

**T.C.**

**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ-  
BAŞAKKONUTLARI4 METRO HATTINDA İSTASYON  
YAPIM YÖNTEMLERİNİN MALİYET AÇISINDAN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**YILDIRAY ÇELİK**

**İSTANBUL, 2013**



**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ-  
BAŞAKKONUTLARI4 METRO HATTINDA İSTASYON  
YAPIM YÖNTEMLERİNİN MALİYET AÇISINDAN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**YILDIRAY ÇELİK**

**Tez Danışmanı: DR. VEYSEL ARLI**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

Tezin Adı: Otogar-Bağcılar-Olimpiyat Köyü-BaşakKonutları4 Metro Hattında İstasyon  
Yapım Yöntemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması

Öğrencinin Adı Soyadı: Yıldıray ÇELİK

Tez Savunma Tarihi: 18.04.2013

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri  
Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç.Dr. Faik Tunç BOZBURA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylıyorum.

Prof.Dr. Mustafa ILICALI  
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak  
yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı

.....

Dr. Veysel ARLI

Üye

.....

Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN

Üye

.....

Prof. Dr. Mustafa ILICALI

## ÖNSÖZ

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı Koordinatörü Sayın Prof. Dr. Mustafa ILICALI ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN Hocalarıma; tez çalışmam sırasında bana yol gösteren ve her türlü yardımı sağlayan çok sevdiğim değerli Hocam Sayın Dr. Veysel ARLI 'ya, kaynak temini konusunda yardımlarını esirgemeyen, başta Proje Müdürü Gökhan ERKUŞ, Eski Proje Müdürü Sadri YAZGAN,Şantiye Şefi Aytaç AKSOY,Saha Mühendisi Cihangir OKMAN, olmak üzere Gülermak-Doğuş çalışanlarına, Emay Mühendislik Proje Müdürü Sinan ALEMDAR, İnşaat İşleri Amiri Gürsel ÖZBAY,Mimar Serap ÖZTÜRK'e, mesai arkadaşım Yüksek İnşaat Mühendisi Yunus Emre TANYERİ'ne bilgisi ve tecrübesinden faydalandığım İnşaat Yüksek Mühendisi Muhammed Nesih DEMİRDAĞ 'a, yabancı dil tercüme işlerimi büyük bir özveriyle halleden Sevgili meslektaşım Muhammet YILMAZ'a,boş vakitlerimde beni çalışmam için sürekli motive eden Sevgili Abim Reşat ÇELİK'e tez çalışması boyunca bana sabır gösteren sevgili eşim Arzu ÇELİK'e ve biricik kızım Tuana'ya teşekkürü borç bilirim.

Yıldıray ÇELİK

İstanbul, 2012

## ÖZET

### OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ-BAŞAKKONUTLARI4 METRO HATTINDA İSTASYON YAPIM YÖNTEMLERİNİN MALİYET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Yıldıray ÇELİK

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Veysel Arlı

Nisan 2013, 199 sayfa

Demiryolu üzerine dünyada yaşanan teknolojik gelişmelere ülkemizde hızla ayak uydurmaktadır. Her alanda gelişmekte olan ülkemizde son yıllarda büyük ulaştırma yatırımları yapılmıştır ve halen de yapılmaya devam edilmektedir. Şöyle ki, ulusal demiryolu ağımıza her geçen gün yeni ana ve tali hatlar eklenmekte, yüksek hızlı demiryolu hatları inşa edilmekte, yeni kent içi raylı sistem hatları İstanbul, Ankara, İzmir gibi metropoller de insanımızın hizmetine sunulmakta, modern ve konforlu ulaşım sayesinde büyükşehirde yaşam zorluğu ve stres azalmakta, trafikte geçen zamandan dolayı maddi ve manevi kayıplar en aza indirilmektedir. Ayrıca Anadolu'muzun Eskişehir, Bursa, Samsun, Kayseri, Adana gibi ciddi bir potansiyele sahip büyükşehirleri de raylı sistem ağına sahip olan şehirler arasına isimlerini yazdırmaktadırlar. Yakın gelecekte bunları başkaca şehirlerimizin ve büyükşehirlerimizin izleyeceği muhakkaktır.

Bu çalışmamızda Metro inşaatlarında istasyon yapısının imalat yöntemleri arasında maliyet analizi yapabilme, Aç-Kapa İnşaat yapım yönteminde dikkat edilmesi gereken hususlar, Kapa-Aç(Top-Down) inşaat yönteminde dikkat edilecek hususlar ele alınmaya

alışılmış , bu iki yöntemin birbirlerine göre durumları teknik yönden ve mali yönden incelenmiş olup sonuçları ilgili bölümlerde açıklanmıştır. Ülkemizde bu dönemde yoğun bir şekilde planlanması yapılan metro projelerinin planlama aşamasında istasyonların konumlandırılması, yapılırken kullanılabilir inşaat yöntemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi önemlidir. Ülkemizde ilk olarak Ankara metrosunda Kızılay istasyonunda uygulanan Kapa-A(Top-Down) İnşaat yapım yöntemi Otogar-Bağcılar-Olimpiyatköyü-Başakkonutları-4 metro hattında 5 ayrı istasyonda uygulanmış olup Bağcılar İstasyonu 67 metrelik Diyafram Kolon boyu ile ülkemizde yapılan en derin kazılı istasyondur. Ayrıca İstanbul Metropolnde metro güzergahlarında yapılacak olan çalışmaların yoğun yerleşim ve trafik sirkülasyonu olan bölgelerde olması sebebiyle maksimum seviyede şehri etkileyecek olmasından dolayı Kapa-A (Top-Down) İnşaat yapım yönteminin bu anlamda ne kadar önemli olduğu aşıkardır.Gerek mühendislik çalışmalarında ve gerekse ülkemizde bu zamana kadar yapılan metro çalışmalarında bu tarz inşaat yapım yönteminin çok fazla tercih edilmemesi bu yapım metodunun projelerde daha az kullanılmasına sebep olmuştur. Maliyet açısından diğer metotlara göre daha yüksek olmasına rağmen bu sistemin , imalat sresinin kısa, yoğun yerleşim bölgelerinde minimum zaman etkisi, diğer metotların uygulanamadığı zemin koşulları açılarından önemli bir yapım metodudur. Temennimiz odur ki, Metro projelerinde istasyon yapım metotları projelendirme anlamında her açıdan verimli olabilecek şekilde yapılması, mühendislik çözümlerinin Metropol şehrimize İmalatta minimum etki ve işletmede maksimum performans ile uygulanmasıdır.

Bu alışmanın, Metro hattı yapımında istasyonların yapım yöntemleri hakkında herkese faydalı olmasını dilerim.

**Anahtar Kelimeler:** İstasyon Yapım Yöntemleri, Aç-Kapa Yapım Yöntemi, Kapa-A (Top-Down) Yapım Yöntemi

## ABSTRACT

### THE COMPARISON OF STATION CONSTRUCTION METHODS AT THE OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ-BAŞAKKONUTLARI4 METRO LİNE

Yıldıray ÇELİK

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Dr. Veysel Arlı

April 2013,199 pages

Our country rapidly adapts to technological improvements in the world. Huge transport investments were made in recent years in our developing country every field and still continue to be performed. Every day new primary and secondary lines are added to our network of national railway lines and new urban rail lines are dedicated to citizens in metropolitans like İstanbul, Ankara, İzmir. Stress and the difficulty of metropolitan life has been reduced with modern and comfortable transport. The last time, the moral and material losses due to traffic are minimized. Also the cities that have big potentials as Eskişehir, Bursa, Samsun, Kayseri, Adana are taking part in cities with rail network. In the near future other cities will follow them further with no doubt.

In this study, analyzing cost between the manufacturing methods for the construction of the subway station structure, issues to be considered in conventional and top-down methods are tried to be explained. It is important to know the advantages and the disadvantages of available construction methods and also to locate the stations during the planning phase of metro projects. The top-down method, which is firstly used at Kızılay Station of Ankara Metro, has been also used at five station of Otogar-Bağcılar-Olimpiyatköyü-Başakkonutları-4 Metro line. And the bağcılar station ,with the 67 meters of diaphragm walls, is the innermost excavated station with this method. Intensive traffic line of İstanbul, makes the top-down method so important for the construction of metro stations due to providing partial closing traffic lanes. Although the top-down method is more cost-effective, the less construction time and application availability while the conventional method is impossible makes this method preferable. We hope that less manufacturing effect-more operational benefit principle is used while the planning of underground lines. And i wish this study will be useful about metro stations construction to everybody..

**Key words:** Metro Station Construction Methods, Conventional method, Top-Down Method.



## İÇİNDEKİLER

TABLolar	XIV
ŞEKİLLER	XVI
KISALTMALAR	XXiii
1. GİRİŞ	1
2. METRO SİSTEMLERİ	3
2.1 METRONUN GELİŞİMİ	3
2.2 METRO	6
2.3 METRO İNŞAATLARININ DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ TARİHÇESİ	9
3. OTOGAR-BAĞCILAR-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT KÖYÜ METRO HATTI	24
3.1 GENEL BİLGİLER	24
3.2 RAYLI SİSTEM TASARIM KRİTERLERİ	40
3.2.1 İşletme Şartları	40
3.2.2 Kapasite	40
3.2.3 Trenler Arasındaki Zaman	40
3.2.4 Günlük İşletme Şartları	40
3.2.5 İşletme Esnekliği	40
3.2.6 Çevre Özellikleri	41
3.2.7 Güzergah Tasarım Kriterleri	42
3.2.8 Hattın İşletme Bilgileri	44
4. METRO İNŞAATI İSTASYON YAPIM YÖNTEMLERİ	46
4.1 AÇ-KAPA (CUT AND COVER) İSTASYON YAPIM YÖNTEMİ	46
4.2 KAPA-AÇ(TOP-DOW) İSTASYON YAPIM YÖNTEMİ	47

4.3	NATM İSTASYON YAPIM YÖNTEM.....	49
5.	BAĞCILAR İSTASYONUNUN KAPA-AÇ(TOP-DOWN) YÖNTEMİ İLE YAPILMASI.....	51
5.1	GENEL .....	51
5.2	İSTASYON YERLEŞİM PLANI.....	52
5.3	ÇEVRE GÜVENLİĞİ.....	54
5.4	ZEMİN İZLEME .....	56
5.4.1	Zemin İzleme Enstrümantasyon Detayları.....	56
5.4.1.1	Binaların Topoğrafik İzlemesi.....	56
5.4.1.2	İnklinometre .....	58
5.4.1.3	Hazırlanması Ve Kuyuya Yerleştirilmesi.....	59
5.4.1.4	Titreşim İzleme .....	64
5.4.1.5	Çatlak Ölçer .....	65
5.4.1.6	Ölçüm.....	66
5.4.1.7	İlköğretim Okulu Ek Hizmet Binasının Yıkımı.....	68
5.5	ALTYAPI DEPLASMAN İŞLERİ .....	69
5.6	DİYAFRAM DUVAR VE DİYAFRAM KOLON YAPILMASI.....	70
5.6.1	Ekipman Tanıtımı .....	70
5.6.1.1	BC Hendek Kesici .....	70
5.6.1.2	Geri Dönüşüm Ve Ayrıştırma Ekipmanları.....	73
5.6.2	İmalatta Kullanılan Malzemelerin Özellikleri .....	75
5.6.2.1	Stabilizatör Sıvısı .....	75
5.6.2.2	Beton .....	77
5.6.2.3	Ekipman Listesi.....	77

5.6.3	İmalat Aşamaları.....	78
5.6.4	Platform Kazısının Yapılması.....	79
5.6.5	Platform Betonun Dökülmesi Ve Klavuz Duvarların İmalı.....	80
5.6.6	Ön Kazı .....	82
5.6.7	Panel Kazısı .....	83
5.6.7.1	Birinci Panel Hendeklerinin Kazısı.....	85
5.6.7.2	İkinci Panel Hendeklerin Kazısı Ve Kesişimlerin Biçimi.....	86
5.6.7.3	Dikeylik Kontrolü .....	87
5.6.8	Donatı Kafesinin Hazırlanması Ve Yerine Konması .....	88
5.6.8.1	Diyafram Donatı Takibi .....	90
5.6.9	Çelik Çekirdekli Diyafram Kolon Yapılması .....	92
5.6.10	Diyafram Panel Ve Kolon Beton Dökümü .....	94
5.6.10.1	Ayrıştırma.....	94
5.6.10.2	Betonlama .....	95
5.6.10.3	Tremi borusu dizisi:.....	96
5.7	İSTASYON KAZI VE BETONARME İMALATLARI .....	98
5.7.1	1.Kademe Temel Kazısının Yapılması .....	98
5.7.2	İstasyon Kat Döşeme Grobetonu Ve Üst Kat Döşeme İmalatının Yapılması .....	100
5.7.3	Kapa-AÇ istasyon Kat Kazısının Yapılması .....	101
5.7.4	İstasyon Kat Döşeme Demirlerinin Montajı.....	103
5.7.5	İstasyon Kat Döşeme Betonlarının Dökülmesi .....	104
5.7.6	Kuşaklama Kirişi Ve Strut İmalatının Yapılması .....	106
5.8	İSTASYON KATLAR ARASI KOLON VE PERDELERİN YAPILMASI	
	108	

5.9	METRAJ İCMALİ VE MALİYET .....	109
6.	KİRAZLI(KİRAZLI-1) İSTASYONUNUN AÇ –KAPA YÖNTEMİ İLE YAPILMASI.....	110
6.1	GENEL .....	110
6.2	KİRAZLI-1(KİRAZLI) İSTASYONU KAZI İKSA SİSTEMİ .....	111
6.2.1	Kirazlı-1 Kazı İksa Gerekçe raporu .....	111
6.2.1.1	Mevcut Durum .....	111
6.2.1.2	İstasyon Geometrisi .....	112
6.2.1.3	Zemin Koşulları .....	112
6.2.1.4	Jeoteknik Parametreler .....	112
6.2.1.5	Kazı İksa Sistemi Analizleri.....	114
6.3	KAZI SİSTEMLERİ.....	117
6.3.1	İksa Tip -1 .....	117
6.3.2	Tip-2 Analiz Sonuçları.....	119
6.3.3	Tip 3 Analiz Sonuçları .....	120
6.3.4	Tip 4 Analiz Sonuçları .....	121
6.3.5	Tip-5 Analiz Sonuçları.....	123
6.3.6	Tip-6 Analiz Sonuçları.....	124
6.3.7	Tip-7 Analiz Sonuçları.....	125
6.3.8	Tip 8 Analiz Sonuçları .....	126
6.3.9	Tip-9 Analiz Sonuçları.....	127
6.3.10	Tip 10 Analiz Sonuçları .....	128
6.3.11	Tip-11 Analiz Sonuçları.....	128
6.4	KAZI METRAJLARI .....	129
6.4.1	Hesap Yöntemi .....	129

6.4.2	.....	137
6.4.3	Metraj Tabloları Ve Değerlendirme.....	137
6.5	KİRAZLI İSTASYONU İMALAT AŞAMALARI .....	139
6.5.1	Blokların Yapım Sırası .....	140
6.6	KAZI İKSA SİSTEMİ .....	141
6.6.1	Fore Kazık İmalatı .....	141
6.6.1.1	Fore Kazık Makinası İle Delgi Yapılması.....	141
6.6.1.2	Donatının Kuyuya Yerleştirilmesi.....	141
6.6.1.3	Beton dökümü .....	141
6.6.2	Başlık Kirişi İmalatları.....	142
6.6.2.1	Kazık Başlarının Açığa Çıkarılması .....	142
6.6.2.2	Donatı Montajı ve Beton Dökümü .....	142
6.6.3	Kazı İksa Sistemi Kazısının Yapılması .....	143
6.6.3.1	Kazı İmalatı Ve Hafriyatın Alınması.....	143
6.6.3.2	Sert Zeminde Kırıcı Kazı Yapılması.....	144
6.6.3.3	Kazık Arası Shotcrete Uygulaması Ve Barbakan Yapılması ....	145
6.6.4	Ankraj İmalatı.....	146
6.6.4.1	Ankraj Delgisinin Yapılması.....	146
6.6.4.2	Ankraj Halatlarının Hazırlanması Ve Kuyuya Yerleştirilmesi	147
6.6.4.3	Kuyu Enjeksiyonunun Yapılması.....	147
6.6.5	Kuşaklama Kirişi İmalatı.....	147
6.6.6	Kazıkların Kısa Kaldığı Bölgede İksa Sistemi Uygulaması .....	149
6.6.7	İksa Sisteminin Yetersiz Kaldığı Bölgelerde Alınan Önlem Ve İmalatlar .....	150

6.6.7.1	İlave Kuşak Kirişi İmalatı Yapılması .....	150
6.6.7.2	Kuşak Kirişleri Arası İlave Perde Şeklinde Kuşak Kirişi İmalatı Yapılması	150
6.6.7.3	Kazıklar Arası Çelik Destekleyici Sistem Yapılması.....	150
6.7	2. VE DİĞER KADEME KAZILARININ YAPILMASI.....	152
6.7.1	Temel Kazısının Yapılması .....	152
6.8	BETONARME BLOKLARIN İMALATI .....	152
6.8.1	Grobeton Dökümü .....	152
6.8.2	Temel-Kazık Arası Dolgu Betonu İmalatı .....	153
6.8.2.1	Kalıp İmalatı .....	153
6.8.2.2	Beton Dökümü.....	154
6.8.3	Temel İzolasyonunun Yapılması.....	154
6.8.3.1	Keçe+Membran+Keçe İmalatının Yapılması .....	154
6.8.3.2	İzolasyon Üzeri Koruma Betonunun Dökülmesi .....	155
6.8.4	Temel Betonarme İmalatı.....	156
6.8.5	Perde Betonarme İmalatı .....	158
6.9	KAT DÖŞEME VE KOLON BETONARME İMALATI .....	162
6.9.1	Kaset Döşeme Donatı Montajı .....	162
6.9.2	Kalıp İmalatı.....	162
6.9.3	Tavan Döşeme Betonarme İmalatı .....	165
6.9.4	İzolasyon Yapılması .....	167
6.9.4.1	Fore Kazık-Perde Duvar Arası İzolasyon Yapılması .....	168
6.9.4.2	Tavan Döşemesi Üzeri İzolasyon .....	168
6.9.5	Geri Dolgu Yapılması .....	169

6.10	KİRAZLI İSTASYONU METRAJ İCMALİ VE MALİYET TABLOSU	171
7.	DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	173
7.1	KAPA-AÇ (TOP-DOWN) İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ ÖNERİLERİ	173
7.2	AÇ-KAPA İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ ÖNERİLERİ .....	174
7.3	KAPA-AÇ(TOP-DOWN) YAPIM YÖNTEMİ DEĞERLENDİRMELERİ	177
7.4	AÇ-KAPA YAPIM YÖNTEMİ DEĞERLENDİRMELERİ .....	183
7.5	AÇ-KAPA İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ İLE KAPA-AÇ(TOP-DOWN) İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİNİN OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ- BAŞAKKONUTLARI-4 METRO HATTINDA MALİYET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI.....	189
	KAYNAKÇA .....	194
	ÖZGEÇMİŞ.....	197

## TABLULAR

Tablo 2.1:Kentiçi raylı sistemlerinin gelişiminde önemli kilometre taşları.....	5
Tablo 2.2:Otomatik sürücüsüz ulaşım sistemlerinde önemli gelişmeler .....	6
Tablo 3.1: Proje Genel Bilgileri Tablosu .....	26
Tablo 3.2: Metro ve LRT Hat Uzunlukları .....	27
Tablo 3.3: İstasyon Yapılarına Ait Alan Bilgileri .....	37
Tablo 3.4: Yolculuk Süreleri.....	39
Tablo 3.5: Çevre Özellikleri.....	41
Tablo 3.6: Güzergah Tasarım Kriterleri .....	42
Tablo 3.7: Hattın İşletme Bilgileri .....	45
Tablo 5.1:Bina İzleme Noktası (BMP) Tablo ve Grafiği.....	58
Tablo 5.2:İnklinometre Ölçüm Grafiği .....	62
Tablo 5.3:İnklinometre Ölçüm Grafiği .....	63
Tablo 5.4:Sismograflar İçin Spesifikasyon .....	65
Tablo 5.5: Yoğunluk Ve Viscosite Değerleri.....	76
Tablo 5.6: Ekipman Listesi .....	77
6.1:Metraj Tablosu .....	137
6.2:Metraj Tablosu .....	138
Tablo 6.3 Metraj Ve Maliyet İcmali .....	171



Tablo 7.1:Kapa-Aç Yapım Yöntemi Analizi .....	178
Tablo 7.2:Hacim Dağılımı(%) .....	180
Tablo 7.3: Alan Dağılımı(%) .....	180
Tablo 7.4:Maliyet Dağılımı(%).....	181
Tablo 7.5:Hacim Maliyeti (USD/m3) .....	181
Tablo 7.6: Alan Maliyeti(USD/m2) .....	182
Tablo 7.7:Aç-Kapa Yapım Yöntemi Analizi .....	183
Tablo 7.8:Alan Dağılımı(%) .....	185
Tablo 7.9:Hacim Dağılımı(%) .....	185
Tablo 7.10:Maliyet Dağılımı(%).....	186
Tablo 7.11:Hacim Maliyeti (USD/m3) .....	188
Tablo 7.12:Alan Maliyeti(USD/m2) .....	189
Tablo 7.13:Birim Hacim Maliyet Analizi(USD/m3) .....	190
Tablo 7.14:Birim Alan Maliyet Analizi(USD/m2) .....	191
Tablo 7.15:Ortama Hacim Maliyeti(USD/m3) .....	192
Tablo 7.16:Ortalama Alan Maliyeti(USD/m2) .....	192
7.17:Birim Derinlik Maliyeti (\$*1000/m).....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1:Londra Metro su.....	10
Şekil 2.2:Boston Metro su.....	11
Şekil 2.3:Paris Metro su .....	13
Şekil 2.4:Berlin Metro su .....	14
Şekil 2.5:Newyork Metro su .....	15
Şekil 2.6: Moskova Metro su .....	17
Şekil 2.7:Ankara Metro su .....	19
Şekil 2.8:İzmir Metro su .....	20
Şekil 2.9:İstanbul Metro su .....	22
Şekil 2.10:Bursa Metro su.....	23
Şekil 3.1: Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı Güzergahı.....	24
Şekil 3.2: Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı İstasyonları.....	25
Şekil 3.3: Otogar-Bağcılar-Kirazlı (LRTS) Hattı.....	28
Şekil 3.4: Kirazlı-İkitelli-Başakşehir Metro Hattı.....	28
Şekil 3.5: İkitelli-Olimpiyat Köyü Metro Hattı .....	29
Şekil 3.6: Olimpiyat İstasyonu .....	30
Şekil 3.7: Depo ve Atölye Sahası.....	30
Şekil 3.8: Depo ve Atölye Sahasındaki Yol ve Makaslar .....	31
Şekil 3.9: TBM Kesici Kafanın Görünüşü .....	32
Şekil 3.10: TBM Boy Kesit Görünümü .....	32
Şekil 3.11: Segment Donatılarının Özel Kalıba Konulup Betonunun Dökülmesi.....	33
Şekil 3.12: Kalıba Alınan Segmentlere Buhar Kürü Uygulanması.....	34

Şekil 3.13: TBM ' in İstasyon Yapısına girişi.....	34
Şekil 3.14: Olimpiyat Köyü Viyadüğü.....	36
Şekil 3.15: Gelecekte Projeye Entegre Olması Planlanan Metro Hatları.....	38
Şekil 5.1:Bağcılar İstasyonu ve Çevre Yapılar .....	52
Şekil 5.2:Bağcılar İstasyon Yeri Havadan Görünüşü .....	53
Şekil 5.3:Bağcılar İstasyonu Genel Yerleşim Planı .....	54
Şekil 5.4: Bina İzleme Noktaları.....	57
Şekil 5.5:İnklinometre Montajı .....	60
Şekil 5.6:İnklinometre Ölçümü.....	61
Şekil 5.7:İnklinometre Ölçümü.....	61
Şekil 5.8:Titreşim Ölçme Aleti .....	64
Şekil 5.9:Mekanik Çatlak Ölçer .....	66
Şekil 5.10:Okullar Bölgesindeki Enstrüman Montajı .....	66
Şekil 5.11:Bağcılar İstasyonu ve Çevre yapıları Şematik Planı.....	68
Şekil 5.12:Altyapı Deplasmanları .....	70
Şekil 5.13:Hendek Kesici.....	71
Şekil 5.14: BC Hendek Kesici .....	72
Şekil 5.15: Bentonit Tesisleri.....	73
Şekil 5.16:Ayrıştırma Ünitesi BE 500 .....	74
Şekil 5.17: Yoğunluk Ve Viscosite Testi.....	76
Şekil 5.18:Kesme Tekniği İle Kazı Yapım Sırası .....	78
Şekil 5.19:Platform Kazısı .....	79

Şekil 5.20:Platform Kazısı .....	80
Şekil 5.21:Tipik Klavuz Duvar Sistemi .....	81
Şekil 5.22:Klavuz Duvar İmalı .....	81
Şekil 5.23: Ön Kazı .....	83
Şekil 5.24:Panel Kazısı Şematik Gösterimi .....	84
Şekil 5.25: Panel İmalatı .....	85
Şekil 5.26: Panel Kazısı .....	86
Şekil 5.27:Birincil Ve İkincil Panellerin Yapım Sırası .....	86
Şekil 5.28:Bağcılar İstasyonu Panel Yerleşim Planı.....	87
Şekil 5.29:Kesici Ünitenin Ekran Görüntüleri .....	88
Şekil 5.30:Donatı Kafesi Montajı .....	89
Şekil 5.31:Donatı Montajı.....	90
Şekil 5.32:Donatı Montajı.....	91
Şekil 5.33:Donatı Montajı.....	92
Şekil 5.34:Çelik Kolon Montajı .....	93
Şekil 5.35:Çelik Kolon Montajı .....	93
Şekil 5.36:Bentonit Ayrıştırma Ünitesi.....	94
Şekil 5.37:Diyafram Panel Betonlama.....	95
Şekil 5.38:Betón Dökümü.....	96
Şekil 5.39:Tipik Tremi Borusu Montajı.....	97
Şekil 5.40:İstasyon Kesiti .....	98
Şekil 5.41:Grobeton Kalıbı İçin Kot Kontrolü.....	99

Şekil 5.42:Platform Kazısı .....	99
Şekil 5.43:Kazı Aşamaları .....	100
Şekil 5.44:Üst Kat Döşeme İmalatı.....	101
Şekil 5.45:Üst Kat Döşeme İmalatı.....	101
Şekil 5.46:Döşeme Altı Kazısı.....	102
Şekil 5.47: Kapa-Aç Kat Döşeme Kazısı.....	102
Şekil 5.48:Kapa-Aç Kat Döşeme Kazısı.....	103
Şekil 5.49:Ara Kat Döşeme Donatı Montajı.....	103
Şekil 5.51:Kat Döşeme Betonu Şematik Gösterimi.....	104
Şekil 5.50:Şaft Boşluğu Şematik Plan .....	104
Şekil 5.52:Derz Planı .....	105
Şekil 5.53:Kat Döşeme Beton İmalatı.....	105
Şekil 5.54: Strut Montajı Ve Peron Katı Kazısı.....	106
Şekil 5.55:Strut Montajı Ve Peron Katı Kazısı.....	107
Şekil 5.56:Temel Döşeme İmalatı.....	107
Şekil 5.58:Diyafram Kolon İmalatı.....	108
Şekil 5.57:Diyafram Kolon İmalatı.....	108
Şekil 6.1:Kirazlı-1 Metro Ve Hrts Yapısı Genel Yerleşim Planı.....	110
Şekil 6.2:Kirazlı-1 Sondaj Planı.....	117
Şekil 6.3: Tip 1 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	118
Şekil 6.4:Tip 2 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	119
Şekil 6.5:Tip 3 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	121

Şekil 6.6:Tip 4 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	122
Şekil 6.7:Tip 5 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	123
Şekil 6.8:Tip 6 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	124
Şekil 6.9:Tip 7 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	125
Şekil 6.10:Tip 8 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	126
Şekil 6.11:Tip 9 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	127
Şekil 6.12:Tip 10 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	128
Şekil 6.13:Tip 11 Kazı Destek Sistemi Detayları .....	129
Şekil 6.14:Tip 1 Ve Tip 2 Kazı Destek Sistemi .....	132
Şekil 6.15:Tip 3 Ve Tip 4 Kazı Destek Sistemi .....	133
Şekil 6.16:Tip 5 Ve Tip 6 Kazı Destek Sistemi .....	134
Şekil 6.17:Tip 7-8 Kazı Destek Sistemi .....	135
Şekil 6.18:Tip 9 Ve Tip 10 Kazı Destek Sistemi .....	136
Şekil 6.19:Tip 11 Kazı Destek Sistemi .....	137
Şekil 6.20:Kirazlı İstasyonu Betonarme Planı .....	139
Şekil 6.21:Kazık Başlığı İmalatı .....	142
Şekil 6.22:Kazı Yapılması .....	144
Şekil 6.23:Sert Zemin Kazısı .....	145
Şekil 6.24:Shotcrete Uygulaması .....	145
Şekil 6.25:El İle Shotcrete Uygulaması .....	146
Şekil 6.26:Ankraj İmalatı .....	147
Şekil 6.27:Kuşaklama Kirişi İmalatı .....	148

Şekil 6.28:Strut İmalatı .....	148
Şekil 6.29: Ankrajlı Perde Duvar İmalatı.....	149
Şekil 6.30: Destek Perdesi İmalatı .....	150
Şekil 6.31:Çelik Destekleyici Sistem İmalatları .....	151
Şekil 6.32:Temel Kazı İmalatı .....	152
Şekil 6.33:Grobeton İmalatı .....	153
Şekil 6.34:Kalıp İmalatı .....	153
Şekil 6.35:Betón Dökümü.....	154
Şekil 6.36:İzolasyon İmalatı .....	155
Şekil 6.37:Koruma Betonu.....	155
Şekil 6.38:Donatı Montajı.....	156
Şekil 6.39:Su Tutucu Bant Montajı.....	157
Şekil 6.40: Donatı Montajı.....	158
Şekil 6.41:Perde Ve Kolon İmalatı .....	159
Şekil 6.42:Kalıp İmalatı .....	160
Şekil 6.43:Tünel Aynası Betonarme İmalatı .....	160
Şekil 6.44:Betónarme Perde Ve Su Tutucu Bant İmalatı.....	161
Şekil 6.45:Betón Dökümü.....	161
Şekil 6.46:Kaset Döşeme İmalatı .....	162
Şekil 6.47:Betónarme İmalatı.....	163
Şekil 6.48:Yüksek Kolon Ve Dilatasyon Bölgesi İzolasyon İmalatı .....	164
Şekil 6.49:İksa Önü Perde Duvar İmalatı .....	164

Şekil 6.50:Yüksek Kolon Ve Perde İmalatı .....	165
Şekil 6.51:Betonarme İmalatı.....	165
Şekil 6.52:Tavan Döşemesi İmalatı .....	166
Şekil 6.53:Döşemede Soğuk Derz Ve Su Tutucu Bant İmalatı .....	167
Şekil 6.54:İzolasyon İmalatı .....	168
Şekil 6.55:İzolasyon İmalatı .....	169
Şekil 6.56:Koruma Betonu.....	169
Şekil 6.57:Geri Dolgu İmalatı .....	170



## KISALTMALAR

FS	: SÜRTÜNME KUVVETİ
HEB	: ÇELİK KLAVUZ PROFİLİ
H	: DERİNLİK
M	: METRE
V	: EĞİM
USD	: AMERİKAN DOLARI
C14	:BETON SINIFI
HRTS	:HAFİF RAYLI TRAMVAY SİSTEMİ
TBM	: TÜNEL AÇMA MAKİNASI
NATM	: TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ

## 1. GİRİŞ

Asya ve Avrupa arasında bir köprü vazifesi gören, önemli bir ticaret ve liman kenti olan İstanbul, tarih boyunca hiç önemini yitirmemiş ve hep ilgi odağı olmuştur. 21. Yüzyıl Türkiye'sinde hiç şüphesiz İstanbul, gerek on beş milyona yaklaşan nüfusuyla gerek taşıdığı tarihi kültür mirasıyla, gerekse ticari potansiyeliyle Türkiye'nin göz bebeği konumundadır. İstanbul, sadece Türkiye için değil, dünya ve özellikle Avrupa için de önemini hiçbir zaman yitirmeyecek olan bir dünya başkentidir. Maalesef İstanbul, son 30-35 yılda, yılların biriktirdiği bakımsızlık ve ilgisizliğin yanında yoğun göç sonucu orantısız artan nüfusuyla, kronikleşen sorunlarıyla gündeme gelmiş, İstanbul halkı için bu şehir her geçen gün daha zor bir yer haline gelmiştir. İstanbul'un en önemli problemleri arasında su ve çevre kirliliği, çarpık yapılaşma, alt yapı sorunları, ulaşım gibi konular en başta gelmektedir.

İstanbul'un ulaşım sorunu yıllardan beri çözülememektedir. Her geçen gün artan nüfus, ve buna paralel olarak artan otomobil sahipliği oranı karayolu trafiğini çıkmaza sokmaktadır. Özellikle son 10-15 yılda yapılan onlarca katlı kavşak ve bağlantı yollarına rağmen kent içi trafik şehrin bir çok noktasında, çevre yollarında ve köprülerde özellikle pik saatlerde keşmekeşe dönmektedir. Her yeni yapılan karayolunun yeni bir trafik yükü getirmekte olduğu günümüzde daha iyi anlaşılmış ve kent içi ulaşımında raylı sisteme olan ilgi artmıştır.

İstanbul, Tünel adıyla bilinen Karaköy-Galata Fünikülerinin ardından, 2000'li yılların başında ilk defa metroyla tanışmıştır. 24 Ekim 2000 tarihinde işletmeye açılan Taksim-4.Levent Metroyu, İstanbul'un en önemli Prestij Hizmet alanında, bulunduğu bölgedeki yoğun trafiği önemli ölçüde rahatlatan, hafta içi günde ortalama 170.000 kişinin taşıdığı, İstanbul Metrosunun omurgasını oluşturan önemli bir hattır.

O zamandan bu güne gelindiğinde, Taksim-4.Levent Metro hattına ilave yeni hatlar yapılıp bir bölümü işletmeye açılmış bulunmaktadır. Bir bölümü inşa halinde olup, imalat çalışmaları yer altında ve yer üstünde devam etmektedir. İstanbul ulaşım ana planı çerçevesinde 2023 yılına kadar İstanbul'a yaklaşık 550-600 km uzunluğunda metro hattı yapılarak ulaşım yükünün karayolundan kent içi raylı sistem taşımacılığına

aktarılması planlanmaktadır. Böylece, İstanbul halkının ulaşım konforu, geniş metro ağına sahip Londra, Paris, Tokyo, New York gibi şehirlerle yarışır hale gelmesi hedeflenmektedir.

İstanbul'un ulaşım yükünü azaltacak metro hatlarından biri de Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattıdır. 21,7 km 'lik güzergah boyunca toplam 16 istasyonla hizmet verecek olan hattın bir bölümü metro, bir bölümü hafif raylı sistem olarak tasarlanmıştır.

Bu çalışmada Metro sistemlerinin gelişimi, Metro hatlarının sınıflandırılması ve özellikleri, Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı ile ilgili genel bilgiler, İstasyon tasarım kriterleri, Metro inşaatlarında istasyon yapım yöntemleri, Bağcılar istasyonunun yapım yöntemi ve maliyet analizi, Kirazlı-1(Kirazlı) İstasyonu yapım yöntemi ve maliyet analizi, Farklı yapım yöntemi ile inşa edilen istasyonların birim maliyet analizlerinin yapılması ve karşılaştırılması irdelenmiş, karşılıklı olarak avantaj ve dezavantajları araştırılmış ve bunlara göre bir kıyaslama yapılmak suretiyle daha sonra yapılacak olan Metro İstasyonu inşaatlarında dikkat edilecek hususlar belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. METRO SİSTEMLERİ

### 2.1 METRONUN GELİŞİMİ

Dünyada ilk kez Londra'da 1863 yılında 6 km uzunluğunda aç-kapa yöntemi ile inşa edilen Metropolitan metro hattı yapılmıştır. Özel ekipmanla duman emisyonu azaltan buharlı lokomotifle çekim yapılan hatta, hava kalitesi ile ilgili şikayetler olsa da hızlı servis sayesinde çok sayıda yolcuyla çekmiştir. 1870 yılında Thames nehrinin altında geçen metro hattında ilk defa tüp tünel sistemi kullanılmıştır. Daha sonra aynı şehirde 1890 yılında çelik tüplerle inşa edilen 3.raydan beslenen elektrikli lokomotiflerin kullanıldığı bir metro hattı yapılmıştır. Avrupa kıtasında ilk defa 1896 yılında Budapeşte'de metro hattı açılmıştır, daha sonra Paris'te 1900 yılında, Berlin'de 1902 yılında ilk metro hatları açılmıştır. Berlin'de 1882 yılında viyadüklü banliyo (S-bahn) hattı açılmıştır. Amerika'da viyadüklü metro hatları Avrupa'ya göre daha fazladır. İlk defa 1860'lı yılların sonunda New York'ta çelik kolonlar üzerinde viyadüklü metro hattı açılmıştır. İlk başta kablolu çekim yapılan hatta işletme sorunları yaşandığı için buharlı çekime geçilmiştir. Ancak buharlı çekimin gürültülü ve güvenilir olmaması ve yakınındaki binaların güneş ışığını engellemesi şikayetlere neden olmuştur. 1870 ve 1880'li yıllarda viyadüklü üç hat inşa edilmiştir. Artan yolculuk talepleri ve elektrikli çekimde gelişmeler doğrultusunda tünel içinde ilk metro 1904 yılında işletmeye açılmıştır.

Ülkemizde Londra'dan sonra ikinci metro olan Kadıköy tüneli yap-işlet modeli ile yapılarak 1875 yılında işletmeye açılmıştır. İlk başta buharlı çekilen araçlar 1910 yılında elektrikle çekime geçilmiştir. Daha sonra yaklaşık 114 yıl sonra, ülkemizde ikinci metro 1989 yılında İstanbul hafif metro hattı açılmıştır.

1890-1910 yılları arasında hızlı, yüksek kapasiteli ve güvenilir metro sistemlerine çok ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Ancak yüksek yapım maliyeti ve dünya savaşları, metro projelerinin gelişimini oldukça yavaşlatmıştır. 2.Dünya savaşı sonrasında A.B.D. karayolu ulaşımına yönelik altyapı tesisleri inşa etmeye yoğunlaşmıştır. Savaş sonrasında Avrupa'da ve Japonya'da çok kısıtlı bütçeler olmasına rağmen, ayrık hatlara sahip hızlı raylı sistemlerin otomobile göre rekabetçi olması sayesinde yatırımlar tekrar hız kazanmaya başlamıştır.

Dünyada kentsel ulaştırmanın önemi, İkinci Dünya Savaşı'nın ardından otomobilin ve motorlu taşıtların sayılarının hızlı artışına bağlı olarak ön plana çıkmıştır. Otomobil arzının artması, buna karşılık karayolu ağlarının yetersizliği kent içinde trafik sorununun doğmasına neden olmuştur. Bu sorunun çözümlenmesi amacıyla bir takım çalışmalar ve planlamalar yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Özel otomobil kullanımının hızlı artışı birçok kentte işletilen raylı sistemlere atıl kalmasına ve hatta kapatılmasına kadar gitmiştir. Ancak 1950'li yıllarda yapılan ulaşım planlamalarında işletmeden kaldırılan raylı sistemlerin kurtarılmasına dönük hiç bir çalışma yapılmamış; trafik sorunu trafik sıklıkliğına endekslenmiş ve buna bağlı olarak da özel otomobillerin hareketini kolaylaştıracak yeni yollar inşa edilmiştir. Böylece toplu taşıma türlerine olan talep daha da azalmış ve özel otomobil kullanımı da hızlı artmıştır.

Kent ulaşımının gelişimindeki kilometre taşları tablo 2.1 de sunulmuştur. Modelin ulaşım sistemleri olmaksızın büyük kentlerin oluşamayacağı da görölmektedir. Geçmişte yeterli kent ulaşımının sağlanamamasının başlıca nedeni teknoloji olmuştur. Uzun süren araştırmalar ve teknolojik gelişmeler sonucunda bile hala daha bir çok kentte ciddi ulaşım problemleri yaşanmaktadır.

Günümüzdeki sorun ise kronik cadde karayolu sıklıkliğı yetersiz ulaşım kalitesi bazı gruplar için yetersiz ulaşım altyapısı, finansman sorunları ve (bazen en ciddi sorun olan) ulaşım kent ve çevre üzerindeki olumsuz etkileridir.

Şehirlerin önündeki kompleks problem farklı ulaşım modları arasında uygun dağılımı sağlamaktır. Temelde esas sorun, özel otomobil ve toplu taşıma arasındaki yol dağılımının şehir büyüklüğüne topografyaya, yaşam standardına ve alışkanlıklara bağlı olarak nasıl yapılacağına karar vermektir. Bu karar çoğu kez anlaşılamamakta veya yeterli düzeyde üzerinde durulmamaktadır. Birçok şehirde özel otomobil düzenlenmesi yetersiz olması nedeniyle daha fazla olan hareketlilik potansiyeli trafik sıklıkliğı nedeniyle sınırlanmakta ve yayaların ulaşımı güvensiz veya sınırlı kalmaktadır. Özel ve toplu taşıma arasındaki denge bölgesel düzenleme ve ekonomik önlemlerden ziyade caddelerin trafik sıklıkliğı ile belirlenmektedir.

Ulaşım servislerinin entegrasyonu ve düzenlemeleri ile birlikte önemli gelişmeler sağlanmıştır. Çoğu büyük kentte ilk başta bağımsız olan ulaşım sistemleri arasında entegrasyonun sağlanması, otopark ve trafik düzenlemeleri ile şehirlerin yaşanabilirliği

artmıştır. Münih, Paris, Toronto gibi şehirlerde bugün tüm ulaşım operatörleri arasında tam entegrasyon sağlanmış ve cadde trafiği, yaya, transit ulaşım arasındaki ilişkiler iyileştirilerek en iyi ulaşım hizmetleri verilmektedir.

Sonuç olarak teknolojik ve işletmesel yenilikler modern ulaşımın gelişiminde çok belirleyici olurken, günümüzde daha ziyade planlama, organizasyon, politikalar gibi ulaşımın iyileştirilmesindeki, eksikler daha belirleyici olmaktadır. Ulaşım sorunu tam anlaşılmadığı zaman yanlış mod seçimi gibi sorunlar olmaktadır. Bundan dolayı efektif ulaşım ve sağlıklı şehirler için planlama, organizasyon ile birlikte transit sistemler ve teknoloji çok iyi kavranmalıdır.

**Tablo 2.1: Kentiçi raylı sistemlerinin gelişiminde önemli kilometre taşları**

YIL	YER	OLAY
1765	İngiltere	Buharlı motorun icadı (Watt)
1825	Stockton-Darlington-İngiltere	İlk demiryolu hattı
1832	New York	İlk atla çekilen tramvay
1863	Londra	İlk metro
1881	Berlin	İlk elektrikli tramvay (Siemens)
1901	Wuppertal, Almanya	İlk başarılı monoray
1955	Cleveland	İlk kapsamlı park at-bin uygulaması
1956	Paris	İlk lastik tekerlekli metro
1962	New York	İlk tam otomatik metro
1972	BART, San Francisco	İlk bilgisayar kontrollü metro
1990	Breman	İlk %100 düşük tabanlı LRT aracı
1993-2002	Lyon, Paris, Singapur	Tam otomatik metro
1990-	Batı Avrupa, ABD, Japonya Singapur	ITS teknolojinin yaygın kullanımı

## 2.2 METRO

Metro, 4 akslı, elektrikli, 10'lu setlere kadar çalıştırılabilen tam sinyalli ve tam korumalı (A kategorisi) olan sistemlerdir. Yüksek hız, kapasite, hızlı inme-binme ve sürücü hatasına izin vermeyen kontrol sistemleri ile güvenli sistemlerdir. 90 saniyeye düşen sefer aralıkları ve 2000 kişiye varan kapasite ile diğer raylı sistemlerden çok daha yüksek performansa sahiptir. Tam korumalı, yüksek kapasiteli optimal bir raylı sistem metodudur. Hatalara karşı tam emniyetli kontrol sistemleri, elektrik çekimi ile maksimum hıza imkan vermektedir. Yolcu binme-inme kapasitesi lrt'ye göre 3-5 kat ve otobüse göre 10-20 kat daha fazladır.

**Tablo 2.2: Otomatik sürücüsüz ulaşım sistemlerinde önemli gelişmeler**

ŞEHİR/HAT YIL	ARAÇ SAYISI	ARAÇ BOYU	YOLCU KAPASİTESİ	HAT KAPASİTESİ	AÇIKLAMA
Dallas -Fort 1974	2	13	80	Düşük	Havaalanı hattı
Morgantown 1975	1	5	21	Düşük	
Atlanta 1980	3	36	420	Orta	Ring hattı
Lille/VAL 1983	2	28	172	Düşük-Orta	Düzenli Ulaşım
Vancouver/SkyTrain 1986	4	51	440	Orta	Gezici sürücü
Londra/Docklands LRT 1988	2	56	254	Orta	Sürücü
Lyon metro/D hattı 1993	3	50	450	Orta	Otomatik lastik tekerlekli metro
Paris metro/14 hattı 1998	6	90	866	Yüksek	Otomatik lastik tekerlekli metro
Singapur/Northeast 2002	6	138	1353	Yüksek	Tam otomatik

Son zamanlarda inşa edilen metrolar da ATO (otomatik tren işletme) sistemleri sürücüsüz olarak tüm şebekenin merkez kontrol merkezinden işletilmesi mümkündür. En iyi örnekleri Lyon metro D hattı (1993), Paris metro 14 hattı (1998) ve Singapur Northeast hattı (2002) dır ve sürücüsüz metroların yakın zamanda daha fazla artacağı beklenmektedir. İşletme maliyeti daha düşük ve işletme elverişliliği daha yüksektir. Buna karşın yatırım maliyeti daha fazla ve sistem daha komplekstir. Bir sistemin elverişliliği (reliability) yol kullanım hakkına, tren varış kontrolüne ve servisteki araç yüzdesine bağlıdır. İyi araç ve hat bakımı yapılan sistemlerde servisteki araç oranı %92-95 arasındadır. % 5-8 oranda araç, periyodik bakım, tamir, kaza nedeniyle servis dışı kalmaktadır.

İlk maliyetleri yüksek görünse de yolcu başına düşen yatırım ve işletme maliyetleri açısından en uygun sistemlerdir. Ayrıca ilave yolcunun marjinal maliyeti daha düşüktür. Genelde 2.5-3.2 m genişliğinde, 16-23 m boyunda 1-10 araçlıdır. Araç kapasitesi 120-150 kişi arasında ve bu yolcunun %25-60'ı oturan yolcudur. İşletme hızı 25-60 km/sa arasındadır ve pik saatlerde bir saatte geçen tren sayısı 20-40 arasındadır.

Metro ismi her ülkede farklı kullanılmaktadır. İngiltere'de "Underground", Almanya'da "S-Bahn", Fransa'da "Metro", ABD'de "Subway" ve Rusya'da "Metropolitan" isimleri kullanılmaktadır.

Metro yapımının birçok amacı vardır ama bazı amaçlar özellikle ön plana çıkar:

- i. Toplu taşıma hızını artırmak (Brüksel, Moskova, New York)
- ii. Yeterli kapasiteyi sağlamak (Londra, Moskova, Mexico, Tokyo)
- iii. Tramvay ve otobüse göre işletme maliyetini azaltmak (Hamburg, Münih, Atlanta)
- iv. Trafik sıkışıklığını önlemek (Boston, Londra, Montreal) ve aşırı otopark ihtiyacını azaltmak (Washington, San Francisco)
- v. Daha yüksek güvenilir, güvenli, konforlu toplu taşımayı sağlamak (Berlin, Viyana, Washington)
- vi. Kent merkezini güçlendirmek (Boston, Paris, Philadelphia)



- vii. Jeografik olarak ayrı bölgeleri birleştirmek (New York, Rotterdam, Los Angeles)
- viii. Kent merkez dışındaki alanlardaki önemli aktivite merkezlerini güçlendirmek (Amsterdami Stokholm)
- ix. Konut, ofis, medikal tesis veya üniversite kampüsüne servis veren özel hatta yüksek kaliteli hizmet sunmak (Houston medikal kompleks, Alberta üniversite kampüsü)
- x. Şehir merkezi ile havaalanı arasında bağlantıyı sağlamak (1980’li yıllardan itibaren birçok şehirde yapılmaktadır.)

Metro yapımının yüksek seviyeli amaçları şunlardır:

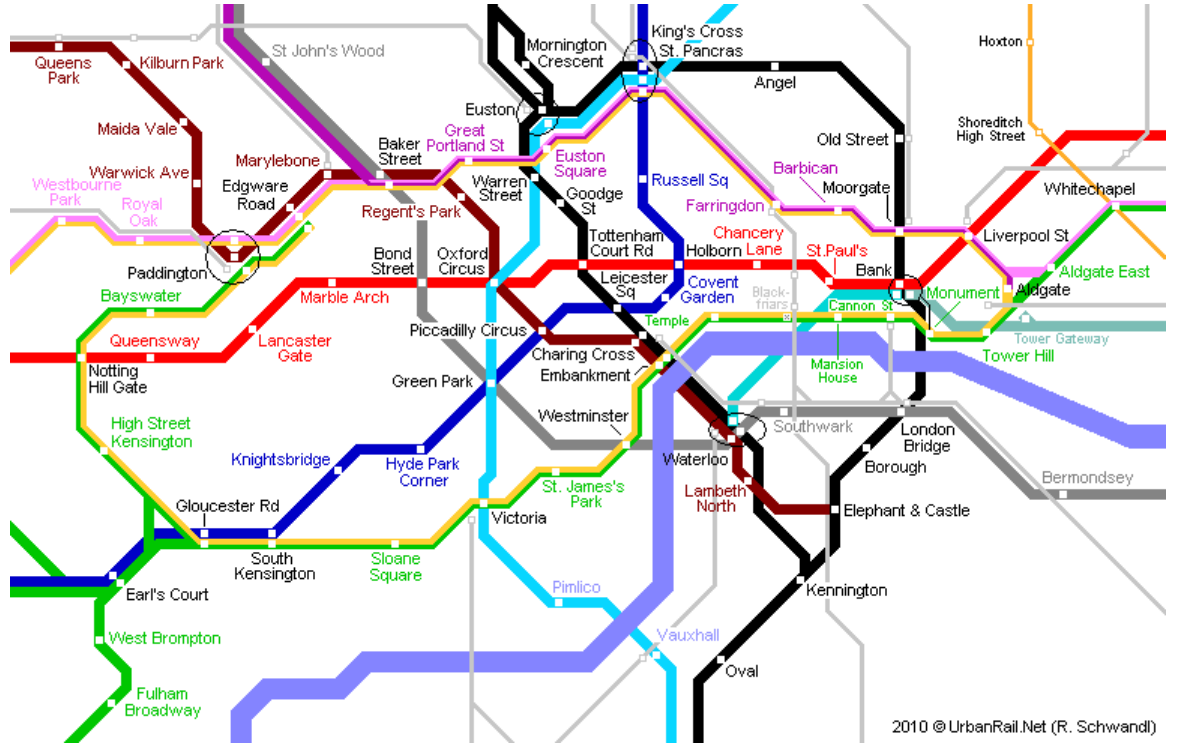
- i. Toplu taşıma kullanımını arttırmak ve nüfusun hareketliliğini artırmak
- ii. Kenti kapsayan bir ağda yüksek seviyeli toplu taşımayı sağlamak
- iii. Özel otomobilden yolcuyu çekmek
- iv. Toplu ve özel taşıma arasında daha iyi bir denge sağlamak
- v. Sürekli bir ulaşım hizmeti sunmak
- vi. Kent gelişiminin kalitesini artırmak ve efektif ve yaşanabilir kent formlarını oluşturmak

Bir metro sistemin yapılması ile şehir nüfusu arasında bir ilişkinin kurulması çok sayıda parametreden dolayı çok zordur. Bazı şehirler özel otomobil kullanımını azaltmak için nüfusları çok artmadan metro yapımına başlamışlardır, mesela SDtokholm (750.000), Lisbon (900.000), Rotterdam (700.000). NüMBERG ve Oslo kentleri, topografik, politik ve finansal bazı özel nedenlerden dolayı nüfusu 500.000 olmadan metro yapımına başlamıştır. Tramvay ve hafif raylı sistemler nüfusu 150.000-300.000 arasındaki şehirlerde kullanılmaktadır ama nüfusu 1-2 milyonu bulan bazı şehirlerin ana koridorlarını da oluşturabilmektedir. Nüfusu 0.5-2 milyon arasında olan bir çok şehirde metro ve hafif raylı sistem birlikte kullanılmaktadır. (Amsterdam, Brüksel, Milan, Toronto, Cleveland). Şehir büyüklüğü ile raylı sistem modları arasında kesin kurallar

konulamaz. Mesela Boston Green Line hafif raylı sistemi, üç ayrı metro hattının her birinin daha fazla yolcu taşımaktadır. Holulu, 700.000 nüfusu ile küçük, estetik, güzel bir çevresi olan, çok sayıda turist çeken bir şehir olduğu için daha büyük diğer Amerikan şehirlerine göre raylı sisteme daha fazla ihtiyacı vardır. Amerika, Kanada, Avrupa’da raylı sistem yapımının başlıca amacı mevcut sistemlerin kalitesini artırmak iken, Asya, Latin Amerika, Rusya gibi ülkelerde asıl amaç yüksek kapasite sağlamaktır.

