

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRYOLU ÜSTYAPI PARAMETRELERİNİN TASARIMI: BİR KALİTE FONSKİYON
YAYILIMI YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Semih GÜNEŞ

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Ulaştırma

Manisa 2013

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRYOLU ÜSTYAPI PARAMETRELERİNİN TASARIMI: BİR KALİTE FONSKİYON
YAYILIMI YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Semih GÜNEŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.03.2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 08.03.2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Adem EREN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Bekir SOLMAZ

Yrd. Doç. Dr. Özlem Uzun ARAZ

Manisa 2013

İÇİNDEKİLER

SEMBOL LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
TEŞEKKÜR	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1.GİRİŞ	1
1.1.Amaç ve Kapsam	1
2.DEMİRYOLLARI VE ULAŞIM	2
3. DEMİRYOLU ÜSTYAPISI	3
3.1. Demiryolu Üstyapı Elemanları	3
3.1.1. Ray	3
3.2. Travers	4
3.3. Balast	8
3.4. Bağlantı Elemanları	8
3.5. Elastik Pedler	11
3.6. Demiryolu Araçlarından Kaynaklanan Yükler-Statik ve Dinamik Analiz	12
3.6.1. Yükler	12
3.6.2 Statik ve Dinamik Analiz	13
4. ESNEK DEMİRYOLU ÜSTYAPISI	14
4.1. Konvansiyonel Yöntemle Hat Yapım Yöntemi	14
4.1.1. Travers, Balast ve Rayın Hattı Taşınması ve Serilmesi	15
4.1.1.1. Traverslerin Platforma Taşınması	15
4.1.1.2. Birinci Tabaka Balastın Serilmesi	16
4.1.1.3. Traverslerin Hattı Serilmesi	17
4.1.1.4. Rayların Hattı Taşınması, Boşaltılması Ve Yerleştirilmesi	18

4.1.1.5. İkinci Tabaka Balastın Serilmesi	18
4.1.2. Hattın Tasarım Konumuna Getirilmesi ve Kaynak İşleri	19
4.1.2.1. Hattın İlk Buraj-Dresaj ve Rölevajı	20
4.1.2.2. Hattın Birinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu	20
4.1.2.3. Hattın İkinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu	21
4.1.2.4. Hattın Geriliminin Alınarak Nihai Kaynakların Yapılması (UKR Teşkilî)	21
4.1.3. Korumucu Taşlama	28
4.1.4 Hattın Ölçümü	28
4.1.5. Hattın Ultrasonik Muayenesi	28
4.2. Panel Prefabrikasyonu ile Yapım Yöntemi	29
5. RİJİT DEMİRYOLU ÜSTYAPISI (BETON YOL)	33
5.1. ÖBB-PORR Sistemi	34
5.1.1. Ray Taşıma Plakası (RTP)	35
5.1.2. Ray Taşıma Plakasının İmalatı	35
5.1.3. Ray Taşıma Plakalarının Hattâ Taşınması	36
5.1.4. Rayların Ray Taşıma Plakalarının Üstüne Yerleştirilmesi	37
5.1.5. Ray Taşıma Plakalarının Betonla Sabitlemesi	38
6.ESNEK VE RİJİT ÜSTYAPININ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	39
6.1. Esnek Üstyapının Avantajları	39
6.2. Esnek Üstyapının Dezavantajları	39
6.3. Rijit Üstyapının Avantajları	40
6.4. Rijit Üstyapının Dezavantajları	41
7. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI	42
7.1. Giriş	42
7.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Tanımı	42
7.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Tarihçesi	43
7.4. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Faydaları	44
7.5. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Amacı	47
7.6. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Uygulama Alanları	47
7.7. Kalite Fonksiyon Yayılımı Uygulama Süreci	47
7.7.1. Planlama	48

7.7.2. Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi	49
7.7.3.Kalite Evinin Oluşturulması	49
7.7.2. Veri Analizi	50
8. DEMİRYOLU ÜSTYAPI PARAMETRELERİNİN KALİTE FONSKİYON YAYILIMI YÖNTEMİ İLE TASARIMI	51
8.1. Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Tasarımı için Kalite Evi'nin Oluşturulması	51
8.2. Müşteri İstekleri	51
8.2.1. Müşteri İstekleri Bölümünün Bileşenleri	53
8.3. Teknik Gereksinimler	56
8.4. Müşteri İsteklerinin Önemi	58
8.5. Planlama Matrisi	59
8.6. İlişki Matrisi	60
8.7. Teknik İlişki Matrisi	62
8.8. Öncelikli Teknik Hedefler	63
9.SONUÇ ve ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	68
EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	74

SEMBOL LİSTESİ

km	: Kilometre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
%	: Yüzde
km/sa	: Kilometre/saat
N/mm ²	: Newton/milimetrekare
°C	: Santigrat derece
kN	: Kilonewton
Σ	: Sigma, Toplam
I	: Müşteri istekleri ile teknik gereksinimler arasındaki ilişki değeri
ÖD	: Önem Derecesi
HK	: Hedef kalite
İO	: İyileştirme oranı
MA	: Mutlak ağırlık
BA	: Bağlı ağırlık
MÖ	: Mutlak önem
GÖ	: Göreli önem

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 3.1. Demiryolu Ray Profili (UIC 60)	4
Şekil 3.2. Ahşap Travers (Erkul, 2002)	5
Şekil 3.3. Çelik Travers (Erkul, 2002).....	5
Şekil 3.4. Betonarme Travers Uygulaması (Erkul, 2002).....	6
Şekil 3.5. İki Bloklı Betonarme Travers Uygulaması (Erkul, 2002)	7
Şekil 3.6. Öngermeli Tek Blok Betonarme Travers Uygulaması (Erkul,2002).	7
Şekil 3.7. Balast.....	8
Şekil 3.8. Vossloh-Clouth Tipi (Esveld, 2003).....	9
Şekil 3.9. Vossloh Tipi (Esveld, 2003).....	9
Şekil 3.10. NABLA Tipi Bağlantı Malzemesi Kesiti (Erkul, 2002).	9
Şekil 3.11. Cebire örneği (Esveld, 2003).....	10
Şekil 3.12 Mobil Alın Kaynak Makinası(Esveld 2003).....	10
Şekil 3.13. Balastlı (a) ve Balastsız (b) Hatta Ray Pedleri	11
Şekil 3.14. Selet ve Selet Altı Elastomer	11
Şekil 4.1. Traverslerin Platforma Taşınması	15
Şekil 4.2. Hatta Taşınan Traversler.....	15
Şekil 4.3. Balast Finişeri İle Balast Serilmesi	16
Şekil 4.4. Hatta Serilen Balastın Düz Bandajlı Silindire Sıkıştırılması	16
Şekil 4.5. Traverslerin Hatta Serilmesi 1	17
Şekil 4.6. Traverslerin Hatta Serilmesi 2	17
Şekil 4.7. Rayların Traverslerin Üzerine Yerleştirilmesi	18
Şekil 4.8. Balast Regülatörü	19
Şekil 4.9. Buraj Makinesi.....	19
Şekil 4.10. Dinamik Stabilizatör.....	21
Şekil 4.11. Ray Gövdesinin Taşlanması	23

Şekil 4.12. Ray Uçlarının Ayarlanması.....	23
Şekil 4.13. Kaynak Makinesinin Ray Başlarına Göre Ayarlanması	24
Şekil 4.14. Kaynağın Yapıldığı An.....	25
Şekil 4.15. Kaynak Sonrası Rayların İlk Durumu	26
Şekil 4.16. Gerilim Alma İşlemi	28
Şekil 4.17. Traverslerin Şablonlar Üzerine Yerleştirilmesi	29
Şekil 4.18. Hat Panellerinin Stoklanması	30
Şekil 4.19. Panelin vagon üzerinden alınması	31
Şekil 4.20. Panelin döşeneceği yere nakli	31
Şekil 4.21. Panelin yerine yerleştirilmesi.....	32
Şekil 4.22. Panelin Toleranslar Dahilinde Güzergaha Göre Ayarlanması	32
Şekil 5.1. Ray Taşıma Plakası	35
Şekil 5.2. Ray Taşıma Plakalarının İmalatı	36
Şekil 5.3. Ray Taşıma Plakalarının Hattı Taşınması	36
Şekil 5.4. Ray Taşıma Plakalarının Hattı Serilmesi	37
Şekil 5.5. Rayların Ray Taşıma Plakaları Üzerine Montajı	37
Şekil 5.6. Ray Taşıma Plakalarının Sabitlemesi	38
Şekil 7.1. Kalite Evi (Adiano, Roth, 1994)	50
Şekil 8.1. Demiryolu Üstyapı Parametreleri İçin Oluşturulan Kalite Evi ve Sonuçları.....	63

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa No
Çizelge 4.1. Alın kaynaklarının düzlüğü ve yassılığı için toleranslar. (mm)	25
Çizelge 5.1. Günümüzde Kullanılan Rijit Üstyapı Sistemleri	34
Çizelge 8.1. Müşteri İstekleri	53
Çizelge 8.2. Anket Katılımcı Sayıları	58
Çizelge 8.3. Üstyapı Türlerinin Müşteri İsteklerine Göre Değerlendirilmesi ve Hedef Kalite	59
Çizelge 8.4. İlişki Derecesine Karşılık Gelen Puan Değerleri	60
Çizelge 8.5. Müşteri İstekleri ile İlişkilendirilen Teknik Gereksinimler	61
Çizelge 8.6. İlişki Dereceleri	63
Çizelge 9.1. Müşteri İsteklerinin Önem Sıralaması	64
Çizelge 9.2. Teknik Gereksinimlerin Mutlak ve Görelî Öneme Göre Sıralaması.....	65
Çizelge 9.3. Teknik Gereksinimlerin Esnek ve Rijit Üstyapılarda Kıyaslanması	66

KISALTMALAR LİSTESİ

TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
RTP	: Ray Taşıma Plakası
UIC	: International Union of Railways
KFY	: Kalite Fonksiyon Yayılımı
QFD	: Quality Function Deployment

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince ve tez çalışmamda her anlamda yardımlarını, bilimsel katkı ve tecrübelerini esirgemeyerek, değerli bilgi birikimini benimle paylaşan, bana yol gösteren, aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Adem EREN'e, mesleki bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan TCDD Demiryolu Yapım Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şubesindeki mesai arkadaşlarıma, tüm öğrenim hayatım boyunca her zaman yanımda olan, benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme ve bana olan güvenini her zaman hissettirerek başarılı olmamda büyük payı olan eşime teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi, çalışmalarım boyunca moral kaynağım olan biricik kızım Berra GÜNEŞ'e ithaf ediyorum.

Semih GÜNEŞ
İnşaat Mühendisi
Manisa, 2012

ÖZET

Ülkemizde temel ulaştırma türlerinden biri olan demiryolları ne yazık ki olması gerektiği yerde değil. Bunun nedenleri arasında demiryolu imalat maliyetlerinin karayolu maliyetlerine göre fazla olması ve güzergah belirleme aşamasındaki kamulaştırma işlerinin daha zor ve maliyetli olması sayılabilir. Oysaki dünyanın önde gelen bütün ölkeleri demiryollarına fazlasıyla önem vermektedir.

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 tez çalışması 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 ulaştırması konusunda özel ve kamu görevi yapan kişiler, akademisyenler, ulaştırma konusuyla ilgili görev yapan mühendisler, demiryolu işletmesinde görev alan yetkili kişiler ve seyahatlerinde demiryolunu kullanan kişilerin anket yöntemiyle görüşlerine başvurularak müşteri isteklerinin önem dereceleri bulunmuştur.

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

ABSTRACT

Unfortunately, railways which is one of the transportation systems in use in our country is not at the place where it should be. Having approximately higher construction cost and harder and more costly expropriation works during route decision phase compared to highway can be counted among reasons for the situation of railways in Turkey. However, all developed countries value the railways exceedingly.

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.

Moreover, the level of importance of customer needs are found out by consulting those who works in private or public service of railways, academicians, engineers who work related to transportation issue, authorities about railways operations and consumers who use railways for their journeys via questionnaires.

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.GİRİŞ

Ülkeler teknolojilerindeki gelişmişlikle orantılı olarak demiryolu ulaşımında da gelişmişlerdir. Başta Japonya ve Amerika olmak üzere Almanya, Fransa, İtalya, Çin gibi ülkeleri buna örnek olarak gösterebiliriz.

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 gerçekleşmiş olur, hem de üretim sonrasında çıkabilecek sorun, memnuniyetsizlik vs. gibi durumlar tasarım aşamasında en aza indirilmiş olur.

1.1.Amaç ve Kapsam

Ulaştırma, tarih boyunca insanların günlük yaşantısında önemli bir yere sahip olmuştur.

Bu çalışma kapsamında kullanıcıların ve imalatçıların hedef ve istekleri doğrultusunda KFY tekniği uygulanarak ulaştırmanın önemli bir kolu olan demiryolu ulaşımında en ideal üstyapı türünün bulunması amaçlanmıştır. Ülkemizde demiryolu ulaştırmasının en önemli kuruluşu olan TCDD'ye ait mevcut hatların tamamı esnek (balastlı yol) üstyapıya sahiptir. Buna karşın, demiryolundaki gelişimle beraber 250 Km/sa ve üzerindeki yüksek hızlara çıkabilmek için rijit (beton yol) üstyapı tasarımı gündeme gelmeye başlamıştır.

Çalışmada KFY yöntemi ile kullanıcı ve imalatçıların istekleri doğrultusunda hangi tasarım parametrelerinin daha önemli olduğu saptanarak oluşturulan kalite evinde iki üst yapı türü de belirlenen isteklere göre değerlendirilecek ve mutlak ağırlıklar elde edilecektir. Buna göre teknik gereksinimlerin önem sırası ve müşteri isteklerine göre en uygun kaplama türü belirlenebilmiş olacaktır.

2.DEMİRYOLLARI VE ULAŞIM

Demiryollarının gelişimi insanlığın gelişiminin şafağından günümüze kadar, insanların ve malların hızlı ve güvenli ulaşımı için her organizeli toplumun belli bir hedefi olmuştur. Genellikle ulaşımın en temel icatları olarak tekerleğin, demiryolunun ve uçağın keşfi kabul edilir.

Demiryolları, ilk defa 19. yüzyılın başında İngiliz maden ocaklarında şekillenmeye başlamıştır. Demiryolunun başlıca özelliği tekerleğin metal-metal teması ile bir hat tarafından klavuzlu hareketidir. Bu hareket demiryolu aracına bir dereceli serbestlik sağlar.

Buna karşın, günümüzdeki demiryollarının ilk habercileri 19. yüzyıldan çok daha önce görülmeye başlamıştır. Metal klavuzlar üzerinde Alsace madenlerinde kullanılan vagonların veya arabaların hareketi İsveç, Basel'de (1550) görülmektedir. Genelde arabaların klavuzlu hareketi Roma zamanına dayandığı bilinir. O zamanlarda taş yol kaplamaların içine açılan oluklarda giden araba tekerleklerinin hareketi kolaylaşmakta ve daha hızlı olmaktadır.

Demiryolu gelişimi, endüstri gelişiminden, özellikle buharın kullanılması ve kömür ve demir madenlerin yaygın olarak işlenmesinden çok fazla etkilenmiştir. İlk demiryolu hatları 1830 yıllarında bir çok Avrupa kentinde işlemeye başlamıştır ve bir çok demiryolu kurumu 20. yüzyılın başında maksimum kapasitede çalışmıştır. Demiryolunun bu kadar gelişmesinden en önemli etken yüksek hız imkanı ile hızlı ulaşımıdır. Buharlı motorlar (test çalışmalarında) etkili performanslarını göstermiştir. 1835'de İngiltere'de 100 km/sa, 1890 yılında Fransa'da 144 km/sa, 1903 yılında Almanya'da 213 km/sa hıza ulaşılmıştır. Maksimum işletme hızları çok daha az olmasına rağmen, demiryolu ulaşımının hızlı gelişimine katkıda bulunmuştur.

20. yüzyılın başında elektrikli çekimin girmesi ile demiryolları daha fazla gelişmiş ve 2.Dünya Savaşı öncesinde sinyalizasyon ve merkezi kontrol sisteminin gelişimi ile 1950 yıllarında şimdiki demiryolları şekillenmeye başlamıştır. (Profillidis, 2002).

3. DEMİRYOLU ÜSTYAPISI

Raylı ulaştırma sistemlerinin üstyapı tipi, günümüzdeki yapısına ve boyutlarına ulaşınca dek, teknik ve ekonomik gereksinimlerle değişik aşamalar geçirmiştir. Stephenson'un 1825 yılında Stockton-Darlington arasında döşettirdiği taş mesnetler üzerindeki ve açıklıklarda balık karnı kesiti verilmiş olan dökme demirden rayların yerini, bugün kırma taş tabakasından oluşan bir yatak içine gömülü traversler üzerine rijit ya da elastik olarak bağlanmış olan geniş tabanlı ray dizileri almıştır.

Altyapı, üstüne demiryolunu oluşturabilmek için zeminde yapılması gerekli her yapıyı içerir. (Sanat yapılan, yarma, dolgu gibi). Yani dolgu ve yarmadaki esas platformun oluşturulması ile, demiryolunun sürekliliğinin sağlanması için yolların altında veya üstünde kalan bütün sanat yapılarını ihtiva eder.

Bir demiryolunda altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmına 'üstyapı' denir. Demiryolu araçlarından gelen statik ve dinamik kuvvetler tekerleklerden üstyapıya ve buradan altyapıya aktarılır. Ayrıca üstyapı dış etkilere de doğrudan doğruya etkilenir. Şu halde bütün bunlara yeterince dayanabilecek bir yapıda olmalıdır.

