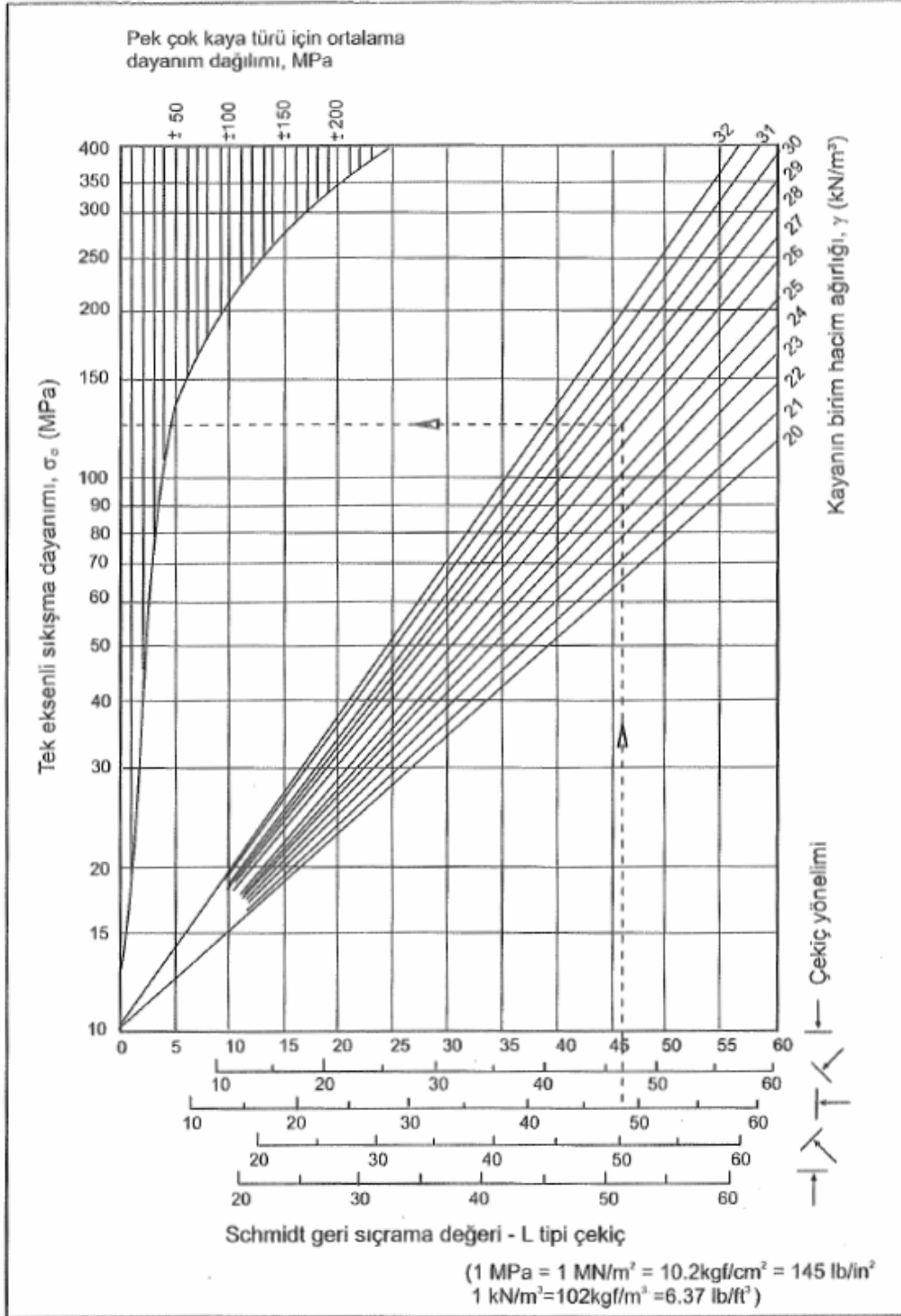
1-Çekiç süreksizlik yüzeyine dik uygulanır ve uygulamada çekicinin ekseninden maksimum  $\pm 5$  sapmasına izin verilir.

2-Süreksizlik yüzeyine 20 defa uygulanır ve en düşük on değer elenerek diğer on değerlerin ortalaması alınır.

3-Belirlenen değer, çekicinin yönelimi ve kayanın birim hacim ağırlığı kullanılarak Şekil 2.9 'daki grafikten yararlanarak tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenir (Ulusay ve Sönmez 2007).



Şekil 2.8 Schmidt çekici deneyinin; a) arazide süreksizlik yüzeyinde; b) tünelde farklı konumlarda ve c) laboratuvarında yapılması (ISRM 1981).



Şekil 2.9 Schmidt geri sıçrama değeri ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Hoek and Bray 1981).

## 2.8 KAYA KÜTLESİ SINIFLAMA SİSTEMLERİ

### 2.8.1 Genel Bilgiler

Günümüzde kaya kütlelerinde gerçekleştirilen kazılar ve oluşturulan mühendislik yapıları için gerekli araştırma ve uygulamalarla ilgili önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu kapsamda; yeraltı maden işletmeciliği amaçlı galeriler ve düşey kuyular, otoyol ve demiryolu ağları, radyoaktif atık depolama projeleri, hidroelektrik santral projeleri ve yeraltı enerji istasyonları için inşa edilen yeraltı açıklıkları, derin kazı şevleri gibi mühendislik uygulamaları yer almaktadır. Söz konusu uygulamalarda mühendislik yapılarının güvenli ve ekonomik olarak hazırlanması ve kullanımı için en önemli araç mühendislik tasarımıdır. Kaya mühendisliğini de içeren ve daha genel anlamda jeoteknik çalışmalarda tasarım yöntemleri; analitik-sayısal, gözleme dayalı ve görgül (amprik) olmak üzere üç ana başlık altında toplanır. Analitik ve sayısal yöntemlerden genelde, yapıların ve kazıların duraylılık koşullarının araştırılmasında ve kazı çevresindeki gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin analizleri için yararlanır. Bu yöntemlerden başlıcaları; limit denge çözümleri, sayısal yöntemler (sonlu elemanlar, sonlu farklar, sınır elemanları vb.), benzetişim yöntemleri (elektriksel ve fotoelastik) ve fiziksel modeller olarak sayılabilir. Gözleme dayalı yöntemler, kazı ve yakın çevresinde yapılan incelemeler, arazide ve laboratuarda yapılan deneyler ile deformasyon, gerilme, su basıncı vb. özelliklerle ilgili aletsel izleme çalışmalarını kapsar. Görgül yöntemler ise, kazılarda yapılan gözlemler ile elde edilen verilerin genel olarak istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi neticesinde mühendislik deneyimi esas alınarak geliştirilmiş olan yöntemlerdir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Sınıflama, sözcük anlamıyla nesnelerin ortak özelliklerine göre gruplandırılması şeklinde tanımlanır. Kaya mekaniği alanında kaya kütlelerinin sınıflandırılmasına gerek duyulmuş ve çeşitli sınıflama sistemleri önerilmiştir. Bu sistemler, kaya mühendisliğinde tasarımın ayrılmaz bir parçası olmalarına ek olarak uzun yıllar süren gözlemlere dayanan deneyimler ve istatistiksel değerlendirmeler neticesinde önerilmiş görgül yöntemlerdir. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri çoğunlukla doğrudan bir tasarım yöntemi oldukları şeklinde yanlış bir algı ile kullanılan, kaya mühendisliğinde tasarıma yardımcı ve ön tasarımda kullanılacak birer araç olarak değerlendirilmelidir. Dolayısıyla bu sistemler, analitik-sayısal ve gözleme dayalı yöntemler olarak mühendislik sezgilerinin yerini almak üzere geliştirilmemişlerdir. Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin bu şekilde algılanması ve doğru kullanılması ile

günümüzde birçok mühendislik projesinin tamamlanmasına başarı ile katkı sağladıkları bilinmektedir (Özkan ve Ünal 1996).

Görgül tasarım yaklaşımlarının temel harcı olan kaya kütlesi sınıflama sistemleri mühendislik uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde açılan birçok tünelde sınıflama sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bunlardan en eskisi olan fakat en bilinen ve kullanılan; günümüzden 68 yıl önce ortaya atılan Terzaghi (1946) sınıflama sistemidir. Terzaghi'nin sınıflama sonucu önerdiği çelik-bağ tahkimatına alternatif olarak yeni sistemler, bugün kullanılan kaya saplaması ve püskürtme beton gibi tahkimat elemanlarını önermiştir. Yeni sınıflama sistemlerinin kullanımı sadece tünel uygulamaları ile sınırlı kalmamış, büyük yeraltı boşlukları, yeraltı ocakları, şevler ve temellerin tasarımı gibi değişik mühendislik uygulamalarında da kullanılmış ve günümüzde de kullanılmaktadır (Karpuz ve Hindistan 2008).

Bieniawski (1989)'ye göre, kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin başlıca amaçları aşağıda belirtmektedir.

- Kaya kütesinin davranışını etkileyen önemli değiştirgeleri belirlemek,
- Kaya kütesini kendi içerisinde benzer özellikler gösteren bölgelere ayırarak değişik kalitedeki kaya kütesli sınıflarını belirlemek,
- Her kaya kütesli sınıfının özelliklerinin anlaşılması amacıyla esaslar oluşturmak,
- Herhangi bir sahadaki kaya kütesli koşullarıyla ilgili olarak kazanılan deneyimleri diğer sahalarda karşılaşılan koşullarla karşılaştırıp ilişki kurmak,
- Mühendislik tasarımı için sayısal veri tabanı ve bir kılavuz oluşturmak,
- Mühendisler arasında ortak temele dayalı teknik iletişimi sağlamak.

Kaya kütesli sınıflama sistemlerinden elde edilebilecek kazanımlar ise aşağıda verilmiştir.

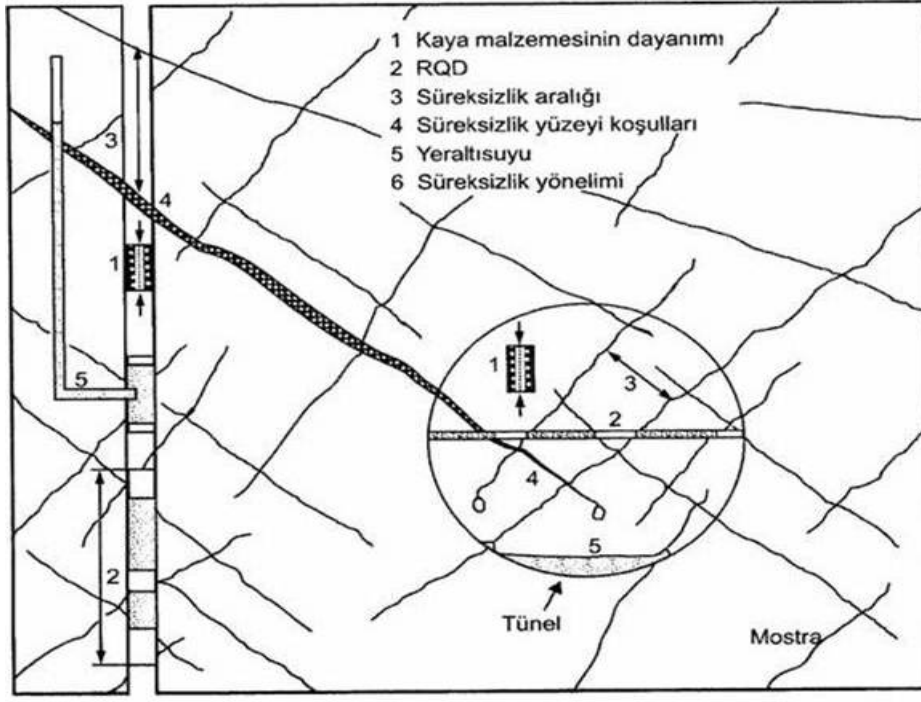
- Tasarıma yönelik amaçlar için sayısal veri sağlanması,
- En az sayıda sınıflama değiştirgesi esas alınarak, toplanan verilerle saha çalışmasının kalitesinin artırılması,
- Daha doğru mühendislik kararlarının alınabilmesi ve projelerde daha etkin bir iletişimin sağlanması.

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, tasarım hedefleri ile sahanın jeolojisinin de dikkate alındığı, gözleme dayanan yararlı tasarım araçlarıdır. Günümüze kadar çeşitli araştırmacılar değişik kaya kütlesi sınıflama sistemleri geliştirmiş ve önermiştir. Bunların bir kısmı var olan sistemlerin yeniden düzenlenmesi veya geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu sistemler arasında tünelcilik ve madencilik uygulamalarında kaya kütlesi puanlama (Rock Mass Rating-RMR), Q kaya tünelcilik kalitesi veya Norveç Jeoteknik Enstitüsü (Norwegian Geotechnical Institute-NGI) sınıflama sistemi, ve Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index-GSI) kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde Kaya Kütlesi Puanlama Sistemi (RMR) ve M-RMR sınıflama sistemi hakkında özet bilgiler verilmiştir. Ayrıca, sınıflama sistemlerinin kendi aralarındaki ilişkileri hakkında bilgiler sunulmuştur. Bunun yanında su ile etkileri tartışılmış ve araştırmacılar tarafından önerilmiş olan abak ve çizelgeler ile bilgiler verilmiştir. Belirtilen sınıflama sistemlerinin gelişimi ve kullanımı ile ilgili ayrıntılı bilgiler için Ulusay (2001), Ulusay ve Sönmez (2007) ve Karpuz ve Hindistan (2008) kaynaklarından yararlanılabilir (Aydın 2013).

### **2.8.2 Kaya Kütlesi Puanlama Sistemi (RMR)**

RMR kaya kütlesi puanlama sınıflama sistemi (Rock Mass Rating-RMR) Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiş olup kazanılan deneyimler neticesinde 1989 yılında son şeklini almıştır. Bu sistemde kaya kütlelerinin sınıflandırılması için; kayaç malzemesinin dayanımı, kayaç kalitesi göstergesi (RQD), süreksizliklerin durumu, süreksizlik aralığı, yeraltı suyu koşulları ve süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme değiştirgelerinden yararlanılmaktadır. Özellikle madencilik uygulamalarında ek olarak patlatma, yerindeki gerilimler ve fayların durumu gibi faktörlerin de dikkate alınması ile ilave düzeltmelerin yapılması önerilmektedir. Tüneller, büyük yeraltı açıklıkları (odalar), maden işletmeleri, şevler ve temellerle ilgili 351 değişik uygulamadan derlenmiş olan veriler ile yapılan gözlemlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, yöntemin bugünkü şeklini almasında en önemli katkıyı sağlamıştır (Ulusay 2001).

Değiştirgeler ile ilgili sınıflandırmalar ve puanlar Çizelge 2.13’de verilmiştir.



Şekil 2.10 Kaya kütlesi puanlama sistemi (RMR) değiştirgeleri (Hudson 1989, Ulusay ve Sönmez 2007).

RMR sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıda belirtilen ana değiştirgeler esas alınmaktadır (Şekil 2.10).

- Kaya malzemesinin tek eksenli basınç (sıkışma) dayanımı ( $\sigma_c$ ),
- RQD,
- Süreksizlik aralığı,
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu, bozunma, açıklık),
- Yeraltı suyu koşulları,
- Süreksizliklerin yönelimi.

Kaya külesine ait mekanik özelliklerin kestirilmesinde kullanılan görgül bağıntılarda; süreksizlik yönelimi ile ilgili düzeltme yapılmamış olan toplam temel RMR değeri, yeraltı açıklıklarının duyarlılığı ile ilgili görgül bağıntılarda ise; düzeltilmiş nihai RMR değerlerinin kullanılması önerilmektedir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Kaya malzemesinin dayanımı, RQD ve süreksizlik aralığına ait puanların, sınıflama değiştirgeleri çizelgesinde verilen aralıklara göre daha hassas kestirilmesi için puanlama amacıyla grafikler de hazırlanmıştır. RMR kaya külesi sınıflandırma sistemine göre ise



süreksizlik koşuluna ait süreksizlik aralığı, devamlılığı ve pürüzlülüğü ile dolgu ve bozunmanın derecesi gibi değiştirgeler ISRM tarafından önerilen tanımlamalar dikkate alınarak gruplandırılmaktadır (Çizelge 2.13). Sistemin uygulanma aşamaları:

- a) Geçki boyunca kaya kütlesi “yapısal bölge”lere ayrılır.
- b) Her yapısal bölge için, 6 değiştirge belirlendikten sonra veri toplama formuna işlenir.
- c) Jeomekanik Sınıflama Sistemi puanlama çizelgeleri veya grafikleri kullanılarak ilk 5 değişkenin puanları tayin edilir. Bunların toplamına “Temel RMR” denilmektedir.
- d) Süreksizliklerin konumunun tünelin doğrultusu ve ilerleme yönüne göre değerlendirmesi yapılarak ham RMR elde edilir.
- e) Bir takım düzeltme çarpanları ( $A_B$ ,  $S$ ,  $A_S$ ) kullanılarak “Düzeltilmiş RMR” değeri belirlenir.
- f) “Kazı Açıklığı-Tahkimatsız Durma Zamanı (Kendini Tutma Süresi)” diyagramı kullanılarak, planlanan açıklığın tahkimatsız olarak göçmeden durabileceği süre kestirilir.
- g) Projenin koşulları da dikkate alınarak, kazı ve tahkimat önerileri göz önünde bulundurulur (Bieniawski 1989, Gerçek 2000).

Çizelge 2.13 Jeomekanik Sınıflama Sistemi'nde Kaya Kütlesi Puanı'nın (RMR) belirlenmesinde kullanılan değişkenler ve puanları (Bieniawski 1989, Gerçek 2000).

A. Sınıflama değişkenleri ve puanları.

DEĞİŞTİRGE			DEĞER ARALIKLARI VEYA TANIMLAR						
1	Sağlam Kaya Malzemesinin Dayanımı (MPa)	Nokta yükü dayanım indeksi	>10	4-10	2-4	1-2	Daha düşük aralık için tek eksenli basınç dayanımı deneyi önerilir		
		Tek eksenli basınç dayanımı	>250	100-250	50-100	25-50	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puan	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD Kaya Niteliği Göstergesi		% 90-100	% 75 - 90	% 50 - 75	% 25 - 50	< % 25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		> 200 cm	60-200 cm	20-60 cm	6-20 cm	< 6 cm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok pürüzlü yüzeyler	Hafifçe pürüzlü yüzeyler	Hafifçe pürüzlü yüzeyler	Kaygan yüzeyler veya	Ayrılma >5 mm veya 5 mm'den kalın ve yumuşak fay dolgusu  Devamlı		
			Ayrılma yok	Ayrılma	Ayrılma	Ayrılma: 1-5 mm veya			
			Bozunmamış	< 1mm	< 1mm	5mm'den ince fay dolgusu			
Puan		30	25	20	10	0			
5	Yeraltı Suyu Durumu	Tünelin 10 mm'lik kısmına gelen su miktarı	Yok	< 10 lt	10 - 25 lt	25-125 lt	> 125 lt		
		Eklem suyu basıncı / Büyük asal gerilme oranı	Veya 0	Veya < 0.1	Veya 0.1 - 0.2	Veya 0.2 - 0.5	Veya > 0.5		
		Genel durum	Veya Tamamen kuru	Veya Nemli	Veya Islak	Veya Damlama	Veya Akan su		
	Puan		15	10	7	4	0		

Çizelge 2.13 (devam ediyor).

B. Tünelde süreksizlik eğim ve doğrultunun etkisi

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın, eğim 0 <sup>0</sup> -20 <sup>0</sup> arasında
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı yönde ilerleme		Eğim 45 <sup>0</sup> -90 <sup>0</sup>	Eğim 20 <sup>0</sup> -45 <sup>0</sup>	
Eğim 45 <sup>0</sup> -90 <sup>0</sup>	Eğim 20 <sup>0</sup> -45 <sup>0</sup>	Eğim 45 <sup>0</sup> -90 <sup>0</sup>	Eğim 20 <sup>0</sup> -45 <sup>0</sup>			
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta

C. Süreksizliklerin durumunun detaylı olarak puanlandırılması.

DEĞİŞTİRGE		DEĞER ARALIKLARI VEYA TANIMLAR				
4.a	Süreksizliklerin Boyu ( Devamlılık)	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m
	Puan	6	4	2	1	0
4.b	Süreksizlik Yüzeylerinin Ayrılması ( Açıklık )	Yok	< 0.1mm	0.1-1 mm	1-5 mm	> 5mm
	Puan	6	5	4	1	0
4.c	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü	Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Hafifçe Pürüzlü	Düz	Kaygan
	Puan	6	5	3	1	0
4.d	Süreksizlik Dolgusu	Yok	Kırt Dolgu		Yumuşak Dolgu	
			< 5mm	> 5mm	< 5mm	> 5mm
	Puan	6	4	2	2	0
4.e	Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunması ( Ayrışması )	Bozunmamış	Hafifçe Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Çok Bozunmuş	Tamamen Ayrışmış
	Puan	6	5	3	1	0

D. Süreksizlik yönelimine göre düzeltme

Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Tüneller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

E. Kaya sınıfları ve puanları

Sınıf no	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Puan	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	<20

Güncel RMR Sistemi'nde, yeraltı suyu koşulları da bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Suyun ince tabakalı ve kil ihtiva eden zayıf kaya kütlelerinde yapacağı olumsuz etkileri tanımlayacak bir parametre bulunmamaktadır. Bununla birlikte, sistemde kaya kütlelerinin bozunma derecesinin tayininde kullanılan ölçütler görsel tanımlamalara dayanmakta, dolayısıyla öznel değerlendirmelere sebep olmaktadır. Bu özelliklerin sisteme dahil edilmemiş olması, özellikle zayıf kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında bazı sınırlamalara neden olmaktadır. Suyun zayıf kaya kütlelerindeki tahrip edici etkisinin de tanımlanabilmesi amacıyla Ünal ve Özkan (1990), M-RMR Sistemi'nde suda dağılma dayanımı deneyi yaparak, bu deneyden elde edilen suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi sayesinde bir bozunma katsayısı önermişlerdir. Bu indeksin M-RMR puanının hesaplanmasında bir çarpan olarak kullanılmasıyla suyun söz konusu olumsuz etkisi de dikkate alınabilmektedir (Ulusay ve Sönmez 2007).

GSI'nin tayini için  $RMR_{89}$ 'un kullanıldığı durumlarda, yeraltı suyu puanı olarak 15, süreksizlik yönelimi puanı olarak ise 0 değerleri esas alınmaktadır.  $RMR_{89} > 23$  olmak şartıyla, GSI'nin Eşitlik 2.5'den tahmin edilmesi önerilmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

$$GSI = RMR_{89} - 5 \quad (2.5)$$

### 2.8.3 M-RMR Sınıflama Sistemi

Ünal ve Özkan 1989 ve 2005 yılları arasında yapmış oldukları bazı çalışmalarda RMR ve Q sınıflama indeks değerlerini belirlemeye çalışmışlar fakat, özellikle zayıf, anizotropik, tabakalı, kil içerikli ve çatlaklı kaya bölgelerinde kütle parametrelerinin belirlenmesinde bu sistemlerin yetersiz kaldığını tespit etmişlerdir. Diğer sınıflama sistemlerinde olduğu gibi, RMR Sistemi'nde de özellikle RMR puanı 40'ın altında olan zayıf ve kil içeren kaya kütlelerinin değerlendirilmesi için sınıf aralıklarının üniform (20 puanlık aralıklar) olması bir sınırlamadır. Çünkü  $RMR < 40$  olan kaya kütlelerinde daha dar aralıklar esas alınarak önerilecek kaya sınıflarının kullanılmasıyla, destek türlerinin daha sağlıklı belirlenmesi mümkün olabilir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Karşılaşılan problemi aşmak amacıyla araştırmacılar tarafından M-RMR sınıflama sistemi geliştirilmiştir. Bieniawski 1996 yılında yapmış olduğu bir değerlendirmede  $RMR < 20$  olması durumunda M-RMR değerlerinin dikkate alınmasının yerinde olacağını belirtmektedir.

(Bieniawski 1996). Benzer bir uyarı Ulusay tarafından  $RMR < 40$  olması durumunda M-RMR sınıflama sonuçlarının dikkate alınması yönünde yapılmıştır (Ulusay 1991, Özkan et al. 2012).

M-RMR sınıflama sistemi için Ünal ve Özkan (1990) tarafından önerilen eşitlik sırasıyla Temel M-RMR ve Tasarım M-RMR olarak adlandırılan iki parçadan oluşmaktadır (Özkan 2012). Bunlar eşitlik 2.6' da sunulmuştur.

$$\text{Temel M-RMR} = F_c * \{ [I_{PLT}] + [I_{RQD}] + [I_{JC}] \} + [I_{JS}] + [I_{GW}] + [I_{OI}] \quad (2.6)$$

Burada;

- $F_c$  : Suda dağılma dayanımına bağlı bir katsayı (0.7-1.15)
- $I_{PLT}$  : Nokta yükleme dayanımına bağlı indeks değeri (0-15)  
( $I_{cc}$  : Tek eksenli basınç dayanımına bağlı indeks değeri (0-15))
- $I_{RQD}$  : RQD (Rock Quality Designation) değerine bağlı indeks değeri (0-20)
- $I_{JS}$  : Süreksizlikler arası mesafeye bağlı indeks değeri (0-20)
- $I_{JC}$  : Süreksizlikler arası durum indeks değeri (0-30)
- $I_{GW}$  : Yeraltı su durumuna bağlı indeks değeri (0-15)
- $I_{OI}$  : Eklem takım konumuna bağlı indeks değeri (maden galeri ve tüneller için : 0-(-12))

Yukarıdaki eşitlikte belirtilen parametreler Çizelge 2.14 ve Şekil 2.11 yardımıyla belirlenebilmektedir. Eşitlik 2.6'da sunulan ifade RMR sistemindeki Düzeltilmiş RMR'a karşılık gelmektedir. Tasarım M-RMR değerini belirlemek için arazi gerilmeleri, jeolojik unsurlar (fay, süreksizlik gibi) ve galeri açma yöntemi (galeri açma makineleri veya delme-patlatma) ile ilgili indeks değerlerinin Temel M-RMR değeri ile çarpılması gerekmektedir. Ancak M-RMR sisteminde önerilen bu parametre indeks değerleri, RMR sisteminden farklıdır (Çizelge 2.15) (Özkan et al. 2012).

$$\text{Tasarım M-RMR} = [\text{Temel RMR}] * [A_b * A_w] \quad (2.7)$$

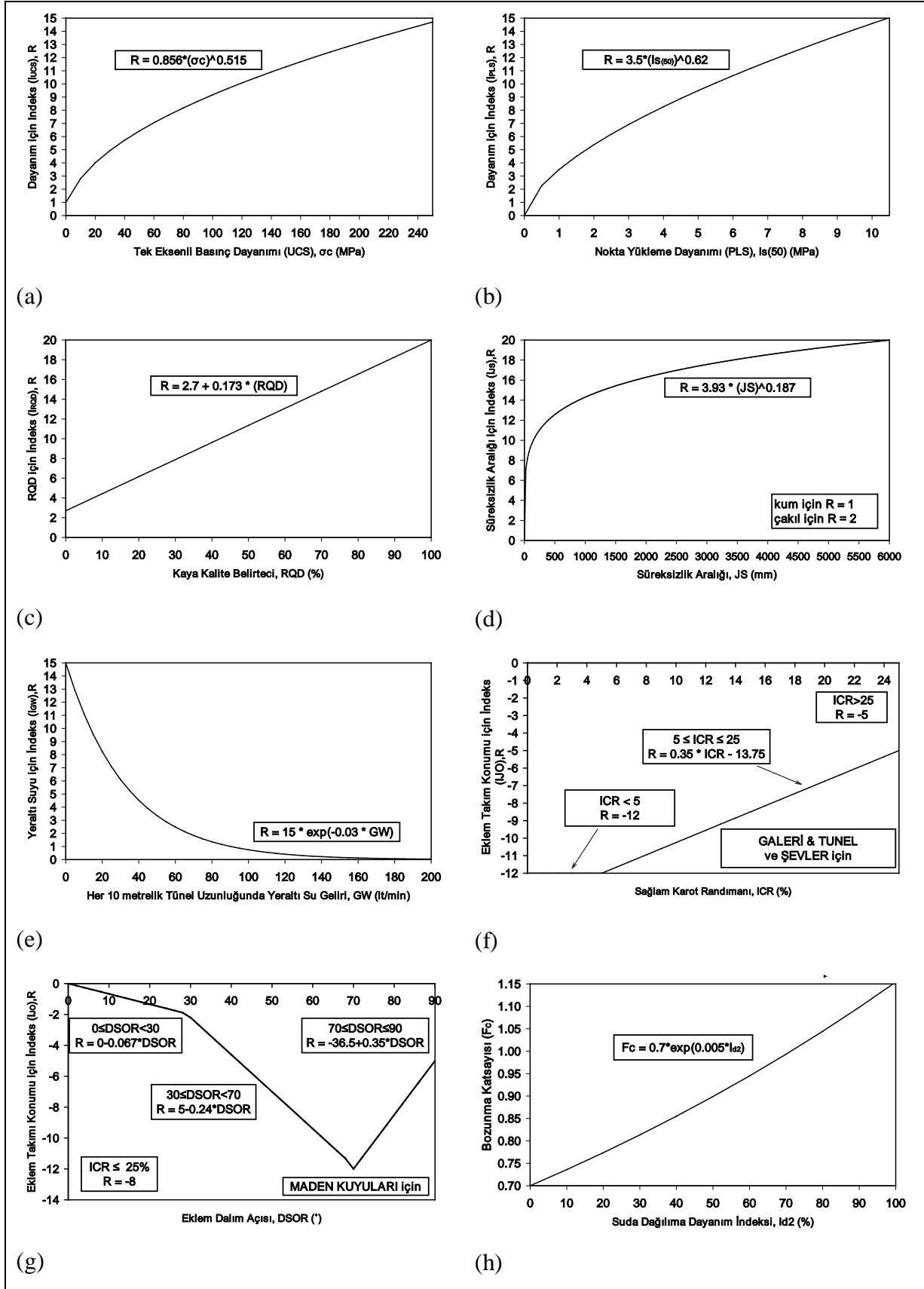
Burada;

- $A_b$  : Patlatmaya dayalı düzeltme katsayısı (0.80-1.0)
- $A_w$  : Büyük süreksizlik düzlemi ve zayıflık düzlemlerine dayalı düzeltme katsayısı (0.70-1.0)

RMR ve M-RMR Sınıflama Sistemlerine göre hesaplanan orta-çok iyi ( $RMR > 40$ ) kaya sınıfı puanlarının önemli bir bölümü genellikle birbirlerine yakın değerler vermektedir. RMR 40'ın altındaki zayıf kaya kütleleri koşullarında ise RMR ve M-RMR puanları arasında belirgin bir farklılaşma meydana geldiği belirlenmiştir. Türkiye'de bazı maden işletmelerindeki zayıf kaya kütleleri için bir karşılaştırma yapılmış olup bu karşılaştırmanın sonuçları Şekil 2.12'de histogram şeklinde sunulmuştur (Ünal et al. 1992, Ulusay ve Sönmez 2007). Karşılaştırma, sondajların her ilerlemesinde ayrı ayrı yapılmış olup değerlendirmede sınıf puanlarının değişim aralıkları esas alınmıştır. M-RMR Sistemi sınıflama puanlarının üst sınır değerinde RMR'a göre daha iyi kaya kütleleri puanları ve buna karşılık alt sınır değerinde ise daha düşük puanlar vermektedir. Bu değerlendirmelerde belirlenen farklılıklar, M-RMR Sistemine özellikle zayıf kaya kütlelerinin tanımlanması amacıyla bazı yeni parametrelerin eklenmiş olmasından ve tanımlama amacıyla daha dar aralıklarla değişen bir puanlama ölçütünün kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

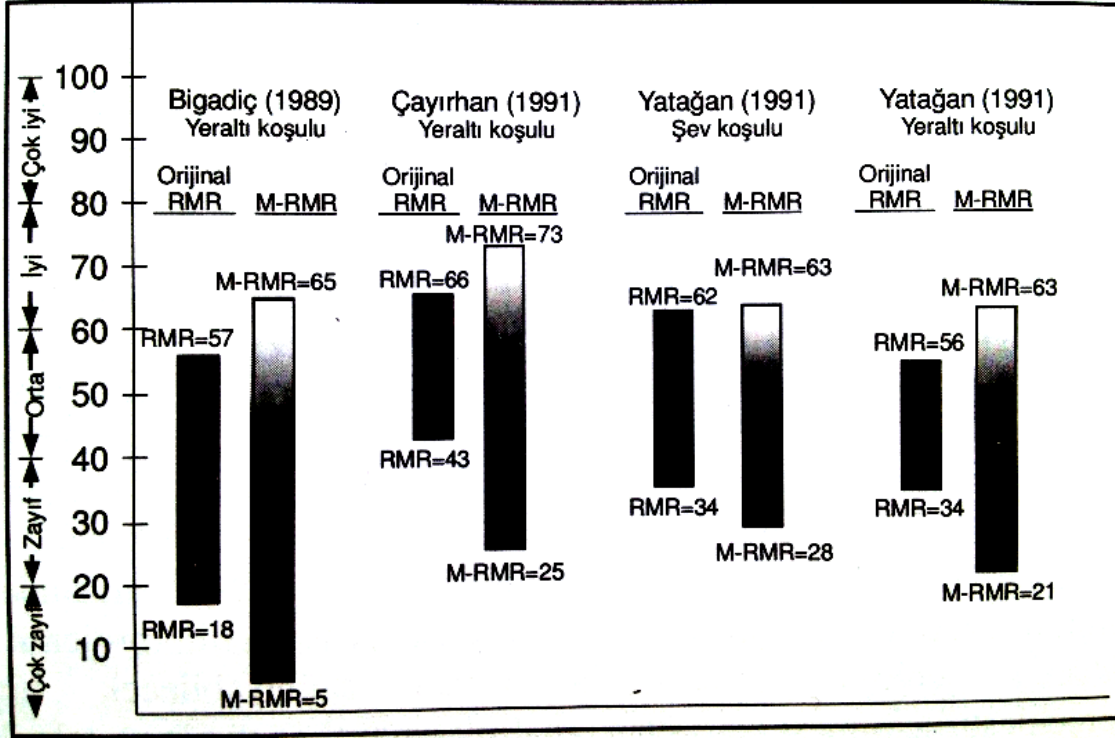
Çizelge 2.14 Eklem takımları arası duruma ait indeks değerlerin belirlenmesi - $I_{JC}$  (Özkan ve Ünal 2012, Özkan et al. 2012).

