

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**YERALTI METRO SİSTEMLERİNİN AYDINLATILMASINDA
ENERJİ ETKİNLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Mühendisi Selçuk TUNA**

Anabilim Dalı : ENERJİ BİLİM VE TEKNOLOJİ

Programı : ENERJİ BİLİM VE TEKNOLOJİ

OCAK 2008

**YERALTI METRO SİSTEMLERİNİN AYDINLATILMASINDA
ENERJİ ETKİNLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Mühendisi Selçuk TUNA
(301041043)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sermin ONAYGİL (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Celal KOCATEPE (Y.T.Ü.)
Yrd.Doç. Dr. Önder GÜLER (İ.T.Ü.)**

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında değerli katkılarından ve yol gösterici yardımlarından ve çok değerli desteklerinden ötürü danışmanım sayın Prof. Dr. Sermin ONAYGİL'e teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca beni böyle bir çalışma yapmaya teşvik eden sayın Dr. Muhammed Garip, ve Dr. Veysel Özbekler de teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında İstanbul Ulaşım Sanayi ve TİC. AŞ yetkililerinin göstermiş olduğu yardımlar için bütün yönetici ekibine, Sayın Ömer Yıldız, Süleyman Pektaş, Adnan Çelik, Metin Yazar, Çetin Tepehan, olmak üzere ve geri planda bilgi paylaşımını sağlayan, Elektrik Mühendisleri, Mehmet Selçuk Topyıldız, Ali Alataş, Bahattin Albayrak, ayrıca çalışmalarım sırasında saha destek çalışmalarını yürüten Yüksek Mühendis sayın Recep Ali Ersoy ve stajyer Muhammed Buber ile diğer bütün yönetici ve teknik ekibe de teşekkür ederim.

Bana hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili anneme ve hayat arkadaşım, eşim Reyhan hanıma sadece bu tez çalışması için değil, bütün yaptıkları için teşekkür ederim. Özellikle tez çalışmalarım sırasında göstermiş oldukları sabır ve anlayıştan dolayı diğer bütün aile ve dostlarımı da unutmam mümkün değil. İsimlerini burada sırlayamadığım herkese saygılarımı arz ederim.

Ocak 2008

Selçuk TUNA

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	18
2. ŞEHİR İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GEREKLİLİĞİ	21
2.1 Yüksek Enerji Verimliliği	21
2.2 Yüksek Yolculuk Kapasitesi	23
2.3 Hacimsel Verimlilik	23
3. RAYLI SİSTEMLERE GENEL BİR BAKIŞ	25
4. RAYLI SİSTEMLERİN KISA TARİHÇESİ	28
5. İSTANBUL İÇİNDEKİ RAYLI SİSTEMLER İŞLETMECİLİĞİ	30
5.1 Prosesin Yapısı	31
5.2 Raylı Sistemi Oluşturan Genel Alt Sistem Yapısı ve Bileşenleri	33
5.3 İstanbul Metrosu	36
5.3.1 Metro İstasyonları	36
5.3.2 Genel Teknik Özellikler	37
5.3.3 İstanbul Metrosu Elektrik Sistem Yapısı	38
5.4 Aksaray – Havalimanı Hafif Raylı Sistemi	47
5.4.1 Hafif Metro İstasyonları	47
5.5 Zeytinburnu - Kabataş Cadde Tramvayı	48
5.6 Zeytinburnu - Bağcılar Cadde Tramvayı	48
5.7 Nostaljik Tramvay- "Kadıköy - Moda (Ring)"	49
5.8 Taşkışla - Maçka Teleferiği	50
5.8.1 Sistemin Genel Tanımı :	50
5.9 Eyüp - Pierloti Teleferiği	51
5.9.1 Sistemin Genel Tanımı :	51
5.10 Funiküler & Tünel - "Taksim - Kabataş"	53
5.11 İstanbuldaki Raylı Sistemlerde Kullanılan Enerji Kaynakları	54
5.12 Şehir İçi Raylı Sistemlerde Kurulu Güçler Ve Dağılımları	55
5.13 İşletme Türlerine Göre Enerji Tüketimleri	58
5.14 İşletme Türlerine Göre Enerji Yoğunlukları	59

6. KAVRAMSAL TASARIM VE TANIMLAMALAR	62
6.1 Mekan Tanımlamaları	63
6.1.1 İstasyon	64
6.1.2 Hat	64
6.1.3 Platform (Peron)	65
6.1.4 Yan Platform	65
6.1.5 Orta Platform	66
6.1.6 Konkors (Mezanin) :	67
6.1.7 Platform Emniyet Kenarı Ve İkaz Şeridi	67
6.2 İstasyon Yapısında Genel Olarak Bulunması Gereken Mimari Elemanlar	69
6.3 Aydınlatmanın Temel Kavramları	71
6.3.1 Görsel İş (Visual Task)	71
6.3.2 Çalışma Alanı (Task Area)	72
6.3.3 Yakın Çevresel Alan (Immediate Surrounding Area)	72
6.3.4 Ortalama Aydınlik Düzeyi (Maintained Illuminance) (Em)	72
6.3.5 Siperleme Açısı (Shielding Angle)	72
6.3.6 Aydınlatmanın Düzgünlüğü	72
6.3.7 Adaptasyon	72
6.3.8 Kontrol Merkezi	72
6.3.9 Aydınlik Değişimi (Diversity)	72
6.3.10 Kamaşma	73
6.3.11 Işık Akısı (Luminous Flux) (Φ , lm)	74
6.3.12 Işık Şiddeti (Luminous Intensity) (I, cd)	75
6.3.13 Aydınlik Düzeyi (Illuminance) (E, lx)	76
6.3.14 Yatay Aydınlik Düzeyi	76
6.3.15 Düşey Aydınlik Düzeyi	77
6.3.16 Parliltı(Luminance) (L, cd/m ²)	78
6.3.17 Armatür	79
6.3.18 Platform Kenar Bölgesi	79
6.4 Aydınlatma Tasarım Kriterleri	79
6.4.1 Yüzeylerin Yansıtma Özelliği	80
6.4.2 Ortalama Aydınlik Düzeyi	80
6.4.3 Aydınlatmanın Düzgünlüğü	82
6.4.4 Işık Renginin Önemi	83
6.4.5 Demiryollarında Güvenlik ve Işık Kaynak Tip Ve Renkleri	83
6.5 Raylı Sistem İşletme Güvenliği İle İlgili Aydınlatma Tasarım Kriterleri	87
6.5.1 Aydınlatma – Genel	88
6.5.2 Kamaşma	88
6.5.3 Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV)	88
6.5.4 Acil Aydınlatma Kuralları	88
6.5.5 İstasyon Platform Aydınlatması	88
6.5.6 Doğal ve Yapay Aydınlatmalı Bölgeler Arasında Geçişler	90
6.5.7 Tünel Aydınlatması	91
6.5.8 Sinyalizasyon Devreleri ve Kontrol Kutularındaki Aydınlatma	92
6.5.9 Bakım Hizmetleri ve Aydınlatma	92
6.5.10 Aydınlatmada Işık Kaynaklarının Seçimi İle Enerji Tasarrufu	94

7. İSTANBUL METROSUNDA AYDINLATMA VE ENERJİ TUKETİMİNİN DURUMU	95
7.1 İstanbul Metrosu Besleme Sistemi Ve Günlük Yük Eğrisi	95
7.2 İstanbul Metrosu İstasyonlarındaki Yardımcı Kurulu Güçler	96
7.3 Levent İstasyonu Yardımcı Güç Enerji Tüketim Ölçümleri	100
7.4 Levent İstasyonunda Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketimlerinin Ölçümü	105
7.5 Yardımcı Güçlerin ve Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması	109
7.6 Levent İstasyonunda Yapılan Aydınlatma Ölçümleri	110
7.7 Levent İstasyonunda Kullanılan Aydınlatma Sistemi	117
7.8 Levent İstasyonu Mevcut Tesisatı İçin Yapılan Aydınlatma Hesapları	121
7.8.1 Levent İstasyonunda Aydınlatma Hesap Giriş Verileri	122
7.8.2 Levent İstasyonunda -Durum A- İçin Hesap Sonuçları	130
7.9 Levent İstasyonunda Önerilen Aydınlatma Tesisi – Durum B –	132
7.9.1 Levent İstasyon Aydınlatması Hesap Giriş Verileri – Durum B –	133
7.9.2 Levent İstasyonunda Aydınlatma Hesap Sonuçları – Durum B –	137
7.10 Levent İstasyonu Durum-A ve Durum-B Karşılaştırılması	138
8. EKONOMİK ANALİZLER VE ÖNERİLER	141
8.1 Tesis Yatırım ve İşletme Giderleri	141
8.2 Ekonomik Analizler	147
8.2.1 Geri Dönüşüm Maliyet Analizi (GDM)	151
8.2.2 Net Bugünkü Değer (NBD)	154
8.2.3 Yıllık Eşdeğer Masraf (YEM)	163
8.2.4 Ömür Maliyet Analizi	165
8.3 Ekonomik Değerlendirmeler	167
8.4 Bakım Faktörünün Enerji Giderleri Üzerindeki Etkisi	169
9. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	171
KAYNAKLAR	176
EK_A : İstanbul Metrosu, OG Tek Hat Diyagram	178
EK_B : 750 V-DC Tek Hat Şeması	179
EK_C : Transfer Link Sistemi ve AG Dağıtım Prensibi	180
EK_D İstasyon Yardımcı Güç Ekipman Listesi	181
ÖZ GEÇMİŞ	195

KISALTMALAR

UEA	:	Uluslar Arası Enerji Ajansı
İUAŞ	:	İstanbul Ulaşım Sanayi ve Ticaret AŞ
İBB	:	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
EİE	:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
İETT	:	İstanbul Elektrik Trolleybüs ve Tünel
TCDD	:	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
CCR	:	Central Control Room (Kontrol Merkezi)
TEP	:	Ton Eşdeğer Petrol
LRT	:	Light Rail Transportation
DLH	:	Devlet Liman ve Havayolları Genel Müdürlüğü
TVF	:	Tünel Havalandırma Fanı
EXF	:	İstasyon Havalandırma Egzost Fanları
INF	:	İstasyon Taze Hava Giriş Fanı
RSSB	:	Rail Safety and Standards Board
RGSS	:	Railway Group Standards
CCTV	:	Kapalı Devre Televizyon Sistemi
SCADA	:	Supervisory Computer Aided Data Acquisition System
CAD	:	Computer Aided Design
TEDAŞ	:	Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ
TPS	:	Cer Gücü Trafo Merkezi
AutoCAD	:	Automatic Computer Aided Design (çizim – tasarım programı)
dwg	:	“drawing “ dosya uzantı adı
NBD	:	Net Bugünkü Değer
GDM	:	Geri Dönüşüm Maliyet Analizi
YEM	:	Yıllık Eşdeğer Masraf
ÖMA	:	Ömür Maliyet Analizi

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Karayolu Ulaşımında [yolcu x km] Başına Enerji Tüketimleri	22
Tablo 2.2 : Sektörler İtibariyle Taşınan Yük Başına Enerji Tüketimleri	22
Tablo 5.1 : İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sorumluluğu Altındaki Raylı Sistemlerin Durumu	30
Tablo 5.2 : İstanbul'daki Raylı Sistem İşletme Tiplerine Göre Kurulu Güç Dağılımları	57
Tablo 6.1 : Ulusal ve Uluslar arası Standartlara Göre Raylı Sistemlerde Önerilen Aydınlatma Kriterleri	81
Tablo 6.2 : Çalışma Alanının Yakın Çevresindeki Aydınlik Düzeyinin Düzgünlük İle İlişkisi [9]	83
Tablo 6.3 : CIE' nin Renk Ayırım Endeksi Grupları	84
Tablo 6.4 : Renk Sıcaklığı İle Renk Görünümü Arasındaki İlişki	86
Tablo 6.5 : Işık Kaynaklarının Renk Görünümlerinin Değişik Aydınlik Düzeylerinde Algılanması.....	87
Tablo 7.1 : İstanbul Metrosu Fan Güçleri	97
Tablo 7.2 : İstanbul Metrosu Yürüyen Merdiven Güçleri.....	97
Tablo 7.3 : İstanbul Metrosu Isıtıcı Güçleri	97
Tablo 7.4 : İstanbul Metrosunda Aydınlatma İçin Kurulu Güç Değerleri	98
Tablo 7.5 : İstanbul Metrosunda Klima İçin Kurulu Güç Değerleri	98
Tablo 7.6 : İstanbul Metrosu Yardımcı Güç Bileşenleri ve Toplamları.....	98
Tablo 7.7 : Levent İstasyonu, Kuzey Bölgesinde AG Enerji Ölçüm Değerleri	101
Tablo 7.8 : Levent İstasyonu, Güney Bölgesinde AG Enerji Ölçüm Değerleri.....	102
Tablo 7.9 : Levent İstasyonunda AG Yardımcı Güç Ortalama Değeri	103
Tablo 7.10 : Levent İstasyonunda Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketim Ölçümleri	106
Tablo 7.11 : Levent İstasyonunda Aydınlatma Kurulu Güç Değerleri	107
Tablo 7.12 : Levent İstasyonunda Tahmin Edilen Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketimleri	108
Tablo 7.13 : Aydınlatma Ölçüm Alanlarının Bulunması	111
Tablo 7.14 : Levent İstasyonu Aydınlik Düzeyi Ölçüm Sonuçları	112
Tablo 7.15 : Aydınlatma Hesap Yüzeylerine Ait Hacim Boyutları ve Endeksi.....	124
Tablo 7.16 : CIE 97'ye Göre Çevresel Koşullar	126
Tablo 7.17 : CIE 97'ye Göre Hacim Yüzey Bakım Faktörü.....	126
Tablo 7.18 : CIE 97'ye Göre Armatür Bakım Faktörü	127
Tablo 7.19 : Değişik Malzeme ve Boya Renklerine Göre Yansıtma Faktörleri	129
Tablo 7.20 : Armatür Parça Listesi – Mevcut Durum	130
Tablo 7.21 : Mevcut Tesisteki Farklı Bakım Çarpanları İçin Hesap Sonuçları	131
Tablo 7.22 : Değişik Bakım Faktörleri İçin Mevcut Tesisteki Hesap Sonuçları (Durum-A-)	132
Tablo 7.23 : Mevcut Tesisteki Bağlantı Güçleri	132
Tablo 7.24 : Önerilen Durum B İçin Kullanılan Armatürlerin Özellikleri.....	133

Tablo 7.25 : Seçilen Fluresan Lambaların Değişik İşletme Koşullarına Göre Ortalama Ömürleri	136
Tablo 7.26 : Seçilen Fluoresan Lambarın Değişik İşletme Koşullarına Göre % 10 Servis Hatasındaki Ekonomik Ömürleri	136
Tablo 7.27 : Önerilen Tesisat Durum – B –Farklı Bakım Faktörleri İçin Hesaplanan Aydınlık Düzeyi Değerleri	137
Tablo 7.28 : Değişik Bakım Faktörleri İçin Önerilen Tesisattaki Hesap Sonuçları	138
Tablo 7.29 : Önerilen Tesisattaki Bağlantı Güçleri – Durum B -	138
Tablo 7.30 : Ölçüm ve Hesap Sonuçları ile Kriterlerin Karşılaştırılması	139
Tablo 7.31 : Ölçüm ve Hesap Sonuçları ile Kriterlerin Karşılaştırılması	139
Tablo 8.1 : Tesis Kurulum Malzeme Birim Fiyatları	142
Tablo 8.2 : Tesis Kurulum Maliyetleri Tablosu	144
Tablo 8.3 : Bakım İşçilik Maliyetleri Tablosu	145
Tablo 8.4 : Enerji Giderleri Tablosu	146
Tablo 8.5 : Lamba Ekonomik Ömürlerine Göre Tesis Kurulum Maliyetlerinin Karşılaştırılması	146
Tablo 8.6 : Tesis Bakım Maliyetleri Karşılaştırılması	147
Tablo 8.7 : Enerji Tüketim Maliyetleri Karşılaştırılması	147
Tablo 8.8 : Değişik Tesisat Durumlarına Göre Yatırım Ve İşletme Giderleri	150
Tablo 8.9 : Geri Ödeme Süresi İçin Yıllık Ortalama Gider Tablosu.....	151
Tablo 8.10 : Değişik Tesisat Durumları İçin Geri Ödeme Süreleri.....	153
Tablo 8.11 : Değişik Tesisat Durumlarına Ait Giderler	155
Tablo 8.12 : Durum A.1 ve A.2 İçin Nakit Akış Tablosu	156
Tablo 8.13 : Durum A.1 ve A.3 İçin Nakit Akış Tablosu	157
Tablo 8.14 : Durum A.1 ve B.1 İçin Nakit Akış Tablosu	159
Tablo 8.15 : Durum A.1 ve B.2 İçin Nakit Akış Tablosu	160
Tablo 8.16 : Durum A.1 ve B.3 İçin Nakit Akış Tablosu	162
Tablo 8.17 : Bütün Tesis Durumları İçin Dönemsel Giderlerin Bugünkü Para Değerleri.....	164
Tablo 8.18 : Bütün Tesisat Durumları İçin Dönemsel Giderlerin Bugünkü Para Değerleri.....	165
Tablo 8.19 : Yıllara Göre Ekonomik Ömür Boyunca Toplam Maliyetler	166
Tablo 8.20 : GDM, NBD ve Fayda/Masraf Bakımından Karşılaştırılması.....	167
Tablo 8.21 : Yıllık ve Ömür Maliyetleri Karşılaştırılması	168
Tablo 8.22 : Bakım Faktörüne Göre Enerji Tüketimleri	170
Tablo D. 1: Isıtıcılar	181
Tablo D. 2: Klimalar	181
Tablo D. 3: Fanlar	182
Tablo D. 4: Aydınlatma Yükleri.....	182
Tablo D. 5: Yürüyen Merdivenler	184
Tablo E. 1: Platform Katı Ölçüm Değerleri	188
Tablo E. 2: Konkors Katı Ölçüm Değerleri	191

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2-1 : Değişik Ulaşım Türleri İçin Bir Metre Alt Yapı Genişliğine Denk Düşen Bir Saatteki Toplam Yolcu Sayısı.....	23
Şekil 3-1 : Raylı Sistemlerin Temel Sınıflandırılması.....	27
Şekil 5-1 : Bir Raylı Sistemine Ait (Metro Sistemi) Genel Proses apısı [6].....	33
Şekil 5-2 : Bir Raylı Sistemin (Metro Sistemi) Genel Bileşenleri [6].....	35
Şekil 5-3 : Metro İstasyonlarından Görünümler	37
Şekil 5-4 : İstanbul Metrosu Trafik Kontrol Merkezine Ait Görünümler	38
Şekil 5-5 : İstanbul Metrosu, Ön Bakım Alanına Ait Görünümler.....	38
Şekil 5-6 : Acil Yükler İçin 110 V DC nin Batarya Gurubu Üzerinde Üretilmesi....	45
Şekil 5-7 : Hafif Metro İstasyonlarına Ait Görünümler.....	48
Şekil 5-8 : Cadde Tramvaylarına Ait Görünümler	49
Şekil 5-9 : Kadıköy - Moda Nostaljik Tramvayına Ait Görünümler.....	49
Şekil 5-10 : Demokrasi Parkı Teleferiğine Ait Görünümler.....	50
Şekil 5-11 : Eyüp Teleferiğine Ait Görünümler	52
Şekil 5-12 : Taksim Fünikiler Sistemine Ait Görünümler.....	53
Şekil 5-13 : 2003 Verilerine Göre Kullanılan Enerji Türlerinin Toplam Tüketim İçindeki Oranları	54
Şekil 5-14 : 2003 Verilerine Göre Enerji Türlerinin Maliyet Değerlerine Göre Dağılımı.....	55
Şekil 5-15 : Raylı Sistemlerde Genel Güç Dağılım Şeması	56
Şekil 5-16 : İşletmelerin Aylık Enerji Tüketimleri - (2006 Yılı).....	58
Şekil 5-17 : İşletmelerde Aylara Göre Enerjisi Yoğunluğunun Değişimi (2006 Yılı)	59
Şekil 5-18 : İşletmelerin Yıllık Yolcu Sayıları – (2006 Yılı)	60
Şekil 5-19 : İşletmelerin Aylık Araç Kilometre Değerleri – (2006 Yılı).....	61
Şekil 6-1 : Üsküdar Metro Projesinden Metro İstasyonlarına Ait Örnek Bir Kesit... 64	
Şekil 6-2 : Yeraltı Metro Sistemine Ait Örnek Bir Hat Kesiti.....	65
Şekil 6-3 : Yeraltı Metro Sistemine Ait Örnek Bir Peron Kesiti [7]	65
Şekil 6-4 : Yan Platform Tipine Bir örnek	66
Şekil 6-5 : Orta Platform Tipine Bir örnek	66
Şekil 6-6 : Orta ve Yan Platform Üst Kesit Görünüşü [8].....	67
Şekil 6-7 : Levent İstasyonu Platform Emniyet Bandı ve Kenarı.....	68
Şekil 6-8 : Levent istasyonu Platform Emniyet Bandı ve Kenarı.....	68
Şekil 6-9 : Kısmi Işık Akıları.....	75
Şekil 6-10 : Uzay Açısı Tanımı.....	75
Şekil 6-11 : Noktasal Bir Işık Kaynağının A Doğrultusundaki I α Işık Şiddetinin Tanımlanması	76
Şekil 6-12 : Noktasal Aydınlatma Formülünün Yatay Aydınlanma Düzeyine Uygun Düzenlenmesi	77
Şekil 6-13 : Formül (6.7)'e Göre Yatay Aydınlanma Düzeyinin Hesabı.....	78
Şekil 6-14 : Formül (6.8)'e Göre Düşey Aydınlanma Düzeyinin Hesabı	78