Dünyada çok değişik demiryolu tipleri bulunmaktadır. Yol yapısının davranışı, önemli ölçüde yapı tipine, kullanılan yapı elemanlarına ve malzemelerine, yapım kalitesine ve bakım düzeyine bağlıdır. (Yılmaz, 2004)

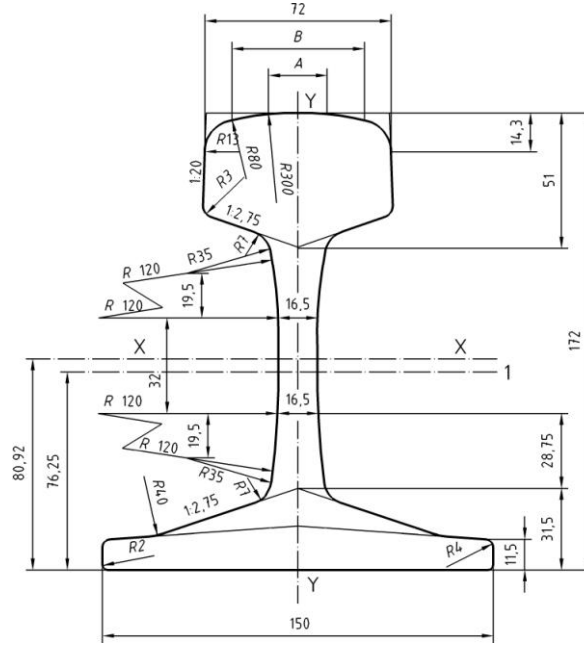
3.1. Demiryolu Üstyapı Elemanları

3.1.1. Ray

Raylar, demiryolu arabalarının tekerleklerine az direnime gösteren bir yuvarlanma yüzeyi sağlar ve tekerlekleri klavuzlarlar. Ayrıca dingillerden aktarılan etkileri, mesnet görevi yapan traversler aracılığıyla zemine iletirler.

Raylar modellemede bir kiriş gibi düşünülür ve düşey ve yatay doğrultuda esnek bir rijitliğe sahiptirler. Boyuna doğrultuda da yüksek bir rijitliğe sahiptirler.

Şu anda, en çok kullanılan ray geniş tabanlı (Vignole - tip) raydır, ismini dizayn eden bir İngiliz mühendisten alır. Bu rayın mantarı, gövdesi ve tabanı vardır. Dingil yüklerinin ve tren hızlarının artması raydaki gerilmeleri artırmıştır. Normal hatlarda ray kesitleri Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından belirlenir, başlıca tipleri UIC 50 (ağırlık:50.18 kg/m), UIC 54 (ağırlık:54.43 kg/m), UIC 60 (ağırlık:60.34 kg/m), UIC 71 (ağırlık:71.19 kg/m). (Profillidis, 2002).



Şekil 3.1. Demiryolu Ray Profili (UIC 60)

3.2. Travers

Traversler, yol eksenine dik yönde ve belirli aralıklarla, rayların altına balast tabakası içine gömülü olarak döşenen enine kirişler olup, raylara mesnet görevi yapmaktadırlar.

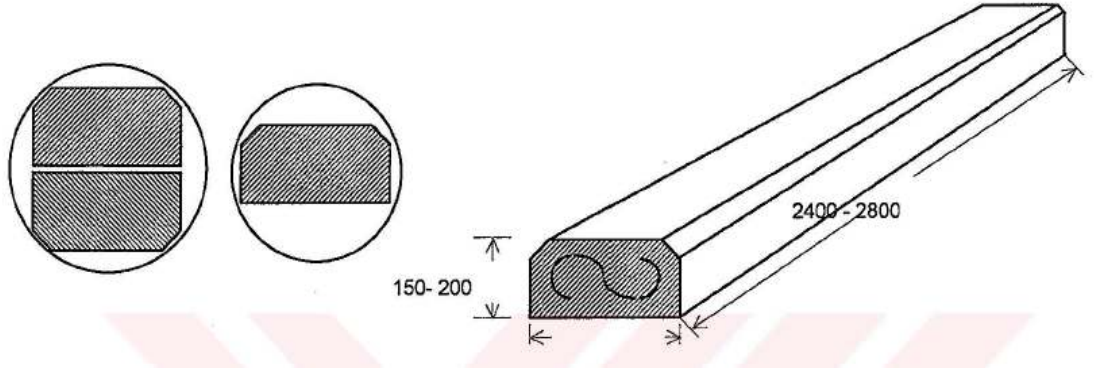
Traverslerin aşağıdaki görevleri yapması beklenir:

- Raydan traverslere uygun yük iletimini ve dağılımını sağlamak
- Ekartmanı korumak
- Rayların traverslere 1/20 veya 1/40 eğimle montesini sağlamak
- Yatay ve düşey yönlerde yeterli mekanik dayanıma sahip olmak
- Elektrikli hatlarda (kendisi veya yardımcı tertibat ile) raylar arasında elektrik yalıtımını sağlaması gerekir. (Profillidis, 2002).

Günümüzde 3 tür travers kullanılmaktadır. Bunlar; ahşap, çelik, betonarme traverslerdir.

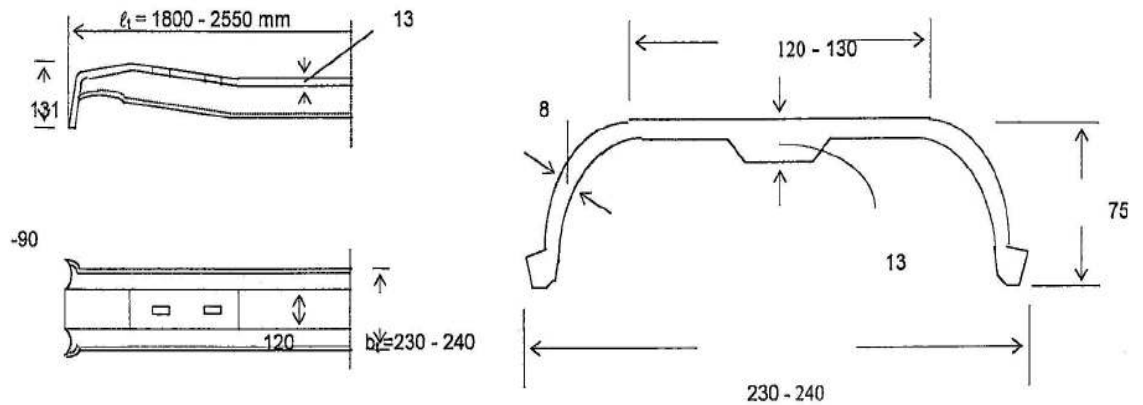
Demiryolu tarihinde en eski geçmişe sahip olan ahşap traversler, yumuşak (çam ve karaçam) ve sert (kayın, meşe, okaliptüs) türdeki ağaçların gerekli boyutlarda kesilmesi, uygun şekilde kurutulması ve bazı işlemlerden geçirilmesi ile elde edilirler.

Ağırlıkları boyutlarına ve kullanılan ağaç cinsine göre 50-90 Kg arasında değişir. (Yılmaz, 2004).



Şekil 3.2. Ahşap Travers (Erkul, 2002)

Çelik traverslerin günümüzde kullanılan biçimi, 1888 yılında Heindl tarafından geliştirilmiştir. Bu biçimin özelliği, yolun yan ve boyuna yönde kaymasına karşı, "kucaklayarak" içine aldığı balast sayesinde gerçekleşen ve "travers-balast" sürtünmesinden çok daha yüksek olan "balast-balast" sürtünmesi ile direnç göstermesidir. Ancak bu şekil statik açıdan çok uygun değildir. Ağırlıkları, boyutlarına bağlı olarak 45-70 Kg arasında değişir. (Yılmaz, 2004).



Şekil 3.3. Çelik Travers (Erkul, 2002)

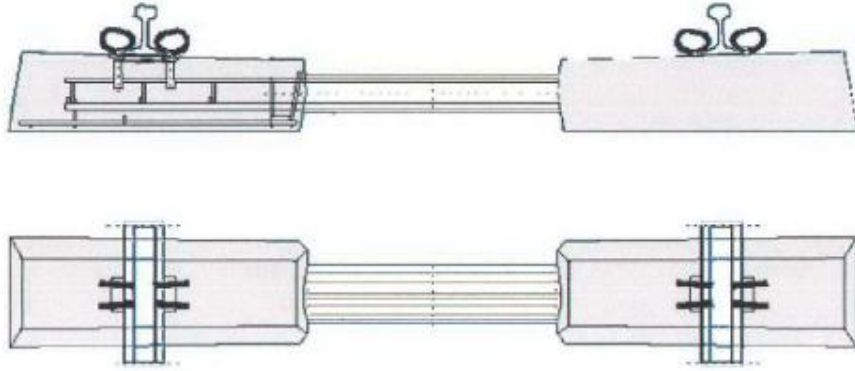
Betonarmenin yapılarda kullanılmaya başlamasından sonra, bu malzemenin demiryolu üstyapısında da kullanılması için araştırmalar yapılmıştır. İlk yapılan betonarme traverslerde çatlamalar oluşmuş ve rayların traverse bağlanma konusu da memnun edici bir şekilde çözümlenememiştir. Fransızlar çatlak sorununu çözmek için iki bloklu (twin-blok) betonarme travers yaparak, beton içindeki eğilme momentinin önemli ölçüde düşürülmesini sağlamışlardır. Tek bloklu (mono-blok) betonarme travers için ise, ancak ön germe tekniğinin kullanılmasından sonra iyi sonuçlar alınabilmektedir. (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Betonarme Travers Uygulaması (Erkul, 2002)

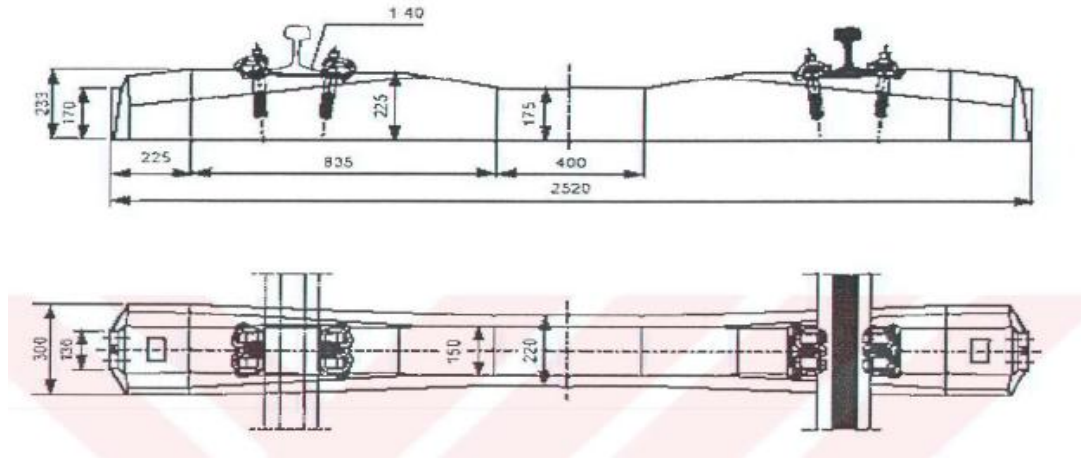
İki bloklu betonarme traverslerde beton miktarı ve ağırlıkları, tek bloklu betonarme traverslere göre çok daha az ve hafiftir. Maliyetleri ise diğerlerinden daha düşüktür. Bu çift bloklu traversler Fransa'dan başka, Amerika ve Afrika'da da kullanılmaktadır. Hat genişliğini korumak amacıyla yeterli dayanıma sahip olan "L" ya da "T" kesitli çelik çubuklar ya da eski ray parçalarıyla birbirlerine bağlanmış olan iki betonarme mesnet kütesinden oluşturulurlar.

Ağırlıkları 140 Kg'dır Betonarme blokların iç kısımlarındaki alın yüzeyleri sayesinde yanal kayma direncinde sağlanan artış, orta kısmın balast tabakası ile temas etmemesinden kaynaklanan sürtünme kuvveti kaybı nedeniyle olan azalmanın çok üstündedir. (Yılmaz, 2004).



Şekil 3.5. İki Bloklı Betonarme Travers Uygulaması (Erkul, 2002)

Bu nedenle iki bloklı traversler özellikle sürekli kaynaklı rayların kullanıldığı üstyapılara çok uygundur. Cebire (bir tür ek levhası) ile bağlı rayların kullanıldığı yollarda ise, taşıt geçişi sırasında ek yerlerinde oluşan kütleli kuvvetlerin şiddeti, betonarme traversin ağırlığının fazla olması nedeniyle çok artar; bu hem traverslerde hem de ray uçlarında büyük zararlara yol açar.



Şekil 3.6. Öngermeli Tek Blok Betonarme Travers Uygulaması (Erkul,2002).

Tek bloklı betonarme traverslerin mutlaka ön gerilmeli olarak üretilmeleri gerekmektedir. Bunların ağırlıkları 250 - 280 Kg'dır. Ön germe için 2-8 adet çelik çubuk kullanılır. Ön germe kuvveti ise 270-280 kN arasındadır. Rayların bağlanabilmesi için beton içine ahşap ya da plastik dübeller yerleştirilir. (Yılmaz, 2004).

3.3. Balast

Balast, raylarla traverslerin, bağlantı elemanları ile birleştirilmesiyle oluşturulan yol çerçevesinin altına döşenen ve çapları genellikle 20-70 mm arasında olan taş danelerden oluşur. Balast malzemesi granit, bazalt gibi volkanik kayalar ile, silisli kireç taşı, sert kum taşı ve sert kalker taşlarının belirli dane çaplarında kırılmasıyla elde edilir. İri çakıl taşları da kırılarak balast malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak küresel, oval yüzeyli taşları kullanmaktan sakınılmalıdır. Taşların basınç dayanımları en az $180 - 200 \text{ N/mm}^2$ ($1800 - 2000 \text{ Kg/cm}^2$) olmalıdır.

Üstyapıda balast başlıca şu görevleri yüklenmiştir:

- Platforma gelecek yüklerin daha geniş bir alana dağılmasını sağlamak,
- Tren titreşimlerinin büyük bir kısmını absorbe etmek,
- Yağmur suyu drenajını sağlamak,
- Hattın kaymasını engellemek (boyuna ve yanal)
- Hat geometrisinin iyileştirilmesini ve hat hatalarının düzeltilmesini sağlamak. (Profillidis, 2002)



Şekil 3.7. Balast

3.4. Bağlantı Elemanları

Demiryolu üstyapısında rayları birbirine bağlayan elemanlar ve ray travers bağlantı elemanları olmak üzere iki tür bağlantı elemanı kullanılır.

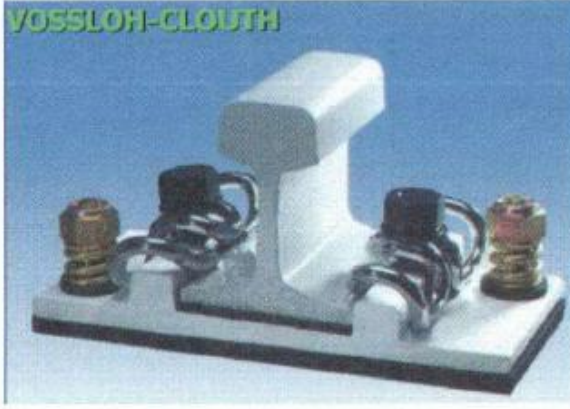
Bunların ilki ray travers bağlantı elemanlarıdır. Demiryolu arabalarından yola gelen dinamik etkiler biri düşey doğrultuda, diğer ikisi yatayda yol eksenine paralel ve dikey olmak üzere üç doğrultuda toplanabilir. Bu üç doğrultudaki kuvvetler altında rayların traverslere bağlantısı sağlanarak bağlantı elemanlarının şekil ve cinslerinin de ona göre seçilmesi gerekmektedir.

Bağlantı elemanlarının aşağıdaki özelliklerin çoğunu sağlaması gerekir:

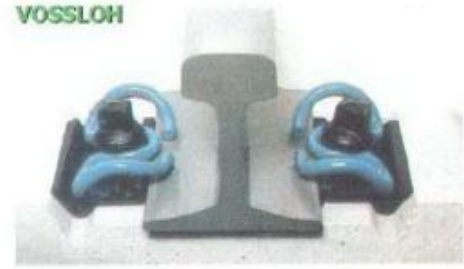
- Ekartmanı ve traverste yanal ray eğimini sürekli korumak
- Raydan traverse gelen yükleri iletmek

- Tren titreşimlerini azaltmak ve sönümlemek
- Montajı ve bakımı kolay olmalı
- Elektrik yalıtımı olmalı
- Esnek olmalı ve yeterli deplasmanı sağlamalı
- Elemanlar arasında aşınma ve gerilme birikmesi olmamalı
- Yeterli korozyon direncine sahip olmalı
- Maliyeti uygun ve traversle aynı ömre sahip olmalı
- Tahribata dayanıklı olmalı (Profillidis, 2002).

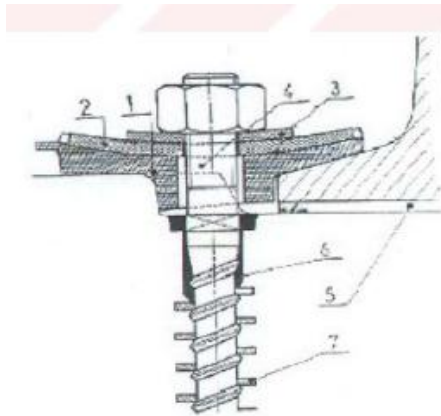
Günümüzde rayların traverslere bağlanmasında değişik tipte birçok elastik bağlantı elemanı kullanılmaktadır. Aşağıda bu bağlantılarla ilgili şekiller gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Vossloh-Clouth Tipi (Esveld, 2003)



Şekil 3.9. Vossloh Tipi (Esveld, 2003)



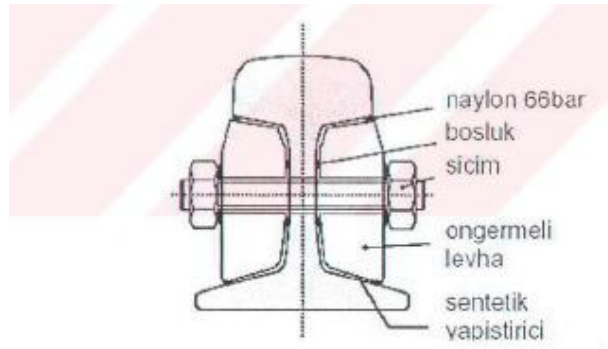
- 1- İzolatör.
- 2- Çelik başlık.
- 3- Pul.
- 4- Tırfon.
- 5- Elastik selet.
- 6- İzolasyon malzemesi.
- 7- Tırfonun yivlerine sarılı madeni helezoni dişler.

Şekil 3.10. NABLA Tipi Bağlantı Malzemesi Kesiti (Erkul, 2002).

Bağlantı elemanlarının ikincisi ise, rayları birbirine bağlayan elemanlardır. Ray dizileri, belirli uzunluktaki rayları uç uca getirmek suretiyle oluştururlar. Böylece oluşan ek yerlerine 'conta' adı verilir.