$I_{JC}$ sağlam kaya bölgeleri için -ISTR ( $ICR \geq 25\%$ )				$I_{JC}$ kırıklı kaya bölgeleri için -BSTR ( $ICR < 25\%$ )		
Parametre	Koşul		İndeks	BSTR	Tanım	İndeks (bs)
Bozunma W	Hiç Bozunmamış		8	BSTR1	Eğer toprak yapısında ise (büyük kum-çakıl)	0
	Az Bozunmuş		7	BSTR2	Eğer kırıklı kaya ve küçük çakıl taneleri içeriyorsa (~1cm)	2
	Orta Bozunmuş		6			
	Çok Bozunmuş		4	BSTR3	Eğer 2-3 cm boyutlarında kırıklı kaya parçaları içeriyorsa	4
	Çok Fazla Bozunmuş		2			
	Çok Aşırı Bozunmuş		0			
Pürüzlülük R	Dalgalı	Çok Pürüzlü	8	BSTR4	Eğer 10cm'den daha kısa karot parçaları içeriyorsa	6
		Pürüzlü	6			
		Az Pürüzlü	4			
		Düz	2			
		Kaygan	1			
	Düzlemsel	Çok Pürüzlü	4	BSTR□	Eğer 10 cm'den daha büyük bir yada daha fazla karot parçaları içeriyorsa	8
		Pürüzlü	3			
		Az Pürüzlü	2			
		Düz	1			
		Kaygan	0			
Devamlılık C	Çok Az Devamlı		3.5	<b>Eklem takımları arası duruma ait Eşitlikler</b> 1) Eğer $ICR > 25\%$ ve $F=1$ (dolgu yok) $I_{JC} = W+R+(C*A*F)$ 2) Eğer $ICR > 25\%$ ve $F \neq 1$ (dolgu var) $I_{JC} = 0$ <span style="float:right">F=0</span> $I_{JC} = 2+(C*F)$ <span style="float:right">F=2</span> $I_{JC} = 4+(C*F)$ <span style="float:right">F=3</span> $I_{JC} = 6+(C*F)$ <span style="float:right">F=3.5</span> $I_{JC} = 8+(C*F)$ □ <span style="float:right">F=4</span> 3) Eğer $ICR \leq 25\%$ ve $F=1$ (dolgu yok) $I_{JC} = bs+(W/2)+8$ 4) Eğer $ICR \leq 25\%$ ve $F \neq 1$ (dolgu var) $I_{JC} = 0$ <span style="float:right">F=0</span> $I_{JC} = 4$ <span style="float:right">F=2</span> $I_{JC} = 4$ <span style="float:right">F=3</span> $I_{JC} = (bs/2)+(W/2)$ <span style="float:right">F=3.5</span> $I_{JC} = (bs/2)+(W/2)+4$ <span style="float:right">F=4</span> $I_{JC} \square bs \square (\square/2)+4$		
	Az Devamlı		3			
	Orta Devamlı		2			
	Yüksek Devamlı		1.5			
	Çok Yüksek Devamlı		1			
Açıklık A	0.0-0.01 mm		4			
	0.01-1 mm		3			
	1.0-5.0 mm		2			
	> 5mm		□			
Dolgu F	Dolgu Yok		1			
	0.0-1.0 mm		4			
	1.0-5.0 mm (sert)		3.5			
	1.0-5.0 mm (yumuşak)		3.0			
	> 5.0 mm (sert)		2.0			
	> 5.0 mm (yumuşak) □		0.0			



Şekil 2.11 M-RMR sistemi tarafından sınıflandırma parametreleri için önerilen aralıklar ve indeks değerleri (Özkan ve Ünal 2012, Özkan et al. 2012).





Şekil 2.12 Türkiye’de değişik maden işletmelerindeki kaya kütleleri için RMR ve M-RMR sınıflama sistemlerinden elde edilen sınıf puanlarının karşılaştırılması (Ünal et al. 1992, Ulusay ve Sönmez 2007).

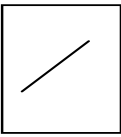
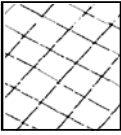


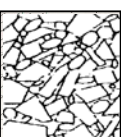

Çizelge 2.15 Patlatma ( $A_b$ ) ve büyük süreksizlik düzlemleri için düzeltme katsayıları ( $A_w$ ) (Ünal 1996, Özkan ve Ünal 2012, Özkan et al. 2012).

Patlatma Hasarı için Düzeltme ( $A_b$ )		Büyük Süreksizlikler ve Zayıflık Düzlemleri için Düzeltme ( $A_w$ )	
Patlatma Hasarı	Düzeltme Katsayısı ( $A_b$ )	Zayıflık	Düzeltme Katsayısı ( $A_w$ )
Patlatma Yok	1.0	Zayıflık Düzlemi Yok	1.0
Az Hasarlı Patlatma	0.95	Katı Dayk	0.90
Orta Hasarlı Patlatma	0.90	Yumuşak Cevherli Zonlar	0.85
Kötü Patlatma	0.85	Ana Kaya ile Cevher Kontak Zonları ya da	
Çok Kötü Patlatma	0.80	Homojen Olmayan Tavan Kayası	0.80
		Kıvrımlar, Senklinal, Antiklinal	0.75
		Fay Zonu	0.70

## 2.8.4 Jeolojik Dayanım İndeksi Sınıflaması (GSI)

Eklemlili kaya kütlelerinin dayanımı, sağlam kaya parçasının özellikleri ile birlikte farklı gerilme koşulları altında kayma ve dönme serbestliklerine bağlıdır. Bu serbestlik, sağlam kayanın geometrik şekli ve parçaları birbirinden ayıran yüzeylerin durumu ile kontrol edilmektedir.

Temiz, kaba süreksizlik yüzeyleri içeren köşeli kaya parçaları ile oluşan kaya kütleleri bozunmuş ve alterasyona uğramış malzemeler ile çevrili yuvarlak parçalar içeren kaya kütesinden çok daha sağlamdır. Hoek (1995) ve Hoek et al. (1995) tarafından önerilen Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI Geological Strength Index), farklı jeolojik koşullarda kaya kütle dayanımındaki azalmayı kestiren bir sistem sağlamaktadır. Bu sistem Şekil 2.13’de gösterilmiştir. Önceleri, RMR ve Q sınıflaması puanlarıyla ilişkilendirilen GSI, daha sonraki yıllarda yapılan değişiklikler ile ayrı bir sınıflama sistemi olarak yerini almıştır. GSI, 85 (kaya malzemeleri) ile 10 (çok düşük kaliteli kaya kütleleri) arasında değişen değerler alabilmektedir (Ulusay ve Sönmez 2007).

JEOLOJİK DAYANIM İNDEKSİ (GSI)		YÜZEY KOŞULLARI	
<p>Kaya kütlelerinin yapısı ve süreksizliklerin yüzey koşulları göz önünde bulundurularak bu çizenekten uygun bir kutucuğu seçin. Konturları kullanarak ortalama bir GSI değeri kestirin. Çok hassas olmaya çalışmayın; GSI=38 yerine, GSI=35-40 aralığının belirtilmesi daha gerçekçidir. Hoek-Brown ölçütü yalnızca kaya blokları veya parçalarının boyutunun açıklık boyutuna kıyasla daha küçük olduğu kaya kütlelerine uygulanabilir. Ortamdaki blokların boyutu yeraltı açıklığı boyutunun yaklaşık dörtte birinden büyükse, yenilme bireysel blok hareketleriyle oluşabilir ve bu durumda Hoek-Brown Ölçütü kullanılmamalıdır.</p>		<p><b>ÇOK İYİ</b> Çok pürüzlü, taze ayrılmamış yüzeyler</p>	<p><b>İYİ</b> Pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler</p>
<p><b>KAYA YAPISI</b></p>		<p><b>ORTA</b> Düzensiz, orta derecede ayrılmış ve bozunmuş yüzeyler</p>	<p><b>ZAYIF</b> Kaygan, köşeli parçalı, dolgulu çok ayrılmış yüzeyler</p>
		<p><b>ÇOK ZAYIF</b> Kaygan, yumuşak kil dolgulu çok ayrılmış yüzeyler</p>	
		<p><b>AZALAN YÜZEY KALİTESİ</b> →</p>	
 <p><b>SAĞLAM VEYA MASİF</b> - Sağlam, çatlaksız kaya malzemesi veya geniş aralıklı çok az sayıda süreksizlik içeren masif kaya kütlesi.</p>	<p><b>KAYA PARÇALARININ AZALAN KİLİTLENME DEREJESİ</b></p> <p>↓</p>	90	UYGULANAMAZ
 <p><b>BLOKLU</b> - Birbirine dik üç süreksizlik takımının oluşturduğu kübik bloklar içeren, çok iyi kilitlemiş ve örselenmemiş kaya kütlesi.</p>		80	UYGULANAMAZ
 <p><b>ÇOK BLOKLU</b> - Dört veya daha fazla süreksizlik takımının oluşturduğu çok yüzeyli ve köşeli bloklar içeren, kenetlenmiş ve kısmen örselenmiş kaya kütlesi.</p>		70	UYGULANAMAZ
 <p><b>BLOKLU/RAHATSIZ EDİLMİŞ</b> - birbirini kesen bir çok süreksizlik takımının oluşturduğu, köşeli bloklar içeren kıvrımlanmış ve/veya faylanmış kaya kütlesi.</p>		60	UYGULANAMAZ
 <p><b>DAĞILMIŞ</b> - Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının karışımından oluşan, zayıfça kenetlenmiş ve aşırı derecede kırılmış kaya kütlesi.</p>		50	UYGULANAMAZ
 <p><b>YAPRAKLANMIŞ/İNCE TABAKALANMIŞ</b> - Kıvrımlanmaya ve tektonik olarak kesme hareketlerine maruz kalmış, yapraklanmış kaya kütlesi. Diğer süreksizlik takımlarına kıyasla daha egemen olan ince tabakalanma, kaya</p>		40	UYGULANAMAZ
		30	UYGULANAMAZ
		20	UYGULANAMAZ
		10	UYGULANAMAZ
		5	UYGULANAMAZ

Şekil 2.13 Jeolojik tanımlamalara dayalı Jeolojik Dayanım İndeksi'nin tahmin edilmesi (Hoek et al. 1998, Geniş 2002).

Hoek ve Brown (1997), kaya kütlesi kalitesinin belirlenmesinde sondaj karotlarından yararlanılması durumunda makul düzeyde kaliteli sayılabilecek kaya kütleleri (GSI>25) için en iyi yaklaşımın RMR puanı sondaj karotları belirlendikten sonra GSI'nin RMR'dan belirlenmesi olduğunu belirtmektedirler. Zayıf kaya kütlelerinde (GSI<25) boyu 100 mm'den daha fazla olan sağlam karotların genellikle çok az miktarda alınabilmesi nedeniyle, RMR'ın sağlıklı tayini de güçleşmektedir. Bu nedenle aynı araştırmacılar, bu tür kaya kütlelerinde GSI'nin karotların genel görünümünün değerlendirilerek tahmin edilmesini önermişlerdir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Kaya kütlelerinde özellikle süreksizlik içindeki su, kaya kütlelerinin kayma dayanımını azaltmaktadır. Bu durum özellikle çok zayıf süreksizlikler olduğunda ıslak durumlar için geçerlidir. Şekil 2.14'de görüldüğü gibi su içeren ve zayıf kaya kütlesi koşullarında GSI değeri için sağ doğru bir seçim yapılmasının daha uygun olacağı ifade edilmektedir (Marinos et al. 2005).

GSI'deki küçük bir değişim kaya kütlesi sabitlerini doğrudan etkilemektedir. Bu husus gözetilerek, Şekil 2.13'de verilen grafikten süreksizlik yüzeyi koşulunun ve kaya kütlesi yapısının doğru ve duyarlı bir şekilde tayini amacıyla ölçülebilen veya tanımlanabilen bir puanlama sistemine geçilmesi gerekli görülmüştür. Bu amaçla, Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) olarak tanımlanan iki parametrenin sisteme dahil edilmesi önerilmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Süreksizlik yüzey koşulunun tanımlanması amacıyla RMR Sınıflama Sistemi'nin dolgu, bozunma ve pürüzlülükle ilgili olarak önerdiği tanımlamalar ve Bieniawski (1989) tarafından bu parametrelere verilen puanlar kullanılmış olup, Süreksizlik Yüzey Koşulu için 0 ile 18 arasında değişen puanlar atanmıştır. Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı Eşitlik 2.8'den hesaplanmaktadır.

$$SCR=R_r+R_w+R_f \quad (2.8)$$

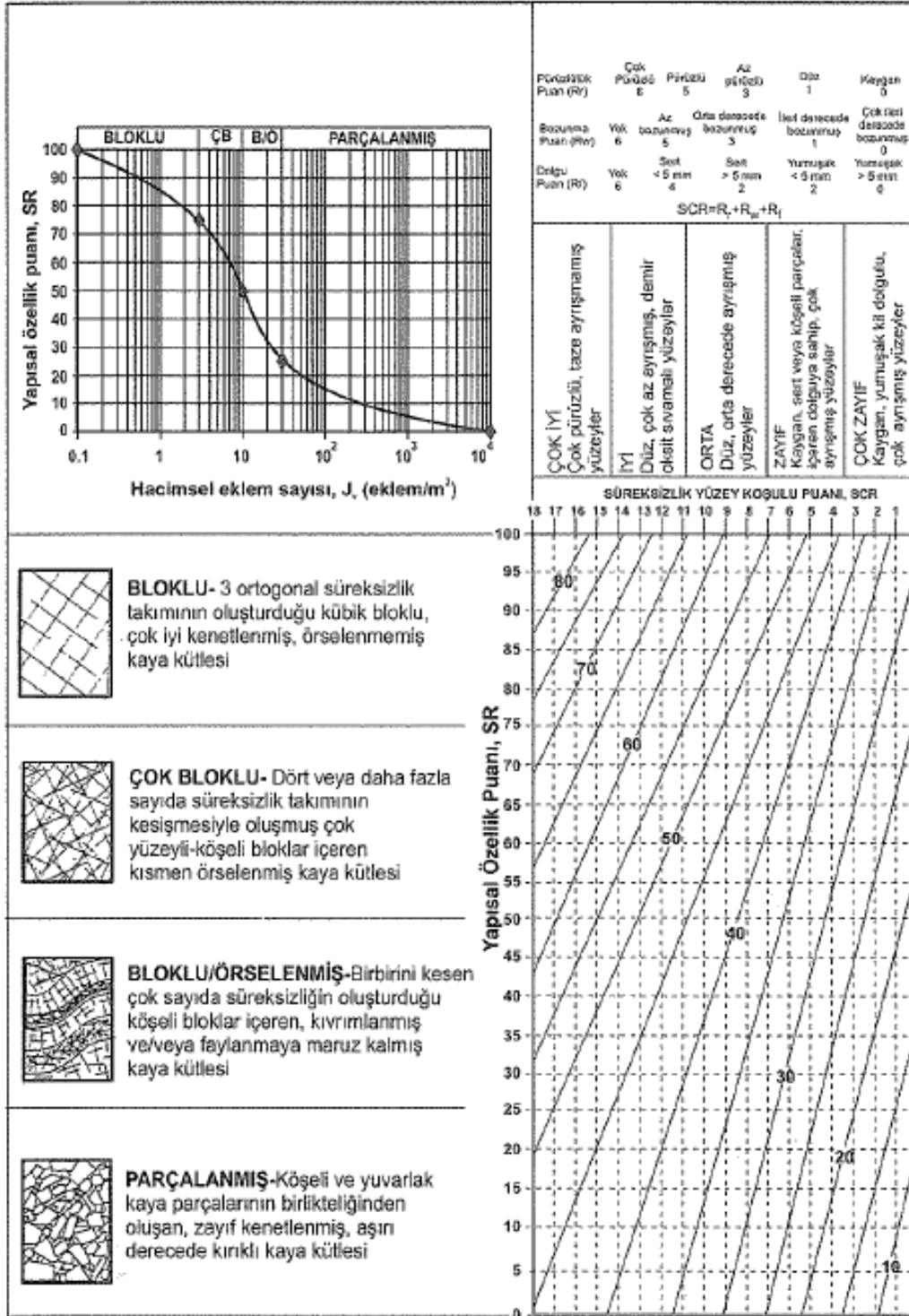
Burada,  $R_r$ ,  $R_w$ , ve  $R_f$  sırasıyla; süreksizliklerin pürüzlülük, bozunma ve dolgu puanları olup Şekil 2.15'de verilen yeniden düzenlenmiş GSI grafiğinin sağ üst köşesindeki çizelgeden belirlenmektedir.

Blok büyüklüğü, kaya kütlelerinin yapısının tanımlanması için kullanılan çok önemli bir göstergedir. Büyük bloklardan oluşan kaya kütleleri, küçük bloklardan oluşan kaya kütlelerine oranla daha az deforme olurlar. Süreksizliklerin aralığı, sayısı ve devamlılığı kaya kütlelerini oluşturan blokların büyüklüğünü ve şeklini denetleyen parametrelerdir. Bir kaya kütlelerini bölen süreksizlik takımlarının aralığının az olması, blok boyutunun da küçük olması anlamına gelmektedir. GSI'nin hesaplanmasında kullanılan girdi parametrelerinin sayısının azaltılması uygulamada kolaylık sağlanması açısından hem süreksizlik aralığını, hem de süreksizlik sayısını birlikte ifade eden hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ) ve Yapısal Özellik Puanının (SR) belirlenmesi amacıyla önerilmiştir (Aydiner 2013).

$J_v$  için ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar (Çizelge 2.16) esas alınmış ve Yapısal Özellik Puanı (SR) GSI Sistemi'ne uyarlanmıştır. Buna göre, Yapısal Özellik Puanı (SR), hesaplanan  $J_v$  kullanılarak Şekil 2.15'in sol üst köşesinde verilen abaktan tayin edilmektedir. Bu sayede GSI Sınıflama Sistemi abağı önerilen SR ve SCR parametrelerinin sisteme eklenmesiyle daha duyarlı ve özellikle uygulayıcıdan kaynaklanabilecek hatayı minimize edecek şekilde düzenlenmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)		YÜZEY KOŞULLARI										
		Azalan yüzey niteliği →										
<p><b>Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)</b></p> <p>Kaya kütesinin yapısı ve süreksizliklerin yüzey koşulları göz önünde bulundurularak bu çizimden uygun bir kutucuğu seçin. Konturları kullanarak ortalama bir GSI değeri kestirin. Çok hassas olmaya çalışmayın; GSI = 38 yerine, GSI için 35 - 40 aralığının belirtilmesi daha gerçekçidir. Hoek-Brown Ölçütü yalnızca kaya blokları veya parçalarının boyutunun açıklık boyutuna kıyasla daha küçük olduğu kaya kütlelerine uygulanabilir. Ortamdaki blokların boyutu yer altı açıklığı boyutunun yaklaşıp dört birinden büyüğe, yenilme bireysel blok hareketleriyle değişebilir ve bu durumda Hoek-Brown Ölçütü kullanılmamalıdır.</p>		<p><b>ÇOK İYİ</b> Çok pürüzsüz, tuz, ayrışmamış yüzeyler.</p>	<p><b>İYİ</b> Pürüzsüz, hafifçe ayrışmış, köşeli yüzeyler.</p>	<p><b>ORTA</b> Düzgün, orta derecede ayrışmış ve bozarmış yüzeyler.</p>	<p><b>ZAYIF</b> Kırılgan, köşeli parçacıklar içeren kırılgan ve yarı dolgu, ileri derecede ayrışmış yüzeyler.</p>	<p><b>ÇOK ZAYIF</b> Kırılgan, yunlu, kıl kırılmaları veya dolgu, ileri derecede ayrışmış yüzeyler.</p>						
<p><b>KAYA YAPISI</b> Kaya parçalarının artan kırılganlık derecesi ↑</p>	<p><b>SAĞLAM VEYAMAŞIF</b> Sağlam, çatlaksız kaya malzemesinin veya geniş aralıklı çok az sayıda süreksizlik içeren masif kaya kütesi.</p>	90	80	70	60	50	40	30	25	20	10	5
	<p><b>BLOKLU</b> Birbirine dik 3 süreksizlik takımının oluşturduğu kübik bloklar içeren, çok iyi kenetlenmiş ve örselememiş kaya kütesi.</p>											
	<p><b>ÇOK BLOKLU</b> Dört veya daha fazla süreksizlik takımının oluşturduğu çok yüzeyli ve köşeli bloklar içeren, kenetlenmiş ve kısmen örselemiş kaya kütesi.</p>											
	<p><b>BLOKLU / ÖRSELENMİŞ</b> Birbirini kesen bir çok süreksizlik takımının oluşturduğu köşeli bloklar içeren, kırılmamış ve/veya faylanmış kaya kütesi.</p>											
	<p><b>DAĞILMIŞ</b> Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının karışımından oluşan, zayıfça kenetlenmiş ve aşırı derecede kırılmış kaya kütesi.</p>											
	<p><b>YAPRAKLANMIŞ İNCE TABAKALANMIŞ</b> Kırılmamaya ve tektonik olarak kesme hareketlerine maruz kalmış, yapraklanmış kaya kütesi. Diğer süreksizlik takımlarına kıyasla daha egemen olan ince tabakalanma, kaya kütesindeki blokların boyutunu belirler.</p>											
		UYGULANAMAZ										

Şekil 2.14 Zayıf ve su içeren kaya kütesi koşullarında GSI değerinin değişimi (Marinos et al. 2005).



Şekil 2.15 Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen modifiye edilmiş GSI Sistemi (Ulusay ve Sönmez 2007).

Çizelge 2.16 Blok boyutu tanımlamaları ve  $J_v$  parametresi aralıkları (Sönmez ve Ulusay 1999, Ulusay ve Sönmez 2007).

ISRM (1981)'nin tanımları	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )	GSI için önerilen tanımlar
Çok büyük bloklar	<1	BLOKLU (B)
Büyük bloklar	1-3	
Orta boyutlu bloklar	3-10	ÇOK BLOKLU (ÇB)
Küçük bloklar	10-30	BLOKLU/ÖRSELENMİŞ(B/Ö)
Çok küçük bloklar	30-60	PARÇALANMIŞ (P)
Parçalanmış/Ufalanmış	>60	





## BÖLÜM 3

### İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

#### 3.1 GENEL BİLGİLER

Türkiye'nin coğrafi bölgelerinden Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü sınırları içerisinde yer alan inceleme alanı, Bartın ili Amasra ilçesi sınırları içerisinde (Şekil 3.1). Amasra ilçesi, İstanbul'dan yaklaşık 435 km, Ankara'dan yaklaşık 300 km ve Zonguldak'tan ise yaklaşık 80 km uzaklıktadır.



Şekil 3.1 İnceleme alanının yerbuldur haritası.

### 3.1.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım

Amasra, Batı Karadeniz Bölümünün, 41° 44' kuzey enlemi ile 32° 23' doğu boylamı arasında yer alır. Rakımı 20 m, yüzölçümü 115 km<sup>2</sup>'dir. Amasra ilçesinin bağlı bulunduğu Bartın ili; kuzeyde 59 km'lik sahil şeridi ile Karadeniz tarafından çevrelenirken, batıda bölgenin önemli illerinden Zonguldak, doğuda Kastamonu, doğu ve güneyde ise Karabük illerine komşudur.

Bartın'ın şehirlerarası ulaşımını sağlayan karayolu; batıda Çaycuma-Devrek (Zonguldak), Mengen-Yeniçağa (Bolu); güneyde ise Safranbolu (Karabük)-Gerede (Bolu) üzerinden E-80 Otoyolu ile E-5 Devlet yoluna ulaşmaktadır. Doğuda Cide (Kastamonu), güneyde ise yine Safranbolu (Karabük) üzerinden Orta ve Doğu Karadeniz ile İç Anadolu'ya açılmaktadır. İlde Karadeniz Bölgesinde bulunan çoğu il gibi otoyol bulunmamaktadır. Ayrıca Bartın ili sınırları içerisinde bir tanesi il merkezinde, diğerleri Amasra ve Kurucaşile'de olmak üzere 3 adet liman bulunmaktadır.

### 3.1.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Bartın ilinde Ilıman Deniz İklimi (Karadeniz İklimi) hüküm sürmektedir. Bu iklimin etkisiyle yazlar sıcak, kışlar serin geçer. Genelde kıyı şeridi üzerinde sıcaklık farklılıkları görülmez. Bunun sebebi şehrin denize yakınlığı ve pek yüksek olmayan dağ sıralarının kıyıya paralel oluşudur. Ayrıca bu durum nem artışına ve balkanlardan gelen hava kütlelerinin etkisinin görülmesine de neden olmaktadır.

Bartın ilindeki ormanlık alanlar, bitki ve ağaç türleri ile yaban hayvanları yönünden Türkiye'nin en ilginç ve en zengin ormanlık alanlarından. Ormanlarda genel olarak yayvan ve iğne yapraklı ağaçlar hâkimdir. Sahil şeridinde ceviz, kestane ve fındık plantasyonları yaygınken, sahil boyunca 600 m yüksekliğe kadar olan alanda karakteristik ağaçlar; Meşe, Kayın ve Gürgen'dir. Sahilden içeride ve 1.500 m' den yüksek kesimlerde; Kayın, Kestane, Köknar ve Çam türleri daha fazla gözlemlenir. Son yıllarda sahil şeridindeki plantasyonlarda Mandalina, Portakal, Kivi yetiştiriciliği de yer almaya başlamıştır.

### 3.1.3 Akarsular ve Dağlar

Belli başlı yükseltiler, alçaktan yükseğe doğru sırasıyla; Orduyeri T. (205 m), Namazlar T. (244 m), Tekke T. (290 m), Harman T. (295 m), Yılanucu T. (405), Meşelik T. (422 m), Çömlekkıran T. (440 m), Kuşkayası T. (445 m), Çingen T. (460 m), Dinlence T. (489)'dir.

Bölgenin en büyük akarsuyu Türkiye'de üzerinde taşımacılık yapılan tek akarsu olan Bartın çayıdır. Önemli dereleri ise; Kavşak Deresi, Karaçay Deresi, Süzek Deresi, Pınarcıkyanı Deresi' dir. Bölgedeki önemli su kaynakları Askersuyu ve Kavşak suyudur. Özellikle Bartın il merkezinin içme suyu gereksiniminin önemli bir kısmını Kavşak suyu karşılamaktadır.

### 3.1.4 Önceki Çalışmalar

Kuzeybatı Anadolu taşkömürü havzasındaki ilk incelemeler 19. yüzyılın başından günümüze kadar önemi artarak devam etmiştir. Her geçen gün enerji ihtiyacının artmasıyla havzada gerek jeoloji gerek tektonik açıdan araştırmalar devam etmektedir. Son yıllarda bu araştırmalara kömür kökenli doğalgaz araştırmaları da eklenmiştir. Bölge sahip olduğu enerji potansiyelinden dolayı araştırmacıların ilgi odağı olmuştur ve olmaya devam etmektedir.

Arni (1940) çalışmasında Karadeniz Ereğlisi-Cide-İnebolu arasında uzanan Kuzey Anadolu Taşkömürü havzasında jeolojik incelemeler yapmıştır. Kömür havzası jeolojik bakımından oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Arni (1940-1941) incelemeleri sonucunda; kömür havzasının kuzey-güney istikametinde Filyos vadisinden geçen bir strese maruz kaldığını tespit etmiş ve bunun sonucunda Filyos vadisinin doğusunda kalan kısma doğu kömür havzası batısında kalan kısma batı kömür havzası ismini vermiştir. Ereğli-Cide arasında yaptığı jeolojik incelemeler sonucunda kömür havzasını karakterize etmiş ve stratigrafik kesitini oluşturmuştur. Araştırmacı bu çalışmalarını kömür havzasının jeolojisini ve ekonomikliğini belirlemek için yapmıştır.

