

# Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Tasarımı: Bir Kalite Fonksiyon Yayılımı Yaklaşımı

▲ Semih GÜNEŞ, Adem EREN

## Özet

Demiryolu ulaşımını özendirmenin en önemli yolu demiryollarında daha konforlu, emniyetli, güvenilir ve ekonomik bir seyahat etme olanağı sağlamaktan geçmektedir. Demiryolu üstyapısı esnek (balastlı yol) ve rijit (beton yol) üstyapı olmak üzere iki türlü imal edilebilmektedir. Bu çalışma, demiryolu üstyapı parametrelerinin KFY (Kalite Fonksiyon Yayılımı) yöntemi ile değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bunu yapmak için önce müşteri istekleri belirlendikten sonra bu isteklerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan teknik gereksinimler ortaya konmuştur. Bu aşamadan sonra KFY'nin ana unsuru olan Kalite evi oluşturulmuştur. Kalite evinde müşteri isteklerinin teknik gereksinimlerle olan ilişki düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca demiryolu kullanıcıları ve imalatında görev alan kişilere anket yapmak suretiyle, hangi parametrelerin, ne kadar önemli olduğu saptanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında ise teknik gereksinimlerin önem derecesi bulunarak hangi üstyapı türünün bu gereksinimleri daha iyi karşıladığı kıyaslanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Demiryolu üstyapı uygulamaları, Esnek demiryolu üstyapısı, Rijit demiryolu üstyapısı, Kalite fonksiyon yayılımı, KFY, QFD

## DESIGN OF THE RAILWAY SUPERSTRUCTURE PARAMETERS: QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT METHOD

### Abstract

The most important approach to stimulate railways usage is ensuring more comfortable, safe, reliable and affordable travelling opportunity via railways. Railways superstructure can be constructed by two techniques as ballasted or balastless tracks. This thesis is aimed to evaluate railway superstructure parameters by QFD (Quality Function Deployment) method. In order to do that, first customer requests were defined, then technical requirements for meeting the needs were put forth. After this step, house of quality which is the main tool of QFD was constituted. The level of relationship between customer needs and technical requirements were identified by the house of quality. Besides, the importance values of the parameters are determined by the way of conducting of or survey with the customers of railway and the workers of railway.

At the last stage of the study, which type of superstructure meets the requirements better were compared by obtaining the importance degree of technical requirements.

**Key Words:** *Railways superstructure applications, Ballasted track, Ballastless track, quality function deployment, QFD*

## 1. Giriş

Günümüzde büyük bir hızla gelişen teknolojiyle beraber Demiryolu ulaştırmasında da gelişmeler meydana gelmektedir. Demiryolu ulaşımında tasarım, tasarımında ise üstyapı parametreleri büyük öneme sahiptir. Demiryolu üstyapısı günümüzde esnek (balastlı yol) veya rijit (beton yol) olarak dizayn edilmektedir. Çalışmamızda bu iki üstyapı türünden hangisinin daha avantajlı olduğunu saptamak için KFY (Kalite Fonksiyon Yayılımı) tekniği kullanılmıştır.

KFY, ürün ya da hizmet tasarım aşamasındayken kullanıcıların bu hizmetten ya da üründen ne beklediklerinin iyi analiz edilerek eldeki imkanlar ölçüsünde müşteriye en ideal ürünü sunmayı sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem sonucunda kullanıcılar ve imalatçılar için hem en üst düzeyde tasarım gerçekleştirilmiş olur, hem de üretim sonrasında çıkabilecek sorun, memnuniyetsizlik vs. gibi durumlar tasarım aşamasında en aza indirilmiştir.

## 2. Kalite Fonksiyon Yayılımı

Küreselleşmeye bağlı olarak rekabetin arttığı günümüz pazarlarında firmaların rekabete dayanabilmek için sürekli yenilik içinde olmaları ve müşteri isteklerini çok iyi bilerek müşteri odaklı üretim yapmaları zorunlu hale gelmiştir. [1]

Özellikle ürün tasarımında kullanılan Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) gibi yaklaşımların müşteri odaklı olması son derece doğaldır. Çünkü günümüzde her üretileni satın alan, kişisel tercihlerini arka plana iten müşteri profili gitmiş ve yerine ne istediğini bilen, ihtiyaçlarını dile getiren, teknik tasarım ve fiyat açısından duygu ve ihtiyaçlarını tatmin eden ürünleri seçen müşteri profili gelmiştir.