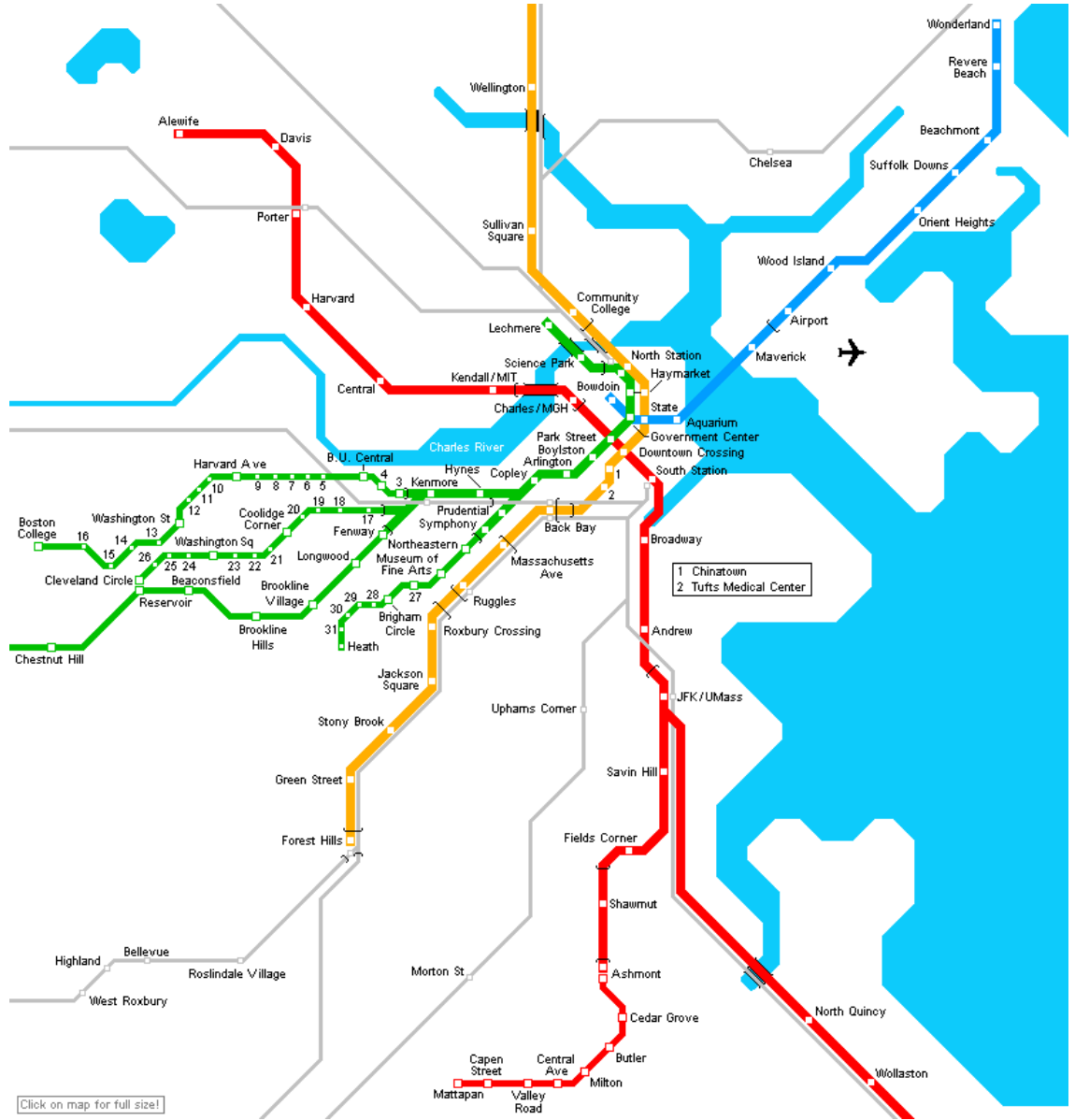
### **2.3 METRO İNŞAATLARININ DÜNYA’DAKİ VE TÜRKİYE’DEKİ TARİHÇESİ**

-Londra metrosu, yerin altındaki tünellerinin şekilleri nedeniyle ‘Tüp’ diye adlandırılır. Londra metrosunda, ilk sefer 10 Ocak 1863’te yapıldı. Metro, 415 km uzunlukta, 274 istasyon sayısı ve 12 aktif hat ile faaliyet göstermektedir. Her gün 3 milyonu aşkın kişinin ulaşım için kullandığı Londra metrosunda, platformlar kameralarla izlenmektedir. Toplam güzergah uzunluğu 415 km olmakla birlikte birçok istasyon birkaç hat tarafından kullanılmaktadır. Londra metrosundaki hatlara bakıldığında; Circle Hattı, 26.5 km uzunluğunda olup 36 istasyon bulunmaktadır. Metropolitan Hattı, 65.3 km uzunluğunda olup 34 istasyon bulunmaktadır. Hammersmith & City Hattı, 25.4 km uzunluğunda olup 28 istasyon bulunmaktadır. District Hattı, 64.5 km uzunluğunda olup 60 istasyon bulunmaktadır. Northern Hattı, 59.1 km uzunluğunda olup 52 istasyon bulunmaktadır. Central Hattı, 73.3 km uzunluğunda olup 50 istasyon bulunmaktadır. Waterloo & City Hattı, 2.4 km uzunluğunda olup 2 istasyon bulunmaktadır. Bakerloo Hattı, 23.6 km uzunluğunda olup 25 istasyon bulunmaktadır. Piccadilly Hattı, 65.6 km uzunluğunda olup 52 istasyon bulunmaktadır. Victoria Hattı, 21.3 km uzunluğunda olup 16 istasyon bulunmaktadır. Jubilee Hattı, 37.2 km uzunluğunda olup 27 istasyon bulunmaktadır. Docklands Light Railway Hattı, 34 km uzunluğunda olup 40 istasyon bulunmaktadır (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1: Londra Metro**

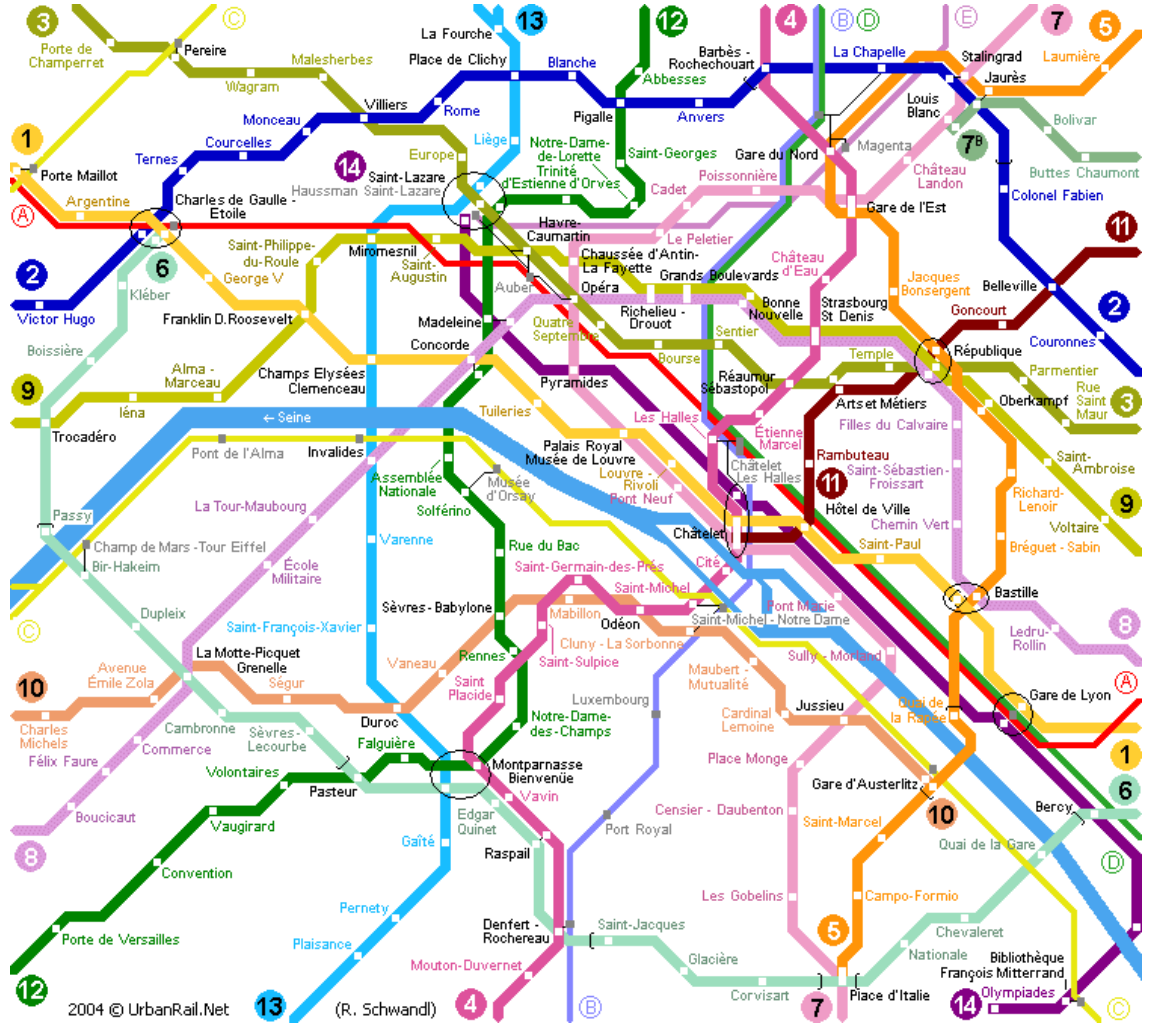
Kuzey Amerika'daki ilk ulaşım amaçlı tüneller, 1 Eylül 1897'de işletmeye açılmış olan Boston'daki 'Yeşil Hat' adıyla anılan kesimdir. Boston metrosunun ilk tasarımı dört hat olan ve hafif vagonların çalışacağı iki istasyondan oluşan bir güzergahtı. Boston metrosun da daha sonradan yapılan inşaat çalışmaları uzun trenlere göre yapılmıştır. Yeşil hatta hala hafif vagonlar çalışmaktadır. 1901'de ağır vagonlar diğer hatlarda devreye sokulmuştur. Boston metrosundaki hatlara bakıldığında; Green Hattı, 36.4 km uzunluğunda olup 65 istasyon bulunmaktadır. Red Hattı, 33 km uzunluğunda olup 22 istasyon bulunmaktadır. Blue Hattı, 9.5 km uzunluğunda olup 12 istasyon bulunmaktadır. Orange Hattı, 18 km uzunluğunda olup 19 istasyon bulunmaktadır. Silver Hattı, 1.6 km uzunluğunda olup 3 istasyon bulunmaktadır (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2: Boston Metro**

Paris'in sembollerinden biri haline gelen Paris metrosunun başlangıç hattı 19 Temmuz 1900 yılında, Dünya Fuarı Evrensel Sergisi sırasında törenle açılmıştır. Toplamda 211 km uzunluğunda olup 16 hatlıdır. Hatlar 1'den 14'e kadar numaralandırılmış ve iki tane de 3bis ile 7bis adı verilmiş küçük hat mevcuttur. Bunlar önceleri 3. ve 7. hatların birer kollarıyken daha sonra bağımsız birer hatta dönüşmüşlerdir. Paris metrosundaki hatlara bakıldığında; 1. Hat, La Defense- Chateau de Vincennes Hattı 16.6 km uzunluğunda olup 25 istasyon bulunmaktadır. 2. Hat, Charles de Gaulle-Etoile-Nation Hattı 12.3 km uzunluğunda olup 25 istasyon bulunmaktadır. 3. Hat, Pont de Levallois/Becon-Gallieni

Hattı 11.7 km uzunluğunda olup 25 istasyon bulunmaktadır. 3bis Hattı, Gambetta-Porte de Lilas Hattı 1.3 km uzunluğunda olup 4 istasyon bulunmaktadır. 4. Hat, Porte de Clignancourt-Porte d'Orleans Hattı 10.6 km uzunluğunda olup 26 istasyon bulunmaktadır. 5. Hat, Place 'Italie-Bobigny/Pablo Picasso Hattı 14.6 km uzunluğunda olup 22 istasyon bulunmaktadır. 6. Hat, Etoile-Nation Hattı 13.6 km uzunluğunda olup 28 istasyon bulunmaktadır. 7. Hat, La Courneuve-Villejuif/Mairie d'Ivry Hattı 22.4 km uzunluğunda olup 38 istasyon bulunmaktadır. 7bis Hattı, Louis Blanc-Pre-St.Gervais Hattı 3.1 km uzunluğunda olup 8 istasyon bulunmaktadır. 8. Hat, Balard-Creteil-Prefecture Hattı 22.1 km uzunluğunda olup 37 istasyon bulunmaktadır. 9. Hat, Pontde Sevres-Mairie de Montreuil Hattı 19.6 km uzunluğunda olup 37 istasyon bulunmaktadır. 10. Hat, Boulogne Pont de St. Cloud-Gare d'Austerlitz Hattı 11.7 km uzunluğunda olup 23 istasyon bulunmaktadır. 11. Hat, Chatelet-Mairie de Lilas Hattı 6.3 km uzunluğunda olup 13 istasyon bulunmaktadır. 12. Hat, Porte de la Chapelle-Mairie d'Issy Hattı 13.9 km uzunluğunda olup 28 istasyon bulunmaktadır. 13. Hat, Asnieres-Gennevilliers/St.-Denis-Chatillon-Montrouge Hattı 24.3 km uzunluğunda olup 32 istasyon bulunmaktadır. 14. Hat, St-Lazare-Bibliotheque François Mitterrand Hattı 9 km uzunluğunda olup 9 istasyon bulunmaktadır (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3:Paris Metrosu**

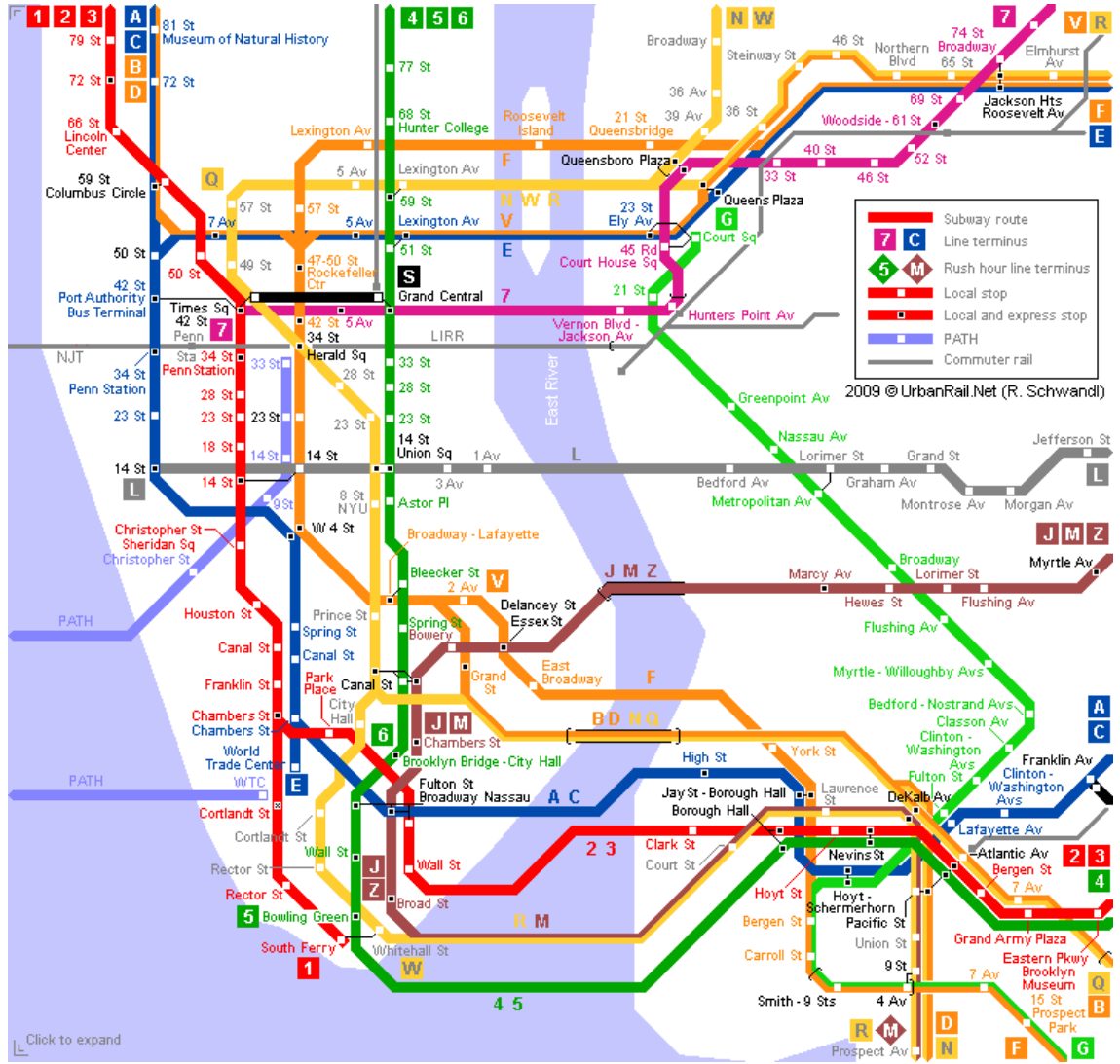
Berlin, Almanya'nın başkenti ve en büyük şehri olarak 3.5 milyon nüfusu ile Avrupa'nın önemli başkentlerinden biridir. Berlin'de ilk metro 18 Şubat 1902'de çalışmaya başlamıştır. Berlin metrosundaki hatlara bakıldığında; U1 Hattı, Uhlandstraße-Warschauer Straße Hattı 8.9 km uzunluğunda olup 13 istasyon bulunmaktadır. U2 Hattı, Pankow-Ruhleben Hattı 20.7 km uzunluğunda olup 29 istasyon bulunmaktadır. U3 Nollendorfplatz-Krumme Lanke Hattı 12.1 km uzunluğunda olup 15 istasyon bulunmaktadır. U4 Hattı, Nollendorfplatz-Innsbrucker Platz Hattı 2.9 km uzunluğunda olup 5 istasyon bulunmaktadır. U5 Hattı, Alexanderplatz-Hönöw Hattı 18.4 km uzunluğunda olup 20 istasyon bulunmaktadır. U55 Hattı, Hauptbahnhof-Brandenburger Hattı 1.5 km uzunluğunda olup 3 istasyon bulunmaktadır. U6 Hattı, Alt-Tegel-Alt-Mariendorf Hattı 19.9 km uzunluğunda olup 29 istasyon bulunmaktadır. U7 Hattı, Rathaus Spandau-Rudow Hattı 31.8 km uzunluğunda

olup 40 istasyon bulunmaktadır. U8 Hattı, Wittenau-Hermannstraße Hattı 18.2 km uzunluğunda olup 24 istasyon bulunmaktadır. U9 Hattı, Rathaus Steglitz-Osloer Straße Hattı 12.5 km uzunluğunda olup 18 istasyon bulunmaktadır.(Şekil 2.4).



Şekil 2.4:Berlin Metrosu

New York Metrosu Amerika'nın en büyük metrosu olarak 27 Ekim 1904 tarihinde açılmıştır. Toplamda 368 km uzunluğunda olup 468 istasyon bulunmaktadır, bu istasyonlardan bir kısmı farklı hatlara da hizmet vermektedir. New York metrosu şehrin trafik yoğunluğunu azaltmada yetersiz kalsa da, önemli bir trafik yükünü hafifletmektedir (Şekil 2.5).

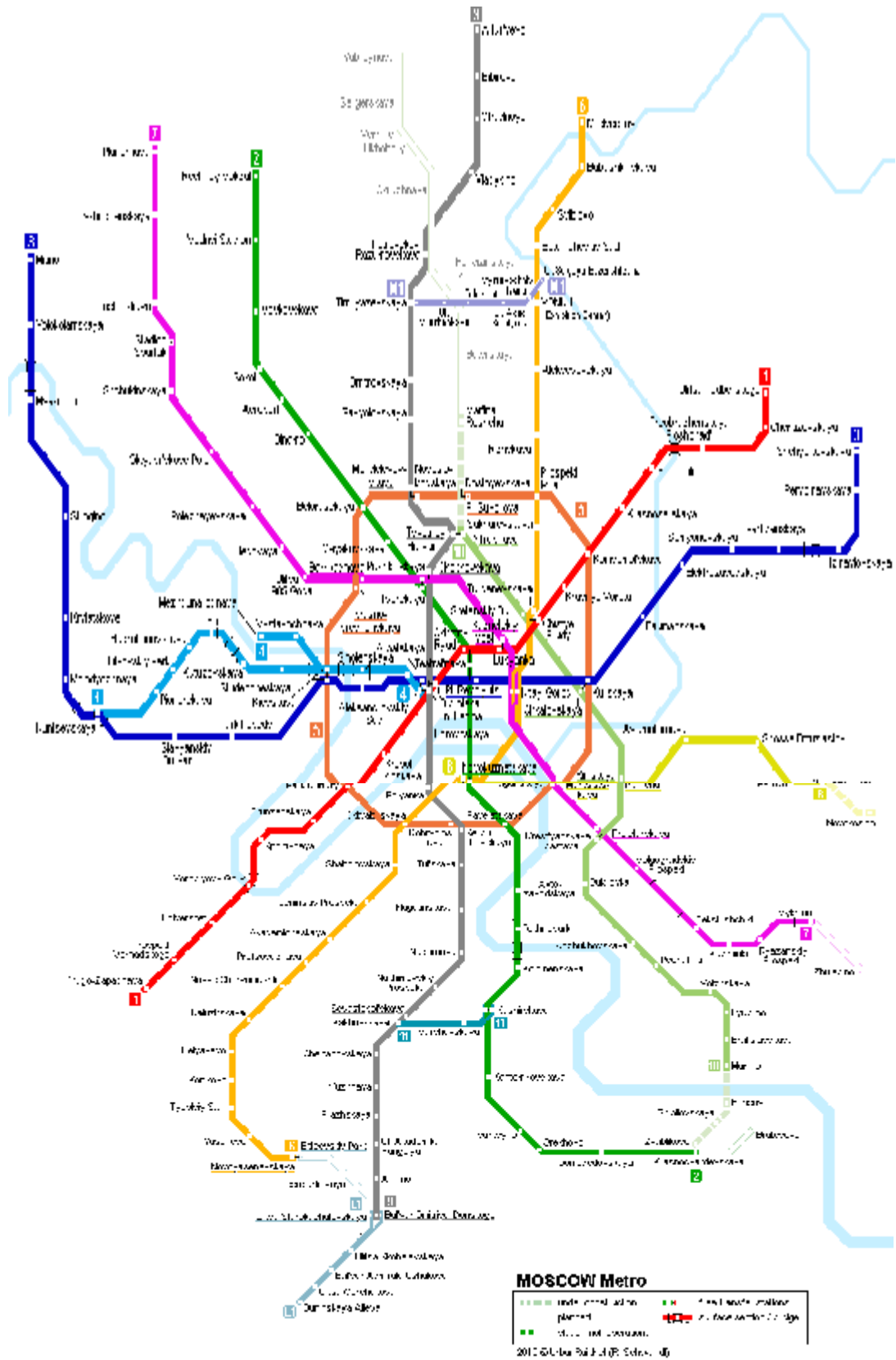


Şekil 2.5:Newyork Metrosu

-Moskova Metrosu 15 Mayıs 1935 yılında hizmete girmiş ve halen dünyanın en modern metrosu olarak kabul edilmektedir. Metronun istasyonları bir sanat şeheri olarak adlandırılmaktadır. 265 km uzunluğunda olup 165 istasyona sahip Moskova Metrosu iş günlerinde 8-9 milyon arası yolcu taşıma kapasitesi ile dünyanın en çok yolcu taşıyan metrosu konumundadır. 13 hattı bulunan Moskova Metrosunun hatlarına bakıldığında; Hat 1, Sokol'nicheskaya (Kirovsko-Frunzenskaya) Hattı 26.2 km uzunluğunda olup 19 istasyonu bulunmaktadır. Hat 2, Zamoskvoretskaya Hattı 36.9 km uzunluğunda olup 20 istasyonu bulunmaktadır. Hat 3, Arbatsko-Pokrovskaya Hattı 43.7



km uzunluğunda olup 21 istasyonu bulunmaktadır. Hat 4, Filyovskaya Hattı 14.9 km uzunluğunda olup 13 istasyon bulunmaktadır. Hat 5, Kol'tsevaya Hattı (ring hat) 19.3 km uzunluğunda olup 12 istasyon bulunmaktadır. Hat 6, Kaluzhsko-Rizhskaya Hattı 37.9 km uzunluğunda olup 24 istasyon bulunmaktadır. Hat 7, Tagansko-Krasnopresnenskaya Hattı 35.9 km uzunluğunda olup 19 istasyon bulunmaktadır. Hat 8, Kalininskaya Hattı 13.1 km uzunluğunda olup 7 istasyon bulunmaktadır. Hat 9, Serpukhovsko-Timiryazevskaya Hattı 41.5 km uzunluğunda olup 25 istasyon bulunmaktadır. Hat 10, Lyublinskaya Hattı 20.7 km uzunluğunda olup 12 istasyon bulunmaktadır. Hat 11, Kakhovskaya Hattı 3.4 km uzunluğunda olup 3 istasyon bulunmaktadır. Hat L1, Butovskaya Hattı (Hafif Metro) 5.5 km uzunluğunda olup 5 istasyon bulunmaktadır. Hat M1, Monoray Hattı 4.7 km uzunluğunda olup 6 istasyon bulunmaktadır (Şekil 2.6).

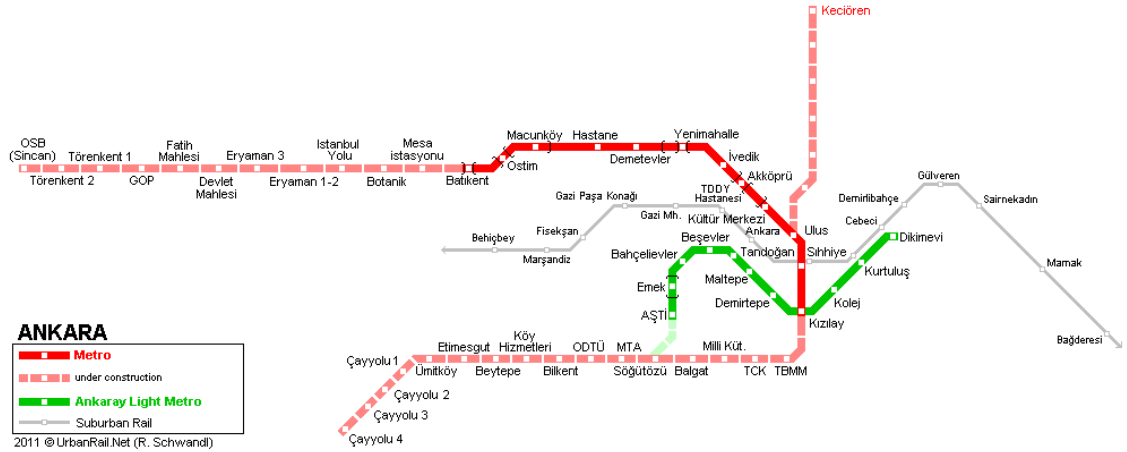


Şekil 2.6: Moskova Metrosu

-Ankara Metrosu sistemi 3'ü yapım aşamasında olan 2 tanesi aktif halde çalışmakta olan 5 hattan oluşmaktadır. Ankara'nın artan ulaşım talebini karşılamak amacıyla yapımına 7 Nisan 1992 tarihinde başlanan Ankara'nın ilk hafif raylı sistemi olan Ankaray, 30 Ağustos 1996 tarihinde tamamlanarak AŞTİ-Dikimevi güzergahında hizmete açıldı. Hat 8.52 km uzunluğunda olup 11 istasyonu bulunmaktadır.

1997 yılında hizmete giren Ankara Metrosu 1. Aşama Metro olarak bilinmektedir. Batıkent-Kızılay istikametinde ulaşım sağlayan, Ankara'nın kullanımında olan metrosudur. Hat uzunluğu 14.66 km uzunluğunda olup 12 istasyonu bulunmaktadır (Şekil 2.8).

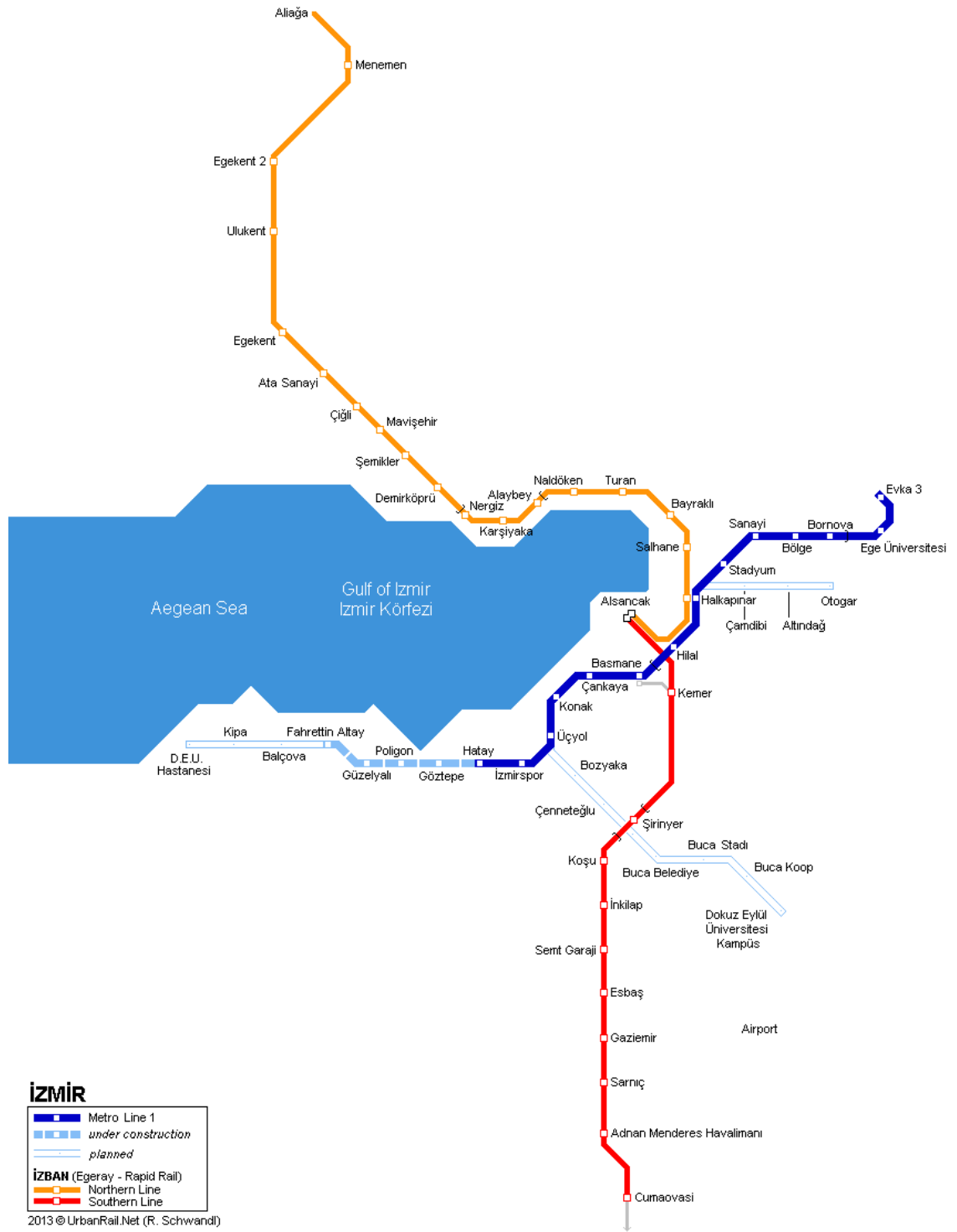
2. Aşama Metro, halk arasında Çayyolu Metrosu olarak bilinmektedir. Kızılay ile Çayyolu semtini birleştiren, yapımına 2003 yılında başlanan ve inşaatı devam eden, 16.59 km uzunluğunda, 11 istasyon olarak yapılması planlanmıştır. 3. Aşama Metro, halk arasında Eryaman Metrosu olarak bilinmektedir. Kızılay ile Töreken semtini birleştiren, yapımına 2001 yılında başlanan ve inşaatı yasal sorunlar nedeniyle tamamlanamayan bu metronun 1. Aşama Metro Batıkent istasyonu üzerinden aktarmasız taşıma yapması planlanmaktadır. Bu hat, 17.76 km uzunluğunda, 12 istasyon yapılması planlanmaktadır. 4. Aşama Metro, halk arasında Keçiören Metrosu olarak bilinmektedir. Tandoğan-Ulus ile Keçiören ilçesini birleştiren, yapımı halen devam eden bu metronun, Ankaray'ın Tandoğan istasyonu üzerinden aktarmalı taşıma yapması planlanmaktadır. Bu hat 9.22 km uzunluğunda, 9 istasyon yapılması planlanmaktadır. Ankara Metrosu sistemi, 90 saniyelik servis aralıkları ile hareket edebilme, saatte 80 km hız yapabilme, 108 (36 tren) adet araçla her bir yönde saatte 70.000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Güzergâh boyunca sistemdeki max. Eğitimi %3'tür. Ana hat 3.4 km lik köprüyol(viyadük), 7.1 km lik yeraltı delme tüneller, 4.1 km lik açık yarma ve hemzemin kesimlerden oluşmaktadır. Hat açıklığı 1435 mm olup kaynaklanmış sürekli raylardan oluşmaktadır. Acil durumlar ve bakım servisleri için tüm ana hat güzergâhı boyunca bir yürüme yolu bulunmaktadır. Yolcu istasyonlarındaki platform uzunluğu 140 m dir. Altı istasyonda kenar platform beş istasyonda orta platform ve Kızılay İstasyonu'nda hem kenar hem de orta platform bulunmaktadır(Şekil 2.7).



**Şekil 2.7:Ankara Metrosu**

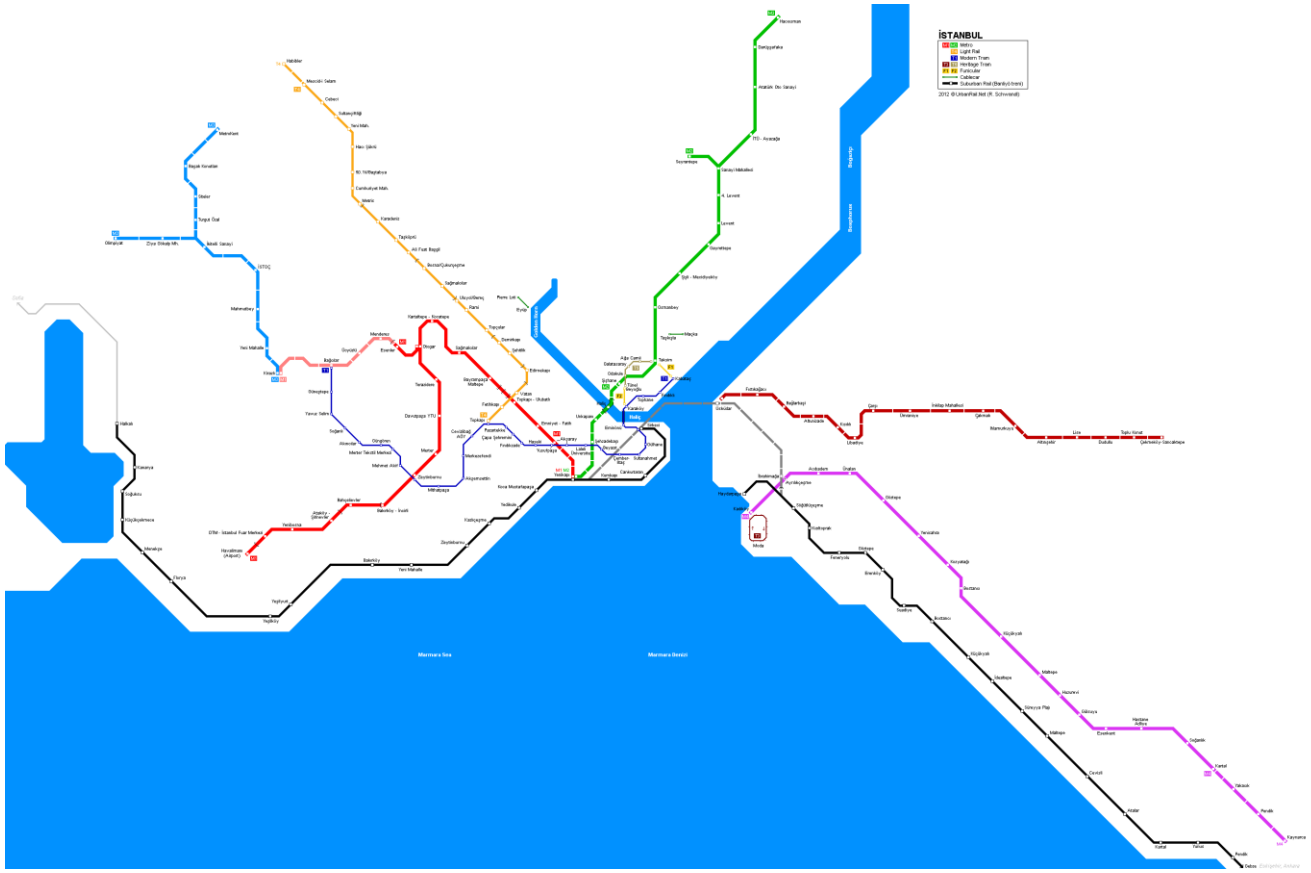
-İzmir Hafif Raylı Sistemi 22 Mayıs 2000 tarihinde faaliyete girmiştir. 1. Aşama Üçyol-Bornova arasında 11.6 km uzunluğunda olup 10 istasyon bulunmaktadır. 2. Aşama Üçyol-Fahrettin Altay arası 5.5 km uzunluğunda, 6 istasyon yapılması planlanmıştır. 3. Aşama Bornova Merkez ve Otogar bağlantıları, İzmir Metrosunun Ege Üniversitesi Hastanesi önündeki son istasyondan Bornova merkeze 3.2 km ve Üniversite, Evka 3, Bornova Merkez ve Halkapınar istasyonundan Kamil Tunca Bulvarı altından Otogara 4.5 km Halkapınar, Vakıf, Çamdibi, Altındağ, Otogar proje çalışmaları tamamlanmak üzeredir.

4.Aşama Fahrettin Altay – Balçova Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi arası, tamamı yeraltında olan 3.75 km uzunluğundaki güzergahta 4 adet istasyon planlanmıştır. 5.Aşama Üçyol-Buca-9 Eylül Kampusu Güzergah etüdü yapılıyor (Şekil 2.9). Bunun yanı sıra, Halkapınar İstasyonu’ndan İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan ve TCDD işbirliği ile yürütülen Aliğa–Menderes hattının metro standardına yükseltilmesi projesinin tamamlanmasıyla birlikte toplam 97 km lik etkin bir aktarmalı ulaşım olanağı yaratılacaktır (<http://www.izmirmetro.com.tr>) (Şekil 2.8).



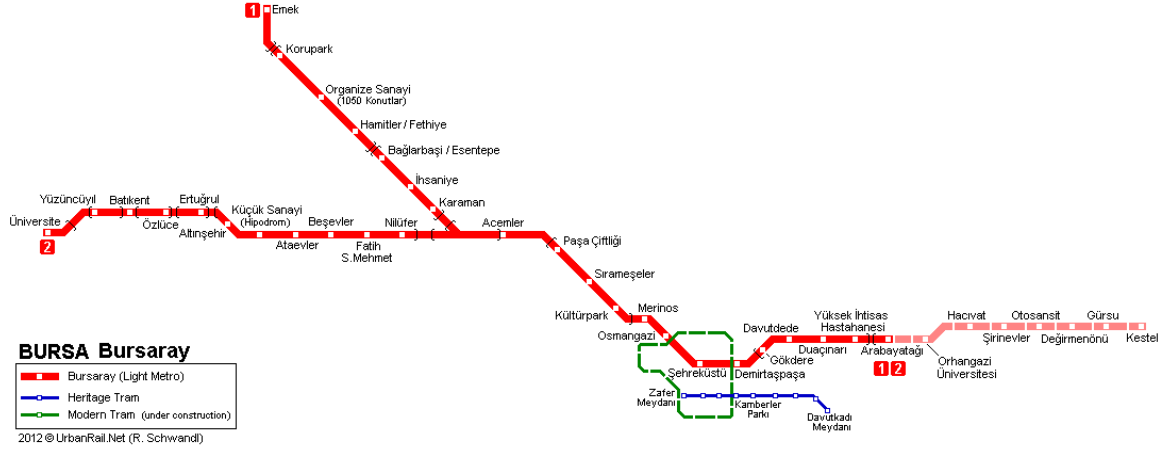
Şekil 2.8: İzmir Metrosu

-İstanbul Metrosu, 12 milyonu aşkın nüfusu ile dünyanın en büyük şehirlerinden biri olan İstanbul'un trafik sorununu ortadan kaldırmak amacı ile yapılmaya başlanmıştır. İstanbul Metrosu diğer metrolarda olduğu gibi metro, hafif metro, banliyö hattı birbiri ile entegre olacak şekilde projelendirilmiş ve yapımı devam etmektedir. İstanbul'da hafif metro ve metro hatlarına bakıldığında; Aksaray-Havalimanı Hafif Metro hattı, 19.6 km uzunluğunda olup 18 istasyona sahiptir. 3 Eylül 1989 tarihinde Aksaray-Kartaltepe arasında faaliyete girmiştir. Zeytinburnu-Kabataş Hattı, ilk olarak Sirkeci-Aksaray-Topkapı bölümü 1992 tarihinde, Topkapı-Zeytinburnu bölümü Mart 1994 ve Sirkeci-Eminönü bölümü ise Nisan 1996 tarihinde hizmete açılmıştır. Daha sonra 30 Ocak 2005 tarihinde hat Kabataş'a uzatılmış ve aynı gün hizmete giren Taksim-Kabataş Funiküler hattı ile entegre peron yapısı sayesinde Tramvay-Metro ve deniz ulaşımı Kabataş bölgesinde birbirine bağlanmıştır. Bu hat 13.2 km uzunluğunda olup 24 istasyona sahiptir. Taksim-4.Levent hattı, 16 Eylül 2000 tarihinde hizmete girmiştir. 31 Ocak 2009'da hattın kuzeyinde Atatürk Oto Sanayi ve güneyinde Şişhane uzantıları hizmet vermeye başlamıştır. 29 Mart 2010 Taksim-Atatürk Oto Sanayi arasında kesintisiz hizmete başlamıştır. Bu hat 14.5 km uzunluğunda olup 10 istasyona sahiptir. Kadıköy-Moda Tramvayı, 1 Kasım 2003 tarihinde hizmete girmiştir. Bu hat 2.6 km uzunluğunda olup 10 istasyon yer almaktadır. İstanbul'un ikinci modern tramvay hattı olan Zeytinburnu-Güngören-Bağcılar güzergahı 14 Eylül 2006 tarihinde hizmete girmiştir. Bu tramvay hattı 5.2 km uzunluğunda olup 9 istasyona sahiptir. Topkapı-Habibler hattı, 17 Eylül 2007 tarihinde hizmete girmiş olup Şehitlik-Mescid-i Selam arasında hizmet veren bu hat 18 Mart 2009 tarihinde Edirnekapı-Topkapı uzantısının hizmete girmesiyle birlikte bu hat 15.3 km uzunluğa ve 7'si yeraltı olmak üzere toplam 22 istasyona sahiptir.Kadıköy-Kartal Metro hattı toplam 22 km uzunluğuna ve 16 istasyona sahiptir.Bu metronun entegrasyon anlamında diğer toplu taşıma hatlarıyla bağlantıları mevcuttur.Metrobüs ve Marmaray hattının bağlantılı olduğu bu metro hattı 2010 yılında hizmete açılmıştır(Şekil 2.9).



**Şekil 2.9:İstanbul Metrosu**

-Bursa metrosu, BursaRay adı ile 19 Ağustos 2002 tarihinde hizmete girmiş olup Bursa'nın trafik yoğunluğunu azaltmakta önemli bir yer tutmaktadır. 2 hat halinde ulaşımı sağlayan Bursa metrosu kuzey hattı, 4.8 km uzunluğunda olup 5 istasyondan oluşmaktadır. Batı hattı, 5.32 km uzunluğunda olup 5 istasyondan oluşmaktadır. Bu iki hattın devamındaki birleşim Doğu hattını oluşturmaktadır. Doğu2 hattı, 12.49 km uzunluğunda olup 13 istasyondan oluşmaktadır. Batı hattının devamındaki üniversite bağlantısı B etabı olarak adlandırılmakta ve B Etabı 5.85 km uzunluğunda olup 6 istasyondan oluşmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Bursa Metroyu



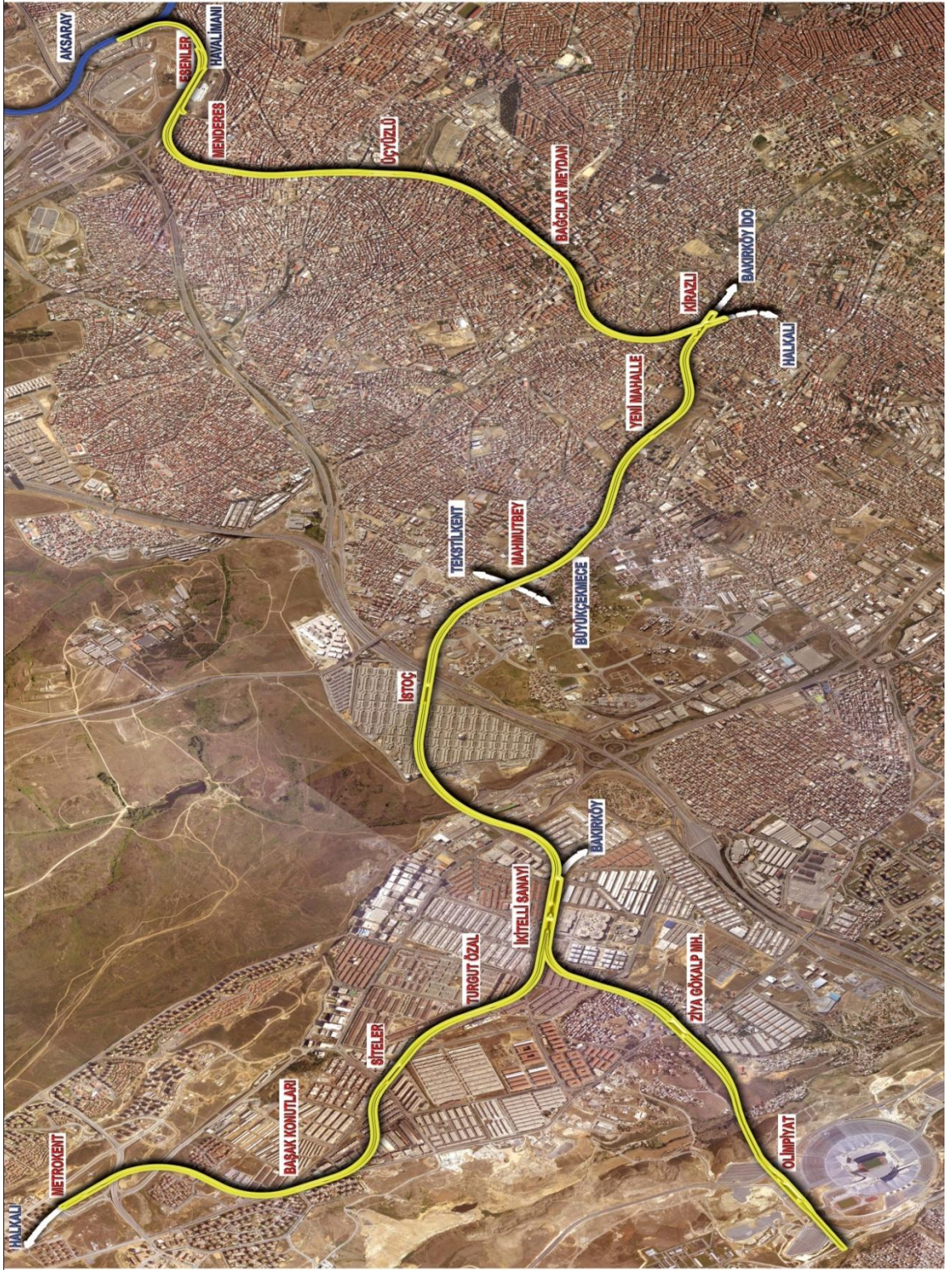
### 3. OTOGAR-BAĞCILAR-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT KÖYÜ METRO HATTI

#### 3.1 GENEL BİLGİLER

Türkiye'nin ve İstanbul'un en uzun şehir içi raylı sistem hatlarından biri olacak olan, Otogar – Bağcılar – Başakşehir – Olimpiyat Köyü Metro hattı, İstanbul'un Avrupa yakasının batı ve kuzeybatı bölgelerini, mevcut raylı toplu taşıma sistemlerine bağlayacak olup, birbirlerine Kirazlı ve İkitelli Sanayi noktalarında entegre istasyonlarla bağlı Otogar-Bağcılar-Kirazlı, Kirazlı-İkitelli- Metrokent ve İkitelli Sanayi-Olimpiyat Köyü raylı sistem hatlarından oluşmaktadır. (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2)



Şekil 3.1: Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı Güzergahı



Şekil 3.2: Otagar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı İstasyonları

Bir bölümü hafif metro bir bölümü metro olarak planlanan bu şehir içi raylı sistem hattı 21.6 km' lik çift hat tünel inşaatı, 16 istasyon yapısı, 2 viyadük inşaatı, araç temini, araç depo ve bakım sahasıyla tüm bunların elektromekanik sistemlerinden oluşmaktadır. Projeye ilişkin bazı teknik veriler şu şekildedir;

**Tablo 3.1: Proje Genel Bilgileri Tablosu**

<b>Yüklenici</b>	Gülermak-Doğuş Adi Ortaklığı
<b>Güzergah Uzunluğu</b>	21,7 km
<b>İstasyon Sayısı</b>	16
<b>İstasyonlar</b>	Esenler, Menderes Mahallesi, Üçyüzlü, Bağcılar Meydan, Kirazlı, Yeni Mahalle, Mahmutbey, İstoç, Siteler, Turgut Özal, Başak Konutları, Metrokent, Ziya Gökalp Mahallesi, Olimpiyat, İkitelli Sanayi, Araç Depo sahası
<b>İhale Tarihi</b>	02.07.2003
<b>Keşif Artışı Dahil Toplam İhale Bedeli</b>	1.355.277.095,13 USD+KDV
<b>Sözleşme Tarihi</b>	01.02.2005
<b>İşe Başlama Tarihi</b>	14.10.2005
<b>2012 Nisan İtibariyle Yapılan İş Miktarı (Parasal )</b>	1.227.486.120 USD+KDV
<b>Sözleşmeye Göre İşin Süresi</b>	24 Ay İnşaat+6 Ay Deneme+ 24 Ay Garanti
<b>İş Bitim Tarihi</b>	31.03.2013 (Bağcılar İstasyonu dahil)
<b>Tüneller ve İstasyon Fiziki Gerçekleşme Yüzdesi</b>	% 99

Kaynak: <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/raylisistemler/Pages/otogar-bagcilar-rayli.aspx>

**Tablo 3.2: Metro ve LRT Hat Uzunlukları**

<b>AÇIKLAMALAR</b>	<b>TOPLAM HAT UZUNLUĞU</b>	<b>LRT/METRO KISMI HAT UZUNLUKLARI</b>
OTOGAR-KİRAZLI LRT HATTI	5,8 km	5,8 km
KİRAZLI-İKİTELLİ-METROKENT METRO HATTI	11,8 km	15,9 km
İKİTELLİ SANAYİ-OLİMPİYAT KÖYÜ METRO HATTI	4,1 km	
<b>TOPLAM</b>	<b>21,7 km</b>	<b>21,7 km</b>

Otogar-Bağcılar-Kirazlı Hafif Metro Sisteminde 5.8 km lik çift hat demiryolu üzerinde yer alan 5 istasyon sırasıyla Esenler, Menderes Mahallesi, Üçyüzlü, Bağcılar Meydan ve Kirazlı İstasyonları olup, sistem saatte tek yönde 35.000 yolcuya hizmet sağlayacak kapasitededir. (Şekil 2.3)

Bu hat, Aksaray ile Havaalanı arasındaki mevcut hafif metronun, şehrin batısına doğru uzantısını oluşturmuş bulunmaktadır. Böylece nüfus yoğunluğu her geçen gün artan Bağcılar ve Kirazlı semtlerinin şehirlerarası ve uluslar arası ulaşım terminallerine kolay, konforlu ve hızlı bağlantısı gerçekleştirilmektedir.



**Şekil 3.3: Otogar-Bağcılar-Kirazlı (LRTS) Hattı**

Kirazlı – İkitelli – Başak konutları - Olimpiyat Köyü Metro Sistemi, 15.8 km'lik çift hat üzerinde yer alan 11 istasyondan oluşmaktadır. (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5) Saatte tek yön olarak 75.000 yolcu taşıma kapasiteli bu metro sistemi üzerindeki istasyonlarsa sırasıyla Kirazlı , Yeni Mahalle, Mahmutbey, İstoç, İkitelli Sanayi, Turgut Özal, Siteler, Başak Konutları, Metrokent, Ziya Gökalp Mahallesi ve Olimpiyat İstasyonlarıdır.



**Şekil 3.4: Kirazlı-İkitelli-Başakşehir Metro Hattı**



**Şekil 3.5: İkitelli-Olimpiyat Köyü Metro Hattı**

Bu hat, son 5 yıllık dönemde yüz binin üzerinde konut yapılan ve halen inşaatları süratle devam eden Başakşehir ve yoğun trafiği olan İkitelli Organize Sanayi Bölgelerinin toplu taşıma talebini karşılamak üzere planlanmıştır.

İkitelli Sanayi - Olimpiyat Köyü Metro Sistemi yakın gelecekte İkitelli Sanayiden Yenibosna yönünde ve Kirazlı' dan Bakırköy Deniz Otobüsü İskelesi yönünde metro hatlarının yapılmasıyla Olimpiyat Köyü yönüne ulaşım alternatiflerini artıracaktır.

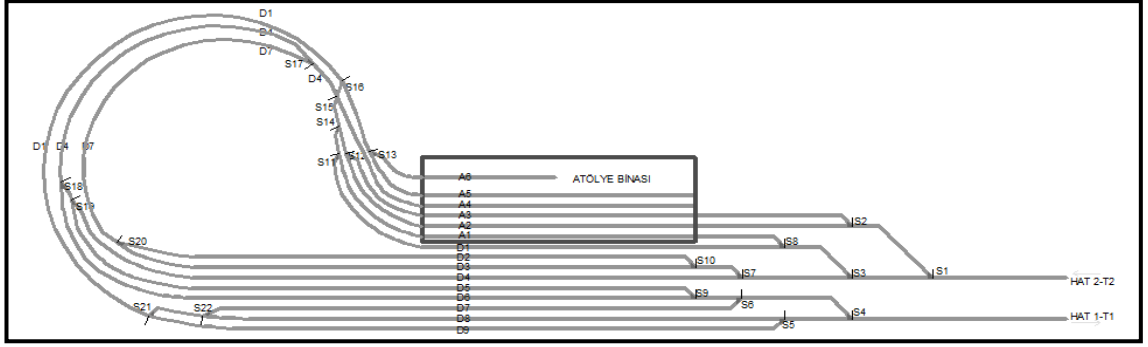


**Şekil 3.6: Olimpiyat İstasyonu**

Spor etkinliklerinin olduğu saatte artan yolcu talebini karşılamak üzere sık aralıklarla tren kaldırmak suretiyle saatte 100.000 yolcu taşınması hedeflenmektedir. Olimpiyat Parkı İstasyonundan sonra metro hattında işletilecek araçlar için gelecekteki ihtiyaçlar da dikkate alınarak 200 araçlık araç depo ve bakım sahası inşa edilmektedir.



**Şekil 3.7: Depo ve Atölye Sahası**



**Şekil 3.8: Depo ve Atölye Sahasındaki Yol ve Makaslar**

Proje kapsamındaki çalışmaların toplam büyüklükleri ise şu şekilde özetlenebilir :

- i. 53600 m. Tek Hat Demiryolu
- ii. 25561 m. Delme Tünel ( TBM ile )
- iii. 3755 m. NATM Tünel
- iv. 1000 m. Viyadük
- v. 5637 m. Aç-Kapa Yapısı
- vi. 5560 m. uzunluğunda 16 İstasyon Yapısı
- vii. 6.780.466 m<sup>3</sup> Toplam Kazı Hacmi, Yada 678.046 Kamyon
- viii. 1.496.377 m<sup>3</sup> Toplam Beton Miktarı, Yada 213.768 Mikser
- ix. 190.000 Ton Toplam Demir Miktarı

Yüklenici firma, projenin gerçekleşmesi için biri merkez şantiye, biri prekast beton üretim tesisi olmak üzere 16 ayrı şantiyede, 4 adet tünel açma makinesi ( TBM ) ve 10 ayrı yönde klasik tünel açma yöntemiyle ( NATM ) faaliyetlerini yürütmüşlerdir.

Projenin Esenler-Metrokent arası tünel inşaatı TBM olarak bilinen 4 adet tünel açma makinesi ile yapılmıştır. Tünel açma makineleri; kazı hızları oldukça yüksek olan delme, kazı toprağının (pasa) dışarı atılması, tünel iç kaplamasının ( segment ) montajı, enjeksiyon ve yönlendirme gibi tünel yapım işlemleri için gerekli bütün donanımları içeren ileri teknolojiye sahip makinelerdir.







**Şekil 3.11: Segment Donatılarının Özel Kalıba Konulup Betonunun Dökülmesi**

Tünellere döşenen prekast beton kaplamalar Hadımköy’ deki segment fabrikasında üretilmiştir. Segment Fabrikasında ayda ortalama 1500 m. tünel kapatacak prekast tünel kaplaması üretilmiştir. Prekast beton kaplamalar özenle hazırlanan demir donatılarla çelik kalıplarda yüksek dozajlı beton dökümü sağlanarak hazırlanmıştır.



**Şekil 3.12: Kalıba Alınan Segmentlere Buhar Kürü Uygulanması**

Yeraltında köstebek gibi ilerleyen TBM Makineleri, toprağın jeolojik yapısına göre günde ortalama 10-20 m. arasında ilerleyebilirler. Eski yöntemlere göre daha pürüzsüz tünel kazabilirler ve hızlıdırlar. Çünkü sert kayaları patlatmak yerine un gibi öğütürler. Bu da önemli bir zaman kaybını önler.



**Şekil 3.13: TBM ' in İstasyon Yapısına girişi**

Projede kullanılan ve kazı dış çapı 6.5 m. olan 4 adet tünel açma makinesinin 2 tanesi Esenler' den 2 tanesi Metrokent İstasyonundan tünel açmaya başlamış ve kazı faaliyetlerini aralıksız sürdürmüşlerdir. Esenler' den kazıya başlayan tünel açma makineleri sırasıyla Menderes Mahallesi, Üçyüzlü ve Bağcılar Meydan İstasyonlarını

geçip Kirazlı İstasyonuna ulaşmışlardır. Bu istasyondan çıkarılan TBM' ler yine aynı istasyonda bulunan metro hattına taşınıp sırasıyla Yeni Mahalle ve diğer TBM' lerle buluştuğu Mahmutbey İstasyonuna ulaşarak tünel açma faaliyetlerini bitirmiştir.

Metrokent İstasyonundan başlayan TBM' ler, sırasıyla Başak Konutları, Siteler, Turgut Özal, İkitelli Sanayi, İstoç ve son olarak Mahmutbey İstasyonuna ulaşarak tünel açma faaliyetlerini bitirmiştir.

İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı arası tünel inşaatı NATM olarak bilinen, Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu yöntemi ile inşa edilmiştir. Hat üzerinde açılan 2 adet shaft ve tünel portalından 10 ayrı yönde toplam 3755 m. olacak şekilde kazı ve beton kaplaması yapılarak tünel inşaatı tamamlanmıştır.

Projede 2 adet viyadük bulunmaktadır. Bunlardan ilki mevcut Aksaray Hattını bu proje ile entegre edecek olan Esenler Viyadüğü, diğeri ise Olimpiyat İstasyonundan NATM tünellerine bağlantı sağlayan 466 m. uzunluğundaki Olimpiyat Viyadüğüdür.



**Şekil 3.14: Olimpiyat Köyü Viyad g **

Proje kapsamında 5 tanesi hafif metro, 11 tanesi metro kısmında olmak üzere toplam 16 istasyon bulunmaktadır. Hafif metro istasyon uzunluğu 125 m , metro hattı istasyon uzunluğu ise 180 m. dir. Farklı yapım teknikleri kullanılarak toplam uzunluğu 5560 m. toplam inşaat alanı 533.213 m<sup>2</sup> olan bu istasyonlardan 15 tanesi yer altı, 1 tanesi de yer üstü istasyonu olacak Şekilde inşa edilmiştir.

**Tablo 3.3: İstasyon Yapılarına Ait Alan Bilgileri**

	İSTASYON SAYISI	TOPLAM ÇARŞI ALANI (m <sup>2</sup> )	TOPLAM İSTASYON ALANI (m <sup>2</sup> )	TOPLAM YAPI ALANI (m <sup>2</sup> )
<b>HAFİF METRO HATTI</b>	5	17.386	57.863	75.249
<b>METRO HATTI</b>	11	63.277	288.666	351.943
<b>TOPLAM</b>	16	80.664	346.529	427.192

Menderes Mahallesi, Üçyüzlü, Yeni Mahalle ve Mahmutbey istasyonları çevresel etkileşimi en alt seviyeye indiren, kısıtlı çalışma alanlarında ve kısıtlı inşaat sürelerinde hızla işin tamamlanmasını sağladığı için tercih edilen bir yöntem olan “Yukarıdan Aşağıya İnşaat Yöntemi” ile inşa edilmiştir. Klasik yöntemin aksine yukarıdan aşağıya inşaat yönteminde kazıyla birlikte alt döşeme betonları üst döşeme betonlarından sonra dökülerek inşaat yukarıdan aşağıya doğru devam etmektedir. Bu yöntemle kazının tamamlanması beklenmeden aşağıya ve gerektiğinde yukarıya doğru iki yönde de inşaatın ilerlemesi sağlanabildiğinden inşaat süreleri klasik yöntemlere göre kısa olmaktadır.

Yukarıdan aşağıya inşaat yönteminde istasyonları taşıyıcı kolon ve dış duvar sistemleri diyafram duvar yapımıyla gerçekleştirilmektedir. Taşıyıcı kolon ve dış duvarlar, diyafram duvar kazısı yapabilen makinelerle panel halinde derinlemesine kazılmakta ve özel yöntemlerle hazırlanan taşıyıcı donatı kafesi vinçlerle yerleştirildikten sonra kalıcı betonu dökülmektedir.

İstasyonun diyafram duvar işlerinin tamamlanmasının ardından kazı platformundaki hazır bulunan ilk katın döşeme kalıp, donatı yerleştirme ve beton döküm işleri yapılmaktadır. İlk katın döşeme betonarme işleri tamamlandıktan sonra bir yandan aşağı doğru bir alt katın kazısı yapılmakta ve döşeme betonarme işleri tamamlanmaktadır.

Diğer taraftan, betonarme işleri tamamlanan katın üstünde tasarım gereği bulunan katlar ve işler altyapıdan bağımsız olarak yapılmaktadır. Böylece zamandan ciddi tasarruf sağlanarak aynı anda hem aşağıya hem yukarıya doğru imalatlar yapılabilmektedir.

