İSTANBUL'UN TARİHİ FÜNİKÜLERİ 'TÜNEL'

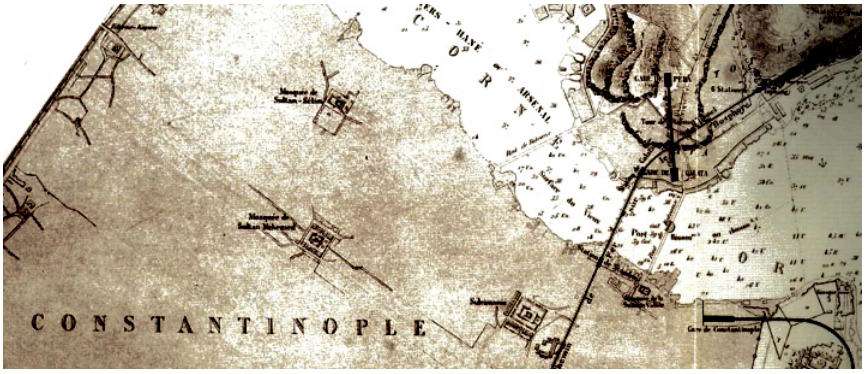
Eren Kayaoğlu[1], Adem Candaş[2], Y. Ziya Kocabal[3], C. Erdem İmrak[4]

[1,2,3,4]İTÜ Makina Fakültesi, [4]AYSAD
[1]kayaoglu@itu.edu.tr, [2]candas@itu.edu.tr, [3]kocabal@itu.edu.tr, [4]imrak@itu.edu.tr

ÖZET
Tünel İstanbul'da Haliç'in kuzey kıyısında yer alan, Karaköy (Galata) ve Beyoğlu (Pera) bölgelerini birbirine bağlayan iki istasyonlu bir füniküler dir. Londra metrosunun ardından, dünyada yapılan ikinci yeraltı kentsel demiryolu hattıdır. Eugène-Henri Gavand tarafından 1867 yılında tasarlanmış ve 17 Ocak 1875 yılında hizmete açılmıştır. Bu çalışmada Tünel, Tünel'in tarihçesi ve çalışma prensibi, önemli bileşenleri ve mekanizmaları açıklanmıştır.

1. TANITIM

Tünel İstanbul'un eski yerleşim yerlerinden Karaköy ve Beyoğlu'nu birbirine bağlayan, kısa, güvenli ve hızlı bir yoldur (Şekil 1). Dünyada, 1863 yılında açılan Londra metrosundan sonra faaliyete geçen ikinci metrodur. Dönemin padişahı Sultan Abdülhamit'in izni ve fermanıyla, Fransız mühendis Eugene-Henri Gavand tarafından yapılmıştır. Günümüzde halen hizmet vermekte olan Tünel, 1867 yılında turist olarak İstanbul'a gelen Gavand'ın, insanların Yüksekkaldırım yokuşunu tırmanmakta çektiği zorluğu gözlemlemesiyle fikir bulmuştur. Bankacılık merkezi Karaköy ile sosyal hayatın merkezi Beyoğlu arasında bir metro projesi ilgi çekici ve hayatı kolaylaştırıcı bir tasarım olarak düşünülmüştür. Uzun müzakerelerin ardından, proje Sultan Abdülaziz tarafından kabul edilmiş ve İstanbul'un ilk metro inşaatını yapma ayrıcalığı Fransız mühendise verilmiştir. Yüzlerce işçinin emeği bulunan Tünel, görkemli bir seremoni ile açılmıştır. Günümüzde Beyoğlu ile tarihi yarımada arasında nostaljik ve keyifli bir yolculuk sunmaya devam etmektedir.



Şekil 1. İstanbul raylı sistem projesi ve Karaköy-Beyoğlu Tünel planı (Gavand, 1876)

