

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABATAŞ-MECİDİYEKÖY (İSTANBUL) METRO HATTI BEŞİKTAŞ
İSTASYONU KAZISINDA YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA
YÖNTEMİ SINIFLAMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR**

Damla DEMİR

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Damla Demir]

TEZ ONAYI

Damla Demir tarafından hazırlanan "**Kabataş-Mecidiyeköy (İstanbul) Metro Hattı, Beşiktaş İstasyonu Kazısında Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi Sınıflamasına Yönelik Uygulamalar**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Halil KUMSAR
Pamukkale Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLUI
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Danla DEMİR



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Projenin Tanıtılması.....	1
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.4. Jeomorfoloji	5
1.5. Ulaşım.....	6
2. KAYNAK ÖZETİ	7
2.1. Genel Jeoloji ile İlgili Çalışmalar	7
2.2. Mühendislik Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar.....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.2. Yöntem	10
3.2.1. Yeraltı Kazılarında Kaya Kütlesi Tanımlama Yöntemleri.....	11
3.2.2. Yeraltı Kazılarında Kaya Kütlesi Sınıflama Yöntemleri	12
3.2.3. Yeraltı Kazı Yöntemleri	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	22
4.1. Bölgesel Jeoloji.....	22
4.2. Yapısal Jeoloji.....	25
4.3. Hidrojeoloji	26
4.4. Mühendislik Jeolojisi	27
4.4.1. Sondaj Çalışmaları	30
4.4.2. Laboratuvar Deneyleri	33
4.5. Beşiktaş İstasyonu Kazı-destek Çalışmaları	37
4.5.1. Kazı Öncesi Proje Çalışmaları	37
4.5.2. Kazı Çalışmaları	39
4.5.3. Kazı Aynası ölçümleri.....	40
4.5.4. Ayna Gözlemleri ile Elde Edilen Kaya Sınıflama Sonuçları	42
4.5.5. Sonuçların Yorumlanması	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
6. KAYNAKLAR	53
EKLER.....	57

EK-1 Mühendislik Jeolojisi Haritası ve Kesiti	58
EK-2 Sondaj Logları ve Karot Fotoğrafları	61
EK-3 Jeoteknik Bilgi Formları	78
ÖZGEÇMİŞ	84



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KABATAŞ-MECİDİYEKÖY (İSTANBUL) METRO HATTI BEŞİKTAŞ İSTASYONU KAZISINDA YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ SINIFLAMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR

Damla DEMİR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Metro tünelleri düşük örtü kalınlıkları, yüzeydeki yapılaşma ve trafik yoğunluğunu nedenleri ile projelendirilmesi ve kazısı zor olan tünellerdir. Yüzeydeki yoğun yapılaşma yeraltı hakkında veri elde edilmesini kısıtlarken aynı zamanda deformasyonlar açısından da hassas davranılmasını gerektirmektedir. Ayrıca kazıların bazı aşamalarının Tünel Delme Makinaları (TDM) yerine Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (YATAY) gibi klasik yöntemlerle açılmak zorunda olması proje ve uygulama çalışmalarında daha zorlaştırmaktadır.

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Projesi de benzer şekilde yoğun yapılaşma, düşük örtü kalınlığı ve yoğun trafik içinde gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu projenin Kabataş-Mecidiyeköy etabında, Km:2+026.82-Km:2+206.82 arasında kalan Beşiktaş İstasyonunun bulunduğu klasik yöntemle (YATAY) açılan bölüm tez konusu olarak ele alınmıştır. Yapılan çalışmada metro kazısı öncesi projede belirlenen kazı-destek sınıflama ve önlemleri ile kazı sırasında kazı aynası kullanılarak yapılan kazı-destek sınıflama ve önlemleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışma ile, kazı-destek sınıflamalarının yetersiz yüzey araştırma verileri ile yapılması, uygulama sırasında önemli değişiklikler yapılmasına neden olduğu, uzun süreçlerde hazırlanan projelerin uygulama sırasında çok kısa sürede verilmesi gereken kararlar ile değişikliğe uğramak zorunda olduğu belirlenmiştir. Yüzey araştırmalarının, jeolojik gözlem ve modellemenin son derece önemli olduğu, yeraltı modellemesinin mümkün olduğu kadar doğruya yakın yapılmasının zaman ve ekonomik kayıpların önüne geçebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metro tüneli, tünel kazı ve destek sistemleri, Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (YATAY), Beşiktaş Metro İstasyonu.

2019, 93 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

APPLICATION OF NORTH AUSTRIAN TUNNELING METHOD OF BEŞİKTAŞ STATION KABATAŞ-MECİDİYEKÖY (İSTANBUL) METRO LINE

Damla DEMİR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology**

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Metro tunnels are difficult to project and excavate due to traffic density, surface configuration and low cover thickness. The intense construction on the surface restricts the acquisition of data on the underground, while at the same time it needs to be treated with precision in terms of deformations. In addition, some of the stages of the excavation should be done by classic methods such as the New Austrian Tunneling Method (NATM), instead of Tunnel Boring Machines (TBM) makes the project and action more difficult.

Similarly, Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Project is being carried out under intensive construction, low cover thickness and heavy traffic. In the Kabataş-Mecidiyeköy stage of this project, the part drilled with the classical method (NATM), where Beşiktaş Station is located between Km: 2 + 026.82-Km: 2 + 206.82, is considered as thesis subject. In the study, excavation support classifications and measures determined in the project before the subway excavation and excavation-support classification and measures using excavation mirror during excavation were examined and compared.

With the study, it is determined that excavation-support classifications made with inadequate surface survey data caused important changes during the application and the projects prepared in long processes have to be changed with the decisions that should be made in a very short time. It is concluded that surface surveys, geological observation and modeling are extremely important, and underground modeling should be done as close as possible due to prevent time and economic losses.

Key Words: Metro tunnel, excavation and support systems, New Austrian Tunneling Method (NATM), Beşiktaş Metro Station.

2019, 93 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma da beni yönlendiren karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesiyle aşmama yardım eden değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin geliştirilmesinde yardımcı olan sayın jüri üyelerime teşekkür ederim.

Araştırmamın yürütülmesinde Alsim-Alarko Taahhüt Grubu İdari İşler Şefi M. Ekrem KOŞAR'a teşekkür ederim.

Araştırmamın jeolojik kısmında desteğini eksik etmeyen değerli mesai arkadaşım Jeoloji Müh. Mehmet Ali SARIKAYA'ya teşekkür ederim.

Tezi tasarlamamda ve yazım aşamasında yardımcı olan değerli dostum Jeoloji Yük. Müh. Oğulcan GÜRCAN'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yüreklendiren aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Damla DEMİR
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	2
Şekil 3.1. RMR sistemine göre önerilen grafikler	14
Şekil 3.2. Gerilme düzeltmesi parametresine ait grafik.....	16
Şekil 3.3. Parçalı kazı yöntemleri eski avusturya tüneli kazı aşamaları.....	20
Şekil 3.4. Tünel delme makinası (TDM)	20
Şekil 4.1. İstanbul ili jeoloji haritası.....	22
Şekil 4.2. İnceleme alanının bulunduğu bölgenin genel jeoloji haritası ve lejantı.....	24
Şekil 4.3. Beşiktaş metro istasyon planı.....	28
Şekil 4.4. Beşiktaş istasyon yeri plan ve üç boyutlu görünüşü.....	29
Şekil 4.5. Beşiktaş istasyon bölgesinde yapılan sondaj yerleri	30
Şekil 4.6. Kazı aşamaları ve aşama ilerleme mesafeleri.....	40
Şekil 4.7. Kazı aynasının tanımlanması.....	41
Şekil 4.8. Km:2+123,46 Peron Tüneli kazı aynası.....	43
Şekil 4.9. Km:2+158,66 Peron Tüneli kazı aynası.....	44
Şekil 4.10. Km:2+129,95 Peron Tüneli kazı aynası.....	45
Şekil 4.11. Km: 2+165,55 Peron Tüneli kazı aynası.....	46
Şekil 4.12. Km: 2+108,11 Peron Tüneli kazı aynası.....	47
Şekil 4.13. Projede tavsiye edilen kazı destek sistemleri ile ayna raporlarında belirlenen kazı destek sistemlerinin karşılaştırılması	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Metro hattında inşası tünellerinin başlangıç bitiş kilometre bilgileri.....	3
Çizelge 1.2. İstanbul iline ait 1954-2013 yılları arası meteorolojik veriler....	4
Çizelge 3.1. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri.....	12
Çizelge 3.2. RMR Kaya Kütlesi sınıflama parametreleri ve puanları	13
Çizelge 3.3. Süreksizliklerin puanlandırılması için ayrıntılı klavuz.....	14
Çizelge 3.4. Süreksizlik ve kazı yönü ilişkisine göre düzeltme	15
Çizelge 3.5. RMR sınıflama sisteminde kullanılan patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları.....	15
Çizelge 3.6. Q, RMR ve İBB kaya sınıflamaları	17
Çizelge 4.1. Güzergahta yapılan temel sondajlara ait genel bilgiler.....	27
Çizelge 4.2. Pressiyometre deneyi sonuçları.....	31
Çizelge 4.3. Basıncı Su Testi Deneyi Sonuçları.....	31
Çizelge 4.4. Zemin numunelerine ait fiziksel deneyler ve sonuçlar	33
Çizelge 4.5. Kaya numunelerine ait kaya mekanik deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.6. Tamamen ayrılmış kaya birimi mühendislik özellikleri	35
Çizelge 4.7. Çok-orta derece ayrılmış kaya birimi mühendislik özellikleri.	36
Çizelge 4.8. Az-ayrışmamış kaya birimi mühendislik özellikleri	36
Çizelge 4.9. Tünel etki zonunda yer alan kaya birimleri için kaya sınıfları..	38
Çizelge 4.10. Kazı destek tiplerine göre destek elemanları.....	38
Çizelge 4.11. Kazı aynasının mühendislik özellikleri.....	41
Çizelge 4.12. Km:2+123,46 peron tünelleri ayna puanlaması.....	43
Çizelge 4.13. Km:2+158,66 peron tünelleri ayna puanlaması.....	44
Çizelge 4.14. Km:2+129,95 peron tünelleri ayna puanlaması.....	45
Çizelge 4.15. Km: 2+165,55 peron tünelleri ayna puanlaması.....	46
Çizelge 4.16. Km: 2+108,11 peron tünelleri ayna puanlaması.....	47
Çizelge 4.17. Sondajdan elde edilen RQD ve kaya malzemesi dayanım değerleri.....	49

Çizelge 4.18. Sondajdan ve aynadan elde edilen ayırışma sonuçları.....	49
Çizelge 4.19. Sondajdan ve aynadan elde edilen RMR sınıflama sonuçları...	49
Çizelge 4.20. Sondajdan ve aynadan elde edilen kazı destek önerileri.....	49



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TDM Tünel Delme Makinası



1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından planlanan ve inşaatı devam eden, Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Projesinin Kabataş-Mecidiyeköy etabı Km:2+026.82-Km:2+206.82 arasında kalan Beşiktaş İstasyonunun yer aldığı bölümde projede belirlenen kazı-destek önlemleri ile kazı sırasındaki kazı-destek önlemlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, kazı çalışmaları sırasında kazı aynasında gerekli ölçümler yapılarak ayna kesitleri hazırlanmış, bu veriler kullanılarak yapılan kaya sınıflamaları ile kazı destek önlemleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler proje verileri ile karşılaştırılarak farklılıklar ve nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Projenin Tanıtılması

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey yerleşim birimleri arasında sürücüsüz metro hattı planlamıştır. 43 Km uzunluğunda ve M7 Metro Hattı olarak adlandırılan bu hattı üç etap halinde inşa etmeyi planlamıştır. 1. Etap 18 km uzunluğunda Mecidiyeköy-Mahmutbey, 2. Etap 6.5 km uzunluğunda Kabataş-Mecidiyeköy ve 3. Etap 18.5 km uzunluğunda Mahmutbey-Esenyurt hatlarıdır. Her üç hatta da çalışmalar devam etmekte olup son aşamalara gelinmektedir.

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattı, toplam 30 adet istasyondan oluşmaktadır ve kazının toplam 11 adet Tünel Delme Makinası (TDM) ile yapılması planlanmıştır. Ancak istasyon yerleri gibi bazı alanlarda TDM ile kazı işlemi

Tez konusu olarak incelenen etabın inşaatına Alsim Alarko Sanayi Tesisleri ve Ticaret A.Ş. Kabataş-Mecidiyeköy Metro Müessesesi tarafından 27.05.2015 tarihinde başlanılmıştır. Çift tüplü 6.5 km uzunluğundaki hatta yer alan Kabataş, Beşiktaş, Yıldız ve Fulya (Gayrettepe) istasyonları klasik yöntemlerle açılacaktır. Kazısı TDM ile gerçekleştirilecek tünellerin kesitleri tam dairesel olup, tünel çapları kaplanmış halde 5,70 m, İstasyon, şaft gibi yapılar ile tünellerin çok az kısmının kazısı ise klasik yöntemlerle yapılacaktır. Kabataş-Mecidiyeköy metro hattında inşası planlanan yapı ile tünel tip ve kilometreleri aşağıda Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Metro hattında inşası tünel tipleri ve mesafe bilgileri

Başlangıç-Bitiş Km		Tünel Tipi	Kazı Yöntemi	Açıklama
0+00	0+152	Ana Hat	Klasik	-
0+152	0+372	Peron	Klasik	Kabataş İstasyonu
0+372	0+459	Ana Hat	Klasik	-
0+459	0+539	Ana Hat	TDM	-
0+539	0+764	Makas	Klasik	Makas
0+764	1+991	Ana Hat	TDM	-
1+991	2+212	Peron	Klasik	Beşiktaş İstasyonu
2+212	3+390	Ana Hat	TDM	-
3+390	3+610	Peron	Klasik	Yıldız İstasyonu
3+610	4+350	Ana Hat	TDM	-
4+350	4+571	Peron	Klasik	Fulya İstasyonu
4+571	5+245	Ana Hat	Klasik	-
5+245	5+278	Makas	Klasik	Makas

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanının yer aldığı İstanbul ili, Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklim tiplerinin birbirine geçişi şeklinde karakterize edilebilen Marmara iklim tipinin etkisindedir. Yazlar sıcak ve nispeten kurak, bahar ve kış ayları ise yağışlı geçer. Yağışların hemen hemen tamamı yağmur şeklinde olup çok sınırlı şekilde kar yağışı söz konusudur. Kışlar genel olarak yarı ılımandır. Yıllık ortalama yağış miktarı 650 m dolayındadır. İstanbul iline ait 1971-2013 yılı arasına ait meteorolojik veriler Çizelge-1.2.'de verilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi Web Sayfası).

Çizelgede, proje alanı için yoğun yağış dönemi, Ekim–Mart arası, en kurak dönem ise Mayıs–Eylül arasındır. Ancak son yıllarda bu genel tablonun bir miktar değiştiği, yağışlı dönemlerin geçmişe oranla daha düzensiz seyrettiği, zaman zaman ani ve şiddetli yağışların yaşandığı, ortalama yağış miktarının ise nispeten azaldığı gözlenmektedir.

Çizelge 1.2. İstanbul iline ait 1954–2013 yılları arası meteorolojik veriler
(Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi Web Sayfası)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Otalama Sıcaklık, °C	6,5	6,5	8,3	12,7	17,6	22,2	24,5	24,2	20,9	16,4	12,2	8,6
Ort. En Yük. Sıcaklık, °C	9,3	9,9	12,0	17,0	22,2	27,0	29,4	29,3	25,6	20,4	15,5	11,4
Ort. En Düş. Sıcaklık, °C	4,0	4,0	5,3	9,1	13,5	18,0	20,4	20,5	17,5	13,6	9,5	6,2
Ort. Güneşlenme Süresi, saat	2,3	3,1	4,3	6,0	8,2	10,1	10,5	10,6	8,1	5,3	3,4	2,2
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	16,4	14,0	12,2	10,7	7,3	5,1	3,6	3,8	5,5	9,5	11,3	15,8
Aylık Yağış Ort. kg/cm²	83,4	69,0	61,5	53,8	30,3	24,6	21,7	23,6	38,3	68,2	80,1	101,5
En Yüksek Sıcaklık, °C	22,4	22,1	28,6	33,3	36,4	40,6	40,6	40,1	36,6	33,5	27,0	25,0
En Düşük Sıcaklık, °C	-6,8	-6,4	-5,6	0,2	4,8	9,8	13,6	14,3	7,7	3,3	-2,0	-4,2

Hâkim rüzgârlar birinci derecede kuzeydoğudan esen Poyraz, ikinci derecede güneybatıdan esen Lodos, üçüncü derecede ise kuzeybatıdan esen Karayeldir. Hâkim yağış yönü de kuzey–kuzeybatı ve güneybatıdır.

İnceleme alanı küçük bir park olarak düzenlenmiştir. Bu çerçevede sonradan dikilmiş, seyrek dokuda çeşitli ağaç türleri mevcuttur.

1.4. Jeomorfoloji

İstanbul üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada üzerinde yer almaktadır. Yerleşimin az olduğu ya da hiç olmadığı kuzey ve iç bölgeleri ormanlık ve engebeli, şehrin diğer kesimleri ise hafif engebeli bir morfolojiye sahiptir. Şehirleşmenin yoğun olduğu alanlarda yapılaşma morfolojiyi denetleyen bir etken haline gelmiştir.

Tektonik kuvvetler etkisi ile açılmış olan her iki tarafı da faylı ve aynı zamanda iki kıtayı da birbirinden ayıran İstanbul Boğazı hafif engebeli olan yapının bir anda dikleşmesine neden olmuştur. Bu ani dikleşen morfolojiyi dik yönde kesen pek çok dere yatağı bulunur ve bu dere yataklarının denize ulaştığı irili ufaklı delta alanlarda yerleşim birimlerinin bulunmaktadır. Aynı zamanda bu alanlar derelerin getirmiş olduğu alüvyonlarla da doludur. Diğer taraftan Alibey ve Kağıthane Derelerinin birleştiği yerde eski ve büyük bir akarsu yatağı olan ve İstanbul Boğazı'na bağlanan bir iç deniz konumundaki Haliç İstanbul şehrinin Avrupa kıtasında kalan bölümünün yüzey drenajını da sağlamaktadır.

Kabataş-Mecidiyeköy etabının Kabataş-Beşiktaş arasında kalan bölümü İstanbul boğazı kıyısındadır. Bu kesimde batısı fayın yükselen bloğundaki Paleozoik kayalar, doğusu fayın düşen bloğu üzerindeki İstanbul Boğazı ve hattın kendisi de Dolmabahçe ve Beşiktaş'ta yer alan Dolmabahçe ve İhlamur Derelerinin alüvyal düzlükleri ile boğaz kenarındaki kısmen alüvyal arazi üzerinde yer alır. Bu alanda arazi yükseklikleri 2.50 m ile 30.00 m arasında değişir.

Güzergâhın Beşiktaş ile Mecidiyeköy arasındaki kısmı ise Beşiktaş'tan başlayarak kuzey ve batı yönde sürekli yükselir ve Fulya Deresi'nin memba kısmına gelindiğinde arazi bir miktar alçalıp tekrar yükselir. Hattın Mecidiyeköy etabına gelindiğinde arazi yüksekliği 118.00 m'ye ulaşılmaktadır.

1.5. Ulaşım

Çalışma alanı İstanbul trafiğinin yoğun olan bölgelerinden biri olan Karaköy-Sarıyer ve Beşiktaş-Mecidiyeköy karayolları üzerinde bulunmaktadır. Bu alana ulaşım karayolu, denizyolu ve demiryolu (metro, tramvay) ile her türlü sağlanabilir.



2. KAYNAK ÖZETİ

İstanbul jeolojik açıdan Paleozoyik-Kuvaterner aralığında çeşitli zaman aralılarında oluşmuş kaya topluluklarından oluşmaktadır. Kuzey Anadolu Fayının da etki alanı içinde olan İstanbul pek çok yerbilimcinin ilgisini çekmiştir. Diğer taraftan şehri kat eden otoyollar ve metrolar, asma köprüler, köprüler ve gökdelenler çok sayıda özel zemin araştırmalarının da yapılmasını gerektirmiştir. Bu nedenle İstanbul'da jeoloji, mühendislik jeolojisi ve depremsellik kapsamında yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattının içinde bulunduğu alanı içine alan bölgede yapılan Genel Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi ile ilgili araştırma çalışmalarının bir kaynak özeti iki ayrı başlık altında verilmiştir.

2.1. Genel Jeoloji ile İlgili Çalışmalar

Penck (1919), İstanbul'da Paleozoyik serilerin tanımlarını yapmış ve bu serilerin Devonyen yaşında olabileceğini söylemiştir.

Baykal (1943), Şile bölgesinde yaptığı çalışmalarda, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin ayrımını yapmıştır.

Altınlı (1968), Ordovisiyen yaşlı birimlerin üzerinde açılmal uyumsuzlukla Mesozoyik yaşlı birimlerin geldiğini söylemiştir.

Sayar (1960, 1964, 1969, 1978, 1984), Yaptığı çalışmalarda İstanbul Paleozoyik serileri içinde makro fosillerle yaş tayinleri yapmıştır.

Akartuna (1963), İstanbul Boğazı kuzeyindeki Paleozoyik ve Kretase ilişkisini incelemiş ve Paleozoyik serilerin Kretase seriler üzerinde bindirmeli olduklarını söylemiştir.

Kaya (1973), İstanbul Karbonifer ve Devoniyen yaşlı birimleri detaylı incelemiş ve formasyon düzeyinde isimlendirmiştir.

Önalın (1981), İstanbul'da yapmış olduğu doçentlik tezi ile ilgili çalışmalarında Paleozoyik birimlerin stratigrafik ve sedimantolojik özelliklerini detaylı bir şekilde incelemiştir.

Özgöl (2011), İstanbul Büyük Şehir Belediyesi'ne yapmış olduğu İstanbul İl Alanının Jeolojisi adlı çalışmasında, İstanbul'un jeolojisini oldukça ayrıntılı ve detaylı bir şekilde tanımlamıştır.

2.2. Mühendislik Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar

İstanbul ilinde Mühendislik Jeolojisi ile ilgili yapılan ilk detaylı çalışmalar Adalet Sarayı, İstanbul Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakülteleri, Hürriyet Matbaası, Belediye Sarayı ve Manifaturacılar Çarşısı inşaatları ile bazı derin kazılar sırasında 1950 li yıllarda yapılmıştır (Sayar M. ve Sayar C. 1962).

1954 yılında İstanbul Belediyesi Yenikapı'dan Mecidiyeköy'e kadar bir metro hattı yapılmasını planlamış ve bu projenin sondajlarını yaptırarak bir rapor hazırlatmıştır. Yeraltı kazıları kapsamında ilk ciddi araştırma olarak düşünölebilecek bu çalışma nerede ise 50 yıl sonra gerçekleştirilebilmiştir.

1970 yılında I. Boğaz Köprüsünün temeli atılmış ve buna bağılı olarak köprü ayakları ve çevre yolları ile ilgili pek çok mühendislik jeolojisi konularında çalışmalar yapılmıştır.

1980'li yıllara gelindiğinde, İstanbul Kanalizasyon Tünelleri projeleri ile İstanbul'da yoğun bir şekilde yeraltı kazıları konularında projeler yapılmaya başlanmıştır. Özellikle İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeolojik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Çalışma Grubu tarafından yapılan çalışmalarla İstanbul'da yapılacak yeraltı kazıları ile detaylı bilgi elde edilmiştir. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından

hazırlattırılan Dolmabahçe-Baltalimanı Güzergahı Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Raporu (1987), çalışma alanımızı da kapsamaktadır. Raporla, Dolmabahçe-Baltalimanı güzergahında yer alan jeolojik birimler detaylı bir şekilde tanımlanmış ve yeraltı kazıları açısından kazı-destek önlemleri tartışılmıştır.