Şekil 6-15 : Bir Yüzeyin Bir M Noktasının α Doğrultusundaki Parıltısının Tanımı	79
Şekil 7-1 : Taksim Besleme Girişinden Alınan Günlük Yük Eğrisi	96
Şekil 7-2 : Levent Besleme Girişinden Alınan Günlük Yük Eğrisi.....	96
Şekil 7-3 : İstanbul Metrosu, Sabit Tesisler Kurulu Güç Dağılımları	99
Şekil 7-4 : Levent İstasyonu Yardımcı Tesislerindeki Enerji Tüketiminin Değişimi	104
Şekil 7-5 : Levent İstasyonu Yardımcı Tesislerinde Ortalama Gücün Gün İçinde Değişimi	105
Şekil 7-6 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Armatür Kirlenmesi	113
Şekil 7-7 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Kirli Bir Armatür.....	113
Şekil 7-8 : Çoklu Bir Armatür Sırası İçinde Aşırı Kirlenmiş Armatür.....	114
Şekil 7-9 : Yüksek Yerlerdeki Armatürlere Erişim İçin Özel İmal Ettirilmiş Katlanabilir Merdiven	114
Şekil 7-10 : Basamak Farkı Bulunan Yerlerdeki Armatürler İçin Özel Merdivenler	115
Şekil 7-11 Erişim Zorluğu Olan Merdiven Aydınlatmalarına Bir Örnek	115
Şekil 7-12 : Erişim Zorluğu Olan Peron Orta Bölgesi Yüksek Tavan Aydınlatması	116
Şekil 7-13 : Levent İstasyonu Konkors Altı Platform Bölge Aydınlatması	117
Şekil 7-14 : Levent İstasyonu Orta Peron Bölgesi, Yüksek Tavan Aydınlatması... ..	117
Şekil 7-15 : Levent İstasyonu Orta Peron Bölge Aydınlatması.....	118
Şekil 7-16 : Emniyet Bandı Aydınlatması	118
Şekil 7-17 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Kirli Armatürler	119
Şekil 7-18 : İstasyon İşletme (SOR) Odasındaki Aydınlatma Örneği -1	120
Şekil 7-19 : Metro İstasyon Girişinde Dış Aydınlatma Örneği	120
Şekil 7-20 : Levent İstasyonu, 3 Boyutlu Mimari Tasarım	122
Şekil 7-21 : Platform Katı Hesap Yüzeyleri	123
Şekil 7-22 : Konkors Katı Hesap Yüzeyleri	123
Şekil 7-23 : Mevcut Tesisat, Platform Katı Eş-Aydınlık Düzeyi Eğrileri,- Bakım Faktörü 0,67 -	130
Şekil 7-24 : Mevcut Tesisat Durum- A -, Üstten Görünüm.....	130
Şekil 7-25 : Philips TBS331 C6 2xTL-D58W/830 Tip Armatüre Ait Işık Dağılım Eğrileri.....	134
Şekil 7-26 : Armatürlere Ait Değişik Optik Düzenlere Göre Işık Dağılım Şekilleri	134
Şekil 7-27 : Önerilen Tesisat, Üstten Görünüm.....	137
Şekil 7-28 : Her İki Tesisat Durumu İçin Bakım Faktörü ve Bağlantı Gücü Arasındaki İlişki	140
Şekil 8-1 : A.1 – A.2 İçin Net Nakit Akış Tablosu.....	157
Şekil 8-2 : A.1 – A.3 İçin Net Nakit Akış Tablosu.....	158
Şekil 8-3 : A.1 – B.1 İçin Net Nakit Akış Tablosu	160
Şekil 8-4 : A.1 – B.2 İçin Net Nakit Akış Tablosu	161
Şekil 8-5 : A.1 – B.3 İçin Net Nakit Akış Tablosu	163
Şekil A. 1 : İstanbul Metrosu, OG Tek Hat Diyagramı	178
Şekil B. 1 : 750 V-DC Tek Hat Şeması	179
Şekil C. 1 : Transfer Link Sistemi ve AG Dağıtım Prensibi	180

SEMBOL LİSTESİ

UGR	: Psikolojik kamaşma (Discomfort Glare)
L_b	: Arka plan parıltısı
L	: Parıltı
w	: Gözlemcinin bakış yönündeki armatür elemanlarının uzay açısı değeri.
p	: Bakış açısının sapması ile ilgili olarak her bir armatürün için Guth pozisyon endeksi.
Φ	: Toplam ışık akısı
F_e	: Birim güce karşılık birim zamandaki elektromagnetik enerji akısı
K₀	: Enerji akısının ışıksal (fotometrik) eşdeğeri
ΔΦ₁, ΔΦ₂	: Uzayın değişik kısımlarına yayılan kısmi ışık akıları
Ω	: Uzay açısı (sr)
r	: Küre yarı çapı
I	: Işık şiddeti
I_{ort}	: Ortalama ışık şiddeti
I_α	: Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti
E	: Aydınlık düzeyi
E_p	: Yatay aydınlık düzeyi
γ	: Yüzeyin normali ile gelen ışık doğrultusu arasındaki açı
E_{yatay}	: Yatay aydınlık düzeyi
E_{düşey}	: Düşey aydınlık düzeyi
α	: Işığın geliş doğrultusu ile yatay düzlemin normali arasındaki açı

β	: Işık şiddetinin içinde bulunduğu düzlemin, yatay düzleme göre yönünü gösteren açı
ΔA	: Yüzey elemanını
ΔA_g	: Doğrultuya dik düzlemdeki görünen alan
E_m	: Ortalama aydınlık düzeyi
E_{min}	: Minimum aydınlık düzeyi
E_{max}	: Maksimum aydınlık düzeyi
R_a	: Renk geri verim endeksi
E_a	: Harcanan aktif enerji
E_r	: Harcanan reaktif enerji
$\cos \Phi$: Güç katsayısı
P_a	: Aktif güç
Q	: Reaktif güç
p_g	: Gride ait maksimum boyut
d	: Yüzeğe ait en uzun boyut
k	: Hacim endeksi
L	: Hacmin uzunluğu
B	: Hacmin genişliği
h	: Armatürün çalışma düzlemine olan yüksekliği
IKF	: Işık kayıp faktörü
$IABF$: Işık akısı bakım faktörü
$LÖF$: Lamba ömür faktörü
ABF	: Armatür bakım faktörü
$HYBF$: Hacim yüzey bakım faktörü
S	: Paranın gelecekteki değeri
P	: Paranın bugünkü değeri
A	: Bugünkü paranın yıllara dağılımı

a	:	Her yıl düzenli olarak ödenen para miktarı
n	:	Yıl
i	:	Faiz oranı
M₀	:	Başlangıç yatırımı
M_m	:	m. Yıldaki yatırım
F_{m+1}	:	(m+1). Yıldaki fayda
F_t	:	t yılındaki fayda
M	:	Toplam masrafın bugünkü değeri
F	:	Toplam faydanın bugünkü değeri

YERALTI METRO SİSTEMLERİNİN AYDINLATMASINDA ENERJİ ETKİNLİĞİ

ÖZET

Uluslararası Enerji Ajansı (UEA), 2006 yılı raporuna göre verilerine göre [1], dünya üzerindeki toplam petrol tüketimi, 1973 ve 2004 yılları arasında, 2141 MTEP değerinden 3231 MTEP değerine yükselmiştir. Bu dönemler arasında ulaşım sektörünün petrol tüketimi içindeki payı da 966 MTEP dan 1864 MTEP değerine çıkmıştır. Bu değerler, petrol tüketiminin küresel bazda % 151 oranında artışına karşılık, petrol tüketimi içinde en büyük paya sahip olan ulaşım sektörünün payındaki artışın da %206 olduğu anlamına gelmektedir. Yani günümüzde stratejik bir önem arz eden petrol tüketimindeki artışın, en başta gelen sebebi, ulaşım sektöründe petrolün kullanımına ait talep artışıdır. Yine aynı UEA verileri, petrolün sanayi içindeki kullanım oranının giderek azaldığını, bunun yerine elektrik kullanımının arttığını göstermektedir.

Ülkemizde modern şehir içi yeraltı metro sistemlerine olan talep, büyük şehirlerdeki hızlı nüfus ve trafiğe çıkan araç sayısındaki artıştan kaynaklanan sorunlar nedeniyle giderek büyümekte ve bu da elektrik kullanımının toplu taşımacılıkta daha çok pay almasına neden olmaktadır. Bu sistemlere olan talebin artmasıyla, teknik ve ekonomik yönden amaca en uygun sistemlerin kurulmasına yönelik kavramsal tasarımlar da henüz yerine oturmaya başlayan önemli bir konu haline gelmiştir.

Kavramsal tasarım bakımından yer altı metro sistemleri, yer üstünde kurulan diğer raylı sistemlere göre daha fazla kurulu güce ihtiyaç duymaktadırlar. Bunun sebebi, yer altında bulunan bu tür yapılarda, özellikle güvenlik bakımından havalandırma, yolcu aktarımı ve aydınlatma gibi tesislere çok daha fazla ihtiyaç duyulmasıdır. Kurulu güçlerin yarısından fazlasını, havalandırma, yangın söndürme ve pompa gibi acil durumlarda devreye giren yükler oluşturmakta olup, genelde aydınlatmanın payı küçüktür. Ancak bu büyük yükler, sürekli devrede olmayıp sadece acil durumlarda çalışmaktadırlar. Bu yüzden aydınlatma tesisleri, kurulu güç oranları bakımından diğer sistemlerin yanında çok küçük kalabilmesine rağmen yer altı istasyonlarındaki enerji tüketimindeki payı, kurulu güç oranından çok daha yüksektir ve azımsanmayacak düzeydedir.

Normal işletme şartları altında diğer büyük yüklerin sürekli çalışır durumda olması gerekmezken iken halka açık kapalı alanlardaki aydınlatma sistemleri, uzun süren işletme saatleri boyunca sürekli açık olmak zorundadırlar. Bu yüzden yolcu sayısına bağlı olmadan normal işletme şartlarında yardımcı tesislerdeki enerji tüketimi büyük ölçüde sabit kalmaktadır.

Enerji yoğunluğunun azaltılması bakımından aydınlatma sistemleri, diğer sistemlerde olduğu gibi, bu konuda hemen ilk akla gelen tesislerdir. Yer altı metro sistemlerinde güvenlik ve diğer genel koşulları sağlayacak düzeydeki etkin bir aydınlatmanın en düşük enerji tüketimi ile sağlanması, önem arz etmektedir.

Aydınlatma sistemlerinin kurulum ve işletme maliyetlerini azaltmak ve enerji yoğunluğunu azaltmada katkıda bulunmasını sağlamak için tesis planlama, tarsiim ve amaca yönelik doğru kriterlerin seçilmesi çok önemlidir.

İşletme güvenliği, istenilen aydınlık düzeyleri, renk ayrımı, kamaşma gibi konular aydınlatma tesisinin amacını en ekonomik koşullarda sürdürebilmesini sağlayacaktır. Bakım faktörü, aydınlatma tesisinin işletme maliyetleri üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bakım faktörünün işletme koşullarına göre doğru bir şekilde tayin edilmesi, kurulu olan tesiste planlanan bakım süreçlerinin sürdürülmesi, bakıma az ihtiyaç duyan koruma sınıfı yüksek armatürlerin seçilmesi, aydınlatmanın enerji tüketimi, verimliliği ve sağlanması gereken güvenlik koşulları bakımından çok önemlidir. Doğru planlanmış ve işletilmekte olan aydınlatma tesislerinin enerji yoğunluğunun azaltılması bakımından katkısı büyüktür.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Demiryolu Sistemleri, Aydınlatma, Metro, Verimlilik, Güvenlik

ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING FOR UNDERGROUND RAILWAY SYSTEMS

SUMMARY

Regarding to International Energy Agency (IEA) statistics, between the years 1973 and 2004 the consumed amount of oil increased from 2141 to 3231 Mtoe, while total petrol consumption in the transportation sector, increased from 966 to 1864 Mtoe in global base. This means that while petrol consumption increases in the rate of %151, the share of petrol consumption in this ratio is % 206, for this reason, transportation sector is the main reason of the increase in consumption. The same statistics show that use of petrol in industry sector, becomes lower, while the share of the consumption in electricity higher. Therefore, electricity is getting high importance in in public transportaion sector, from the way of oil consumption, dependence, its efficiency and environmental impacts, particularly in Turkey.

As the demand to the modern urban railway systems are getting increased in great cities, due to the problems raised up form the increased population and vehicles, design concepts for railway systems are also a new upcoming issue in Turkey. And it is just about to settle down.

From the point of design concept, underground metro systems have the most power requirement compared to other railway systems, as all their substructure is in underground. This type of building and strucutres need more power especially for vantilating, passenger circulation and lighting from the way of safety.

More than half of the installed power capacity, is used by the emergnecy systems, such as vantilating fans, poms, etc.However, these mentioned loads are not in operation under the normal conditions, they only operated in emergency cases. Therefore, rate of energy consumption of lighting systems is much higher than their installaing power raito among the other such electromechanical loads.

During the long operational hours, the luminaires open the public area in underground metro systems, have to be light on, while the other big loads not have to be always on in normal operational conditions. Therefore, regardless the amount of passanger, energy consumption in auxiliary installations is almostly constant in normal operation.

From the point of reducing energy consumption, lighting system is the first subject in railway systems to reduce it. On the other hand it is very important to keep lighting levels and other requirements related with safety in accepted standards. Design concept should be considered in new installations, such as, glare, color rendering, diversity, uniformity, etc. Well defined parameters, like maintenance factor, protection class, environmental conditions, visual task requirement and minimum safety conditions, help reducing specific energy and costs

Keywords: Energy, Railway Systems, Lighting, Metro, Specific Energy, Safety

1. GİRİŞ

Enerji, insanlık tarihi sürecinde medeniyetlerin oluşması ve devamlılığını sürdürebilmeleri için özellikle son 200 seneden beri artan bir öneme sahip olmuştur. Bu da sürekli ve kalıcı bir gelişimin oluşabilmesi için enerji kaynaklarının üretimini, iletimini ve dağıtımını, kontrol altında tutulması gereken stratejik bir konu haline getirmiştir.

Enerjinin günümüzde artan stratejik öneminden ötürü ülkeler, politikalarını enerji kaynaklarının varlığına ve bu kaynaklardan enerjinin temin edilebiliyor olmasına, yani arz güvenliğine ve enerjinin kendi ülkelerinde kullanım alanlarına göre belirlemek zorunda kalmışlardır. Bu hayati öneminden dolayı, dünya üzerindeki ülkeler, değişik arayışlara yönelmekte ve enerji sorununa sürdürülebilir çareler aramaktadırlar.

Uluslararası Enerji Ajansının “2007 Dünya Enerji Görünümü Raporu” çalışmalarında hükümetler, UEA dan, enerji istatistiklerinin yanı sıra alınacak tedbirler konusunda da yönlendirici bilgiler istemişlerdir. Bu çalışma sonucunda, birincisi, artan enerji talebi, ikincisi de çevre kirliliği, CO₂ emisyonu ve bunlara bağlı sera etkisi olmak üzere önümüzdeki 20 yıl içerisinde bizleri bekleyen iki önemli kısıtlamayı ortaya çıkarmıştır [2].

UEA’ nın ilk defa bu kapsamda yapmış olduğu çalışma raporunda çözüm olarak üç ana başlık halinde aşağıdaki önlemler, ileri sürülmüştür.

- Düşük enerji yoğunluğunun temin edilmesi, (daha verimli ve az güç harcayan cihazların üretilmesi, v.b)
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması, yatırım ve işletme tedbirlerinin alınması, ülke bazında gerekli düzenlemelerin yapılması
- Nükleer teknolojinin tekrar gündeme gelmesi

Bunlardan ilk maddede bahsedilen enerji yoğunluğunun azaltılması, özellikle taşımacılık sektöründe önem arz etmektedir.

Çünkü, 1970 li yıllara kadar, elektrik enerjisi üretimi de dahil olmak üzere petrol ve türevleri bir çok sektörde ucuz olmaları bakımından kolaylıkla kullanılabilirdi. Ancak bu dönemden sonra yaşanan bölgesel sorunlar, siyasi krizler ve bunlara bağlı olarak gelişen petrol fiyatlarındaki ani yükselişler, dünya üzerinde ekonomik krizlerin yaşanmasına neden olmuştur. Bu sebeple ülkeler, petrole dayalı enerji tüketimini azaltıcı tedbirlere yönelerek, alternatif yeni teknolojiler geliştirmişlerdir. Günümüzde artık doğrudan petrole bağımlı elektrik enerjisi üretimi, çok düşük seviyelerdedir. Elektrik enerjisi üretimi için farklı birincil kaynaklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Petrole bağımlılığın azaltılamadığı tek sektör ulaşımdır. Elektrik üretimi, kömürden elde edilebilir ancak otomobil, otobüs ve uçak gibi ulaşım araçları, kömürle çalıştırılmazlar.

Bu yüzden, ülke bazında alınabilecek üç tedbirden birisi olan enerji yoğunluklarının azaltılması, özellikle petrole dayalı ulaşım sektöründe hayati önem arz etmektedir. Bu sayede özellikle elektrik enerjisi ile çalışan toplu taşıma sistemleri, ulaşım sektöründeki petrole olan bağımlılığı ve çevreye olan olumsuz etkilerini azaltma yönünde oldukça önem kazanmıştır.

Ulaşım sektöründe, enerji yoğunluklarının azaltılabilmesi için ekonomik sürüş teknikleri, yeni motor ve hibrid araç uygulamaları gibi bir çok teknolojik araştırmalar devam etmektedir.

Enerji yoğunluklarının azaltılması yönünde aydınlatma konusunda yapılan iyileştirmeler, genelde işletmeler için kısa ve orta vadede geri dönüşü daha kısa ve kolay olan uygulamalardır. Bu bakımdan enerji yoğunluğunu azaltma çabalarında ilk akla gelen ve kolay uygulanabilir konulardan biridir.

Genellikle, şehir içi raylı sistemlerin, yapım maliyetleri ve özellikle inşaat maliyetleri yüksektir. Raylı sistemler içindeki yer alan elektromekanik işler kapsamındaki aydınlatma tesisleri, özellikle kuruluş maliyetleri olarak toplam tesisin yatırım ve işletme maliyetleri yanında küçük bir miktar olarak kalmaktadır. Ancak işletme maliyetlerinde elde edilebilecek tasarruf oranları, azımsanmayacak düzeydedir.

Bu tez çalışmasında, ulaşım sektörü içerisinde yer alan şehir içi raylı sistemlerde enerji yoğunluklarının azaltılması yönünde aydınlatmanın payı incelenecektir. Bunun için özellikle aydınlatma kavramı ve konusu üzerinde durularak, minimum işletme güvenliğini sağlayacak olan sınırlar bulunmaya ve bu konudaki standartların

yaklaşımına göre olması gereken aydınlatma ihtiyaçları tanımlanmaya çalışılacaktır. Bu standartlar esas alınarak, aydınlatma yükünün en fazla olduğu yeraltı metro sistemlerinden biri olan İstanbul Metrosuna ait örnek bir istasyon ele alınıp karşılaştırmalı incelemeler yapılarak önerilerde bulunulacaktır.