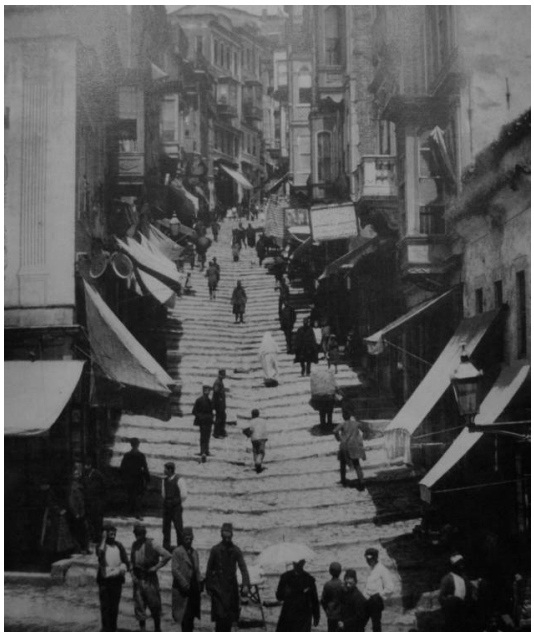
2. TARİHÇE

Modern anlamda ilk demiryolu hattı 1830 yılında İngiliz mühendis George Stephenson tarafından Liverpool ve Manchester arasında tasarlandı. O yıllarda demiryolları esas olarak uzun mesafelerde yük ve insan taşınması için kullanılıyordu ancak tramvay sistemleri geliştikçe şehir içi kullanımı da önem kazandı. Tramvay hatlarının kurulumu, özellikle büyük şehirlerin yoğun yapılaşmış alanlarında oldukça zor olduğundan, yerin altına açılan tünellere raylar döşenmiştir. 'Metropol demiryolları', 'metro', 'subway', 'underground' olarak isimlendirilen sistemlerde trenler tünellere

döşenen raylarda faaliyet göstermeye başlamıştır. İlk metro Londra'da Farrington Caddesi ve Bishop Yolu arasında 1863 yılında kurulmuştur, uzunluğu 6 km'dir. Bu metroda vagonlar buharlı lokomotif tarafından çekilmişlerdir.

1869 yılını İstanbul'un şehir içi ulaşımında bir dönüm noktası saymak gerekmektedir. Çünkü bu tarihte kısaca 3T olarak adlandırılan şehir içi kara ulaşımının üç önemli unsuru için temeller atılmıştır. 3T, Tren, Tramvay ve Tünel'dir. Bu üç kavram ulaşımda modernleşme ve gelişim sürecinin dünyaya paralel olarak İstanbul'da da yürütülmesinin temsilcisidir. Her üç araca aynı yılda imtiyaz verilmesi, bu yıllarda modern ulaşıma verilen önemin bir göstergesidir. Bu tarihten itibaren çalışmalara başlanması ve yeni ulaşım araçlarının hizmete girmesiyle İstanbul'un çehresi değişmiş, hatta bu değişim sosyal hayata dahi tesir etmiştir (Acar vd, 2013).

Eugene-Henri Gavand, 1867 yılında İstanbul'a ziyarete gelmiştir ve İstanbul'un iki önemli merkezi olan Galata ile Beyoğlu arasında çok sayıda insanın gidip geldiğini gözlemlemiştir. Galata'nın önemli bir mali ve ticari merkez olmasının yanında Beyoğlu da hareketli bir eğlence yeridir. İnsanlar Galata'dan Beyoğlu'na çıkmak veya Beyoğlu'ndan Galata'ya inmek istediklerinde bu iki merkezi birbirine bağlayan Yüksekkaldırım Yokuşu'nu (Şekil 2) kullanıyorlardı. Yüksekkaldırım'ın dik ve dar olması nedeniyle, insan ulaşımı ve taşımacılık amacıyla kullanılması zordu.



Şekil 2. 1890'da Yüksekkaldırım Yokuşu (Engin, 2011)

Gavand'ın tespitlerine göre söz konusu iki merkez arasında günde ortalama 40.000 kişi gidip gelmekteydi (Gavand, 1876). Yüksekkaldırım bu yoğunluğu taşıyamamaktaydı. Bunun en önemli nedenlerinden biri caddede %24 gibi önemli sayılabilecek bir eğim olmasıydı. Caddenin genişliği ise yalnızca 6 m'dir ve hatta yer yer 4 m'ye kadar düşmektedir. Bu şartlarda yürümek oldukça güç ve yorucu olmaktadır. Gavand, Karaköy ile Beyoğlu arasında asansör mantığında çalışan bir yeraltı demiryolu ile kolayca insan taşımacılığının sağlanacağını düşünmüştür.