1990'lı yıllarda İstanbul Metro Tünelleri projeleri ve inşaatları ile yeraltı kazılarında İstanbul ve Türkiye proje ve uygulama açılarından ileri bir boyuta sıçrama yapmıştır. Bu tünellerin her biri ile ilgili yapılan jeoteknik çalışma ve raporlar, İstanbul zeminlerinin davranışlarını daha iyi anlamamıza neden olmuşlardır.

2014 yılında Mecidiyeköy-Mahmutbey, 2015 yılında Kabataş-Mecidiyeköy, 2017 yılında Mahmutbey-Esenyurt Metro hatlarının ihaleleri yapılmış ve inşaat işlerine başlanmıştır.

2015 ve 2016 yıllarında ARTSON Geoteknik, Mühendislik ve Müşavirlik firması, Kabataş-Mecidiyeköy Metro Hattı, Kabataş-Mecidiyeköy Arası Güzergah ile Beşiktaş Metro İstasyonu Kesin Proje Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporlarını hazırlamıştır. Raporlarda güzergahta yapılan sondajlar ve laboratuvar deney sonuçlarının genel bir değerlendirmesi yapılmış ve kaya sınıflamaları yapılarak kazı-destek önerilerinde bulunulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Kabataş–Esenköy Metro Projesi kapsamında olan Kabataş-Mecidiyeköy etabı, Km:2+026.83-Km:2+206.82 arasında kalan bölgesinde yer alan Beşiktaş Metro İstasyonunun bulunduğu kesim inceleme alanı olarak seçilmiştir. Jeolojik-jeoteknik çalışmalar kapsamında, güzergaha ait jeolojik-jeoteknik etüt raporları ile bölgede yapılmış ve ilgili eski çalışmalar kullanılmıştır. Temel sondajlar sırasında yapılan yerinde deney sonuçları (Standart Penetrasyon Deneyi, Presiyometre Deneyi, Basınçlı Su Deneyi) ile sondajlardan alınan zemin ve kaya örneklerinden yapılan laboratuvar deney sonuçlarından da yararlanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışma alanının yoğun şehirleşme alanı içinde kalması nedeniyle, yüzey araştırması yapılma imkânı bulunmamaktadır. Litolojik sınırlar, geçişler ve benzeri özellikler sınırlı sayıdaki sondaj verisi kullanılarak yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında ilk aşamada, yeraltı kazılarında kullanılan kaya kütlesi tanımlama yöntemleri, kaya kütlesi sınıflama sistemleri ve yeraltı kazı yöntemleri ile metro güzergahının geçtiği bölgedeki eski çalışmalar, özellikle güzergahın bu bölümüne ait jeoteknik rapor ve sondaj, laboratuvar sonuçları ile projelerdeki, güzergahta yer alan farklı tiplerdeki zemin-kaya seviyeleri için önerilen kazı-destek sistemleri incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında sadece kazı sırasında kazı aynasında yapılan ölçümler ve gözlemler yardımı ile hazırlanan kazı kesitlerinin bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında ise bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturan projede önerilen kazı-destek sistemleri ile kazı aynası gözlemleri ile önerilen kazı-destek sistemlerinin bir karşılaştırması, farklılıkların nedenleri ve sonuçları ele alınmıştır.

3.2.1. Yeraltı Kazılarında Kaya Kütlesi Tanımlama Yöntemleri

Yeraltı kazılarında kaya ortamdaki kazı-destek önlemlerinin belirlenmesinde ortam benzer davranış gösteren bölümlere ayrılır. Kaya kütlesi olarak tanımlanmış olan bu bölümler için benzer kazı-destek önerilerinde bulunulur. Ancak önemli bir sorun ayrılan kaya kütlelerini nasıl tanımlanacağıdır. Bu konuda Bieniawski (1979) analitik (hesapsal), gözlemsel ve ampirik (deneysel) üç temel yaklaşımın olduğunu belirtmektedir.

Analitik yaklaşım, günümüzde kaya kütlelerinin kompleks doğal yapılarını tanımlamada az kullanılmaktadır. Az kullanılmasının sebebi kompleks olan kaya şartlarında her zaman yeterli veri elde edilememesidir. Bununla birlikte verilerin yeterli olması halinde sonlu elemanlar metodu, sınır elemanlar metodu ve bazı matematiksel çözümler kullanılmaktadır.

Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi-YATAY (New Austrian Tunneling Method, NATM), inşa sırasındaki tünel davranışının izlenmesi ve ilerleyen projedeki destek seçimi veya değiştirilmesi gibi gözlemler üzerine dayandırılmıştır. Bu da gözlemsel yaklaşımın en ünlü örneğidir. Uygulamada aşırı gevşemeleri önlemede püskürtme beton ve kaya bulonu kombinasyonları kullanılmasına, yaylanma ve kendi kendini destekleme karakteristiklerinin geliştirdiği deformasyonlara yeterince izin verilmesine dayanan bir yöntemdir.

Deneysel yaklaşım, önerilen bir yerdeki beklenen şartları eski projelerdeki deneyimlerle karşılaştırmayı anlatır. Kaya Kütlesi Sınıflamaları, deneysel yaklaşımın temelini oluşturur. Kayada açılan tünellerde yaygın olarak kullanıldığı gibi kaya temelleri, kaya şevleri ve madencilik problemlerinde de uygulanabilmektedir.

Bu tez çalışmasında günümüzde yeraltı kazılarında yaygın olarak kullanılan gözlemsel yaklaşımın uygulandığı Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) kullanılmıştır. Ayrıca bir karşılaştırma yapılabilmesi amacı ile Kaya Kütlesi Sınıflama Yöntemlerine de değinilmiştir.

3.2.2. Yeraltı Kazılarında Kaya Kütlesi Sınıflama Yöntemleri

Kaya Kütlesi Sınıflamaları, kaya kütlelerinin karmaşık olan doğal yapısını kayaç malzemesinin dayanımı ve süreksizlik gibi yerinde tanımlanabilen özelliklerini kullanarak değerlendirme yapabilen bir yöntemdir. Kaya kütlelerinin laboratuvar ortamında veya yerinde test edilmesinin zorlukları sınıflamaların gelişmesine neden olmuştur ve kaya kütlesi sınıflamaları bu zorlukların aşılabilmesi amacını taşımaktadır.

Kaya kütlelerinin sınıflama çalışmaları ilk olarak 1879 yılında Ritter tarafından yeraltı kazılarında kullanılmıştır (Hoek, 2000). O zamandan günümüze kadar çeşitli sınıflama sistemleri ileri sürmüştür. Sınıflamaların bu kadar çok ve çeşitli olmasının nedeni birbirinin eksiklerinin tamamlamayı ve sınıflamaları geliştirmeye amaçlamasıdır. Yaygın olarak kullanılanları kaya kütlesi sınıflama sistemleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılacak sistemler hakkında kısa bilgiler alt bölümlerde sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri (Palmstörn, 2000)

Sınıflama Sistemi Adı	Geliştiren Araştırmacı	Uygulama Alanları
Kaya Yüğü	Terzaghi, 1946	Tünelcilik
Desteksiz durma süresi	Lauffer, 1958	Tünelcilik
Yeni Avusturya Tünel Metodu (NATM)	Rabcewicz, Müler ve Pacher, 1958-1964	Tünelcilik
Kaya Mekanığı İçin Kaya Sınıflaması	Patching and Coates, 1968	Kaya mekanığı temel veri girişi
RQD	Deere vd., 1964	Sondaj karot loğları
Boyut- Dayanım Sınıflaması	Franklin, 1975	Madencilik
RSR	Wickham et al., 1972	Tünel destek tipleri seçimi
Kaya Kütle Sınıflama Sistemi (RMR)	Bieniawski, 1973	Tünel, Madencilik ± Şev
Q Sistemi	Barton vd., 1974	Tüneller ve Maden
Temel Jeoteknik Sınıflama	ISRM, 1981	Genel amaçlı Kaya Mekanığı
MBR	Cummings, vd., 1982	Madencilik
Birleştirilmiş Sınıflama	Williamson, 1980	Genelleştirme amaçlı
Jeolojik Dayanım İndeksi GSI)	Hoek, 1994	Yer altı kazıları için destek sistemi dizaynı
Kaya Kütle İndeksi (RMi)	Palmström, 1995	Tünelcilik

3.2.2.1. RMR Sınıflama Yöntemi

Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (RMR), Bieniawski (1973) tarafından ortaya konmuş ve geliştirilmiş bir sistemdir. Araştırmacı, ilk yaptığı sınıflamayı uygulamada karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri ile değerlendirerek sürekli değiştirmiştir (Bieniawski, 1974; 1976; 1979 ve 1989). Yapılan değişiklikler, sınıflamada kullanılan bazı parametrelerin puan değerlerinin değiştirilmesi, aralıklarının azaltılması ya da arttırılması şeklindedir. Bieniawski dışında pek çok araştırmacı da sınıflama sisteminde bazı değişiklikler yapmışlardır. Bu çalışmada sınıflama sisteminin 1989 sürümü kullanılmıştır. Sınıflama 3 aşamada yapılmaktadır; (Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Şekil 3.1)

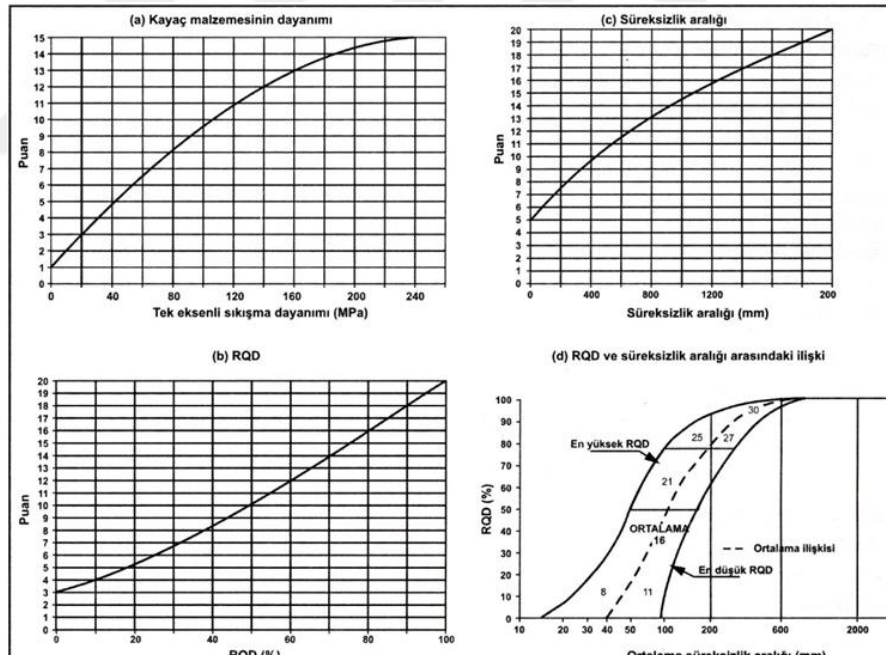
Çizelge 3.2. RMR Kaya Kütlesi Sınıflama parametreleri ve puanları (Bieniawski, 1989)

1	Kaya malzemesinin dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi (MPa)	>10	4-10	2-4	1-2	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
		Puan	15	12	7	4	2	1	0
2	Kaya kalite göstergesi, RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik koşulu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1 mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1 mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5 mm veya 1-5 mm açıklık Eklem, sürekli eklem	Yumuşak fay dolgusu >5 mm kalınlıkta veya açık eklem >5 mm devamlı süreksizlikler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu		Tünelin 10 m'lik kısmından gelen su (lt/dk)	Yok	10	<25	25-125	>125	
			Eklemdeki su basıncı / En büyük asal gerilme oranı	0	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
	Genel koşullar		Tamamen kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akış şeklinde		
		Puan	15	10	7	4	0		

Birinci aşama; kaya kütesinin genel mühendislik özellikleridir ve bu aşama ile ilgili 1989 sürümünde bazı grafikler ve 4. Parametre için ayrıntılı kılavuz önermiştir. Bu çizelge ile temel RMR değeri bulunur.

Çizelge 3.3. Süreksizliklerin puanlandırılması için ayrıntılı kılavuz (Bieniawski, 1989)

Parametre	Puanlar				
Süreksizliğin uzunluğu (devamlılık)	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Puan	6	4	2	1	0
Süreksizlik açıklığı	Yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
Puan	6	5	4	1	0
Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Kaygan
Puan	6	5	3	1	0
Dolgu	Yok	Sert dolgu <5 mm	>5 mm	Yumuşak dolgu <5 mm	>5 mm
Puan	6	4	2	2	0
Bozunma	Bozunmamış	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş	Bozunmuş	Çok bozunmuş
Puan	6	5	3	1	0



Şekil 3.1. RMR sistemine göre önerilen a) Kayaç Malzemesinin Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, b) RQD, c) Süreksizlik Aralığı, d) RQD-Süreksizlik aralığı İlişkinine ait grafikler (Bieniawski, 1989)

İkinci aşama; birinci aşamada elde edilen RMR değerinin kazı yönüne göre düzeltilmesi işlemidir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Süreksizlik ve kazı yönü ilişkisine göre düzeltme (Bieniawski, 1989)

SÜREKSİZLİK DOĞRULTU VE EĞİMLERİNİN TÜNELE ETKİSİ						
Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın, eğim 0°-20° arasında
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı yönde ilerleme				
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta
SÜREKSİZLİK YÖNELİMİ DÜZELTMESİ						
Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

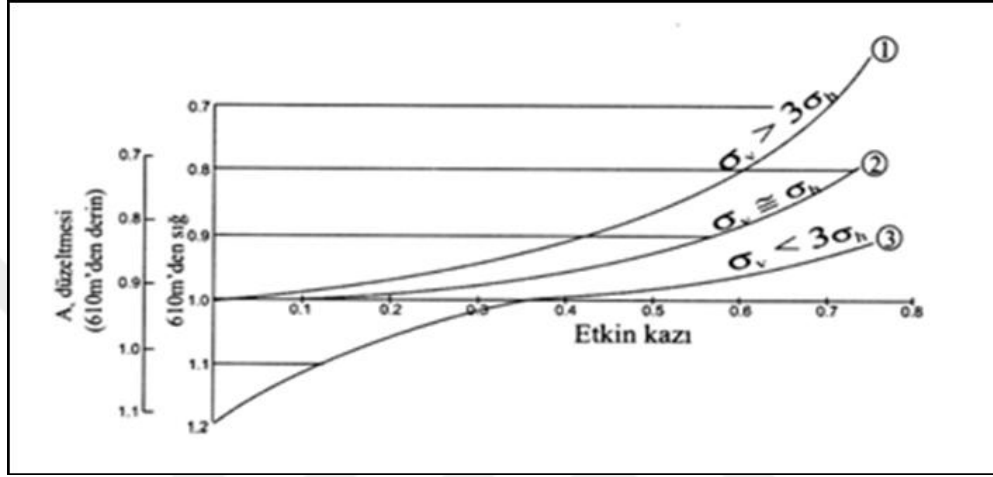
Üçüncü aşama; kazı yöntemi, gerilme durumu ve başlıca zayıflık zonlarına bağlı yapılan düzeltmelerdir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. RMR sınıflama sisteminde kullanılan Patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları (Kendorski vd., 1983)

(A) Patlatma Düzeltmesi (A _B)			
Koşullar/Yöntem		Uygulanabilir terim	Düzeltilme katsayısı, A _B
1	Makineyle kazı	Hasarsız	1.0
2	Denetimli patlatma	Çok az hasar	0.94-0.97
A	Pratik olarak patlatmada tüm deliklerin izleri görülebilir.		
B	Gevşemiş bloklar veya açılmış süreksizlikler söz konusu değildir		
C	Aşırı sökülme: Genellikle 15 cm'den az, ender olarak 30 cm'den azdır		
D	Eklemler arasında yeni kırıklar yok veya çok azdır		
3	İyi klasik patlatma	Orta derecede hasar	0.90-0.94
A	Bazı patlatma deliklerinin izleri görülebilir		
B	Az sayıda gevşek bloklar söz konusu olabilir ve bazı eklemler açılabilir		
C	Aşırı sökülme: Yaygın olarak 30 cm, yerel olarak 30 cm'yi aşabilir		
D	Sağlam kaya bloklarında ve eklemler arasında kılcal çatlaklar gelişebilir		
4	Kötü klasik patlatma	Şiddetli hasar	0.90 (en iyi) 0.80 (en kötü)
A	Patlatma deliklerinden sadece birkaçı gözlenir		
B	Açıklığın tavanında çok sayıda gevşemiş blok gözlenir. Çok sayıda eklem açılmış ve bloklar düşebilecek hale gelmiştir		
C	Aşırı sökülme: Genellikle 30 cm'den büyük, yerel olarak 1 m veya daha fazladır		
D	Patlatmayla ilgili herhangi bir bilgi yok	Orta derecede hasar	0.90 (göreceli)

(Çizelge 3.5'in devamı)

(A) Başlıca Zayıflık Düzlemleriyle İlgili Düzeltme (A_w)	
Koşul	Düzeltilme, Katsayısı A_w
1.Zayıflık düzlemi yok	1.0
2.Sert dayklar	0.90
3.Yumuşak cevher zonları	0.85
4.Ana kaya/cevher dokanak zonları veya homojen olmayan tavan kayası	0.80
5.Kıvrımlar (senklinal ve antiklinaller)	0.75
6.Münferit fay zonları	0.70



Şekil 3.2. Gerilme düzeltmesi parametresine ait grafik (Kendorski vd., 1983)

3.2.2.2. NATM Sınıflama Yöntemi

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM), kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere göre bir yorum yapılarak kaya sınıfının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Sınıflamanın en önemli özelliği başlangıç verileri ile oldukça genel ve esnek bir sınıflama yapılması ve bu sınıflamanın kazı sırasında yapılan gözlemlerle kontrol edilerek revize edilmesidir. Aslında başlangıçta yapılan sınıflama kaya kütlelerini çok iyi değerlendirilip tecrübe ile birleştirilip doğru bir öngöründe bulunulmasından başka bir şey değildir. Kazı sırasında da aynada çok iyi gözlem yapıp nasıl bir revizyon yapılması gerektiğine hızlı ve doğru karar verilmesi gerekmektedir.

NATM'de kaya sınıfları kayanın davranışına bağlı olarak Stabil A, Gevrek B, Baskılı C olmak üzere üç ana grupta toplanmıştır. Her bir grubunun kendi içinde A1, A2,

B1, B2, B3, C1, C2, C3, C4, C5 gibi alt grupları da bulunmaktadır (Çizelge 3.6). Bu grupların seçimi mühendislik verilerin doğruluğuna ve doğru seçimine bağlıdır.

Çizelge 3.6. Q, RMR, NATM ve İBB kaya sınıflamaları (C. Barış ve Y. Mahmutoğlu 2018)

	BARTON (Q)	BIENIAWSKI (RMR)	ÖNNORM B 2203		İstanbul Büyükşehir Belediyesi Metro Kaya Destek Sınıfı
			Ekim 1994 Öncesi	Ekim 1994 Sonrası	
1000	SON DERECE İYİ	101			
400	PEK ÇOK İYİ	94	A1 STABİL	A1 SAĞLAM	
100	ÇOK İYİ	82.7 80			
40	İYİ	76	A2 AŞIRI SÖKÜLEN	A2 SONRADAN AZ DÖKÜLEN	A1
10		65			
4	ORTA	5.34 60		B1 GEVREK	
1	ZAYIF	58	B1 GEVREK	B2 ÇOK GEVREK	
0.1	ÇOK ZAYIF	1.47 47			
0.01		0.77 45	B2 ÇOK GEVREK	B3 TANELİ	A2
0.001		0.41 40			
	ÇOK FAZLA ZAYIF	0.11 29	C1 BASKILI	C1 DAĞ ATMA	A3
		0.03 20		C2 BASKILI	
		0.021 17	C2 ÇOK BASKILI	C2 ÇOK BASKILI	A3 ÖZEL TİP
		0.015 15			
		0.006 10	L1 GEVŞEK ZEMİN YÜKSEK KOHEZYON	C4 AKICI	
	SON DERECE ZAYIF	0.002 5	L1 GEVŞEK ZEMİN DÜŞÜK KOHEZYON	C5 ŞİŞEN	A5
		2.5			

Kaya Sınıfı A (Sağlam-Hafif sökülen); A sınıfı olarak tanımlanan kaya kütleleri genellikle sağlam olup elastik davranış gösterirler, destek uygulanmaması halinde yerçekimi nedeniyle yer yer düşmeler meydana gelebilir. Blok düşmeleri genellikle süreksizliklerin konumlarına bağlıdır ve su etkisi yoktur. Elastik deformasyonlar hızla azalır. Kendi içinde Sağlam-A1 ve Zamanla Kırılabilirlik Gösteren Kayaçlar-A2 olarak ikiye ayrılır.

Kaya Sınıfı B (Gevrek-Kırılabilir); B sınıfı olarak tanımlanan kaya kütleleri, yapısal kenetleme ve çekme mukavemeti azlığından ötürü hızlı gevşeme ve ayrılmalara meyillidir. Hemen hemen tüm çevrede boşluk civarındaki ikincil gerilmeler kaya kütlelerinin mukavemetini azda olsa aşmakta, yenilme zonu dağın içerisine doğru fazla ulaşmamaktadır. Destek yapısının gecikmesi halinde artan çökmeler de meydana gelir. Kendi içinde Gevrek/Kırılabilir-B1, Çok Gevrek/Çok Kırılabilir-B2, Taneli/Döküntülü-B3 olarak 3 alt sınıfa ayrılır.

Kaya Sınıfı C (Baskılı-Plastik Davranış Gösteren); C sınıfına giren malzemelerinin davranışı, genellikle ortamdaki yeniden gerilme dağılımı süreci ve deplasman sınırlamaları sonunda oluşan gerilmelerin kaya dayanımından daha büyük olduğu duruma karşılık gelir. Kaya kütlelerinin aşırı gerilmelere maruz kalması ile kabuk atma, burkulma, kesme ve boşluğa doğru plastik deformasyon mekanizmaları gelişir. Kaya kütleleri zamana bağlı belirgin deformasyon davranışı gösterir ve kazı boşluğunda büyük kesit daralmalarına yol açar. Kayanın kendi ağırlığından kaynaklanan yüklerin aktif hale geçmesi ve önemli miktarda gevşemesi büyük deformasyonlara izin verildiğinde meydana gelir. Kaya kütlelerine zarar verecek derecede ki gevşeme ve ayrışma, kaya dayanımında büyük miktarda azalmaya yol açar. Açılan boşluktaki büyük deformasyonlar ve uzun dönemde zamana bağlı deplasman davranışı, zeminin elastik olmayan, plastik ve viskoz davranışına bağlıdır. Çatlamaya veya dökülmeye eğilimli kaya kütleleri ile şişme özelliği gösteren bileşenler içeren kayaçlar bu gruba girer. Bu grup, aynı zamanda ayrışmış veya bozmuş kayalar, gevşek zemin ve organik kayaçları da kapsamaktadır. Kaya kütlelerinin düşük özellikleri nedeniyle kohezyon miktarına ve/veya gevşeme basıncını takiben aşırı gerilmelere bağlı olarak, elastik veya plastik deformasyonlar

oluşur. Dağ Atma/Kaya Patlamalı-C1, Baskılı/Plastik-C2, Çok Baskılı/Aşırı Plastik-C3, Akıcı/Yumuşak-C4, Şişen/Kabaran-C5 olarak 5 alt sınıfa ayrılır.