Fratscrer (1953) çalışmasında Bartın-Amasra Kurcaşile ve Ulus bölgelerinde Karboniferden Tersiyere kadar birimlerin ayırtılmasını yapıp stratigrafilerini incelemiştir. İncelemeler sonucunda Malm ve Jura-Kretase sınır kalkerini tespit etmiştir. Havzada yaptığı jeolojik ve tektonik incelemeler sonucu; karbon bulunma olasılığı olan yerleri tespit etmiştir.

Tokay (1954-1955) çalışmasında Filyos çayı, Amasra, Bartın, Çaycuma bölgelerinde jeolojik incelemeler yapmıştır. Amasra bölgesindeki sondajları incelemiş ve Hersiniyen döneminde batıdaki Devoniyen-Alt Karbonifer temelini yükseldiğini ve üstteki kömür tabakalarının doğuya doğru gravite ile kitleler halinde kayması sonucunda tektonik yapıların oluştuğunu belirlemiştir.

Yahşımın ve Ergönül (1958) çalışmalarında Amasra-Tarlaağzı bölgesinde palinolojik çalışmalar yapmışlardır. Kömür aramaya yönelik yapılan sondajlardan ve TTK galerilerinden kömür numuneleri alarak palinoloji ile kömürlerin yaşlarını tespit etmişlerdir. Yaptıkları palinoloji çalışmaları ile elde edilen sporolojik bilgiler kullanarak damar korelasyonu yapmaya çalışılmışlardır.

Saner (1980) çalışmasında Batı Pontidlerin ve komşu havzalarının oluşumunu levha tektoniği kuramı ile açıklamıştır. Karadeniz'in oluşumunu jeolojik açıdan incelemiş ve tektonik olarak yorumlamıştır. Batı Pontidlerin ve komşu havzaların stratigrafilerini inceleyerek jeotektonik evrimlerini yorumlamıştır. Fasiyes ve çökeltme ortamlarını karşılaştırmıştır.

Özkoçak vd. (1978) çalışmalarında Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasında yapılmış olan arama sondajlarını ve jeofizik etüdüleri bir arada değerlendirerek havzanın genel jeolojik yapısını incelemişlerdir. Havzadaki formasyonları temel birimler, kömürlü birimler, örtü birimleri olarak 3 gruba ayırmışlardır. Kömürlü havzaların jeolojik ve tektonik evrimlerini ayrı ayrı yorumlamışlardır.

Ercan vd. (1984) çalışmalarında pontidlerin volkanizmasını incelemişler ve 6 farklı gruba ayırmışlardır. Bunları; Liyas, Malm-Alt Kretase, Üst Kretase-Paleosen, Eosen, Miyosen ve Pliyosen Kuvaterner volkanitleri olarak ayırtlamışlardır. İnceleme alanında yer alan magmatik kayaların yitim zonu ile ilişkili yay magmatikleri olduğunu ve doğu pontidlerdeki yitimin Şili Tipi bir yitim zonu olduğunu belirlemişlerdir. Doğu pontidlerdeki Üst Kretase-Paleosen yaşlı volkanik kayaların kuzeye doğru bir yitim zonunda türedikleri görüşünü savunmuşlardır. Bu volkanizmanın, Neotetis okyanus kabuğunun kuzeye doğru dalma batmasına ilişkin adayayı volkanizmasının ilk ürünleri olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yergök vd. (1987) çalışmasında Batı Karadeniz Bölgesinin jeolojisini incelemişlerdir. Bölgede yer alan formasyonların stratigrafilerini ayrıntılı bir şekilde belirlemişlerdir.

Formasyonların litolojik özelliklerini ve çökelme ortamlarını belirleyen ayrıntılı çalışma yapmışlardır. Zonguldak formasyonunu tanıtmışlar ve 3 üyeye ayırtlamışlardır. Bunlar; Öküşnedere Kireçtaşı Üyesi, İncivez Kırıntılı Üyesi ve Kapuz Kireçtaşı Üyesi'dir. Zonguldak Formasyonuna yaşını Barremiyen olarak vermişlerdir.

Tüysüz ve Yiğitbaş (1990) çalışmalarında Orta Pontidlerin jeolojisini ve tektonizmasını incelemişlerdir. Bölgedeki birimlerin stratigrafilerini inceleyerek ortam yorumu yapmışlardır. Buna göre; bu birimin Üst Jura-Alt Kretase birimlerinden daha yaşlı birimler üzerine transgresif olarak geldiğini ve Orta-Geç Jura yaşlı taban konglomerası, Geç Jura Erken Kretase yaşlı bir karbonat ve üstüne Erken Kretase yaşlı kırıntılı bir istif ile temsil edildiğini belirlemişlerdir. Bu çökellerin farklı su derinliklerine sahip denizel ortamda geliştiğini, Pontidlerin güneyinde Neotetis'in kuzey kolunun Lias'tan itibaren kuzeyinde Karadeniz' in Üst Kretase' nin ilk evrelerinde açılması ile denetlendiğini açıklamışlardır.

Yalçın vd. (1994) çalışmasında Kuzeybatı Anadolu Havzasındaki kömürlerin içerdiği gaz hakkında çalışma yapmıştır. Kömür kökenli doğal gazın oluşum göç ve birikmesine ilişkin özellikleri ele alarak gaz potansiyelinin ön değerlendirmesini yapmıştır. Kömür kökenli gaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik araştırma çalışmalarının doğrudan uygulamaya aktarılabilceği ve ekonomik yararlar sağlayacağı sonucuna varmıştır.

Hoşgörmez ve Yalçın (2002) çalışmalarında Bartın Amasra bölgesindeki Karbonifer istifindeki gazın miktarı ve bileşimini belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Amasra' da MTA tarafından açılan AK, 14-AK, 16 kuyularından alınan numuneleri gaz kromatografisi ile incelemişlerdir. Karbon izotoplarını inceleyerek Amasra bölgesindeki metanın büyük miktarlarda bakteriyel kökenli gaz içerdiğini ve bu nedenle termojenik izotop imzasının gölgede kaldığını ve ikincil bakteriyel gaz üretimi için gereken parametrelerin bu sahada olduğunu belirlemişlerdir.

Şener (2007) çalışmasında Batı Karadeniz bölgesinde Amasra ilçesinde yüzeyleyen sığ denizel, monoton, platform tipi karbonat olan İnalıtı Formasyonundaki Bentik Foraminiferleri incelemiştir. Özellikle Neotrocholinid ve Orbitolinid türlerini incelemiştir. Üç adet yeni Neotrocholina türü tanımlamış ve formasyon çalışma alanındaki yaşı Geç Kimmericiyen Erken Apsiyen olarak belirlemiştir.

Acun (2009) çalışmasında Amasra Bölgesinde HEMA şirketine ait Tarlaağzı kuyusunun çevre kaya özelliklerini ve duraylılığını incelemiştir. Kuyuda uygulanan beton tahkimatı duraylılık açısından değerlendirmiş ve kuyunun açılan 490 m derinliğine kadar betonda herhangi bir yenilme olgusuyla karşılaşmayıp bütün kaya birimleri için kullanılan C 25 betonunun kuyu tahkimatı için yeterli olduğunu tespit etmiştir. Kuyunun duraylılık çözümlerini hem sayısal gerilme hem de analitik çözümlene yöntemi ile yapmıştır ve sonuç olarak kuyuda herhangi bir duraysızlık probleminin bulunmadığını ortaya koymuştur.

Tekinırk (2012) çalışmasında Bartın Amasra Taşkömürü Havzasındaki Karbonifer yaşlı kömürlerin gaz miktarlarını, bileşenlerini ve ekonomikliğini incelemiştir. HEMA tarafından açılan sondajlardan elde edilen karotları CBM labararuarında inceleyerek korelasyonu yapılmış kömür damarlarının ortalama gaz miktarlarını 4, 5.22, 4.4, 7.9, 5.3 m<sup>3</sup>/t olarak tespit etmiştir. CBM kuyularından alınan gaz numunelerini inceleyerek gazın bileşenlerini en fazla metan ve az miktarlarda etan, karbondioksit, azot ve hidrojen olarak tespit etmiştir. Çalışmanın sonucunda Amasra bölgesindeki kömür kökenli gazın doğal gaz olarak kullanılabilceğini saptamıştır.

Aydiner (2013) çalışmasında yer altı kömür madenleri ana galerilerinin gelecekte üretimin sona ermesinden sonra PHES su depolama amaçlı alt rezervuar olarak kullanımını araştırmıştır. Bu çalışma kapsamında Amasra B projesi yeraltı taşkömürü madeni ana galerilerindeki kayaçları (kumtaşı, kıltaşı, kömür, silttaşı, şeyl) incelemiştir. Birimlerin kaya kütlesi sınıflandırma sistemiyle numerik modellemesini yaparak kömür madenleri ve ana galerilerinden PHES tesisi olarak yararlanılabileceği sonucuna varmıştır.

### **3.2 STRATİGRAFİ**

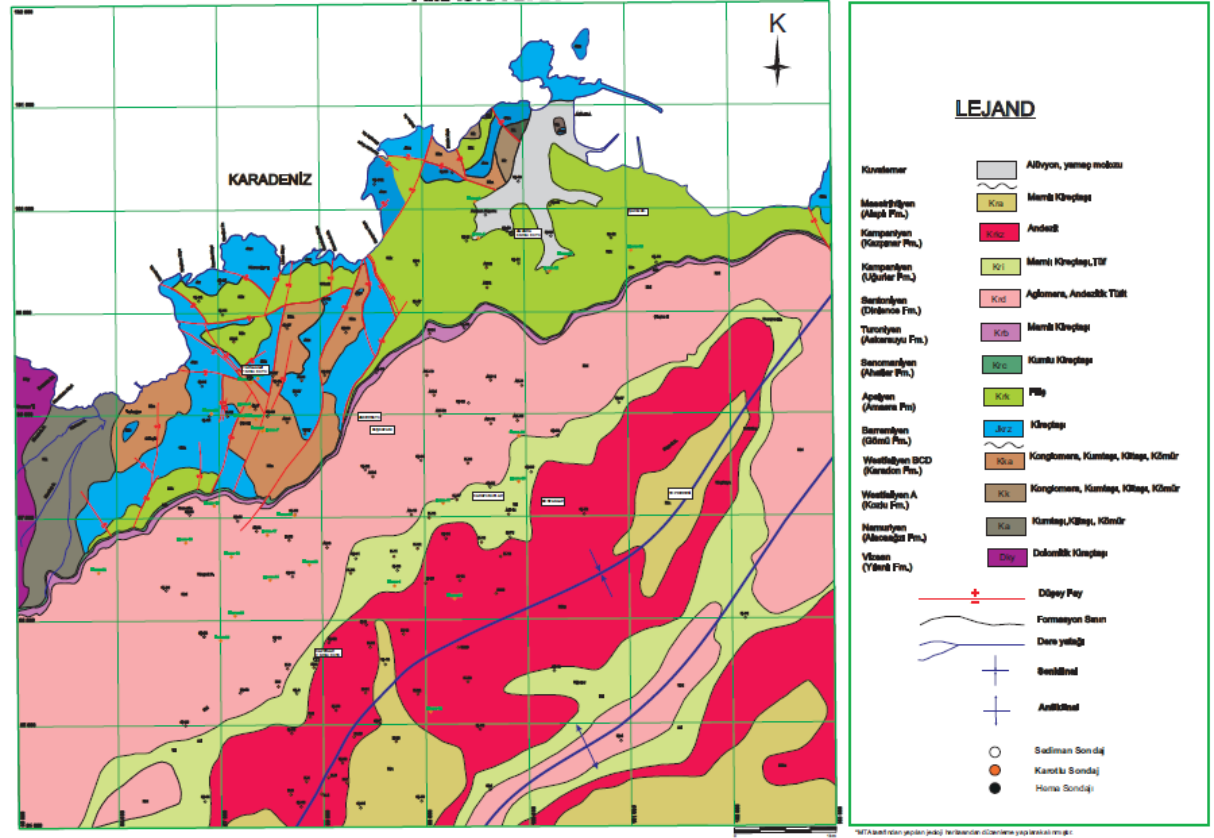
İnceleme alanında en eski Paleozoyik yaşlı kayaç olan, Devoniyen-Karbonifer (Vizeen) aralığında oluşan Yılanlı Formasyonu yer almaktadır. Yılanlı Formasyonu üzerine havzasının en önemli doğal kaynağı olan taşkömürünü içeren formasyonlar gelmektedir. Yılanlı Formasyonu üzerinde Üst Karbonifer (Namuriyen) yaşlı ince kömür damarları ihtiva eden Alacağzı Formasyonu bulunmaktadır. Alacağzı Formasyonu üzerine gelen kömürlü iki formasyondan birincisi Üst Karbonifer-Westfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu'dur. Kozlu Formasyonu üzerinde Üst Karbonifer-Westfaliyen BCD yaşlı Karadon Formasyonu bulunmaktadır. Sahada Paleozoyik yaşlı formasyonların son ürünü olan Karbonifer-Permien

(Permotriyas) yaşlı Arıtdere Formasyonu, Karadon Formasyonunun üzerine oturmaktadır (Şekil 3.2). Paleozoyik yaşlı formasyonlar üzerinde transgresyonla Mesozoyik yaşlı formasyonlar bulunmaktadır. Bölgede Paleozoyik yaşlı formasyonlar üzerine diskordan olarak Barremiyen-Jura yaşlı kireçtaşıdan meydana gelen Gömü Formasyonu gelmektedir. Gömü Formasyonu üzerinde uyumlu olarak filiş tipi kayalardan meydana gelen Apsiyen-Albiyen yaşlı Amasra Formasyonu oluşmuştur. Alt Kretase'den sonra bölge Avusturya fazının etkisiyle yükselmiş ve aşınmaya uğramıştır (Altıparmak ve Özdemir 1992). Üst Kretase yaşlı formasyonlar diskordan olarak; Alt Kretase yaşlı formasyonlar üzerine, Alt Kretase yaşlı formasyonların aşındığı yerlerde ise Paleozoyik yaşlı formasyonlar üzerine gelmişlerdir. Alt Kretase birimlerinden Amasra Formasyonu üzerinde Üst Kretase yaşında olan sırasıyla Ahatlar, Askersuyu, Dinlence, Uğurlar, Kazpınar ve Alaplı formasyonları bulunmaktadır. Bu formasyonlar arasından Amasra Formasyonu üzerinde diskordan olarak kumlu kireçtaşıdan meydana gelen Üst Kretase-Senomaniyen yaşlı Ahatlar Formasyonu; üzerinde ise uyumlu olarak marnlı kireçtaşıdan oluşan Üst Kretase-Turoniyen yaşlı Askersuyu Formasyonu oluşmuştur. Askersuyu Formasyonu üzerine denizaltı volkanizması ürünü olan andezit, tuf, marn ve aglomera ardalanmasından meydana gelen Üst Kretase-Santoniyen-Koniasiyen yaşlı Dinlence Formasyonu yer almaktadır. Bunun da üzerinde marn-killi kireçtaşı, tuf ardalanmasından meydana gelen Üst Kretase Kampaniyen yaşlı Uğurlar Formasyonu görülmektedir. Uğurlar Formasyonu andezit, tuf ve marndan meydana gelen Üst Kretase Kampaniyen yaşlı Kazpınar Formasyonu ile örtülmektedir. Kazpınar Formasyonu üzerine de Kretase'nin son ürünü olan, marnlı kireçtaşlarından meydana gelen Üst Kretase-Meastrichtiyen yaşlı Alaplı Formasyonu gelmektedir. Senozoyik, havzada Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyonlar ile temsil edilmektedir. Havza genellikle Hersiniyen ve Alp orojenezleri etkisinde kalarak kıvrılmış ve kırılarak bugünkü yapısını kazanmıştır (Altıparmak ve Özdemir 1992). Bartın-Amasra havzası jeoloji haritası Şekil 3.3'de verilmiştir.



P A L E O Z O Y I K		M E S O Z O Y I K										ÜST SİSTEM	OROJENEZ VE FAZLAR
K A R B O N İ F E R		K R E T A S E										SİSTEM	SERİ
ALT KARBONİFER		ALT KRETASE										MEAST- RICHTEN	KAT
VİZEEN		BARREGEYEN										KAMPANİEN	FORMASYON ADI
NAMURİYEN		SANTONİYEN										KAMPANİEN	KALINLIK
ALACAAĞZI		DİNLENCE										KAZPUNAR	RUMUZ
200-570 m.		30-350 m.										10-130 m.	15-200 m.
Ka		Krah										Krah	Kraal
Dy		Kram										Krah	Kraal
Dolomitik kireçtaşı		Kireçtaşı										Kireçtaşı	SÜTUN KESİTİ
Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı		Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı										Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı	LİTOLOJİ AÇIKLAMA
Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür		Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür										Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür	Alüvyon, Yamaç molozu
Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür		Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür										Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür	Marnlı kireçtaşı
Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür		Kumlu kireçtaşı										Kumlu kireçtaşı	Andezit
		Fily										Fily	Marnlı kireçtaşı
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Aglomera, Andezitik tuf
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Subberrinyen
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Marnlı kireçtaşı
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Avustriyen
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Palatiniyen
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Asturiyen
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Sudetiyen
		Kireçtaşı										Kireçtaşı	Laramiyen

Şekil 3.2 Bartın-Amasra havzası genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Altıparmak ve Özdemir 1992).



Şekil 3.3 Bartın-Amasra havzası jeoloji haritası (Altıparmak ve Özdemir 1992).

Havza genel olarak Hersiniyen ve Alp orojenezleri etkilerinde kalarak kıvrılmış ve kırılarak bugünkü yapısını kazanmıştır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### 3.2.1 Alaplı Formasyonu

Alaplı Formasyonu birçok yerde genellikle marn olarak izlenir. Fakat ara katkı olarak killi kireçtaşı, kila, tüf, nadir siltaşı, kumtaşı ara seviyeleri mevcuttur. Formasyonun rengi genellikle beyaz, açık sarı, nadir olarak pembe kırmızı, yeşil olmaktadır. Yeşil renk daha ziyade kil oranının bol olduğu yerlerde hakim renk olabilmektedir. Tabakalanma belirgin olarak izlenebilmekle birlikte marnlı seviyelerde ince ve orta, killi seviyelerde ise orta katmanlıdır. Bartın Hatipler Köyünde yine andezitler üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan Alaplı Formasyonu içinde sarı beyazimsı renkte, ince-orta tabakalı, orta sıklıkta tutturulmuş kumtaşları izlenmektedir. Kumtaşında bitki ve sap izleri bulunmaktadır. Bartın Kalafatoğlu Köyü dolayında Alaplı Formasyonu yine andezitler üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almaktadır. Alaplı Formasyonu çökmesi esnasında Üst Kretase başlarından beri devam eden volkanizmada bir duraklama olmuş ve bu esnada duraylı bir denizde yer yer derinleşen, ancak

Lamelli ve Ekinitlerin yaşayabileceği kadarda sığ bir koşulda çökelme meydana gelmiştir (Yavuz vd. 2011). Alaplı Formasyonu oluşumu esnasında düşük enerjili yer yer sığ, fakat bazen derinleşen bir ortamı karakterize etmektedir. Alaplı Formasyonunun yaşı Meastrichtiyen olarak Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından belirlenmiştir.

### **3.2.2 Kazpınar Formasyonu**

Taşköprü mevki, Harman Tepe, Kazpınar Köyü, Namazlar Tepe, Bostanlar Köyü civarında mostra vermektedir. Genellikle andezit, latit andezit, piroksen andezit gibi isimler Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından makro ve petrografik gözlemler sonucu verilmiştir. Makro gözlemlerde genellikle pembe, gri, yeşil renkli bir çimento içerisinde beyaz renkli plajiyoklaz, az hornblend ve biyotit kristallerinden oluşan bir kaya özelliği gösterir. Tabanında Uğurlar Formasyonu ile uyumlu şekilde bulunur. Tavanında ise Alaplı Formasyonu açısız diskordans ile gelmektedir. Ada yayı volkanizmasını oluşturan, olay okyanusal kabuğun kıtasal kabuğun altına girmesinden doğan tektonik gelişim sürecinde oluşmaktadır. Çalışılan alanda okyanusal kabuğun kıtasal kabukla çarpışması sonucu Şili tipi bir yay volkanizması oluşmuştur ve bu çarpışma ile Tetis okyanusunun Pontit kuşağı altına girmiştir. Bölgedeki yay volkanizması Turoniyen' den başlayarak Orta Eosen sonuna kadar ürünlerini vermiştir. Kazpınar Formasyonu ise bu baskın andezitik lav akıntısının meydana geldiği ve volkanizmanın en zengin ürünlerini verdiği evreye rastlamaktadır. Kazpınar Formasyonunun yaşı Kampaniyen olarak Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından belirlenmiştir.

### **3.2.3 Uğurlar Formasyonu**

Bostanlar Köyü, Kazpınar Köyü, Uğurlar Köyü ve Kaman Köyü civarında yüzeylenmektedir. Formasyon marn, killi kireçtaşı, tüfit, kumtaşı, kiltası aralanmasından meydana gelmektedir. Killi kireçtaşı ve marn baskındır ve nadir olarak aglomera seviyesi taşımaktadır. Genelde marnlı seviyeler ve killi kireçtaşlarında çimentolanma iyidir ve pembe, kirli sarımsı beyaz, kirli sarı renklindedir. Dinlence Formasyonundaki tüf seviyelerinin artması ve marn, kiltası ile tedrici bir geçiş mevcuttur. Tavanda ise Kazpınar Formasyonu ile konkordandır. Tabakalanma ince-ortadır. Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından alınan paleontolojik numunelere göre yaşı Kampaniyen olarak belirlenmiştir.

Uğurlar Formasyonu içerisinde çok bol planktonik foraminifer bulunduğu için bu birim derin denizde çökelmiş, fakat tüfit gibi girdiler taşıması sebebiyle, volkanik aktif kuşak ile temasının bulunduğunu gösteren bir bölgede çökelmiş olduğu sonucuna varılmıştır (Yergök vd. 1987).

### **3.2.4 Dinlence Formasyonu**

Meşelik, Dinlence, Çömlekkıran Tepe civarında yüzeilenmektedir. Tabanında Askersuyu Formasyonu yer almaktadır. Bu birimden dereceli olarak karbonat miktarının azalması ve detritik seviyelerin artması ile Dinlence Formasyonuna geçilmektedir. Dinlence Formasyonu olarak bu istif bölgede en fazla değişim gösteren istiflerin başındadır. Aglomera-tüf aralanmasından oluşmaktadır. Ancak baskın şekilde aglomera-tüf aralanması; çoğunlukla marn, andezitik lav akıntısı, su altı heyelanı ile ani depolanmalar gösteren fasiyes farklılıkları ile oldukça değişim gösteren bir formasyondur. Oldukça kalın ve karmaşık istif özelliği sunan aglomeralar oldukça hızlı bir çökme özelliği göstermektedirler. Dinlence Formasyonu içinde tüf ara katkıları sık bir şekilde yer alır. Marn, kumtaşı, kıltaşı ara katkıları da bu istif içinde izlenmektedirler. Dinlence formasyonu Üst Kretase başında Neotetisin Kuzey kolunun Pontitlerin altında girmesi ile oluşan Şili tipi bir yitim sonucu meydana gelen yay volkanizmasının ürünleri olarak ortaya çıkmış volkanosedimanter dizilimin bir bölümünü teşkil etmektedir ve yapılan sondajlarda 30-350 m arasında kalınlıkta kesilmiştir. Yaşı Santoniyen-Koniasiyen olarak belirlenmiştir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.5 Askersuyu Formasyonu**

Amasra Bakacak Mevkii, Çömlekkıran Tepe, Şah Mahallesi, Ahatlar ve Karainler Köyü çevrelerinde mostra vermektedir. Tabanı Ahatlar Formasyonu ile konkordan olmakla birlikte, tavanı Dinlence Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Litolojik olarak beyazımsı gri, pembe, beyaz renkli marnlı kireçtaşlarından oluşmuştur. İnce ve orta tabakalı görünümündedir. Üst Kretase'nin tabanında yer almaktadır. Formasyonlarla dokanağında bir bant şeklinde Ahatlar Formasyonu ile birlikte devamlılık göstermektedir. Bu özelliğinden dolayı; Üst Kretase'nin kılavuz formasyonu olarak değerlendirilmekle birlikte kalınlığı 5-25 m arasında değişim göstermektedir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.6 Ahatlar Formasyonu**

Amasra Bakacak mevki, Meşeliktepe, Ahatlar Köyü ve Karainler Köyü çevresinde yüzeylemektedir. Tabanında Gömü ve Amasra Formasyonu ile diskordan olmakla birlikte Alt Kretase birimlerinin aşındığı yerlerde Paleozoyik yaşlı formasyonların üzerine diskordan olarak oturmaktadır. Tavan ise Askersuyu Formasyonu ile konkordandır. Sığ deniz çökeli özelliği göstermektedir. Litolojik olarak gri, grimsi beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, kumlu, erime boşluklu kumlu kireçtaşlarından oluşmuştur. Askersuyu Formasyonu ile birlikte Alt Kretase ve Paleozoyik yaşlı birimlerini diskordan olarak örtmektedir. Tespit edilen kalınlığı 15-35 m arasında değişmektedir. Yaşı Senomaniyen olarak belirlenmiştir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.7 Amasra Formasyonu**

Amasra Sah Mahallesi, İnpiri, Ahatlar, Gömü çevrelerinde yüzeylemektedir. Bazı araştırmacılar tarafından Kilimli Formasyonu olarak da adlandırılmaktadır. Altta Gömü Formasyonu ile konkordan, üstte Ahatlar Formasyonu ile diskordandır. Amasra-Gömü Köyü İnağzı Tepe üzerinde Ammonit taşıyan kesimleri de izlenebilmektedir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

Litolojik olarak, Gömü Köyü çevresinde Ammonit fosillerini bünyesinde tutan, karbonatlı kumtaşı, silttaşı, kiltası seviyeler halinde bulunur. Amasra Sah Mahallesi çevresinde çok miktarda kongresyonlar taşımaktadır. Gri, gri mavi marn ve karbonat çimentolu kumtaşı ile kiltası ve silttaşlarının ardalanmasından meydana gelmiştir. Filiş fasiyesi özellikleri göstermektedir. Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından Ammonitlerle yapılan yaş tayininde bu formasyonun yaşı Apsiyen–Albiyen (Alt Kretase) olarak belirlenmiştir.

### **3.2.8 Gömü Formasyonu**

Tarlaağzı Köyü, Gömü Köyü Amasra, Abbas ve İnpiri Köyleri civarında yüzeylemektedir. Üstte yer alan Amasra Formasyonu ile konkordan, tabanda Paleozoyik yaşlı formasyonlar üzerine diskordan olarak oturmaktadır. Litolojik olarak tabanında birkaç kez konglomeratik seviyeler yer almaktadır. Bu konglomeratik seviyelerin çakılları Yılanlı, Kozlu-Karadon, Alacağzı Formasyonlarına aittir. Birkaç kez devam eden bu konglomeratik seviyelerin

ardından kızıl renkli karbonat çimentolu kumtaşı seviyeleri gelmektedir. Kumtaşı, kireçtaşı ardalanmasından sonra tamamen kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Kireçtaşları gri, grimsi bej, beyaz ve sütlü kahverengidir. Tabakalanmaya paralel, dik düzensiz çatlaklı, çatlakları kalsit ve pirit dolgulu, orta-kalın tabakalı, yer yer masif görünümlü kireç ve dolomitlerden meydana gelmektedir. Alınan numunelerin paleontolojik değerlendirilmesi yapılmış olup, formasyonun yaşı Üst Jura-Alt Kretase (Barremiyen) olarak belirlenmiştir. Gömü Formasyonunun çökel ortamının çok engebeli olduğu, kısa mesafelerde kalınlık değişimi göstermesinden anlaşılmış ve Kaman Köyü ve civarında yapılan sondajlarda Güney-Güneybatıya doğru kalınlığının arttığı belirlenmiştir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.9 Arıtdere Formasyonu**

Bartın-Amasra Havzasının doğusunda Arıtdere, Mevrender, Karainler Köyü, Saraydüzü ve Abbas Köyü çevrelerinde yüzeylemektedir. Bu formasyonun en iyi şekilde görülebildiği yerler Arıtdere ve Çakraz dolaylarıdır. Onun için bu formasyonu araştırmacıların bazıları Çakraz, bazıları ise Arıtdere Formasyonu olarak adlandırmaktadırlar.

Litolojisi kumtaşı, nadir konglomera, nadir kiltası ara seviyeli bir istifdir. Taneler kuvars parçalarının kızıl renkli killi bir çimento ile tutturulmasından meydana gelmektedir. Formasyonun kiltası seviyeleri ince-orta katmanlanma göstermesine rağmen, konglomera ve kumtaşı seviyeleri orta ile masif katmanlanma göstermektedir. Katmanlanma genellikle çoğu yerde belirgindir. Arıtdere Formasyonu içinde tektonik aktivite bolca izlenmekte ve çoğunlukla diğer istiflerle olan ilişkileri tektonik olmaktadır (Altıparmak ve Özdemir 1992). Yine içerisinde karbonifer yaşlı kömürlü dilimler bulunmaktadır. Bu formasyonun, rengi ve bazı sedimanter yapı izleri sebebiyle karasal koşullarda meydana geldiği düşünülmektedir. İçinde nadir jipslerin bulunması bir artık denizin kuruması gölsel ortam koşullarını da beraberinde getirmekte ve iyice karasal ve çöl ikliminin etken olduğunu gösteren izlere de rastlanmaktadır (Yavuz vd. 2011).

### **3.2.10 Karadon Formasyonu**

Gömü ve Tarlaağzı köyleri civarında yüzeylemektedir. Bu formasyon üç birim halinde incelenmektedir. Westfaliyen B(WB), Westfaliyen C (WC), Westfaliyen D(WD) adı altında çalışma alanında temsil edilmektedir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### 3.2.10.1 Westfaliyen B Birimi (WB)

Bu birimin alt sınırı, Kozlu Formasyonu ile tam olarak ayrılamamaktadır. Palinolojik veriler ışığında olası şekilde tespit edilebilmektedir. Litolojik olarak gri, koyu gri renkli kumtaşı, kiltası, siltaşı ve kömür damarlarından meydana gelmektedir. Genellikle taşkın ovası çökelleri hakimdir. Kozlu Formasyonunun üst seviyelerini hatırlatmaktadır. Bu birim içinde kalınlıkları 0,05-0,90 m arasında değişen kömür damarları geniş bir yayılım göstermektedir. Westfaliyen B biriminin ortalama kalınlığı 200 m dolaylarındadır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### 3.2.10.2 Westfaliyen C Birimi (WC)

Westfaliyen B ve Westfaliyen D birimleri arasında yer almaktadır. Alt sınırı kılavuz seviye olarak alınan, jeofizik kuyu loglarında radyoaktivitesi yüksek olarak izlenen ve karotlu sondajlarda şiferton olarak tespit edilen refrakter kildir. Litolojik olarak gri, gri beyaz renkli konglomera ve kumtaşı ile siyah, gri, koyu gri renkli kiltası, siltaşı ve kömürden oluşmaktadır. Sondajlarda siyah, kahve renkli ve sütlü kahve renkli şiferton seviyeleri gözlenmektedir. Kılavuz olarak alınan şifertonun kalitesi alttan üstlere doğru değişmektedir. Üstteki siyah, koyu siyahımsı, kahve renkli şiferton çok iyi kalite, ortadaki kahve, koyu kahve renkli şiferton iyi kalite, alttaki açık sütlü kahve renkli şiferton düşük kalitedir. Kalite renk tonu açıldıkça iyice düşmektedir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

Amasra Taşkömürü İşletmesi Müessesesinde 5 adet ekonomik kömür damarı işletilmektedir. İşletilen ve adlandırılmış olan Westfaliyen C (WC) birimi içindeki kömür damarlarının güneye doğru uzantısı tespit edilmiş bulunmaktadır. Bu damarlar;

- Kurudere Damarları (Alt-Üst Kurudere) 0,60-1,50 m kalınlığında
- Tavan Damar 1,50-3,00 m kalınlığında
- Kalın Damar 3,00-4,50 m kalınlığında
- Taşlı Damar 2,50-3,00 m arasında kalınlık göstermektedir.