Bir hat boyunca conta yerleri iki şekilde düzenlenebilir. Bunlardan birinde her iki ray dizisindeki contalar, hat eksenine dikey bir kesit üzerinde bulunur. Diğerinde ise her iki ray dizisindeki contalar birbirine göre zikzak tertiplenmiştir.

Raylar contalarla 'cebire' adı verilen ve bir cins ek levhası olan iki profilli levha ile bağlanır. (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Cebire örneği (Esveld, 2003)

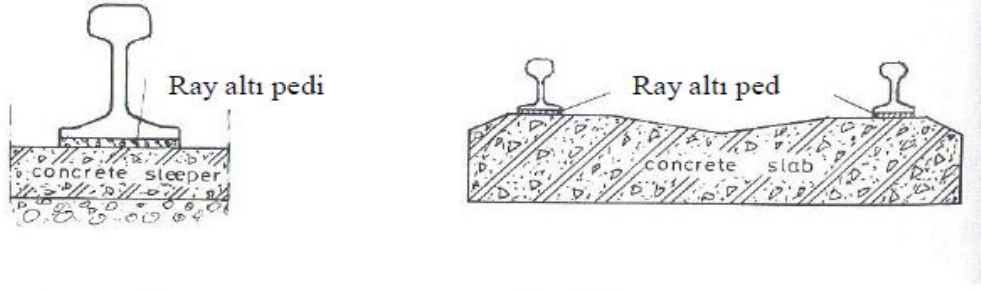
Ayrıca günümüzde raylar çeşitli kaynak yöntemleriyle birbirlerine bağlanmaktadır.



Şekil 3.12. Mobil Alın Kaynak Makinası

3.5. Elastik Pedler

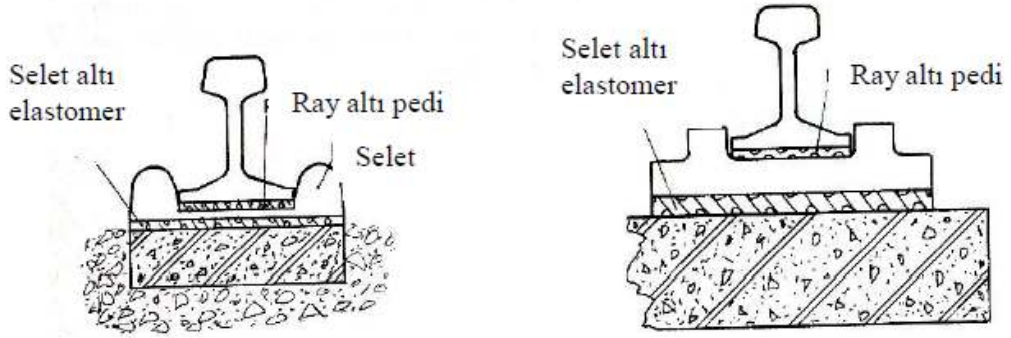
Elastik pedler rayla travers arasında veya rayla beton arasında kullanılır (Şekil 3.13). Balastlı ve balastsız hatlarda seletle travers ya da seletle beton arasında kullanılan pedlere selet altı pedler denir.(Şekil 3.14).



a-) Balastlı hat

b-) Balastsız hat

Şekil 3.13. Balastlı (a) ve Balastsız (b) Hatta Ray Pedleri



a-) Balastlı hat

b-) Balastsız hat

Şekil 3.14. Selet ve Selet Altı Elastomer

Pedlerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

- *Yük dağılımı:* Pedler ray tabanı ile travers arasındaki yük dağılımını sağlar. Ray ve travers yüzeyindeki pürüzleri elimine eden bir elastik bir tabaka oluşturur.
- *Vibrasyonu azaltması:* Araç geçişi esnasında hattaki ve tekerlek aplentilerinden kaynaklanan vibrasyonları azaltarak iletmek

- *Esneklik*: Pedlerin, üstyapının toplam elastik ray bağlantı malzemeleri ile optimum deplasman sağlayacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Bağlantılar boyuna ve yanal yönlerde yüklerde gerekli direnci sağlamalıdır. İşletme esnasında yük altındaki asıl rijitlik yeterli olacak şekilde pedlerin elastikiyet dönüşümü olmalıdır.
- *Şöminmana dirençli olma*: Ped bağlantı elemanları ile birlikte şöminmana ve burkulma direncine sahip olmalı, ve zaman ve trafik tonajına bağlı olarak değişmemelidir.
- *Elektrik yalıtımı*: Pedler sinyalizasyon ve kontrol amaçlı hat devresindeki akımın raydan traverse yalıtımı sağlamak için iyi bir yalıtım özelliğine sahip olmalıdır.
- *Dürabilite*: Pedlerin ömrü, en az rayın ömrü kadar olmalıdır. İdeal olan raylarla birlikte pedlerin değiştirilmesidir. Bunun yanında, pedler su, kimyasal maddeler, yağ ve tozdan oluşan kirlenmeye karşı esnekliğini kaybetmemeli ve bağlı sıcaklık ve hava şartlarından etkilenmemelidir. Japon demiryollarının deneyimlerine göre yüksek hızlı Shinkansen trenlerinin çalıştığı hatta pedler 10 yılsonra elastikiyetini %66 oranında kaybetmektedir. (Profillidis ,2002).

3.6. Demiryolu Araçlarından Kaynaklanan Yükler-Statik ve Dinamik Analiz

3.6.1. Yükler

Araçlardan hatta gelen yükler doğrultularına bağlı olarak sınıflandırılabilir:

- **Düşey yükler**: Düşey kuvvetler tekerlek güçlerinden dolayı oluşur. Rayın seyir kenarı tarafındaki düzensizlikler araç hareketine dinamik bir özellik katar ve bu da tekerlek yükünün değişmesine, bir azalıp bir artmasına neden olur. Bunlar hatta mekanik gerilmelere neden olur.
Düşey yükler altında hattın bazı kısımları (ray, travers) elastik davranış gösterirken, balast ve balast altı elastoplastik davranır. Üstyapı sisteminin değişik kısımları düşey yüklere göre ebatlandırılır. Elastik davranış gösteren esnek üstyapılar, rijit üstyapılara oranla düşey kuvvetleri daha iyi absorbe eder.(Lichtberger, 2011).
- **Yanal Yükler**: Bu yükler aracın işletme güvenliğini etkiler ve bazı durumlarda dreymana neden olabilir.
- **Boyuna yükler**: Tren hareketi esnasında frenaj ve demerajdan kaynaklanan kuvvetlerdir ve hattaki köprülerin dizaynında göz önüne alınır.

Aslında doğrusal olmayan davranışları doğrusal kabul edildiği zaman ortaya çıkacak hata, mesela mekanik özellik değerleri gibi parametrelerin hatalarından daha küçüktür. Demiryolu mühendisliğindeki metod tren hareketinden gelen düşey, yanal ve boyuna etkileri doğrusal kabul ederek ayrı ayrı incelemektir. Tabi ki bu farklı etkilerin analizinde kullanılan bir yaklaşımdır. (Profillidis, 2002).

3.6.2 Statik ve Dinamik Analiz

Demiryolu mühendisliği analizlerinde tekerleğin ve rayın kusur içermediği kabul edilir. Bunun yanında gerilme ölçümleri zaman etkisinin ihmal edilebileceğini göstermiştir. Böyle durumlarda statik analiz yeterli olmaktadır.

Buna karşın tekerleğin ve rayın kusurlu olması durumunda tekerlek-ray sistemine ilave dinamik yükler gelecektir. Bu dinamik yükler hız arttıkça çok daha fazla ciddi olmaktadır. 200 km/sa hız ve 10 ton tekerlek yükü altında dinamik yükler statik yükün 6 ton kadar artmasına neden olur. Bundan dolayı düşük hızlarda dinamik yükler ihmal edilebilir ama orta ve yüksek hızlarda bu mümkün değildir.

Dinamik yükün rastgele dağılımından dolayı spektral analiz yapılmalıdır. Bu metoda göre dinamik yükler iki grupta sınıflandırılabilir:

- Yaylandırılmış kütlelerden (işletme aracı) kaynaklanan ve aracın tipine ve karakteristiklerine bağlı olan dinamik yükler. Yaylandırılmış kütlelerin salınımı hızın artması ile artar ve frekansı azalır. Salınımın artması düşey salınım rezonans frekansının fonksiyonudur. Bu rezonans frekansının etkisi önemlidir.
- Yaylandırılmamış kütlelerden (tekerlek ve ray) kaynaklanan ve hıza, hat kusurlarının büyüklüğüne, yaylandırılmamış kütlenin kareköküne ve düşey hat rijitliğinin kareköküne bağlı olarak değişen dinamik yükler. (Profillidis, 2002).

4. ESNEK DEMİRYOLU ÜSTYAPISI

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. Demiryolunda 2 farklı yöntemle esnek üstyapı imalatı yapılabilir. Bunlar;

- Konvansiyonel Yöntemle Hat Yapım Yöntemi
- Panel Yöntemiyle Hat Yapım Yöntemi

4.1. Konvansiyonel Yöntemle Hat Yapım Yöntemi

Konvansiyonel yöntemle hat yapım işlerinde aşağıdaki sıralama takip edilir:

4.1.1. Travers, Balast ve Rayın Hatta Taşınması ve Serilmesi İşleri

Traverslerin Platforma Taşınması

Birinci Tabaka Balastın Serilmesi

Traverslerin Hatta Serilmesi

Rayların Hatta Taşınması, Boşaltılması Ve Yerleştirilmesi

İkinci Tabaka Balast Serilmesi

4.1.2. Hattın Tasarım Konumuna Getirilmesi ve Kaynak İşleri

Hattın İlk Buraj-Dresaj ve Rölevajı

Hattın Birinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu

Hattın İkinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu

Hattın Geriliminin Alınarak Nihai Kaynaklarının Yapılması

4.1.3. Hattın Ölçümü

4.1.4. Koruyucu Taşlama

4.1.5 Hattın Ultrasonik Muayenesinin Yapılması

4.1.1. Travers, Balast ve Rayın Hatta Taşınması ve Serilmesi

4.1.1.1. Traverslerin Platforma Taşınması

Traverslerin stoklama sahasından platforma taşınması kamyonlar aracılığı ile yapılır. Traversler platformun her iki yanına indirilir.



Şekil 4.1. Traverslerin Platforma Taşınması



Şekil 4.2. Hatta Taşınan Traversler

4.1.1.2. Birinci Tabaka Balastın Serilmesi

Birinci tabaka balastın genişliği hat ekseninden 450 cm balast kalınlığı çift hat ekseninde 16 cm, tek eksenli hatta iç ray altında 23 cm ve hat ekseninden 450 cm uzakta 38 cm'dir.

Birinci tabaka balastta düzgün bir yüzey elde edilebilmesi için serim işlemi, balast serimi için adapte edilmiş bir finisher aracılığıyla yapılır. Düzgün bir balast yüzeyi elde etmek için referans ipleri kullanılır. Finisher, kamyonlar aracılığıyla taşınan balastla beslenir. Altbalast tabakasının bozulmaması için kamyonların hareketinin minimum seviyede tutulmasına dikkat edilir. Sonradan oluşacak oturmaları mümkün olduğu kadar azaltmak amacıyla, birinci tabaka balast, düz bandajlı bir silindirle, titreşimsiz olarak sıkıştırılır. Bu yöntemle normal şartlarda günde 1500-1600 m balast serimi yapılabilir.



Şekil 4.3. Balast Finisheri İle Balast Serilmesi



Şekil 4.4. Hatta Serilen Balastın Düz Bandajlı Silindirle Sıkıştırılması

4.1.1.3. Traverslerin Hattı Serilmesi

Birinci kat balastın hazır olmasından sonra traversler 1. hatta uygun pozisyonda (totalstation ile aplikasyonu yapılacak çift hat ekseninden 3.55 m) ve aralıkta (60 cm) döşenir. Bir adet paletli ekskavatör 1 adet operatör ve 4 kişilik bir ekip bu işle uğraşır. Ekskavatörün travers serici ile her hareketinde 4'lü paket travers alınarak uygun yere, traversler arası uygun mesafede olacak şekilde yerleştirilir. Günlük ilerleme hızı uygun şartlarda 800 metre civarındadır.



Şekil 4.5. Traverslerin Hattı Serilmesi 1



Şekil 4.6. Traverslerin Hattı Serilmesi 2

4.1.1.4. Rayların Hattı Taşınması, Boşaltılması Ve Yerleştirilmesi

Rayların stok alanından inşaat sahasına taşınması lokomotif ve platform vagonlar vasıtasıyla yapılır. Lokomotif vagonları arkadan iter. Rayları indirmek için iki adet ekskavatör kullanılır. Ekskavatörler vagonlara paralel durumda çalışarak vagonun önünden rayları alarak traverslerin üzerine indirir. Döşenmiş hatta conta başlarına cebireler takılır, traverslerde geçici bağlantılar (3 traversde bir) yapıldıktan sonra, tren ileriye doğru aynı işlemi tekrar eder. Trenin arkasından, travers aralıkları ve eksen kaçıklıkları kontrol edilir, bozulma varsa düzeltilip nihai bağlantı işlemi yapılır. 2 adet paletli ekskavatör, iki adet operatör ve 16 kişilik bir ekiple günlük 1600-1700 metrelik bir ilerleme sağlanabilir.



Şekil 4.7. Rayların Traverslerin Üzerine Yerleştirilmesi

4.1.1.5. İkinci Tabaka Balastın Serilmesi

Buraj işleminden önce ikinci tabaka balast, balast stok sahasından hatta balast vagonları (Fb vagonları) aracılığıyla taşınarak dökülür. Balast vagonları, hat üzerinde düşük bir hızla hareket ederken balastın boşaltılması sağlanır. Daha sonra dökülen balast, balast enkesitini sağlayacak şekilde, tüm hat boyunca balast regülatörü ile serilerek yayılır. Dökülecek balastın miktarı buraj işlemi sırasında izin verilen kaldırma miktarını sağlayacak şekilde ayarlanır.



Şekil 4.8. Balast Regülatörü

4.1.2. Hattın Tasarım Konumuna Getirilmesi ve Kaynak İşleri

Yukarıda belirtildiği gibi rayların ve malzemelerin serilmesi sonrası 2. kat balast ve sıkıştırma işi başlar. İlk buraj (tamirat) işlemi için yeterli miktarda balast döküldükten sonra; yaklaşık her 20m'de bir kontrol noktaları oluşturularak, bunlar traversler üzerine işaretlenir. Bu noktaların ikinci derece referans noktalarına dayalı olarak totalstation ve sayısal nivo ile koordinat ve kot değerleri üretilip buna göre proje değerleri ile kıyaslanıp yol rölevesi çıkartılır. Bu röleve değerlerine göre yol geometrisi dinamik stabilizatör veya sıkıştırma (buraj) makinesinden uygun olan makine ile düzeltilir.



Şekil 4.9. Buraj Makinesi

4.1.2.1. Hattın İlk Buraj-Dresaj ve Rölevajı

İkinci tabaka balastın serilmesinden sonra, hattın ilk buraj-dresaj ve rölevajı işlemi yapılır. Buraj makinesi harita grubu tarafından ölçülmüş datalara göre çalışır. Hattın kaldırılması ardışık buraj işlemleri sırasında 30-35 mm. kadar olup, toplam kaldırma miktarı 40 mm.yi geçmemelidir.

Kaldırma değeri düşük ray dizisine göre verilir. İlk buraj-dresaj ve rölevaj işlemi sonrasında aşağıdaki hat konumu sağlanır.

- Düşey Konum : Tasarlanan hat seviyesinden - 40 mm. aşağıda
- Yatay Konum : Tasarlanan hat ekseninden $\leq \pm 20$ mm.

İlk buraj-dresaj ve rölevaj işleminden sonra hattın konumu sabit noktalara göre kontrol edilerek kaydedilir. İstenen kriterler sağlanmadığı takdirde işlem tekrarlanır.

4.1.2.2. Hattın Birinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu

Hattın Birinci Tamirâtı'ndan önce hat ve makaslara yeterli balast eklenir ve balast regülatörü ile balast enkesitine uygun olarak serilerek dağıtılır. Hattın Birinci Tamirâtı sırasında, hat en fazla 30 mm. kadar kaldırılır.

Hattın Birinci Tamirâtı işleminden sonra tüm balast yatağı boyunca üç boyutlu bir stabilizasyonu sağlamak amacıyla dinamik hat stabilizatörü çalıştırılır. Dinamik hat stabilizatörü gerek enine gerek boyuna doğrultuda hattın direncini artırır. Düşey doğrultuda ise balast yatağının homojenliği artarak, travers altındaki asimetrik desteklenme azalır.

Dinamik hat stabilizatörü, sabit noktalar (röperler) ve buraj işlemi sırasındaki kayıtları esas alarak çalışır. Dinamik hat stabilizasyonunun çalışmasından önce travers kenarında ve omuzlarında 5-10 cm. yüksekliğinde balast sağlanacak şekilde ilave yapılır. Birinci Tamirât işlemi sonrasında aşağıdaki hat konumu sağlanmalıdır:

- Düşey Konum: Tasarlanan hat seviyesinden - 15 mm. aşağıda
- Yatay Konum: Tasarlanan hat ekseninden $\leq \pm 10$ mm.

Birinci Tamirât işleminden sonra hattın konumu sabit noktalara göre kontrol edilerek kaydedilir. İstenen kriterler sağlanmadığı takdirde işlem tekrarlanır.

4.1.2.3. Hattın İkinci Tamirâtı ve Dinamik Stabilizasyonu

Hattın İkinci Tamirâtı işleminden önce hat kesimine yeterli miktarda balast ilavesi yapılmalıdır. Balast regülatör ile tüm enkesit boyunca düzgün bir şekilde dağıtılır.

İkinci tamirat sonrasında tekrarlanacak olan dinamik hat stabilizasyonu işlemi için, hat nihai dizayn seviyesinden 5 mm. yukarıya kaldırılır. Daha sonra dinamik stabilizasyon işlemi yukarıda açıklandığı şekilde tekrarlanır.

İkinci tamirat işlemi sonrasında hattın yatayda ve düşeyde dizayn konumuna gelmesi gerekir. Hattın nihai projede öngörülen konumunun sağlandığı ölçüm yapmak suretiyle doğrulanarak kaydedilir.