2. ŞEHİR İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GEREKLİLİĞİ

Bilindiği üzere, şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun ve her yıl trafiğe çıkan araç sayısının artması, şehir içi trafik ulaşımını olumsuz etkilemektedir. Artan trafik yoğunluğu, beraberinde hava kirliliğini, petrol fiyatlarına bağımlılığı ve buna karşılık birim mesafe başına ulaşım maliyetinin artması gibi olumsuzlukları da getirmektedir. Şehir planlamacıları ve yerel yönetimler bu olumsuzlukları biraz olsun azaltmak için ya yolları genişletmek, veya toplu taşıma olanaklarını iyileştirmek ya da şehrin yerleşiminin yatay ve/veya düşey düzlemde genişlemesini düşünmek zorundadırlar. Bu seçenekleri uygulamak her zaman kolay olmamaktadır. Bu uygulamalar, büyük yatırım maliyetleri gerektiren, alt yapı sorunlarının bir anda giderilemediği ve sosyal değişim süreçlerinin de hesaba katılması gereken bir çok konuyu içermektedir.

İstanbul şehrini göz önüne aldığımızda karşımıza çıkan manzara bu duruma en iyi örneklerden biridir.

Şehir içi elektrikli raylı sistemlerin tercih edilmesine yönelik başlıca sebepler, aşağıda sıralanmıştır [2].

- Yüksek Enerji Verimliliği
- Yüksek Yolculuk Kapasitesi
- Hacimsel Verimlilik

2.1 Yüksek Enerji Verimliliği

Demiryolu sistemlerindeki enerji verimliliğinin yüksek olması, bu taşıma sistemine özgü bir karakteristiktir.

Bir raylı sistemde ortalama olarak taşınan yolcu ve kilometre başına harcanan enerji miktarı, hava taşımacılığına göre, 3 - 5 kat daha az olmaktadır. Yük taşımacılığında ise büyük kamyonlar ile yapılan karayolu taşımacılığında birim tonxkm başına harcanan enerjiden 46 defa daha azdır. Bu aşamada sadece deniz yolu ile yapılan

taşımacılık, demiryolu taşımacılığı ile enerji verimliliği bakımından karşılaştırılabilir seviyelere gelmektedir [3].

Tablo 2.1’de, sadece şehir içi taşımacılık sistemine ait olmasa da, genelde raylı sistemler dışında kalan karayolu taşımacılık türleri için gerçekleştirilen yolcu x km başına harcanan enerji yoğunlukları, gösterilmektedir. Yük taşımacılığı için benzer değerler, Tablo 2.2’de verilmektedir [3].

Tablo 2.1 : Karayolu Ulaşımında [yolcu x km] Başına Enerji Tüketimleri

Ulaştırma Alt Grubu	Yolcu x km Başına Enerji Tüketimi
Karayolu (otomobil)	567 kcal/kişi-km
Karayolu (otobüs)	155 kcal/kişi-km
Demiryolu	48 kcal/kişi-km

Tablo 2.2 : Sektörler İtibariyle Taşınan Yük Başına Enerji Tüketimleri

Ulaştırma Alt Grubu	Yük Başına Enerji Tüketimi
Karayolu (kamyon)	921 kcal/ton-km
Denizyolu	169 kcal/ton-km
Demiryolu	61 kcal/ton-km

Tablo 2.1 ve Tablo 2.2, demiryolu taşımacılığının diğer taşımacılık tiplerine göre hem yolcu ve hem de yük taşımacılığı bakımından çok daha verimli olduğunu göstermektedir.

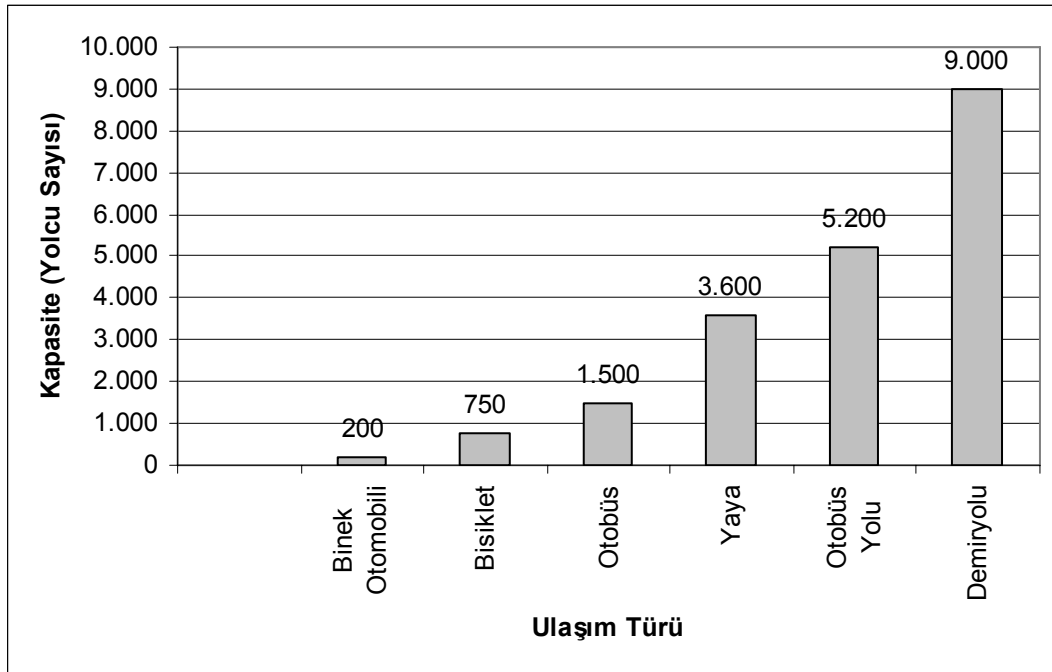
Raylı sistem araçlarının lastik tekerlekli araçlara göre harcadıkları enerji ve bu enerjinin dönüşümünde kullandıkları teknolojilere ait verimler de göz önüne alındığında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Şehir içi raylı sistemlerde kullanılan araçlar elektrik tahrikli olmak durumundadırlar. Böyle bir aracın, motor tahrik düzeneği sonucunda elde edilen toplam verimi ortalama olarak % 85 civarındadır. Oysa petrol kökenli fosil yakıt kullanan lastik tekerlekli bir araçta bu verim yaklaşık % 25’ dir.

Günümüzde elektrik enerjisini de kullanarak tasarruflu sürüş imkanı yaratan hibrit türü araçlar ve yakıt tasarrufuna yönelik yeni teknolojiler ortaya çıksa da bunların henüz toplu taşımada kullanıma geçebilme süreçleri, teknolojik gelişmelere ve daha da önemlisi gelecek zamana bağlıdır.

Raylı sistemlerde ise, enerji verimli sürüş teknikleri, buna uygun sinyalizasyon uygulamaları, faydalı frenleme (regenerative breaking) ve enerji depolama teknikleri gibi konularda yaşanan gelişmeler, eski teknolojiye sahip raylı sistemlerin modernizasyonunu ve buna bağlı yatırım masraflarını ekonomik olarak anlamlı kılacak seviyelere ulaştırmıştır.

2.2 Yüksek Yolculuk Kapasitesi

Şekil 2-1’ de, değişik ulaşım türleri arasında birim metre alt yapı genişliğine göre bir saatteki yolcu taşıma kapasiteleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Buna göre aynı alt yapı büyüklüğünde en fazla yolcu taşıma kapasitesinin raylı sistemlerde gerçekleştiği görülmektedir [2].



Şekil 2-1 : Değişik Ulaşım Türleri İçin Bir Metre Alt Yapı Genişliğine Denk Düşen Bir Saatteki Toplam Yolcu Sayısı

2.3 Hacimsel Verimlilik

Mekan boşluğu bakımından verimlilik olarak adlandırabileceğimiz bu konuya aşağıdaki örnek verilebilir .

Deneyle desteklenen teorik çalışmalar göstermiştir ki, kentsel demiryolu sistemleri, saatte, tek yönde 60000 yolcu taşıyabilmektedir. Aynı taşıma kapasitesi,

Özel araçlar ile yapılısaydı, sadece özel araçlara tahsisli 200 metre genişliğinde (yaklaşık 57 şeritli) yollar, otobüsler ile gerekleştirilseydi, yine aynı şekilde tek yönde sadece otobüslere ait 7 şeritli yolların yapılması gerekecekti [2].

3. RAYLI SİSTEMLERE GENEL BİR BAKIŞ

Genel itibarıyla demiryolu sistemleri, üç temel kategori altında sınıflandırılabilirler.

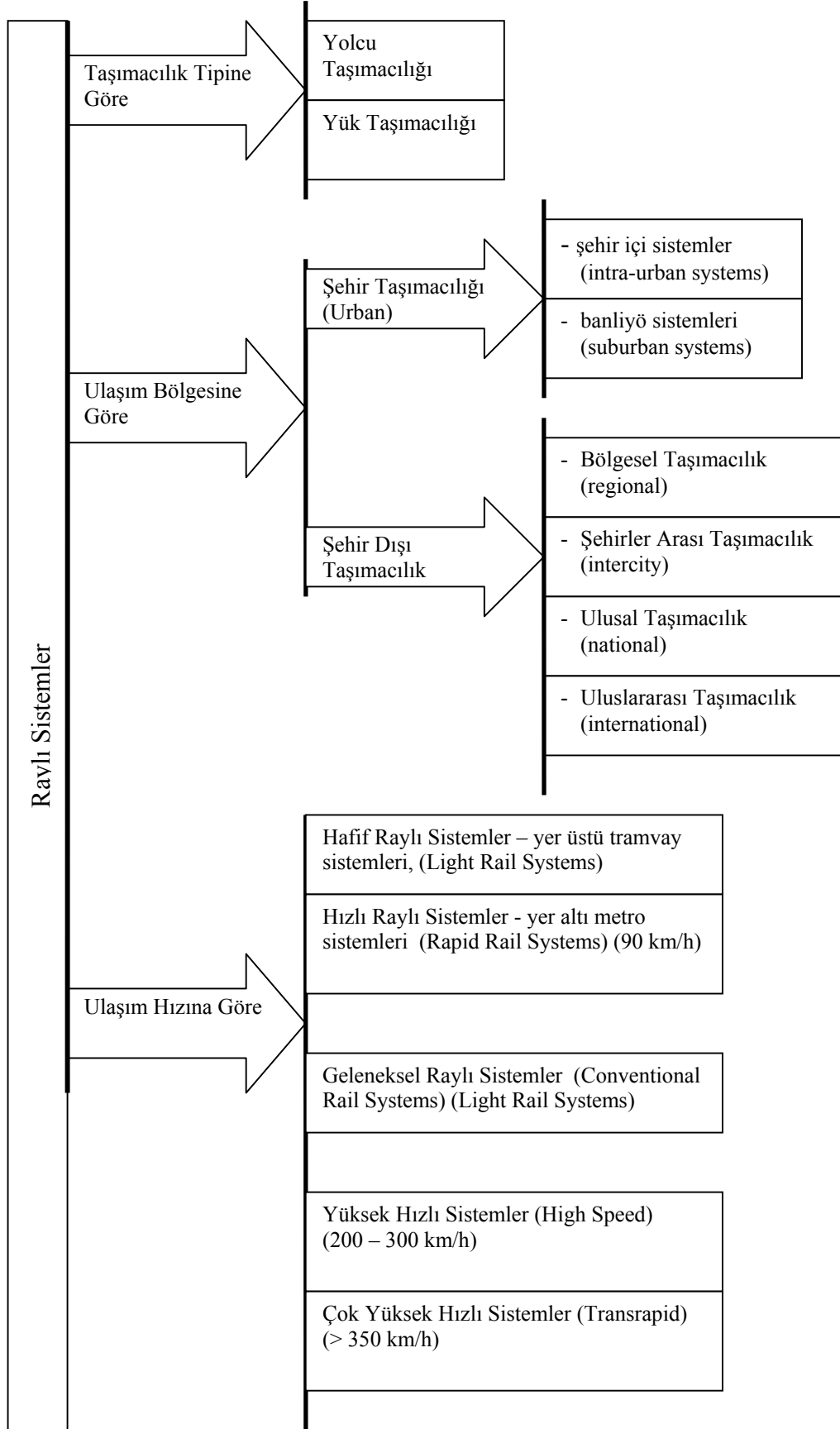
Bunlardan ilki taşıma tipine göre yapılan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırma, yolcu veya yük taşımacılığı şeklinde tanımlanır. İkinci kategori, raylı sistemlerin ulaşım alanlarına göre yapılır. Bunu da kendi aralarında şehir (urban) ve şehir dışı taşımacılık (extra-urban) şeklinde ayırmak mümkündür. Şehir taşımacılığı, kendi içerisinde şehir içi raylı sistem (intra-urban) ve banliyö sistemleri (suburban systems), olarak da alt gruplara ayrılmaktadır. Şehir içi raylı sistemler, şehrin merkezinde yer alan raylı ulaşım sistemleri olup, banliyö sistemleri de şehrin merkezinden uzak olan yerleşim birimlerine kurulan sistemleri ifade etmektedir. Şehir taşımacılığı, genelde yolcu taşımacılığı şeklinde gerçekleşir. Şehir dışı taşımacılık ise hem yolcu ve hem de yük taşımacılığı şeklinde gerçekleştirilebilir. Şehir dışı taşımacılık, bölgesel, şehirler arası, ulusal ve uluslar arası sistemler olarak sınıflandırılabilir.

Üçüncü ve son kategori ise, hıza göre yapılan sınıflandırmadır. Şehir ulaşımında hafif raylı sistem (light rail) ile hızlı raylı sistem (urban rapid rail) arasında bir anlam farkı vardır. Hafif raylı sistemler, tramvay sistemlerinde olduğu gibi kimi tamamen yer üstünde giden raylı sistemleri tanımlamaktadır. Hafif raylı sistemler, tamamen yer üstünde çalışan bir tramvay sistemi olabileceği gibi, kısmen yer altında, kısmen de yer üstünde çalışan sistemler olabilir. Hızlı raylı sistemler de tamamen yer altında çalışan metro sistemleridir. Hafif raylı sistemlerin atası, cadde üzerinde atlar ile çekilen tramvay araçları iken, metro sistemlerinin atası, buhar makineleri ile çalışan banliyö sistemleridir.

Hızları, 200 – 300 km/h arasında olan sistemler, şehir dışı raylı sistemler kategorisine girmekte olup yüksek hızlı sistemler (high speed rails) olarak tanımlanmaktadır. 350 km/h üzerindeki sistemler ise çok yüksek hızlı transrapid (maglev) olarak adlandırılırlar. Bunlar çoğunlukla, Japonya ve Avrupa yer alan şehirlerde bulunmakla

beraber özellikle Hindistan ve Çin' de yapımı süren projelerdir. Bu sistemlerin, uzun mesafe havayolu taşımacılığının maliyetleri ve sebep olduğu çevre kirliliği ile rekabet edebilecekleri ispatlanmıştır [2].

Şekil 3-1'de yukarıda bahsedilen sınıflandırmaya göre raylı sistemlerin ayrışmaları, şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3-1 : Raylı Sistemlerin Temel Sınıflandırılması

4. RAYLI SİSTEMLERİN KISA TARİHÇESİ

Kent içi yolcu taşımacılığında ilk raylı taşıma hattı 1832 yılında New York'un Harlem mahallesinde hizmete açıldı. Taşıtın "motoru" sadece bir çift attan oluşuyordu. Son durakta atlar aracın önünden alınarak arkasına takılıyor ve böylece taşıt ters yönde sefere çıkabiliyordu [4].

Avrupa'da ise yine atla çekilen ilk tramvay hattı 1853'te Paris'te açıldı. Raylar sayesinde "otuz kadar yolcuyla saatte 10 km hızla taşıyabilmek için" bir çift at yetiyordu [4].

Osmanlı İmparatorluğu yıllarında, ilk şehir içi toplu taşıma sistemine ait sözleşme, Dersaadet Tramvay Şirketi ile 30 Ağustos 1869 yılında imzalanmıştır [5].

Şehir içi raylı sistem 1871 yılında İstanbul'da Ortaköy-Beşiktaş-Tophane atlı tramvay hattı ile başlamıştır.

Dünyada 3. en eski Füniküler sistem, Galata ve Beyoğlu arasında 5 Aralık 1874 yılında hizmete girmiştir.

1912 yılında başlayan Balkan savaşında, Harbiye Nezareti elindeki at ihtiyacının yeterli gelmemesi üzerine İstanbul'da hizmet veren tramvayların tüm atlarını satın almıştır. Böylece İstanbul yaklaşık bir yıl tramvay'sız kalmıştır. Bu olumsuz durum, Avrupa'da çoktan çalışmaya başlamış olan elektrikli tramvayın İstanbul için de kaçınılmaz olduğu fikrinin yaygınlaşmasına neden olduğu için faydalı da olmuştur.

1911 yılında Tramvay vagonlarının elektrikle çalıştırılması ile ilgili sözleşme, Dersaadet Tramvay Şirketi ile imzalanmıştır. Şubat 1914 'de inşaatı tamamlanan santral binası, bu tarihten itibaren tramvaylara ve tüm tesisatlara elektrik vermeye başlamıştır. İlk elektrikli tramvay 2 Şubat 1914 tarihinde İstanbul'da Karaköy-Ortaköy hattında çalışmaya başlamıştır.

Ülkemizde 1950'li yıllara gelindiğinde İstanbul'daki tramvay hatlarının toplam uzunluğu 130 km'ye ulaşmıştır.

1956 yılından itibaren artan karayolu ulaşımından dolayı tramvay kullanımı azalmaya başlamıştır. Bu süreç, 1961 yılında Avrupa yakasında ve 1966 yılında Anadolu yakasında tüm tramvay hatlarının hizmet dışına alınmasıyla sonuçlanmıştır.

Ülkemizin en kalabalık şehri olan İstanbul'da 75 km'lik Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Elektrikli hızlı banliyö raylı hatları dışında, şehir içi ulaşımaya yönelik işletmeleri Büyükşehir Belediyesi bünyesinde olan 19,7 km'lik Tramvay hattı, 20 km'lik Hafif Raylı Sistem (LRT) hattı ve 8 km'lik derin tünel yeraltı metro hattı bulunmaktadır. Yoğun nüfus kitlelerinin bulunduğu diğer büyük şehirlerimiz olan Ankara'da şehir içi ulaşımı sağlayan, işletmesi Büyükşehir Belediyesi bünyesinde olan modern 24 km'lik aktif raylı sistem, Konya'da işletmesi Büyükşehir Belediyesi bünyesinde olan aktif 18 km'lik raylı sistem, yine İzmir'de işletmesi Büyükşehir Belediyesine ait olan modern aktif 11 km.'lik raylı sistem bulunmaktadır.

Uluslararası Demiryolu Birliği (UIC) yolcu taşıma kapasitesi bakımından saatte 15000 yolcu taşıma kapasiteli raylı sistemlere TRAMVAY, 25000 yolcu taşıma kapasiteli raylı sisteme LRTS, 25000'den yukarı yolcu taşıma kapasiteli raylı sisteme ise METRO tanımlaması yapmıştır. Büyükşehirlerdeki örnek uygulamaları gören diğer kentlerimizde de hızlı ulaşımaya yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bursa' da yaklaşık 10 km'lik bir sistem devreye alınmış olup, Adana ve Antalya'daki metro/tramvay çalışmaları halen devam etmektedir.