İkitelli Sanayi İstasyonu hem Başakşehir bölgesine hem de Olimpiyat Stadına devam eden hatların kesişim noktasındadır. Yakın gelecekte Bakırköy'den Basın Ekspres Yolu güzergahında inşa edilmesi planlanan yeni metro hattına entegre olacak şekilde inşa edilmiş olup gelecekte yapılması planlanan bu hattın bağlanacağı istasyon ve makas bölgeleri daha ekonomik ve kısa sürede yapılabilecektir.

İkitelli Sanayi İstasyonu makas bölgesiyle birlikte toplam 747 m. uzunluğu ve 109.856 m<sup>2</sup> inşaat alanıyla yer altında inşa edilen en büyük istasyondur. Hafif metro ve metro hattının kesişim noktası olan ve entegrasyon için kilit önem taşıyan Kirazlı İstasyonu aktarma istasyonu olup, alt katında hafif metro, üst katında metro hattı yer almaktadır.

Gelecekte Yenikapı Transfer Merkezi ile bağlanacak olan proje, gerek Marmaray Projesiyle, gerekse Sarıyer ve Taksim'den gelen metro hattıyla entegre edilecektir. Ayrıca Kirazlı'dan Bakırköy Deniz Otobüsleri iskelesine ve Halkalı'ya, diğer taraftan İkitelli'den Bakırköy'e ve Havalimanına bağlantılar yeni projeler kapsamında yapılacaktır. Yakın gelecekte yapılması planlanan Beşiktaş-Tekstilent-Mahmutbey ve Mahmutbey-Büyükçekmece hatları, Mahmutbey istasyonunda projemizle kesişeceğinden entegrasyon için gerekli kısımlar bu aşamada inşa edilmiştir.



**Şekil 3.15: Gelecekte Projeye Entegre Olması Planlanan Metro Hatları**

Şekil 3.15’de numaralandırılmış olarak görülen ve gelecekte projeye entegre edilmesi düşünülen metro hatları şunlardır;

- (1) Bakırköy İDO - Kirazlı Hattı
- (2) Kirazlı - Halkalı Hattı
- (3) İkitelli - Bakırköy Hattı
- (4) Kabataş – Beşiktaş – Tekstilkent – Mahmutbey Hattı
- (5) Mahmutbey – Büyükçekmece Hattı

Raylı Sistemlerdeki bu entegrasyonlar tamamlandığında İstanbul’da seyahat süreleri aşağıdaki gibi olacaktır:

**Tablo 3.4: Yolculuk Süreleri**

<u><i>Metrokent İstasyonundan ;</i></u>	<u><i>Olimpiyat Stadından ;</i></u>
• Otogar: 24 dakika	• Otogar: 23 dakika
• Havalimanı: 37 dakika	• Havalimanı: 36 dakika
• Taksim: 51 dakika	• Taksim: 50 dakika
• Üsküdar: 56 dakika	• Üsküdar: 55 dakika
• Kadıköy: 61 dakika	• Kadıköy: 60 dakika
• Kartal: 90 dakika	i. Kartal: 89 dakika



## **3.2 RAYLI SİSTEM TASARIM KRİTERLERİ**

Bu bölümde, Otogar-Bağcılar-Başakşehir-Olimpiyat Köyü Metro Hattı, raylı sistem tasarım kriterleri incelenmiştir. İşletme şartları, kapasite, trenler arasındaki zaman, günlük işletim süresi, işletme esnekliği, çevre özellikleri vb. tasarıma esas olacak parametreler Teknik Şartname Bölüm 5’te açıklanmıştır.

### **3.2.1 İşletme Şartları**

Esenler ve Başakşehir arasındaki Raylı Sistem Hattı aşağıdaki işletme şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

### **3.2.2 Kapasite**

İlk önce pik saatlerde 5 vagonan oluşan mevcut filo içerisindeki trenlerden servis sağlanacaktır. Normal saatlerde minimum iki vagon olmak kaydıyla vagon sayısı düşürülerek kapasitenin talebi dengelemesi sağlanacaktır.

Pik saatlerdeki 32000-33000 yolcu/saat/yön kapasite 5 vagonan oluşan ve 120 sn ’lik tren sıklığında işletilen servis içindir.

### **3.2.3 Trenler Arasındaki Zaman**

Normal pik saat tren sıklığı 120 sn ‘ dir. Servis tanımına göre normal saatlerde tren sıklığı 240 sn ile 600 sn arasında değişecektir.

### **3.2.4 Günlük İşletme Şartları**

Saat 05.30 dan başlayarak hafta içi günler için 20 saatlik bir günlük işletim süresi göz önüne alınacaktır. Hafta sonu servis süresi talep seviyesine göre değişecektir.

### **3.2.5 İşletme Esnekliği**

- i. Yüksek yolculuk talebi içeren her kesimin sonunda minimum tren aralığı ile geri dönüş operasyonu
- ii. Her yolda demiryolu inşasının imkan vereceği projedeki her türlü hat konfigürasyonuna bağlı olarak çift yönlü işletme yapılabilmesi

- iii. Araç performansı ile ilgili stratejiler uygulanarak küçük gecikmelerin bertaraf edilmesi
- iv. İşletme kontrol elemanlarına kolaylıklar sağlayan sistemler kullanılarak, tarifeli serviste hasıl olan değişiklikler veya arıza giderme operasyonlarının gerekli kıldığı işletme değişikliklerinin kolay ve güvenli şekilde yapılması

### 3.2.6 Çevre Özellikleri

Sözleşme için sağlanan bütün sabit tertibat ve sistemler İstanbul'un çevre koşullarına uygun olarak işleyecek yada çalışacak ve Aksaray-Otogar-Yenibosna Hafif Metrosu ile uyumlu olacak şekilde tasarlanacak, üretilecek ve inşa veya tesis edilecektir. Projenin çevre özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

**Tablo 3.5: Çevre Özellikleri**

	Çevre	Yer altı İstasyonları	Tünel
<b>Yazın Ortalama Yüksek Sıcaklık</b>	29 °C	32 °C	32 °C
<b>Yazın Maksimum Sıcaklık</b>	40 °C	43 °C	43 °C
<b>Ortalama Nem</b>	% 70	% 73	% 70
<b>Kışın Ortalama Düşük Sıcaklık</b>	2 °C	15 °C	
<b>Kışın Minimum Sıcaklık</b>	-10 °C	0 °C	0 °C
*Çevre sıcaklık derecesi sınırları : -10°C den + 40°C			
*Nem: Ortalama % 70, Maksimum % 100			
*Kar, sis ve yoğun yağış olacaktır.			

\*Kuru havada tozlu koşullar olağan olacaktır.

\*Rüzgar koşulları 120 km/saat' lik rüzgara göre tasarımılamayı gerektirir.

### 3.2.7 Güzergah Tasarım Kriterleri

Esenler (Otogar) – Bağcılar arasındaki yaklaşık 4.4 km lik hattın avan projelerinde Anahtar Plan, Tip Kesitler ve Detaylar, Plan-Profil, İstasyon Projeleri, Yapı Projeleri bulunmaktadır.

**Tablo 3.6: Güzergah Tasarım Kriterleri**

<b>GÜZERGAH TASARIM KRİTERLERİ</b>			
<b>Tasarım Elemanları</b>	<b>Birim</b>	<b>Tercih</b>	<b>Mutlak</b>
Yatay Güzergah			
Asgari Yarıçap			
i) Cari Yolda	m	360	250
ii) İstasyonlarda	m	Tangent	800
Asgari geçiş eğrisi boyu	m	8 EV *	20
Geçiş eğrileri arasındaki düz mesafe	m	50	25
Makas sonrası asgari düz mesafe	m	40	20
Düşey güzergah			
Azami Eğim			
i) Cari Yolda	%	3.0	4.0
ii) İstasyonlarda	%	0.3	0.5
Cari yol tünelden geçerken asgari meyil	%		0.3
Düşey karp asgari yarıçapı	m	3000	1500

Asgari düşey kurp boyu	m	100	60
Azami düşey kurp boyu	m		200
Kurplar arası sabit eğimin asgari uzunluğu	m	100	50
Düşey kurp ile makas noktası yada makas göbeği arkası arasındaki asgari mesafe	m	10	5
Dever			
Taşıyıcı cari yolda azami dever	mm	100	130
Azami dever eksikliği			
i) Cari Yolda	mm	90	110
ii) Makaslarda	mm		90
Azami dever değişim oranı	mm/s	35	50
Geçiş eğrilerinde dever eksikliğinin azami değişim oranı	mm/s	35	55
* E : Gerçek dever (m)			
V : Proje Hızı (km/saat)			

Tablo 2.6 ' da genel olarak güzergah tasarım kriterleri özetlenmiştir. Bu tablo mutlak minimum standartları göstermektedir. Daha yüksek standartlar yakalanabildiği takdirde uygulanabilecektir.

Tercih edilen güzergah tasarımının gelişiminde aşağıdaki faktörler göz önüne alınacaktır;

- i. Yolcu rahatlığı ve giriş kolaylığı
- ii. İmalat ve işletme maliyeti

- iii. Yüksek hız ve düşük sefer sayısı
- iv. En düşük seviyede ses ve titreşim
- v. İstasyon yerleri ve istasyonlar arası mesafe
- vi. Yapıların inşaat metodu (tünel, aç-kapa tünel veya viyadükler)
- vii. Topografya ve zemin bilgileri
- viii. İstimlak ve çevre binalar
- ix. Hattın tasarımı, montaj ve bakımı
- x. Drenaj yapıları ve mevcut alt yapı tesisleri

### **3.2.8 Hattın İşletme Bilgileri**

Otogar – Bağcılar – Başakşehir – Olimpiyat Metro Hattı, ilk ihale edildiğinde yalnızca 4.4 km lik Otogar – Bağcılar kısmı olarak ihale edilmiştir. Daha sonra Raylı Sistem etüt çalışmaları ve bölgenin (Kirazlı, Mahmutbey, İkitelli, Başakşehir, Olimpiyat Köyü) ulaşım ihtiyaçları dikkate alınarak, aynı iş kapsamında iş artışı verilerek hat, 21.7 km ‘ lik son halini almıştır. Ancak, işin kapsamı artmış olmasına rağmen, Teknik Şartname mevcut Otogar – Bağcılar Hattını kapsamaktadır. Dolayısıyla, bölüm 2.2.1 ‘ deki işletme şartları değişmektedir. Buna göre yeni hattın işletme bilgileri aşağıdaki tabloda özet halinde verilmiştir.

**Tablo 3.7: Hattın İşletme Bilgileri**

	<b>Araç Sıklığı</b>	<b>Araç Kapasitesi</b>	<b>Yolcu Kapasitesi (Tek Yön/Saat)</b>	<b>Mevcut Araç Sayısı</b>
<b>Otogar-Bağcılar (Kirazlı) LRT Hattı</b>	120 saniye	1285 Yolcu (5'li dizi)	36.000 yolcu/saat	50 Vagon
<b>Bağcılar (Kirazlı)- Olimpiyat Köyü- Metrokent Metro Hattı</b>	90 saniye	1872 Yolcu (8'li dizi)	75.000 yolcu/saat	80 Vagon

Buna göre yolculuk sürelerinin ise;

Otogar - Bağcılar (Kirazlı) : 7 dakika

Bağcılar (Kirazlı) – Olimpiyat Köyü : 16 dakika

Bağcılar (Kirazlı) – Metrokent : 17 dakika

olması planlanmaktadır.

## **4. METRO İNŞAATI İSTASYON YAPIM YÖNTEMLERİ**

### **4.1 AÇ-KAPA (CUT AND COVER) İSTASYON YAPIM YÖNTEMİ**

Metro hattı istasyon yapım yöntemlerinde en çok kullanılan metod olmakla birlikte Otogar-Bağcılar-OlimpiyatKöyü-Başakkonutları 4 metro hattında da bu yöntem tercih edilmiştir.

Bu yöntemle raylı sistemlerin işletme yapısı yapıldığı gibi, genellikle metro tünellerinin güzergah itibariyle ana yolların altından geçirilebildiği yüzeye yakın kısımlarında, yer altı geçitlerinin inşası vb gibi yerlerde de kullanılır. Önce yapı yapılacak bölgede kazı yapılır. Bu arada zemin toprak farklı yöntemlerle desteklenir. Yapının inşasından sonra üzerinin örtülmesi basit ve ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu yöntemde önce kazı boşluğunun yanları betonarme kazık veya beton duvar perdesi ile desteklendikten sonra, yüzeyden hendek şeklinde kazılarak açılır.

Yer altı suları yüzeye yakınsa yer altı su seviyesi düşürülür veya su derin kuyulara drene edilir. Kenar ayakların örülmesinde hiçbir özellik yoktur. Tamamen açık havadaki duvar örme usullerine göre yapılır. Tavanın oluşturulmasında eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik varsa bir kemer oluşturulur. Bu kemerde açık havada oluşturulduğundan fazla güçlükle karşılaşılmaz. Eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik yoksa betonarme bir tavan oluşturulabilir.

Yerleşim alanları içerisinde yapılan kazı çalışmaları gürültü ve trafiğin engellenmesi gibi Zaraları nedeniyle pek tercih sebebi değildir. Trafiğin gidişatını engellemek için seyyar köprüler kullanılabilir

Aç-kapa tünel açma yönteminin diğer yöntemlerden farkı tavanda tasman oluşmamasıdır. Bu nedenle çevredeki yapılara zarar vermeden geçilmesi mümkündür. Ayrıca diğer yöntemlerle yeteri kadar yapılamayan izolasyon işlemi bu yöntemle kolaylıkla yapılabilir.

## 4.2 KAPA-AÇ(TOP-DOW) İSTASYON YAPIM YÖNTEMİ

İstasyon yapılacak bölgenin veya araç trafiğinin oldukça yoğun olan, dolayısıyla iksa zamanda yol, kavşak vb. üstyapıların bir an evvel hizmete açılması gereken koşullarda ve kazı nedeniyle çevreye olan etkisini minimuma indirmek amacıyla, “Top-Down” yani yukarıdan aşağıya doğru inşaat yöntemi uygulanabilir. Milan’ da ilk defa geliştirilen aç-kapa yönteminde kazı yapılırken duvarları geçici olarak tutmak için duvarlar bentonit bulamacı ile sıvanmıştır. Kazı bittikten sonra çelik donatı ile bentonit yerine püskürtme beton uygulanır. Özellikle trafiğin yoğun olduğu yollarda daha kısada trafiğe açma imkanı vardır ancak yapım yöntemi daha kompleks ve daha pahalıdır. Amsterdam şehrinde zemin kumlu ve su seviyesi yüksek olduğu için beton tünel daha önce hazırlanarak kumun içine kademeli indirilerek yapılmaktadır. Türkiye’deki ilk uygulamalardan biri Ankara metrosu Kızılay istasyonunda yukarıdan aşağıya doğru inşa yöntemi tercih edilmiştir. İnşaat süresince oldukça zorlanacak olan kentiçi ulaşımı ve araç trafiğinin kazıları esnasında, daha büyük problemlerle karşılaşılmasını önlemek amacıyla trafik akışının en kısa sürede sağlanmasına gerek duyulması yukarıdan aşağıya yönteminin tercih edilmesinde en büyük etkenlerden biri olmuştur. Yukarıdan aşağıya yönteminde, klasik uygulamaların tersine yapı yukarıdan aşağıya doğru inşa edilmekte, bu nedenle analiz ve tasarım hesapları da klasik yöntemlere kıyasla oldukça farklı olmaktadır. Yapıya ait tüm düşey elemanların (duvar ve kolonların) yerlerini belirleyen kılavuz duvarlar hazırlanmaktadır. Daha sonra bu kılavuz duvarlar esas alınarak düşey elemanlar için dikdörtgen en kesitli modüllerden oluşan düşey elemanların kazıları yapılmakta, donatıları yerleştirmekte ve beton dökülmektedir. Bir yandan zemin üst döşeme betonunun döküleceği seviyeye kadar kazılarak düzeltilirken aynı anda yapının duvarları ve kolonları için gerekli donatılar hazırlanır. Bu şekilde yatayda eni sabit, boyu farklı modüllerden inşa edilecek olan kolon ve diyafram duvarlar (yapının düşey elemanları) oluşturulur. İstasyon binasının, üzerindeki yolun trafiğe açılabilmesi için öncelikle yapılması gereken işlemler özetle şu şekildedir: her bir modülün inşaatı, toprağın üst döşeme betonunun döküleceği seviyeye kadar kazılması, düşey elemanların (kolon ve diyafram duvarların) düzeltilmiş zeminin üzerine oturan kılavuz duvarlar yardımıyla hizalanarak kazılarının yapılması, daha sonra donatı indirilerek beton dökülmesi aşamalarından oluşmaktadır. Birden fazla modülden oluşan diyafram duvarların oluşabilmesi için komşu modüllerin betonlarının priz alması



ve yeterli mukavemete erişmesi gerekmektedir. Trafiğin etkilenmesi yalnızca düşey bileşenlerinin inşaatı süresince kısmen söz konusu olur. Üst döşemenin üzerindeki toprak yüksekliği önemlidir. Toprak yükü, zati ağırlık ve trafik yükü gibi düşey yüklerin yanı sıra kazı esnasında yatay toprak itkilerini de karşılayacak şekilde döşemenin kalınlığı olmalıdır. Oldukça büyük hacimlerde betonun döküleceği üst döşeme kesit tesirlerinin minimum olduğu bölgeler belirlenerek beton döküm safhaları ve sınırları belirlenmeli ve özel detaylar düşünülmelidir. Üst döşeme betonu döküldükten ve beton gerekli mukavemeti alındıktan sonra üzeri kapatılıp asfaltlanarak trafiğe açılabilir. Daha sonra üst döşemenin altında kalan toprak kazılmakta ve sistem döşemenin zati ağırlığı ile birlikte döşeme üzerindeki yükleri bir anda karşılamak durumunda kalmaktadır. Bu safha sistemin en önemli ve tasarımı etkileyen yüklere maruz kaldığı safhalardan biridir. Kirişsiz olarak yapılan üst döşeme kendi ağırlığının yanı sıra tüm trafik yükünün ve toprak yükünün oluşturduğu tesirlere maruz kalır. Kirişsiz mantar döşeme plağı, yükleri yapının düşey komponentlerine aktarmakta ve düşey elemanlar da bu yükü sürtünme vasıtasıyla ve birbirlerinden hemen hemen bağımsız çalışarak zemine aktarılmaktadır. Kazı derinleştikçe sürtünme kuvveti azalmakta buna karşı kazının tek taraflı yapılması nedeniyle düşey bileşenler yatay yüklere maruz kalmaktadır. Bu yatay yükler döşeme plağında düzlemsel gerilmeler oluşturmaktadır. Düşey elemanların monolitik çalışması yalnızca döşeme ile bağlantıları vasıtasıyla sağlanmakta ancak bu bağlantılar birçok bölgede merdiven, asansör ve havalandırma vs. gibi boşluklarla kesilmekte, bu nedenle özel detaylara ihtiyaç duyulmaktadır. Düşey elemanlardaki filizlere manşonlar yardımı ile döşeme donatısı bağlanmakta bağlantı beton dökülmekte ve kazı işlemleri bir alt kat için devam etmektedir. Kazı derinleştikçe hareketli yük olarak göz önüne alınan yatay yükler artmakta, düşey elemanlarla zemin arasındaki sürtünme kuvveti ise azalmaktadır. Bu nedenle sistemin maruz kalacağı tesirler gittikçe artmaktadır. Kazı alanının çok büyük olması nedeniyle bölgesel olarak yapılabilen kazı, değişik safhalarda farklı yükler oluşmasına neden olmaktadır. Farklı inşaat safhalarında, düşey yükler önce diyafram duvarlardan sürtünmeyle zemine aktarılırken, safhalar arasındaki sürelerle bağlı olarak ara kat döşemeleri zaman zaman bu yükleri kısmen zemine aktarmaya başlar. Bu nedenle döşemelere gelen kesit tesirlerinin büyüklükleri ve yönleri inşaat safhalarına bağlı olarak değişir. Tüm bu etkilerin yanı sıra bir çok yerde sürekliliği kesilmiş olan döşemeler yatay toprak itkisini taşıyabilmek amacıyla hesabı büyük ölçüde etkileyebilecek eksenel yüklere maruz kalır. Düşey komponentler de ise tam

tersine çoğu zaman eğilme momentleri belirleyici olmaktadır. Sistem yatay elemanlardan (döşemelerden) yük aldıça münferit düşey elemanların (kolon ve diyafram duvarların) oturması farklılaşmakta ve kazılarla birlikte artarak sistemin davranışını etkilemektedir. En alt katta platform katı olması durumunda kazı derinliği 7 m civarında olup sistem bu kazı esnasında oldukça büyük kesit tesirlerine maruz kalmaktadır. Yatay torak itkileri dış duvarlara basınç yaparak duvarların içere doğru deformasyon yapmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kazı esnasında en alttaki döşeme plağının betonu dökülünceye kadar en az bir sıra çelik iksa yapılması düşünülebilir. Alttaki döşeme plağının betonu döküldükten ve priz aldıktan sonra çelik takviyeler sökülür. Böylelikle yapının kaba inşaatı kısmen bitirilmiş olur.

### **4.3 NATM İSTASYON YAPIM YÖNTEM**

İlk önce Avusturya, Fransa, Almanya, İsviçre ve İtalya' da uygulamaya başlanmıştır. Bu yönetimin dünyaya yayılımı hızlı olmuştur. İlk uygulamalarda biri olan Frankfurt Metrosunda tünel açılımına 1969 yılında iç içe tabakalı kil, marn, tebeşir ve kum taşında başlamıştır. Bu tünel açma yönteminde ana ilke,; en uygun kazı ve sağlamlaştırma yöntemlerinin seçilerek kazı sonrasında oluşan ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilizesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlılığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendisini tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturmasını sağlamaktır.

Yöntemin amacı, kazı sonrasında oluşan dağ basıncına, mutlak rijit sistemlerin tepkime kuvvetleri ile karşı koymak değildir. Bu nedenle, rijit tahkimat elemanları ve kalın kaplamalar kullanmak gerekmez. Bunlar ancak yöntemin yeterli hız ve titizlikle uygulanamadığı ve dolayısıyla, kayanın taşınma niteliklerinin tümüyle yitirildiği veya aşırı derinliklerde, yada yüksek tektonik gerilmelerin etkili olduğu plastik ortamlarda zorunlu olarak devreye girer. Açım sırasında ikincil deformasyon ve gerilmelerin yeterli ölçüm ve gözlemlerle izlenerek açım çalışmalarının denetlenmesi ve yönlendirilmesi gerekmektedir.

Bu yöntemde tünel zeminine uygun oranlarda donatı ve kaplama malzemesi kullanılır. Etkileşme ve kaplama basınçlarının yakından izlenmesi yöntemin önemli bir kısmını

oluşturur. Uygulama yavaş olmasına rağmen tünel zemini deplasmanları ve iksa miktarları minimum seviyeye indirilerek, sonuğa ekonomik bir uygulama gerđeekleřtirilmiř olur.

Bu yöntemde kullanılan desteğin esnek olmasının iki anlamı vardır. Mekanik olarak esnektir ve uygun bir membran rolü oynayarak kaya sıkışması esnasında deforme olur. Bu tip iksa, çok yönlü olup, lokasyondan lokasyona değişecek iksa gereksinimlerine göre ayarlanması yapılabilir. Tek sistem alternatifi basittir ve daha az beceri, kontrol, araştırma, izleme ve test etme gerektirir. Tünel zemini koşullarının üniform ve iyi bilindiği durumlarda küçük çaplı kısa tünelde, bu sistem iyi sonuç verir. Bu yöntem koşulların değişken olduğu ve iyi bilinmediği büyük çaplı uzun tnelerde daha iyi sonuç vermektedir.

## **5. BAĞCILAR İSTASYONUNUN KAPA-AÇ(TOP-DOWN) YÖNTEMİ İLE YAPILMASI**

### **5.1 GENEL**

Bağcılar istasyonu Kapa-Aç Yapım yönteminde izlenecek yollar aşağıdaki gibidir.

- i.** İstasyon yerleşim planı
- ii.** Yapım yönteminin yerleşim planına göre değerlendirme raporunun oluşturulması
- iii.** Çevre güvenliğinin alınması
- iv.** Zemin izleme,bina yıkımları ve altyapı deplasman işlerinin mobilizasyonu
- v.** Diyafram duvar imalatının yapılması
- vi.** Kapa-Aç İstasyon betonarme imalatının yapılması

olarak bölümlere ayırabiliriz.

## 5.2 İSTASYON YERLEŞİM PLANI

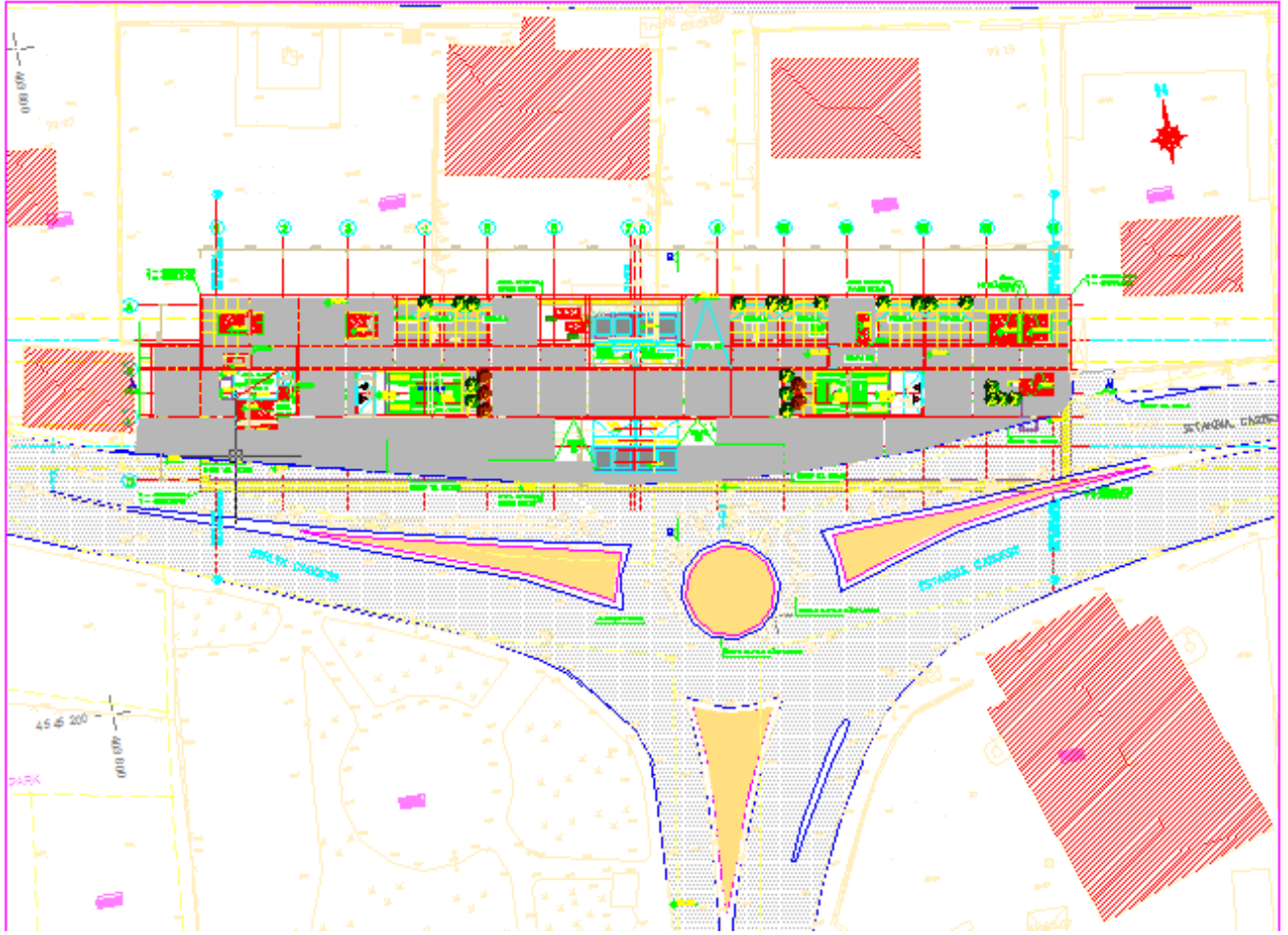


**Şekil 5.1: Bağcılar İstasyonu ve Çevre Yapılar**

Bağcılar İstasyonu, Hafif Raylı Sistem hattı üzerinde sağ hatta 3+538,859 – 3+663,859 ve sol hatta 3+550,524-3+675,524 km arasında yer alan dördüncü istasyondur. Bağcılar istasyonu kazı derinliği yaklaşık 55 metre olup, istasyonda 2-3m lik bir sıyırma kazısı sonrası Top-Down imalatı yapılarak inşaat tamamlanacaktır. Gerek derinlik açısından ve gerekse çevre yapıların istasyon yapısına yakın olmasından dolayı kapa-aç yapım yöntemi tercih edilmiştir.



**Şekil 5.2:Bağcılar İstasyon Yeri Havadan Görünüşü**



**Şekil 5.3:Bağcılar İstasyonu Genel Yerleşim Planı**

### **5.3 ÇEVRE GÜVENLİĞİ**

İnşaat işlerine başlamadan önce İş Güvenliği ve Çevre Planı temeli üzerine yapım yöntemine uygun olarak karşılaşılabilecek riskler değerlendirilecek ve uygulamalar bu değerlendirme ışığında gerçekleştirilir.

İstasyon çalışma alanı oluşturma, çevreleme, deplase çalışmaları, inşaat çalışmaları öncesi bölge trafik koşulları incelenip uygun trafik sirkülasyon projesi hazırlanarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü'nden çalışma boyunca yol kapama ve işaretleme izni alınacaktır.

Bağcılar İstasyon alanı, konumu itibariyle ilçelere ve çevre yoluna geçiş noktası olması sebebiyle stratejik bir noktadır ve bu bilinçle hazırlanacak trafik sirkülasyon planında, bölge halkının inşaat çalışmasından kaynaklanabilecek trafik sorununu en

aza indirmek amacıyla öncelikli olarak kritik yerlere (Hastane-ilçe-çevre yolu) geçiş güzergahları tespit edilecek ve trafiğin bu noktalara mümkün olan en rahat şekilde akması sağlanacaktır. Bahsi geçen bu kritik güzergâhlar aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir:

Bahçelievler- Esenler (Bağcılar Devlet Hst. Yönü)

Bahçelievler – Çevre yolu bağlantısı

Bahçelievler – Bakırköy

Bakırköy - Esenler (Bağcılar Devlet Hst. Yönü)

Bakırköy - Çevre yolu bağlantısı

Bakırköy – Bahçelievler

Esenler – Bahçelievler

Esenler – Bakırköy

Esenler – Çevre yolu

İ.E.T.T otobüsleri ve minibüsler gibi toplu taşıma araçları için güzergâhlar belirlenecek ve mümkün olan yerlerde yol genişletmesi yapılarak inşai faaliyetler kaynaklı olumsuz etkiler minimize edilecektir.

Bağcılar İstasyon bölgesi ve çevresi; okullar ve iş yerleri açısından da günün her saatinde yoğunluk yaşanan bir alandır. İstasyon inşaatı başlamadan önce hazırlanan trafik planında yaya yolları ve geçiş güzergâhlarına ayrıca planlanacak ve trafiğinin olduğu her noktada yaya kaldırımları bu günkü şekli ile muhafaza edilerek yayaların araç trafiğinden en az oranda etkilenmesi sağlanacaktır.

Bağcılar Sancak tepe Eğitim Uygulama Okulu Ve İş Eğitim Merkezi parkının bir kısmı ile 50. Yıl Adnan ÖTİGEN İlköğretim Okulu'nun Bağcılar İstasyon bölgesine cephe konumdaki binası şantiye sahası içinde kalmaktadır. İnşaat hazırlığı esnasında bahsi geçen okul binasının yıkılması ve diğer okulun parkının bir bölümünün şantiye sahasına dâhil edilmesi zorunlu olacaktır.



Bu bina yıkım işlemi sırasında meydana gelecek gürültü ve toza karşı en üst seviyede güvenlik tedbirleri alınacak ve ne yan binalarda devam eden eğitimin nede çevre sakinlerinin hiçbir suretle olumsuz etkilenmelerine müsaade edilmeyecektir. Ayrıca şantiye sınırları içinde kalan okul bahçelerinin güvenliği, hiçbir suretle şantiye alanına girişe izin vermeyecek sıklıkta, yeterli yükseklik ve sağlamlıkta çevre panoları ve gerekli uyarı işaretleri yerleştirilmek suretiyle sağlanacaktır. Ayrıca, tüm giriş-çıkış noktaları, 24 saat hazır bulunacak özel güvenlik görevlileri ile kontrol altına alınacaktır.

Onaylanan trafik sirkülasyon planına uygun olarak, trafik ve yönlendirme işaretleri temin edilecek ve planda gösterildiği şekli ile yerleştirilecektir. Şantiye çalışma sahası belirlendikten sonra gerekli olan her noktaya uygun tip ve ölçekte çevre uyarı tabelaları asılacak ve 3. Kişilerin bilgilendirmesi / ikaz edilmesi sağlanacaktır.

Çalışma süresince Md. 4.7. de açıklandığı şekilde istasyon ve çevre yapıları üzerindeki deformasyonlar periyodik biçimde izlenecek ve çalışmanın emniyetli bir şekilde devamı sağlanacaktır. Ayrıca çevre yapılarının ve bölgenin toz, ses, tehlikeli gaz ve titreşim etkilenmeleri minimize etmek / yok etmek amacıyla periyodik sürelerle ölçümler yapılacak, elde edilen ölçüm sonuçlarına göre uygun önlemler alınarak çalışma devam ettirilecektir.

## **5.4 ZEMİN İZLEME**

Bağcılar İstasyonu bölgesinde ve bu bölgede yer alan Zihinsel Engelliler Okulu ile Adnan Ötügen İlköğretim Okulu A Bloku da kapsayan yapıların ve İstasyon inşaat çalışmasının emniyetli koşullar altında yürütülmesi için, fiili hacim kayıplarının ve deformasyonların kontrol edilmesi amacı ile yapılan ölçüm ve izleme çalışmalarıdır.

### **5.4.1 Zemin İzleme Enstrümantasyon Detayları**

#### **5.4.1.1 Binaların Topoğrafik İzlemesi**

Bağcılar İstasyonu bölgesinde yer alan Zihinsel Engelliler Okulu ve Adnan Ötügen İlköğretim Okulu A Blok'ta , bina tetkik prizmaları (BMP – Bina İzleme Noktaları), bina cephelerine yapısal kilit noktalara bina yüksekliğine göre farklı seviyelerde

sağlamca yerleştirilecektir. İki katlı binalara kadar bir seviye prizma tesis edilecektir, daha yüksek binalar için iki, üç seviye prizma tesis edilecektir.

Binalara yerleştirilen prizmalarla X, Y ve Z yönündeki deformasyonlar tespit edilecektir. Okumalar  $- / + 1$  ppm. hassasiyetindeki teodolit aletlerle yapılacaktır.



**Şekil 5.4: Bina İzleme Noktaları**

Yapılan ölçümler hazırlanacak formatta, düzenli olarak tablo ve grafiğe dönüştürülecek (ekteki tablo ve grafik) ve yorumlanacaktır.

**Tablo 5.1: Bina İzleme Noktası (BMP) Tablo ve Grafiği**

Nokta Adı	Baz	Y (Şağı)	X (Yüks)	Montaj Tarihi	Baz Ölçme Tarihi	Baz Koordinatları	05.12.2008			06.12.2008			10.12.2008			18.12.2008			19.12.2008						
							DY	DX	DZ	DY	DX	DZ	DY	DX	DZ	DY	DX	DZ	DY	DX	DZ				
BMP10	Sağ	399410.754	4549416.366	14.05.2008	14.05.2008	87.425	3	10	-02	4	9	-14	2	9	-15	2	9	-15	3	8	-16				
BMP11	Sağ	399421.876	4549404.981	14.05.2008	14.05.2008	87.316	6	8	6	7	8	4	8	7	4	8	7	4	8	7	4	8	7	3	
BMP12	Sağ	399423.575	4549389.930	14.05.2008	14.05.2008	87.990	9	8	-4	11	9	2	12	9	3	12	9	3	12	9	3	12	9	1	
BMP13	Sağ	399425.412	4549384.119	14.05.2008	14.05.2008	88.091	8	4	2	9	5	2	11	6	3	11	6	3	12	5	2	12	5	2	
BMP14	Sağ	399430.873	4549389.874	14.05.2008	14.05.2008	88.782	4	3	2	3	3	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	
BMP15	Sağ	399438.192	4549385.256	14.05.2008	14.05.2008	89.646	3	7	1	4	7	0	5	8	-1	5	8	-1	6	7	-1	6	7	-1	
BMP16	Sağ	399445.093	4549371.337	14.05.2008	14.05.2008	89.638	9	8	-6	9	8	-6	9	8	-6	9	8	-6	9	8	-6	9	8	-6	
BMP17	Sağ	399446.448	4549362.730	14.05.2008	14.05.2008	89.496	4	-3	-2	4	-3	-2	4	-3	-2	4	-3	-2	4	-3	-2	4	-3	-2	
BMP18	Sağ	399456.498	4549350.577	14.05.2008	14.05.2008	89.616	1	8	-1	5	8	-1	5	8	-1	5	8	-1	5	8	-1	5	8	-1	
BMP19	Sağ	399469.057	4549335.357	14.05.2008	14.05.2008	89.828	1	4	3	1	4	3	1	4	3	1	4	3	1	4	3	1	4	3	
BMP20	Sağ	399482.185	4549329.799	14.05.2008	14.05.2008	91.641	3	1	-1	1	2	-3	2	2	-3	2	2	-3	3	2	-3	3	2	-3	
BMP21	Sağ	399498.757	4549308.761	14.05.2008	14.05.2008	91.614	-6	-1	2	-4	0	2	-3	1	3	-3	1	3	-2	0	-2	0	-2	0	4
BMP22	Sağ	399512.954	4549291.531	14.05.2008	14.05.2008	91.626	0	0	2	0	2	0	1	2	-1	1	2	-1	3	1	-1	3	1	-1	
BMP23	Sağ	399519.066	4549279.035	14.05.2008	14.05.2008	91.007	-5	2	1	-4	-3	1	-3	4	1	-5	4	1	-4	3	3	-4	3	3	
BMP24	Sağ	399526.426	4549272.057	14.05.2008	14.05.2008	91.164	-4	-1	1	-2	-2	2	-2	-2	3	-2	-2	3	-1	-3	-1	-3	-1	-3	
BMP25	Sağ	399540.398	4549253.297	14.05.2008	14.05.2008	91.852	-5	2	-1	-4	1	-3	-4	1	-1	-4	1	-1	-4	-1	-1	-4	-1	-1	
BMP26	Sağ	399553.672	4549235.764	14.05.2008	14.05.2008	91.902	0	4	0	-2	2	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	
BMP27	Sağ	399565.448	4549220.132	14.05.2008	14.05.2008	91.913	-5	1	1	-6	0	0	-3	1	2	-5	1	2	-4	0	3	-4	0	3	
BMP28	Sağ	399573.493	4549216.151	14.05.2008	14.05.2008	91.961	-19	2	0	-19	3	0	-11	4	0	-11	4	0	-11	3	0	-11	3	0	
BMP29	Sağ	399581.171	4549204.925	14.05.2008	14.05.2008	91.960	-3	2	1	-2	1	1	-2	2	2	-2	2	2	-1	2	1	-1	2	1	
BMP30	Sağ	399592.439	4549193.248	14.05.2008	14.05.2008	89.137	-7	1	5	-7	1	5	-7	1	5	-7	1	5	-7	1	5	-7	1	5	
BMP31	Sağ	399602.251	4549189.872	14.05.2008	14.05.2008	88.891	-7	11	-2	-6	10	-2	-3	10	-1	-5	10	-2	-4	9	-1	-4	9	-1	
BMP32	Sağ	399613.642	4549179.657	14.05.2008	14.05.2008	89.860	-16	5	-11	-15	5	-10	-14	6	-8	-14	6	-8	-13	5	-8	-13	5	-8	
BMP33	Sağ	399631.251	4549150.248	14.05.2008	14.05.2008	84.342	-6	1	-3	-6	1	-3	-6	1	-3	-6	1	-3	-6	1	-3	-6	1	-3	
BMP34	Sağ	399646.060	4549132.580	14.05.2008	14.05.2008	84.908	-1	7	1	-2	9	0	-1	8	-1	-1	8	-1	0	8	-2	0	8	-2	
BMP35	Sağ	399650.968	4549111.943	14.05.2008	14.05.2008	85.077	-1	3	0	-2	3	-2	-2	3	-1	-2	3	-1	-2	2	-1	-2	2	-1	
BMP36	Sağ	399657.874	4549091.422	14.05.2008	14.05.2008	85.144	1	6	-1	0	7	-1	1	6	-2	1	6	-2	2	5	-3	2	5	-3	
BMP37	Sağ	399672.553	4549113.927	14.05.2008	14.05.2008	84.922	1	3	3	0	8	3	1	6	2	1	6	2	2	3	1	2	3	1	
BMP38	Sağ	399671.889	4549101.907	14.05.2008	14.05.2008	85.185	2	11	2	1	12	1	2	11	2	2	11	2	2	11	2	2	11	1	
BMP39	Sağ	399674.156	4549095.594	14.05.2008	14.05.2008	85.172	4	4	3	3	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	2	
BMP100	Sağ	399578.192	4549385.874	14.05.2008	14.05.2008	83.165	2	7	-3	1	8	-4	1	7	-4	1	7	-4	0	7	-4	0	7	-4	
BMP101	Sağ	399585.887	4549379.798	14.05.2008	14.05.2008	83.128	-2	8	-4	-2	8	-4	-2	8	-4	-2	8	-4	-2	8	-4	-2	8	-4	
BMP102	Sağ	399585.985	4549379.800	05.06.2008	05.06.2008	83.121	-1	2	3	-1	3	2	6	2	2	6	2	2	6	2	2	6	2	2	



### 5.4.1.2 İnklinometre

İstasyon kazı alanında zeminin kazıya yataydaki tepkisini görebilmek için istasyon etki alanı içerisinde yer alan yüksek katlı binalar ile istasyon arasında inklinometre yerleştirilecektir.

Yüzeyden itibaren belirli derinlikte oluşabilecek yatay hareketlerin izlenmesinde güvenilir bir yöntem kabul edilen inklinometre ölçümleri düşey olarak açılacak sondaj kuyularına yerleştirilecek 3'er m. boyunda sıcağa karşı dayanıklı, yüksek sıkışma ve dayanıma sahip plastik boruların ilksel konumlarından olan sapmaların inklinometre cihazı aracılığıyla belirlenmesi esasına dayanır.

Önemli mühendislik yapılarında mm. boyutunda dahi oluşacak hareketlerin izlenmesinde kullanılan inklinometre yardımıyla hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir.

Ölçüm hassasiyetinin yüksek olması sebebi ile zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketleri de kaydedilebilmektedir.

#### **5.4.1.3 Hazırlanması Ve Kuyuya Yerleştirilmesi**

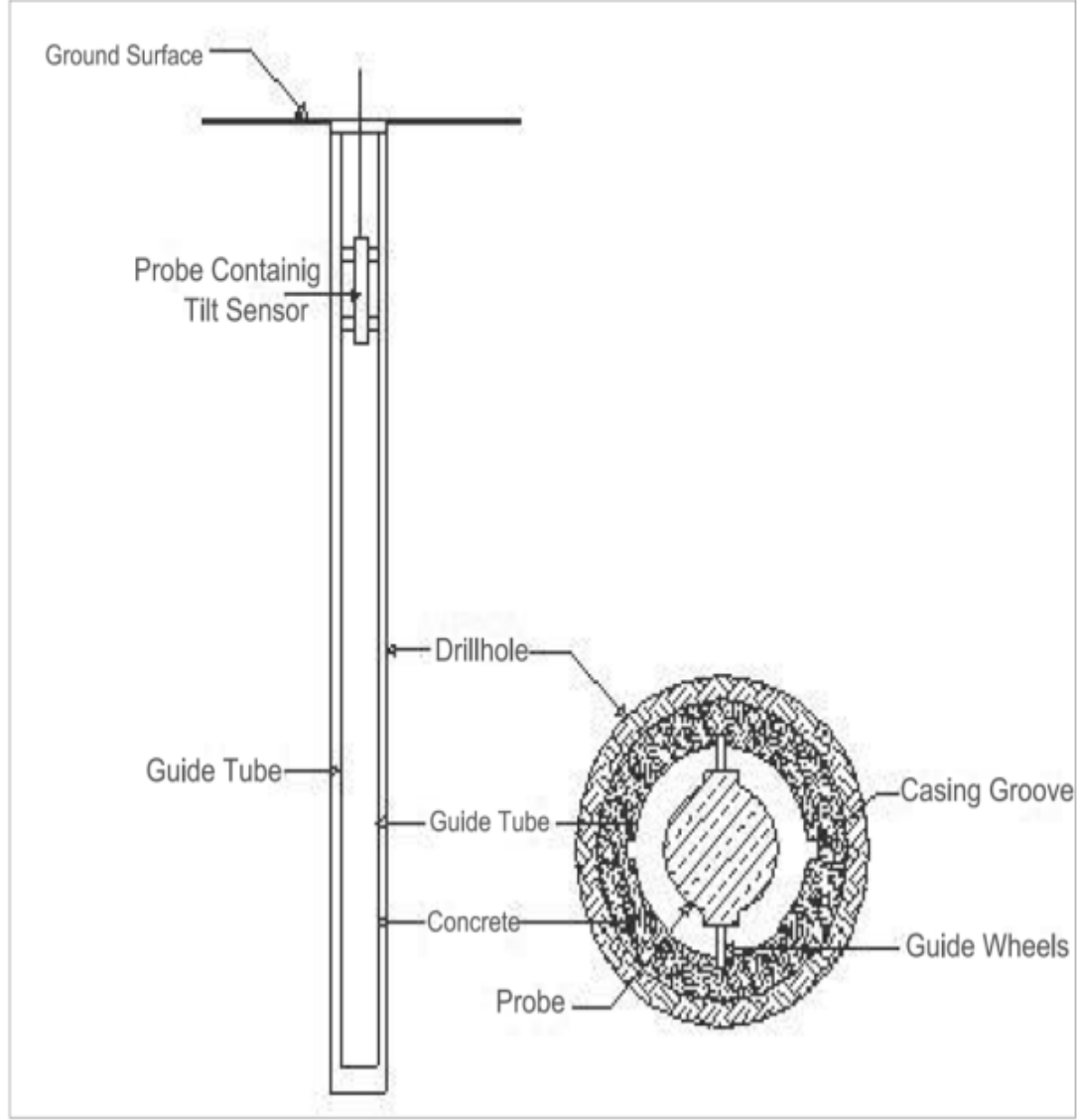
Açılan delik, hareket beklenmeyen bölge içerisinde zemin ortamında hareket beklenen bölgenin 4.5 m ilerisine kadar uzatılacaktır. Sedimanter yığılmanın olabileceği delik diplerinde 1.5 m lik kayıplara müsaade edilebilmektedir. Boru, kum dolgu veya zayıf çimento enjeksiyonu içerisinde tutulur.

İnklinometre boruları, 3.0 m uzunluğunda, plastik olarak kullanılırlar.

Yivlerin dipten tepeye kadar aynı düşeyde kalmaları için kullanılan kılavuz sağa ve sola döndürülerek kurma işlemi tamamlanır.

Genel prosedür, inklinometreyi delik dibine indirdikten sonra okumalara başlamaktır. Her seferinde inklinometrenin ilk yapılan okumayla aynı derinliğe indirildiğinden emin olunacaktır. Belirli aralıklarla okumalar alınarak inklinometre deliğin tepesine kadar yükseltilir. Daha sonra inklinometre borutan ayrılır, kılavuz bu kez karşı yive denk gelecek şekilde 180° döndürülerek, inklinometre borusun dibine indirilir. Delik tepesine kadar okumalar aynı şekilde alınır. Bu prosedür, okumaları elde etmek için, karşılıklı bir yiv çifti için + ve – yönlerde 2 kez okuma alınmak üzere tekrar edilir.

Zeminde İnklinometre (①) (I)  
Inclinometer on the Ground (①) (I)



Şekil 5.5:İnklinometre Montajı



**Şekil 5.6:İnclinometre Ölçümü**

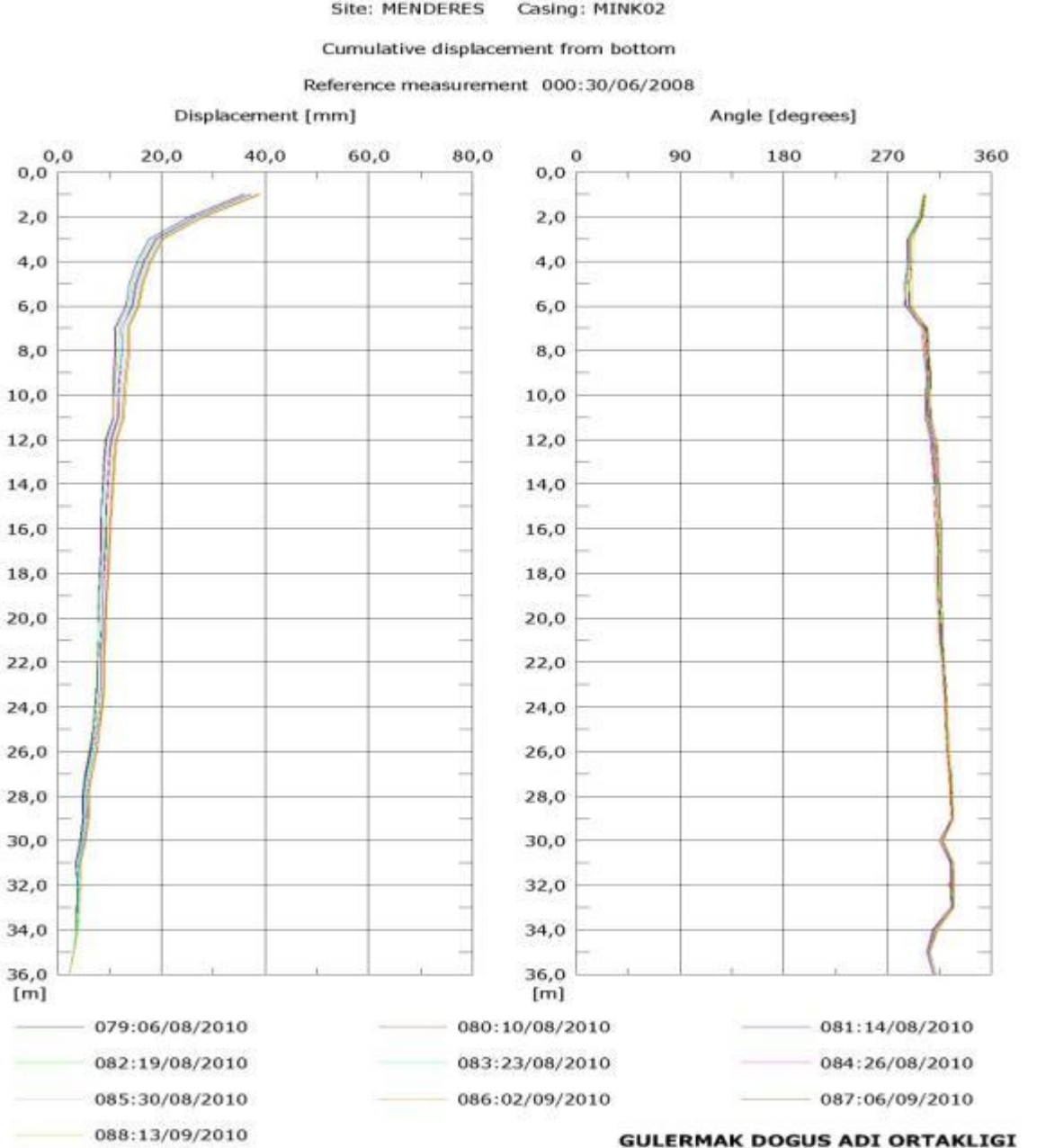


**Şekil 5.7:İnclinometre Ölçümü**

İnclinometre ölçümü ARCHIMEDE DATALOGGER ( 2 set) ile yapılacak, INCLI 2 Programı ile rapora dönüştürülecektir.

Yapılan ölçümler hazırlanacak formatta, düzenli olarak tablo ve grafiğe dönüştürülecek (ekteki tablo ve grafik) ve yorumlanacaktır.

**Tablo 5.2:İnclinometre Ölçüm Grafiği**



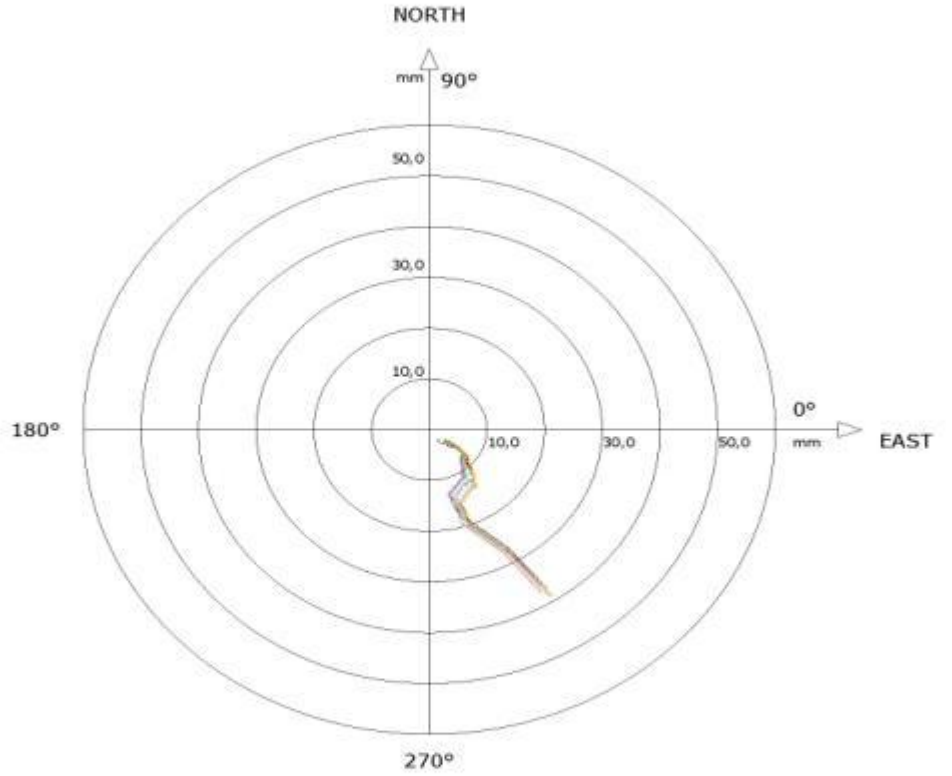
**Tablo 5.3:İnklinometre Ölçüm Grafiği**

Site: MENDERES Casing: MINK02

Cumulative displacement from bottom

Reference measurement 000:30/06/2008

Polar plot of displacement



— 079:06/08/2010  
— 082:19/08/2010  
— 085:30/08/2010  
— 088:13/09/2010

— 080:10/08/2010  
— 083:23/08/2010  
— 086:02/09/2010

— 081:14/08/2010  
— 084:26/08/2010  
— 087:06/09/2010

**GULERMAK DOGUS ADI ORTAKLIGI**



#### 5.4.1.4 Titreşim İzleme

Titreşim izleme İstasyon kazı etki alanında bulunan kritik binalarda ,yüzey noktasında ve mevcut olan ana yapılarda gerçekleştirilecektir.

Kazılar sırasında kaydedilen çok düşük titreşim seviyeleri, düşük kabukla bile yapıların titreşimlerden ciddi olarak etkilenmemesi gerektiğini göstermiştir. Bu nedenlerle istasyon kazı etki alanında yer alan ana binalar izlenecektir (ekli çizimlerde gösterildiği şekilde). Bu yapılar bir veya iki seviye jeofon ile enstrümante edilecektir. İkinci durumda jeofonlar bodrum yüksekliğine ve üst kata konumlanacaktır. Tek bir sismografin paralel kayıt yapan birkaç jeofonu idare edebileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.8: Titreşim Ölçme Aleti

Titreşim ölçümü SYSCOM MR 2002 cihazı ile yapılacaktır.

Enstrüman için istenen spesifikasyonlar aşağıdaki verilmektedir:

**Tablo 5.4:Sismograflar İçin Spesifikasyon**

Sismograf	Birim	Spesifikasyon
Frekans tepkisi	Hz	1 ila 315
Ölçüm aralığı	mm/s	+/- 114
Yönler	Dikay / Yatay / transversal	

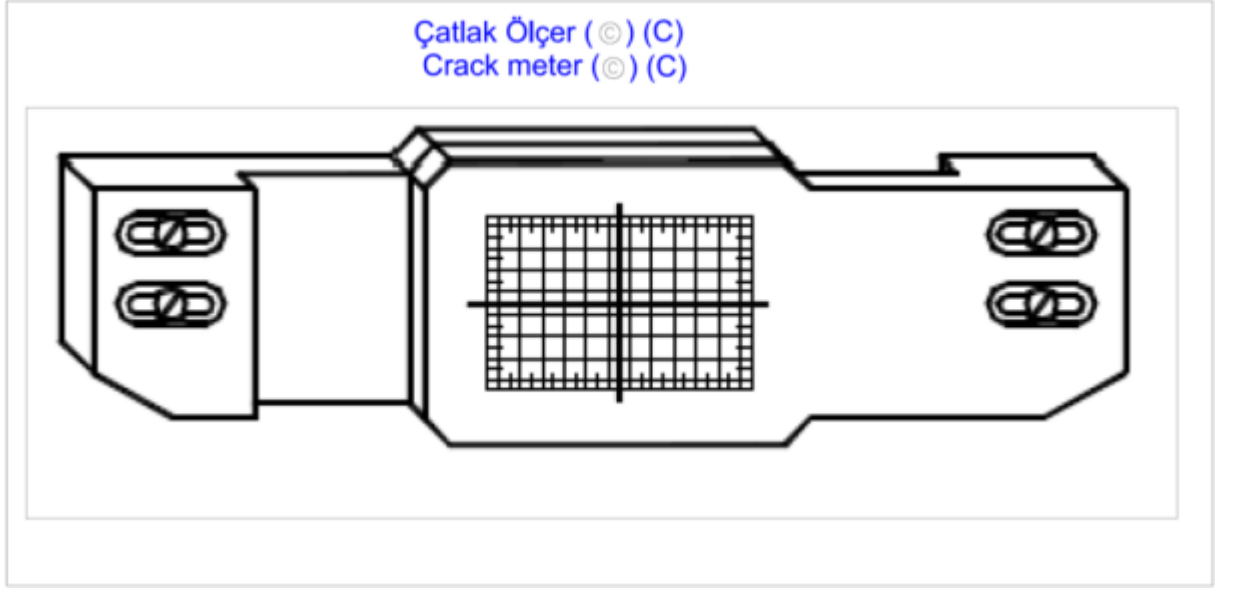
Sismograf ve TBM PLC TBM ilerleme parametreleri (İtme, batma, tork) ile kaydedilen titreşimler arasında kusursuz bir zaman korelasyonu elde etmek için senkronize edilecektir.