Bu nedenle, hangi ürün özelliklerinin müşteri için anlamlı olduğunu anlamak ve müşteriden gelen geri beslemeleri de ürünün tasarım ve gelişim sürecine yansıtma önemli bir konu olmuştur. KFY, bu amaçlar doğrultusunda kullanılan bir yöntemdir. [2]

### 2.1.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Tarihçesi

KFY ilk kez 1960'ların sonlarına doğru 1970'lerin başlarında profesör Yoji Akao tarafından Japonya'da ortaya atılmıştır. Yoji Akao'nun çalışmaları ilk olarak 1972 yılında Mitsubishi'nin Kobe'deki gemi tersanelerinde uygulanmıştır. 1984'den sonra da ABD'de incelenen ve kullanılan ve bugün tüm dünyada kabul gören bir kalite tekniğidir. [3]

Yöntemin A.B.D.'ye ulaşması 1983 Ekim'inde Quality Progress'de Kogure ve Akao tarafından yayınlanan "Quality Function Deployment and CWQC in Japan" başlıklı makale sayesinde olmuştur. Dr. Akao'nun Glenn H. Mazur tarafından İngilizce'ye tercüme edilen kitabı yöntemin A.B.D.'de yayılmasına büyük katkıda bulunmuştur. Bu sayede "Hins-hitsu KiNo TenKai" terimi İngilizce'ye "Quality Function Deployment" olarak yerleşmiştir.

ABD'de ilk kalite fonksiyon yayılımı sempozyumu 1989'da düzenlenmiştir. [4]

Türkiye'de ise ilk kalite fonksiyon yayılımı uygulaması Arçelik firması tarafından 1994 yılında bulaşık makineleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. [5]

Ayrıca 2005 yılında, Yoji Akao ve Glenn Mazur gibi Kalite Fonksiyon Yayılımı konusunda uluslararası platformda uzman ve tanınmış çok sayıda konuşmacının katıldığı "11. Uluslararası Kalite Fonksiyonu Göçerimi Sempozyumu" Türkiye'de yapılmıştır.

İlk KFY kitabı 1978 yılında Japonya'da yayınlanmış ve 1994 yılında İngilizce'ye çevrilerek diğer ülkelere de yayınlanmaya başlamıştır. [6]

### 2.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Faydaları

Kalite Fonksiyon Yayılımı temel olarak müşteri ile firmanın aynı dili konuşmasını sağlar.

Müşteriler ve onların özellikleri, istekleri, ihtiyaç ve beklentileri zaman içerisinde değişmektedir.

Devamlı değişim, müşteri ve firmanın algı haritalarının, düşünce yapılarının da sürekli yenilediği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, değişen koşullar içinde müşteri ve firmanın konuştuğu dil farklılaşmaktadır.

Bazı firmalar müşterinin “ne” dediğini anlamak için yeterince hızlı hareket edememekte ve pazar payında daralma yaşamaktadır. Bazı firmalar ise müşterinin ne dediğini öğrenebilmek ve bu ilgiyi firmada içselleştirebilmek için zaman kaybetmeden çeşitli yöntemler aramaktadır. KFY bu yöntemlerden biridir. [7]

KFY ile sorunların belirlenmesi ve bu sorunların düzeltilmesi daha kolay sağlanır.

KFY ile tasarım aşamasında %40 zaman tasarrufu sağlanır ve tasarım maliyeti %60 azaltılır.[8]

Kalite Fonksiyon Yayılımı “müşterinin sesi”ni firmanın içine en doğru şekilde taşır. Bu sayede ürün ya da hizmetin tasarımında müşterinin istek ve ihtiyaçlarına öncelik verilmiş olur. Müşterinin sesi tasarıma aktarıldıktan sonra, imalat, ürünün pazara sunumu ve servis ihtiyaçları da müşterinin istek ve ihtiyaçlarına uygun olarak gerçekleştirilir. Ürünün pazara sunumu da daha kısa sürede gerçekleşir ve müşteriler ihtiyaç duydukları ürünleri daha kısa sürede elde etmiş olur. [9]

KFY, ürünlerin veya hizmetlerin geliştirilme süreçlerini kısaltır ve pazara sunumlarını hızlandırır.

