

**MARMARAY PROJESİNİN  
İSTANBUL YOLCU  
TAŞIMACILIĞINA ETKİSİ**

**Gülhan SEZGİN ARSLAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2011  
ANKARA**

Gülhan SEZGİN ARSLAN tarafından hazırlanan Marmaray Projesinin İstanbul Yolcu Taşımacılığına Etkisi adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Kürşat ÇUBUK

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Kürşat ÇUBUK

.....

Ulaşım Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Trafik Planlaması ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Hülagü KAPLAN

.....

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : ...../...../.....

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gülhan SEZGİN ARSLAN

**MARMARAY PROJESİNİN İSTANBUL  
YOLCU TAŞIMACILIĞINA ETKİSİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Gülhan SEZGİN ARSLAN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2011**

**ÖZET**

Marmaray projesi İstanbul'un Avrupa-Asya yakasını denizden birbirine bağlayan ve aynı zamanda karada devam eden sadece İstanbul'un değil Türkiye'de gerçekleştirilen en önemli projelerden biridir. Marmaray Projesi, İstanbul'un iki yakasında toplam 76 km boyundaki mevcut Halkalı-Sirkeci ve Haydarpaşa-Gebze banliyö hatlarının iyileştirilmesi (CR3), İstanbul Boğazı'nda kesintiye uğrayan kısmında birbirine batırma tüp tünel ile bağlanması (BC1) ve çeken çekilen araçların temin edilmesinden (CR2) oluşan 3 ayrı ihale paketidir. Demiryolu Boğaz Tüp Geçışı (Marmaray) BC1 Projesi, Asya ve Avrupayı İstanbul Boğazının altından birbirine demiryolu ile bağlayan yüzyıllık bir rüyadır. Bu rüyanın yanı sıra Marmaray BC1 Projesi, yerleşimi yoğun ve özellikle İstanbul Tarihi Yarımadasını kat etmesi ve batırma tüp tünel güzergahına yaklaşık 16 km mesafede Marmara Denizinden geçen, büyük depremler üreten ( $M>7$ ) aktif Kuzey Anadolu Fay Hattına yakın olması sebebi ile de çarpıcı bir projedir. Marmaray projesi Sirkeci-Üsküdar deniz altında tüp tünel, Asya yakasında Üsküdar-Gebze ve Avrupa yakasında Sirkeci-Halkalı karadan olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Bu proje tamamlandığında, tek yönde, bir saatte 75 000 yolcu taşıma kapasitesi elde edilecektir. Marmaray BC1 Projesi, yaklaşık 13,5 km uzunluğunda olup,

**Kazlıçeşme (Avrupa) – Ayrılıkçeşme (Asya) arasında yer almaktadır. Marmaray BC1 projesi, 1387 m batırma t p tünel (en derin yerinde -58m kotuna batırılacak dünyadaki en derin batırma t p tünel), 10 km çift tüp delme tünel (TBM ve NATM beraber), 670 m istasyonlar dahil aç-kapa tünel, 1790 m istinatlı dolgu, yarma ve yüzey yapılarından oluşmaktadır**

**Bu  alı mada Marmaray Projesi ile ilgili trafik tahminleri geleneksel 4-adım ulaşım modeli kullanılarak yapılmıştır. Geleceğin kamu ulaşım sistemi hakkında tahminde bulunmak için bir kamu ulaşımı trafik tahsisi modeli kullanılmıştır. Bu model, yolculuğun ba ladığı - sona erdiği bölge ikilisinin her biri arasındaki toplam yolculuk mesafelerini ve sürelerini en aza indirmek üzere kamu ulaşım matrisini geleceğin kamu ulaşım sistemine tahsis etmektedir. Ayrıca bu çalışmada Marmarayda y k taşımacılığı ve çok modlu sistemle entegrasyonu anlatılmıştır.**

**Marmaray Projesinin tamamlanmasıyla Türkiye'nin metropol şehrinin trafik ve ulaşım sorunu büyük  l de azalacak ve İstanbul içerisindeki seyahat süresi minimum seviyeye düşürülmesi planlanmaktadır.**

**Bilim Kodu : 911.1.134**  
**Anahtar Kelimeler : Marmaray Projesi, batırma tünel, aç kapa tünel**  
**Sayfa Adedi : 114**  
**Tez Y neticisi : Yrd.Do  Dr. K r at  UBUK**

**THE IMPACT OF MARMARAY PROJECT  
TO İSTANBUL PASSENGER TRANSPORTATION**

**(M.Sc. Thesis)**

**Gülhan SEZGİN ARSLAN**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**June 2011**

**ABSTRACT**

The Marmaray Project is one of the most important Project which connects European and Asia sides of Istanbul and at the same time continues in main land not only in Istanbul but also in Turkey. The Marmaray Project consists of three separate contracts including the upgrading of existing commuter railway of total length of 76 km at both side of Istanbul (CR1), connection with immersed tunnel of interrupted portion at İstanbul Strait (BC1) and provision of rolling stocks (CR2). Railway Bosphorus Tube Tunnel Crossing (Marmaray) BC1 project is a centennial dream to connect the either side of İstanbul under the Bosphorus. Besides the dream, Marmaray project is also a striking project, that passing through highly populated areas, especially İstanbul Historical Peninsula and location of project is only 16 km away from the active North Anatolian Fault Zone that produced earthquakes with high magnitudes ( $M > 7$ ). The Marmaray Project is formed with three chapters that Sirkeci-Üsküdar under the sea tube tunnel, Üsküdar-Gebze side of the Asia and Sirkeci-Halkalı side of the Europe.

When this project is completed, a number of 75000 passengers will be transferred in one hour (in one way). Marmaray BC1 Project is located between Kazlıçeşme (European Side) and Ayrılıkçeşme (Asian Side) with length of 13,5 km. BC1 project consists of 1387m immersed tube, (at an elevation of - 58m,

deepest immersed tube in the world), 10 km bored tunnel (double tube), 670 m cut and cover tunnel (stations included), 1790 m retaining fill and cut and at grade structures. Marmaray BC1 Project is located between Kazlıçeşme (European Side) and Ayrılıkçeşme (Asian Side) with length of 13,5 km. BC1 project consists of 1387m immersed tube, (at an elevation of - 58m, deepest immersed tube in the world), 10 km bored tunnel (double tube), 670 m cut and cover tunnel (stations included), 1790 m retaining fill and cut and at grade structures.

In this thesis, the forecast of Marmaray Project is commentted by using conventional four step transport model. A public transport traffic allocation model is used for forecast of future public transport system. Through this model, public transport matrix allocates future public transport system to reduce for the between both of orjin-finish of transport area dual total trip distance and time.Also the freight transportation of Marmaray and the integration with infinite mode system

It is planned to reduce seriously traffic and transporter system problem for metropol city of Turkey and minimum level transporter period in İstanbul.

**Science Code : 911.1.134**

**Key Words : Marmaray Project, immersed tunnel ,cut and cover tunnel**

**Page Number : 114**

**Adviser : Assist Prof. Dr. Kürşat ÇUBUK**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi, öneri ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam, sayın Yrd. DOÇ. Dr. Kürşat Çubuk başta olmak üzere, Yüksek Lisans'a başladığım günden itibaren bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yanımda olan, sabrı ve ilgisiyle bana büyük umut ve destek veren DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü Demiryolları Etüt Proje Dairesi Başkanlığı Daire Başkanı Sayın Musa Tuncay'a, kaynak ve doküman temini konusundaki yardımlarından ötürü Raylı Toplu Taşıım Dairesi Başkanı Sayın Ferzan Gökerküçük'e, Marmaray Bölge Müdür Yardımcısı Sayın M. Ziya Erdem'e, Ulaştırma Bakanlığı çalışanlarına ve hayatım boyunca beni yalnız bırakmayan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                           | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET .....                                                | iv           |
| ABSTRACT .....                                            | vi           |
| TEŞEKKÜR.....                                             | viii         |
| İÇİNDEKİLER.....                                          | ix           |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                 | xii          |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                  | xiii         |
| RESİMLERİN LİSTESİ.....                                   | xvi          |
| HARİTALARIN LİSTESİ.....                                  | xvii         |
| SİMGELER ve KISALTMALAR.....                              | xviii        |
| 1. GİRİŞ .....                                            | 1            |
| 2. PROJENİN TARİHÇESİ.....                                | 5            |
| 2.1. Projenin Gerçekleşmesi İçin Yapılan Çalışmalar ..... | 6            |
| 2.1.1. Zemin araştırmaları.....                           | 8            |
| 2.2. Dünyadaki Batırma Tüp Tünel Çalışmaları.....         | 9            |
| 3. MARMARAYBC1 GÜZERGAHI VE İNŞAAT YAPILARI.....          | 15           |
| 3.1. Proje Kapsamında Yer Alan İnşaat Yapıları.....       | 16           |
| 3.1.1. İstasyon yapıları.....                             | 17           |
| 3.1.2. Batırma tüp tünel.....                             | 18           |
| 3.1.3. Delme tünel yapıları.....                          | 21           |
| 3.1.4. Proje kapsamındaki diğer yapılar.....              | 24           |
| 4. İSTANBUL VE ULAŞIM.....                                | 25           |

**Sayfa**

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Marmaray Projesi Anahat İşletme Planı.....                                                    | 26 |
| 4.2. Yolculuk Süreleri ve Mesafeler.....                                                           | 30 |
| 4.3. Marmarayla Entegre Olacak Diğer Raylı Sistemler.....                                          | 33 |
| 4.4. Yolculuk Talepleri.....                                                                       | 35 |
| 4.5. Tüneller ve Deprem.....                                                                       | 39 |
| 4.6. Kültürel Müras.....                                                                           | 43 |
| 4.7. Çevre .....                                                                                   | 46 |
| 5. İSTANBULDA PLANLAMA VE KENTLEŞME SÜRECİ İLE ULAŞIM<br>AĞININ OLUŞUM SÜRECİ.....                 | 53 |
| 5.1. Günümüzde Karayolu ile Denizyolu Ulaşımının Durumu ve Trafik<br>tikanıklığının nedenleri..... | 53 |
| 5.1.1. Karayolu taşımacılığının bugünkü durumu.....                                                | 53 |
| 5.1.2. İstanbul’da denizyolu ile yolcu taşımacılığı.....                                           | 56 |
| 6. ULAŞIM MODELİ .....                                                                             | 64 |
| 6.1. Bölgelere Ayırma.....                                                                         | 64 |
| 6.2. Karayolları Şebekesi.....                                                                     | 65 |
| 6.3. Kamu Ulaşım Sistemi.....                                                                      | 66 |
| 6.4. Gelecekte Arazi Kullanım Planı.....                                                           | 67 |
| 6.5. Gelecekte Yolculuk Matrisi ve Yolculuk Oranları .....                                         | 68 |
| 6.6. Araba Mülkiyeti.....                                                                          | 69 |
| 6.7. Marmaray Projesi ile ilgili Trafik Tahmini .....                                              | 71 |
| 6.8. Trafik Dönüşüm Faktörü.....                                                                   | 73 |
| 6.9. Ücret Yapısı.....                                                                             | 74 |

**Sayfa**

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.10. Ulaşım Talep Tahmini.....                                              | 86  |
| 6.10.1.Yolculuk talep modeli.....                                            | 86  |
| 6.11. İstasyonlardaTrafik Hacmi.....                                         | 93  |
| 6.12. Kazanılan Toplam Yolculuk Süresi .....                                 | 93  |
| 6.13. Ulaşım Etütlerinin Trafik Tahminleri Arasında Mukayese Yapılması ..... | 94  |
| 7. MARMARAYDA YÜK TAŞIMACILIĞI VE ÇOK MODLU SİSTEMLE                         |     |
| ENTEGRASYONU.....                                                            | 102 |
| 7.1. Ro-La Sistemleri.....                                                   | 105 |
| 7.2. Marmaray Sistemi.....                                                   | 107 |
| 7.2.1. Marmaray'dan ro-la trenlerinin işletim model kriterleri.....          | 108 |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                    | 110 |
| KAYNAKLAR.....                                                               | 112 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                | 114 |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                               | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Dünyanın değişik ülkelerinde uygulanmış batırma tüp projeleri.....                                       | 14    |
| Çizelge 3.1. Marmaray BC1 istasyon yapıları.....                                                                      | 18    |
| Çizelge 3.2. TBM Tünel Yapıları.....                                                                                  | 23    |
| Çizelge 3.3. Proje Kapsamındaki Diğer İnşaat Yapıları.....                                                            | 24    |
| Çizelge 4.1. Marmaray Projesi istasyonlar ve bağlanan demiryolu sistemi hattı.....                                    | 34    |
| Çizelge 4.2. Yolculuk talepleri.....                                                                                  | 36    |
| Çizelge 5.1. Sirkeci-Halkalı banliyo hattının taşıdığı yolcu sayısı (1990-1995).....                                  | 60    |
| Çizelge 5.2. Haydarpaşa Gebze banliyo hattı yolcu sayısı (1990-1995).....                                             | 62    |
| Çizelge 6.1. 1980-200 yılları arasında İstanbul'da taşıt kullanımı.....                                               | 69    |
| Çizelge 6.1. İş günlerinde yolculuk dağılımı (%).....                                                                 | 72    |
| Çizelge 6.2. Bir iş gününde yoğun ve yoğun olmayan saatlerde trafik (%)..72.....                                      | 73    |
| Çizelge 6.3. Büyükşehir otobüslerinde günlük trafik verileri .....                                                    | 73    |
| Çizelge 6.4. 0,60 \$'lık bir Ortalama Baz Ücret Uygulamasına göre Günlük Trafik.....                                  | 75    |
| Çizelge 6.5. 0,60 \$'lık bir Ortalama Baz Ücret Uygulamasına göre Yıllık Trafik .....                                 | 76    |
| Çizelge 6.6. Ücret tarifi ile ilgili olarak günlük proje trafiğinde kaydedilecek değişiklikler.....                   | 80    |
| Çizelge 6.7. Ücret Tarifi ile ilgili olarak Projenin Yıllık Gelirinde kaydedilecek değişiklikler (Milyon \$).....     | 80    |
| Çizelge 6.8. Kadıköy-Kartal (KK) LRT Projesi ve 2025 yılında Projenin Günlük.....                                     | 83    |
| Çizelge 6.9. Kazanılan yolculuk süresi (projenin "dahil" edildiği ve "hariç" tutulduğu durumlar arasındaki fark)..... | 94    |
| Çizelge 6.10. Ulaşım etüdünün başlıca verileri ve sonuçları.....                                                      | 95    |
| Çizelge 7.1. Ro-Lo Uygulamalarından Örnekler .....                                                                    | 106   |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                          | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. 1860 tarihli orijinal tûp geçit projesi planı.....                                                  | 5     |
| Şekil 2.2. Yıl 2006 Sarayburnu – Üsküdar.....                                                                  | 9     |
| Şekil 2.3 Bart Tûneli( San Francisco).....                                                                     | 11    |
| Şekil 2.4. Cheasapeake Bay Bridge (USA).....                                                                   | 11    |
| Şekil 2.5. Hampton Roads Bridge (Virginia USA).....                                                            | 12    |
| Şekil 2.6. Benalux tûneli (Hollanda).....                                                                      | 13    |
| Şekil 3.1. Marmaray BC1 Güzergahı [Taisei, 2005].....                                                          | 16    |
| Sekil 3.2. Marmaray BC1 güzergahı ve Yapı Yerleşimleri, [Taisei, 2005].....                                    | 17    |
| Şekil 3.3. Batırma Tûp Güzergahı ve Prefabrik Tûplerin Yerleştirme Konumu<br>[Taisei, 2005].....               | 19    |
| Şekil 3.4. Batırma Tûp Elemanı [TKGN JV, 2004].....                                                            | 19    |
| Şekil 3.5. Batırma Tûp Elemanının Duba Yardımıyla Yerleştirilmesi [TKGN<br>JV, 2004].....                      | 20    |
| Şekil 3.6. Yerleştirme Sonrası Batırma Tûp Elemanı En Kesiti [TKGN<br>JV, 2004].....                           | 21    |
| Şekil 3.7. TBM Tûnel Tip Kesiti [Taisei, 2005].....                                                            | 22    |
| Sekil 3.8. Marmaray BC1 Projesi Tûnellerinin Yapımıİin Kullanılacak<br>TBM Planı [Lovat, 2005].....           | 23    |
| Sekil 3.9. Marmaray BC1 Projesi İçin Kullanılacak Olan Makinaların<br>Benzeri Bir Lovat TBM [Lovat, 2005]..... | 23    |
| Şekil 4.1. Yolculuk süreleri ve mesafeler.....                                                                 | 31    |
| Şekil 4.2. Yolculuk süreleri ve mesafeler.....                                                                 | 32    |
| Şekil 4.3. Tûneller ve deprem .....                                                                            | 39    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.4. Kuzey Anadolu fay hattı.....                                                                     | 41           |
| Şekil 6.1. Trafik Bölgeleri.....                                                                            | 65           |
| Şekil 6.2. Karayolları Şebekesi.....                                                                        | 66           |
| Şekil 6.3. Kamu Ulaşım Şebekesi (2003).....                                                                 | 67           |
| Şekil 6. 4. PlanVerileri için Projeksiyon .....                                                             | 68           |
| Şekil 6.5. Yolculuk Oranı Projeksiyonu.....                                                                 | 69           |
| Şekil 6.6. Araba Mülkiyeti Projeksiyonu.....                                                                | 71           |
| Şekil 6.7. Asgari-işlem demiryolu şebekesi .....                                                            | 75           |
| Şekil 6.8. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük<br>Trafik(Sabit Ücret).....           | 76           |
| Sekil 6.9. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük<br>Trafik (BC için 1.20 \$) .....     | 77           |
| Şekil 6.10. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük<br>Trafik (2009).....                | 78           |
| Şekil 6.11. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük<br>Trafik(2025).....                 | 79           |
| Şekil 6.12. Ücret tarifiesi ile ilgili olarak projenin günlük trafiğinde kayde<br>dilecekdeğişiklikler..... | 81           |
| Şekil 6.13. Ücret tarifiesi ile ilgili olarak projenin yıllık gelirinde kaydedilecek<br>değişiklikler.....  | 82           |
| Şekil 6.14.2025 yılında nüfus yoğunluğu.....                                                                | 83           |
| Şekil 6.15. 2025 yılında bölgelerin işyeri açısından yoğunluğu.....                                         | 84           |
| Şekil 6.16. KK LRT projesi dahil olmak üzere 2025 yılında Marmaray<br>Projesiningünlük trafiği .....        | 84           |

| <b>Şekil</b>                                                                                                       | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.17. 2025 yılında İbrahimağa istasyonunda transfer.....                                                     | 85           |
| Şekil 6.18. 2009 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafiği Hacmi .....                                             | 96           |
| Şekil 6.19. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafiği Hacmi<br>(AvrupaYakası).....                            | 97           |
| Şekil 6.20. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafiği Hacmi<br>(AnadoluYakası).....                           | 98           |
| Şekil 6.21. 2009 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin<br>Ortalamasında Trafik Hacmi .....                 | 99           |
| Şekil 6.22. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin Ortala<br>masındaTrafik Hacmi (Avrupa Yakası).....  | 100          |
| Şekil 6.23. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin Ortala<br>masındaTrafik Hacmi (Anadolu Yakası)..... | 101          |
| Şekil 7.1. Tek modlu ve çok modlu taşımacılığın uzaklık-maliyet analizi.....                                       | 103          |
| Şekil 7.2. Çekicisiz ve çekicili taşıma sistemleri.....                                                            | 107          |
| Şekil 7.3. Marmaray Ro-La sistemi güzergahı.....                                                                   | 108          |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 4.1. İstanbul ve Ulaşım.....                                                        | 25           |
| Resim 4.2. Taksim istasyonunun yeraltındaki peron alanından tipik bir iç<br>görünüş ..... | 35           |
| Resim 4.3. Tipik bir yerüstü istasyon alanı olan Kartaltepe istasyonu .....               | 35           |
| Resim 4.4. Göztepe istasyonu.....                                                         | 43           |
| Resim 4.5. İstanbul Boğazındaki balık göçünden bir görünüş.....                           | 46           |

**HARİTALARIN LİSTESİ**

| <b>Harita</b>                                                                  | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Harita 4.1. Marmaray Projesinin güzergahı.....                                 | 33           |
| Harita 4.2. İstanbul Ulaşım Ana Planında yer alan Trafik Bölgeleri (1996)..... | 38           |
| Harita 4.3. Deprem bölgesi haritası.....                                       | 42           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>AKKB</b>        | Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası                                           |
| <b>AYB</b>         | Avrupa Yatırım Bankası                                                    |
| <b>BC1</b>         | Boğaz Tüp Geçiş Tüneller ve İstasyonlar                                   |
| <b>CDF</b>         | Kapalı bir atık uzaklaştırma tesisi                                       |
| <b>DLH</b>         | Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları<br>İnşaatı Genel Müdürlüğü       |
| <b>FIDIC</b>       | Uluslar arası Müşavirler Birliği                                          |
| <b>Gama</b>        | Endüstri Tesisleri İmalat ve Montaj A.Ş., Nurol<br>İnşaat ve Ticaret A.Ş. |
| <b>HRS</b>         | Hafif Raylı Sistem Trenleri                                               |
| <b>IRTC</b>        | İstanbul Rail Tunnel Consultants                                          |
| <b>IUAP</b>        | İstanbul Ulaşım Ana Planı                                                 |
| <b>İBB</b>         | İstanbul Büyükşehir Belediyesi                                            |
| <b>İETT</b>        | İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri                            |
| <b>İTÜ</b>         | İstanbul Teknik Üniversitesi                                              |
| <b>JBIC</b>        | Japon Uluslar arası İşbirliği Bankası                                     |
| <b>PBI</b>         | Parsons Brinckerhoff International                                        |
| <b>PCI</b>         | Pacific Consultants International                                         |
| <b>SIAL</b>        | Yer bilimleri Etüt ve Müşavirlik Ltd. Şti.                                |
| <b>TBM</b>         | Tünel Açma Makinaları                                                     |
| <b>TCDD</b>        | Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları                                   |
| <b>TKGNJU</b>      | Taisei Corporation, Kumagai Gumi Co. Ltd,                                 |
| <b>TMM</b>         | Terzibaşoğlu Müşavir Mühendislik Ltd.Şti.                                 |
| <b>VTs</b>         | Modern gemi trafik kontrol ve izleme sistemleri                           |

## 1. GİRİŞ

Marmaray Projesi, İstanbul'un Avrupa yakasında Halkalı ve Asya yakasında Gebze bölgeleri arasında kesintisiz olarak modern bir raylı ulaşım sisteminin boğazın iki yakası arasında değişik inşaat yapılarıyla birleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilecektir. Proje güzergahı, ülkenin TCDD hatları ile İstanbul metro sisteminin Asya-Avrupa arasındaki bütün raylı bağlantılarını sağlayan tek yapı niteliğinde olacaktır.

Marmaray Projesi, 1985 yılından bu yana genişlemesi devam etmekte olan İstanbul raylı ulaşım ağının Halkalı-Gebze arasında yaklaşık 76 km uzunluğunda olup 37 yerüstü ve 3 yeraltı istasyonu bulunan ana arterlerinden birisini oluşturmaktadır. İstanbul Boğazı'nın tünelle geçilmesine ilişkin ilk fikirler 1860 yılında boğazın dibine inşa edilecek Sütunlar üzerine oturtulacak yüzer bir tünel şeklinde tasarlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Bunu takip eden süreçte 1902 yılında boğazın altından demiryolu hatlarının tünelle geçirilmesi konusunda çalışmalardan tekrar söz edilmiştir.

Projenin bu haliyle gerçekleştirilmesi için ilk fizibilite etütleri ise 1985 yılında yapılarak 1999 yılında Türkiye Cumhuriyeti ve Japon Uluslararası İşbirliği Bankası (JBIC) arasında finansman anlaşması gerçekleştirilmiş ve 2002 yılında da İşveren Temsilcisi grup Avrasyaconsult çalışmalara başlamıştır. Projenin İşvereni olarak Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH) proje yönetimini yürütmektedir. Avrasyaconsult, aşağıda belirtilen Japon ve Türk ortaklardan oluşan bir konsorsiyumdur: Pacific Consultants International (PCI), Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. Oriental Consultants, JARTS.

Bu ortaklık aşağıda belirtilen gruplarla işbirliği içerisinde çalışmaktadır:

Parsons Brinckerhoff International, Inc. (PBI), Terzibaşoğlu Müşavir Mühendislik Ltd. Şti. (TMM), Yerbilimleri Etüt ve Müşavirlik Ltd. Şti. (SIAL). Sözleşme BC1, Gebze'den Halkalıya uzanan Marmaray Projesi'nin 13,6 km'lik kısmını oluşturmakta olup, Yenikapı'da İstanbul Metrosu ile Yenikapı Ayazağa hattına, Yenikapı-

Havaalanı, Yenikapı- Mahmutbey Hafif Raylı Sistemlerine, Üsküdar'da Ümraniye-Üsküdar ve Ayrılıkçeşme'de de Kadıköy- Kartal Hafif Raylı Sistemlerine entegre olacak şekilde tasarlanmıştır. Projenin Marmaray BC1 (Boğaz Tüp Geçişi, Tüneller ve İstasyonlar) olarak da adlandırılan Kazlıçeşme- Ayrılıkçeşme arasındaki 1.etap inşaat yapılarının boğaz geçişi ile beraber yapımı için müteahhit konsorsiyum TKGN JV ile Mayıs 2004 tarihinde sözleşme imzalanmıştır. TKGN JV (Taisei Corporation, Kumagai Gumi Co. Ltd, Gama Endüstri Tesisleri İmalat ve Montaj A.Ş, Nurol İnşaat ve Ticaret A.Ş. )'den oluşan bir konsorsiyumdur. Marmaray projesine ilişkin bazı teknik bilgiler aşağıdaki gibidir [1].

Toplam güzergâh uzunluğu: 76,3 km  
 Yüzeysel metro kesimi uzunluğu: 63 km  
 Yüzeysel istasyon sayısı :37 adet  
 Avrupa yakasında güzergâh uzunluğu: 19,3 km  
 Asya yakasında güzergâh uzunluğu: 43,4 km  
 Aç-kapa tünel uzunluğu: 2,4 km  
 İstasyon sayısı: 40  
 Yeraltı istasyonları sayısı: 3  
 Tünel Kesimi Toplam uzunluğu :13,6 km  
 Delme ve Aç-Kapa Tünel Uzunluğu :12,2 km  
 Tüp Tünel Uzunluğu :1,4 km  
 Taşıma Kapasitesi :75 000 yolcu/saat/tek yön  
 Maksimum Eğim :‰ 18  
 Maksimum Hız :100 km/saat  
 Ticari Hız :45 km/saat  
 Tren Sefer Sayısı :2-10 dakika  
 Araç Sayısı :440 (2015 Yılı)  
 Batırma tüp tünelin maksimum derinliği: 58 m

İstanbul'un kalabalık nüfusu ve gelişmişliği ile her geçen gün İl genelinde yeni yol ve geçişlere ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. İstanbul trafiğinde mevcut 2 500 000 araca her geçen gün 600-700 araç eklenirken, hızla artan araç sayısı, yeni yolların ve

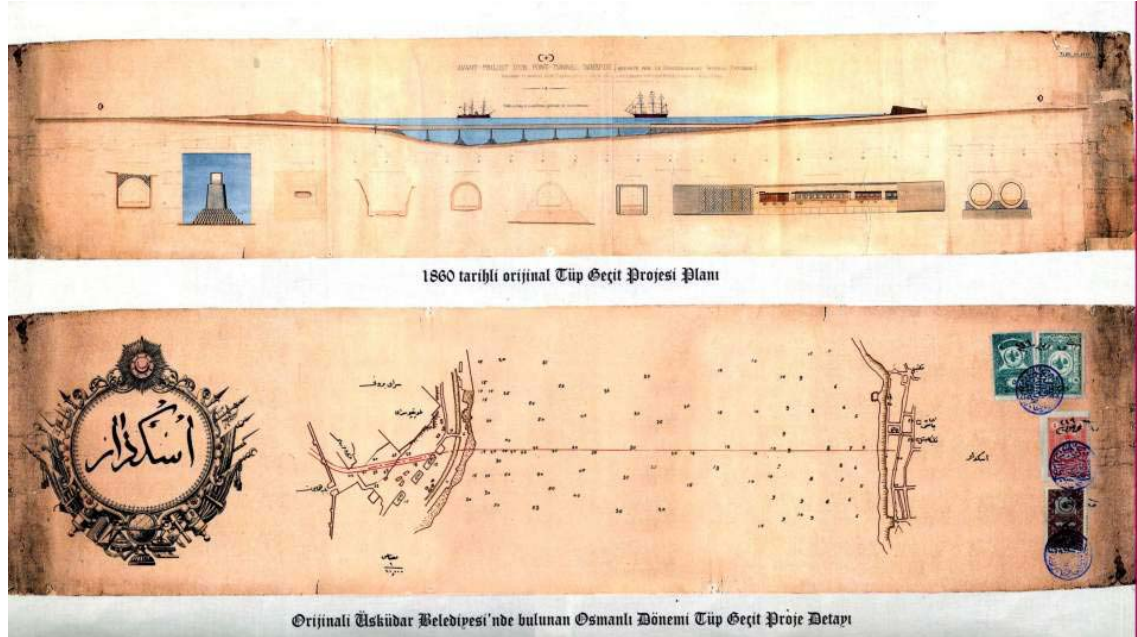
tünellerin gereksinimini arttırmakta ve bu gereksinimin karşılanmasını mecbur hale getirmektedir. Çarpık yapılaşma ve arazinin değerli olması durumu, yol yapımlarını engellemekte ve mevcut sorunlara çözüm bulunamaz hale gelinmektedir. Bu nedenle; Trenlerle 120 000 metro ile 650 000, teleferik ile 4 000, föniküler sistemle 25 000, İ.E.T.T. ve özel halk otobüsü ile 2 500 000, deniz yoluyla 350 000, minübüs taşımacılığıyla 1 000 000 olmak üzere bir gün içinde 4 649 000 insanın taşındığı metropolde sorunlar giderek artmakta ve yeni çözüm yolları aranmaktadır. Ayrıca bir gün içinde 400 000 aracın geçtiği boğaz köprüleri ulaşım rahatlığı için yetersiz kalmakta, boğaz bağlantı yollarında artan trafik ana geçiş yollarını kapatarak diğer geçişleri de kısıtlamakta ve boğazdan yeni geçiş yolları yapılmasını mecbur kılmaktadır. Yeni bir boğaz köprüsü için ana bağlantı yollarının gerekliliği boğaz köprüsünün yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu neticelerin sonucunda iki kıtayı birbirine bağlamak, geçiş kapasitesini arttırmak raylı sistemin geçişine olanak sağlamak amacıyla yıllardır gündemde olan tüp geçit artık kaçınılmaz hale gelmiştir. Marmaray Projesi İstanbul'un trafik ve raylı geçişini sağlamak için en uygun proje olarak görülmüş ve hayata geçirilmiştir. Marmaray projesi üç bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölüm demiryolu Boğaziçi tüp geçidi, tüneller, istasyon yapıları Marmaray Projesi, İstanbul'un Avrupa Yakasında, Halkalı ve Asya Yakasında, Gebze bölgeleri arasında kesintisiz olarak modern bir raylı ulaşım sisteminin boğazın iki yakası arasında değişik inşaat yapılarıyla birleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilecektir. Proje güzergahı Ülke'nin T.C.D.D. hatları ile İstanbul metro sisteminin Asya-Avrupa arasındaki bütün raylı bağlantılarını sağlayan tek yapı niteliğinde olacaktır.

Marmaray Projesi çerçevesinde, İstanbul Boğazının geçilmesinde kullanılacak olan teknik – batırma tüp tünel tekniği –19. yüzyılın sonlarından itibaren geliştirilmiştir. İnşa edilen ilk batırma tüp tünel, 1894 yılında kanalizasyon amaçları için Kuzey Amerika'da inşa edilmiştir. Trafik amaçları için bu teknik kullanılarak yapılan ilk tüneller de Birleşik Devletlerde inşa edilmiştir. Bunlardan ilki, 1906-1910 yıllarında inşa edilen Michigan merkezi demiryolları tünelidir. Avrupa'da, bu tekniği ilk uygulayan ülke Hollanda olmuştur ve Rotterdam'da inşa edilen Maas Tüneli 1942

yılında hizmete açılmıştır. Asya’da bu tekniği ilk uygulayan ülke Japonya olmuştur ve Osaka’da inşa edilen iki tüplü karayolu tüneli (Aji Nehri Tüneli) 1944 yılında hizmete açılmıştır. Buna karşılık bu tünellerin sayısı, 1950li yıllarda sağlam ve etkisi kanıtlanmış bir endüstriyel teknik geliştirilene kadar sınırlı düzeyde kalmıştır; bu tekniğin geliştirilmesinden sonra ise birçok ülkede geniş ölçekli projelerin yapımına başlanabilmiştir. Marmaray projesi, Avrupa ve Asya arasında demiryolu bağlantısını sağlayacak İstanbul’un ulaşım problemine uzun dönemde çözüm üretecek ve günde 1 milyondan fazla insanın seyahat süresini kısaltarak, enerji tasarrufunu sağlayacak önemli bir projedir. Her bir yönde saatte 75.000 yolcu taşıma kapasitesiyle emniyetli yüksek performansa sahip ve ucuz taşıma imkânı sağlayacaktır. Tarihi yarımada trafiğinin azalmasıyla tarihi çevredeki olumsuz etkiler azalacaktır. Projenin en önemli avantajlarından biri, köprülerdeki trafik yoğunluğunu azaltacaktır. Çevre dostu Marmaray projesi uygulamaya geçtiğinde İstanbul’da gürültü ve hava kirliliği büyük ölçüde azaltılmış olacaktır.

## 2. PROJENİN TARİHÇESİ



Şekil 2.1. 1860 tarihli orijinal tüp geçit projesi planı

İstanbul Boğazını deniz altından geçme düşüncesi ilk olarak 1860 yılında Sultan Abdülmecid zamanında ortaya atılmıştır ve deniz içinde ayaklar üzerine oturtulan bir tüp geçiş ön projesi tasarlanmıştır. Şekilde, sütunlar üzerinde duran ve denizde yüzer tip bir tünel ve önerilen en kesitler gösterilmiştir. İleriki yıllarda da benzer fikirler ortaya atılmış ve 1902 yılında Sultan II. Abdülhamid döneminde ilk projeye benzer başka bir proje geliştirilmiştir. Tünel-i Bahri olarak adlandırılan bu tünel projesinde, deniz dibine oturtulmuş 16 ayak üzerinde bir platform oluşturularak, bunun üzerine büyük boyutlu su boruları yerleştirilmek sureti ile bir tünel inşası planlanmıştır. Ancak zamanın şartları projenin gerçekleşmesine imkan vermemiştir.