Gavand'ın teklif ettiği bu proje Devlet Şurası'nda müzakere edilmiş ve olumlu karar çıkması üzerine 10 Haziran 1869 tarihli ferman ile gerekli imtiyaz verilmiştir. 6 Kasım 1869 tarihinde Tünel'in inşasına dair mukavele ve şartname metinleri Nafia Nazırı Davut Paşa ve imtiyaz sahibi Henri Gavand tarafından imzalanmışlardır. Buna göre projenin gerçekleşmesi için öngörülen hususlar şu şekilde sıralanmıştır (Acar vd., 2013).

- Henri Gavand, Osmanlı Devleti'nden hiçbir nakdi yardım almaksızın zarar ve hasarı kendisine ait olmak üzere işbu mukavelenin konusu olan demiryolunu inşa etmeyi ve bunun inşası ve işlettirilmesi hususunda tanzim olunan şartname hüküm ve şartlarına uymayı taahhüt etmektedir.
- İmtiyaz sahibi işbu teşebbüsünün gerçekleşmesi için gerekli sermayeyi tedarik için lazım gelen mali tedbirleri almada serbest olmakla beraber şirket heyeti teşekkül etmedikçe ve bu şirketin dâhili nizamnamesi devlet tarafından tasdik edilmedikçe hisse senedi ihraç edilmeyecektir.
- İmtiyaz sahibi işbu mukavelenin tasdikinden itibaren otuz ay içinde inşaatı bitirmeyi taahhüt etmektedir.
- Demiryolu çift hattan ibaret olup toplam genişliği 7,70 m ve her bir hattın demir çubuklarının kenarları arasında olan eni 1,44 m olacaktır.
- Yeraltından yapılacak kemerin giriş ve çıkışındaki istasyonlar ve demiryolu için gerekli bütün arazi, imtiyaz sahibi tarafından kıymetleri verilerek satın alınacaktır.
- Demiryolunun arabalarını çekecek makineler en iyi cinsten olup bunların kullanma şekilleri ve özellikle dumanın giderilmesi için filtre konulması hakkında devlet tarafından ileri sürülecek bütün şartlara imtiyaz sahibi uyacaktır.
- İmtiyaz sahibi hasılatın yüzde bir buçukluk kısmını hükümete verecektir. Demiryolu müteferrikasından olan bina ve mağazalar için sair emlak sahiplerinin verdikleri gibi vergi vermeye mecbur olacaklardır.
- İmtiyaz süresi 42 yıldır. Osmanlı Devleti mukavelenin onaylanması tarihinden 15 sene geçtikten sonra her vakit demiryolunu satın alma hak ve salahiyetine sahip olacaktır.
- İmtiyaz sahibi mevcut ve ileride konulacak Osmanlı Devleti kanunlarına tabi olacaktır. Taraflar arasında çıkacak her türlü ihtilaf Devlet Şurası tarafından karara bağlanacaktır.

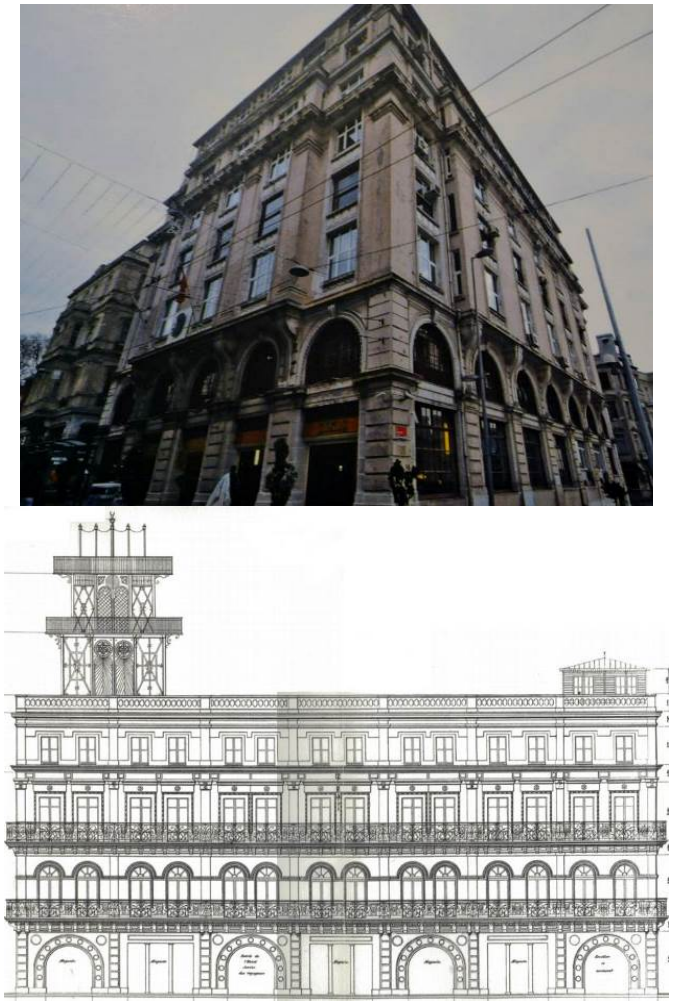
Tünel'in açılış merasimi 17 Ocak 1875 tarihinde yapılmıştır. Törende birçok devlet adamı yer almıştır fakat Gavand'ın yokluğu hemen göze çarpmaktadır. Anlaşıldığı üzere, o ana kadar süren bütün çabalarına sonucunu görememesi, şirket tarafından görevden uzaklaştırılmasıyla ilgilidir.