Tavan damarı içerisindeki refrakter kil seviyesi Westfaliyen C birimi içerisinde de ikinci bir kılavuz seviye olarak değerlendirilmiştir ve bu kilde yapılan X ışını analizinde, illit, kaolinit, kuvars mineralleri tespit edilerek bu seviyenin kalınlığı 0,05-0,35 m arasında değiştiği ve

rengi beyaz, grimsi beyaz renkte olup Tavan damarı bu ikinci kılavuz seviye sayesinde makro olduğu tanımlanmıştır. Kurudere Damarları, Westfaliyen C biriminin en üst damarları olmakla birlikte kalınlıkları ve yayılımları sık sık değişmektedir. Westfaliyen C biriminin kalınlığı 150-200 m arasında değişmekte olup, taşkın ovası çökelleri, kanal çökellerinden daha fazla kalınlık arz etmektedirler. Bu birimde tespit edilen 0,50 m üzeri kalınlıkta 11 adet kömür damarının toplam kalınlığı 6,75 m'dir ve bu birimin kalınlığının % 11'i kömür oluşuklarıdır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.10.3 Westfaliyen D Birimi (WD)**

Litolojik olarak kırmızı yeşil (alacalı), koyu gri, gri, yeşil, yeşilimsi renkli silttaşı, kiltası, beyazımsı gri renkli konglomera ve kumtaşı, siyah, sütlü kahve renkli şifertonlardan oluşmuştur. Westfaliyen C biriminin üzerinde yer almakta olan bu birimin kalınlığı yaklaşık olarak 200-250 m' dir. Doğuya ve Güneye gidildikçe kalınlık artmaktadır. Tespit edilen damarlar incedir ve genellikle işletilebilir nitelikte değildir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### **3.2.11 Kozlu Formasyonu**

Formasyonun yaşına göre genel olarak Westfaliyen A olarak ta adlandırılmaktadır. Bu formasyonda litolojik olarak litofasiyes incelemesine göre Kozlu Formasyonu; mikalı karbonatlı kumtaşı, orta taneli kumtaşı, kaba taneli kumtaşı, çakıllı kumtaşı, masif ve yatay katmanlanmış konglomera, organik maddece zengin kiltası ve kömür gibi litolojilerin aralanmasından oluşmaktadır.

Örgülü ve menderesli akarsu sisteminde çökelen Kozlu Formasyonu'nda en belirgin sedimanter yapılar; teknesmi çapraz tabakalanma, paralel katmanlanma ve laminalanma, aşındırılmalı taban, derecelenme, kil ve kömür çökeli, bitki kök, iz vs. dir. Büyük ölçekli çapraz katmanlanmalarda ve çakılların uzun eksenlerine göre (Altıparmak ve Özdemir 1992). tarafından yapılan ölçümler birimin paleo akıntı yönlerinin genellikle Kuzey-Kuzeybatı yönünde olduğunu belirlemiştir. Formasyon kanal ve taşkın ovası çökellerinin aralanmalı olarak çökelmelerinden meydana gelmektedir. Kanal çökelleri taşkın ovası çökellerini yer yer aşındırılmış bulunmaktadır. Bu aşındırma kömür damarlarını da etkilemiş olup, bazı kömür damarları tamamen aşınmış, bazılarında da aşınma ile incelmeler olduğu görülmektedir. Kozlu serisinin ilk 300 metresinde taşkın ovası çökelleri daha fazla hakimdir. Tabana doğru



kanal çökelleri çoğalmaktadır. Westfaliyen A' nin içerisinde ve Westfaliyen C' nin tabanını oluşturan şifertonun 200 metre altında, doğu sahasındaki 9 tespit edilen 5 metreden daha kalın kılavuz seviye olabilecek kırmızı renkli kumtaşı bulunmaktadır (Yavuz vd. 2011).

Kömür damarlarından alınan numunelerin Altıparmak ve Özdemir (1992).tarafından yapılan palinolojik analizler sonucunda yaşları Westfaliyen A olarak bulunmuştur.

### **3.2.12 Alacağzı Formasyonu**

Yılanlı formasyonu üzerine dereceli olarak gelen bir sığlaşma, karasallaşma sürecinin ilk belirtilerini gösteren ve litolojik olarak kulmfasiyes özelliklerini gösteren (Baykal 1971) bitkili, yeşilimsi, gri renkli kumtaşı, silttaşı ve üst seviyelerinde ince kömür damarları içeren formasyondur.

Sığlaşma ve karasallaşma sürecinin başlangıcı olan Alacağzı Formasyonu kumtaşı, kiltası, silttaşı araldanmasından oluşmaktadır. Kumtaşı, silttaşı ve kiltaları genellikle killi, karbonatlı bir çimento ile tutturulmuş olup, hava ile temas halinde kolaylıkla dağılgandır. Alacağzı Formasyonunun en önemli özelliği konkresyon taşımasıdır. Konkresyonların karbonatça zengin sıvıların konsantrasyonlarını arttırması sonucu meydana geldiği ve bu olayların diyajenetik süreçte tamamlanmış olduğu sonucuna varılmıştır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

Alacağzı Formasyonunun en önemli özelliği konkresyon taşımasıdır ve Alacağzı Formasyonu sığlaşmayı göstermektedir. İçinde bulunan bol bitki sapı, bitki fosil izi de bu sığlaşmanın yavaş yavaş denizel koşullardan delta ortamı çökellerine geçişini göstermektedir ve delta önü çökelleri, deltanın üst kesiminin kısmen su üstü, kısmen su altındaki bölümüdür (Altıparmak ve Özdemir 1992). Zonguldak havzası Yılanlı Formasyonu ile sığlaşıp, Alacağzı Formasyonu ile delta ortamına geçerek iyi akaçlanan bataklık ortamından geçtikten sonra, akaçlanma azalarak kötüleşmiş ve Westfaliyen ile birlikte kötü akaçlanan bataklık ortamının hakim olması ile geniş taşkömürü havzası meydana gelmiştir (Yavuz vd. 2011).

Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından palinoloji analizlerinde tespit edilen spora dayanarak yaşı Namuriyen olarak belirlenmiştir.

### 3.2.13 Yılanlı Formasyonu

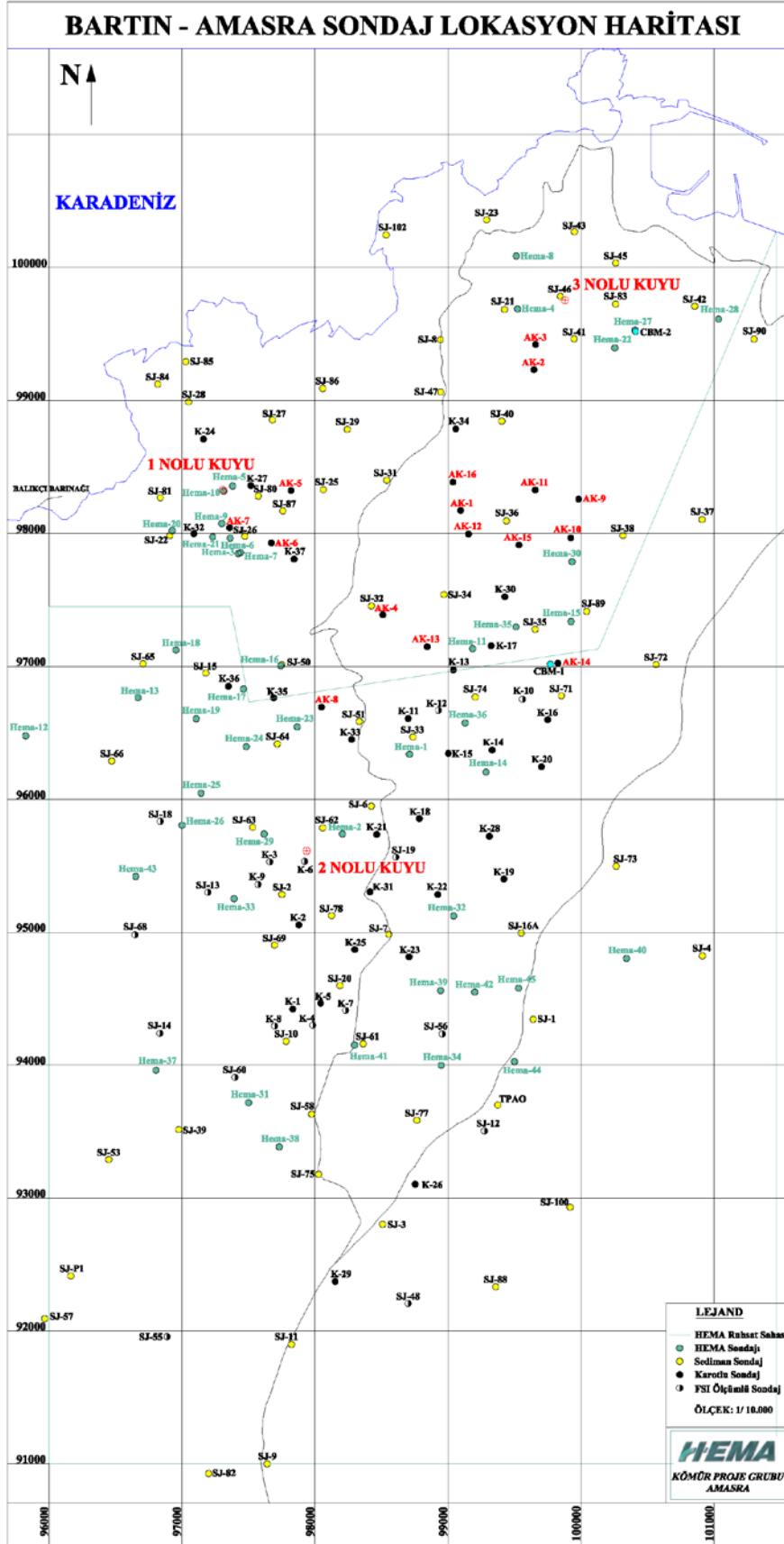
Dolomit, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ardalanımlarından meydana gelmekte olup, Saner (1980) tarafından adlandırılması yapılmıştır. Ayrıca Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından yapılan palinolojik analizler sonucunda yaşı Vizeen olarak belirlenmiştir.

Kireçtaşı, dolomit genellikle Devoniyen yaşlı olanlarda izlenmesine rağmen çört yumrulu ve çört bantlı kireçtaşları Vizeen (Karbonifer) kayaçlarında daha fazla izlenmektedir. Renk gri, siyah, açık kahverengi, koyu kahverengi gibi değişik renklerde olmaktadır. Oluşumun resifal ortamda olduğu ve bu zaman aralığında çökeltme alanının oldukça sığ (50-60 m' yi geçmeyen) ve 20° den fazla sıcaklıkta bir bölgede yer aldığı görülmektedir (Yavuz vd. 2011).

## 3.3 YAPISAL JEOLJİ

Bartın-Amasra Taşkömürü Havzasında Hersiniyen Orojenezi etkisiyle kıvrılan, kırılan ve çeşitli dislokasyonlara uğramış Paleozoyik yaşlı formasyonların üzerine transgresyonla gelen Mesozoyik yaşındaki formasyonlarla birlikte Alp Orojenezi etkisinde kalarak oluşan ikincil deformasyon sonucunda, makaslama zonları, devrik kıvrımlar ve ek aylanmalarla oluşan bölgede büyük yapısal değişiklikler görülmektedir. Bu durum kömür damarlarının belirlenmesinde ve korelasyonunda sorunlara neden olmaktadır. Hersiniyen Orojenezi ile birlikte meydana gelen kıvrımların doğrultusu Kuzeybatı-Güneydoğu ve Alp Orojenezi ile meydana gelen kıvrımların doğrultusu ise Kuzeydoğu-Güneybatıdır. Amasra yolunun batısında Kretase yaşındaki formasyonların altında kalan Alacağzı, Kozlu-Karadon Formasyonlarının yüzeye yakın olan kısımları, tektonik hareketlerden etkilenerek kırılmış ve kıvrımlanmış bulunmaktadır. Paleozoyik yaşlı formasyonların alt kesimleri üstlere göre daha az dislokasyona uğramış bulunmaktadır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

Sj-10, Sj-32, Sj-51, Sj-58, Sj-61, Sj-75, Sj-78, K-1, K-4, K-5, K-7, K-25, K -31, K-33, AK-4, Hema-2, Hema-38 sondajlarında (Şekil 3.4) merkez ters fayıyla Kozlu Formasyonunun Karadon Formasyonu üzerine itildiği tespit edilmiş bulunmaktadır (Yavuz vd. 2011).



Şekil 3.4 Bartın-Amasra sondaj haritası (Hema 2012).

Bartın-Amasra yolunun batısındaki sondajlarla bu yola yakın olan sondajlarda; Paleozoyik Formasyonlarının eğimlerinin daha az olduğu ve fazla değişim göstermediği alınan karot örnekleriyle Altıparmak ve Özdemir (1992) tarafından belirlenmiştir. K-1, K-4, K-5, K-7, K-23, K-31, K-33, K-34 (Şekil 3.4) sondajları örnek verilebilir. Bu sondajlarda Kozlu Formasyonu ters fay ile Karadon Formasyonu üzerine gelirken, Karadon Formasyonunun da bir kısmını beraberinde sürükleyerek, Karadon Formasyonunun kalınlığının artmasına sebep olmuştur (Yavuz vd. 2011).

### **3.3.1 Kıvrımlar**

Çalışma alanında kıvrımlar, Hersiniyen ve Alp Orojenezlerinin tesiriyle oluşmuştur.

#### **3.3.1.1 Hersiniyen Orojenezinin Etkisiyle Oluşmuş Kıvrımlar**

Hersiniyen tektonik hareketi ile Karbonifer yaşlı birimler sıkışma etkisi altında kalmışlar ve bu sıkışma sonucu sahada birçok kıvrım oluşmuştur.

Gavurpınar Senklinali; eksenini Güneydoğu-Kuzeybatı doğrultulu olup, çekirdeğinde Alacağzı Formasyonu yer almaktadır. Her iki kanadında ise Yılanlı Formasyonu bulunmaktadır. Kuzeybatısında çalışma alanı dışındaki İnkum Antiklinali ile Kuzeydoğusunda Dıştaşlık Antiklinali arasında yer almaktadır. Kuzeydoğu Güneybatı yönlü kuvvetlerin etkisi altında kalarak senklinalin çekirdeğindeki birimlerin fazlası ile deforme olmasına sebep olmuştur. Dıştaşlık Antiklinali; eksenini Kuzeybatı-Güneybatı doğrultulu olmakla birlikte çekirdekte Yılanlı Formasyonu, kanatlarında ise Alacağzı Formasyonu bulunmaktadır. Gavurpınar Senklinali ile Amasra-Tarlağzı Baseni arasında yer almaktadır. Kuzeydoğu kanadı fayla kesilmiş tali bir kıvrımdır. Amasra Tarlağzı Senklinali çok sayıda kıvrım ve faylardan oluşan bir yapıya sahiptir. Yılanlı Formasyonundan, Karadon Formasyonunun en üstüne kadar olan Karbonifer yaşlı birimlerin hemen hepsi bu senklinal içinde yer almaktadır. Basen şeklini alan senklinalin tabanının Amasra yakınlarında yükselmekte olduğu Sj-45, Sj-43, Sj-23 nolu sondajlarda (Şekil 3.4) Alacağzı Formasyonunun altında Yılanlı Formasyonu kesilen karot örneklerine göre belirlenmiştir (Yavuz vd. 2011).

### 3.3.1.2 Alp Orojenezi ile Oluşan Kıvrımlar

Sahanın kuzey kısmında etkili olan Alpin tektonik hareketi Kretase sonrası kıvrımları meydana getirmektedir (Aydiner 2013).

Uğurlar Antiklinalinin eksenini Kuzeydoğu-Güneybatı yönünde uzanmaktadır. Çekirdeğinde Dinlence Formasyonu bulunmaktadır. İki kanadında Uğurlar ve Kazpınar Formasyonları yer almaktadır. Simetrik bir kıvrımdır ve kıvrım ekseninden kırılmış bulunmaktadır (Yavuz vd. 2011).

Kazpınar Senklinali; Uğurlar Antiklinalinin Kuzeybatı kanadında yer alır. Eksenini Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusundadır ve eksenini Uğurlar Antiklinalinin eksenine paraleldir. Senklinalin çekirdeğinde Alaplı Formasyonu yer almaktadır ve simetrik bir kıvrım görünümündedir (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### 3.3.2 Faylar

Havzanın kuzeyinde Amasra-Tarlaağzı Baseninde görülen faylar, genellikle normal olmakla birlikte bir kısmında da ters fay şeklindedir. Uzunlukları Kuzey-Kuzeybatı, Güney-Güneybatı, Doğu-Batı, Kuzey-Kuzeydoğu, Kuzey-Güney doğrultusundadır. Faylar yüzeyde görülen ve sondajlarla tespit edilen örtülü faylar olmak üzere iki kısımda incelenir. Yüzeyde görülen faylardan Taşboğaz Tepe boyunca uzanan Süzekdere de görülen ve birbirini kesen iki ters fay Alacağzı Formasyonu ile Yılanlı Formasyonuna tesir etmiştir. Kuzeydoğuda Alt Kretase sonrası hareketlerle (Alp Orojenezi) Alt Kretase ve Paleozoyik yaşlı formasyonlarını etkileyen ters faylar alttaki Paleozoyik yaşlı formasyonlarda ekaylanmalara sebep olmuştur (Altıparmak ve Özdemir 1992). Tarlaağzı ve Ahatlar kuzeyinde Gömü Formasyonu içerisinde birçok listrik fay gözlemlenmiştir (Yavuz vd. 2011).

Sondajlarla tespit edilmiş olan örtülü faylar ise kısaca şöyle özetlenebilir. Sj-10, Sj-51, Sj-61, Sj-58, Sj-75, K-1, K-4, K-5, K-7, K-21, K-25, K-33, H-2, H-38, AK-4 nolu sondajlarda tespit edilen ve Westfaliyen yaşlı formasyonlarına tesir eden merkez ters fay ile Kozlu Formasyonu, Karadon Formasyonu üzerine bindirmiştir. Doğuya doğru gidildikçe bindiren Kozlu Formasyonunun kalınlığı düşmektedir. Bu sondajlarda ters fayın etkisi ile formasyonlar eziktir ve eğimleri yüksektir. Bindirme düzleminin altından itibaren eğimler azalmakta

duraylılık ise artmaktadır. Bu ters fay, Bartın-Amasra yolunun batısında bulunan Karboniferi yaşlı birimleri olumsuz yönde etkilemiştir. Her iki ters fayın etkisi ile bazı yerlerde Kozlu Formasyonu, Kozlu Formasyonu üzerine (Sj-61, K-8 v.s. gibi) bazı yerlerde ise Kozlu Formasyonu Karadon Formasyonu üzerine itilmesiyle kalınlaştığı eski çalışmalarda (Yavuz vd. 2011) belirtilmiş olup yeni yapılan sondajlarda da bu durum gözlenmektedir. K-11, K-12 nolu sondajlar arasından geçen kılavuz seviyenin bu iki sondajda eğimlerinin düşük olmasına rağmen K-12 sondajında, K-11 sondajına göre 120 m daha üstte kesilmiştir. Bu veriler ile iki sondaj arasında normal fay olduğu belirlenmiştir (Yavuz vd. 2011). Sj-69 nolu sondajda görülen normal fay Üst Kretase birimlerini etkilemiştir. Sj-51, Sj-61, Sj-32, Sj-47, Sj-78, Sj-62, K-7, K-33, K-31, K-34, AK-4 nolu sondajlarda ters fayların etkisi ile ekaylanmalar meydana gelmiştir (Altıparmak ve Özdemir 1992). (Örnek vermek gerekirse; AK-4 nolu sondajda tavan damarı 3 defa kesilmiştir). Sj-65, H-13, H-20 sondajlarında tespit edilen Namuriyen' in Westfaliyen A serilerine bindirdiği ters faydır. Sj-50, H-16), K-35, H-24, H-26, Sj-68 yakınlarından geçen düşey atımlı bir faydır (Yavuz vd. 2011). Sj-32, AK-12 civarından geçen, güney bloğunun yükseldiği, önceleri doğu-batı yönünde, sonrasında kuzey doğuya yönelen Tuna fayıdır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

### 3.3.3 Orojenez ve Fazlar

Bartın-Amasra Havzası Hersiniyen ve Alp Orojenezinin tesirinde kalmıştır. Üst Devoniyen-Alt Karbonifer sonrası Südet Fazının tesiri ile bölge yükselmiş ve kara haline gelmiştir. Sonrasında yükselen ve kara haline gelen bu bölge üzerine Üst Karbonifer birimleri çökelmiştir. Üst Karbonifer sonrasında bölgenin batısı yükselmiş (Austrik Fazı), doğuda ise Permian yaşlı birimlerin çökmesi devam ederek Westfaliyen birimleri üzerine çökelmiştir. Permian'den sonra bölge kara halinde kalmış (Paletin Fazı) ancak, Üst Jura-Alt Kretase' de deniz istilasına uğrayarak Üst Jura-Alt Kretase yaşlı birimleri Paleozoyik yaşlı birimlerin üzerine transgresif olarak yerleşmişlerdir. Subhersinik Fazı'nın etkisiyle Alt Kretase sonunda bölge tekrar yükselerek kara haline geçmiş olup bazı yerlerde Alt Kretase yaşlı birimler aşınmıştır. Üst Kretase' de bölge tekrar deniz istilasına uğramış ve Üst Kretase yaşlı birimler Alt Kretase yaşlı birimlerin üzerine açılı diskordan olarak çökelmiştir. Alt Kretase birimlerinin aşındığı kısımlarda Paleozoyik yaşlı birimler üzerine Üst Kretase yaşlı birimleri transgresif olarak açılı diskordansla çökelmişlerdir. Bölgede Üst Kretase' de başlayan deniz altı volkanizması faaliyetleri, Meastrichtiyen'e kadar sürmüştür. Volkanik faaliyetlerin son ürünü olan andezitlerin yerleşmesinden sonra, Kampaniyen sonucunda volkanik faaliyet

durmuş, deniz derinleşmeye başlamış ve andezitler üzerine Alaplı Formasyonu çökelmiştir. Bartın-Amasra Havzası Alp Orojenezini sonucu meydana gelmiş antiklinal ve senklinallerin çekirdeğini oluşturmaktadır olup Paleozoyik yaşlı birimlerin büyük bir kısmı bu antiklinal eksenlerinin yırtılması ve erozyona uğraması ile açığa çıkmıştır. Bölge şimdiki yapısını Kretase sonrası oluşan kıvrım, kırılmalar ve aşınmalar ile kazanmıştır (Altıparmak ve Özdemir 1992).

## BÖLÜM 4

### AMASRA-B TAŞKÖMÜRÜ PROJESİ GALERİ AÇMA ÇALIŞMALARI

#### 4.1 GENEL BİLGİLER

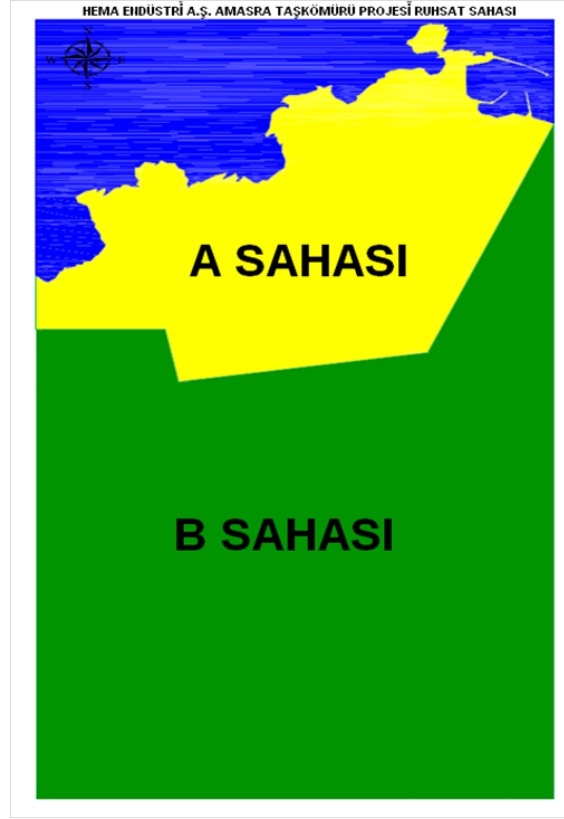
Karadeniz sahilindeki Ereğli'den başlayarak, Kandilli, Zonguldak, Amasra, Pelitovası, Azdavay ve Söğütözü'ne kadar devam eden alanın tamamı Zonguldak Taşkömür Havzası olarak isimlendirilmektedir. Ülkemizde derin taşkömürü madenleri sadece Zonguldak havzasında işletilmektedir. Havza, karbonifer yaşlı, otokton kökenli olup çok kıvrımlı ve faylıdır. Havza, karbonifer devrinde Hersinyen, Kretase devrinde alpin orojenezleri ile kıvrılmış ve kırıklanmıştır. Bölgede çok sayıda fayın bulunması çalışabilir panoları çok küçük boyutlara bölmekte ve çalışma koşullarını zorlaştırmaktadır (Kural 1991).

Tez çalışması kapsamında incelenen maden sahası Bartın ili Amasra ilçesinde olup Karadeniz sahilinden yaklaşık 3 km içeride bulunmakta olup, sahil Amasra kömür sahasının kuzeyinde yer almaktadır. Amasra kömür sahası, Amasra A ve Amasra B olarak iki bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4.1). Amasra A sahası TTK' ya bağlı Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi olup şu an çalışmaya devam etmektedir. HEMA ve TTK arasında yapılan sözleşme gereği, Amasra A sahasında TTK -400 m kotuna kadar çalışacak ve bu derinlikten sonra üretim faaliyeti yapmayacaktır. Bu derinlikten daha altta bulunan derinliklerde kömür damarları ise HEMA A.Ş tarafından işletilecektir. HEMA Endüstri A.Ş. (HEMA) ile Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) arasında Amasra B kömür sahasının rödövens usulü ile HEMA tarafından işletilmesine yönelik sözleşme 15.04.2005 tarihinde imzalanmıştır. Sözleşmeye göre Amasra B sahasında mevcut tahmini 400 milyon ton'luk kömür rezervinden 56 milyon ton tüvenan kömürün 20 yıllık süre içerisinde üretilmesi hedeflenmektedir.

Amasra B bölgesinde kömür damarlarına ulaşmak için bakir sahada üç adet dik kuyu açılmıştır. Bu kuyulardan ilki TTK Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi sahası içinde açılmış olup servis kuyusu (insan ve malzeme nakli için), ikinci olarak Tarlaağzı'nda açılan



kömür nakliye (üretim) kuyusu, üçüncü ise Kazpınar köyü civarında açılan havalandırma kuyularıdır. Kuyuların yerleri yapılan işletme projesine göre seçilmiştir.



a- plan görünüm



b- kesit görünüm

Şekil 4.1 Sahaların görünümü.

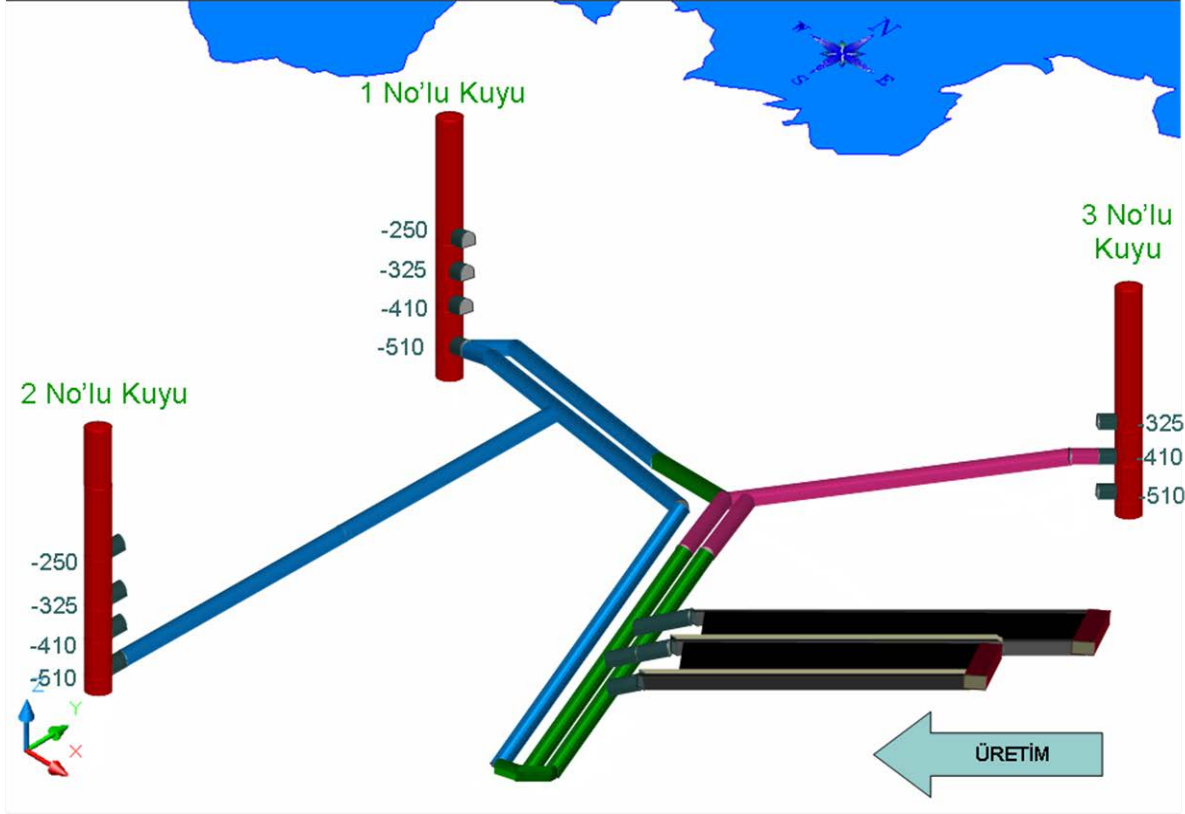
Amasra B sahası yaklaşık 35.6 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Sahada çok sayıda kömür damarı bulunmaktadır. Westfaliyen C (Karadon formasyonu) ve Westfaliyen A (Kozlu formasyonu) serileri işletilebilir damar gruplarını içermektedir. Westfaliyen C serisinde 4 adet, Westfaliyen A serisi 7 adet işletilebilir damar bulunmaktadır. Damar kalınlıkları 1-5 m

arasında değişmekte olup damar eğimleri 5°-24° arasındadır. Zonguldak bölgesinde Westfailen A serisine ait kömür damarları koklaşabilir kömür özellik göstermektedir. Amasra bölgesinde de Westfailen A serisine ait kömür damarlarının aynı özelliği göstermesi durumunda projenin önemi ülke ekonomisi açısından önemli derecede artacaktır. Amasra B projesi kapsamında toplam rezerv yaklaşık 430 milyon ton'dur. Rezerv hesaplamaları yapılırken bölge 4 bölüme ayrılmış olup; bu sınırlamalarda sahanın tam ortasından geçen merkez fayı referans alınmıştır. Buna göre fayın batısında kalan bölgeye batı sahası, doğusunda kalan bölgeye doğu sahası ve fay üzerindeki bölgeye de fay zonu denilmiştir. Ayrıca TTK Amasra İşletmesi'nde -400 altındaki kömür rezervi ileriki yıllarda projeye dahil olacağından hesaplamalara dahil edilmiştir (Yavuz 2013).