KFY ile tasarım sonrası değişiklikler ve uygulamadaki hatalar azaltılmakta, bu sayede bu nedenlerle kaybedilecek zaman kazanılmaktadır. Uygulanan takım çalışmaları ve yapılan planlamalar olası problemlerin önceden belirlenip, çözülmesinde önemli bir kolaylık sağlar.

Operasyonlarda, teçhizatla ve malzemede yapılan değişiklikler sayesinde, üretilen ürünlerin daha ucuz hale gelmesi ve yüksek kalitede yapılması sağlanır. KFY sayesinde müşteri istek ve ihtiyaçları daha fazla karşılanabildiğinden satışların artması ve gelirlerin artırılması sağlanır

Verilerin görsel bir sunumunu oluşturan KFY, hem pazarlamacıların hem de mühendislerin kolayca anlayabilecekleri bir sunum oluşturmaktadır. [10]

### 3. Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Belirlenmesinde KFY Yaklaşımı

Demiryolu üstyapısı esnek yada rijit olarak 2 şekil-

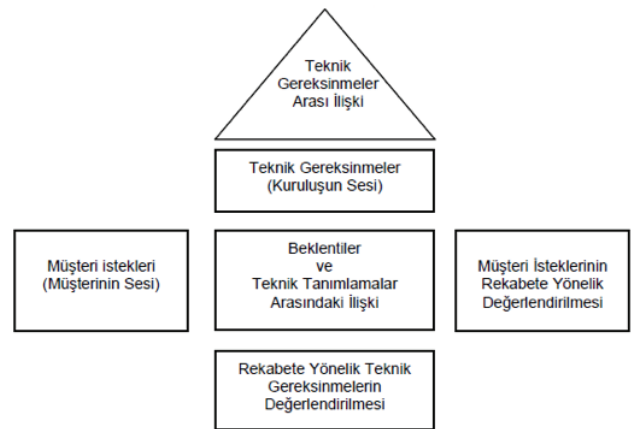
de tasarlanabilir. Ama hangi üstyapı türünün daha uygun olduğunu belirlemek zor bir iştir. İşte hem bu iki üstyapı türünden hangisinin daha avantajlı olduğunu belirlemek, hem de tasarımda hangi parametrelerin, ne kadar önemli olduğunu tespit etmek amacıyla çalışmamızda Kalite Fonksiyon Yayılımı yöntemi kullanılmıştır.

#### 3.1. Kalite Evi

Kalite Evi matrisi KFY'nin en çok bilinen şeklidir. Kalite evinin esası müşterinin istek ve beklentilerini karşılayan ürünlerin tasarlanması düşüncesi olduğundan, kalite evinin temelinde de müşterilerin beğeni ve seçimlerini yansıtarak tasarlanması gerekliliği yatar. Bu nedenle pazarlama elemanları, tasarım mühendisleri ve üretim elemanları ürünün daha fikir aşamasından itibaren çok yakın olarak birlikte çalışmak zorundadır.

Kalite evi fonksiyonlar arası planlama ve iletişimi sağlayan bir tür kavramsal haritadır. Değişik problemleri ve sorumlulukları olan insanlar evin çatısı altındaki bilgi motiflerinden tasarım önceliklerini kolayca belirleyebilirler. [11]

Genellikle aşağıda verilen kalite evinin sonucunda odaklar elde edilir. Bunlar:



Şekil 1 : Kalite Evi (Adiano et al, 1994)

#### 3.2. Veri Analizi

Burada amaç müşteri istekleri ile teknik gereksinimlerin tasarıma yönelik olarak öncelik sıralarını belirlemektir. Bunun için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{İyileştirme Oranı} = \frac{\text{Hedef Kalite}}{\text{Ortalama Değer}} \quad (3.1)$$

$$\text{Mutlak Ağırlık} = \text{Önem Derecesi} \times \text{İyileştirme Oranı} \quad (3.2)$$

$$\text{Bağıl Ağırlık \%} = \frac{\text{Herbir Satırın Mutlak Ağırlığı}}{\text{Toplam Mutlak Ağırlık}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Mutlak Önem} = \text{Mutlak Ağırlık} \times \text{Satıra Ait İlişki Düzeyi} \quad (3.4)$$

$$\text{Görelî Önem \%} = \frac{\text{Herbir Sütunun Mutlak Önemi}}{\text{Toplam Mutlak Önem}} \times 100 \quad (3.5)$$