Bu tür fikirler ve düşünceler, izleyen 20-30 yıllık dönem içerisinde daha ileri düzeyde değerlendirildi ve 1902 yılında benzer bir tasarım geliştirildi; bu tasarımda da İstanbul Boğazının altından geçen bir demiryolu tüneli öngörülmüştür; fakat bu tasarımda, deniz dibi üzerine yerleştirilen bir tünelden bahsedilmiştir. O zamandan bu yana, çok farklı fikir ve düşünceler denenmiş ve yeni teknolojiler, tasarıma daha çok özgürlük kazandırmıştır.

Marmaray Projesi çerçevesinde, İstanbul Boğazının geçilmesinde kullanılacak olan teknik (batırma tüp tünel tekniği) 19. yüzyılın sonlarından itibaren geliştirilmiştir. İnşa edilen ilk batırma tüp tünel, 1894 yılında kanalizasyon amaçları için Kuzey Amerika'da inşa edilmiştir. Trafik amaçları için bu teknik kullanılarak yapılan ilk tüneller de Birleşik Devletlerde inşa edilmiştir. Bunlardan ilki, 1906-1910 yıllarında inşa edilen Michigan Merkezi Demiryolları tünelidir. Avrupa'da, bu tekniği ilk uygulayan ülke Hollanda olmuştur; ve Rotterdam'da inşa edilen Maas Tüneli 1942 yılında hizmete açılmıştır. Asya'da bu tekniği ilk uygulayan ülke Japonya olmuştur ve Osaka'da inşa edilen iki tüplü karayolu tüneli (Aji Nehri Tüneli) 1944 yılında hizmete açılmıştır. Buna karşılık bu tünellerin sayısı, 1950li yıllarda sağlam ve etkisi kanıtlanmış bir endüstriyel teknik geliştirilene kadar sınırlı düzeyde kalmıştır; bu tekniğin geliştirilmesinden sonra ise birçok ülkede geniş ölçekli projelerin yapımına başlanabilmiştir.

İstanbul'da doğu ile batı arasında uzanan ve İstanbul Boğazının altından geçen bir demiryolu toplu ulaşım bağlantısının inşa edilmesine yönelik istek, 1980li yılların başlarında giderek artmış ve bunun sonucunda 1987 yılında ilk geniş kapsamlı fizibilite etüdü gerçekleştirilmiş ve raporlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, bu tür bir bağlantının teknik olarak uygulanabilir ve maliyet açısından verimli olduğu belirlenmiş ve bugün projede gördüğümüz güzergah, bir dizi güzergah arasından en iyisi olarak seçilmiştir.

## **2.1. Projenin Gerçekleşmesi İçin Yapılan Çalışmalar**

İstanbul Boğazı'nın bir demiryolu tüneli ile geçilmesine ilişkin gerçekleştirilen ilk bilimsel çalışma 1985-1987 yılları arasında Ulaştırma Bakanlığı tarafından uluslararası bir konsorsiyuma (IRTC-İstanbul Rail Tunnel Consultants) yaptırılan "İstanbul Demiryolu Tüneli ve Metro Sistemi Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi"dir. Proje kapsamında; kentsel arazi kullanım özellikleri, sosyo-ekonomik yapı, ulaşım özellikleri, hava kirliliği, gürültü, su kaynakları, eko sistemler, tarihi ve ekolojik kaynaklar, görsel ve estetik kalite gibi etkenler değerlendirilerek İstanbul'un mevcut ve gelecekteki kentsel yapı ve ulaşım özellikleri bir ulaşım-bilgisayar modeli ile

tespit edilmiş, Kent ölçeğinde farklı ulaşım sistemlerinin kombinasyonlarından oluşan çok sayıda alternatif geliştirilmiş, yapılan ilk değerlendirme sonucu bunların sayısı 9'a indirilmiş ve bu 9 ulaşım ağı alternatifi; 2005 hedef yılı için belirlenen ulaşım talepleri, mali-ekonomik ölçütler, çevresel etkiler gibi pek çok açıdan değerlendirilerek, bir alternatifin seçilmesine yardımcı olmak amacıyla bir karşılaştırma matriksi hazırlanmıştır [2].

Yapılan çok yönlü alternatif değerlendirme çalışması sonucunda Topkapı- Levent Metrosu ve Boğaz Demiryolu Geçişi projelerini içeren alternatif kentin ve ülkenin ulaşım sistemlerine sağladıkları teknik, ekonomik ve toplumsal yararlar sebebiyle öncelik kazanmıştır.

Ulaşım ve fizibilite etüdünün yöntem ve sonuçları "İstanbul Demiryolu Tüneli ve Metro Sistemi Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi- Kentsel Ulaşım Etüdü, Alternatiflerin Değerlendirilmesi: Nihai Rapor"unda teknik ayrıntıları ile açıklanmıştır.

İstanbul'da mevcut banliyö işletmesi ve hatlarının iyileştirilerek Boğaz demiryolu tüneli ile bütünleştirilmesi projesi gündeme geldiğinde Ulaştırma Bakanlığı Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.- Louis Berger Int. Inc -De Consult konsorsiyumuna 1996 yılında yeni bir ulaşım ve fizibilite etüdü hazırlatmıştır.

"Gebze- Haydarpaşa, Sirkeci- Halkalı Banliyö Hatları İyileştirme Çalışması" kapsamında; 1995 yılında onaylanan 1/50 000 ölçekli İstanbul Metropolitan Alan Alt Bölge Nazım Planı'nda 2010 yılı için öngörülen arazi kullanım kararları ve plan öngörülerini temel alınarak oluşturulan bir ulaşım bilgisayar modeli kullanılarak yolculuk taleplerinin belirlendiği Ulaşım Etüdü hazırlanmış ve projenin mali ve ekonomik değerlendirmelerini içeren Fizibilite çalışması gerçekleştirilmiştir. Ulaşım ve fizibilite etüdünün yöntem ve sonuçları İstanbul Banliyö İyileştirme ve Boğaz Tüp Geçişi Projesi Fizibilite Etüdü Raporu'nda teknik ayrıntıları ile açıklanmıştır. 1997 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İTÜ'ye hazırlatılan Ulaşım Ana Planı'nda Banliyö İyileştirme ve Boğaz Tüp Geçişi Projesi birinci öncelikli raylı

sistem yatırımları arasında öngörülmüştür. Yapılan çalışmalar doğrultusunda; 2001 yılında Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri Sözleşmesi imzalanarak Projeye başlanılmış olup 2004 yılında ise BC1 “Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi İnşaatı; Tüneller ve İstasyonlar” işi ihale edilip imalatlara başlanmıştır.

### 2.1.1. Zemin araştırmaları

Tünel güzergahında ilk sondajlar 1985-1987 yılları arasında yapılmış, daha sonra ihale öncesi 2002-2003 müşavir tarafından ve ihale sonrası 2004 yılında Yüklenici tarafından yaptırılarak güzergahın zemin durumu belirlenmiştir. Bu duruma göre tünel güzergahının sıvılaşma riski belirlenen 460 metre uzunluğundaki bölgesinde zemin iyileştirmesi yapılmıştır.



Şekil 2.2. Yıl 2006 Sarayburnu – Üsküdar

Yıl 2006, günümüz teknolojisiyle boğazda bir batırma tüp tünel yapımı mümkün hale gelmiştir. Bu proje ile 150 yıllık bir hayal de gerçekleşmiş olacaktır.

## 2.2. Dünyadaki Batırma Tüp Tünel Çalışmaları

Dünyada Batırma tüp tünel tasarımı ve inşaatı teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak inşa edilmiş servis ve ulaşım amaçlı 150'ye yakın batırma tüp tünel inşa edilmiş olup bunların birçoğu coğrafik ve çevresel koşullardaki özellik nedeniyle tasarımları sırasında inşaat ve işletme dönemlerinde karşılaştıkları bazı önemli etkiler dikkate alınacak şekilde projelendirilmişlerdir.

Dünyada uygulanmış ve inşaat halindeki yaklaşık 110 adet ulaşım amaçlı batırma tüp tünel projesinden 26'sı Amerika da, 22' si Hollanda da, 19'u Japonya da, 7'si Almanya da, 6'sı Hong Kong da 5'i Fransa, 3'er adedi Danimarka ve Belçika da, kalan 20'si ise diğer ülkelerde bulunmaktadır. Çizelge (Ek)'de verilmiş olan örnek projeler dünyanın değişik coğrafyasında yer alan farklı ülkelerdeki uygulamalardır.

Seçilen örneklerde projenin tasarımı ve uygulanması döneminde ilginç özellikleri ve uygulama sırasındaki karşılaşılan zorluklar dikkate alınarak önemli detaylar verilmiştir. Bunlardan en dikkat çekenleri sırasıyla; Virginia USA da 1957 de inşa edilmiş olan Hampton Roads Bridge suni iki ada arasında ulaşımı sağlamak üzere planlanmış güçlü akıntı ve dalga tesirlerine maruz bir coğrafyada inşa edilmiştir. Dalga tesirlerinin çok güçlü olması nedeniyle adaların denize bakan kıyıları özel koruyucu taş tabakası kullanılarak tahkim edilmiştir. Vancouver, Canada da 1959 yılında inşa edilmiş olan Deas Island tüneli geniş bir nehir altında planlanmış bu nedenle tünel örtü stabilizesi laboratuvar modellemesi ile kontrol edilmiş ve deprem bölgesi olması nedeniyle tasarımda deprem yükleri dikkate alınarak planlamıştır. Fransa ve İngiltere hükümetleri 1960'lı yılların ortalarında Manş tünelinin yapılması için anlaştılsa da daha sonra yüksek maliyetleri gerekçe gösteren İngiltere, 1970'li yıllarda yapımı durdurdu. Bu süre içinde tünelin her iki taraftan 2,4 km'lik kısmı kazılmıştı. Manş Tüneli 1986'da tekrar gündeme geldi. Proje Dover ile Calais'yi birbirine bağlayan tünel 147 km uzunlukta olup, 1991'de tünel açma işlemi

tamamlandı. Tünelin su altındaki bölümünün uzunluğu 38 km olup, yeryüzünün en uzun su altı tünelidir.

Bugüne kadar inşa edilmiş en derin ve en uzun batırma tüp tünel olan BART tüneli 1970 yılında hizmete alınmış olup, deprem bakımından aktif bir bölgede yer almaktadır. San Andreas fayına 22 km Hayward fayına 10 km mesafededir. Sıvılaşma potansiyeli bulunan bir zemin üzerinde inşa edilmiştir. (Şekil 2.3.)



Şekil 2.3. Bart Tüneli( San Francisco)



Şekil 2.4. Cheasapeake Bay Bridge (USA)

Virginia USA da Cheasapeake Bay Bridge tüneli (Şekil 2.4) bulunduğu coğrafya nedeniyle yapım sırasında şiddetli fırtınaya maruz kalmış ve deniz platformlarından biri yıkılmış ve fırtına bir tüp elemanın yerleştirildiği kanalda 4m kaymasına neden olmuştur.



Şekil 2.5. Hampton Roads Bridge (Virginia USA)



Şekil 2.6. Benalux tüneli (Hollanda)

Virginia USA da 1957 de inşa edilmiş olan Hampton Roads Bridge (Şekil 2.5.) suni iki ada arasında ulaşımı sağlamak üzere planlanmış güçlü akıntı ve dalga tesirlerine maruz bir coğrafyada inşa edilmiştir. Dalga tesirlerinin çok güçlü olması nedeniyle adaların denize bakan kıyıları özel koruyucu taş tabakası kullanılarak tahkim edilmiştir.

1997 yılında yapımına başlanan bu proje ile amaçlanan Rotterdam'daki mevcut iki hattın, kuzey-güney ve doğu-batı hatlarının batıda Maas nehrinin altından geçen ikinci bir tünel ile birleştirilmesi, İkinci Benelux tüneli adı verilen bu tünel, toplu taşımacılığı iyileştirmek ve kuzey-güney akışındaki motorlu taşıt trafiğini hafifletmeyi amaçlıyor. (Şekil 2.6)

Çizelge 2.1. Dünyanın değişik ülkelerinde uygulanmış batırma tüp projeleri

| Proje Adı                           | Ülke                  | Eleman Sayısı | Uzunluk          | Toplam Uzunluk | Yükseklik | Genişlik      | Batırma Derinliği |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|------------------|----------------|-----------|---------------|-------------------|
| Oakland-Alameda                     | California USA,1928   | 12            | 61.9             | 742            | 11,30     | daire         | 742               |
| Bankhead Tunnel                     | Alabama USA,1940      | 7             | 90.8-78          | 610            | 11,40     | 10,40         | 25                |
| Hampton Roads Bridge Tunnel No.1    | Virginia USA,1957     | 23            | 91.5             | 2091           | 11,25     | 11,25         | 37                |
| Deas Island                         | Canada,1959           | 6             | 104.9            | 529            | 7,16      | 23,80         | 22                |
| Chesapeake Bay Bridge Tunnel        | Virginia USA,1964     | 19-18         | 91,4             | 1750-1661      | 11,25     | 11,25         | 31,4--32,1        |
| Benelux tunnel                      | Netherland (1967)     | 8             | 93               | 744            | 7,84      | 23,90         | 24                |
| Tingstad Tunnel                     | Sweden1968            | 5             | 93,5-80          | 454            | 7,3       | 29,9          | 16                |
| J.F.Kennedy Tunnel                  | Antwerp Belgium1968   | 5             | 99-115           | 510            | 10,1      | 47,85         | 25                |
| Bay Area Rapid Transit Tunnel(Bart) | California USA,1970   | 58            | 83,2-111,6       | 5826           | 6,5       | 14,6          | 40,5              |
| 63rd Streettunnel                   | New York USA,1973     | 4             | 114.3            | 2*229          | 11,2      | 117           | 30                |
| Hong Kong Mass Transit Tunnel       | Hong Kong (1979)      | 14            | 100              | 1400           | 6,5       | 13,1          | 24,24             |
| Keiyo Line Daiba Tunnel             | Tokyo port Japan,1980 | 7             | 96,6             | 672            | 8,05-8,6  | 12,2<br>17,53 | 23,9              |
| Kaohsiung Croo Harbour              | Kaohsiung Taiwan,1984 | 6             | 120              | 720            | 9,35      | 24,4          | 23                |
| Goldborgaund Tunnel                 | Denmark,1982          | 2             | 230              | 460            | 7,6       | 20,6          | 13.8              |
| Eastern HarBur Crossing             | HongKong 1989         | 15            | 122-128<br>126,5 | 1859           | 9,5       | 35            | 27                |
| Tokyo Port Seaside Road Tunnel      | Tokyo,Japan           | 11            | 120-125,2        | 1328,8         | 10        | 32,2          | 29,2              |
| Marmaray Boğaz Tube Tunnel          | İstanbul Türkiye      | 11            | 135-110-98,5     | 1387           | 8,6       | 15,3          | 60,46             |

### 3. MARMARAY BC1 GÜZERGAHI VE İNŞAAT YAPILARI

Marmaray BC1 hattı Kazlıçeşmede TCDD istasyonu civarında başlayıp Aksaray-Sirkeci ekseninde devam ederek boğazın Anadolu yakasında Üsküdar üzerinden geçerek Ayrılıkçeşme civarında son bulmaktadır. Güzergah Kazlıçeşme civarında bir hemzemin istasyon yapısıyla başlayarak Yedikule bölgesine kadar hemzemin, köprü ve U tipi inşaat yapılarıyla devam etmektedir. Yedikule istasyonu civarında birbirine paralel “tünel delme makinası” (TBM) ile açılacak olan paralel-ikiz, prefabrik betonarme segmentli tünel inşaat yapıları başlamaktadır. TBM segmentli tünelleri Yedikule bölgesinde başlayıp Yenikapı aç-kapa yapısına kadar devam etmektedir. Yenikapı aç-kapa yapısı yaklaşık 700 m uzunluğunda ve Aksaray-Havaalanı ve Yenikapı-Taksim metro hatları için transfer yapılarını da kapsayan Yenikapı yeraltı istasyon yapısı bu bölümde yer almaktadır. Yenikapı aç-kapa yapısından itibaren Sarayburnu bölgesine kadar tarihi yarım adayı baştan sona birleştirerek olan inşaat yapısı yine segmentli ikiz tünel yapısı olacaktır. Sirkeci bölgesinde delme tünel tekniği ile inşa edilecek olan yeraltı istasyonu bulunacaktır. Sirkeci yeraltı istasyonuna ulaşabilmek için Cağaloğlu civarında ve Sirkeci gar sahası içerisinde yaya girişi yapıları bulunacaktır. Bu iki giriş yapısı arasında istasyona dikey ulaşım yapıları yer almaktadır[3].



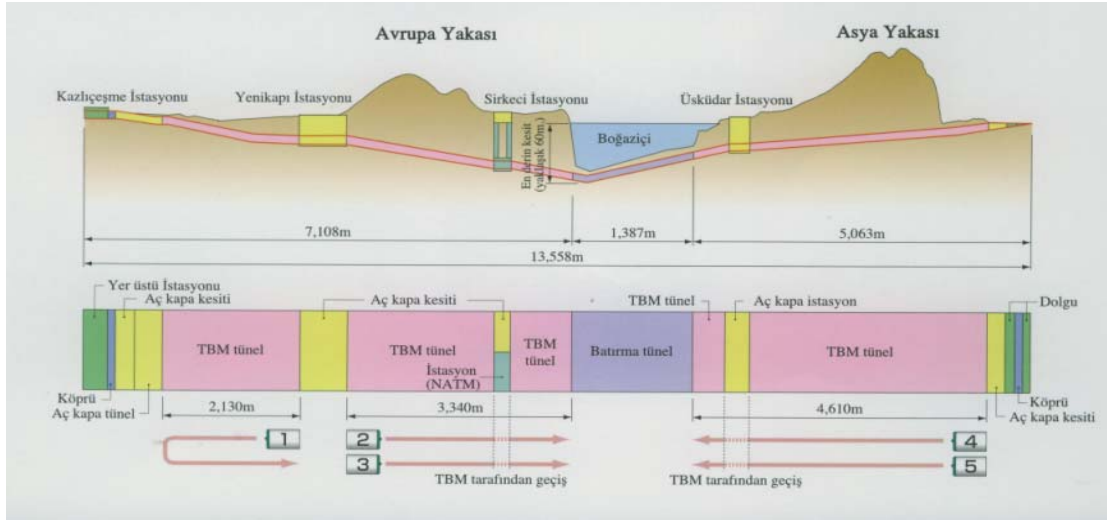
Şekil 3.1. Marmaray BC1 Güzergahı

Daha sonra güzergah Sarayburnu civarında “Batırma Tüp” tekniği ile boğaz dibinde yerleştirilecek olan önceden imal edilmiş yapı elemanlarının Kızkulesi yakınından geçerek Anadolu yakasına kadar yerleştirilmesiyle devam edecek ve bu alanda yine segmentli ikiz tüneller Üsküdar meydanında yerleşecek olan aç-kapa diyafram duvar korumalı Üsküdar yeraltı istasyonu ile buluşacaktır. Üsküdar İstasyonu yapısından itibaren inşaat sistemi makas Tünel bölgesiyle devam etmektedir. Daha sonra yine segmentli ikiz tünellerle güzergah Bülbülderesi, Zeynep Kamil ve Karacaahmet güzergahını izleyerek Ayrılıkçeşme’de Nautilus önlerinde yeryüzüne çıkmaktadır. Bütün delme tünel bölgelerinde yaklaşık her 200 m de bir iki tünel arasında acil durumlar ve servis için yaya geçiş pasajları yer alacaktır. Daha sonra güzergah yarma-dolgu ve hemzemin yapılarıyla devam edecek ve Söğütluçeşme öncesi Arap Mezarlığı civarında mevcut Haydarpaşa-Gebze TCDD hatlarıyla birleşecektir. (Şekil.3.1).

### 3.1. Proje Kapsamında Yer Alan İnşaat Yapıları

Marmaray Sözleşme BC1 güzergahını oluşturan yapıların çok büyük bölümü çeşitli tünel yapım teknikleriyle inşa edilecektir. Bu teknikler genel anlamda aç-kapa, NATM (Yeni Avusturya Tünel Metodu), TBM (Tünel Delme Makinası) ve batırma tüp (Immersed Tube) tünelcilik yöntemlerini kapsayacaktır. İnşaat kapsamındaki ana yapılar, batırma tüp (1387m); TBM tünel (9360 m); NATM Tünel metoduyla inşaa edilecek olan Sirkeci İstasyonu giriş yapı bağlantıları ve acil çıkış şaftları; Aç- Kapa metoduyla inşaa edilecek olan Yenikapı TCDD(260m) ve Yenikapı Tüp (270m), Üsküdar (270m) ve Sirkeci İstasyonu girişleri, yer üstündeki Kazlıçeşme İstasyonu (225m) ve aç kapa tüneller, ve havalandırma binaları oluşturmaktadır. (Şekil 3.2.)

İnşaat uygulamalarına başlamadan önce, güzergahın açık inşaat alanlarında olası yer altı tarihi varlıkları tespit etmek amacıyla arkeolojik araştırma kazılarına Haziran 2004 tarihinde Üsküdar İstasyon alanında başlanmıştır. Daha sonra Yedikule, Yenikapı ve Sirkeci’de de başlanan arkeolojik kazılar, olası mevcut kalıntılara zarar verilmeyecek şekilde uzman arkeologların denetiminde yürütülmektedir



Şekil 3.2. Marmaray BC1 güzergahı ve Yapı Yerleşimleri,

### 3.1.1. İstasyon yapıları

Modern istasyon binaları, her 90 saniyede bir 10 vagonlu trenlerin geleceği zirve saatlerdeki trafik yoğunluğunu karşılayacak ve İstanbul'un tarihi yapısına uyum sağlayacak şekilde dizayn edilmektedir.

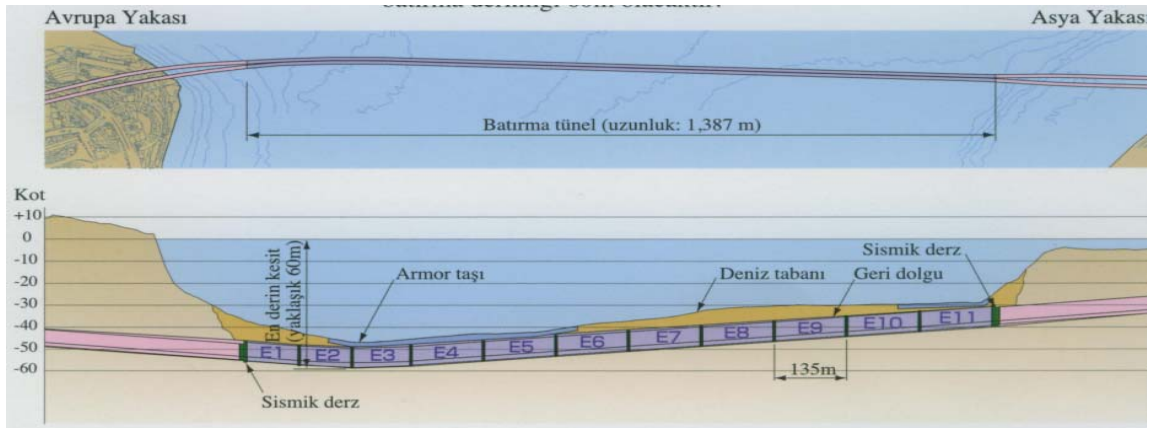
İstasyon binalarında yapılacak olan elektromekanik işler, yüksek gerilim kabloları, trafo merkezleri, acil durum jeneratörleri, aydınlatma sistemleri, güvenlik sistemleri, su temin ve tahliye sistemleri, sıhhi tesisat sistemi, tünel havalandırma ve yangın kontrol sistemleri, yürüyen merdivenler, asansörler ve yürüyen bantlarını kapsamaktadır. Proje kapsamında inşa edilecek olan İstasyon yapıları Kazlıçeşme hemzemin istasyonu, Yenikapı tüp ve TCDD istasyonu, Sirkeci ve Üsküdar istasyonlarıdır. Yenikapı istasyonları kazıklı tahkimat ile hazırlanan kazı alanında, Üsküdar istasyonu diyafram su geçirimsiz tahkimatla açılacak kazı alanında inşa edilecektir. Sirkeci istasyonu ise derin tünel inşaat yöntemiyle inşa edilecektir. Sirkeci istasyonu ulaşım yapıları ise aç-kapa derin tünel yöntemiyle gerçekleştirilecektir[4].

Çizelge 3.1. Marmaray BC1 istasyon yapıları

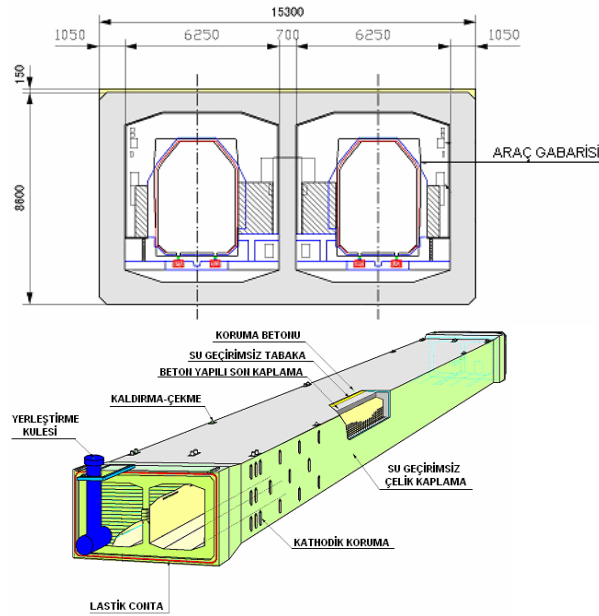
| İSTASYONLAR            | Uzunluk( m) | Özellikler                                           |
|------------------------|-------------|------------------------------------------------------|
| Kazlıçeşme             | 230         | Hemzemin İstasyon                                    |
| Yenikapı ( TCDD )      | 360         | Yeraltı İstasyonu/ Aç-Kapa kazı yöntemiyle yapılacak |
| Yenikapı ( Tüp Tünel ) | 260         | Yeraltı İstasyonu/ Aç-Kapa kazı yöntemiyle yapılacak |
| Sirkeci                | 250         | Yeraltı İstasyonu/ Tünel açma yöntemiyle yapılacak   |
| Üsküdar                | 320         | Yeraltı İstasyonu/ Aç-Kapa kazı yöntemiyle yapılacak |

### 3.1.2. Batırma tüp tünel yapısı

İstanbul Boğazının altında yerleştirilecek olan batırma tüp elemanları ve diğer bölümlerle birleştirme detaylarının toplam uzunluğu 1387 m uzunluğunda olacaktır. Batırma tüp tünel güzergahı Şekil 3.2’de görüldüğü gibi; Avrupa yakasında Sarayburnu’nda başlayıp Kız Kulesinin hemen kuzeyinden geçerek Üsküdar bölgesinde Anadolu yakasına ulaşmaktadır. Batırma tüp tüneli; yerleştirileceği derinlik (58 m) itibarıyla dünyanın en derin batırma tüneli olacaktır. Bu projede 15,3 m genişliğinde, 8,6 m yüksekliğinde, her biri 135 m uzunluğunda (Şekil 3.3.’te görüldüğü gibi) 11 adet eleman Tuzla Fabrikasyon Bölgesi’nde prefabrik olarak imal edilecektir. Her bir eleman batırma ve montaj işlerinin yapılacağı noktaya kadar yaklaşık 40 km gemiler yardımıyla yüzdürülecektir[5].



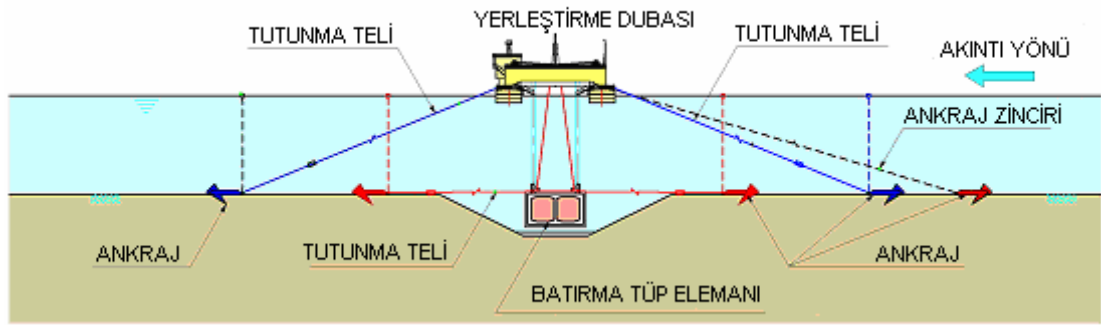
Şekil 3.3. Batırma Tüp Güzergahı ve Prefabrik Tüplerin Yerleştirme Konumu



Şekil 3.4. Batırma Tüp Elemanı

İstanbul boğazında batırma tüp güzergahı boyunca yapılan zemin etüdüleri sonucu zemin koşulları uygunsuz bulunan alanlar beton enjeksiyon yöntemiyle iyileştirilmektedir. Daha sonra batırma tüp elemanlarının yerleştirileceği alanların kazısı tamamlanmaktadır. Tüp yerleştirme işlemi Asya yakasında başlatılarak Avrupa yönüne doğru devam ettirilecektir. Genel olarak uygulama işlem sırası şöyle sıralanabilir:

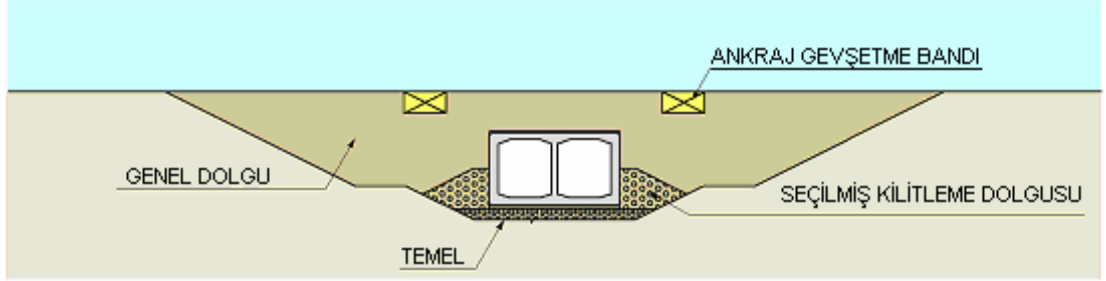
- Batırma yapılacak alanda zemin iyileştirme,
- Batırma tüp elemanlarının imal edilmesi ve yerleştirme alanı kazısının tamamlanması,
- İlk yerleştirmenin ve TBM tünelleriyle birleştirme için geçici iskelenin hazırlanması,
- Yerleştirme alanı temel yapısının hazırlanması,
- Batırma tüp elemanının batırılması ve yerleştirilmesi,
- TBM tünelleriyle yada diğer tüp elemanlarıyla birleşimin yapılması, geçirimsizlik işlemlerinin tamamlanması,
- Geri dolgu işleminin tamamlanması.



Şekil 3.5. Batırma Tüp Elemanının Duba Yardımıyla Yerleştirilmesi

Tuzla'da inşaatı tamamlandıktan sonra yüzdürülerek yerleştirme alanına getirilecek olan iki bölümlü batırma tüp elemanı deniz dibinde daha önceden kazısı tamamlanan boşluklara ağırlaştırılarak batırılacak ve kontrollü bir şekilde proje ekseninde yerleştirilecektir. (Şekil 3.5) Batırma ve yerleştirme işlemi bu amaçla özel olarak imal edilmiş olan duba üzerinden askı telleri yardımıyla kontrollü biçimde gerçekleştirilecektir. Akıntı nedeniyle oluşacak konum değişikliklerini önlemek için duba deniz dibine ankrajlanmaktadır. Batırma işlemi sırasında RTK-GPS ölçümleri ve özel multibeam ölçüm donanımı kullanılarak tüp tünelin tasarlanan proje konumunu alması sağlanmaktadır. İlk tüp elemanının yerleştirilmesi için bu amaçla geçici olarak kıyıda TBM tünelle birleşim bölümünde inşa edilecek olan iskeleden yararlanılmaktadır. Yerleştirme işleminden sonra batırma tüp elemanları uç uca getirilerek birleştirilecek ve geçirimsizlik için gerekli işlemler tamamlanmaktadır. Bu

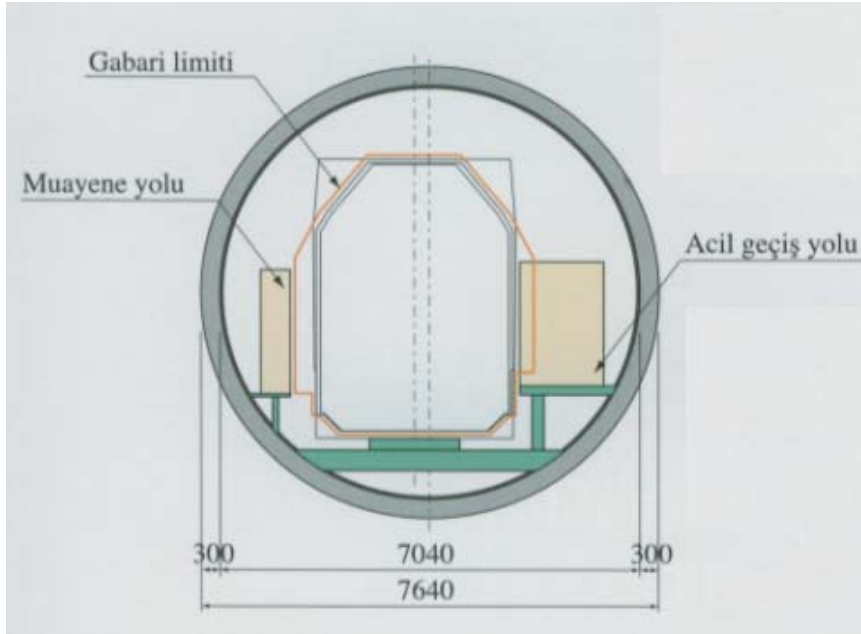
arada batırma t p elemanları sabitleştirilerek kanal yeniden doldurulduktan sonra üzerinde gerekli koruma tabakası oluşturulmaktadır.(şekil 3.6.)