5. İSTANBUL İÇİNDEKİ RAYLI SİSTEMLER İŞLETMECİLİĞİ

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi (İBB) sorumluluğunda yapımı bitirilmiş ve halen işletmede bulunan sistemlerin yanı sıra, yapımı devam eden ve proje hazırlık aşamasında olan raylı sistemler de mevcuttur. Bu sistemlere ait özet bilgiler, Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 : İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sorumluluğu Altındaki Raylı Sistemlerin Durumu

İSTANBUL’DA MEVCUT RAYLI SİSTEMLER					
Hattın Adı	Hattın Türü	Hat Uzunluğu (km)	Yolcu Kapasitesi (Bin / saat)	Araç Sayısı	Durumu
Aksaray - Havaalanı	Hafif Metro	20	25	60+45	İşletmede
Taksim-4.Levent	Metro	8	70	32	İşletmede
Kadıköy-Nostalji	Nostaljik Tramvay	2.62	7	4	İşletmede
Taksim-Kabataş	Finikuler	0,610	9	2	İşletmede
Eminönü-Zeytinburnu	Cadde Tramvayı	11.2	15	46+9	İşletmede
Zeytinburnu-Bağcılar	Cadde Tramvayı	5.7	15	28	İşletmede
Eminönü-Kabataş	Cadde Tramvayı	2.80	5	12	İşletmede
Edirnekapı-Sultançiftliği	Cadde Tramvayı	12.2	15	70	Kısmen İşletmede
İSTANBUL’DA İHALE EDİLMİŞ VE YAPIMI DEVAM EDEN RAYLI SİSTEMLER					
Hattın Adı	Hattın Türü	Hat Uzunluğu (km)	Yolcu Kapasitesi (Bin / saat)	Araç Sayısı	Durumu
Taksim-Yenikapı	Metro	5,20	70	92	İnşaat Aşamasında
Aksaray - Yenikapı	Hafif Metro	0,7	35	8	İnşaat Aşamasında
4.Levent - Ayazağa	Metro	3,6	70		İnşaat Aşamasında
Otogar-Bağcılar	Hafif Metro	5	35	34	İnşaat Aşamasında

İSTANBUL'DA İHALE SÜRECİ DEVAM EDEN RAYLI SİSTEMLER					
Kadıköy-Kartal	Hafif Metro	22	35	132	İhale Değerlendirme Aşamasında
İSTANBUL'DA PROJE AŞAMASINDAKİ RAYLI SİSTEMLER					
Bakırköy-Beylikdüzü	Hafif Metro	21	35	132	Kesin Proje İhalesi Yapıldı
Yenikapı - Bağcılar	Metro	10	70	84	Kesin Proje Aşamasında
Bağcılar - Mahmutbey -İkitelli	Metro	10	70	84	Kesin Proje Aşamasında
Üsküdar-Ümraniye	Hafif Metro	17	35	120	Kesin Proje Aşamasında
Göztepe - Ümraniye	Hafif Metro	5,0	35	30	Etüd Aşamasında
Haliç Çevresi	Cadde Tramvayı	10	15	48	Etüd Aşamasında
Kartal - Kurtköy H.Alanı	Hafif Metro	9,6	35	60	Etüd Aşamasında
Beşiktaş -Şişli -Otogar	Lineer Metro	13,5	35	100	Proje İhalesi Aşamasında
Bakırköy Havaray	Monoray	3,4	15	16	Etüd Aşamasında
Zeytinburnu-Bakırköy İDO	Cadde Tramvayı	3,65	5	12	Etüd Aşamasında
Bağcılar - Yüzyıl mah.	Cadde Tramvayı	6,2	15	30	Etüd Aşamasında

5.1 Prosesin Yapısı

İstanbul Ulaşım A.Ş 1989 yılında raylı olan veya olmayan yeraltı ve üstündeki yollarda, denizde ve havada gerçekleştirilebilecek tüm ulaşım ve taşıma hizmetlerini sağlamak üzere kurulmuştur. Şirketin faaliyet alanında mühendislik, müşavirlik, inşaat ve kontrollük hizmetleri ve tüm bu hizmetlerle ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen tüm bu hizmetler şehir içi toplu ulaşım servisinin yürütülmesi için yapılmaktadır. Şirket sermayesinin % 99,8'i Büyükşehir Belediyesine aittir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan yaklaşık 52 km uzunluğundaki şehir içi raylı sistemlere ait hatların işletmesi İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından yapılmaktadır.

İstanbul Ulaşım A.Ş. hizmet tabanlı bir şirket olduğu için, sanayi ve benzeri diğer işletmeler için kullanılan üretim kelimesi yerine hizmet miktarını ölçeklendirmek için yolcu sayısı ifadesi kullanılmaktadır.

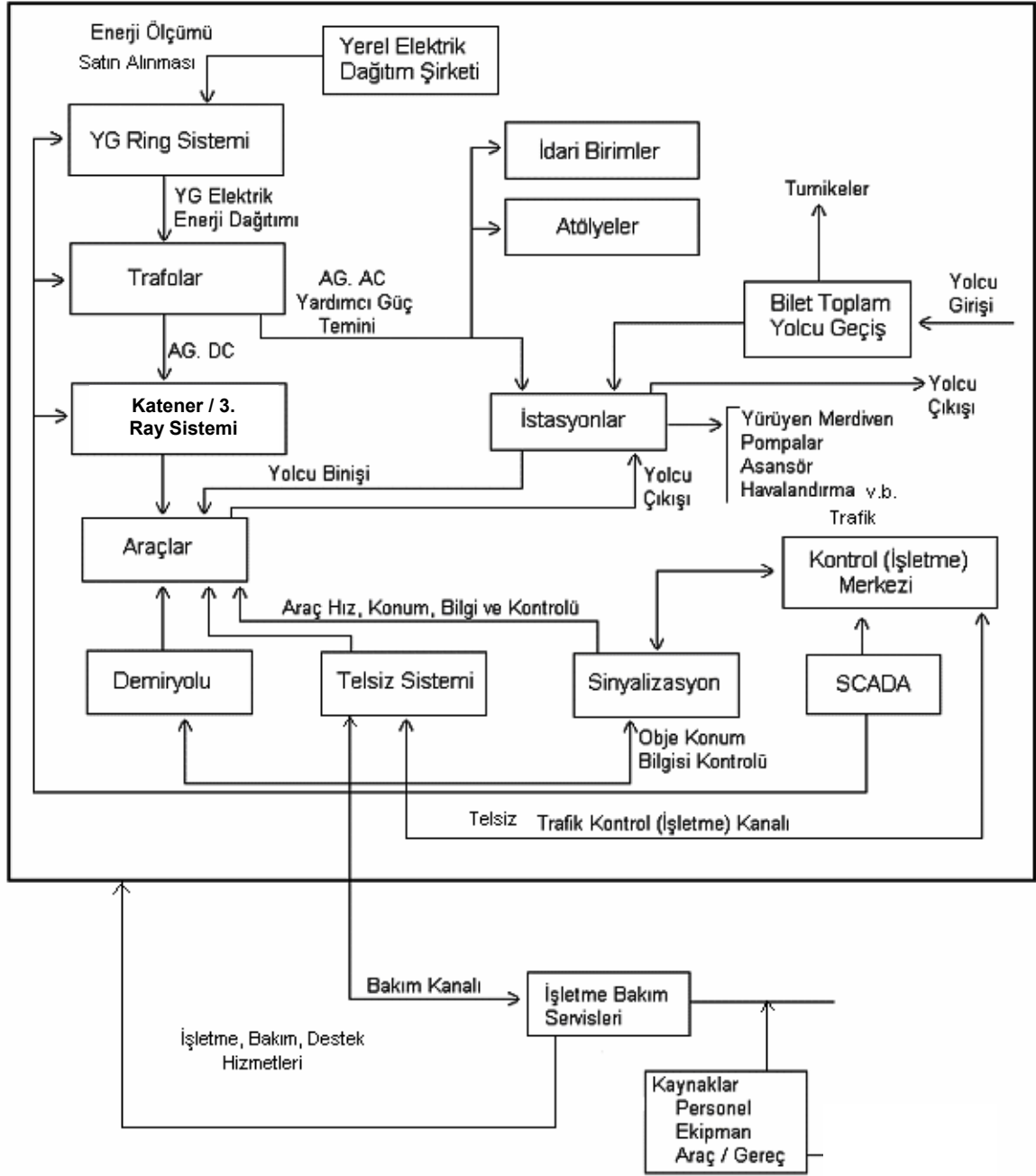
Prosesin ana girdisi, taşınan yolcu miktarıdır. Bunun için hizmet gören tesisler, yolcu istasyonlarıdır. Bu istasyonlarda, giren yolcu miktarı, turnike sisteminde sayılmakta ve merkezde bu bilgiler toplanmaktadır.

Yolcuları taşıma işlemi ise, araçlar vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Sonuç itibarıyla bir raylı taşıma sistemi, esas iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilk grup sabit tesisleri (fixed installations), ikinci grupta hareketli sistemleri (rolling stocks) yani, araçları ve bunlardan meydana getirilen tren dizilerini oluşturmaktadır.

Bu iki ana grubu, enerji besleme yönünden de ikiye ayırmak mümkündür. Bunlardan ilki, sabit tesisler grubunda, yani yolcunun taşınması, aktarması ve bu süreç içinde gerçekleşen bütün güvenlik, haberleşme, işletme, bakım, arıza ve benzeri hizmetlerin görülebilmesi için harcanan enerji miktarıdır. Bu bölüm yardımcı tesislerde harcanan enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji miktarı, taşınan yolcu sayısından bağımsız olarak işletmede gün içinde hizmet sürekliliği bakımından gerçekleşmesi gereken enerji tüketimidir.

İkinci grup üzerinde harcanan enerji miktarı da çek gücü, (traction power) olarak adlandırılmaktadır. Burada sarf edilen enerji miktarı, taşınan yolcu sayısına ve kat edilen toplam km miktarına bağlıdır. Aslında araçlardaki enerji tüketimlerini de kendi içinde araç içi sabit yardımcı tüketiciler ve ana çek motorları (traction motors) olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Yani araç içinde de yolcu sayısından bağımsız tüketim yapan aydınlatma, havalandırma, ısıtma gibi tüketiciler ile kütle ve yol güzergah profiline, hıza ve yolcu sayısına bağlı olarak enerji tüketimi değişebilen bir tahrik sistemi mevcuttur.

Genel bir proses yapısı Şekil 5-1'de gösterilmektedir [6]. Bu şekilde, yolcu akışı ile ilgili hizmetlerin sunulabilmesi için gerekli olan sistem yapısının ana bileşenleri ile bunlar arasındaki ilişkiler şematik olarak gösterilmeye çalışılmıştır.



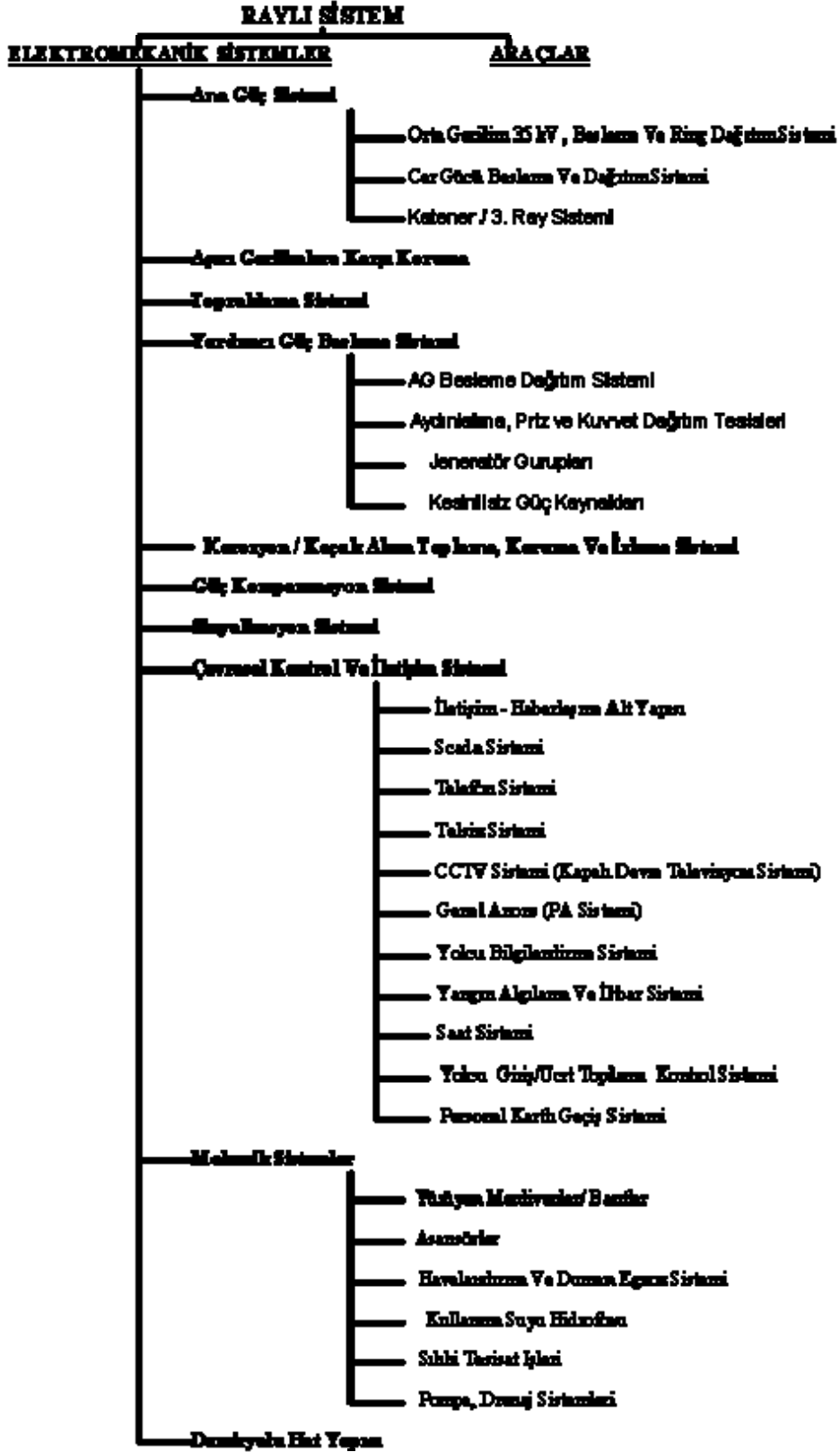
Şekil 5-1 : Bir Raylı Sistemine Ait (Metro Sistemi) Genel Proses

5.2 Raylı Sistemi Oluşturan Genel Alt Sistem Yapısı ve Bileşenleri

Bir raylı sistem üzerinde yer alan faaliyetlerin ve iş akışlarının gerçekleşebilmesi için bir önceki bölümde belirtildiği gibi sistemin bu proses yapısına ilişkin alt yapısı kurulmalıdır. Bu alt yapının temel olarak iki ana alt bileşeni vardır. Bunlar, sırasıyla araçlar ve elektromekanik sistemlerdir.

Araçlar, sistemin hareket halindeki yapısını oluşturmaktadır ve işletmenin yolcu taşımacılığına ait kısmını gerçekleştirmektedir. Elektromekanik sistemler ise, bu işletmenin yolculuk hizmetlerine ait olan istasyonlardaki yolculuk aktarımına ait diğer işlevleri görmektedir. Elektromekanik sistemler, istasyonlarda ve hat boyunca yolculuk hizmetlerini güvenli bir şekilde sağlamak üzere kurulan, elektrik, mekanik ve elektronik sistemlerinin tamamını oluşturan sabit tesislerdir.

Sistem genel yapılanması Şekil 5-2'de gösterildiği gibidir [6]. Şekil 5-2, bir raylı sistemde olması gereken genel yapıyı göstermektedir. Gösterilen bu yapı, raylı sistem türlerine göre değişebilir. Örneğin hafif raylı sistemlere ait olan bir cadde tramvay sisteminde mekanik sistemlerin hiçbiri, çevresel kontrol sistemlerinden ise bazıları yer almayabilirken, metro sisteminde bunların tamamı sistem içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 5-2 : Bir Raylı Sistemin (Metro Sistemi) Genel Bileşenleri [6]

5.3 İstanbul Metrosu

Taksim – 4.Levent arasında hizmet veren metronun yapımına 1992 yılında başlanmış ve 16 Eylül 2000 tarihinde hizmete girmiştir. Sistem tamamen yer altında olup toplam 6 adet istasyon vardır. Sistemde 4 adet araçtan oluşan diziler, işletim halindedir. Sistem, ileride dört araçlık bu dizilerin ikisinin birbirine bağlanarak sekizli dizi olarak çalışmasını olanaklı kılacak tasarıma sahiptir.

5.3.1 Metro İstasyonları

Taksim, toplam boyu 235 metre. olan cadde seviyesinden 35 metre. aşağıda bir uç istasyondur. Taksim meydanında 2, gezi parkında 1, Cumhuriyet Caddesi üzerinde 1 ve özürlü yolcu girişi 1 adet olmak üzere 5 girişi vardır. Yolcuların uzun tünelleri yorulmadan kat edebilmeleri için yürüyen bantlar ve engelli yolcular için özürlü asansörleri ve yürüyen merdivenler bulunmaktadır.

Osmanbey istasyonu, 6 girişi olan 231 metre uzunluğunda ve cadde seviyesinden 23 metre derinlikte bir ara istasyondur.

Şişli istasyonu 6 girişi olan 235 metre. uzunluğunda ve cadde seviyesinden 28 metre derinlikte bir ara istasyondur.

Gayrettepe istasyonu, Gayrettepe-Zincirlikuyu arasında, Büyükdere Caddesi altındadır. İçinde alışveriş merkezi de bulunan bu istasyonun 2 adet yaya girişi, 2 adet otopark girişi mevcuttur. Ayrıca cadde seviyesinde 2 adet acil çıkış bulunmaktadır. 238 metre. uzunluğunda olan bu istasyon cadde seviyesinden 27 metre. derinlikte bir ara istasyondur.

Levent istasyonu, Büyükdere Caddesi altında 4 adet girişi olan 240 metre uzunluğunda ve cadde seviyesinden 27 metre. derinlikte bir istasyondur.

4.Levent istasyonu, Büyükdere Caddesi altında 4 adet girişi olan 235 metre. uzunluğunda ve cadde seviyesinden 20 metre derinlikte olan bir uç istasyondur.

Şekil 5-3'de İstanbul metrosuna ait istasyonlardan bazı görünüm verilmektedir.



Şekil 5-3 : Metro İstasyonlarından Görünümler

5.3.2 Genel Teknik Özellikler

İstanbul Metrosu'nda yaşanabilecek her türlü olumsuz duruma karşı senaryolar hazırlanmış ve bu senaryolarla ilgili simülasyonlar yapılarak çözüm planları oluşturulmuştur.

İstanbul Metrosu'nda, istasyonların her bölgesinde bulunan kameralarla sistem sürekli gözlemlenmekte ve kontrol edilmektedir. Ayrıca sivil ve üniformalı güvenlik görevlileriyle kontrol sağlanmaktadır.

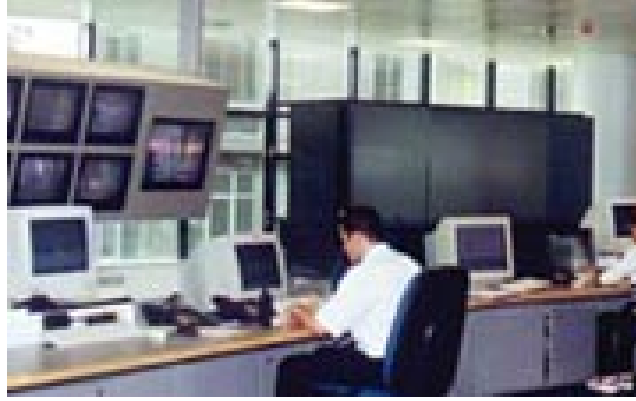
En son teknoloji ile inşa edilen İstanbul Metrosu'nda, güvenilir bir yangın emniyet sistemi bulunmaktadır. Sistemin her yerinde yangın ihbar algılayıcıları bulunmaktadır. Kullanılan tüm ekipmanlar, yüksek derecede ısıya dayanıklı ve zehirli gaz çıkarmayan malzemelerden seçilmiştir. Yangın durumunda insanların güvenli olarak mahalli terk edebilmeleri için ispatlanmış ve güvenilir bir duman kontrolü ve tahliye sistemi bulunmaktadır.

Hattın sinyalizasyon, makas ve araç sistemi, tam otomatik olup ihtiyaç halinde elle de çalıştırılabilmektedir.

İstanbul Metrosunda tüm sistemin enerji beslemesi iki ayrı noktada bulunan Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ (TEDAŞ) trafo merkezlerinden yapılmaktadır. Her iki besleme noktası da devre dışı kalırsa 15 saniye içinde generatörler devreye girmekte ve tünel içerisinde kalan tüm trenler en yakın istasyona ulaşarak yolcularını tahliye edebilmektedir. TEDAŞ enerji beslemelerinin kesilmesi ve generatörlerin arızalanıp

devreye girememesi durumunda, aydınlatma sistemi ve elektronik kontrol sistemleri 3 saat süreyle kesintisiz güç kaynakları üzerinden beslenebilmektedir

Şekil 5-4’ de İstanbul metrosuna ait bütün sistemlerin kontrol ve kumandalarının yapıldığı, sistemlerin izlendiği trafik kontrol merkezine ait bir görünüm verilmiştir. Bu merkezde sadece trafik değil aynı zamanda yukarıda bahsedilen bütün sistemleri izleme ve kontrol donanımı yer almaktadır.



Şekil 5-4 : İstanbul Metrosu Trafik Kontrol Merkezine Ait Görünümler

Şekil 5-5’ de araçların bakımlarının yapıldığı bakım alanı gösterilmiştir.