Şekil 4.10. Dinamik Stabilizatör

4.1.2.4. Hattın Geriliminin Alınarak Nihai Kaynakların Yapılması (UKR Teşkili)

Tanımlar:

Mobil alın kaynak makinesi (M.A.K.M.): Çeşitli standartlardaki rayların birleştirilmesi için gerekli olan ısı ve basıncı belirli koşullar altında sağlamak için imal edilmiş bir taşıyıcı ve bir kaynak kafasından oluşan konteyner tipinde veya rayda ve kara yolunda hareket kabiliyetine sahip mobil tipte makinedir.

Gerilim alma: Ulusal veya uluslararası standartlara göre ray sıcaklığının optimize edilerek, uzun kaynaklı rayların nötral sıcaklık değerlerindeki boylarına getirilmesi ve ardından belirlenen tork değerinde bağlantı elemanlarının sıkılması ile rayın sabitlenmesi işlemidir.

Kaba taşlama: Ray kaynağını takip eden süreçte ortaya çıkan kaynak ekibinin belirli ölçülerde ray profiline yaklaştırılarak ince taşlama için zemin oluşturulmasıdır.

İnce taşlama: Yolcu konforu ve emniyeti açısından gerekli olan ray profilinin, profil taşlama makineleri ile daha önceden belirlenen toleranslar içinde taşlanması işlemidir.

Ray hazırlığı: Ray uçlarının M.A.K.M'nin birleştirme esaslarına uygun olarak hazırlanmasıdır.

Sürekli Kaynaklanmış Ray (SKR): 36 m'lik raylar kullanılarak tek ray oluşturmak için kaynakla birleştirilmiş raylardır.

Nötral Sıcaklık (NS): Ortam sıcaklıklarındaki değişiklikler nedeniyle, SKR'larda meydana gelebilecek çekme veya basınç yönündeki gerilimleri en aza indirmek amacıyla uygulanan gerilim alma işlemi sırasında, raya uygulanacak sıcaklıktır.

Isıtma Arabası: Rayları nötral sıcaklık limitleri arasına getirmek için kullanılan makine ekipmandır.

Kupon Ray: SKR'ın tamir edilmesi gerektiğinde kullanılacak raydır. Kupon ray, var olan raydan 9 mm daha fazla aşınmış olmamalı ve düz hatlar ile kurptaki hatlar için en az 12 m uzunluğunda olmalıdır. Kaynaklanacak kupon ray ucundaki 30 mm'lik kısım içerisinde herhangi bir cıvata deliği veya sinyalizasyon bağlantısı bulunmamalıdır.

Alın Kaynak ile 144 metre boyunda rayların oluşturulması (UKR): Hattın İkinci Tamirati'ndan sonra hattın gerilimi alınarak UKR teşkili için nihai kaynakları yapılır.

Rayların hazırlanması;

- Rayların kaynağa hazır hale getirilmesinden ray hazırlığını gerçekleştiren saha ekibi sorumludur. Kaynağın gecikmesine sebep olmayacak şekilde raylar hazır duruma getirilir.
- Raylar kaynak öncesi doğrusalılık bakımından muayene edilmelidir. Doğrusallığı karşılayamayan raylar reddedilir.
- Ray sonları taşlanarak temizlenir, pas tabakası kaldırılır. Bu sayede iyi bir elektrik akımı oluşması sağlanır. Ek olarak ray gövdeleri de kaynak elektrotlarının iyi bir şekilde temas etmesi için temizlenir ve taşlanarak paslanmış tabaka temizlenir.
- Taşlama %100 olarak temasın sağlanabileceği şekilde gerçekleştirilir.



Şekil 4.11. Ray Gövdesinin Taşlanması

Ray uçlarının hizalanması;

- Ray hazırlama ekibini takiben kaynak ekibi ray uçlarını birbirine birleştirir.
- Ray uçları karşılıklı hizalanır. Raydaki dönüklükler, ofsetler kaynak operatörü tarafından düzeltilir.
- Yüksek toleransların tutturulmasını garanti etmek için gerektiği durumlarda ray uçları hidrolik krikolar ile karşılıklı hizalanır.
- Ray uçları ray mantarından yakalanarak otomatik olarak kaynak makinesi tarafından hizalanır.
- Tam yetkili kaynak süpervizörü rayların düzgün bir şekilde karşılıklı hizasına getirildiğini kontrol eder ve eğer gerekli ise ek işlemler ile rayları hizalar.



Şekil 4.12. Ray Uçlarının Ayarlanması



Şekil 4.13. Kaynak Makinesinin Ray Başlarına Göre Ayarlanması

Ray kaynağının yapılması;

- Alın kaynak metodu 36 metrelik raylardan 144 metrelik UKR raylarının oluşturulması için mobil olarak kullanılır. Daha sonra 144 metrelik raylarında birleştirilmesi ile sürekli kaynaklı ray (SKR) oluşturulur. SKR işlemi esnasında gerilim alma işlemi yapılır.
- Mobil alın kaynak makinasının (MAKM) önündeki ray serbest ray olarak, MAKM'nin arkasındaki ray parçası ise sabit ray olarak adlandırılır. Hat birleşimleri genelde çift kaynak noktası olarak hazırlanır ve kaynatılır. Sağ ray ve sol ray karşılıklı aynı anda kaynatılır. MAKM'nin hareketinden önce sağ ve sol raydaki geçici cebireler sökülür.
- Kurp bölgelerinde her iki raydaki kaynak noktaları da hat eksenine dik olarak kaldırılır.
- Her hangi bir hasara sebebiyet vermemek için, ray bağlantı malzemeleri kaynak noktası civarında kaldırılır.
- Ray uçları eğer gerekli ise ray kesme motoru ile kesilir.
- Ray uçlarından elektrotların temas edeceği yüzey minimum 150 mm uzunluğunda temizlenip, parlatılır. Bu uzunluk kaynak makinesi üreticisi firmanın tavsiyelerine göre değişiklik gösterebilir.
- Ray mantarları MAKM'nin hidrolik vinçleri ile kavranır ve karşılıklı pozisyonuna getirilir. Ayarlama tamamlandıktan sonra kaynak prosedürü başlar.
- Kaynak sonrası kaynak çapakları MAKM tarafından otomatik olarak sıyrılır.
- Hemen kaynak sonrasında ilk taşlama 1 mm civarında gerçekleştirilir. Taşlama operasyonu her hangi bir ısısal veya mekanik bir hasara yol açmayacak şekilde gerçekleştirilir.
- Aşırı yağmurlu havalarda kaynak noktası sarılarak ani şekilde soğuması engellenecek şekilde koruma altına alınır.
- Daha sonra ray bağlantı malzemeleri tekrar yerleştirilir.

- Son taşlama kaynak soğuması tamamlandıktan sonra gerçekleştirilir.
- Taşlama operasyonu düşey ve yatay için olabilecek minimum ray boyunda gerçekleştirilir. Fakat gerek duyulması durumunda 500 mm'den fazla olmayacak şekilde (kaynak noktasından her iki raya doğru olan toplam mesafe) taşlama yapılabilir.
- Kaynak geometrisinin düzeltilmesi gereksinimi durumunda ray presi kullanılabilir. Fakat bu işlem esnasında ray ısısı 200°C den daha az olmalıdır.

Geometrik Kabul Kriterleri

Presleme ve profil taşlaması sonrasında kaynaklanmış ek yerinin düzlüğü 1 metrelik master ile dikey ve yatay yönde ölçülür.

Çizelge 4.1. Alın kaynaklarının düzlüğü ve yassılığı için toleranslar. (mm)

Kaynak Düzgünlüğü	Toleranslar (mm)	
Dikey yuvarlanma yüzeyinde	▲ +0,3	▼ -0,1
Taşlama uzunluğu	max. 500 mm her iki tarafta	
Mantarın yanal yüzeyi	←---→ +0,2	-→←- -0,1
Taşlama uzunluğu	max. 500 mm her iki tarafta	



Şekil 4.14. Kaynağın Yapıldığı An



Şekil 4.15. Kaynak Sonrası Rayların İlk Durumu

Sürekli Kaynaklı Ray (SKR) İmalatı

144 metreli UKR rayları oluşturulduktan sonra aşağıdaki gerilim alma prosedürü gerçekleştirilir. UKR kaynak işlemleri tekrarlanarak SKR oluşturulur.

Gerilim Alma

Gerilim alma işlemi belirli ray sıcaklıklarında mümkün olabilmektedir. Bu ray sıcaklıkları bölgeye ve yetkili kuruluşun belirlediği kriterlere göre değişiklik gösterir.

Gerilim alma işleminin yapılması için:

Rayın belirli mesafelerde ve sıcaklıklarda bağlantı malzemeleri ile sabitlenmesi gerekir. Gerilim alma işlemi için rayın serbest hareket edebilmesi sağlanır. Gerekli hallerde (örneğin gerilim alınacak ray boyu 180 m.den uzun ise) ray hareketini kolaylaştırmak amacıyla ray makaraları kullanılır.

Ray sıcaklıkları her an kontrol edilir ve rayın uzamasını gösteren markörler buna göre konulur. Ölçülen sıcaklık ile nötral sıcaklık arasındaki fark, iki markörün arasındaki mesafeyi belirler.

Gerilim alma işlemi tork kontrollü sıkma makineleri ile sonuçlandırılır. Bu makinelerin sıkma torku sürekli tork anahtarı ve göstergeleri vasıtası ile ölçülür.

Gerilim alma sıcaklığı, çalışılan bölgedeki en düşük ve en yüksek ray sıcaklıklarının ortalaması alınarak hesaplanan bir kavramdır. Buradaki temel amaç, hattı yıl boyu karşılaşacağı çekme ve basınç farklılıklarından olabildiğince korumaktır. Nötral sıcaklık ve gerilim alma işleminin yapılabileceği sıcaklık aralığı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Ortalama Sıcaklık} : T_{\text{ortalama}} = T_{\text{min}} + (\Delta T/2) \quad (4.1)$$

Bu ortaya çıkan ortalama sıcaklık değeri ile basınç kuvvetleri daha etkin ve tehlikeli olduğu için +3°C'lik emniyet katsayısı toplanarak olması gereken sıcaklık (nötral sıcaklık) hesaplanır ($T_{\text{nötral}}$).

$$T_{\text{nötral}} : T_{\text{ortalama}} + 3^{\circ}\text{C} \quad (4.2)$$

Gerilim alma işleminin yapılabileceği sıcaklık aralığı, nötral sıcaklığın -3°C eksiği ile +3°C fazlasıdır.

$$\text{Sıcaklık Aralığı} : T_{\text{nötral}} - 3^{\circ}\text{C} \text{ ila } T_{\text{nötral}} + 3^{\circ}\text{C} \text{ arası}$$

Örneğin;

$$T_{\text{min}} = 2^{\circ}\text{C}, T_{\text{max}} = 36^{\circ}\text{C} \text{ ise } T_{\text{ortalama}} = 2 + [(36-2)/2] = 19^{\circ}\text{C'dir.}$$

$$T_{\text{nötral}} = 19 + 3 = 22^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Sıcaklık aralığı: } 22 - 3 = 19^{\circ}\text{C} \text{ ila } 22 + 3 = 25^{\circ}\text{C} \text{ arasındadır}$$

Nötral sıcaklık belirlendikten sonra gerilim alma süpervizörü ray sıcaklığını ölçerek oluşan farka göre rayda olması gereken uzama miktarını aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplar.

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \quad (4.3)$$

Burada;

$$\Delta L = \text{Uzama miktarı}$$

$$\alpha = \text{Ray çeliğinin uzama kat sayısı } (1.15 \cdot 10^{-5})$$

$$\Delta t = \text{Sıcaklık farkı}$$

$$L = \text{Ray boyu (bağlantı malzemeleri gevşetilmiş serbest rayın boyu)}$$

Uzama miktarı (ΔL), traversin ray oturma alanının kenarı baz alınarak markör ile çizilen iki çizgi ile ray üzerinde işaretlenir. İlk çizgi, ray oturma alanının kenarı hizasına, ikinci çizgi ise uzama miktarı kadar ilk çizgiye uzakta ve ray uzama yönünün aksi tarafına konur. İkinci çizgi, traversin ray oturma alanının kenarına geldiğinde istenen uzama miktarının sağlandığı anlaşılır. Uzamayı kontrol etmek için çizilen kontrol çizgileri en az 60 m aralıklarla oluşturulur.

Gerilim alma işlemi aşağıdaki sıra ile yapılır.

1. Bağlantı elemanlarının sökülmesi
2. Rayların serbest hareketinin sağlanması
3. Ray sıcaklığının ölçülmesi
4. Gerilim alma sıcaklığının teyidi
5. Ray uzamasının hesaplanması
6. Uzama miktarının kontrol noktalarında çizilmesi

7. Uzama miktarının kontrol noktalarında gerçekleştiğinin görülmesi
8. Rayların uzamasının tamamlanması
9. Bağlantı elemanlarının sıkılması ve conta kaynağının yapılması

Bu işlemler sırasında rayların rahat uzamasının sağlanması için raylar plastik tokmaklarla (veya tokmaklama makinesi ile) dövülür.



Şekil 4.16. Gerilim Alma İşlemi

4.1.3. Koruyucu Taşlama

Koruyucu taşlama makinesi ile şart koşulan toleranslarda koruyucu taşlama işlemi yapılır. Koruyucu taşlama aşamasında rayın üzerinden 0,3-0,4 mm metal kaldırılır. Bu iş rayda dekarbonize olmuş üst katmanı kaldırmak, ray kaynaklarındaki geometrik hataları gidermek ve rayda olası doğrultu hatalarını düzeltmek için yapılır.

Bu sayede hem rayın yüzeyindeki küçük bozukluklar alınmış olur, hem de yüzeysel çatlaklar alınarak çatlakların derine inmesi engellenmiş olur.

4.1.4 Hattın Ölçümü

Üstyapı işlerinin tamamlanmasını müteakip, hat ölçüm makinesi ile hattın ölçümü yapılır. Ölçüm sonuçları, video kayıtları, fotoğraflar, notlar, şemalar ve diğer dokümanlar sayısal ve fiziki ortamda raporlanır.

4.1.5. Hattın Ultrasonik Muayenesi

Hat yapım işleri tamamlandıktan hattın ultrasonik muayenesini yapılır. Ultrasonik muayene ile raylarda ve kaynaklarda gözle görülmeyen kusurlar, çatlaklar vs. tespit edilip, uygun olmayan kaynaklar kesilir, yeni kaynak yapılır. Uygun olmayan raylar değiştirilir.

4.2. Panel Prefabrikasyonu ile Yapım Yöntemi

Her bir hat paneli 2 adet 36 m uzunluğunda UIC 60 (60E1) ray, 60 adet B70 tipi beton travers ve W14 tipi elastik bağlantı sistemi elemanlarından teşkil edilir.

- Hat panelleri, üretim sahası içerisinde doğru travers aralıkları ile (60 cm) tesis edilmiş panel şablonları üzerinde üretilir. Şablon ölçüleri, üretilen panellerin yapım ve kabul koşullarında belirtilen toleransları sağlayacak şekilde olmalıdır. Şablon sonlarında raylar yerleştirildiğinde tam pozisyonlarında olmaları için yerleştirilmiş durdurucular bulunur. Traverslerin 60 cm aralıkla tam olarak dik ve doğrultusunda yerleştirilmesi amacı ile şablona travers ayar plakaları diklikleri ve aralıkları kontrol edilmek sureti ile 0 tolerans ile kaynatılır.
- Travers fabrikasında üretilen B70 tipi beton traverslere üretim bandından çıktığında elastik bağlantı sistemi elemanlarının ve plastik ray seletlerinin ön montajı yapılır. Bu işlem sırasında elektriksel direncin artırılması ve daha kolay tirfon montajının sağlanması amacıyla tirfonlar, yağa (kauçuklu gres) batırılarak traverslere monte edilir. Bağlantı sistemi ön montajı yapılmış olan traversler önce travers stok alanına alınır. Kontroller neticesinde onaylanan traversler daha sonra loder veya vinç yardımıyla stok alanından panel üretim alanına taşınır.
- Traverslerin şablon üzerine serilmesi işi, lastik tekerlekli ekskavatör ve buna bağlı, "Sleeper Layer" olarak adlandırılan ve tek seferde dört traversi doğru aralıklarla (0,60 m) şablon üzerine serebilen, özel bir ataçmanlı ekskavatör ile yapılır.



Şekil 4.17. Traverslerin Şablonlar Üzerine Yerleştirilmesi

- Şablon üzerine serilen traverslerin yanal konumu ve aralıkları, raylar traverslerin üzerine konmadan önce, sırasıyla ilk traversle sonuncu travers arasına gerilen ip ve çelik şerit metre ile kontrol edilir. Gerekli hallerde traversler, ahşap manivelayla doğru yerlerine kaydırılır.
- Elastik bağlantı sistemi elemanları ve plastik ray seletlerinin kontrolü gözle yapılır. Plastik ray seletleri doğru yerinde ve W14 gergi kısıkaçları ön montaj pozisyonunda olmalıdır.
- Raylar, hazırlanmış ve gerekli kontrolleri yapılmış traverslerin üzerine özel ray kaldırma kirişli portal vinçlerle konur. Raylar traversler üzerine koyulurken haddeme yönlerine dikkat edilerek yerleştirilir.
- Ekartman ve ray doğrultusu kontrolleri yapıldıktan sonra sıkma işine geçilir. W14 gergi kısıkaçları ön montaj pozisyonundan sıkma pozisyonuna alınır. Sıkma işlemi tork kontrollü tırfonözler vasıtasıyla 180 kN tork gücü ile sıkılır.
 - Ekartman 1435 mm
 - Tork 180 kN
- Gergi kısıkaçlarının ortası aç kılavuzuna temas etmemelidir. Ön montaj aşaması sonrası en son maksimum 200 kN ile sıkılacak gergi kısıkaçlarının ortası aç kılavuzunun maksimum 0,5 mm yukarısında olduğu kontrol edilir.
- Her panelde gözle tüm gergi kısıkaçlarının pozisyonu kontrol edilir. Aralığın fazla olduğu durumlarda sentil ile aralık kontrol edilir ve gerekli şartların sağlanamadığı gergi kısıkaçları değiştirilir.
- Üretimi tamamlanan hat paneline ilgili formen tarafından panel numarası verilir ve uygun bir şablon ile silinmez kalem yardımıyla ray gövdesine işlenir. Numarası ve ray seri numaraları kaydedilen paneller, özel panel kaldırma kirişli portal vinçlerle panel stok alanına taşınır veya hatta sevk edilmek üzere platform vagonlarına yüklenir.