şekil 3.6. Yerleştirme Sonrası Batırma T p Elemanı En Kesiti

### 3.1.3. Delme tünel yapıları

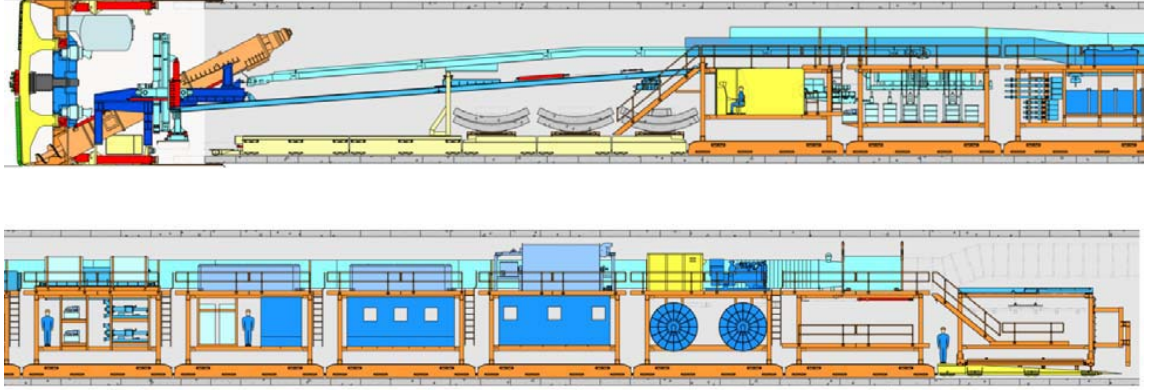
Ayrılıkçeşme-Üsküdar-Boğaz arası ve Yedikule-Yenikapı-Sirkeci-Boğaz arasındaki tüneller genellikle TBM ile açılacak olup, bu işler için 5 adet TBM aynı anda kullanılacaktır. Bu yöntemde TBM makinası kazı işlemini yaparken, tünel duvarına kalıcı prefabrik betonarme segmentler yerleştirilecektir. Yaklaşık olarak 18 720 m uzunluğunda yapılacak kazıda toplam 13 000 adet i  çapı 7 040 mm olan ringler kullanılacaktır. (Sekil 3.7.) TBM tünelleri arasında her 200 m de bir NATM metoduyla acil durumlar ve servis hizmetleri için kullanılmak üzere yaya tünelleri yapılacaktır. NATM ve geleneksel tünel yapım yöntemleri kullanılarak Sirkeci istasyonu yaya ulaşım tünelleri ve istasyon düşey şaftları ile Üsküdar istasyonu sonrasında makas tünelleri inşa edilecektir[6].



Şekil 3.7. TBM Tünel Tip Kesiti

Yedikule-Yenikapı tünellerinin yapımı için bir adet EPB (Zemin Denge Basınçlı) tipi LOVAT TBM ve diğer tünellerin yapımı için 4 adet Slurry tip HITACHI Zosen TBM makinasının kullanılması planlanmıştır. Kullanılacak TBM sistemleri; kazıcı kafa ile kazı işlemini tamamladıktan sonra kazılan malzemeyi dışarıya nakletmektedir. Aynı zamanda tünel içerisine nakledilen prekast segment gruplarının kazılan yerlerde montajını da yaparak geçirimsizlik için enjeksiyon uygulayabilmektedir. Kazı ve segment yerleştirme sürecinde TBM şildi ve basınç sistemleriyle de zemin stabilitesini korumaktadır. (Şekil3.8.) TBM sistemlerinde, tüm uygulama parametreleri digital olarak izlenmekte ve yönlendirme için özel bir alet ve yazılım kombinasyonu klasik ölçmelerle desteklenmektedir[7].

Çizelge 3.2. TBM Tünel Yapıları



Sekil 3.8. Marmaray BC1 Projesi Tünellerinin Yapımı İçin Kullanılacak TBM Planı



Sekil 3.9. Marmaray BC1 Projesi İçin Kullanılacak Olan Makinaların Benzeri Bir Lovat TBM

### 3.1.4. Proje kapsamındaki diğer yapılar

Proje kapsamında yer alan diğer yapılar; hemzemin, U-kesit yapılar, aç-kapa yapılar ve köprüler olarak sıralanabilir. Bu yapılar ve diğer inşaat aktiviteleri aşağıda Çizelge3.3 de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Proje Kapsamındaki Diğer İnşaat Yapıları

| HEMZEMİN,U-KESİT, AÇ-KAPA KISIMLAR    | Uzunluk (m)         | Yapı Özellikleri                       |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| Kazlıçeşme-Yedikule                   | 670                 |                                        |
| Yenikapı TCDD ve Tüp Tünel İst. Arası | 120                 |                                        |
| Ayrılıkçeşme                          | 443                 |                                        |
| KÖPRÜLER                              |                     |                                        |
| Yedikule demiryolu köprüsü            |                     | Çelik                                  |
| Yedikule karayolu köprüsü             |                     | Betonarme / Öngermeli                  |
| Ayrılıkçeşme demiryolu köprüsü        |                     | Çelik                                  |
| Ayrılıkçeşme karayolu köprüleri       |                     | Betonarme / Öngermeli                  |
| RAY İŞLERİ                            | 2 X 13.560<br>(Hat) | Raylar, makaslar ve tespit elemanları. |

#### 4. İSTANBUL VE ULAŞIM



Resim 4.1. İstanbul ve Ulaşım

Bir dünya kenti olan İstanbul İli, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yapılan 2007 yılı Nüfus Sayımına göre 12 573 836 kişilik nüfusuyla Türkiye'nin en büyük yerleşim, sanayi, kültür, ticaret ve eğitim merkezidir.

Ülkemizin ekonomik üretiminin beşte biri bu ilimizde gerçekleştirilmektedir.

İki kıtaya yayılan İstanbul'da, toplam ulaşım içinde kara taşımacılığı yüzde 90 ile aslan payına sahiptir. Demiryolu taşımacılığının payı yüzde 7 ve deniz taşımacılığının payı ise yüzde 3 civarındadır.

İstanbul nüfus yoğunluğuna da bağlı olarak, Türkiye'de araç sayısının en yüksek olduğu ildir. Karayolları Bölge Müdürlüğünden alınan bilgiye göre 2007 yılı itibariyle kayıtlı araç sayısı 2 538 742 olup, Boğaz Köprülerinden günde toplam 403 712 araç geçiş yapmaktadır.

Kentin ana akslarında ve çalışma alanlarının yer aldığı Avrupa yakası ile konut ağırlıklı Anadolu yakası arasındaki Boğaz geçişlerinde ulaşım, kentlilerin günlük yaşantısında büyük zaman kayıplarına yol açmaktadır.

Ulaşımında tüketilen zaman, akaryakıt, ortaya çıkan kazalar, olumsuz hava ve gürültü etkileri hem kentin, hem de kentlilerin sağlığını ciddi bir şekilde tehdit etmektedir.

İstanbul'un iki yakasının ulaşım sorununun çözümü için inşa edilen köprüler, kent ulaşım sistemini karayoluna ve özel ulaşımına bağımlı hale getirmiştir.

İstanbul'un ulaşım sorunlarının çözümü için gerekli olan yüksek kapasiteli toplu taşıma çözümleri de bugüne kadar geliştirilememiştir.

İstanbul'un kentsel yaşantısını sağlıklı olarak sürdürebilmesi, kentlilere çağdaş bir kent yaşamı ve kentsel ulaşım olanakları sunabilmesi, kentin doğal tarihi özelliklerinin korunabilmesi için, elektrik enerjisi kullanarak çevreyi kirletmeyen, bireysel ulaşım ve karayoluna bağımlılığı azaltan, yolları otopark alanına dönüştürmeyen kalıcı çözümlerin geliştirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir [1].

#### **4.1. Marmaray Projesi Anahat İşletme Planı**

Marmaray Projesi kapsamında Gebze-Halkalı arasındaki mevcut demiryolu çift hattının tamamen yenilerek ve iyileştirilerek 3. hat ilavesi ile Metro sistemine dönüştürülmesi, bu 3 hattın Avrupa yakasında Kazlıçeşme'den, Anadolu yakasında da Söğütluçeşme'den itibaren çift hatta düşürülerek yeraltından kara tünelleriyle İstanbul Boğaz'ına eriştirilmesi ve Boğaz geçişinin de gene çift hat olarak batırma tünelle sağlanması hedeflenmiştir;

Üç Hattan ikisi üzerinde Metro (banliyö) işletmesi yapılacak, üçüncü hat üzerinde ise şehirlerarası yolcu ve yük trenleri çalışacaktır. Bu sayede İstanbul yaklaşık 76 km uzunluğunda bir doğu-batı aksı metrosuna kavuşacaktır.

Marmaray Projesinde, Boğaz geçişinde bir yönde saatte 75 000 yolcu taşınması öngörülmüştür.

Yapılan Ulaşım Etüdü sonucunda, Gebze-Halkalı arasındaki toplam 41 adet (İbrahimağa istasyonu İBB tarafından inşa edilecektir) istasyon için inen binen yolcular ve link yolculuk değerleri tespit edilmiş ve buna bağlı olarak da. Tren işletim aralıkları sektörlere göre tespit edilmiştir. İşletme aralıkları aşağıda verilmiştir:

Halkalı- Ataköy: 7 tren/saat

Ataköy-Yenikapı: 13 tren/saat

Yenikapı-Söğütlüçeşme: 26 tren/saat

Söğütlüçeşme-Pendik: 13 tren/saat

Pendik-Gebze: 7 tren/saat

Metro trenleri 10 ve 5 araçlı dizilerden oluşacaktır ve toplam 440 araçlık bir filo öngörülmüştür.

Metro sisteminin depo ve bakım alanları, Maltepe ve Halkalı’da olacaktır. Trenlerin beklemesi için gare alanları tahsis edilecektir ve bunlar Yeni Mahalle’de ve Pendik’te planlanmıştır.

Şehirlerarası trenler için işletim planı ise saatte bir yönde 3 tren olarak öngörülmüştür. Hazırlanan 30 yıllık bir işletim tahmini çerçevesinde 2025 yılı için hedeflenen şehirlerarası trenler, Ankara-İstanbul hızlı trenleri ve yük trenleri sayısı göz önüne alınarak tek hattın yeterli olacağı sonucuna varılmıştır(TCDD’ye mevcut 2 hat yetmez iken, tek hattın “demiryolları geliştiriyor” söylemi dahilinde yeteceğini iddia etmek kabul edilebilir bir değer değildir.)

Şehirlerarası trenlerin tek hat üzerinde çift yönlü işletim yapabilmesi için yaklaşık her 4 km’de bir siding dediğimiz öne geçme hatları projelendirilmiştir. Güzergah üzerinde 12 adet siding hattı olacaktır.

7 adet transfer istasyonu ile Şehirlerarası tren yolcusunun Metro sistemine entegrasyonu sağlanacaktır. Gebze, Pendik, Maltepe, Bostancı, Söğütlüçeşme,

Bakırköy ve Halkalı’da transfer istasyonları öngörülmüştür(Bu veriden Adapazarı Ekspresi gibi bölgesel trenlerin devre dışı bırakılacağını görmek mümkündür).

Metro işletmesinin sabah 06:00 ile akşam 24:00 arasında yapılması planlanmaktadır.

Metro işletmesinin devam ettiği gündüz saatlerinde Şehirlerarası trenler kendilerine tahsis edilen üçüncü hattı kullanabileceklerdir. Ancak gece boyunca, hat bakımının yapılması gereken durumlarda, Şehirlerarası trenler diğer iki hat üzerinde de çalıştırılabilecektir.

Pik saatler süresince, (06:00-09:00 ve 17:00-19:00) arasında Şehirlerarası trenler Boğaz Tüp geçişinden geçemeyeceklerdir, sadece gece saatlerinde tüpten geçebilecektir(Dikkatli okunduğunda, pik saat olarak adlandırılan saatler, toplamda 5 saat olmasına rağmen, TCDD araçlarının sadece gece saatlerinde tüpe gireceği söylenmektedir. Bu durum dahilinde, TCDD’nin tüpü kullanmasına izin verilmeyeceğini söylemek, yerinde bir yorum olacaktır.).

Gebze ve Halkalı’da Şehirlerarası trenleri için depo ve bakım alanları tahsis edileceğinden, şehirlerarası trenler burada garelenebilecek ve tüm trenlerin Asya-Avrupa bağlantısı yapmaları gerekmeyecektir. Yaklaşık 2 dakika arayla çalışacak metro sistemine yolcu aktarımı sağlanacak ve trenlerin gereksiz yere işletme maliyetlerinin artması engellenecektir(Bir önceki maddenin ne anlama geldiği, bu maddedeki yorumdan daha iyi anlaşılabilir).

Projenin gerçekleştirilmesi ile birlikte;

Ana hat demiryolu işletmeciliğindeki mevcut işletme sorunları giderilecektir,

Kenti bir uçtan bir uca geçen ancak yeterince kullanılmayan bu ulaşım altyapısında daha yüksek bir kapasite sağlanarak kent içi ulaşım sorunlarına ciddi çözümler getirilecektir,

Banliyö hatlarındaki mevcut saatlik tek yön kapasite 10 000 dir. 63 km. lik banliyö hatlarının üç hatta çıkartılarak yüzeysel metroya dönüştürülmesi ile bu kapasite 2 dakika aralıklarla işletilecek trenler ile saatte tek yönde 75 000 kişiye çıkarılacak olup ana hat yük ve yolcu trenlerinin bu hattı kullanması sağlanacaktır,

Güzergah üzerindeki tarihi eserler Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurullarının tespit ettiği alanlarda korunmakta olup yapıların durumları veya yapım işi uzman kişilerin gözetiminde yürütülmektedir(Bu ifade ve yorumu, DLH Marmaray Bölge Müdürlüğü 27.08.2008 tarihli kendi yazısı ile yalanlamaktadır. Çünkü DLH Genel Müdürlüğünün bu yazısına göre, 28 tane istasyon binası yıkılacaktır, bunların içinde birçoğu tescilli yapıdır. Haricindeki 14 istasyon binası ise, ya devre dışı dışı bırakılacak yada kentsel dönüşüm projeleri kapsamında yağmalanacaktır. İstanbul I Nolu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü ise, 15.10.2008 tarih ve 705 sayılı yazısı ile DLH Marmaray Bölge Müdürlüğünün, kurulun bölgesindeki istasyonlar için 01.09.2008 tarih ve 6617 sayılı yazı ile başvuru yaptığını doğrulamıştır)

İş kapsamında istasyonlar yenilenecek ve 37 istasyonda otopark ve otobüs durağı düzenlenecek ve özel araçların istasyonlara erişimleri sağlanacak, ayrıca yolcuların ring seferleri ile diğer sistemlere ve merkezlere aktarımları sağlanacaktır,

Her istasyonun doğayla uyumlu peyzaj düzenlemeleri yapılacaktır.

Mevcut depo sahaları yeni araç filosuna göre yeniden yapılandırılacak, bu kapsamda Gebze ve Halkalı ana depo sahaları olmak üzere geceleme ve kısa dönüşler için ara terminaller ve tali hatlar oluşturulacaktır(TCDD'ye araçlarının Gebze ve Halkalı'yı geçemeyeceğinin başka bir kanıtı da bu maddedir)

Sinyalizasyon ve haberleşme son teknolojiye uygun olarak tamamen yenilenecek, merkezi kontrol sistemi Maltepe'de yeni yapılarak, İşletme Kontrol Merkezi binasında olacaktır

Yenikapı istasyonu, Tüp Tünel, Metro, Hafif Raylı Sistem, Deniz Otobüsü ve Ana Hat Yolcu trenlerine aktarma yapılabilecek şekilde inşa edilecektir

#### 4.2. Yolculuk Süreleri ve Mesafeler

Marmaray Demiryolu Projesi'nin güzergahı, İstanbul Boğaz Geçişi hariç olmak üzere, mevcut banliyö demiryolu hattının güzergahına benzerlik göstermektedir. Halkalı ile Kazlıçeşme ve Söğütlüçeşme ile Gebze arasındaki mevcut istasyonların çoğu bugünkü yerlerinde kalacak; fakat binalar revizyon ve onarımdan geçirilecek veya tamamen yeni binalar inşa edilecektir.

Bunlara ek olarak, Yenikapı, Sirkeci ve Üsküdar'da yeni yeraltı istasyonları inşa edilecek ve demiryolu teknolojisi, modern sistemler ve demiryolu araçları kullanılarak iyileştirilecektir.

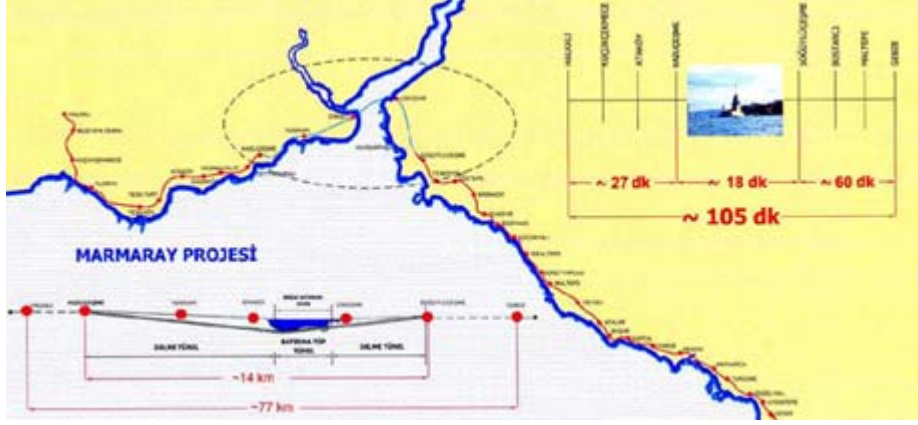
Halkalı'dan Gebze'ye bir yolculuk, Sirkeci'den Haydarpaşa'ya feribotla geçiş dahil olmak üzere, tipik koşullar altında 185 dakika sürmektedir. İyileştirilmiş banliyö demiryolu sistemi hizmete açıldığında, bu yolculuk 105 dakika sürecektir. Bir başka ifadeyle yolcular, bu yolculuktan 80 dakika zaman kazanacaklardır.

Yukarıda belirtilen durum dahil olmak üzere, yolculuk süresi ile ilgili diğer örnekler, aşağıda liste halinde sunulmuştur:

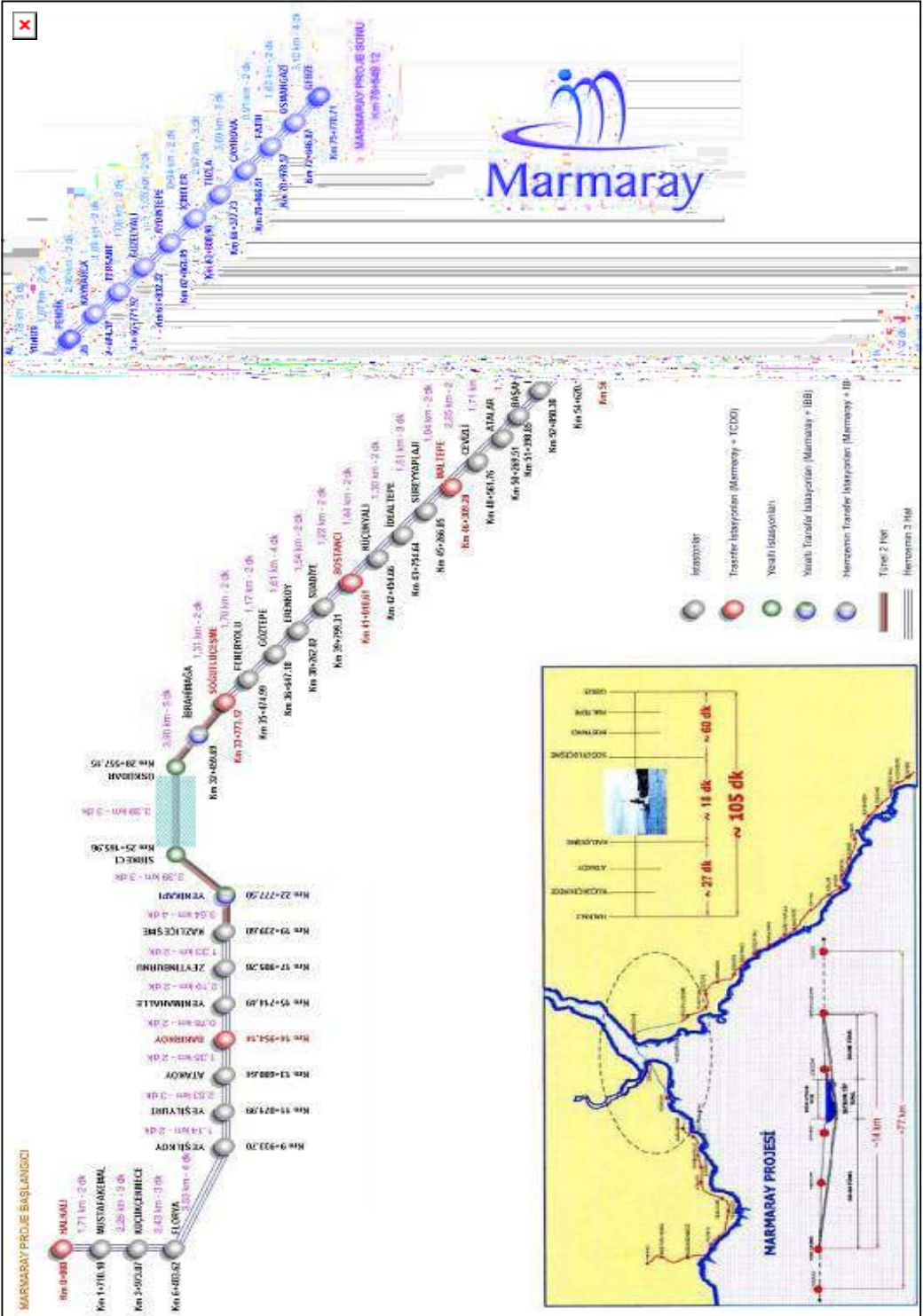
- Gebze ve Halkalı arası 105 dakika
- Bostancı ve Bakırköy arası 37 dakika
- Söğütlüçeşme ve Yenikapı arası 12 dakika
- Üsküdar ve Sirkeci arası 4 dakika

Sistemin hizmete açılacağı yılda, zamandan elde edilecek toplam tasarrufun yaklaşık 13 milyon saat olacağı hesaplanmıştır; 2015 yılı itibariyle elde edilecek olan toplam zaman tasarrufu, yaklaşık 25 milyon saat olacak ve sistemlerin kapasitesi tamamen kullanılabilir hale geldiğinde, elde edilecek zaman tasarrufu yılda yaklaşık 36 milyon

saat veya tüm dünya genelinde her gün insanlar tarafından kazanılan yaklaşık 100 000 saat (11,4 yıl) olacaktır!



Şekil 4.1.Yolculuk süreleri ve mesafeler



Şekil 4.2. Yolculuk süreleri ve mesafeler

#### 4.3. Marmarayla Entegre Olacak Diğer Raylı Sistemler

Marmaray Projesi İstanbul'un genel trafik sisteminin bir parçası olarak planlanmıştır ve İstanbul Raylı Sisteminin belkemiğini oluşturacaktır.



Harita 4.1. Marmaray Projesinin güzergahı

Marmaray Projesinin güzergahı, Batıda Halkalı ile doğuda Gebze arasında uzanan turuncu renkli bağlantı ile gösterilmiştir. Diğer hatlar, İstanbul şehrindeki etkin ve rahat ulaşım modlarını temsil edecek olan mevcut veya planlanan demiryolu bağlantılarını göstermektedir.

Marmaray Projesi, 1985 yılında İstanbul'un genel trafik sisteminin bir parçası olarak planlanmıştır ve halen yapım aşamasında olan Metro Projesi, bu sistemin çok önemli bir başka parçasını oluşturmaktadır. Marmaray Projesi, batı/doğu koridorunu oluşturacaktır; Metro Projesi ise Avrupa yakasındaki kuzey/güney koridorunu oluşturacaktır.

Bu iki proje tamamlandıktan sonra Yenikapı istasyonu, İstanbul'un Avrupa yakasındaki en önemli aktarma istasyonlarından biri haline gelecektir; Asya yakasında ise Üsküdar istasyonu aynı öneme sahip olacak ve aynı işlevi görecektir. Her iki istasyonda, otobüs yolcuları, feribot yolcuları, hafif raylı sistem trenlerini (HRS) ve tramvay hatlarını kullanan yolcular ve yayalar için gerekli aktarma tesisleri bulunacaktır.

Aşağıda belirtilen ulaşım sistemleri, Marmaray Projesi ve Metro Projesi ile entegre edilecek veya edilebilecektir:

Çizelge 4.1. Marmaray Projesi istasyonlar ve bağlanan demiryolu sistemi hattı

| <b>Marmaray Projesi İstasyonlar</b> | <b>Bağlanan Demiryolu Sistemi Hattı</b>                                                            |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yenikapı                            | Metro Sistemi (Yenikapı-Taksim-Şişli -4.Levent-Ayazağa)                                            |
| Yenikapı                            | Yenikapı Ayazağa Metrosunun bir uzantısı olan metro sistemi (Yenikapı-Bağcılar-Mahmutbey-İkitelli) |
| Yenikapı                            | (HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Yenikapı-Otogar-Yenibosna-Atatürk Havalimanı)                    |
| Yenikapı                            | (HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Yenikapı-Otogar-Bağcılar)                                        |
| İbrahimağa                          | Metro Sistemi (Kadıköy-Kartal)                                                                     |
| Üsküdar                             | (HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Üsküdar-Ümraniye)                                                |
| Küçükçekmece                        | (HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Bakırköy-Avcılar-Beylikdüzü)                                     |
| Sirkeci                             | Tramvay sistemi (Kabataş-Eminönü-Zeytinburnu)                                                      |



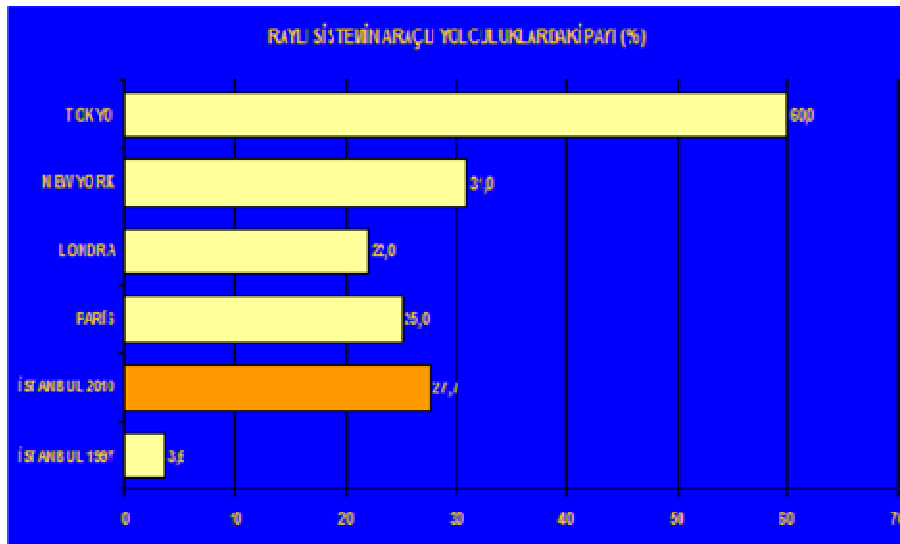
Resim 4.2. Taksim istasyonunun yeraltındaki peron alanından tipik bir iç görünüş



Resim 4.3. Tipik bir yerüstü istasyon alanı olan Kartaltepe istasyonu

#### 4.4. Yolculuk Talepleri

Şekil 4.3. Yolculuk talepleri



Yukarıdaki grafikte İstanbul'da 1997 yılında, toplam araçlı yolculuklar içinde % 3,6 olan demiryolu ulaşımının payı Marmaray Projesinin ve Ulaşım Ana Planı'nda yer

alan diğer raylı sistem projelerinin hizmete girmesi ile 2010 yılında % 27,7 oranına ulaşarak Paris ve Londra gibi dünya kentlerini geride bırakacaktır.

Dünya genelindeki büyük şehirlerde demiryolu sistemlerinin etkinliği, genellikle toplam yolculuk sayısına karşılık, demiryolu ve metro sistemleriyle yapılan tüm yolculukların yüzdesi ile ölçülmekte ve izlenmektedir.

Birkaç yıl önce bu yolculuk yüzdesi, Tokyo'da %60, New York'ta %31, Londra'da %22, Paris'te %25 iken, bu oran İstanbul'da sadece %3,6 idi. Bu rakamlar açıkça gösteriyor ki İstanbul'da insanlara günlük ulaşım ihtiyaçları çerçevesinde etkin tren sistemlerini kullanma imkanının sunulabilirliği açısından değerlendirildiğinde, ciddi düzeyde geciktirilmiş iş yükü bulunmaktadır. Marmaray Projesi tamamlandığında ve insanlar yeni sistemleri kullanmaya alıştıklarında, bu yüzdenin yaklaşık olarak %28 oranına yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu gerçekleştiği takdirde, İstanbul'un ulaşım etkinliği ve çevresel çözümleri, dünya genelindeki diğer büyük şehirlerle karşılaştırılabilir düzeye erişecektir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de altyapı ve ulaşım projelerinin temeli, bu projelerin hayata geçirilmesinden itibaren kimlerin ve ne ölçüde kullanacağını belirlenmesidir. Bunu tespit etmek daha doğrusu tahmin etmek amacıyla da geçmişe ve bugüne ait veriler toplanarak ve potansiyel kullanıcılarla yani kent halkı ile yapılan anket sonuçları yorumlanarak bu güne kadar gelişimin nasıl bir trend izlediği bazı matematiksel işlemlerle ifade edilmeye çalışılır. Trafik Modeli yada Ulaşım Modeli diye adlandırılan bu matematiksel işlemler, daha sonra da gelecek yıllar için uygulanır ve gelecekteki kullanıcı sayıları tahmin edilmeye çalışılır.

Marmaray Projesi için de böyle bir çalışma yapılmıştır. İlk olarak 1985 yılında yapılan çalışma, daha sonra kentin gelişimine paralel olarak 1996 yılında hazırlanan İstanbul Ulaşım Ana Planına (IUAP) göre revize edilmiştir. Yine 2002 ve 2003 yıllarında yeni toplanan verilere dayanarak geçmişte yapılan tahminlerin geçerliliğini ortaya koymak üzere çalışma tekrar revize edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ulaşım modeline göre, Marmaray Projesinin potansiyel kullanıcı kitlesini oluşturan İstanbul Metropolitan Alanı mahalle bazında 211 bölgeye ayrılmış ve her bölge için nüfus, işgücü ve öğrenci sayıları bilgileri toplanmıştır. Kentin ana karayolu ulaşım şebekesi modeli oluşturup bölgeler bu şebekeye uygun bir şekilde bağlanmış ve böylece kentin ana ulaşım iskeleti ulaşım modelinde oluşturulmuştur. Daha sonra, kentin mevcut toplu taşıma sistemi hakkındaki bilgiler toplanmıştır. Mevcut toplu taşıma sistemine ait; güzergahlar, yoğun ve yoğun olmayan saatlerdeki işletme sıklıkları, ücretler, ortalama ticari hız gibi bilgiler sayısal kodlara dönüştürülerek bölgeler bazında ulaşım modeline girilmiş böylece bölgeler arasındaki seyahat süreleri ve seyahatin maliyeti tahmin edilmeye çalışılmıştır. 1995 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesince hazırlanan 2010 yılı arazi kullanım planı çerçevesindeki gelişmeler temelinde 2009-2030 dönemi için bölgelere ait nüfus, işgücü ve öğrenci sayıları tahmin edilmiştir.

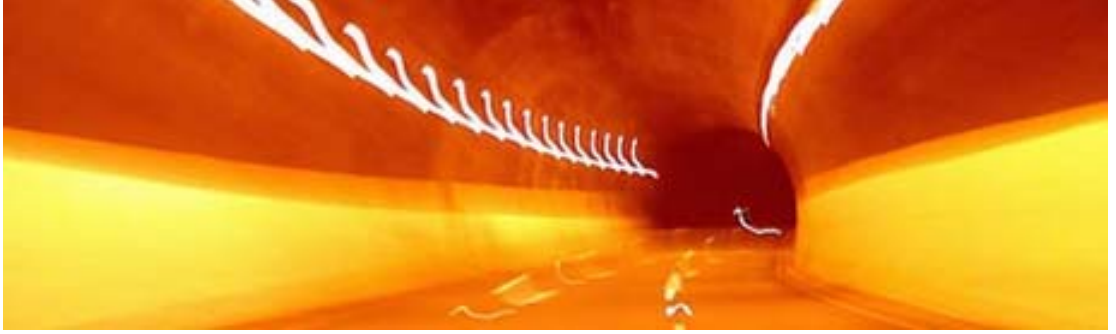


Harita 4.2. İstanbul Ulaşım Ana Planında yer alan Trafik Bölgeleri (1996)

Yine geçmiş verilere ve tahmin edilen gelecekteki sosyal, kültürel ve ekonomik gelişmelere dayanarak; gelecek yıllar için araçlı yolculuklar bazında kişi başına düşen yolculuk miktarı oranları tahmin edilmiştir. 2000 yılında İstanbul'da kişi başına düşen araçlı yolculuk miktarı 1,00 iken; bu değer 2010 yılına kadar hızlı bir artış içinde olacağı, 2010 yılından sonra ise daha yavaş bir ivme ile artışını sürdüreceği ve 2030 yılında 1,30 seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu şu anlama gelmektedir; 2000 yılında İstanbul'un nüfusu yaklaşık 10 milyondur ve kentte her gün 10 milyon araçlı yolculuk yapılmaktadır. Projeksiyonlara göre 2010 yılında

nüfusun 13,3 milyon ve araçlı yolculuk oranının 1,20 olması tahmin edilmekte; bu da günlük yaklaşık 16 milyon araçlı yolculuk demektir. 2030 yılı için ise nüfus tahmini 19 milyon ve araçlı yolculuk oranı 1,30 tahminine göre günlük araçlı yolculuk miktarı 24,7 milyon seviyesinde olacaktır. Görüldüğü üzere nüfus artışının yanında hareketliliğin de artması ile 2030 yılında İstanbul'da beklenen günlük araçlı yolculuk miktarı 2000 yılına göre % 150 oranında bir artış gösterecektir. Marmaray Projesi artan yolcu talebini karşılayabilecek önemli bir alternatifidir.