### 3.3. Esnek (Balastlı) Üstyapı

Dünyadaki demiryollarının büyük bölümünün üstyapısı balast üzerine döşenmiş ahşap veya beton traverslere bağlanmış raylardan meydana gelmektedir. Balastlı üstyapı elemanları balast tabakası, traversler, çelik ray ve bağlantı elemanlarından oluşur.

#### 3.3.1. Esnek (Balastlı) Üstyapı

- Küçük yarıçaplı kurplarda ve yüksek dever verilmesi gereken yerlerde balastlı uygulamalar daha uygundur.
- Balast esnek bir malzeme olduğu için titreşimi azaltır ve gürültü nedeniyle çevreye verilen rahatsızlık balastsız uygulamalara göre daha azdır.
- Balastlı uygulamalarda kullanılan malzemeler gerekli durumlarda başka hatların bakım-onarımında da kullanılabilir
- İstenen toleranslar kolayca elde edilebilir ya da uygun olmayan değerler kolayca düzeltilebilir.
- İlk yatırım maliyeti beton yolun yaklaşık olarak yarısı kadardır.
- Balast, suyu iyi geçirdiğinden hat üzerinde drenaj problemi daha azdır.

#### 3.3.2. Esnek Üstyapının Dezavantajları

- Hattın kalitesi kullanılan balastın özelliklerine göre değişiklik gösterir. Yani olası kötü balast kullanımında hattın kalitesi ciddi derecede etkilenmektedir.
- Balastı oluşturan granüler malzemeler, trafik yükleri altında zamanla geometrik pürüzlülüğünü kaybetmesinin yanı sıra ve balast tanelerinin parçalanması neticesi ortaya çıkan ince malzemelerin alt tabakalara geçmesi sonucunda da balastın kirlenerek geçirimsizliği azalır ve drenaj sisteminde de ciddi problemler oluşur. Bu problemlerin giderilmesi için ilave ve düzenli bir bakım gerekmektedir.
- 250 km/h ve üstündeki hızlarda balastlar sağa sola uçtuğu için çeken ve çekilen araçlara ciddi zarar vermektedir.
- Özellikle yüksek hızlı hatlarda ağır bakım masrafları gerekmekte ve bu bakımları yapmak için de günlük ortalama 3-4 saat çalışma zamanı bulma zorunluluğu doğmaktadır.

- Tünellerde balast kirliliği daha fazla arttığından en azından uzun tünellerde balastlı uygulamalar uygun değildir.
- Balastsız hatlara göre daha kısa servis ömrüne sahiptir. (ortalama 30-35 yıl).
- Balast tanelerinin parçalanması sonucunda ortaya çıkan ince malzemeler rüzgarla oluşan savrulma neticesinde ray ve tekerlekler üzerindeki aşınmayı artırarak, kullanım sürelerini azaltmaktadır.

### 3.4. Rijit (Balastsız) Üstyapı

Balastlı hatlarda trafik yükleri altında balastı oluşturan granüler malzeme zamanla geometrik pürüzlülüğünü kaybedebilir ve karışan malzemelerle drenaj problemi oluşur ve bu problem düzenli bakımla önlenir. Balastlı üstyapıda traversler raylara 60-80cm aralıkla destek olduklarından, her travers hat geometrisinde bozukluklara neden olur. Balastlı hatlarda bir süre sonra hat üzerinde enine ve boyuna kaymalar oluşmaktadır. Kurplarda balast tarafından sağlanan yatay direnimsel limitleri yatay ivmeleri kompanse edemez, balast tanelerinin parçalanması sonucunda raylar ve tekerlekler hasar görür. Balastın aşınması ve alt zeminden ince parçaların geçmesi sonucu balast kirlenerek geçirimsizliği azalır, üstyapının relativ yüksek ve ağır olması köprü ve viyadüklerde daha güçlü yapılar gerektirir. Hat bozulmaları, üstyapı elemanlarının kalitesine, hattın inşaa şekline ve geometrisine, zemin tabakalarının homojenliğine ve alt-balastın destekleme kapasitesine bağlıdır. [12]