Şekil 5-5 : İstanbul Metrosu, Ön Bakım Alanına Ait Görünümler

5.3.3 İstanbul Metrosu Elektrik Sistem Yapısı

İstanbul Metrosuna ait elektrik sistem alt yapısı, ana başlıklar halinde aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 34,5 KV- Orta Gerilim (OG) Dağıtım Sistemi
- 750 V-DC Cer Gücü (DC) Dağıtım Sistemi
- 400/230 V-AC Alçak Gerilim (AG) Dağıtım Sistemi
- 110 V-DC ve 400/230 V-AC Acil Durum Güç Dağıtım Sistemi
- Transfer Link Sistemi

- Topraklama sistemi
- SCADA sistemi

5.3.3.1 Orta Gerilim (OG) Dağıtım Sistemi

İstanbul Metrosu 58,8 MVA'lık bir kurulu güce sahip olup (33 MVA Cer Gücü + 25,8 MVA Yardımcı Güçler) TEDAŞ'ın 154 / 34,5 kV Kasımpaşa (25 MVA) ve Levent (25 MVA) merkezlerinden enerji ihtiyacını temin etmektedir. Sistem, bu merkezlerden birisinde enerjinin kesilmesi durumunda diğerinden beslenebilecek şekilde yedekli tasarlanmıştır.

Enerji satın alınan TEDAŞ'a ait tüm besleme noktaları ile Metro hattına ait trafo merkezlerinin kendi aralarında 36 KV orta gerilim kabloları ile oluşturulan ring şebekesi bulunmaktadır. OG sisteminin temel özelliği nedeniyle, hat üzerindeki satış noktalarından sadece birinden enerji temin edilebilmesi halinde bile, Metro İşletmesine ait trafo merkezleri; yoğun işletme saatlerine (peak hours) denk gelen aşırı yük (minimum headway ve peak hours) durumlarında bile bütün sistemin enerji ihtiyacını karşılayacak ve işletme sürekliliğini sağlayacak kapasitededir.

Her iki şalt merkezinde de enerjinin kesilmesi durumunda sistem ve yolcu güvenliği düşünülerek Taksim ve Levent'e birer tane acil servis generatörü (5 MVA, 6,3 kV) konulmuştur. Bu generatörler, otomatik olarak devreye girmek üzere stand-by konumdadırlar ve 25 saniye içerisinde yük alabilmekte ve sistemi beslemeye başlayabilmektedirler. Bu generatörlerle sadece karşılıklı iki tren hareketi mümkün olabilecek ve trenler sırayla en yakın istasyonlara çekileceklerdir. EK-1 'te OG tek hat şeması verilmiştir.

Generatör çıkışlarında gerekli besleme gerilimini sağlamak için 6,3 / 34,5 kV çevirme oranlarına sahip 5 MVA gücünde 2 adet generatör trafosu bulunmaktadır. Bu trafolar, kuru tip olup bakım gerektirmemektedir.

Orta gerilim (OG) sisteminin 18 adet OG pano grubu vardır ve 92 adet kesici hücresi vardır. Bunlardan 65'i giriş-çıkış kesicisi, 15'i iniş-çıkış bara hücresi, 12 adedi de kuplaj kesicisidir. Kesiciler SF6 gazlı olup normal yük, aşırı yük, ve arıza (kısa devre) gibi her durumda devreyi açar ve kapatırlar.

5.3.3.2 750 V-DC Cer Gücü (DC) Dağıtım Sistemi

İstanbul metrosu araçları 750 V Doğru Gerilim (DC) gerilim ile tahrik edilmektedir. Tren enerji ihtiyacını hat boyunca taşıyıcı rayların yanına monte edilmiş olan 3. raydan almaktadır. Araçlardaki Cer motorları, 4 EXF 2522 A tipi 152 kW gücünde ve 375 VDC armatür geriliminde ikişerli gruplar halinde seri ve paralel bağlanmış doğru akım motorlardır. DC motorların tahrik sistemi, güç devresi ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Araçlarda taşıyıcı ve motorlu olmak üzere iki tip boji vardır. Bojiler, araç gövdesini taşımak amaçlı içlerinde iki adet aks bulunan düzeneklerdir. Bir aksın her iki ucuna takılı olan tekerlekler ile araç hareketi sağlanabilmektedir.

Araçlara enerji, 3. ray denilen bir sistem üzerinden sağlanmaktadır. Araç tekerleklerinin gittiği raylara paralel döşenen bu ray sistemi ile araçlara 750 V DC gerilim sağlanmaktadır. Motorlu araçlar, bojilerinin ortasına yerleştirilmiş olan kollektör pabuçları yardımıyla 3. raya üstten sıkı basmak suretiyle enerjiyi araca iletirler. Üçüncü ray, BSC-75 tipi az karbonlu masif çelikten imal edilmiş olup yerden 30 cm yukarıya monte edilmiştir. 3.ray'ın akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü, ileride çalıştırılacak 8 araçlık trenler göz önüne alınarak hesaplanmıştır. 3.rayın bazı teknik özellikleri aşağıda verilmektedir.

Kesit alanı	: 9489,5 mm ²
Hesaplanan kütle	: 74.49 kg/m
Max. Direnç	: 11.64 mΩ/km

3.raylar üzerine elektriksel bakımdan yalıtkan olan koruma kapakları takılmıştır. Bu şekilde insanların yanlışlıkla raylara dokunup elektrik çarpmasına maruz kalmaları önlenmiştir. 3. ray, maksimum yükü, aşırı ısınma ve gerilim düşümü sıkıntıları olmadan taşıyacak büyüklükte ve kesitte seçilmiştir.

750 V-DC gerilim, TPS'lerdeki (Cer Gücü Trafo Merkezi) Doğrultucu Trafoları (34,5/0,6 kV 'luk) ve 12 Darbeli Kontrolsüz Doğrultucu (0.6 kV girişli 750 VDC çıkışlı) gruplarından elde edilmektedir. 750 V-DC tek hat şeması EK-2' de verilmiştir.

Doğrultucu trafoları Levent istasyonu hariç, diğer beş istasyonda (Taksim – Osmanbey – Şişli – Gayrettepe – 4. Levent) 2 şer adet olmak üzere toplam 10 adettir.

Bu trafolar, primeri tek sekonderi çift sargılı, dökme reçine vakumlu kuru tip özellikte olup nem almayan kapalı alanlar için bakım gerektirmeyen yapıdadır.

Doğrultucu grupları da doğrultucu trafoları gibi Levent hariç toplam 10 adettir. Trenin ihtiyaç duyduğu 750 V-DC gerilim, 34,5 / 2x0,59 kV Trafoları ve 2x590V-AC / 750V-DC Doğrultucu grubu üzerinden elde edilmektedir. 12 darbeli, 12 adet diyot grubuna sahip doğrultucu üniteleri vasıtasıyla elde edilen DC gerilim ile 3. ray beslenmektedir.

Doğrultucudan elde edilen 750V-DC gerilim, DC kesiciler üzerinden hattı beslemektedir. Toplam 41 adet 750V-DC kesicisi ve hücreleri mevcuttur. Bunun dışında “Ön Bakım Alanı” (PMA) diye adlandırılan 4.Levent istasyonunda trenlerin bakımı için bir bakım alanı oluşturulmuştur. PMA bölgesinde araçlar, stinger adı verilen ve 750 V enerjiyi bir kablo soket bağlantı düzeni ile sağlayan sistem tarafından beslenirler.

Kesiciler ve diğer DC sistem ekipmanları şu şekilde gruplandırılmıştır:

- 5 adet cer gücü besleme istasyonunda (TPS) 6 adet 3.ray cer gücü dağıtım panosu (TDB) vardır. Her TPS’de 2 adet doğrultucu trafosu, 2 adet doğrultucu grubu ve DC kesiciler bulunmaktadır. DC kesiciler yardımıyla Hat-1 ve Hat-2 olmak üzere her iki yola, bağımsız bir şekilde enerji sağlanabilmektedir.
- 5 adet cer gücü bölümlendirme panosu (TSB) vardır. Ray devre kesicileri, (TCB) ve Koruma kuponu devre kesicileri (PCCB), Cer gücü bölümlendirme panosu (TSB) hattına yerleştirilmişlerdir.
- 10 adet grup devre kesicisi (GCB) vardır. Bu kesici, doğrultucunun pozitif 750 V-DC ucunun raylara dağılımına karşı gerektiğinde enerji izolasyonunu sağlar.
- 26 adet ray devre kesicisi (TCB) vardır. Bu kesici, bir ray zonuna (enerji besleme bölgesine) 750 V-DC dağıtımını sağlar.
- 4 adet koruma kupon devre kesicisi (PCCB) vardır. Her bir ray hattı bölgelere ayrılır ve her bir bölge komşu bölgeden bir Koruma Kuponu Devre Kesicisi (PCCB) vasıtası ile izole edilir.
- 1 adet bakım alanı ray hattı devre kesici (TCBMA) vardır.
- 10 adet 750V-DC Sistemi kontrol ve kumada panosu (TCC) vardır.

- 5 adet kaçak akım drenaj hücresi (TCD) vardır. Bu fonksiyon madeni yüzeyler (tünel, binalar,...) üzerinde olası korozyon etkilerini önlemek amacı ile tercihli bir yol vasıtası ile cer akım dönüşünün boşaltılmasını sağlar.
- 6 adet DC negatif koruma panosu (TNP) vardır. Bu fonksiyon seyir rayı (750 V-DC negatif ucu) ve toprak arasındaki gerilim kontrolünü sağlar. Bu gerilimin bir saniyeden az bir süre için 90 V DC'nin üzerinde olması halinde, negatif kontaklama kontaktörü kapanır. Bu gerilimin 1 sn'den fazla bir süre için 90 V DC'nin üzerinde olması halinde ilgili zona beslemede bulunan tüm TCB'ler direkt olarak TPS bölgesinde ve bölümlendirme panolarının TCB'lerine ilişkin bağımlı hat plakaları aracılığı ile tetiklenir ve açık konumda kilitlenir. Ray negatif topraklama gerilimi kontaktörü, kesici tipindedir.
- 10 adet negatif ayırıcı hücresi (TNS) vardır. Bu ayırıcılar negatif cer şebekesinin Doğrultucu ünitesinin negatif terminalinden elle yalıtımını sağlar.
- 6 adet acil durdurma butonları kumanda panosu (CTB) vardır. Herhangi bir tehlikeye karşı 750 V-DC ray geriliminin kesilmesini sağlayan panolardır. CTB panoları PTES (Acil açtırma butonu) butonlarının kumanda panosu olduğu için ve PTES butonları trenleri acil durumda 750 VDC beslemesini keserek durdurur.
- 20 adet şönt ayırıcı vardır. Güçsüz olarak bir devreyi açan veya kapatan güvenlik cihazıdır. 3.Ray ile Toprak arasına monte edilmiş olan bu ayırıcılar tren seferleri bittikten ve enerji kesildikten sonra ayırıcılar kapatılır. Bu suretle 3.Ray'a enerji verilmesi engellenmiş ve bakım çalışması yapan personelin hayati tehlike riski ortadan kaldırılmış olur.
- Taşıyıcı raydan doğrultucu üzerinden dönen negatif akımlar, bir negatif akım şalteri ve koruma ünitesi üzerinden redresörün negatifine bağlanmıştır.

5.3.3.3 400/230 V-AC Alçak Gerilim (AG) Dağıtım Sistemi

İstasyonların enerjilendirilmesi, Taksim ve Levent'teki ana trafo merkezlerinden dağıtımı yapılan ikili ring şebekesiyle sağlanmaktadır. Her istasyonun kuzey ve güney kısımlarındaki OG şalt odalarından da gerek istasyon AG yardımcı tesislerine gerekse DC şalt donanımına enerji sağlanmaktadır.

Her istasyonda kuzey ve güneyinde 2 adet olmak üzere her biri 2 MVA gücünde, 34,5/0,4kV çevirme oranına sahip toplam 12 adet yardımcı güç besleme trafosu

bulunmaktadır. Bu trafolar, dökme reçine vakumlu kuru tip özelliktedirler. Nem almayan kapalı alanlar için bakım gerektirmeyen yapıdadırlar. Bu 12 adet aydınlatma ve güç trafosu alçak gerilim dağıtım panoları (LVS) vasıtası ile istasyonlardaki ve tünellerdeki tüm yardımcı birimlere ve sabit ekipmanlara beslemede bulunmak üzere 34,5 kV gerilimi 400/230 V-AC alçak gerilime dönüştürürler. Bu trafolardan, yürüyen merdivenler, yürüyen bantlar, yangın sistemi, asansörler, havalandırma, drenaj sistemi, tünel priz ve aydınlatma sistemi, UPS vb. sistemler beslenirler.

Bununla birlikte sistemde generatör binalarının iç beslemelerinde kullanılmak üzere B1 (Taksim Generatör Binası) ve B2 (Levent Generatör Binası)' de birer adet 34,5/0,4kV çevirme oranına sahip yağlı tip trafo kullanılmıştır.

Sistemde 14 adet Alçak Gerilim Ana Dağıtım Panosu (LVS) vardır. 34,5 kV/400 V trafosu çıkışı 400/230 V-AC alçak gerilimini sisteme dağıtır. Bu panolar aracılığı ile istasyon yardımcı sistemlerinin enerjilendirilmesi üçe ayrılmıştır:

- Acil yüklerin UPS'den beslenmesi
- Zorunlu yüklerin beslenmesi
- Zorunlu olmayan yüklerin beslenmesi

Zorunlu yükler:

- Kesintisiz güç kaynağı (UPS)
- İç ihtiyaç
- Acil durum dağıtım panoları (EDB)
- Acil uyarı levha panoları (ESP)
- Batarya şarj cihazı dağıtım tablosu (İstasyon) (BCB)
- Tünel havalandırma kabinleri (TVC)
- Egzost havalandırma kabinleri (EXC)
- Havalandırma dağıtım tablosu, güç besleme kabinleri (VDB)
- Havalandırma dağıtım tablosu, konkors yolcu alanı (EXC)
- Havalandırma dağıtım tablosu, asansörler motor odası (VDB)
- Havalandırma dağıtım tablosu, elektrik teknik oda (VDB)

- Asansör panoları (LFP)
- Yürüyen merdiven panoları (ESC)
- Tünel aydınlatma panoları (STP)
- Batarya şarj cihazı dağıtım tablosu (BCB) (Tünel)
- Yangın kontrol panoları (FCP)
- Sinyalizasyon sistemi UPS SER+CCR cer (UPS)
- Cer kumanda hücresi (TCC)
- Haberleşme sistemi dağıtım panosu (CDB)
- Yangın algılama dağıtım panosu (FDB)
- Drenaj panoları (DGP)

Zorunlu olmayan yükler:

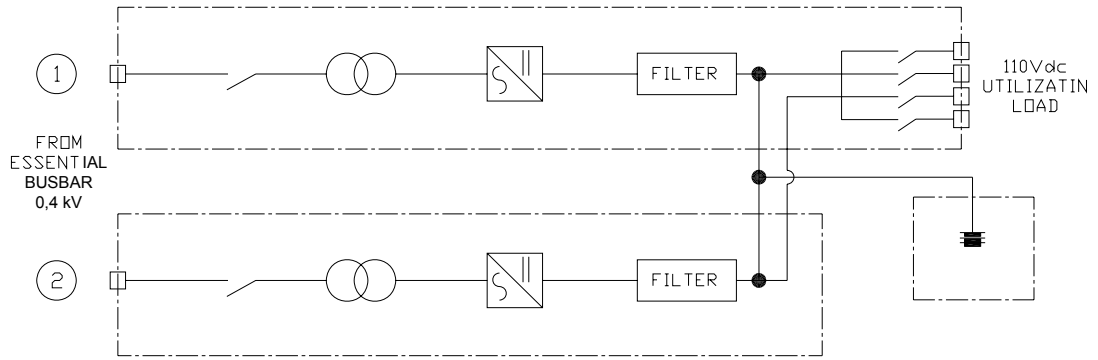
- Havalandırma dağıtım tablosu, mağaza alanları (VDB)
- Havalandırma dağıtım tablosu, INF odası (VDB)
- Havalandırma dağıtım tablosu, klima sistemi (VDB)
- Emme havalandırma kabinleri (INC)
- Tünel priz panoları (GTP)
- İstasyon priz panoları (GSP)
- İstasyon aydınlatma panoları (SCT)
- OG Şalt donanım ısıtma (MVS)

5.3.3.4 110 V-DC ve 400-230 V-AC Acil Durum Güç Dağıtım Sistemi

İstanbul metrosu acil durum güç ihtiyacını, batarya şarj üniteleri (BCB) ve kesintisiz güç kaynağı üniteleri (UPS) ile sağlamaktadır.

Elektrik sistemlerinde 19 adet batarya şarj ünitesi (BCB) mevcuttur. Kumanda ve kontrol sistemlerinin beslemesi için 110 V DC gerilim kaynağı bulunmaktadır. Tüm elektrik sistemlerinin (OG şalt donanımı, Ana AG dağıtım tablosu, 750 VDC şalt donanımı ve batarya koruma panosu) yakın ve uzak kontrol ve kumandası 19 adet 110 V DC Doğrultucu gurupları ile sağlanmaktadır. Bataryalar Ni-Cd tiptedirler.

Batarya şarj vasıtası ile 110 VDC kontrol geriliminin, sistem uzak/yakın kontrolünün kesilmemesi için sağlanmasına ait devre şeması, Şekil 5-6'da gösterildiği gibidir.



Şekil 5-6 : Acil Yükler İçin 110 V DC nin Batarya Gurubu Üzerinde Üretilmesi

Kesintisiz Güç Kaynakları (UPS), 400-230 VAC kaynakların arızalanması, performans kaybına uğraması, şebekeden kaynaklanabilecek enerji kesilmeleri, frekans dalgalanmaları, gerilim dalgalanmaları ve darbe gerilimine karşı tanımlanmış süre ve akım limitleri dahilinde elektrik güç beslemesinin sürekli olarak sağlanması amacıyla tesis edilmişlerdir. 10 kVA ile 50 kVA arası güçte 30 adet UPS bulunmaktadır. 30 adet UPS in akü gruplarında 6 V ve 12 V toplam 2355 adet akü bulunmaktadır (FULMEN, LHC, YUASA marka). Aküler kuru tip olup bakım gerektirmezler ve ortalama akü ömürleri 5 yıldır.

Kesintisiz güç kaynakları, sinyalizasyon ve haberleşme ekipmanları başta olmak üzere şu sistemlere enerji sağlamaktadır;

- SOR (İstasyon İşletme Odası) (VIMS+SIMS)
- SOR yardımcı bilgisayar
- İstasyon acil aydınlatma paneli (SCE) (1 saat)
- İstasyon emniyet aydınlatma paneli (SCT) (3 saat)
- SCADA RTU
- Lokal kontrol panoları (LCP)
- Tünel aydınlatma panoları (STP)
- PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) ve TPS (Çer Gücü Besleme)
- HVC (Transfer Link Kuplaj ve Koruma) hücreleri

- Yangın kontrol panoları (FCP)
- Atık su paneli (SWP)

5.3.3.5 Transfer Link Sistemi

İstanbul metrosu istasyonları, (Taksim-Osmanbey-Şişli-Gayrettepe-Levent-4 Levent) kuzey ve güney olarak ikiye ayrılmıştır. Her bir taraftaki yardımcı güç besleme trafosu, 34,5 kV'u 400/230 V gerilime dönüştürerek LVS (Ana alçak gerilim dağıtım panosu) ile sisteme dağıtır.

LVS panosu; bir adet giriş kesicisi, bir adet zorunlu bara ve zorunlu olmayan bara (kuplaj kesicisi ile irtibatlandırılmış), bir Transfer Link sistemi (2 zorunlu bara arasında) ile donatılmıştır. Transfer Link sistemi, kuzey veya güneyde yardımcı beslemelerden biri herhangi bir nedenden kesintiye uğrarsa enerjisi kesilmiş olan tarafa enerji sağlayabilmek amacıyla tesis edilmiştir. EK-3'de Transfer Link sistemi ve AG dağıtım prensibi çizimlerle verilmiştir.

Her istasyonda 2 adet (güney için 1, kuzey için 1) olmak üzere, 1000kVA gücünde 0,4/6,4kV dönüştürme oranına sahip 50Hz kuru tip toplam 12 adet transfer link trafosu (TRL) ve her iki yarı istasyonlardaki TRL trafolarını birbirine akuple eden 6 adet transfer link koruma hücresi mevcuttur.

5.3.3.6 Topraklama Sistemi

Pasif durumdaki bütün sistem iletkenlerinin (kablo tavaları, panolar, yükseltilmiş zeminler, çelik yapı, boru tesisatlar, vs.) topraklanmasını sağlar. Oluşabilecek kısa devre akımlarından insanları ve ekipmanları koruması amacı ile tesis edilmişlerdir.