#### 4.5. Tüneller ve Deprem



Şekil 4.4. Tüneller ve deprem

İstanbul, doğudan Marmara Denizindeki Adaların güneybatısına doğru uzanan Kuzey Anadolu Fay Hattından yaklaşık 20 kilometre uzaklıktadır. Bu nedenle proje alanı, büyük bir deprem riskinin dikkate alınmasını gerektiren bir bölgede yer almaktadır.

Dünya genelinde benzer tipte birçok tünelin -bu bölgede beklenen büyüklüğe benzer büyüklükte- depremlere maruz kaldıkları ve bu depremleri büyük hasar görmeden atlattıkları bilinmektedir. Japonya'daki Kobe Tüneli ve ABD'nin San Francisco şehrindeki Bart Tüneli, bu tünellerin ne kadar sağlam inşa edilebildiklerini gösteren örneklerdir.

Marmaray Projesinde, mevcut verilere ek olarak, jeolojik, jeoteknik, jeofizik, hidrografik ve meteorolojik etüt ve araştırmalardan ek bilgi ve veriler toplanacaktır

ve bu veriler, en yeni ve modern inşaat mühendisliği teknolojileri kullanılarak inşa edilecek olan tünellerin tasarımı ve yapımı için temel teşkil edecektir.

Buna bağlı olarak bu proje kapsamındaki tüneller, bölgede beklenebilecek olan en yüksek şiddetteki bir depreme karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanacaktır.

İzmit Bolu bölgesinde 1999 yılında yaşanan sismik olay sonucu elde edilen en son tecrübeler özümlemiş ve bu deneyimler, İstanbul Boğaz Geçişi Demiryolu Projesinin tasarımının dayandığı temellerin bir parçasını oluşturacaktır.

Yapılan çalışma ve değerlendirmelere en iyi ulusal ve uluslararası uzmanlardan bazıları katılmıştır. Japonya ve Amerika'daki deprem Bölgelerinde daha önceden birçok benzer tünel inşa edilmiştir ve bu nedenle özellikle Japon ve Amerikalı uzmanlar, tünellerin tasarımında karşılanması gereken şartnameler dizisinin geliştirilebilmesi için, Türkiye'deki bilim adamları ve uzmanlarla çok yakın bir işbirliği içerisinde çalışmaktadır.

Türk bilim adamları ve uzmanlar, potansiyel sismik olayların özelliklerinin tanımlanması üzerinde yoğun olarak çalışmaktadırlar; ve bugüne kadar Türkiye'de toplanan ve tarihsel verilere dayanan tüm bilgiler – İzmit Bolu Bölgesinde 1999 yılında yaşanan olaydan elde edilen en son veriler dahil olmak üzere – analiz edilmiş ve kullanılmıştır.

Japon ve Amerikalı uzmanlar, bu veri analizi çalışmasına yardım etmiş ve ilgili faaliyetleri desteklemişlerdir; bu uzmanlar, ayrıca tüneller ve diğer yapı ve istasyonlardaki sismik ve esnek derzlerin tasarımı ve yapımı ile ilgili geniş kapsamlı tüm bilgi ve tecrübelerinin Yükleniciler tarafından karşılanması öngörülen şartnamelerin kapsamına dahil edilmesini sağlamıştır.

Büyük depremler, tasarım kapsamında bu tür depremlerin etkilerinin yeterli düzeyde dikkate alınmaması durumunda, büyük altyapı projelerinde ciddi düzeyde zarara neden olabilmektedir. Bu nedenle Marmaray Projesinde en gelişmiş bilgisayar

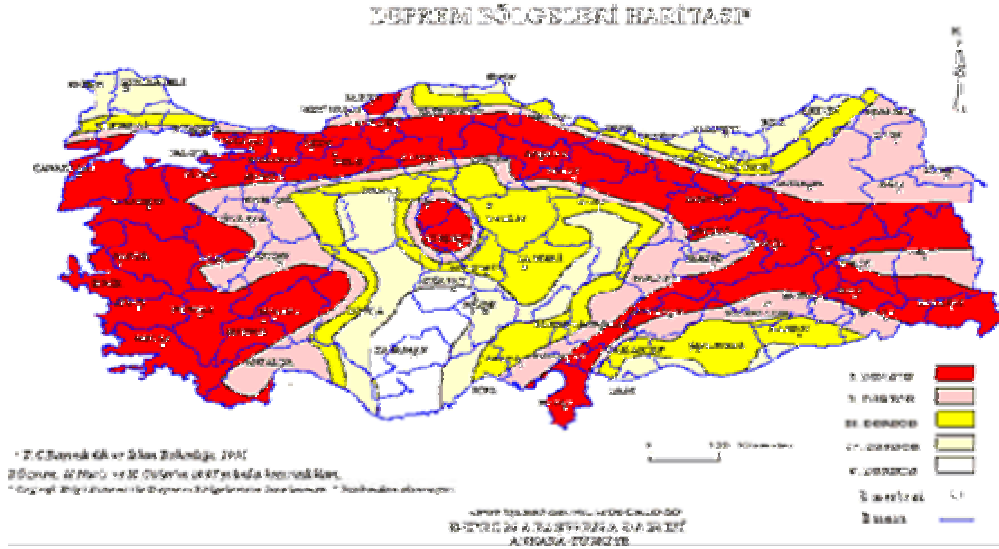
tabanlı modeller kullanılacak ve Amerika, Japonya ve Türkiye'den en iyi uzmanlar, tasarım sürecine katılacaklardır.

Böylece Avrasyaconsult organizasyonunun bir parçasını oluşturan uzmanlar ekibi, en kötü senaryo koşullarının (yani Marmaray bölgesinde çok büyük bir depremin) oluşması durumunda, bu olayın o sırada tünellerden geçen veya tünellerde çalışan insanlar için bir afete dönüşmesinin önlenmesini sağlamak amacıyla, Yüklenicilere bağlı tasarımcılar ve uzmanlardan oluşan ekiplere destek olabilecek ve bu konu ile ilgili tavsiyelerini sunabileceklerdir.



Şekil 4.5. Kuzey Anadolu fay hattı

Bu haritanın üst mavi kısmı, Karadeniz ve orta kısmı İstanbul Boğazı ile birbirine bağlanan Marmara Denizidir. Kuzey Anadolu Fay Hattı, bölgede karşılaşılabilecek olan bir sonraki depremin merkezi olacaktır; bu fay hattı, doğu/batı doğrultusunda uzanmakta ve İstanbul'un yaklaşık olarak 20 kilometre güneyinden geçmektedir.



Harita 4.3. Deprem bölgesi haritası

Bu haritadan görülebileceği üzere, Marmara Denizi ve İstanbul'un güney kısımları (üst sol köşe), Türkiye'nin en aktif deprem bölgelerinden birinde yer almaktadır. Bu nedenle tüneller, yapılar ve binaların herhangi bir deprem durumunda yıkıcı zarar ve hasar oluşmayacak şekilde inşa edilecektir.

#### 4.6. Kültürel miras



Resim 4.4. Göztepe istasyonu

Göztepe İstasyonu, korunacak olan birçok eski bina örneklerinden biridir. İstanbul'da, geçmişte yaşayan medeniyetlerin tarihi, yaklaşık 8 000 yıllık bir geçmişe dayandırılmaktadır. Bu nedenle tarihi şehrin altında var olması beklenen antik kalıntılar ve yapılar, tüm dünya genelinde çok büyük bir arkeolojik öneme sahiptir.

Buna karşılık, Projenin yapımı süresince, bazı tarihi binaların etkilenmemesini sağlamak mümkün olmayacaktır; aynı şekilde yeni istasyonlar için bazı derin kazıların yapılmasını önlemek de mümkün değildir.

Bu nedenle Marmaray Projesi gibi büyük altyapı projelerine katılan farklı kuruluş ve organizasyonların, üstlendikleri bu özel yükümlülük çerçevesinde; bina ve yapılar, inşaat işleri ve mimari çözümler, mümkün olduğunca eski binalara ve yeraltındaki tarihi alanlara zarar vermeyecek şekilde planlanacak ve tasarlanacaktır. Bu açıdan Proje, birbirinden farklı iki ayrı bölüme ayrılmıştır.

Mevcut banliyö demiryollarının iyileştirilmesi bölümü – Projenin yerüstü bölümü – mevcut güzergah üzerinde yapılacak ve bu nedenle burada derin kazılara gereksinim duyulmayacaktır. Sadece mevcut demiryolu sisteminin bir parçasını oluşturan binaların yapım işlerinden etkilenmesi beklenmektedir; bu tür binaların (istasyonlar dahil olmak üzere), Tarihi Binalar olarak sınıflandırılmış oldukları yerlerde, bu binalar yerlerinde muhafaza edilecek, bir başka yere taşınacak veya replika kopyaları inşa edilecektir.

Potansiyel yer altı tarihi varlıkların üzerindeki etkilerin en aza indirgenebilmesi için, Marmaray Projesi planlama ekibi ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği içerisinde hareket ederek, demiryolu hattının güzergahını en uygun şekilde planlamışlardır; böylece etkilenecek olan alanlar en aza indirgenmiştir. Bunlara ek olarak, etkilenebilecek olan alanlar hakkındaki mevcut bilgilerle ilgili geniş kapsamlı çalışmalar yapılmıştır ve halen sürdürülmektedir.

İstanbul'da tarihi değeri olan birçok eski ev bulunmaktadır. Marmaray Projesi, yapım işlerinden etkilenecek evlerin çok sınırlı sayıda tutulabilmesi için gereken şekilde planlanmıştır. Her durum için bir koruma planı hazırlanacak ve her ev, yerinde korunacak, veya bir başka yere taşınacak ya da replika bir kopyası inşa edilecektir. Kültürel ve Doğal Varlıkları Koruma Kurulu, Projenin nihai planını gözden geçirdi ve görüş ve yorumlarını bildirdi.

Bunlara ek olarak DLH tarafından talep edildiği üzere, kazı işlerini gerçekleştiren Yüklenici, kazı işlerinin yapımı sırasında tüm faaliyetleri izlemek üzere iki tam-zamanlı tarih uzmanını görevlendirdi. Bu uzmanlardan biri Osmanlı tarihçisi diğeri ise bir Bizans tarihçisidir. Bu uzmanlar, planlama sürecine katılmış olan diğeri uzmanlar tarafından da desteklenmiştir. Bu tarih uzmanları, üç yerel Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulları ve Anıtlar ve Arkeolojik Kaynaklar Komisyonları ile ilişkilerin sürdürülmesini sağlamış ve bu kurullara raporlama yapmışlardır.

Kazı alanlarında İstanbul Arkeoloji Müzesi denetimi altında kurtarma kazıları 2004 yılından buyana sürmekte olup, Marmaray inşaat çalışmaları ancak Koruma Kurullarınca verilen izinler çerçevesinde yapılmaktadır.

Tarihi açıdan önemli eserler bulunmuş , bunlar İstanbul Arkeoloji Müzesine raporla bildirilmiş ve müze yetkilileri her durumda sahayı ziyaret etmişler ve buluntunun korunabilmesi için yapılması gereken işleri kararlaştırmışlardır.

Eski İstanbul şehrindeki önemli tarihi ve kültürel varlıkların korunabilmesi için makul koşullar çerçevesinde yapılabilecek olan her şey, bu şekilde gerçekleştirilmiş ve planlanmıştır. Yükleniciler için öngörülen şartnameler, Yüklenicilerin DLH, ilgili komisyonlar ve müzelerle birlikte çalışmasını teşvik etmiş ve böylece kültür mirası varlıklarının, Türkiye ve dünyanın tüm diğeri bölgelerinde yaşayan insanların ve gelecek kuşakların yararına korunması sağlanmıştır.

İstanbul'da tarihi değeri olan birçok eski ev bulunmaktadır. Marmaray Projesi, yapım işlerinden etkilenecek evlerin çok sınırlı sayıda tutulabilmesi için gereken şekilde

planlanmıştır. Her durum için bir koruma planı hazırlanacak ve her ev, yerinde korunacak, veya bir başka yere taşınacak ya da bire bir kopyası inşa edilecektir.

#### 4.7. Çevre



Resim 4.5. İstanbul Boğazındaki balık göçünden bir görünüş

İstanbul Boğazındaki deniz ortamının özelliklerinin anlaşılabilmesi için Üniversiteler tarafından birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar çerçevesinde, yürütülecek olan yapım işleri, İlkbahar ve Sonbahar mevsimlerinde oluşan balık göçünü engellemeyecek şekilde düzenlenecektir.

Marmaray Projesi gibi büyük altyapı projelerinin çevre üzerindeki etkileri değerlendirilirken, genel bir uygulama olarak iki farklı dönemde oluşan etkiler değerlendirilir; yapım süreci boyunca oluşan etkiler ve demiryolunun işleme açılmasından sonra oluşan etkiler.

Marmaray Projesinin etkileri, Avrupa, Asya ve Amerika'daki ülkelerde son yıllarda gerçekleştirilmiş olan diğer modern projelerdeki etkilerle benzerlik göstermektedir. Genel olarak yapım sürecinde oluşan etkilerin olumsuz olduğu söylenebilir; fakat bu olumsuzluklar, sistemin işleme açılmasından kısa bir süre sonra tamamen etkisiz hale gelecektir. Buna karşılık projenin kullanım ömrünün geri kalan süresi boyunca oluşacak olan etkiler, “hiçbir şeyin yapılmaması” durumuyla, yani Marmaray

Projesinin üstlenilmemesi halinde bugün içinde bulunacağımız durumla karşılaştırıldığında oldukça olumlu olacaktır.

Örneğin, Projeyi gerçekleştirmediğimiz takdirde ortaya çıkacak olan durumla gerçekleştirilmesi halinde oluşacak durumları karşılaştırdığımızda, Projenin bir sonucu olarak hava kirliliğinde oluşacak olan azalmanın yaklaşık olarak aşağıda belirtilen düzeylerde olacağı tahmin edilmektedir:

Hava kirletici gazların miktarında (NHMC, CO, NO<sub>x</sub>, vb.), ilk 25 yıllık işletim dönemi boyunca, yıllık ortalama olarak yaklaşık 29,000 ton/yıl düzeyinde azalma olacaktır.

Sera gazlarının miktarında (başta CO<sub>2</sub> olmak üzere) ilk 25 yıllık işletim dönemi boyunca, yıllık ortalama olarak yaklaşık 115 000 ton/yıl düzeyinde azalma olacaktır.

Tüm bu hava kirliliği çeşitleri, küresel ve bölgesel çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Metan dışı hidrokarbonlar ve karbon-oksitler, genel küresel ısınmaya olumsuz katkı sağlamaktadır (“sera etkisi” yaratmaktadır ve ayrıca CO, çok zehirli bir gaz olma özelliğini taşımaktadır) ve nitrojen oksitler, alerjik reaksiyonları ve astım hastalıkları bulunan insanlar için çok rahatsız edicidir.

İşletime geçildiğinde Proje, kullanılacak olan modern ve etkin teknikler sayesinde, günümüz itibariyle İstanbul'u etkisi altına almış olan gürültü ve toz gibi olumsuz çevresel sorunları azaltacaktır. Ayrıca Proje, demiryolu taşımacılığını çok daha güvenilir, emniyetli ve rahat bir hale getirecektir. Buna karşılık, çevre açısından bu büyük avantajların elde edilebilmesi için, başlangıçta ödenmesi gereken bir karşılık bulunmaktadır; bu da Projenin yapımı sırasında karşılaşıcağımız bir gerçeklik olan olumsuz etkilerdir.

Şehir ve şehrin içinde yaşayan insanlar açısından yapım sırasında oluşacak olan olumsuz etkiler, aşağıda sunulmuştur:

### Trafik sıkışıklığı

Üç yeni derin istasyonun inşa edilebilmesi için, İstanbul'un kalbinde bulunan çok geniş yapım sahalarının işgal edilmesi gerekecektir. Trafik akışı, başka yönlere saptırılacaktır; fakat bazı zamanlarda trafik sıkışıklığı sorunlarıyla karşılaşılacaktır.

Üçüncü hattın yapımı ve mevcut hatların iyileştirilmesi sırasında, mevcut banliyö demiryolu hizmetlerinin belirli süreler boyunca sınırlandırılması ve hatta kesilmesi gerekecektir. Etkilenen bu alanlarda hizmet sunmak üzere, otobüs servisleri gibi alternatif ulaşım yöntemleri temin edilecektir. Bu hizmetler, etkilenen istasyon alanlarındaki trafik akışının başka yönlere saptırılmasıyla birlikte, bu süreler boyunca trafik sıkışıklığı sorunlarının ortaya çıkmasına yol açabilecektir.

Yükleniciler, gereç ve malzemelerin büyük kamyonlar içerisinde yapım sahalarına taşınması ve buralardan uzaklaştırılması için, derin istasyonların yakınında bulunan karayolu sistemlerini kullanmak zorunda kalacaklardır; ve bu faaliyetler, zaman zaman karayolu sistemlerinin kapasitesinde aşırı yüklenmeye neden olacaktır.

Kesintilerin tamamen önlenmesi mümkün olmayacaktır; fakat dikkatli planlama ve kamuoyuna geniş kapsamlı bilgilerin sunulması ve ilgili yetkililerden gerekli desteğin alınması yoluyla, oluşabilecek olumsuz etkiler sınırlandırılabilir.

### Gürültü ve Titreşimler

Marmaray Projesi için yürütülmesi gereken yapım işleri, gürültülü faaliyetlerden oluşmaktadır. Özellikle derin istasyonların inşaatı için yapılması gereken işler, yapım aşaması boyunca yüksek düzeyde ve kesintisiz günlük gürültü oluşumuna neden olacaktır.

Yeraltı işleri, normal koşullar altında şehirde gürültüye neden olmayacaktır. Buna karşılık tünel açma makineleri (TBM) kendi etrafındaki zeminde, düşük frekanslı

titreşime neden olacaktır. Bu durum, çevredeki bina ve arazilerde, g mb rdeme tipi bir gürültüye yol açacaktır ve bu gürültü, 24 saat kesintisiz olarak devam edebilecektir fakat bu tür gürültüler, herhangi bir alanı birkaç haftadan daha uzun bir süre boyunca etkilemeyecektir.

Mevcut banliyö demiryolu hizmetlerinin uzun bir süre boyunca kapatılmasının engellenebilmesi için bazı i ler gece saatlerinde yürütülecektir. Bu süreler içerisinde yapılacak olan faaliyetlerin oldukça gürültülü olması beklenebilir. Bu gürültü düzeyi zaman zaman bu tür i ler için normal koşullar altında kabul edilebilir olan sınır düzeylerini de açabilecektir.

Gürültünün yol açacağı rahatsızlıkların tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmayacaktır fakat yapım faaliyetlerinden kaynaklanacak gürültü düzeyinin mümkün olduğı kadar sınırlandırılabilmesi için Yükleniciler tarafından alınması gereken tedbirlerle ilgili geniş kapsamlı  artnameler öngörülmüştür.

### Toz ve  amur

Yapım faaliyetleri, yapım sahalarının etrafındaki alanlarda havada tozlanmaya ve yollarda çamur ve toprak birikimine neden olur. Bu koşullar, Marmaray Projesinde de gözlenecektir.

Bu sorunların tamamen ortadan kaldırılmasının mümkün olmamasına rağımen, genel olarak etkilerin azaltılabilmesi için birçok şey yapılabilir ve yapılacaktır;  rneğ n, yolların ve kaplamalı alanların sulanması; araçların ve yolların temizlenmesi.

### Hizmet Kesintileri

Yapım i lerine ba lamadan önce, bilinen tüm altyapı şebekeleri belirlenecek ve gereken şekilde yerleri ve yönleri değı tirilecektir. Buna karşılık mevcut altyapı şebekelerinin bir oğı, olmaları gereken şekilde yerle tirilemeyecektir; ve bazı durumlarda kimsenin bilgisi dahilinde olmayan altyapı hatlarıyla da

karşılaşılabilecektir. Bu nedenle güç beslemesi, su temini, kanalizasyon sistemleri ve telefon ve veri kabloları gibi iletişim sistemlerinde, zaman zaman oluşabilecek hizmet kesintilerinin tamamen önlenmesi mümkün olmayacaktır.

Bu tür kesintilerin tamamen önlenmesinin mümkün olmamasına rağmen, dikkatli planlama yapılarak ve kamuoyuna geniş kapsamlı bilgiler sunularak ve ilgili yetkili kurum ve mercilerden gerekli destek alınarak, olumsuz etkiler sınırlandırılabilir. Deniz ortamı ve İstanbul Boğazındaki deniz yolunu kullanan insanlar açısından da yapım aşaması süresince bazı olumsuz etkiler gözlenecektir. Bu etkilerin en önemlileri aşağıda belirtilmiştir:

#### Kirlenmiş Gereçler

İstanbul Boğazı'nda gerçekleştirilmiş olan etüt ve incelemelerde, Haliç'in İstanbul Boğazıyla birleştiği yerde, deniz dibinde kirlenmiş gereçlerin bulunduğu belgelendirilmiştir. Sökülmesi ve uzaklaştırılması gereken kirlenmiş gereç miktarı, yaklaşık 125 000 m<sup>3</sup> düzeyindedir.

DLH tarafından Yüklenicilerden talep edildiği üzere, gereçlerin deniz dibinden çıkarılması ve Kapalı bir Atık Uzaklaştırma Tesisine (CDF) taşınması için etkisi kanıtlanmış ve uluslararası düzeyde kabul edilmiş tekniklerin kullanılması gereklidir. Bu tesisler, tipik koşullar altında karasal alan üzerinde bulunan sınırlandırılmış ve kontrol altına alınmış ve temiz gereçlerle yalıtımı sağlanmış bir alandan oluşacak veya deniz dibinde temiz koruyucu gereçlerle kaplanmış ve çevresi sınırlandırılmış bir çukurdan oluşacaktır.

İlgili iş ve faaliyetlerde doğru yöntemler ve ekipmanların kullanılması halinde, kirlilik sorunları tamamen ortadan kaldırılabilecektir. Bunlara ek olarak, deniz dibi alanının önemli bir bölümünün kirlenmiş gereçlerden arındırılması, deniz ortamı üzerinde olumlu bir etkiye neden olacaktır.

## Bulanıklık

Açılan kanalın, batırma tüp tüneline uygun olarak hazırlanabilmesi için, İstanbul Boğazı'nın dibinden en az 1 000 000 m<sup>3</sup> toprağın çıkarılması gereklidir. Bu iş ve faaliyetler, hiç şüphesiz ki suda doğal tortuların oluşmasına neden olacak ve buna bağlı olarak bulanıklığı arttıracaktır. Bu durum, İstanbul Boğazındaki balık göçü üzerinde olumsuz etkilere neden olacaktır.

İlkbahar döneminde balıklar, Karadeniz'e doğru akıntının olduğu İstanbul Boğazının derin bölümlerinde hareket ederek kuzeye doğru göç ederler ve Sonbahar döneminde, Marmara Denizine doğru akıntının olduğu üst tabakalarda güneye doğru göç ederler.

Buna karşılık, bu ters yönlü akıntılar nispeten kesintisiz bir şekilde ve aynı anda oluştuğu için, bulanıklık seviyesindeki artıştan kaynaklanan sudaki bulut şeridinin nispeten dar (büyük ihtimalle yaklaşık 100 ila 150 metre) olması beklenmektedir. Danimarka ve İsveç arasındaki Oeresund Batırma Tüp Tüneli örneğinde olduğu gibi, diğer benzer projelerde de bu durumla karşılaşmıştır.

Oluşan bulanıklık şeridinin 200 metreden az olması halinde balık göçü üzerinde belirgin bir etkiye yol açması olası gözükmemektedir. Çünkü göç eden balıklar, İstanbul Boğazı'nda bulanıklığın artmadığı yolları bulup izleyebilme fırsatlarına sahip olacaklardır.

Balıklar üzerindeki bu olumsuz etkilerin neredeyse tamamen ortadan kaldırılabilmesi mümkündür. Bu amaçla uygulanabilecek olan azaltıcı tedbir, sadece Yüklenicilerin deniz dibini tarama işlerinin zamanlaması ile ilgili seçeneklerini sınırlandırmaktan ibaret olacaktır. Böylece yüklenicilerin İlkbahar göç döneminde İstanbul Boğazı'nın derin bölümlerinde sualtı kazısı ve deniz dibi tarama işlerini yapmalarına izin verilmeyecektir; yükleniciler sadece Sonbahar göç döneminde, İstanbul Boğazı'nın genişliğinin %50'sinin aşılması kaydıyla, tarama işlerini yapabileceklerdir.

Batırma t p tünelin yapımıyla ilgili deniz işleri ve faaliyetlerinin büyük bir bölümünün İstanbul Boğazında gerçekleştirileceği yaklaşık üç yıllık bir dönem bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin çoğu, İstanbul Boğazındaki normal deniz trafiğine paralel olarak gerçekleştirilebilecektir; fakat deniz trafiği üzerinde sınırlamaların uygulanacağı bazı dönemler ve hatta bazı durumlarda trafiğin tamamen durdurulacağı daha kısa süreli dönemler de olacaktır. Uygulanabilecek olan azaltıcı tedbir, Liman Başkanlığı ve diğer yetkili kuruluşlarla yakın işbirliği içerisinde hareket edilerek, denizde yapılan tüm iş ve faaliyetlerin dikkatli ve zamanlamaya uygun bir şekilde planlanmasını sağlamak olacaktır. Bunlara ek olarak, modern Gemi Trafik Kontrol ve İzleme Sistemlerinin (VTS) kullanılabilirliği ile ilgili tüm ihtim l araştırılacak ve uygulamaya geçirilecektir.

Kirlilik Denizde ağır ve yoğun iş ve faaliyetlerin sürdürüldüğü dönemlerde, her zaman için kirlilik sorunlarına yol açabilecek kaza riski olacaktır. Normal şartlar altında bu kazalar, İstanbul Boğazı'nın su yolunda veya Marmara Denizinde sınırlı miktarda petrol veya benzin döküntülerini kapsayacaktır.

Bu tür riskler tamamen ortadan kaldırılamaz; fakat Yüklenicilerin uluslararası düzeyde etkisi kanıtlanmış standartlara kesinlikle bağlı kalmaları ve bu tür durumların yaratacağı çevresel etkilerin sınırlandırılması veya etkisiz hale getirilebilmesi için ilgili sorunlarla başa çıkabilmeye hazır olmaları gerekecektir.

## 5. İSTANBULDA PLANLAMA VE KENTLEŞME SÜRECİ İLE ULAŞIM AĞININ OLUŞUM SÜRECİ

19. yüzyılda, surların dışında gelişimi çok kısıtlı olan İstanbul'un, gelişim sürecinde ulaşım sektöründeki gelişmeler ve özellikle demiryolu yapımı büyük pay sahibidir. 19.yüzyılın ikinci yarısında ulusal demiryolu hattının yapımı, Şişli'ye kadar uzanan tramvayın işletmeye sokulması kentin doğu-batı koridorunda genişlemesine büyük etkendir.

Bu gelişim sürecinin bir sonucu olarak, İstanbul; batıda Halkalı, kuzeyde Levent ve doğuda Tuzla'ya kadar uzanan doğu-batı koridoru üzerinde ve daha çok sahil şeridinde genişlemiştir.

1973 yılında ilk boğaz köprüsünün yapılması ve faaliyete geçmesi ile E-5 karayolunun yapımı sonucu İstanbul; doğuda Gebze'ye, batıda Silivri'ye kadar genişleyen çok uzun bir koridora yayılmış, sonuçta kent sahilden uzaklaşarak kuzeye doğru genişlemeye başlamıştır. Yerleşim yerleriyle birlikte, sanayi ve ticaret alanları da karayolunun ana ulaşım aksları üzerinde yani sahile oranla kuzeye doğru kaymıştır. Kentin doğu-batı koridoru üzerinde kuzeye doğru kayma sürecini hızlandıran son etken de, TEM otoyolu ile ikinci boğaz köprüsünün yapımı olmuştur.

### 5.1. Günümüzde Karayolu ile Denizyolu Ulaşımının Durumu ve Trafik tıkanıklığının nedenleri

#### 5.1.1. Karayolu taşımacılığının bugünkü durumu

Karayolu taşımacılığı açısından değerlendirildiğinde, karayolunun tüm yolculuklar içindeki payının % 91 civarında olduğu görülmektedir. Bunu % 3 ile denizyolu, % 6 ile de demiryolu (diğer raylı sistemlerle birlikte) takip etmektedir.

Gerek İstanbul Büyükşehir Belediyesinin (İBB), gerekse de Karayolları Genel Müdürlüğünün ortaya koyduğu verilere göre, İstanbul trafiği, E-5 ve TEM otoyolu

ile bu yolların ana arter bağlantı yolları ile boğaz köprüleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Trafik sıkışıklığının temel nedenlerini anlayabilmek için kara ulaşımında kullanılan araçların dağılımını incelemek gerekir;

2004 yılı verilerine göre, kara ulaşımında kullanılan araçların trafik içindeki dağılımı şöyledir: % 69 otomobil, % 18 taksi, % 6 minibüs, % 1 dolmuş, % 3 servis, % 3 İETT. Bu veriler üzerinden yapılacak bir değerlendirmede, otomobil kullanımının toplam oranının % 87 olduğu(taksi ile birlikte) görülecektir. Sadece bu veri bile trafik sıkışıklığında otomobil kullanımının ne derecede büyük bir etki yaptığını göstermektedir. Kaldı ki, araştırmalara göre, günde ortalama 650 aracın trafiğe katıldığı İstanbul'da, otomobil kullanımı her geçen gün de artmaktadır.

İETT'nin toplam hatlarının % 6'sı Boğaz Köprülerinden geçmektedir. Bu da 2005 yılı verilerine göre 33 sefer sayısına tekabül etmektedir. Köprülerden geçen araç sayısının 2001 yılında yıllık 120 milyon iken, her yıl artış göstermek suretiyle 2007'de en iyimser tahminle 140 milyon olması beklenmektedir. Bunun günlük araç geçişi açısından karşılığı ise, ortalama 383 500 araca tekabül etmekte olup, bu rakamın içinde İETT'nin günlük 594(33 x gün içinde ortalama 9 tur x 2=594 "bu veri yaklaşık olarak 600 şeklinde kullanılacaktır") civarında aracının geçiş yapması söz konusudur.

Kara toplu taşıma araçlarının mevcuttaki hatları üzerinden değerlendirildiğinde;

#### Anadolu yakasında;

-Anadolu yakasındaki İETT hatlarının en büyük dağıtım merkezi Kadıköy olmakla birlikte, güzergahlar kuzey ile E-5 üzerinden olmak suretiyle doğu-batı eksenlidir. İBB'nin 2005 yılı verilerine göre İETT hatlarının % 31'i(195 otobüs) Anadolu yakasında çalışmaktadır.

Minibüslerle yapılan taşımacılığın, Anadolu yakasındaki güzergahı da İETT hatlarıyla aynı paraleldedir.

#### Avrupa yakasında:

-Avrupa yakasındaki hatların en büyük dağıtım merkezi, Taksim-Mecidiyeköy bölgesidir. Avrupa yakasındaki 315 İETT hattının güzergahı(2005 verilerine göre), daha çok kuzeyden olmak üzere doğu-batı eksenli olup, aynı zamanda E-5 üzerinden güneybatıda Bakırköy ve K.Çekmece'ye kadar gelebilmektedir.

-Avrupa yakasında çalışan minibüslerin genel güzergahı ise Bakırköy üzerinden kuzey doğu yönüne bir yay çizmek suretiyle Esenler'e kadar uzanan E-5 üzerinde bir hattır.

#### Boğaz geçişleri açısından:

İETT'nin 2005 yılı verilerine göre 33 hat boğaz geçişinde çalışmaktadır. Bu hatlardan 19'u 1. köprüyü kullanırken, 14'ü 2. köprüyü kullanmaktadır[8]. Yine İETT'nin verileri istatistiksel olarak değerlendirdiğinde, günde ortalama 100 131 kişi İETT araçlarıyla (Özel Halk Otobüsleri de dahil) boğazdan geçiş yapmaktadır.

Karayolları Genel Müdürlüğünün 2005 yılı verilerine göre her iki boğaz köprüsünden günde toplam 374 437 araç geçiş yapmaktadır[9]. Bunun yaklaşık 340 000'ini otomobil olup, oransal karşılığı %93'tür.

Otomobil kullanımında araç başına düşen yolcu sayısının 1,5-2,0 aralığında olmasından hareketle, köprülerden tek yönde 255 000-340 000 aralığındaki yolcunun 170 000 otomobil ile köprüden geçtiği gibi korkunç bir rakam karşımıza çıkmaktadır. Halbuki İETT'nin verilerine göre 33 hattın gün içinde yaklaşık 300 olan tek yön geçişleriyle yaptığı yolcu taşımaları 50 000 civarındadır.

İstanbul'daki trafik sıkışlığı sorununu bu veriler üzerinden değerlendirmeden önce, alternatif olabilecek ya da gösterilebilecek olan deniz hatlarının da irdelenmesi gerekmektedir.

### **5.1.2. İstanbul'da denizyolu ile yolcu taşımacılığı**

İstanbul'da deniz üzerindeki yolcu taşımacılığında, İDO deniz otobüsleri, yine İDO'ya ait olan şehir hatları vapurları ve Ro-Ro'lar ile özel motorlar kullanılmaktadır. Ro-Ro'lar daha çok araç taşımacılığı için tasarlanmış olmakla birlikte, yolcu taşımacılığı da yapmaktadır. Denizyolu taşımacılığında, deniz aracı hatlarının güzergah ağırlığı, boğaz boyunca ve kuzeye doğrudur. Yolcu dağılımına bakıldığında ise(2001 TDİ verilerine göre günlük), yolcuların % 44'ü(82 703 kişi) Karaköy-Kabataş-Beşiktaş güzergahına giderken, % 44'ü(82 073) Eminönü'ne gitmektedir.

Yapılan istatistikler, denizyolu taşımacılığında yolcu sayısının sürekli azaldığını göstermektedir. 1990 yılında 281 800 olan yolcu sayısı, 2005 yılında 160 000 yolcuya gerilemiş, yolcu sayısında % 42'lik bir azalma olmuştur [10].