Şekil 4.18. Hat Panellerinin Stoklanması

- Stok alanında bekletilen panellerin, bekleme süresi boyunca burulma deformasyonu yapmasını engellemek amacıyla paneller, önceden oluşturulmuş boyuna beton hatlar üzerine yerleştirilir.
- Şantiyedeki panel prefabrikasyon sahasında ön montajı tamamlanmış olan paneller platform vagonlarına portal vinçler ile yüklenerek sahaya panel treni ile nakledilir. Panel treni, platform vagonları ve dizel lokomotiften oluşur. Tren, gidiş istikametinde lokomotif vagonları arkadan itecek şekilde teşkil edilir.
- Paneller, üst üste maksimum üç (3) sıra olacak şekilde vagonlara yüklenir. En alt panelin altına ahşap takoz konulur.
- Hat panellerinin montajından önce, 1.tabaka balastın serimi tamamlanır.
- Panel montaj işi panel montaj makinesiyle yapılır. Paletli yürüme aksamına sahip olan bu makine, birinci tabaka balast üzerinde ileri-geri yürüme kabiliyetine sahiptir.



Şekil 4.19. Panelin vagon üzerinden alınması



Şekil 4.20. Panelin döşeneceği yere nakli



Şekil 4.21. Panelin yerine yerleştirilmesi



Şekil 4.22. Panelin Toleranslar Dahilinde Güzergaha Göre Ayarlanması

Panellerin hatta montajından sonra gerçekleştirilen, hattın tasarım konumuna getirilmesi ve kaynak işleri, hattın ölçümü, koruyucu taşlama, hattın ultrasonik muayenesinin yapılması işleri konvansiyonel hat yapım yöntemiyle aynıdır.

5. RİJİT DEMİRYOLU ÜSTYAPISI (BETON YOL)

Balastlı hatlarda trafik yükleri altında balastı oluşturan granüler malzeme zamanla geometrik pürüzlülüğünü kaybedebilir ve karışan malzemelerle drenaj problemi oluşur ve bu problem düzenli bakımla önlenabilir. 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 direnimsizlikler yatay ivmeleri kompanze edemez, balast tanelerinin parçalanması sonucunda raylar ve tekerlekler hasar görür. Balastın aşınması ve alt zeminden ince parçaların geçmesi sonucu balast kirlenerek geçirimsizliği azalır, üstyapının relatif yüksek ve ağır olması köprü ve viyadüklerde daha güçlü yapılar gerektirir. Hat bozulmaları, üstyapı elemanlarının kalitesine, hattın inşa şekline ve geometrisine, zemin tabakalarının homojenliğine ve alt-balastın destekleme kapasitesine bağlıdır.

Balast yatağının köprü veya tünellerde devam etmesi durumunda ilave elastisite sağlamak için balast altlığı uygulamak, elastisitesi yüksek ray bağlantıları kullanmak gerekir. Bunlar uygulanırsa bile yine köprü ve tünellerde düzenli bir bakım gerekir. (Öztürk ve diğerleri, 2003).

Balastsız üstyapıda, balast yerine ondan daha az şekil değiştiren beton, betonarme ve asfalttan yapılan taşıma tabakaları veya prefabrik elemanlar kullanılabilir.

Beton taşıma tabakası, yerinde dökme ile teşkil edilebileceği gibi prefabrik plaklar ya da çerçeveler kullanılarak da oluşturulabilir. Prefabrik elemanlar kullanılması halinde, yanal kuvvetlerin karşılanması için bu elemanların mutlaka birbirine bağlanması gerekir.

Beton taşıma tabakası, uygulama yerine göre (istasyon, köprü, viyadük, tünel vs) değişken kalınlıkta olabileceği gibi donatısız ve derzli; zayıf donatılı ve yüzeysel derzli; sürekli boyuna donatılı ve derzsiz olmak üzere farklı şekillerde uygulanabilir.

Balastsız üstyapılar, döşeme şekline göre de mesnetli veya sürekli döşeme olarak uygulanabilir. Balastsız hatlarda, hattın trafik yükü ve bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak taşıyıcı beton plak ve diğer tabakalarda oluşan gerilmeler esas alınmak suretiyle üstyapının boyutlandırılması yapılır.

Balastsız üstyapılar, uygulama şekillerine göre; Beton plaklı veya Prefabrik panelli olmak üzere iki grupta ele alınabilirler. Aşağıdaki tabloda günümüzde kullanılan rijit üstyapı sistemlerine ilişkin çeşitli bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 5.1. Günümüzde Kullanılan Rijit Üstyapı Sistemleri

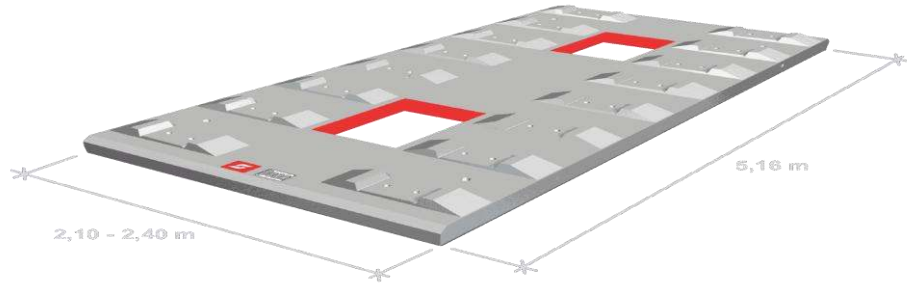
Dizayn tipi	İmalat yılı	V (km/s)	Genel yükseklik (cm)	Maliyet €/m	Günlük performans (m)
Rheda 2000	1972	300	63	1198	172
Rheda Berlin	1997	300	67	630	170
ÖBB-Porr	1995	300	48	950	270
Traversli Züblin	1988	300	60	550	200
Züblin BTE	1996	300	44	475	200
FTR	1988	-	-	1750	-
ATD	1993	300	~70	600	200
BTD	1994	300	63	-	350
Getrac	1995	300	72	625	270
SATO, FFYS	1984	200	61	600	350
Çimenli yol	1998	160	80	-	-
Heitkamp	1998	160	78	-	200
FFC	1998	300	48	470	200
INFUNDO	1995	160	-	470	200

5.1. ÖBB-PORR Sistemi

ÖBB-PORR; elastik yataklanmış ray taşıma plakası sistemi olup, Avusturya Demiryolları (ÖBB) ile A.Porr AG firması tarafından geliştirilmiştir.1995 yılından bu yana Avusturya'da norm sistem olarak kullanılmakta olup, 2001 yılından itibaren Almanya'da köprü ve tünellerde kullanılmaya başlamıştır. Yaklaşık 100 km'lik çalışma hatlarında herhangi bir arıza görülmemiştir. En eski hat bölümü 1995 yılından beri (17 yıl) yenileme ve bakım masrafı olmadan çalışmaktadır.

5.1.1. Ray Taşıma Plakası (RTP)

Sistemin ana elemanı elastik yataklanmış ray taşıma plakasıdır (RTP). ÖBB-PORR ray taşıma plakası sistemi 5,16 m uzunluğunda, 2,40 m (yada 2.10 m) genişliğinde ve öngermesiz donatı bulunan bir prefabrik betonarme paneline dayanır. Bu panelde 65 cm'lik aralıklarla ray destek noktası çifti entegre edilir. Gerek plaka tabanına gerekse de konik şekilli dökme açıklıklarına, elastik bir ayırma tabakası eklenmiştir. Bu sayede zeminde meydana gelen sarsıntıların azalması sağlanır. Sistem metretül başına 1 ton ağırlığıyla hafif bir kütle-yay sistemidir.



Şekil 5.1. Ray Taşıma Plakası

Kural olarak RTP'lerin dökme beton kalınlığı ≥ 8 cm olup, bu sayede konstrüksiyon yüksekliği ray üst kotuna kadar $60 \text{ E1} \geq 47,3 \text{ cm}$ 'dir. (Beton kalitesi C25/30)

İhtiyaç halinde modifiye edilmiş, çelikle donatılmamış bir dökme beton kullanılması durumunda $60 \text{ E1} \geq 43,3 \text{ cm}$ değerinde konstrüksiyon yüksekliği elde edilebilir. Bu sayede tünel ve köprü kesitlerini optimize etmek veya mevcut eski tünellerde (Örneğin Arlberg Tüneli) daha büyük bir gabari gerçekleştirilebilmesi amacıyla rayları alçaltmak için ihtiyaç duyulan esneklik elde edilir.

RTP'ler yalnızca geçme raylar ve dökme betonlar aracılığıyla birbirine birleştirilmiştir, böylece 40 mm genişliğindeki derzlerde uzunluk ayarı mümkündür. Böylece sıcaklığın meydana getireceği şekil bozulmalarından etkilenmezler. Bu derzler ayrıca suyun tahliye edilmesine de yarar.

5.1.2. Ray Taşıma Plakasının İmalatı

İmalat bir prefabrik eleman fabrikasında veya saha fabrikasında yapılabilir. Bu nedenle hava yağış koşullarından etkilenmez. Paneller için kullanılan çelik kalıplar ayarlanabilir özelliktedir. Bu sayede tüm kurp yarıçaplarını boşluksuz bir şekilde kaplarlar. Redüksiyonlar, oyuklar, kapaklar, dübeller vb. uygun eklemeler aracılığıyla milimetrik hassasiyette uygulanabilir.



Şekil 5.2. Ray Taşıma Plakalarının İmalatı

5.1.3. Ray Taşıma Plakalarının Hatta Taşınması

Ray Taşıma Plakaları (RTP) normalde vagonlar aracılığıyla montaj yerine taşınır. 5 ton ağırlığındaki plakalar, dökme açıklıklarını kavrayan özel bir travers yardımıyla bağlanır. Her RTP tipi, beton içine dökülen barkod aracılığıyla yanlışlığa yer bırakmayacak şekilde işaretlenir ve böylece ara depolama gerektiğinde bir karışıklık olması engellenir. Boşaltma işlemi portal vinç ya da vinçli kamyon gibi ekipmanlarla yapılır.



Şekil 5.3. Ray Taşıma Plakalarının Hatta Taşınması

Tırlarla ya da vagonlarla hatta taşınan RTP'ler vinçler aracılığıyla hatta döşenir. Ayar çalışmalarının mümkün olduğunca az olmasını sağlamak için ray taşıma plakaları montaj yerinde ± 1 cm hassasiyetle yerleştirilir.



Şekil 5.4. Ray Taşıma Plakalarının Hatta Serilmesi

5.1.4. Rayların Ray Taşıma Plakalarının Üstüne Yerleştirilmesi

Raylar vinç yardımıyla RTP'lerin üstündeki ray oturma alanına denk gelecek şekilde yerleştirilir. Hassas ölçü aletleriyle ekartman ölçümleri yapılarak yerleştirilir.



Şekil 5.5. Rayların Ray Taşıma Plakaları Üzerine Montajı

5.1.5. Ray Taşıma Plakalarının Betonla Sabitlenmesi

RTP'ler için dökme beton kullanılır. Kendiliğinden terleşen bu dökme beton ray taşıma plakasının tam yüzeyli bir şekilde yataklanmasını sağlar. Vibrasyon olmadan yapılan döşeme sayesinde rayların hassas ayarına zarar verilmez. Bunun yanında özel katkılı betonlar kullanılarak betonun priz süresinin kısaltılması halinde demiryolu hattının kapalı olduğu zamanlarda da üretilebilir.



Şekil 5.6. Ray Taşıma Plakalarının Sabitlenmesi

Ray taşıma plakalarının betona sabitlenmesinden sonra gerçekleştirilen kaynak işleri, hattın ölçümü, koruyucu taşlama, hattın ultrasonik muayenesinin yapılması gibi işlerde esnek üstyapı ile aynı yöntemler kullanılır. Yalnız rijit üstyapıda balast kullanılmadığı için hattın tasarım kotuna getirilmesi işlemleri yapılmaz.

6.ESNEK VE RİJİT ÜSTYAPININ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

6.1. Esnek Üstyapının Avantajları

- Küçük yarıçaplı kurplarda ve yüksek deyer 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.

6.2. 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.

- Bu tür yapıdaki traversler, raylara 60-80 cm aralıkla destek olduklarından, üniform dağılım yapılamamasından dolayı yüklerin ağırlıklı olarak travers bölgelerince karşılanması nedeniyle düşey geometride kısmen bozukluklara neden olduğu gibi bir süre sonra da hat üzerinde enine ve boyuna kaymalara sebep olabilmektedir. Bu durumda yatay kurplarda balast tarafından sağlanan yatay direnç limitleri de artık yatay ivmeleri karşılayamaz duruma gelmektedir.

6.3. 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.
 - Balastsız hatlarda, koşulsuz olarak elektro-manyetik fren kullanabilme imkanı sağlanmaktadır.
 - Balastsız hatta, düşeyde 26 mm, yatayda ise 5 mm gibi basit düzeltmelerle küçük deformasyonları gidermek mümkündür.
 - Yapı yüksekliği, balastlı hatlara göre daha az olacağından; yapı stabilite, estetik ve ekonomik açılardan 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.
 - Tünel içinde kalan balast uygulamalı eski hatların katenerli sisteme göre rehabilite edilmesi gerektiğinde, balast uygulamasız üst yapı kullanılarak, gerekli ek gabari yüksekliği de sağlanabilir.
 - 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.

- Özelliklerde tünellerde kaza olması halinde; kurtarma araçlarının tünele girmeleri daha kolay olmakta ve yolcuların tahliyesi ile kurtarma çalışmaları da daha hızlı bir şekilde yapılabilir.
- 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 aksamalarını da ortadan kaldırmaktadır.
- Balastsız üstyapı inşaatının ana unsuru olan beton, ülkemizin hemen hemen her bölgesinde balasttan daha kolay temin edilebilmektedir.
- İşletme sırasında raylı sistemdeki yoğun trafik nedeniyle, hat bakımına fazla zaman ayırmak istenmemesi nedeniyle, uzun süre işletime açık olacak hatlarda balastsız üstyapı uygulaması, ideal çözüm olarak görülmektedir.

6.4. 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 deyer 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.

7. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI

7.1. Giriş

Kalite kavramının gelişimi ile müşteri isteklerinin ön plana çıktığı günümüz piyasa şartlarında, hızla değişen müşteri beklentilerine en kısa sürede cevap verebilme kabiliyeti firmaların rekabet gücünü artıran en önemli unsurlardan birisidir. Bugün birçok firma artan müşteri beklentilerini karşılayabilmek için gerçek müşteri isteklerini, diğer bir deyişle müşterinin sesini ürün veya hizmetlerine yansıtabilmenin yollarını aramaktadır.

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. (Kağnıcıoğlu, 2002).

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 yansıtmak önemli bir konu olmuştur. KFY, bu amaçlar doğrultusunda kullanılan bir yöntemdir. (Güllü ve diğerleri, 2002).

7.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Tanımı

Kalite fonksiyon yayılımı yaklaşımının temel felsefesi, müşterilerin algı ve gereksinmelerine dayanan yeni veya mevcut ürün/hizmetlerin tasarımı ile gelişimi arasında bağlantı kurmaktır. KFY, müşteri odaklı ve yönlü gelişime imkan verir. Bunun sonucu olarak müşteri istek ve beklentilerine uygun, ürün ve hizmet oluşumu sağlanır. (Housmand et al, 1999).

Kalite Fonksiyon Yayılımı için birçok yazar kendi tanımlarını oluşturmuştur, bunlardan bazıları şu şekildedir:

"KFY, yaratıcılarından biri olan Akao tarafından şöyle tanımlanmaktadır: KFY, müşteriye tatmin etmek ve müşterinin taleplerini tasarım hedeflerine ve üretim sırasında kullanılacak başlıca kalite güvence noktalarına dönüştürmek amacıyla tasarım kalitesini geliştirmeyi amaçlayan bir yöntemdir. KFY, tasarım kalitesini ürün daha tasarım aşamasındayken güvence altına almanın bir yoludur." (Akao, 1990).

“Kalite Fonksiyon Yayılımı müşterinin sesi ile başlayan bir süreçtir. Talep edilen ürünün kalitesi müşteri tarafından belirlenir ve ürün özelliklerine dönüştürülür.” (Gauthier, 1998).

“Kalite yayılımı, müşterinin ihtiyaçlarını kalite ihtiyaçlarına dönüştürme, imal edilen bir ürün için tasarım kalitesini belirleme ve her bir parçanın kalitesi ile proses elemanları arasındaki ilişkileri sistematik bir şekilde yaymaktır.” (Akao,1999).

“KFY, müşteri girdilerinin tasarım, imalat ve servise kadar iletilmesinin, biçimi eve benzeyen bir dizi matris kullanarak fonksiyonlar arası bir takım tarafından yapıldığı bir ürün (hizmet) geliştirme sürecidir.” (Griffin et al, 1993).

“KFY, müşterileri dinleyip tam olarak ne istediklerini öğrendikten sonra, bu ihtiyaçların eldeki kaynaklarla en iyi şekilde nasıl karşılanacağını belirlemenin mantıksal bir yoludur.” (Guinta et al, 1993).

7.3. 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.

KFY, müşteri isteklerini esas alarak üretilecek olan ürünün yada verilecek olan hizmetin optimum seviyede sunulmasını sağlayan bir kalite yöntemidir.

Japonya'da bu yöntem, elektronik, ev eşyaları, giyim, tekstil, inşaat makineleri, tarım makineleri gibi imalat sektörlerinde başarıyla uygulanmıştır.

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 "Hinshitsu KiNo TenKai" terimi İngilizce'ye "Quality Function Deployment" olarak yerleşmiştir.

Yöntemin Amerikan iş çevrelerine ulaşması 1980'li yılların başında olmuştur. 1984-1988 yılları arasında ABD'de KFY üzerine ilk kitap yayınlanmış ve yöntem hizmet işletmelerine

uyarlanmıştır. ABD’de ilk kalite fonksiyon yayılımı sempozyumu 1989’da düzenlenmiştir. (Mazur, 1993) Türkiye’de ise ilk kalite fonksiyon yayılımı uygulaması Arçelik firması tarafından 1994 yılında bulaşık makineleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.(Akbaba, 2000).

Türkiye’de 2002 yılında “Birinci Ulusal Kalite Fonksiyonu Göçerimi Sempozyumu” gerçekleştirilmiştir.

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 ülkelerde de yayınlanmaya başlamıştır.

7.4. 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.

Diğer yandan iş hayatı içindeki firmalar da ürünler, çalışanlar, yönetim felsefeleri vb. açılardan devamlı olarak değişime uğramaktadır.