3.2.2.3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kaya Sınıflama Sistemi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi metro çalışmalarında NATM olarak bilinen ÖNORM B 2023 sınıflama sistemini kendi içinde yeniden değerlendirerek gruplandırmış ve 5 sınıfa ayırmıştır (Çizelge 3.6). Bu ayırıda genel koşullarda A2, A3 ve A5 sınıfları, özel koşullarda ise A1 ve A4 sınıfları yer almaktadır (Çizelge 3.6). İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bu ayırma gitmesinin nedeni jeolojik koşulların dışında metro hattının geometrik özellikleri ile kazının yapılacağı alana ait özelliklerden kaynaklanmaktadır (C. Barış ve Y. Mahmutoğlu 2018)

3.2.3. Yeraltı Kazı Yöntemleri

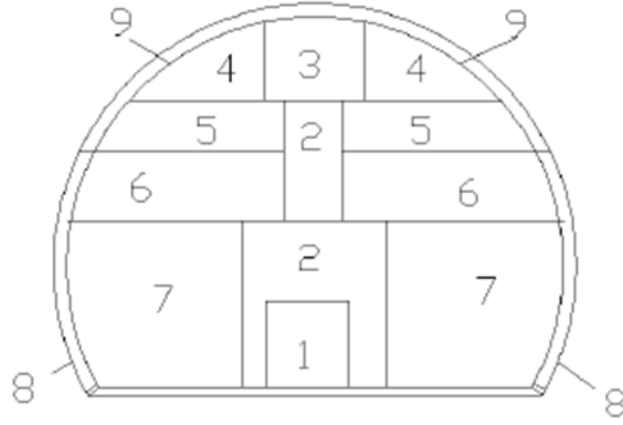
Yeraltı kazı yöntemleri ya da tünel açma yöntemleri kazının klasik ya da mekanize olarak bilinen modern yöntemlerle yapılıp yapılmadığına göre sınıflandırılır.

Klasik yöntem (konvasiyonel yöntem); başlangıçta delme ve patlatma yöntemi olarak kullanılan ancak günümüzde bazı basit iş makinaları kullanılarak da kazıların yapıldığı yöntemlerdir. Basit ve kısa karayolu, demiryolu ve barajlardaki tüneller ile zemin koşullarının kazı açısından sorunlu olmadığı zemin tünellerinde bu yöntem oldukça kullanışlıdır. Bağlantı tünelleri gibi, yaklaşım tünelleri, pilot tüneller, cepler ya da araştırma amaçlı açılan tünellerin kazısı için oldukça kullanışlıdır. Ayrıca kaya şartlarının sürekli değişkenlik gösterdiği, ya da yüksek mukavemetli kaya ortamlarda uygun bir yöntemdir.

Mekanize kazı yöntemi; yeraltı kazılarının yapılmasında özellikle yeraltı kazısı için dizayn edilmiş makinaların kullanıldığı kazılar için kullanılan bir tanımdır. Yöntem kazının kesiti ve ilerleme şekline bağlı olarak iki ana başlık altında incelenir.

Parçalı kesit kazı yöntemleri, Alman Yöntemi, İngiliz Yöntemi, Eski Avusturya Yöntemi, Yeni Avusturya Yöntemi gibi değişik isimlerle bilinmektedir. Yeraltı kazılarında maksimum iksasız açıklığın az kendi kendini tutma süresinin de düşük

olduğu ortamlarda, kazı boylarının kısa olduğu bağlantı tünelleri, yaklaşım tünelleri, pilot tünellerde başarı ile uygulanmaktadır. Kazının kaç parçalı olacağı kullanılan kazı yöntemine ve jeolojik koşullara bağlıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Parçalı Kazı Yöntemi Eski Avusturya Tüneli Kazı Aşamaları (Köse, 2007)

Parçalı kazılarda kollu tünel açma makinaları (Roadheader) ile mekanik kırıcı makinalar da kullanılmaktadır.

Tam kesit kazı yöntemi, yeraltı kazısının bütün kesitinin bir kerede açıldığı kazı yöntemidir. Uzun ve deplasmanların minimum olması istenilen şehir içi metro tünellerinde özellikle tercih edilmektedir. Bu yöntemde çoğunlukla Tünel Delme Makinaları (TDM-TBM) kullanılır. Makinalar kalkanlı ve kalkansız olarak iki farklı tipte olabilmektedir. Kazı sırasında iksa elemanı olarak prekast adı verilen segmentler kullanılır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Tünel Delme Makinası (TDM)

TDM ile kazı yapılırken yeryüzü oturmalarının nispeten az oluşu, proje ilerlemesi için gerekli işçi sayısının az olması, kazı profilinin düzgün olmasına bağlı olarak kullanılan iksanın kolayca yerleşmesiyle bu işin süresinin kısa sürmesi, pasa boyutunun ve miktarının belirli olmasıyla birlikte pasa nakliyesinin kolaylaşması, kesitin daha düzgün olmasıyla havalandırma problemlerinin azalması, kazı ve tahkimat işlerinin bir arada yürütülmesi ile kazının sürdürülebilir olması gibi avantajlarıyla şehir içerisinde yapılacak olan yer altı girişimlerinin günümüzde en popüler seçimidir.

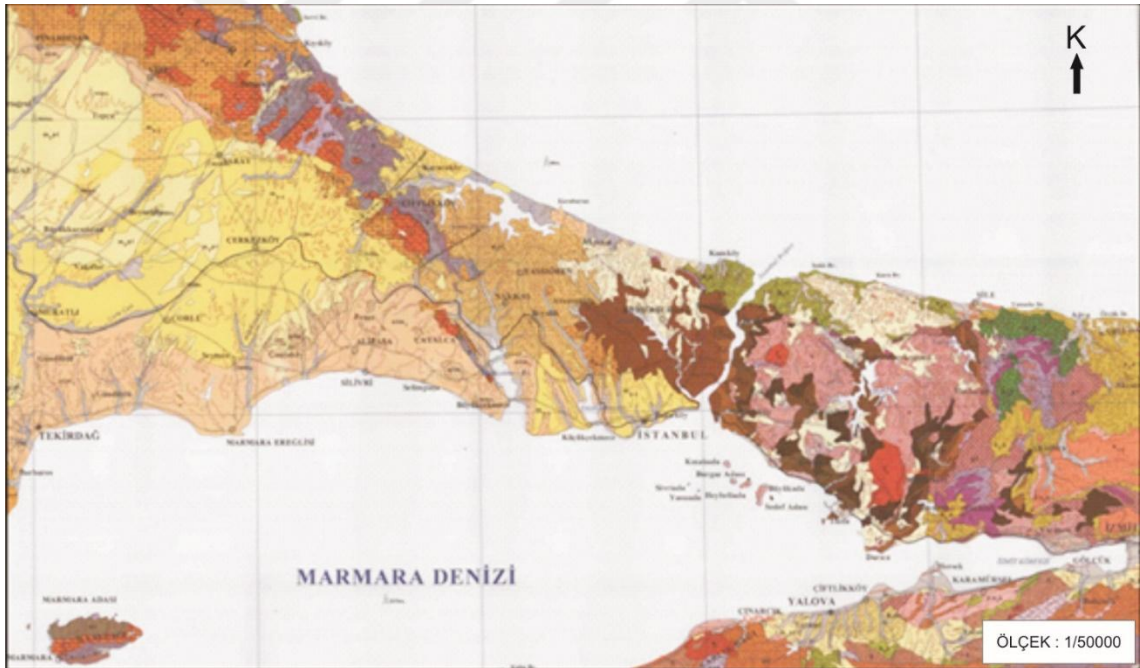


4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bölgesel Jeoloji

İstanbul il sınırları içinde Paleozoyik-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş çok sayıda kaya birimi gözlenmektedir (Şekil 4.1). Bu birimler birbirlerinden önemli bir tektonik hatla ayrılan metamorfizma görmüş ve metamorfizma görmemiş iki farklı topluluk olarak ayırtlanmış ve metamorfizma göstermeyen istif “İstanbul Birliği”, metamorfizma gösteren ise “İstranca Birliği” olarak adlandırılmıştır (Özgül, 2005). Çalışma alanı da metamorfizma görmemiş olan İstanbul Birliği içinde kalmaktadır.

Bölgesel jeoloji, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanmış olan İstanbul Alanının Jeolojisi (Özgül 2011) adlı rapordan özetlenerek alınmıştır.



Şekil 4.1. İstanbul İli Jeoloji Haritası (MTA, 2002)

İstanbul birliği, tabanda Alt Ordovisiyen yaşlı Polenezköy Grubu ile başlar (Özgül, 2005). Tabanı gözlenemeye bu birimin kıltaşı, miltaşı, kumtaşından oluşan Kocatöngel Formasyonu ile, kumtaşı, miltaşı, kıltaşı ve çakıltaşlarından oluşan Kurtköy Formasyonundan oluştuğu belirtilmektedir. Başlıca feldspatlı kumtaşı,

miltaşından oluşan Kınalıada formasyonu Alt-Orta Ordovisiyen yaşlıdır ve Polenezköy Grubu üzerinde yer alır.

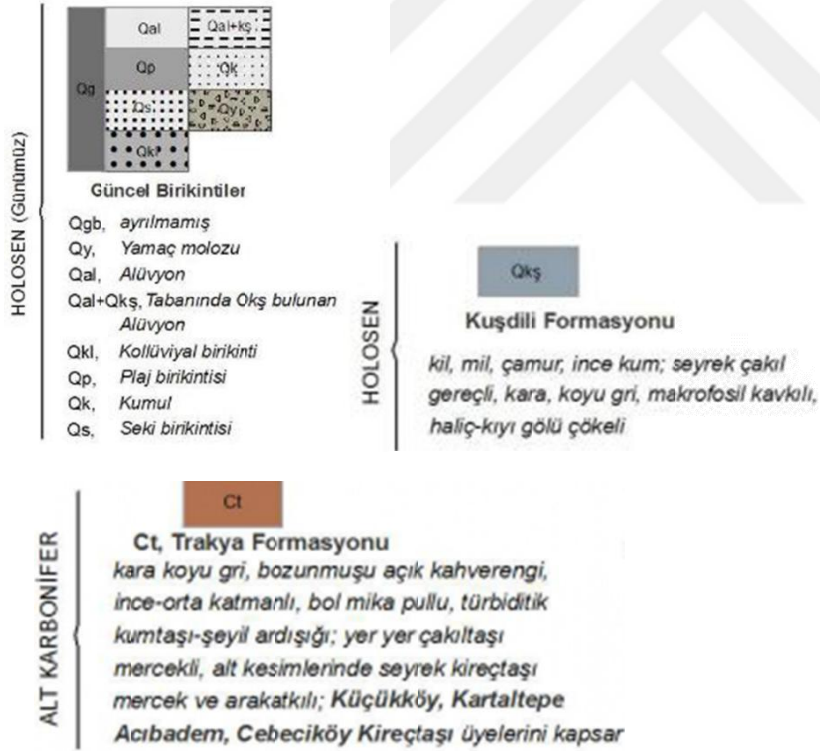
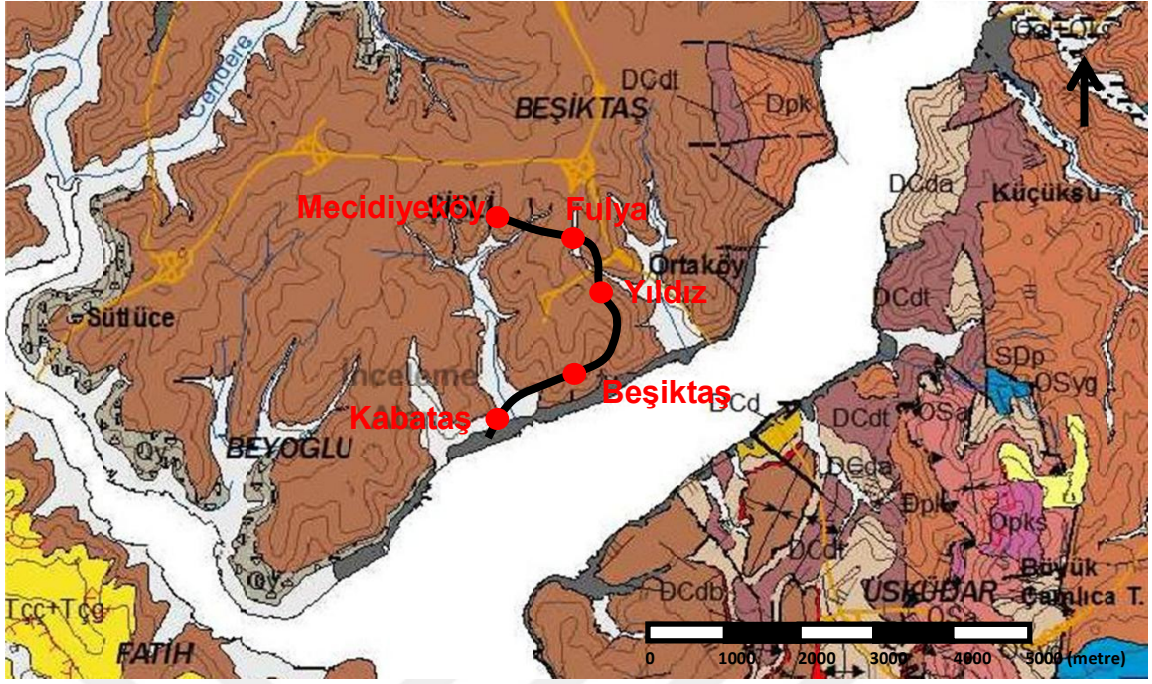
Büyük oranda kuvarsitlerden oluşan Aydos Formasyonu (Tüysüz ve diğ., 2004) İstanbul'un belli başlı yüksek dağ ve tepelerini oluşturmaktadır. Aydos formasyonu üstünde yer alan Yayalar formasyonu (Haas 1968) ile yanal ve düşey yönde geçişlidir ve her iki formasyonun da Üst Ordovisiyen-Alt Silüryen yaşta olduğu ifade edilmektedir (Önalın, 1981; Özgül, 2010).

Pelitli formasyonu (Kaya 1973) resifal ve sığ denizel kireçtaşları ile başlar ve yumrulu kireçtaşları ile son bulur. Yayalar Formasyonunu uyumlu bir şekilde üzerleyen Pelitli Formasyonu Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlıdır ve Pendik Formasyonu (Özgül ve diğ. 2009) tarafından uyumlu bir şekilde örtülür. Alt-Orta Devoniyen yaşlı Pendik Formasyonu ise mikalı şeyllerden oluşan Kartal Üyesi ile kireçtaşlarından oluşan Kozyatağı Üyesinden oluşur.

İstanbul'un Anadolu yakası ve boğaz kıyısı ve iç kesimlerde yüzeyleyen, kireçtaşı, killi kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı ve radyolaryalı çakmaktaşılarından oluşan birim Denizli Köyü Formasyonu olarak tanımlanmaktadır (Özgül 2005). Orta-Üst Devoniyen-Alt Karbonifer yaş aralığında olan formasyon, Tuzla Kireçtaşı Üyesi, Yürükali Üyesi, Ayineburnu Üyesi ve Baltalimanı Üyesinden oluşur.

Denizli Köyü Formasyonunu Trakya Formasyonu (Kaya, 1963) uyumlu olarak üzerler. İnceleme alanının da içinde kaldığı Avrupa yakasında geniş alanlar kapsayan formasyon Trakya Serisi olarak da bilinir (Penck, 1919; Paeckelman, 1925; 1938). Büyük bölümü kumtaşı, miltası, şeyl ardalanmasından oluşan birim yer yer çakıltaşı ve kireçtaşı mercekleri kapsar ve Alt Karbonifer yaşlıdır.

İstanbul'un Anadolu yakasında Paleozoyik kayaları üzerleyen volkanik ara düzeyli, karasal kırıntılı birimler Kapaklı Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Altınlı, 1968; Yurtsever, 1982; Özgül, 2005; Gedik ve diğ., 2005). Permiyen-Alt Triyas yaşlı Kapaklı Formasyon Alt-Orta Triyas yaşlı dört formasyon, sekiz üyeden oluşa Gebze Grubu (Özgül, 2005) tarafından uyumsuzlukla örtülür.



Şekil 4.2. İnceleme alanının bulunduğu bölgenin genel jeoloji haritası ve lejantı (İBB-İstanbul'un Jeolojisi Çalışmaları).

Mesozoyik (Üst Kretase) birimler İstanbul Boğazının Karadeniz'e açılan kesiminde her iki yakada da bulunur ve Sarıyer Grubu (Yurtsever, 1996; Özgül ve diğ., 2007)

olarak tanımlanmıştır. Sarıyer Grubu kırıntılılar ve volkanik kayalar topluluklarından oluşmaktadır. Akveren Formasyonu (Gedik ve diğ., 1981) kilitli kireçtaşı, kireçtaşı ve kilitli-marn aralanmasından oluşur. Beş üyeden oluşan formasyon Sarıyer Grubunu açısız uyumsuzlukla üzerler ve Geç Kampaniyen-Geç Paleosen zaman aralığını temsil eder (Baykal, 1943; Dizer ve Meriç, 1972; Gedik ve diğ., 2005). Tersiyer-Paleojen yaşlı diğere kaya birimleri (Şile Formasyonu, Yunuslubayır Formasyonu, Koyunbaba Formasyonu, Soğucak Formasyonu, Ceylan Formasyonu, Pınarhisar Formasyonu, Danişment Formasyonu) daha çok İstanbul kuzey bölgelerinde Karadeniz kıyılarına doğru uzanan alanlar ile kısmen Marmara Denizi kuzey kıyılarında gözlenmektedir.

İstanbul'un Neojen kaya birimleri ise İstanbul Formasyonu, Çekmece Formasyonu, Sultanbeyli Formasyonu, Alaçatı Kumtaşı, Domuz Deresi Formasyonu, Kuşdili Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı kumul, yamaç molozu ve alüvyal birikintilerdir.

İstanbul jeolojisi içinde çeşitli yaşlarda magmatik kayalar gözlenir. Bunlar Karadeniz kıyı bölgesinde genç volkaniklerle, Anadolu yakasında gözlenen magmatikler (Çavuşbaşı Granodiyoriti, Sancaktepe Graniti, Tavşan Tepesi Graniti, Yakacık Magmatik Kompleksi ile Paleozoyik seriler içinde yoğun olarak gözlenen andezitikve diyabazik dayklardır.

4.2. Yapısal Jeoloji

Tünel güzergâhında yer alan Trakya Formasyonu, geçmiş dönemde hem doğu-batı, hem de kuzey-güney sıkışmaya maruz kalmıştır. Bunun sonucu olarak, yaygın şekilde eklemli, çatlaklı ve kıvrımlı olmanın yanı sıra, sıkça makaslanma ve fay zonları ile kesilmiştir. Fay zonları genellikle parçalanmış, milonitleşmiş, bazen killeşmiştir. Bazen de bu fay zonlarına, ince-orta kalınlıklı, kabaca doğu-batı doğrultulu ve düşeye yakın eğimde, andezit, diyabaz daykları yerleşmiştir. Haritalama imkanı olmayan tüm bu süreksizlik ve zayıflık zonları, kazı sırasında, tünelin konumuna bağlı olarak, diğerişik açılarda kesilebilmektedir.

Çalışma alanında bölgesel jeoloji içinde güzergahı kesen herhangi bir bilinen fay ya da fay zonu bulunmamaktadır.

Yoğun şehirleşme (yüzey mostrası bulunamaması) nedeniyle yapısal unsurlar hakkında yeterli bilgi edinilmesi oldukça zordur. Eski çalışmalardan yapısal özellikler hakkında bir miktar bilgi edinilebilmiştir.

Kabataş-Mecidiyeköy hattında, Beşiktaş ile Yıldız arasında Yıldız istasyonunun yer aldığı karayolu yarmasında ölçülen tabaka konumları, 263/59 ve 269/50, aynı noktada ölçülen eklem konumları ise 132/40 ve 96/44 tür.

Km:1+000 yakınında, Dolmabahçe Deresi'nde birbirlerine yakın yapılmış olan TSK-6 ve TSK-6A sondajlarında görülen aşırı kırıklı yapı, iki sondajdaki ayrışma seviyelerindeki belirgin kot farkları ve morfolojik yapı birlikte düşünüldüğünde, söz konusu bu kesimde ve benzer şekilde TSK-20 ve TSK-20A sondajlarının yapıldığı Gayrettepe bölgesindeki aşırı kırıklı kaya yapısından bir fayın varlığından şüphe edilmiştir. Ayrıca İTÜ, Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Çalışma Grubu tarafından hazırlanmış olan Dolmabahçe-Baltalimanı Kanalizasyon Tünelleri ile ilgili raporda Trakya Formasyonu içinde pek çok fay hattı belirlenmiştir. Bunların dışında sondaj örneklerinde gözlemlenen çok sayıdaki ezik zonların, güzergahta başka fay hatlarının da olabileceğini göstermektedir.

4.3. Hidrojeoloji

Kabataş-Mecidiyeköy hattı bölgenin jeolojisine göre Trakya Formasyonu ve alüvyal çökeller ile yapay dolgu birimler içinde kalmaktadır.

Trakya Formasyonu kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri ile yarı geçirimli, kiltası, şeyl ve miltaşı seviyeleri ile geçirimsizdir. Ancak, formasyon olarak tektonik süreçler sonucu, sonradan kazanmış olduğu kırıklı yapısı ve yüzeye yakın kesimlerinin ayrışması sonucu, zayıfta olsa ikincil bir geçirimsizlik kazanmıştır. Genel olarak az geçirimli, kısmen yarı geçirimli kabul edilebilir. Kiltası ve siltaşı seviyeleri genellikle geçirimsiz olmakla birlikte, kırık çatlak sistemleri dolayısı ile az geçirimlidir. Kumtaşı seviyelerinde ise kırık ve çatlakların daha açık olması dolayısı ile genelde az geçirimli, kırık ve çatlakların yaygın olduğu kesimlerde yarı geçirimli olması beklenir. Ayrıca kaya birimlerin alüvyon dokanağında ayrışma

nedeni ile kırıklı ve parçalı bir yapı kazanacağı için bu ayrışma bölgelerinin de geçirimli kabul edilmesi gerekmektedir.

Alüvyal çökelleri, yer yer kil, yer yer de kum-çakıl seviyelerinden oluştuğundan genel olarak geçirimlidir. Benzer şekilde yapay dolgu olan alanlar da iri ve ince karışık malzemeden oluştuğu ve herhangi bir içi düzeni olmadığı için geçirimli-yarı geçirimli ortam olarak kabul edilebilir.

Sondaj çalışmaları sırasında kuyu ve yeraltısuyu kot ve derinlikleri çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge ve sondaj logları incelendiğinde, TSK-11 ve TSK-13'e göre yeraltısuyunun deniz seviyesi ve geçirimsiz killi zemin seviyesi üzerinde, dolgu zemin içinde, TSK-10'da ise yeraltısuyunun deniz seviyesi ve geçirimsiz kil seviyesi altında Trakya Formasyonunun ayrışmış kesimi içinde olduğu görülmektedir. Bu durum bölgede yeraltısuyu seviyesinin düzenli bir seviyeye sahip olmadığı, yapay dolgu içinde uygun geçirimli alanlarda ve ayrışmış kaya birimi içinde hareket ettiğini, kil seviyesinin ise bir bariyer özelliği taşıdığını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Güzergahta yapılan temel sondajlara ait genel bilgiler

Sondaj	Konum		Sondaj Kotu, m	Sondaj Derinliği, m	Yeraltısuyu Derinliği, m	Yeraltısuyu Kotu, m
	Doğu	Kuzey				
TSK 10	416429.77	4545791.43	4.84	32.0	7.80	- 2.96
TSK 11	416564.27	4545808.65	6.66	33.6	3.20	+ 3.46
TSK 13	416544.28	4545866.18	8.25	36.0	3.80	+ 4.45

İstanbul Boğazı inceleme alanını yeraltısuyu açısından etkileme olasılığı olan önemli bir unsurdur. Ancak sondaj kuyularındaki sulardan elimizde kimyasal bir analiz olmadığı için bu suyun deniz suyu ile irtibatlı olup olmadığını da söylemek mümkün değildir.