İstanbul'da trafik tıkanıklığının genel nedenleri

-Yerel yönetim ile merkezi idarenin yanlış, plansız ve yanlış ulaşım politikaları, ulaşım ağının karayolu lehine, trafiğin ise aleyhine işlemesine neden olmuştur/olmaktadır.

-Yeni yol ve kavşak projeleri İstanbul trafiğini daha da içinden çıkılmaz hale gelmiştir. Bu uygulamalar, trafik karmaşası yarattığı gibi, kazaları artırmakta(özellikle battı-çıkta kavşaklar ve yürütülen inşaatlar), dolayısıyla trafik tıkanıklığı çözülmekten çok, daha da artmaktadır.

-İETT geliştirilmek yerine zayıflatılmaktadır.

İETT, hat ve sefer sayısını artırmamakta, yine boğaz geçişlerinde İETT araçlarına tercihli yol ayrılmamakta ve toplu taşımayı tercih eden insanlar trafik çilesine mahkum edilerek, bireysel araç kullanımını bir umut olarak gösterilmektedir.

-Otopark sorunu ve yolların verimli kullanımının engellenmesinde, yerel yönetimlerin ranta dönük yaklaşım göstermesi, sorunu kalıcı hale getirmiştir.

-Toplu taşımanın pahalı hale getirilmesi de, yolcu azalmasında bir neden olmuştur.

-Ulaştırma politikaları insanı temel alan değil, araç sayısına göre yol yapmayı temel alan bir mantıkla sürdürülmektedir.

Bu sorunun cevabını bulmak için öncelikle Marmaray Projesinin kullanması hedeflenen mevcut; Gebze-H.Paşa/Sirkeci-Halkalı banliyö hatlarının ve konuyla önemli bağı olan Sirkeci ve H.paşa garları ile H.Paşa limanının yapım süreci ve işlevlerini kısaca incelemekte fayda vardır.

Gebze-Halkalı Banliyö Hatları, Merkez garlar ve H.Paşa Limanının Yapım Süreçleri ve Mevcut Durumları

#### Haydarpaşa-Gebze banliyö hattı ve Haydarpaşa Gar

1872 senesinde açılan Haydarpaşa-İzmit demiryolu hattı Anadolu demiryollarının başlangıcıdır. Demiryolu, Haydarpaşa-İzmit arasında geçmişi Bizans öncesine dayanan ticaret yoluna paralel olarak belirlenen güzergah üzerinde Pendik'e kadar tek hat olarak inşa edilmiştir.

22 Eylül 1872'de tarihinde Pendik'e kadar inşa edilen demiryolunun başlangıç noktasındaki ilk Haydarpaşa gar binasının artan demiryolu trafiğini karşılayamaması nedeniyle 1906 yılında, şuan ki gar binasının yapımına başlanmış ve 1908 yılında hizmete sokulmuştur. Hasretlerin, ayrılıkların, sevinçlerin, İstanbul'a gözlerini açan Anadolu insanının mekanı olan ve simge haline gelen Haydarpaşa Garı, işlevi

itibariyle TCDD'nin en büyük garıdır. Yaklaşık 660 000 m<sup>2</sup>'lik bir alana kurulu olan Haydarpaşa Garı, içinde atölyeleri, müstemilatları, işyerleri ve limanı ile birlikte tam bir ulaşım kompleksidir. Ve ulaşım entegrasyonunun sağlandığı en iyi örneklerden birisidir.

Haydarpaşa Gardan Gebze'ye kadar uzanan banliyö hattında günde karşılıklı 116banliyö treni çalışmaktadır. Kocaeli/İzmit ve Adapazarı merkezli çalışan 22 adetbölgesel tren ile Türkiye'nin değişik illerine giden 10 Adet şehirlerarası tren(günlük) mevcuttur. Günde tarifeli olarak çalışan 5 adet yük treni vardır.

Haydarpaşa Garı, yolcu indi-bindisi için kullanılan 9 adet yol olup, tren trafiğinin yoğunluğu nedeniyle, bu yol sayısı dahi yeterli gelmemektedir. Bu yolların haricinde, park, manevra, ambar, feribot ve liman hizmetleri için kullanılan 78 tane yol vardır.

#### Sirkeci-Halkalı banliyö hattı ve Sirkeci Garı

Rumeli demiryolları olarak adlandırılan bu hat, 1871-1872 yılları arasında hizmete sokulmuştur.

Rumeli Demiryollarının başlangıç noktası olan ilk Sirkeci Gar binasının yeterli gelmemesinden dolayı, şuan ki gar binası 03 Kasım 1890'da hizmete açılmıştır(10). Sirkeci Garı aradan geçen 135 yıla ve her türlü yanlış ulaşım politikasına rağmen, işlevini korumakta, tarihi ve endüstriyel özelliklerini yansıtır, İstanbul'un Avrupa kapısı olmaya devam etmektedir.

Sirkeci Garı hali hazırda 5 yol banliyö taşımacılığı için kullanılmakta, 7 tane yol, yolcu ve yük vagonları için park yeri olarak kullanılmaktadır. Sirkeci-Halkalı arasında günde karşılıklı 114 banliyö treni, 4 adet bölgesel tren, 4 adet yük treni, 2 adet de uluslararası tren çalışmaktadır.

### Haydarpaşa Limanının tarihçesi

Haydarpaşa Limanı 1872(garla beraber) yılından itibaren hizmet vermekte olup, tesislerin yetersiz kalması, daha büyük ve modern hale getirilmesi ile büyük tonajlı gemilerin yanaşmasına imkân tanımak nedenleriyle, 1903 yılında şuan ki liman inşa edilmiştir

Haydarpaşa Limanı, işlevi itibariyle ülkenin en büyük 3.limanı olup, liman sahası dışında Göztepe’de, 55 bin metrekarelik ayrı bir konteynır kara terminali olması açısından da ülkede tektir. Haydarpaşa Limanı Türkiye’nin dış ticaret hacminin yarısını karşılamaktadır. Trakya bölgesinin kargo gereksinmelerinin büyük bölümü Haydarpaşa limanından karşılanmaktadır. Hem konumlandığı bölge, hem de donanımı açısından büyük bir stratejik öneme sahiptir. Bu liman 2003 yılında 40,2 milyon dolar kar elde ederken, 2004 yılında 51,8 milyon dolar, 2005 yılında 52,45 milyon dolar, 2006 yılında da 59,9 milyon dolar kar elde etmiştir[11].

### Sirkeci-Halkalı banliyö hattı

Sirkeci-Halkalı arasında 1960 Yılında, 1955 Yapımı Fransız Malı E8000 türü elektrikli dizilerle yapılmaya başlanan banliyö taşımacılığında, 2006 yılı itibariyle çalışan karşılıklı 114 banliyö ile yapılan günlük yolcu taşıması 57 577 olup, yolcu potansiyeli açısından Sirkeci Gar, Kumkapı, Yenikapı, Kocamustafapaşa, Zeytinburnu, Bakırköy, Küçükçekmece ve Kanarya önemli bir potansiyele sahiptir.

Yolcu sayısı dağılımında Sirkeci’den trene binen yolcu sayısı, günlük 9 861 olarak gerçekleşmektedir.

2006 yılı verilerine yolcu taşımacılığındaki durumu bu olan hattın, önceki yıllarda taşıdığı yolcu sayısı çizelge 5.1. ile kıyaslandığında ciddi bir yolcu kaybı yaşandığı görülmektedir.

Çizelge 5.1. Sirkeci-Halkalı banliyo hattının taşıdığı yolcu sayısı (1990-1995)

| Yıllar | Günlük yolcu sayısı | Yıllar | Günlük yolcu sayısı |
|--------|---------------------|--------|---------------------|
| 1990   | 118 300             | 1996   | 82 600              |
| 1991   | 116 400             | 1997   | 93 600              |
| 1992   | 120 100             | 1998   | 93 400              |
| 1993   | 138 300             | 1999   | 77 500              |
| 1994   | 116 500             | 2000   | 69 500              |
| 1995   | 92 300              | 2006   | 57 577              |

Yukarıdaki veriler de göstermektedir ki, milat sayılabilecek olan 1993 yılı ile 2006 yılı arasındaki yolcu kaybı % 59’dur. Bu kayıpla ilgili İBB’nin 2001 yılında düzenlediği İstanbul 1.Kent İçi Ulaşım Şurasında ortaya atılan, “Can ve mal güvenliğinin azalması, denetim zayıflığı, alternatif taşıma türlerine kaymalar, fiyat politikası, taşıma konforunun düşmesi” gibi yorumların birçoğu gerçeği yansıtmamaktadır.

Öncelikle, 1960’lı yıllara kadar gidildiğinde, bölgedeki yolcu taşımacılığına ilk darbenin, 1957-1959 yılları arasında yapılan Sirkeci-Florya sahil yolunun, demiryoluna paralel ve çok yakın mesafede olması nedeniyle alternatif oluşturmasıyla vurulduğu görülmektedir.

1990’lı yıllara gelindiğinde ise;

Kazlıçeşme’de bulunan deri atölyelerinin kapatılarak TUZLA’ya taşınması, Zeytinburnu’nda istasyona 200-250 metre mesafede bulunan Et ve Balık Kurumunun satılması, akabinde de kapatılması, Yenimahalle’de istasyona 600-700 metre mesafede bulunan SÜMERBANK’ın satılması ve kapatılması, Bakırköy(istasyona 50-100 metre mesafede) ve Yeşilköy semt pazarlarının yerinin değiştirilerek, E-5 güzergahı üzerinde yer alan İNCİRLİ’ye taşınması(1998-1999 yılları), Kumkapı’da kapatılan işyerlerinin İKİTELLİ, GÜNEŞLİ, MAHMUTBEY güzergahı üzerinde toplanması(İSTOÇ gibi), FLORYA-MENEKŞE-YEŞİLKÖY plajlarının kapatılması ile Aksaray-Havaalanı Metrosu ile Sirkeci-Zeytinburnu tramvayının banliyö

bölgesine yakın ve paralel olarak inşa edilmesi, banliyö yolcusunun bölge bazında azalmasına büyük etken olmuştur.

#### Genel olarak;

-Kamu kuruluşlarının tasfiye ve özelleştirilmesi anlamını taşıyan “Yeniden Yapılanma Programlarının” demiryollarında etkili bir şekilde uygulanmasının başlangıcı 1995 yılıdır. Ve bu program demiryolu taşımacılığına büyük darbe vurmuş olup; yatırımların yapılmaması, banliyö sistemlerinin belediye devredilmesinin hedeflenerek kaderine terk edilmesi, işyerlerinin, atölyelerin kapatılması(Yedikule Yol Atölyesi, Yedikule Lokomotif Atölyesi vb.) ve yarı yarıya personel azaltımının bir sonucu olarak, istasyonlarda personel eksikliğinin hat safhaya ulaşması banliyö trenlerini de etkilemiştir. Bu sürecin bir yansıması; bölgedeki yolcu taşımalarının, 1998 yılından itibaren hızlı bir düşüşe geçmesi olup, % 39’luk bir yolcu kaybı yaşanmıştır[12].

#### Haydarpaşa-Gebze banliyö hattı

Haydarpaşa-Gebze arasında 1980’li yıllarda, 1978 Yapımı Fransız Malı E14 000 tipi elektrikli dizilerle yapılmaya başlanan banliyö taşımacılığında; 2006 yılı itibariyle çalışan karşılıklı 116 banliyö ile yapılan günlük yolcu taşımaları 52 592 olup, yolcu potansiyeli açısından Haydarpaşa Gar, Söğütluçeşme, Bostancı, Kartal, Pendik, Osmangazi ve Gebze önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu bölgenin yolcularının sosyolojik özellikleri incelendiğinde, daha çok işçi ağırlıklı olduğu görülmektedir.

Yolcu sayısı dağılımında Haydarpaşa’dan trene binen yolcu sayısı, günlük 6 932 olarak gerçekleşmektedir

2006 yılı verilerine yolcu taşımacılığındaki durumu bu olan hattın, önceki yıllarda taşıdığı yolcu sayısı çizelge 5.2. ile kıyaslandığında yapıldığında ciddi bir yolcu kaybı yaşandığı görülmektedir.

Çizelge 5.2. Haydarpaşa Gebze banliyo hattı yolcu sayısı (1990-1995)

| Yıllar | Günlük yolcu sayısı | Yıllar | Günlük yolcu sayısı |
|--------|---------------------|--------|---------------------|
| 1990   | 105 000             | 1996   | 80 900              |
| 1991   | 106 000             | 1997   | 82 300              |
| 1992   | 101 000             | 1998   | 78 900              |
| 1993   | 108 700             | 1999   | 65 800              |
| 1994   | 82 900              | 2000   | 54 600              |
| 1995   | 77 900              | 2006   | 52 592              |

Bölgedeki yolcu taşımacılığına ilk darbe, 1984-87 yıllarında hizmete açılan, demiryoluna paralel ve yakın gittiği gibi, bireysel araç kullanımına olanak verip, alternatif yaratan Kadıköy-Bostancı sahil yolunun hizmete açılmasıyla vurulmuştur.

1990’lı yıllara gelindiğinde ise; Coşkuoğulları’ndaki TOE’nin Satılması ve akabinde kapatılması, 1996-1997 yıllarında Çayırova’da bulunan Zirai donatım ile çiftliğin kapatılması, Yunus’ta bulunan Çimento ve Zift Fabrikalarının kapatılması, 1990’lı yılların başında, Atalar, Süreyyaplağı, İdealtepe, Küçükyalı ve Bostancıdaki plajların kapatılması, Cevizli’de bulunan TEKEL Fabrikasının “özelleştirme politikaları” ile geriletilmesi ve atıl hale getirilmesi, 1993-1996 yılları arasında parça parça açılan Bostancı-Tuzla sahil yolu, yanlış yönetim yatırımları nedeniyle 2000’li yıllarında başında otomatik kapıya geçilmesi ve bu yapılırken kalitesiz bir sistemin seçilmesi nedeniyle yaşanan olaylar ve tehirlere olumsuz etkisi, mevcut banliyö dizilerinin orijinalinde olan “kumluk sisteminin” BİLEREK çalıştırılmaması nedeniyle oluşan arızaları engellemek için, dizilerinin amperlerinin 1100 Amperden 800 Ampere indirilmesi nedeniyle hızlanma sürelerinin düşürülmesi sonucunda 55 dakika olan bölge parkurunun 80 dakikaya kadar çıkarılması ve seyir süresinin yarı yarıya uzatılması yolcu kayıplarının yaşanmasına büyük etkenler olmuştur.

Genel olarak;

Sirkeci-Halkalı arasındaki yolcu kaybının genel nedenleriyle, bu bölgenin nedenleri benzerlik göstermekte olup, burada tekrar edilmeyecektir.

Bölgeler itibariyle var olan bu gerçeklikler ışığında, sorunun temel nedenleri arasında “kaçak yolculuk, can ve mal güvenliğinin azalması, fiyat politikası, taşıma konforunun düşmesi” sayılamaz. Çünkü, mevcutta, tüm bölgede turnike sistemi uygulandığı gibi, 1990’ların sonunda kuruma 2000 güvenlik görevlisi alınmış, kapkaç olayları da geçmişe oranla nispeten azalmıştır. Fakat yolcu sayısı artmamış, peyder pey düşmeye devam etmiştir. Bu konuda ortaya atılan, “konfor düşüklüğü” iddiası da soyut ve gerçekçi olmaktan uzaktır. Çünkü, kullanımı belirli bir gelir grubu tarafından gerçekleştirilen toplu taşıma araçları, bir tercihten ötedir ve zorunlu olarak kullanılmaktadır.

## **6. ULAŞIM MODELİ**

Marmaray Projesi ile ilgili trafik tahminleri geleneksel 4-adım ulaşım modeli kullanılarak yapılmıştır. Bu modelin ilk kalibre edilişi, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) tarafından 1995 ve 1998 yılları arasında gerçekleştirilen İstanbul Ulaşımı Ana Plan (IUAP) kapsamında 1996 da toplanan verilere dayanarak gerçekleştirilmiştir.

Model daha sonra revize edilmiş ve alınan sonuçlar 2002 ve 2003 yıllarında toplanan verilerle karşılaştırılarak gözden geçirilmiştir. Talep tahmin modelinin başlıca özellikleri aşağıda özetlenmiş bulunmaktadır [13].

### **6.1. Bölgelere Ayırma**

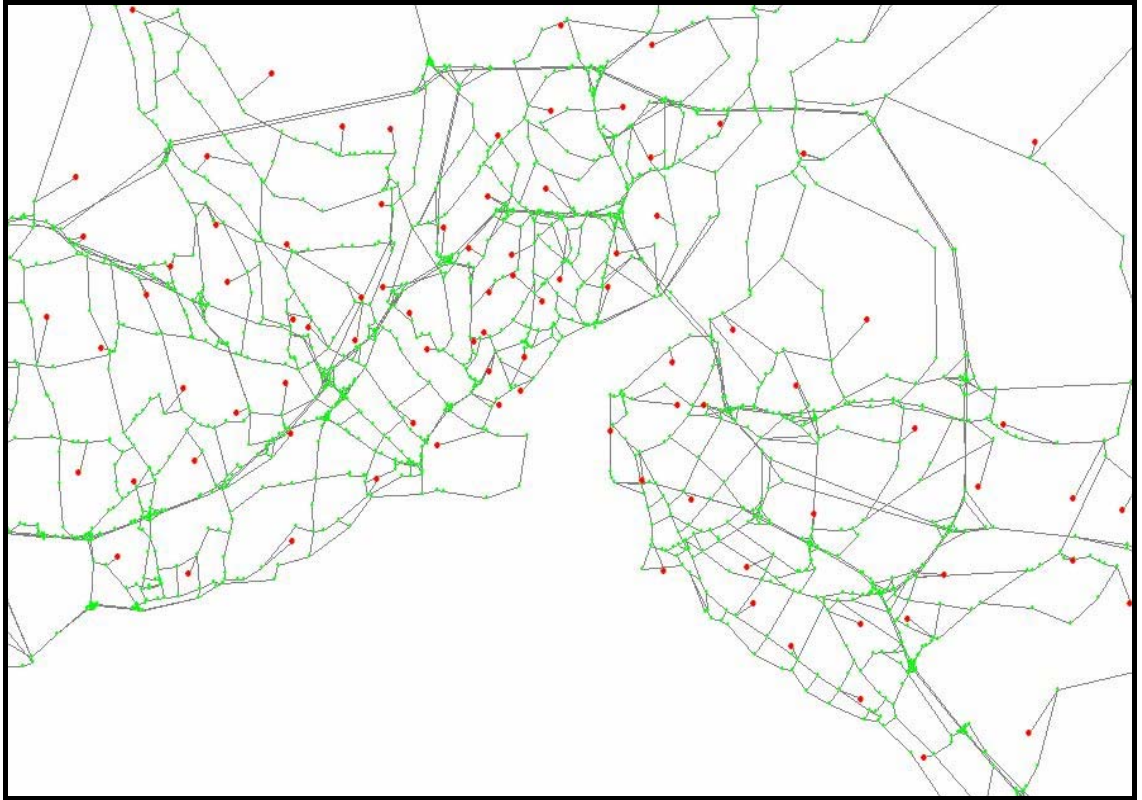
Yolculuk matrisinin tahmin edilebilmesi için İstanbul büyükşehir alanı 211 bölgeye (2 dış bölge) ayrılmıştır. Bölge sistemi en küçük idari birim olan mahalle temeline dayanmaktadır (Şekil 6.1.) Baz yılı olarak alınan 2003 yılı için her bölgeye ait nüfus, iş ve okullara kayıtlı öğrenci sayısı ile ilgili veriler toplanmıştır.



### Şekil 6.1. Trafik Bölgeleri

## 6.2. Karayolları Şebekesi

İstanbul büyükşehir alanı ile ilgili olarak tüm ana yolları ve kavşakları içeren geniş çaplı bir karayolları şebekesi modeli hazırlanmıştır (Şekil 6.2.) Bu şebeke, ulaşım şebekesine erişmek için harcanması gereken ortalama yolculuk masrafını ve süresini temsil eden uygun merkezi bağlayıcılar ile bölgelere bağlanmıştır.



Şekil 6.2. Karayolları Şebekesi

### 6.3. Kamu Ulaşım Sistemi

Şehirde kullanılan tüm kamu ulaşım şekilleri bu modelde dikkate alınmıştır (Şekil 6.3.) Başlangıç noktası - Gidilen yer (O-D) bölge ikilisi arasındaki yolculuk sürelerinin ve yolculuk masrafının tahmin edilebilmesi için hatlar, yoğun ve yoğun olmayan saatlere ait işletme sıklığı, bilet ücretleri ve ortalama ticari hız kodlanmıştır.



Şekil 6.3. Kamu Ulaşım Şebekesi (2003)

#### 6.4. Gelecekte Arazi Kullanım Planı

1995 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2010 yılına yönelik stratejik bir arazi kullanımı gelişme planı hazırlanmıştır. Arazi kullanımı ile ilgili başlıca gelişmeleri plana uyarlanarak bu temelde 2009 - 2030 dönemi için bölgelere ait gelecek arazi kullanımı verileri (nüfus, iş ve öğrenci sayıları) tahmin edilmiştir (Şekil 6.4).

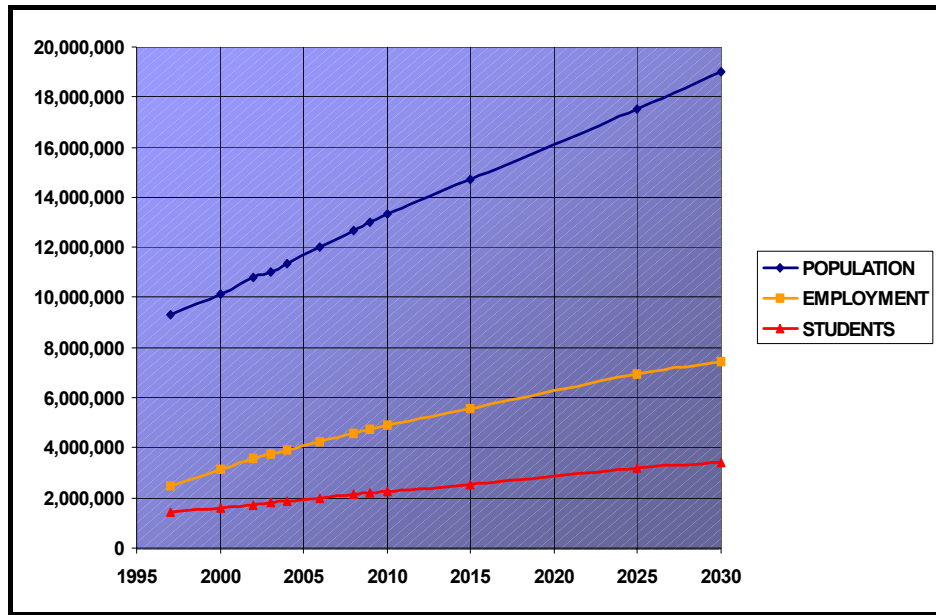
#### 6.5. Gelecekte Yolculuk Matrisi ve Yolculuk Oranları

Bir bölgenin yolculuğa başlangıç noktası veya hedef teşkil etmesi ile ilgili oranlar ve arazi kullanım verileri kullanılarak farklı yolculuk nedenleri için gelecekte her bir bölgeden başlayacak ve o bölgede bitecek olan yolculuklar tahmin edilmiştir. Yolculuk oranlarının (kişi başına düşen günlük yolculuk sayısı) nüfusun

sosyoekonomik açıdan gelişmesinin bir sonucu olarak artacağı tahmin edilmektedir.

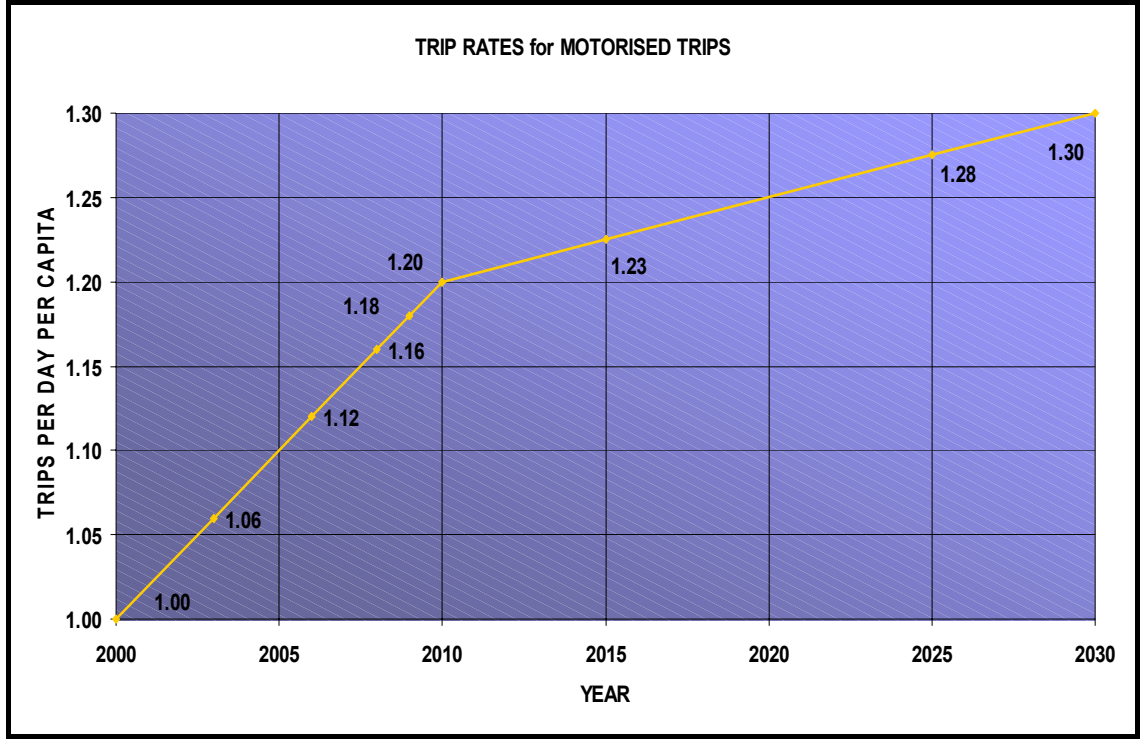
Yapılan analizde 4 adet yolculuk amacı dikkate alınmıştır:

- a) Evden işe gidiş (HBW)
- b) Evden okula gidiş (HBS)
- c) Evden farklı yerlere (HBO)
- d) Başlangıç noktası ev olmayan yolculuklar (NHB)



Nüfus  
İş  
Öğrenciler)

Şekil 6.4. Plan Verileri için Projeksiyon



↑ *Kişi Başına*      Yıl      →  
*Düşen Günlük*  
*Yolculuk sayısı*

Şekil 6.5. Yolculuk Oranı Projeksiyonu

Motorlu taşıtlar yolculukları ile ilgili ortalama oranlar Şekil 6.5. de gösterilmiştir.

İstanbul Ulaşım Ana Plan'da kalibre edilmiş olan ağırlık modeli ve 2003 yılı verileri ile revize edilmiş olan modal-bölünme modeli kullanılarak gelecek için kamu ulaşımı ile ilgili matrisler tahmin edilmiştir.

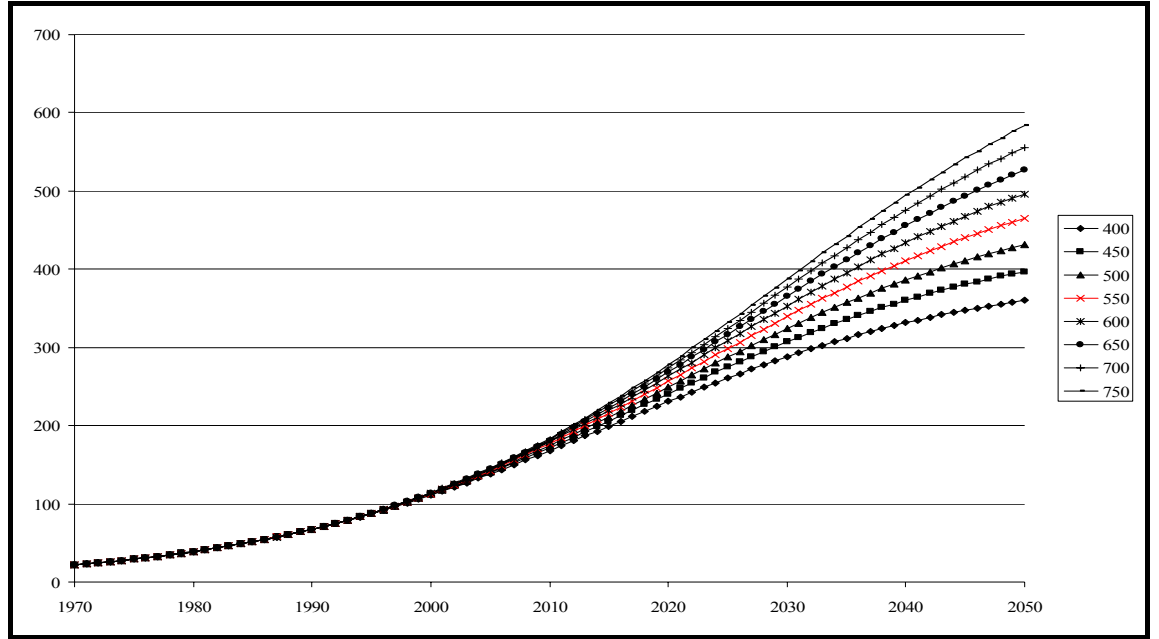
## 6.6. Araba Mülkiyeti

1980 ile 2002 yılları arasında İstanbul'un nüfusunda %112 oranında bir artış kaydedilirken motorlu taşıt kullanımı 8 katına çıkmıştır.

Çizelge 6.1. 1980-200 yılları arasında İstanbulda taşıt kullanımı

|                    | 1980 | 2002 |
|--------------------|------|------|
| Nüfus(Milyon)      | 4,7  | 10   |
| Araba(000)         | 201  | 1600 |
| Motorlu Taşıt(000) | 281  | 2268 |

Gelecekte özel araba mülkiyeti ile ilgili olarak (1000 kişiye düşen özel araba sayısı), doygunluk noktasının 1000 kişide 550 araba seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Araba Mülkiyeti Projeksiyonu

## 6.7. Marmaray Projesi ile ilgili Trafik Tahmini

Geleceğin kamu ulaşım sistemi hakkında tahminde bulunmak için bir kamu ulaşımı trafik tahsisi modeli kullanılmıştır. Bu model, yolculuğun başladığı - sona erdiği bölge ikilisinin her biri arasındaki toplam yolculuk mesafelerini ve sürelerini en aza indirmek üzere kamu ulaşım matrisini geleceğin kamu ulaşım sistemine tahsis

etmektedir. Bir yolculuğun masrafı, toplam yolculuk masrafı ile yolculukta harcanan sürenin değerinin toplamı olarak hesaplanmaktadır.

Geleceğin kamu ulaşım trafiği ile ilgili tahminler a) yoğun sabah saatleri ve b) yoğun olmayan saatlerin ortalaması için yapılmıştır. Gelecekte yoğun sabah saatlerinde yapılacak yolculuklar ve trafik hacmi (iki yönde saatte taşınan yolcu sayısı) konusunda tahmin yapabilmek için proje üzerinde yoğun sabah saatleri matrisi kullanılmıştır. Yoğun sabah saatlerinin trafiği günlük trafiğin %10'u olarak hesap edilmektedir. HH yolculuk etüt verileri temel alınarak her yolculuk amacı ile ilgili yoğunluk-dışı saatlerin ortalamasının trafik matrisi tahmin edilmiştir (Çizelge 6.1. ve 6.2). Yoğun saatler dışındaki ortalama trafiğin, günlük trafiğin %5,22'sini teşkil ettiği hesap edilmektedir.

Çizelge 6.1. İş günlerinde yolculuk dağılımı (%)

Saat

Toplam

| HOURS | HBW    | HBS    | HBO    | NHB    | TOTAL  |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0-1   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 1-2   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.10   | 0.02   |
| 2-3   | 0.02   | 0.11   | 0.00   | 0.00   | 0.02   |
| 3-4   | 0.02   | 0.09   | 0.00   | 0.00   | 0.02   |
| 4-5   | 0.25   | 0.09   | 0.00   | 0.10   | 0.16   |
| 5-6   | 7.00   | 8.00   | 1.00   | 1.00   | 5.09   |
| 6-7   | 9.43   | 9.49   | 2.64   | 1.92   | 7.01   |
| 7-8   | 11.10  | 10.50  | 3.95   | 4.02   | 8.59   |
| 8-9   | 13.00  | 11.10  | 5.01   | 4.98   | 10.01  |
| 9-10  | 5.55   | 4.58   | 7.78   | 8.40   | 6.28   |
| 10-11 | 0.43   | 1.03   | 9.27   | 6.14   | 3.03   |
| 11-12 | 0.81   | 7.13   | 9.74   | 10.87  | 4.90   |
| 12-13 | 0.61   | 7.02   | 8.64   | 10.26  | 4.48   |
| 13-14 | 0.43   | 4.09   | 9.43   | 8.65   | 3.88   |
| 14-15 | 0.83   | 6.77   | 7.94   | 5.94   | 3.75   |
| 15-16 | 2.10   | 11.15  | 7.71   | 7.34   | 5.19   |
| 16-17 | 7.15   | 8.60   | 8.08   | 10.36  | 8.03   |
| 17-18 | 9.97   | 7.43   | 6.06   | 10.56  | 9.01   |
| 18-19 | 11.03  | 1.90   | 5.80   | 5.73   | 7.99   |
| 19-20 | 10.40  | 0.55   | 3.17   | 1.91   | 6.38   |
| 20-21 | 7.73   | 0.13   | 2.02   | 1.01   | 4.58   |
| 21-22 | 1.83   | 0.15   | 1.25   | 0.40   | 1.27   |
| 22-23 | 0.31   | 0.09   | 0.51   | 0.30   | 0.32   |
| 23-24 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Çizelge 6.2. Bir iş gününde yoğun ve yoğun olmayan saatlerde trafik (%)

| Saat / %                |          | Hours | (%)   |
|-------------------------|----------|-------|-------|
| Yoğun sabah saatlerinde | AM PEAK  | 2     | 18.6  |
| Yoğun Akşam saatlerinde | PM PEAK  | 2     | 17.0  |
| Yoğun saatler dışında   | OFF PEAK | 12    | 62.6  |
| Gece                    | NIGHT    | 8     | 1.8   |
| Toplam                  | TOTAL    | 24    | 100.0 |

### 6.8. Trafik Dönüşüm Faktörü

Ulaşım modeli yoğun sabah saatlerinin yolculuk matrisi üzerinden işlemektedir. 2003 yılında İstanbul'da yapılan trafik sayımlarına göre yoğun saatlerin /günlük trafiğe oranı 0.10 olarak tespit edilmiştir.