Devamlı değişim, müşteri ve firmanın algı haritalarının, düşünce yapılarının da sürekli yenilendiği 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. (Öter ve diğerleri, 2001).

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

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

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.

KFY, karmaşık ve çok unsurlu işletme problemlerini çözmede kullanılan ve farklı disiplinlerden insanların katılımıyla yürütülen bir süreç olduğundan sorunlara farklı perspektiflerden yaklaşımı da beraberinde getirir. Dolayısıyla bir problemin bir diğeriyle nasıl bir ilişki içinde olduğunu görmek, sorunun en önemli parçalarını belirlemek ve en kolay nasıl çözülebileceklerini belirtmek basit istatistiksel teknikler kullanılarak yapılabilmektedir. Bu sayede daha kaliteli ve güvenilir ürünler üretilmektedir. (Guinta et al, 1993).

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, teçhizat ve malzemede yapılan değişiklikler sayesinde, üretilen ürünlerin daha ucuza maledilmesi ve yüksek kalitede yapılması sağlanır. KFY sayesinde müşteri istek ve ihtiyaçları daha fazla karşılanabildiğinden satışların artması ve gelirlerin artırılması sağlanır.

Kalite Fonksiyon Yayılımı ürün geliştirme ya da tasarım sürecinin çeşitli aşamalarında, firmanın çeşitli bölümlerinden bireyleri bir araya getiren bir süreç olduğundan işletmedeki iletişimi geliştirir. Sürecin her aşamasından bir sonraki aşamaya geçerken, terimler herkesin anlayabileceği şekilde tercüme edilerek anlaşılabilir hale getirilir. Bu sayede bölümler arasında ortak ve anlaşılabilir bir dil oluşturulmuş olur. Kalite Evi sayesinde bu dil şematize edilir.

İletişimi artıran en önemli unsurlar, müşteri ihtiyaçlarının dönüştürülmesinde kullanılan standart dil, duygulardan çok olaylara odaklanması ve karar sürecinin sürekli yenilenen ve modifiye edilebilen bir matris üzerinde gerçekleşmesidir. Verilerin görsel bir sunumunu oluşturan KFY, hem pazarlamacıların hem de mühendislerin kolayca anlayabilecekleri bir sunum oluşturmaktadır. (Griffin et al, 1993).

Japonya'da KFY'yi kullanan şirketler bu yöntem sayesinde ürün tasarım ve geliştirme aşamalarında oldukça önemli sonuçlar almıştır. Ürün başlatma maliyetlerinde %20-50, tasarımı geliştirme işlerinde ve mühendislik değişimlerinde %30-50 azalma sağlanmıştır.

Kalite fonksiyon yayılımını uygulayan işletmeler aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir. (A. Hunt, 2004).

- Motorola'nın Amerika Parça bölümünün müşterileri, kalite fonksiyon göçerimi uygulamasıyla sistemin gelişmesinden sonra, ürün ve fiyat bilgilerinden %60 daha fazla memnun kalmışlardır.
- Japonya'daki Toyota Otomobil Şirketi, yedi yılı aşan periyotta, dört farklı van modellerinin girişiyle ilgili başlama maliyetlerinin kümülatif olarak %61 azaldığını rapor etmişlerdir. Aynı zaman aralığında, ürün gelişme çevrim zamanı 1/3 olarak azalmıştır.
- Finlandiya'daki mimari tasarım ve inşaat işletmesi, bir ofis inşasında restoran tasarımının kontrolünde kalite fonksiyon göçerimini kullanmıştır. Bazı değişiklikler, kahve dağıtım alanı küçültülmüştür.
- Brezilya çelik işletmesi, kalite fonksiyon göçerimini maliyetleri azaltmak ve otomotiv yaylarında kullanılan çubukların pazar payını arttırmak için kullanmıştır. 1993 den beri, pazar payı %120 ye artmıştır, müşteri şikâyetleri %90 azalmıştır ve üretim maliyetleri %23 azalmıştır ve azalmaya devam etmektedir.
- Host Marriott, kalite fonksiyon göçerimini, hava alanında çantaların satışında kullanmaktadır. Çanta satışları, kalite fonksiyon göçerimi projesinin uygulanmasından sonra %240 artmıştır.
- Dow Corning, çalışanların iş beklentilerini belirlemek için kullanmıştır ve sonra bu beklentilerin 10'unu etkileyen çalışan gelişimi tasarımılamıştır
- Ritz-Carlton'un müşterileri, işin devamında önemli olan 19 kritik süreci tanımlamıştır. Ritz-Carlton otellerinden her biri bir süreçte şampiyon olmuştur. Dearbon, Michigan oteli çevrim zamanında %50 azalma tespit etmiştir.
- Chevron USA, kalite fonksiyon göçerimini, özgeçmiş planlama ve çalışan eğitim programında gelişiminde kullanmıştır.
- 1991'de, Wire kalıp işletmesi, kalite fonksiyon göçerimini yeni ürün geliştirme sürecinde uygulamıştır. 1994 le birlikte, yeni ürün gelişim sürecini %75 azaltmıştır.
- Almanya'da Nokia Home Elektronik, kalite fonksiyon göçerimini yeni jenerasyon renkli televizyonların geliştirilmesinde kullanılmıştır.
- Chrysler'in Neon otomotiv tasarım programı, kalite fonksiyon yayılımını "keyifli sürüş" hedefine ulaşmak için kullanmıştır.

7.5. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Amacı

KFY metodolojisinin amacı, bir ürün veya hizmetin, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilmesi için sahip olması gereken tüm teknik özelliklerinin değerinin tanımlanması ve öneminin belirlenmesidir. Akao KFY'yi aşağıdaki amaçları karşılaması için ortaya koymuştur. (Akao, 1990).

- Müşteri isteklerini firma teknik karakteristiklerine dönüştürmek
- Aynı ürün üzerinde çalışan farklı fonksiyonlara bir iletişim ortamı oluşturarak yatay iletişimi arttırmak
- Üründe yapılacak ilerlemeleri önceliklendirmek
- Hedef yenilikleri belirlemek
- Rakipler ve rakip ürünlerle karşılaştırma olanağı sağlamak
- Hedef maliyet azaltma alanlarını belirlemek

7.6. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Uygulama Alanları

Kalite Fonksiyonu Yayılımı, imalat karakterli sanayi işletmelerinde ve hizmet işletmelerinde uygulanmaktadır. KFY kullanan başlıca sektörler şunlardır; Ulaştırma, Güvenlik, İletişim, Elektrik – Elektronik, Yazılım, Üretim, Kimyasal Ürünler, Eczacılık, Eğitim ve Araştırma, Yiyecek vb.

Ayrıca; askeri, uçak, otomobil, fotokopi makinası, dayanıksız tüketim malları, kağıt ürünleri, gemi ve tekstil ürünlerinde de uygulama olanağı vardır.

KFY; Çocuklar için güvenli müzik kutusu tasarımı, yemek endüstrisinde, ke  ap kalitesinin iyileştirilmesinde, Danimarka'da tereyağı kalitesinin iyileştirilmesinde, ağır gümrük kamyonlarında motor filtresinin kalitesinin iyileştirilmesinde, kalem tasarımı kullanılmıştır.

7.7. Kalite Fonksiyon Yayılımı Uygulama Süreci

  r  n geliştirmede tüm anahtar fonksiyonlar KFY ekibinde temsil edildiklerinden, ürün geliştirmenin ilk aşamalarında birtakım muhtemel olumsuzlukları önler ve geleneksel yaklaşımın bir problemi olan ürün üzerinde yeniden çalışmayı yok eder. KFY esaslı ürün geliştirme, alışılmış diğ  r yöntemlere kıyasla daha fazla müşteri tatmini, ürünün daha kısa zamanda pazara ulaşmasını ve gelişmiş ürün performansını ön plana çıkararak önemli rekabetçi avantajlar sağlar. (Güllü ve diğ  rleri, 2002).

Ürün geliştirme süreci, üretimi yapılmak istenen ürünün düşünce olarak ortaya atılmasından, ürünün her türlü aşamalardan geçerek pazara sunulmasına kadar yapılan sıralı işlemlerdir.

Ürün geliştirme süreçlerinin çoğu, müşteri tanımlaması ile başlar. Hedef pazar belirlenir. Genel ürünler ve içerikleri, pazarlama stratejileri, beklenen satışlar, olası rakip ürünler, demografiler ve benzeri konular tanımlanır. Bunu tâkiben seçenekler oluşturularak, tümü birden değerlendirmeye tâbi tutularak en uygun durum seçilir. Yeni ürün geliştirme süreci, belirli alt süreçleri, alt süreçlerin girdi ve çıktılarını, performans göstergelerini ve müşteri konumundaki işlevlerin ve birimlerin gereksinim ve beklentilerini içermelidir. Yeni ürün geliştirme süreci, proje uygulamasında belirleyici aşamaları oluşturan beş alt sürece ayrılır. Bunlar; ürün tanımlama, ürün tasarımı, süreç tasarımı, test değerlendirme ve seri üretim olarak bilinir ve projenin kilometre taşları olarak adlandırılır. (Ünsal, 1997).

Kalite fonksiyon yayılımında, müşteri gereksinimlerinin gelişim süreci aşağıdaki gibidir:

1. Müşteri gereksinimlerinin, ürün veya hizmet özelliklerine dönüştürülmesi
2. Ürün veya servis özelliklerinin, ürün tasarımına yani ürün tanımları ve ölçümlerine dönüştürülmesi
3. Ürün tarif ve ölçümlerinin, süreç tasarımına dönüştürülmesi
4. Süreç tasarımının, süreç performans tanımlarına ve ölçümlerine dönüştürülmesi. (Martins et al, 2001).

KFY modellerinden en yaygın kullanımına rastlananlar arasında; Fukuhara'nın Kalite Evi Modeli, Macabe tarafından geliştirilmiş olan Dört Aşamalı Model ve Akao'nun Matrislerin Matrisi Modelini sayılabiliriz.

KFY süreci 4 aşamadan oluşur. İlk aşamada KFY için gerekli ön hazırlıklar yapıldıktan sonra KFY sürecinin uygulamasına geçilir.

- 1.Aşama : Planlama
- 2.Aşama : Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi
- 3.Aşama : Kalite Evinin Oluşturulması
- 4.Aşama : Sonuçların Analizi ve Yorumlanması

7.7.1. Planlama

Planlama aşaması, örgütsel desteğin sağlanması, amaçların belirlenmesi, müşteri grubuna karar verilmesi, zaman ufkunun belirlenmesi, ürün / hizmet kavramına karar verilmesi, takımın kurulması, KFY sürecinin tasarlanması ve gerekli malzemelerle tesisin sağlanması konularını içerir.

7.7.2. Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Yeni bir ürünün tasarımına ya da geliştirilmesine başlamadan önce örgütler müşterilerinin düşüncelerini öğrenmek zorundadırlar. Bir kez hedef pazar belirlendikten sonra, şirket ya da örgüt artık müşterilerin isteklerini ve ihtiyaçlarını belirlemeye ve tatmin etmeye yönelik olarak faaliyetlerini sürdürmelidir.

İlk iş olarak müşterilerin ihtiyaçları tanımlanmalıdır. Müşteri istek ve ihtiyaçlarının anlaşılması ve farklılıklarının belirlenmesi, bu ihtiyaçların yönetimi için çok önemlidir. Müşteriler ihtiyaçlarını, ürün veya hizmetten ne gibi faydalar beklediklerini tanımlayan ifadeler şeklinde belirtirler. Bu ihtiyaçlar genellikle kişisel görüşmeler ve/veya 6 ile 8 müşteriyi bir araya getiren odak gruplar yoluyla belirlenir.

Müşteriler ihtiyaçlarının yerine getirilmesini isterler, fakat bazı ihtiyaçlar diğerlerinden daha fazla önemlidir. İhtiyaçların önceliklendirilmesi KFY takımına, bir ihtiyacın tatmininin maliyeti ile müşteriye sağladığı fayda arasında denge kurmasında yardımcı olur.

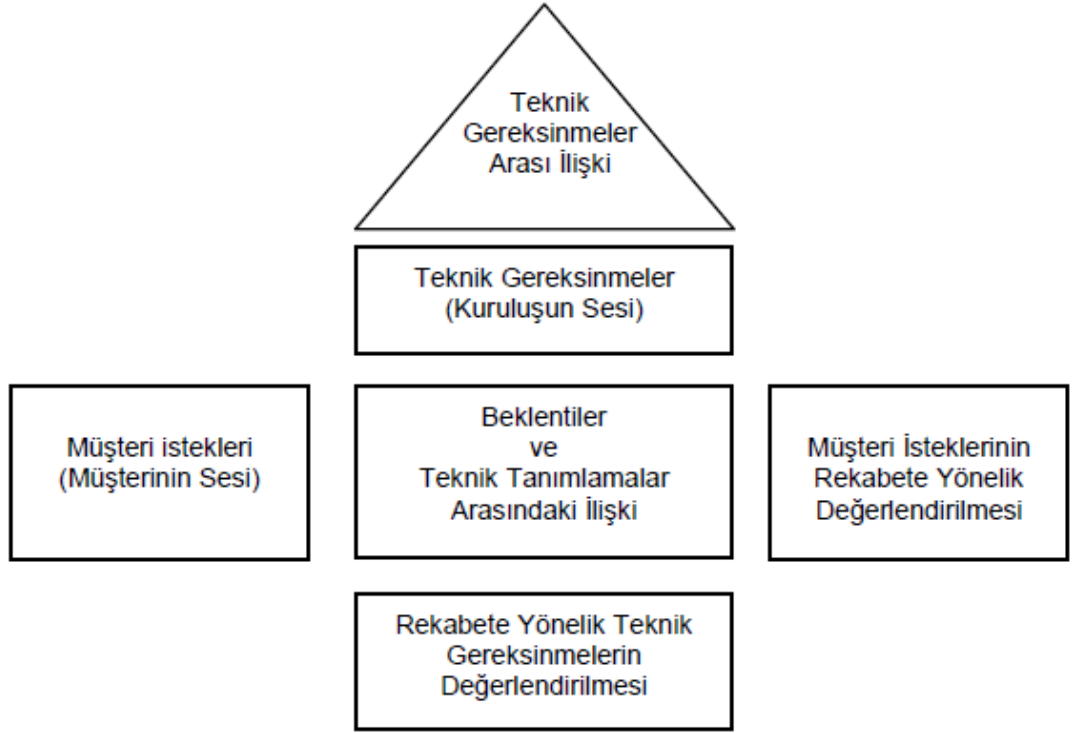
Söz gelimi iki ihtiyacın giderilme maliyetleri aynı ise, müşteri için daha fazla önem taşıyan ihtiyaç daha yüksek öncelik almaktadır.

7.7.3. Kalite Evinin Oluşturulması

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. (Hauser et al, 1998).

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



Şekil 7.1. Kalite Evi (Adiano et al, 1994)

7.7.2. Veri Analizi

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

$$\text{İyileştirme Oranı} = \frac{\text{Hedef Kalite}}{\text{Ortalama Değer}} \quad (7.1.)$$

$$\text{Mutlak Ağırlık} = \text{Önem Derecesi} \times \text{İyileştirme Oranı} \quad (7.2.)$$

$$\text{Bağıl Ağırlık \%} = \frac{\text{Herbir Satırın Mutlak Ağırlığı}}{\text{Toplam Mutlak Ağırlık}} \times 100 \quad (7.3)$$

$$\text{Mutlak Önem} = \text{Mutlak Ağırlık} \times \text{Satıra Ait İlişki Düzeyi} \quad (7.4.)$$

$$\text{Görelî Önem \%} = \frac{\text{Herbir Sütunun Mutlak Önemi}}{\text{Toplam Mutlak Önem}} \times 100 \quad (7.5.)$$

8. DEMİRYOLU ÜSTYAPI PARAMETRELERİNİN KALİTE FONSKİYON YAYILIMI YÖNTEMİ İLE TASARIMI

8.1. 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 ekseninde müşterilerle ilgili bilgilerin yer aldığı müşteri istekleri ve yatay ekseninde de müşteri bilgilerine cevap veren teknik gereksinimler yer almaktadır.

Müşteri istekleri kısmının oluşturulması, daha önce anlatılan “müşterinin sesi”nin toplanması kısmında toplanan ve sınıflandırılan müşteri isteklerinin kalite evinin bir bölümü olarak yazılmasından ibarettir.

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.

8.2. Müşteri İstekleri

Öncelikle müşteri isteklerini belirlemek için bir demiryolunun sahip olması istenen özellikler düşünülmüştür.

Belirlenen bu özellikler şunlardır;

- Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı
- Dingil gürültüsü az olmalı
- Titreşim az olmalı
- Rayda deformasyon olmamalı
- Tren işletme giderleri az olmalı
- Boden yıpranması en az düzeyde olmalı
- Her mevsim ve koşulda yapılabilir olmalı
- Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı
- Yağış sonrası yol yüzeyi hızlı bir şekilde kuruyabilir olmalı
- Zeminde Meydana Gelecek Oturmalarda Hızlı Çözümlere Açık Olmalı
- Tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmalı
- Çevre ve hava kirliliğine yol açması en az düzeyde olmalı
- Çevre ve hava şartlarından az etkilenmeli

- Yerli malzeme kullanılabilir olmalı
- Servis ömrü uzun olmalı
- Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı
- Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı
- Dingil yüklerine karşı dayanıklı olmalı
- Bakımı kolay yapılabilir olmalı
- Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı
- Yapım maliyeti düşük olmalı
- İnşa edilebilirliği kolay olmalı
- İnşa edilebilirliği hızlı olmalı
- Ekipman gereksinimi az olmalı ve fazla özellikli ekipman gerekmemeli
- Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı
- Hat sertliğinin değiştiği bölgelerde yolcu konforu bozulmamalı

Belirlenen parametreler irdelenip yöntem kapsamına uygunluğu sorgulandığı zaman, nasıl sorusuna aynı cevabı verenler birleştirilmiş, yanıt alınamayanlar ve her iki üstyapı için aynı olanlar elenmiş ve son olarak kalanlar da gruplara ayrılmıştır. Müşteri istekleri son hali ile alt istekleri içeren iki başlık halinde toplanmıştır. Müşteri istekleri bölümünün ana başlıkları; Güvenlik&Konfor (Kullanıcı) ve İmalat&İşletme (İnşaatçı) olup bileşenleri Çizelge 8.1'deki gibi sıralanmıştır.