Ertesi gün Tünel işletmeye açılarak halkın hizmetine sunulmuştur. Ortalama seyahat süresi 2,5 dakikadır. Tünel'e biniş fiyatları şu şekilde tespit edilmiştir: Birinci mevki gidiş 2 kuruş, gidiş dönüş 3 kuruş, ikinci mevki gidiş 1 kuruş, gidiş dönüş 1,5 kuruş. Toplu bilet almak isteyenler için 20 biletlik gidiş dönüş ücreti birinci mevki için 50, ikinci mevki için 25 kuruştur. Beş yaşından küçük çocuklardan ücret alınmayacak, asker ve resmi kıyafetliler yarım ücret ödeyeceklerdir. Ayrıca eşya, hayvan ve arabalar için de şartnamede öngörüldüğü şekilde bir ücret tarifesi düzenlenmiştir.

Tünel açıldığı günden itibaren halkın ilgisini çekmiştir. Bunun bir göstergesi 18 Ocak'tan 31 Ocak'a kadar geçen 14 günlük süre içinde Tünel'de 75 bin yolcunun seyahat etmiş olmasıdır. Yolcu sayısı zamanla daha da artmıştır. Bu çerçevede Şubat ayında 111.000, Nisan ayında ise 127.000 yolcu taşınmıştır. Mayıs ayında şirketin bilet fiyatlarında indirim yapmasıyla Haziran'da yolcu sayısı daha da artarak 225.000 kişiye yükseltmiştir. Tünel'in toplam maliyeti 4.125.554 Frank olmuştur.

3. ÇEVRESİ VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ

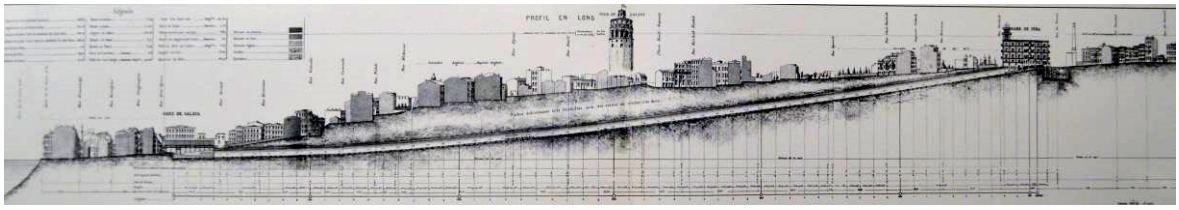
Suriçi MÖ 7. yüzyılda kurulan yeni şehir için kullanılan bir terimdir. Karaköy ilçesi ile Suriçi arasında Altın Boynuz olarak da bilinen Haliç bulunur. Tünel'in Beyoğlu kısmı İstiklal Caddesi'nin sonudur ve 'Tünel Meydanı' olarak da bilinir. Metrohan (Şekil 3) Tünel'in Beyoğlu istasyonunu içinde bulunduran yapıdır. Bina Erkan-ı Harp Sokak ve İlk Belediye Sokağı arasında yer alır. Tünel güzergâhı, binalar ve makina çizimlerinin planı 1876 yılında Paris'te Eugène-Henri Gavand tarafından yayınlanmıştır. Tünel proje çizimlerine göre, Beyoğlu tarafında istasyon binası zemin dâhil 4 katlı bir bina idi. 5. katta teras ve iki katlı bir kule yer almaktadır.