### 3.4. Rijit Üstyapının Avantajları

- Gerek yapım gerekse işletme aşamalarındaki balast malzemesinin serilmesi ve sıkıştırılması ile temizlenmesi gibi işler olmayacağı için bakım maliyetleri, balast uygulamalı hattaki bakım maliyetine göre çok daha düşük olmaktadır.
- Kullanma ömrü balast malzemesine göre çok daha uzun süreyi kapsamaktadır.
- Yapı yüksekliği, balastlı hatlara göre daha az olacağından; yapı stabilite, estetik ve ekonomik açılarından ön plana geçmektedir.
- 250 km/sa veya daha yüksek hızlarda daha konforlu seyir imkanı sağlayabilmektedir.
- Balastsız durumdaki üstyapı kesitinin az olması nedeniyle tünel yüksekliğini ve buna bağlı olarak da tünelin ilk yatırım maliyetini de daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Tünel yüksekliğinde 30 cm'ye kadar azalma sağlamaktadır.
- Mevcut tünellerin balastsız üstyapı ile rehabilite edilmesi durumunda, kesit üst kısmında daha büyük boşluk ortaya çıkacağından trenlerin karşılaşması durumunda daha az hava direnimi oluşacak olup, bu durum gerek ses, gerekse savrulma gibi olumsuzlukları ortadan kaldırarak daha konforlu geçiş imkanı sağlar.
- İşletme sırasında, tünel içinde balast malzemesinden kaynaklanan toz ve kirlenme oluşmaz.
- Kapalı ortamda balast uygulamalı hatlarda yüksek hızla seyreden trenlerin altında oluşan hava sirkülasyonu etkisi ile, balast malzemelerinin sağa-sola ve yukarıya savrulma ile taşıta ve raya çarpma tehlikesi de ortadan kalkmaktadır.
- Rayların balastsız olarak, beton tabanına traversli veya traverssiz döşenmesi ile; balast serilmesi, sıkıştırılması ve bakımı gibi işlemleri kapsamamasının yanı sıra bakım işlemleri esnasında ortaya çıkabilecek trafik aksamlarını da ortadan kaldırmaktadır. [12]

#### 3.4.1. Rijit Üstyapının Dezavantajları

- Balast uygulamalı hatlara göre inşaat maliyetleri yapım aşamasında daha fazladır.
- Balast uygulamalı hatlara göre çevreye daha fazla gürültü verir.
- Üst yapı pozisyonunda büyük değişiklikler ve yüksek deger uygulamaları daha fazla çalışma gerektirmektedir.

- 5 metreden fazla dolgu yapılarak teşkil edilen raylı sistemlerde, büyük deplasmanlara adaptasyonu zayıf olmaktadır. Bu nedenle bu kesimlerde balast uygulamalı hat teşkil edilmelidir.
- Derayman (raydan çıkma) durumunda, tamir işleri daha uzun zaman ve çalışma gerektirmektedir.
- Yolun herhangi bir kısmında meydana gelen olumsuzluğun giderilmesi için balastlı hatlara oranla daha fazla zaman ve iş gücü gerekmektedir.

#### 4. Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Tasarımı için Kalite Evi'nin Oluşturulması

Müşteri isteklerinden yola çıkarak başlanan KFY uygulamasında oluşturulacak kalite evi matrisinin iki önemli kısmı bulunmaktadır. Dikey eksenle müşterilerle ilgili bilgilerin yer aldığı müşteri istekleri ve yatay eksenle de müşteri bilgilerine cevap veren teknik gereksinimler yer almaktadır.

Müşteri istekleri belirlendikten ve sınıflandırdıktan sonra kalite evinin "NE"ler kısmına yazılırlar. Müşteri isteklerine "NE"ler denmesinin sebebi; bunların, Kalite Fonksiyon Yayılımı Sürecinde "ne" gerçekleştirileceğini göstermeleridir.