Amasra bölgesinde kömür damarları kuzeybatıdan güneydoğuya doğru yatmaktadır. Doğu bölgesinde -600 m seviyesinin üzerinde 5 adet çalışabilir damar bulunmaktadır. Bu damarlar Westfailen BCD serisi içerisinde bulunmaktadır. Damarların isimleri ise: Üst Kurudere, Alt Kurudere, Tavan, Kalın ve Taşlı'dır. Amasra maden sahasında kuyular Tarlaağzı skip (üretim) kuyusu, Kazpınarı havalandırma kuyusu ve TTK Amasra İşletmesi karo sahasında ise servis kuyusu olarak projelendirilmiştir. Amasra B projesi kapsamında ana kuyular (üretim ve servis) 8 m çapında olup, havalandırma kuyusu ise 7.5 m çapındadır. Projeye göre anayollar ve kesesiye galeriler 24 m<sup>2</sup> alt ve üst tabanyolları yolları 10 m<sup>2</sup> kesitte olacak şekilde planlanmıştır. Ayakların yarı mekanize (hidrolik direk ve kesici yükleyici), mümkün olan panolarda ise tam mekanize olması planlanmaktadır. Ayaklarda üretim yöntemi olarak ise dönümlü uzun ayak yöntemi kullanılması planlanmaktadır (Acun 2009).

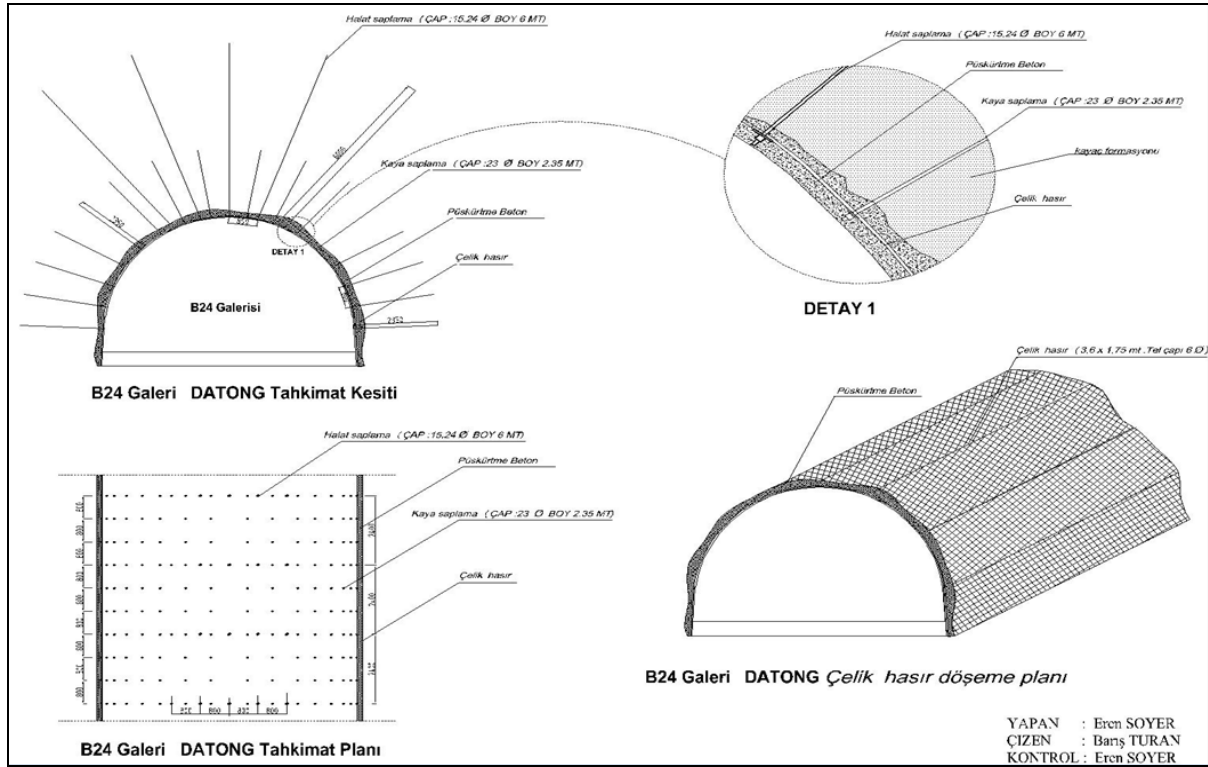
#### **4.2 ANA KAT GALERİLERİNDE KAZI VE TAHKİMAT YÖNTEMLERİ**

Amasra bölgesi, HEMA tarafından hazırlık çalışmaları devam eden Amasra taşkömürü projesinde 3 adet derin kuyu açılmış olup kuyuların ve ana kat galerilerin bağlantılarını sağlayacak galeri açma çalışmaları devam etmektedir. Kuyular, inset ve ana galerilerin konumları Şekil 4.2'de şematik olarak verilmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenmiş olan -510 ana kat galerisinin yer üstünden derinliği yaklaşık 600 m olarak belirlenmiştir. -510 ve -410 katlarında açılmakta olan 24 m<sup>2</sup> kesitli ana galeri ve bağlantı galerilerinin toplam uzunluğu yaklaşık 5 km olacaktır (Soyer 2013).



Şekil 4.2 Amasra sahasında kuyular ve ana galeriler şematik görünümü (Soyer 2013).

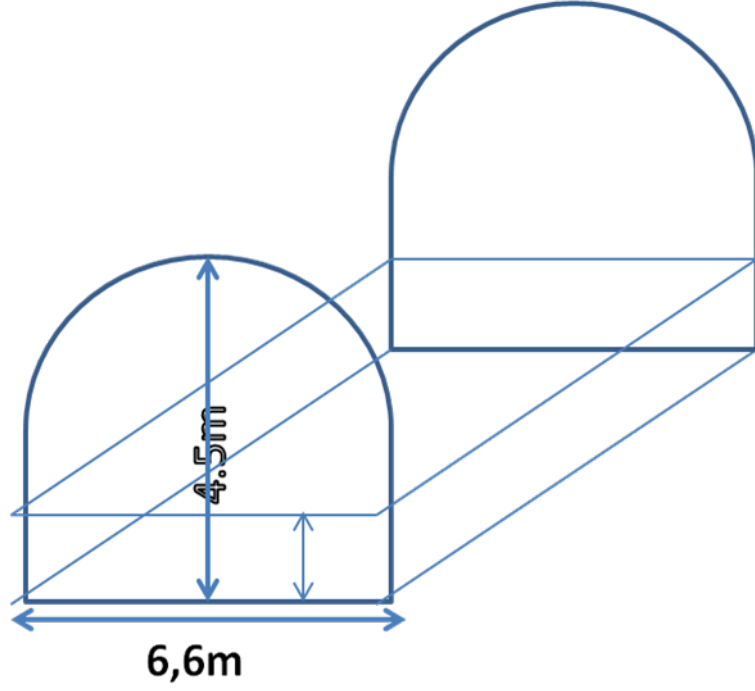
Ana galerilerde kullanılan başlıca tahkimat elemanları çelik hasır, püskürtme beton ve reçineli kaya saplamalarından oluşmaktadır. Kullanılan tahkimat elemanları Şekil 4.3'te şematik olarak gösterilmektedir. Kaya saplamaları 2.35 m uzunlukta olup 23 mm çapa sahip nervürlü demirler kullanılmaktadır. Saplama patern aralıkları kesit içi ve kesit dışında genellikle 0.8 m olarak uygulanmaktadır. Yaklaşık 2.4 m aralıklarla açıklık tavanında 6 m uzunluğunda ve 15 mm çaplı halatlı saplamalar da kullanılmaktadır. Önce tabakalı, şeyl ve bozunmuş formasyonlardan geçerken esneyen çelik bağlar da takviye tahkimat elemanları olarak kullanılmaktadır. Uygulanan püskürtme beton kalınlığı en az 15 cm olup, tek eksenli basınç dayanımının en düşük 15 MPa olması ön görülmektedir. Yerinde yapılan testlerde basınç dayanımı genelde 20 MPa civarında ölçülmüştür. Reçineli kaya saplamalarında çekme mukavemeti ortalama 150 kN civarında hesaplanmıştır (Soyer 2013).



Şekil 4.3 Ana galerilerde tahkimat elemanlarının şematik görünümü (Soyer 2013).

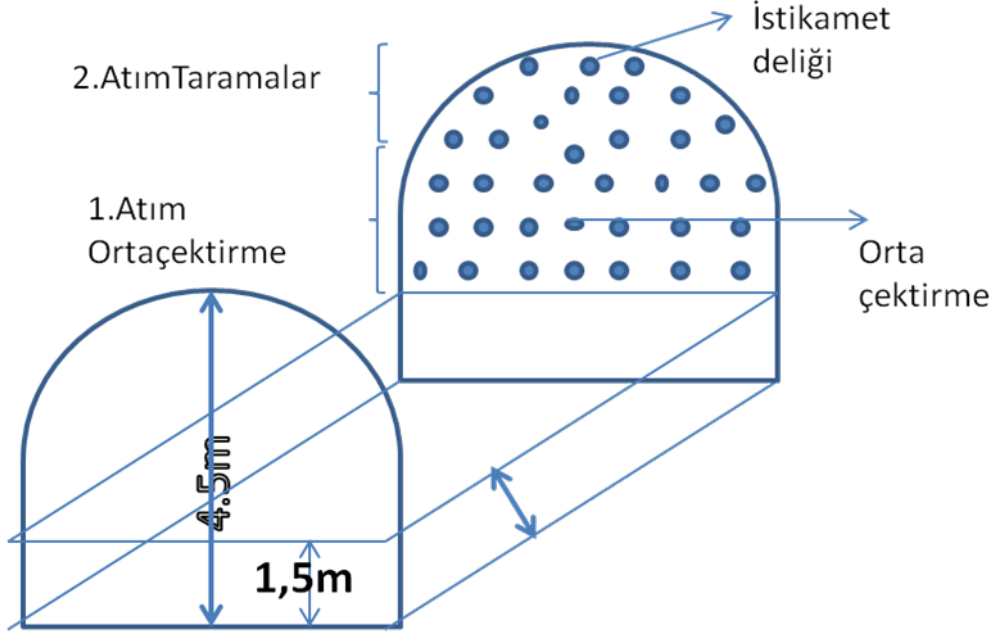
B24 galerisinde uygulanan galeri kazısı, yarım kesit yöntemine göre yapılmaktadır. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi galeri yüksekliği 4,5m olup; taban genişliği 6,6 m'dir. Yarım kesit galeri ilerlemesi, galeri kazısının kademeli olarak, üst ve alt kademe şeklinde kazılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kazı işlemi delme-patlatma ve skreyperle (posta yükleme makinası) ile yapılmaktadır. Yol atım mesafesine kadar (yaklaşık 24m) üst kademe ilerleme ve kazısı devam ettirilmektedir. Üst kademe ilerlemesi tamamlandıktan sonra alt (taban) kademe ilerleme ve kazısı yapılarak ilerleme tamamlanmaktadır. Kazı ilerlemesinde sırasıyla yapılanlar:

1. Üst kademe ilerleme deliklerinin delinmesi ve şarjı
2. Tavan tahkimatının yapılması
3. Tavan Postasının (Üst Kademe) Alınması
4. Alt kademe ilerleme deliklerini delinmesi ve şarjı
5. Taban postasının (Alt Kademe) Alınması
6. Yan cidarların tahkimatı ve yol atılması



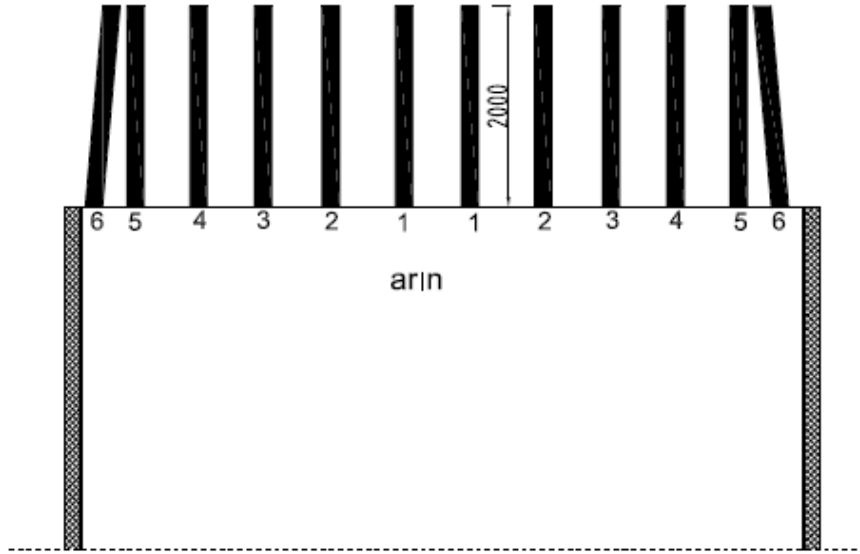
Şekil 4.4 Ana galerilerde üst-alt kademelerin görünümü.

Üst Kademe İlerleme Deliklerinin Delinmesi ve Şarjı: Galeri yüksekliği 4.5 m olup üst kademe ilerlemesi tavadan 3 m tabana kadar komple delinip şarj edilmesiyle gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.5). Galeri tavan kısmının en üst orta kısmına istikamet (direksiyon) deliği delinerek diğer deliklerin delinmesine başlanmaktadır. Üst kemer bölgesinde tarama delikleri delinerek kemer yüzeyi belirlenmektedir. Koltuk ve yan deliklerle birlikte taban kısım üst orta bölgesinde orta çektirme merkez deliği ve etrafına diğer deliklerden farklı olarak delik yönleri birbirlerine yaklaşan doğrultularda orta çektirme delikleri delinmektedir. Delik delinmesini takiben delik şarjı yapıp atımlara geçilmektedir. Patlayıcı olarak antigrizulu dinamit ve milisaniyeli kapsüller kullanılmaktadır. Kapsüller deliklere merkezden yanlara doğru 1 ms, 3 ms, 5 ms şeklinde şarj edilerek, atım randımanı en üst seviyeye çıkartılmaktadır. Üst kademe ilerleme de en az 2 (iki) atım yapılmaktadır. 1. Atımda orta çektirme yapılmakta, 2. Atımda tavan ve yan tarama deliklerinin atımı gerçekleştirilmektedir. İlerleme delik boyu yaklaşık 2m olup; 2.35 m'lik burgularla martoperfaratörle delinmektedir. Kazı formasyonunun sertliğine göre delinen üst kademe delik sayısı 50-70 arasında değişiklik göstermektedir.

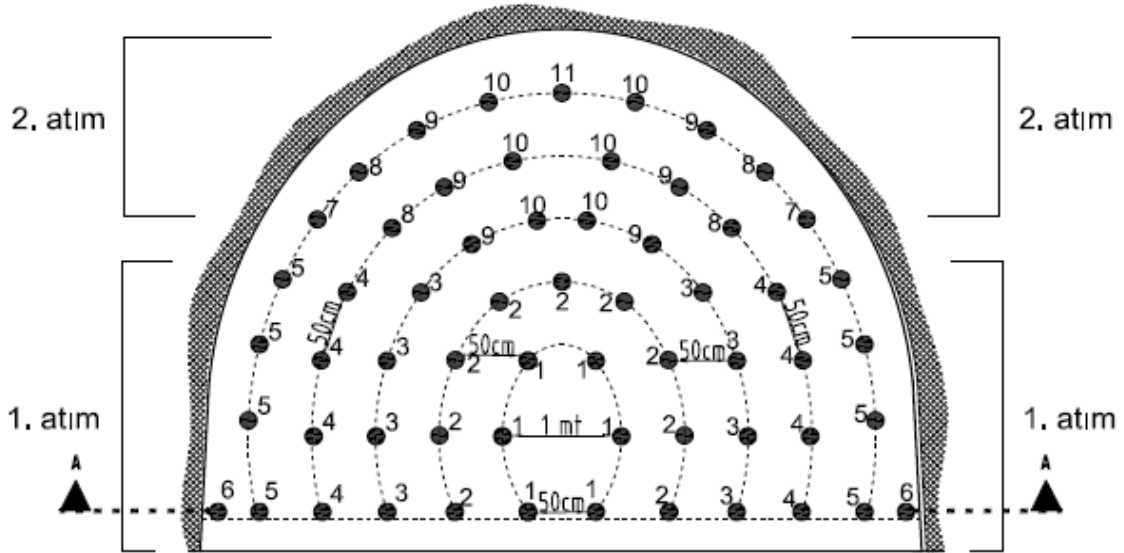


Şekil 4.5 Ana galeride üst kademedeki delik düzeni.

Şekil 4.6’da üst kademe ilerleme deliklerinin delik düzeni, delik mesafeleri, atım sıraları, kademe sayıları ve patlatma sıraları görülmektedir. Ortalama olarak 3mX6m lik patlatma arınında 60 adet delik delinmektedir. Delikler arası ortalama 50cm ara ile delinmekte olup, orta çektirme delikleri arası 1m’dir. Patlatma işlemleri saniyeli (numaralı) kapsüllerle yapılmaktadır. 1. Atımda; taban kısmı ateşlenmekte, saniyeli kapsüller merkezden yanlara doğru sıralı olarak doldurulmaktadır. Bu atımda yaklaşık 35-45 delik ateşlenmektedir. 2. Atımda; tavan kısmı ateşlenmekte, saniyeli kapsüller yanlardan merkeze doğru sıralı olarak doldurulmaktadır. 2. atımda yaklaşık 15-25 delik ateşlenmektedir. (1. atım merkezden yanlara 1 ms, 2 ms, 3 ms, 4 ms, 5 ms, 6 ms; 2. Atım yanlardan merkeze 7 ms, 8 ms, 9 ms, 10 ms, 11 ms, olarak şekilde gösterilmiştir.).



## A - A KESİTİ

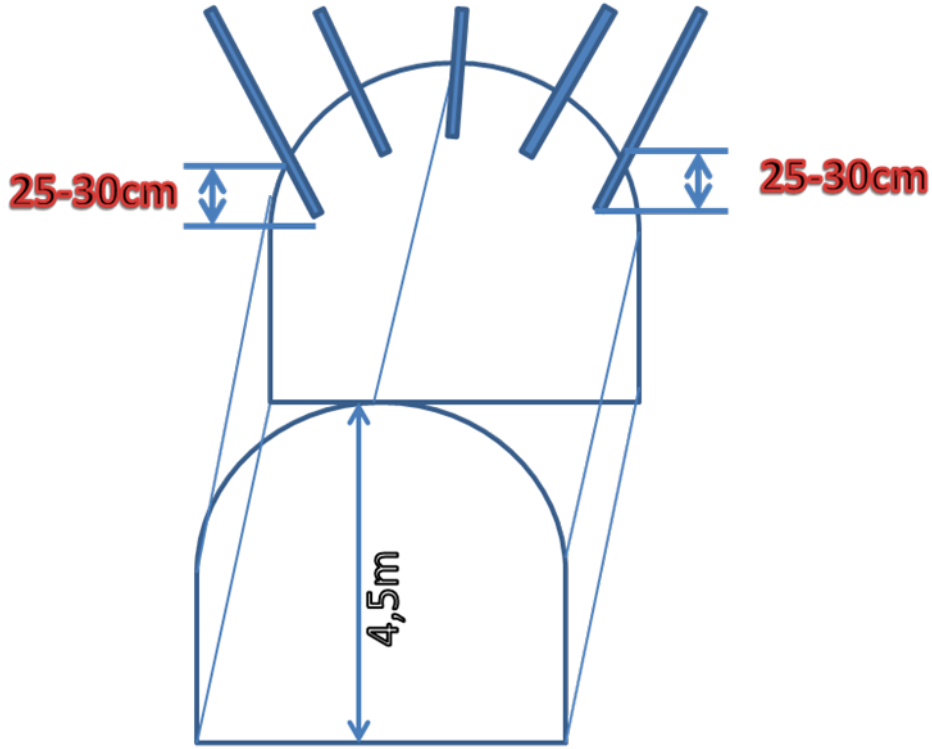


## B24 Galerisi

Şekil 4.6 Üst kademe ilerleme deliklerinin delik düzeni ve atım sıraları.

Tavan Tahkimatının Yapılması: Üst kademe atımlarının bitiminde, kazı bölgesi gaz ve kavlak kontrolleri yapılmaktadır. Arın ve tavan bölgesi kavlaklar sivriçerle düşürülerek tavan emniyeti alındıktan sonra, gevşek durumdaki posta skreyperle düz bir hale getirilmektedir. Böylelikle tavan tahkimatının düzgün ve emniyetli (yaklaşık 1.80 m'lik tahkimat yüksekliği sağlanmasıyla) bir şekilde yapılması sağlanmaktadır. Tahkimatta, kaya ve

halat saplamlarının tavan ve yan kısımlara ankrajı yapıp, örgülü çelik hasırlarla tavan kapaması sağlanmaktadır. Kaya saplamları 2,35 m, halat saplamlar 6 m, çelik örgülü hasır donatı 1,75m X 3,60 m ebatlarında kullanılmakta olup; saplamlar 80 cm aralıklarla, şeşbeş düzende tavana ankraje edilmektedir (Şekil 4.7).



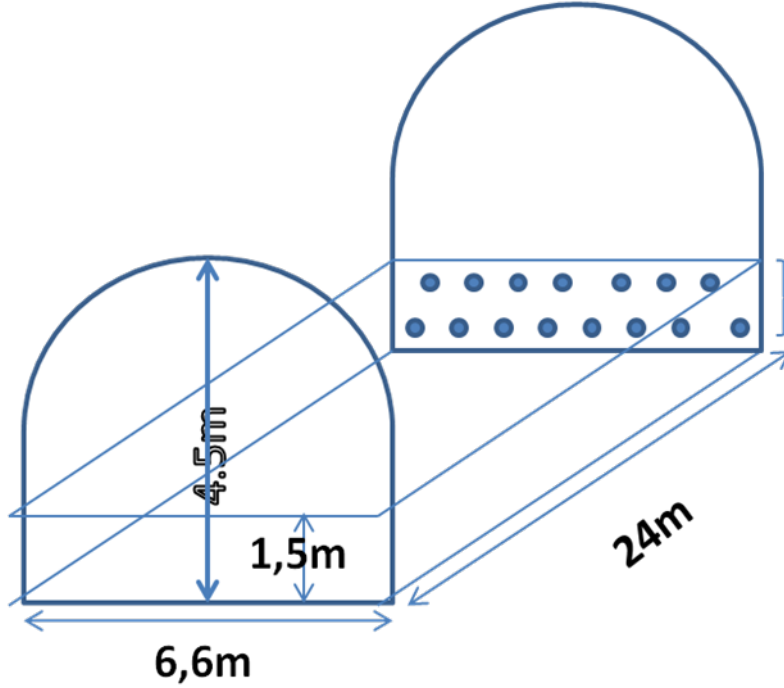
Şekil 4.7 Üst kademe saplama tahkimatı.

Tavan Postasının (Üst Kademe) Alınması: Tavan tahkimatı tamamlandıktan sonra postanın alınması işlemi gerçekleştirilmektedir. Üst kademe ilerlemesinde tavandan tabana doğru atımı yapılan 3 m'lik kısmın postası arın gerisindeki skreyperle geriye ötelenmek suretiyle vagonlara doldurularak önce kuyu dibine, oradan da kuyu dışına çıkartılmaktadır.

Alt kademe İlerleme Deliklerinin Delinmesi ve Şarjı: Galeri çalışma şartları ve ilerleme hızına bağlı olarak, alt kademe ilerlemeleri 2 şekilde yapılmaktadır. İlkinde üst kademe tamamlandıktan sonra (yaklaşık: 24 m) alt kademeye geçilmektedir. İkincisinde ise üst ilerlemeye bağlı olarak alt kademe 10-15 m geriden üst kademe ile koordineli olarak alınmaktadır. Her iki şekilde de öncelikli olarak üst kademedenin eksik tahkimatları tamamlanmakta, yaklaşık yüksekliği 1,5 m olan kısmın delikleri tabana paralel yatay doğrultuda şeşbeş düzende delinip, ateşlenmesi suretiyle kazı gerçekleştirilmektedir.



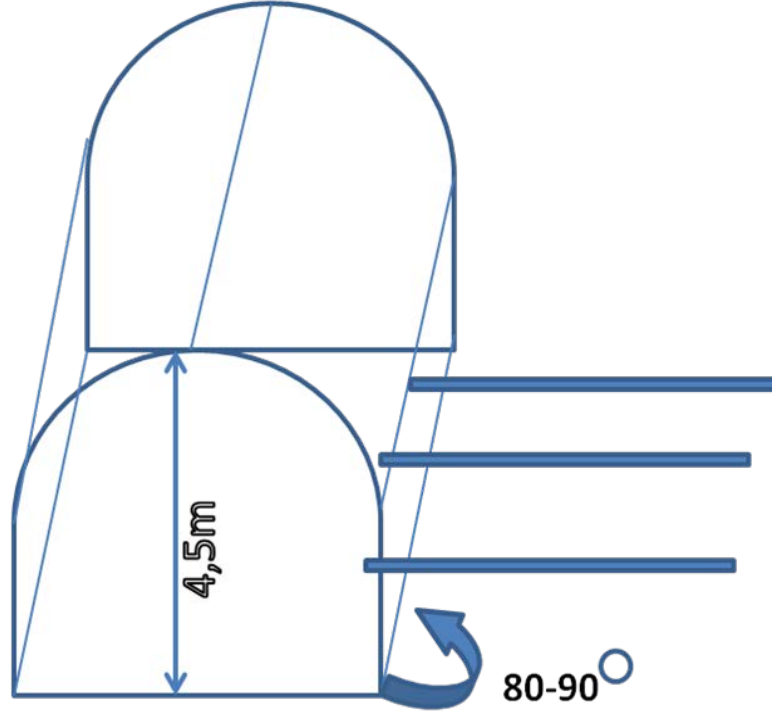
6,5mX1,5m ebatlarında taban kısmında yaklaşık 20-30 adet delik delinmekte ve atımı yapılmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Alt kademe delik düzeni.

Taban Postasının (Alt Kademe) Alınması: Alt kademe (taban) postası mevcut skreyperle ve yükleyici kepçe ile alınarak, 3,5 m<sup>3</sup>'lük vagonlarla kuyu dışına çıkartılmaktadır.

Yan Cidarların Tahkimatı ve Yol Atımı: Üst ve alt kademe ilerlemelerinin bitiminde galeri ilerlemesi 24 m olduktan sonra yol atım hazırlıklarına geçilmektedir. Taban postası alınıp, tesviyeleri yapılırken, galeri yan cidarların (duvarların) tahkimatı yapılmaktadır. Yan tahkimatta 2,35 m lik kaya saplamalar kullanılmakta, saplamalar çelik hasır örgüyle kare plakalarla bağlanarak, yan akmalara karşı tahkim altına alınmaktadır. Tahkimatta çelik hasır başına 6 adet kaya saplaması kullanılmakta, bu sayı formasyonun durumuna göre arttırılmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Alt kademe saplama tahkimatı.

B24 galeri kazı ilerlemesinde, 24 m'lik ilerlemede elde edilen ortalama istatistikî bilgiler aşağıdaki gibidir:

- Üst kademe ilerlemesi: 15 vardiya (5 gün)
- Alt kademe ilerlemesi: 7 vardiya (2 gün+1 vardiya)
- Yol atımı, skreyper ötelemesi ve diğer hazırlık işleri: 2 vardiya
- Günlük İlerleme :  $1,6 \text{ m/vardiya} \times 3 \text{ vardiya/gün} = 4,8 \text{ m/gün}$
- 1 m ilerlemede kullanılan dinamit miktarı = 35-45 kg
- 1 m ilerlemede kullanılan kapsül miktarı = 40-50 kapsül
- 1 m ilerlemede alınan vagon sayısı:  $18 \text{ vagon} \times 3,0 \text{ m}^3 = 54 \text{ m}^3$

24 m'lik parçalar halinde 1 ayda ortalama 90 m'lik ilerleme yapılmaktadır. Kazı işlemleri sonrası uygulanan tahkimat sistemine tamamlayıcı olarak saplama ve çelik hasır donatısıyla tahkim edilen yerlere püskürtme beton uygulanmaktadır. Püskürtme beton kuru-karışım yöntemi esaslarına göre tatbik edilmektedir. Gündüz vardiyalarında ağırlıklı olarak uygulanmakta olup, gece vardiyalarında kazısı yapıp tahkimatı tamamlanan tavan kısımlarına günlük olarak uygulanmaktadır. Üst kademe ilerlemelerinin bitiminde ve/veya alt kademe ilerlemelerinin yapılmasına müteakip, tahkimatı yapılan yan cidarlara

uygulanmaktadır. Akıcı tavan formasyonlarında tavan tahkimatı ve/veya yan tahkimata başlanmadan önce tahkimat bölgesi püskürtme beton uygulanarak, yüzeyin hava ile teması kesilmekte, akıcılık ve risk azaltılmakta, dolayısıyla kazı emniyeti sağlanmaktadır.

Patlatma sonrası oluşan açıklığın tahkimatı için püskürtme beton, çelik hasır, kaya saplama ve halat saplama gibi tahkimat bileşenleri kombin halinde kullanılmaktadır. Zayıf ve çok zayıf formasyon koşullarında tavan baskılarının durumuna göre ilave tahkimat olarak TH çelik bağ kullanılmaktadır. TH tahkimatlı mesafe galeri uzunluğunun %10'nun altındadır.

Yapılan kavlak kontrolü sonrası tavan kısmına 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton atılarak güvenli çalışma bölgesi sağlanmaktan sonra tahkimat düzeni gereğince kaya saplama ve halat saplama ankrajları yapılmaktadır.

Kaya saplama ve halat saplama ankrj elemanı olarak kimyasal reçine kullanılmaktadır. Zayıf ve çok zayıf kaya kütlesi koşullarında saplama aralıkları ve adetleri tavan yükünü karşılayacak şekilde değiştirilmektedir.

Çelik hasırlar, saplama plakaları yardımıyla birbirlerine belli aralıklarla bindirilerek tüm galeri yüzeyini kaplayan bir donatı oluşturmaktadır. Kavlak düşmelerine engel olması dar gözlü olarak ve galeri kesitine uygun boyutlarda özel olarak tasarlanmıştır.