Bütün tali toprak baraları, birbirlerine 300 mm²'lik bakır iletkenlerle bağlanır. ve ana topraklama barası aracılığı ile de ile toprak hattına bağlanırlar.

5.3.3.7 SCADA Sistemi

SCADA sistemi, Metro hattını besleyen transformatör merkezleri ve bu hatlara ait güzergâhlar üzerinde kurulu bulunan şalt cihazlarının bilgisayar ortamında uzaktan kontrolü, kumandası ve izlenmesi amacıyla kurulmuş kontrol üniteleridir. İstanbul Metro sistemindeki tüm tesis ve cihazlar, SCADA vasıtasıyla kumanda merkezi (CCR) veya İşletme odasından (SOR) kontrol edilebilmekte ve izlenebilmektedir.

Bu sistemler ile transformatör merkezlerindeki tüm kesici ve ayırıcıların açılıp kapatılması ve akım-gerilim değerlerinin okunması mümkündür. Yapılan her kumanda ve gelen her alarm, merkezdeki bilgisayar tarafından kaydedilir. Bu kayıtlardan sonra SCADA Bilgisayarından rapor alınabilmekte ve akım gerilim değişim grafikleri çıkartılabilmektedir. Sistemin bu özelliği sayesinde, trafo merkezlerine ve enerji sistemlerine yönelik düzenli ve güvenilir istatistikler çıkarılabilmekte ve geriye dönük analizler yapılabilmektedir.

5.4 Aksaray – Havalimanı Hafif Raylı Sistemi

1989 yılından bu güne yolcu taşımaya devam eden Aksaray - Havalimanı Hafif Metro hattı, hizmet verdiği bölge ve güzergah üzerinde günlük 220000 yolcu ile önemli bir taşıyıcı aks konumuna gelmiştir. İlk etabında Aksaray - Kartaltepe arasında hizmet veren Hafif Metro, 18 Aralık 1989 tarihinde Esenler, 31 Ocak 1994 tarihinde Otogar ve daha sonrasında ikinci etabı oluşturan Terazidere, Davutpaşa, Merter, Zeytinburnu ve Bakırköy istasyonlarının da açılması ile potansiyelini arttırmıştır. Zaman içinde yapılan yatırımlarla yeni istasyonlar sisteme dahil edilmiş, son olarak ta 13 Aralık 2002 tarihinde Dünya Ticaret Merkezi ve Havaalanı istasyonları da açılmıştır.

5.4.1 Hafif Metro İstasyonları

Aksaray Havalimanı güzergahında toplam 18 istasyon bulunmaktadır. Bunlardan 6 tanesi, ortak kullanılan orta peron, 11 tanesi ikili peron ve Otogar' da bulunan bir tanesi ise 3 hattın geçiş yapabildiği ikili ortak Peron şeklinde inşa edilmiştir. Tüm istasyonlarda kapalı oturma alanları bulunmakla beraber, 9 istasyonda toplam 28 yürüyen merdiven, 3 istasyonda toplam 4 asansör ayrıca Aksaray istasyonunda merdivenlerin kullanılarak inilmesini sağlayan özel yapım bir de özürü aracı bulunmaktadır. Halen Aksaray ve Zeytinburnu bölgelerinde tramvay sistemine aktarma yapılabilen Hafif Metro hattında tüm istasyonlar 24 saat kapalı devre kamera (CCTV) sistemi ile izlenmektedir. Şekil 5-7' de hafif metro istasyonlarına ait görünüm verilmektedir.



Şekil 5-7 : Hafif Metro İstasyonlarına Ait Görünümler

5.5 Zeytinburnu - Kabataş Cadde Tramvayı

Zeytinburnu-Kabataş arasında hizmet veren tramvay hattının Sirkeci-Aksaray-Topkapı bölümü 1992 tarihinde, Topkapı - Zeytinburnu bölümü Mart 1994 ve Sirkeci-Eminönü bölümü ise Nisan 1996 tarihinde hizmete açılmıştır. Kabataş istasyonunu da 29 Haziran 2006 tarihinde açılarak hizmete alınmıştır. İnşaatı tamamlanıp işletmeye alınan funiküler hattı ile Tramvay-Metro ve deniz ulaşımı, Kabataş bölgesinde entegre hale getirilmiştir.

5.6 Zeytinburnu - Bağcılar Cadde Tramvayı

İstanbul'un ikinci tramvay hattı olarak hizmete alınan Zeytinburnu - Bağcılar güzergahı 14 Eylül 2006 tarihinde hizmete açılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 27 Ocak 2004 tarihinde inşasına başlanan tramvay hattı, 5,2 kilometre uzunluğunda olup üzerinde 587 metre viyadük, 4035 metre hemzemin bulunmaktadır.

Zeytinburnu bölgesinde Zeytinburnu-Kabataş tramvayı ve Aksaray - Havalimanı hafif metro hattı ile entegrasyon sağlanmıştır.

Entegrasyon ile birlikte Bağcılar-Güngören bölgesinden sadece raylı sistem aktarmaları kullanılarak Havalimanı ve İstanbul Metrosuna kesintisiz yolculuk yapmak mümkün olmaktadır. Zeytinburnu-Bağcılar tramvayı inşası devam eden Otogar-Bağcılar ve Bağcılar-Başakşehir raylı sistemleri ile de aktarma imkanı verecek konumdadır. Güzergah 5 dakika sefer aralığı ile hizmet vermekte olup tek yönde sefer süresi 20 dakika olarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 5-8'de cadde tramvayına ait bazı görünümlere yer verilmiştir.



Şekil 5-8 : Cadde Tramvaylarına Ait Görünümler

5.7 Nostaljik Tramvay- "Kadıköy - Moda (Ring)"

01 Kasım 2003 tarihinde hizmete giren Kadıköy-Moda Tramvayı'nda 2,6 km'lik sistemde 10 istasyon yer almaktadır. 4 adet tramvay aracının çalıştığı Kadıköy-Moda tramvayı; Kadıköy meydanından hareket edip, otobüs özel yolu ve Bahariye Caddesini takip ederek Moda caddesi üzerinden tekrar Kadıköy meydanına gelmektedir. Şekil 5-9'da işletmeye ait görünümler verilmiştir.

Hat Uzunluğu	: 2,6 Km
Araç Sayısı	: 4
Sefer Süresi	: 21 Dakika
İşletme Saatleri	: 07:00 / 20:00
Günlük Yolcu Sayısı	: 2000 Yolcu / Gün
Günlük Sefer Sayısı	: 81
Sefer Sıklığı	: 10 Dakika



Şekil 5-9 : Kadıköy - Moda Nostaljik Tramvayına Ait Görünümler

5.8 Taşkışla - Maça Teleferiği

1993 yılında hizmete giren ve Taksim Taşkışla ile Maça arasında 14 yıldır hizmet vermekte olan teleferik, bu iki nokta arasındaki karayolu ve yaya ulaşımının zorluğunu ortadan kaldırarak zaman tasarrufu sağlamaktadır.

5.8.1 Sistemin Genel Tanımı :

Her biri 6 şar kişilik tek yönde 2 kabinli ara direksiz ve iki istasyonlu havai hat taşıma sistemidir. Her hatta biri taşıyıcı, biri çekici olmak üzere toplam iki tür kablo vardır. Maça ve Taşkışla arasında demokrasi parkı üzerinde iki istasyon arasında 333,5 metre uzunluğunda bir hat üzerinde bir yönde toplam 12 kişilik taşıma kapasitesi vardır. Şekil 5-10'da işletmeye ait bazı görünüm verilmektedir.



Şekil 5-10 : Demokrasi Parkı Teleferiğine Ait Görünümler

Sistem, 20 kW DC bir motor tarafından tahrik edilmekte olup bunun için bir DC konvertör, kullanılmaktadır. Sistem, kontrol odasındaki görevlinin komut vermesiyle başlatılmakta, ve bir kabin hareketini karşı istasyonda durdurana kadar otomatik olarak devam ettirilmektedir. Kalkışlar, el kumandası ile gerçekleşirken, işletme ve durma süreçleri, otomatik olarak gerçekleşmektedir. Sistem, bir kontrol panelinde çekici tellerin boyunu ölçmek suretiyle kabinin hangi mesafede olduğunu bilmekte ve buna göre önceden ayarlanarak set edilmiş istasyonlara yaklaşım noktalarını gösteren değerlerde hızı düşürmekte ve kabinleri süren ve çekiş kablosunu döndüren tahrik makarasını durdurmaktadır.

İstasyon duruşları, ilgili pozisyon algılayıcıları ile saptanmakta ve gerekirse acil durdurma işlemi uygulanabilmektedir.

Acil durumlarda, sistem operatörler tarafından gerekirse elle ve düşük hızda çalıştırılabilmektedir. Enerji kesilmesi durumunda seferi tamamlamak üzere bir generatör beslemesi yedek olarak sağlanabilmektedir

Aşırı rüzgarlı havalarda işletme yapılmamaktadır.

Hat Uzunluğu	: 333,5 m
İstasyon Sayısı	: 2
İstasyon Arası Kot Farkı	: 0,9 m
Maksimum Yükseklik:	26 m
Araç Sayısı	: 4 Kabin
Tur Süresi	: 6 Dakika
İşletme Saatleri	: 08:00 / 20:30
Günlük Yolcu Sayısı	: 1000 Yolcu/Gün
Günlük Sefer Sayısı	: 385
Sefer Sıklığı	: 10 Dakika

5.9 Eyüp - Pierloti Teleferiği

İ.B.B. Başkanlığı tarafından İstanbul genelinde başlatılan Kentsel Tasarım Projesi kapsamında Haliç bölgesinin düzenlenmesi kapsamında projelerden birisi olan Eyüp - Pier Loti Teleferiği ile bölgenin tarihi ve turistik yapısının korunarak yerli ve yabancı turistlerin bölgeye erişiminde kolaylık sağlanması ile birlikte hem ulaşım, hem de otopark sıkıntılarının giderilmesi amaçlanmıştır.

2005 yılında hizmete alınan sistemde iki istasyon arası mesafe 384 metre olup kot farkı 53 metredir.

Teleferik Kış döneminde 08:00-22:00, yaz döneminde ise 08:00-23:00 saatleri arasında çalıştırılmaktadır.

5.9.1 Sistemin Genel Tanımı :

Her biri 8'er kişilik tek yönde iki kabinli tek ara direkli ve iki istasyonlu havai hat taşıma sistemidir. Sistemde hem çekici hem de taşıyıcı olarak kullanılan tek halat

mevcuttur. 1. İstasyon Haliç kenarında ve 2. İstasyon Pierre Loti çay bahçesinin önündedir. Şekil 5-11’de işletmeye ait bazı görünümlere yer verilmiştir.

Aşırı rüzgâr, taşıyıcı halatın makaradan çıkması, kabinlerin istasyonda istenilen noktada durmaması, aşırı hız gibi acil durumlarda sistemin otomatik olarak durmasını sağlayan ve arıza ile bilgileri kumanda bilgisayarında gösteren güvenlik sistemi mevcuttur. Kabinlerin istasyonlara uzaklıkları, hızları, motor akımı, torku, emniyet anahtarlarının pozisyonları, arıza listesi, aktif olan arızalar, rüzgârın hızı, vb. teknik veriler istasyonlardaki bilgisayarlardan takip edilebilmektedir. Kabin içlerindeki oturaklar katlanarak tekerlekli sandalye ile seyahate olanak sağlanabilmektedir.

İstasyon Alanı: Haliç (İşletim) İstasyonu 625 m² dir. Pier Loti (dönüş) istasyonu 250 m² dir. Enerji kesilmesi durumunda dizel motor devreye alınarak hidrolik sistem aktifleşir ve kabinler, 1 m/sn hızla güvenli bir şekilde istasyonlara getirilir.

Sistem, 100 kW gücünde AC bir motor ile tahrik edilmektedir. Motorun sürdüğü bir makara yardımıyla kabinler, askı telleri üzerinde taşınarak, makara üzerinde döndürülen çekici teller yardımıyla hareket etmektedir.

İşletim Hızı : 4,00 m/sn

Yük Kapasitesi (8 kişilik) : 650 kg

İşletme Kapasitesi : 576 kişi/saat

Seyahat Süresi : 165 sn.

Sefer Sayısı : 18 Adet / saat

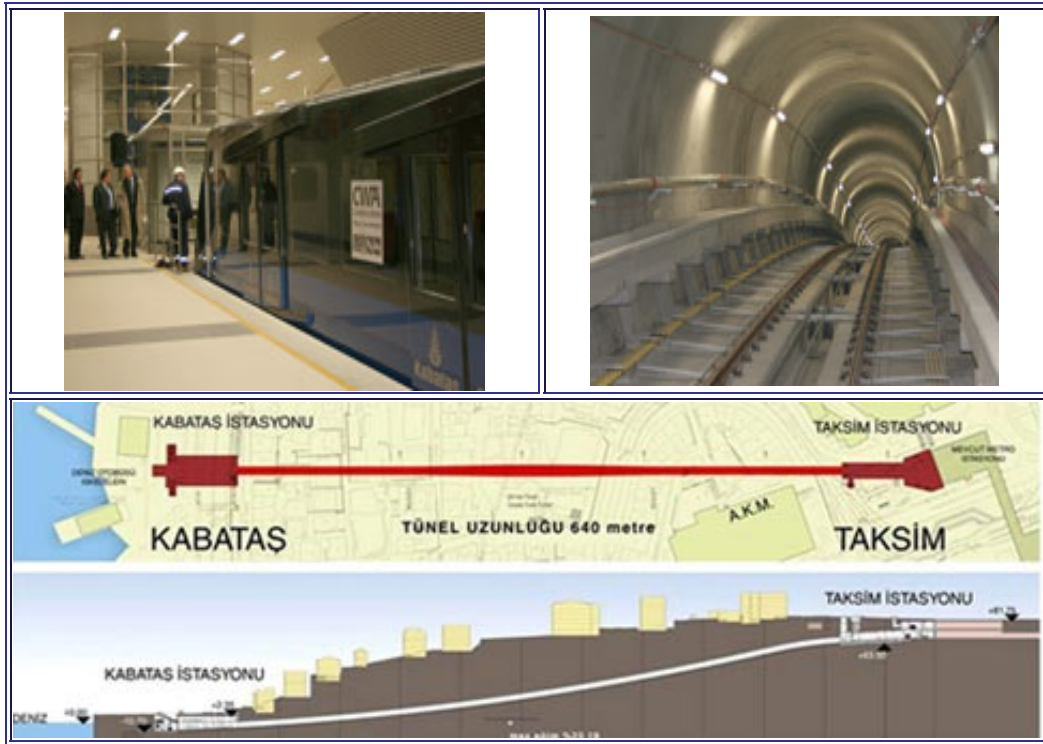


Şekil 5-11 : Eyüp Teleferiğine Ait Görünümler

5.10 Funiküler & Tünel - "Taksim - Kabataş"

Günümüzde İstanbul Kent İçi Ulaşımının Entegre edilebilmesi, şehir içi ulaşımın hızlandırılarak modernize edilmesi amacı ile raylı sistem proje ve inşaatlarına hız verilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında deniz ulaşımı ile raylı sistemleri entegre edecek proje olan Taksim-Kabataş Funiküleri üzerinde yoğun olarak çalışılmış ve 29 Haziran 2006 tarihinde sistemin açılışı yapılmıştır.

Taksim-Kabataş Funiküler sistemi ile, Taksim-4.Levent (Ayazağa-Yenikapı) Metrosu, Taksim - Tünel Nostaljik Tramvayı, Taksim Otobüs ve Dolmuş Durakları ile Zeytinburnu-Fındıklı (Kabataş-Bağcılar) Tramvayı, Kabataş İDO vapur, feribot ve deniz otobüsü iskeleleri arasında entegrasyon sağlayarak İstanbulluların Havalimanı'ndan sadece raylı sistem ile Taksim Metrosuna ve Kabataş ve Beşiktaş gibi deniz ulaşımı araçlarının yoğun kullanıldığı bölgelere erişimi kolaylaştırılmıştır. Hattın uzunluğu 0,6 km olup saatte 9000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olan sistem, Taksim ve Kabataş olmak üzere 2 istasyondan oluşmaktadır. Şekil 5-12'de işletmeye ait fotoğraflar ve hat görünümü verilmektedir.



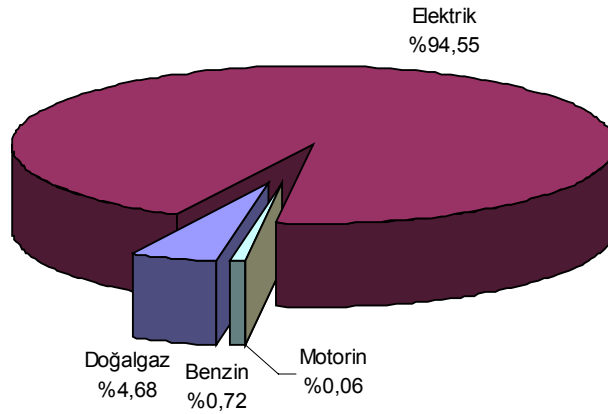
Şekil 5-12 : Taksim Füniküler Sistemine Ait Görünümler

5.11 İstanbuldaki Raylı Sistemlerde Kullanılan Enerji Kaynakları

Bu bölümde incelenen enerji tüketimleri, metro, hafif metro ve tramvay işletmelerine ait toplam tüketim değerleridir.

Raylı sistem işletmeciliği yapan İstanbul Ulaşım Sanayi ve Ticaret AŞ toplam enerji tüketiminde, kentsel raylı sistemlerin doğası gereği 2003 verilerine göre ağırlık %94,55'lik oran ile elektrik enerjisindedir [6].

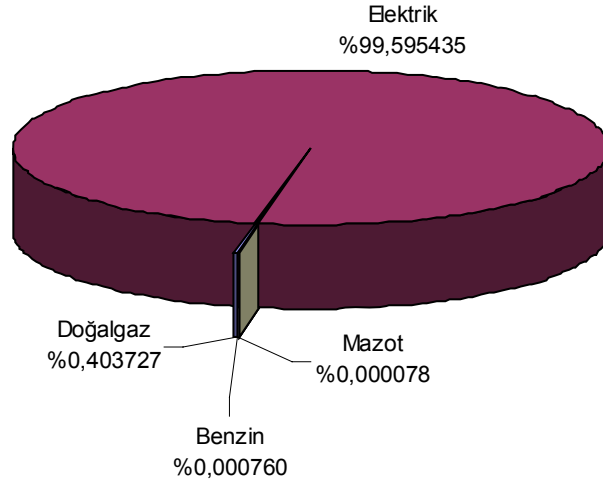
Diğer tüketimler içinde doğalgaz %4,68'lik oran ile elektrikten sonra gelmektedir. Doğalgaz genel merkezde, atölyelerde ve farklı sistemlere ait idare binalarında ısınma amaçlı yada sıcak su temini için kullanılmaktadır. Benzin %0,72'lik oranda ve motorin %0,06'lik oranda bakım araçlarında ve iş makinelerinde tüketilmektedir. Şekil 5.13, enerji tüketimi dağılım oranlarını, tüketim miktarlarına göre göstermektedir [6].



Şekil 5.13 : 2003 Verilerine Göre Kullanılan Enerji Türlerinin Toplam Tüketim İçindeki Oranları

Enerji türlerinin birim fiyatları birbirinden farklı olduğu için yukarıda belirtilen tüketim oranlarının maddi alana yansımaları da farklı olmaktadır. Şekil 5.14' de ise enerji türlerinin maliyetlerine göre dağılımı verilmiştir.

Toplam enerji tüketim bütçesi içinde elektrik %99,595, doğalgaz %0,403, benzin %0,00076, mazot ise %0,000078 gibi oranlara sahiptir. Şekil 5.14'te görüldüğü gibi, tüm sistemde elektrik tüketimi, neredeyse toplam enerji tüketiminin tamamını oluşturmaktadır [6].



Şekil 5.14 : 2003 Verilerine Göre Enerji Türlerinin Maliyet Değerlerine Göre Dağılımı

Farklı enerji türlerinin karşılaştırıldığı Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de, ortak enerji birim değeri olan “TEP” ton eşdeğer petrol birim sistemi kullanılmıştır.