Çizelge 8.1. Müşteri İstekleri

Güvenlik & Konfor (Kullanıcı)	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 kirlletmeli
	Emniyetli ve güvenilir olmalı
	İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı
İmalat & İşletme (İnşaatçı)	Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı
	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

8.2.1. Müşteri İstekleri Bölümünün Bileşenleri

- **Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı, dingil gürültüsü ve titreşim az olmalı:** Konforlu bir seyahat için ray yüzeyinin pürüzsüz olması, titreşimin ve dingil gürültüsünün az olması önemlidir. Her iki demiryolu üstyapı türünde kullanılan raylar aynı olduğundan ray yüzeyinin pürüzsüzlüğü bakımından eşit sayılırlar. Rijit üstyapılarda dingil gürültüsü esnek üstyapıya oranla daha yüksektir. Bu gürültüyü azaltmak için maliyeti yüksek olan özel elastik malzemeler kullanmak gerekmektedir. Titreşim açısından ise esnek kaplamalarda esneklik katsayısı fazla olduğundan titreşimi daha fazla sönmeler.
- **Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı:** Her iki üstyapı türünde kullanılan ray tipi aynı olduğundan yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma aynı olacaktır.

- **Tren işletme giderleri az olmalı, boden yıpranması en az düzeyde olmalı:** Demiryolu üstyapısında çeken ve çekilen araçların işletme masraflarının az olması ve boden yıpranmasının en az düzeyde olması çok önemlidir. Rijit demiryollarında araçların bakım masrafları daha az olmakta ve yolda balast olmadığı için boden yıpranması da daha az olmaktadır. Balastlı yollarda bakım çalışmaları sonrasında gözden kaçarak ray üzerinde bulunan balast taneleri üzerinden tren geçmesi durumunda dingille ray arasında kalarak hem rayda, hem de bodende ciddi kusurlar oluşmasına neden olur.
- **Çevreyi ve havayı en az düzeyde kirletmeli:** Rijit demiryolları esnek demiryollarına oranla çevreyi ve havayı daha az kirletir. Esnek demiryolunun ana unsurlarından olan balast taneciklerinin zamanla hava şartları ve mekanik etkilerle ufanması nedeniyle çevre ve hava kirliliği meydana gelmektedir.
- **Emniyetli ve güvenilir olmalı:** Rijit üstyapılar esnek üst yapılara oranla daha emniyetli ve güvenilir bir seyahat etme olanağı sağlar.
- **İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı:** Demiryolu kullanıcıları için istedikleri yere en kısa sürede ulaşma konusu yakın zamana kadar hep problem olmuştur. Ülkemizde son dönemde demiryolundaki yatırımlarla beraber bu sorunun çözümüne yönelik adımlar atılmıştır.
- **Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı:** Ulaşım vasıtalarını kullanan yolcular için gidecekleri yere taahhüt edilen zamanda varmak önemlidir. Çünkü iş programlarını buna göre belirlemek kullanıcıların önem verdiği bir unsurdur.
- **Zeminde Meydana Gelecek Oturmalarda Hızlı Çözümlere Açık Olmalı:** Rijit üstyapı imalatının yapılacağı bölgedeki zeminin sağlam olması esastır. Çünkü zeminde zamanla meydana gelecek büyük oturmalar rijit üstyapılarda kolay telafi edilemez ve sonuçta yolda oluşan ciddi hasarların onarımı daha fazla zaman ve işgücü gerektirir..Bu sebeple genelde tünel,viyadük gibi sağlam zeminlerde rijit demiryolu tercih edilir.Esnek üstyapıda ise buraj işlemi marifetiyle altyapıdaki oturmalar standartların izin verdiği ölçüde giderilebilir.
- **Olumsuz hava koşullarında inşa edilebilir olmalı:** Esnek üstyapıda kullanılan balast taneleri donmadığı sürece en azından hat serimi yapılabilir. Ancak rijit üstyapıda kullanılan betonun dökümü için gerekli hava sıcaklıklarının sağlanması gerekmektedir.
- **Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı:** Beton yol için onarım çalışmaları karmaşık, maliyetli ve uzun sürelidir. Hasara bağlı olarak beton yol hatlarının uzun süre kapanması durumunda işletme engelleme maliyeti son derece yüksektir ve bugün zorlukla hesaplanabilir ya da öngörülebilir.
Mekanize ve otomatik sürekli yol makinesi, ciddi hasarın tekrar yol inşaatının kısa sürede gerçekleştirilmesine imkan sağladığı durumlarda balastlı yol için hazır

bulunmaktadır. Kusurlu hat, birkaç saat içinde tekrar trafiğe açılabilir. (Lichtberger, 2005).

- **İnşa edilebilirliği hızlı ve kolay olmalı:** Kullanılan yöntemle bağlı olarak her iki üstyapı türünün de kendi içinde inşa hızı ve kolaylığı farklı olmaktadır. Örneğin rijit üstyapıdaki prefabrik yöntemle, esnek üstyapı inşaatında kullanılan panel yöntemi biraz daha hızlı yöntemlerdir. Kıyas yapılacak olursa rijit üstyapı imalatı daha titiz bir çalışma gerektirir.
- **Servis ömrü uzun Olmalı:** Rijit demiryolu hatlarının servis ömrü daha uzundur. Esnek üstyapıların servis ömrü 35-40 yıl iken beton yolların servis ömrü ise 250-300 km/h hızlar için 50-60 yıldır. (Profillidis, 2006).
- **Bakımı kolay yapılabilir olmalı:** Rijit demiryolu hatlarında ray taşlaması dışında bakıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Esnek demiryolu hatlarında ise zamanla bozulan hat geometrisini kotuna getirmek için buraj işlemleri yapmak gerekmektedir.
- **Yapım maliyeti düşük olmalı:** Rijit üstyapıların yapım maliyeti esnek üstyapıların yapım maliyetinin yaklaşık 1,5- 2 katı civarındadır. Almanya'da Rheda sistemiyle yapılan beton yol inşaat maliyeti 650 €/m, Züblin sistemiyle yapılan beton yol inşaat maliyeti 550 €/m, balastlı yol inşaat maliyeti 350 €/m olarak raporlanmıştır. (Bütün değerler 2006 yılına ait). Bu maliyetler beton yol için oluşacak altyapı maliyetlerindeki azalmayı içermemektedir. Fransa'da beton yol maliyeti balastlı yol maliyetinin 2 katı olarak raporlanmıştır. (Profillidis, 2006).
2002 yılında Cologne-Frankfurt arasında Rheda sistemiyle tamamı beton yol olarak inşa edilen yüksek hızlı demiryolu hattının ortalama km maliyeti 21,7 milyon € dur. Bu hattın % 26,5' i tünellerden, % 4,3' ü köprülerden oluşmaktadır. (Profillidis, 2006).
- **Tekrar kullanılabilirlik özelliğine sahip olmalı:** Rijit üstyapılar betonla sabitlendiği için tekrar kullanılabilirlik şansı daha azdır. Buna karşın esnek üstyapı malzemeleri (balast, travers) taşınarak ihtiyaç duyulan hatlarda kullanılabilir.
- **Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı:** Gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkının fazla olduğu bölgelerde rijit üstyapılar daha kullanışlıdır. Esnek üstyapıda kullanılan balast tanecikleri gece-gündüz sıcaklık farkından dolayı daha çabuk deformasyona uğrar.
- **Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı:** Ülkemizin geneline yayılmış olan beton santralleri nedeniyle beton yol imalatının ana unsuru olan betonu temin etmek daha kolaydır. Beton santrallerinin hemen yanına kurulan prefabrik panel imalat tesisleri sayesinde hızlı üretim sağlanabilir. Balast olarak kullanılan agregaların önemli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması istenmektedir. İstenen bu özellikleri sağlayan balast ocağı bulmak çok kolay olmamaktadır.

- **Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı:** Almanya'da beton yol bakım maliyetleri balastlı yol bakım maliyetlerinin %10'u olarak tespit edilmiştir. Japonya'da ise bu değer % 20-30 civarındadır. (Profillidis, 2006).
- **Kullanılacak malzemenin durabilitesi yüksek olmalı:** Demiryolu üstyapı inşaatında kullanılan malzemelerin durabilitesi yüksek olmalıdır. Dayanımı yüksek bir malzeme (örneğin çelik, beton) zaman içinde birçok fiziksel ve kimyasal etkiye (donma-çözülme, korozyon, sülfat saldırısı) maruz kalır. İşte bu çevresel etkilere dayanıklı malzemelere "durabil malzemeler" yahut "kalıcı malzemeler" denir. Rijit üstyapının önemli unsuru olan beton, esnek üstyapı unsuru olan balasttan daha durabildir. Malzemenin durabil olması, servis ömrünün daha uzun olmasını sağlamaktadır.
- **Hat geometri dizaynı, servis ömrünü ve konforu arttırmak amacıyla yatayda alıyman ve büyük çaplı kurplarla tasarlanmalı:** Hat geometrisinin alıyman ve büyük çaplı kuplardan oluşması hattın servis ömrüne doğrudan etki eden bir unsurdur. Dar kurplarda rijit üstyapıdaki raylar, esnek üstyapıya nazaran daha fazla kuvvete maruz kalır. Bu etkiyi azaltmak için elastik pedler kullanılır.

8.3. 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

- **Kaliteli İşçilik:** Demiryolu üstyapı imalatında kaliteli işçilik önemli bir yere sahiptir. Gerek esnek üstyapı inşaatında (Konvansiyonel yöntem ve Panel Yöntemi) gerekse rijit üstyapı imalatının önemli bölümünde kalifiye elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle ray kaynağı yapılması ve kaynak taşlaması gibi işler için işçilik önem arz etmektedir.
- **Trafiğe Açılma Süresi:** Trafiğe açılma süresi bakımından en avantajlı olan esnek üstyapı inşaatında kullanılan Panel Yöntemidir. Prefabrik yöntemle yapılan rijit üstyapı inşaatı da panel yöntemi kadar hızlı olmakla beraber betonun priz yapması beklendiği için biraz daha yavaş ilerleme sağlar.
- **Yapım Tekniği Kolaylığı:** Yapım tekniğindeki kolaylık bakımından her iki üstyapı türü de kullanılan yöntemle göre farklılık göstermektedir. Örneğin panel yöntemi ile hat döşenmesi diğerlerine nazaran daha kolay yöntemler içerir.
- **En az ekipman gereksinimi:** Rijit üstyapı inşaatında esnek üstyapı inşaatına göre daha az ekipman kullanılmaktadır. Buraj makinası, stabilizatör ve regülatör gibi maliyetli araçlar rijit üstyapı inşaatında kullanılmaz.
- **Özelliksiz ekipman gereksinimi:** Kullanılan ekipmanlarda aranılan özellikler azaldıkça ekipmanı temin etmek daha kolay olur. Bu da işin daha hızlı yürütmesine yardımcı olur.
- **Düşük maliyetli imalat tesisleri:** Üstyapıyı oluşturan malzemelerin düşük maliyetli imalat tesislerinde üretilmesi önemli bir unsurdur. Her iki üstyapı inşaatında da kullanılan yöntem ve sisteme göre imalat tesislerinin maliyeti değişmektedir.
- **Yerli malzeme kullanılabilirliği:** Balast ve çimento ülkemizde üretilen malzemeler olduğundan uygun fiyatlara elde edilebilmektedir. Yalnız beton elde etmek ülkemizin genelindeki beton santralleri aracılığı ile balasta göre daha kolaydır.
- **Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı:** İki üstyapı türünde ortak olarak kullanılan agrega malzemesi kimyasal ve fiziksel olarak farklılık göstermektedir. Balast olarak kullanılan agregaların betonda kullanılan agregalardan daha özellikli olması gerektiğinden, balast agregası temin etmek biraz daha zordur. Diğer taraftan çimento elde etmek de genel olarak daha kolaydır.
- **Yorulma mukavemeti:** Yorulma mukavemeti kıyaslandığında balast malzemesinin yorulma mukavemetinin daha düşük olduğu görülür. Dingil yüklerinin yanında tüm malzemelerde olduğu gibi balast ve beton için de sıcaklık ve nem farklılıkları, donma-çözünme, aşırı ve yinelenen yükler, zararlı kimyasallar gibi etkenler yorulma mukavemetine etki etmektedir.
- **Periyodik bakım ihtiyacının az olması:** Rijit üstyapılar, esnek üstyapılarla kıyaslandığında periyodik bakım ihtiyacının çok çok az olduğu görülür. Şöyle ki şuan tren trafiğine açık olan Almanya'nın Rheda istasyonunda 1976 yılında 850 m'lik hatta bugüne kadar ray taşlaması dışında bakıma ihtiyaç duyulmamıştır. Periyodik bakımın sık olması bakım maliyetinin de artmasına neden olmaktadır.

- **Farklı mevsim koşullarına karşı direnç:** Özellikle kış mevsimi sonrasında donma-çözülme olayları nedeniyle malzemelerin fiziksel özellikleri değişebilmektedir. Beton, balasta göre mevsim koşullarından daha az etkilenir.
- **Bakım-onarım süresi:** Rijit üstyapılarda normalde çok fazla bakıma ihtiyaç duyulmamakla beraber herhangi bir kaza durumunda onarım süresi esnek yola nazaran daha uzundur.
- **Kaliteli Malzeme Kullanımı:** Kullanılan malzemenin kalitesi çok önemlidir. Kaliteli malzeme kullanılarak hattın servis ömrü artırılabilir, periyodik bakım ihtiyacı azaltılabilir.
- **Hat Geometri Dizaynının Yapılması:** Hat geometrisinin alıyman ve büyük çaplı kuplardan oluşması hattın servis ömrüne doğrudan etki eden bir unsurdur. Dar kurplarda dış raylar dingil yüklerine daha fazla maruz kaldığı için bu rayların kullanım süresi, alıyman ve büyük çaplı kurplara göre daha kısa olmaktadır.

8.4. Müşteri İsteklerinin Önemi

Bu bölümde yukarıda belirlenen müşteri isteklerinin değerlendirilmesi için akademisyenler, demiryolu konusuyla ilgili özel ve kamu görevi yapan kişiler, TCDD işletmesinde görev alan yetkili kişiler ve farklı branşlardaki mühendislerin görüşlerine başvurulmuştur. Görüşlerine başvuru bu kişilerin hem demiryolu işletmecisi, imalatçısı hem de demiryolu kullanıcısı olduğu dikkate alındı. Belirlenen hedef kitlenin görüşlerini almak için bir anket hazırlanmıştır (EK A.1.). Bu anket ile birlikte hedef kitlenin görüşleri alınmıştır. Anket katılımcı sayıları Çizelge 8.2.'de verildiği gibidir.

Çizelge 8.2. Anket Katılımcı Sayıları

Demiryolu Ulaştırması Konusunda Çalışanlar		Ulaştırma Konusunda Çalışan Mühendisler	Akademisyenler	Demiryolu Kullanıcıları	Toplam
TCDD	Özel Sektör				
20	4	7	4	7	42

Bu bölümdeki değerler, değerlendirmeyi yapan katılımcıların, hazırlanan anket sorularında müşteri isteklerini belirlenen puan değerlerine göre değerlendirmesi sonucu elde edilmiştir. Buradaki değerlendirme puanları, düşük, çok düşük, orta, yüksek ve çok yüksek önem derecelerine karşılık gelecek şekilde 1-2-3-4-5 olarak belirlenmiştir.

Önem dereceleri toplam değerin katılımcı sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu değerlerin arasındaki farkların daha iyi görülebilmesi için değerler 0 ile 1 aralığında normalize edilmiştir. Bu değerlerin oluşturduğu sütun da önem derecelerinin yanına normalize önem dereceleri başlığı altında eklenmiştir.

8.5. Planlama Matrisi

Planlama matrisi bölümünde çalışma konumuz olan demiryolu üstyapı türlerinin müşteri istekleri kapsamında değerlendirilmesi yapılmıştır(Çizelge 8.3). Müşteri isteklerinin önemi bölümünde puan değerleri burada da aynı şekilde kullanılmıştır.

Çizelge 8.3. Üstyapı Türlerinin Müşteri İsteklerine Göre Değerlendirilmesi ve Hedef Kalite

Esnek Üstyapı (Balastlı Yol)	Rijit Üstyapı (Beton Yol)	Hedef Kalite	İyileştirme oranı
4	3	5	1.43
4	4	5	1.25
3	4	5	1.43
3	5	5	1.25
4	4	5	1.25
4	4	5	1.25
4	4	5	1.25
4	2	5	1.67
4	3	5	1.43
5	3	5	1.25
4	3	5	1.43
4	5	5	1.22
3	5	5	1.25
4	3	5	1.43
4	2	5	1.67
2	4	5	1.67
3	4	5	1.43
2	4	5	1.67
3	5	5	1.25
4	4	5	1.25

8.6. İlişki Matrisi

Kalite evinin ilişki matrisi bölümünde “ne” sorularının karşılığı müşteri istekleri ile “nasıl” sorularının karşılığı olan teknik gereksinimler arasındaki ilişki düzeyleri belirlenmiştir. Bu ilişki düzeylerini belirlerken yine bir puanlama değerlerinden faydalanılır. Bu puan değerleri yapılan araştırmalar sonucunda bulunan makaleler dikkate alınarak en yaygın kullanılan değerlerden tercih edilmiştir. Buna ilave olarak arada bir farkın olup olmadığını görmek amacı ile ilişki derecelerine karşılık gelen farklı puan değerleri belirlenmiştir. Buna göre ilişki düzeyleri yüz üzerinden değerlendirilmiştir

Çizelge 8.4. İlişki Derecesine Karşılık Gelen Puan Değerleri

İlişki / Korelasyon Derecesi Puan Değeri	Puan Değeri
Güçlü ilişki	9
Orta ilişki	3
Zayıf ilişki	1
İlişki Yok	Boş

Belirlenen müşteri isteklerinin ilişkilendirildiği teknik gereksinimler Çizelge 8.5.'te verilmiştir.