##### 4.1. Müşteri İstekleri

Öncelikle müşteri isteklerini belirlemek için bir demiryolunun sahip olması istenen özellikler düşünülerek aşağıdaki tablo hazırlanmıştır.

**Çizelge 1: Müşteri İstekleri**

<b>Güvenlik &amp; Konfor (Kullanıcı)</b>	Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı, dingil gürültüsü ve titreşim az olmalı
	Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı
	Tren işletme giderleri az olmalı, boden yıpranması en az düzeyde olmalı
	Çevreyi ve havayı en az düzeyde kirletmeli
	Emniyetli ve güvenilir olmalı
	İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı
	Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı
<b>İmalat &amp; İşletme (İnşaatçı)</b>	Zeminde Meydana Gelecek Oturmalarda Hızlı Çözümlere Açık Olmalı
	Her mevsim ve koşulda yapılabilir olmalı
	Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı
	İnşa edilebilirliği hızlı ve kolay olmalı
	Servis ömrü uzun olmalı
	Bakımı kolay yapılabilir olmalı
	Yapım maliyeti düşük olmalı
	Tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmalı
	Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı
	Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı
	Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı
Kullanılacak malzemenin durabilitesi yüksek olmalı	
Hat geometri dizaynı, servis ömrünü ve konforu arttırmak amacıyla yatayda alıyman ve büyük çaplı kurplarla tasarlanmalı	

## 4.2. Teknik Gereksinimler

Belirlediğimiz müşteri isteklerinden sonra bu istekleri karşılayacak olan ve “NASIL” sorusuna verdiğimiz cevaplar teknik gereksinimleri ortaya çıkarmaktadır. Ortaya çıkan bu gereksinimler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Kaliteli işçilik
- Trafiğe açılma süresi
- Yapım tekniği kolaylığı
- En az ekipman gereksinimi
- Özelliksiz ekipman gereksinimi
- Düşük maliyetli imalat tesisleri
- Yerli malzeme kullanılabilirliği
- Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı
- Yorulma mukavemeti
- Periyodik bakım ihtiyacının az olması
- Farklı mevsim koşullarına karşı direnç
- Bakım-onarım süresi
- Kaliteli Malzeme Kullanımı
- Hat Geometri Dizaynının Yapılması

## 5. Tartışma ve Sonuç

Demiryolu üstyapı türlerinin parametreleri ile beraber değerlendirildiği ve Kalite Fonksiyon Yayılımı yöntemi ile sayısal olarak analizinin yapıldığı bu tez çalışmasında şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 2: Müşteri İsteklerinin Önem Sıralaması

Sıra No	Müşteri İstekleri	Mutlak Ağırlık	Bağıl Ağırlık (%)
1	Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı	7,52	6,20
2	Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı	7,18	5,92
3	Zeminde Meydana Gelecek Oturmalarda Hızlı Çözümlere Açık Olmalı	6,85	5,65
4	Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı, dingil gürültüsü ve titreşim az olmalı	6,72	5,54
5	Tren işletme giderleri az olmalı, boden yıpranması en az düzeyde olmalı	6,44	5,31
6	Yapım maliyeti düşük olmalı	6,29	5,19
7	Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı	6,29	5,19
8	Her mevsim ve koşulda yapılabilir olmalı	6,15	5,07
9	Kullanılacak malzemenin durabilitesi yüksek olmalı	6,13	5,05
10	Emniyetli ve güvenilir olmalı	6,00	4,95
11	Çevreyi ve havayı en az düzeyde kirletmeli	5,88	4,85
12	İnşa edilebilirliği hızlı ve kolay olmalı	5,86	4,84
13	Tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmalı	5,85	4,82
14	İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı	5,75	4,74
15	Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı	5,75	4,74
16	Servis ömrü uzun olmalı	5,73	4,73
17	Bakımı kolay yapılabilir olmalı	5,63	4,64
18	Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı	5,63	4,64
19	Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı	4,88	4,02
20	Hat geometri dizaynı, servis ömrünü ve konforu arttırmak amacıyla yatayda alıyman ve büyük çaplı kurplarla tasarlanmalı	4,75	3,92
	<b>Toplam</b>	<b>121,25</b>	<b>100,00</b>

Yapılan görüşmeler sonucunda müşteri isteklerinin önem dereceleri elde edilmiş, daha sonra bu önem dereceleri hesaplanan iyileştirme oranları ile çarpılarak her bir müşteri isteğinin mutlak ağırlığı belirlenmiştir. Mutlak ve bağıl ağırlık değerlerine göre müşteri istekleri Çizelge 2'de sırası ile verilmiştir.