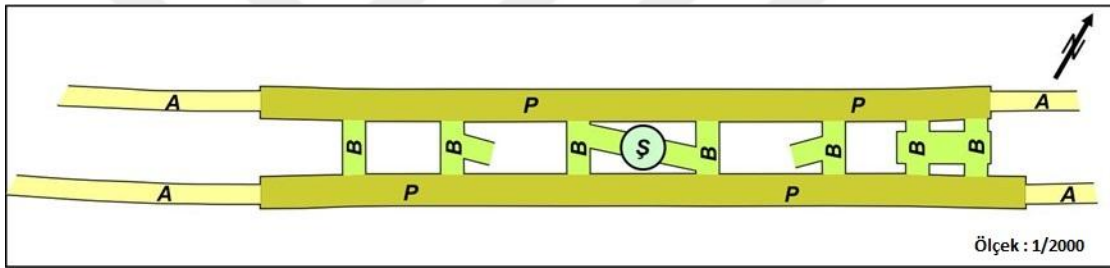
4.4. Mühendislik Jeolojisi

Günümüzde olduğu gibi yakın gelecekte de büyük şehirlerin en önemli sorunlarının başında ulaşım yer almaktadır. Bu sorunun yüzeyde ve enine büyüme ile çözülmesi mümkün olmayacağı için yeraltı ulaşımı ön plana çıkmaktadır. Bu

nedenle şehir içi altyapı ulaşımında metro projeleri sürekli gündemde kalmaktadır. 1954 yılında Yenikapı-Mecidiyeköy Metro Hattı Projesi olarak başlayan İstanbul'un metro serüveni günümüzde hizmete alınmış, inşaatı devam eden toplam 13 adet metro ile devam etmektedir. Bütün dünyada olduğu gibi bu hatların bir gün yenilenmesi gerekeceği de hiç unutulmamalıdır.

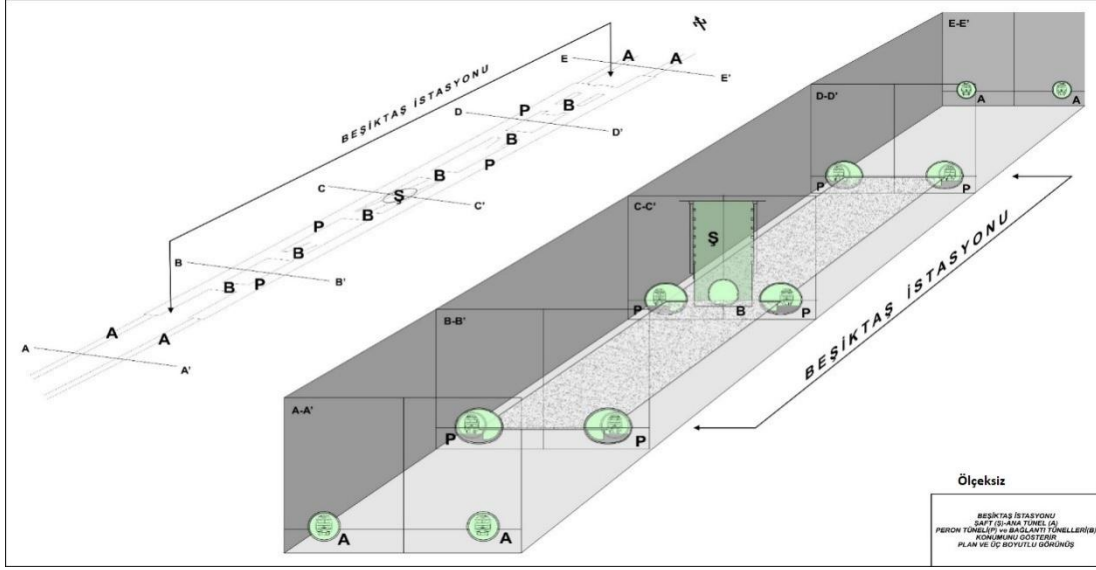
Bu tez çalışması kapsamında, İstanbul'da projelendirilmiş inşa çalışmaları devam eden Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattının, Kabataş-Mecidiyeköy Etabının Km:2+026.82-Km:2+206.82 arasında kalan bölümünde yer alan Beşiktaş Metro İstasyonu ele alınmıştır.

Beşiktaş Metro İstasyonu, Beşiktaş Şaftı (Ş), bağlantı tünelleri (B), peron tünelleri (P) ve peron tünelleri ile bağlantılı ana hat tünellerinden (A) oluşmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Beşiktaş Metro İstasyonu planı (A, Ana Tünel; B, Bağlantı Tüneli; P, Peron Tüneli; Ş, Şaft)

Şaft (Ş) kazı sırasında ulaşımın sağlanması amacı ile tasarlanmış ve kazı sonrası da istasyon alanına erişimin sağlanacağı ana yapıyı oluşturmaktadır. 14.00 m çapında ve 30.00 m derinliğinde olan bu şaft klasik yöntemlerle kazılmış ve kazı duraylılığı kazık, ankraj ve çelik kirişlerle sağlanmıştır. Ana Tünel (A) kazısı Tünel Delme Makinesi (TDM) ile yapılacaktır. İki tüp halinde yapılacak tünel kazısının iç çapı 6.00 m olacaktır. Ana tünellerin istasyon alanına geldiği kesimde klasik yöntemlerle açılacak olan Peron Tünelleri (P) ile peron tünellerinin birbirine bağlantısı ve yüzeyden metroya erişim Bağlantı Tünelleri (B) ile sağlanacaktır. Beşiktaş İstasyonu yeri plan ve üç boyutlu görünüşü Şekil 4.4'te verilmiştir.



(A, Ana Tünel; B, Bağlantı Tüneli; P, Peron Tüneli; Ş, Şaft)

Şekil 4.4. Beşiktaş İstasyon yeri plan ve üç boyutlu görünüşü

Mühendislik Jeolojisi ile ilgili yapılan çalışmalarda Alsim Alarko Sanayi tesisleri ve Ticaret A.Ş. Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Müessesesi tarafından Artson Geoteknik Mühendislik ve Müşavirlik firmasına hazırlanmış olan raporlardaki veriler kullanılmıştır. Projeye ait Artson Geoteknik Mühendislik ve Müşavirlik firması tarafından hazırlanan Mühendislik Jeolojisi Haritası ve Kesiti Ek-2'de verilmiştir.

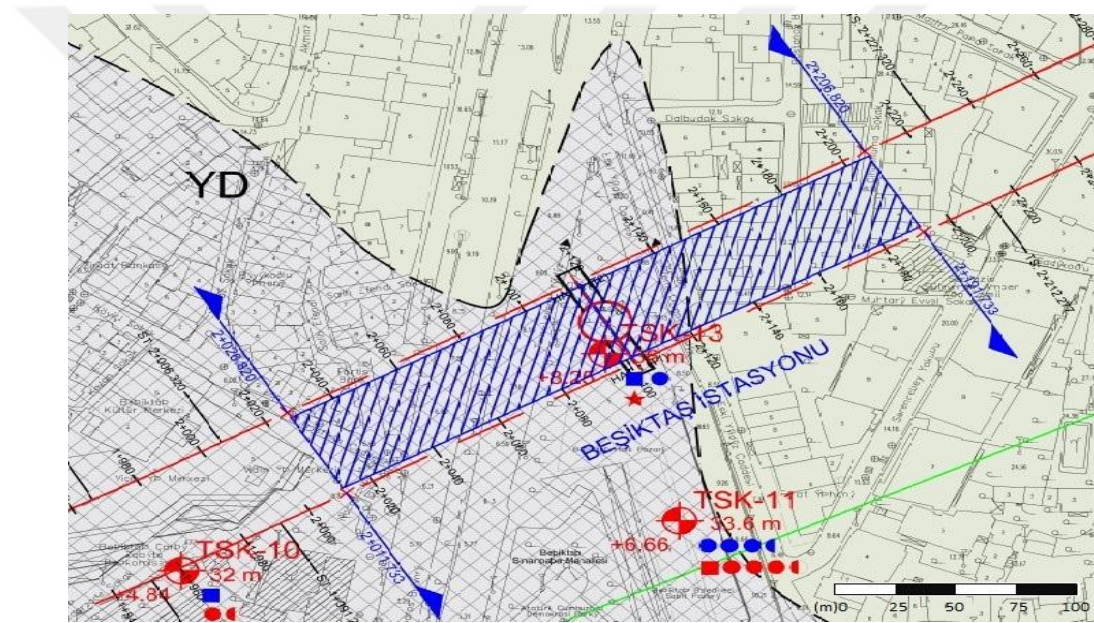
Bu tez çalışması kapsamında Beşiktaş Metro İstasyonu ve çevresinde yapılan temel sondajlar kullanılarak Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine göre yapılan kaya sınıflamaları ile Beşiktaş Metro İstasyonu Km:2+123.46 ve Km:2+158.66 Peron Tüneli1 (P1) ile Km:2+165.55, Km:2+108.11 ve Km:2+129.95'de alınan Peron Tüneli 2 (P2) kazılarında yaptığımız gözlemler yardımı ile hazırlanan kesitleri kullanarak yapılan kaya sınıflamalarının karşılaştırması yapılmıştır.

Peron Tünellerinin yaklaşık kazı genişliği 10.50 m, kazı yüksekliği 8.50 m ve Kırmızı Kotu (Ray Üst Kotu) -20.00 m'dir. Bu nedenle yapılan mühendislik hesaplamalarında projede de belirtilen mesafelere uyulması amacı ile tavandan itibaren tünel çapının yaklaşık iki katı (yaklaşık 12-13 m), tünel tabanının altında tünel çapı kadar (yaklaşık 6 m) bir mesafe tünel etki zonu olarak alınmış ve

yaklaşık -8.00 m ile -26.00 m kotları arasındaki kesim tünel etki zonu olarak kabul edilmiştir. Yapılan hesaplama ve değerlendirmelerin bu etki zonu içinde kalmasına dikkat edilmiştir.

4.4.1. Sondaj Çalışmaları

Beşiktaş Metro İstasyonu vapur, otobüs ve minibüslerin ve buna bağlı insan yoğunluğunun fazla olduğu bir alanda yer almaktadır. Bu bölgede yüzeyde herhangi bir jeolojik birime ait mostra görmek mümkün değildir. Bu nedenle arazi çalışmaları sondajlarla sınırlı kalmaktadır.



Şekil 4.5. Beşiktaş istasyon bölgesinde yapılan sondaj yerleri

Sondaj çalışmaları kapsamında çalışma alanındaki taşıt ve insan trafiğine bağlı olarak 3 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır (Şekil 4.5). Sondaj logları ve karot fotoğrafları Ek-3' te verilmiştir. Sondajlarda TSK-11 numaralı sondaj tünel ekseninde açılmıştır. Açılan sondajlarda üst seviyelerdeki zemin özelliğindeki dolgu alanda Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmış ve aynı zamanda örselenmiş zemin numuneleri, kaya birimlerde ise karotlu ilerleme yapılmış ve karot numuneleri alınmış ve Toplam Karot Yüzdesi (TCR), Katı Parça Karot Yüzdesi (SCR), Kaya Kalitesi Tanımlaması (RQD) belirlenmiştir. Sondajlar sırasında temel

zemine ait mühendislik parametrelerinin üretilmesi amacı ile yerinde deneylerden Pressiyometre ve Basınçlı Su Deneyleri de yapılmıştır (Çizelge 4.2, Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. Presiyometre deneyi sonuçları

Sondaj No	Derinlik Aralığı (m)	Net Limit Basınç (Mpa)	Presiyometrik Modül (Mpa)	Litoloji	Ayrışma Seviyesi
TSK 10	9.0	20.6	515	Kumtaşı	W4
	13.0	17.6	598	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Ard.	W3
	17.0	18.2	428	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Ard.	W3
	21.0	17.6	512	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Ard.	W3
	25.0	17.6	503	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Ard.	W2
	29.0	18.6	310.17	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Ard.	W1
TSK-11	10.0	0.24	3.17	Kiltaşı-Silttaşı	W5
	14.5	0.51	7.80	Silttaşı	W5
	18.5	0.71	3.49	Silttaşı	W5
	23.0	1.72	45.56	Silttaşı, ezik zon	W2
	28.0	38.47	642.74	Silttaşı-Kumtaşı	W1
	32.0	37.44	651.33	Silttaşı-Kumtaşı	W1
TSK-13	8.0	0.26	4.77	Az Kumlu KİL	
	13.0	0.28	2.56	Az Kumlu KİL	
	17.0	9.11	138.75	Ara Tabakalı, Kumtaşı	W3-W4
	21.0	16.74	348.62	Ara Tabakalı, Kumtaşı	W3
	25.0	16.71	255.89	Kumtaşı	W2
	29.0	19.54	378.94	Kumtaşı	W1
	34.0	23.33	396.87	Kumtaşı	W1

Çizelge 4.3. Basınçlı Su Testi Deneyi Sonuçları

Sondaj No	Kademe Derinliği (m)	Lugeon Değeri	Sınıflama
TSK 10	17.00 - 19.50	8.30	Geçirimsiz
	22.00 - 25.00	11.50	Geçirimsiz
TSK 11	22.00 - 24.00	10.48	Geçirimli
TSK 13	28.00 - 30.00	7.23	Geçirimli

TSK-10 Numaralı Temel Sondaj; Toplam derinliği 32.00 m topoğrafik kotu 4.84 m olan sondajda 0.00-5.00 m arasında güncel kiremit parçalarından oluşan dolgu zemin gözlenmektedir. 5.00-6.50 m arasında kahverengi çakıllı bir kil seviyesi bulunmaktadır. 6.50 m den itibaren Trakya Formasyonuna ait kiltaşı-silttaşı-

kumtaşı ar dalanmasından oluşan kaya birimlerine giren sondaja 32.00 m'de son verilmiştir. Kaya birimlerinde ilk 3.00 m içinde çok ayrışmış seviyenin geçilmesinden sonra derinlik arttıa çok ayrışmıştan ayrışmamışa doğru bir geçiş gözlenmektedir. Zemin kaya sınırına yakın ve ayrışmış kaya birimleri içinde olan yeraltısuyu seviyesi -2.96 m kotundadır.

Tünel etki alanı yaklaşık zemin birimlerini kapsasa da kazı tamamen orta derecede ayrışmış ile az ayrışmış silttaşı-kumtaşı-kiltaşı ar dalanması içinde kalacaktır.

TSK-11 Numaralı Temel Sondaj; Toplam derinliği 33.60 m topoğrafik kotu 6.68 m olan sondajda 0.00-3.50 m arasında dolgu zemin gözlenmektedir. 3.50-12.00 m arasında st seviyeleri tuğla kiremit parçalı açık-sarımsı kahverengi çakıllı bir kil seviyesi bulunmaktadır. 12.00 m den itibaren Trakya Formasyonuna ait kiltaşı-silttaşı-kumtaşı ar dalanmasından oluşan kaya birimlerine giren sondaja 33.60 m'de son verilmiştir. 12.00-20.00 m arasında tamamen ayrışmış kiltaşları yer almaktadır ve 20.00-26.75 m arasında ezik bir zon (fay zonu) geçilmiştir. 26.75-33.60 m arasında ayrışmamış kumtaşı, silttaşlarının gözlendiği sondajda 29.20-29.55 m ve 31.30-31.40 m arasında parçalı seviyeler geçilmiştir. Kaya birimlerinde ezik zon olan seviyelerde TCR düşük RQD sıfır, ayrışmamış seviyelerde ise TCR ve RQD yüksektir. Zemin kaya sınırına yakın ve ayrışmış kaya birimleri içinde olan yeraltısuyu seviyesi 3.46 m kotundadır.

Tünel etki alanı ezik zon içinde kalmaktadır ve kazı az silttaşları içinde kalacaktır.

TSK-13 Numaralı Temel Sondaj; Toplam derinliği 36.00 m topoğrafik kotu 8.25 m olan sondajda 0.00-6.00 m arasında güncel tuğla ve kiremit parçalarından oluşan dolgu zemin gözlenmektedir. 6.00-14.70 m arasında kahverengi-koyu gri renkli az kumlu kil seviyesi bulunmaktadır. 14.70 m den itibaren Trakya Formasyonuna ait kiltaşı-silttaşı-kumtaşı ar dalanmasından oluşan kaya birimlerine giren sondaja 36.00 m'de son verilmiştir. Kaya birimlerinde ilk 5.50 m içinde çok ayrışmış seviyenin geçilmesinden sonra derinlik arttıa çok ayrışmıştan ayrışmamışa doğru bir geçiş gözlenmiştir. Sondajda yer yer makaslama ve ezik zon geçişleri gözlenmiştir. Bu kuyuda RQD değerleri 0-18 arasında (sadece bir seviyede RQD 77

dir) ve oldukça düşüktür. Zemin seviyesi içinde ve geçirimsiz kil seviyesi üzerinde yer alan yeraltısuyu seviyesi 4.45 m kotundadır.

Tünel etki alanı yaklaşık zemin birimlerini kapsasa da kazı tamamen orta derecede ayrılmış ile az ayrılmış kumtaşları içinde kalacaktır.

4.4.2. Laboratuvar Deneyleri

Sondajlardan SPT ile alınan zemin, kaya karot numunelerinden fiziksel ve mekanik deneyler yaptırılmıştır. Zemin numunelerinden, dane boyu dağılımı, kıvam limitleri ile kesme kutusu deneyleri, kaya numunelerinden ise nokta yük ve tek eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmıştır (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Zemin numunelerine ait fiziksel deneyler ve sonuçları

Sondaj No	Derinlik (başlangıç- m)	Derinlik (Bitiş-m)	Numune No	Atterberg Limitleri (%)			Elek Analizi (%)			Zemin Sınıfı
				LL	PL	PI	Çakıl	Kum	Silt+Kil	
TSK 10	4.50	4.95	SPT-2	21	16	5	7	30	63	CL-ML
	6.00	6.45	SPT-3	32	15	17	1	37	62	CL
TSK 11	4.50	4.95	SPT-2	27	18	9	18	36	47	SC
	6.00	6.45	SPT-3	26	14	12	7	30	63	CL
	9.00	9.50	UD-1	26	15	11	8	36	56	CL
	9.50	9.95	SPT-5	36	13	23	0	9	91	CL
	13.50	13.90	SPT-8	29	16	14	33	31	36	GC
	16.50	16.95	SPT-10	31	16	16	10	42	48	SC
	19.50	19.95	SPT-12	26	16	8	31	51	18	SC
TSK 13	6.00	6.45	SPT-3	21	14	7	8	46	46	SC
	7.50	7.95	SPT-4	23	14	10	1	28	71	CL
	12.50	12.95	SPT-7	34	16	18	3	41	57	CL

4.4.3. Beşiktaş İstasyonu Kaya-Zemin Birimleri Mühendislik Özellikleri

Beşiktaş Metro İstasyonu kaya-zemin birimlerinin mühendislik özellikleri ile ilgili değerlendirme yapılırken, tünel kesit boyutları ve bu boyutların etki bölgesi dikkate alınmıştır. Metro istasyonunda ana tünel kazısının Peron Tünellerinde olması nedeni ile tavandan itibaren tünel çapının yaklaşık iki katı (yaklaşık 12-13

m), tünel tabanının altında tünel çapı kadar (yaklaşık 6 m) bir mesafe tünel etki zonu olarak alınmış ve yaklaşık -8.00 m ile -26.00 m kotları arasındaki kesim tünel etki zonu olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.5. Kaya numunelerine ait kaya mekaniği deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik, m	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (Mpa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Litoloji	Kaya Gurubu (Ayrışma)	
TSK-10	10.60	10.80	0.82	-	Kumtaşı	W4
	12.80	13.03	-	5.76	Kiltaşı-Kumtaşı-Silttaşı A.	W3
	16.50	16.70	0.81	-		
	18.85	19.00	1.24	-		
	20.00	20.12	1.34	-	Kiltaşı-Kumtaşı-Silttaşı Ard.	W3
	20.90	21.00	0.5	-		
	22.15	22.40	3.39	-		
	24.87	25.00	-	12.32		
	25.90	26.00	4.34	-	Kiltaşı-Kumtaşı-Silttaşı Ard.	W2
	27.50	27.67	-	72.33		
	28.27	28.50	-	59.71		
	29.22	29.50	-	26.59	Kiltaşı-Kumtaşı-Silttaşı Ard.	W1
	31.30	31.50	-	29.21		
TSK-11	27.00	27.30	-	42.02		
	27.90	28.10	-	53.82		
	28.80	29.10	-	25.26		
	30.50	30.70	3.20	-	Silttaşı-Kumtaşı	W1
	31.60	31.85	-	20.98		
	32.30	32.50	-	74.37		
TSK-13	20.10	20.15	1.61	-		
	21.60	21.80	-	81.58		
	22.00	22.10	-	4.93	Silttaşı, ezik zon	W2
	22.10	22.4	5.32	-		
	23.40	23.5	5.80	-		
	27.20	27.3	3.82	-		
	28.85	28.9	1.66	-		
	30.50	30.6	1.95	-	Silttaşı-Kumtaşı	W1
31.70	31.75	4.03	-			

Beşiktaş istasyon alanında kalınlığı 3.50-6.00 m arasında değişen içinde tuğla ve kiremit parçaları içeren yapay dolgu tabakası yer alır. Yapay dolgunun hemen altında kalınlığı 1.5- 8.70 m arasında ince çakıllı, az kumlu ve çakıllı kum karışımından oluşan killi bir seviye bulunur. Bu seviyenin altında tamamen ayrılmış bir seviye ile başlayan tabana doğru çok ayrılmış, orta derecede ayrılmış, az ayrılmış ve ayrılmamış seviyeler halinde devam eden Trakya Formasyonuna ait kaya birimleri gözlenir. Tünel etki bölgesi ise Trakya Formasyonuna ait az ayrılmış-ayrılmamış kaya seviyesi içinde kalmakta olup yer yer çok ayrılmış-orta

ayırışmış kaya seviyeleri içinde yer almaktadır. Ayrıca bu kaya biriminin kendi içinde yer yer aşırı parçalı ve ezik seviyeler de bulunmaktadır. Tünel etki alanı içinde zemin profilinde Tamamen Ayırışmış Kaya, Çok-Orta Derece Ayırışmış Kaya ve Az-Ayırışmamış Kaya olarak tanımlanan seviyelerin mühendislik özellikleri aşağıda açıklanmıştır;

Tamamen Ayırışmış Kaya, kısmen yeraltısuyu kısmen de atmosferik etkilerle tamamen zemin özelliği kazanmış seviyeler için kullanılmıştır. Sarımsı ve kahve rengi belirgin bir özelliğidir. Deneysel çalışmalarda zemin olarak değerlendirilen bu seviyenin granüler (taneli) zemin sınıfında değerlendirilmesi önerilmiştir. Bu seviyeye ait arazi ve laboratuvar verilerini en küçük, en büyük ve ortalama değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Tamamen Ayırışmış Kaya Birimi Mühendislik Özellikleri (Artson, 2015)