Püskürtme beton yöntemi kuyu tip olarak uygulanmaktadır. Yerüstünde bulunan beton santralinde, belirli dayanım sınıfında oluşturulan kuru agregat, santral ağzında vagonlara beslenerek yeraltında püskürtme yapılacak yere götürülmekte ve uygulama anında toz tip hızlandırıcı ve su eklenerek gerekli galeri yüzeyine uygulanmaktadır. İşletmede yer alan beton santralindeki mikser hacmi 1 m<sup>3</sup>'ün altında olduğundan kuru karışım bileşenlerinin miktarları mikser hacmine göre ayarlanmıştır. Çizelge 5.1'de kuru karışım bileşenleri oranları ve dayanım bilgileri yer almaktadır. 15 cm'lik küp kalıplarda hazırlanan numunelerin 7 günlük tek eksenli basınç dayanımı değeri minimum 25 MPa'dır. Patlatma sonrası güvenli bölge için 5 cm kalınlığında dramix katkı püskürtme beton kullanılmaktadır. Saplama ve çelik hasır montajından sonra minimum 15 cm kalınlığında nihai beton atılmaktadır. Düzenli yapılmış bir atım sonrasında B-24 kesitli galeride 1 m ilerleme için ortalama 5 m<sup>3</sup> (ribaund kaybı dahil) püskürtme beton kullanılmaktadır.

Çizelge 4.1 Kuru karışım bileşenleri oranları ve dayanım bilgileri (Soyer vd. 2013).

MALZEMELER		kg / m <sup>3</sup>	kg / 580 dm <sup>3</sup>
ÇİMENTO(P-42,5)		450	<b>266</b>
SU		233,71	<b>138</b>
AG 1	0-5	1076,18	<b>635</b>
AG 2	.5-12,7	593,78	<b>350</b>
		0,00	<b>0</b>
		0,00	<b>0</b>
iksagunit-da		22,5	<b>13,3</b>

B-24 kesitli ana galerilere ait görünüm Şekil 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Şekil 4.10’da püskürtme beton tahkimatlı galeri, Şekil 4.11’de ise TH-bağ takviyeli ana galeri görünümü verilmiştir.



Şekil 4.10 Püskürtme beton tahkimatlı ana galeri görünümü.



Şekil 4.11 TH-bağ takviyeli püskürtme beton tahkimatli ana galeri görünümü.

## BÖLÜM 5

### -510 ANA KAT GALERİLERİNİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ

#### 5.1 GENEL BİGİLER

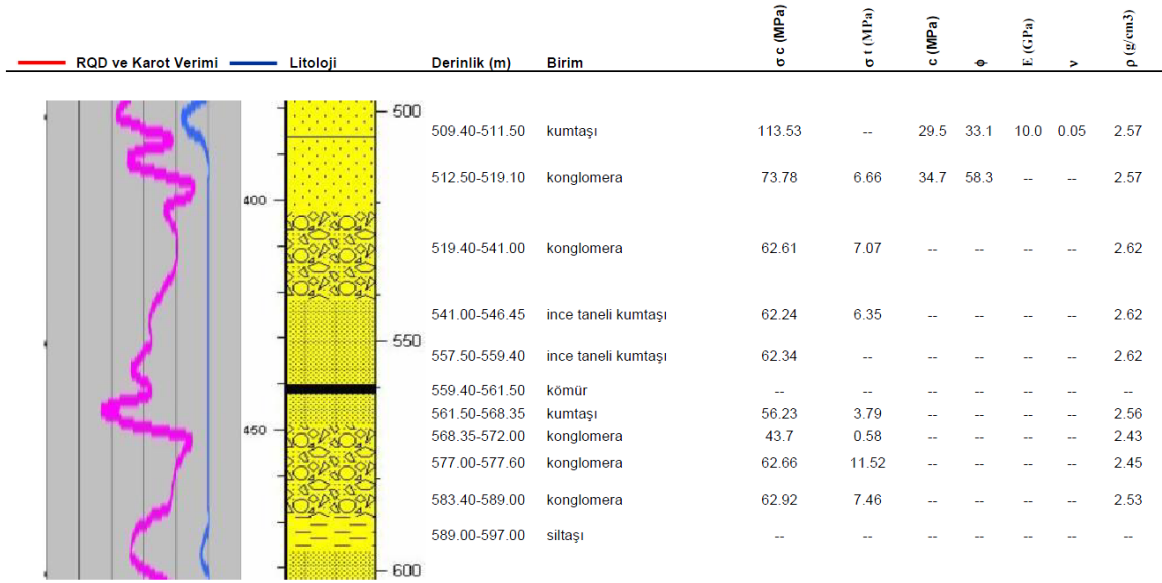
Hattat Enerji ve Maden Ticaret A.Ş. tarafından gerçekleştirilmekte olan Amasra-B Taşkömürü projesinde toplam 13 bin metre ana kat galerisi açılacaktır. Bu galerilerde mevcut ilerlemelerde geçilen formasyonlar çoğunlukla kumtaşı, silttaşı olmak üzere yer yer konglomera ve kömür içeren birimler şeklindedir. 1 No'lu kuyuda bulunan 2 adet ana kat galerisinde Ocak 2014 itibari ile 3704 nolu galeride 1428 m, 3705 nolu galeride 1551 m ilerleme kaydedilmiştir. B24 faydalı kesitli galeride delme patlatma yöntemi ile ilerleme üst yarı ve alt yarı şeklinde iki kademede yapılmaktadır. Galeri tavan yüksekliği 4,5 m olup, kazı aşaması iki kademede gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada üst yarı ilerlemesi yapılırken galeri yüksekliği 3 m olup bu yükseklikte 24 m ilerleme sağlandıktan sonra ikinci aşamada, kalan 1,5 metrelik taban yüksekliğinin kazısı tamamlanmaktadır. Galerinin üst yarısı ve alt yarısı koordineli şekilde ilerlemektedir. Galeri kazısında patlayıcı madde olarak Ø25 x 200 mm grizutin klorür ve bakır yüksüklü 30 ms gecikmeli 4 metre boyunda elektrikli kapsül kullanılmaktadır. Üst yarı ilerlemesi ortalama 15 vardiyada, alt yarı ilerlemesi ise ortalama 7 vardiyada tamamlanmaktadır. Vardiya düzeni 8'er saatten günlük 3 vardiya şeklindedir. Delme patlatma sonrası oluşan pasa, skreyper yardımıyla kazı arınından 5 m<sup>3</sup>'lük vagonlara doldurularak lokomotifle kuyu dibine getirilir ve kuyu kafesi sistemiyle yerüstüne ihraç edilerek yerüstündeki tumba sistemine gönderilmektedir. Skreyperler, buldukları noktadan maksimum 50 m mesafeye kadar arında bulunan pasayı vagona çekebilecek kapasitededir. B24 kesitte aylık ortalama 90 m ilerleme sağlanmaktadır. Patlatma sonrası oluşan açıklığın tahkimatı için püskürtme beton, çelik hasır, kaya saplaması ve halat saplama gibi tahkimat bileşenleri birlikte kullanılmaktadır. Zayıf ve çok zayıf formasyon koşullarında tavan baskılarının durumuna göre ilave tahkimat olarak TH çelik bağ ile desteklenmektedir. Açılmış olan galerilerde TH çelik bağ tahkimatlı mesafe toplam galeri uzunluğunun %1'in altındadır. Patlatmayı takiben tavan kısmına 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton atılarak

güvenli çalışma bölgesi sağlanmaktadır. Daha sonra tahkimat düzeni gereğince kaya saplamaları ve halat saplama ankrajları yapılmaktadır. Orta-çok sağlam kaya koşullarında 2,4 m mesafede halat ve çelik saplamalar 0,8 m aralıklarla ankrajlanırlar. Ankraj elemanı olarak kimyasal reçine kullanılmaktadır. Zayıf ve çok zayıf kaya kütleli koşullarında ise 1 metre mesafede halat ve çelik saplamalar, 0,6 m aralıklarla tavan yükünü karşılayacak şekilde değiştirilmektedir. Çelik hasırlar, patlatma sonrası açılan yüzeye 5 cm atılan betonlamadan sonra halat ve kaya saplamalar ile plakalar yardımıyla birbirlerine belli aralıklarla bindirilerek tüm galeri yüzeyini kaplayan bir donatı oluşturmaktadır. Püskürtme beton yöntemi kuru tip olarak uygulanmaktadır. Yerüstünde bulunan beton santralinde, otomasyon sistemiyle belirlenen dayanım sınıfında hazırlanan kuru agrega, santral ağzında vagonlara beslenerek yeraltında püskürtme yapılacak yere götürülmektedir. Karışım uygulama anında toz tip hızlandırıcı ve su eklenerek gerekli galeri yüzeyine uygulanmaktadır.

## **5.2 KÖMÜR ÇEVRE KAYA KOŞULLARI**

Amasra taşkömürü havzasında ana galeriler genellikle temel kömür çevre kayaçları olarak kumtaşı içinde sürülmektedir. İkincil kayaç siltaşıdır. Yer yer konglomera ve kıltaşı birimleri ile de karşılaşmaktadır. Kömür damarlarının olduğu yerlerde kumtaşı, siltaşı, kıltaşı, şeyl bantları mevcuttur. Ayrıca fay ve zayıflık zonları ile karşılaşmaktadır.

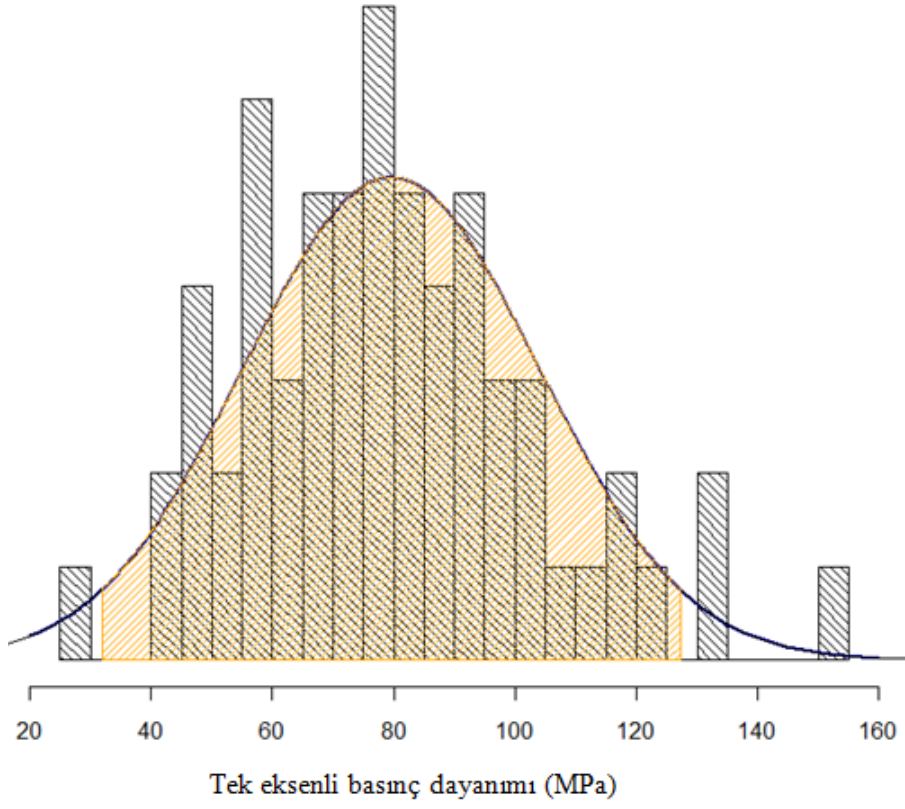
Amasra-B taşkömürü projesi için açılmakta olan muhtelif kuyu pilot sondajlarından alınan karot şeklindeki kayaç örneklerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik rapor hazırlanması işi için HEMA Endüstri A.Ş. ile Bülent Ecevit Üniversitesi (BEÜ) arasında protokol imzalanmıştır. Bu amaç için Maden Mühendisliği Bölümü uygulamalı kaya mekaniği laboratuvarında ihtiyaç duyulan deneysel çalışmalar yaptırılıp jeoteknik raporlar yayınlanmıştır. Jeoteknik raporda yer alan bilgiler ve verilere ait örnek bir görünüm Şekil 5.1'de verilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında Amasra-B sahası kömür çevre kaya özellikleri ile ilgili önemli bir veri tabanı oluşturulmuştur.



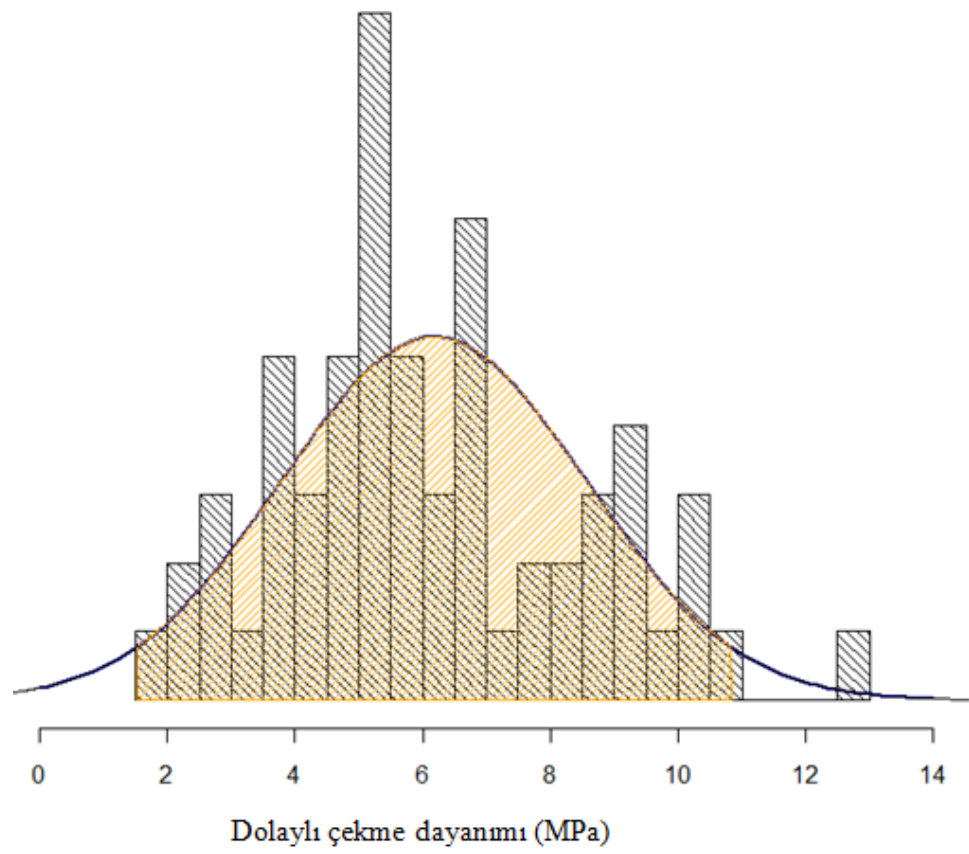
Şekil 5.1 Jeoteknik raporda mevcut bilgi ve verilere ait örnek bir görünüm.

Tez çalışması kapsamında Hema-3 ve Hema-10 sondajlarına ait kumtaşı kaya malzemesi örnekleri üzerinde Uluslararası Kaya Mekaniği (ISRM) deney yöntemleri önerilerine (tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı Brazilian çekme dayanımı) uygun olarak elde edilen veriler incelenmiştir. Kumtaşı kaya malzemesi ile ilgili 63 adet deney veri serisi incelenmiş olup, tek eksenli basınç dayanımı ve dolaylı (Brazilian) çekme dayanımı dağılımları Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de verilmiştir. Dayanımlar normal dağılım eğrisi üzerinde histogram görünümünde verilmiştir. Kumtaşı için tek eksenli basınç dayanımı 40-120 MPa arasında değişmekte olup ortalama değer 80 MPa civarındadır. Kumtaşı için dolaylı çekme dayanımı 2-10 MPa arasında değişmekte olup ortalama değer 6 MPa civarındadır. Silttaşı kaya malzemesi için sınırlı sayıda deney verisi mevcut olması nedeniyle dağılım grafikleri elde edilememiştir.











Şekil 5.2 Kumtaşı için tek eksenli basınç dayanımı dağılımı.



Şekil 5.3 Kumtaşı için dolaylı çekme dayanımı dağılımı.

Çalışma kapsamında -510 ana galerilerde yaygın olarak karşılaşılan kumtaşı ve silttaşı kaya kütlelerinin tanımlanması ve puanlandırılması için, basit gözlemlere dayalı olarak uygulanabilen, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) tercih edilmiştir. Kumtaşı kaya kütlesi için uzun süreli gözleme dayalı inceleme ve değerlendirmeler neticesinde ortalama GSI değerleri sırasıyla; 85, 55 ve 30 olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.4). İnceleme alanındaki Amasra-B projesi ana galerilerde ağırlıklı olarak kumtaşı kaya kütlesinde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler) gözlenmiştir. Özellikle zayıflama zonlarında bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları ile karşılaşılmaktadır. Yer yer kumtaşı kaya kütlesinde masif yapı ve iyi yüzey koşulları gözlenebilmektedir. Kumtaşı ve silttaşı için her bir GSI değerleri sabit kabul edilmeyip, analizler için  $\pm 10'$ luk bir değer aralığı göz önünde bulundurulmalıdır. Silttaşı kaya kütlesi için uzun süreli gözleme dayalı inceleme ve değerlendirmeler neticesinde ortalama GSI değerleri sırasıyla; 55 ve 30 olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.5). Ana galerilerde silttaşı kaya kütlesinde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler) ile birlikte, özellikle kömür damarları ve zayıflama zonlarına yakın konumlarda, bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları gözlenmektedir. Fay bölgeleri ile zayıflık zonlarında ise dağılmış/ince tabakalanmış yapılar ile ayrılmış/bozunmuş zayıf yüzey koşulları ile karşılaşılmaktadır.

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)		YÜZEY KOŞULLARI					
		Azalan yüzey niteliği →					
<p><b>Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)</b></p> <p>Kaya kütlelerinin yapısı ve süreksizliklerin yüzey koşulları göz önünde bulundurularak bu çizimden uygun bir katıncuğu seçin. Konturları kullanarak ortalama bir GSI değeri kestirin. Çok hassas olmaya çalışmayın; GSI = 38 yerine, GSI için 35 - 40 aralığının belirtilmesi daha gerçekçidir. Hoek-Brown Ölçütü yalnızca kaya blokları veya parçalarının boyutunun açıklık boyutuna kıyasla daha küçük olduğu kaya kütlelerine uygulanabilir. Ortadaki blokların boyutu yer aln açıklığı boyutunun yaklaşık dörtte birinden büyükse, yenilme büreyysel blok hareketleriyle oluşabilir ve bu durumda Hoek-Brown Ölçütü kullanılmamalıdır.</p>		85	<b>COK İYI</b> Cok pürüzlü, taze, ayrılmamış yüzeyler.	<b>İYİ</b> Pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler.	<b>ORTA</b> Düzgün, orta derecede ayrılmış ve bozunmuş yüzeyler.	<b>ZAYIF</b> Köşeli parçacıklar içeren kaplamalı veya dolgu, ileri derecede ayrılmış yüzeyler.	<b>COK ZAYIF</b> Kaygan, yunusak kil kaplamalı veya dolgu, ileri derecede ayrılmış yüzeyler.
<b>KAYA YAPISI</b> Kaya parçalarının artan kenetleme derecesi ↑	 <p><b>SAĞLAM VEYA MASİF</b> Sağlam, çatlaksız kaya malzemesinin veya geniş aralıklı çok az sayıda süreksizlik içeren masif kaya kütleleri.</p>	90	85	80	UYGULANAMAZ		
	 <p><b>BLOKLU</b> Birbirine dik 3 süreksizlik takımının oluşturduğu kübik bloklar içeren, çok iyi kenetlenmiş ve örselenmemiş kaya kütleleri.</p>	70	60	50	UYGULANAMAZ		
	 <p><b>ÇOK BLOKLU</b> Dört veya daha fazla süreksizlik takımının oluşturduğu çok yüzeyli ve köşeli bloklar içeren, kenetlenmiş ve kısmen örselenmiş kaya kütleleri.</p>	55	40	30	UYGULANAMAZ		
	 <p><b>BLOKLU / ÖRSELENMİŞ</b> Birbirini kesen bir çok süreksizlik takımının oluşturduğu köşeli bloklar içeren, kırılmış ve/veya faylanmış kaya kütleleri.</p>	40	25	20	UYGULANAMAZ		
	 <p><b>DAĞILMIŞ</b> Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının karışımından oluşan, zayıfça kenetlenmiş ve aşırı derecede kırılmış kaya kütleleri.</p>	25	10	5	UYGULANAMAZ		
	 <p><b>YAPRAKLANMIŞ/İNCE TABAKALANMIŞ</b> Kıvrımlanmaya ve tektonik olarak kesme hareketlerine maruz kalmış, yapraklanmış kaya kütleleri. Diğer süreksizlik takımlarına kıyasla daha egemen olan ince tabakalanma, kaya kütlelerindeki bloklanmayı önler.</p>	10	5	UYGULANAMAZ			

Şekil 5.4 Kumtaşı kaya kütleleri için belirlenen GSI değerleri.

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)		YÜZEY KOŞULLARI				
		Azalan yüzey niteliği →				
<p><b>Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)</b> Kaya kütesinin yapısı ve süreksizliklerin yüzey koşulları göz önünde bulundurularak bu çizenekten uygun bir kutucuğu seçin. Konturları kullanarak ortalama bir GSI değeri kestirin. Çok hassas olmaya çalışmayın; GSI = 38 yerine, GSI için 35 - 40 aralığının belirtilmesi daha gerçekçidir. Hoek-Brown Ölçütü yalnızca kaya blokları veya parçalarının boyutunun açıklık boyutuna kıyasla daha küçük olduğu kaya kütlelerine uygulanabilir. Ortadaki blokların boyutu yer altı açıklığı boyutunun yaklaşık dörtte birinden büyükse, yenilme bireysel blok hareketleriyle oluşabilir ve bu durumda Hoek-Brown Ölçütü kullanılmamalıdır.</p>		<p><b>ÇOK İYİ</b> Çok pürüzsüz, taze, ayrılmamış yüzeyler.</p>	<p><b>İYİ</b> Pürüzsüz, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler.</p>	<p><b>ORTA</b> Düzgün, orta derecede ayrılmış ve bozunmuş yüzeyler.</p>	<p><b>ZAYIF</b> Köşeli parçacıklar içeren kaplamalı veya dolgalı, ileri derecede ayrılmış yüzeyler.</p>	<p><b>ÇOK ZAYIF</b> Kayaşın, yunusak lül kaplamalı veya dolgalı, ileri derecede ayrılmış yüzeyler.</p>
<p><b>KAYA YAPISI</b> Kaya parçalarının alan kenetlenme derecesi ↑</p>	<p><b>SAĞLAM VEYA MASİF</b> Sağlam, çatlaksız kaya malzemesinin veya geniş aralıklı çok az sayıda süreksizlik içeren masif kaya kütesi.</p>	90	80	UYGULANAMAZ		
	<p><b>BLOKLU</b> Birbirine dik 3 süreksizlik takımının oluşturduğu kübik bloklar içeren, çok iyi kenetlenmiş ve örselememiş kaya kütesi.</p>	70	60	55		
	<p><b>ÇOK BLOKLU</b> Dört veya daha fazla süreksizlik takımının oluşturduğu çok yüzeyli ve köşeli bloklar içeren, kenetlenmiş ve kısmen örselemiş kaya kütesi.</p>	50	40	30		
	<p><b>BLOKLU / ÖRSELENMİŞ</b> Birbirini kesen bir çok süreksizlik takımının oluşturduğu köşeli bloklar içeren, kıvrılmış ve/veya faylanmış kaya kütesi.</p>	30	20	10		
	<p><b>DAĞILMIŞ</b> Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının karışımından oluşan, zayıfça kenetlenmiş ve aşırı derecede kırılmış kaya kütesi.</p>	10	5	UYGULANAMAZ		
	<p><b>YAPRAKLANMIŞ/İNCE TABAKALANMIŞ</b> Kıvrılmaya ve tektonik olarak kesme hareketlerine maruz kalmış, yapraklanmış kaya kütesi. Diğer süreksizlik takımlarına kıyasla daha egemen olan ince tabakalanma, kaya kütesindeki blokların boyutunu belirler.</p>	5	UYGULANAMAZ			

Şekil 5.5 Siltaşı kaya kütesi için belirlenen GSI değerleri.

### 5.3 JEOTEKNİK İNCELEMELER VE VERİLER

Amasra B projesi gibi daha önceden üretim çalışması gerçekleştirilmemiş sahalarda jeoteknik incelemelere saha ile ilgili ön verilerin toplanması ile başlanmaktadır. Jeolojik temel verilerin elde edilmesi için saha ile ilgili yayınlanmış dökümanlar ve varsa hazırlanmış bölgesel haritalardan (jeolojik, topoğrafik) yararlanılmıştır. İncelenen bölgede daha önceden araştırma amaçlı sondajlar yapılmış ise karot logları ve mevcut veriler incelenmiştir. Hazırlık amaçlı jeoteknik tanımlamalar için ihtiyaç duyulan araştırmalar planlanmış, bu kapsamda sahada çok sayıda sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ayrıca genelde yüzey haritalarının çıkarılması (topoğrafik, jeolojik), jeofizik ve yeraltı suyu araştırmalarını kapsamaktadır.

Sondajlardan elde edilen karot örneklerinden arazide ve laboratuvarında ihtiyaç duyulan deneyler yapıp, kaya malzemesi ile ilgili ihtiyaç duyulan özellikler belirlenmiştir. Mevcut veriler doğrultusunda saha ile ilgili yapısal özellikleri (jeolojik birimler, faylar vb.) de içeren jeolojik haritalar ve önemli kesitler hazırlanmıştır. Sahanın detaylı karakterizasyonu için çok sayıda karotlu ve kırıntılı araştırma sondajları yaptırılmış olup değerlendirmeler sonucunda detaylı jeolojik haritalar ve kesitler hazırlanmıştır. Sahanın jeolojik, jeoteknik, yapısal jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerden faydalanılarak Amasra-B projesi için kuyu yerleri belirlenip maden ön projesi (ana galeriler, üretim panoları vb.) hazırlanmıştır. Saha ile ilgili özellikler dikkate alınarak yeraltı açıklıkları (kuyular, galeriler) için kazı ve tahkimat tasarım yöntemleri belirlenmiştir.

Saha ile ilgili jeoteknik incelemeler kaya malzemesi ve kütlesi ile ilgili önemli özellikleri içermeli, yerinde hızlı ve ekonomik olarak elde edilebilir verilere ve değiştirgelere dayanmalıdır. Verilere dayalı olarak açıklık çevresindeki jeolojik birimler, yapısal bölgeler ve kaya koşulları tanımlanmalı, ilgili kesitler ile kayıt altına alınmalıdır. Kesitler üzerinde ortamdaki su geliri, fay gibi yapısal özellikler ait bilgiler yer almalıdır.

Galeri açma çalışmalarında jeolojik haritalama yapılmalıdır. Galerinin önündeki jeolojik yapının bilinmesi, yapım aşamasında öngörülen kaya koşullarından farklı kaya ortamlarının olup olmadığının araştırılması, kazı ve destek sistemlerine karar verilmesi için yatay sondajların yapılması önem taşımaktadır. Kazı tamamlandığında, galeri kazısı sırasında elde edilen jeolojik bilgilere ait kayıtlar, kazı aşamasında gözlenen ve ölçülen veriler ışığında uygulanan kazı ve destek sistemleri, proje aşamasında öngörülen kazı ve destek sistemleri ile uygulanan destek ve kaya koşullarıyla ilgili verileri içerecek şekilde jeolojik plan ve boyuna profiller hazırlanmalıdır. Kayıtlar, kaya formasyonlarına ait açıklamaları, süreksizliklerin yönelimlerini (doğrultu ve eğim), çatlakların durumu, şistozite, bozunma ve buldukları yerler bakımından karakteristiklerini, fayların boyut ve yapısını, yeraltı suyu durumunu ve galeri yapımı ile ilgili olabilecek diğer bilgileri içermelidir. Mümkün olması durumunda ayna kazı adımları fotoğraflanarak muhafaza edilmelidir. Jeolojik kesitler, galeri kazısı sırasında, galeri üst kazısı aynasında istenen sıklıkta hazırlanmalıdır. Jeolojik ve jeoteknik bilgiler tüm galeri güzergahı boyunca kayıt altına alınmalıdır. Kayıtlar her 25 m'lik ilerleme yapıldığında tamamlanmalıdır.

Galeri kazısı sırasında kazı aynasında karşılaşılan kayanın süreksizlik, ayrışma, bozunma, dayanım koşulları ile su durumunu içeren kaya koşulları belirlenmelidir. Kazı aynasında gerçekleştirilen kaya koşulları ve jeolojik haritalama bulgularına göre gerektiğinde destekleme sistemlerinde değişikliklere gidilmelidir. Kaya kütlesi ortamı için kaya kütlesi sınıflandırmaların yapılması hedeflenmelidir. Mümkün olması durumunda kazı ve destekleme sistemlerinin performansı gözlemler ve ölçümler (deformasyon, yük vb.) aracılığıyla izlenmelidir. Kayıtlar zaman içinde oluşabilecek aşırı deformasyonlar ve püskürtme betondaki çatlakları içerecek şekilde güncellenmelidir. Galeride yapılan kazı sonrası uygulanan tahkimat sisteminde yük ölçümleri yapılmaktadır. Amasra -510 kat ana galerilerinde işletme tarafından yaptırılan yük ve deformasyon (konverjans) ölçümlerine ait örnek görüntümler Şekil 5.6' da verilmiştir.



a- yük ölçümü



b- deformasyon ölçümü

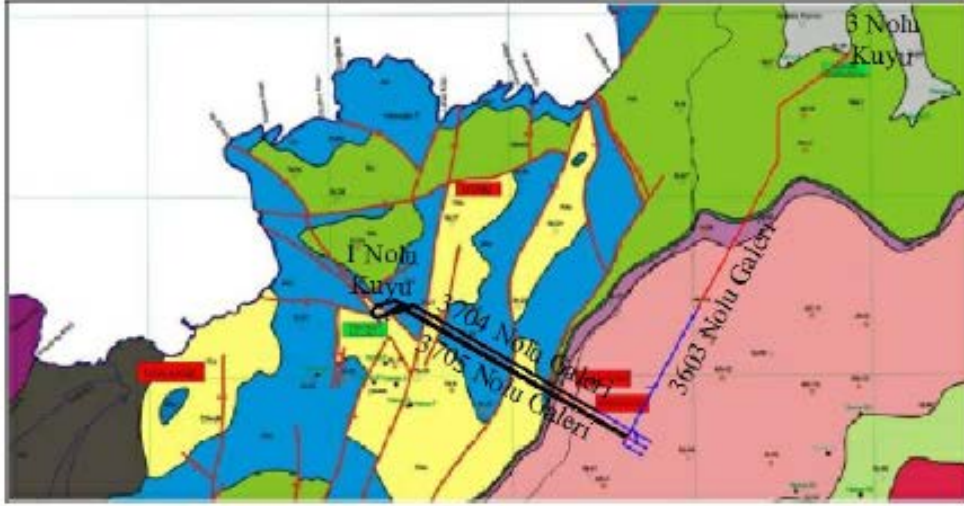
Şekil 5.6 Ana galerilerde yapılan yük ve deformasyon ölçümlerine ait örnek görüntümler (Soyer vd. 2013).