Müşteri istekleri ve bu isteklerin yapılabilmesi için gerekli olan teknik gereksinimlerin belirlenmesi ile oluşturulan Kalite Evinde elde edilen sayısal sonuçlar ise mutlak önem ve görelî önem değerlerinin sırasına göre Çizelge 3'de gösterilmektedir.



Çizelge 3: Teknik Gereksinimlerin Mutlak ve Görelî Öneme Göre Sıralaması

Teknik Gereksinimler	Mutlak Önem	Görelî Önem (%)
Kaliteli Malzeme Kullanımı	592,39	18,46
Farklı mevsim koşullarına karşı direnç	368,18	11,48
Yorulma mukavemeti	329,18	10,26
Özelliksiz ekipman gereksinimi	314,95	9,82
Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı	232,11	7,23
En az ekipman gereksinimi	220,57	6,87
Periyodik bakım ihtiyacının az olması	205,03	6,39
Yerli malzeme kullanılabilirliği	192,95	6,01
Yapım tekniği kolaylığı	186,26	5,81
Kaliteli işçilik	183,73	5,73
Trafiğe açılma süresi	138,56	4,32
Bakım-onarım süresi	99,51	3,10
Düşük maliyetli imalat tesisleri	79,17	2,47
Hat Geometri Dizaynının Yapılması	65,86	2,05
<b>Toplam</b>	<b>3208,45</b>	<b>100,00</b>

Çizelge 3'te görüldüğü gibi en önemli teknik gereksinim "Kaliteli Malzeme Kullanımı" olurken, en düşük öneme sahip gereksinim ise "Hat Geometri Dizaynının Yapılması" olarak elde edilmiştir.

Yine Çizelge 3'e bakıldığında "Kaliteli Malzeme Kullanımı"nın %18,46 gibi büyük bir görelî öneme sahip olduğu ve bu teknik gereksinimi sırasıyla "Farklı mevsim koşullarına karşı direnç" (%11,48) ve "Yorulma mukavemeti" (%10,26) gibi gereksinimlerin izlediği görülmüştür.

Bu 3 teknik gereksinimin de üstyapı imalatında kullanılacak malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliğiyle alakalı olması dikkat çekicidir.

Çizelge 3'te elde edilen sonuçları sayısal bir şekilde değerlendirebilmek için ilişki matrisinde kullandığımız puan değerlerine benzer biçimde bir puanlama yapılmış, fakat bu değerlerden farklı olarak "9-5-2-0" değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin kullanılma nedeni; üstyapı türlerine ilgili teknik gereksinim karşılığı verdiğimiz değerler, puanlamayı yapan kişiye göre değişebileceği için olası hata payını en aza indirmektir. Yani bizim güçlü ilişki olarak düşünüp 9 puan verdiğimiz bir teknik özelliğe, başka biri orta ilişki olduğunu düşünerek 5 puan verebilir. Puanlamayı bu şekilde yaparak farklı değerlendirmeler olması durumunda sonucun çok da değişmemesini sağlamaya çalıştık. Verdiğimiz bu değerler mutlak önem değerleri ile çarpılmıştır. Bu işlem sonucunda bulduğumuz toplamlar hangi üstyapı türünün daha avantajlı olduğunu tespit etmemize yardımcı olacaktır.