Veri Türü	Veri Sayısı	En Küçük Değer	En Büyük Değer	Ortalama Değer
Penetrasyon Direnci N_{30}	8	>50		
Çakıl %	3	10	33	24
Kum %	3	31	51	41
Kil + Silt %	3	18	48	34
Likit Limit - LL	3	26	31	29
Plastik Limit - PL	3	16	16	16
Plastisite İndisi - PI	3	8	16	12
Zemin Gurubu (USCS)- TS1500	3	Ağırlıklı olarak SC – kısmen GC		

Çok-Orta Derece Ayırışmış Kaya, Tamamen ayırışmış kaya seviyesi hemen altında yer alan bu seviyenin ayrışma derecesi taban doğru inildikçe azalır. Sarımsı kahverengi bu seviyenin sondaj verilerine göre tünel kotuna kadar anca inebileceği öngörülmüştür. Nerede ise tamamen kumtaşlarından oluşan bu seviye içinde, kumtaşı, silttaşı araldanması ile bu kaya birimlerinin ayrışma nedeni ile kısmen kille dönüşmüş kesimleri bulunmaktadır. Toplam karot verimi yüksek olan bu seviyede RQD değerleri 22 ile Deere (1968) e göre çok zayıf kaya sınıfındadır. Ayrışma açısından W3-W4 olarak değerlendirilmiştir. Uygun boyutlarda karot alınamaması nedeni ile laboratuvar deney çalışmaları sınırlı kalan seviyeye ait mühendislik özellikler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çok-Orta Derece Ayırışmış Kaya Birimi Mühendislik Özellikleri (Artson, 2015)

Veri Türü	Veri Miktarı Adet veya Metre	En Küçük Değer	En Büyük Değer	Ortalama Değer
Toplam Karot Verimi - TCR	22 metre	0	100	74
Sağlam Karot Verimi - SCR	22 metre	0	90	39
Kaya Kalitesi Tasarımı - RQD	22 metre	0	55	22
Limit Basınç PI (MPa)	6 Adet	9	21	17
Presiyometrik Modül Em (MPa)	6 Adet	139	598	423
Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Is(50) (MPa)	6 Adet	0.5	3.39	1.35
Tek Eksenli Basınç Dayanım (σ_c) MPa	1 Adet	5.76	5.76	5.76

Az-Ayrışmamış Kaya; Ayrışma sınıflamasında W1-W2 olarak tanımlanmış olan bu seviye sondajlarda tünel kotu olan derinliklerde gözlenmiştir. Sık kırıklı, parçalı, yer yer ezik sonlarda içeren bu seviye çoğunlukla siltaşlarından oluşmaktadır ve kumtaşı ve kiltası seviyeleri de bulunmaktadır. Süreksizlikleri kısmen sert kısmen yumuşak kil dolgulu, kısmen de dolgusuz, kumtaşlarında dalgalı-pürüzlü, kiltası ve siltaşlarında düzlemsel-düz ya da az pürüzlüdür. Ezilme zonlarında süreksizlik düzlemleri sürtünme izli ve cilalıdır. RQD açısından zayıf kaya (Deere, 1968) sınıfında olan bu seviyenin en küçük, en büyük ve ortalama değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Az-Ayrışmamış Kaya Birimi Mühendislik Özellikleri (Artson, 2015)

Veri Türü	Veri Miktarı Adet veya Metre	En Küçük Değer	En Büyük Değer	Ortalama Değer
Toplam Karot Verimi - TCR	38 metre	0	100	86
Sağlam Karot Verimi - SCR	38 metre	0	100	45
Kaya Kalitesi Tasarımı - RQD	38 metre	0	100	28
Limit Basınç PI (MPa)	8 Adet	2	38	22
Presiyometrik Modül Em (MPa)	8 Adet	46	651	398
Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Is(50) (MPa)	9 Adet	1.6	5.8	3.5
Tek Eksenli Basınç Dayanım (σ_c) MPa	12 Adet	5.00	82	42

İstasyon alanında yeraltısu ya da kil seviye üzerindeki dolgu içinde +3.46 m ve +4.45 m kotlarında tünel su şeklinde ya da kil seviye altındaki ayrışmış kaya

birimi içinde - 2.96 m kotunda serbest akifer şeklindedir. Bu nedenle dolgu içinde kalan suların yüzeysel, ayrılmış kaya birimi içinde kalan suların ise yeraltı suyu ile ilişkisi olmalıdır. Tünel kazı güzergahı da su seviyesinin altında kalmaktadır.

4.5. Beşiktaş İstasyonu Kazı-destek Çalışmaları

Beşiktaş Metro İstasyonu kaz-destek çalışmaları dört aşamalı olarak ele alınmıştır. İlk aşamada mevcut bütün çalışmaların değerlendirilmesi ile hazırlanmış proje çalışmaları bulunmaktadır. Bu proje çalışmalarına dayanarak yapılan kazı çalışmaları ikinci aşamayı oluşturmaktadır. Üçüncü aşama belli aralıklarla yapılan kazı aynası gözlemleri ile hazırlanan kazı aynası ölçümleri ve bu ölçümlere dayanarak yapılan kaya sınıflamalarıdır. Son aşamada ise proje önerileri ile kazıda karşılaşılan durumlar sonucu uygulama sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.5.1. Kazı Öncesi Proje Çalışmaları

Kazı öncesi proje çalışmalarının temelini, mevcut veriler ve bu verilerin değerlendirilmesi ile hazırlanmış olan istasyon yeri tip kesiti oluşturmaktadır. Bu tip kesitten yararlanarak tünel kazı kotu ve etki alanında yer alan jeolojik birimler tanımlanmış, sınıflamalar yapılarak kazı/destek önlemleri belirlenmiştir. Bu önleme ve önerilere göre hazırlanan projeler istasyon alanında yapılan 3 adet temel sondaja ait verilere dayandırılmıştır.

Yapılan sondajlarda elde edilen verilerden kazı sırasında karşılaşılabilecek beklenen kaya birimleri mühendislik jeolojisi ve jeoteknik açıdan değerlendirilmiş, sınıflandırılmış ve tasarım parametreleri belirlenmiştir. Jeolojik profili oluşturan kaya birimlerinin özellikleri Q ve RMR sistemine uygun olarak değerlendirilerek ve tünel geometrisi de dikkate alınarak ÖNORM – 2203 şartnamesine uygun olarak kaya sınıfları ve bu sınıflara uygun olarak uygulanması önerilen kazı destek tipleri, kazı aşamaları ve aşama ilerleme mesafeleri belirlenmiştir.

Kazı öncesi yapılan değerlendirmeler yardımı ile elde edilen jeoteknik parametreler, kaya sınıfları ve kazı/destek tipleri Çizelge 4.9'da, kazı destek

tiplerine göre kullanılması gereken birincil destek elemanları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Yapılan önerilerde istasyon bölgesinde W1-W2 ve W3-W4 kaya sınıflarının yer aldığı ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sınıflama Sistemine göre A2 ve A3 destek tiplerinin uygulanmasının gerektiği görülmektedir. Güzergahta yer alan fay ve faylı zonlar için herhangi bir ayrı öneri ya da önlemden bahsedilmemektedir.

Çizelge 4.9. Tünel etki zonunda yer alan kaya birimleri için kaya sınıfları

Kaya Birimi	Çok-Orta Ayrışmış	Az Ayrışmış Ayrışmamış
Kaya Özellikleri	Çoğunluğu kumtaşı, daha az oranda silttaşı, kiltası, sık kırıklı, parçalı	Çoğunluğu silttaşı, daha az oranda kumtaşı ve kiltası ardalımalı, sık kırıklı, çok parçalı, ezik zonlu
Q	0.02, ÇOK FAZLA ZAYIF KAYA	0.12, ÇOK ZAYIF KAYA
RMR	21, ZAYIF KAYA	38, ZAYIF KAYA
GSI	25	36
ÖNORM 2203 1994 Sonra	C2 BASKILI	B3 TANELİ
Kazı Destek Tipi	A3	A2

Çizelge 4.10. Kazı Destek Tiplerine Göre Destek Elemanları

Birincil Destek Elemanları	Kazı Destek Tipleri			
	A1	A2	A3	A4
Ortam	Sağlam Kaya	Sağlam-Orta Sağlam Kaya	OrtaSağlam-Zayıf Kaya	Zayıf Kaya
Çelik Hasır(Q Tipi)	Tek Kat	Tek Kat	Çift Kat	Çift Kat
Çelik İksa(Kafes Kirişi)	Yok	Var	Var	Var
Püskürtme Beton(Shotcrete)	d=10-15 cm	d=20 cm	d=25-30 cm	d=30-35 cm
Kaya Bulonu Boyu	3-4 m	3-4 m	4 m	4-6 m
Süren(Sürgü Çubuğu)	Yok	Var	Var	Yok
Umbrella Arch (Şemsiye Boru)	Yok	Yok	Yok	Var
Zemin Çivisi	Yok	Yok	Yok	Var
Kazı Boyu	1,5 m	1,0-1,2 m	0,8-1 m	0,6-0,8 m

4.5.2. Kazı Çalışmaları

Beşiktaş Metro İstasyonunda kazı çalışmaları Beşiktaş Şaftının imalatı ile başlamıştır. Şaft kazısı yapılmadan önce kazı alanı fore kazıklarla desteklenmiş ve önce zemin ortamda daha sonra ayrılmış kaya ortamda kazı yapılmıştır. Şaft kazısı sonrası bağlantı tünelleri ile peron tünelleri kazı alanına ulaşılmış ve bu alanda peron tünelleri P1 ve P2 kazıları yapılmıştır. Son olarak Tünel Delme Makinası (TDM) ile yapılan ana metro tüneli kazısı da bu peron tünellerine bağlanmıştır.

Beşiktaş İstasyonu peron tünelleri kazısı klasik yöntemle Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ile yapılmıştır.

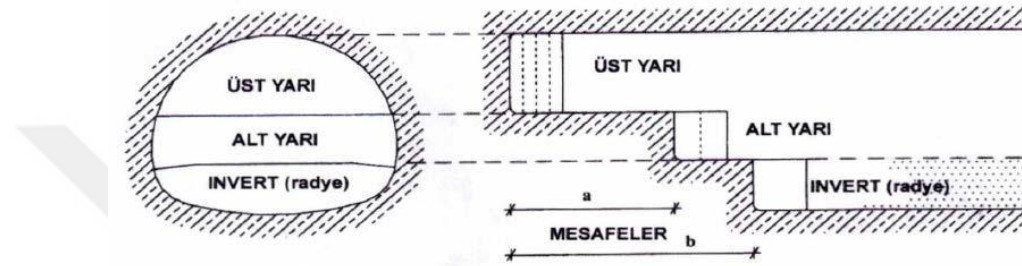
Yaygın bir şekilde NATM olarak bilinen Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin yürütülmesi sırasında kazı aynalarında yapılan kazı aynası gözlemleri oldukça önem kazanmaktadır. Çünkü bu gözlemler yardımı ile kazı öncesi yapılan proje çalışmalarının doğrulukları kontrol edilmekte, eğer bir değişiklik varsa bu değişiklik de anında revize edilmektedir. Bu revize edilme esnekliği NATM'nin özelliğinden kaynaklanmaktadır.

NATM'nin ana prensibi, en uygun kazı/destek yöntemleri kullanılarak kazı sonrasında oluşacak ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilitesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendinin tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturulmasıdır. Yöntemde kayacın yük taşıma kapasitesi kullanılır hale getirilerek kayaç yük oluşturulan ortamdan yük taşıyıcı ortama dönüştürülmektedir.

Kazıda, öncelikle püskürtme beton, çelik hasır ve donatı, gerekli koşullarda kaya bulunu, çelik iksa ile süren ya da enjeksiyon gibi ortamın özelliğine göre artan ölçülerde destekleme uygulanmaktadır. Bütün amaç, ilk destek elemanları ile kayacın direncini korumak ve harekete geçirmek; tünel çevresindeki kayaçta kendi kendini destekleyen genişçe bir halka oluşturmaktır. Kaya ve destek

elemanlarından oluşan bu sistem tünel kazısı çevresinde oluşan basınçların yeniden dağılımını sağlayarak, kayanın gevşeme sonucu azalmakta olan dayanımının artmasını sağlamaktadır. Deformasyonlar kontrollü bir şekilde tünel içinde göçüğe meydan vermeden gerçekleşmelidir.

Kazı esas olarak, üst yarı ve alt yarı olmak üzere iki kısımda yürütülmektedir ve son aşamada invert olarak tanımlanan taban kazısı yapılmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Kazı aşamaları ve aşama ilerleme mesafeleri(Köse 2012)

4.5.3. Kazı Aynası ölçümleri

Beşiktaş Metro İstasyonu peron kazıları sırasında kazı aynalarında her bir kazı çalışması sonrası gözlem ve ölçümler yapılmaktadır. Bu gözlem ve ölçümler anında değerlendirilerek kazı/destek önlemlerinin yeterli olup olmadığı yetersiz ise önerilerin ne olduğunun belirlenmesi amacı ile yapılmaktadır.

Kazı aynasında yapılan işlemlere kazının hemen sonrasında, kazı aynası plan ve kesitlerinin çizilmesi ile başlamaktadır. Bu aşama sırasında kazı aynasında yer alan jeolojik birimin makro tanımlaması yapılmakta ve süreksizliklerini mühendislik özellikleri belirlenmektedir (Şekil 4.7). Bütün bu ölçüm ve gözlemler bir form üzerine işlenmekte (Ek-1) ve hemen değerlendirilerek kaya sınıfı ile kazı/destek önlemleri tanımlanmaktadır.

Jeolojik bilgi formu hazırlanırken; ayrışma derecesi, su durumu, süreksizliklerin uzunluğu, süreksizlik açıklığı, süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dolgusu yerinde

belirlenerek sayısal puanlama yapılmaktadır. Bunlara daha önceden belirlenen kaya malzemesi dayanımı, RQD, süreksizlik aralığı ve tünellerde süreksizlik yönelim düzeltme katsayısı eklenerek RMR değeri bulunur ve kaya sınıflaması belirlenir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.7. Kazı aynasının tanımlanması

Çizelge 4.11. Kazı aynasının mühendislik özellikleri

	Su durumu	Kaya malzemesi dayanımı	RQD	Süreksizlik aralığı	Süreksizlik Yönelimi düzeltmesi
	Kuru	25-50	<25	60-200mm	Tünellerde
Puan	15	4	3	8	-5
Süreksizlik uzunluğu	<1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	>20m
Puan	6	4	2	1	0
Süreksizlik açıklığı	Yok	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	>5 mm
Puan	6	5	4	1	0
Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Kaygan
Puan	6	5	3	1	0
Dolgu	Yok	Sert dolgu	Yumuşak dolgu		
		< 5 mm	<5 mm	< 5mm	>5 mm
Puan	6	4	2	2	0
Ayrışma	Ayrışmış	Az ayrışmış	Orta ayrışmış	Ayrışmış	Çok ayrışmış
Puan	6	5	3	1	0
RMR	4+3+8+4+1+3+2+3+15-5= 38				
Kaya sınıflaması	ZAYIF KAYA				

4.5.4. Ayna Gözlemleri ile Elde Edilen Kaya Sınıflama Sonuçları

Bu tez çalışması kapsamında Beşiktaş Metro İstasyonu Peron Tünelleri Km:2+123.46 ve Km:2+158.66 Peron Tüneli1 (P1) ile Km:2+165.55, Km:2+108.11 ve Km:2+129.95'de kazılarında yaptığımız gözlemler yardımı ile hazırlanan kesitleri kullanıştır. Kazı kesitleri Ek 1'de verilmiştir.

Beşiktaş Metro İstasyon projesinde yapılması planlanan peron tünel kazıları öncesinde yapılan jeoteknik çalışmalar sonucu kullanılması gereken kazı destek tipleri A2 ve A3 olarak belirlenmiştir. Ancak projede öngörülen kazı destek tipleri ile kazı aynalarında yapılan gözlemler farklıdır. Kazı aynalarında yapılan gözlem ve ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir;

Peron Tüneli, Km:2+123,46, aşırı okside olmuş, ayrışmış, aynada belirgin sökülmeler sonucu A4 kazı destek sistemi kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 4.8, Çizelge 4.12).



Şekil 4.8. Km:2+123,46 Peron Tüneli kazı aynası

Çizelge 4.12. Km:2+123,46 Peron Tüneli Ayna Puanlaması

İstasyon	Beşiktaş									
Tünel adı	Hat 1P- İleri									
Km	2+123,46									
Kaya Malzemesi Dayanımı	RQD %	Aralık mm	Devamlılık M	Açıklık mm	Pürüzlülük	Dolgu mm	Ayrışma	Su	Süreksizlik Yönelimi Düzeltmesi	
25-50	<25	60-200	1-3	1-5	Az	<5	Orta	kuru	tünel	
4	3 p	8 p	4 p	1 p	3 p	2 p	3 p	15 p	-5 p	
RMR :	$4+3+8+4+1+3+2+3+15-5 = 38$									
Tanımlama:	ZAYIF KAYA									
Kazı destek sınıfı :	A4									

Peron Tüneli, Km:2+158,66, sık kayma düzlemleri içermesinden dolayı ayna duraylılığı açısından ve ayna raporunda belirlenen RMR değeri sonucunda kazı destek sisteminin A4 olarak kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.13).



Şekil 4.9. Km:2+158,66 Peron Tüneli kazı aynası

Çizelge 4.13. Km:2+158,66 Peron Tüneli Ayna Puanlaması

İstasyon		Beşiktaş								
Tünel adı		Hat 1P- İleri								
Km		2+158,66								
Kaya Malzemesi Dayanımı	RQD %	Aralık mm	Devamlılık M	Açıklık mm	Pürüzlülük	Dolgu mm	Ayrışma	Su	Süreksizlik Yönelimi Düzeltmesi	
25-50	<25	60-200	1-3	1-5	Az	<5	ayrışmış	kuru	tünel	
4	3 p	8 p	4 p	1 p	3p	2 p	1 p	15 p	-5 p	
RMR :	4+3+8+4+1+3+2+1+15-5 = 36									
Tanımlama:	ZAYIF KAYA									
Kazı destek sınıfı :	A4									

Peron Tüneli, Km:2+129,95, litolojik farklılık ve ayna duraylılığı açısından A4 kazı destek sistemi kullanılması önerilmiştir (Şekil 4.10, Çizelge 4.14).



Şekil 4.10. Km:2+129,95 Peron Tüneli kazı aynası

Çizelge 4.14. Km:2+129,95 Peron Tüneli Ayna Puanlaması

İstasyon	Beşiktaş								
Tünel adı	Hat 2P- İleri								
Km	2+129,95								
Kaya Malzemesi Dayanımı	RQD %	Aralık mm	Devamlılık M	Açıklık mm	Pürüzlülük	Dolgu mm	Ayrışma	Su	Süreksizlik Yönelimi Düzeltmesi
25-50	<25	60-200	1-3	1-5	Az	<5	orta	kuru	tünel
4	3 p	8 p	4 p	1 p	3p	2 p	3 p	15 p	-5 p
RMR :	4+3+8+4+1+3+2+3+15-5 = 38								
Tanımlama:	ZAYIF KAYA								
Kazı destek sınıfı :	A4								

Peron Tüneli, Km:2+165,55, süreksizlikler ve ayrışma özelliklerine bağlı düşük RMR değerine bağlı olarak A4 kazı destek sisteminin kullanılması öngörülmüştür (Şekil 4.11, Çizelge 4.15).



Şekil 4.11. Km: 2+165,55 Peron Tüneli kazı aynası

Çizelge 4.15. Km: 2+165,55 Peron Tüneli Ayna Puanlaması

İstasyon	Beşiktaş								
Tünel adı	Hat 2P- İleri								
Km	2+165,55								
Kaya Malzemesi Dayanımı	RQD %	Aralık mm	Devamlılık M	Açıklık mm	Pürüzlülük	Dolgu mm	Ayrışma	Su	Süreksizlik Yönelimi Düzeltmesi
25-50	<25	60-200	1-3	1-5	Az	<5	Ayrışmış	kuru	tünel
4	3 p	8 p	4 p	1 p	3p	2 p	1 p	15 p	-5 p
RMR :	$4+3+8+4+1+3+2+1+15-5 = 36$								
Tanımlama:	ZAYIF KAYA								
Kazı destek sınıfı :	A4								

Peron Tüneli, Km:2+108,11, aynanın sol ve sağ bölgelerinden su geliri olması ve bu su gelişinin ilerleyen kazı kademelerinde de devam edeceği öngörülerek kazı destek sisteminin A4 olarak yapılmasına karar verilmiştir (Şekil 4.12, Çizelge 4.16).

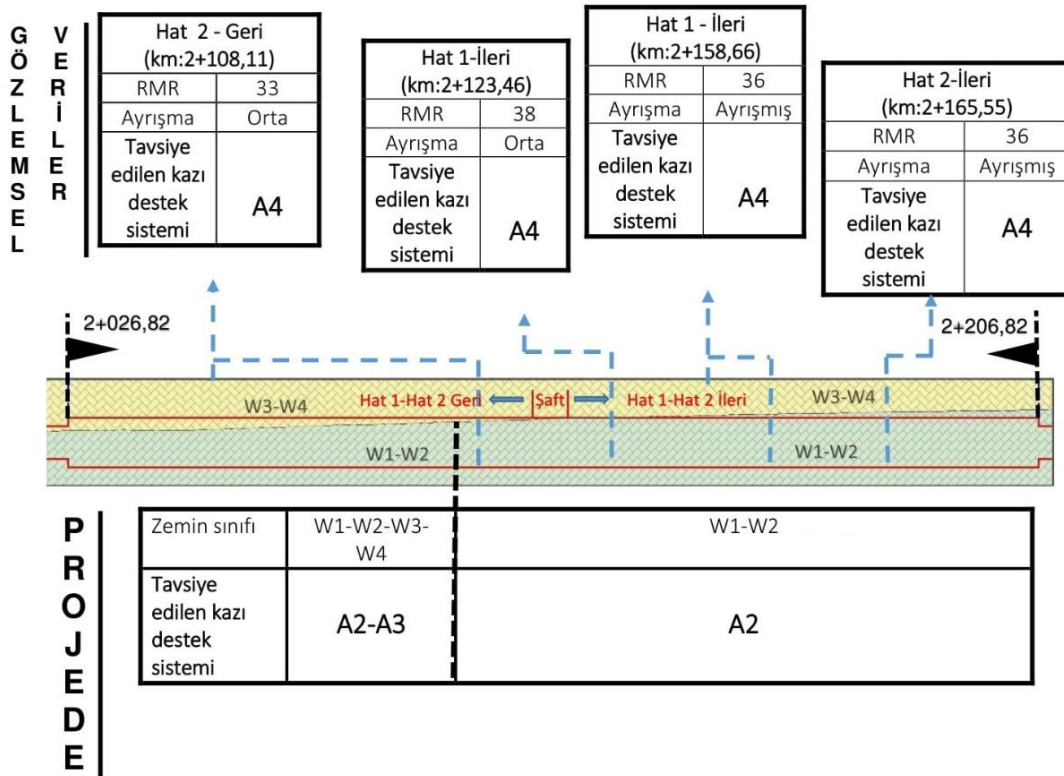


Şekil 4.12. Km: 2+108,11 Peron Tüneli kazı aynası

Çizelge 4.16. Km: 2+108,11 Peron Tüneli Ayna Puanlaması

İstasyon	Beşiktaş								
Tünel adı	Hat 2P- Geri								
Km	2+108,11								
Kaya Malzemesi Dayanımı	RQD %	Aralık mm	Devamlılık M	Açıklık mm	Pürüzlülük	Dolgu mm	Ayrışma	Su	Süreksizlik Yönelimi Düzeltmesi
25-50	<25	60-200	1-3	1-5	Az	<5	Orta	nemli	tünel
4	3 p	8 p	4 p	1 p	3p	2 p	3 p	10 p	-5 p
RMR :	4+3+8+4+1+3+2+3+10-5 = 33								
Tanımlama:	ZAYIF KAYA								
Kazı destek sınıfı :	A4								

Ayna kazısında karşılaşılan birimlerin jeoteknik değerlendirilmesi ile kaya sınıflamaları yapılmış projede önerilen kazı destek tipleri değiştirilip, karşılaşılan birimlerin özelliklerine uygun kazı destek tipleri uygulanmıştır. Yapısal olarak farklılık gösteren bu birimlerin gözlemlenip ayna raporlarının hazırlanmasıyla hesaplanan jeomekanik RMR sınıflamaları sonucu A4 kazı destek sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Projede önerilen kazı/destek sınıfları ile her bir aynada yapılan sınıflama sonuçları Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13. Projede tavsiye edilen kazı destek sistemleri ile ayna raporlarında belirlenen kazı destek sistemlerinin karşılaştırılması

4.5.5. Sonuçların Yorumlanması

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattı Beşiktaş İstasyon bölgesinde yapılan 3 temel sondaj sonuçları kullanılarak yapılan değerlendirme ve önerilen kazı destek sistemleri ile, kazı sırasında ayna gözlemleri ile yapılan kazı destek sistemleri ile elde edilen sonuçlar bu bölümde tartışılmıştır. Yapılan karşılaştırmada sondaj sonuçları kullanılarak yapılan değerlendirme; **sondaj**, kazı sırasında ayna gözlemleri ile yapılan değerlendirme; **ayna** olarak kısaltılmıştır.