Şekil 3. Metrohan, Tünel Beyoğlu İstasyonu

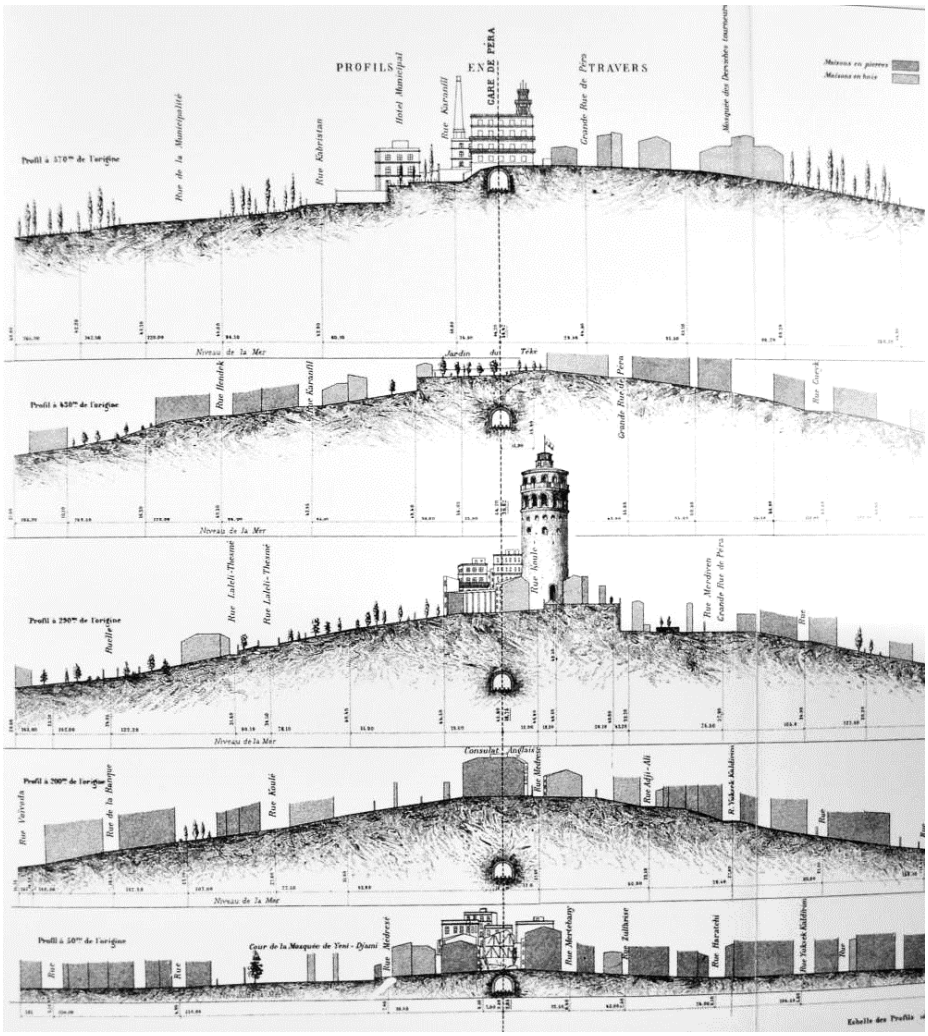
4. ÇALIŞMA PRENSİPLERİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Tünel'in boyu 550,80 m, genişliği 6,70 m, yüksekliği ise 4,90 m'dir. Demiryolu uzunluğu 626 m'dir. İlk olarak çift hatlı demiryolu olarak inşa edilmiştir. Demiryolu profili düz değildir (Şekil 4). Karaköy tarafında hafif bir rampa vardır. Bunun nedeni, bir sonraki rampayı aşmak için trenin yeteri hız kazanmasıdır. Şekilde de görüldüğü üzere tünel kesiti parabolik bir yapıdadır. Karaköy tarafında 10-20 mm/m eğim vardır. Bu eğim giderek 149 mm/m'ye kadar ulaşır. Tünel sonuna 90 m kalana kadar sabit kalır. Daha sonra eğim hafif bir azalmayla Beyoğlu istasyonunda 139 mm/m ye kadar düşmektedir. Demiryolu Karaköy İstasyonu'nda deniz seviyesinden 1,15 m yüksektir. Beyoğlu İstasyonu'nun rakımı 62,7 m'dir.