Okumalar günlük olarak yapılacaktır. Okumalar maksimum titreşimlere karşılık gelen işlem olan kazı sırasında yapılacaktır.

#### **5.4.1.5 Çatlak Ölçer**

İstasyon kazısı boyunca, İstasyon etki alanı içerisinde kalan binalarda kazı öncesinde tespit edilen mevcut çatlaklara ve mevcut derzlere çatlak ölçerler yerleştirilecektir.

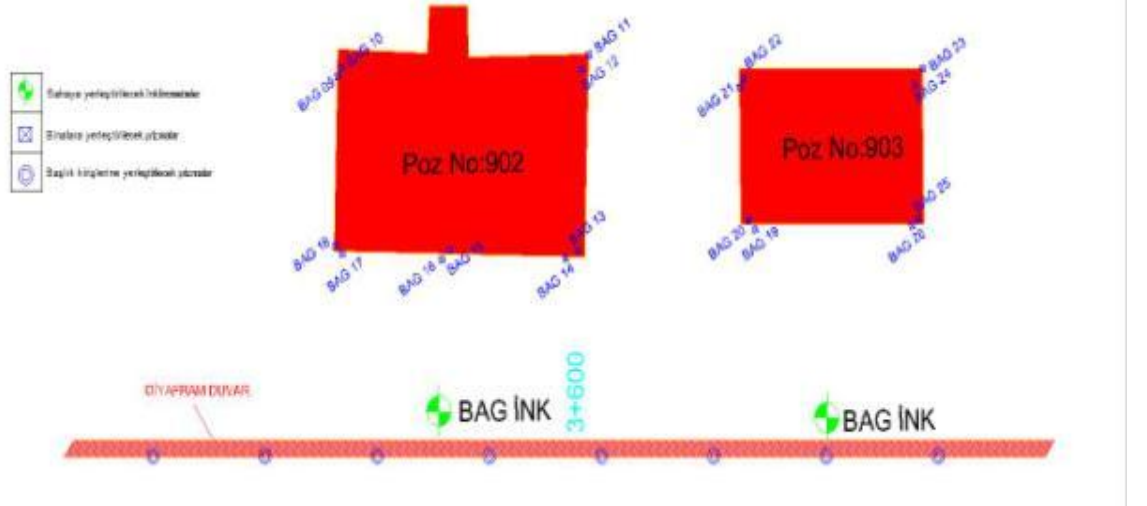
Çatlak ölçerler mekanik ve dijital olarak 2 çeşit yerleştirilecek kazı sırasında çatlaklarda veya derzlerdeki durum gözlenecektir.



**Şekil 5.9:Mekanik Çatlak Ölçer**

Binalara ve yapısal alanlara yerleştirilen çatlak ölçerler ,kazı sırasında düzenli olarak kontrol edilecek,kazı sonrasında ise belirlenen periyotta gözlemleri devam edecektir.

#### 5.4.1.6 Ölçüm



**Şekil 5.10:Okullar Bölgesindeki Enstrüman Montajı**

Bağcılar İstasyonunda yer alan Zihinsel Engelliler Okulu (poz no 902) ve Adnan Ötügen İlköğretim Okulu A Blok (poz no 903) binalara monte edilecek izleme enstrümanları ve inklinometreler, istasyon kazısı başlamadan önce tamamlanacak ve baz okumaları alınacaktır.

Zihinsel Engelliler okuluna,binanın farklı yüzeylerine olmak üzere 10 adet Bina İzleme prizması (BAG-09 - BAG-18),Adnan Ötügen İlköğretim Okuluna ise yine farklı yüzeylerde 8 adet Bina izleme prizması (BAG-19 - BAG-26) montajı yapılacaktır.Prizmalar,kazı sırasında her gün 2 kez okunacak ve değerlendirilecek,gerektiğinde sayı arttırılacaktır.

İstasyon kazı alanında zeminin kazıya yataydaki tepkisini görebilmek için istasyon etki alanı içerisinde yer alan binalar ile istasyon arasına inklinometre yerleştirilecektir(BAG İNK). İnklinometreler her gün düzenli olarak ölçülüp değerlendirilecektir.

İstasyon Diyafram Duvarında başlık kirişine monte edilecek prizmalarla da diyafram duvardaki hareket gözlemlenecektir.

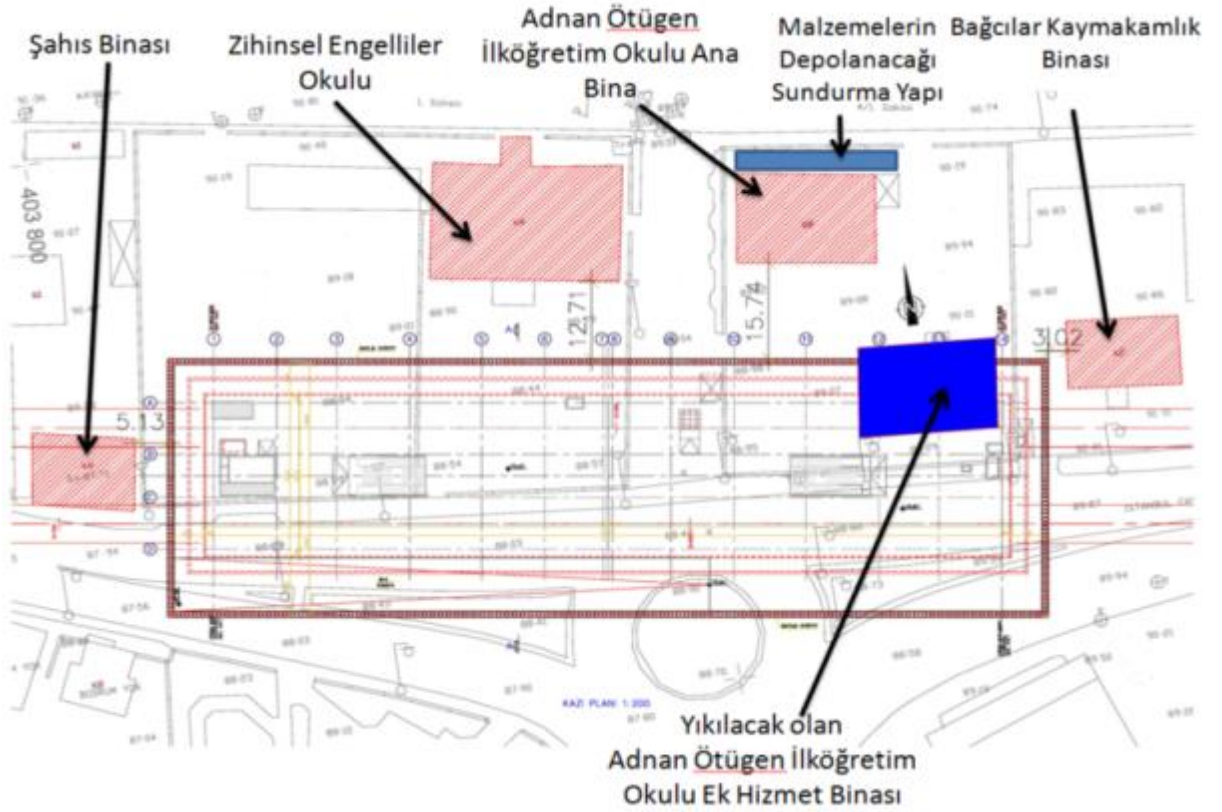
Kazı etki alanına giren binalarda ,kazı sırasında titreşim ölçümü düzenli olarak yapılacaktır.

İstasyon kazısı öncesinde binalarda mevcut olan çatlak,derz vb. açıklıklar çatlak ölçerlerle donatılacak ve günlük takibi yapılacaktır.

Ayrıca binaların fiziki görünümleri her gün görsel olarak kontrol edilecektir.

Kazı ile birlikte, her gün düzenli olarak ölçümü alınan izleme enstrümanları, değerlendirilip, raporlanacaktır.

#### 5.4.1.7 İlköğretim Okulu Ek Hizmet Binasının Yıkımı



Şekil 5.11:Bağcılar İstasyonu ve Çevre yapıları Şematik Planı

Yıkılacak okul binasından çıkacak malzemeler için şekil 5.11’de gösterilen Adnan Ötügen İlköğretim Okulu Ana Binasının arkasında sundurma bir yapı yapılarak, kapısı takıldıktan sonra her türlü çevre güvenliği alınacak ve çıkan malzemeler kontrollü olarak bu yapıya depolanıp İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü’ne teslim edilecektir. Pencere kasaları ve demir korkuluk vb. gibi malzemelerin ise İl Özel İdaresi ambarına güvenli bir şekilde teslimi sağlanacaktır. Bütün bu taşıma işleminin ardından yıkılacak binanın, çevre güvenliği sağlanarak kontrollü ve emniyetli bir şekilde yıkımı yapılacaktır. Yapılan yıkım çalışmaları sonucu çıkan hafriyat malzemesi trafik ve çevre kurallarıyla uyumlu kamyonlara yüklenerak belediyece ruhsatlı hafriyat döküm alanına götürülerek bertaraf edilecektir.

## 5.5 ALTYAPI DEPLASMAN İŞLERİ

Yapı alanındaki mevcut altyapıların deplasmanı için ilgili İdare'lere; İSKİ (İçme suyu, yağmur suyu ve kanalizasyon hatları için), İGDAŞ (Doğalgaz hatları için), Bedaş (Elektrik hatları için), Türk Telekom (Telefon hatları için) ve ilgili belediyeye (Bağcılar) gerekli müracaatlar yapıp bu İdareler nezdinde gerekli girişimlerde bulunulacaktır.

Araştırmaların sonucunda deplasman projeleri hazırlanarak yapım projeleri ilgili İdarelere onaylatılacaktır.

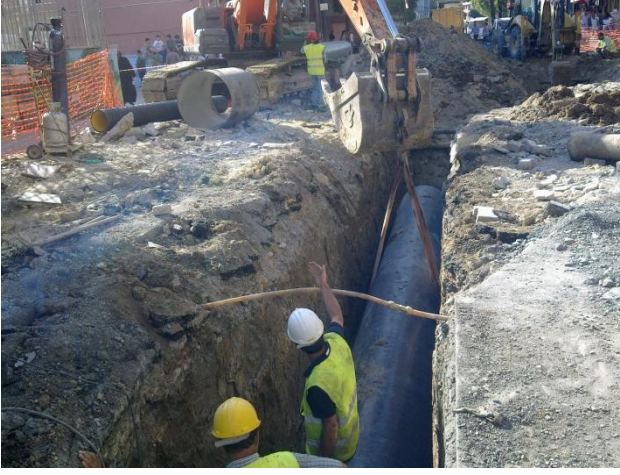
Onayı müteakip inşaat işlerine paralel olarak bu hatların deplase işleri yapılacak olup inşaat alanının yakın çevresinde mevcut olup fakat deplasmanı gerekmeyen altyapı tesislerinin hasar görmemesi için azami gayret sarf edilecektir.

Tüm altyapı tesislerinin ve bağlantılarının durumu geri dolgu yapılmadan önce kontrol edilecektir.

Madde 4.1 de belirtildiği gibi Ø1000 çelik içme suyu isale hattı deplase işlemi istasyon inşaatı için hazırlanan ana trafik sirkülasyon güzergahında kaldığından istasyon alanı kapatılmadan önce Ø1000 çelik içme suyu isale hattı deplase işlemi bu iş için hazırlanan hazırlanan 3 aşamalı trafik sirkülasyonu doğrultusunda tamamlanacaktır.

İstasyon inşaatı için ana trafik sirkülasyonuna göre meydan kapatıldıktan sonra bu alan içinde kalan Telekom ve atıksu hattı deplasmanı aynı anda yapılacaktır.

Yine aynı alan içinde kalan şebeke içme suyu deplasmanı projeleri hazırlanmış olup iski onayından sonra bu süreçte tamamlanacaktır.



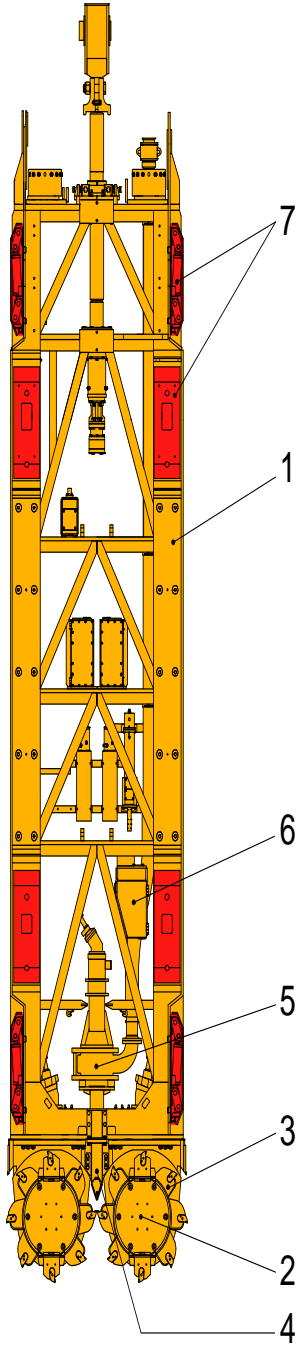
**Şekil 5.12:Altyapı Deplasmanları**

## **5.6 DİYAFRAM DUVAR VE DİYAFRAM KOLON YAPILMASI**

### **5.6.1 Ekipman Tanıtımı**

#### **5.6.1.1 BC Hendek Kesici**

Hendek Kesici, geri dönüşüm prensibine göre çalışan bir kazı makinasıdır. Altına iki adet dişli kutu (2) monte edilmiş, çok ağır bir çelik kafesten (1) yapılmıştır. Kesiciler, dişli kutusuna sabitlenmiş diş serileriyle çalışır, ters yönlerde hareket eder, toprağı kırar ve bentonit süspansiyonunu içine doldurur (3).



Kesici içeri girdikçe toprak, taş ve bentonit, emme kutusunun (4) açıklıklarına doğru taşınır. Kesicilerin hemen üzerinde bulunan, santrifüj pompası, nereden pompalanıyorsa bentonit karışımı, kesicinin gövdesiyle birleştirilen borularla karışım nakil sisteminin başına aktarılır. Oradan da ayrıştırma tesisine gider. Burada, katı toprak ve kaya parçaları ile sıvı bentonit ayrıştırılır ve hendeğe ikinci sefer pompalanır.

Kesicinin kendi ağırlığıyla birleşen ve kesici tekerlerin ürettiği kesme kuvveti, her türlü toprağı ve her türlü irili ufaklı kaya parçalarını yada yan panellerin betonlarını kesmek için yeterlidir.

Zemin koşullarına göre, farklı çeşitlerde kesici dişler yerleştirilebilir, daha iri daneli zemini kesmek için sert kesicili, yada kayaları kırmak için daha kuvvetli vuran dişler takılabilir. Taşları kırarken, kesicinin dişli kutusunu, fazla dinamik kuvvetlerden korumak için, kesici tekerlerin ve dişli kutusunun arasına elastik şok emicileri yerleştirilmiştir.

Kesicinin dikeyliği ve hendeğin hizası, iki ayrı inklinometre (6) cihazıyla, iki ekseni de ölçülür; X-ekseni, hendeğin hizası ve buna paralel Y-ekseni olarak. Bu inklinometreler tarafından elde edilen bilgiler, ana taşıyıcı üzerindeki bilgisayara aktarılır ve eş zamanlı görüntülenir. Böylece operatör devamlı olarak görüntüleri izler ve

**Şekil 5.13:HendeK Kesici**



eğer gerekirse kesicinin dikliğini d¼zeltir. İki tarafında dikliği, d¼nebilen levhalar sistemi (7) tarafından sağlanır. Kazı esnasında makina operat¼r¼, yazılımın tarafından, yapılması gereken hareketi g¼r¼r ve acele olarak uygular. B¼t¼n veriler, ‘‘Panel Raporu’’ olarak g¼r¼nt¼lenebilir ve kazının tamamlanmasından sonra çıktısı alınabilir. QA/QM araçları için kullanılır.



**Şekil 5.14: BC Hendek Kesici**

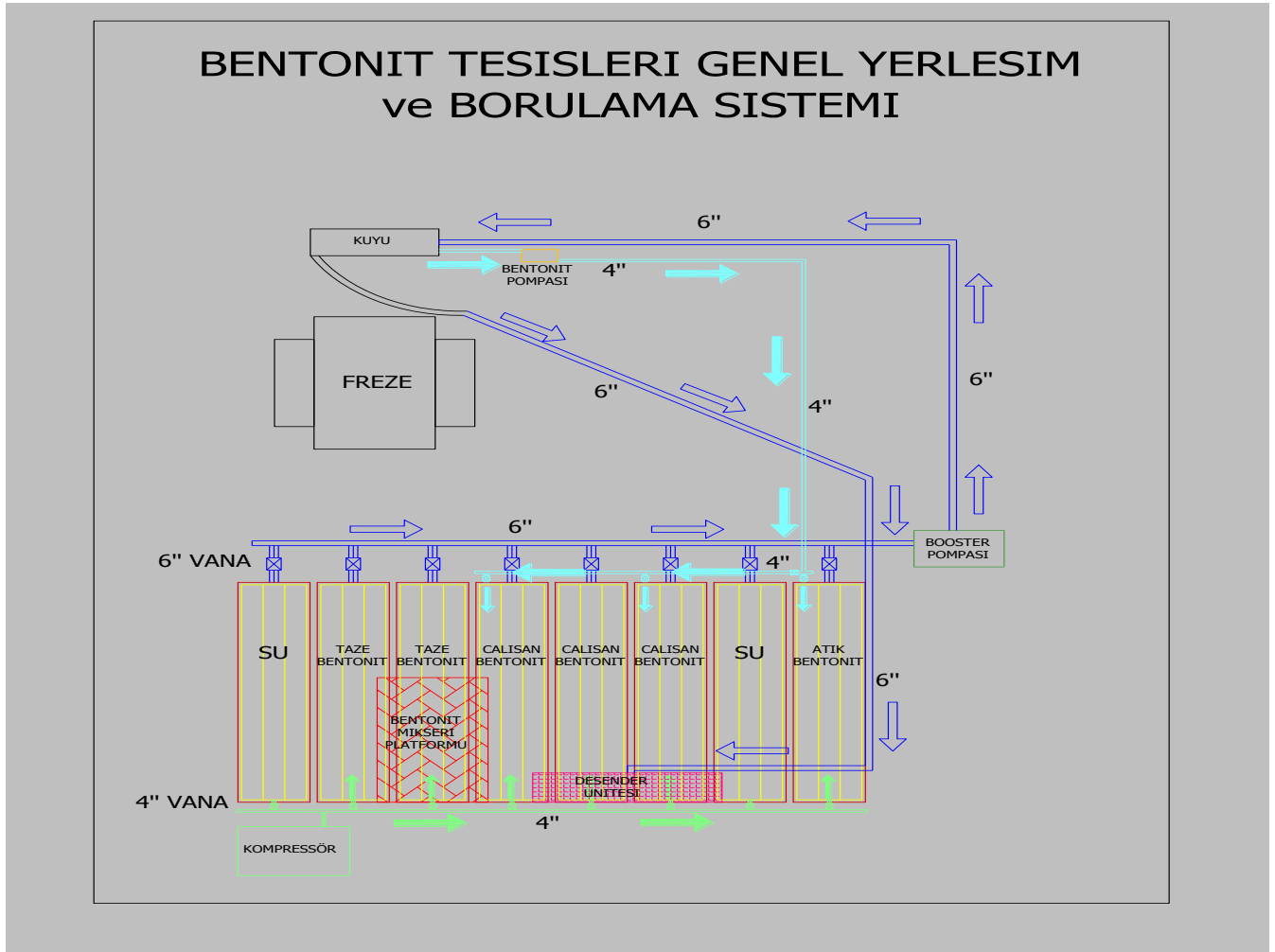
Kesicinin ilerlemesi çok hassas olarak kontrol edilmelidir, yumuŐak zeminlerin içine olması ya da kesici ağırlığı, sert zeminlerdeki yoğun y¼k, kontrol paneli ¼zerindeki d¼đmeler tarafından ayarlanır. Bu d¼đmeler, ana taşıyıcı g¼vdeye monte edilen y¼ksek hassasiyetteki vinci devreye sokar.

Kesme s¼recinin, kesici tekerlerin hızı ve çamur pompasının pompaladığı hacmin, doğru ayarlaması potansiyometre serisine bağlıdır. Kontrol panelinin ¼zerindeki monitor, mevcut kesme durumu g¼sterir. Eğer daha detaylı bilgi istenirse, diğer monit¼r b¼l¼mlerine değiştirerek gereken bilgilere ulaŐılabilir.

### 5.6.1.2 Geri Dönüşüm Ve Ayrıştırma Ekipmanları

Hendeği sabit tutabilmek için bentonit karışımı gereklidir. Ek olarak, hendek kesiciyle çalışırken, karışım, kazı esnasında çıkan harfiyatı taşımak içinde kullanılır. Kullanılmış karışım, 500 m<sup>3</sup>/s kapasite ile çalışan ayrıştırma ünitesine pompalanır. Burada içinde bulunan katı mühteviyat ve sıvı kısım ayrıştırılarak hendeğe geri pompalanır.

Tesis, dört temel birleşimden oluşur:



Şekil 5.15: Bentonit Tesisleri

#### Karıştırma Ünitesi

Randımanlı karıştırma ünitesi, bentoniti suyla karıştırır ve karışımın hareketli tutulduğu ve kullanımdan önce 12 saat havalandırıldığı tutma tankına pompalar. Bu süreç,

bentonitin viskozite ve hidratasyon tiksotropi değerlerinin sağlanması için gereklidir. Birleşen bentonit karışımı, daha sonra ana rezervuara pompalanır.

#### Ayrıştırma Ünitesi

Ayrıştırma ünitesi üç ana kısımdan oluşur; ortada kaba elek ayırıcı (üst unite), bu unite 8 mm'den büyük bütün parçaları titreşimli elekten geçirerek ayırır, iki ayrıştırma ünitesi, hidrosiklonlar, kurutucu, dağıtma kutuları ve pompayı kapsar ve karışımındaki 20 mikrondan küçük parçaları ayırır. Ayrılan karışım tekrar kullanım amacıyla depolama tanklarına pompalanır.



**Şekil 5.16:Ayrıştırma Ünitesi BE 500**

#### Depolama Ünitesi

Depolama üniteleri, küçük havuzlar kazarak, üst üste ya da paralel olarak konulan çelik tanklardan oluşur. Yerleşim planı sahanın durumuna göre birçok şekilde yapılabilir fakat işin devamını garanti altına almak adına yapılacak olan depolama ünitesi bir panel hendeğin 3 katı olmalıdır.

Depolama kapasitesi, mevcut zemin jeolojisine göre tasarlanmalıdır. Kazı sırasında ani bir bentonit kaybı durumları bildirilirse, acil durumlarda kullanılacak bentonit buradan sağlanarak ve hendeğin çökmesini önleyecektir.

#### Taşıma ünitesi

Taşıma ünitesi, hendekten bentoniti almak veya hendeğe bentonit vermek için, pompalar, borular, vanalar ve kontrollerden yapılmıştır. Taşıma ünitesinin dizaynı yapılırken yüksek hacimlerdeki bentonitin hendeğe verilmesi ve hendekte olması hesabı yapılmasıdır. 500 m<sup>3</sup>/s ten fazla olabilirler. Geri dönen hatlarda, yüklenen karışım %8 muhteviyatlı katı malzeme içerebilir. Hatlardan geçen malzeme 80 mm'den büyük olabilir. En uzak noktadaki panelin hesabı yapılarak hesap yapılmalıdır. Boru hattı genelde 150mm (6") çapında olmalıdır. Geri dönen bentonit ve betonlama hattı 100 mm (4") olabilir. Taşıma ünitesini dizayn ederken, hendeğe temiz su sağlanması için gereken yapılmalıdır. Bu temizlik için önemlidir.

### **5.6.2 İmalatta Kullanılan Malzemelerin Özellikleri**

#### **5.6.2.1 Stabilizatör Sıvısı**

Hendek dengeleyici sıvı, bentonit, polimer veya her ikisinin suyla birleşiminden oluşan bir karışımdır. Çamur karışımının son hali deneme karışımlardan elde edilen sonuçlara göre şekillenecektir. Tipik bir çamurun yoğunluğu sulu çimentonun 1 m<sup>3</sup>'ünde 30-40 kg kuru bentonit olarak ayarlanmaktadır. Kuru bentonit veya polimer tozu yerinde depolanmaktadır. Yukarıda bahsi geçen mikser kullanılarak suyla tamamen karıştırıldıktan sonra sulu çimentonun hareketli tutulduğu bir hidrasyon tankına pompalanır ve 12 saat boyunca havalandırılır. Bu adım bentonitin akışkanlık ve tiksotropi (cıvıma) özelliklerini tam anlamıyla kazanması için gereklidir. Sonrasında ana depolama tanklarına kullanım için pompalanır. Kazı işlemi boyunca sıvı seyreltilir veya kirlenebilir. Bu durumda malzemenin kalitesinde tutarlılık sağlamak amacıyla düzenli aralıklarla kontrol edilmesinde fayda vardır. Bentonitin durumu çamur kalitesini daimi kılmak için düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Kalitenin kontrolünde aşağıdaki teçhizat kullanılacaktır:

- i. Marsh hunisi
- ii. Arşimed terazisi

- iii. Kuru muhteviyat kiti
- iv. Filtre
- v. Fann Viscometre (yada benzeri)



**Şekil 5.17: Yoğunluk Ve Viscosite Testi**

Aşağıdaki tablo bentonit çamurunun tipik özelliklerinin listesidir. Değerler, deneyler sonucu hesaplanmıştır ve projede aksi bildirilmediği sürece, bu değerler kullanılmalıdır.

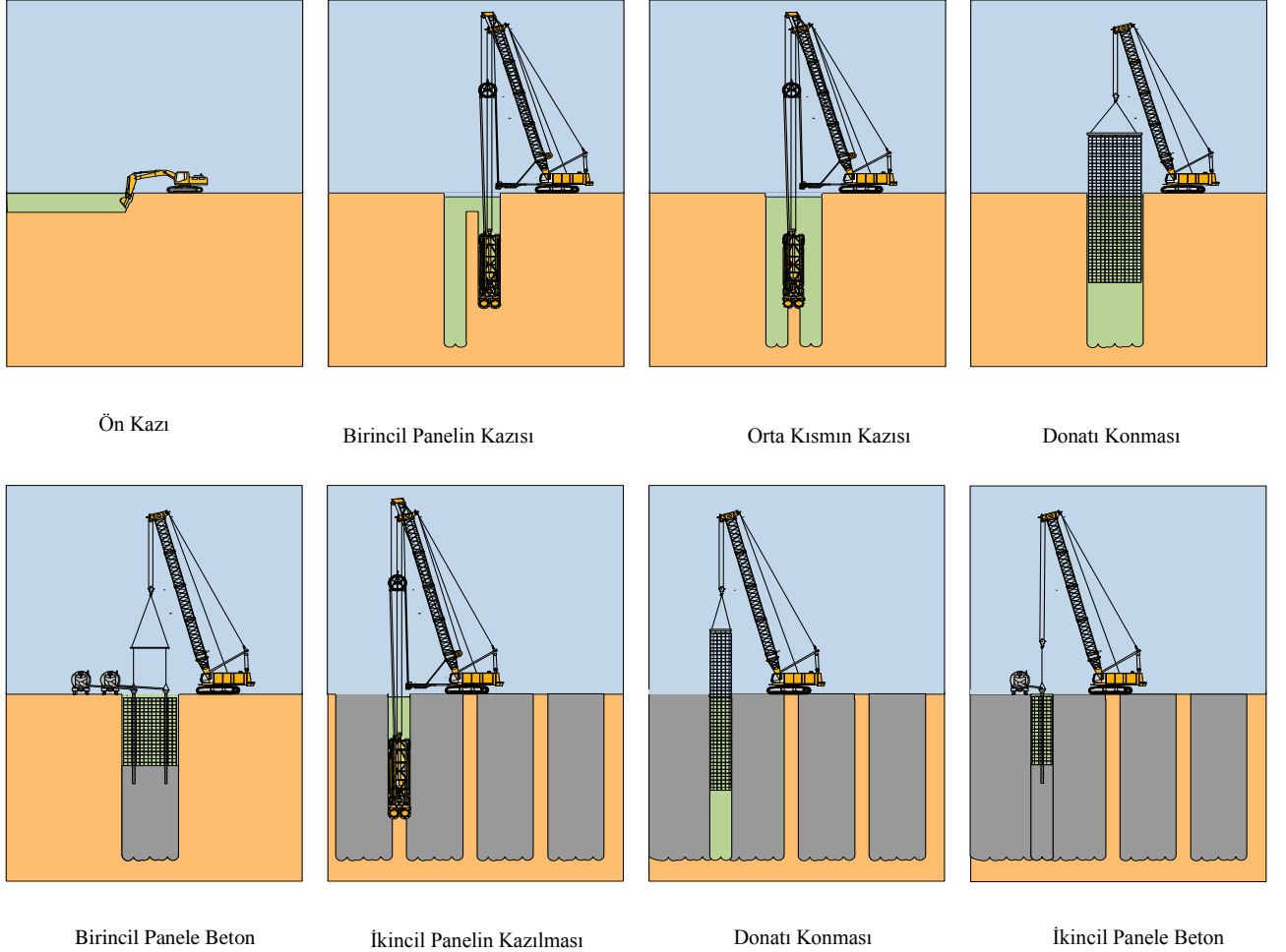
**Tablo 5.5: Yoğunluk Ve Viscosite Değerleri**

Ölçülmesi gereken özellik	Test metodu ve aparatla	API RPI3 Section	Tavsiye edilen değerler	
			Hendeğe Pompalanan karışım	Beton öncesi hendekte bulunan karışım
Yoğunluk	Arşimed Terazisi	1	< 1.30 g/ml	< 1.15 g/ml
Vizkozite	Marsh Hunisi	2	30 – 70 saniye	< 90 seconds



1	BE 500 Ayrıştırma Ünitesi
1	Bentonit Mikseri
1	Hidrofor
6	Yardımcı Pompalar
2	Servis Vinçleri
1	Ekskavatör
	Diğer
	Bentonit pompalama ve geri dönüşüm boruları

### 5.6.3 İmalat Aşamaları



Şekil 5.18: Kesme Tekniği İle Kazı Yapım Sırası

#### 5.6.4 Platform Kazısının Yapılması

Genel yerleşim planına göre gerekli ekipman ve hazırlıklar tamamlandıktan sonra platform kotu harita okumalarına göre işaretlenerek kazı işlemine başlanır. İnşaat alanını verimli kullanmak için başlanılacak yeri belirlemek planlama kapsamında oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçer. Platform kazısı yapılırken diğer ekipmanlar da hazır hale getirilir.



Şekil 5.19: Platform Kazısı





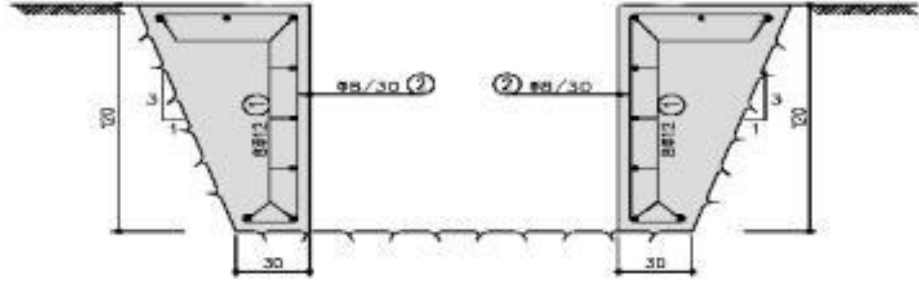
**Şekil 5.20:Platform Kazısı**

### **5.6.5 Platform Betonun Dökülmesi Ve Klavuz Duvarların İmali**

Kılavuz duvarlar, diyafram duvar inşaatından önce yapılmalıdır:

- i. Ön kazının doğru hizada olması için kılavuzluk yapar. Kesici tarafından dik olarak etkiyen ve çalışma alanındaki trafiğin güçleri üst hendeğin çökmesini engeller.
- ii. Hendeğin en üst tabakasındaki toprağın, yıkama ve bentonit karışımı tarafından çökmesini engeller.
- iii. Hendeğin üst tarafının ekipmanların üzerine çökmesini engeller.
- iv. Güçlendirme kafeslerinin üst tarafa aşılacak olan dikey yüklerine karşı destek olur.

Kılavuz duvarlar genellikle betonarme olarak imal edilir. Aşağıda tipik bir kılavuz duvar için ölçüler verilmiştir.



**Şekil 5.21:Tipik Kılavuz Duvar Sistemi**



**Şekil 5.22:Klavuz Duvar İmali**

Demir ve kalıp imalatı bittikten sonra beton dökülür.

Beton döküldükten sonra, kalıplar 1 gün sonra sökülür ve bir sonraki kılavuz duvar için kullanılır.

Kılavuz duvarın birbirine yaklaşıp yer değiştirmesini önlemek amacıyla her 2 metrede bir yatay destek atılmalıdır. Yakınlarında ağır iş makinaları çalışacağı için kılavuz duvarın kenarları açılan hendekle geri dolgusu grobeton ile yapılmalıdır.

#### **5.6.6 Ön Kazı**

Kesicinin ve bentonit döngüsünün düzgün çalışabilmesi için, makina kesime başlamadan önce ön kazı yapılmalıdır. Ön kazı sahada bulunan Hidrolik ya da Mekanik kazıcılarla (grablerle) yapılır. İşin hızını artırmak için önden grablerle zeminde inilebilecek noktaya kadar kazı devam edilir.

Kesicinin çamur pompası, kesici tekerlerinin üzerinde yer almaktadır. Pompanın çalışabilmesi için, kesici tekerlerin ve pompanın tamamı bentonit sıvısının içerisinde olmalıdır. Hendek kesici çalışmadan önce, diğer iş makinalarından biri kullanılarak, en az 3m ön kazı yapılmalıdır.



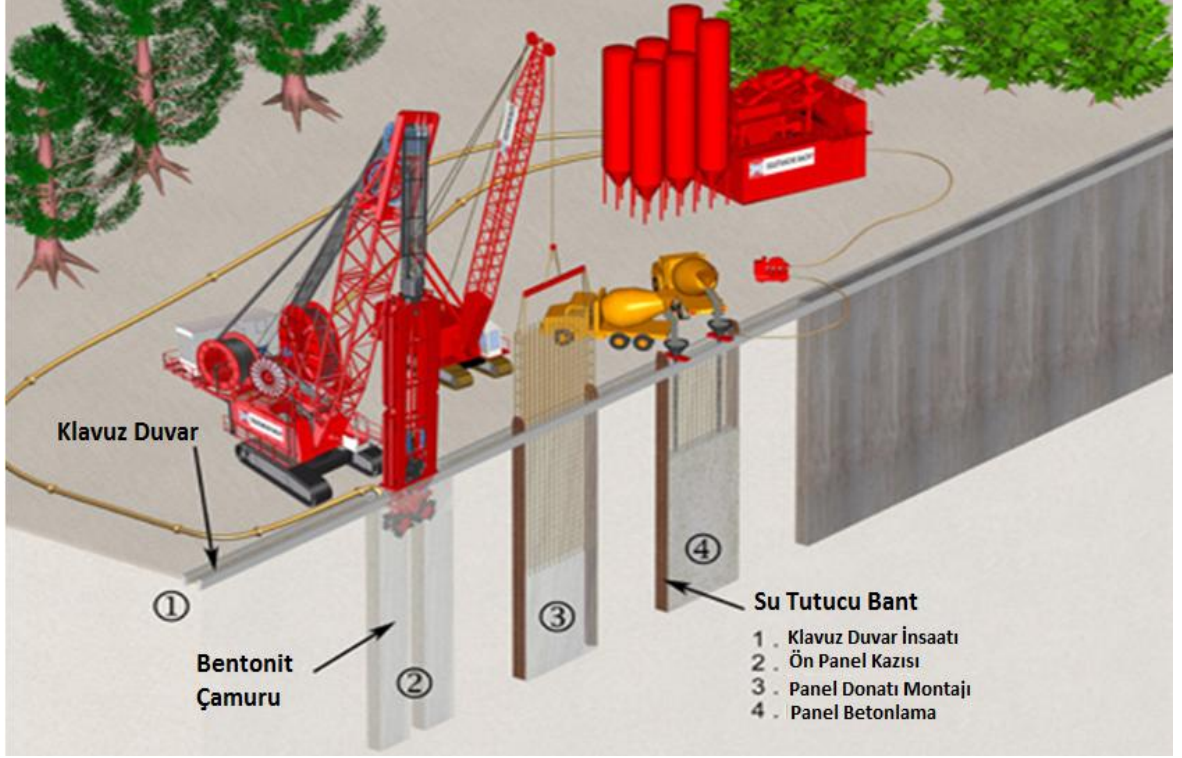
**Şekil 5.23: Ön Kazı**

Herhangi bir kazıya başlamadan önce, zarar görebilecek ekipmanların uzaklaştırılması gerekmektedir.

### **5.6.7 Panel Kazısı**

Sahanın hazırlanması ve kılavuz duvarların inşaatından sonra, diyafram duvarların kazısı, BC hendek kesici kullanılarak başlanabilir. Kazasız bir kazı ve gereken hıza düzgünlüğü sağlamak için, kesici her zaman belli sınırlar içerisinde çalışmalıdır.

Diyafram duvar inşaatı, süreksiz kesitlerde kazılan hendeklerde yada Hendek Kesici ile açılan panellerde başlar. Panel kazısı, kusursuz derzi elde etmek için atlayarak yapılır. Öncelikle “Birincil” paneller inşası yapılır ve ardından ortadaki ikincil panelin kazısı yapılır.



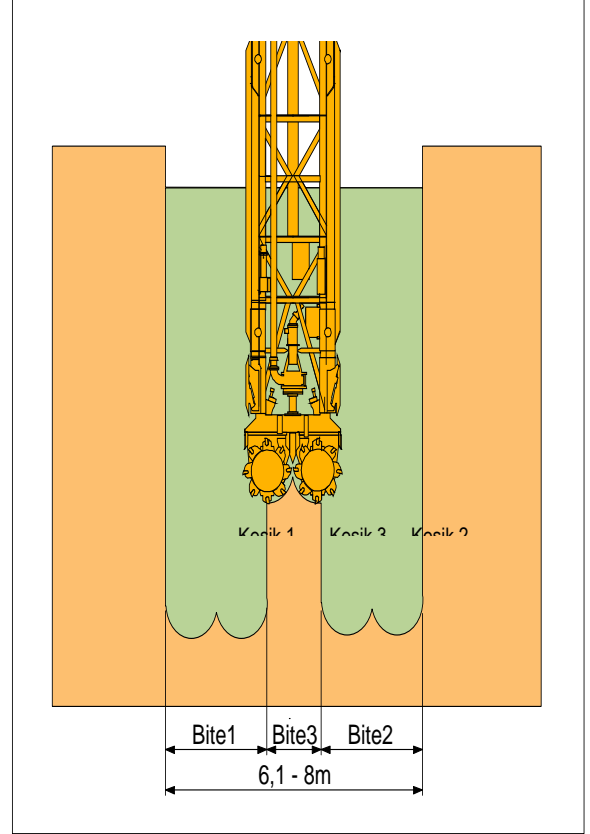
Şekil 5.24:Panel Kazısı Şematik Gösterimi

### 5.6.7.1 Birinci Panel Hendeklerinin Kazısı

Makinanın geometrisine göre, panellerin uzunluğu 2,8 m'dir. Zemin durumuna göre, ve/veya duvarın ölçülerine verilen izine göre, uzun, çok 'kesikli' birincil panel, 3 ya da daha fazla "kesik" ten meydana gelebilir.

(örn. Sol kesik 2,8m - sağ kesik 2,8m - orta kesik 0,5-1,5 arası = toplam birincil panel uzunluğu 6,1m -8 m arası olabilir)

Birincil panel hendeği kazısı boyunca kazılan hendek içerisindeki bentonit çamurunun seviyesi devamlı monitörden kontrol edilmelidir ve açık hendeğin stabilitesinden emin olunmalıdır.



Şekil 5.25: Panel İmalatı

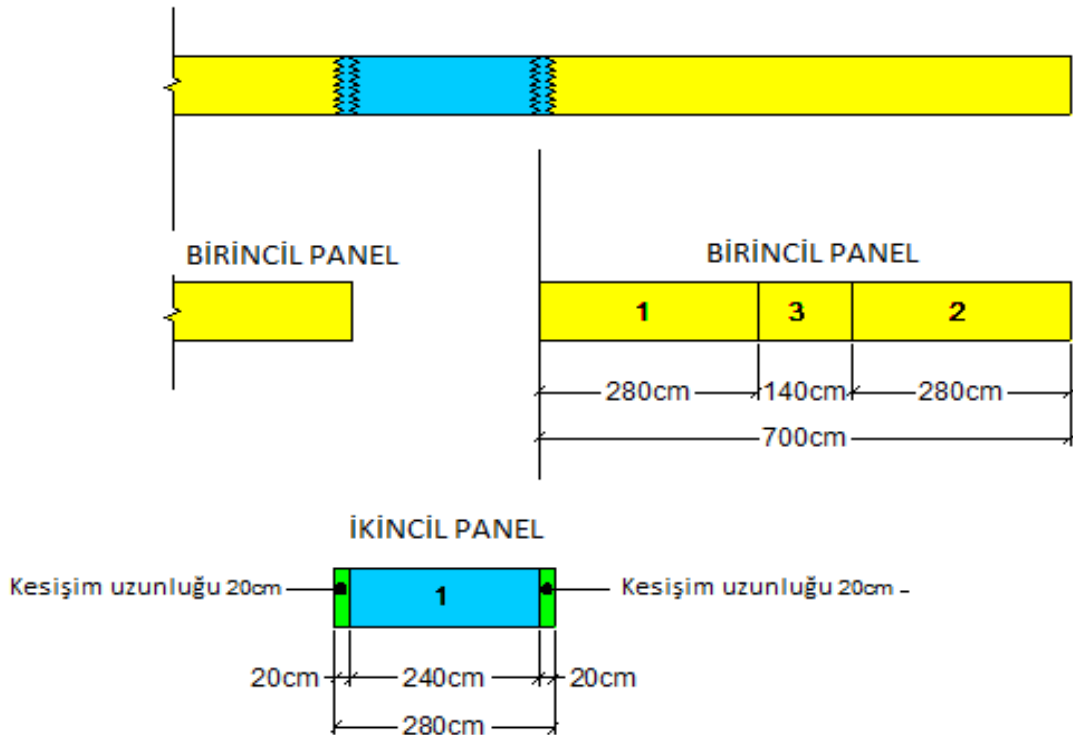
Son derinliğe ulaşıldığı anda hendeğin dikliği tekrar kontrol edilmelidir ve bentonit, betonlama kriterlerine sağlıyorsa tekrar kullanabilmek için geri dönüşüm yapılır.



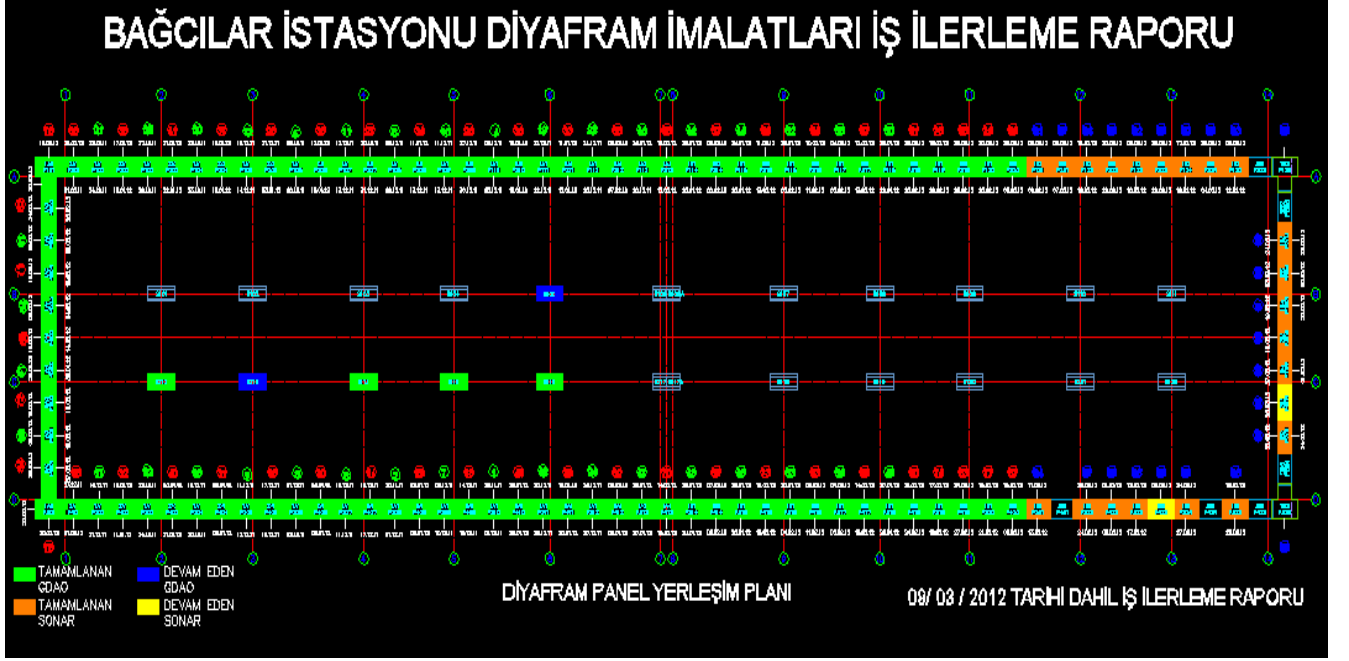
**Şekil 5.26: Panel Kazısı**

### 5.6.7.2 İkinci Panel Hendeklerin Kazısı Ve Kesişimlerin Biçimi

Diyafram duvarın sürekliliğinin sağlanması için, arka arkaya olan panellerde bulunan derzler, ikincil panel hendeklerinin kazısında, birincil panel betonlarını keserek oluşturulur. Betonların kesme değerleri değişkendir. İkincil panel hendeklerinin kazısı için, “birincil panel” sınırlarının mesafesi, 2,8m açıklıkta olmalıdır.



**Şekil 5.27: Birincil Ve İkincil Panellerin Yapım Sırası**

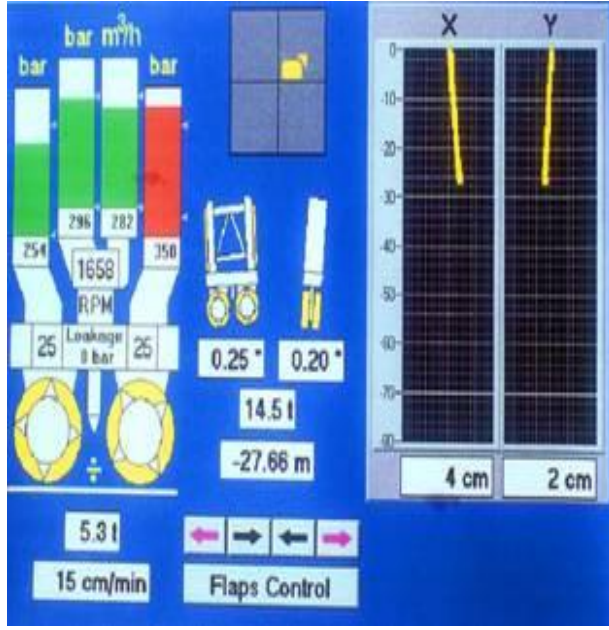


**Şekil 5.28:Bağcılar İstasyonu Panel Yerleşim Planı**

### 5.6.7.3 Dikeylik Kontrolü

Hendeğin dikeylik kontrolü, panel ekseninin ve panel eksenine paralel olacak şekilde hendek kesicinin üzerine monte edilen iki adet bağımsız inklinometre tarafından ölçülür.





B-Tronic Sistemi kazıdaki alet eğilimini kaydeder ve kazı derinliği ile ilişkilendirir.

Bu bilgileri daha sonra bilgisayar inceler. Aletlerin grafiksel olarak sunumu, operatör kabininin içindeki ekranda görüntülenmektedir. Operatör tarafından görülen ekran yanda gösterilmektedir. Hendek kazısının dikeyliğini sağlamak için bu bilgiler eş zamanlı olarak ekrana aktarılır ve operatöre yardımcı olur.

Panel, proje derinliğine ulaştığı anda, kazının dikeyliğini kapsayan veriler ve grafikler bir ölçüm mekanizması hazırlar.

### Şekil 5.29: Kesici Ünitenin Ekran Görüntüleri

Ölçüm mekanizmasının kaydettiği veriler saklanır ve “Dikeylik Raporu” adı altında çıktısı alınır. Bu çıktı kontrol kayıtlarını oluşturur.

### 5.6.8 Donatı Kafesinin Hazırlanması Ve Yerine Konması

Diyafram duvar donatı kafesinin hazırlanması ve yerine konulması işlemlerini maddeler halinde özetlersek;

- Panel kazısı tamamlanınca, dışarıda hazırlanan donatı kafesi istenilen derinlikte açılan hendeğe indirilir.
- Kılavuz duvarların üzerinde bulunan ölçüm işaretleri, kafesin dikkatlice yerine konmasını sağlar.
- Donatısı konulan birincil panelin yanlışlıkla kazılmaması için, donatı kafesinin ikincil panelden yeterli uzaklıkta olması gerekir.

- iv. Donatı kafeslerinin dizaynında, tremi borularının geçmesi için gerekli boşluklar bırakılmalıdır ve kafes tüm yüzlerinde rijitliği sağlamak adına güçlendirilmelidir.



**Şekil 5.30:Donatı Kafesi Montajı**

Kafesleri idare edilebilecek şekilde, bir ya da daha fazla bölümler şeklinde yerine konulabilir. Bu durumda, tamamlanan her bir kafes bir öncekinin üzerine indirilir ve uzunlamasına kaynak ya da manşon ekleri yapılarak bağlanır ya da vidalama veya bağlayıcı demirlerin kullanılması gibi diğer teknikler kullanılarak, bağlantıları yapılır.

- i. Kaldırmayı kolaylaştırmak için, askı çengelleri ve ek tutucu barlar güçlendirme kafesine eklenmelidir.
- ii. Bütün kafes, hendeğe indirildikten sonra kafesin kendisine vidalanan, bağlanan çengeller vasıtası ile kılavuz duvar üzerine asılır.
- iii. Kafesin bütün uzunluğu boyunca betonla kaplanması için, dış yüzeylerine ayırıcı kirişlerin monte edildiğinden emin olmak gerekir.
- iv. Kafesin doğru seviyede, çengellerin yardımıyla birbirine bağlantıları yapılabilmesini başarmak için kılavuz duvara bağlanıp kafese vidalanması gerekir.
- v. Betonun tüm özelliklerinin sağlanması için ayırıcı kirişlerin kafese eklenmiş olması gerekir. Bu ayırıcılar kızak şeklinde ya da yuvarlak kesitli olarak betonlama sahasında imal edilir.



**Şekil 5.31:Donatı Montajı**

#### **5.6.8.1 Diyafram Donatı Takibi**

- a) Demir imalat sahasında projesine göre yapılacak olan panel kafes tam boy demirlerinin ölçü kontrolü yapılarak 12,00 mt olması sağlanacaktır.
- b) Kafes demirlerinin ölçü kontrolleri tamamlandıktan sonra imalatı hazırlanacak olan panel kafesinin demir kesimleri ve büküm işlemleri yapıldıktan sonra etiketlendirilerek montaj sahasına nakledilecektir.
- c) Yapılacak olan kafesler 24,00 mt'lik boylar halinde hazırlanacak olup, birleştirme elemanları manşonlar ile sağlanacaktır. Panel boyuna göre 2 parça veya üç parça halinde kafesler hazırlanacaktır.
- d) Hazırlanmış olan kafesler son kontrol yapılarak markalanacaktır.

- e) Montaj platformunda yatay konumda bulunan kafes kaldırma aparatıyla (kafesin deforme olmaması için) kaldırılacak ve istiflenecektir.
- f) Kuyusu tamamlanmış olan panel kafeslerinin paspayları yerleştirilecektir. Boyuna yöndeki sapmaları önlemek için kafes kılavuzlama profilleri (her iki yönde IPN 400) yerleştirilir.
- g) Hazırlanmış olan panel kafesleri ilk olarak en alta gelen kısım vinç vasıtasıyla ve kaldırma aparatıyla alınıp diyafram kuyusu başında dikme platformunun üzerine konulacaktır. Kuyu başında bekleyen ikinci vinç hazırlanmış olan kafese bağlanacak, birinci vinç dikme platformuna bağlanacaktır. Aynı anda dikme platformu kaldırılmaya başlanacak ve dikme platformundan kurtulan kafesi ikinci vinç kuyuya indirmeye başlayacaktır. Birinci vinç dikme platformunu bırakıp kaldırma aparatıyla beraber diğer kafesi almak için istif sahasına gidecektir. İkinci vinç kuyuya kafesi saldıktan sonra kafes yaklaşık 1 mt'si dışarıda kalacak şekilde taşıma profiline bağlanacaktır. Birinci vincin diğer kafesi dikme platformuna koyduktan sonra dikme işlemi tekrarlanacaktır. Kuyu içine salınmış olan kafes ile diğer eklenecek olan kafes ikinci vinçte askıda tutularak manşonlu bağlantılar yapılarak panel kafesi tamamlanacaktır. Taşıma profili çıkartılıp kuyuya kafes yerleştirilecektir.



**Şekil 5.32:Donatı Montajı**



**Şekil 5.33:Donatı Montajı**

### **5.6.9 Çelik Çekirdekli Diyafram Kolon Yapılması**

Kapa-Aç İstasyon yapım yöntemlerinde iki farklı kolon sistemi tercih edilebilir. Birincisi Çelik çekirdekli diyafram kolon, ikincisi de donatılı diyafram kolondur. Bağcılar İstasyonunun da derinliğin fazla olması ve mimari alan darlığı sebebiyle sapma payı düşük olan çelik çekirdekli diyafram kolon sistemi seçilmiştir. Bu kolon sisteminde kolon donatısı olarak düşünülen çelik kolonların yerleştirilmesi için kolon ön kazısı yapılır. İkinci aşamada kazı makinası ile panel kazısı gibi kazı imalatı tamamlanır. Vinçler yardımıyla çelik kolon donatıları üçüncü aşamada yerleştirilir.





**Şekil 5.34:Çelik Kolon Montajı**

Atölyede 12 mt boyunda üretilen çelik kolonların sahada birleştirilir.



**Şekil 5.35:Çelik Kolon Montajı**

Birincil panel donatı yerleştirilmesi sırasında; donatı kuyuya indirilmeden kuyu yüksekliğinin en az  $2/3$ 'ü boyun da 2 adet HEB400 klavuz profili kuyuya yerleştirilir. Bu imalat klavuzluk görevi görmekte olup sapma miktarını azaltmak için önemlidir. Betonlama esnasında vinçlerle yerinden çıkarılır. Üst iki parça kolon donatısı birleştirilirken ilk önce birinci donatı kazı içerisinde askıya alınır. Vinç yardımıyla ikinci donatı parçası aynı hizada olacak şekilde ucuca getirilerek kaynak yapılır. Bağcılar istasyonunda toplam kolon donatı imalatı 3 parça halinde birleştirilerek oluşturuldu.

## 5.6.10 Diyafram Panel Ve Kolon Betonu Dökümü

### 5.6.10.1 Ayrıştırma

Betonlama öncesi hendekdeki bentonit ayrıştırma silosunda sirkülasyona sokulur. Bu sırada kısmen veya tamamen bentonit yenilenerek, bentonitin uygunluk ölçütlerini karşıladığı karakteristikler sağlanır. Sirkülasyona devam ya da çamurun yenilenmesi kararı hendekdeki çamurun özelliklerine bağlıdır ve genelde kum içeriğine, malzemeye şekil veren uygunluk koşullarına ve toz bentonit durumu ile zamana bağlıdır.

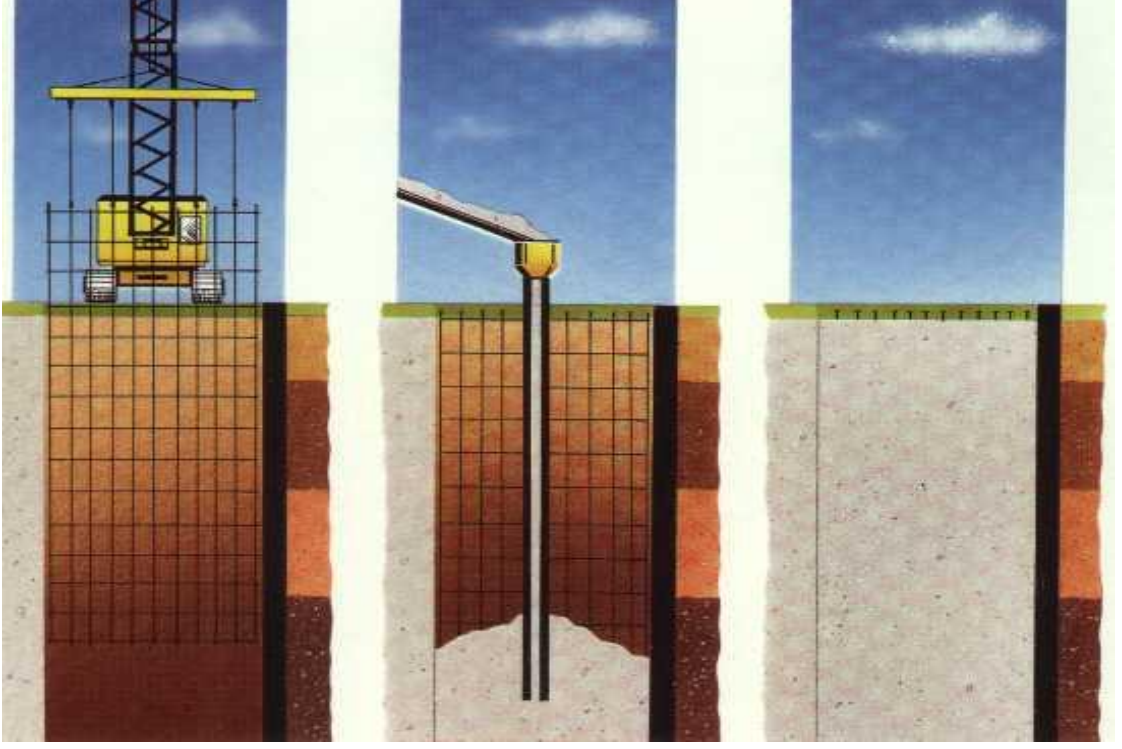


**Şekil 5.36: Bentonit Ayrıştırma Ünitesi**

Hendekdeki çamuru yenileme, sirkülasyon etme genelde Hendek Kesici ile yapılır. Hendek Kesici bentonit çamurunun dip noktasından az yukarıda tutulur ve santrifüj pompasıyla bentonit işleme tesisine pompalanır.