Çizelge 8.5. Müşteri İstekleri ile İlişkilendirilen Teknik Gereksinimler

Müşteri İstekleri	İlişkilendirilen Teknik Gereksinimler
Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı, dingil gürültüsü az olmalı, titreşim az olmalı	Kaliteli İşçilik, Yorulma mukavemeti, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi
Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı	Kaliteli İşçilik, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç
Tren işletme giderleri az olmalı, boden yıpranması en az düzeyde olmalı	Kaliteli İşçilik, Yorulma mukavemeti, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi
Çevre ve hava kirliliğine yol açması en az düzeyde olmalı	Yorulma mukavemeti, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Kaliteli İşçilik
Emniyetli ve güvenilir olmalı	Kaliteli İşçilik, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Yapım Tekniği Kolaylığı
İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı	Kaliteli İşçilik, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi, , Trafiğe Açılma Süresi
Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı	Kaliteli İşçilik, Trafiğe Açılma Süresi, Bakım-onarım süresi
Zayıf taban zeminlerine yapılabilir olmalı	Yorulma mukavemeti, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Kaliteli İşçilik
Her mevsim ve koşulda yapılabilir olmalı	Kaliteli İşçilik, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Bakım-onarım süresi, Yapım Tekniği Kolaylığı, Trafiğe Açılma Süresi,
Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı	Bakım-onarım süresi, Trafiğe Açılma Süresi, Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı, Düşük maliyetli imalat tesisleri, Kaliteli İşçilik
İnşa edilebilirliği hızlı ve kolay olmalı	Kaliteli İşçilik, En az ekipman gereksinimi, Yapım Tekniği Kolaylığı, Yerli malzeme kullanılabilirliği, Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı, Özelliksiz ekipman gereksinimi, Bakım-onarım süresi
Servis ömrü uzun olmalı	Kaliteli İşçilik, Bakım-onarım süresi, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Periyodik bakım ihtiyacının az olması, Yapım Tekniği Kolaylığı, Trafiğe Açılma Süresi

Müşteri İstekleri	İlişkilendirilen Teknik Gereksinimler
Bakımı kolay yapılabilir olmalı	En az ekipman gereksinimi, Özelliksiz ekipman gereksinimi, Kaliteli İşçilik, Trafiğe Açılma Süresi, Bakım-onarım süresi, Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı
Yapım maliyeti düşük olmalı	En az ekipman gereksinimi, Özelliksiz ekipman, Yapım Tekniği Kolaylığı, Yerli malzeme kullanılabilirliği, Düşük maliyetli imalat tesisleri, Periyodik bakım ihtiyacının az olması
Tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmalı	Yapım Tekniği Kolaylığı, Kaliteli İşçilik, Düşük maliyetli imalat tesisleri
Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı	Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Periyodik bakım ihtiyacının az olması
Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı	Yerli malzeme kullanılabilirliği, Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı, Düşük maliyetli imalat tesisleri, En az ekipman gereksinimi, Özelliksiz ekipman, Bakım-onarım süresi
Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı	Kaliteli İşçilik, Yerli malzeme kullanılabilirliği, Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı, Özelliksiz ekipman gereksinimi, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Periyodik bakım ihtiyacının az olması
Kullanılacak malzemenin durabilitesi yüksek olmalı	Kaliteli Malzeme Kullanımı, Farklı mevsim koşullarına karşı direnç, Periyodik bakım ihtiyacının az olması
Hat geometri dizaynı, servis ömrünü ve konforu arttırmak amacıyla yatayda alıyman ve büyük çaplı kurplarla tasarlanmalı	Hat Geometri Dizaynının Yapılması

8.7. Teknik İlişki Matrisi

Kalite Evinin çatısını oluşturan teknik ilişki matrisinde amaçlanan teknik gereksinimlerin birbiri ile ilişkilerini ortaya koymaktır. Bu ilişki seviyelerini tanımlamada kullanılan ölçütler Çizelge 8.6'da gösterildiği gibi belirlenmiştir.

9.SONUÇ ve ÖNERİLER

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

Çizelge 9.1. 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
	Toplam	121,25	100,00

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 9.1.'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 9.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 9.2. 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
Toplam	3208,45	100,00

Çizelge 9.2.'de 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 9.2.'ye 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 9.2’de 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 9.3. 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	5	5	1574.75	1574.75
Kolay temin edilebilir malzeme kullanımı	232.11	2	5	464.22	1160.55
En az ekipman gereksinimi	220.57	2	5	441.14	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
Trafiğe 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	9	5	592.74	329.30
Toplam				15381.84	22017.59

* İ.D : İlişki Düzeyi

M.Ö : Mutlak Önem

Çizelge 9.3’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; hat tasarımı yaparken, yapım aşamasında maliyet olarak daha pahalı olmasına karşın, {Fransa’da beton yol maliyeti balastlı yol maliyetinin 2 katı olarak raporlanmıştır. (Profillidis, 2006)} Farklı mevsim koşullarına karşı direncinin fazla olması, yorulma mukavemetinin yüksek olması, en az ekipman gereksinimi, periyodik bakım ihtiyacının çok az olması, gibi önemli hususlarda sağladığı avantajlar hesaba katılarak rijit demiryolu üstyapısının kullanılması düşünülebilir.

Yine Çizelge 9.3'e bakıldığında, esnek demiryolu üstyapısının rijit üstyapıya nazaran; yapım tekniği kolaylığı, trafiğe açılma süresi, bakım-onarım süresi, düşük maliyetli imalat tesisleri, hat geometri dizaynının yapılması gibi teknik gereksinimlerle daha ilişkili olduğu görülmüştür.

Rijit üstyapının daha avantajlı görülmesinin ana nedeni mutlak önem değeri yüksek olan teknik gereksinimlerle olan ilişki durumunun esnek üstyapıdan daha güçlü olmasıdır.

Müşteri isteklerinin belirlenmesi ve teknik gereksinimlerle ilişkilendirilmesi aşamasında daha geniş kapsamlı bir çalışma için müşteri istekleri ve bunlara bağlı olarak da teknik gereksinimler sayıca artırılabilir.

Proje aşamasındaki bir hat kesiminde üstyapıdaki avantajlarının yanı sıra altyapı maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturan tünel ve viyadüklerde daha küçük kesitlerin kullanılmasına imkan tanıdığı da göz önüne alınarak rijit üstyapıların esnek üstyapılara oranla ne kadar fizibil olduğu konusunda detaylı bir çalışma yapılabilir.

Ayrıca mühendislik özellikleri bir kenara bırakılarak iktisat, işletme dallarında bu iki üstağı türünün Fayda-Maliyet Analizi üzerinde de çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Adiano, C., Roth, A. V., 1994. Beyond the House of Quality: Dynamic QFD. Benchmarking for Quality Management & Technology, Vol. 1, No.1, 25-37).
2. Akao, Y., 1990, Quality Function Deployment- Integrating Customer Requirement In to Product Design. Productivity Press, Massachusetts, p. 60-61.
3. Akao, Y., 1999, General Concept of Quality Function Deployment (QFD) – (Akao nun Arçelik A.S. ye verdiği eğitim notları) 20 p.
4. Akbaba, A., 2000. Kalite Fonksiyon Göçerimi Metodu ve Hizmet İşletmelerine Uyarlanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(3).
5. 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.
6. Berksoy, B., 1995. Demiryollarında Balastsız Yollar, Yapı Merkezi, İstanbul.
7. Cengiz, Y.B., Yayla, Y., 1997. Rekabet Üstünlüğü için Modern Yaklaşımlar. Tüsiad-1.Kalder 6. Ulusal Kalite Kongresi- Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, S.151-158.
8. Cohen, L., 1995. Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You, Addison- Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts.
9. Dean, B. E., 2000. Quality Function Deployment. <http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/qfd.html>
10. Erkul, C., 2002. Demiryolunun Tarihsel Gelişimi ve Demiryolu Üstyapısı. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, İstanbul
11. Esveld, C., 2003. Conventional Track Structures , TU Delft Univercty Lesson Notes, Netherlands.
12. Fıkırkoca, M., 2000. Tasarımda Kalite ve Problem Çözme Yaklaşımı. 9.Ulusal Kalite Kongresi. 21-22Kasım. İstanbul
13. Gauthier, B., 1998. An Introduction to Quality Function Deployment. University of Rhode Island Term Paper.
14. Griffin, A. And Hauser, J. R., 1993. The Voice of The Customer. Marketing Science, Vol.12, 1-27, U.S.A.
15. 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
16. Güllü, E., Ulcay, Y., 2002. Kalite Fonksiyonu Yayılımı ve Bir Uygulama. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1.
17. Hauser, J.R. and Clausing, D., 1998. The House of Quality. Harvard Business Review, No.3, p. 63-73.

18. Housmand, A.A., Lall, V., 1999. Continuous Quality Improvement Tools at Work : Case Studies at the University of Cincinnati. Quality Engineering, Vol. 12, No. 2, (133-148).
19. Hunt, R.A., 2004. Best practice quality function deployment (QFD). Emerald Group Publishing Limited, Bradford.
20. Kağrınoğlu, H., 2002. Ürün Tasarımında Kalite Fonksiyon Yayılımı. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi, 1: 177-188.
21. King, B., 1989. Better Desing in Half The Time: Implementing QFD in America. 3 rd.Ed., Goal/qpc.,
22. Lichtberger, B. 2005. Track Compendium , Linz.
23. Lichtberger, B., 2011. Demiryolu Cep Kitabı. Linz.
24. Martins A., Aspinwall, E.M., 2001. Quality Function Deployment: An Empirical Study In The UK, Total Quality Management, Vol. 12, No. 5.
25. Mazur, Glenn H. 1993. QFD For Service Industry From Voice to 1.Customer to Task Deployment. 5. QFD Sempozyumu. Michigan.
26. 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
27. Öztürk Z., Öztürk, T., 2003,. Types of Reinforced Concrete Railway Infrastructures and Essentials of their Computations, 9. International Symposium on Concrete Roads, İstanbul.
28. PORR Technobau Und Umwelt AG, 2012. Prefabrik Paneller. Wien.
29. Profillidis, V.A., 2002. Railway Engineering. Section of Transportation Democritus Thrace University, Greece.
30. Profillidis, V.A. 2006. From Railway Management and Engineering. Section of Transportation Democritus Thrace University, Greece.
31. 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.
32. Ünsal, H.S., 1997, Kalite Fonksiyon Açılımı. Tüsiad-Kalder 6. Ulusal Kalite Kongresi, Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, s.139-143
33. Yenginol, F., 2000. Yeni Ürün Geliştirmede Müşteri İstek ve İhtiyaçlarını Teknik Karakteristiklere Dönüştürmeyi Sağlayan Bir Yöntem: Kalite Fonksiyon Göçerimi (Yayımlanmamış Doktora Tezi), İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
34. Yıldırım, D., 2012. Karayolu Üstyapı Parametrelerinin Belirlenmesinde Kalite Fonksiyon Yayılımı Yaklaşımı. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Manisa.

35. Yılmaz, V.O., 2004. Demiryolu Üstyapısının Dinamik Davranışı. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

EKLER

EK-A : Demiryolu Mühendisliği Parametreleri Tasarımı Değerlendirme Anket Formu

EK-B : Demiryolu Üstyapı Parametreleri İçin Oluşturulan Kalite Evi ve Sonuçları

EK-A

ANKETE KATILANIN	
ADI-SOYADI:	
ÇALIŞTIĞI İŞYERİ	
İŞYERİNDEKİ GÖREVİ	

C.B.Ü.**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI****ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI****DEMİRYOLU ÜSTYAPI PARAMETRELERİ DEĞERLENDİRME****ANKET FORMU**

Bu anket "Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Kalite Fonksiyon Yayılımı Yöntemi ile Tasarımı " konulu yüksek lisans tezinin bir aşamasıdır. Amacı Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin değerlendirilerek, öncelikli öneme sahip olanları belirlemek ve beklentileri en iyi şekilde karşılayacak olan bir tasarım elde etmektir.

Katılımcılardan belirlenmiş olan parametreleri değerlendirerek, bu parametrelere puan vermeleri beklenmektedir.

Anket katılımcıları 3 ayrı gruptan oluşmaktadır.

Bunlar:

- 1) Uzmanlar (Demiryolu ulaştırması konusunda özel ve kamu görevi yapan kişiler, Akademisyenler, ulaştırma konusuyla ilgili özel ve kamu görevi yapan mühendisler)
- 2) İşletmeciler (Demiryolu işletmesinde görev alan yetkili kişiler)
- 3) Kullanıcılar (Seyahatlerinde demiryolunu kullanan kişiler)

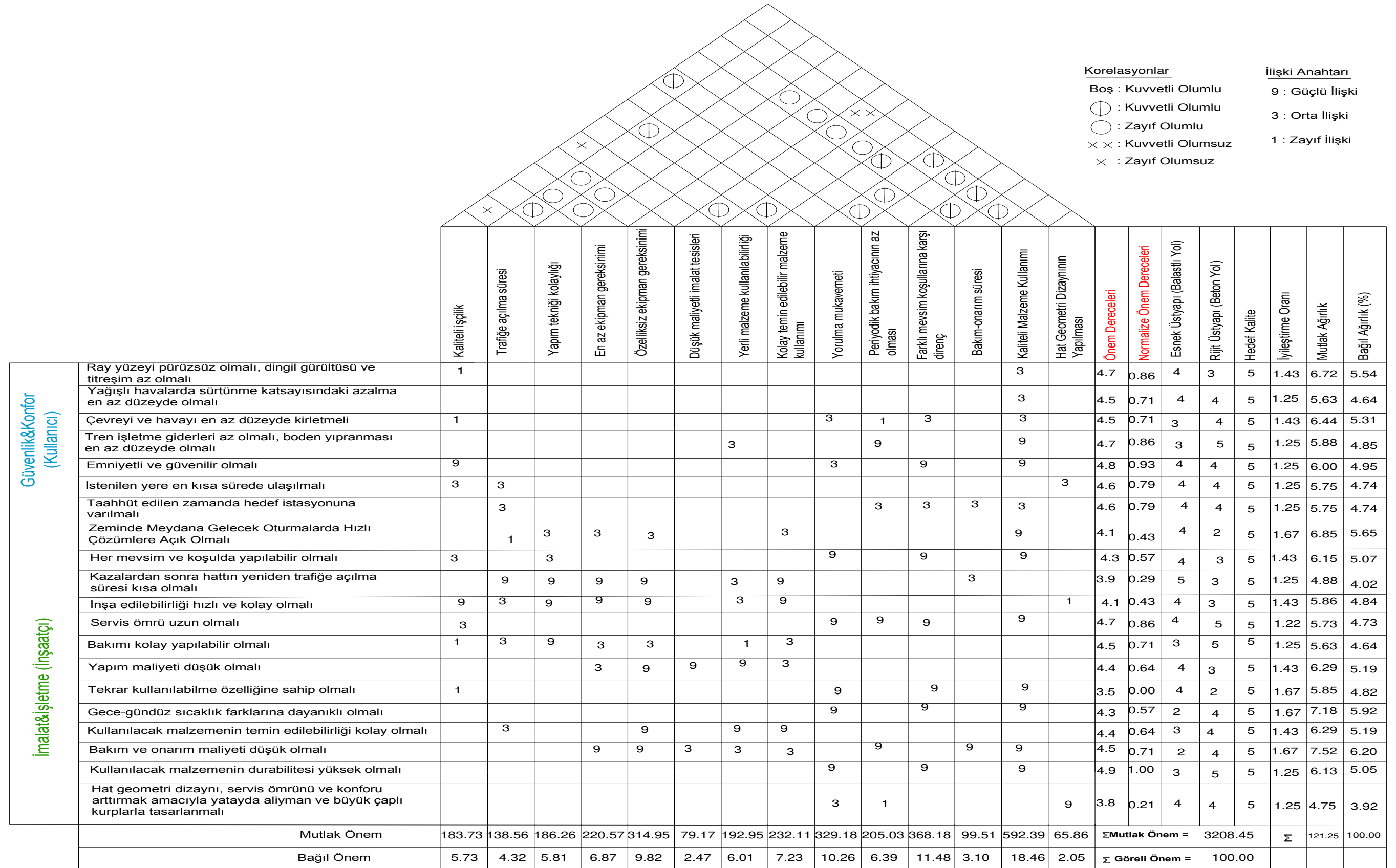
ÖNEMLİ: Anketin cevaplandırılmasında her parametre; çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek önem derecelerine karşılık gelecek şekilde 1-2-3-4-5 puan değerlerinden biri seçilerek değerlendirilmelidir. (Seçtiğiniz önem derecesine karşılık gelen puan değeri hangisi ise X ile işaretleyiniz.)

PARAMETRELER		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Konfor & Güvenlik (Kullanıcı)		5	4	3	2	1
1	Ray yüzeyi pürüzsüz olmalı, dingil gürültüsü ve titreşim az olmalı					
2	Yağışlı havalarda sürtünme katsayısındaki azalma en az düzeyde olmalı					
3	Tren işletme giderleri az olmalı, boden yıpranması en az düzeyde olmalı					
4	Çevreyi ve havayı en az düzeyde kirletmeli					
5	Emniyetli ve güvenilir olmalı					
6	İstenilen yere en kısa sürede ulaşılmalı					
7	Taahhüt edilen zamanda hedef istasyonuna varılmalı					
İmalat & İşletme (İnşaatçı)		5	4	3	2	1
1	Zeminde Meydana Gelecek Oturmalarla Hızlı Çözümlere Açık Olmalı					
2	Her mevsim ve koşulda yapılabilir olmalı					
3	Kazalardan sonra hattın yeniden trafiğe açılma süresi kısa olmalı					
4	İnşa edilebilirliği hızlı ve kolay olmalı					
5	Servis ömrü uzun olmalı					
6	Bakımı kolay yapılabilir olmalı					
7	Yapım maliyeti düşük olmalı					
8	Tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olmalı					
9	Gece-gündüz sıcaklık farklarına dayanıklı olmalı					
10	Kullanılacak malzemenin temin edilebilirliği kolay olmalı					
11	Bakım ve onarım maliyeti düşük olmalı					
12	Kullanılacak malzemenin durabilitesi yüksek olmalı					
13	Hat geometri dizaynı, servis ömrünü ve konforu arttırmak amacıyla yatayda alıyman ve büyük çaplı kurplarla tasarlanmalı					

ÖNERİLER: Önerileriniz çalışmamız için değerlidir. Yukarıdakiler haricinde bir öneriniz var ise lütfen arka sayfaya belirtiniz.

***** Çalışmamıza zamanınızı ayırıp katkı sağladığınız için çok teşekkür ederim.*****

EK-B : Demiryolu Üstyapı Parametreleri İçin Oluşturulan Kalite Evi ve Sonuçları



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Semih GÜNEŞ

Doğum Tarihi : 29.08.1986

Doğum Yeri : Erzurum

Semih GÜNEŞ, ilk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. Eylül 2009'dan beri yüksek lisans çalışmasını sürdürmekte ve Temmuz 2010'dan bu yana TCDD Genel Müdürlüğü, Demiryolu Yapım Dairesi Başkanlığında İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.