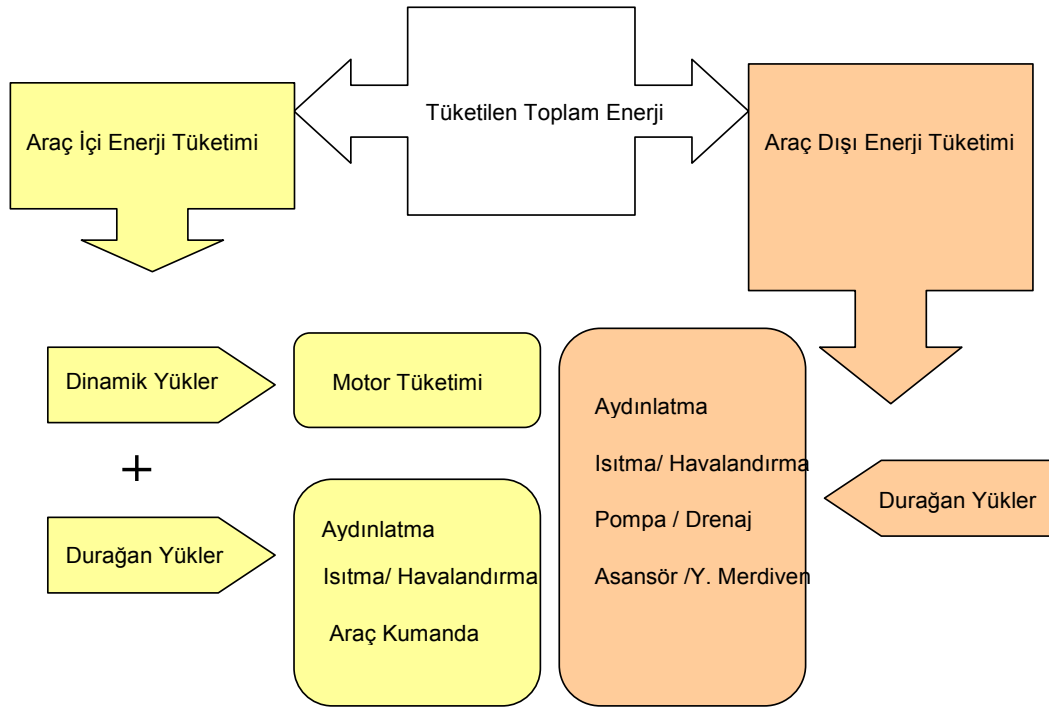
Elektrik enerjisinin diğer türlere göre oranı yaklaşık % 99 civarında olduğu için, tezin bundan sonraki bölümlerde enerji tüketimleri denilince elektrik enerjisi tüketimleri anlaşılacaktır.

5.12 Şehir İçi Raylı Sistemlerde Kurulu Güçler Ve Dağılımları

Bu sistemlerde güç temini, daha önce de bahsedildiği gibi iki ana sistem bileşenine ait tüketimlerin toplamını sağlamak üzere kurulmaktadır. Bunlardan ilki, aracın hareket ettirilmesi için ihtiyaç duyulan diğer bir adı da cer gücü olan tahrik gücü ve bir diğeri de, istasyon yolculuk hizmetlerinin sağlanabilmesi için kurulması gereken yardımcı güç tesisleridir.

Şekil 5-15’de bu güç ayrışımı gösterilmiştir. Buna göre dinamik yük olarak adlandırılan araç cer gücü ihtiyacı, darbeli bir yük karakteristiğine sahip olup, zaman içinde aracın durmasına, kalkışına, hızlanmasına ve yavaşlamasına göre, ani değişimler göstermektedir. Durağan olarak adlandırılan, ısıtma, havalandırma, mekanik gibi yükler, zaman içinde cer gücüne oranla çok daha yavaş değişim gösterirler. Örneğin aydınlatma yükleri, açık tip istasyonlar için akşam – sabah arası saatlerde kısmen sürekli çalışırken, yer altı istasyonlarında işletme saatleri boyunca sürekli çalışmaktadır.

Şehir içi raylı sistemlerde, sistem kapasitesi arttıkça ve sistem yer altına indikçe, buna bağlı olarak güç ihtiyacı da artmaktadır. Bunun sebebi, yer altında kimi zaman 35 metreyi bulan derinlikteki istasyonlarda ve tünellerde acil durumlara karşı kurulması gereken yardımcı tesislerdir. Ayrıca artan işletme kapasitesine bağlı olarak daha büyük mimari alanlar, yani daha büyük platform ve istasyonlar, kurulmak zorundadır. Yolcu yoğunluğunun fazla olduğu bu mekanlarda dolaşımı hızlandırmak, istasyon mekan kapasitesini en faydalı düzeyde tutabilmek için yürüyen merdiven, yürüyen bant, asansör ve benzeri tesislerin de kurulması şarttır. Ayrıca sistem tamamen yer altında olduğu için genel kullanım alanı içersindeki aydınlatmanın da sürekli olarak çalışması zorunludur.



Şekil 5-15 : Raylı Sistemlerde Genel Güç Dağılım Şeması

İstanbul'daki mevcut şehir içi raylı sistem işletmelerine ait kurulu güçlerin verildiği Tablo 5.2 incelendiğinde, bu durum kolaylıkla görülebilmektedir. Tablo 5.2 incelendiğinde en fazla kurulu güce LRT (hafif raylı ulaşım) sisteminin sahip olduğu görülmektedir. Ancak sistemin güzergah uzunluğu esas alındığında, birim uzunluk başına en fazla kurulu gücün metro sisteminde olduğu görülecektir.

Tablo 5.2 : İstanbul'daki Raylı Sistem İşletme Tiplerine Göre Kurulu Güç Dağılımları

İşletme Türü	Cer Gücü (MVA)	Yardımcı Güç (kVA)		Toplam Kurulu Güç (MVA)		Hat Uzunluğu (km)	Toplam İstasyon Sayısı (Adet)	Yer altı İstasyon Sayısı (Adet)	Birim Uzunluk Başına Kurulu Güç (MVA/km)	
		Kurulu Güç	Yedek Güç	Yedekli	Yedeksiz				Yedekli	Yedeksiz
METRO	33	12000	12000	57,00	45	8	6	6	3,56	2,81
LRT	38,4	10150		48,55	48,55	20	18	6	1,21	1,21
TRAM	25,0	470		16,20	25,47	19,7	24	Yok	0,64	0,64
TOPLAM	87,4	22.350		122	110	47,7	48			

Bunun sebebi, sistemlerin yer altı, yer üstü yapılar olmasına ve işletme kapasitelerine bağlı olarak alt yapı tesisleri ihtiyaçlarında doğan farklılıklarıdır. Örneğin metro sisteminde, Tablo 5.2'de sekizinci son sütunda gösterildiği gibi birim kilometre mesafesine bağlı olarak kurulu güç değeri, 2,81 MVA/km iken bu değer, LRT sisteminde 1,21 MVA/km değerine, yani neredeyse yarı yarıya düşmektedir. Metro ve hafif metro (LRT) sistemleri yapısal olarak karşılaştırıldığında, metro sisteminde toplam 6 adet istasyonun tamamının yeraltında olduğu, diğer sistemde ise toplam 24 istasyondan 6 adedinin yer altında kaldığı görülmektedir. İstasyonların tamamı yer üstünde olan ve yolculuk kapasitesi bakımından diğer sistemlerin gerisinde kalan tramvay sisteminde ise birim mesafe başına kurulu güç ihtiyacının 0,64 MVA/km değeri ile en düşük seviyede kaldığı görülmektedir.

Birim hat uzunluğu başına, kurulu güç oranları verilirken, güzergahın gidiş ve gelişli olmak üzere her iki yöndeki toplam hat uzunluğu dikkate alınmıştır.

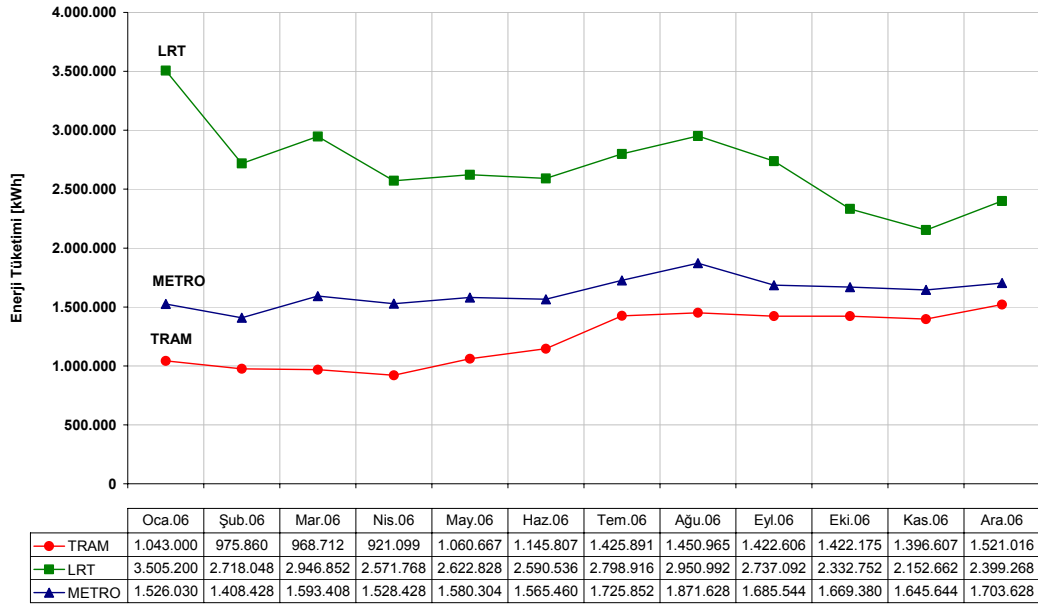
Metro sistemlerinde istasyonlar tamamen yeraltında olduğu için, yardımcı güç transformatöründeki herhangi bir arıza, acil ve kritik durumdaki yangın pompaları, havalandırma fanları, acil aydınlatmalar gibi yüklerin de devre dışı kalmasına neden olabilmektedir. Bu bakımdan arızalı trafonun tamir süreci en az birkaç ay sürdüğü için, ve acil yüklerin kritik durumlarda beklemesi söz konusu olmadığından, sistem %100 yedekli tutulmaktadır. Bu amaçla İstanbul metrosunda her bir istasyonda 2000 kVA lık yardımcı güç transformatörleri biri yedekli olmak üzere toplam iki adet olarak tesis edilmiştir.

5.13 İşletme Türlerine Göre Enerji Tüketimleri

Şekil 5-16 incelendiğinde toplam enerji tüketimi bakımından LRT işletmesinin ön sırada yer aldığı görülür. Ardından METRO işletmesi, gelmektedir. TRAM işletmesinde ise elektrik enerjisi tüketiminin en düşük seviyede kaldığı görülmektedir.

İlgili veriler incelendiğinde, enerji tüketimlerinin genel olarak yaz aylarında, Haziran–Eylül dönemlerinde düşmekte iken, kış aylarına denk gelen Ocak ve Şubat aylarında bir artışın olduğu görülmektedir. Yıl içinde yaz aylarında (Haziran–Eylül dönemlerinde) yolculuk talepleri nispeten azalmaktayken, kış aylarında artmaktadır. Bunun sebebi, İstanbul’da yaşanan mevsimsel göç hareketleridir. Özellikle eğitim dönemlerindeki öğrenci hareketleri bunu açıklamaktadır. Yine, yılda iki defa yaşanan dini bayramlar nedeniyle tatil dönemlerinin uzatılmasıyla şehir dışına doğru bir göç yaşanmakta, okullar ve iş yerleri tatil edilmektedir.

Tramvay işletmesinde Haziran ayından sonra görülen belirgin artışın sebebi, Zeytinburnu–Bağcılar uzatma hattının bu tarihten itibaren işletmeye açılmış olmasıdır.

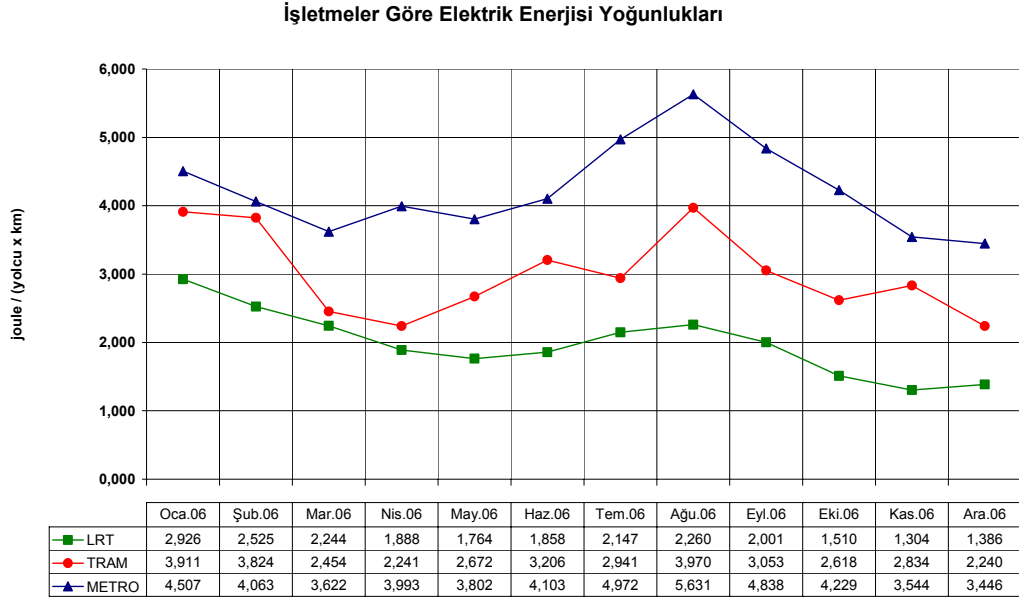


Şekil 5-16 : İşletmelerin Aylık Enerji Tüketimleri - (2006 Yılı)

5.14 İşletme Türlerine Göre Enerji Yoğunlukları

Enerji yoğunluğu, araçlarda taşınan yolcu ve yapılan kilometre başına harcanan elektrik enerjisi olarak tanımlanmıştır. Buna göre enerji yoğunluklarını etkileyen başlıca sebepler, taşınan yolcu sayıları ve araçların yaptıkları kilometre değerleridir. Enerji yoğunluğundaki değişim, taşınan yolcu sayısı ve mesafesi ile ters orantılıdır.

Enerji yoğunluklarının işletmelere göre aylık değişimleri, Şekil 5-17'de gösterilmiştir. Burada yapılan kilometre ve taşınan yolculuk sayıları çarpımı, 10^{12} ve harcanan enerji miktarı kWh cinsinden 10^6 mertebesinde olduğundan, enerji yoğunluğu, kWh/(yolcu x km) cinsinden 10^{-6} mertebesinde kalmaktadır.. Birim ölçeğini uygun düzeyde tutabilmek için enerji yoğunluğu, [joule/(yolcu x km)] olarak kabul edilmiştir.



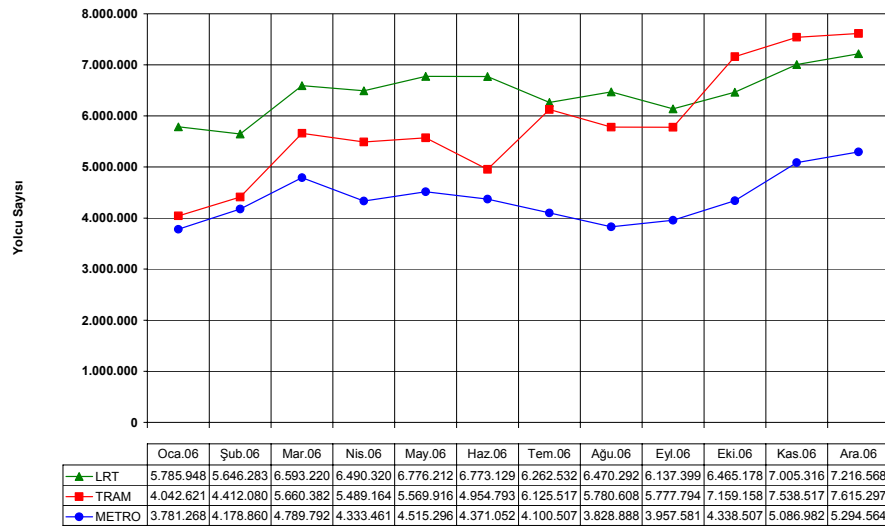
Şekil 5-17 : İşletmelerde Aylara Göre Enerjisi Yoğunluğunun Değişimi (2006 Yılı)

Şekil 5-17'de enerji yoğunluklarının, sırasıyla en fazla METRO, daha sonra TRAM ve en sonunda da LRT işletmesinde yer aldığı görülmektedir.

Metro sisteminin en fazla enerji yoğunluğuna sahip olmasının nedeni, daha önce de açıklandığı gibi birim yolcu başına daha fazla tesisin kurulması zorunluluğudur. İşletmelere göre enerji yoğunluklarının değişimi de dönemsel olarak yolculuk taleplerinin değişimine bağlıdır. Yolculuk miktarı arttıkça enerji yoğunluğu düşmektedir. Yani tesisin doluluk ve kapasite oranları da enerji yoğunluğunu etkileyen bir faktördür.

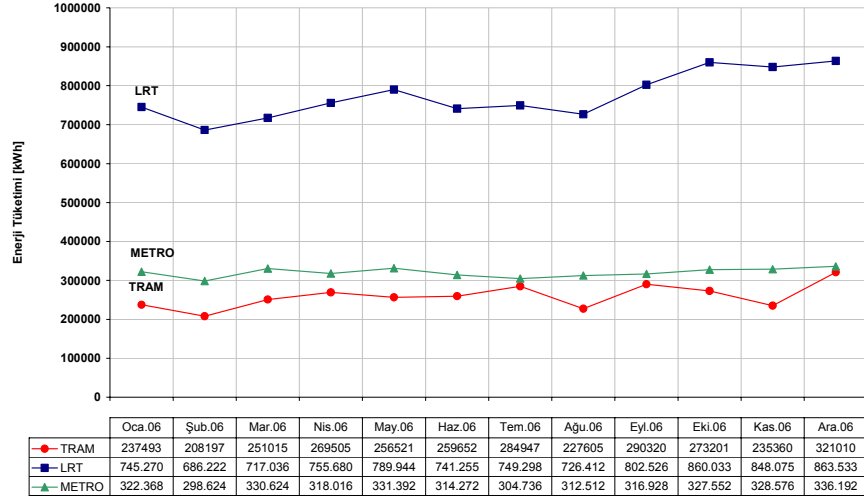
Şekil 5-17’de kolayca görüleceği üzere, enerji yoğunlukları, yıl içerisinde kış aylarında düşerken yaz aylarında bir artış görülmektedir. Ocak ayında yolculuk sayısındaki azalma nedeniyle enerji yoğunluğunda bir artış olmuştur. Yolculuk sayısı, Ocak - Haziran ayları arasında artış gösterdikçe, enerji yoğunluğu da düşme eğilim göstermektedir. Haziran ayından sonra yolculuk miktarındaki azalmaya bağlı olarak enerji yoğunluğunda da artış olmuştur. Enerji yoğunluğundaki bu artış, yolculuk sayısının artma eğilimi göstermeye başladığı Eylül ayından itibaren yolculuk sayısı ile ters orantılı olarak bir düşüş eğilimi girmektedir.

Şekil 5-18’de aylara göre 2006 yılında gerçekleşen yolculuk miktarları gösterilmiştir. 2006 yılı Ocak ayındaki Kurban Bayramı ve okulların ara tatilleri nedeniyle yolculuk talebinde bir azalma olmuştur. Şubat–Haziran aylarında ise yolculuk talepleri çok fazla değişmemektedir. Haziran – Eylül ayları arasında ise yolculuk talebinde bir azalma görülmektedir. Şekil 5-18 de Haziran ayında tramvay işletmesinde yeni açılan Zeytinburnu-Bağcılar tramvay hattının eklenmesi sebebiyle bir yolculuk artışı görülmektedir. Tramvay hattındaki bu tarihten itibaren görülen yolculuk artışıyla beraber, işletmeye yeni araçlar da katıldığı için araçların yaptıkları toplam kilometre değerinde de Şekil 5-19’da gösterildiği gibi bir artış söz konusudur.



Şekil 5-18 : İşletmelerin Yıllık Yolcu Sayıları – (2006 Yılı)

Şekil 5-19, işletmelerdeki araçların yıl içinde yapmış oldukları toplam kilometre değerlerinin aylara göre değişimini göstermektedir.



Şekil 5-19 : İşletmelerin Aylık Araç Kilometre Değerleri – (2006 Yılı)

6. KAVRAMSAL TASARIM VE TANIMLAMALAR

Bu bölüme kadar şehir içi raylı sistemlerin diğer ulaşım türlerine göre olan üstünlükleri, raylı sistemlerin genel sınıflandırılmaları ve tanımları ile raylı sistemleri oluşturan alt sistem bileşenleri ve özelliklerinin neler olduğu konusunda bilgiler verilmiştir.