Kaya koşulları galeri aynasındaki kayanın görünüşü esas alınarak tespit edilmiştir. Galeri kazısının üst yarı-alt yarı-taban kazısı olarak bölünmesi nedeniyle üst yarı kazısı kaya koşullarını sınıflandırmada çalışmada belirleyici olmuştur. Alt yarı kazısında daha zayıf kaya koşulları ile karşılaşılması durumunda bu durum belirtilmiştir. Kaya koşullarına bağlı olarak gerektiğinde kaya saptamaları adetleri, aralıkları ve püskürtme beton kalınlığında değişiklik değerlendirilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Zayıf kaya ve/veya zayıflama zonlarında (fay, ezilme vb.) mevcut destekleme sistemine ilave olarak çelik bağ kullanımı durumu ayrıca haritalama çalışmasında belirtilmiştir.

Galeri kazı ve destekleme aşamalarında yapılacak jeolojik ve jeoteknik çalışmalar, proje aşamasında öngörülen kaya koşullarının, jeolojik yapının, yer altı suyunun denetlenmesi ve öngörülenden farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması halinde kaya sınıfının ve destek sisteminin, yeni koşullara göre revize edilmesine yönelik veri toplamak amacıyla yapılmaktadır. Jeolojik-jeoteknik çalışmalar, ayrıca galeri işletme aşamasında doğabilecek sorunların çözümüne yönelik belgeleme sağlamaktadır. Kazı sırasında karşılaşılan jeolojik yapının haritalanması ve belgelenmesi için ortak bir işaretleme kullanılmakta ve özelliklerin açıklanması için ortak terimler kullanılmaktadır. Kazı sırasında karşılaşılan jeolojik durumların kaydedilmesi için önceden hazırlanan ve gerekli tüm bilgileri içeren formlar kullanılmaktadır. Haritalama bilgileri galeri ilerlemelerine bağlı olarak işlenmekte, düşey ve yatay enkesit çizimlerini içermektedir.

Jeolojik dökümantasyon, açığa çıkan kaya yüzeyini, tüm tavan çevresini ve yan duvarları, kaydedilen tüm özellikleri ile birlikte, göstermektedir. Haritalama, kazılan kesime emniyetle giriş imkanı sağlayan önlemlerin alınmasından hemen sonra, kazısı yeni yapılmış yüzeylerde yapılmaktadır. Püskürtme beton uygulamasından sonra tavan ve yan duvarlarda gözlem ve inceleme olanağı kalmamaktadır. Bu açıdan yeraltı maden işletmeleri için püskürtme beton kaplamalı ana galerilerde jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmaları büyük önem kazanmaktadır.

Amasra-B projesinde kapasamında açılmakta olan -510 ve -410 ana kat galerilerinin inceleme alanının jeolojik haritası üzerine işlenmiş galeri güzergahları Şekil 5.6'ta verilmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen ve kazı işleri devam eden Gömü 1 nolu Kuyu -510 kotundaki 3704 ve 3705 Nolu galerilerin Ocak 2014 itibarıyla fiili ilerleme durumları Şekil 5.7'te gösterilmektedir.

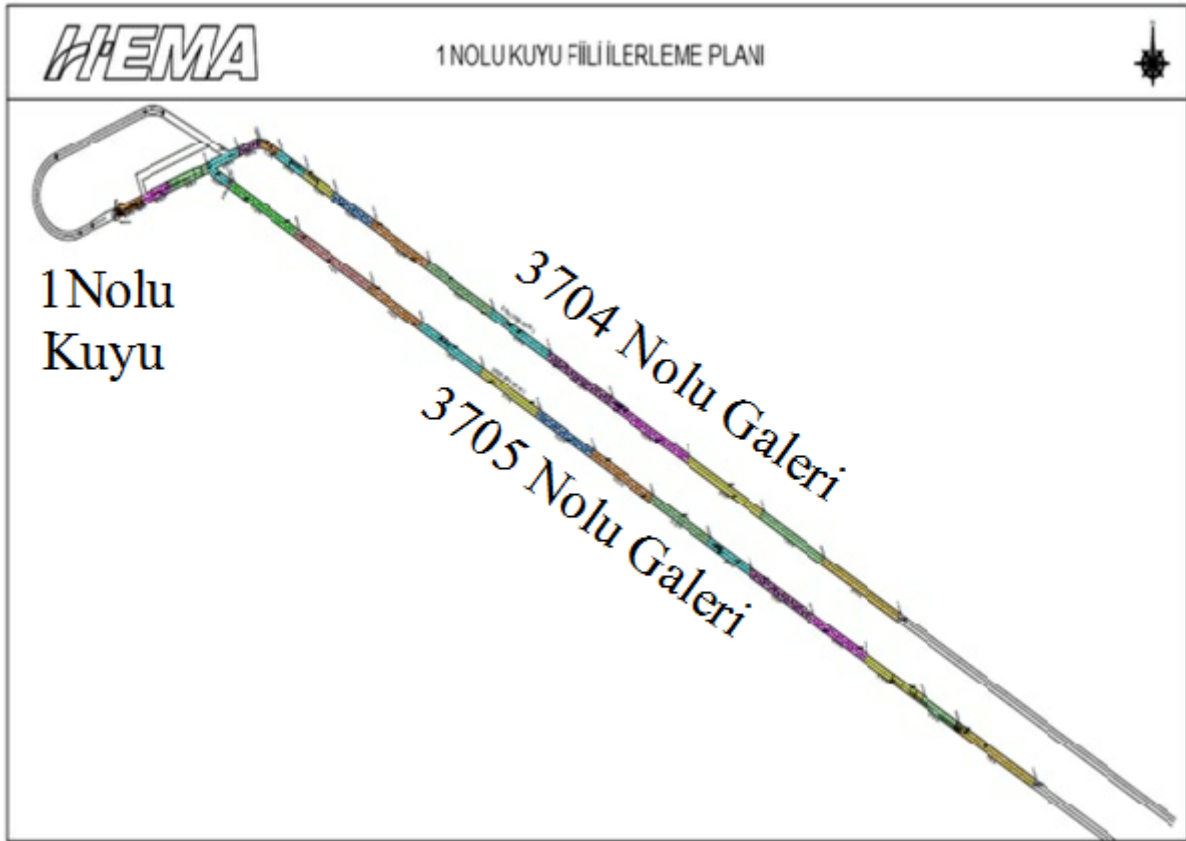


### LEJAND/LEGEND

		Alüvyon, yamaç molozu (Alluvium)
Maastrichtiyen Alaçlı Fm.	Kra	Marnli Kireçtaşı (Marly Limestone)
Kampaniyen Kazpınar Fm.	Kncz	Andezit (Andesite)
Kampaniyen Uğurlar Fm.	Kri	Marnli Kireçtaşı, TUF (Marly Limestone, Tuff)
Dantoniyen Dinince Fm.	Krd	Aglomera, Andezitik Tuff (Agglomerate, Andesite, Tuff)
Turoniyen Askerşuyu Fm.	Krb	Marnli Kireçtaşı (Marly Limestone)
Senomaniyen Ahatlar Fm.	Krc	Kumlu Kireçtaşı (Aenaceous Limestone)
Apolyon Amara Fm.	Kik	Filis (Flysch)
Bavariyan Çamsö Fm.	Jkrz	Kireçtaşı (Limestone)
Westfalyen BCD Karadon Fm.	Kka	Konglomera, Kumtaşı, Kiltası, Kömür (Conglomerate, Sandstone, Claystone, Coal)
Westfalyen Kozlu Fm.	Kk	Konglomera, Kumtaşı, Kiltası, Kömür (Conglomerate, Sandstone, Claystone, Coal)
Hesseliyan Alayozlu Fm.	Ka	Kumtaşı, Kiltası, Kömür (Sandstone, Claystone, Coal)
Vizeon Yılanlı Fm.	Qky	Dolomitik Kireçtaşı (Cherty Limestone)

Şekil 5.7 Amasra-B projesinde -510 ve -410 ana kat galerilerinin jeolojik harita üzerinde galeri güzergahlarının görünümü (Altıparmak ve Özdemir 1992, Hema 2012).

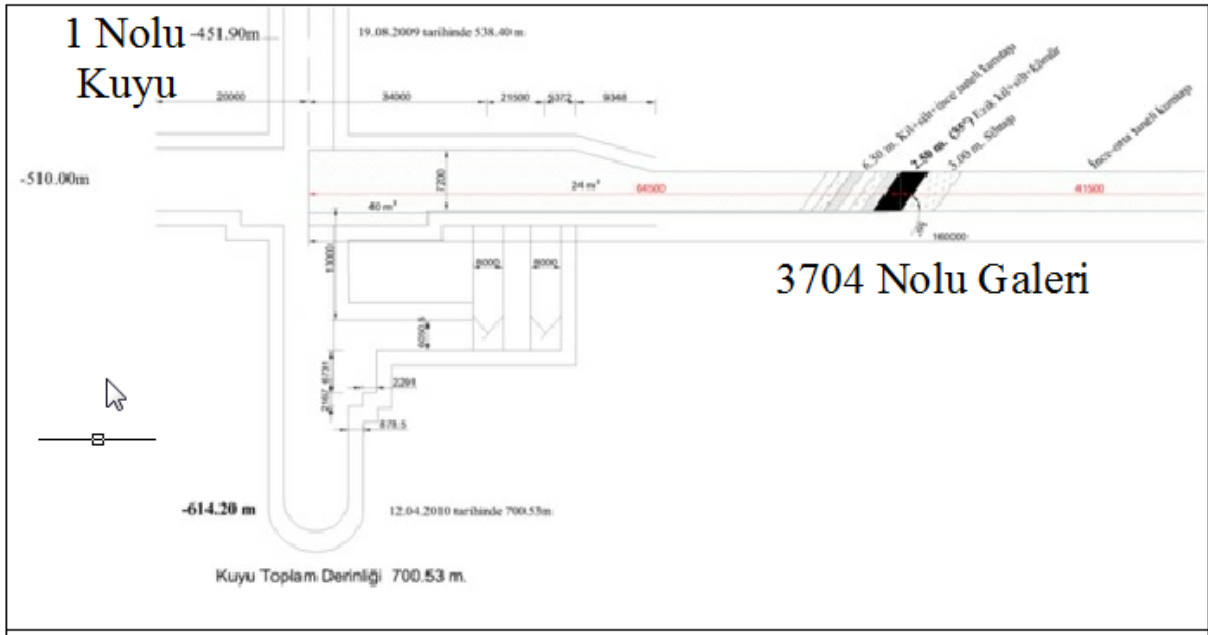




Şekil 5.8 -510 kotundaki 3704 ve 3705 Nolu galerilerin Ocak 2014 itibarıyla fiili ilerleme durumları.

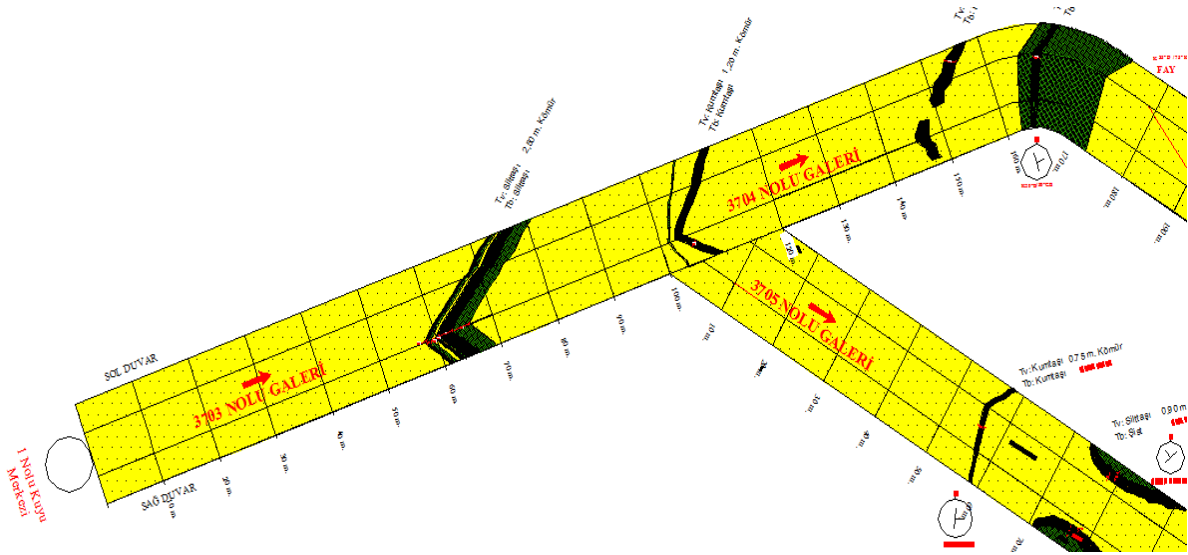
-510 ana kat galerilerinin kuyu başından itibaren tüm galeri güzergahı boyunca jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmaları yapılmıştır. Haritalar üzerinde geçilen jeolojik birimlere ait özellikler (Formasyon ve yapısı, fay, süreksizlik, eğim ve doğrultu vb.) belirtilmiştir. Haritalamanın başladığı kuyu başındaki örnek Şekil 5.8’ te lejand ile birlikte gösterilmiştir.

Ana galerilerde kullanılan başlıca tahkimat elemanları çelik hasır, püskürtme beton ve reçineli kaya saplamalarından oluşmaktadır. Ayrıca, yaklaşık 2.4 m aralıklarla açıklık tavanında 6 m uzunluğunda ve 15 mm çaplı halatlı saplamalar da kullanılmaktadır. Ana galerilerde uygulanan püskürtme beton kalınlığı en az 15 cm olmaktadır. Fay ve zayıflama zonlarında ayrıca esneyen TH çelik bağlar da takviye tahkimat elemanları olarak kullanılmaktadır. 3705 nolu ana galeride dönüş noktasından itibaren 800-875 metreler arası toplam 52 adet TH çelik bağ, 1017-1032 metreler arası ise toplam 12 adet TH çelik bağ uygulanmıştır. 3704 no’lu ana galeride ise kuyu merkezinden itibaren, 194-224 metreler arası 27 adet TH çelik bağ uygulanmıştır.

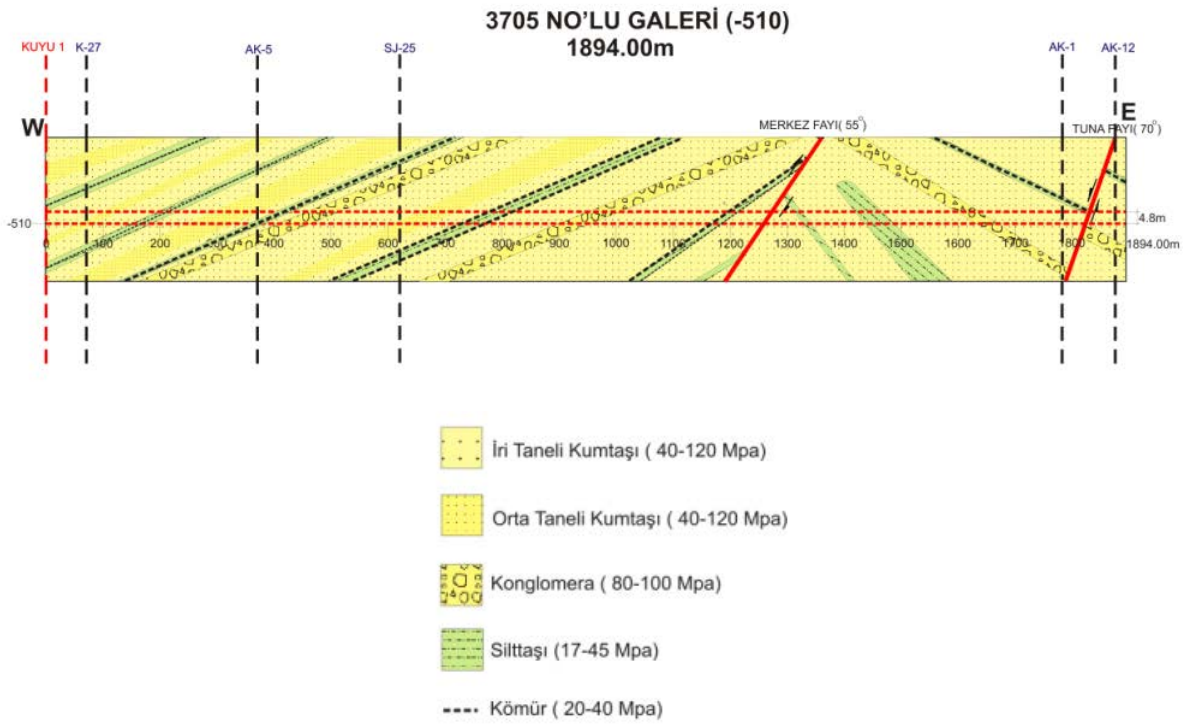


Şekil 5.9 Gömü 1 Nolu Kuyu -510 insepti. Galeri ilerlemeleri boyunca alınan jeolojik kesitlerde karşılaşılan jeolojik birimler.

İncelenen galeriler numaraları ile Şekil 5.9’da verilmiştir. Şekilde belirtilen örneklerin haritalama ve sınıflandırma çalışmaları tüm galeri güzergahı boyunca yapılmıştır. 3705 nolu galeri güzergahı bir jeolojik kesit üzerinde Şekil 5.10’da verilmiştir. Şekil 5.10’da ayrıca geçilen kaya birimleri, dayanım değer aralıkları ile birlikte, verilmiştir. En yaygın karşılaşılan kaya birimi iri ve orta taneli kumtaşı olup, diğer birimler ise silttaşı, konglomera ve kömür damarlarından oluşmaktadır. Ayrıca yapısal jeolojiye bağlı olarak fay ve zayıflama zonları ile karşılaşılmaktadır.



Şekil 5.10 Gömü 1 Nolu Kuyu -510 kotunda 3703-3704-3705 Nolu galerilerin jeolojik kesitleri.



Şekil 5.11 3705 nolu galeri güzergahının jeolojik kesit üzerinde genel görünümü.

Jeolojik olarak haritalaması yapılan galerilerde, aynı jeolojik birimlerin yapısal olarak farklı özellikler gösterdiği ve dayanım olarak birbirini temsil etmediği gözlemlenmiştir. Galerilerin başlangıcından itibaren çoğunlukla karşılaşılan formasyonlar kumtaşı ve siltaşı aralanmalarından oluşmaktadır. Bu aralanmalarda aynı kaya türü farklı jeoteknik özellikleri ile karşımıza çıkmaktadır. Bu durum bize genel olarak karşılaştığımız kumtaşı ve siltaşı kaya

türlerinde bir jeoteknik sınıf aralığı oluşturma ihtiyacını doğurmuştur. Çizelge 5.2’ de kumtaşı kaya kütlesi (K1, K2, K3), Çizelge 5.3’ de ise silttaşı kaya kütlesi (S1, S2, S3) için belirlenen jeoteknik aralıklar yer almaktadır. Zaman zaman geçilen konglomera (Kg) ve kömür damarı (Köm) birimleri de haritalama çalışmaları üzerinde yer almaktadır.

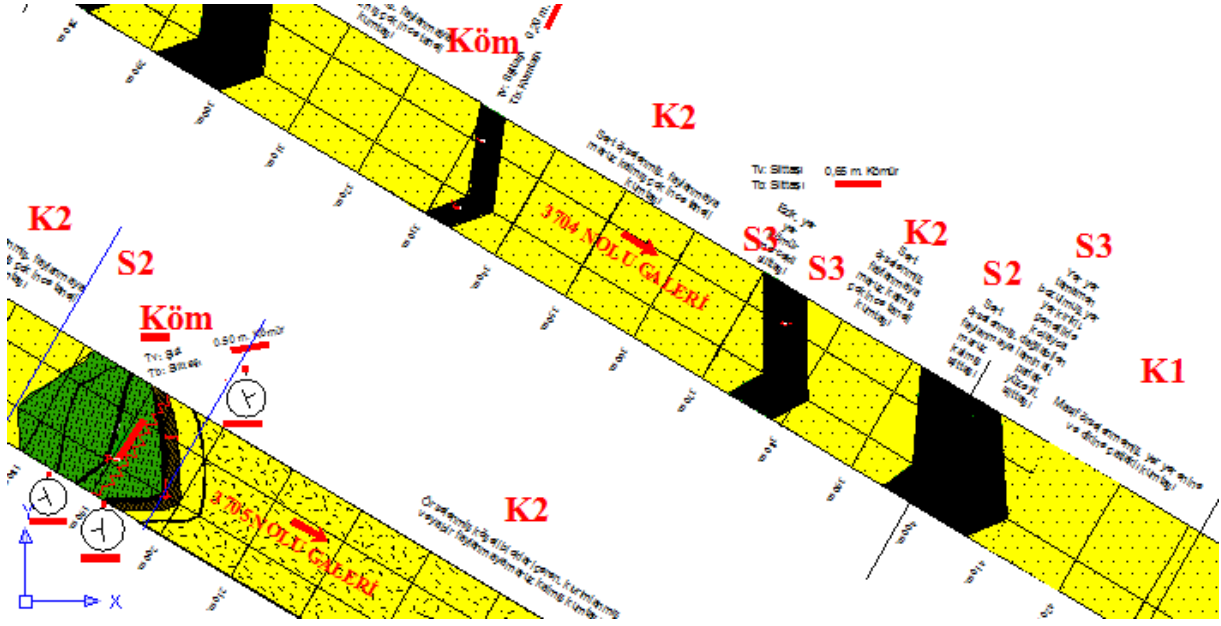
Çizelge 5.1 Kumtaşı kaya kütlesi için belirlenen jeoteknik aralık sınıflaması.

BİRİM	KOD	GSİ ARALIĞI	ÖZELLİKLER
KUMTAŞI	K 1	85 ( $\pm 10$ )	Sert, az sayıda çatlak ve kırıklar içeren kaya kütlesi
	K2	55 ( $\pm 10$ )	Sert, yer yer ayrılmış, kıvrımlanmış, çok sayıda çatlak ve kırıklar içeren kaya kütlesi
	K3	30 ( $\pm 10$ )	Parçalanmış, kaya parçaları haline gelmiş, birbirine zayıfça kenetlenmiş, kayma yüzeyli, aşırı derece kırılmış, kaya kütlesi

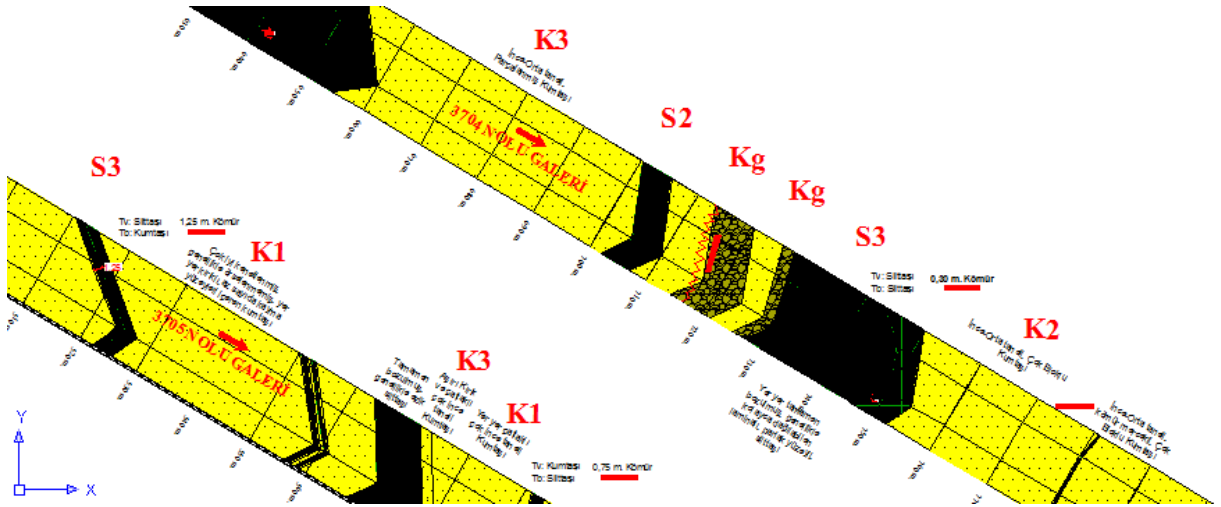
Çizelge 5.2 Silttaşı kaya kütlesi için belirlenen jeoteknik aralık sınıflaması.

BİRİM	KOD	GSİ ARALIĞI	ÖZELLİKLER
SİLT TAŞI	S1	55 ( $\pm 10$ )	Bloklı veya çok bloklı, yer yer örselenmiş, çok sayıda kırık ve çatlak içerir.
	S2	30 ( $\pm 10$ )	Parçalanmış, kıvrımlanmış ve/veya faylanmaya mağruz kalmış, aşırı derecede kırık ve çatlaklar içeren, yer yer ezik kaya kütlesi
	S3	10 ( $\pm 5$ )	Kıvrımlanmış, tamamen bozunmuş ve/veya kısmen bozunmuş, genellikle ezik, laminalı veya yapraklanmış kaya kütlesi

Oluşturulan bu jeoteknik aralıklar incelen galerinin tamamında uygulamaya konularak haritalara işlenmiştir. 3704 ve 3705 nolu galerilerden farklı noktalardan alınan kesitlerde jeoteknik aralıklar Şekil 5.12’ de ve Şekil 5.13’ da gösterilmiştir. Jeolojik haritalama çalışmaları açılmış olan galeri güzergahları boyunca yapılmış olup, ilgili jeoteknik bigiler harita üzerinde işlenmiştir. Böylece açıklık çevresinde püskürtme beton kaplama uygulaması neticesinde ilave gözlem olanağı kalmamasına karşın, işletmede mevcut olan ana galeriler için önemli jeolojik ve jeoteknik veritabanı oluşturulmuştur.



Şekil 5.12 3704 ve 3705 nolu galeride jeoteknik sınıflamalar.

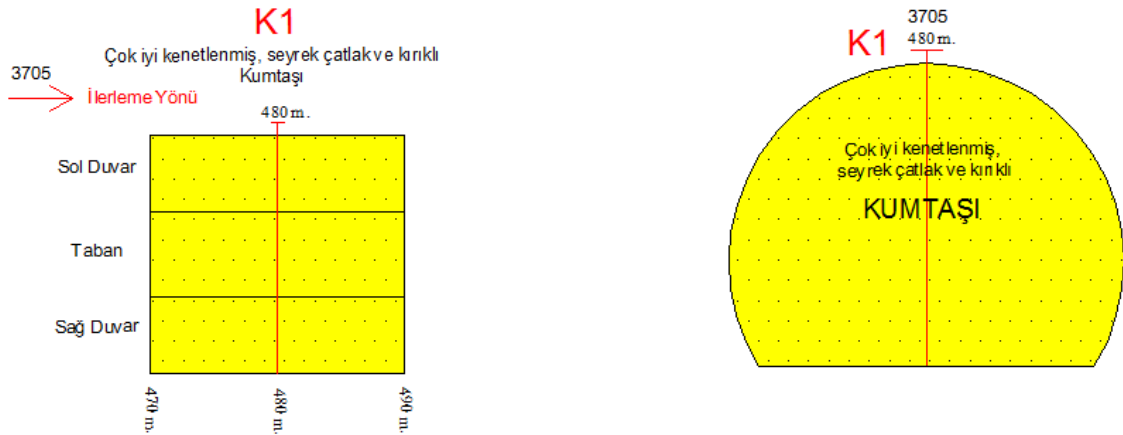


Şekil 5.13 3704 ve 3705 nolu galeride jeoteknik sınıflamalar.

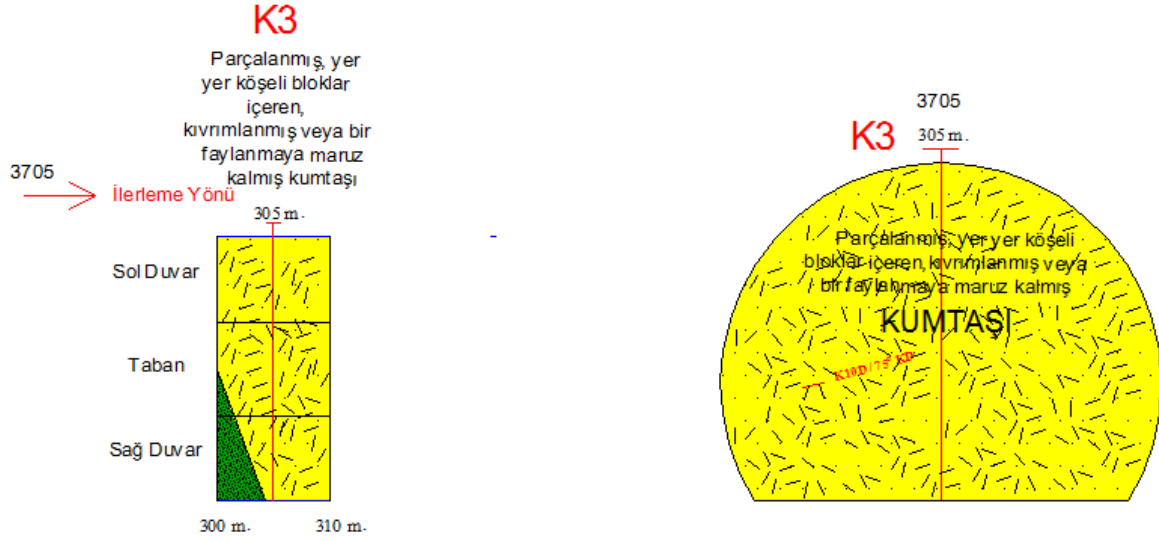
Tez çalışması kapsamında ana galeri ait tüm harita ve kesitlerin verilememesi nedeniyle, örnek haritalar ve kesitler üzerinde açıklamalar yapılmıştır. Örnek kesit seçiminde galeri kazıları sırasında karşılaşılan farklı jeolojik birimlerin verilmesi dikkate alınmıştır. Ayrıca, kesitlerin genel olarak karşılaşılan kumtaşı kaya kütlesi (K1, K2, K3) ile ilgili jeoteknik aralıkları yansıtmasına dikkat edilmiştir (Şekil 5.14-5.16). Genelde ince veya kalın kömür birimleri tarafından çevrili olan silttaşı kaya kütlesi (S1, S2, S3) (Şekil 5.17-5.18) ait örnek kesit ve jeoteknik aralıklar Şekil 5.17 ve 5.18’de verilmiştir. Fay ve zayıflama bölgeleri ile iç

içe temsili bir siltaşı kaya kütlesine ait jeolojik kesit ise Şekil 5.19’de verilmiştir. Zaman zaman geçilen konglomera (Kg) birimine ait örnek bir jeolojik kesit ve jeoteknik aralık Şekil 5.20’de yer almaktadır.