Öncelikle her iki değerlendirmede de RQD ve kaya malzemesinin dayanımında sondaj sonuçları kullanılmıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Sondajdan elde edilen RQD ve Kaya Malzemesi Dayanımı değerleri

Seviye Tanımlaması	W2-W3			W3-W4		
	En Küçük	En Büyük	Ort.	En Küçük	En Büyük	Ort.
RQD, %	0	100	29	0	55	22
Kaya Malzemesi Dayanımı, MPa	5	82	42	5.76	5.76	5.76

Sondajda yapılan ayrışma sınıflaması, karot yüzdesi, dayanım, pressiometre gibi birçok faktör kullanılarak yapılmış olmasına rağmen, aynada gözlemsel yapılmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.18. Sondajdan ve aynadan elde edilen ayrışma sonuçları

Seviye Tanımlaması	W1-W2	W3-W4
Sondaj	Az-Ayrışmamış	Çok Orta Ayrışmış
Ayna	Ayrışmış	Orta Ayrışmış

Kazı kotu sondajda tanımlanan yeraltısuyu seviyesinin altında kalmasına rağmen, aynaların kuru olması, sadece bir ayna kesitinde su geliri gözlenmesi sondaj ve ayna gözlemleri arasındaki önemli bir farklılıktır.

Sondajda ve aynada yapılan RMR sınıflamaları sonuçları itibarı ile oldukça yakın sonuçlar içermektedir. Sondajda bir aralık verilmesine rağmen aynada noktasal değer elde edilmiş olması açısından önemlidir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Sondajdan ve aynadan elde edilen RMR sınıflama sonuçları

Seviye Tanımlaması	W1-W2	
	En Küçük	En Büyük
Sondaj	21	38
Ayna	33	38

Sondaj ve aynadaki birçok sonucun birbirine yakın ve benzer olmasına rağmen değerlendirme ve önerilen kazı-destek sistemleri arasında farklılıklar elde edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Sondajdan ve aynadan elde edilen kazı-destek önerileri (İBB'ye göre)

Seviye Tanımlaması	W1-W2	W3-W4
Sondaj	A2	A3
Ayna	A4	A4

Aynada RQD ölçümü, eklem sıklığı gibi dolaylı yöntemlerden de olsa yapılmalıdır. Kaya malzemesinin dayanımı portatif nokta yükleme cihazı gibi bir cihaz kullanılarak mutlaka aynadan alınacak örneklerden hızlı bir şekilde belirlenmelidir. Ayrışmanın aynada gözlemsel olarak yapılması, tanımlamada yapılacak hataların sonuçlara etkisi açısından önemli bir eksikliklerdir. Ayrışma tanımlaması daha somut bir temele dayandırılmalıdır. Sondajlarda belirlenen su seviyesinin yorumu, güzergahın hidrojeolojik modelinin ve jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin oldukça dikkatli belirlenmesi gereklidir. Önerilen ve uygulanan sonuçların doğruluklarının yerinde ölçümlerle desteklenmesi benzerlik ve farklılıkların belirlenmesinde daha da faydalı olacaktır. Fay zonları için kesinlikle kazı-destek önerisi ve önlem açısından ayrı bir değerlendirme yapılmalıdır. Sistemin doğru sonuçlar alabilmesi, öncelikle doğru ve detaylı bir araştırma ve projelendirmeye bağlı olmakla beraber, tamamen ayna gözlemlerinin doğru yapılması ve değerlendirilmesine bağlıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Projesinin Kabataş-Mecidiyeköy etabı Km:2+026.82-Km:2+206.82 arasında kalan Beşiktaş İstasyonunun yer aldığı bölümde, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından planlanan ve inşaatı devam eden alanda, projede belirlenen kazı-destek önlemleri ile kazı sırasındaki kazı-destek önlemlerinin incelenmesi ve karşılaştırılmasının yapıldığı bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Beşiktaş Metro İstasyonu yoğun bir yapılaşma alanı içinde kalmaktadır ve bu nedenle yüzeysel gözlem yapma olanağı bulunmadığından, araştırma ve projeler, istasyon alanı bölgesinde yapılan 3 adet temel sondaj (TSK-10, TSK-11 ve TSK-13) verileri ile yerinde ve laboratuvar deneylerine sondaj çalışmalarına dayandırılmıştır. Bu sonuçlar ile Beşiktaş Metro İstasyonu kazısı sırasında yapılan 4 adet kazı aynası gözlem ve ölçüm sonuçları, kazının Yeni Avusturya Yöntemi ile yapılacağı dikkate alınarak, kazı destek sınıflaması açısından karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- ✓ Ayna değerlendirmelerinde sondajlardan elde edilen RQD sonuçlarının kullanıldığı, aynada RQD ölçümünün, eklem sıklığı gibi dolaylı yöntemlerden de olsa yapılmasının gerekli olduğu,
- ✓ Kaya malzemesi dayanım parametrelerinin de sondaj karotlarından yapılan deneysel sonuçlara dayandırıldığı, kaya malzemesinin dayanımı portatif nokta yükleme cihazı gibi bir cihaz kullanılarak mutlaka aynadan alınacak örneklerden hızlı bir şekilde belirlenmesinin gerekli olduğu,
- ✓ Ayrışmanın aynada gözlemsel olarak yapıldığı, tanımlamada yapılacak hataların sonuçlara etkisi açısından önemli bir eksiklik olduğu, ayrışma tanımlamasının daha somut bir temele dayandırılmasının gerektiği,
- ✓ Sondajlarda belirlenen su seviyesine göre kazının su seviyesi altında kaldığı, ancak kazı aynalarının kuru olduğu, yeraltısu yorumunun, güzergahın hidrojeolojik modelinin ve jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin oldukça dikkatli belirlenmesinin gerekli olduğu,

- ✓ Fay zonları için projede herhangi bir öneri olmadığı, bu alanlar için kesinlikle kazı-destek önerisi ve önlem açısından ayrı bir değerlendirme yapılmasının gerekli olduğu,
- ✓ Sistemin doğru sonuçlar alabilmesinin, öncelikle doğru ve detaylı bir araştırma ve projelendirmeye bağlı olmakla beraber, tamamen ayna gözlemlerinin doğru yapılması ve değerlendirilmesine bağlı olduğu,
- ✓ Önerilen ve uygulanan sonuçların doğruluklarının yerinde ölçümlerle desteklenmesi benzerlik ve farklılıkların belirlenmesinde daha da faydalı olacağı anlaşılmıştır.



6. KAYNAKLAR

- Akartuna, M., 1963. Şile şaryajının İstanbul boğazı Kuzey yakalarında devamı, (MTA dergisi no:61, sayfa-S14-21 Ank.)
- Altınlı, İ. Enver. İzmit-Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi (MTA dergisisayı:71, sayfa 1-26)
- Artson Geoteknik. Beşiktaş metro istasyonu kesin proje jeolojik – jeoteknik etüt raporu. İstanbul, Aralık 2015
- Başır, C. ve Mahmutoğlu, Y., 2018. Türkiye’de Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemiyle (NATM) Açılan Metro Tünellerinde Tercih Edilen Kaya Sınıflamaları (Yer Mühendisliği dergisi sayı=11 yıl=5 Ocak–Haziran 2018 sayfa 24–32 İstanbul)
- Baykal, A.F., 1943. Şile sedimanter karışığı(şileOlistostromu)
- Barton, N., Lien, R., Lunde, I., 1974. Engineering Clasification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, NGI Publication No.106, 53p. Oslo Norway.
- Bickel, John O., Kuesel, Thomas R., King, Elwyn H., 1996. Tunnel Engineering Handbook, 528p. Germany.
- Bieniawski, Z.T., 1974. Geomechanics classification of rock mases and its application intunnelling. Proc. 3rd Cong. Of Int. Society for Rock Mechanics, Denver, Vol. 2,27-32.
- Bieniawski, Z.T., 1976. Rock mass classification in rock engineering. Proc. Sym. On Exploration for Rock Engineering, Cape Town, Balkema, 97-106.
- Bieniawski, Z.T. 1978.Determining rock mass deformability- experiencesfromcase histories. Int. J. Rock Mech. Min. Sci.&Geomech. Abstr. 15,237-247.
- Bieniawski, Z.T., 1979 . The geomechanics classification in rock engineering applications. Proc. 4 th Cong. Rock Mechanics, ISRM, Montreux, Vol. 2,4-48.
- Bieniawski, Z.T., 1989 , Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, 237pp.
- Bowles, J. E., 2002. Foundation Analysis & Design, 1230p. England.
- Craig, R.F., 1996. Basic Soil Mechanics, 468p. England.
- Deere, D. U., 1968. Geological considerations In=Rock Mechanics in Engineering Practice (Chp.1). K. G. Stagg and O. C. Zienkiewicz (eds.) Wiley, New York, pp. 1-20.

- Demirtaş, R., 2000. İzmit Körfezi Depremi Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 295s. Ankara.
- Gedik, İ. ve diğerleri, 2005, Kocaeli Yarımadası'nın Jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rapor no 10774
- Hoek, E., 1998. Rock Engineering For Tunnels, Technical Course Notes, 163p. Canada.
- Hoek, E, Torres, C.C., Corkum, B., 2002. Hoek Brown Failure Criterion, 236p. Canada.
- Hoek, E, Brown, E.T., 1997. Practical Estimates of Rock Mass Strength, İnt.J Rock Mechanic Min. Sci.Vol 34 No.8, 429p. Canada.
- İ.T.Ü.-MJKM(1987) Kabataş – Baltalıman Tünelleri Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekanik Raporu İSKİ, İSTANBUL
- Karl, T., Ralph B. Peck, 1996. Soil Mechanic in Engineering Practice, 592 p. Austrain.
- Kaya O., 1973. The Devonian and Lower Carboniferous Stratigraphy of the İstinye Bostancı & Büyükada Subareas, 587s. İzmir.
- Kaya, O., 1973, The Devonian and Lower Carboniferous stratigraphy of the İstinye, Bostancı and Büyükada subareas= ed. Kaya, O., Paleozoyik of İstanbul da. Ege Üni. Yayını., 40, 1-36.
- Kendorski, F. S., Cummings, R. A., Bieniawski, Z. T., and Skinner, E. H., 1983. Rock mass classification for block caving mine drift support. Proceedings of the 5th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Melbourne, pp.B51-B63
- Lambe, T. W., Whitman, R.V., 1979. Soil Mechanics, 781p. Netherlands.
- Önalın, M., 1981. İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen İstifinin Çökelleme Ortamları, İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi Yayın Organı, Cilt 2 , Sayı 3-4. 456s. İstanbul.
- Önalın, M., 1981, Pendik bölgesi ile Adalar'ın jeolojisi ve sedimanter özellikleri: İÜ Yerbilimleri Fak., Doç. Tezi, 193 s., İstanbul
- Özgöl, N., (2005) İstanbul dolayının temel jeolojik özellikleri : İstanbul Büyükşehir nazım planı doğal yapı grubu, 57 syf.
- Özgöl, N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin, R., Dalkılıç, H. Ve Gedik,İ., (2007) İstanbul'un 3030 sayılı il alanı ile Kocaeli il sınırı arasında kalan doğu kesiminin jeolojisi İBB deprem risk yönetimi ve kentsel iyileştirme daire başkanlığı raporu (yayımlanmamış)

- Özgül, N., Akdeniz, N., Bilgin, R., Dalkılıç, H. Ve Gedik, İ., (2009) İstanbulun Kadıköy – Üsküdar ilçeleri ile Kocaeli il sınırı arasında kalan doğu kesiminin jeolojisi (İBB deprem risk yönetimi ve kentsel iyileştirme daire başkanlığı raporu – 216syf.).
- Özgül, N., (2011) İstanbul il alanının jeolojisi (İBB deprem risk yönetimi ve kentsel iyileştirme daire başkanlığı raporu –305syf.).
- Paeckelmann, w.(1938). Neue Beitrage zur Kenntnis der geologie, Palaeontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel. Abh. D.Preuss Geol. Landes. N. F. 186, Berlin
- Palmstorm, A. 2000. Block size and block size distributiur. Proceedings of the GeoEng 2000 Conference, Melbourne
- Penck, w. (1919). Grundzüge der Geologie des Bosphorus. Veröff. Inst. Für Meere'sk N. F. A. Geogr. – Naturwiss. R, 4. Berlin.
- Sayar, M. (1960). İstanbul Boğazı ve civarının 1/100.000'lik renkli jeolojik haritas, İ.T.Ü. Mad. Fak. Neşr. İstanbul.
- Sayar, M. , Cazibe, S. , 1962.. İstanbul'un surlar içindeki kısmının jeolojisi. İ. T. Ü. Mad. Fak. İstanbul.
- Sayar, C. (1960 ve değişik tarihlerde). İstanbul'un batısındaki arazide arteziyen imkanları ve yeraltı suları (The underground waters and artesian possibilities in the West part of İstanbul, Turkey). İst. Tek. Üniv. Hidrojeol. Enst. Yay., no. 6, İstanbul.
- Steven L. K., 2010. Geotechnical Earthquake Engineering, 672p. England.
- Şekercioğlu, E., 2007. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Tmmob Jeoloji Mühendisleri Odası, 286s. Ankara.
- Jammu, A., 2007. Manual For Zonation Seismic Geotechnical Hazards, 156p. Norway.
- Terzaghi, K., 1942. Soil Mechanics in Engineering Practice, 592p. Prag.
- Tüysüz, O., A., Yiğitbaş, Erdinç, 2004, Batı Karadeniz bölgesinin litostratigrafi birimleri. Litostratigrafi Birimleri Serisi-1=Stratigrafi Komitesi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Ulusay, R., 2002. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 243s. Ankara.

Ulusay, R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 458s, Ankara.

Waltham, A.C.,1994. Foundations of Engineering Geolgy, 593p. England.

Yurtsever, A., 1996, İstanbul Yarımadası'nın (1/50000 ölçekli haritasının) jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enst., Rap. No. 9989, Ankara

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. 1997. İstanbul Metrosu 1.Aşama İnşaatı Levent Ayazağa Arası Jeoteknik Değerlendirme Raporu, Ankara.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. 2005. İstanbul Metrosu 4.Levent Ayazağa Kesimi Depo Sahası ve Bağlantı Hatları Jeoteknik Değerlendirme Raporu, Ankara.





EKLER



**EK-1: MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ
HARİTASI VE KESİTİ
(ARTSON GEOTEKNİK 2015'DEN
ALINMIŞTIR.)**



**EK-2: SONDAJ LOGLARI VE KAROT
FOTOĞRAFLARI
(ARTSON GEOTEKNİK 2015'DEN
ALINMIŞTIR.)**

KABATAS MECİDİYEKÖ Y METRO PROJESİ
JEOTEKNİK K ARAŞTIRMALARI

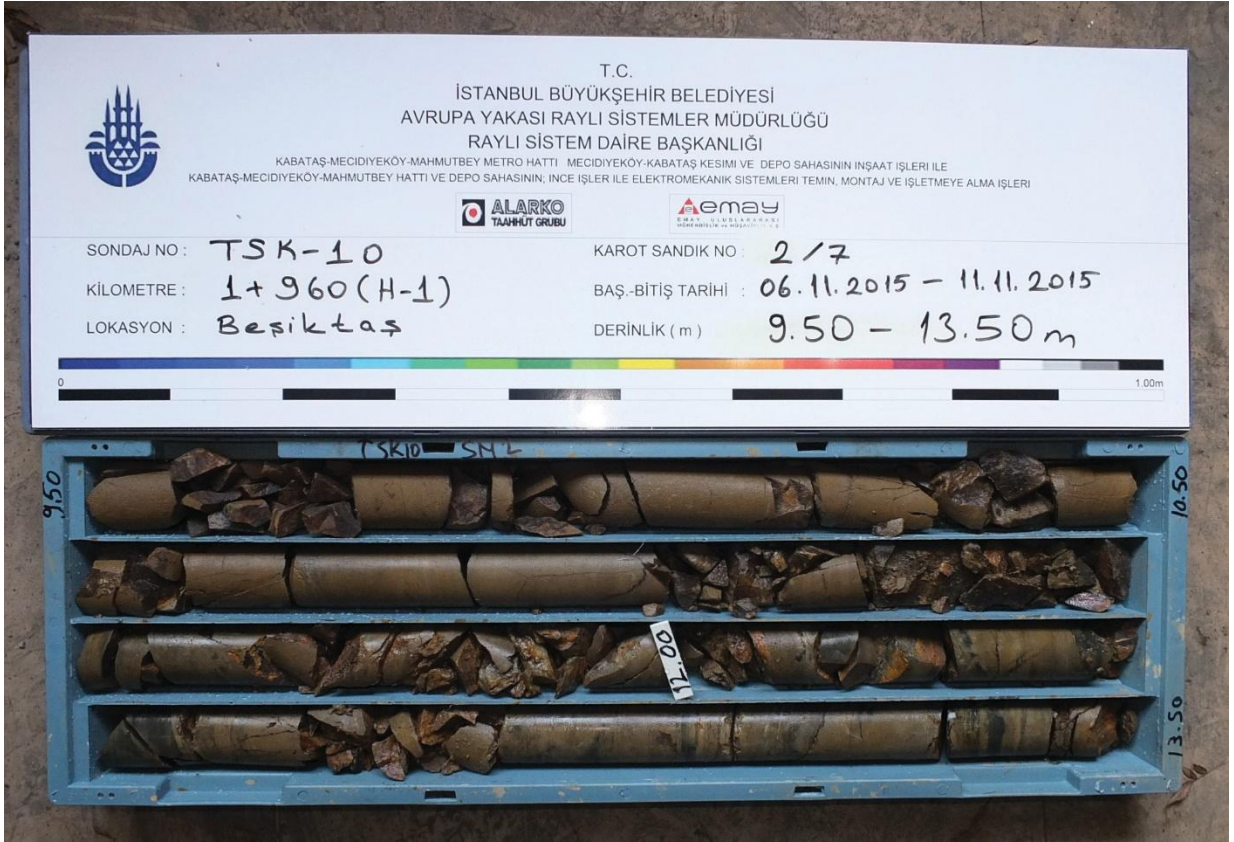
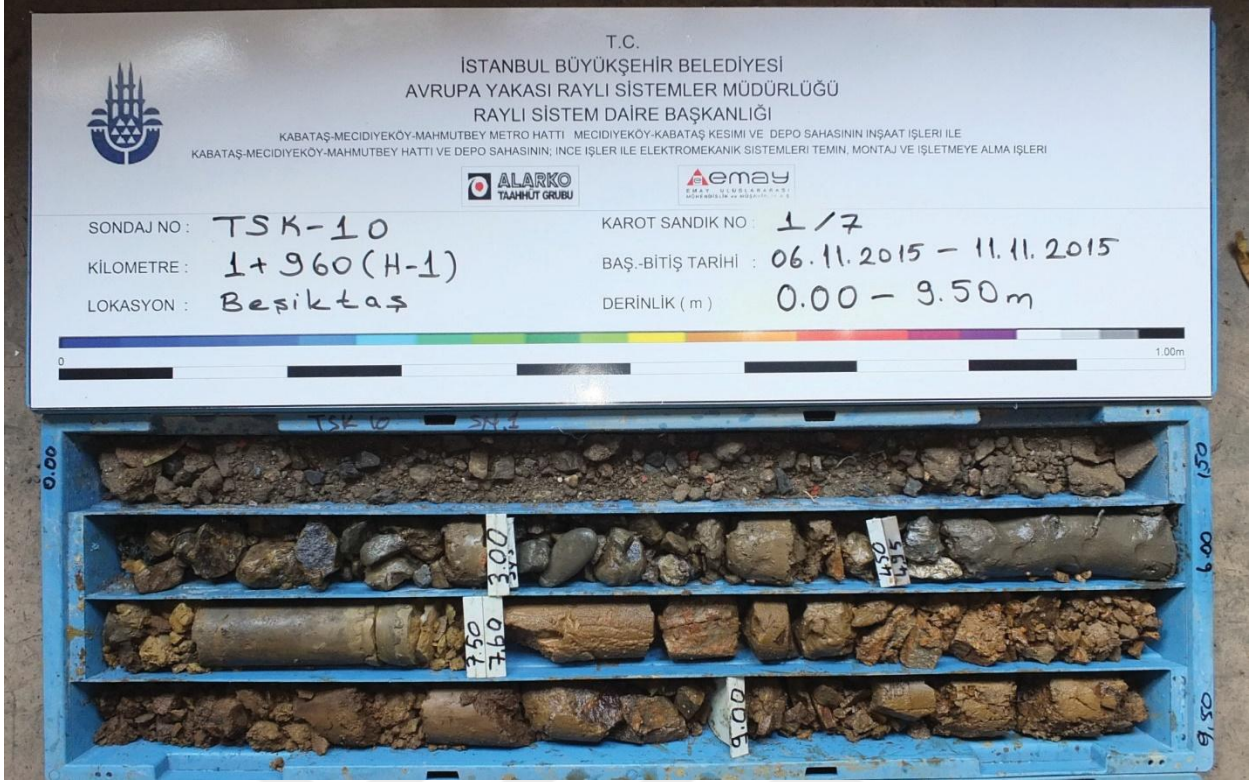
GEOS Geoteknik ve Sondajcılık Ltd.