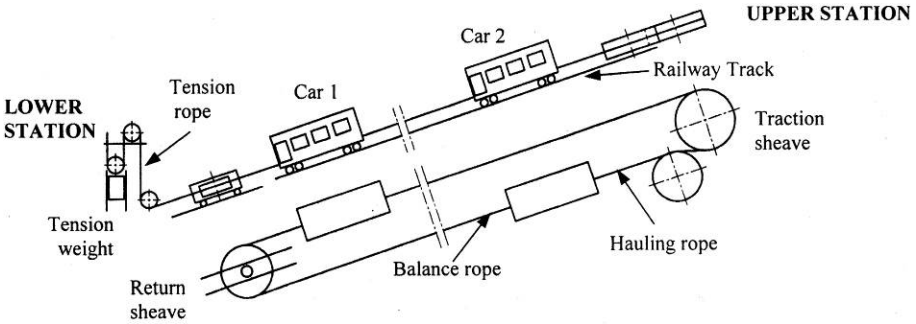
Şekil 4. Tünel kesit görünüm (Gavand 1876)

Gavand'ın tüneli parabolik olarak açmasının iki nedeni vardı. Birinci nedeni Tünel'in üstünde kalan binaların zemininden yeterince uzak olmasının sağlanmasıdır (Şekil 5). Galata Kulesi'nin tünele göre konumu şekilde görülebilir. Üst kısımlar Beyoğlu İstasyonu'nu, alt kısımlar ise deniz seviyesine inen Karaköy İstasyonu'nu göstermektedir.



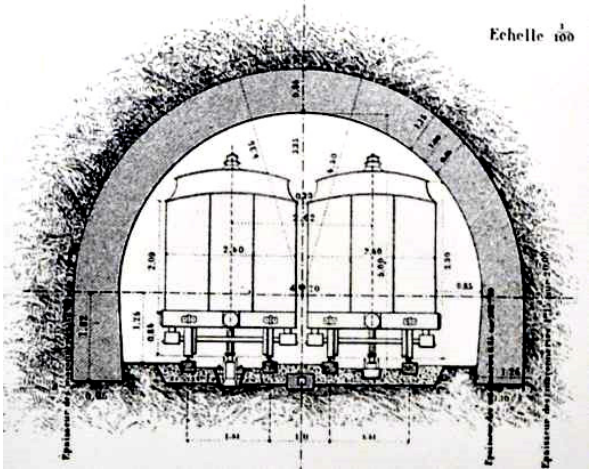
Şekil 5. Tünel'in farklı seviyelerindeki kesitleri (Gavand 1876)

İkinci neden, Beyoğlu'ndaki yüksek eğimden faydalanarak üstteki aracın hareketini alttaki araca kolayca aktarabilmektir (Şekil 6). Vagonlar, Beyoğlu İstasyonu'nda bulunan motorla tahrik edilip tek bir halatla çekilmektedir.



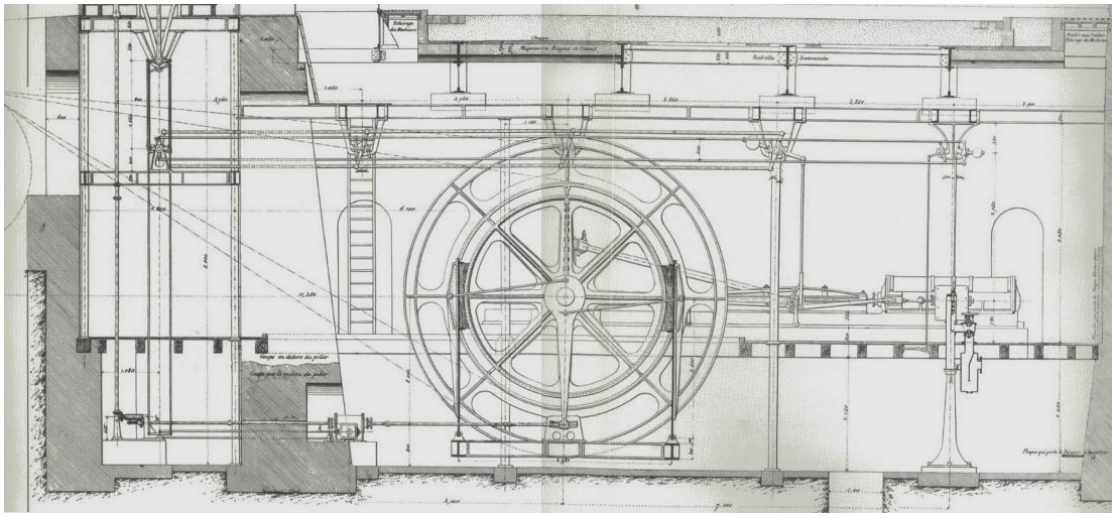
Şekil 6. Tünel'in şematik çalışma prensibi (İmrak ve Özkırım 2002)