Şehir otobüslerinde kullanılan elektronik bilet sistemi (Akbil) vasıtasıyla 2002 yılında toplanan verilere dayanılarak, hafta-içi ve hafta sonu ortalama günlük trafik ile yılın ortalama günlük trafiği (AADT) aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır (Çizelge6.3.)

Çizelge 6.3. Büyükşehir otobüslerinde günlük trafik verileri

|           | Otobüs Trafiği | İndeks |
|-----------|----------------|--------|
| İş Günü   | 966 703        | 1,000  |
| Cumartesi | 682 171        | 0,706  |
| Pazar     | 409 810        | 0,424  |
| AADT      | 846 829        | 0,876  |

Günlük trafik rakamların, 320 (0,876x365) değerinde bir dönüşüm faktörü kullanılarak yıllık rakamlara çevrilmiştir.

### 6.9. Ücret Yapısı

Bu analizde günümüzde geçerli olan kamu ulaşım ücretleri kullanılmıştır. Öğrencilere, yaşlılara ve diğer indirim hak kazanan kullanıcı kategorilerine

uygulanmakta olan indirimli ücret politikasına devam edileceği düşünülmektedir. Ortalama taban ücreti yolculuk başına 0,60 \$ olarak alınmıştır. Boğazı (BC) geçen Marmaray Projesi trafiğinin tahmin edilmesinde iki tarife kullanılmıştır:

a) Yolculuğun mesafesine bağlı olmaksızın uygulanan sabit bir baz ücret, bu durumda Boğaz'ı geçmek için ek ücret alınmayacaktır.

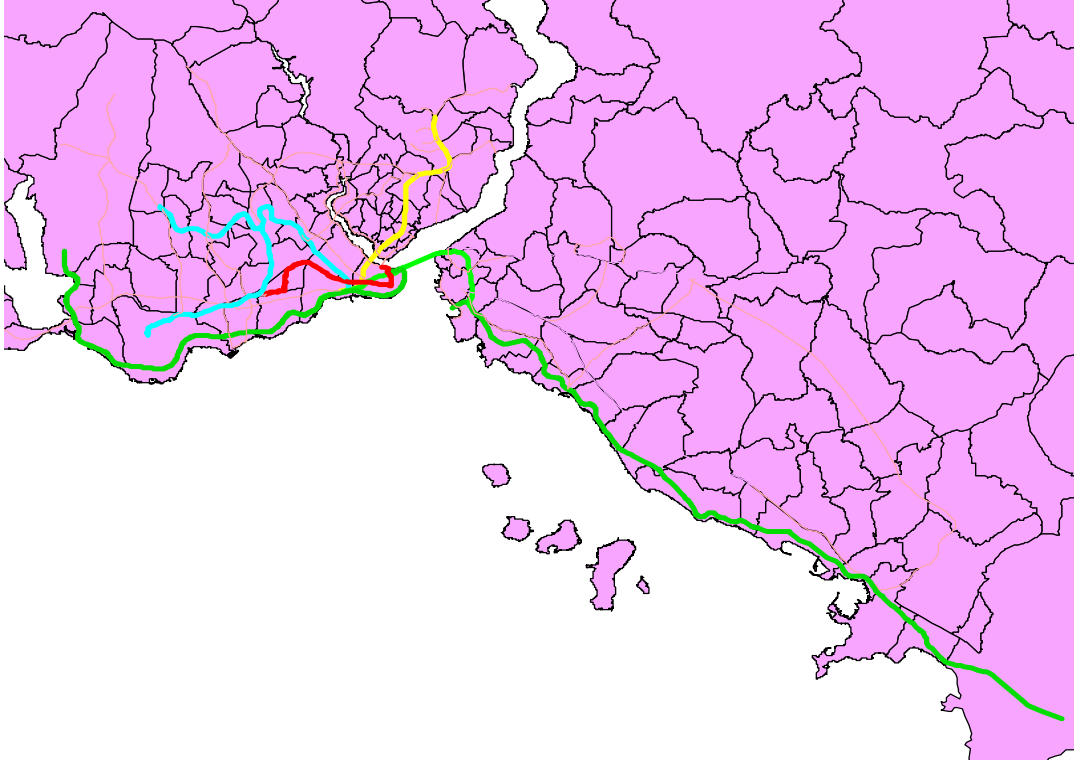
b) Boğaz'ı geçmek için 0,60 \$ ek ücret alınacaktır.

#### Asgari-İşlem Şebekesinde Diğer Demiryolu Transit Projeleri

İstanbul'da şu anda mevcut olan demiryolu transit hatlarından ek olarak aşağıdaki demiryolu transit projeleri de Asgari-İşlem Şebekesinde göz önünde bulundurulmuştur.

4. Levent-Yenikapı metro hattı (Şekil 6 da sarı çizgi ile gösterilmiştir).

Otogar-Bağcılar LRT hattı (Şekil 6 da mavi çizginin Doğu-Batı yönünde uzantısı).



Şekil 6.7. Asgari-işlem demiryolu şebekesi

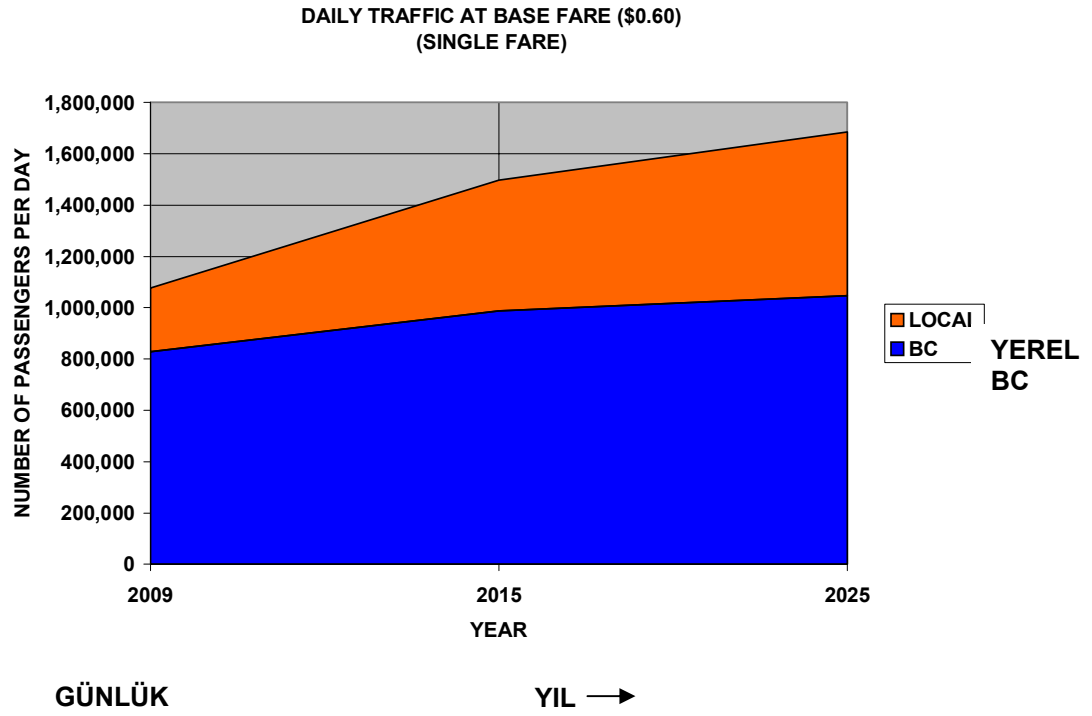
0,60 \$ miktarında bir ortalama baz ücretin uygulanması durumunda Marmaray Projesinin günlük ve yıllık trafiği Çizelge 6.4 ve 6.5. de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. 0.60 \$'lık bir Ortalama Baz Ücret Uygulamasına göre Günlük Trafik

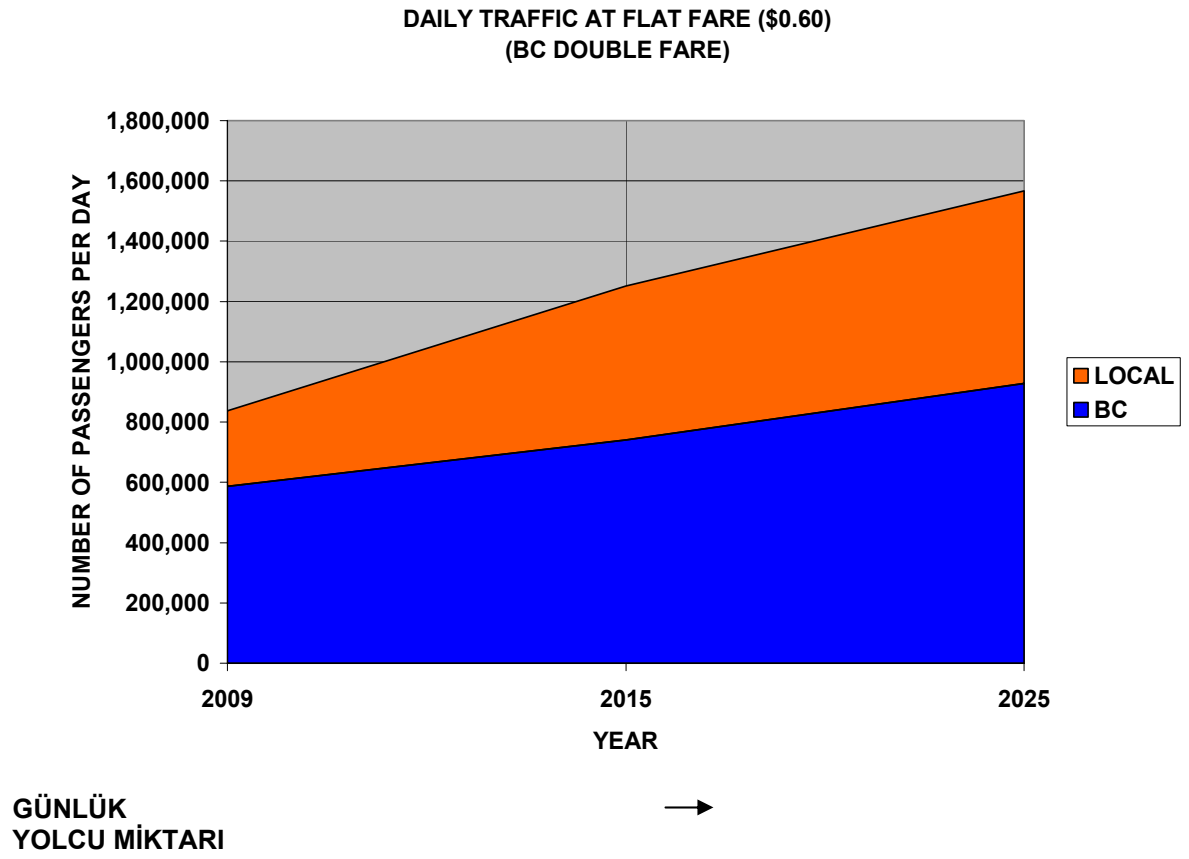
| Yıl  | Baz Ücret |         |           | BC için Çift Ücret |         |           |
|------|-----------|---------|-----------|--------------------|---------|-----------|
|      | BC        | Yerel   | Toplam    | BC                 | Yerel   | Toplam    |
| 2009 | 827 860   | 249 710 | 1 077 570 | 587 310            | 249 710 | 837 020   |
| 2015 | 987 030   | 511 000 | 1 498 030 | 741 400            | 511 000 | 1 252 400 |
| 2025 | 1 046 91  | 638 950 | 1 685 860 | 927 680            | 638 950 | 1 566 630 |

Çizelge 6.5. 0.60 \$'lık bir Ortalama Baz Ücret Uygulamasına göre Yıllık Trafik

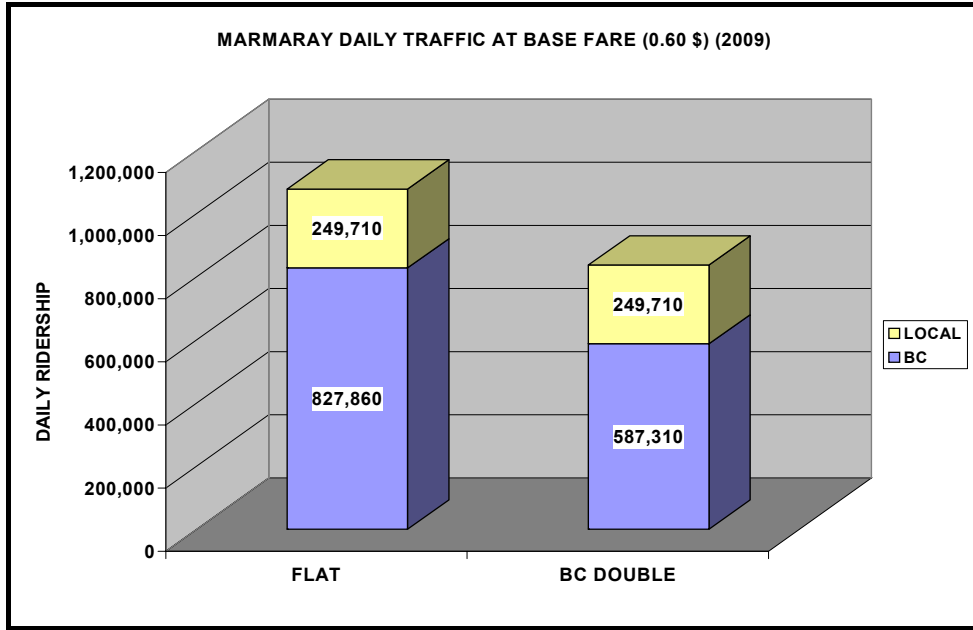
| Yıl  | Baz Ücret    |             |             | BC için Çift Ücret |             |             |
|------|--------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|
|      | BC           | Yerel       | Toplam      | BC                 | Yerel       | Toplam      |
| 2009 | 26 4 915 200 | 79 907 200  | 344 822 400 | 187 939 200        | 79 907 200  | 267 846 400 |
| 2015 | 315 849 600  | 163 520 000 | 479 369 600 | 237 248 000        | 163 520 000 | 400 768 000 |
| 2025 | 335 011 200  | 204 464 000 | 539 475 200 | 296 857 600        | 204 464 000 | 501 321 600 |



Şekil 6.8. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük Trafik (Sabit Ücret)

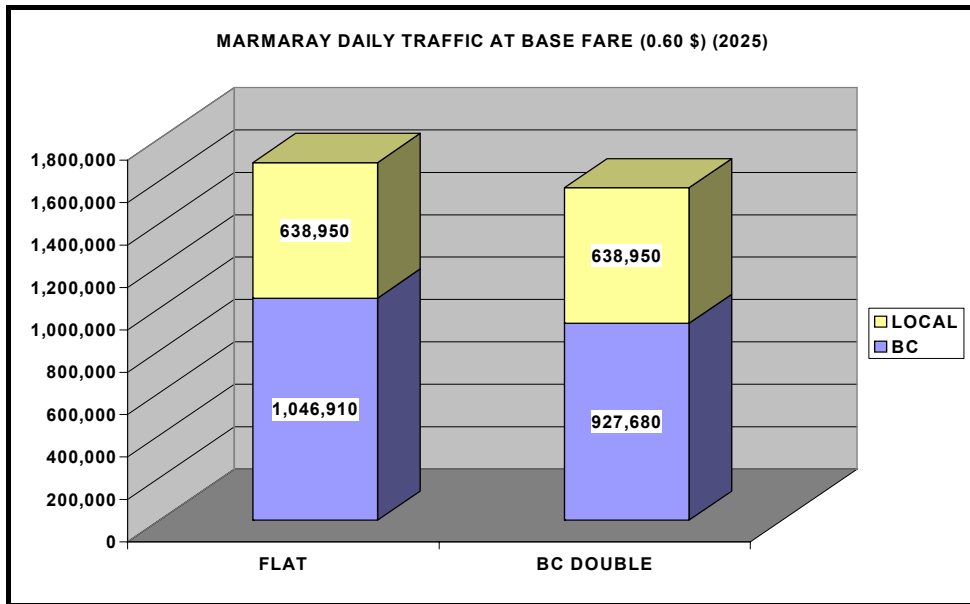


Şekil 6.9. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük Trafik  
(BC İÇİN 1,20 \$)



↑  
GÜNLÜK  
KULLANIM

Şekil 6.10. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük Trafik (2009)



GÜNLÜK  
KULLANIM

Şekil 6.11. 0,60 \$'lık Ortalama Baz Ücretin Uygulanmasına göre Günlük Trafik (2025)

Proje trafiğinin ücret tarifeleri konusundaki duyarlılığı

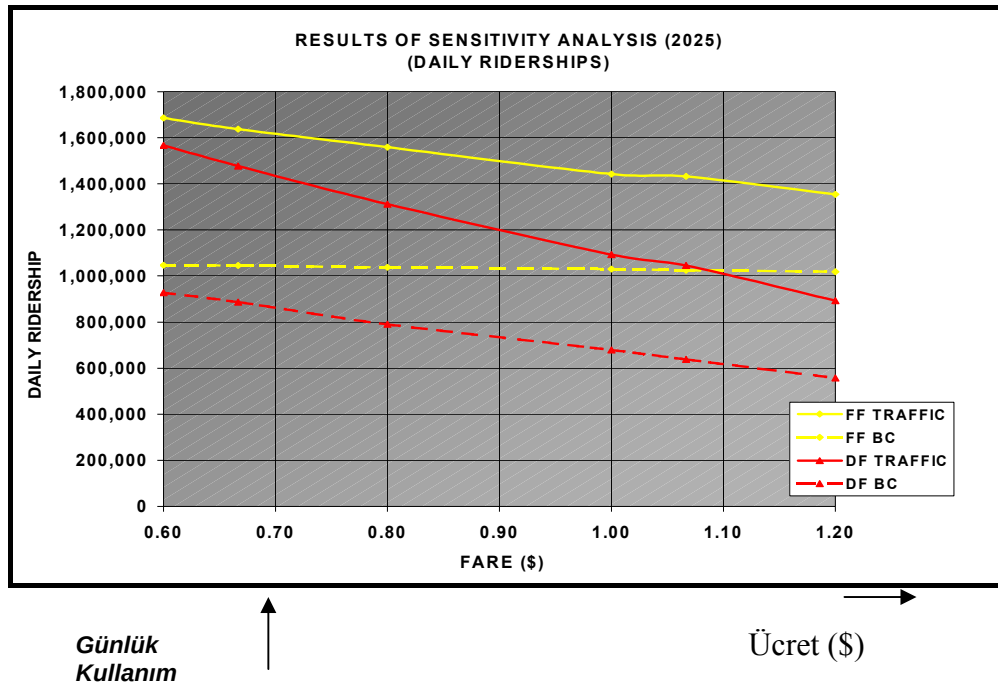
Ücret tarifesinin projenin trafiğı ve yıllık gelir üzerinde yaratacağı etkileri tahmin etmek için duyarlılık testleri gerçekleştirilmiş olup, test sonuçları 6.6. ve 6.7. nolu çizelgelerde ve 6.11. ve 6.12. nolu şekillerde verilmektedir.

Çizelge 6.6. Ücret tarifi ile ilgili olarak günlük proje trafiğinde kaydedilecek değişiklikler

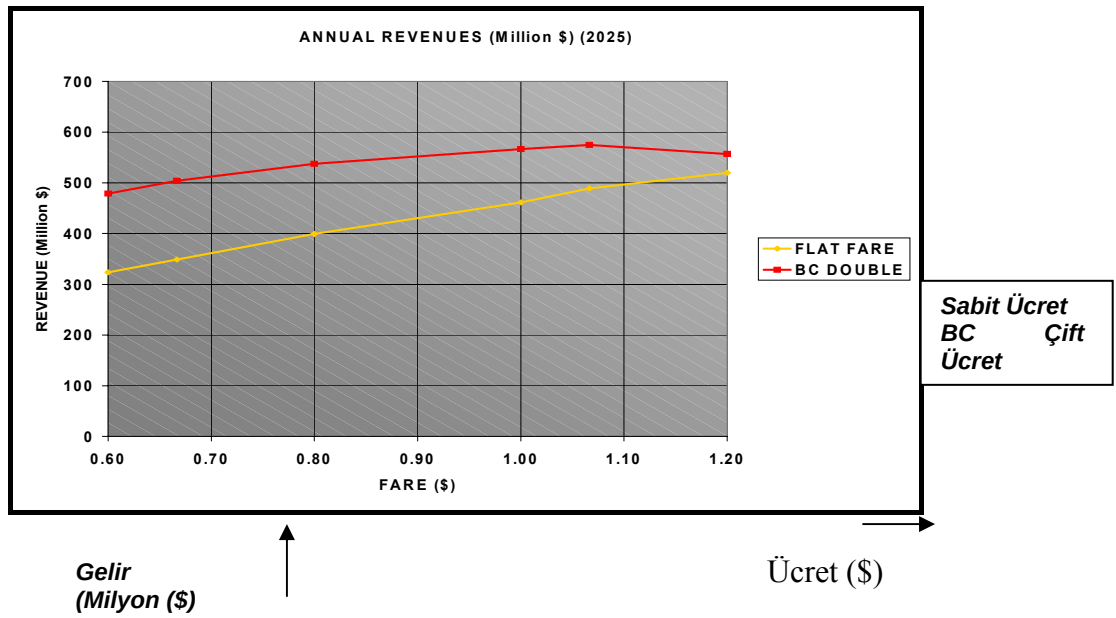
| Baz<br>Ücret (\$) | Yerel   | Sabit Ücret<br>BC | Toplam    | BC Çift Ücret<br>BC | Toplam    |
|-------------------|---------|-------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Base<br>Fare (\$) | Local   | Flat Fare         |           | BC Double Fare      |           |
|                   |         | BC                | Total     | BC                  | Total     |
| 0,60              | 638 950 | 1 046 910         | 1 685 860 | 927 680             | 1 566 630 |
| 0,67              | 591 513 | 1 045 426         | 1 636 939 | 886 056             | 1 477 569 |
| 0,80              | 521 491 | 1 038 290         | 1 559 781 | 789 848             | 1 311 340 |
| 1,00              | 413 456 | 1 029 591         | 1 443 047 | 678 886             | 1 092 342 |
| 1,07              | 406 475 | 1 025 434         | 1 431 909 | 638 586             | 1 045 061 |
| 1,20              | 335 888 | 1 018 716         | 1 354 604 | 557 192             | 893 080   |

Çizelge 6.7. Ücret Tarifi ile ilgili olarak Projenin Yıllık Gelirinde kaydedilecek değişiklikler (Milyon \$)

| Baz Ücret (\$) | Sabit Ücret | BC Çift Ücret  |
|----------------|-------------|----------------|
| Base Fare (\$) | Flat Fare   | BC Double Fare |
| 0,60           | 323,7       | 478,9          |
| 0,67           | 349,2       | 504,2          |
| 0,80           | 399,3       | 537,9          |
| 1,00           | 461,8       | 566,8          |
| 1,07           | 488,8       | 574,7          |
| 1,20           | 520,2       | 556,9          |



Şekil 6.12. Ücret tarifi ile ilgili olarak projenin günlük trafiğinde kaydedilecek değişiklikler



Şekil 6.13. Ücret tarifi ile ilgili olarak projenin yıllık gelirinde kaydedilecek değişiklikler

### Kadıköy-Kartal LRT Projesinin Proje Trafiği üzerindeki etkileri

Asgari-İşlem şebekesine dahil edilecek diğer büyük geçiş projeleri:

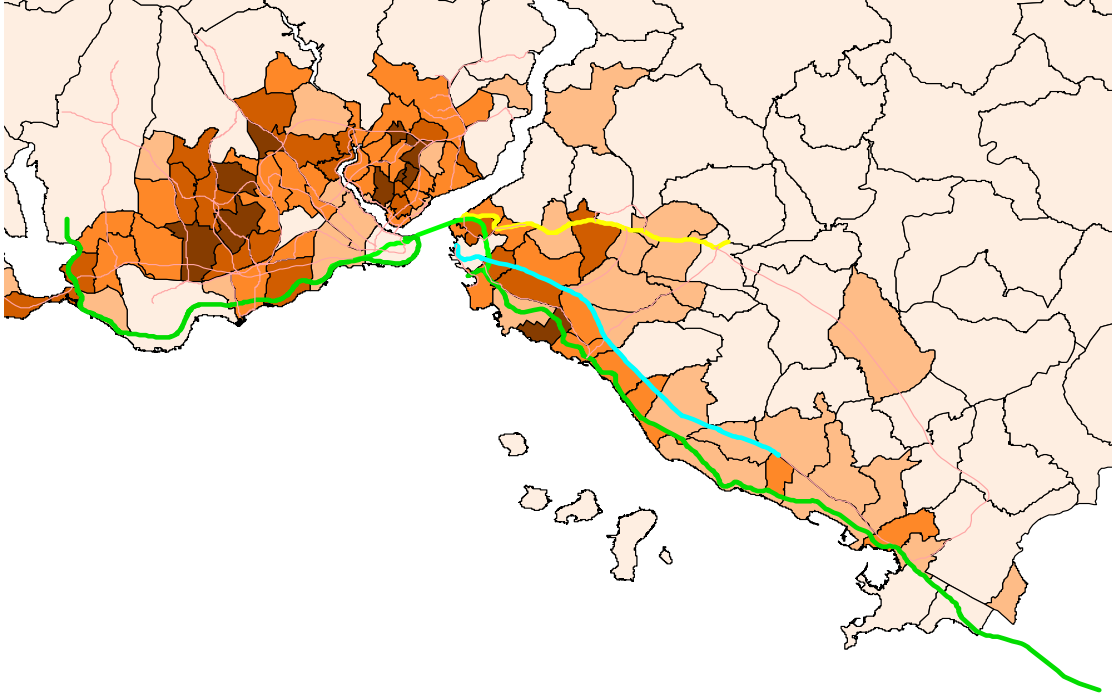
Kadıköy-Kartal LRT projesi (Şekil 6.13. ve 6.14. de mavi çizgi ile gösterilmiştir)

Üsküdar-Ümraniye LRT projesi (Şekil 6.13. ve 6.14. de sarı çizgi ile gösterilmiştir)

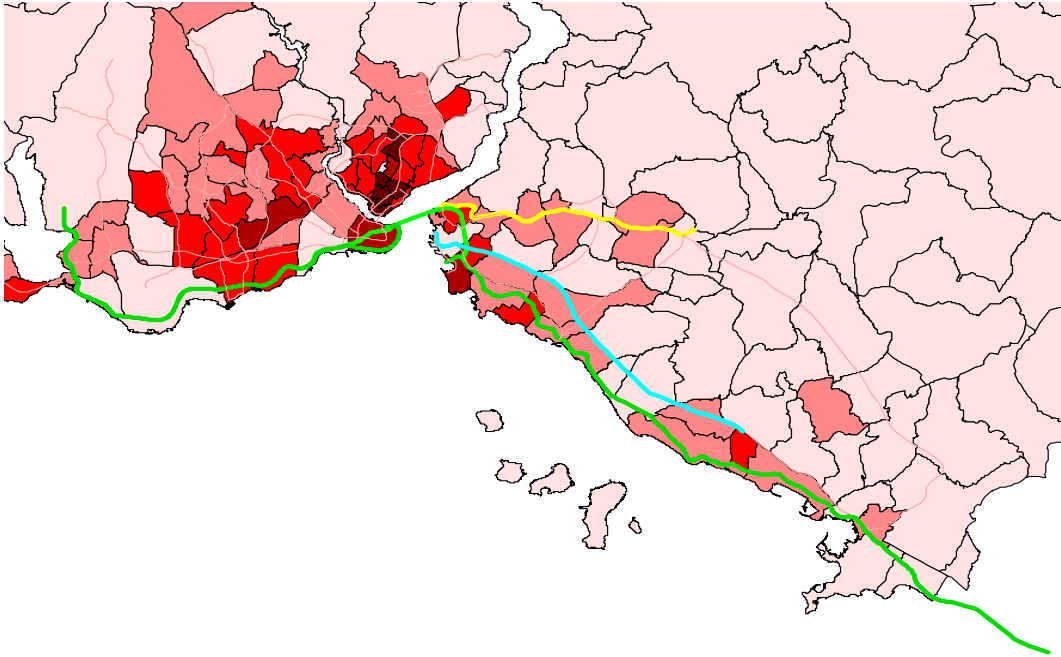
Kadıköy-Kartal LRT hattının 2025 yılında Marmaray Projesi üzerinde yaratacağı etkileri tahmin etmek için duyarlılık testleri gerçekleştirilmiştir. 2025 yılında BC yolculukları için çift ücretin geçerli olacağı var sayılarak Kadıköy-Kartal LRT projesi dahil ve hariç olmak üzere günlük proje trafiği tahminleri hazırlanmış ve bunlar Tablo 6.8. de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. Kadıköy-Kartal (KK) LRT Projesi ve 2025 yılında Projenin Günlük Trafiği

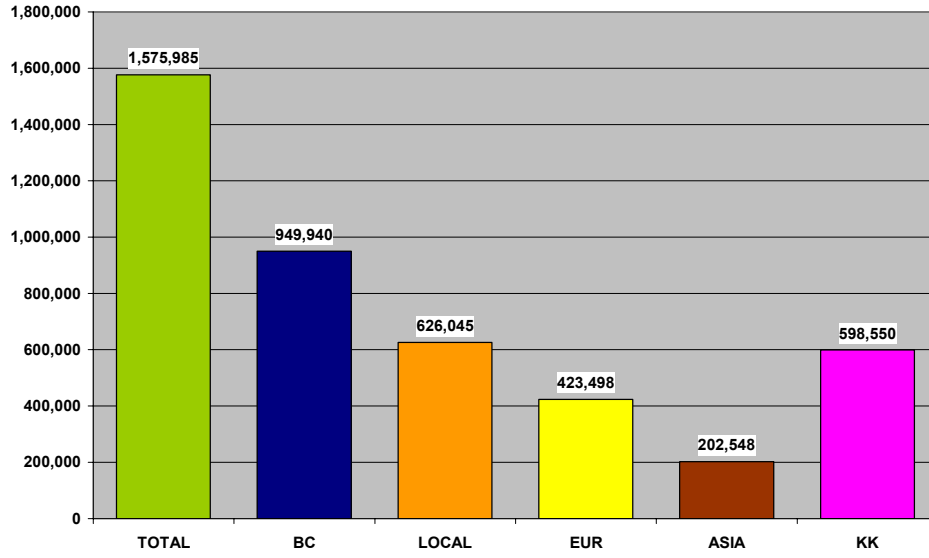
|          |         | BC      | Yerel   | Toplam    |
|----------|---------|---------|---------|-----------|
| KK dahil |         | BC      | Local   | Total     |
|          | w/okk   | 927 680 | 638 950 | 1 566 630 |
| KK hariç |         |         |         |           |
|          | With kk | 949 940 | 626 050 | 1 575 990 |



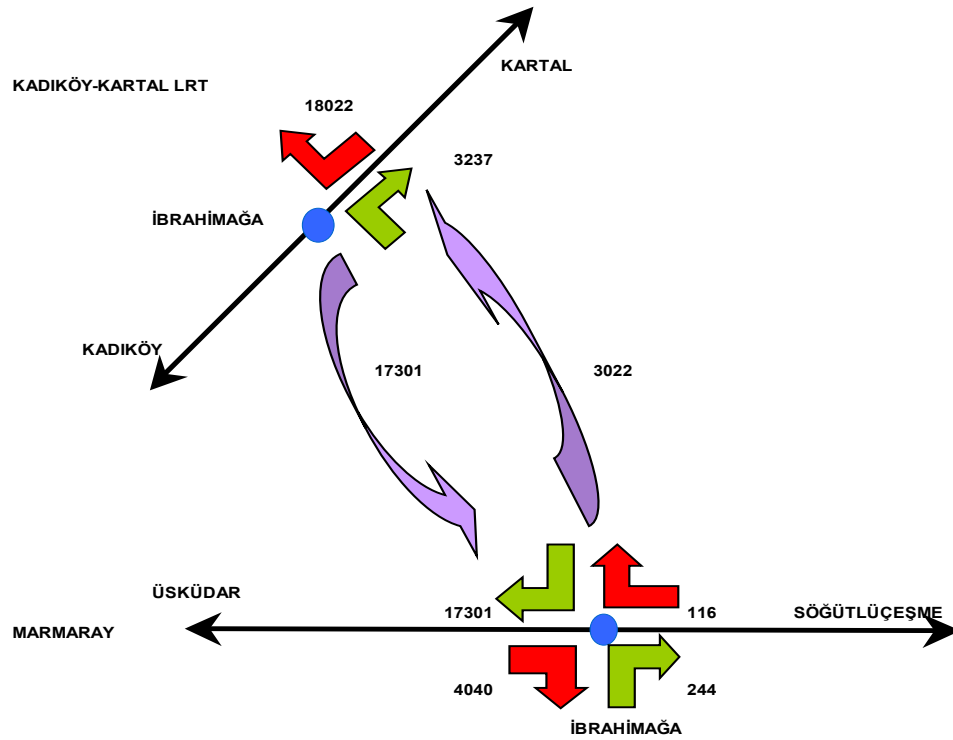
Şekil 6.14. 2025 yılında nüfus yoğunluğu



Şekil 6.15. 2025 yılında bölgelerin işyeri açısından yoğunluğu



Şekil 6.16. KK LRT projesi dahil olmak üzere 2025 yılında Marmaray Projesinin günlük trafiği



Şekil 6.17. 2025 yılında İbrahimağa istasyonunda transfer

Kadıköy-Kartal LRT projesi, Anadolu yakasının yerel trafiğinde bir miktar azalmaya neden olmaktadır. Ancak bu hat projeyi İbrahimağa Transfer İstasyonunda beslediğinden ve BC kesiminde trafiğin artmasına neden olduğundan, KK hattı dahil

edildiğinde oluşacak trafik miktarının dahil edilmediği taktirde oluşacak trafik miktarından biraz daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 6.16).