Çizelge 4: Teknik Gereksinimlerin Esnek ve Rijit Üstyapılarda Kıyaslanması

Teknik Gereksinim	Mutlak Önem	Esnek Üstyapı	Rijit Üstyapı	Esnek Üstyapı (İ.DxM.Ö)	Rijit Üstyapı (İ.DxM.Ö)
Kaliteli Malzeme Kullanımı	592.39	9	9	5331.51	5331.51
Farklı mevsim koşullarına karşı direnç	368.18	2	9	736.36	3313.62
Yorulma mukavemeti	329.18	2	9	658.36	2962.62
Özelliksiz ekipman gereksinimi	314.95	9	5	2834.55	1574.75
Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı	232.11	2	5	464.22	1160.55
En az ekipman gereksinimi	220.57	9	5	1985.13	1102.85
Periyodik bakım ihtiyacının az olması	205.03	2	9	410.06	1845.27
Yerli malzeme kullanılabilirliği	192.95	9	9	1736.55	1736.55
Yapım tekniği kolaylığı	186.26	5	2	931.30	372.52
Kaliteli işçilik	183.73	5	9	918.65	1653.57
Trafığe açılma süresi	138.56	5	2	692.80	277.12
Bakım-onarım süresi	99.51	5	2	497.55	199.02
Düşük maliyetli imalat tesisleri	79.17	5	2	395.85	158.34
Hat Geometri Dizaynının Yapılması	65.86	5	9	329.30	592.74
<b>Toplam</b>				<b>17922.19</b>	<b>22281.03</b>

\* İ.D : İlişki Düzeyi

M.Ö : Mutlak Önem

Çizelge 4'te görüldüğü gibi teknik gereksinimlerin mutlak önemleri ile teknik gereksinimlerin üstyapı türleri arasındaki ilişki dereceleri çarpılıp toplandığında rijit üstyapının esnek üstyapıdan daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan KFY aracılığıyla, ayrıca demiryolu üstyapısında hangi parametrelerin, ne kadar önemli olduğu saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; yapım aşamasında maliyet olarak daha pahalı olmasına karşın farklı mevsim koşullarına karşı direncinin fazla olması, yorulma mukavemetinin yüksek olması, periyodik bakım ihtiyacının çok az olması gibi önemli noktalarda sağladığı avantajlardan dolayı rijit üstyapıların tercih edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

1. Kağnıcıoğlu, H., 2002. Ürün Tasarımında Kalite Fonksiyon Yayılımı. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi, 1: 177-188
2. Güllü, E., Ulcay, Y., 2002. Kalite Fonksiyonu Yayılımı ve Bir Uygulama. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1.
3. Sevük, A., 1998. Kaynak Elektrodu Üretiminde Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD) Yaklaşımına Bir Örnek. Tüsiad-Kalder 7. Ulusal Kalite Kongresi, Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, s. 133-160.
4. Mazur, Glenn H. 1993. QFD For Service Industry From Voice to 1.Customer to Task Deployment. 5. QFD Sempozyumu. Michigan.
5. Akbaba, A., 2000. Kalite Fonksiyon Göçerimi Metodu ve Hizmet İşletmelerine Uyarlanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(3).
6. Dean, B. E., 2000. Quality Function Deployment. <http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/qfd.html>
7. Öter, Z., Tütüncü, Ö., 2001. Turizm İşletmelerinde Kalite Fonksiyon Göçerimi: Seyahat Acentelerine Yönelik Varsayımsal Bir Yaklaşım. DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(3): 95-117
8. Benner, M., Linnemann, A.R., Jongen, W.M., Folstar, F. P., 2003. Quality Function Deployment-Can It Be Used To Develop Food Products. Food Quality and Preference
9. Guinta, L. R., Praizler, N. C., 1993. The QFD Book, The Team Approach to Solving Problems and Satisfying Customers Through Quality Function Deployment, Amacom, New York.
10. Griffin, A. And Hauser, J. R., 1993. The Voice of The Customer. Marketing Science, Vol.12, 1-27, U.S.A.
11. Hauser, J.R. and Clausing, D., 1998. The House of Quality. Harvard Business Review, No.3, p. 63-73.
12. Öztürk Z., Öztürk, T., 2003,. Types of Reinforced Concrete Railway Infrastructures and Essentials of their Computations, 9. International Symposium on Concrete Roads, İstanbul.



### Semih GÜNEŞ

Semih Güneş, 1986 yılında Hınıs'da doğdu. Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu ve yüksek lisansını aynı üniversitede 2013 yılında tamamladı. TCDD'de Tesisler Dairesi, Demiryolu Yapım Dairelerinde çalıştı. Halen Etüt Proje ve Yatırım Dairesi Başkanlığı'nda Yüksek Mühendis unvanı ile çalışmaktadır.