Her vagonun üzerinde çift fren sistemi vardır. Vagonlar 1968 yılına kadar, Beyoğlu İstasyonu'nda bulunan, sabit bir buhar motoru tarafından tahrik edilir. Trenler arası ve tünel ile trenler arası mesafeler Gavand'ın proje resimlerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Tünelin kesit görünüşü (Gavand 1876)

Tünel'deki dişlilerin tahriki, her biri 150 BG olan buhar motorları tarafından sağlanmıştır (Şekil 8). Tünel, elektrifikasyon ve yenileme işleri için 1968 yılında kapatılmış ve yenilenmiş sistemiyle 1971 yılında yeniden açılmıştır (Engin 2000).



Şekil 8. Çekiş gücü kasnağı ve buhar motoru (Gavand 1876)

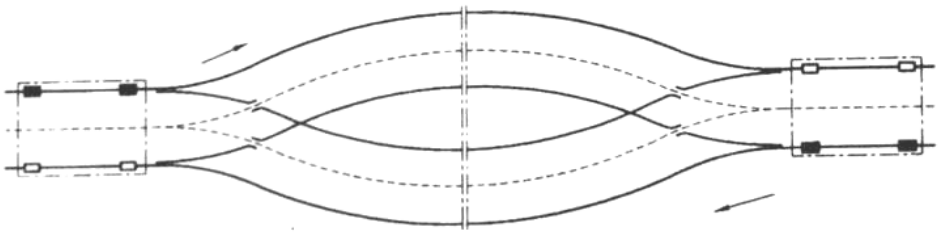
5. BUHARLI VE ELEKTRİKLİ TÜNEL'İN KARŞILAŞTIRILMASI

Günümüzde tarihsel füniküler sistemlerinde trenler elektrikle çalışır. Tünel'in çalışma prensipleri iki dönemde incelenebilir (Tablo 1).

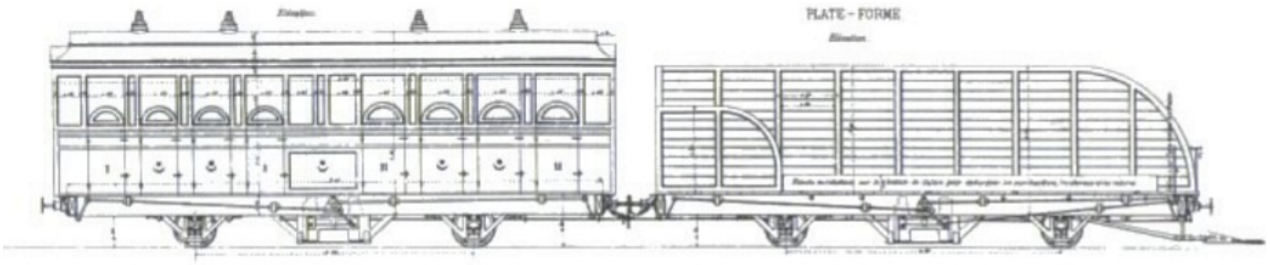
1950'lerde Tünel'in içindeki vagonlar ahşaptı. Modern teknolojinin gereklerine uygun olarak 1968 yılında yapılan yenilemelerde metal vagonlar lastik tekerlekler üzerinde işletilmeye başlandı.