## 6.10. Ulaşım Talep Tahmini

### 6.10.1. Yolculuk talep modeli

Bu çalışmada Pendik Marmaray Projesi Tren İstasyonu ile uluslararası Sabiha Gökçen Havaalanı arasında oluşacak olan Trafik Analiz Bölge (TAB) Planlaması yapılmıştır. Bu planlama 2023 yılı hedef alınarak yapılmıştır.

Yapılan TAB Planlaması Pendik Tren İstasyonu ve Sabiha Gökçen Uluslararası Havaalanı arasındaki üretim ve çekim modelleri esas alınarak yapılmıştır. Sabiha Gökçen Havaalanı ile Pendik Tren İstasyonu arası mesafe 15 km'dir. Mesafede kullanılan parametre Ev-İş, Ev-Okul, Ev-Diğer ve Diğer Yolculuklar için ayrı ayrı hesaplanmış olup, trafik analiz parametresine dahil edilmiştir.

Pendik Tren İstasyonu ve Sabiha Gökçen Havaalanı arası süre ve maliyet sabitleri her iki istasyon için modellemeye dahil edilmiştir.

#### Trafik analiz bölgelerine (TAB) göre yolculuk üretim ve çekim modelleri

Ev-İş ve Ev-Okul yolculukları için Yolculuk Üretim ve Çekim Modelleri aşağıda gösterilmiştir.

Ev-İş Yolculukları için Üretim ve Çekim Modeli

Ev-İş Üretim= Net Yolculuk Oranı (1,94) \* İşe Gitme Oranı (0,88)\* TAB'daki Çalışan sayısı (Ev Bazlı)

Ev-İş Çekim: Net Yolculuk Oranı (1,94)\* İşe Gitme Oranı (0,88) \*TAB'daki İstihdam Sayısı (İş Yeri Bazlı)

### Ev-Okul Yolculukları için Üretim ve Çekim Modeli

Ev-Okul Üretim = Net Yolculuk Oranı(2,02)\* Okula Gitme Oranı ( 0,87) \* TAB  
'daki Öğrenci Sayısı (Ev Bazlı)

Ev-Okul Çekim =Net Yolculuk Oranı ( 2,02) \*Okula Gitme Oranı (0,87)\* TAB'daki  
Öğrenci Sayısı (Okul Bazlı)

### Ev-Diğer ve Diğer Yolculuklar için Üretim ve Çekim Modeli

Ev-Diğer ve diğer yolculuklar doğrusal regresyon modelleri kullanılarak  
hesaplanmıştır. Model yapısı aşağıda görüldüğü gibidir.

$$\bar{U}_i = a + b_1 * X_{i1} + b_2 * X_{i2} + b_3 * X_{i3} + \dots$$

$$\bar{C}_j = a + b_1 * X_{j1} + b_2 * X_{j2} + b_3 * X_{j3} + \dots$$

Burada;

$\bar{U}_i$  : TAB' da üretilen yolculuk

$\bar{C}_j$  : TAB'da çekilen yolculuk

$X_{in}, X_{jn}$  : i veya j TAB'daki sosyo ekonomik veriler

A :Model sabiti

$b_n$  :Model parametreleri

### Ev-İş Yolculukları için Üretim ve Çekim Modeli

2011 yılı için;

$$\text{Ev-İş Üretim} = 1,94 * 0,88 * 52\,547 = 89708,24$$

$$\text{Ev- İş Çekim} = 1,94 * 0,88 * 100\,894 = 172246,24$$

$$\text{Ev- Okul Üretim} = 2,02 * 0,87 * 111\,260 = 195528,32$$

$$\text{Ev-Okul Çekim} = 2,02 * 0,87 * 27\,815 = 48882,08$$

2023 Yılı İçin;

$$\text{Ev-İş Üretim} = 1,94 * 0,88 * 148\ 002 = 252\ 669$$

$$\text{Ev- İş Çekim} = 1,94 * 0,88 * 40\ 028 = 68335,8$$

$$\text{Ev- Okul Üretim} = 2,02 * 0,87 * 267\ 024 = 469267,9$$

$$\text{Ev-Okul Çekim} = 2,02 * 0,87 * 58\ 001 = 101930,9$$

Ev-Diğer Yolculukları için Üretim ve Çekim Modeli

2011 yılı için

Ev-Diğer Üretim

$$\begin{aligned}\ddot{U}_i &= a + b_1 * X_{i1} + b_2 * X_{i2} + b_3 * X_{i3} \dots \\ &= -748,943 + 0,425737 * 508\ 386 + 1,163230 * 4,955 \\ &= 215695,5\end{aligned}$$

Ev-Diğer Çekim

$$\begin{aligned}\ddot{C}_j &= a + b_1 * X_{j1} + b_2 * X_{j2} + b_3 * X_{j3} \\ &= 1063,040 + 0,44342 * 508\ 386 + 0,296634 * 4,955 \\ &= 226493,03\end{aligned}$$

2023 yılı için;

Ev-Diğer Üretim

$$\begin{aligned}\ddot{U}_i &= -748,943 + 0,425737 * 762\ 579 + 1,163230 * 20,884 \\ &= 224703,87\end{aligned}$$

Ev-Diğer Çekim

$$\begin{aligned}\ddot{C}_j &= 1063,040 + 0,44342 * 762\ 579 + 0,290994 * 20,884 \\ &= 339211,9\end{aligned}$$

2011 yılı için ;

Diğer Üretim

$$\begin{aligned}\ddot{U}_i &= 511,731 + 0,089921 * 508\ 386 + 0,296634 * 4,955 \\ &= 46227,78\end{aligned}$$

Diğer Çekim

$$\begin{aligned} \text{Ç}_j &= 464,118 + 0,015623 * 508\,386 + 0,03954 * 4,955 \\ &= 8406,81 \end{aligned}$$

2023 yılı için;

$$\begin{aligned} \text{Ü}_j &= 511,731 + 0,089921 * 762\,579 + 0,296634 * 20,884 \\ &= 69089,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ç}_j &= 464,118 + 0,015623 * 762\,579 + 0,03954 * 20,884 \\ &= 12378,7 \end{aligned}$$

### Yolculuk Dağılım Modeli

Amaçlara göre yolculuk dağılımını tahmin etmek için Çift kısıtlı çekim modeli(Gravity Modeli) kullanılmıştır.Bu model kullanılarak TAB içi ve dışı yolculuklar tahmin edilmiştir.Gravity Model aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$T_{ij} = A_i * B_j * ((O_i * D_j) / d_{ij}^\beta)$$

$T_{ij}$ : i ve j TAB'ları arasındaki yolculuklar

$A_i$ : i TAB'ında başlayan yolculukları dengeleme sabiti

$B_j$ : j TAB'ında biten yolculukları dengeleme sabiti

$O_i$ : i TAB'ında başlayan toplam yolculuk sayısı

$D_j$ : j TAB'ında biten toplam yolculuk sayısı

$d_{ij}$ : i ve j TAB'ları arasındaki yolculuk süresi

2011 yılı için;

Ev-İş İçin

$$T_{ij} = 0,03 * 0,43 * (89708,24 * 172246,24) / 15^{1,913} = 1\,121\,278,06$$

Ev-Okul

$$T_{ij} = 0,23 * 0,55 * (195528,32 * 48882,08) / 15^{3,022} = 337\,531,72$$

Ev-Diğer

$$T_{ij} = 0,21 * 0,43 * (215695,5 * 226493,03) / 15^{2,41} = 6\,459\,533$$

Diğer

$$T_{ij} = 0,24 * 0,41 * (46227,78 * 8406,81) / 15^{1,736} = 347405,5$$

2023 yılı için

Ev-İş İçin

$$T_{ij}: 0,23*0,38*(252\ 669*68335,8)/15^{1.913}=8\ 488\ 934$$

Ev-Okul için

$$T_{ij}: 0,18*0,52*(469267,9*101930,9)/15^{3.022}=1\ 249\ 842,102$$

Ev-Diğer için;

$$T_{ij}: 0,15*0,42*(224703,87*339211,9)/15^{2.41}=7\ 031\ 364,81$$

Diğer:

$$T_{ij}: 0,21*0,32*(69089,8*12378,7)/15^{1.736}=522114,32$$

### Türel Dağılım Modeli

Amaçlara göre yolculuk dağılımı elde edildikten sonra “Çok Sınıflı Logit Model (Multinomial Logit Model) kullanılarak türel seçim değerleri elde edilmiştir. Türel seçim modeli de üretim çekim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

### Multinomial Logit Model

Aşağıda logit model fayda fonksiyonları gösterilmiştir.

$$U_{yaya} = \beta_4 * \ln(\text{mesafe}) + \beta_7 * \ln(\text{süre})$$

$$U_{oto} = \beta_1 + \beta_5 * (\text{TAB'daki otomobil}) + \beta_6 * (\text{gelir}) + \beta_7 * \ln(\text{süre}) + \beta_8 * \ln(\text{maliyet})$$

$$U_{servis} = \beta_2 + \beta_7 * \ln(\text{süre}) + \beta_8 * \ln(\text{maliyet})$$

$$U_{toplu\ taş.} = \beta_3 + \beta_7 * \ln(\text{süre}) + \beta_8 * \ln(\text{maliyet})$$

$$U_{yaya} = \beta_4 * \ln(\text{mesafe}) + \beta_7 * \ln(\text{süre})$$

2011 yılı için;

$$U_{yaya}(\text{ev-iş}) = 0$$

$$U_{yaya}(\text{ev-okul}) = 0 + 0,23 * \ln(50\ 085) = 0.9$$

$$U_{yaya}(\text{ev-diğer}) = 0$$

$$U_{yaya}(\text{diğer}) = 0$$

2023 yılı için;

$$Uyaya(ev-iş)= 0$$

$$Uyaya(ev-okul)=0+0,18*\ln(50.085)=0.70$$

$$Uyaya(ev-diğer)= 0$$

$$Uyaya(diğer)= 0$$

$$Uoto= \beta_1+\beta_5*(TAB'daki otomobil)+ \beta_6*(gelir)+ \beta_7*\ln(süre)+ \beta_8*\ln(maliyet)$$

2011 yılı için

$$Uoto(ev-iş)= -1,81-0,106*7,65+0,43*0,08+0,026*\ln(53,618)+2,33*\ln(0,026)= -10,69$$

$$Uoto(ev-okul)= -0,57*5,37+0,55*0,34+0,23*\ln(0)+2,44*\ln(0,026) = -11,78$$

$$Uoto(ev-diğer)= -1,98-0,11*6,3+0,43*0,123+0,21*\ln(49,526)+2,94*\ln(0,01) = -14,7$$

$$Uoto(diğer)= -0,48+0+0,41*0,09+0,24*\ln(7,88)+2,34*\ln(0,019) = -9,22$$

2023 yılı için;

$$Uoto(ev-iş)= -1,81-0,106*7,65+0,38*0,08+0,23*\ln(53,618)+2,33*\ln(0,026) = -10,54$$

$$Uoto(ev-okul)= -0,57*5,37+0,52*0,34+0,18*\ln(0)+2,44*\ln(0,026) = -11,79$$

$$Uoto(ev-diğer)= -1,98-0,11*6,3+0,42*0,123+0,15*\ln(49,526)+2,94*\ln(0,01) = -15,58$$

$$Uoto(diğer)= -0,48+0+0,32*0,09+0,21*\ln(7,88)+2,34*\ln(0,019) = -11,67$$

$$Uservis= \beta_2+\beta_7*\ln(süre)+ \beta_8*\ln(maliyet)$$

2011 yılı için;

$$Uservis(ev-iş)= -1,02+0,026*\ln(62,452)+2,33*\ln(0,026) = -9,4$$

$$Uservis(ev-okul)= 2,38+0,23*\ln(35,387)+2,44*\ln(0,026) = -5,7$$

$$Uservis(ev-diğer)= 0+0,21*\ln(0)+2,94*\ln(0,01) = -13,5$$

$$Uservis(diğer)= -2,04+0,24*\ln(51,592)+2,34*\ln(0,02) = -10,24$$

2023 yılı için

$$Uservis(ev-iş)= -1,02+0,23*\ln(62,452)+2,33*\ln(0,026) = -8,57$$

$$U_{servis}(ev-okul)=2,38+0,175*\ln(35,387)+2,44*\ln(0,026)=-5,88$$

$$U_{servis}(ev-diğer)=0+0,151*\ln(0)+2,94*\ln(0,01)=-13,5$$

$$U_{servis}(diğer)=-2,04+0,21*\ln(51,592)+2,34*\ln(0,02)=-10,36$$

$$U_{toplu\ taş.}=\beta_3+\beta_7*\ln(süre)+\beta_8*\ln(maliyet)$$

2011 yılı için;

$$U_{toplu\ taş.}(ev-iş)=-0,69+0,026*\ln(40,313)+2,33*\ln(0,27)=-3,6$$

$$U_{toplu\ taş.}(ev-okul)=2,371+0,23*\ln(34,55)+2,44*\ln(0,026)=-5,7$$

$$U_{toplu\ taş.}(ev-diğer)=-0,83+0,21*\ln(46,974)+2,93*\ln(0,01)=-6,7$$

$$U_{toplu\ taş.}(diğer)=-0,5+0,24*\ln(11,096)+2,34*\ln(0,02)=-9,4$$

2023 yılı için;

$$U_{toplu\ taş.}(ev-iş)=-0,69+0,23*\ln(40,313)+2,33*\ln(0,27)=-2,89$$

$$U_{toplu\ taş.}(ev-okul)=2,371+0,18*\ln(34,55)+2,44*\ln(0,026)=-5,89$$

$$U_{toplu\ taş.}(ev-diğer)=-0,83+0,43*\ln(46,974)+2,93*\ln(0,01)=-12,72$$

$$U_{toplu\ taş.}(diğer)=-0,5+0,21*\ln(11,096)+2,34*\ln(0,02)=-4,3$$

### 6.11. İstasyonlarda Trafik Hacmi

Şekil 6.17, 6.18 ve 6.19 yoğun sabah saatlerinde Marmaray projesinin istasyonlarındaki trafik hacmini göstermektedir. Şekil 6.20, 6.21 ve 6.22 yoğun olmayan saatlerde ortalama trafik hacmini göstermektedir.

### 6.12. Kazanılan Toplam Yolculuk Süresi

Ulaşım modelinden trafik tahminlerine ek olarak projenin "dahil" ve "hariç" tutulduğu durumlarda her bir mod için toplam yolcu-km'si, toplam yolcu-saati gibi bazı önemli sistem performansları hakkında da bilgi alınmıştır. Kazanılan toplam yıllık yolcu saati, proje "hariç" ve proje "dahil" durumlar arasındaki fark olarak hesaplanmış olup elde edilen rakam kamu ulaşımı kullanıcıları tarafından ve projenin bir sonucu olarak araba kullanımından vazgeçip kamu ulaşımını kullanan yolcular

tarafından tasarruf edilen toplam süreyi temsil etmektedir (Çizelge 6.9). Projenin "dahil" edildiği durumda Boğaz'ı geçmek için 0,60 \$ lık bir ek ücretin ödendiği varsayılmıştır.

Çizelge 6.9. Kazanılan yolculuk süresi (projenin "dahil" edildiği ve "hariç" tutulduğu durumlar arasındaki fark)

| Yıl  | Araba ulaşımından kamu ulaşımına geçenler |                                      |                                       | Kamu ulaşımını kullananlar            |                                       | Kazanılan Toplam Süre (saat/sene) |
|------|-------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
|      | Azalan günlük araba yolculukları          | Kazanılan Yolculuk Süresi (saat/gün) | Kazanılan Yolculuk Süresi (saat/sene) | Kazanılan Yolculuk Süresi (saat/saat) | Kazanılan Yolculuk Süresi (saat/sene) |                                   |
| Year | Passengers Switching From Car to PT       |                                      |                                       | PT Users                              |                                       | Total Time                        |
|      | Reduced Daily Car Trips                   | Travel Time Saved (h/day)            | Travel Time Saved (h/year)            | Travel Time Saved (h/h)               | Travel Time Saved (h/year)            | Saved (h/year)                    |
| 2009 | 40 239                                    | 2,373                                | 759 432                               | 3,707                                 | 11 861 692                            | 12 621 123                        |
| 2015 | 96 226                                    | 16,342                               | 5 229 443                             | 6,283                                 | 20 105 252                            | 25 334 694                        |
| 2025 | 84 050                                    | 23,738                               | 7 596 310                             | 8,862                                 | 28 358 624                            | 35 954 935                        |

### 6.13. Ulaşım Etütlerinin Trafik Tahminleri arasında Mukayese yapılması

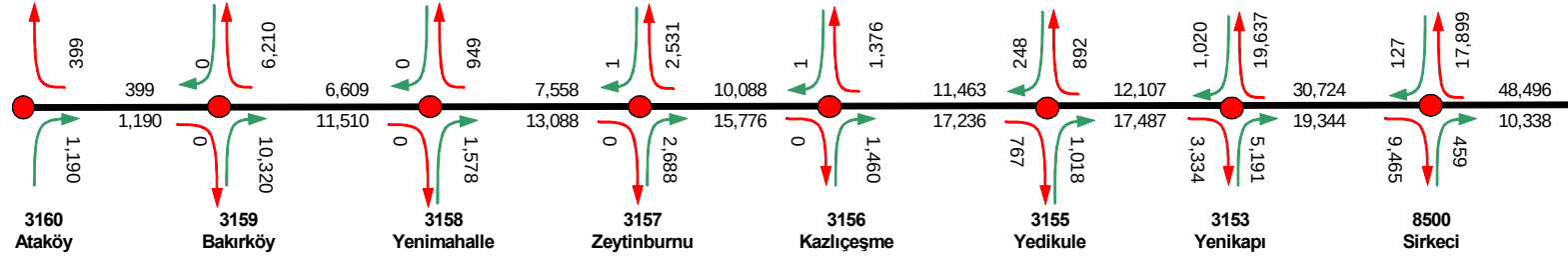
Mot Ulaşım Etütünün (1997-98) ve IUAP (2003) Ulaşım Etütünün başlıca verileri ve sonuçları Çizelge 6.10 da özetlenmiştir:

Çizelge 6.10. Ulaşım etüdünün başlıca verileri ve sonuçları

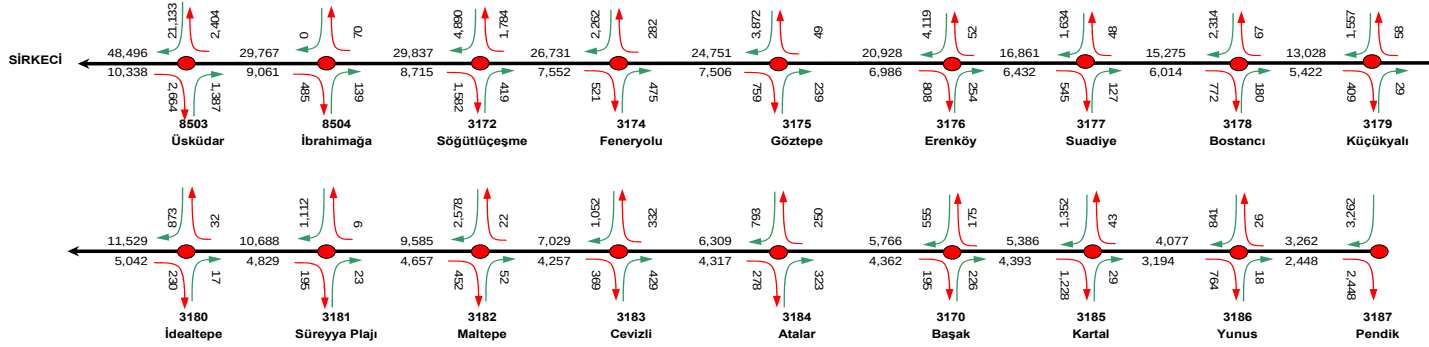
| Etüt                       | Study                                     | MoT-DLH    | IUAP (Revised) |
|----------------------------|-------------------------------------------|------------|----------------|
| Yıl                        | Year                                      | 1997-98    | 2003           |
| Ulaşım Modeli              | Transportation Model                      | Tranplan   | Tranplan       |
| Bölge adedi                | Number of Zones                           | 177        | 211            |
| Nüfus (2015)               | Population (2015)                         | 13 413 078 | 14 726 710     |
| Çalışan Nüfus (2015)       | Working Population (2015)                 | 5 841 214  | 5 556 920      |
| Öğrenci (2015)             | Students (2015)                           | 590 480    | 2 560 628      |
| Çalışan Nüfus yüzdesi (%)  | Working Population Ratio (%)              | 43,5       | 37,7           |
| Öğrenci yüzdesi (%)        | Students Ratio (%)                        | 4,4        | 17,4           |
| Yolculuk oranı             | Trip Rate                                 | 1,11       | 1,23           |
| Motorlu Vasıta ile Toplam  | Total Motorised Trips per Day             | 14 888 517 | 18 113 853     |
| Günlük Yolculuk Sayısı     | Peak Hour Ratio (%)                       | 9,5        | 10             |
| Yoğun Saat yüzdesi (%)     | Annual Conversion Factor (Year /Day)      | 330        | 320            |
| Yıllık Dönüşüm Faktörü     | Base Fare Price (\$)                      | 0,60       | 0,60           |
| (Sene/Gün)                 | Fare Structure                            | Flat       | Flat           |
| Temel Ücret (\$)           | Daily Project Traffic (2015)              | 2 169 092  | 1 498 030      |
| Ücret Yapısı               | Daily BC Traffic (2015)                   | 1 093 579  | 987 030        |
| Projenin Günlük Trafığı    | Daily Local Traffic (2015)                | 1 026 421  | 511 000        |
| (2015)                     | Project Traffic / Total Traffic Ratio (%) | 14,2       | 8              |
| BC'nin Günlük Trafığı      | Max. Peak Hour Load on BC (pphp)          | 65 337     | 75 000         |
| (2015)                     | Daily Traffic (2025)                      | 2 423 393  | 1 685 860      |
| Günlük Yerel Trafik (2015) | Traffic Increase (2015-2025) (%)          | 14,3       | 12,5           |
| Projenin Trafığı/Toplam    |                                           |            |                |
| Trafik yüzdesi (%)         |                                           |            |                |
| BCde yoğun saatlerde azami |                                           |            |                |
| trafik hacmi (pphp)        |                                           |            |                |
| Günlük Trafik (2025)       |                                           |            |                |

BC Boğaz Geçisi

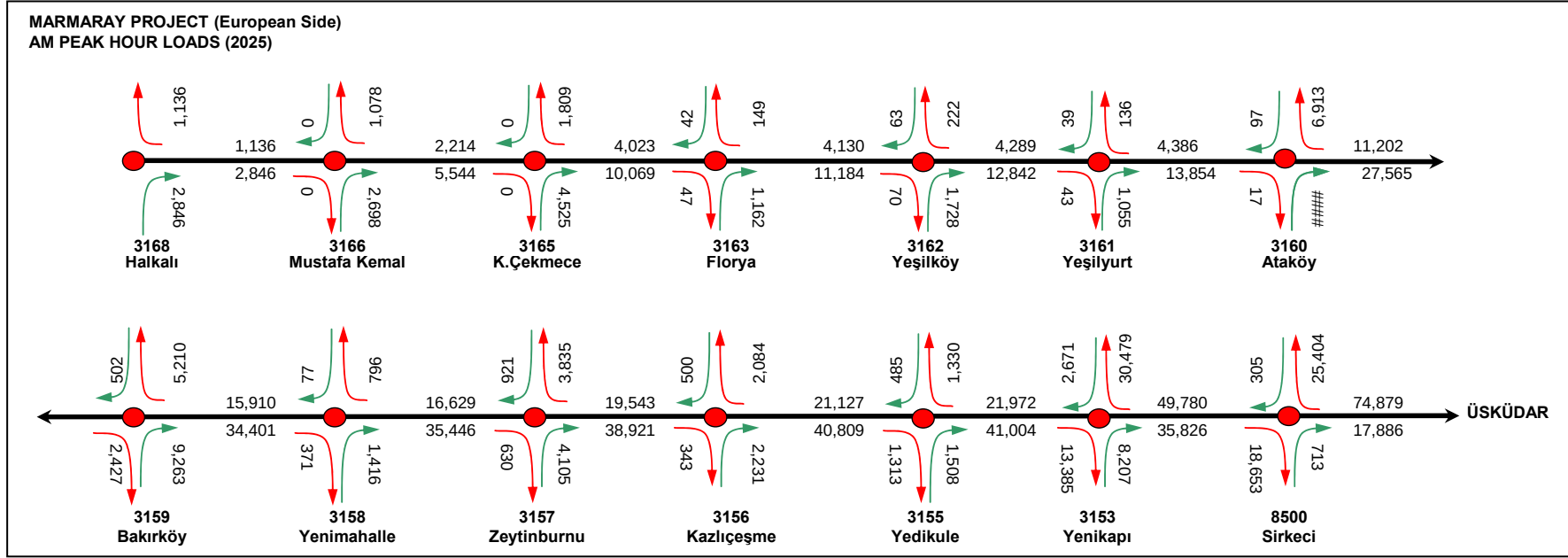
**MARMARAY PROJECT (European Side)**  
**PEAK HOUR LOADS (2009)**



**MARMARAY PROJECT (Asian Side)**  
**PEAK HOUR LOADS (2009)**

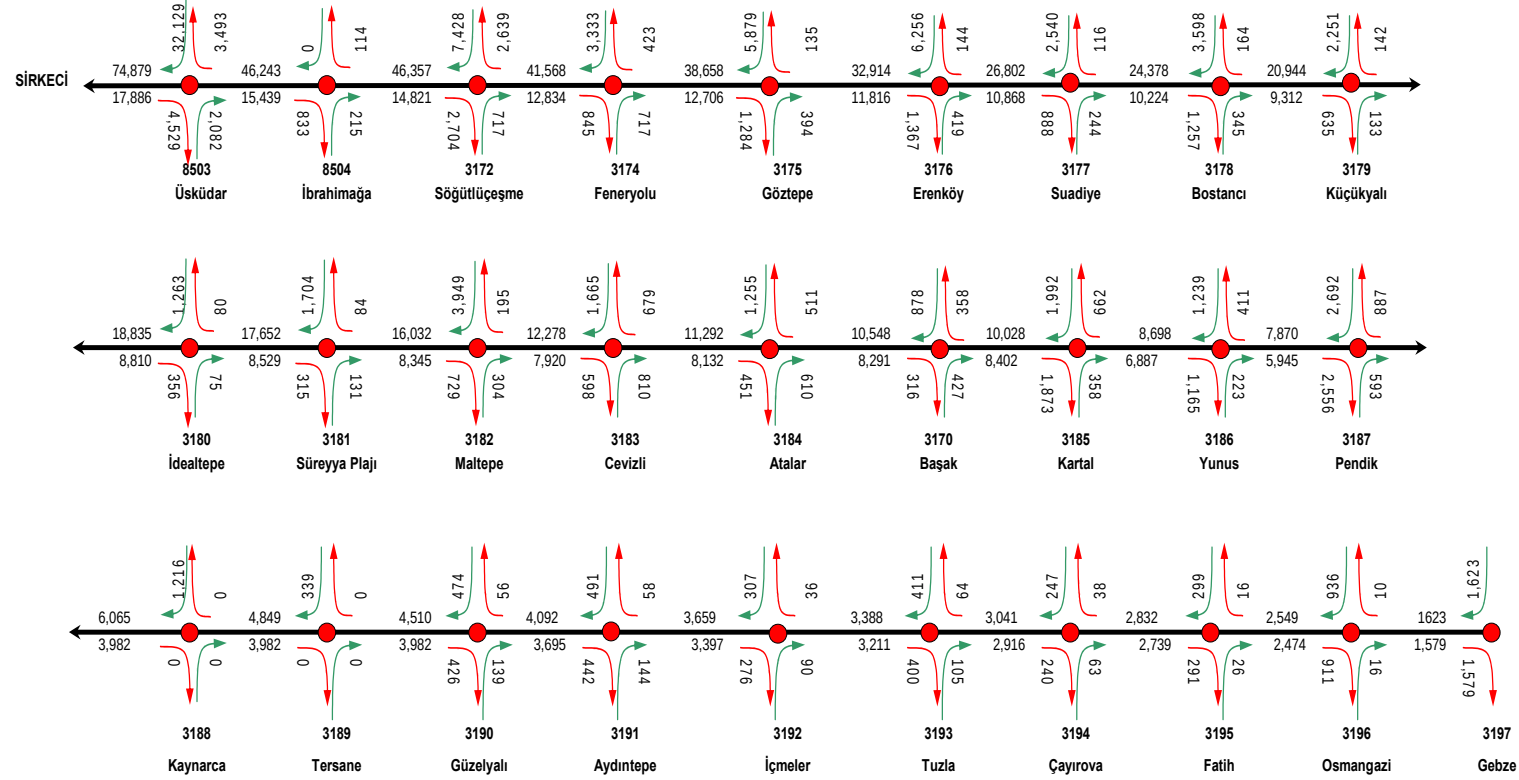


Şekil 6.18. 2009 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafiği Hacmi



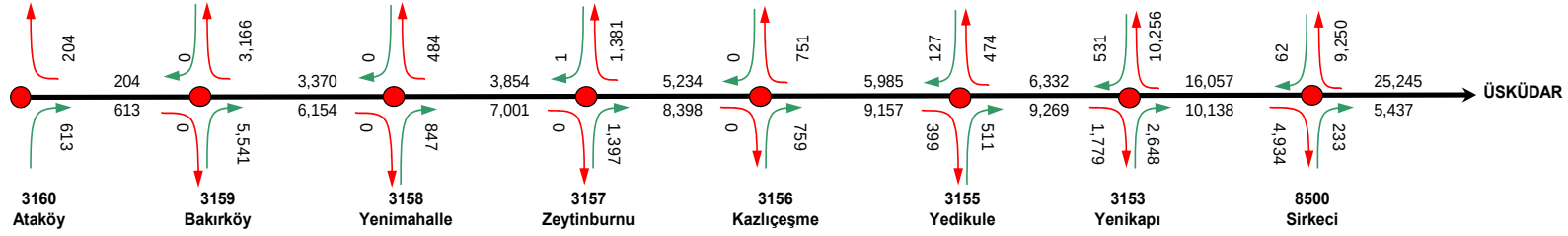
Şekil 6.19. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafik Hacı (Avrupa Yakası)

MARMARAY PROJECT (Asian Side)  
AM PEAK HOUR LOADS (2025)

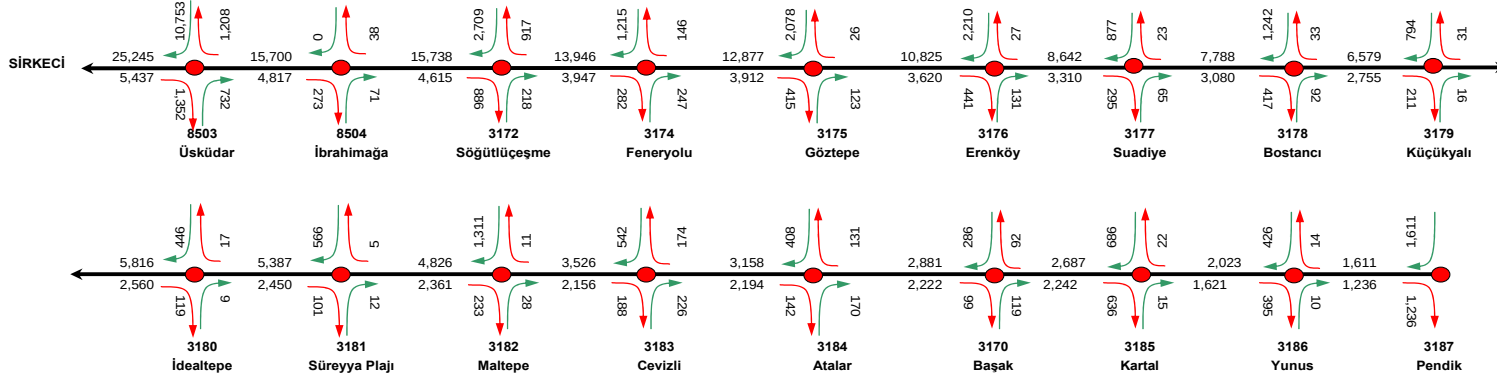


Şekil 6.20. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun Sabah Trafiği Hacmi (Anadolu Yakası)