### 5.6.10.2 Betonlama

Sıvı dolu hendeğe beton dökümü “ tremie borusu” (sıvı altında beton basan boru) aracılığıyla yapılır. Bu boru taze betonu hendeğin dibine gönderir ve betonla çamur aşağıdan yukarı doğru yer değiştirir.



**Şekil 5.37:Diyafram Panel Betonlama**

Tremie borularının sayısı, betonlanacak bağımsız panellerin uzunluğuna göre belirlenecektir. 4 m'ye kadar uzunluktaki panellerde bir tremie, 4 ile 7 arası metrelerdeki panellerde 2 tremie borusu kullanılacaktır.





**Şekil 5.38: Beton Dökümü**

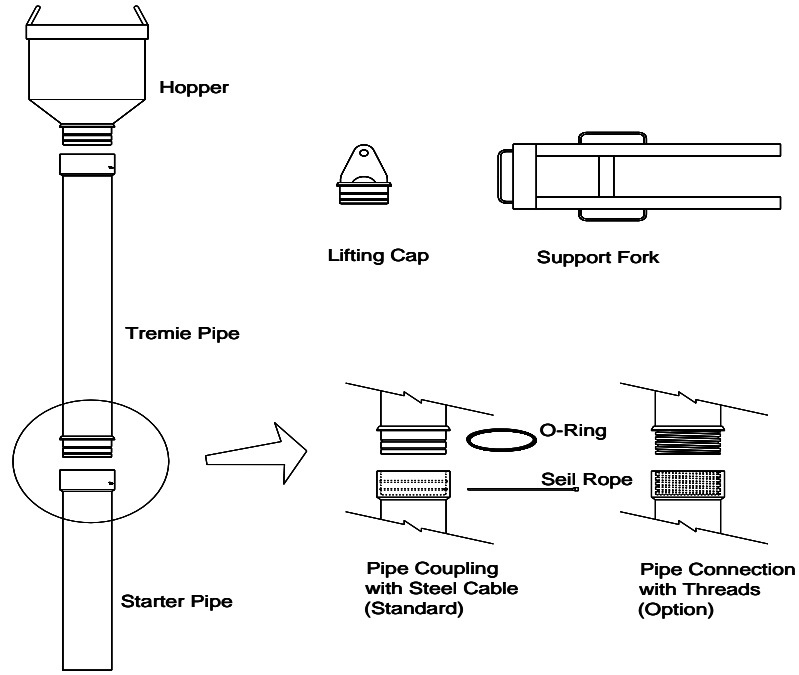
#### **5.6.10.3 Tremi borusu dizisi:**

Kaldırma ipiyle beraber 1 doldurma hunisi 3-5 m'lik kısımlarda erkek ve dişi bağlantılarıyla beraber 250 mm çaplı tremi borularından oluşur.

Tremi borularla çalışırken şu durumlar gözlenmelidir:

- i. Bağlantı O-halkaları sürekli iyi sıralanmalıdır ve bunun yanı sıra gres yağı ardışık tüpler arasındaki bağlantılarda yeterli su sızdırmazlığı sağlamalıdır.
- ii. Her döküm öncesi tremi borusunda bentonitle beton arasına betonla bentonitin karışmasını veya ayrışmasını engelleyecek geçici (gözden çıkarılabilir) tampon yerleştirilir. Bu tampon vermikulit granüllerden, sünger toplar veya en basitinden bez dolu plastik torbalardan yapılabilir.
- iii. Tremi borusu genelde bir vinç aracılığıyla yerleştirilir ya da döndürülür.
- iv. Betonun bu aşamada kamyon mikserinden direk tremi doldurma hunisine dökülür. Beton dökülürken tremi borularının altının her seferinde taze karışıma, en az 3 m daldırılmış olması gerekmektedir. Bitmiş duvarda bentonit kalıntıları oluşumunu önlemek için, beton/bentonit ara yüzeyinin seviyesi ile tremi borusunun dibi arasındaki mesafenin, 3-8 m aralığında kaldığı izlenmelidir.

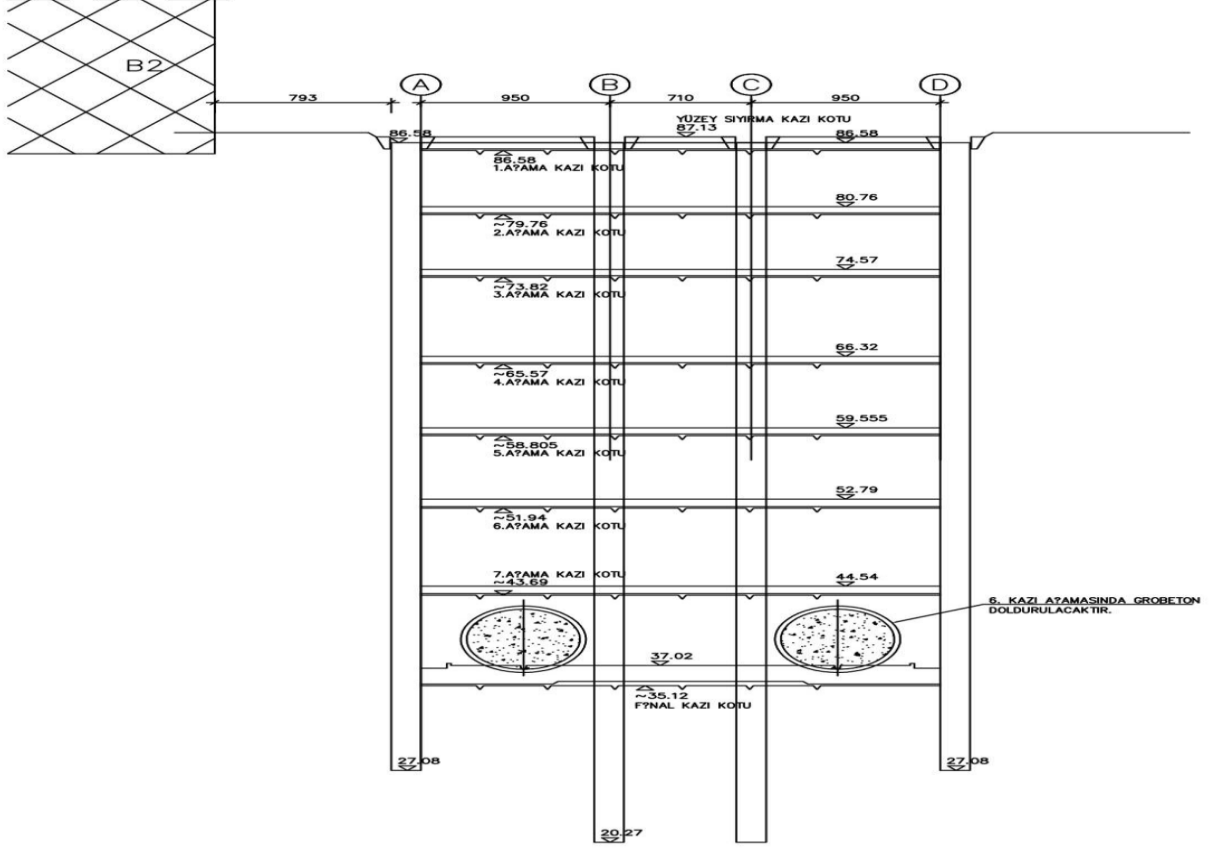
- v. İki tremi borusu kullanıldığında; dökümü eş zamanlı başlatmak ve bentonitin hendeğin dibindeki betona karışmadığından ve boruda tıkanmadığından emin olmak için 2 beton kamyonu gerekmektedir.
- vi. Betonun pürüzsüz geçmesi için kullanım öncesi, tremi boruları temiz ve bakımlı olmalı, iç yüzeyi eski ve taşlanmış beton parçalarından arınmış bırakılmalıdır.
- vii. Yenilemede geri alınan bentonit kumunun giderilmesi ve yenilenmesi için işleme silosuna pompalanır. Hendekdeki bentonitin taze betonla temas halinde ve büyük olasılıkla bozulmuş olan kısımdan kurtulur.
- viii. Hendek genelde kılavuz duvar seviyesine veya en azından son kesme seviyesinin 30 cm yukarısına kadar betonlanır. Bu ölçüm ayrılımda veya beton/bentonit ara yüzeyi civarındaki bozuk betonda giderilecektir.



**Şekil 5.39:Tipik Treme Borusu Montajı**

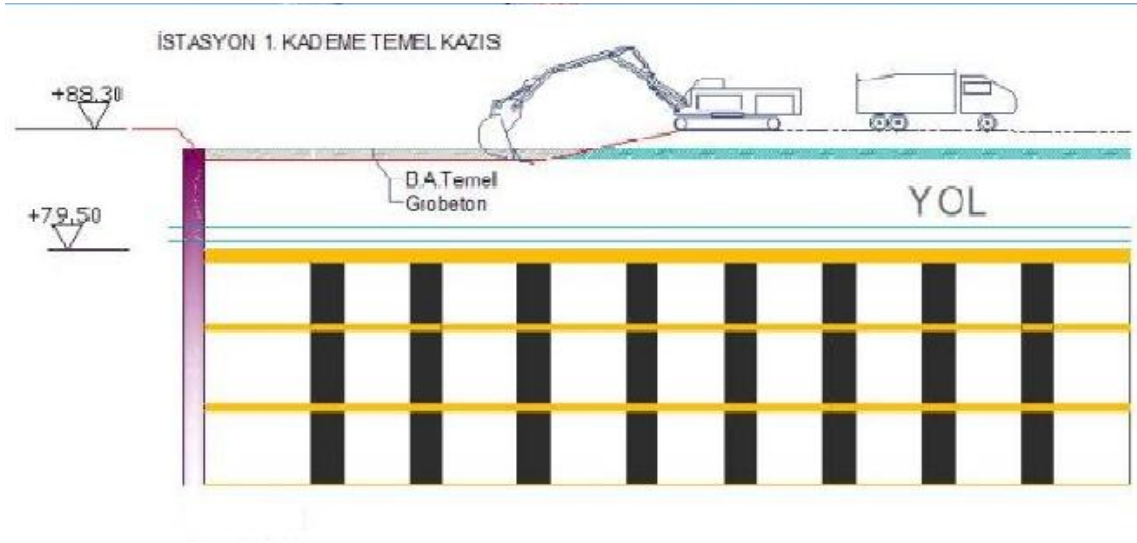
## 5.7 İSTASYON KAZI VE BETONARME İMALATLARI

### 5.7.1 1.Kademe Temel Kazısının Yapılması



Şekil 5.40: İstasyon Kesiti

Diyafram duvar imalatının tamamlanmasının ardından birinci döşemenin yapılabilmesi için kılavuz duvarlar ve diyafram duvarlardaki 50cm'lik kısım kırılarak döşemenin kazısı tamamlanır. Kazı zemini tesviye edilir ve grobeton kalıbı için kot kontrolü yapılır. (Bakınız Şekil. 5.41)

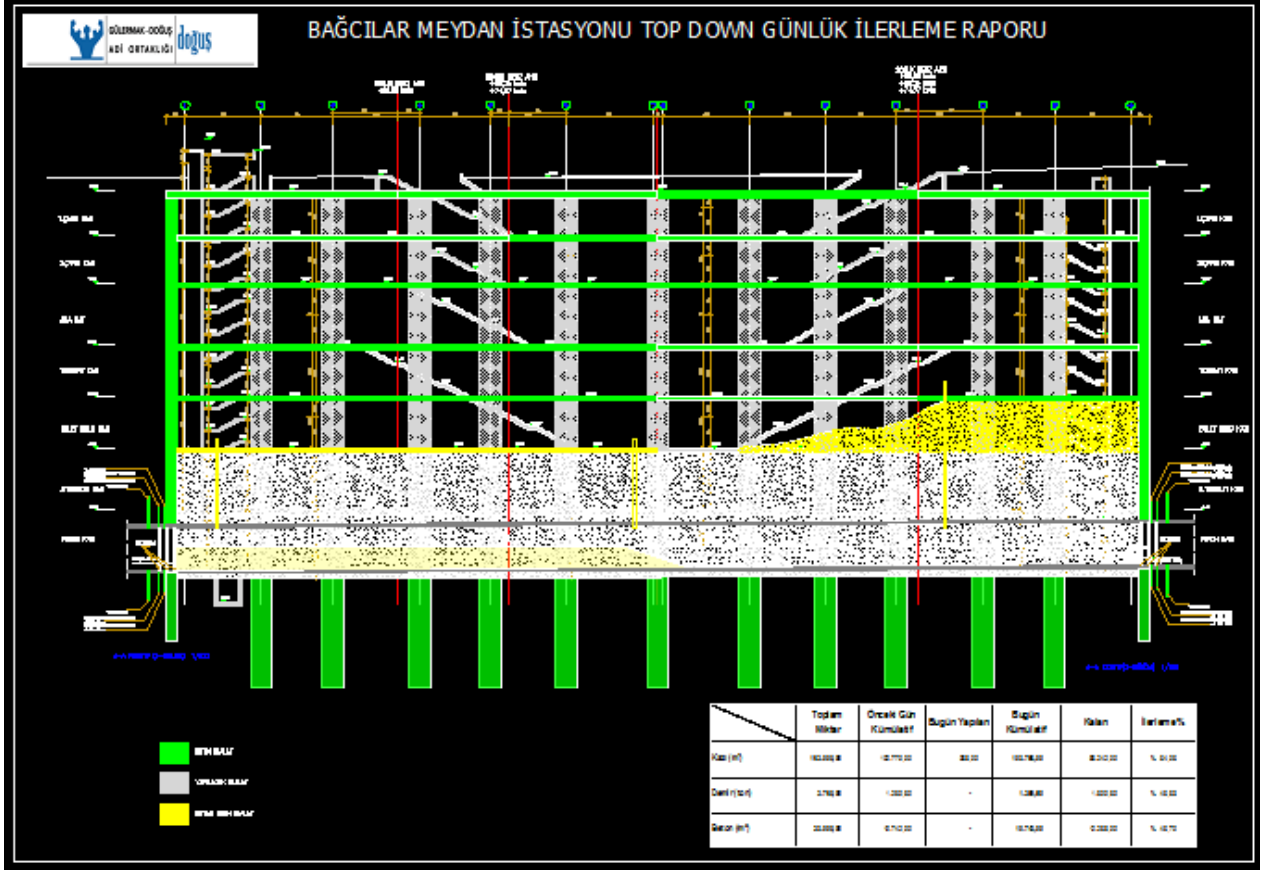


**Şekil 5.41:Grobeton Kalıbı İçin Kot Kontrolu**

Grobeton döküldükten sonra birinci kat döşeme betonu dökülmeden önce grobeton yüzeye naylon veya kontrplak serilir. Naylon veya kontrplak serilmesinin amacı döşeme altı kazı işlemi sırasında kırılacak olan grobetonun döşemeyle aderansını zayıflatmaktır. Bu sayede grobetonun kırımı sırasında kalıcı olan döşeme betonuna herhangi bir zarar verilmemiş olur. Kat döşeme donatısı konduktan sonra betonu dökülür. Diğer her bir kat döşeme kazısı bu sırayı takip eder.



**Şekil 5.42:Platform Kazısı**



**Şekil 5.43:Kazı Aşamaları**

### 5.7.2 İstasyon Kat Döşeme Grobetonu Ve Üst Kat Döşeme İmalatının Yapılması

Döşeme kat kazısı tamamlandıktan sonra taban tesviyesi yapılarak grobeton için kot kontrol kazıkları çakılır. Grobeton, beton dağıtıcıları ya da yer pompaları vasıtasıyla dökülür. Grobetonun prizini aldıktan sonra grobetonun üzerine naylon ya da kontplak serilerek döşeme betonu hazırlığı tamamlanmış olur.

Projesine göre döşeme donatısı bağlanır. Döşeme donatısı bağlanırken kolon betonlarının atılabilmesi için her iki yönde donatı içine PVC boru yerleştirilir. Bu borularla kazı tamamlandıktan sonra çelik çekirdekli diyafram kolonların beton dökümünde kullanılır.



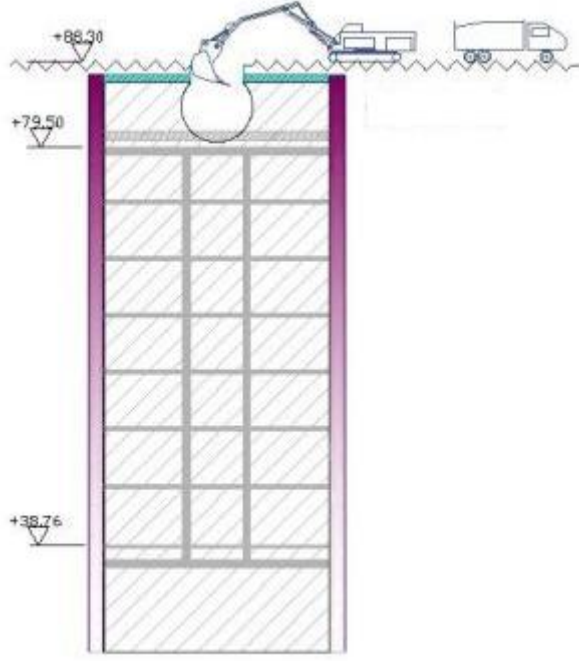
**Şekil 5.44:Üst Kat Döşeme İmalatı**



**Şekil 5.45:Üst Kat Döşeme İmalatı**

### **5.7.3 Kapa-AÇ istasyon Kat Kazısının Yapılması**

Üst döşeme imalatının tamamlanmasının ardından projede 2 ayrı şaft boşluğu olarak kullanılan yürüyen merdiven boşluklarından Aç-Kapa kazısına başlanır.



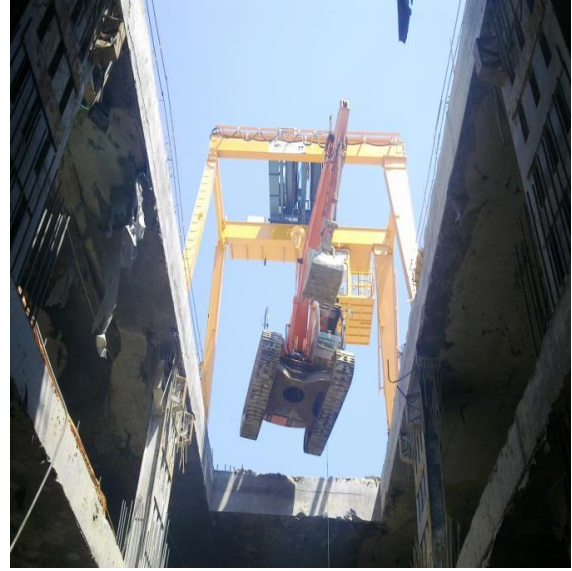
**Şekil 5.46:Döşeme Altı Kazısı**

Üst kat döşeme altı kazısı sırasında çelik çekirdekli diyafram kolonların etrafına dökülmüş olan C14 beton kırılır. Diyafram panellerde kat kotuna göre bırakılmış olan manşon kılavuz demirleri panellerde açılır.Yeni döşeme için zemin tesviyesi kotuna göre yapılır.Zemine Naylon serilerek donatı montajı ve beton döküm işlemleri gerçekleştirilir.Her kat için bu imalatlar tekrarlanır.



**Şekil 5.47: Kapa-Aç Kat Döşeme Kazısı**

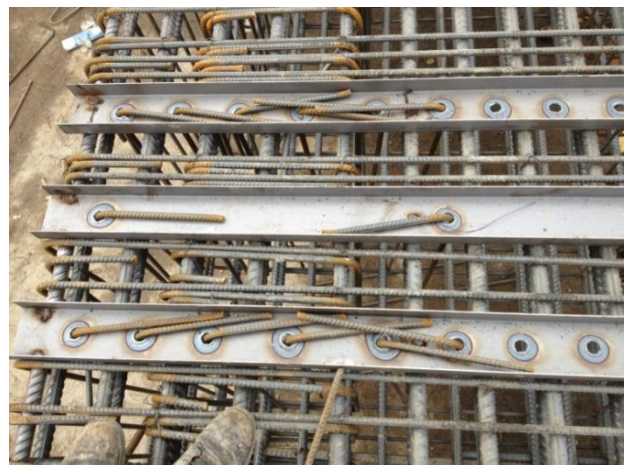
Bağcılar istasyonunda istasyon yapısının derin olması ve kademeli kazı yapılmasına el vermemesinden dolayı ilk üç katta hafriyat işlemi kattan kata aktarma şeklinde imal edildi. Üçüncü kat kazısından sonra diğer katlarda şaft boşluğu üzerine yerleştirilen vinç yardımıyla diğer kat kazıları tamamlanmış oldu.



**Şekil 5.48:Kapa-Aç Kat Döşeme Kazısı**

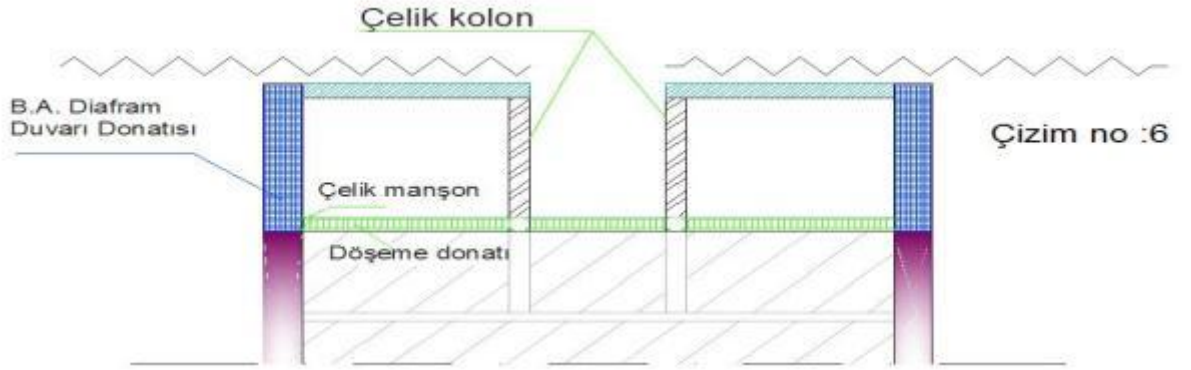
#### **5.7.4 İstasyon Kat Döşeme Demirlerinin Montajı**

Döşemelerin demir donatıları diyafram duvara manşonlu/kaynaklı birleşme yapılarak sabitlenir. Döşemeler anolar halinde hazırlanır.



**Şekil 5.49:Ara Kat Döşeme Donatı Montajı**

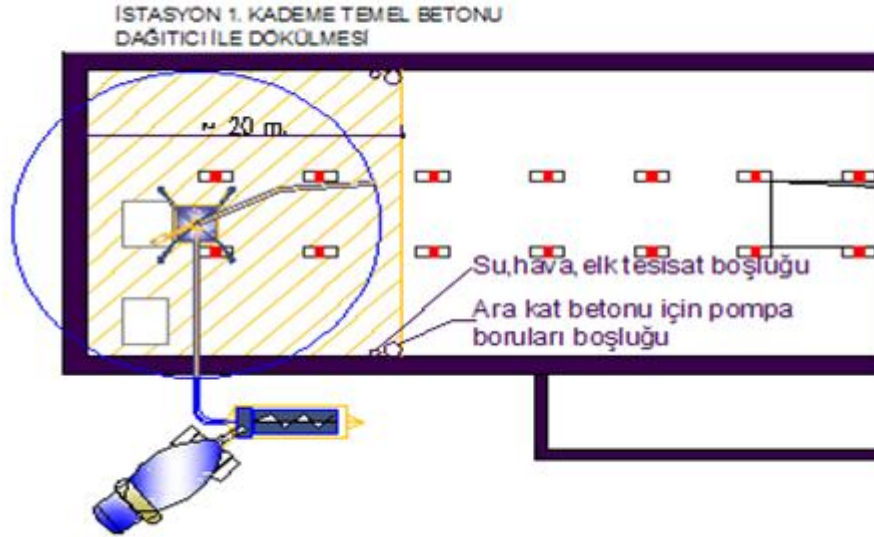




**Şekil 5.50:Şaft Boşluğu Şematik Plan**

### 5.7.5 İstasyon Kat Döşeme Betonlarının Dökülmesi

Beton dökümünde distribütör “beton dağıtıcı” kullanılması uygun olur. Mobil pompa veya sabit pompayla beslenerek distribütör yardımı ile beton yerleştirilmesi ve dağıtılması yapılır.

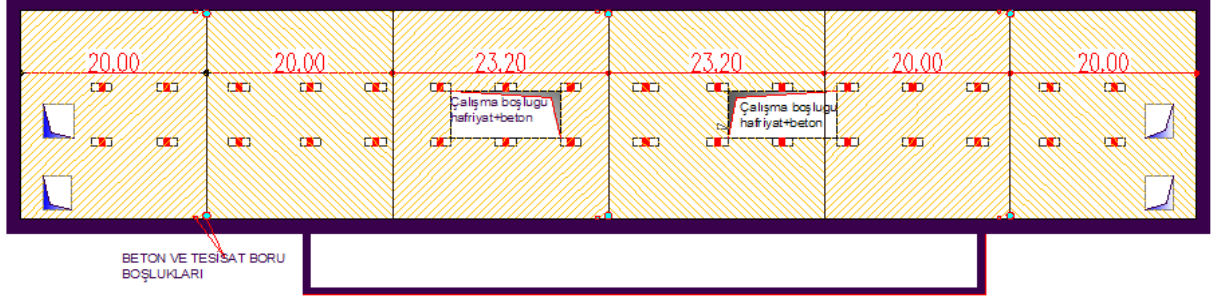


**Şekil 5.51:Kat Döşeme Betonunu Şematik Gösterimi**

Beton dökümü tamamlanır tamamlanmaz, mevsim şartlarına göre kür uygulamasına başlanır. Kür esas itibari ile su ile yapılır. Beton yüzeyler telis bezi ile örtülür ve

gerekli sulama yapılarak betonun kuru sağlanır. Döşeme betonlarında projelerde gösterilen yerde inşaat derzleri yapılır.

### DÖŞEME BETONLARINDA DERZ PLANI



Şekil 5.52:Derz Planı



Şekil 5.53:Kat Döşeme Beton İmalatı

### 5.7.6 Kuşaklama Kirişi Ve Strut İmalatının Yapılması

Bağcılar istasyonunda peron katı kazısı yapılırken kat yüksekliğinin fazla olması, 50 metre derinlikte diyaframlara etkiyen yanal basınçlardan dolayı daha önceden TBM ile imal edilen hat-1 ve Hat-2 tünellerinin yapılacak kazı esnasında statik açıdan risk oluşturduğu gerek ilk raporlarda ve gerekse kazı aşamalarında elde edilen okumalardan elde edilen verilere göre tespit edilmiştir. Bu aşamada peron katında boyuna yönde kuşaklama kirişi, enine yönde strut imalatı yapılması, tünel içlerinin grobetonla doldurulması ve kazının 2 aşamada gerçekleştirilmesi planına göre imalatlar yapılmıştır.



Şekil 5.54: Strut Montajı Ve Peron Katı Kazısı



**Şekil 5.55: Strut Montajı Ve Peron Katı Kazısı**

Peron katı döşeme yada istasyon temeli imalatı diyafram panellerle bağlantıları yapıp betonu döküldükten sonra ilk önce strutlar kaldırılır. Strutların kaldırılmasından sonra kuşaklama kirişleri kesilerek peron katı sahanlığı tamamlanmış olur.



**Şekil 5.56: Temel Döşeme İmalatı**

## 5.8 İSTASYON KATLAR ARASI KOLON VE PERDELERİN YAPILMASI

İstasyon ara kat döşemelerini inşaat sırasında taşımak için inşa edilecek B.A. kolonların yerinde konan çelik kolonların kazı sırasında etrafı temizlenip donatıları yerleştirilir.

Donatı yerleştirilirken bir alttaki kat için filiz bırakılır. Donatı yerleştirildikten sonra kalıp kapatılır ve döşeme betonları dökülürken kolonların olduğu iz düşümlere bırakılan beton doldurma boruları aracılığı ile beton yerleştirilmesi yapılır.



Şekil 5.57:Diyafram Kolon İmalatı



Şekil 5.58:Diyafram Kolon İmalatı

Kolon kalıbı kurulduktan sonra kalıbın yüzüne pompa borusu bağlanır veya döşemede bırakılan deliklerden beton dökülür. Kalıpta satıh vibratörleri veya şişe vibratörler kullanılır.

## 5.9 METRAJ İÇMALİ VE MALİYET

SIRA	YAPILAN İŞİN CİNSİ	Birim	İMALATIN MİKTARI	Birim Fiyar(USD)	Toplam Tutar(USD)
1	Sondaj ve Deneyle	m	576,00	91,56	52.738,56
2	Kazı Yapılması	m <sup>3</sup>	15.346,23	15,38	236.025,02
3	Her Çapta ST50 Grup I Yuvarlak Demir Temini ( Nakliye Dahil İşçiliği)	ton	4.957,14	728,71	3.612.319,68
4	Betonarme İçin Ø26mm'lik Yuvarlak Demirin İthal Konik Dişli Manşonla Eklenmesi (Kat Döşemeleri İçin)	Adet	3.152,00	27,88	87.877,76
5	Betonarme İçin Ø32mm'lik Yuvarlak Demirin İthal Konik Dişli Manşonla Eklenmesi (Kat Döşemeleri İçin)	Adet	1.576,00	43,58	68.682,08
6	Betonarme İçin Ø32mm'lik Yuvarlak Demirin İthal Düz Manşonla Eklenmesi (Düşey Donatı Ekleri İçin)	Adet	1.372,00	28,16	38.635,52
7	Beton Çelik Çubuğunun Kaynak ile Birleştirilmesi	Adet	47.187,00	8,98	423.739,26
8	Yapı Çeliği	ton	1.790,24	3.067,58	5.491.689,08
9	Donatı Demirleri (BÇ III a)	ton	3.283,41	260,79	856.281,02
10	Diyafram Duvar Yapılması (1.50m Kalınlığında)	m <sup>2</sup>	17.863,31	565,06	10.093.841,95
11	Diyafram Duvar Yapılması (1,20 metre kalınlığında) (2005 Bazında)	m <sup>2</sup>	4.191,98	455,36	1.908.860,01
12	Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması	m <sup>3</sup>	12.099,42	60,34	730.079,00
13	Diyafram Duvarlı İmalatlarda Müşgülatlı Kazı Yapılması	m <sup>3</sup>	162.113,72	32,21	5.221.682,92
14	Grobeton (BS 14).	m <sup>3</sup>	8.449,26	89,14	753.167,04
15	PVC Su ve Enjeksiyon Tutucuların Temini ve Yerine Konulması (7.50kg/mt)	m	562,91	55,61	31.303,43
16	Derzler İçin Polistiren Levha Temini ve Serilmesi (5 cm Açıklığında Derzler İçin)	m <sup>2</sup>	535,84	11,43	6.124,65
17	Ø 14 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi (Delik Çapı:19 mm , Delik Derinliği:34 cm)	Adet	9.094,00	10,31	93.759,14
20	Ø 32 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi (Delik Çapı:40 mm , Delik Derinliği:78 cm)	Adet	680,00	25,73	17.496,40
22	Ø 16 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi (Delik Çapı:19 mm , Delik Derinliği:34 cm)	Adet	6.508,00	7,95	51.738,60
23	Makine İle Kayadan Başka Her Cins Zeminin Röprizi ve Kullanılması (Taşıma Mesafesi : 7100 metre)	m <sup>3</sup>	1.874,37	6,45	12.089,69
24	Dolgu Yapılması	m <sup>3</sup>	1.874,37	6,10	11.433,66
25	Betonarme Betonu	m <sup>3</sup>	26.870,17	95,44	2.564.489,02
27	Tünelde; Siyah Çelik Boruların Yerine Konulması	m	576,00	39,70	22.867,20
28	Fondalin Serilmesi (500 gr/m2)	m <sup>2</sup>	82,08	7,29	598,36
29	Tünel Aynasında Karot Makine İle Betonarme Kiriş, Kolon, Perde, Tavan ve Döşemelerde Delik Açma (88-122 mm'lik Karotla)	cm	11.520,00	1,40	16.128,00
30	Tünelde; Enjeksiyon Yapılması	m <sup>3</sup>	5,04	189,34	954,27
31	Tünelde;Enjeksiyon İçin Portland Çimentosu (Torbalı) (TS19,PÇ42,5)	ton	3,83	114,64	438,50
32	Su İle Temas Halinde Şişen Su Tutucu Derz Bandı Temini Ve Yerine Konulması	m	1.999,30	32,40	64.777,32
33	Modifiye Polimer Örtü İle su yalıtımı	m <sup>2</sup>	3.796,12	26,73	101.470,29
34	Bina izolasyonu yapılması	m <sup>2</sup>	550,20	26,73	14.706,85
35	İstasyon İnşaatlarında Karot Makina İle Betonarme Kiriş, Kolon, Perde, Tavan ve Döşemelerde Delik Açma (88-122mm'lik Karotla)	cm	72.000,00	1,28	92.160,00
36	Çeşitli Demir İşleri	kg	756,33	2,00	1.512,66
				<b>TOPLAM TUTAR(USD)</b>	<b>32.679.666,92</b>

## 6. KİRAZLI(KİRAZLI-1) İSTASYONUNUN AÇ –KAPA YÖNTEMİ İLE YAPILMASI

### 6.1 GENEL

Kirazlı istasyonu bu metro hattı üzerinde 1. Kısım diye adlandırdığımız LRTS hattı ile 2.ve 3. Kısım diye adlandırılan metro hattının kesişiminde bulunan aktarma istasyonu olup planlama Metro planlama kapsamında bulunan Kirazlı-Bakırköy İDO hattı ile de entegrasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır .Kirazlı istasyonu yerleşim alanlarına olan konumu,istasyon entegrasyonundan dolayı geniş alan kapsamı,istasyon yapı derinliği ve zemin yapısından dolayı Aç-Kapa yapım yöntemiyle yapılmıştır. İstasyonun 5 giriş ve 3 acil kaçış merdiveni mevcuttur.



Şekil 6.1: Kirazlı-1 Metro Ve Hrts Yapısı Genel Yerleşim Planı

## 6.2 KİRAZLI-1(KİRAZLI) İSTASYONU KAZI İKSA SİSTEMİ

### 6.2.1 Kirazlı-1 Kazı İksa Gerekçe raporu

Bu raporda Kirazlı-1 HRTS ve Metro İstasyonları için kazı iksa seçimi kriterleri verilmiştir. Bölge için hazırlanan kazı iksa proje raporuna ilave olarak hazırlanan bu raporda analizi yapılan kesitler tarif edilmiş ve sistem seçimindeki gerekçeler verilmiştir.

Kirazlı-1 İstasyonu, Kirazlı 1- Başakkonutları 4 Metro hattı ile Otogar-Kirazlı 1 LRTS hatları kesişiminin de yer alan ve iki hat için hizmet verecek aktarma istasyonudur. Kazı iksa tasarımında etkili olan parametreler istasyonların derinlikleri, hatların planda açılı olarak kesişmesi sebebi ile çapraz bir yapı ortaya çıkması, istasyon girişinde yer alan makas bölgelerinin aynı zamanda TBM giriş platformu olarak tasarlanması ve çevre ile zemin koşullarıdır. Gerek zemin koşulları gerekse yapının geometrisi açısından bir takım zorunluluklar ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ankraj çakışması gibi sorunlar konsol kazık ve şevli kazı (yapı içlerinde) ile çözülmeye çalışılmıştır. Zemin koşulları kazıklı sistemini tercih sebebi olarak ortaya çıkarırken, kazının uzun süreli olarak açık kalacak olması kazı ve çevre emniyeti açısından da tercih edilmesine yol açmaktadır. Daha çok kaya zeminlerde emniyetli olarak kullanılabilen ankrajlı perde için ise raporda yaklaşık metraj verilmiş ancak kazı yöntemi ve emniyeti açısından tarafımızca tercih edilmemiştir.

#### 6.2.1.1 Mevcut Durum

Kirazlı-1 HRTS ve Metro İstasyonları kesişiminde Mevlana Caddesi batısında ve Ahmet Yesevi Caddesi kuzeyinde yer alan geniş boşlukta yer almaktadır. Bölge genel olarak düz bir saha olmakla birlikte Batı yönünde eğim artış yönündedir. HRTS İstasyonu boyunca arazi kotları ~+39.50 - +38 ve +39 arasında değişmektedir. Metro İstasyonunda ise ~+42 -+38 ve +35.4 kotları arasında değişmektedir. Kazı taban kotları ise Metro hattında ~+17 ile ~+16 arasında değişmekte, HRTS hattında ise ~+9,50 ile ~+10.50 arasında değişmektedir. Bu durumda kazı derinlikleri Metro hattında yaklaşık olarak 26.50 ile 19.50 metre arasında değişmekte, HRTS hattında ise yaklaşık 30 metre ile 29.50 metre arasında değişmektedir. Yapının yerleştiği bölgede genel olarak yapılaşma bulunmamaktadır. HRTS ve Metro hatları kuzey kesişim bölgesinde 3 katlı



bir yapı bulunmakta olup, söz konusu bina kazı çalışmaları esnasında yıkılacaktır. Bunun dışında tünel portallerinde 3 katlı ve 4 katlı olmak üzere 2 yapı bulunmaktadır. Güney birleşim bölgesinde ise dizi halinde 3,4,5 katlı binalar kazı aynasından 3-4 metre mesafededir. Kazık ankraj açıları yakın binalarda risk oluşturmayacak şekilde ayarlanacaktır.

#### **6.2.1.2 İstasyon Geometrisi**

Metro ve HRTS hatları kesişiminde yer alan istasyon çapraz olarak birleşmiş 2 istasyondan ibarettir. Her iki istasyonun kuzey kesiminde makas bölgesi mevcuttur. Bu nedenle istasyon boyları HRTS için yaklaşık 315m yi, Metro için 330 metreyi bulmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği şekilde Metro kesimi derinliği yaklaşık olarak 26.50 ile 19.50 metre arasında değişmekte, HRTS hattında ise yaklaşık 30 metre mertebesindedir. HRTS hat kesimi net iç genişliği 18.20 m, metro kesiminde ise 17.40 metredir.

#### **6.2.1.3 Zemin Koşulları**

Kirazlı-1 İstasyon sahasında bugüne kadar yapılmış ve bu raporda dikkate alınan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

- ELC Group Ltd. tarafından hazırlanmış, “Otogar-Bağcılar Hafif Raylı Sistemi, Kirazlı-1 İstasyonu Jeolojik – Jeoteknik Araştırma Raporu”; Temmuz 2006. Bu rapor kapsamında 5 adet (YS11, YS12, YS13, YS14 ve YS15 nolu) sondaj ve laboratuvar deneyleri mevcuttur.

- İstasyon bölgesinde Mayıs 2007 tarihinde açılan YS11A, YS12A, YS13A, YS14A ve YS15B nolu sondajlar ve bu sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri.

#### **6.2.1.4 Jeoteknik Parametreler**

Bölgede yer alan zeminler için belirlenen jeoteknik parametreler ilgili jeoteknik rapordan

alınmış ve aşağıda özetlenmiştir. Yeraltı su seviyesi emniyetli tarafta kalınarak

yüzeyden 24m aşağıda alınmıştır.

Killi Silt – Siltli Kil (0 – 10m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 15 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 40000 \text{ kPa}$$

Killi Silt – Siltli Kil (10 – 20m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 25 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 60000 \text{ kPa}$$

Killi Silt – Siltli Kil (20 – 30m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 35 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 80000 \text{ kPa}$$

Kiltaşı – Kumttaşı

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 80 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$E = 135000 \text{ kPa}$$

### Kireçtaşı

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 120 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 32^\circ$$

$$E = 900000 \text{ kPa}$$

### **6.2.1.5 Kazı İksa Sistemi Analizleri**

Bölgede değişen zemin profili, kazı yükseklikleri ve geometrisi göz önüne alınarak en uygun kazı iksa sistemlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. İstasyon genelinde kazı derinliği tünel aynaları dışında maksimum 29.60m civarında olup, kazının öncelikli olarak serbest şevli olarak açılması benimsenmiştir. Ancak, geometrik olarak serbest şevli kazıya uygun olmayan bölgelerde kazının konsol kazıklarla ve ankrajlarla desteklenmiş aralıklı kazıklarla desteklenmesi öngörülmüştür. Makas bölgelerinde TBM makinası giriş çıkışı için kullanılacak olması, yapının orta bölgesinin paralel duvarlardan değil çapraz bir geometriye sahip olması ve kazı ve imalat çalışmalarında büyük sıkıntılara yol açması sebebi ile strut' lı destek sistemi öngörülmemiştir.

-Sahada killi silt – siltli kil biriminde oluşturulacak ankraj köklerindeki nihai çevre sürtünmesi

$$f_s = 175 \text{ kPa}$$

olarak belirlenmiş olup 15 cm çapında ve 8.0 m kök boyuna sahip bir ankraj için maksimum kapasite

$$\begin{aligned} T_{ult} &= 0.15 \times 3.14 \times 8 \times 175 \\ &= 660 \text{ kN} \end{aligned}$$

emniyetli kapasite ise

$$\begin{aligned} T &= T_{ult} / 2.0 \\ &= 660 / 2.0 \end{aligned}$$

$$= 330 \text{ kN}$$

hesaplanmıştır. Bu durumda ankraj servis yükünün

$$T = 300 \text{ kN}$$

alınması önerilmektedir.

Bunun yanı sıra kazı sırasında oluşacak yanal deformasyonları en aza indirmek amacıyla bu birimde imal edilecek ankrajlara  $T=250 \text{ kN}$  öngerme yükü verilmesi uygun görülmüştür.

Kıltaşı – kumtaşı ve kireçtaşı birimlerinde oluşturulacak ankraj köklerindeki nihai çevre sürtünmesi ise

$$f_s = 225 \text{ kPa}$$

olarak belirlenmiş olup  $15 \text{ cm}$  çapında ve  $8.0 \text{ m}$  kök boyuna sahip bir ankraj için maksimum kapasite

$$T_{ult} = 0.15 \times 3.14 \times 8 \times 225$$

$$= 850 \text{ kN}$$

emniyetli kapasite ise

$$T = T_{ult} / 2.0$$

$$= 850 / 2.0$$

$$= 425 \text{ kN}$$

hesaplanmıştır. Bu durumda ankraj servis yükünün

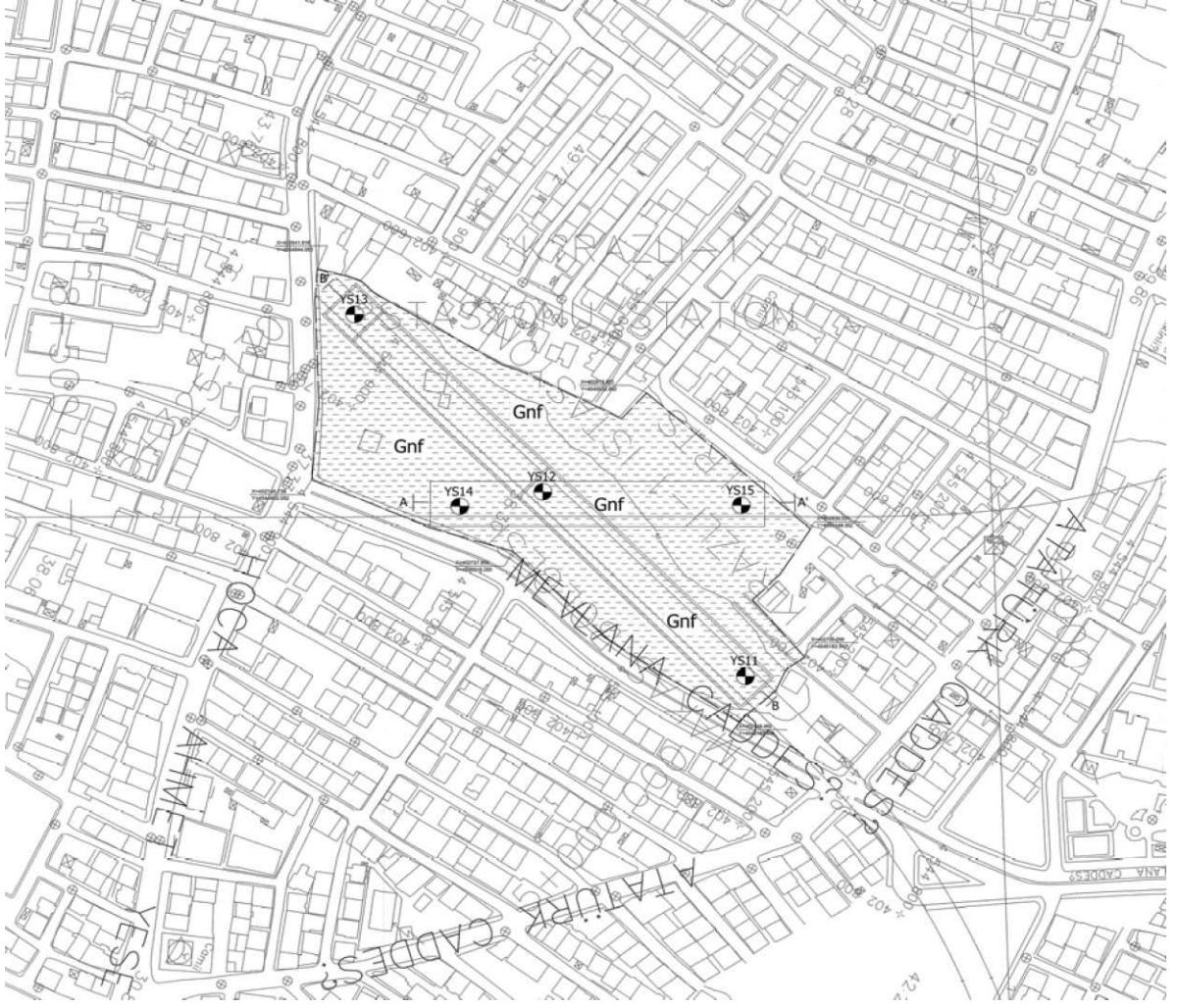
$$T = 400 \text{ kN}$$

alınması önerilmektedir. Bunun yanı sıra kazı sırasında oluşacak yanal deformasyonları en aza indirmek amacıyla bu birimde imal edilecek ankrajlara  $T=300 \text{ kN}$  öngerme yükü verilmesi uygun görülmüştür. Ankraj imali sırasında ankrajlar DIN 4125'e göre servis yükünün  $1.25$  katına kadar test edilecektir ( $37.5$  ve  $50 \text{ ton}$ ). Test sonrasında ankrajlar önerilen öngerme yükü olan  $25$  ve  $30 \text{ tona}$  kitlenecektir. Geçici kazı iksa sistemlerinin deprem analizleri PLAXIS programı ve eşdeğer statik (pseudo-statik) yöntem kullanılarak gerçekleştirilecektir. İksa sistemi geçici olduğundan maksimum yatay yer

ivmesi değeri bölge için hazırlanan yere özel deprem etüdünde önerilen değerin yarısı olarak alınacaktır. ( $a_{hmax} = 0.45/2 = 0.225g$ ) Eşdeğer statik hesap yönteminde kullanılacak yatay eşdeğer deprem katsayısı değeri Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında Yönetmelik hükümlerine

uygun olarak ankrajla destekli sistemlerde **kh=0.3 (I+1) hmax** olarak alınacaktır. Geçici kazı iksa sistemi için yapı önem katsayısı değeri I=1.0 olarak alındığında, analizlerde kullanılan yatay eşdeğer deprem katsayısı değeri **kh=0.135** olarak belirlenmiştir. Destek sistemlerinin analizlerinde PLAXIS sonlu eleman programı ve zeminin nonlineer davranışını modelleyebilen 'Hardening Soil' modeli kullanılmıştır. Bu modelde programa veri olarak zeminin birim ağırlığı  $\gamma$ , içsel sürtünme açısı  $\phi$ , kohezyonu  $c$ , elastisite modülü  $E$ , ve poisson oranı  $\nu$ , girilmektedir. Kazı zemini programdaki onbeş noktalı üçgen elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Bu elemanlar dokuzuncu dereceden integrasyon olanağı sağlamaktadırlar. Kazıklar programdaki özel giriş elemanları, ankrajlar ise programdaki ankraj elemanları ile modellenmiştir. Sistem kazı aşamaları ilgili zemin elemanları kaldırılarak ve gerekli ankraj elemanları konarak modellenmektedir. Program bu yeni durumda dengeye gelene kadar iteratif olarak çalışmaktadır. Analiz sonucunda her kazı aşamasında duvarda oluşan deplasman, moment, kesme kuvvetleri ve iksalara gelen kuvvet hesaplanabilmektedir. Ayrıca zemin elemanlarındaki deplasman, efektif ve total gerilmeler ve plastikleşen bölgeler görülebilmektedir.

Aşağıda yapının geometrisi, zemin formasyonu ve geometrisi ile çevre koşulları doğrultusunda öngörülen kesitlere ait genel tarifler verilmiştir.

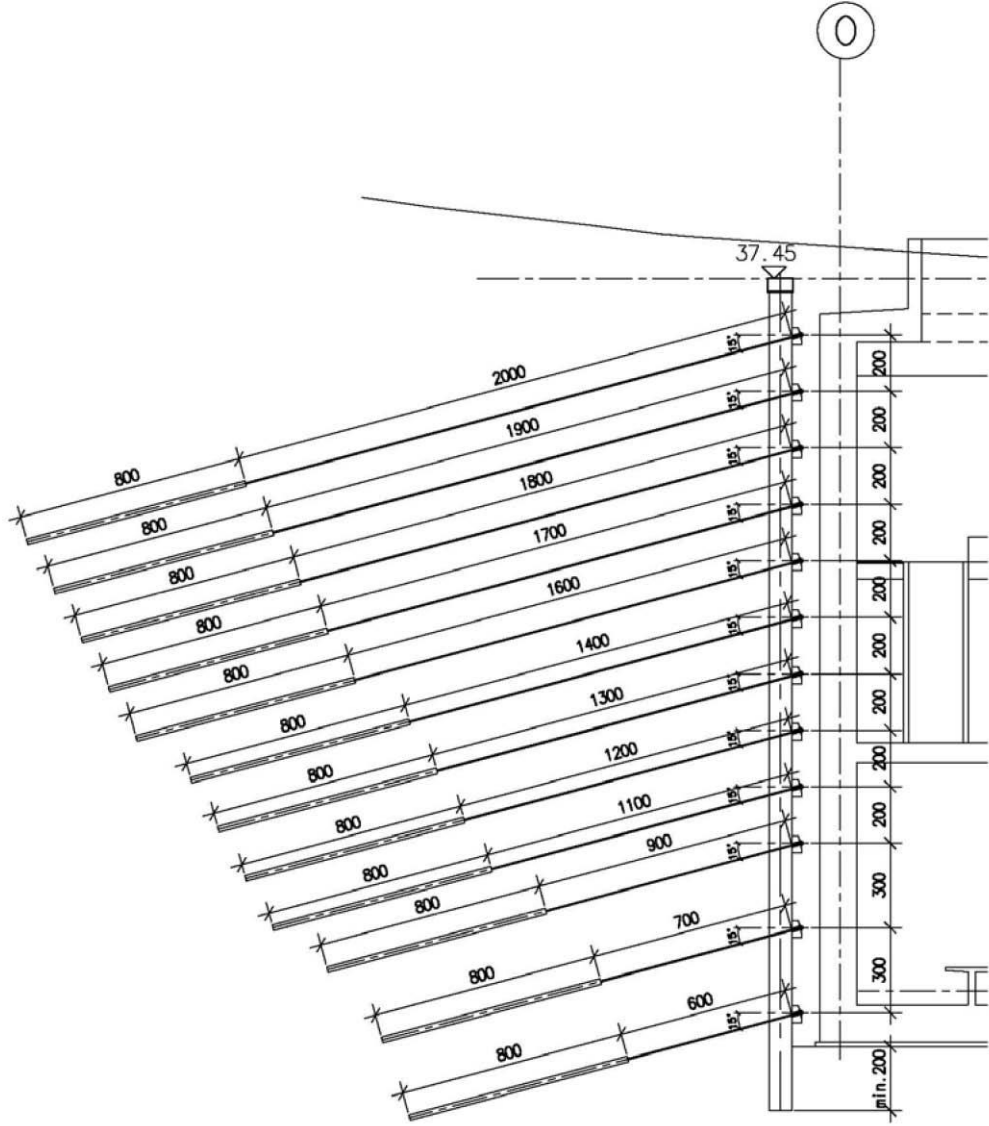


**Şekil 6.2: Kirazlı-1 Sondaj Planı**

## **6.3 KAZI SİSTEMLERİ**

### **6.3.1 İksa Tip -1**

Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 28.40m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 2.0m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.