Tablo 1. Buharlı ve Elektrikli Tünel'in Karşılaştırılması

Buharlı Tünel (1875-1968)	Elektrikli Tünel (1971-2014)
Vagonlar, gidiş ve gelişleri aynı hat üzerinde çizgi değiştirmeden sürülür.	Hattının ortasındaki buluşma noktası hariç olmak üzere, tek demiryolu hattına dönüştürüldü.
Yolcular aynı giriş ve çıkış noktalarını kullanır çünkü vagonların sadece bir yanındaki kapıları açılır.	Yolcular, Karaköy'de vagonun sağ tarafından binerler ve İstiklal Caddesi'nde sol taraftan inerler (Beyoğlu).
Her tren iki tahta vagondan oluşur. İkinci sınıf taşıyıcı, vagonun ön kısmında yer alır ve bu platformda eşyalar, hayvanlar ve yük arabaları taşınır. Arka vagon sadece yolcular için ayrılmıştır. İkinci sınıf koltuklar ahşaptan yapılmıştır, birinci sınıf koltuklarda ise minderler vardır.	İki adet metal vagon vardır. Bunlar zıt yönlerde hareket ederler. Sınıf bölünmesi yoktur.
Buharlı motor tarafından işletilmektedir.	Elektrikli motor tarafından işletilmektedir



Şekil 8. Aynı rayda vagonların işletilmesi (İmrak ve Özkırım 2002)



Şekil 9. Arka ve ön vagonlar (Gavand 1876)

Modern Tünel'in karakteristikleri Tablo 2'de görülebilir.

Şekil 10. 1950'de tahta vagonlar ve 2014'te metal vagonlar

Tablo 2. Modern Tünel'in Karakteristikleri (İmrak ve Özkırım, 2002)

Tünel'in uzunluğu: 574 m	Vagon sayısı: 2
Ray uzunluğu: 626 m	Vagon ağırlığı: 22 ton (boş) 34 ton (dolu)
İstasyonlar arası yükseklik farkı: 51 m	Vagon uzunluğu: 16 m
Ortalama yol eğimi: %10	Normal bekleme zamanı: 3,5 dakika
Vagon başına maksimum taşıma: 170 yolcu	Sürüş zamanı: 1,5 dk
Saatte yolcu taşıma kapasitesi: 3.500 yolcu	Maksimum hız: 8,33 m/s (22 km/s)
Günlük yolcu taşıma kapasitesi: 15.000 yolcu	Minimum operasyon hızı: 1,5 m/s
Yıllık yolcu taşıma kapasitesi: 1.000.000 yolcu	Sürücü kasnak çapı: 3,5 m
Ana motor: 350 BG	Çekici halat çapı: 30 mm
Yardımcı dizel motor: 250 BG	Gerginlik ağırlığı: 33 ton

6. SONUÇ

Bu çalışmada Tünel'in tarihi ve teknik özellikleri genel olarak incelenmiştir. Tünel 1876'dan bu yana hizmet vermektedir. Sultan Abdülaziz'in fermanıyla, Eugène-Henri Gavand tarafından tasarlanmış ve inşa edilmiştir.

Bugün Tünel, Karaköy ile Beyoğlu arasında nostaljik bir köprü görevi görmektedir. 1968-1971 yılları arasında yapılan yenilemelerle kazandığı modern yapı ile demir tekerleklerden kaynaklanan titreşim ve gürültü giderildi. Tünel sadece dünyanın ikinci metrosu değil, aynı zamanda ilk çağdaş füniküler sistemidir. Yakın gelecekte füniküler benzeri yapıların yaygınlaşmasıyla şehir içi kısa mesafe ulaşımlarına etkin çözümler getirilmesi ümit edilmektedir.

TEŞEKKÜRLER

Bu yayının hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen Makine Tanıtım Grubu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Acar, F., Engin, V., Kargı, H. (2013). *Dünyanın İkinci Metrosu Tünel'in 138 Yıldönümü Anısına, Tünel Tanıtım Broşürü İETT*, İstanbul.
[2] Engin, V. (2000). *Tünel, Simurg Yayıncılık.*, İstanbul.
[3] Engin, V. (2011). *İstanbul Tüneli, Tunnel de Constantinople, Yeditepe Yayıncılık.*, İstanbul. (Gavand 1876)
[4] Gavand, E.H. (1876). *Chemin de fer Metropolitan de Constaninople au Chemin de fer Souterrain de Galata Pera dit Tunnel de Constantinople*, Paris.
[5] İmrak, C.E., Özkırım, M. (2002). *Füniküler Sistem ve İstanbul'daki İlk Uygulamaları, Asansör Teknolojisi 12, ELEVCON'2002 Bildiri Kitabı*, s.151-160.