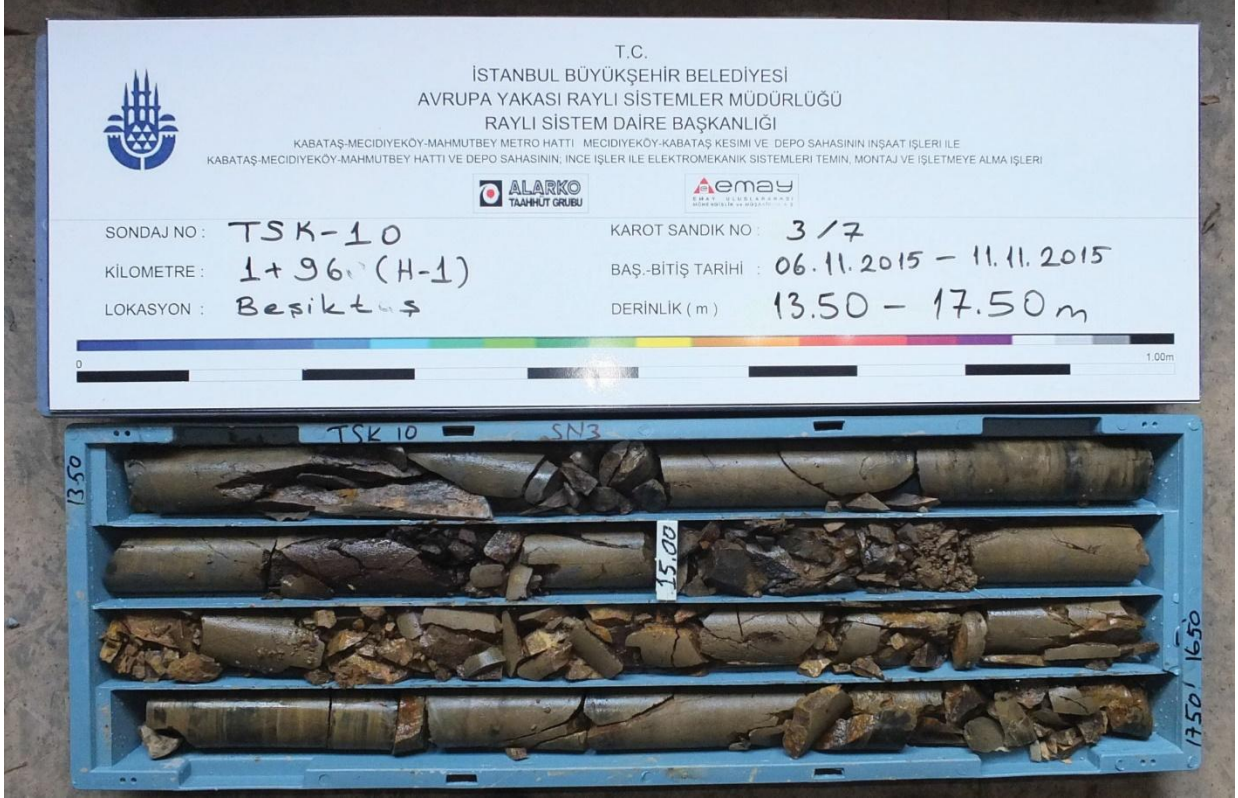
Sayfa 2 / 2

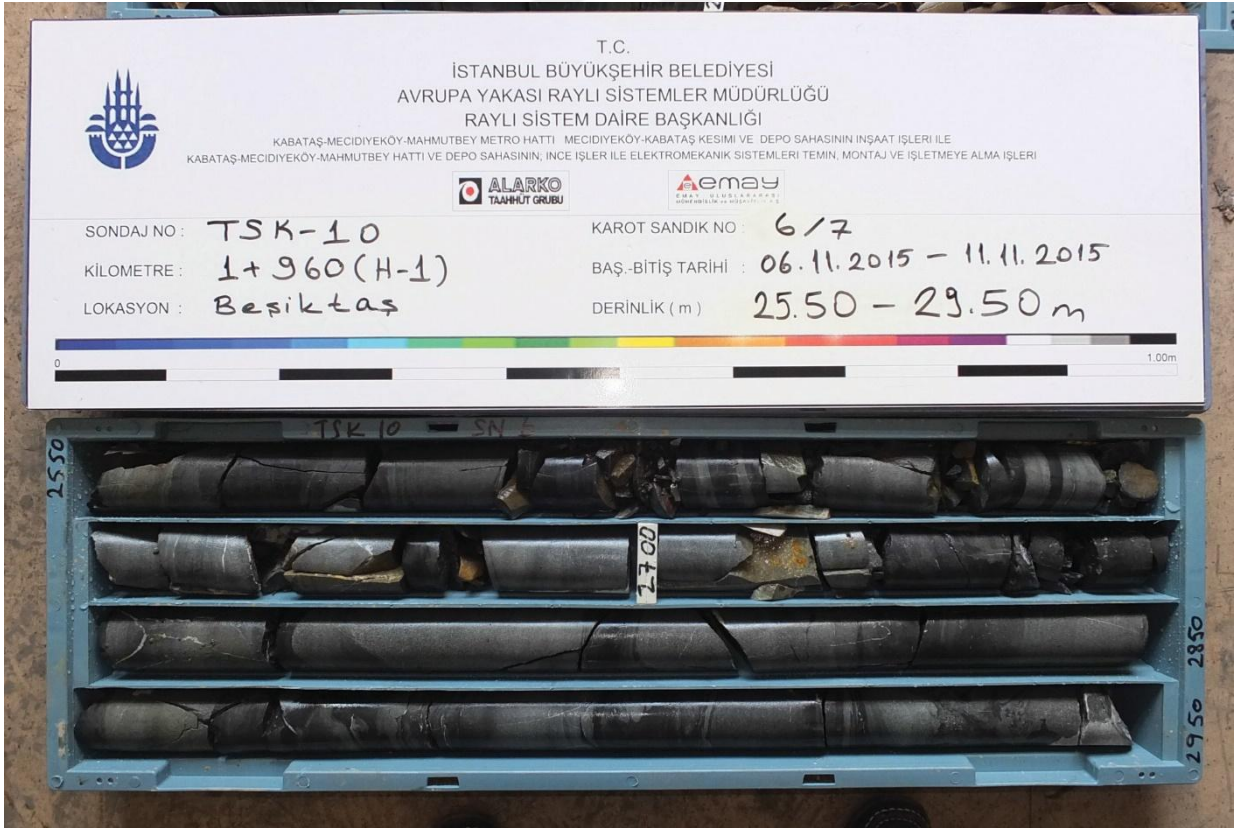
YER : Beşiktaş										KUYU NO : TSİK 10	
EKİPMAN : GMS-300										ZEMİN KOTU : 4.34 m.	
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-32.00m arası.										KOORD. : N : 4545791,433 E : 4164 29,773	
KUYU ÇAPİ : 10.50-31.50m arası - 76mm.										BAŞLANGIÇ : 06.11.2015 BİTİŞ : 11.11.2015	
NUMUNE VE YERİNDE DENEY.	S.P.T. darbe sayısı	Muh. Drn. (m)	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND	
											Drn. (M)
21.00				100	40	90		Orta sağlam, kahve renkli, çok kırık-kırık, yer yer parçalı SİLT-TAŞI-KUM-TAŞI-KİLTASI ardalanması, orta derecede ayrılmış (W3).	-17.16	XXXXXX	
22.50				100	25	47	22.00		XXXXXX		
24.00				100	20	33			XXXXXX		
25.50				100	33	53		Sağlam, gri renkli, kırık, iki yönlü kırık sistemine sahip, yer yer kuvars damarlı KUM-TAŞI-SİLT-TAŞI-KİLTASI ardalanması, az ayrılmış (W2).	-21.62	XXXXXX	
27.00				100	45	80			XXXXXX		
28.50				100	73	87	27.50		XXXXXX		
30.00				100	80	100		Sağlam, gri renkli, kırık, iki yönlü kırık sistemine sahip, yer yer kuvars damarlı KUM-TAŞI-SİLT-TAŞI-KİLTASI ardalanması, ayrılmamış (W1).	-22.06	XXXXXX	
31.50				100	45	67			XXXXXX		
32.00				100	0	40	32.00		SONDAJ BİTİMİ	-27.16	XXXXXX
NOTLAR :											
SONDÖR : H. ÜSTÜNDAĞ			LOGU HAZIRLAYAN : O.DARICI				KONTROL EDEN : İ.ÇABUK				

Tünel Üst Kotu (-15.53)

Tünel Alt Kotu (-21.62)









T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ
RAYLI SİSTEM DAİRE BAŞKANLIĞI

KABAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY METRO HATTI MECİDİYEKÖY-KABAŞ KESİMİ VE DEPO SAHASININ İNŞAAT İŞLERİ İLE
KABAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY HATTI VE DEPO SAHASININ İNCE İŞLER İLE ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİ TEMİN, MONTAJ VE İŞLETMEYE ALMA İŞLERİ



SONDAJ NO : TSK-10

KAROT SANDIK NO : 7/7

KILOMETRE : 1+960(H-1)

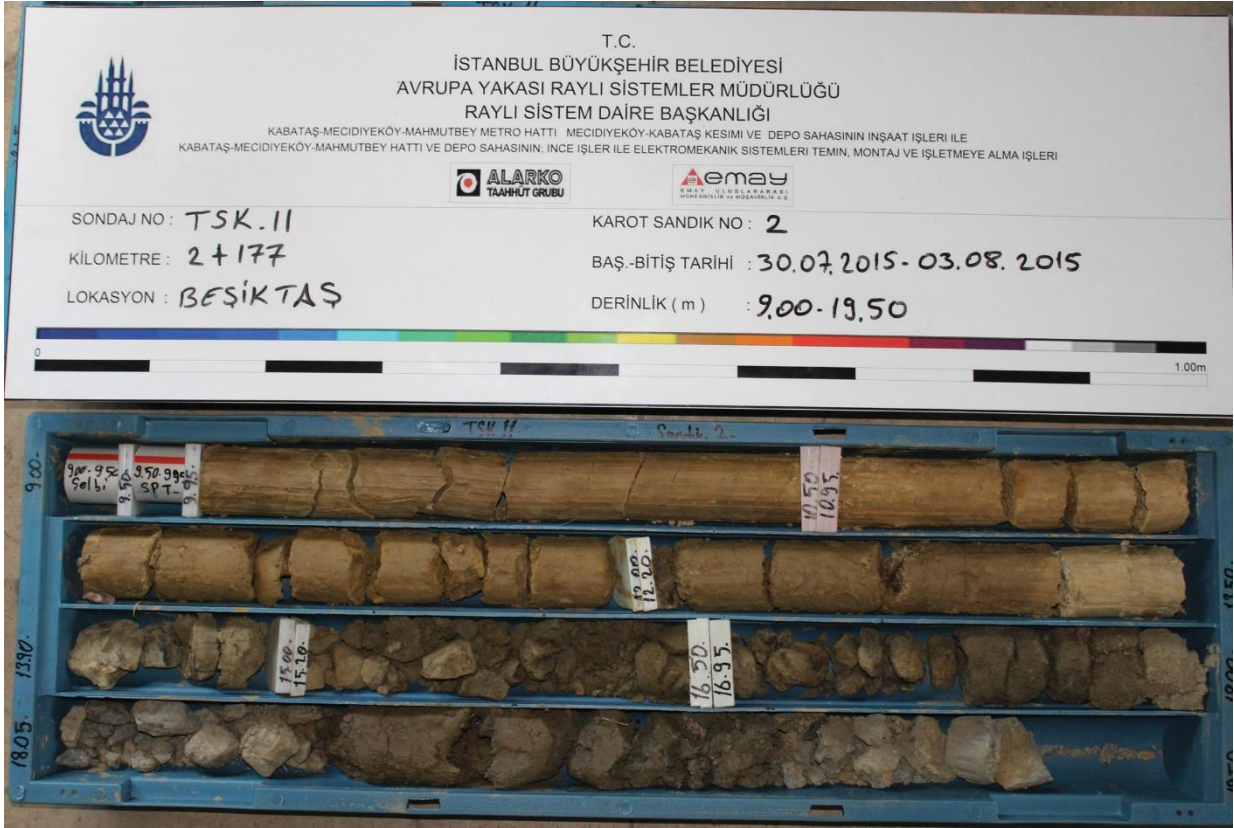
BAŞ.-BİTİŞ TARİHİ : 06.11.2015 - 11.11.2015

LOKASYON : Beşiktaş

DERİNLİK (m) 29.50 - 32.00m



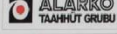
YER : MECİDİYEKÖY										KUYU NO : TSK 11				
EKİPMAN : GMS-300										ZEMİN KOTU : 6.66 m.				
SONDAJ YÖNTEMİ : Rotary : 0.00-33.60m arası.										KOORD. : N : 4545808.65 E : 416564.271				
KUYU ÇAPI : 0.00-12.00m arası - 114mm. 12.00-27.00m arası - 89mm.										BAŞLANGIÇ : 30.07.2015 BİTİŞ : 03.08.2015				
Drn. (M)	TİP	S.P.T. darbe sayısı				Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
		15	7.5	7.5	7.5									
1.60						30.07.20								
3.00	D1	2	2	4	2		Y A S							
3.45							3.20				3.50	3.16		
4.50	D2	4	4	9	5									
4.95														
6.00	D3	1	1	3	2									
6.45														
7.50	D4	1	2	5	3									
7.95											8.50	-1.84		
9.00	U1													
9.50	D5	4	6	14	8									
9.95														
10.50	D6	6	13	34	21									
10.95														
12.00	D7	38	50/5	-	-	12.00					12.00	-5.34		
12.20														
13.50	D8	20	22	50/10										
13.90														
15.00	D9	45	50/5	-	-									
15.20														
16.50	D10	21	25	34										
16.95														
18.00	D11	50/5	-	-	-									
18.05														
19.50	D12	18	28	40							20.00	-13.34		
19.95														
NOTLAR :														
SONDÖR : C. GÖZCÜ				LOGU HAZIRLAYAN : O.DARICI				KONTROL EDEN : İ.ÇABUK						







T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ
RAYLI SİSTEM DAİRE BAŞKANLIĞI
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY METRO HATTI MECİDİYEKÖY-KABATAŞ KESİMİ VE DEPO SAHASININ İNŞAAT İŞLERİ İLE
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY HATTI VE DEPO SAHASININ İNCE İŞLER İLE ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİ TEMİN, MONTAJ VE İŞLETMEYE ALMA İŞLERİ



SONDAJ NO : TSK.11

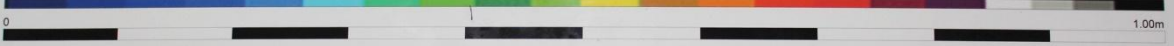
KAROT SANDIK NO : 5

KİLOMETRE : 2+177

BAŞ.-BİTİŞ TARİHİ : 30.07.2015-03.08.2015

LOKASYON : BEŞİKTAŞ

DERİNLİK (m) : 31.40-33.60



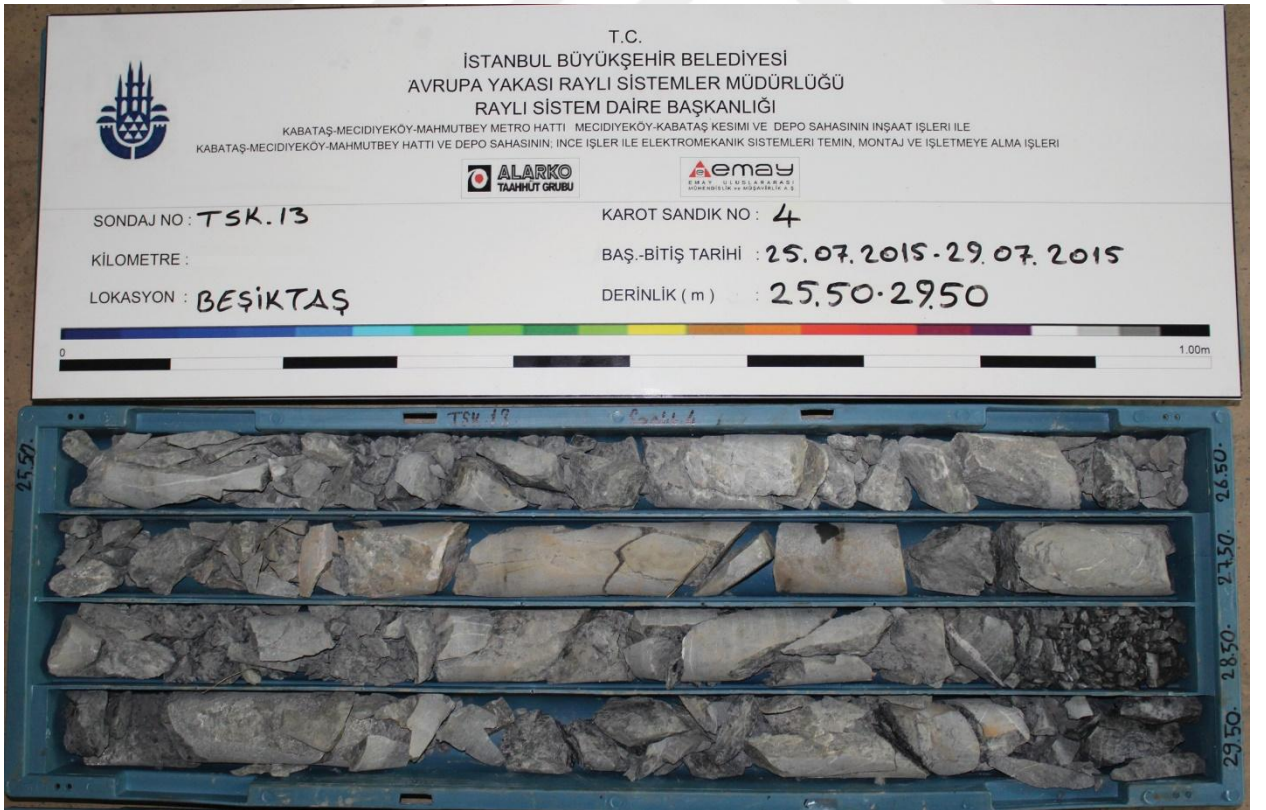
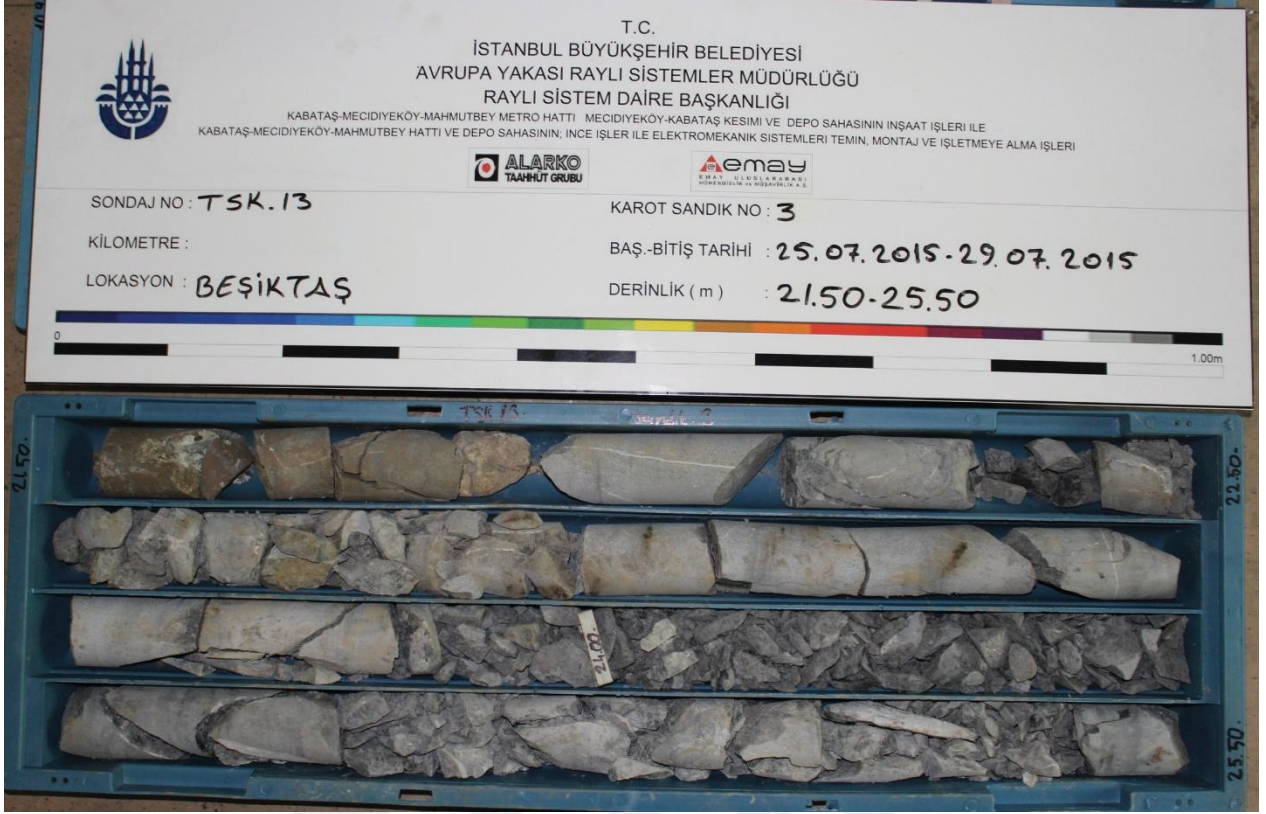
YER : MECİDİYEKÖY										KUYU NO : TSK 13			
EKİPMAN : GMS-300										ZEMİN KOTU : 8.25 m.			
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-36.00m arası.					KOORD. : N : 4545866.182		E : 4165-44.275						
KUYU ÇAPİ : 0.00-18.00m arası - 114mm. 18.00-30.00m arası - 89mm.					BAŞLANGIÇ : 25.07.2015		BİTİŞ : 29.07.2015						
Drn. (M)	TİP	S.P.T. darbe sayısı			Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
		15	7.5	7.5									
1.70					25.07.20								
3.00	D1	2	2	4		Y A S							
3.45			2	6		3.80							
4.50	D2	3	3	3									
4.95			3	6									
6.00	D3	5	5	5					6.00		2.25		
6.45			5	10									
7.50	D4	1	1	3									
7.95			1	3									
9.00	D5	1	1	3									
9.45			1	3									
10.50	D6	2	2	4									
10.95			2	4									
12.00									12.00				
12.50	U1	4	4	9									
12.95	D7												
13.50													
13.95													
15.00	D8	40	50	5									
15.15													
16.50													
18.00													
18.50													
20.00													
NOTLAR : 12.00-12.50 m de UD boş gelmiştir.													
SONDÖR : C. GÖZCÜ					LOGU HAZIRLAYAN : O.DARICI					KONTROL EDEN : İ.ÇABUK			