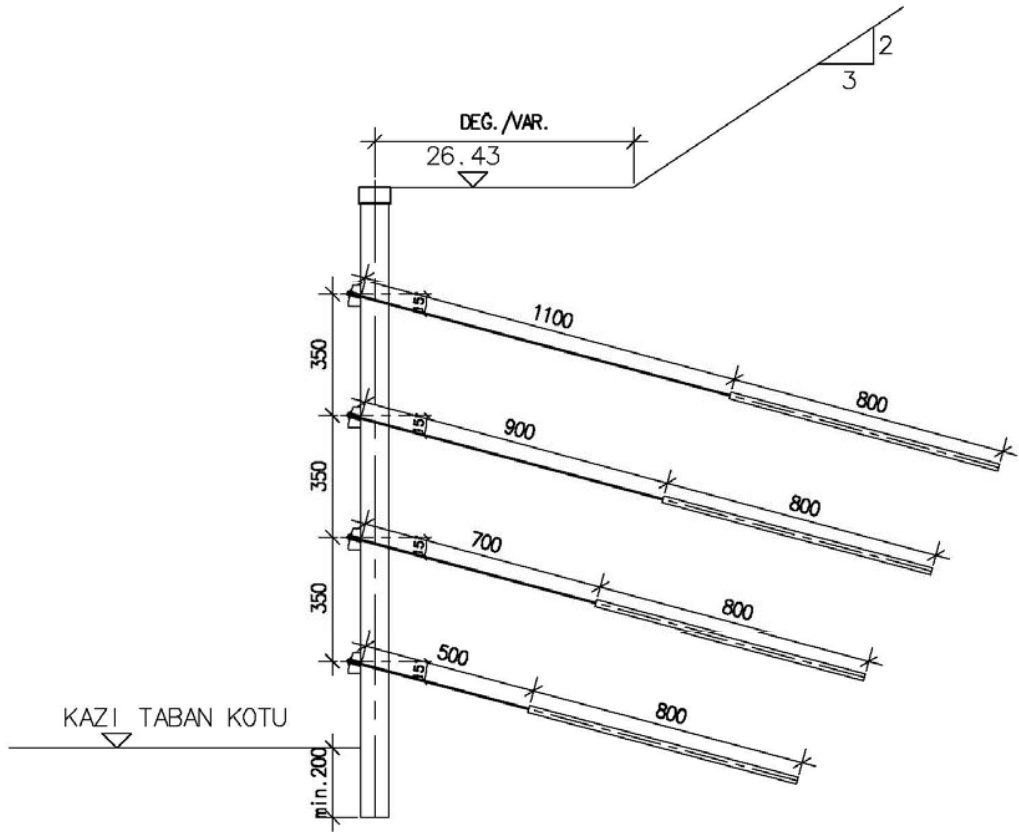


TİP 1 İKSA/  
SUPPORT TYPE 1

Şekil 6.3: Tip 1 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.2 Tip-2 Analiz Sonuçları

Bölgede kazı iki kademeli olup, kazı derinliği en derin yerinde 27.10m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının, ilk kademesi (yaklaşık 11.10m) 3 / 2 (h/V) şevli kazı ile açılması, diğer kademesi ise öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.6m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 160cm, kazık soket boyunun ise 2m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



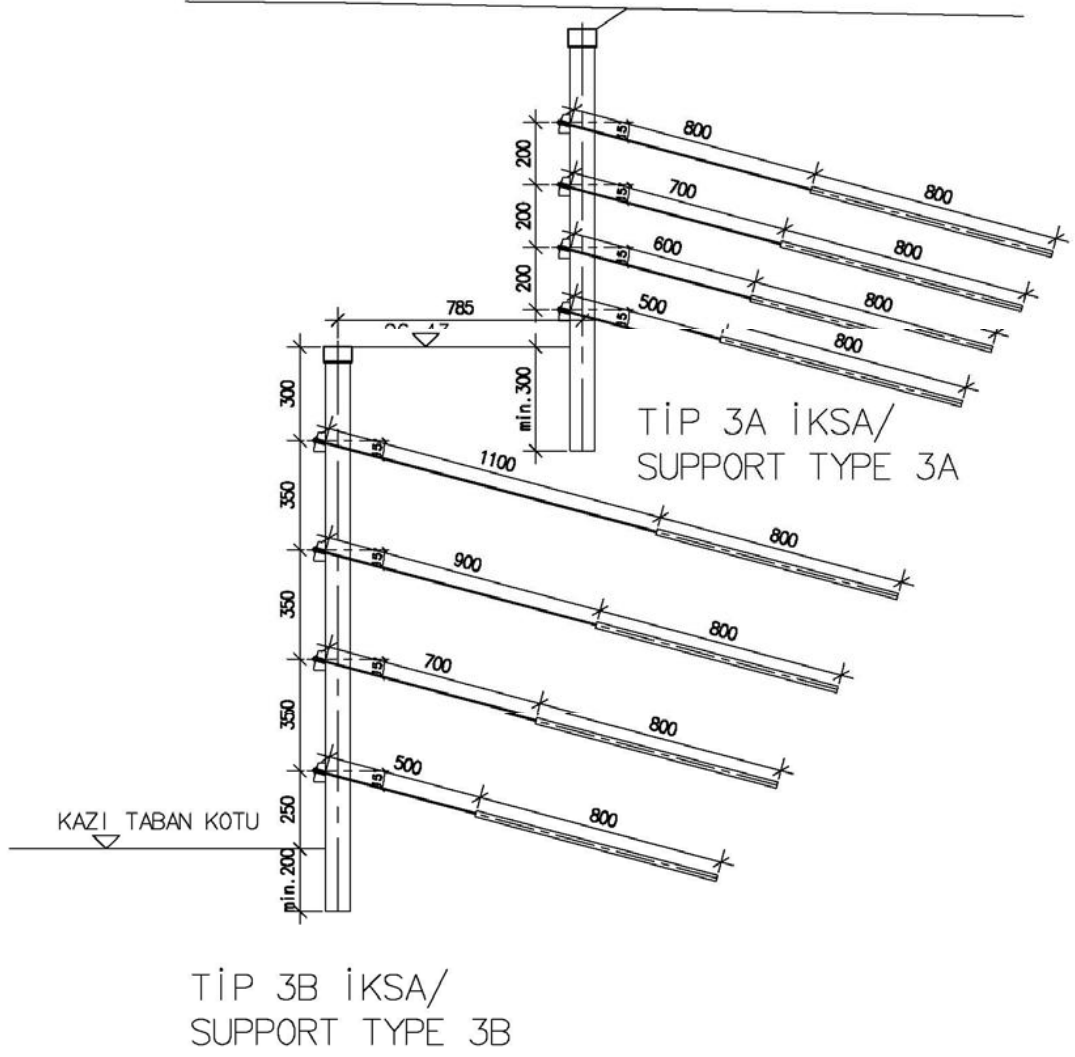
TİP 2 İKSA/  
SUPPORT TYPE 2

Şekil 6.4: Tip 2 Kazı Destek Sistemi Detayları



### 6.3.3 Tip 3 Analiz Sonuçları

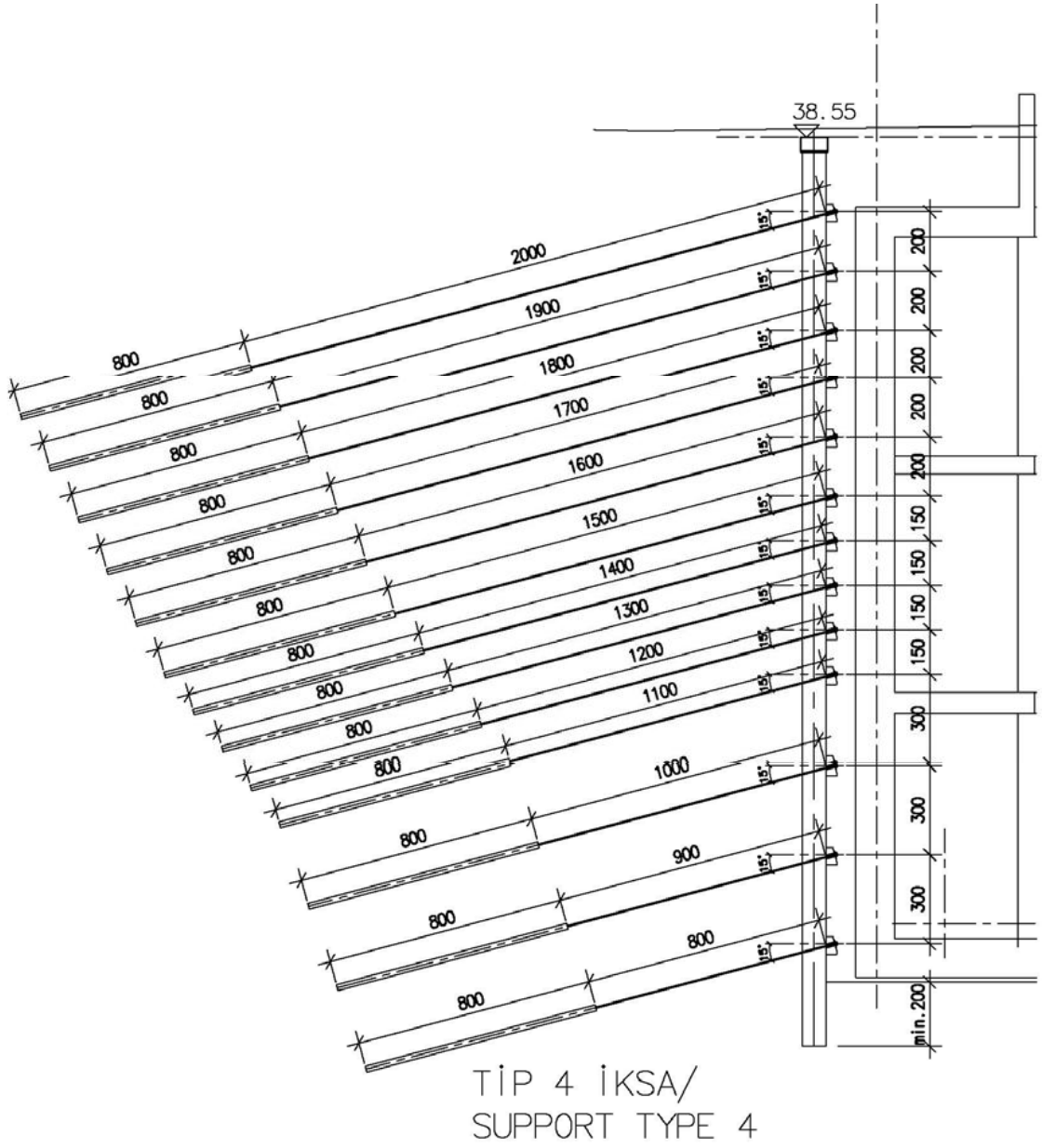
Bölgede kazı iki kademedan oluşmakta ve kazı derinliği en derin yerinde 28.70m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının ilk kademesinde (yaklaşık 12.70m) geometrik koşullar nedeniyle serbest kazı yapılamamaktadır. Kazının her iki kademesi de (ikinci kademesi yaklaşık 16.0m) öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.6m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 160cm, birinci kademe kazık soket boyunun 3m, ikinci kademe kazık soket boyunun ise 2m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



**Şekil 6.5: Tip 3 Kazı Destek Sistemi Detayları**

#### 6.3.4 Tip 4 Analiz Sonuçları

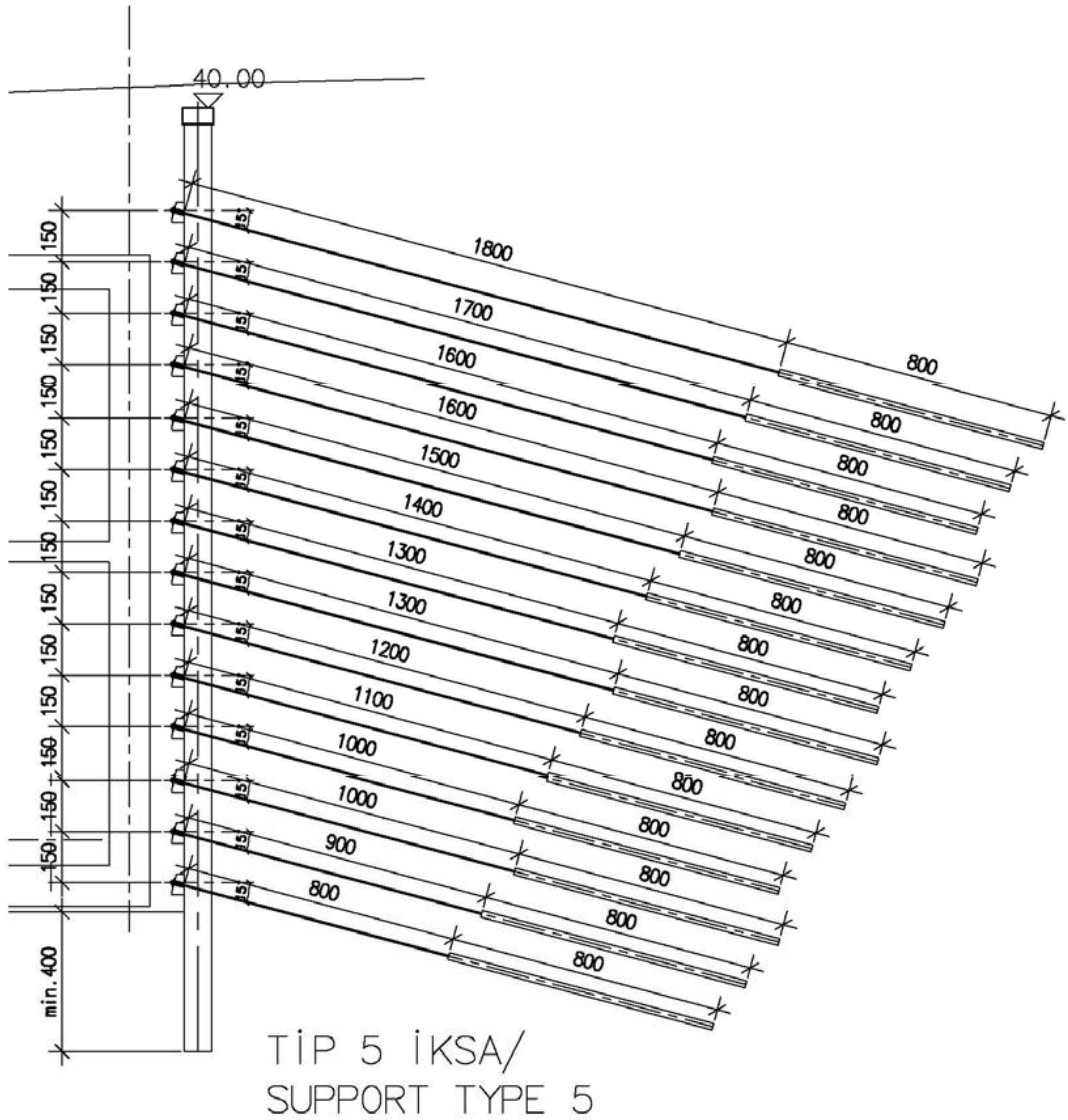
Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 29.6m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 2m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.6: Tip 4 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.5 Tip-5 Analiz Sonuçları

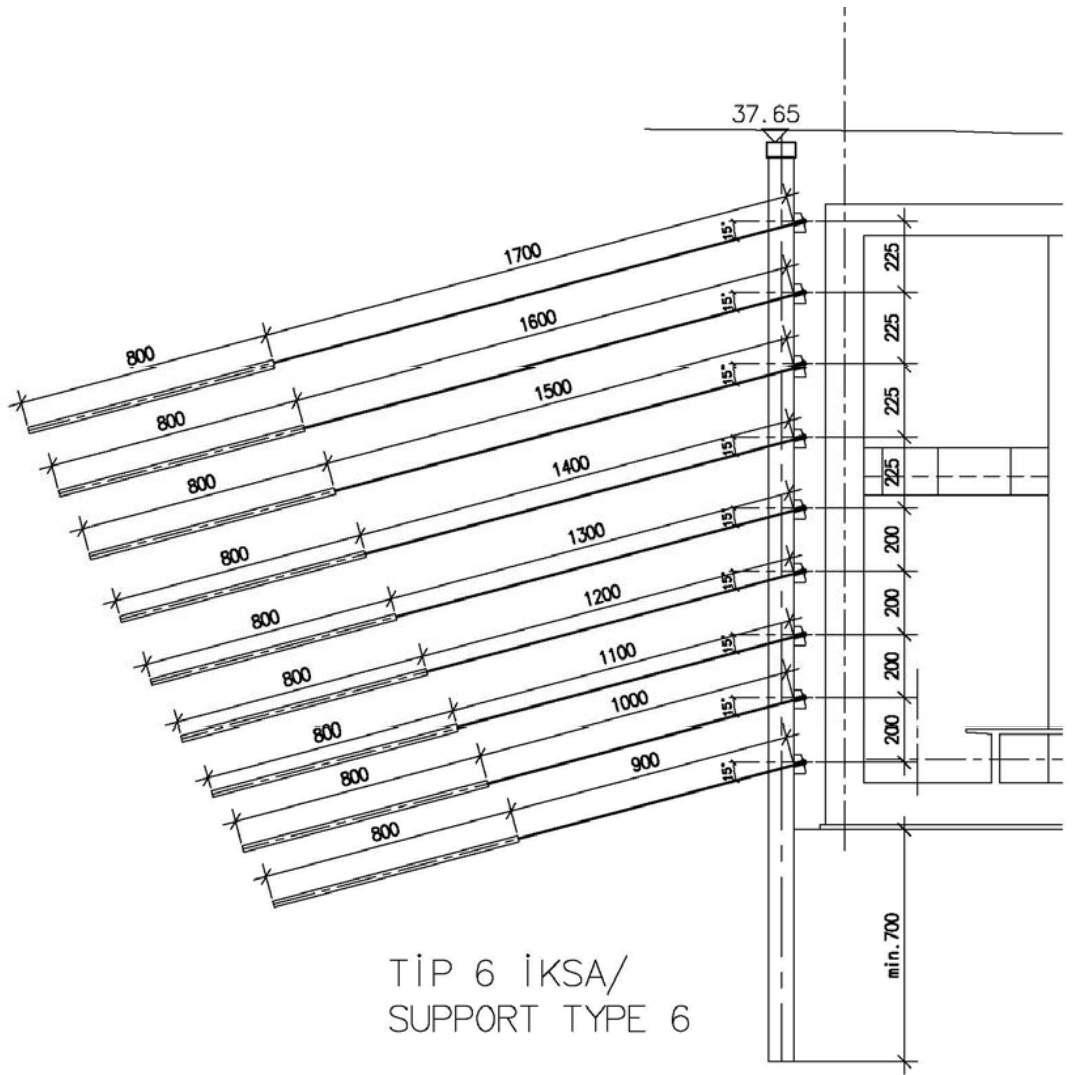
Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 26.5m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazı sınırına yaklaşık 8.5 metre mesafede 3 katlı bir bina bulunmakta olup, kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 4m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.7:Tip 5 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.6 Tip-6 Analiz Sonuçları

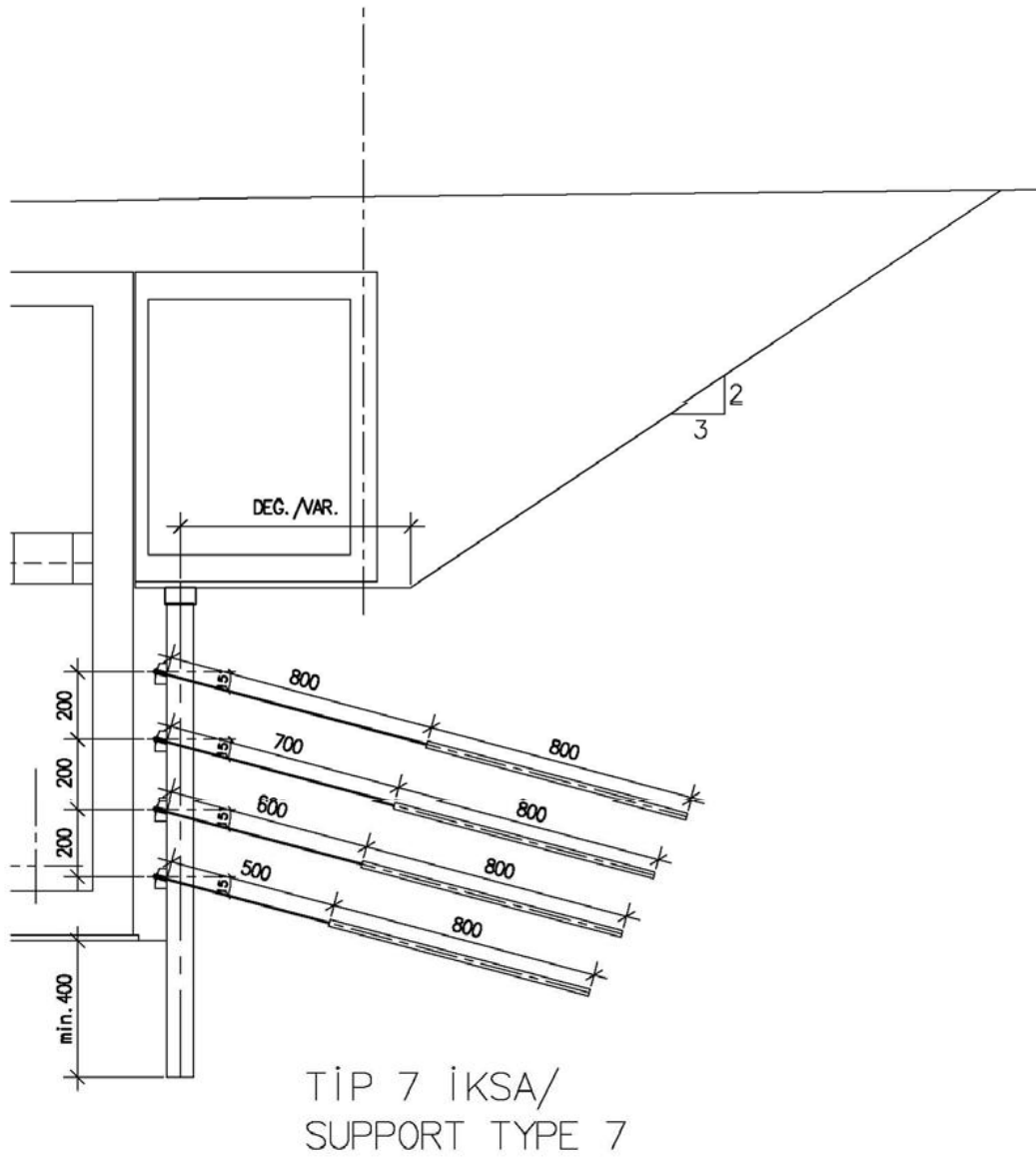
Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 21.25m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazı sınırına yaklaşık 5.5 metre mesafede 2 katlı bir bina bulunmakta olup, kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 7m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.8: Tip 6 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.7 Tip-7 Analiz Sonuçları

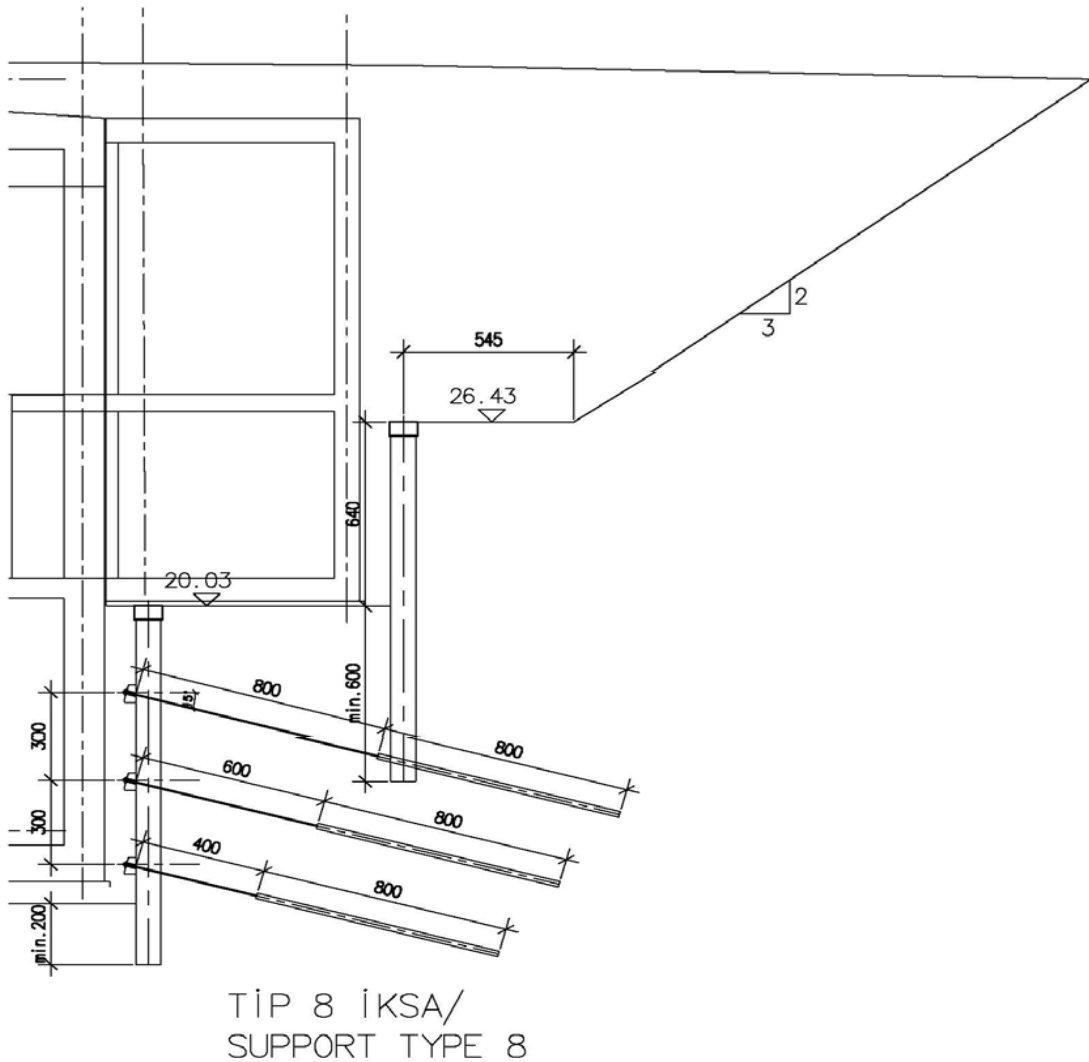
Bölgede kazı iki kademedan oluşmuş olup, kazı derinliği en derin yerinde 21.10m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının ilk kademesi (yaklaşık 11m) 3 / 2 (h/V) şevli kazı ile açılması, ikinci kademesi ise öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.6m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 160cm, kazık soket boyunun ise 4m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.9:Tip 7 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.8 Tip 8 Analiz Sonuçları

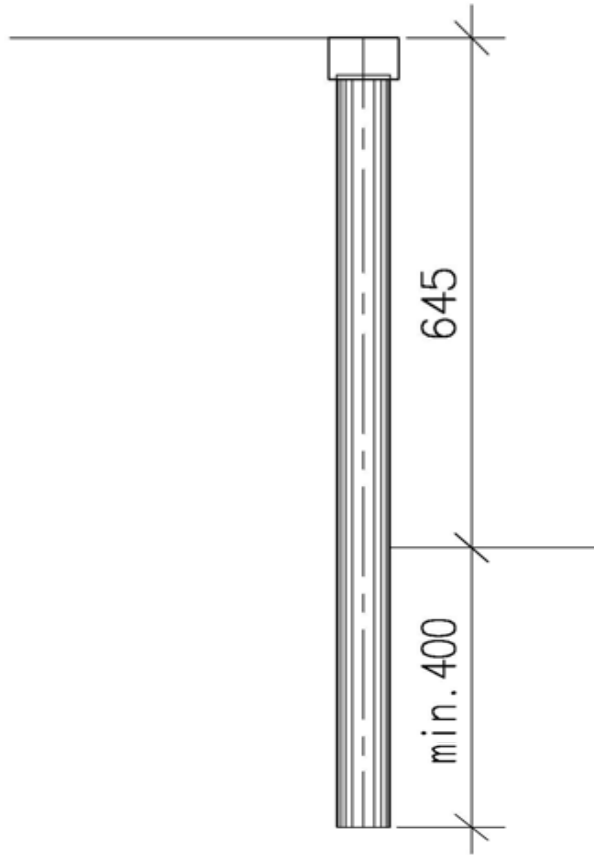
Bölgede kazı üç kademedan oluşmakta ve kazı derinliği en derin yerinde 28.00m'ye kadar ulaşmaktadır. Özellikle yapı içerisinde kalan bu kesimler kazı maliyeti ve diğer yönden gelen ankrajlarla çakışmaların engellenmesi açısından şevli ve konsol kazıklı 3 kademeli olarak düşünülmüştür. Kazının ilk kademesi (yaklaşık 11.85m) 3 / 2 (h/V) şevli kazı ile açılması, ikinci kademesi aralıklı konsol kazıklarla, üçüncü kademesi ise öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.6m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 160cm, konsol kazık soket boylarının 6m, üçüncü kademe kazık soket boylarının ise 2m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.10:Tip 8 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.9 Tip-9 Analiz Sonuçları

Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 6.5m'ye kadar ulaşmaktadır. Yapı içerisinde ankraj çakışmalarını önlemek ve maliyeti düşürmek açısından kazının aralıklı konsol kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 65cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 4.0m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



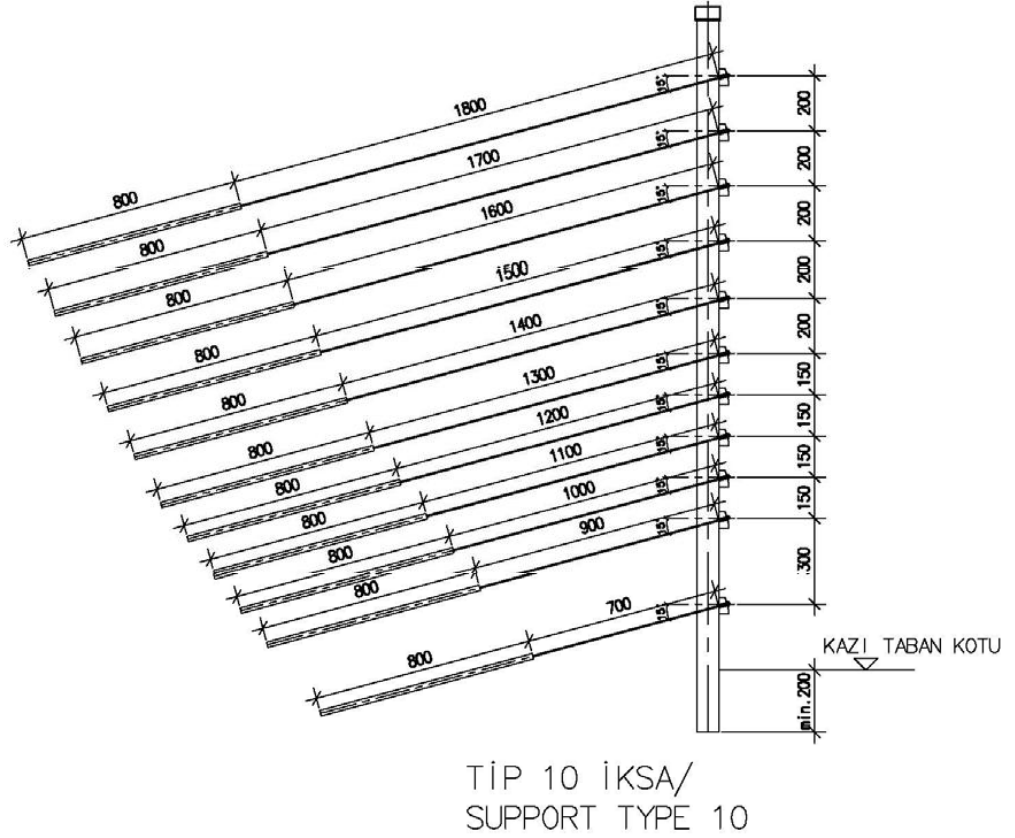
TIP 9 İKSA/  
SUPPORT TYPE 9

**Şekil 6.11:Tip 9 Kazı Destek Sistemi Detayları**



### 6.3.10 Tip 10 Analiz Sonuçları

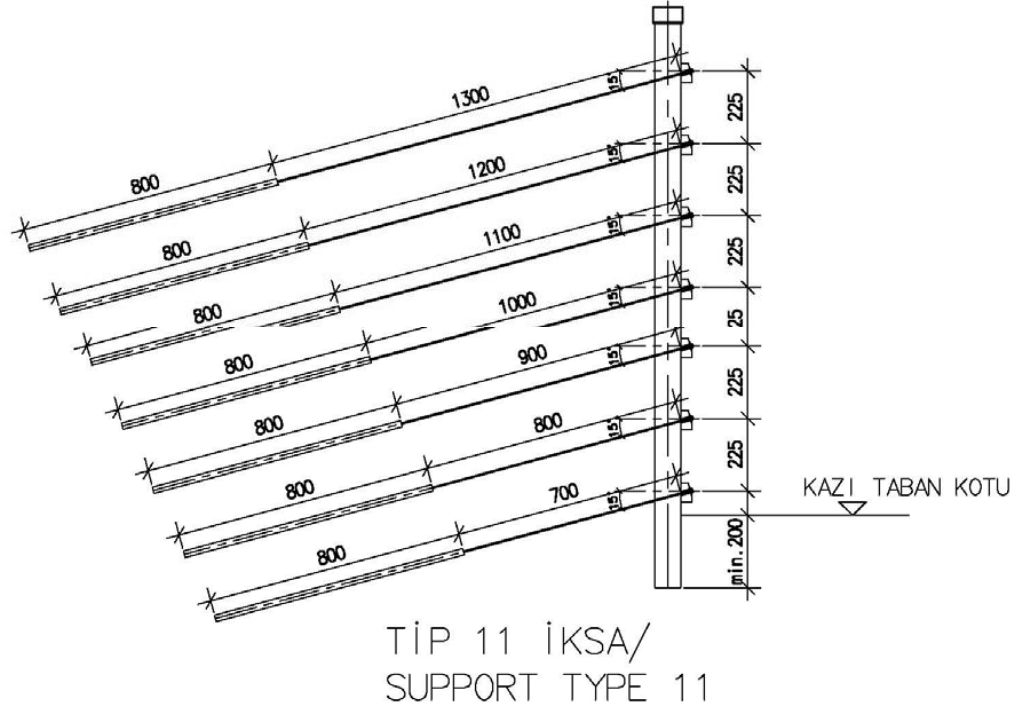
Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 24m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 2m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.12: Tip 10 Kazı Destek Sistemi Detayları

### 6.3.11 Tip-11 Analiz Sonuçları

Bölgede kazı derinliği en derin yerinde 17m'ye kadar ulaşmaktadır. Kazının öngermeli zemin ankrajları (3x0.6'' çelik halat, yatay aralık sh=1.3m) ile destekli aralıklı kazıklarla desteklenmesi düşünülmüştür. Kazık çapının 80cm, kazık aralığının 130cm, kazık soket boyunun ise 4m olması öngörülmektedir. Öngörülen sistem aşağıda verilmiştir.



**Şekil 6.13: Tip 11 Kazı Destek Sistemi Detayları**

## 6.4 KAZI METRAJLARI

### 6.4.1 Hesap Yöntemi

Bölgede yer alan zeminler için belirlenen jeoteknik parametreler ilgili jeoteknik rapordan alınmış ve aşağıda özetlenmiştir. Yeraltı su seviyesi emniyetli tarafta kalınarak yüzeyden 24m aşağıda alınmıştır.

Ancak analiz edilen her bir kesit için ayrı ayrı idealize zemin profili hazırlanmış ve mevcut sondajlar doğrultusunda zeminin derinlikle değişimi her bir kesit için ayrıca belirlenmiştir.

Aşağıda zemin türlerine göre dikkate alınmış olan parametreler verilmiştir.

#### Killi Silt – Siltli Kil (0 – 10m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 15 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 40000 \text{ kPa}$$

#### Killi Silt – Siltli Kil (10 – 20m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 25 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 60000 \text{ kPa}$$

#### Killi Silt – Siltli Kil (20 – 30m)

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 35 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E = 80000 \text{ kPa}$$

#### Kıltaşı – Kumttaşı

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 80 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$E = 135000 \text{ kPa}$$

#### Kireçtaşı

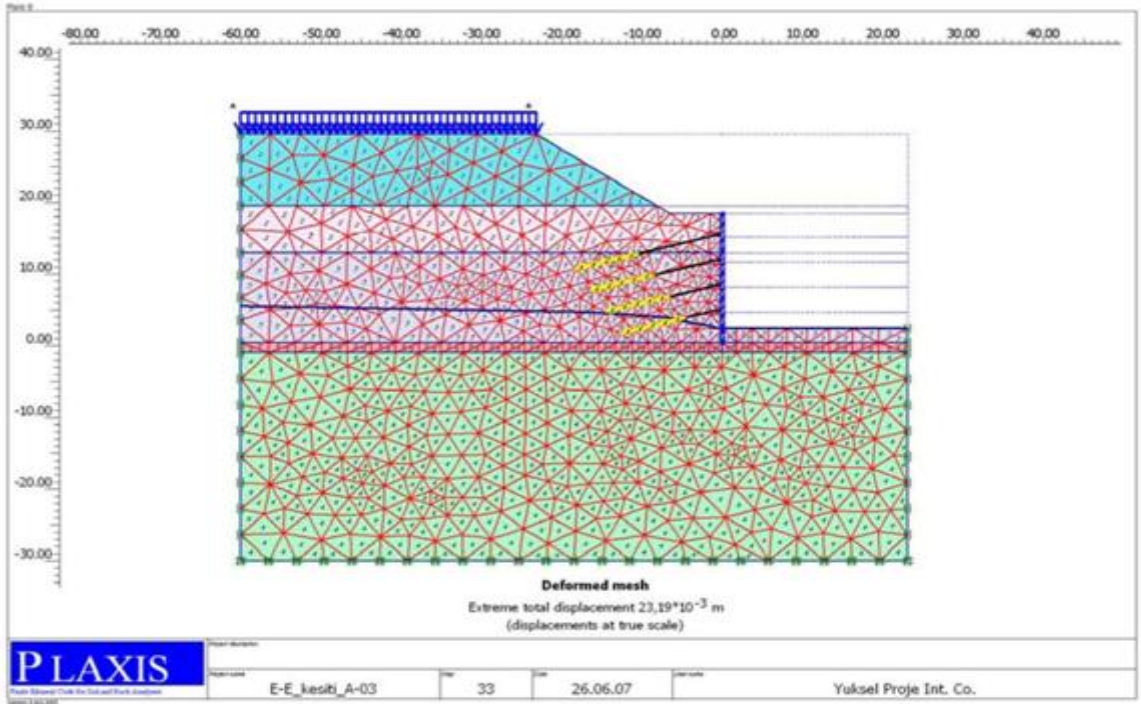
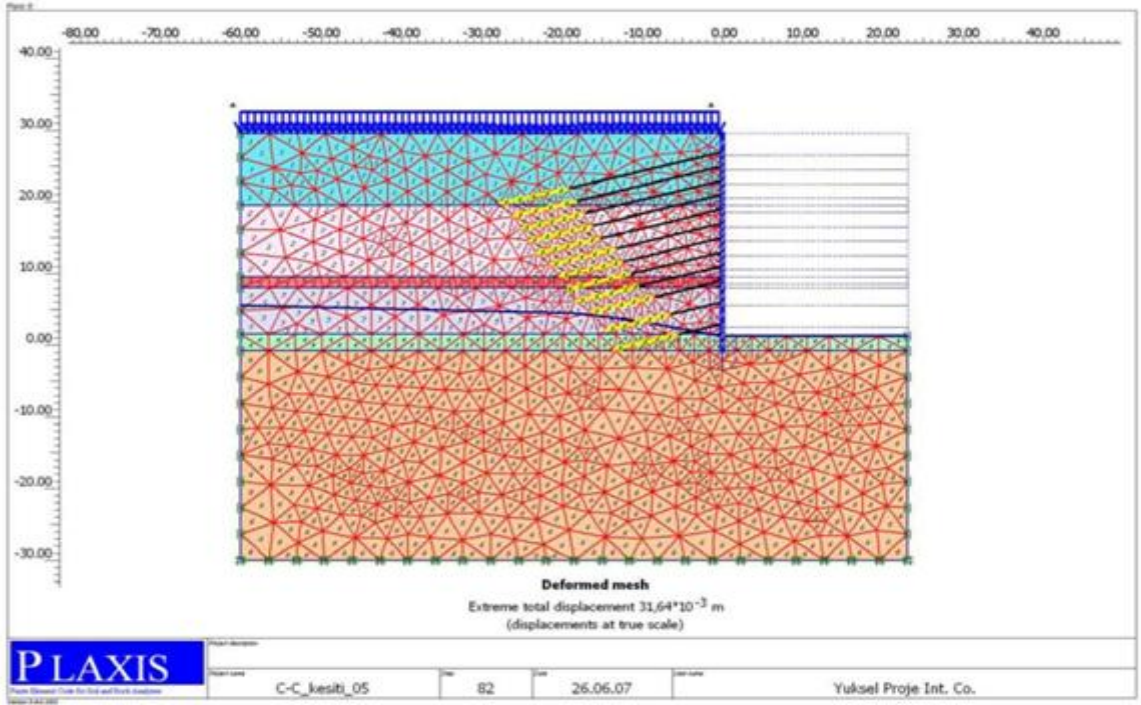
$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 120 \text{ kPa}$$

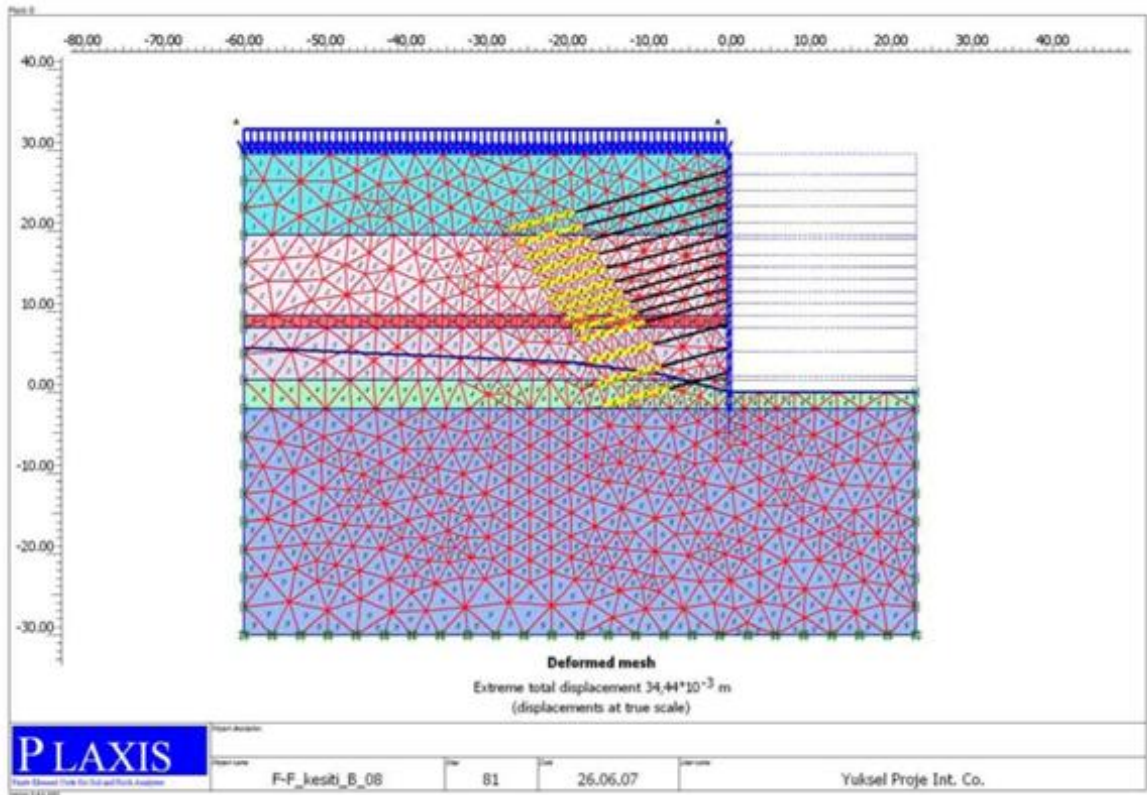
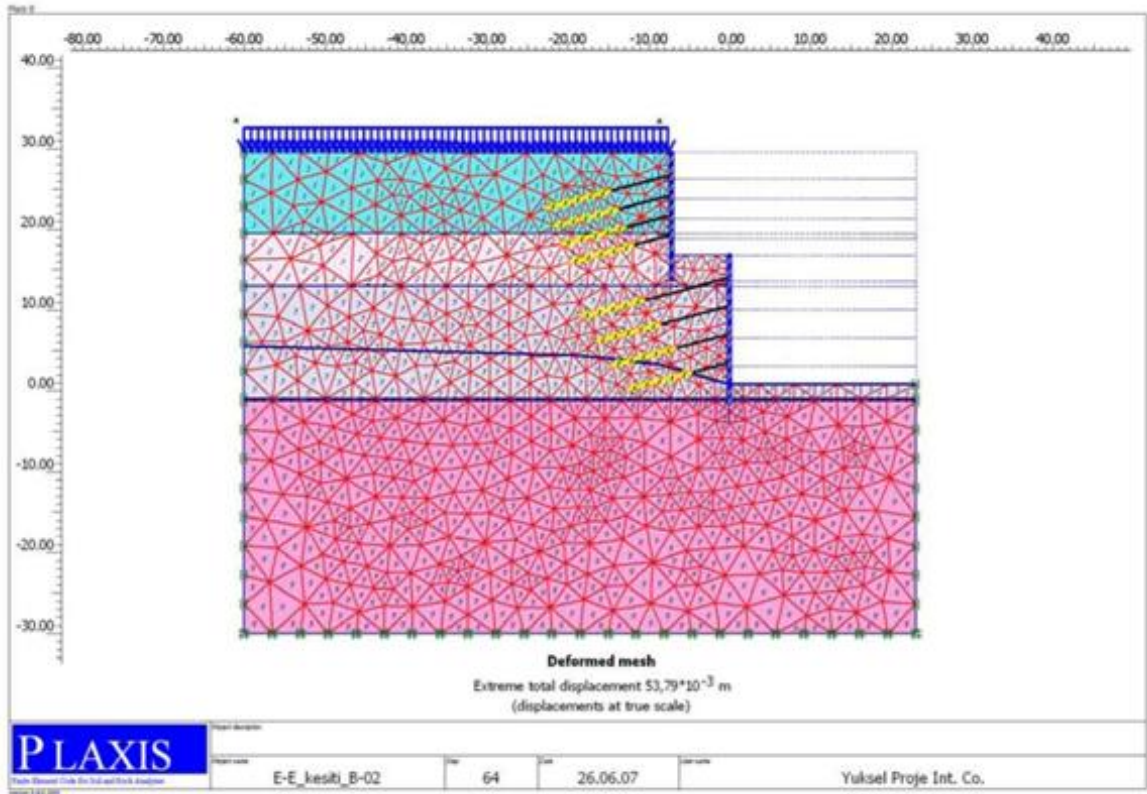
$$\varphi' = 32^\circ$$

$$E = 900000 \text{ kPa}$$

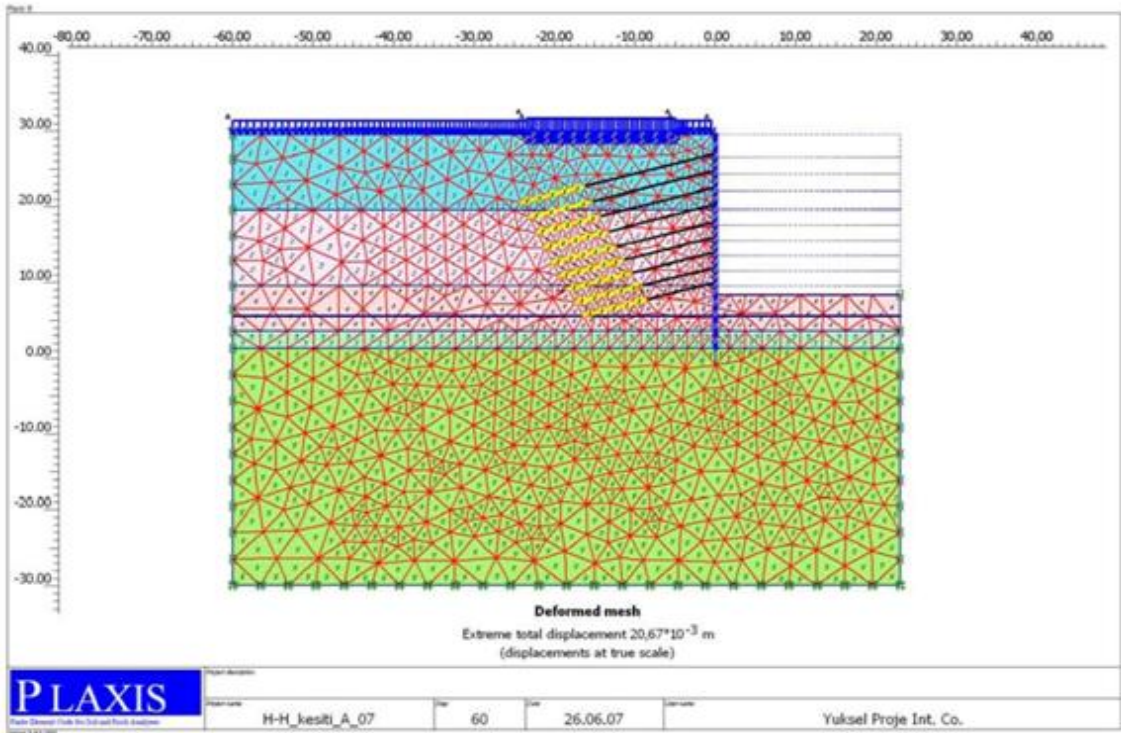
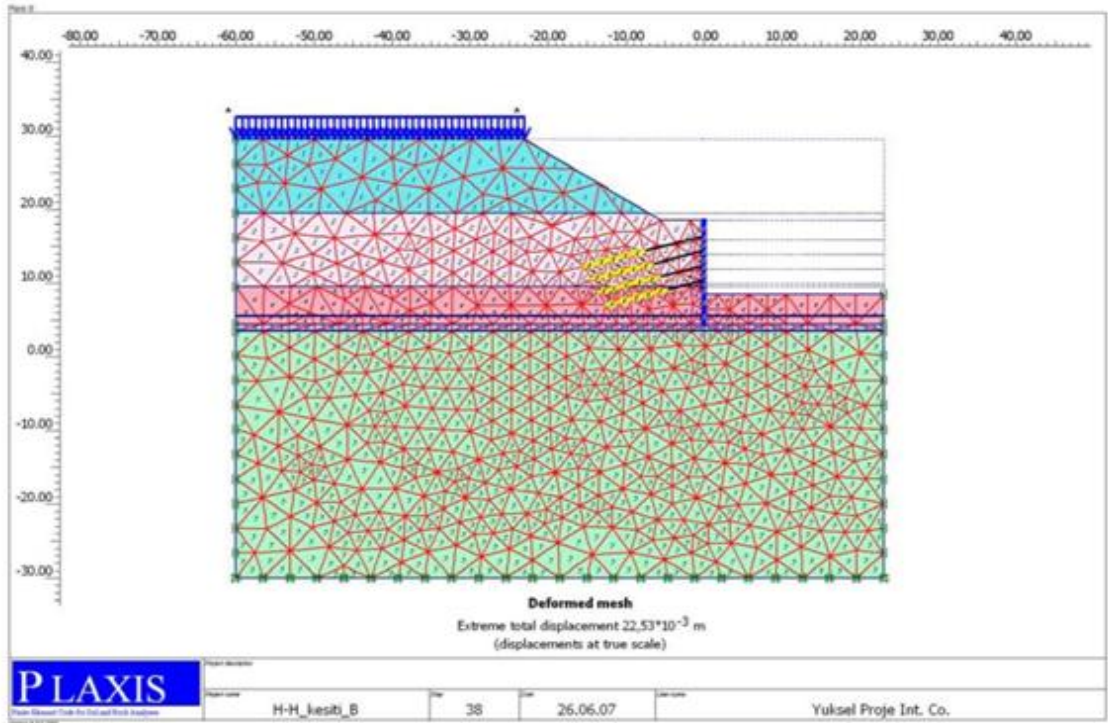
Aşağıda Plaxis programı ile her bir kesit için ayrı ayrı oluşturulan zemin ve iksa modelleri verilmiştir.



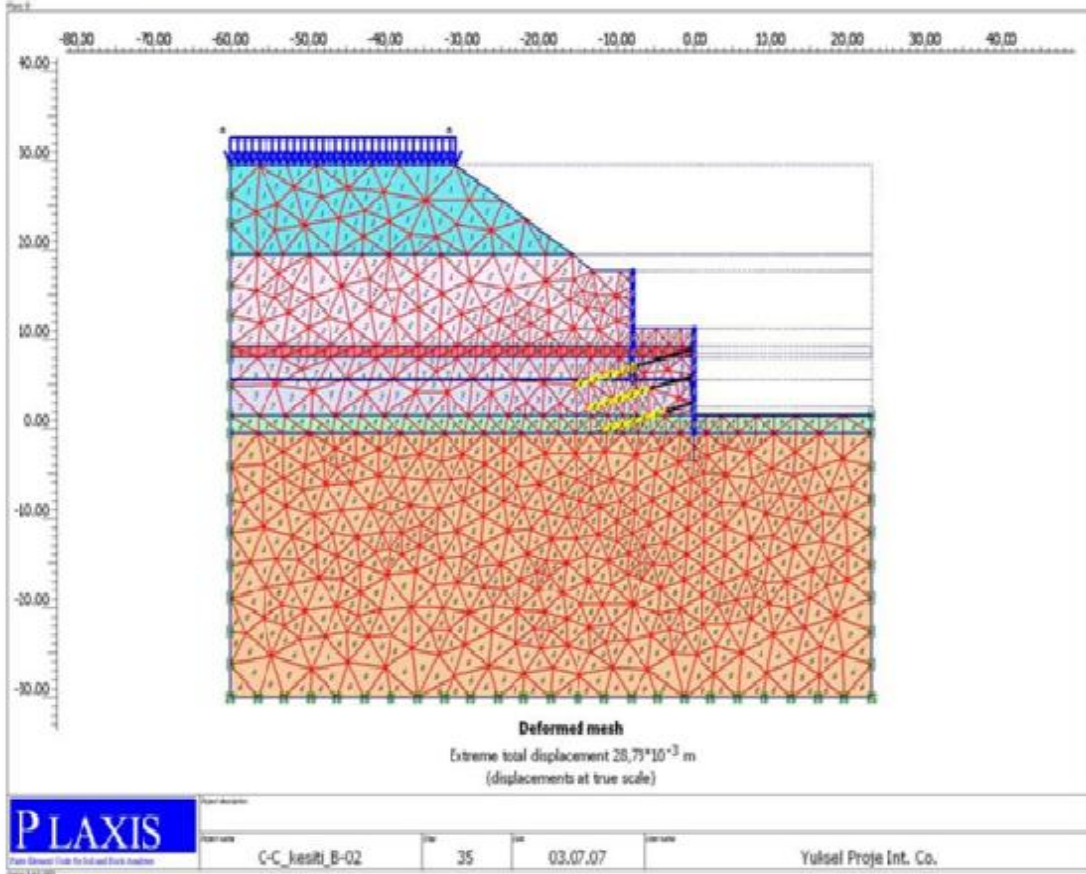
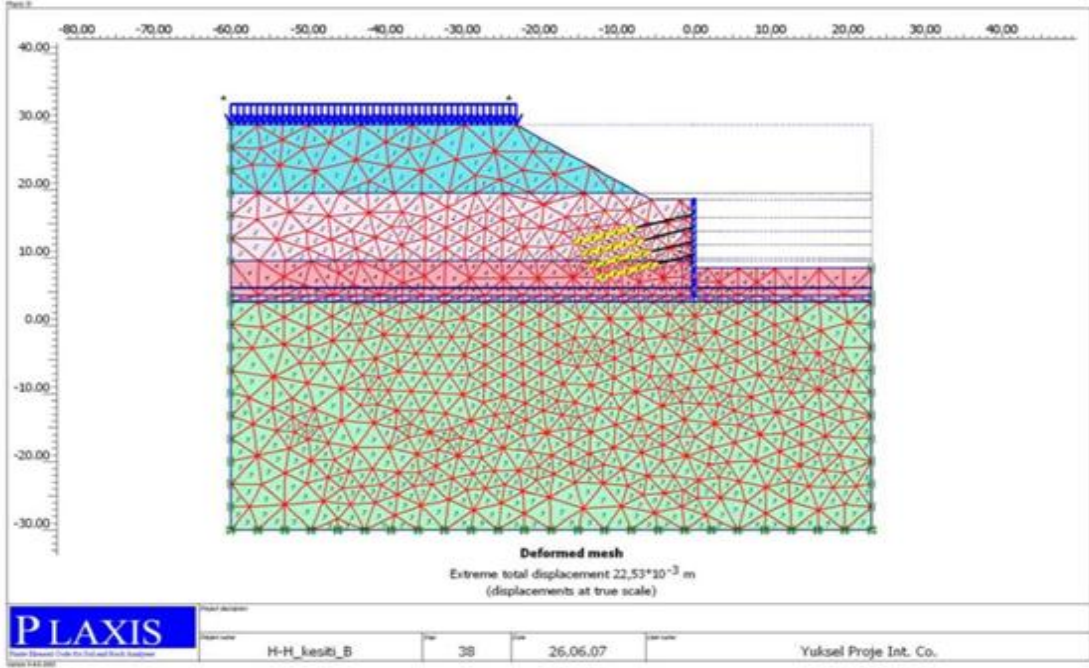
Şekil 6.14: Tip 1 Ve Tip 2 Kazı Destek Sistemi



Şekil 6.15:Tip 3 Ve Tip 4 Kazı Destek Sistemi

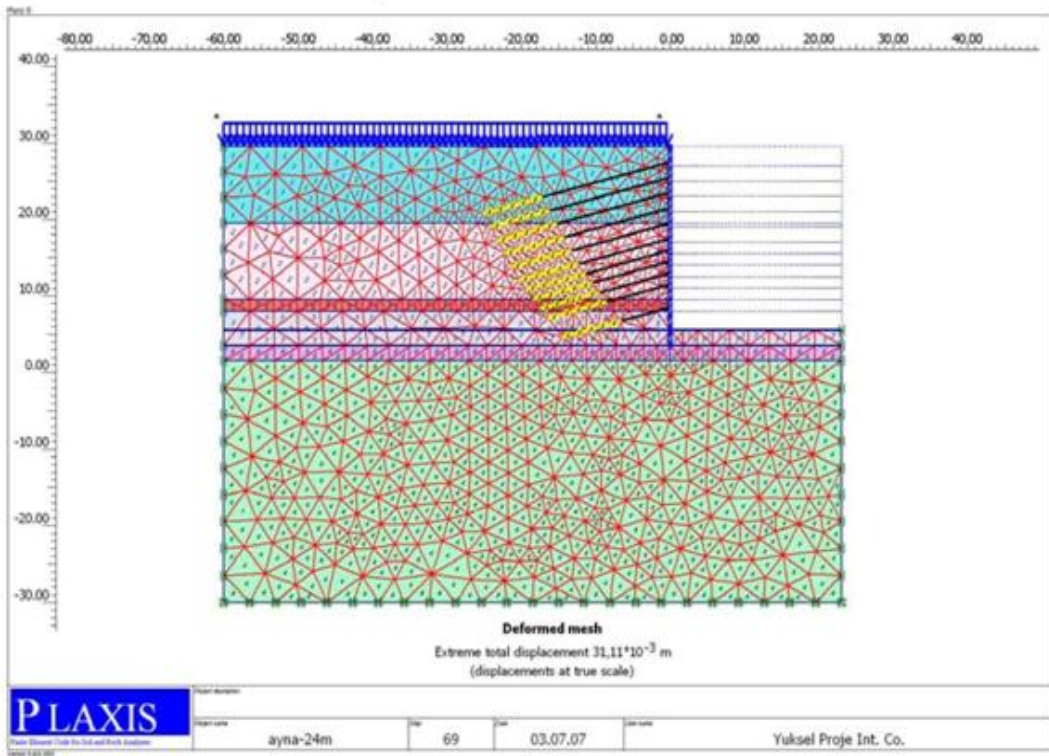
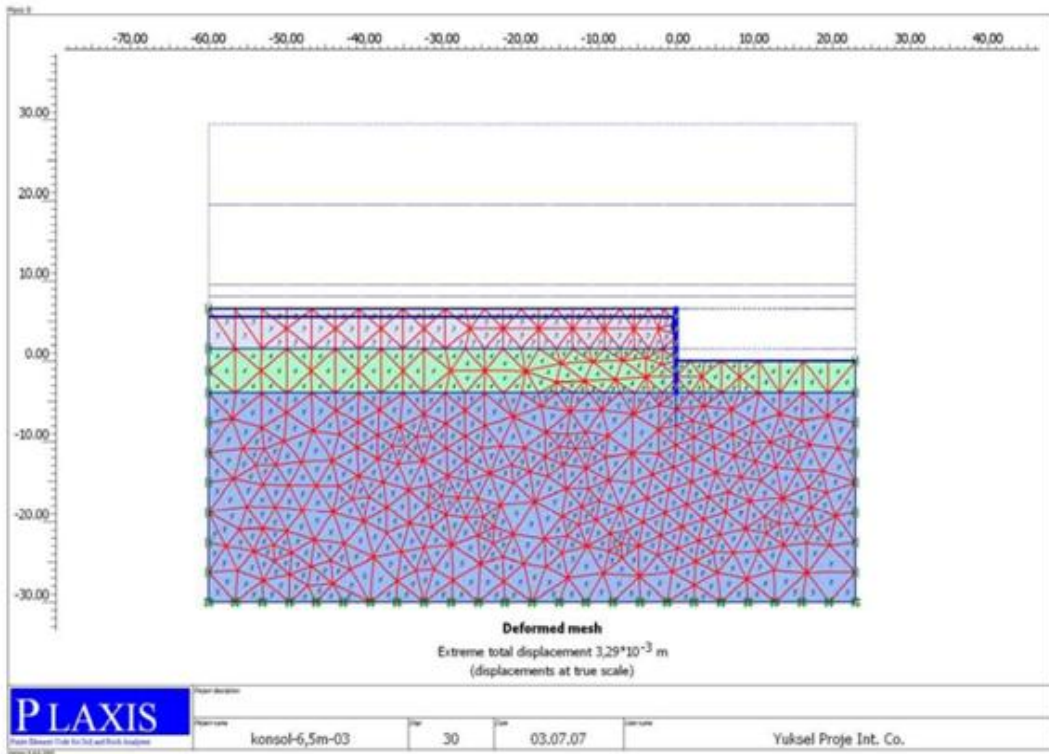


Şekil 6.16:Tip 5 Ve Tip 6 Kazı Destek Sistemi

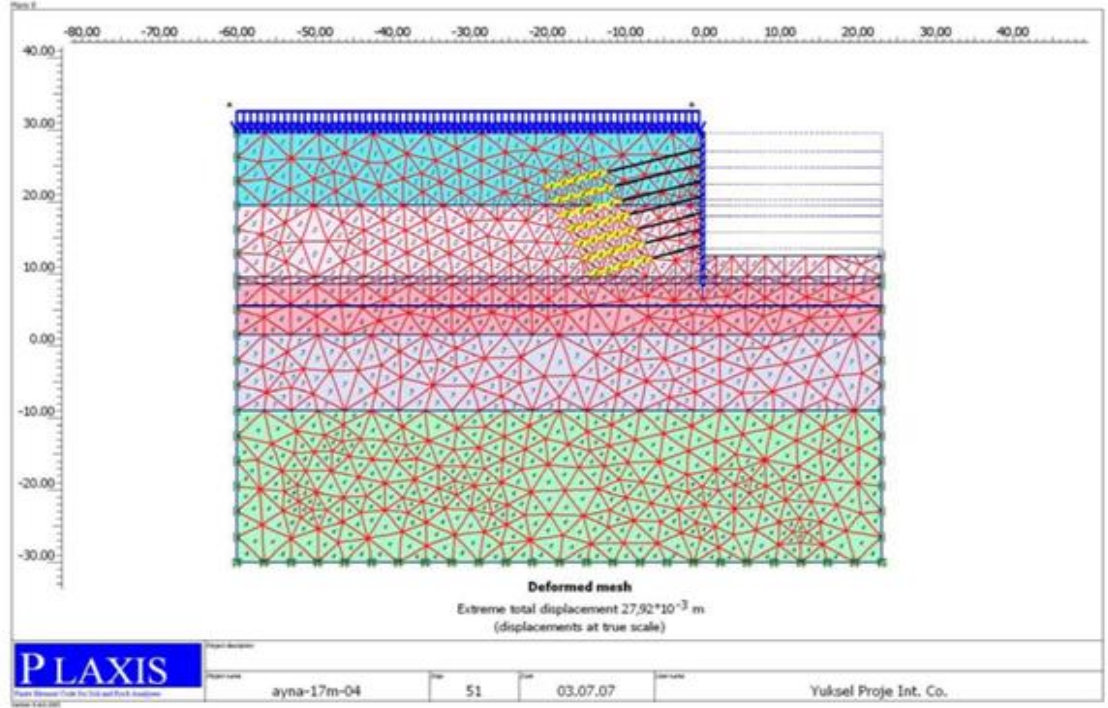


Şekil 6.17:Tip 7-8 Kazı Destek Sistemi





Şekil 6.18:Tip 9 Ve Tip 10 Kazı Destek Sistemi



Şekil 6.19:Tip 11 Kazı Destek Sistemi

#### 6.4.2

#### 6.4.3 Metraj Tabloları Ve Değerlendirme

##### 6.1:Metraj Tablosu

Betonarme Perde Duvarlı Sistem				
Sıra No:	Tanım	Birim	Birim Fiyat	Miktarı
1	Perde Duvar (min 40cm)	m <sup>2</sup>	-	21000
2	Perde Duvar Donatısı	ton	-	840
3	Ankraj	m	-	154000
4	Drenaj Borusu İçin Delik Açılması	m	-	31500
5	Drenaj Borusu	m	-	31500
6	Kazı	m <sup>3</sup>	-	420000

## 6.2:Metraj Tablosu

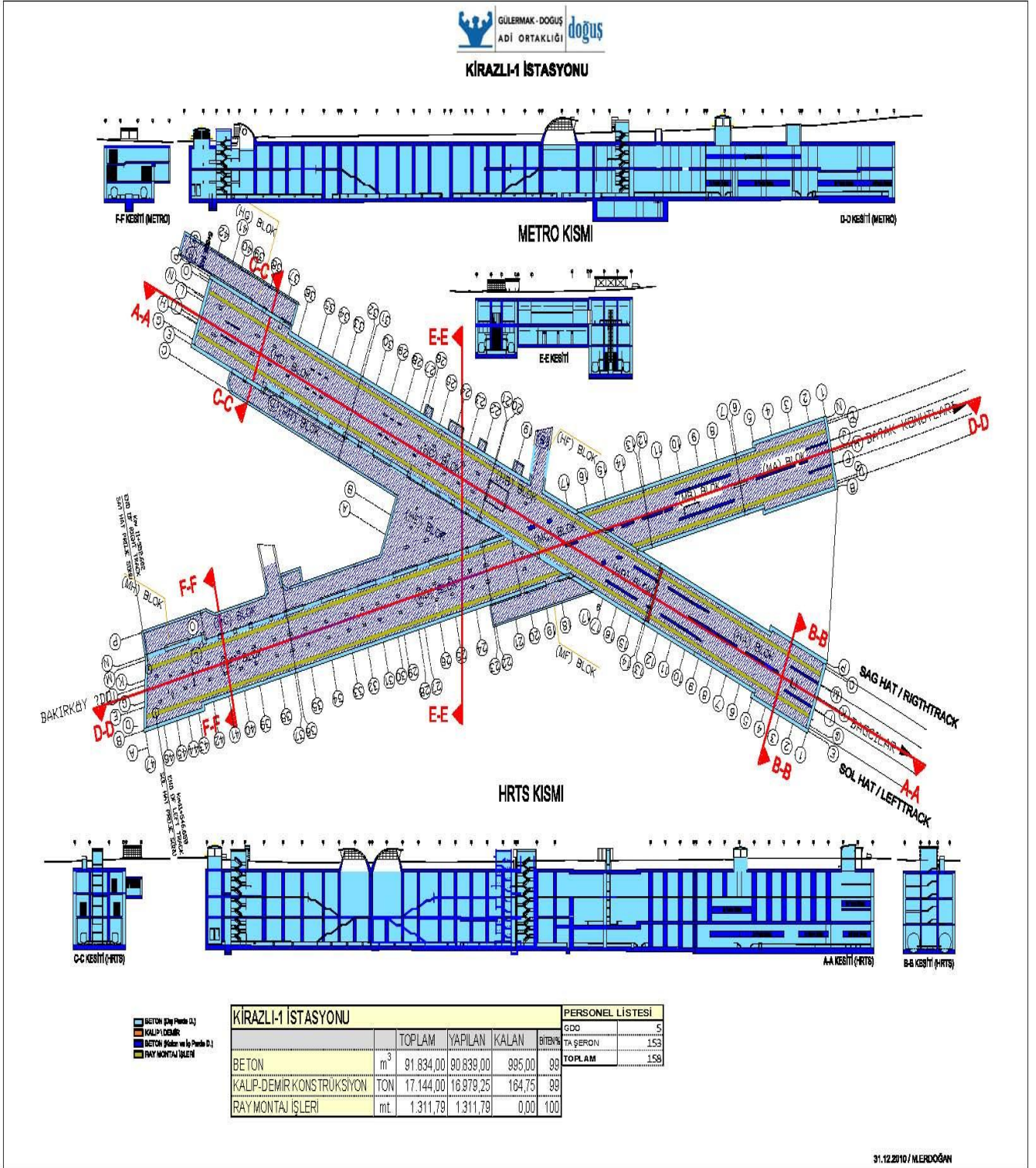
Kazıklı Sistem				
Sıra No:	Tanım	Birim	Birim Fiyat	Miktarı
1	Kazık (φ 80)	m	-	16716
2	Kazık (φ 65)	m	-	288
3	Kazık Donatısı	ton	-	686
4	Kuşak Kiriş Beton	m 3	-	2029
5	Kuşak Kiriş Donatı	ton	-	152
6	Ankraj	m	-	154000
7	Kazı	m 3	-	420000

Yukarıda yaklaşık olarak çıkarılan metrajlar verilmiştir. Rakamlar ön çalışma ile bulunmuş olup tam rakamları yansıtmayabilir ancak mertebe olarak yaklaşık değerler bu şekilde olacaktır.