**MARMARAY PROJECT (European Side)**  
**OFF-PEAK HOUR LOADS (2009)**

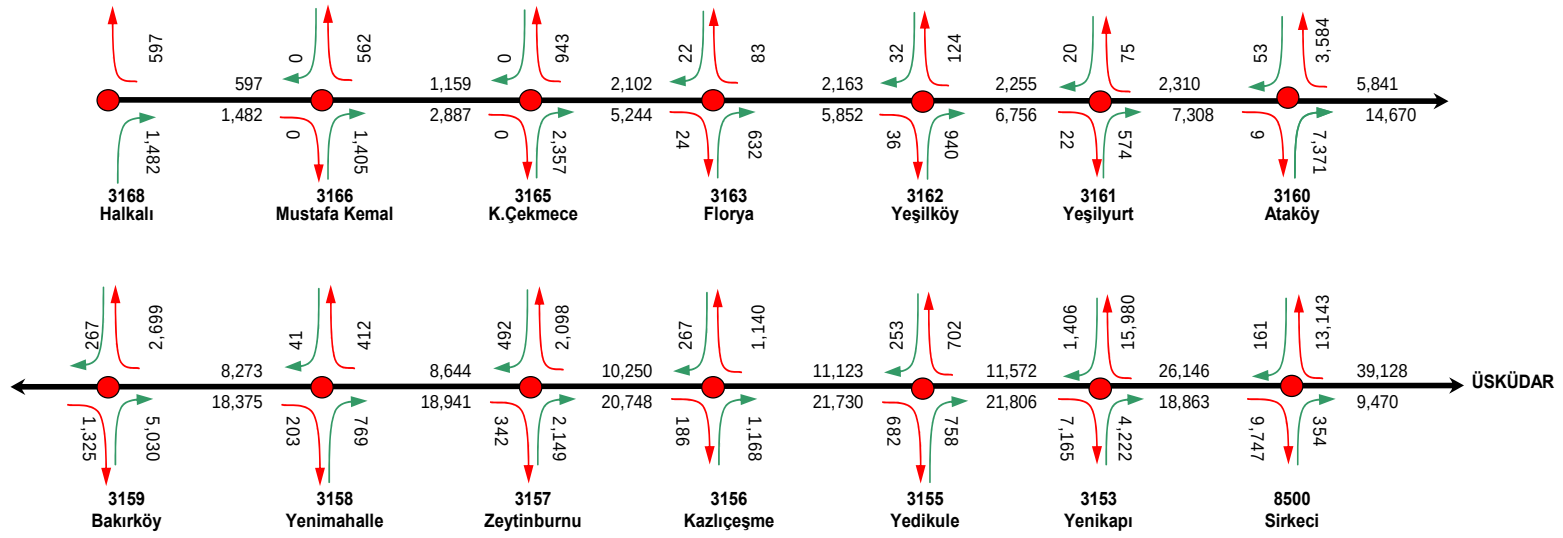


**MARMARAY PROJECT (Asian Side)**  
**OFF-PEAK HOUR LOADS (2009)**



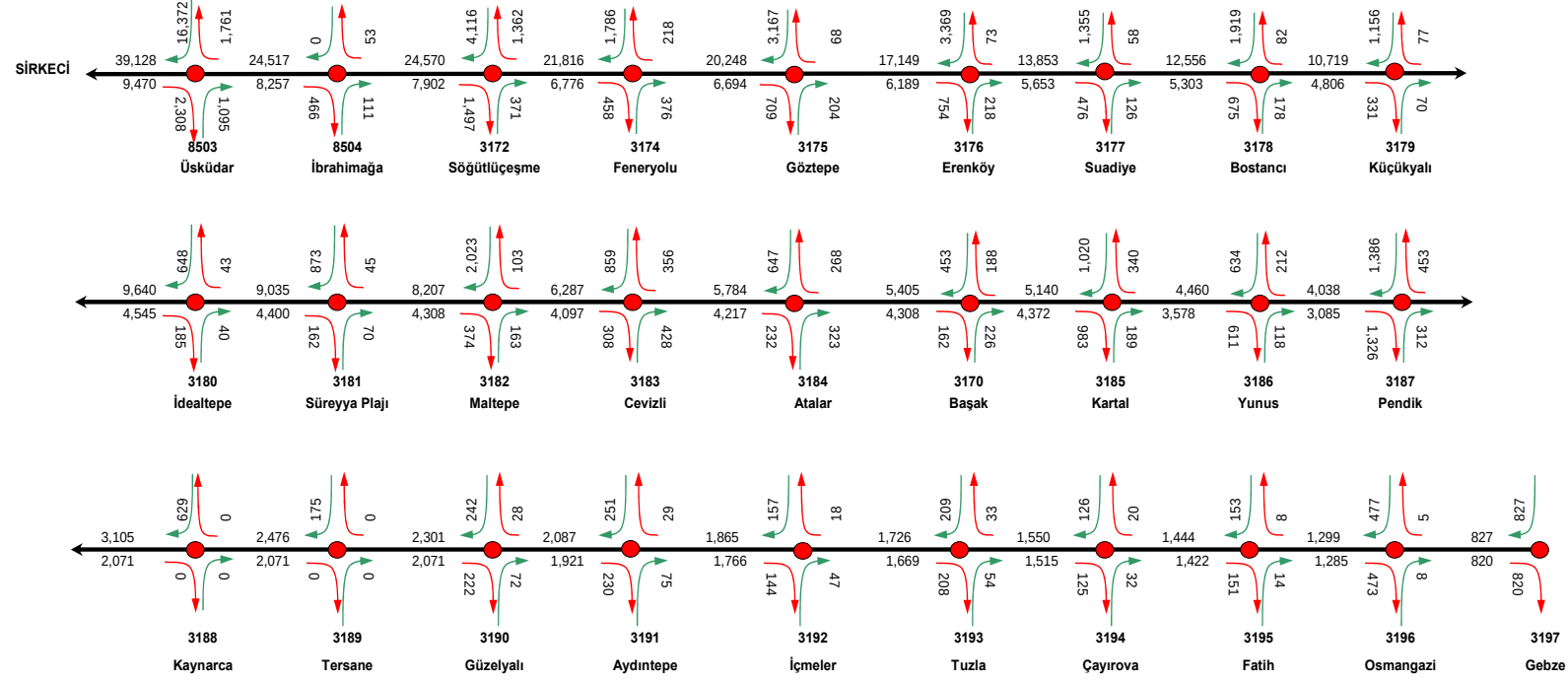
Şekil 6.21. 2009 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin Ortalamasında Trafik Hacmi

MARMARAY PROJECT (European Side)  
OFF-PEAK HOUR LOADS (2025)



Şekil 6.22. 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin Ortalamasında Trafik Hacmi (Avrupa Yakası)

MARMARAY PROJECT (Asian Side)  
OFF-PEAK HOUR LOADS (2025)



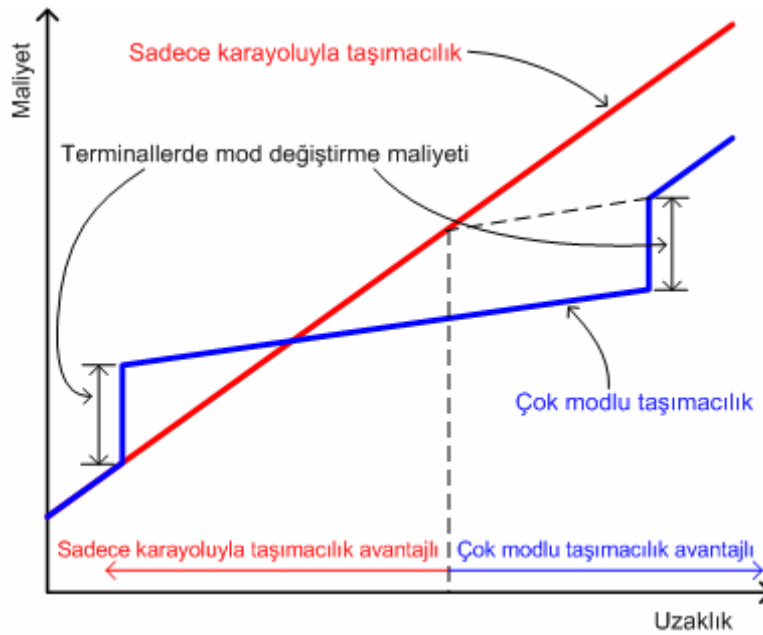
Şekil 6.23.: 2025 Yılında İstasyonlarda Yoğun olmayan Saatlerin Ortalamasında Trafik Hacmi (Anadolu Yakası)

## **7. MARMARAYDA YÜK TAŞIMACILIĞI VE ÇOK MODLU SİSTEMLE ENTEGRASYONU**

Çok modlu taşımacılık “yük veya insan taşımacılığının kesintisiz olarak tek seyahatte birden fazla taşımacılık modunun kullanılması” olarak tanımlanmıştır[14].Sanayi devrimiyle birlikte hammaddelerin, ara ürünlerin ve son ürünlerin bir yerden başka bir yere taşınmasına olan ihtiyaç giderek artmıştır. Endüstrilerin uzmanlaşmasıyla birlikte ise kıtalar, ülkeler ve bölgeler arası taşımacılık endüstriyel tedarik zincirinin kaçınılmaz bir parçası olmuştur.

Çok modlu taşımacılık (ÇMT) en az iki ya da daha fazla taşıma türünün (karayolu, demiryolu, denizyolu ya da havayolu) tek bir taşımacılık zincirinde birleştirilmesidir. Çok modlu taşımacılığın getirdiği faydalar ekonomik, çevresel ve operasyonel boyuttadır ve bu taşımacılığın önemi uluslararası ve şehirlerarası gibi uzun mesafe ulaştırma problemlerini içeren lojistik uygulamalarında önem kazanmaktadır.

ÇMT’nin ana fikri değişik taşıma türlerinin entegrasyonu ile farklı coğrafyalarda en ekonomik taşıma türünü belirleyerek toplam taşıma maliyetinde enazlama yapmaktır. Şekil 1’deki maliyet-uzaklık analizinde görüldüğü gibi tek modlu taşımacılık bazı uzaklıklarda ekonomik olarak avantaj sağlamasına rağmen, farklı uzaklıklarda birden fazla taşıma türünün entegre olarak kullanıldığı durumlar avantajlı olmaktadır.



Şekil 7.1. Tek modlu ve çok modlu taşımacılığın uzaklık-maliyet analizi.

Şekil 1 Tek modlu ve çok modlu taşımacılığın uzaklık-maliyet analizi. Çevresel olarak ise bazı taşıma modları taşınan birim yük için daha az CO<sub>2</sub> emisyonuna ve gürültü kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca modlararası taşımacılığın entegrasyonu ile yüklerin transferinde elleçleme azaltılarak operasyonel verimlilik sağlanır. Bunun dolaylı bir etkisi de yüklere olan zararın azaltılarak sigorta maliyet hesaplarında kullanılan risklerin azaltılmasıdır.

Eşyaların bir yerden başka bir yere taşınırken genelde coğrafi engeller sebebiyle birden fazla taşıma modunun kullanılması gerekir. Örneğin birbirinden okyanusla ayrılmış olan kıtalararası eşya taşımacılığı için denizyolunun kullanılması kaçınılmazdır. Ayrıca uzun mesafeler arasında karadan eşya taşımacılığı için demiryolu en ekonomik taşıma 239 modu olarak kabul edilir. Endüstrileşmenin başından itibaren 1970’li yıllara kadar taşımacılıkta temel prensip eşyaların bir yerden başka bir yere taşınmasına odaklanmıştır[15]. Bunun sonucu olarak taşıma modlarının değıştiği terminallerde eşyaların bir taşıma modundan diğerine aktarılması amacıyla paketlerin indirilmesi, açılması ve aktarılacak taşıma moduna uygun olarak tekrar paketlenmesi için büyük altyapı yatırımları yapılmıştır. Konteynerlerin 1970’li yılların ortasında standartlaşmaya başlamasıyla birlikte

taşımacılıkta eşyaların bir yerden taşınması felsefesi yerini konteynerlerin bir yerden diğerine taşınmasına bırakmıştır. Bu standartlaşmayla birlikte 2000’li yılların başında kıtalararası yük taşımacılığının yaklaşık yüzde 95’i konteynerlerle yapılr hale gelmiştir [16].

Konteynerlerin yoğun sirkülasyonu sonucu olarak iki önemli problem ortaya çıkmıştır:

1. konteynerlerle taşınan kargo için hangi modların kullanılacağını belirlenmesi ve buna göre altyapının oluşturulması,
2. konteynerlerin bir taşıma modundan diğerine taşınırken harcanan zaman ve yapılan masrafların en azlanması.

Modern taşımacılıkta esas amaç kargonun bir yerden diğerine taşınması yerine eşyanın bir moddan diğerine aktarılması haline gelmiştir. Bu amaca yönelik üstteki paragrafta belirttiğimiz iki problemin çözülmesi gerekmektedir.

ÇMT sistemlerinde yapılan araştırmalar stratejik ve operasyonel olmak üzere iki seviyede karşılaşılan problemlerin çözümüne yoğunlaşmıştır. Stratejik seviye problemler tesis tasarımı ve yerleşimi, ve filo büyüklüğünün belirlenmesine yoğunlaşmıştır. Stratejik seviyede yapılan çalışmalar filo büyüklüğünü belirlemek üzere yapılan merkezi planlamanın toplam maliyeti düşürdüğünü göstermiştir. Bu çalışmalar filo büyüklüğünün belirlenmesinde sefer çizelgelerinin de belirlenmesi gerektiğine işaret etmişler ve problemin çözümünün zorluğunu göz önüne alarak basitleştirilmiş modeller üzerinden çözüm önerileri getirmişlerdir. Stratejik seviyede sınıflandırabileceğimiz önemli bir problem tesis tasarımıdır. Tesis tasarımı amaç tesiste gerçekleştirilecek olan aktiviteler için uygun yerlerin operasyonların, en etkin yapılmasına imkan verecek bir şekilde belirlenmesidir[17]. Tesis tasarımı konusunda ilk çalışmalar arasında Armour ve Bufo (1963) tarafından geliştirilen yaklaşım küçük problemler için başarılı sonuçlar elde etmiştir. Daha sonra yapılan diğer çalışmalarla tesis tasarımı konusunda analitik yöntemlerle birlikte eniyileme yaklaşımları geliştirilmiştir. Çok modlu taşıma sistemlerinde tesis tasarımı problemi Taylor et al.

(2002) tarafından çalışılmış ve tesis içerisinde araçların boş olarak katettiği mesafeyi azaltacak tesis tasarımı belirlenmeye çalışılmıştır [18].

Operasyonel seviyede ise yapılan çalışmalar daha çok sefer çizelgelerinin belirlenmesine odaklanmıştır [19]. Bu çalışmalarda merkezi ve dağınık sefer planlamaları karşılaştırılmış ve merkezi planlamanın daha iyi sonuçlar vermesine rağmen çözümünün zorluğuna dikkat çekilmiştir. Bu çalışmaların diğer bir sonucu olarak ise birden fazla terminal olması durumunda bu terminallerden birisinin merkezi bir konuma getirilmesinin getireceği ekonomik avantajlar 240 belirlenmiştir. Operasyonel seviyede ayrıca araç yükleme ve boşaltma platformlarında olabilecek ekipman kısıtlarının ekonomik kayıpları incelenmiştir.

Bu iki problemin çok modlu taşımacılığın doğası gereği birbirine entegre olarak çözülmesi gerekmektedir. Çok modlu taşımacılığın yeni bir kavram olması sebebiyle literatürde bu problemleri entegre bir şekilde inceleyen model ve çözüm yöntemi bulunamamıştır. Bu projede önce tesis yerleşimi ve tasarımına yönelik modelleme çalışmaları yapılmış ve modelleme çalışmalarına çizelgeleme ile devam edilmiştir. Projede daha sonra bu iki modelin entegrasyonuna ve bu entegre model için çözüm algoritması geliştirilmesine yoğunlaşmıştır. Projenin son aşamasında ise Marmaray uygulamasıyla projede geliştirilen olan yaklaşımın uygulanabilirliği gösterilmiştir. Marmaray sistemi için yapılan çalışmalar sonucunda günde yaklaşık olarak 3 000 TIR veya kamyonun karşılıklı geçiş için kullanılabileceği görülmüştür [20].

### **7.1. Ro-La Sistemleri**

Çok modlu taşıma sistemlerinden en yaygın olanı Ro-La'dır. Ro-La, Rollande Landstrasse kelimelerinden türetilmiş olup yürüyen yol anlamındadır ve karayolu araçlarını vagon üzerinde taşıyan özel tren sistemidir. Genellikle tarifeli ve düzenli hizmet anlayışı bulunmaktadır. Çok modlu taşıma İngiltere, Avusturya, Fransa, Almanya, Macaristan gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı Avrupa ülkelerindeki uygulamalarla 2004 yılında taşınan yük miktarları Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Ro-Lo Uygulamalarından Örnekler [21].

İşletmeci 2004 yılında taşınan yük (grosston)

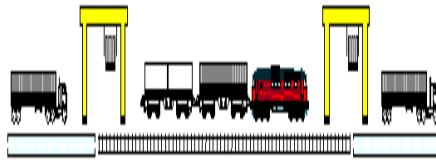
| Kuruluş      | Ülke            | Ulusal    | Uluslararası |
|--------------|-----------------|-----------|--------------|
| Kombiverkehr | Almanya         | 4 295 957 | 9 778 064    |
| Cemat        | İtalya          | 3 588 678 | 5 117 306    |
| Ökombi       | Avusturya       | 3 247 544 | 3 518 083    |
| Hupac        | İsviçre         | 585 120   | 5 127 835    |
| CNC          | Fransa          | 4 275 469 | 780 372      |
| Novatrans    | Fransa          | 2 530 06  | 1 055 138    |
| Hupac-NL     | Hollanda        | 1 127 909 | 1 357 115    |
| Ralpin       | İsviçre         | -         | 2 205 340    |
| T.R.W        | Belçika         | 38299     | 1 621 192    |
| Hungarokombi | Macaristan      | -         | 1 352 916    |
| Adria-Kombi  | Slovenya        | 143 124   | 910 760      |
| Conliner     | Hollanda        | -         | 1 026 911    |
| Alpe         | Adria İtalya    | 344 649   | 433 798      |
| Combiberia   | İspanya         | -         | 250 909      |
| Bohemiakombi | Çek Cumhuriyeti | -         | 233 140      |
| Kombi        | Dan Danimarka   | 14 876    | 136 309      |
| Rocombi      | Romanya         | -         | 109 971      |
| Crokombi     | Hırvatistan     | -         | 39 341       |

Asya ve Avrupa arasında köprü olan İstanbul, jeopolitik konumundan dolayı uluslararası, ulusal ve bölgesel yük hareketlerinin merkezinde yer almaktadır. Bu yük hareketlerinin %93'lük bölümü karayolu taşımacılığıyla gerçekleştirilmektedir[22]. Bu hareketler İstanbul Metropolen Bölgesi'nde ciddi 241 ulaşım yoğunluğuna, dolayısıyla sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara sebep olmaktadır.

Ro-La sistemlerinin işletilmesiyle ilgili stratejik problemlerden en önemlisi tesis yeri seçimi, ve yükleme ve boşaltma platformlarının sayısının belirlenmesidir. Operasyonel problemlerden en önemlisi ise Ro-La seferlerinin çizelgelerini oluşturmaktır. Başarılı bir Ro-La işletmesi için stratejik ve oprasyonel bu iki problemin entegrasyonu şarttır.

Bu çalışmada Marmaray Ro-La sistemindeki stratejik ve oprasyonel problemlere dayanarak çok modlu taşımacılık sistemleri için modeller ve çözüm yöntemleri geliştirmek hedeflenmiştir.

ÇMT çekicisiz ve çekicili olarak yapılabilir. Çekicisiz taşımacılık konteynerlerle, ‘swap body’lerle ve yarı römorklarla ‘semi-treyler’ gerçekleştirilir. Çekicili taşımacılıkta ise yüklü TIR ya da mafsallı araç demir yoluyla özel alçak zeminli, ufak tekerlekli vagonlar üzerinde taşınır (Şekil 7.2).



Çekicisiz Taşıma



Çekicili Taşıma

Şekil 7.2. Çekicisiz ve çekicili taşıma sistemleri

Ro-La trenleri genel olarak Avrupa’da yaygın kullanılış şekliyle 20 TIR (30 kamyon) taşıyabilmektedir. TIRların vagonlara yüklenmesi (20 TIR için) 30 dakika, boşaltılması 20 dakikadır. Vagonların boyları 20 m, genişliği 2,6 m’dir. Yüklü vagon yüksekliği 4,1 m’dir ve 44 tona kadar yükleme yapılabilir.

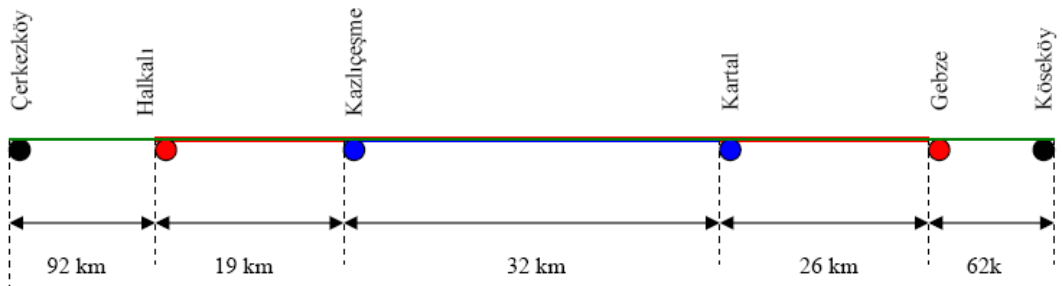
## 7.2. Marmaray Sistemi

Ro-La kullanımıyla İstanbul’dan geçen ağır vasıta trafiğinin demiryoluna kaydırılması amaçlanmaktadır. Marmaray Projesi bu amaca ulaşmak için gerekli altyapıyı sunmaktadır (Kaynak: T.C. Ulaştırma Bakanlığı Marmaray Projesi <http://www.marmaray.com.tr/>). Marmaray Projesi şu anda dünyadaki en büyük ulaşım altyapı projelerinden birisidir. Proje, Avrupa yakasında bulunan Halkalı ile Asya yakasında bulunan Gebze ilçelerini kesintisiz, modern ve yüksek kapasiteli bir banliyö demiryolu sistemiyle bağlayacak olan İstanbul’daki mevcut banliyö demiryolu sisteminin iyileştirilmesine dayanmaktadır. İstanbul Boğazı’nın her iki

yakasındaki demiryolu hatları, İstanbul Boğazı'nın altından geçecek olan bir demiryolu tünel bağlantısı ile birbirine bağlanacaktır. Marmaray'daki banliyö sistemi günün büyük bir bölümünde (06:00-24:00) yolcu taşımacılığı yaparak Marmaray'ın etkin bir şekilde kullanılmasını sağlarken, geri kalan zamanda yolcu talebi olmaması sebebiyle atıl kalacaktır. Bu atıl kapasiteyi etkin bir şekilde kullanmak için 24:00-06:00 saatleri arasında Marmaray'da Ro-La taşımacılığı yapılması planlanmaktadır. Marmaray'da Ro-La trenlerinin işletilmesiyle birlikte Türkiye'de ilk defa Ro-La sisteminin kullanımına geçilebilecek ve İstanbul'dan transit geçen ve İstanbul'a gelen-giden yüklerin taşınmasında daha az CO<sub>2</sub> emisyonuna, gürültü kirliliğine sebep olan demiryolu taşımacılığı kullanılabilecektir.

### 7.2.1. Marmaray'dan Ro-La trenlerinin işletim model kriterleri

İstanbul'dan transit geçiş yapan TIR araçlarının, İstanbul'a gelen ve giden araçların (Halkalı ve Gebze arasındaki) Ro-La prensibiyle Marmaray'dan geçirilmesi amaçlanmaktadır. Ro-La treni kullanımı Marmaray projesi ile hayata geçirildiğinde Türkiye'de yük taşımacılığında bir ilk gerçekleşmiş olacaktır.



Şekil 7.3. Marmaray Ro-La sistemi güzergahı.

Marmaray üzerindeki işletmeler üç ayrı başlangıç ve bitiş güzergahları olmak üzere tasarlanmaktadır (Şekil 7.3).

### Yeşil Hat

Çerkezköy ile Köseköy arası hattır. Toplam uzunluğu 231 km'dir. Bu hatta uluslar arası yabancı plakalı TIRların mecburi olarak İstanbul geçişinin Ro-La demiryolu ile yapılması zorunlu hale getirilmelidir. Ayrıca uluslar arası taşıma yapan

Türk TIRları için de yeşil hat planlanmalıdır. Günlük 500 yerli ve yabancı TIR transit olarak geçmekte olduğu bilinmektedir.

### Kırmızı Hat

Halkalı ile Gebze arası planlanmakta olan hattır ve tüm uzunluğu 77 km'dir. Şehirler arası İstanbul varış veya İstanbul'dan Anadolu'ya gidecek ağır vasıtalı araçlar için başlangıç ve bitiş noktası olarak planlanan güzergahtır. Günlük 7 000 ağır vasıta aracın bu güzergahtan geçirilmesi planlanmaktadır. Gece boyunca Ro-La trenine olan talebin düzenli olacağı varsayılmaktadır.

### Mavi Hat

Kazlıçeşme ile Kartal arasında planlanan hattır. 32 km uzunluğundadır. İstanbul şehir içi dağıtımda kullanılan kamyon ve kamyonetlerin Ro-La ile geçirilmesi planlanmaktadır. 2 000 araçlık bir talebin olduğu bilinmektedir. Ro-La uzun mesafeli taşımalarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Alman Ro-La sistemlerinde 200 km'den uzun mesafeler için tercih edilirliliği artmaktadır. Planlanan Yeşil Hat için (Köseköy-Çerkezköy arası) toplam mesafe toplamda 231 km'dir ve Ro- La taşımacılığı taşımacılara daha iyi sonuçlar sunacaktır

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Avrupa ve Asya kıtalarını deniz tabanından birbirine bağlayacak olan bu önemli proje, dünyadaki en derin batırma tüp tünel olarak da mühendislik açısından büyük önem taşımaktadır. Demiryolu Yedikule’de yeraltına giren Yenikapı ve Sirkeci istasyonlarından devam ederek ve devamında boğaz geçişi sağlayarak Üsküdar yer altı istasyonuna bağlanıp Söğütlüçeşme’de yüzeye çıkmaktadır. Böylece 3 yer altı istasyonu ve boğaz geçişiyle toplam 13.6 km projenin yeraltı kesimini oluşturmaktadır. Proje ile Asya – Avrupa kıtalarını deniz altından demiryolu ile bağlanacak, var olan Banliyö hatlarının iyileştirilmesiyle İstanbul, Gebze – Halkalı arasında kesintisiz 76,3 km’lik bir Raylı Sisteme kavuşacaktır. Yüzeyde ise 37 adet istasyon, 63 km uzunluk olarak yapılmakta ve toplamda 75 000 yolcu/saat/tek yön olarak planlanmıştır.

Asya ve Avrupa kıtaları arasında köprü olan İstanbul, jeopolitik konumundan dolayı uluslararası, ulusal ve bölgesel yük hareketlerinin merkezinde yer almaktadır. %93’lük oranla bu yük hareketleri karayolu taşımacılığıyla gerçekleştirilmekte olup bu hareketler İstanbul’da doğrudan ulaşım yoğunluğuna, dolayısıyla sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Marmaray üzerinde kombine taşımacılık uygulanarak İstanbul açısından ulaşımда yük taşımacılığından kaynaklanan sorunlar kısmen elimine edilebilecektir. Marmaray’da Ro-La trenlerinin işletilmesiyle birlikte Türkiye’de ilk defa düzenli ve tarifeli (shuttle) Ro-La sistemi kullanımına geçilecek ve İstanbul’dan transit geçen ve İstanbul’a gelen giden yüklerin taşınmasında daha az CO<sub>2</sub> emisyonuna, gürültü kirliliğine sebep olan demiryolu taşımacılığı kullanılacaktır. 245 Kombine taşımacılığın entegrasyonu ile yüklerin transferinde elleçleme azaltılarak operasyonel verimlilik sağlamak mümkün olabilecektir. Böylelikle yüklere olan zarar azaltılarak sigorta maliyet hesaplarında kullanılan riskler azaltılabilecektir. Marmaray sistemini kullanılarak günde yaklaşık olarak 3.000 TIR veya kamyonun karşılıklı geçiş için kullanılabileceği görülmüştür.

Marmaray BC1 Projesi inşaat özellikleri açısından sadece ülkemiz için değil uluslararası ölçekte de özellikleri bulunan bir yapı konumundadır. Projenin işletmeye açılması TCDD demiryolu ulaşımı ve taşımacılığı açısından önemli bir hareketliliğe sebep olabilecek ve Avrupa-Asya-Ortadoğu ekseninde raylı sistemlerin tercih edilmesini kolaylaştıracaktır. Şehir içi tüm raylı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu açısından da son derece önemli yararları olacak ve karayolu ve köprülere olan ihtiyacı azaltarak İstanbul'un yaşam düzeyinin yükseltilmesine önemli katkıları olacaktır.

Proje ile, İstanbul'da 1984 yılından bu yana gerçekleştirilen kapsamlı bilimsel çalışmalar sonucunda kentteki mevcut yapımı devam eden ve planlanan raylı sistemlerle bütünleşecek bir “Boğaz Demiryolu Geçişi” nin projesi ile mevcut Banliyö Demiryolu hatlarını İstanbul Boğazı altında bir tüp tünelle birleştiren bir proje ortaya çıkmıştır.

Bu sayede;

İstanbul Metrosu ile Yenikapı'da entegrasyon sağlanarak, Yenikapı –Taksim –Şişli – 4 Levent – Ayazağa'ya yolcuların güvenilir, hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemi ile seyahat etmesi sağlanacak,

Kadıköy-Kartal arasında inşa edilecek olan Hafif Raylı Sistemi ile entegrasyon sağlanarak yolcuların güvenilir, hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemi ile seyahat etmesi sağlanacak,

En Önemlisi Avrupa ile Asya'yı demiryolu ile birbirine bağlayarak Asya ve Avrupa yakaları arasında yüksek kapasiteli toplu taşıma imkanı sağlanacak,

Tarihi Yarımada araç trafiğinin etkilerini azaltacak

İstanbul'un ulaşım sorunlarına uzun süreli çözümler getirecek,

100 yıllık tasarım ömrüne sahip, güvenli, konforlu, dayanıklı şehir içi ve şehirlerarası modern bir demiryolu sistemine kavuşturacak,

Boğazın iki yakası arasındaki ulaşımı 4 dk'da sağlayacak,

Boğazın genel yapısında bir değişikliğe yol açılmayacak, deniz ekolojik yapısı korunacak,

Marmaray projesinin hizmete girmesi ile Gebze-Halkalı arasında 2-10 dakikada bir sefer yapılacaktır ve bir yönde saatte 75 000 yolcu taşıma kapasitesi sağlanacak,

Kent ulaşımı içinde Raylı Sistemlerin payı artacaktır. Marmaray Projesine entegre olacak diğer raylı sistemlerin de işler hale gelmesiyle İstanbul ulaşımındaki raylı sistem payının yüzde 27'ye yükselmesi beklenmektedir.

Tarihi ve kültürel çevrenin korunmasına katkı sağlanacak,

Yolculuk süreleri kısıllanacak,

Mevcut Boğaz Köprülerinin yükü hafifletilecek,

İstanbul trafik sorununa kalıcı bir çözüm getirilerek trafik kazaları en az seviyeye indirilecek, yollardaki otomobil ve otobüs sayısı azaltılarak karayolu araç trafiğini rahatlatmasının yanında, özel otomobil kullanıcılarına da hızlı bir ulaşım seçeneği sunacak,

Trafikte daha az motorlu taşıt kullanılması nedeniyle enerji tasarrufu sağlanarak, daha az hava kirliliği ve gürültü kirliliği olacağından İstanbul İli yaşanılır bir kente dönüşecek,

İş ve kültür merkezlerine kolay, rahat ve çabuk ulaşım sağlayarak kentin değişik noktalarını birbirlerine yaklaştıracak ve kentin ekonomik yaşamına da canlılık katacaktır.

Tek yönde 10 000 yolcu kapasiteli mevcut banliyö hattı, diğer raylı sistemler ile entegrasyonu sağlanmış saatte tek yönde 75 000 yolcu taşıyabilecek konforlu, modern ve güvenli bir banliyö sistemine dönüştürülmüş olacaktır.

Proje kapsamında, mevcut durumda iki olan hat sayısı üçe çıkarılarak, metro sistemine dönüştürülüp, 3. hat TCDD'nin şehirlerarası ve yük trenlerine ayrılacaktır. Projenin, Avrupa yakasında Atatürk Havaalanı ile Anadolu yakasında Sabiha Gökçen Havaalanına bağlanması konusunda fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır.

## KAYNAKLAR

1. [www.marmaray.com.tr](http://www.marmaray.com.tr)
2. BİLMEZ, F., 2009. İstanbul Boğazı Tüp Geçidindeki Mühendislik Uygulamaları, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., Maden Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 72s.
3. Gama Nurool Ortak Girişimi, (2005), *Yayımlanmamış Aylık Faaliyet Raporu 9*, İstanbul
4. Gama Nurool Ortak Girişimi, (2005), *Yayımlanmamış Şantiye Raporu*, İstanbul
5. Lovat, (2005), Marmaray BC1 Tanıtım Sunumu, İstanbul
6. Taisei Corporation, (2005), Asya'yı Avrupa'ya Bağlayan Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi, Tüneller ve İstasyonlar, *Marmaray Projesi Tanıtım Kitapçığı*, İstanbul
7. ÖZBAY, G., 2009. Marmaray Projesi Mühendislik Jeolojisi Özellikleri, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 72s.
8. İBB'nin düzenlediği 1. Kentiçi Ulaşım Şurası Taslak Kitabı/ Ulaşım Raporu-2006
9. [www.kgm.gov.tr](http://www.kgm.gov.tr)
10. TCDD Demiryolu Dergisi
11. TCDD Haydarpaşa Liman işletmesi verileri
12. TCDD Genel Müdürlüğü verileri
13. DLH, Marmaray Projesi Trafik Raporu, T.C Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü.
14. Jones, W.B., C.R. Cassady ve R.O. Bowden (2000) Developing a standard definition of intermodal transportation. Department of Industrial Engineering, Mississippi State University, 2000 (aynı tanım Bowden, R.O., Developing a standard definition of intermodal transportation, Transportation Law Journal, Haziran sayısı).

15. McKenzie, D.R., M.C. North ve D.S. Smith (1989) *Intermodal Transportation – The Whole Story*, Simmons-Boardman Books, Inc., Omaha, NE.
16. Donovan, A. (2000) Intermodal transportation in historical perspective, *Transportation Law Journal*, Haziran sayısı.
17. Macharis, C. ve Y.M. Bontekoning (2004) Opportunities for OR in intermodal freight transport research: a review, *Eur. J. Oper. Res.*, 153, 400-416.
18. Nahmias, S. (2004) *Production and Operations Analysis*, 5th ed, McGraw-Hill/Irwin, New York.
19. Newman, A.M. ve C.A. Yano (2000b) Scheduling direct and indirect trains and containers in an intermodal setting, *Transportation Science* 34 (3), 256–270.
20. Justice, E.D. (1996) Optimization of chassis reallocation in doublestack container transportation systems (rail cars, scheduling). Ph.D. thesis, University of Arkansas, 1996.
21. [www.uirr.gov.tr](http://www.uirr.gov.tr)
22. [www.ubak.gov.tr](http://www.ubak.gov.tr)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SEZGİN ARSLAN, Gülhan  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 08.08.1981 Trabzon  
 Medeni hali : Evli  
 e-mail : sezgingulhan@gmail.com

### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                                    | Mezuniyet tarihi |
|---------------|--------------------------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi /İnşaat Mühendisliği           | 2011             |
| Lisans        | Atatürk Üniversitesi /İnşaat Mühendisliği Bölümü | 2004             |
| Lise          | Giresun Süper Lisesi                             | 1999             |

### İş Deneyimi

| Yıl       | Yer                                | Görev            |
|-----------|------------------------------------|------------------|
| 2005-2007 | Alize Yapı Denetim Şirketi/Ankara  | İnşaat Mühendisi |
| 2007-2009 | DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü/Ankara | İnşaat Mühendisi |
| 2009-2011 | Marmaray Bölge Müdürlüğü/İstanbul  | İnşaat Mühendisi |

### Yabancı Dil

İngilizce