YER : MECİDİYEKÖY										KUYU NO : TSK 13				
EKİPMAN : GMS-300										ZEMİN KOTU : 8.25 m.				
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-36.00m arası.										KOORD. : N : 4545866.182 E : 416544.275				
KUYU ÇAPI : 18.00-30.00m arası - 89mm. 30.00-36.00m arası - 76mm.										BAŞLANGIÇ : 25.07.2015 BİTİŞ : 29.07.2015				
NUMUNE VE YERİNDE DENEY.		S.P.T. darbe sayısı				Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5									
20.00								80	11	17	20.25 21.20	Orta sağlam, gri renkli, ince taneli, parçalanmış, silttasi ara tabakalı KUMTASI, orta derecede ayrılmış(W3). (20.30-21.20 m arası boyuna çatlak.)	-12.00 -12.95	
21.50								100	77	90		Sağlam, gri renkli, ince taneli, orta kırıklı KUMTASI, az ayrılmış(W2).		
22.00														
23.00								93	17	57	23.90	(23.60 m 30 derece çatlaklı.)	-15.65	
24.00								90	0	17	24.50	Zayıf, gri renkli, ince taneli, çok parçalanmış KUMTASI, az ayrılmış(W2).	-16.25	
25.50								90	0	22	26.80	Orta sağlam, gri renkli, ince-orta taneli, parçalı, çok sık kırıklı KUMTASI, az ayrılmış(W2). (24.70-26.80 m arası boyuna çatlaklı.)	-18.55	
26.50								100	18	65	27.50	Orta sağlam, gri renkli, ince taneli, sık kırıklı KUMTASI, az ayrılmış (W2).	-19.25	
27.50								90	0	22	30.00	Orta sağlam, gri renkli, ince-orta taneli, parçalı, çok sık kırıklı KUMTASI, ayrılmamış(W1)		
28.50								100	4	24		(27.50-27.80 m., 28.40-28.60 m., 29.70-30.00 m arası çok parçalanmış, muhtemelen ezik zon.)		
29.50						30.00					30.00		-21.75	
30.00								90	11	53		Orta sağlam-sağlam, gri renkli, ince-orta taneli, çok sık-sık kırıklı KUMTASI, az ayrılmış (W2).		
31.00								93	9	50	33.40	(30.10-30.50 m., 30.85-31.50 m arası boyuna çatlaklı.) (31.90-32.25 makaslama zonu.) (32.40-32.50 m., 32.90-33.10 m arası çok parçalanmış.)	-25.15	
32.50								95	6	15				
33.50								90	0	0		Orta zayıf-orta sağlam, gri renkli, ince-orta taneli, parçalanmış, çok sık kırıklı KUMTASI, ayrılmamış(W1).		
35.00								100	0	42	36.00	SONDAJ BİTİMİ	-27.75	
36.00														
NOTLAR :														
SONDÖR : C. GÖZCÜ				LOGU HAZIRLAYAN : O.DARICI				KONTROL EDEN : İ.ÇABUK						

Tünel Üst Kotu (-14.20)

Tünel Alt Kotu (-22.50)







T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ
RAYLI SİSTEM DAİRE BAŞKANLIĞI

KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY METRO HATTI MEÇİDİYEKÖY-KABATAŞ KESİMİ VE DEPO SAHASININ İNŞAAT İŞLERİ İLE
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY HATTI VE DEPO SAHASININ İNCE İŞLER İLE ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİ TEMİN, MONTAJ VE İŞLETMEYE ALMA İŞLERİ



SONDAJ NO : TSK.13

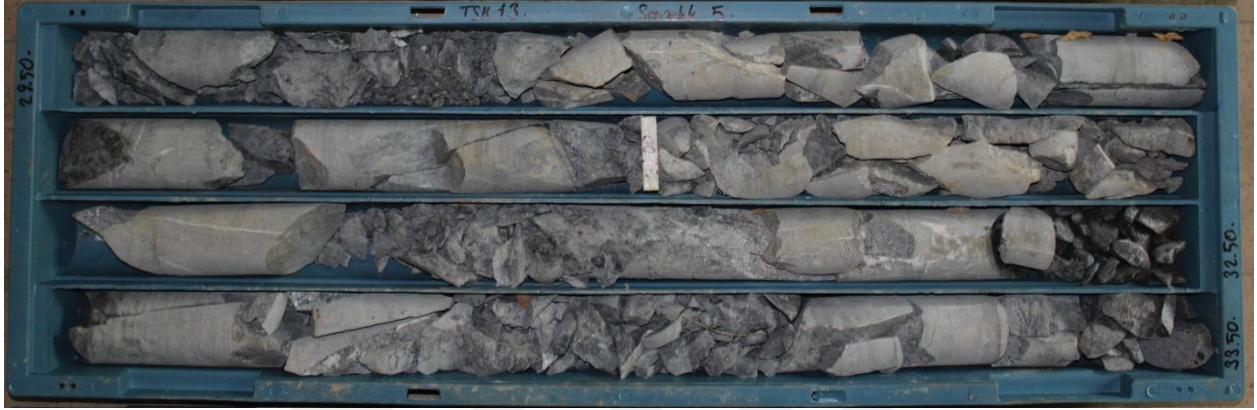
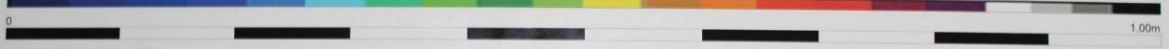
KAROT SANDIK NO : 5

KİLOMETRE :

BAŞ.-BİTİŞ TARİHİ : 25.07.2015-29.07.2015

LOKASYON : BEŞİKTAŞ

DERİNLİK (m) : 29.50-33.50



T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
AVRUPA YAKASI RAYLI SİSTEMLER MÜDÜRLÜĞÜ
RAYLI SİSTEM DAİRE BAŞKANLIĞI

KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY METRO HATTI MEÇİDİYEKÖY-KABATAŞ KESİMİ VE DEPO SAHASININ İNŞAAT İŞLERİ İLE
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY-MAHMUTBEY HATTI VE DEPO SAHASININ İNCE İŞLER İLE ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİ TEMİN, MONTAJ VE İŞLETMEYE ALMA İŞLERİ



SONDAJ NO : TSK.13

KAROT SANDIK NO : 6

KİLOMETRE :

BAŞ.-BİTİŞ TARİHİ : 25.07.2015-29.07.2015

LOKASYON : BEŞİKTAŞ

DERİNLİK (m) : 33.50-36.00



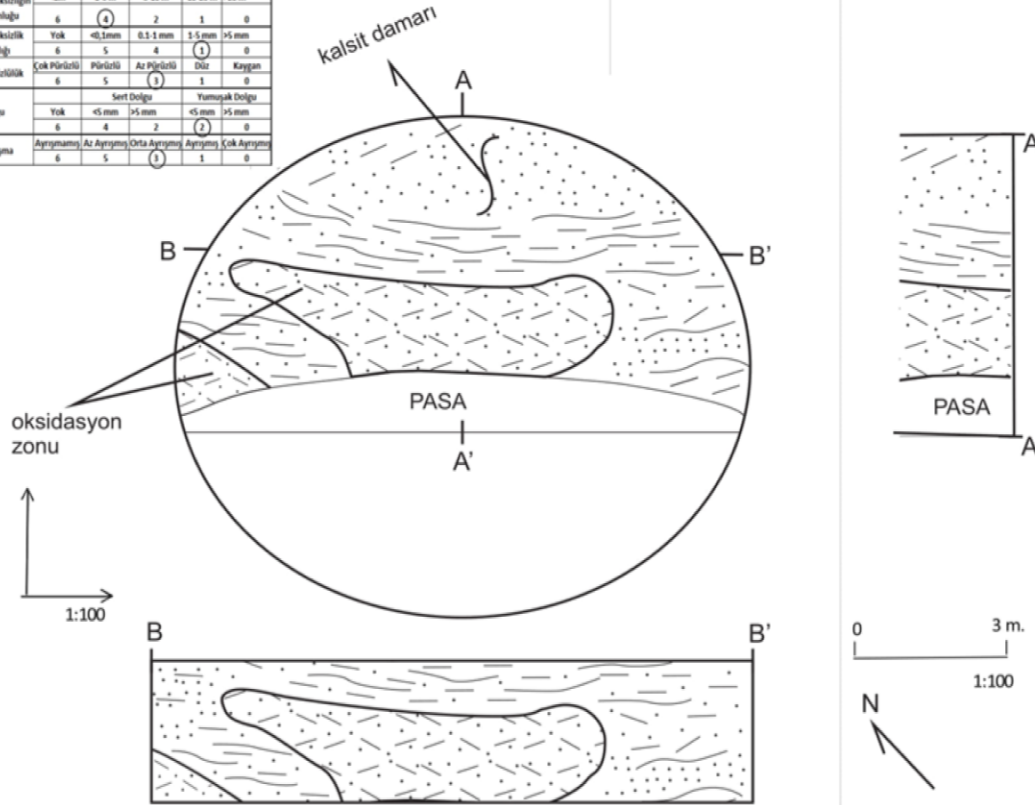


EK-3: KAZI AYNASI FORMLARI

KABATAŞ-MECİDİYEKÖY METRO HATTI
JEOTEKNİK BİLGİ FORMU

BEŞİKTAŞ İSTASYONU		TARİH : 11.07.2017
		FORM NO : 3
TÜNEL ADI : Hat 1P-İleri	FORMASYON : TRAKYA FORMASYONU	KAYA TANIMI : Sarımsı-kahverenkli ve koyu gri-gri
KİLOMETRE : 2+123,46	AYRIŞMA DERECESİ : Orta	renkli, belirgin olmayan tabakalı, kalsit damarı
İKSA NO : 28	SU DURUMU : Kuru	içeren, oksidasyon zonu içeren,
TÜNEL TİPİ : P	KAYA SINIFLAMASI : (CSIR - RMR)	Kumtaşı - Kilitaşı - Şeyl ardalanması
DESTEKLEME TİPİ : A4	4+3+8+13+15-5=38	
İLERLEME ARALIĞI (m) : 0,80m	ZAYIF KAYA	
AŞIRI SÖKÜLME (m ³ ÅE)		
SÜREKSİZLİKLER		
ÖZELLİKLER	TABAKALANMA B	ÇATLAK J
		FAY- EZİK ZON F
KONUM		
KONUM		
SÜREKSİZLİK ARALIĞI	60 - 200 mm	
SÜREKSİZLİK DURUMU		
SÜREKSİZLİK UZUNLUĞU (DEVAMLILIK)	1 - 3 m	
SÜREKSİZLİK AÇIKLIĞI	1 - 5 mm	
SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜĞÜ	Az	
SÜREKSİZLİK DOLGUSU	< 5 mm (Yumuşak)	
SÜREKSİZLİK AYRIŞMASI	Orta	
YERALTISUYU DURUMU	Kuru	
SÜREKSİZLİK YÖNEJİMİ		

Parametre	Puanlar				
	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Süreksizliğin Uzunluğu	6	4	2	1	0
Süreksizliğin Açıklığı	Yok	<0,1mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Pürüzlülüğü	6	5	4	3	2
Dolgu	6	5	4	3	2
Ayrışma	6	5	4	3	2



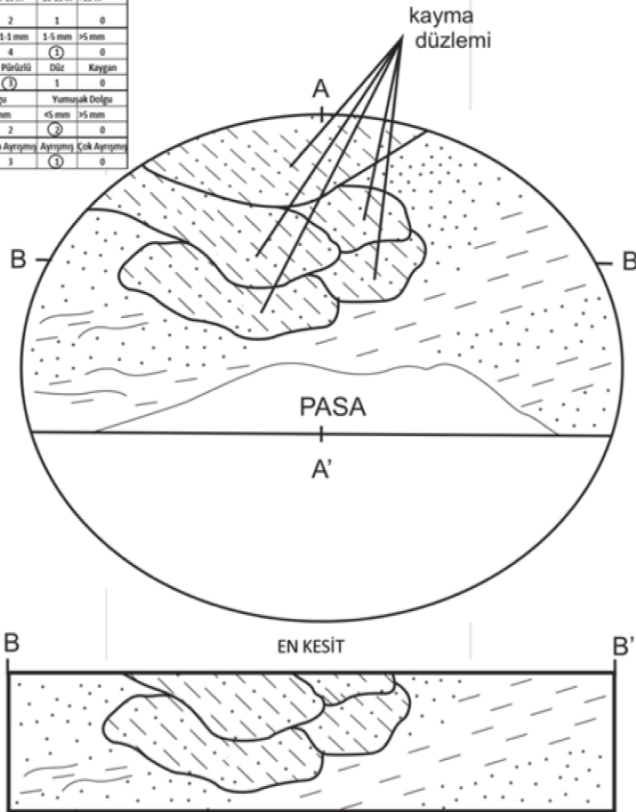
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY METRO HATTI
JEOTEKNİK BİLGİ FORMU

BEŞİKTAŞ İSTASYONU		TARİH : 05.10.2017
		FORM NO : 6
TÜNEL ADI : Hat 1P-İleri	FORMASYON : TRAKYA FORMASYONU	KAYA TANIMI : Koyu gri - gri renkli, kayma düzlemi
KİLOMETRE : 2+158,66	AYRIŞMA DERECESESİ : Ayrışmış	içeren,
İKSA NO : 72	SU DURUMU : Kuru	Kumtaşı - Kiltası ar dalanması
TÜNEL TİPİ : P	KAYA SINIFLAMASI : (CSIR - RMR)	
DESTEKLEME TİPİ : A4	4+3+8+11+15-5=36	
İLERLEME ARALIĞI (m) : 0,80 m	ZAYIF KAYA	
AŞIRI SÖKÜLME (m ³ /g) :		

SÜREKSİZLİKLER

ÖZELLİKLER	TABAKALANMA B	ÇATLAK J	FAY- EZİK ZON F
KONUM			
KONUM			
KONUM			
SÜREKSİZLİK ARALIĞI	60 - 200 mm		
SÜREKSİZLİK DURUMU			
SÜREKSİZLİK UZUNLUĞU (DEVAMLILIK)	1 - 3 m		
SÜREKSİZLİK AÇIKLIĞI	1 - 5 mm		
SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜĞÜ	Az Pürüzlü		
SÜREKSİZLİK DOLGUSU	<5 mm (Yumuşak)		
SÜREKSİZLİK AYRIŞMASI	Ayrışmış		
YERALTISUYU DURUMU	Kuru		
SÜREKSİZLİK YÖNELİMİ			

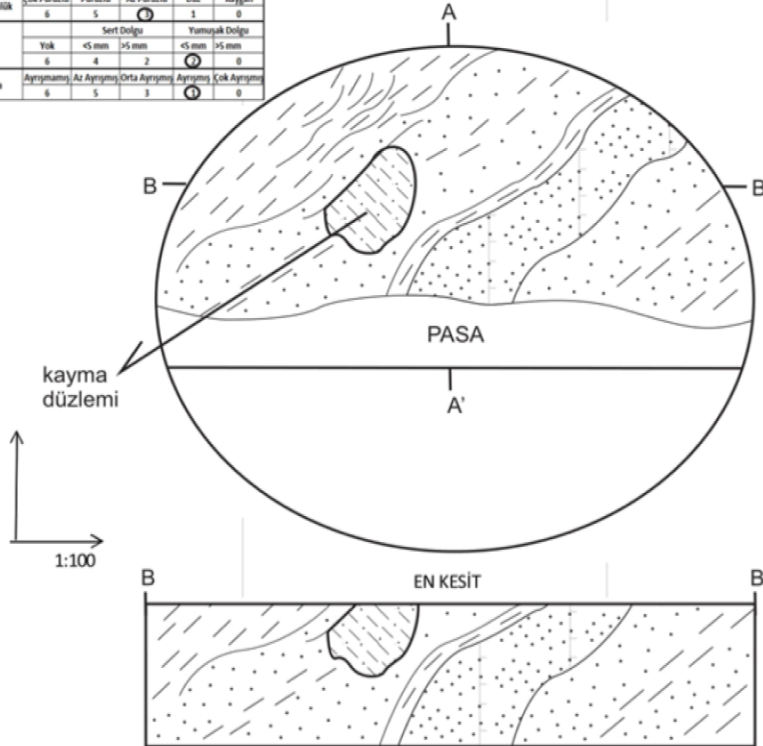
Parametre	Puanlar				
	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Süreksizliğin	6	④	2	1	0
Uzunluğu	Yok	<0,1mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Açıklığı	6	5	4	③	0
Pürüzlülük	Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Düz	Kaygan
	6	5	④	1	0
	Sert Dolgu		Yumuşak Dolgu		
Dolgu	Yok	<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
	6	4	2	②	0
Ayrışma	Ayrışmamış	Az Ayrışmış	Orta Ayrışmış	Ayrışmış	Çok Ayrışmış
	6	5	3	①	0



KABATAŞ-MECİDİYEKÖY METRO HATTI
JEOTEKNİK BİLGİ FORMU

BEŞİKTAŞ İSTASYONU		TARİH : 20.06.2017
		FORM NO : 7
TÜNEL ADI : Hat 2P-İleri	FORMASYON : TRAKYA FORMASYONU	KAYA TANIMI : Koyu gri - gri renkli, orta - kalın
KİLOMETRE : 2+165,55	AYRIŞMA DERECESESİ : Ayrışmış	tabakalı, kayma düzlemi içeren,
İKSA NO : 57	SU DURUMU : Kuru	Kumtaşı - Kiltası ardalanması
TÜNEL TİPİ : P	KAYA SINIFLAMASI : (CSIR -RMR)	
DESTEKLEME TİPİ : A4	4+3+8+11+15-5=36	
İLERLEME ARALIĞI (m) : 0,80 m	ZAYIF KAYA	
AŞIRI SÖKÜLME (m ³ /gün)		
SÜREKSİZLİKLER		
ÖZELLİKLER	TABAKALANMA B	ÇATLAK J
	FAY- EZİK ZON F	
KONUM	K35B 30 GB	
KONUM		
KONUM		
SÜREKSİZLİK ARALIĞI	60 - 200 mm	
SÜREKSİZLİK DURUMU		
SÜREKSİZLİK UZUNLUĞU (DEVAMLILIK)	1 - 3 m	
SÜREKSİZLİK AÇIKLIĞI	1 - 5 mm	
SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜĞÜ	Az Pürüzlü	
SÜREKSİZLİK DOLGUSU	<5 mm (Yumuşak)	
SÜREKSİZLİK AYRIŞMASI	Ayrışmış	
YERALTISUYU DURUMU	Kuru	
SÜREKSİZLİK YÖNELİMİ		

Parametre	Puanlar				
	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Süreksizliğin uzunluğu	6	5	4	3	2
Süreksizlik açıklığı	Yok	<0,1mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Süreksizlik pürüzlülüğü	6	5	4	3	2
Süreksizlik dolgusu	6	5	4	3	2
Süreksizlik ayrışması	6	5	4	3	2



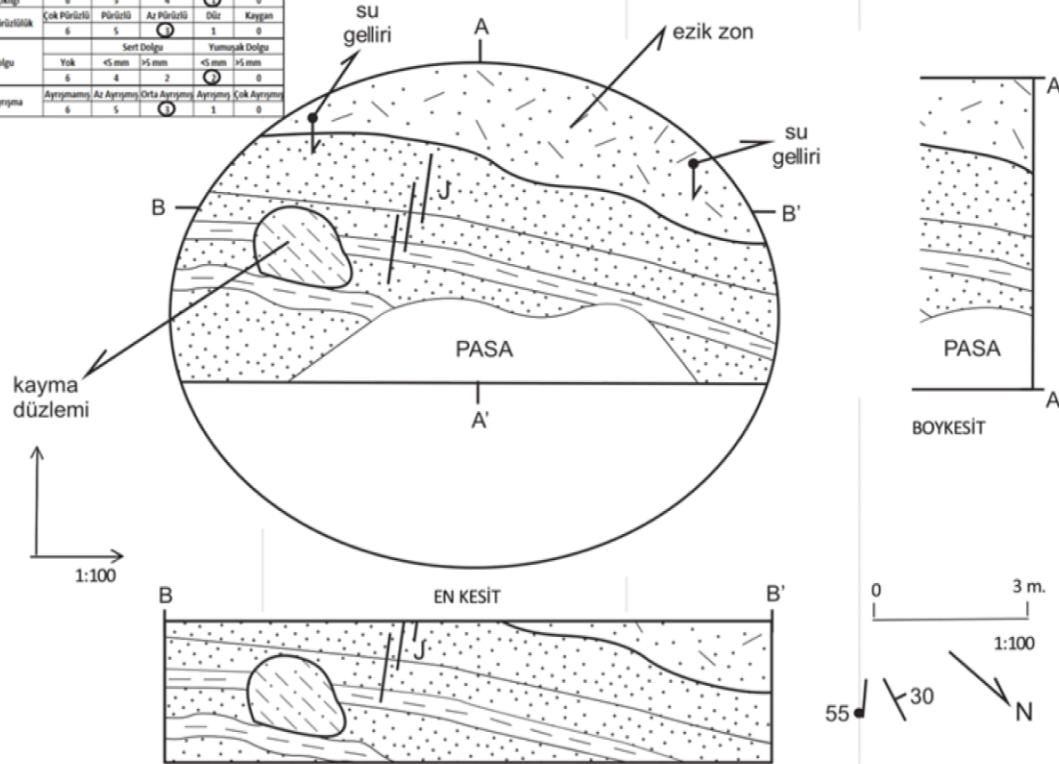
KABATAŞ-MECİDİYEKÖY METRO HATTI
JEOTEKNİK BİLGİ FORMU

BEŞİKTAŞ İSTASYONU		TARİH : 22.05.2017
		FORM NO : 1
TÜNEL ADI : Hat 2P-Geri	FORMASYON : TRAKYA FORMASYONU	KAYA TANIMI : Siyahımsı - koyu gri renkli, orta -
KİLOMETRE : 2+108,11	AYRIŞMA DERECESESİ : Orta	kalın tabakalı, kırık - çatlaklı, sol ve sağ omuzdan
İKSA NO : 4	SU DURUMU : Nemli	su geliri olan, ezik zon içerir,
TÜNEL TİPİ : P	KAYA SINIFLAMASI : (CSIR - RMR)	Kumtaşı - Kıltaşı - Şeyl ardalanması
DESTEKLEME TİPİ : A4	4+3+8+13+15-5=33	
İLERLEME ARALIĞI (m) : 0,80 m	ZAYIF KAYA	
AŞIRI SÖKÜLME (m ³ /Ā)		

SÜREKSİZLİKLER

ÖZELLİKLER	TABAKALANMA B	ÇATLAK J	FAY- EZİK ZON F
KONUM	K20D 30 KB	K60D 55 GD	
KONUM			
KONUM			
SÜREKSİZLİK ARALIĞI	60 - 200 mm		
SÜREKSİZLİK DURUMU			
SÜREKSİZLİK UZUNLUĞU (DEVAMLILIK)	1 - 3 m		
SÜREKSİZLİK AÇIKLIĞI	1 - 5 mm		
SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜĞÜ	Az Pürüzlü		
SÜREKSİZLİK DOLGUSU	<5 mm (Yumuşak)		
SÜREKSİZLİK AYRIŞMASI	Orta		
YERALTISUYU DURUMU	Nemli		
SÜREKSİZLİK YÖNELİMİ			

Parametre	Puanlar				
	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Süreksizlik	6	5	4	3	2
Uzunluğu	6	5	4	3	2
Süreksizlik Açıklığı	6	5	4	3	2
Süreksizlik Pürüzlülüğü	6	5	4	3	2
Süreksizlik Dolgusu	6	5	4	3	2
Süreksizlik Ayrışması	6	5	4	3	2



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Damla DEMİR
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara, 1992
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce Orta Seviye (B2)
E-posta : damlademir1406@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Kayabayazıtöğlü lisesi (2006-2010)
Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü (2010-2016)

Mesleki Deneyim

Alarko Taahhüt Grubu – Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Projesi /
jeoteknik işler (Kabataş – Mecidiyeköy arası 5500m (hat uzunluğu) tünel
hattının (İstasyon – Peron) NATM kazı – patlatma ve son kaplama beton
işlerinin uygulama – kontrol – raporlama faaliyetleri). İstasyon fore kazık,
ankraj, kazı işleri .Deformasyon, inklinometre ölçümleri. Yüzey ve tünel içi röper
takipleri, ayna raporu hazırlama ve hat üstü montaj işleri
(09.10.2017 –16.07.2018)

Yolsu mühendislik hizmetleri ltd.şti. – jeoloji mühendisi
(06.07.2017 – 01.09.2017)

T.C Dışişleri Bakanlığı Arşiv Binası –ERK Yazılım Devlet Projesi –İndeks Veri
Tabanı Uzmanı
(28.09.2015 –18.02.2016)