İstasyonun büyüklüğü, belirli bir zaman aralığında TBM giriş çıkış bölgesi olarak kullanılacak olması bu kazının uzun süreli açık olarak bekleyeceği düşünülmektedir. Yapı geometrisi ve kullanım koşullarının içten destekli ve kapa&aç(top&down) sistemine müsaade etmemesi sebebi ile kazıklı ve ankrajlı sistemin gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Perde duvarlı sistemin gerek kendi doğasından kaynaklanan yapım zorlukları, gerekse yapının çok girintili çıkıntılı olması nedeniyle ankraj çakışmalarının ortaya çıkacak olması çok uygun bir imalat olarak düşünülmemektedir. Bunun yanında kazı ve yapım emniyeti açısından üst tabaka zeminlerin sert kaya olmaması da ankrajlı perde sistemi için olumsuz bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan kazı iksa analizleri ve yapı geometrisi, zemin durumu gibi faktörler ile kazı süresi ve buna bağlı olarak kazı emniyeti göz önüne alındığında bölgede kazık+öngermeli ankraj sistemi tercih edilmektedir.

## 6.5 KIRAZLI İSTASYONU İMALAT AŞAMALARI



31.12.2010 / MEROĞAN

Şekil 6.20: Kirazlı İstasyonu Betonarme Planı

Kirazlı istasyonu betonarme imalatları bloklar halin de kademeli olarak yapılacaktır. Bir yandan kazı imalatları yapılırken diğer yandan betonarme imalatların yapılmasını sağlamak için tüm detaylar göz önünde tutularak imalat sırası ve planlaması yapılmıştır.

### **6.5.1 Blokların Yapım Sırası**

#### **HRTS HATTI**

HA-1

HB-2

HC-4

HD-3

HE -8

HF-9

HG-7

HH-8

#### **METRO HATTI**

MA-1

MB-2

MC-4

MD-5

ME-6

MF-10

MG-9

MH-8

## **6.6 KAZI İKSA SİSTEMİ**

### **6.6.1 Fore Kazık İmalatı**

Kazı iksa sistemi için sahaya getirilen inşaat demirleri projesine uygun boyda yuvarlak kazık formu oluşturacak şekilde bağlanmıştır. Kazık donatısının formu yuvarlak olduğu için etriye olarak kullanılan ince inşaat demiri hazır yuvarlak (kangal) şeklinde sipariş edilip montaj kolaylaştırılmıştır.

#### **6.6.1.1 Fore Kazık Makinası İle Delgi Yapılması**

Bu iş için kullanılacak fore kazık makinasının seçimi, işin hızını ve daha verimli çalışmayı göz önüne alınca çok önemlidir. Bu seçimi belirleyen kriterler zeminin yapısı (kum, kil ve sert zemin oluşu), fore kazık çapı, fore kazık boyu, çalışma alanı vb.

Bu projede zemin çoğu yerde kum olduğu için fore kazık delgisi sırasında çok zorlanılmamıştır. Fakat kuyunun stabilizesini zemin suyuna gelen yerlerde sağlamak güç olduğu için klavuz çelik borular kullanılmıştır. Bu klavuz çelik borular kuyu başındaki ilk 1-2 mt lik serbest malzemenin kuyu içerisine doğru göçmesini önlemek amacıyla tüm kazıklarda kullanılmaya çalışılmıştır.

#### **6.6.1.2 Donatının Kuyuya Yerleştirilmesi**

Boyları 12 metreden uzun olan kazık donatıları; ikinci parça, demir çapına göre değişen donatı bindirme boyuna göre 12 mt'lik diğer parçanın içerisine geçirilip donatı montajı yapılmaktadır. Bu ek 24 metreyi geçen kısımlarda 3 parça olarak yapılmakta. Donatının birbirine eklenmesi fore kazık kuyusu içerisine donatının yerleştirilmesi sırasında yapılmakta. Donatı fore kazık makinasına bağlı olan halat yardımı ile kuyu içerisine yerleştirilmekte. Donatıyı kuyu içerisine oturmaması ve askıya almak için fore kazık donatısı üzerindeki askı noktalarından zemine asılmaktadır. Bu işlem donatı altının zeminle temas etmesini engellemektedir. Donatının tüm kuyu boyunca zeminle temasını engellemek için 2.5 mt aralıklarla plastik pas payları kullanılmıştır.

#### **6.6.1.3 Beton dökümü**

Beton dökümü için tremi borularında faydalanılmıştır. Yüksekten beton dökümünü sırasında hem segregasyon oluşumunu hem de zemin suyu ile betonun karışmasını

önleme için 4 metre boyundaki tremi boruları uç uca eklenerek kuyu içerisine yerleştirilmiş ve beton bu borular sayesinde kuyu altından yukarı doğru yükselerek tamamlanmıştır.

## 6.6.2 Başlık Kirişi İmalatları

### 6.6.2.1 Kazık Başlarının Açığa Çıkarılması

Fore kazıkların betonlaması yapıldıktan sonra başlık kirişi montajından önce kazık donatılarını başlık kirişi içerisine sokmak için kazık başı donatıları açığa çıkarılmıştır. Bu işlem için kırıcı iş makineleri veya kompresörler kullanılmıştır. Eğik olan donatılar düzeltilmiş, kısa kalmış donatılara ek yapılarak donatının başlık kirişi içerisine girmesi sağlanmıştır.

### 6.6.2.2 Donatı Montajı ve Beton Dökümü

Projesine göre inşaat demirleri hazırlanıp kazık donatılarını içerisine alacak şekilde başlık kirişi donatı ve uygun boyular da kalıp imalatı yapılmıştır. Başlık kirişi boyutları bu proje için genellikle 100x60 cm (en X yükseklik) olmuştur.



Şekil 6.21: Kazık Başlığı İmalatı

Beton mikserleri veya pompaları ile beton dökümü yapılmıştır. Beton dökümünden önce kazık betonunu üzerindeki toprak gibi yabancı malzemelerin temizliği yapılmalıdır.

### 6.6.3 Kazı İksa Sistemi Kazısının Yapılması

#### 6.6.3.1 Kazı İmalatı Ve Hafriyatın Alınması

Fore kazıkların imalatından sonra kazıya iş makineleri ile başlanılmıştır. Zeminin yapısına ve işin hızına göre makine seçimi yapılmıştır. Daha hızlı çalışabilmek için bazı noktalarda birkaç makine ile kazı yapılmıştır.

Hafriyatın kamyonlara yüklenip sahadan uzaklaştırılması için saha içi ulaşım yolları yapılmıştır. Bu yolların sağlamlığı ve bozulmaması kazının sürekli devam etmesi için önem taşımaktadır. Ayrıca bu ulaşım yolunun yeri diğer imatları engellemeyecek şekilde planlanması da önemlidir.







**Şekil 6.22: Kazı Yapılması**

#### **6.6.3.2 Sert Zeminde Kırıcılı Kazı Yapılması**

Bu projede HB ve MC bloklarının kesiştiği bölgede temel kazısı sırasında sert zemin ile karşılaşmıştır. Bu kısmın hafriyatını bir an önce yapabilmek için 2 adet büyük kırıcılı iş makinası ve bir adet yükleyici iş makinası ile geç saatlere kadar kırım yapılarak kazı tamamlanmıştır.



**Şekil 6.23:Sert Zemin Kazısı**

### **6.6.3.3 Kazık Arası Shotcrete Uygulaması Ve Barbakan Yapılması**

İksa kazısı sırasında zeminin kum olması sebebiyle kazık aralarındaki kum malzeme boşalmakta ve kazık arkalarının boşalmasına ve iksa siteminde olumsuzluklara yol açmaktaydı.Kazık arası malzemenin boşalmasını engellemek için kazık aralarına hasır çelik donatı montajı yapıp bunun üzerine shotcrete uygulaması yapılmıştır.



**Şekil 6.24:Shotcrete Uygulaması**

Shotcrete makinasının çalışmadığı bölgelerde kuru karışım beton santralden istenilip sahada su ile mini makinalarla karıştırılıp işçi yardımı ile shotcrete uygulaması da yapılmıştır.



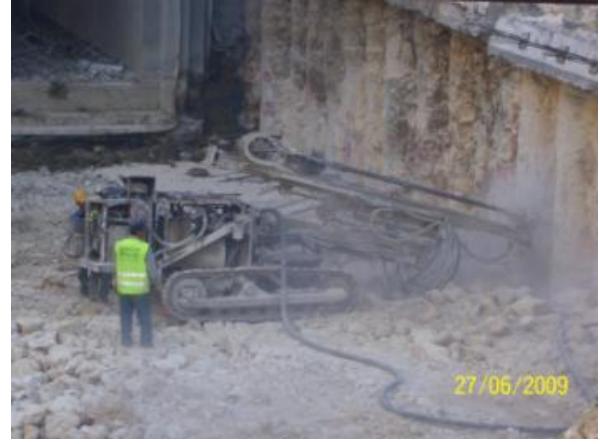
**Şekil 6.25:El İle Shotcrete Uygulaması**

MA ve MB blok kazısının yapıldığı bölgelerde zemin suyu seviyesine rastlanılmış ve bu suyun kazık arasındaki malzemenin boşaltmasını engellemek için kazık aralarında, suyu toplanıp zemin dışına tahliyesini sağlayan barbakanlar açılmıştır.

#### **6.6.4 Ankraj İmalatı**

##### **6.6.4.1 Ankraj Delgisinin Yapılması**

Ankraj makinaları ile projesinde ki boylara uygun olarak belirli bir açıdan ankraj delikleri açılmıştır.



**Şekil 6.26: Ankraj İmalatı**

HB blok bölgesinde sert zemin ile karşılaşılan bölgelerde ankraj açılmasını kolaylaştırılmak için hava basıncı sağlayan kompresörlerden faydalanılmıştır.

#### **6.6.4.2 Ankraj Halatlarının Hazırlanması Ve Kuyuya Yerleştirilmesi**

Projesine uygun olarak eşit uzunlukta öngermeli 3 adet çelik halatlar kesilip hazırlanmıştır. Bu halatlar kök kısmında eşit aralıklarla ayırıcı ve birleştiriciler ile sabitlenerek kök kısmı teşkil edilmiştir. Sonra ankraj demetin serbest boyu polietilen boru ile izole edilmiştir. Ankraj demetine enjeksiyon maksatlı 1 adet polietilen boru takılmıştır. Ankraj demeti, bu şekilde tamamlanarak deliğe yerleştirilmiştir.

#### **6.6.4.3 Kuyu Enjeksiyonunun Yapılması**

Ankraj halatlarının zemine tutunmasını sağlayacak çimento harcının yapımında Portland Çimentosu kullanılmıştır. Enjeksiyon için kullanılacak olan su temiz olmalıdır. Suyun içindeki şeker ve organik maddeler bulunmamalıdır. Çimento harcının mukavemetini sağlamak için suyun çimentoya oranı 0,40 ile 0,45 olacak şekilde karışım hazırlanmıştır. Harcın içine ilave katkı maddeleri konularak (flowcable) harcın istenilen biçimde davranışına sahip olması sağlanmıştır.

#### **6.6.5 Kuşaklama Kirişi İmalatı**

Ankraj halatlarının gerdirilip tutunacağı kuşak kirişlerinin donatıları projesine göre kesilip kazık önünde montajı yapılmıştır. Aynı şekilde kalıp montajı da tek taraflı olarak

tamamlanmıştır. Ankraj halatının kiriş içerisinde hareket etmesi için halat kuşak kirişi içerisinde pvc borular ile kalıp içerisine alınmıştır.



**Şekil 6.27:Kuşaklama Kirişi İmalatı**

Bu projede MC blok ile HB blok arasındaki kesişim bölgesinde kazıklarda kuşak kirişi yapımına gerek duyulmamıştır.



**Şekil 6.28:Strut İmalatı**

Bu projede HD blok kazısının yapıldığı bölgede kazı sırasında fore kazıklarda çatlaklar olduğu tespit edilmiş ve bu kısımda kuşak kirişleri arasında ilave bir sıra daha ankraj delgisi yapıp iki kuşak kirişi arasına perde duvar şeklinde kuşak kirişi dökülüp ankrajlar teşkil edilmiştir.



**Şekil 6.29: Ankrajlı Perde Duvar İmalatı**

Ankraj halatları projedeki ankraj germe yüklerine göre özel krikolar sayesinde gerdirilip servis yükünde kilitlemiştir. Ankrajların sağlamlığından emin olmak için de performans testleri yapılmıştır. Mc ve Hb blok bölgesinde imal edilen ankraj halatlarının serbest kalması problemi ile karşılaşılmıştır. Bu kısımda ankraj halatlarının boyları uzatılarak bu problem aşılmıştır.

#### **6.6.6 Kazıkların Kısa Kaldığı Bölgede İksa Sistemi Uygulaması**

MH blok inşaatında bloğun temel kotu betonarme projede değiştirildiği için daha önceden yapılan fore kazık boyları bu noktada temel kotunun üstünde kaldı ve kazı sonrasında kazık alt uçları açıkta kalacaktı. Kazıkların tutunacak soketleri olmayacağı için iksa sistemi başarılı olmayacaktı. Bu eksikliğini gidermek için kazıkların kısa kaldığı bölgelerde kazı biter bitmez ilave ankraj delgileri yapıldı. 2 metre yüksekliğinde dikeyde anolar halinde 3 sıra boyunca , çift sıra hasır çelik üzerine püskürtme betonu (shotcrete) uygulanarak 40 cm kalınlığında betonarme perde oluşturuldu. Daha sonra ankraj halatları gerdirilerek iksa sistemi tamamlanmış oldu.



**Şekil 6.30: Destek Perdesi İmalatı**

### **6.6.7 İksa Sisteminin Yetersiz Kaldığı Bölgelerde Alınan Önlem Ve İmalatlar**

#### **6.6.7.1 İlave Kuşak Kirişi İmalatı Yapılması**

İksa sistemi üzerindeki prizma ve iskanın hemen arkasındaki ölçüm kuyularından alınan sonuçlara göre eğer iksa da izin verilen deplasmanın üzerindeki durumlarda iksa sistemini sağlamlaştırmak için kuşak kirişleri arasına ilave birkaç sıra ankrajlar teşkil edilmiştir.

#### **6.6.7.2 Kuşak Kirişleri Arası İlave Perde Şeklinde Kuşak Kirişi İmalatı Yapılması**

İksa sisteminden oluşan deplasmandan dolayı Hd blok kısmında çatlayan fore kazıkların olduğu bölgede kuşak kirişleri arasına perde şeklinde beton dökülüp ankrajlar ilave edildi.

#### **6.6.7.3 Kazıklar Arası Çelik Destekleyici Sistem Yapılması**

HB blok kazı seviyesinin yarısına ulaşıldığında, yapılan ölçümler sonucu iksa sisteminin sürekli deplase olduğu ve kazıya hiçbir önlem alınmadan devam edilemeyeceği anlaşılmıştır. Bu sebeple iksa sisteminin de ki deplasmanı durdurmak için karşılıklı iksalar arasına destekleyici olarak çapı 1 metre olan çelik borular (strut) kullanılmıştır. Bu çelik destekleyiciler istasyon dış perde betonu dökülüp, iksa ile dış perde betonu arasındaki dolgu betonu tamamlandıktan sonra söküldü ve bina dış

perdeleri arasına monte edildi.Bu destekler ilk döşeme betonu dökümüne kadar bina içerisinde kaldı.Döşeme betonu ve kazık-dış perde arasındaki dolgu betonu döküldükten sonra sökülüp şaft boşluklarından bina dışarısına çıkarıldı.



**Şekil 6.31:Çelik Destekleyici Sistem İmalatları**



## 6.7 2. VE DİĞER KADEME KAZILARININ YAPILMASI

### 6.7.1 Temel Kazısının Yapılması

Son kat iksa kazısı yapıldıktan sonra temel alt kotuna kadar kazı kaba olarak tamamlanır. Topoğrafik kotlara göre temel altı grobetonundan önce tesviye kazısı yapılır. Zeminde sağlam olmayan noktalara stabilize malzeme ile dolgu yapıp sıkıştırılarak zemin sağlamlaştırılır.



Şekil 6.32: Temel Kazı İmalatı

## 6.8 BETONARME BLOKLARIN İMALATI

### 6.8.1 Grobeton Dökümü

Hem donatının düzgün şekilde bağlanması hem de temel altı izolasyonu için düzgün pürüzsüz bir yüzey oluşturması için temel tesviye kazısı tamamlandıktan sonra C14 sınıfı temel altı grobeton dökümü yapılmıştır.



**Şekil 6.33:Grobeton İmalatı**

## **6.8.2 Temel-Kazık Arası Dolgu Betonu İmalatı**

### **6.8.2.1 Kalıp İmalatı**

İksa ile bina dış perdesi arasındaki boşluk bu projede C14 dolgu betonu ile kapatılmıştır. Temel betonarme imalatından önce temel-iks arasındaki boşluğun betonu için tek taraflı kalıp kurularak temel üst kotuna kadar dolgu betonu dökümü imalatı yapılmıştır.



**Şekil 6.34:Kalıp İmalatı**

### 6.8.2.2 Beton Dökümü

Beton dökümü beton pompaları yardımı ile yapılmıştır.



Şekil 6.35: Beton Dökümü

### 6.8.3 Temel İzolasyonunun Yapılması

#### 6.8.3.1 Keçe+Membran+Keçe İmalatının Yapılması

Temel altı su izolasyonu için temel altı grobeton dökümünden sonra temel üstüne Geotekstil keçe ( $0,5\text{kg/m}^2$ ) +PVC membran(2mm)+Geotekstil keçe ( $0,3\text{kg/m}^2$ ) yapılmıştır.PVC membran ekleri ısıtılarak birbirine yapıştırılmıştır.





**Şekil 6.36:İzolasyon İmalatı**

### **6.8.3.2 İzolasyon Üzeri Koruma Betonunun Dökülmesi**

Temel altı izolasyon malzemesi pvc membranın zarar görmesini önlemek için üzerine 5 cm kalınlığında C14 koruma grobetonu dökülmüştür.



**Şekil 6.37:Koruma Betonu**

#### 6.8.4 Temel Betonarme İmalatı

Her inşaatta olduğu gibi bu inşaatta da temel donatısı projesine uygun olarak sahada hazırlanarak yerinde montajı yapılmıştır. Temel donatı içerisinde dış perdelerin, peron altı perdelerinin, pompa çukuru perdeleri ,kolonların ve ray altı donatı filizlerinin eksiksiz montajı önemlidir.

Diğer inşaatlardan farklı olarak temel de değişik geometrik şekillerde donatıların bulunması işi zor hale getirmiştir.



**Şekil 6.38:Donatı Montajı**

Her inşaatta olduğu gibi bu inşaatta da temel kalıp projesine göre imal edilmiştir. Temel kalıbı .soğuk derz oluşumunda , ray arası su kanalları oluşmasında, temel içi pompa

çukuru ve elektrik menhol çukurları oluşturmada, perde donatısı içerisinde su tutucu bant montajı için yapılmıştır.

Temel betonarme imalatında beton dökümünden önce soğuk derz oluşacak bölgelerde, bina dışından içeriye girecek suları önlemek için pvc su tutucu bantlar yerleştirilmiştir.

30 veya 50 cm genişliğinde olan bu bantların yarısı temel betonunun içinde diğer yarısı bir sonraki imal edilecek betonarme kısımda kalacak şekilde dışarıda bırakılmıştır. Ona göre demir donatı içerisinde su tutucu bandın montajını sağlamak üzere boşluklar yaratılmıştır.



**Şekil 6.39:Su Tutucu Bant Montajı**

Beton pompaları yardımıyla temel beton dökümü tamamlanmıştır. Temel betonunu dökerken soğuk derz oluşumuna izin vermemek için beton dökümü sürekli olmak zorundadır. O yüzden temel gibi büyük miktarlı yerlerin betonları birden fazla pompa ile dökülmüştür.

### 6.8.5 Perde Betonarme İmalatı

Bu projede dış perde duvarları ağır bir donatıya sahip olduğu için montaj sırasında donatıyı dik vaziyette tutmak için perde boyunca birkaç tane kalıp malzemesinin montajı yapıldı ve donatı montajı bu kalıplardan destek alarak tamamlandı.



**Şekil 6.40: Donatı Montajı**

Yüksek kısımlı yerlerde kazı-perde arası dolgu betonu dökülüp izolasyondan sonra donatı motajı yapıldı.Donatıyı dik tutabilmek için montaja başlamadan önce birkaç kalıp montajı yapıp bunlardan destek alındı.

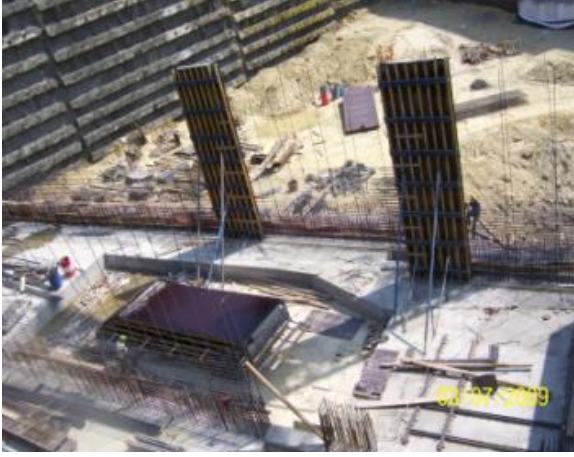


**Şekil 6.41:Perde Ve Kolon İmalatı**

Bu inşaatta kalıp olarak ahşap kirişli kalıp sistemi kullanılmıştır.Bu sistem plywood, ahşap kiriş ve çelik kuşak olmak üzere 3 ana elemandan oluşur.

Ahşap kiriş ve çelik kuşak elemanlarının uyarlanması ile farklı dayanımlarda ve ebatlarda panolar elde edilmiştir.Proje başlangıcında hazırlanan panolar, proje sonuna kadar demonte edilmeden kule vinç ile kolayca taşınmış, bu sayede işçilik ve zamandan kazanılmıştır.Kalıp yüzeyi geniş ve düz olduğu için pürüzsüz bir beton yüzeyi elde edilebilmiştir.





**Şekil 6.42:Kalıp İmalatı**

HD ve ME blok ayna perdelerinin yapımı sırasında tünel girişini oluşturabilmek için çelik ve ahşap elemandan oluşan özel bir kalıp kullanılmıştır.



**Şekil 6.43:Tünel Aynası Betonarme İmalatı**

Strut montajı yapılmış bölgelerin dış perdeleri kalıbının yapımı sırasında hazır kalıp yerine, sahada yerine göre hazırlanmış daha basit kalıp montajı yapılmıştır. Bu nedenle bu kısımlarda işin hızında yavaşlama olmuştur.



**Şekil 6.44: Betonarme Perde Ve Su Tutucu Bant İmalatı**

Dilatasyon bölgelerinde hem dikeyde hem de perde içinde, yatayda üst döşeme ile perde birleşince oluşacak soğuk derzden ve bir sonraki blok ile birleşim yerinden (dilatasyon) su gelişini önlemek için su tutucu bantlar kullanıldı ve bunlara özel kalıp imalatı yapıldı.

Perde içinde yatayda ve perde yüzeyinde düşeyde soğuk derz bölgelerinde ve blokların birleştiği dilatasyon bölgelerinden su tutucu bantlar kullanıldı.

Beton pompaları yardımıyla perde ve kolon beton dökümleri yapıldı.

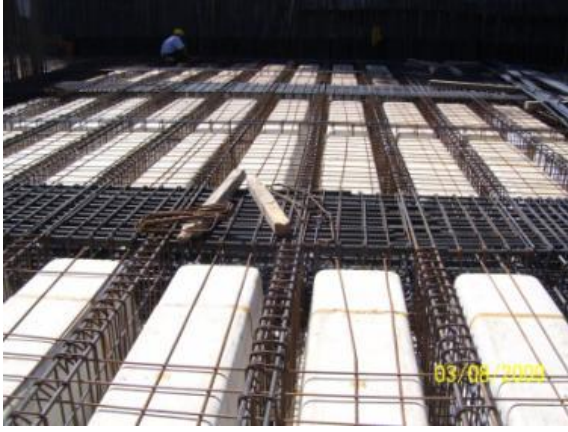


**Şekil 6.45: Beton Dökümü**

## 6.9 KAT DÖŞEME VE KOLON BETONARME İMALATI

### 6.9.1 Kaset Döşeme Donatı Montajı

Blokların bazılarında devam sürekli döşeme, bazılarında kaset döşeme yapılmıştır. Kaset döşemelerde oluşturulan iskele üzerine kirişlerini teşkil edilebilmesi için kaset kalıplar kullanılmıştır. Kaset kalıplar arasına kiriş donatıları montajı yapılmış, kaset kalıp üstüne de 15 cm kalınlığında döşeme donatı montajı yapılmıştır.



Şekil 6.46:Kaset Döşeme İmalatı

### 6.9.2 Kalıp İmalatı

Temel betonarme imalatından sonra peron döşemesi ve diğer kat döşemeleri kalıp imalatı playwood, ahşap kereste ve ahşap kirişler kullanılarak yapılmıştır.

Kat döşemeleri imalatında hesap raporlarına göre iskele teşkil edilip onun üzerine ahşap kirişler ve playwood montajı yapıp döşeme kalıbı hazırlanmıştır.

Temel ve döşeme betonarme imatları tamamlandıktan sonra katlar arasına merdiven kalıbı montajı yapılmıştır.



**Şekil 6.47: Betonarme İmalatı**

HE blok yuvarlak kolonların kalıbı için hazır çelik kalıplardan faydalanılmıştır. Bu sayede düzgün pürüzsüz yüzeyle kolonlar elde edilmiştir. Bloklar arası soğuk derz bölgelerinin kolon bölümlerinde içi içe geçecek şekilde dizayn edilen kolon kesitlerinin iç kısımlarına su tutucu bantların yerleştirilmesi dikkat edilmesi gereken önemli detaylardan biridir.



**Şekil 6.48:Yüksek Kolon Ve Dilatasyon Bölgesi İzolasyon İmalatı**

MD blok dış perde duvarları 17 mt yükseklikte kademeli olarak imal edildi. Kademeli dökümler tek taraflı kalıp kullanılarak yapıldı. Tek taraflı kalıp için özel konsol çelik iskele ve destekleyiciler kullanıldı.Bu çelik iskele bir önceki kademe betonunun içerisine bırakılan ankraj elemanlarına tutturularak oluşturuldu.

Tek taraflı perde kalıbında kalıp arkasına destekleyici olarak özel çelikten kirişler kullanıldı.Tek taraflı beton dökümünün yapıldığı kısımlarda önce fore kazık – perde duvar arası dolgu betonu tek taraflı kalıp yapılarak dolgu betonu döküldü.Daha sonra perde arkası izolasyon yapıldı.Daha sonra donatı montajı tamamlanıp tekrar tek taraflı perde kalıbı yapıldı.Son olarak betonlama işlemi yapılarak yüksek kısımlı betonarme imalatı tamamlanmış oldu.



**Şekil 6.49:İksa Önü Perde Duvar İmalatı**

Döşeme , perde ve kolonları dökümü pompa yardımı ile yapıldı.Beton dökümü sırasında betonun kalitesine ( sıcaklık, slump... gibi özellikler) , döküm şekline, hava sıcaklığına, kalıba yerleştirilmesine (vibratör kullanımı) dikkat edilmeli.



**Şekil 6.50:Yüksek Kolon Ve Perde İmalatı**

Hareketli beton pompalarının yetişemediği yerde sabit pompa kurularak HD blok kat döşeme betonu dökümü yapılmıştır.



**Şekil 6.51:Betonarme İmalatı**

### **6.9.3 Tavan Döşeme Betonarme İmalatı**

Temel ve kat döşeme donatı montajı gibi tavan döşemesi donatı montajı da projesine uygun olarak kesilen ve hazırlanan inşaat demirlerinin montajı yapılarak tamamlanmıştır.



**Şekil 6.52:Tavan Döşemesi İmalatı**

MD blok tavan döşemesi için kurulan iskele 17 metre gibi bir yükseklikte kurduğu için iskeleye tavan betonunu dökerken çok büyük bir yük verilmek istemedi. Bu yüzden bu bloğun tavan döşemesi 2 kademeli olarak yapıldı. 50+50 cm olarak. İlk 50 cm normal bir döşeme gibi alt ve üst sıra donatıları teşkil edilerek hazırlandı. Daha sonra alt sıra donatıyı tutacak şekilde 2. Kademenin üstüne ulaşacak şekilde çirozlar bağlandı. 1. kademenin betonu döküldükten sonra 2. Kademe üst donatısı bağlandı ve bırakılan çirozlar bu donatıya bükülerek tutturuldu.



**Şekil 6.53:Döşemede Soğuk Derz Ve Su Tutucu Bant İmalatı**

Su tutucu bant montajı için dilatasyon ve soğuk derz bölgelerinde su tutucu bant'ın yarısını dökülecek olan betonda bırakacak şekilde kalıp montajı yapıldı. Tavan döşemesi üzerinden başlayacak olan şaftların perdeleri ile tavan döşemesi betonu arasındaki soğuk derz bölgelerinde su tutucu bant montajları yapıldı.

Daha önceden tek seferde dökümü tamamlanmış olan 1 metre kalınlığındaki MB blok tavan döşemesinde oluşan çatlaklardan dolayı aynı durumdaki MA blok tavan döşemesi 4 parçaya ayrıldı ve ilk önce 1 ve 3 üncü parçalar daha sonra 2 ve 4 parçalar olmak üzere anolar halinde beton dökümü tamamlandı. Böylece bu kalın beton döşemenin çatlaması önlenmeye çalışıldı.

#### **6.9.4 İzolasyon Yapılması**

İstasyon yapısında en önemli kısımlardan biride izolasyondur.Yapının yeraltında olmasından dolayı detaylarına uygun izolasyon metodunun seçilmesi ve uygulama



esnasında sağlıklı bir imalatın oluşmasını sağlamak izolasyon verimliliğini açısından önemlidir. Kirazlı istasyonu LRT ve Metro hatlarının kesişim noktasında olması, planlama kapsamında ileride yapılacak metro hatlarıyla entegrasyonu sağlamak için yapı şeklinin çeşitliliğinden dolayı farklı izolasyon metotlarının kullanılması kaçınılmaz olmuştur.

#### 6.9.4.1 Fore Kazık-Perde Duvar Arası İzolasyon Yapılması

Fore kazık ve perde duvar arası izolasyon yöntemi olarak keçe+membran+keçe+Fondolin uygulaması seçilmiştir. Bina izolasyonunu sağlama için temel perde ve tavan döşemesi üzerinde Geotekstil(0,5kg/m<sup>2</sup>) + PVC membran (2mm)+Geotekstil(0,3kg/m<sup>2</sup>) uygulaması yapıldı. İzolasyonu fiziksel darbelerden korumak için perde duvarlarda izolasyon üzerine plastik fondolin monte edildi.



Şekil 6.54:İzolasyon İmalatı

#### 6.9.4.2 Tavan Döşemesi Üzeri İzolasyon

İstasyonun tavan bölümünde ise keçe+membran+keçe+koruma betonu uygulaması seçilmiş olup köşe birleşim detaylarında membranın birleştirilme detaylarının doğru yapılması çok önemlidir.



**Şekil 6.55:İzolasyon İmalatı**

Temel altı ve tavan döşemesi üzerindeki izolasyonu toprak dolgusundan korumak için izolasyon üzerine 5 cm kalınlığında C14 koruma betonu döküldü.



**Şekil 6.56:Koruma Betonu**

### **6.9.5 Geri Dolgu Yapılması**

İstasyon geri dolgusunun çoğu kum cinsi malzeme ile dolgu testleri yapılarak kademeli olarak silindirler ile sıkıştırılarak tamamlandı. Dolgunun içerisinde malzemenin şaft perde duvar üzerindeki izolasyona zarar vermemesine dikkat edildi.İstasyonun gerekli altyapı bağlantıları mevcut ana hatlarla bağlantıları dolgu sırasında uygun şekilde yapılarak imalat tamamlandı.



**Şekil 6.57:Geri Dolgu İmalatı**

## 6.10 KİRAZLI İSTASYONU METRAJ İCMALİ VE MALİYET TABLOSU

**Tablo 6.3 Metraj Ve Maliyet İcmali**

			Yapılan İmalatın Miktarı	Birim Fiyatı (USD)	Toplam Tutar(USD)
Sıra	Yapılan İşin Cinsi	Birim	Toplam		
1	Kazı Yapılması	m <sup>3</sup>	517.931,21	23,16	11.995.286,82
2	Yerinde Dökme Kazık Yapımı ( Ø80)	m	21.664,01	70,13	1.519.297,02
3	Yerinde Dökme Kazık Yapımı ( Ø65 cm )	m	1.742,00	43,83	76.351,86
4	Betonarme Beton	m <sup>3</sup>	92.142,46	95,44	8.794.076,06
5	Her Çapta Beton Çelik Çubuğunun (Nervürlü) Bükülmesi, Yerine Konulması	ton	17.559,27	1.014,23	17.809.142,47
6	Betonarme Beton (İksa Yapılması Pozundan Gelen)	m <sup>3</sup>	4.075,48	95,44	388.963,81
7	Öngermeli Ankraj Yapılması (0.6 İnç 3 Halatlı)	m	153.069,00	43,41	6.644.725,29
8	Açıkta Her Türlü Zeminde Her Türlü Açıda ve Çapta Kaya Bulonu, Ankraj ve Drenaj Deliği Açılması	m	154.569,00	33,11	5.117.779,59
9	Grobeton	m <sup>3</sup>	25.965,90	78,59	2.040.660,33
111	Modifiye Polimer Örtü İle su yalıtımı	m <sup>2</sup>	63.607,33	26,73	1.700.223,93
12	PVC Su ve Enjeksiyon Tutucuların Temini ve Yerine Konulması (10.35kg/mt)	m	13.367,98	55,61	743.393,37
13	Yapı Çeliği	ton	451,87	3.067,58	1.348.931,50
14	Bina Yıkımları	m <sup>2</sup>	1.085,00	46,8	50.778,00
15	Açıkta Hasır Çelikten İksa Yapılması	ton	37,66	951,95	29.174,43
16	Açıkta Püskürtme Beton ( Shotcrete ) Yapılması	m <sup>3</sup>	1.822,55	175,61	320.058,01
17	Açıkta Püskürtme Beton ( Shotcrete ) Yapılması için Portlant Çimentosu	ton	1.122,69	112,87	126.718,02

18	Açıkta Püskürtme Betonu ( Shotcrete ) Yapılması için Priz Çabuklaştırıcı Katkı Malzemesi Temini	kg	78.588,36	2,84	223.190,94
19	Açıkta Püskürtme Betonu ( Shotcrete ) Yapılması için Beton Akışkanlandırıcı Yüksek Mukavemet Katkı Malzemesi Temini	kg	13.472,29	3,16	42.572,44
20	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış Alt Temel Malzemesinden Dolgu Malzemesi Temini ve Nakli	ton	11.834,52	21,14	250.181,75
21	Makine İle Kayadan Başka Her Cins Zeminin Röprizi ve Kullanılması (Taşıma Mesafesi :14500 metre)	m <sup>3</sup>	121.632,20	8,48	1.031.441,06
22	Dolgu Yapılması	m <sup>3</sup>	127.136,63	6,1	775.533,44
23	Geotekstil Sargılı Ø80mm Çapında Barbakan Döşenmesi	m	1.500,00	2,35	3.525,00
24	Beton Briket Duvar Yapılması	m <sup>3</sup>	15,29	84,74	1.295,67
25	Fondalin Serilmesi (500 gr/m2)	m <sup>2</sup>	30.758,76	7,29	224.231,36
26	Ø 16 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi	Adet	602	7,95	4.785,90
27	Kirazlı-1 Toprak Hattı kablosu temini ve yerleştirilmesi	Set	2	10.939,94	10.939,94
28	Plent-Mix Alt Temel Yapılması ( Kırılmış Ocak Taşı ile )	ton	6.652,49	28,23	187.799,79
29	Ø 32 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi (Delik Çapı:40 mm , Delik Derinliği:78 cm)	Adet	16	25,73	411,68
30	Ø 12 mm Düz veya Nervürlü Demirle Epoksi İle Filiz Ekimi	Adet	1.188,00	7,19	8.541,72
31	Tünel Nihai Beton Kaplamasının Yapılması	m <sup>3</sup>	23,71	165,23	3.917,60
32	Derzler İçin Polistiren Levha Temini ve Serilmesi (5 cm Açıklığında Derzler İçin)	m <sup>2</sup>	1.552,63	11,43	17.746,56
33	Demir imalatın iki kat sülyen, iki kat yağlı boya ile boyanması	m <sup>2</sup>	1.884,68	11,5	12.872,36
34	Hasır Çelik	ton	0	358,79	2.514,76
			<b>TOPLAMLAR</b>		<b>61.507.062,48</b>

## 7. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

### 7.1 KAPA-AÇ (TOP-DOWN) İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ ÖNERİLERİ

1. Kapa-Aç(Top&Down) inşaat yapımında döşemelerde kirişsiz döşemeyi projelendirmek hem zaman hem de kazının akabinde kısa sürede beton dökümü sayesinde diyafram duvarların zorlanması engellenir.
2. Demir donatının daha basitleştirilmesi ve orta kolonlara kaynaklanarak donatılardaki süreksizliğin azaltılması önemlidir.
3. Projelendirme safhasında hafriyatın çıkacağı shaft kazılarının birbirlerini bekletmeyecek şekilde planlanması gereklidir. Eğer yapıda shaft bulunmuyor ise geçici bırakılacak shaftlar için projenin bu noktalarda shaft varmış gibi planlanması gerekmektedir.
4. Kapa-Aç (Top-Down) İnşaat yöntemi ile binayı hem aşağıya doğru hem de yukarıya doğru inşa etmek mümkündür. Bu anlamda Bağcılar İstasyonunda her iki yönde inşaat imalatları yapılabilmektedir. Peron katı strut imalatı devam ederken üst katlarda Elektro-Mekanik ve İnce inşaat imalatları yapılmaktadır.
5. İstasyon derinliği arttıkça çalışanların iş sağlığı ve güvenliği için tali havalandırma sisteminin yapılması önemlidir.
6. Döşemelerdeki soğuk derz birleşim bölgelerinin kolon-döşeme birleşim bölgesindeki zımbalama alanına gelmemesine dikkat edilmelidir.
7. Tünel-İstasyon birleşiminde diyafram olarak imal edilemeyen tünel aynalarının peron katı hafriyatı alınmasından sonra hızlı bir şekilde tünel içinden segmentlerin sağlamlaştırılması önemlidir.
8. Döşeme donatılarının diyaframla birleştirmek için diyafram imalatında manşon yerleri donatıda döşeme kotuna göre bırakılması hem zaman açısından, hem de diyafram-döşeme birleşim detayının daha sağlıklı olması açısından avantaj sağlar.

9. Derin kazılı İstasyon yapılarının projelendirme aşamasında inşaat imalatında oluşabilecek aks sapmaları dikkate alınarak ölçüler güvenli mesafede bırakılmalıdır. Aksi halde sınırını aşmış kolon veya diyaframlar mimari standartları etkileyebilir. Zamanın büyük önemi olduğu bu gibi yapılarda kolon ve diyafram sapması fazla olan yapıların tekrardan yapılması süreci ciddi bir şekilde etkiler.
10. Betonarme kolonların yapılması sırasında çelik kolon etrafına yerleştirilen donatıların yoğunluğuna göre beton döküm yöntemi ve beton sınıfı doğru seçilmelidir.
11. İstasyon peron katında kat yüksekliğine bağlı olarak strut imalatı ve göğüsleme kiriş imatları sökülmesinde diyafram panellerdeki yanal yüklerden dolayı oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçebilmek için döşeme imalatının koordineli bir şekilde hesaplanarak yapılmalıdır.
12. İnşaat imalatı boyunca çevre binaların durumu düzenli olarak takip edilmeli ve kontrol için bırakılan noktalardan ölçüm değerleri düzenli bir şekilde alınarak mutlaka raporlanmalıdır.
13. Gerek diyafram imalatında ve gerekse kolon betonarme imalatında betonun tedarik edilmesi maksimum gereksinime göre ve yedekli bir şekilde hazırda bekletilmesi önemlidir. Aksi halde oluşabilecek arıza ve kazalarda betonun sürekliliği bozulmuş olur. Bu gibi yapılarda asla kabul edilmeyecek ve hatalı imalata neden olacaktır.

## **7.2 AÇ-KAPA İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ ÖNERİLERİ**

- 1- Fore kazık yapımı sırasında zeminin kuyu içerisinde göçük yapmaması sağlıklı bir kazık yapımı için önemlidir. Göçük oluşacağı tahmin edilen bölgelerde fore kazıklar kılavuz boru kullanılarak imal edilmesi sağlıklı yapı elde etmemizi sağlar.
- 2- Fore kazık yapımı sırasında zemin suyunun olduğu bölgelerde fore kazık betonu istenilen kalitede sağlamak için tremi boruları fore kazığın dibine kadar indirilerek zemin suyu ile betonun karışmasını önlemek için önemlidir.

- 3- Kazı sırasında zeminden su gelen yerlerde iksa yüzeyinde barbakanlar oluşturulması ve zemin suyunun düzgün bir şekilde toplanması önemlidir.
- 4- Kazı sırasında zeminden çıkan sular çalışma sahasını çamur haline getirdiği için çalışmaları güçleştirmiştir. Daha verimli ve hızlı çalışmak için su çıkan kısımlarda geçici çukurlar oluşturularak zemin suları geçici çukurlara aktarılması ve pompalar aracılığı ile tahliye edilmesi verimliliği artırır.
- 5- Fore kazıkların yapım sırası inşaatın başlaması ve işlerin daha hızlı belirli bir düzen içerisinde ilerlemesi çok önemlidir. Bu yüzden planlama çok önemlidir. Bu plan telafisi çok güç ve maliyeti çok büyük durumlara karşılaşmamak için gereklidir.
- 6- Kazı bitimindeki son kazı işi olan tesviye işi dikkatli şekilde yapılmalıdır. Kirazlı istasyonu HG bloğun tesviye kazısı çok düzgün (zemin katı 15-20 cm yüksek bırakılmış) yapılmadığı için bu kısmın tesviyesi o bölgeye vinç ile kompresör indirilerek sert zemin kırılmış ve el ile kazı yapılarak tesviye işi yapılmıştır. Bu çalışma hem zaman kaybettirmiş hem de ilave maliyet oluşmasına sebep vermiştir.
- 7- Projesine göre yapılmasına rağmen zemini tutmayan ankrajların, tekrar yapılan inceleme ve hesaplara göre boyları uzatılarak ankrajların zemini tutup iksa sistemi güçlendirilmiştir.
- 8- İksa sitemindeki, inklinometreler ve topoğrafik ölçümlere göre izin verilebilenin ötesindeki ve sistemi bozacak deplasmanı durdurabilmek için yatayda çelik boru şeklinde destekleyici sistemler oluşturulmuş. İksa sisteminin bozulması önlenmiştir. Ayrıca güvenli tarafta kalmak için deplasman olan bölgelerde istasyon dış perde duvarı oluşturulduktan perde duvar ile iksa sitemi arasındaki boşluk dolgu betonu ile doldurulması emniyetli yapı için önemlidir.
- 9- Hafriyat ve malzemelerin taşınması için kullanılan saha içi ulaşım yolunun yeri, işin hızı ve düzenli devam etmesi için önem taşımaktadır. Bu projede saha içi ulaşım yolu en son imal edilecek blokların olduğu bölgeden geçirilmiş, imalatların yapımını ve işin süresini etkilememiştir.



- 10-** Bu projede temelde izolasyon için geotekstil membran kullanılmıştır. İzolasyon altına dökülmüş olan grobeton yüzeyinin düzgünlüğü ve pürüzsüz olması izolasyonun sağlamlığı açısından çok önemlidir.
- 11-** İstasyon üzeri dolguda döşeme üzerine serilecek olan dolgu malzemesinde izolasyona zarar verebilecek büyüklükte malzeme olmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Ayrıca izolasyon üzerindeki dolgu betonu kalınlığını öngörülenden az olmayacak şekilde dökülmesi ,dolgu sırasında izolasyona verilebilecek zararları azaltma konusunda önem taşımaktadır.
- 12-** Perde duvar imalatı tamamlandıktan sonra, izolasyondaki problemlerden kaynaklı zemin sularının perde duvarda ki tie-rod deliklerinden gelişini önlemek için uygun izolasyon malzemesi kullanılmalı. Özellikle sıva uygulamasından önce bunun yapılması daha sonra oluşabilecek maliyetleri azaltmak açısından önemlidir.
- 13-** İnşaat dış perde duvarı ile fore kazıklar arasındaki mesafe, istasyon dış perde duvarı kalıbının yapımı ve izolasyon çalışmaları sırasında rahat çalışma imkanı verecek şekilde geniş olmalıdır.Bu yüzden fore kazıkların projeye göre yerinde yapımı ve kuşak kirişi betonlarının belirlenenden daha geniş dökülmemesi önem taşımaktadır.
- 14-** İstasyon kazısı sırasında bazı kazıkların üzerinde gözle görülebilecek boyutta çatlakların oluştuğu tespit edilmiş ve iksa sistemini desteklemek için kuşak kirişleri arasına 1 sıra daha ilave ankrajlar atılmış ve iki kuşak kirişi arasına perde duvar şeklinde kuşak oluşturulup ankrajlar gerilmiştir.Bu şekilde iksanın güvenliği sağlanarak kazı imalatı emniyetli olacak şekilde devam etmiştir.Uygulama takip ve değerlendirmelerinin sürekliliği bu gibi yapılarda büyük önem taşımaktadır.
- 15-** İnşaat demir çubukları arasındaki boşluğun çok sık olduğu kısımlarda brüt beton kullanılarak betonun boşluklara girerek donatıya bağlanması sağlamak önemlidir.
- 16-** 1.00 metre kalınlığındaki döşeme betonlarında oluşan çatlaklar, döşemede kademeli ve aşamalı dökülerek betondaki genleşmeden dolayı oluşabilecek çatlakların önüne geçilmesi önemlidir.

**17-** İstasyon betonarme imalatında 15 metre yüksekliğindeki 1.30 cm kalınlığındaki perde duvarların imalı tek sefer yapmak mümkün olmadığı için kademeli olarak özel konsol kalıp kurularak yapılmıştır. Yapı gereği çözüm yöntemleri değerlendirilmelidir.

**18-** Kule vinç seçimi sırasında yapılacak işler iyi belirlenip ona göre uzunluk, yüksekli ve taşıma kapasitesi düşünülerek kule vinç seçilmeli. Ayrıca kule vinçlerin yerini çok iyi belirlemek gerekiyor ki sahadaki önemli işlerin hepsine hizmet edebilsin. Bu projede 4 bölgede kule vinç kuruldu. 1 tanesini daha çok yer taraması için HE blok temeli üzerine oturtulup, temel üzerine monte edilen raylar üzerinde kule vinç yer değiştirerek daha işlevsel hale getirilmiştir. Şantiye sahasında daha yüksek verim alınabilecek çözümler için süresi ve hızını etkilemektedir.

### **7.3 KAPA-AÇ(TOP-DOWN) YAPIM YÖNTEMİ DEĞERLENDİRMELERİ**

Otogar-Bağcılar-OlimpiyatKöyü-Başakkonutları-4 Metro hattı inşaatında 5 istasyonda (Menderes,Çinçin,Bağcılar,Kirazlı,Mahmutbey istasyonları) Kapa-Aç(Top-Down) İnşaat yapım yöntemi tercih edilmiş olup, bu istasyonlara ait bilgiler Tablo 7.1 de gösterilmiştir.

**Tablo 7.1:Kapa-Aç Yapım Yöntemi Analizi**

İstasyon Tipi	İstasyon Adı	Hacim (1000m <sup>3</sup> )	Alan (1000m <sup>2</sup> )	Kaba İnşaat Maliyeti (Milyon \$)	Ortalama Birim Hacim Kaba İnşaat Maliyeti (\$/m <sup>3</sup> )	Ortalama Birim Alan Kaba İnşaat Maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )	Hacim(m <sup>3</sup> )/Alan(m <sup>2</sup> )	İstasyon Yapı Derinliği(metre)
Kapa-Aç(Top-Down)	MENDERES İSTASYONU	143,56	24,79	22,30	155,34	899,67	5,79	38,50
	ÇİNÇİN İSTASYONU	151,13	27,77	21,20	140,28	763,52	5,44	37,00
	BAĞCILAR İSTASYONU	206,51	28,12	32,65	158,11	1.160,97	7,34	51,00
	KİRAZLI İSTASYONU	209,43	30,06	34,70	165,68	1.154,25	6,97	38,00
	MAHMUTBEY İSTASYONU	475,65	62,10	80,12	168,44	1.290,26	7,66	28,00
	TOPLAM	1.186,27	172,83	190,97	160,98	1104,92	6,86	38,5

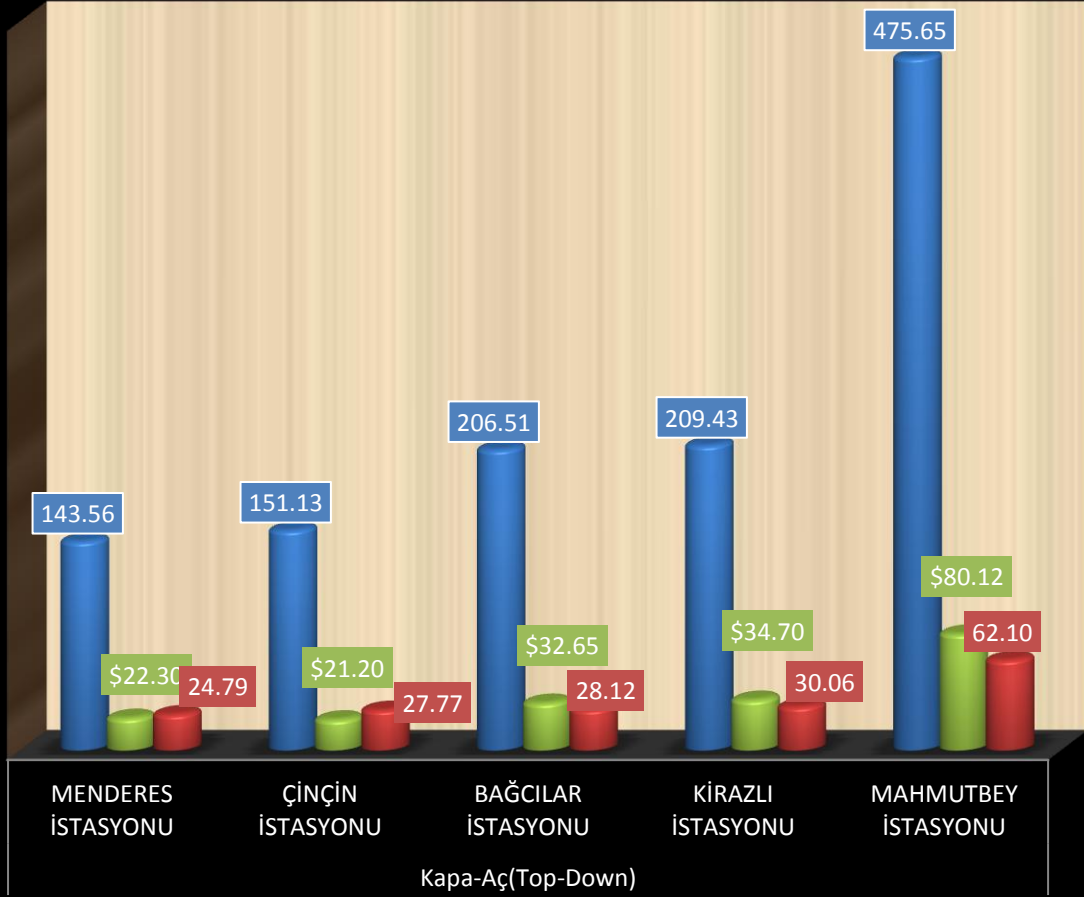
Yukarıdaki tabloya bakarak Kapa-Aç Yöntemi ile imal edilen istasyonların hacim , alan , derinlik ve maliyet açısından değerlendirmesi yapacak olursak;

- i. Ortalama kaba inşaat maliyetinin hacim(\$/m<sup>3</sup>) açısından 160 \$/m<sup>3</sup> olduğu,
- ii. Ortalam kaba inşaat maliyetinin alan (\$/m<sup>2</sup>) açısından 1100 \$/m<sup>2</sup> olduğu,
- iii. İstasyonlarda birim alan başına hacim miktarının yaklaşık 6,89 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> olduğu,
- iv. Mahmutbey istasyonu derinliğinin en az olmasına rağmen daha derin istasyonlara göre gerek hacim ve gerekse alan açısından maliyetinin daha fazla olması bu açılardan bakılarak yapım yönteminin değerlendirilmesi dikkate değer olduğu görülmüştür.