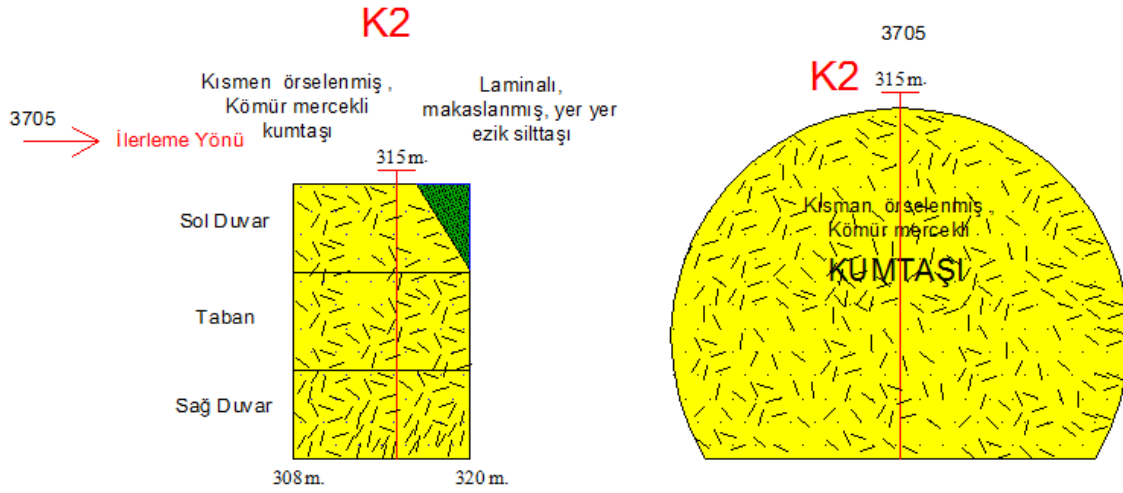
Galeri kazıları sırasında karşılaşılan jeolojik birimler kendi aralarında da birçok jeolojik ve jeoteknik özellikler bakımından farklılık göstermektedir. Gömü 1 nolu kuyuda 3705 nolu galeride, kazı sırasında 480. Metreden alınan kesitte, geçilen formasyonun; yüksek dayanım gösteren, çekiç darbeleriyle sadece yontabildiğimiz, seyrek çatlak ve kırıklar içeren kumtaşından oluştuğu görülmektedir. Bu sınıftaki (K1) kumtaşları ana kat galerilerinde karşılaşılan dayanımı en yüksek formasyondur. Oldukça sert yapıda olup, nadir olarak çatlaklar görülmektedir. Jeolog çekiç darbeleri ile kırılmayan, ancak yontulabilen bir yapıya sahiptir. Bu formasyonda mevcut tahkimat sistemi kolaylıkla uygulanabilmektedir (Şekil 5.14) 315. Metrede alınan kesitte ise kömür mercekleri içeren, birkaç çekiç darbesi ile koparılabilen, çok sayıda çatlak ve kırık bulunduran kumtaşından oluşmuştur. Bu tür formasyonlarda kayaç genellikle kırıklı, kırıklar arasında kayma yüzeyleri gözükmemektedir. Jeolog çekiç sayesinde bloklar veya parçalar halinde ayrışabilmektedir. Kömür merceklerinin bulunduğu kısımlarda ayrışma, bekleme süresinin uzamasına bağlı olarak kendiliğinden gerçekleşebilmektedir (Şekil 5.15). Aynı galeride 305. Metreden alınan kesitte birbirinden ayrılmış, parçalanmış ve kıvrımlanmış, olası bir fay zonuna maruz kalan, kömür mercekli kumtaşı olduğu gözlemlenmiştir. Tektonik etkiler altında kalmış olan bu tür formasyonlarda bloklu yapıya nadir olarak rastlanmaktadır. Genellikle tabaka yapısını kaybetmiş, aşırı derecede kırıklı, iç içe geçmiş, arında bir çok farklı doğrultu ve eğim değerlerinin ölçüldüğü şekilde yer almaktadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.14 3705 nolu galeride 480. metrede kumtaşından alınan kesit.



Şekil 5.15 3705 nolu galeride 305. metrede kumtaşından alınan kesit.



Şekil 5.16 3705 nolu galeride 315. metrede kumtaşından alınan kesit.

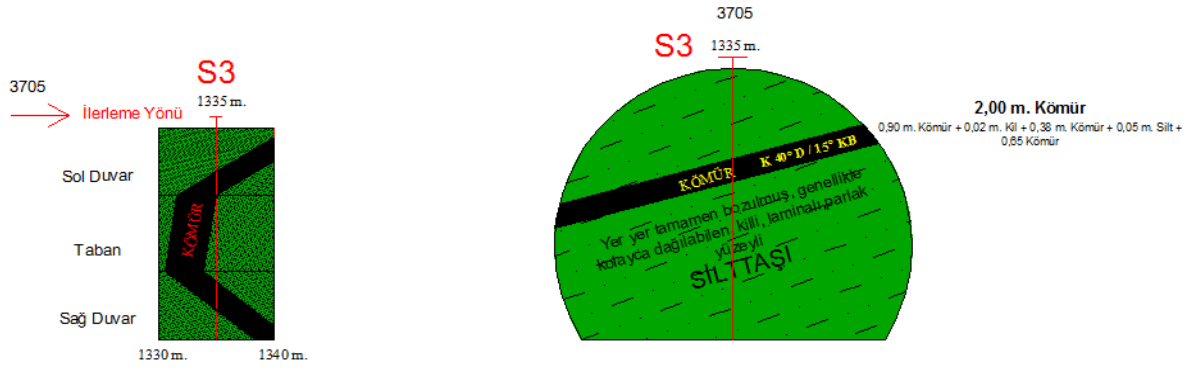
Silttaşı kaya kütleleri kendi içerisinde incelenerek, bu birim için jeoteknik aralık sınıflaması oluşturulmuştur. Bu sınıflamada tüm galeri ilerlemeleri boyunca jeolojik ve jeoteknik haritalarda uygulanmıştır. Aşağıda 3704 nolu galeriden 860. Metresinde alınan kesitte iki farklı jeoteknik sınıfta yer alan Silttaşı formasyonu ve kömürlü formasyon yer almaktadır. Ana kat galerilerinde tahkimat açısından yaşanan problemlerin büyük bir çoğunluğu silttaşı ve kömürlü formasyonlarda yaşanmaktadır. Silttaşı formasyonu bloklu sert yapıda (S1) görülmesine karşın ana kat galerilerinde genellikle parçalanmış, kıvrımlanmış ve/veya faylanmaya mağruz kalmış, aşırı derecede kırık ve çatlaklar içeren, yer yer ezik kaya kütlesi

(S2), veya kıvrımlanmış, tamamen bozunmuş ve/veya kısmen bozunmuş, genellikle ezik, laminalı veya yapraklanmış kaya kütlesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır. S2 jeoteknik sınıflamasında yer alan formasyonlarda kaya kütlesi genellikle parçalanmış olmasına rağmen sert yapıdadır. Kömürlü mercek veya damarlarının olduğu veya su gelirinin olduğu bölgelerde yer yer ezik yapı gözlenmektedir. Bir kaç jeolog çekici ile koparılabilen bir yapı göstermektedir (Şekil 5.17). Jeoteknik sınıflamada en düşük dayanıma sahip olan S3 aralığında ise bozunmaların yaygın olarak görüldüğü, jeolog çekici darbeleri ile formasyonun toprak kıvamında dağıldığı, kömürlü formasyonların tavanında veya tabanında tamamen ezik, çamur kıvamında bir yapının gözlemlendiği görülmektedir (Şekil 5.18). Bu formasyon; fay zonlarında tamamen bozunmuş, parlak ve hava ile temasında zamana bağlı olarak kum gibi dağılan yapıda karşımıza çıkmaktadır. Hava ile temasında aşırı sökülme görülmekte ve kazı kesiti bozulmaktadır. Bu durumlarda ön tedbir amacı ile kazı yüzeyi bekletilmeden püskürtme beton ile kaplanarak tahkimat yapılacak çalışma alanının güvenliği geçici olarak sağlanmaktadır. Mevcut tahkimatın yetersiz kaldığı bu koşullarda önce tavana mevcut tahkimat sistemi uygulanmakta, daha sonra th demir bağlar ile ek tahkimat olarak desteklenmektedir. Kazı kesiti ile Th bağlar arasında kalan boşluklar saman ve püskürtme beton ile doldurulmaktadır (Şekil 5.19).

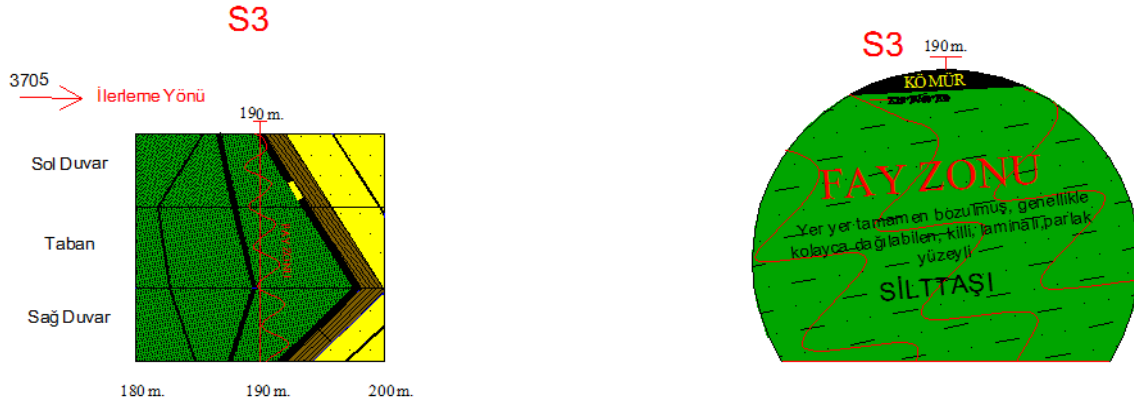


Şekil 5.17 3704 nolu galeride 860. metrede silttaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.



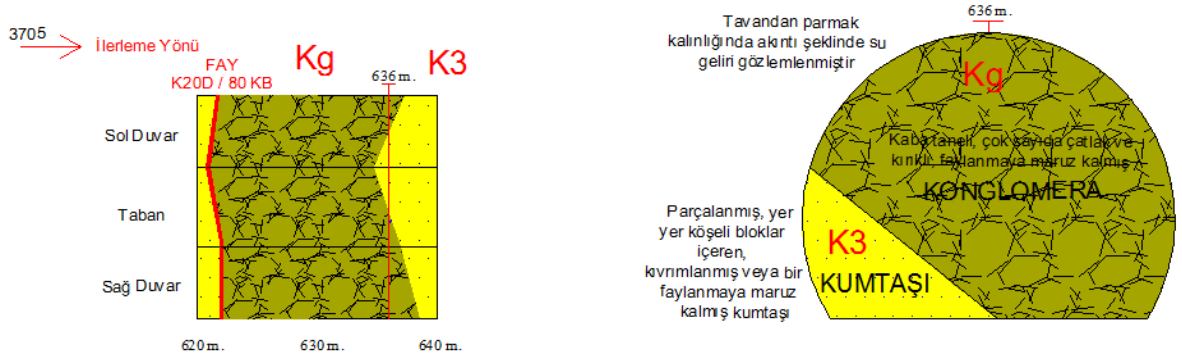


Şekil 5.18 3705 nolu galeride 1335. metrede siltaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.



Şekil 5.19 3705 nolu galeride 190. metrede siltaşı ve kömürlü formasyondan alınan kesit.

Ana kat galerilerinde kumtaşı ve siltaşı formasyonları sık karşılaşılan formasyonlar olmasına rağmen, zaman zaman konglomera formasyonu da karşılaşılmaktadır. Bu formasyonda tane büyüklükleri, şekilleri incelenmektedir. Kaba taneli, çakıllı, kumlu gibi farklı bileşenlerden oluşmaktadır. Çok sayıda çatlak ve kırıklı yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Bazı metrelerde konglomeradaki çatlaklardan su geliri olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 3705 nolu galeride 636. metrede konglomera ve kumtaşı formasyonundan alınan kesit.

### 5.3.1 Değerlendirmeler

Tez çalışmasında, Amasra'da taş kömürü projesi kapsamında yapımına başlanan B24 kesitli -510 kotlarındaki ana kat galerilerinin kömür çevre kayaçları ve jeoteknik koşulları incelenmiştir. Kazı arınında bulunan jeolojik unsurlar (kaya tipi ve özellikleri, formasyon, fay, süreksizlik, çatlak vb) belirlenmiştir. Ayrıca jeoteknik sınıflandırmalar yapıp bu bilgiler ilgili jeolojik galeri haritalarına ve kesitlere işlenmiştir. Jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmaları Amasra-B projesi -510 ana kat galeri güzergahları boyunca uygulanmıştır.

Saha ile ilgili jeoteknik incelemeler kaya malzemesi ve kütlesi ile ilgili önemli özellikleri içermekte olup, yerinde hızlı ve ekonomik olarak elde edilebilir verilere ve deştişirgelere dayandırılmıştır. Verilere dayalı olarak açıklık çevresindeki jeolojik birimler, eşdeğer jeoteknik aralıklar ve kaya koşulları tanımlanmış, ilgili haritalar ve kesitler ile kayıt altına alınmıştır. Haritalar ve kesitler üzerinde ortamdaki su geliri, fay gibi yapısal özellikler ait bilgiler de yer almıştır. Kaya ve jeoteknik koşullar galeri aynasındaki kayanın görünüşü esas alınarak tespit edilmiştir. Haritalama bilgileri galeri ilerlemelerine bağlı olarak işlenmiş, düşey ve yatay enkesit çizimlerini içermiştir.

Amasra-B projesi ana kat galerilerinde yapılan jeolojik-jeoteknik çalışmalar, ayrıca galeri işletme aşamasında doğabilecek sorunların çözümüne yönelik belgeleme sağlamaktadır. Kazı sırasında karşılaşılan jeolojik yapının haritalanması ve belgelenmesi için ortak bir işaretleme kullanılmış ve özelliklerin açıklanması için ortak terimlerden yararlanılmıştır.

İnceleme alanındaki Amasra-B projesi yeraltı taşkömürü madeninde, ana galeriler ağırlıklı olarak kumtaşı içinde açılmaktadır. İkincil kayaç türü siltaşı olup, yer yer konglomera ve kilitaşı birimleri ile de karşılaşmaktadır. Kömür damarlarının olduğu yerlerde kumtaşı, siltaşı, kilitaşı, şeyl bantları mevcuttur. Ayrıca fay ve zayıflık zonları ile karşılaşmaktadır. İnceleme alanındaki ana galerilerde kumtaşı kaya kütlesinde genelde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrışmış, lekeli yüzeyler) gözlenmiştir. Zayıflama zonlarında ise bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları ile karşılaşmaktadır. Yer yer kumtaşı kaya kütlesinde masif yapı ve iyi yüzey koşulları da belirlenmiştir. Ana galerilerde siltaşı kaya kütlesinde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrışmış, lekeli yüzeyler) ile birlikte, özellikle kömür damarları ve zayıflama zonlarına yakın konumlarda, bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları gözlenmektedir. Fay bölgeleri ile zayıflık zonlarında ise dağılmış/ince tabakalanmış yapılar ile ayrışmış/bozunmuş zayıf yüzey koşulları ile karşılaşmaktadır.

Tez çalışması kapsamında Amasra-B projesi -510 ana kat galeriler için yapılan jeolojik ve jeoteknik dökümantasyon, açığa çıkan kaya yüzeyini, tüm tavan çevresini ve yan duvarları, kaydedilen tüm özellikleri ile birlikte, göstermektedir. Haritalama, kazılan kesime emniyetle giriş imkanı sağlayan önlemlerin alınmasından hemen sonra, kazısı yeni yapılmış yüzeylerde yapılmaktadır. Ana kat galerilerde uygulanan destekleme yöntemi (kaya sapalamaları, püskürtme beton vb.) nedeniyle, püskürtme beton uygulamasından sonra tavan ve yan duvarlarda gözlem ve inceleme olanağı kalmamaktadır. Bu açıdan yeraltı maden işletmeleri için püskürtme beton kaplamalı ana galerilerde jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmaları büyük önem kazanmaktadır. Tez çalışması kapsamında Amasra-B projesi ana kat galerilerde yapılan jeolojik-jeoteknik haritalama çalışmaları önemli bir belgeleme sağlamaktadır. Ayrıca galeri işletme aşamasında oluşabilecek duraylılık sorunlarının (beton kaplamada çatlaklar, deformasyon vb.) değerlendirilmesi ve önlem alınmasında önemli jeolojik ve jeoteknik saha verileri sağlamaktadır.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, Amasra'da taş kömürü projesi kapsamında yapımına başlanan B24 kesitli -510 kotlarındaki ana kat galerilerinin kömür çevre kayaçları ve jeoteknik koşulları incelenmiştir. Tez çalışmasında, önce mühendislik uygulamalarında kaya tanımlama ve sınıflandırma ölçütleri hakkında bilgiler verilmiştir. Amasra-B proje sahasında inceleme alanının jeolojisi tanıtılıp, sahanın stratigrafisi ve yapısal jeolojisi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Amasra-B taşkömürü projesi galeri açma çalışmalarında uygulanan kazı ve tahkimat yöntemleri açıklanmıştır. -510 ana kat galerilerinin jeoteknik incelemesi kapsamında kömür çevre kaya koşulları incelenmiştir. -510 kat ana galerileri jeoteknik incelemeler ile ilgili ayrıntılı jeolojik haritalamalar yapılmıştır. Farklı kömür çevre kayaçları ve özellikleri temsil edecek şekilde jeolojik galeri kesitleri hazırlanıp, bu kesitler üzerinde ilgili jeoteknik ve kaya özellikleri verileri işlenmiştir. Tez çalışmasından çıkarılabilecek önemli sonuç ve öneriler ise aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Amasra taşkömürü havzasında ana galeriler genellikle temel kömür çevre kayaçları olarak kumtaşı içinde sürülmektedir. İkincil kayaç silttaşıdır. Yer yer konglomera ve kıltaşı birimleri ile de karşılaşmaktadır. Kömür damarlarının olduğu yerlerde kumtaşı, silttaşı, kıltaşı, şeyl bantları mevcuttur. Ayrıca fay ve zayıflık zonları ile karşılaşmaktadır.

İnceleme alanındaki Amasra-B projesi ana galerilerde ağırlıklı olarak kumtaşı kaya kütlelerinde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler) gözlenmiştir. Özellikle zayıflama zonlarında bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları ile karşılaşmaktadır.

Ana galerilerde silttaşı kaya kütlelerinde çok bloklu yapı ve iyi yüzey koşulları (pürüzlü, hafifçe ayrılmış, lekeli yüzeyler) ile birlikte, özellikle kömür damarları ve zayıflama zonlarına yakın konumlarda, bloklu/örselenmiş yapı ve orta-zayıf yüzey koşulları gözlenmektedir.

Fay bölgeleri ile zayıflık zonlarında ise dağılmış/ince tabakalanmış yapılar ile ayrışmış/bozunmuş zayıf yüzey koşulları ile karşılaşmaktadır.

Kaya kütlelerinin tanımlanması ve puanlandırılması için, basit gözlemlere dayalı olarak uygulanabilen, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) tercih edilmiştir. Saha ile ilgili jeoteknik incelemeler kaya malzemesi ve kütlesi ile ilgili önemli özellikleri içermekte olup, yerinde hızlı ve ekonomik olarak elde edilebilir verilere ve değıştirgelere dayandırılmıştır.

İnceleme sahası ve gözlem verilerine dayalı olarak ana galerilerde açıklık çevresindeki jeolojik birimler, eşdeğer jeoteknik aralıklar ve kaya koşulları tanımlanmış, ilgili haritalar ve kesitler ile kayıt altına alınmıştır. Haritalar ve kesitler üzerinde ortamdaki su geliri, fay gibi yapısal özelliklere ait bilgiler de yer almıştır. Tez çalışması kapsamında Amasra-B projesi - 510 ana kat galeriler için yapılan jeolojik ve jeoteknik dökümantasyon, açığa çıkan kaya yüzeyini, tüm tavan çevresini ve yan duvarları, kaydedilen tüm özellikleri ile birlikte, göstermektedir.

Ana galerilerde kullanılan başlıca tahkimat elemanları çelik hasır, püskürtme beton ve reçineli kaya saplamalarından oluşmaktadır. Ayrıca, halatlı saplamalar da kullanılmaktadır. Fay ve zayıflama zonlarında ayrıca esneyen TH çelik bağlar da takviye tahkimat elemanları olarak kullanılmaktadır.

Ana kat galerilerde uygulanan destekleme yöntemi (kaya saplamaları, püskürtme beton vb.) nedeniyle, beton kaplama uygulamasından sonra tavan ve yan duvarlarda gözlem ve inceleme olanağı kalmamaktadır. Bu açıdan yeraltı maden işletmeleri için püskürtme beton kaplamalı ana galerilerde sistematik jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmaları büyük önem kazanmakta ve belgeleme sağlamaktadır. Ayrıca, galeri işletme aşamasında oluşabilecek duraylılık sorunlarının (beton kaplamada çatlaklar, deformasyon vb.) değerlendirilmesi ve önlem alınmasında önemli jeolojik ve jeoteknik saha verileri sağlamaktadır.

Madencilik ve tünelcilikte oluşturulan yeraltı açıklıkları ile ilgili jeolojik ve jeoteknik haritalama çalışmalarının düzenli ve sistematik olarak yapılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acun D** (2009) Amasra-Tarlaağzı kuyusu çevre kaya özellikleri ve duraylılığının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak 182 s.
- Altıparmak S ve Özdemir M** (1992) Bartın-Amasra taşkömür havzası jeoloji raporu, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Cilt I, Ankara, 196 s.
- Arni P** (1940) *Amasra-Tarlaağzı taşkömür mıntkasının jeolojisi ve kıymetlendirilmesine müteallik ilk ikmal raporu*. MTA Bölgesel Raporlar, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, no: 1274.
- Aydiner H** (2013) Derin kömür madenlerinde pompajlı hidroelektrik santral alt rezervuar su depolama uygulamaları için ana galerilerde duraylılığın incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Zonguldak, 111 s.
- Baykal F** (1971) *Historik Jeoloji*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yayın No:38, Trabzon, 346 s.
- Bieniawski Z T** (1973) Engineering classification of jointed rock masses. *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.*, 15:335-44.
- Bieniawski Z T** (1989) *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley and Sons, 237 p.
- Bieniawski ZT** (1996) The good, the bad and the ugly: reflections on the legacy of a lifetime in rock engineering. *Milestones in Rock Engineering, The Bieniawski Jubilee Collection*, Balkema, Rotterdam, 3-25.
- BS** (2003) *Geotechnical investigation and testing-identification and classification of rock-Part 1: Identification and description, British Standard*. European Committee for Standardization, 28 p.
- DIN** (2004) *Geotechnische Erkundung und Untersuchung-Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels-Teil 1: Benennung und Beschreibung, Deutsche Norm*. Technischen Unterkomitee, 26 p.
- Ercan T, Yergök A F, İplikçi F, Deveciler E, Keskin L ve Can B** (1984) Zonguldak çevresindeki üst kretase yaşlı yay volkanizmasının özellikleri. *Jeomorf. Derg.*, 12:81-105.
- Fratcher W** (1953) *Bartın Amasra-Kumluca-Kurucaşile-Ulus bölgelerinde etüd*. MTA Bölgesel Raporlar, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Geniş M** (2002) *Geometrik tasarım değiştirgelerinin derin yeraltı açıklıklarında yenilme bölgesinin boyutlarına etkilerinin statik ve dinamik koşullarda araştırılması*. Doktora Tezi (yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Zonguldak, 352 s.
- Gerçek H** (2000) *Tünelcilik Ders Notları (yayımlanmamış)*, ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
- Golder Hoek and Associates** (1979) *Instruction Manual – I, Geotechnical Data Collection*. UNDP Training Project, Contract No. Con. 97/78, 56 p.
- HEMA** (2012) *Amasra Kömür Projesi*, Brifing Notları (yayımlanmamış), HEMA A.ř. Bartın.
- Hoek E** (1995) Strength of rock and rock masses. *ISRM News Journal*, 2 (2): 4-16
- Hoek E and Bray J W** (1981) *Rock Slope Engineering*. The Inst. of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 3<sup>rd</sup> edition, 358 p.
- Hoek E and Brown E T** (1997) Practical estimates of rock mass strength. *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci.*, 34(8):1165-1186.
- Hoek E, Kaiser P K and Bawden W F** (1995) *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Balkema, Rotterdam, 214 p.
- Hoek E, Marinos P and Benissi M** (1998) Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation. *Bull. Eng. Geol. Env.*, 57:151-160.
- Hoşgörmez H ve Yalçın M N** (2002) Amasra yöresindeki (Zonguldak Havzası) Karbonifer istifindeki gazların miktar ve bileşimi. *İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Derg.*, 15(1):29-42.
- Hudson J A** (1989) *Rock Mechanics Principles in Rock Engineering Practice*. Butterworth, 72 p.
- ISRM** (1981) *ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring*. ed. E. T. Brown, Pergamon Press, London, 211 p.
- ISRM** (2007) *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*. R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, Turkey, 628 p.
- Karpuz C ve Hindistan M A** (2008) *Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları*. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Yayın No: 116, Ümit Ofset, 2. Baskı, Ankara, 346s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kural O** (1991) *Kömür*, Özgün Ofset Matbaacılık.
- Marinos V, Marinos P and Hoek E** (2005) The geological strength index: applications and limitations, *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 64:55-65.
- Özkan İ ve Ünal E** (1996) Kaya kütlesi sınıflama sistemleri üzerine kritik bir değerlendirme. *3. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği, Ankara, s. 181-193.
- Özkan İ ve Ünal E** (2012) *M – RMR (Modified - RMR) Sınıflama Sistemi (yayımlanmamış)*, SÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Özkan İ, Ünal E and Ulusay R** (2012) Weak rock mass characterization by RMR and M-RMR systems: A comparative study based on the cases from mines in Turkey, *EUROCK 2012 - The 2012 ISRM International Symposium - Rock Engineering and Technology for Sustainable Underground Construction*, Sweden.
- Özkoçak O, Konyalı Y ve Şentürk İ** (1978) Kuzeybatı anadolu taşkömür havzasına genel bakış. *Türkiye I. Kömür Kongresi Bildiri Özetleri*, 23-27 Ocak 1978 Zonguldak, Türkiye Kömür İşletmeleri, 167-190.
- Palmström A** (1982) The volumetric joint count – a useful and simple measure of degree of jointing. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Congress of IAEG*, New Delhi, pp. V221-V228.
- Saner S** (1980) Batı pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği konumu ile açıklanması. *MTA Dergisi*, 93/94, 1-19.
- Soyer E** (2013) Kişisel Görüşme, HEMA Endüstri A.Ş. Bartın.
- Sönmez H and Ulusay R** (1999) Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes. *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci.*, 43: 671-676.
- Şener S** (2007) *Amasra yöresi (Batı Karadeniz) üst jura-alt kretase inaltı kireçtaşlarının bentik foraminifer paleontolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 83 s.
- Tekinırk A** (2012) *Amasra (Bartın) havzası karbonifer kömürlerindeki gazların jeokimyasal özellikleri ve ekonomik önemi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 124 s.
- Terzaghi K** (1946) *Rock defects and loads on tunnel support. in: rock tunneling with steel supports*. R.V. Proctor and T. White (eds.), Commercial Shearing Co., Youngstown, OH, pp. 15-99.



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- The Geological Society Engineering Group Working Party** (1972) The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. *Quart. J. of Eng. Geo. and Hydrogeo.*, 5 (4), 295-381.
- Tokay M** (1955) Filyosçayı Ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağız-Çaycuma(Zonguldak) bölgesinin jeolojisi. *MTA Bölgesel Raporlar*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Rp. No: 2099.
- Tüysüz O ve Yiğitbaş E** (1990) Orta pontidlerde üst jura –alt kretase stratigrafisi ve tektonik anlamı, 8. *Türkiye Petrol Kongresi, Bildiriler, (Jeoloji)*, 16-20 Nisan 1990, Ankara, Türkiye Petrol Jeologları Derneği/ TMMOB Petrol Mühendisleri Odası, 340-350.
- Ulusay R** (1991) *Geotechnical evaluations and deterministic design considerations for pitwall slopes at Eskihisar (Yatağan – Muğla) strip coal mine*. PhD Thesis (unpublished), Middle East Technical University, Geological Engineering Department, Ankara, Turkey, 340.
- Ulusay R** (2010) *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. 5. basım, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Ankara, 458 s.
- Ulusay R ve Sönmez H** (2007) *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*. Genişletilmiş 2. baskı, TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları: 60, Kozan Ofset Matbaacılık, Ankara, 292 s.
- Ulusay R** (2001) *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler (Jeoteknik Uygulamalar için Pratik Bilgiler)*. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Genişletilmiş Baskı, Yayın No: 38, 385 s.
- Ünal E** (1996) Modified rock mass classification: M-RMR system. Milestones in Rock Engineering, *The Bieniawski Jubilee Collection*, A.A. Balkema, Rotterdam, 203-222 p.
- Ünal E ve Özkan İ** (1990) Determination of classification parameters for clay – bearing and stratified rock mass. *Proceedings of the 9th International Conference on Ground Control in Mining*, West Virginia University, pp. 250-259.
- Ünal E, Özkan İ and Ulusay R** (1992) Characterization of weak, stratified and clay – bearing rock masses, *ISRM Symposium: EUROCK '92 Rock Characterization*, Chester, UK, J. ed. A. Hudson, British Geotechnical Society, London, pp. 330-335.
- Yahşımın K ve Ergönül Y** (1958) Amasra (Tarlaağzı) E. K. 1. galerisindeki kömür damarlarının sporolojik etüdü ve korelasyonu. *M. T. A Mecm.*, 51:42.
- Yalçın M N, Schenk H J, Schaefer R G** (1994) Modeling of gas generation in coals of the Zonguldak basin (NW Turkey). *Int. J. of Coal Geo.*, 25 (2):195– 212.
- Yavuz A, Uzun C ve Kökoğlu Ç** (2011) *HEMA Bartın-Amasra Bölgesi Jeolojisi (Yayınlanmamış)*, Hema Endüstri A.Ş. Raporu, 1-210.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

**Yavuz A** (2013) Kişisel Görüşme, HEMA Endüstri A.Ş. Bartın.

**Yergök A F, Akman Ü, Keskin İ, İpekçi E, Mengi H, Karabalık N N, Umut M, Armağan F, Erdoğan K, Kaymakçı H ve Çetinkaya A** (1987) *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I*. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri Dairesi, 8273:237 s.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Ali SALTİK 1987’te Zonguldak’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Zonguldak’da tamamladı; Mehmet Çelikel Anadolu Lİsesi’nden mezun olduktan sonra 2005 yılında YYÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’ne girdi; 2009 yılında “iyi” derece ile mezun olduktan 2 yıl sonra BEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans’na başladı. 01.2012 tarihinde Hattat Enerji ve Maden Tic. AŞ’ de başladığı yeraltı jeolojik araştırma mühendisliği görevinden 01.2014 tarihinde ayrıldı. 01.2014 tarihinden itibaren Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş de kontrol mühendisi olarak görev yapmaktadır.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Güney Mahallesi, Hürriyet Caddesi  
278/5 Kozlu/ZONGULDAK

Tel : (506) 614 32 22

E-posta : ali.saltk@gmail.com