İstasyonlara ait hacim ,alan ve maliyetleri grafiksel olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

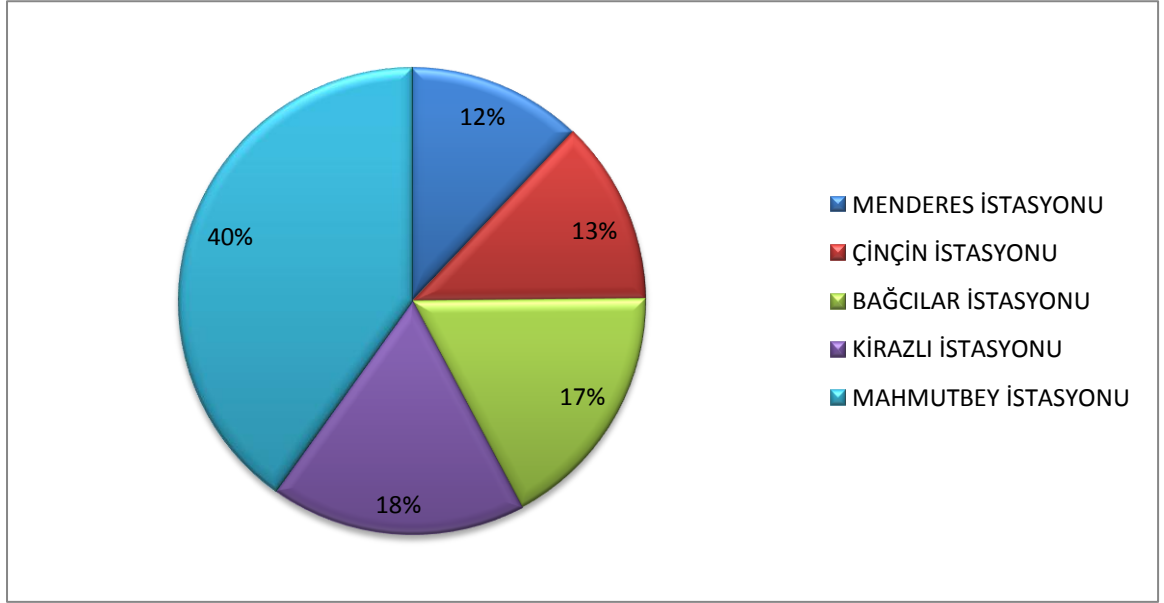
## Kapa-Aç(Top-Down) İstasyon Yapı Değerleri

■ Hacim (1000m<sup>3</sup>) ■ Kaba İnşaat Maliyeti (Milyon \$) ■ Alan (1000m<sup>2</sup>)



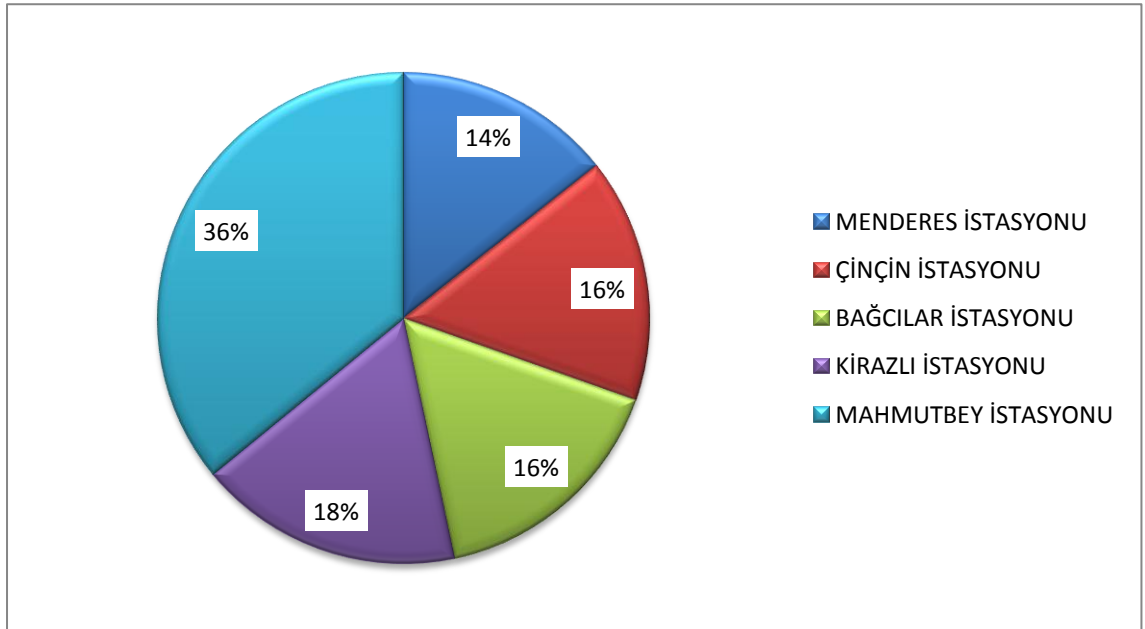
Hacim bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdellik dilimi;

**Tablo 7.2:Hacim Dağılımı(%)**



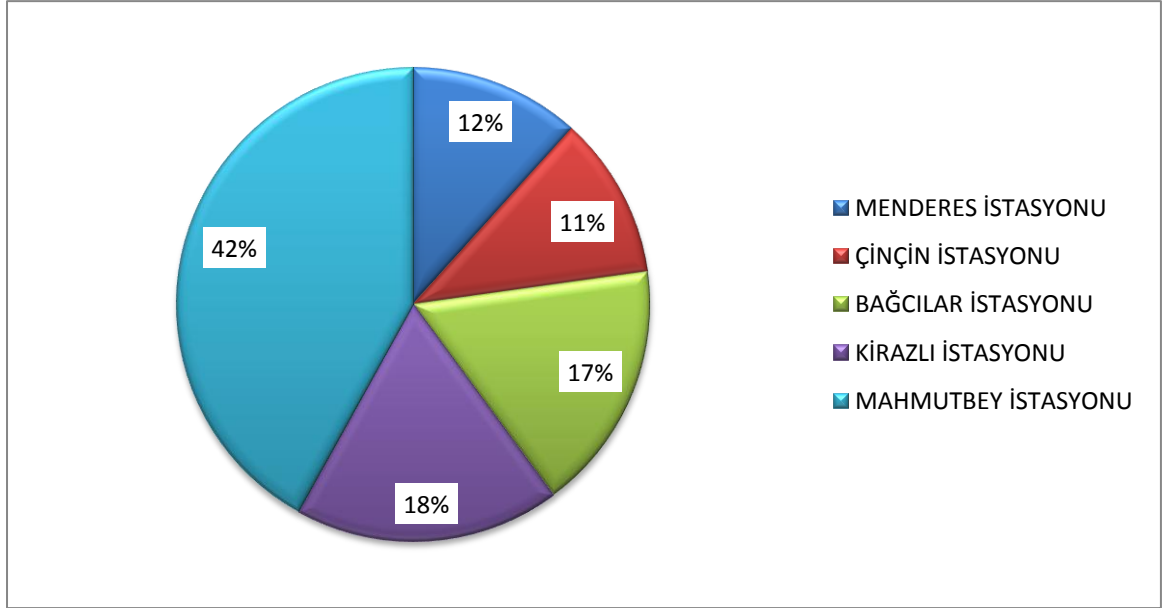
Alan bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdeleri dilimi;

**Tablo 7.3: Alan Dağılımı(%)**

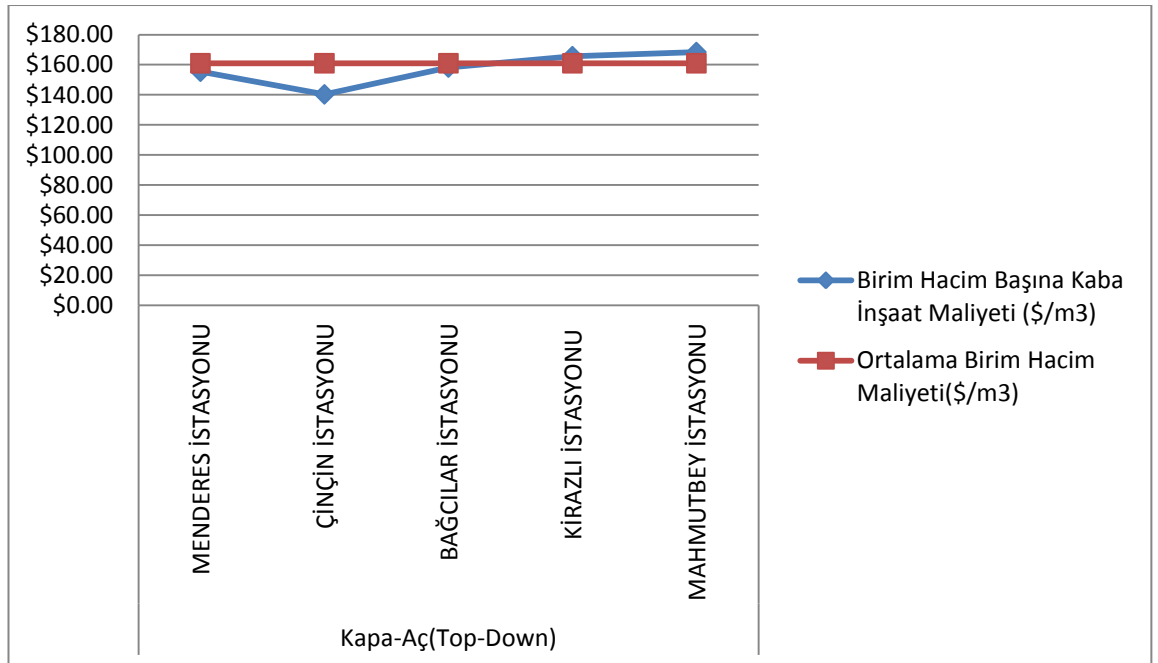


Maliyet bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdellik dilimi;

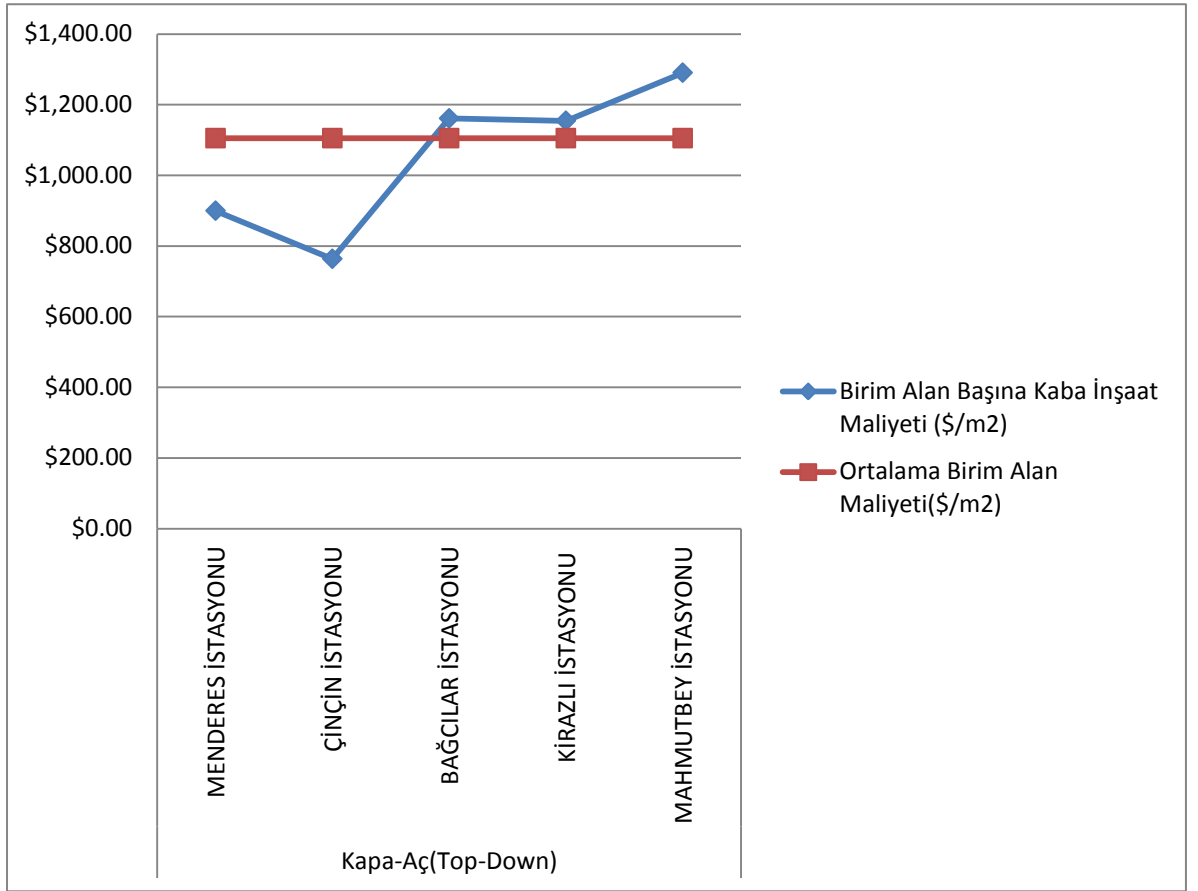
**Tablo 7.4:Maliyet Dağılımı(%)**



**Tablo 7.5:Hacim Maliyeti (USD/m3)**



**Tablo 7.6: Alan Maliyeti(USD/m2)**



## 7.4 AÇ-KAPA YAPIM YÖNTEMİ DEĞERLENDİRMELERİ

Otogar-Bağcılar-OlimpiyatKöyü-Başakkonutları-4 Metro hattında 8 İstasyonda (Kirazlı-1,İstoç, İkitelli Güney Sanayi,Sanayi-2,Sanayi, Başakkonutları-1,Başakkonutları-4,Olimpiyat İstasyonları) Aç-Kapa İnşaat yapım yöntemi tercih edilmiş olup, istasyonlara ait bilgiler tablo 7.7 de gösterilmiştir.

**Tablo 7.7:Aç-Kapa Yapım Yöntemi Analizi**

İstasyon Tipi	İstasyon Adı	Hacim (1000m3)	Alan (1000m2)	Kaba İnşaat Maliyeti (Milyon USD)	Birim Hacim Başına Kaba İnşaat Maliyeti (USD/m <sup>3</sup> )	Birim Alan Başına Kaba İnşaat Maliyeti (USD/m <sup>2</sup> )	Hacim(m3)/ Alan(m2)	İstasyon Yapı Derinliği(metre)
Aç-Kapa	KIRAZLI 1 İSTASYONU	529,39	46,48	\$61,51	\$116,19	\$1.323,40	11,39	21,50
	İSTOÇ İSTASYONU	208,04	23,20	\$30,65	\$147,31	\$1.320,85	8,97	27,00
	İKİTELLİ GÜNEY SANAYİ İSTASYONU	983,99	111,69	\$112,61	\$114,44	\$1.008,28	8,81	27,00
	SANAYİ 2 İSTASYONU	155,48	16,91	\$17,98	\$115,63	\$1.063,39	9,20	21,00
	SANAYİ İSTASYONU	192,33	18,07	\$23,48	\$122,07	\$1.299,06	10,64	21,60
	BAŞAK KONUTLARI 1 İSTASYONU	163,49	17,86	\$19,34	\$118,32	\$1.082,94	9,15	21,16
	BAŞAK KONUTLARI 4 İSTASYONU	424,24	39,51	\$49,28	\$116,17	\$1.247,36	10,74	27,00
	OLİMPİYAT İSTASYONU	225,00	26,25	\$26,35	\$117,11	\$1.013,41	8,65	19,00
	TOPLAM	2881,95	299,97	\$341,20	\$118,39	\$1.137,45	9,61	23,72

Yukarıdaki tabloya bakarak Aç -Kapa Yöntemi ile imal edilen istasyonların hacim , alan , derinlik ve maliyet açısından değerlendirmesini yapacak olursak;



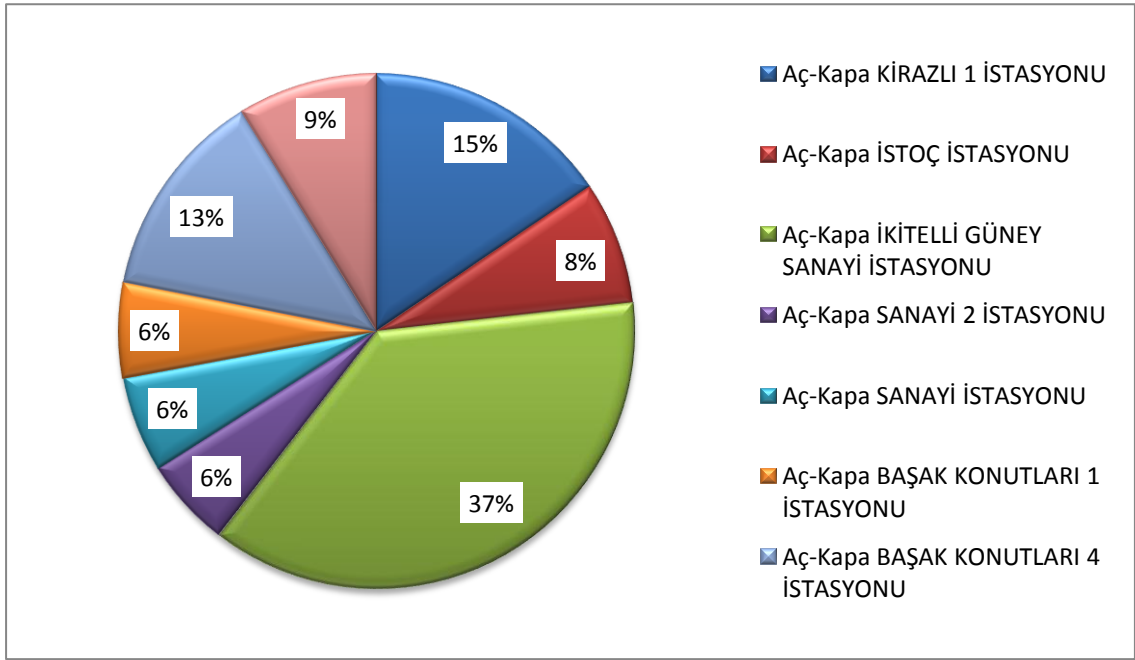
- i. Ortalama kaba inşaat maliyetinin hacim(\$/m<sup>3</sup>) açısından 118,39 \$/m<sup>3</sup> olduğu,
- ii. Ortalama kaba inşaat maliyetinin alan (\$/m<sup>2</sup>) açısından 1137,45 \$/m<sup>2</sup> olduğu,
- iii. İstasyonlarda birim alan başına hacim miktarının yaklaşık 9,61 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> olduğu,
- iv. İstasyonların ortalama 23,72 metre derinliğinde imal edildiği,
- v. Kirazlı-1 istasyonunun birim alan başına hacim miktarının diğer istasyonlara oranla fazla olmasının sebebi LRT-METRO kesişiminin yapısal geometriden dolayı kazı oranının fazla olmasından kaynaklandığı,
- vi. İstoç istasyonunun maliyet miktarının yüksek olması diğer istasyonlarla mukayese loglarının(zemin yapısı,yer altı su seviyesi v.s.) irdelenmesi gerektiği,
- vii. Olimpiyat istasyonunun verimlilik açısından birim alan başına hacim miktarı en düşük olan istasyon olması istasyon çevresel etkilerinin ve derinliğinin diğer istasyonlara göre daha az olmasından kaynaklandığı,

görülmüştür.

İstasyonlara ait alan, hacim ve maliyetleri grafiksel olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

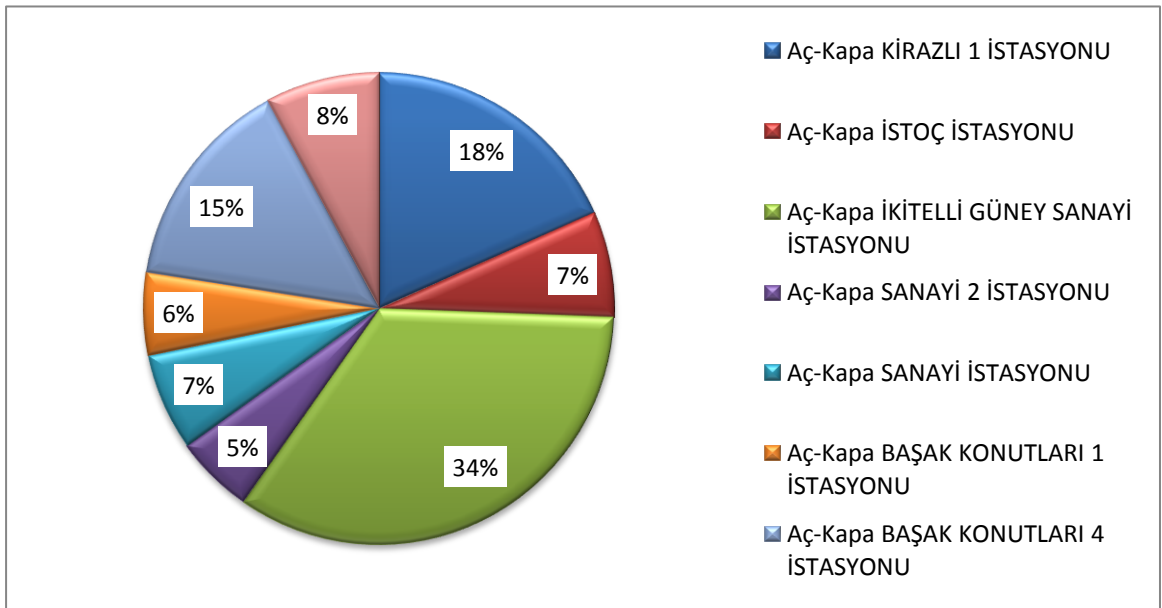
Alan bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdellik dilimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 7.8:Alan Dağılımı(%)**



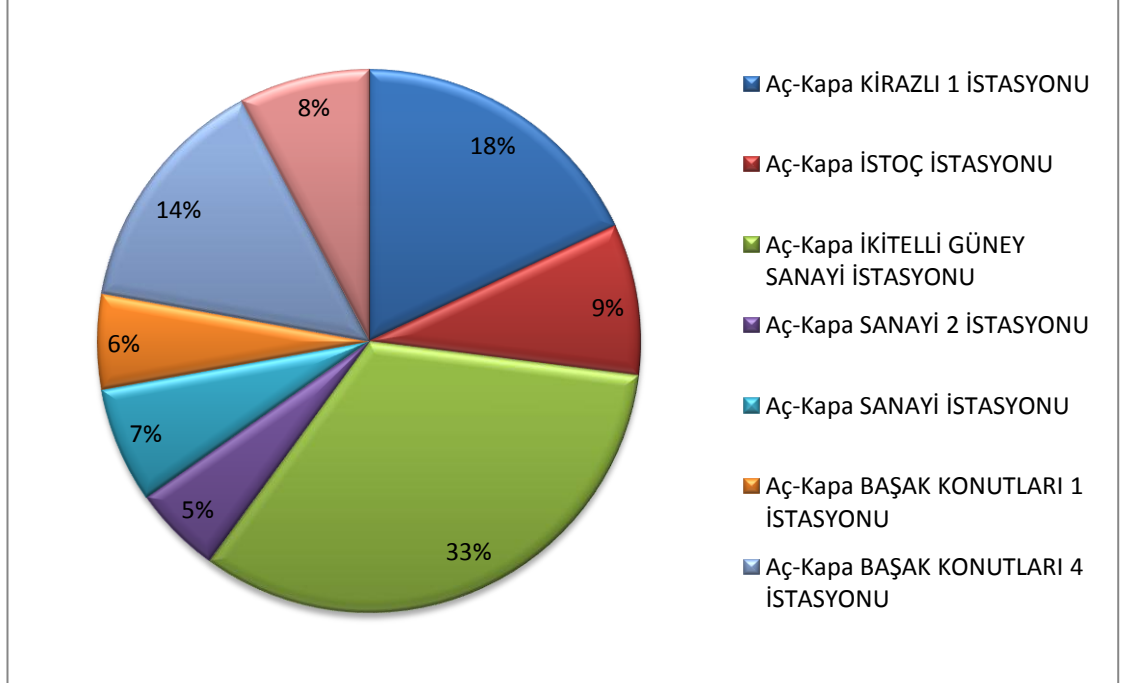
Hacim bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdelik dilimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 7.9:Hacim Dağılımı(%)**



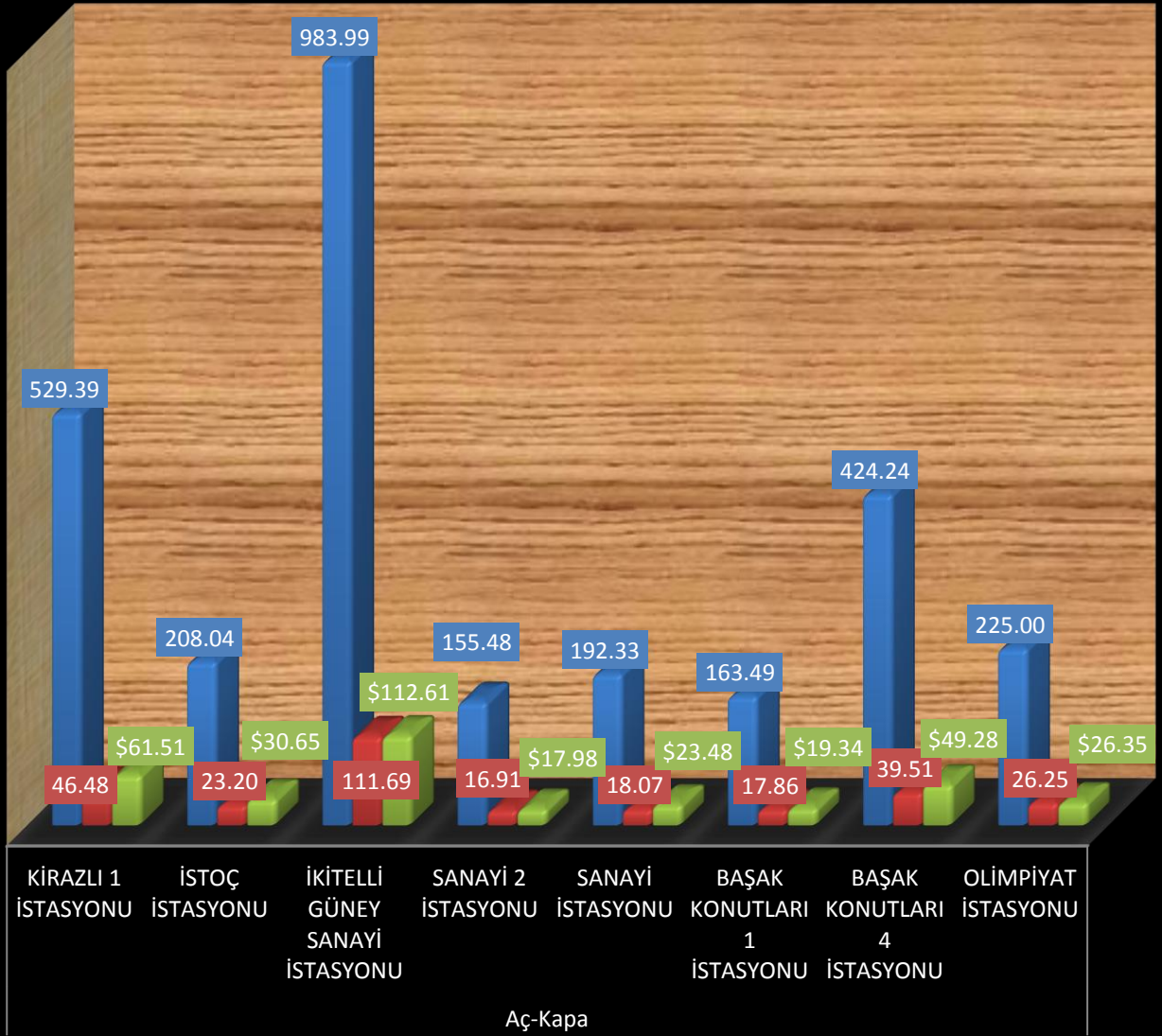
Maliyet bazında istasyonların birbirlerine göre yüzdeler dilimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 7.10:Maliyet Dağılımı(%)**

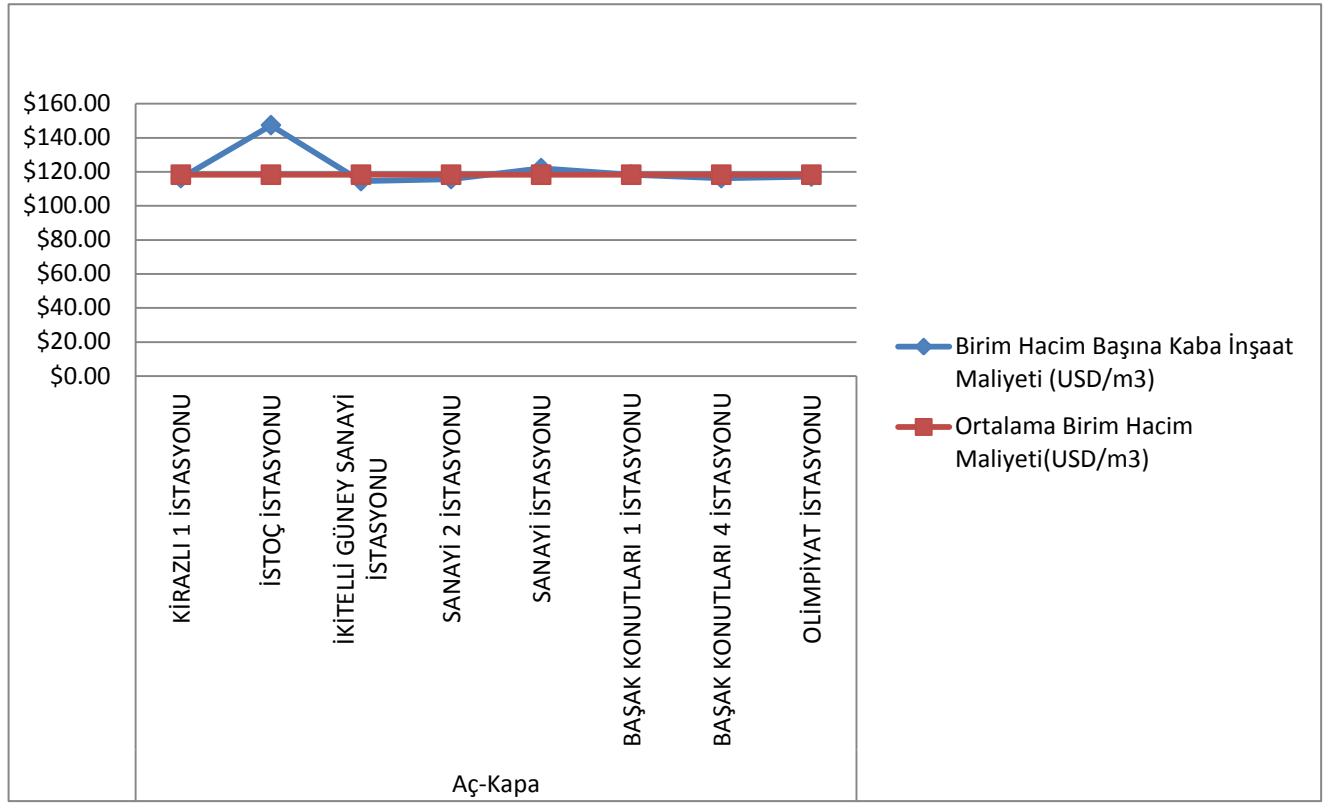


## Aç-Kapa İstasyon Yapı Değerleri

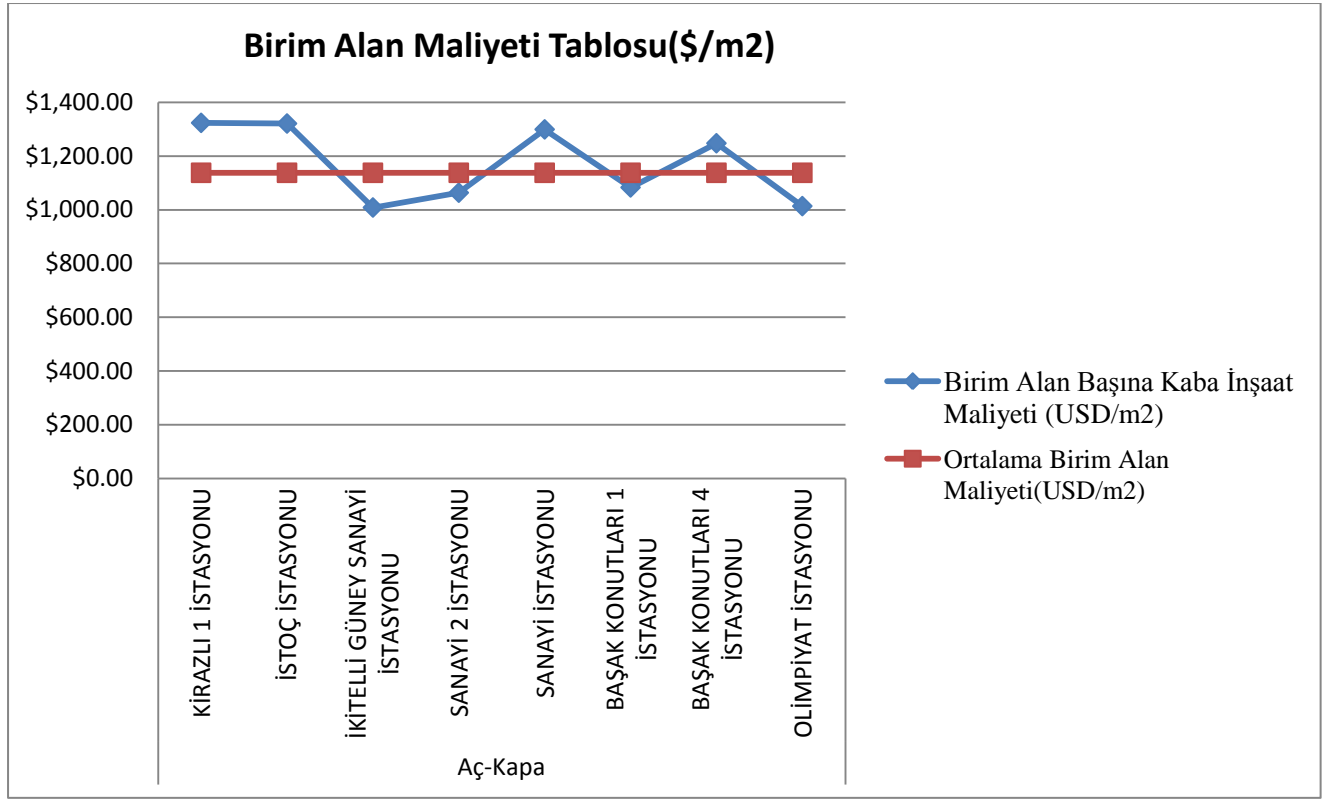
■ Hacim (1000m<sup>3</sup>) ■ Alan (1000m<sup>2</sup>) ■ Kaba İnşaat Maliyeti (Milyon USD)



**Tablo 7.11:Hacim Maliyeti (USD/m3)**



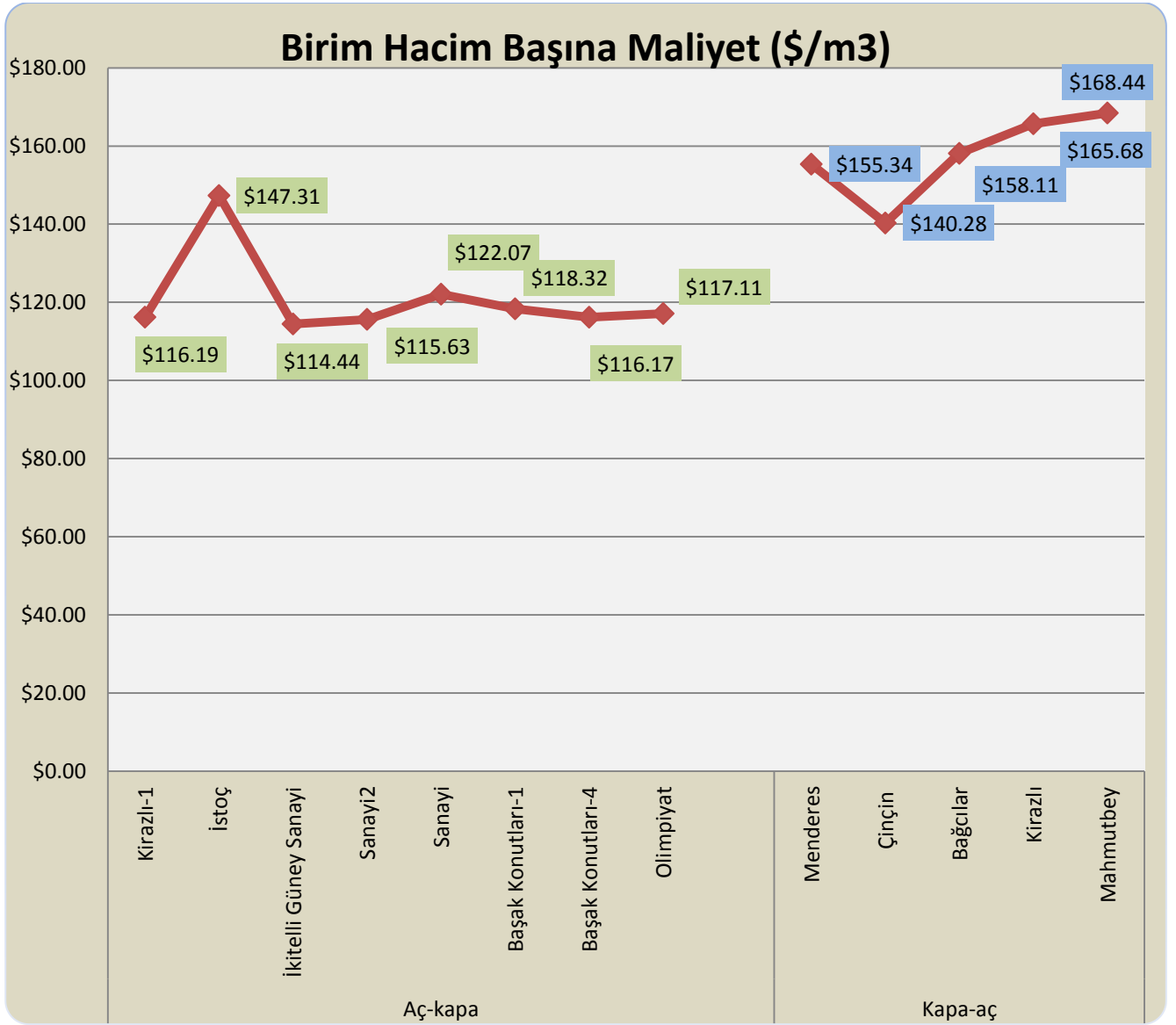
**Tablo 7.12:Alan Maliyeti(USD/m2)**



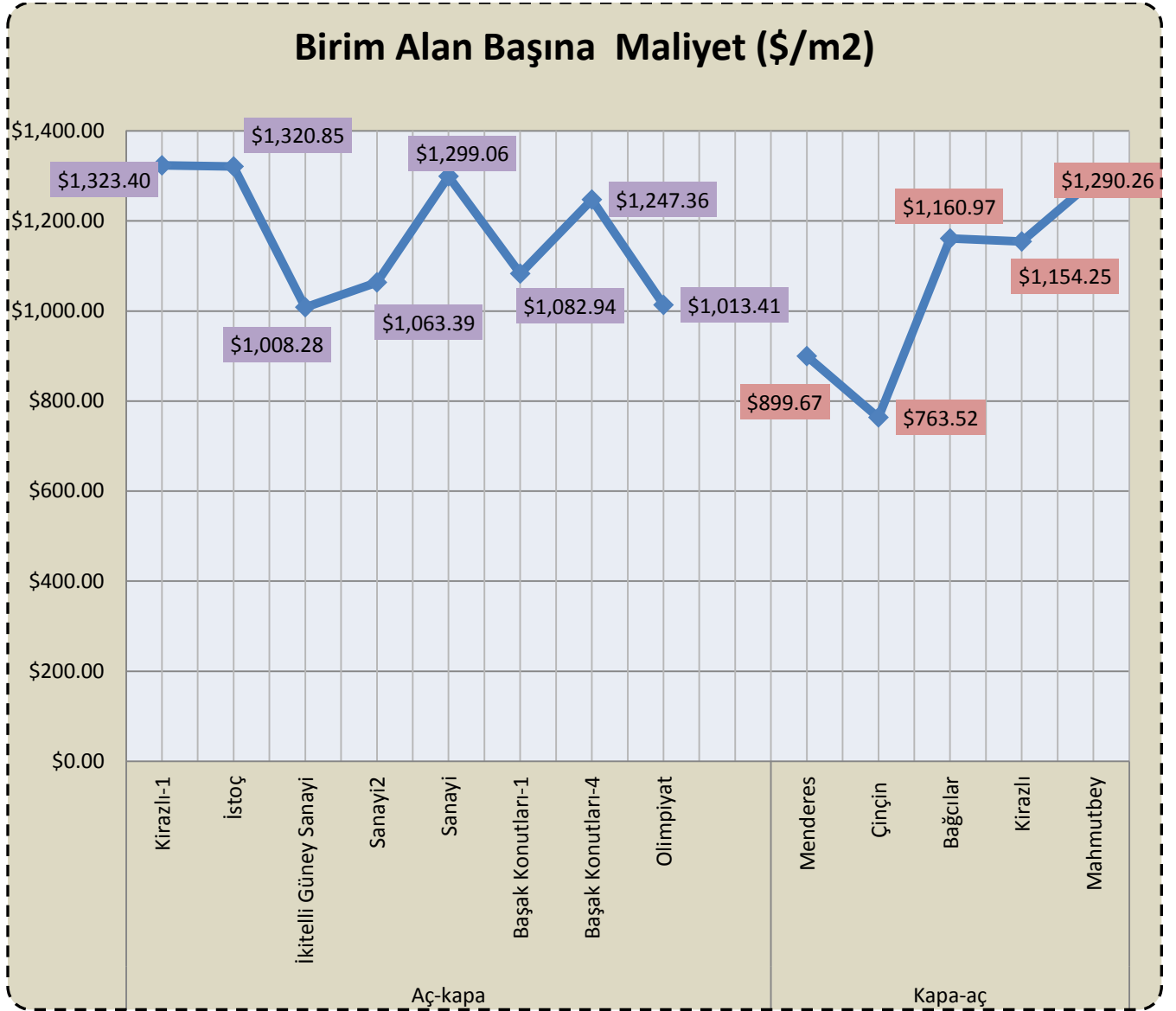
## **7.5 AÇ-KAPA İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİ İLE KAPA-AÇ(TOP-DOWN) İNŞAAT YAPIM YÖNTEMİNİN OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYATKÖYÜ-BAŞAKKONUTLARI-4 METRO HATTINDA MALİYET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

Otogar-Bağcılar-Olimpiyatköyü-Başakkonutları-4 Metro Hattı inşaatında yapılan iki ayrı istasyon yapım yönteminin alan,hacim ve maliyet açısından karşılaştırılması aşağıdaki tablolarda ifade edilmiştir.

Tablo 7.13: Birim Hacim Maliyet Analizi(USD/m3)

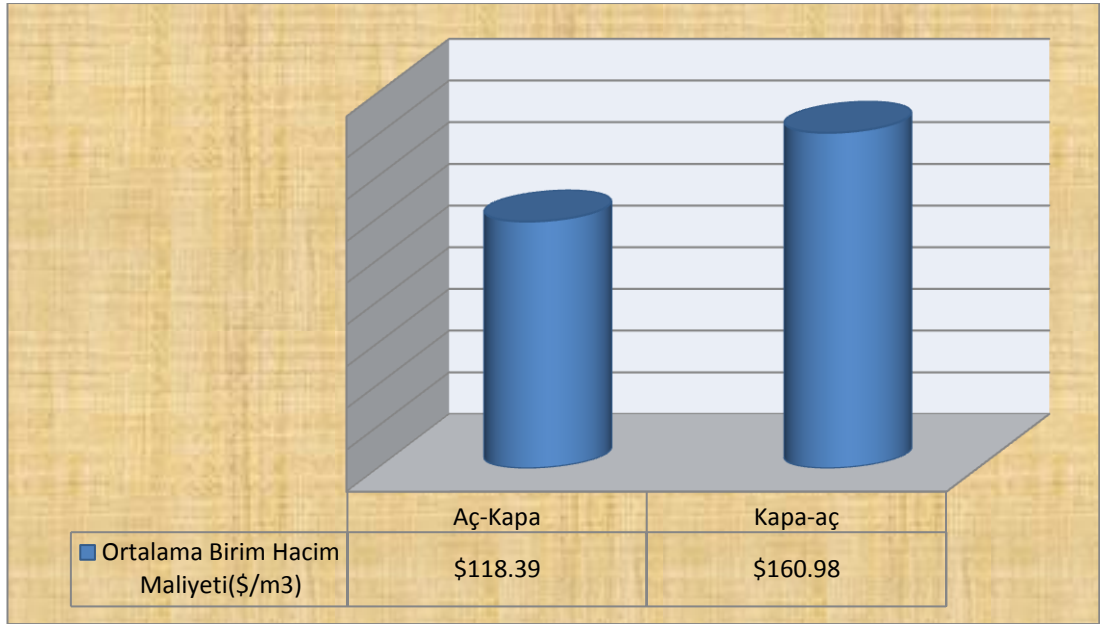


Tablo 7.14: Birim Alan Maliyet Analizi(USD/m2)

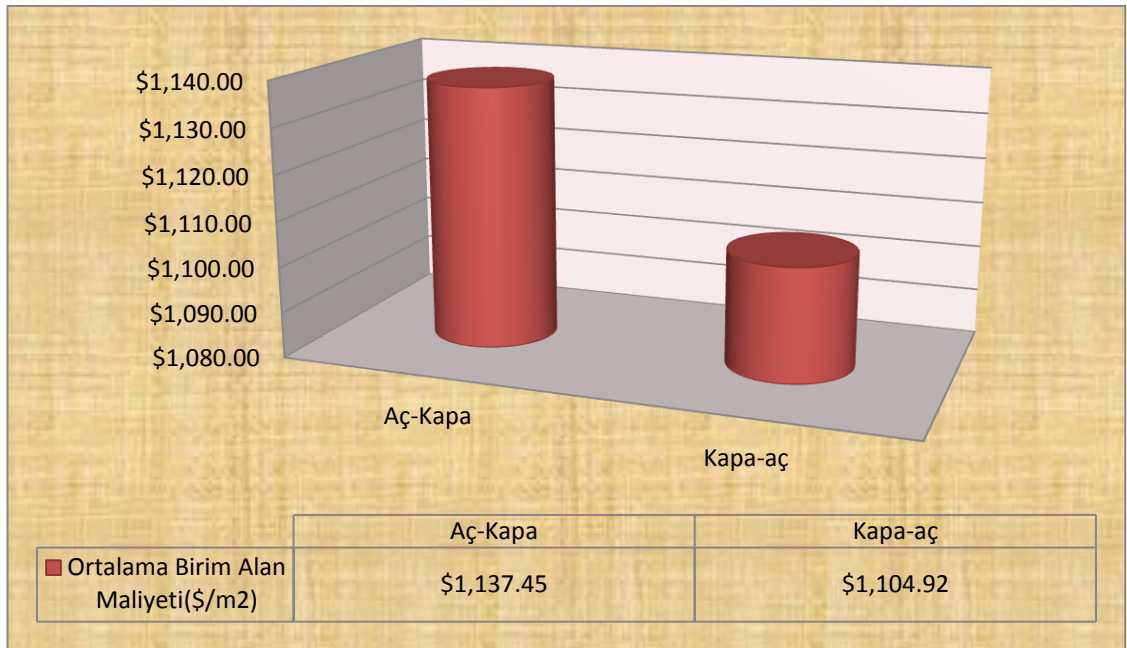




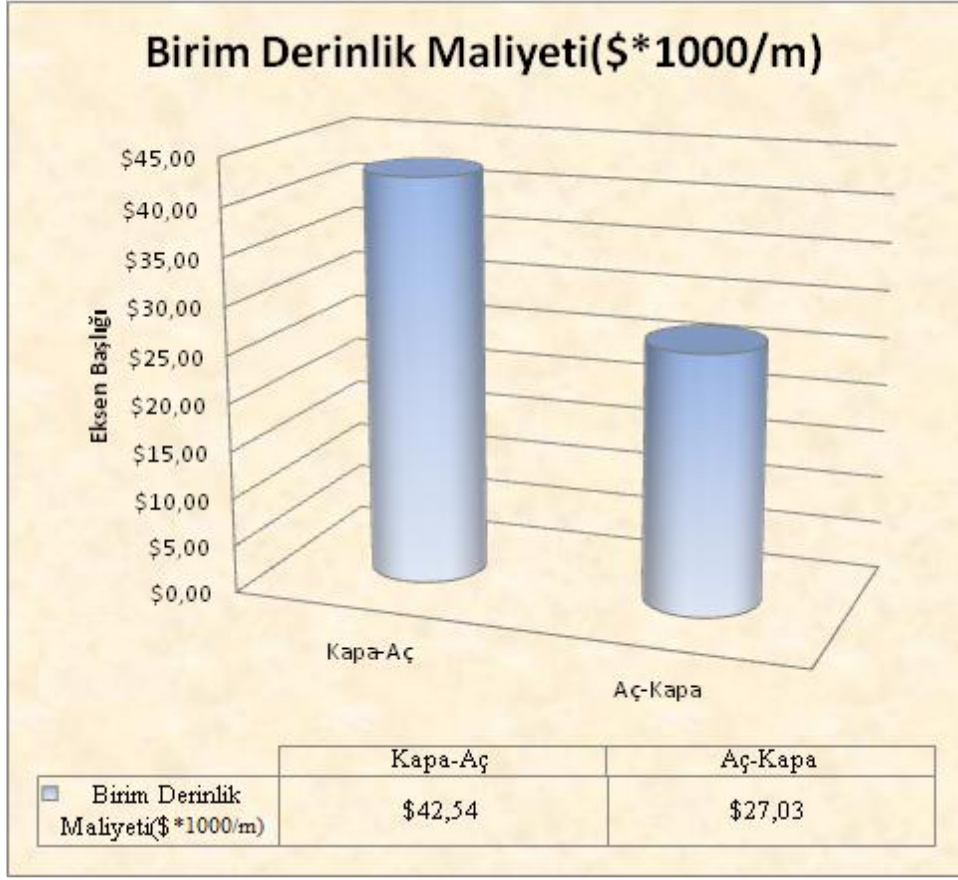
**Tablo 7.15: Ortama Hacim Maliyeti(USD/m3)**



**Tablo 7.16: Ortalama Alan Maliyeti(USD/m2)**



**Tablo 7.17: Birim Derinlik Maliyeti (\$\*1000/m)**



Otogar-Bağcılar-Olimpiyatköyü-Başakkonutları-4 metro hattında Aç-Kapa Yapım Yöntemi ile yapılan 8 istasyon ve Kapa-Aç(Top-Down) yapım yöntemi ile yapılan 5 istasyona ait istatistiki verilere bakılarak;

- i. Kapa –Aç yapım yöntemi ortalama birim hacim maliyeti \$160,98 iken Aç-Kapa Yapım yöntemi ortalama birim hacim maliyeti \$118,20 dir. Aç-kapa yapım yöntemi Kapa-Aç yapım yöntemine göre birim hacim maliyeti açısından %26 daha düşük maliyetli olduğu görülmüştür (Tablo 7.15).
- ii. Kapa-Aç yapım yöntemi ortalama birim alan maliyeti \$1104,92 iken Aç-Kapa yapım yöntemi ortalama birim alan maliyeti \$1137,45 tir(Tablo 7.16). Birim alan maliyetinde Aç-Kapa yapım yönteminin %3 daha maliyetli gözükse de birim derinlik maliyeti ile birlikte değerlendirildiği

zaman Aç-Kapa yapım yöntemi Kapa-Aç yapım yöntemine göre %26 daha düşük maliyetli olduğu bir diğer verilerimizde görülmüştür(Tablo 7.17)

- iii. Kapa-Aç yapım yöntemi birim alana düşen hacim miktarı 6,86 m<sup>3</sup>(Tablo 7.1) iken, bu oran Aç-Kapa yapım yönteminde 9,61 m<sup>3</sup> tür(Tablo 7.7). Bu veriler istasyon yapı alanının kazı alanına göre kullanımında Kapa-Aç yapım yöntemi Aç-Kapa yapım yöntemine göre %29 daha az inşaat sahasına ihtiyaç duyar. Bu da metropol şehirlerde gerek kamulaştırma ve gerekse çevre etkileşiminde çok önemlidir.
- iv. Kapa-Aç Yapım yöntemi ile Aç-Kapa Yapım yönteminin maliyet açısından karşılaştırılmasında aşağıdaki faktörlerinde kendi içinde değerlendirilmesi ve dikkate alınması gerekir.

Zemin Yapısı Ve Yer Altı Su seviyesi

Kamulaştırma Maliyeti

Yaşam Alanı Etkilenme Oranı

Yapım Süresine Bağlı Verimlilik

- v. Zemin yapısına ve kamulaştırma alanlarına bağlı olmakla birlikte 27 m derinliğe kadar Aç-Kapa yapım yöntemi, 30 m derinliğin üstündeki istasyonlarda Kapa-Aç yapım yönteminin tercih edilmesi Fayda/Maliyet açısından uygundur diyebiliriz.

Metro İstasyonu Yapım Yöntemi ile ilgili iki farklı sistemin teknik ve maliyet yönünden mukayese edildiği bu yüksek lisans çalışmasının, yeni projelerde Aç-Kapa ve Kapa-Aç yapım yönteminin hangi açılardan kullanılabilirliği açısından bir veri oluşturmasını ve İstasyon yapım yöntemi tasarımında ilgilenenler için bir kaynak oluşturmasını ve faydalı olmasını temenni ederim.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Öztürk, Z., Arlı, V., 2009, *Demiryolu Mühendisliği*, İstanbul, İstanbul Ulaşım A.Ş. Yayınları

Lichtberger, B., 2011 , *Demiryolu Cep Kitabı*, Hamburg, Eurail press

Arlı, V., 2011 ,*Kentiçi Raylı Sistemler*, İstanbul,İstanbul Ulaşım A.Ş. Yayınları

İstanbul Ulaşım A.Ş. , 2008, *Makaleler Kitabı*, 2008, İstanbul

### ***Sürelî Yayınlar***

Ludvigh,E., 2004, Hungary, Structures of Permanent Way, Department of Highway and Railway Engineering, Budapest University of Technology and Economics,

Türk Standartları, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985

Öztorun, N. K., Tabak H., Ankara Metrosu İstasyonlarının Analiz ve Tasarımı, TÜRK-İNŞA,1994,sayı151,

### ***Diğer Yayınlar***

İBB Raylı Sistem Müdürlüğü

İBB Raylı Sistem Müdürlüğü Otogar-Olimpiyat Metro Hattı Şantiyesi kişisel görüşme

İstanbul Hafif Metro Sistemi Otogar-Bağcılar Arası Hafif Metro İnşaat Ve Elektro-Mekanik İşleri Teknik Şartnamesi ( Teknik Şartname )

Gülermak-Doğuş Adi Ortaklığı Zemin Hesap Raporları

Gülermak-Doğuş Adi Ortaklığı İstasyon Yapım Yöntemi Değerlendirme Raporları

Gülermak-Doğuş Adi Ortaklığı Fotoğraflı İş İlerleme Arşivi

<http://www.urbanrail.net> (erişim tarihi 10 Ocak 2013)

## ÖZ GEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Yıldıray ÇELİK

**İkameti** : İstanbul/Sultangazi

**Doğum Yeri ve Yılı** : Erzurum-1981

**Yabancı Dili** : İngilizce (Az)

**İlköğretim** : Narman 18 Mart İlkokulu (Erzurum)

**Ortaöğretim** : Narman 18 Mart Ortaokulu(Erzurum),  
Mehmet Akif Ersoy Lisesi (Ankara)

**Lisans** : Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü (Erzurum 1999-2003)

**Çalışma Hayatı** :

**i. EMPAŞ Emlak Ltd. Şti.** ( 2003 Ağustos-2005 Aralık )

*Görevi: Tekstil Fabrikası İnşaatı Şantiye Şefliği*

**ii. Çelik Yapı İnşaat-** Yıldıray ÇELİK ( 2005 Ağustos-2006 Temmuz)

*Marmara Üniversitesi Beden Eğitimi Spor Yüksek Okulu Tadilat Ve Onarımı İşi  
Şantiye Şefi (Uygulama,Hakediş)*

**iii. Serhat İnşaat Ltd. Şti. ( 2006 Temmuz-2008 Aralık)**

Tulipa Villaları (127 Villa+92 Daire)

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

Günışığı Konakları (327 Villa )

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

Çağlayan Adliye Sarayı İnşaatı ( 4 Blok-İnce İnşaat İmalatları)

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

Halkalı Güneşpark Evleri (6 Blok)

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

Uphill-Court Ataşehir ( 780 Daire İnce İnşaat İmalatları)

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

Uphill-Court Bahçeşehir ( 1200 Daire+17 Villa-İnce İnşaat İmalatları)

Şantiye Şefi(Uygulama,Hakediş)

**iv. İstanbul Ulaşım A.Ş. ( 2008 Aralık-2010 Mart)**

*Bina Ekipman Ve Bakım Şefliği Topkapı-Habibler Hattı Sorumlu*

*İnş.Mühendisi*

**v. İstanbul Büyükşehir Belediyesi- Raylı Sistem Müdürlüğü (2010 Mart- .....)**

*- Kadıköy-Kartal Metro Hattı- Kontrol Mühendisi*

*- Otogar-Bağcılar-OlimpiyatKöyü-Başakkonutları4 Metro Hattı – Kontrol Müh.*

**vi. Askerlik Hizmeti (303.K.D. Piyade Çvş.)**

Görev Yeri : Ankara Kara Hav. Okul Komutanlığı-Güvercinlik

( 2005 Nisan-2005 Eylül )