Raylı sistemlerin gelişmiş ülkelerdeki geçmişi göz önüne alındığında, yüz sene öncesi tesis edilen sistemlerin hala çalıştırıldıkları görülmektedir. Bu kadar uzun bir geçmişe sahip raylı sistemlerdeki tecrübeler, daha çok yaşanan aksilikler, kazalar, hatalı veya eksik tasarım unsurları sonucunda açığa çıkmıştır. Bu yüzden raylı sistemler konusunda gelişmiş ülkeler, kendi koşullarına uygun raylı sistem tasarım kriterlerini geliştirmiş ve bu tür kötü tecrübelerin bir daha yaşanmaması için gerekli önlemleri daha tasarım aşamasında almışlardır. Raylı sistemlerin yaklaşık 100 senelik geçmişi boyunca yapılan her yeni sistemde bu kriterler, geliştirilerek uygulanmıştır.

Bizim ülkemizde raylı sistemlerin başlangıcı, gelişmiş ülkelerden pek de fazla geride olmamasına rağmen, 1950'li yıllardan sonra bu sistem terk edilmiş ve tamamen sökülerek devre dışı bırakılmıştır.

Ülkemizde şehir içi raylı sistemlerin tekrar gündeme gelmesi, bir zorunluluk sonucu tekrar 1980'li yıllardan itibaren başlamıştır. Dolayısıyla, ülkemiz raylı sistemler konusunda gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında sistem, kapasite hat uzunluğu ve tecrübe olarak daha geri bir konumda kalmaktadır. Öte yandan bu kötü durumun bir üstünlüğü de gelişmiş ülkelerin sistemlerini geliştirme sürecinde yaşadıkları tecrübelerin bundan sonraki uygulamalarda yol gösterici olmasıdır.

Bu bakımdan ülkemizde şehir içi raylı sistemlerin yaygınlaşması sürecinde, ihtiyacı optimum düzeyde karşılayan, güvenli sistemlerin ekonomik düzeylerde kurulabilme şansı mevcuttur. Bu süreçlerin doğru bir şekilde sağlanabilmesi, tesis yatırım ve işletme maliyetleri bakımından yapılacak olan harcamaların tam karşılığını bulması

için tasarım kriterlerinin tespit edilmesi ve ihtiyaçların doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir..

Bu noktada, kurulacak olan işletmeye ait kavramsal tasarım kriterleri, projenin ilk fizibilite aşamasında belirlenmektedir.

Ülkemizde bu tür kavramlar, henüz yeni uygulama bulurken DLH (Ulaştırma Bakanlığına bağlı olan Demiryolları, Limanlar, ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü), Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve diğer yerli yapımçı firmalar, raylı sistemler konusunda kavramsal tasarım kriterleri ve sistem gereksinimleri üzerinde çalışmalarını yürütmektedirler.

Bu çalışmalar daha çok yurt dışı standart, öneri ve tasarımların ülkemiz koşullarına göre düzenlenmesi ve uygulanması şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Yurtdışındaki çalışmalarda ise ülkeler kendi aralarında daha çok işletme güvenliğini ilgilendiren boyutta ortak kriterler, belirlemiştir. Ancak yine de raylı sistemler için yapım ihalesine çıkan idareler (yerel yönetimler), sadece aydınlatma konusunda geçerli kalmayacak şekilde diğer alt sistemler konusunda da kendi özel isteklerini ve uygulamaya yönelik tercihlerini de belirleyebilmekte ve kendi standart özel tasarım kriterlerini oluşturabilmektedirler.

Dünyadaki uygulamalar incelendiğinde aydınlatma konusundaki tasarım kriterlerinin çok fazla farklılık göstermediği görülmektedir.

Bu tez konusu kapsamında bundan sonraki bölümlerde yer altı metro sistemlerinde aydınlatmaya yönelik tasarım kriterlerinin neler olduğu konusunda yurt içi ve yurt dışı kaynaklar incelenecek, bir uygulama örneği olan İstanbul Metrosu Levent İstasyonu için bu referanslar, özellikle enerji tüketimi bakımından aydınlatmanın uzun işletme saatleri boyunca sürekli olarak çalışması zorunluluğu olduğu mekanlar için sorgulanacaktır.

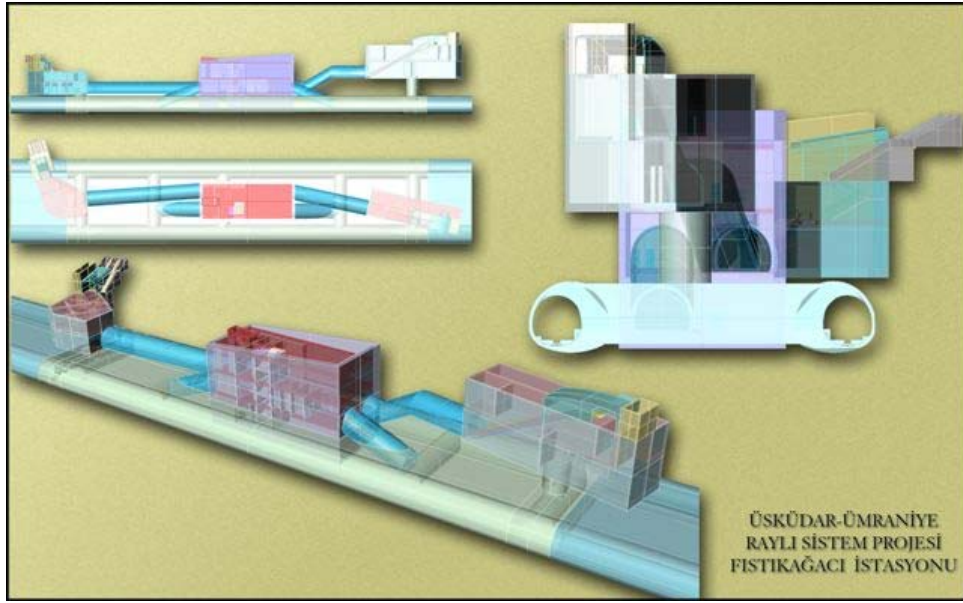
6.1 Mekan Tanımlamaları

Aydınlatma sistemleri, öncelikle mekanları kullanan insanların kullanımına yönelik olarak kurulmaktadır.

Şehir içi raylı sistemlerin kendine özgü mimari yapı ve özellikleri olduğu için, raylı sistemlerdeki aydınlatma kavramı içinde yer alacak mekanların tanımlarının yapılması gerekmektedir.

6.1.1 İstasyon

İstasyon raylı taşıma sistemini kullanan yolcuların, taşıma aracını beklediği, araca binip indiği, yer altı veya yer üstünde kurulan bir tesistir [7]. Şekil 6-1’de yer altı metro istasyonlarına ait örnek bir mimari kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 6-1 : Üsküdar Metro Projesinden Metro İstasyonlarına Ait Örnek Bir Kesit

6.1.2 Hat

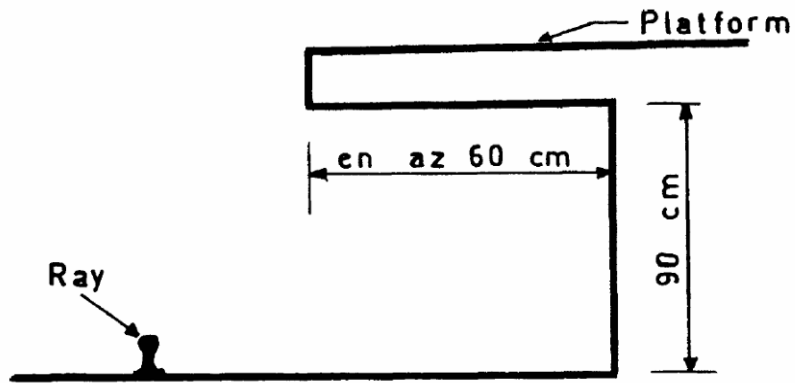
Hat, raylı ulaşım sisteminde demir tekerlekli taşıtların (tren v.b.) üzerinde hareket ettiği; raylar ve rayları traverslerle birbirine bağlayan bağlantı malzemelerinden oluşan özel bir yoldur [7]. Şekil 6-2’de örnek bir kesit görülmektedir.



Şekil 6-2 : Yeraltı Metro Sistemine Ait Örnek Bir Hat Kesiti

6.1.3 Platform (Peron)

Platform (Peron), istasyondaki yolcuların, trene binmek için beklediği, trene inip bindiği, raylardan vagon kapılarına kadar yükseltilmiş bölümdür [7]. Tipik uygulama ölçüleri Şekil 6-3’de verilmiştir.



Şekil 6-3 : Yeraltı Metro Sistemine Ait Örnek Bir Peron Kesiti [7]

6.1.4 Yan Platform

Yan platform, birden fazla hattın olması durumunda ayrı hatlara hizmet vermek üzere, karşılıklı inşa edilmiş platformlardır [7]. Şekil 6-4’de bir örneği gösterilmiştir.



Şekil 6-4 : Yan Platform Tipine Bir örnek

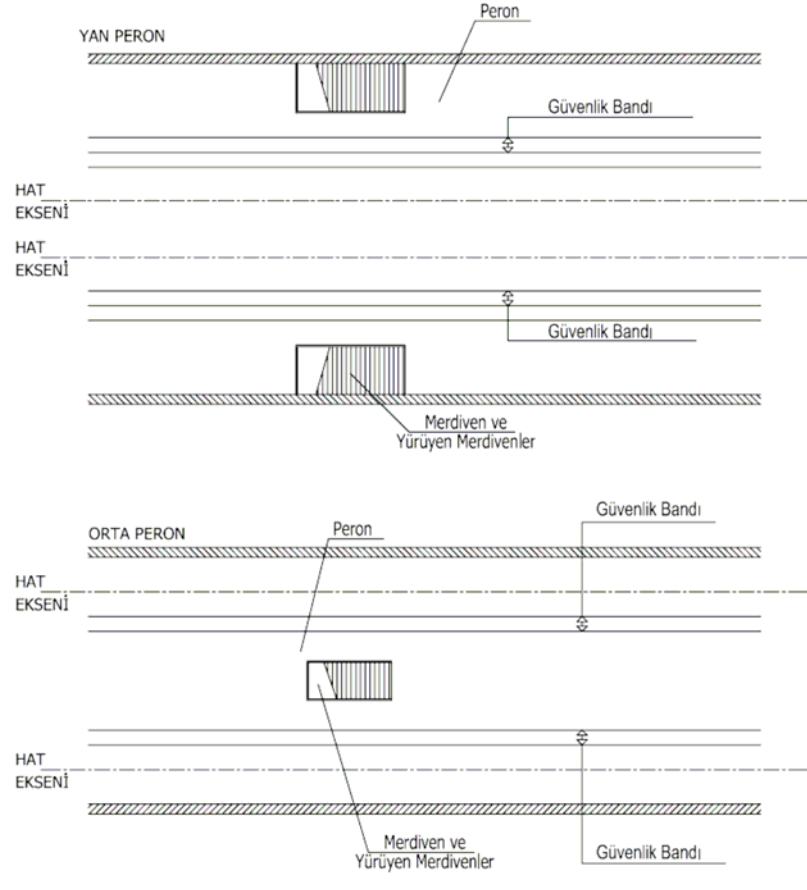
6.1.5 Orta Platform

Orta platform her iki yandaki hatlara hizmet veren, iki hat arasındaki tek platformdur [7]. Şekil 6-5’de bir örneği gösterilmiştir.



Şekil 6-5 : Orta Platform Tipine Bir örnek

Şekil 6-6’ da orta ve yan platform tiplerine ait örnek kesitler verilmiştir.



Şekil 6-6 : Orta ve Yan Platform Üst Kesit Görünüşü [8]

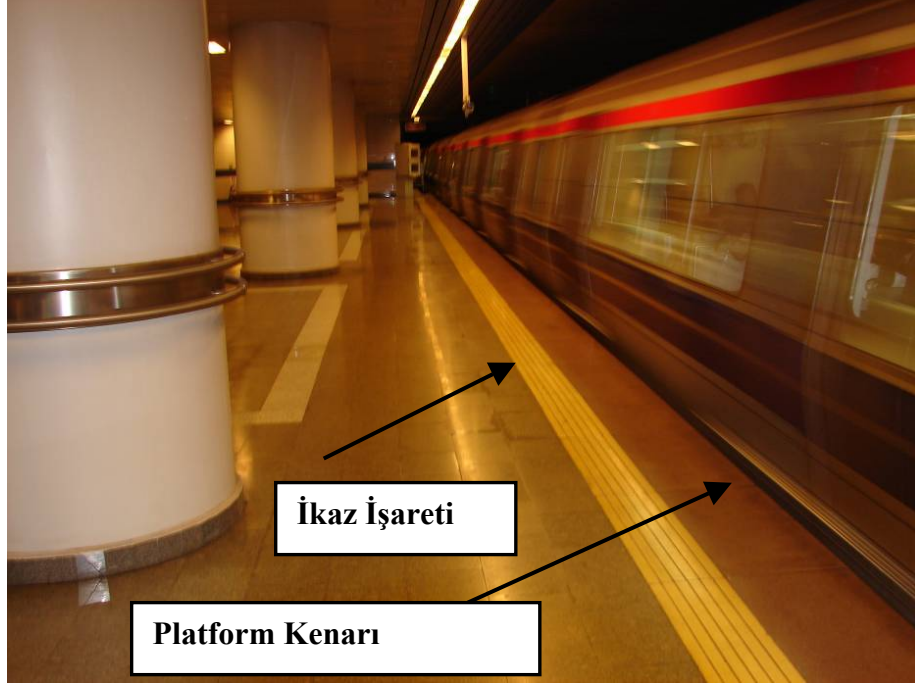
6.1.6 Konkors (Mezanin) :

Bu kelime, raf ve kat düzenine sahip bir yapıyı, ifade etmektedir. Mimari anlamda ise, balkon veya asma kat yapısını anlatmaktadır. Yer altı metro sistemlerinde ise, en az iki kat yer altında olan bir sistemde, istasyona ilk girişin sağlandığı ve yolcuların sisteme giriş yaptıkları alanlardır. Bu alanlarda yolcuların, bilet almaları işlemi ile serbest dolaşım bölgesinden kontrollü dolaşım bölgelerine geçişi sağlanmaktadır. Bilet satış gişeleri, yolcu giriş çıkış turnikelerinin olduğu bu bölge, bilet alanı olarak adlandırılmakta, asma kat yapısı özelliğinden dolayı da konkors, ya da mezanin alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu tür alanlardan peronlara yolcuların inişi, merdiven ve asansörler ile yapılmaktadır.

6.1.7 Platform Emniyet Kenarı Ve İkaz Şeridi

Şekil 6-7 ve Şekil 6-8’de gösterildiği gibi platformun kenarı ile 1 m gerisinde kalan bölgedir. Bu bölgenin üzerinde kaymaz, parlak ve zeminden farklı bir renkte tercihen sarı bir uyarı bandı bulunur. Görme engelliler için bu band, pürüzlü bir yüzey olarak tasarlanabilir. Bu bölge içerisinde yolcu bulunmasına izin verilmez. Ancak araç

durduğu zamanlarda yolcu geçişlerine izin verilmektedir. Bu emniyet şeridinin amacı, yolcuları, hareket halindeki trenin olası dinamik zarf eğrisi nedeniyle oluşabilecek kazalardan korumaktır.



Şekil 6-7 : Levent İstasyonu Platform Emniyet Bandı ve Kenarı



Şekil 6-8 : Levent istasyonu Platform Emniyet Bandı ve Kenarı

6.2 İstasyon Yapısında Genel Olarak Bulunması Gereken Mimari Elemanlar

18.02.1997 tarihli TS 12127 “ Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1: Yer Altı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları” standardında aşağıda sıralanan yer altı istasyon yapıları içinde bulunması ve kendi aralarında bir sistem bütünlüğü içerisinde standardizasyonun sağlanması gereken mimari elemanlar verilmektedir [7]. Bu aynı zamanda tipik bir metro istasyonunda bulunması gereken mimari donanımı da ortaya çıkartmaktadır.

Giriş Alanı

- Ulaşım sisteminin sembolü
- İstasyonun tanıtım sembolü
- İstasyon girişindeki ızgaralar
- Aydınlatma armatürleri
- Genel telefonlar
- Reklam ilan panoları
- İşaretler grafikler (piktogramlar)

Bilet Alanı (Konkors)

- Para bozma makineleri
- Bilet alma makineleri
- Ücret toplama makine veya turnikeleri
- Sistemle ilgili bilgi panoları
- Bilet alma bilgi panoları
- Aydınlatma
- İşaretler grafikler
- Makine emniyet tedbirleri
- Güvenlik kameraları
- Hoparlör sistemi
- Saat sistemi

Platforma (Perona) Ulaşma

- Merdivenler
- Asansörler
- Yürüyen merdivenler
- Küpeşte korkuluk ve parapetler
- Merdiven temizlik oluğu
- Aydınlatma
- İşaret ve grafikler

Platform (Peron)

- Platform emniyet kenarı ve ikaz şeridi
- Oturma elemanları
- Çöp kutuları
- Acil durum donanımları
- İtfaiye polis vb kullanımına yönelik acil durum donanımı
- Bilgi panoları
- İlan reklam panoları
- Acil durum aydınlatma sistemleri
- Güvenlik kameraları
- Hoparlör sistemi
- Aydınlatma armatürleri
- Monitör ve dahili telefon yer ve kutuları
- Trenin geliş duyurusu için sesli veya ışıklı elektronik panolar
- İşaret ve grafikler
- Saat sistemi

Teknik Ekipman Odaları

- haberleşme, sinyalizasyon, havalandırma odaları

Yukarıda toplam beş ana başlık altında bir yolcu istasyonu için sağlanması gerekli fonksiyonel elemanlar sıralanmıştır.

Yukarıda bahsedilen mekanların dolaşım alanı ve aktiviteler arasındaki ilişkileri, öncelik sıralamasına göre aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir.

Giriş alanı, yolcuların serbest dolaşım alanlarıdır. Giriş alanından sonra bilet satın alma işlevinin gerçekleştiği alana geçiş sağlanır. Bilet alımı ve turnikelerden geçiş sağlandıktan sonra artık kontrollü bölgeye girilmiş olunur. Yani artık diğer bir turnikeden istasyon dışına doğru bir çıkış yapılmadığı sürece, yolcular, sistem kontrolü altındadır. Bu bölgelerde kaçak yolcu geçişleri, şüpheli davranışlar ya da diğer bütün işletmeye yönelik olası durumlar için yolculuk hareketleri, sürekli olarak sistemler tarafından izlenmektedir.

Bilet alanından perona geçiş, yolcuların yatay ve düşey eksenlerde hareketi ile sağlanır. Bunun için sabit merdivenler, yürüyen merdivenler ve asansörler kullanılır. Bu hareketi yapmaya kısıtlı olan engelli yolcuların peron bölgelerine aktarımları da bu iş için ayrılmış olan özel asansörler ile sağlanmaktadır.

Peron bölgeleri genellikle yolcuların fazla bekleme yapmadan trenlere binmesinin sağlandığı ortamlardır. Yani bu bölgelerde yolcu beklemesine izin verilmeden en kısa zamanda aktarımın sağlanması, amaçlanır. Bu amaca yönelik olarak, tren güzergahları ve zamanı, acil durum tahliye yönlendirmesi ve benzeri amaçların gerçekleştirildiği, yolcu bilgilendirme sistemleri mevcuttur.

6.3 Aydınlatmanın Temel Kavramları

Metro sistemlerini aydınlatma hesaplarında kullanılacak olan temel aydınlatma kavramları, aşağıda tanımlanmıştır.

6.3.1 Görsel İş (Visual Task)

Yapılmakta olan işin görsel bileşenlerini ifade eder. Belli başlı görsel öğeler, yapıların boyutları, aydınlığı, arka plana göre kontrast düzeyi, ve aydınlanma süresidir [9].

6.3.2 Çalışma Alanı (Task Area)

İçinde görme işinin yapılacağı iş yeri içindeki kısmi alandır. Boyutları ve/veya yerleşimi bilinmeyen yerler için işin görülebileceği herhangi bir alan, çalışma alanı olarak ele alınabilir [9].

6.3.3 Yakın Çevresel Alan (Immediate Surrounding Area)

Görme alanı içindeki çalışma bölgesini en az 0,5 metre mesafede çevreleyen bant genişliğidir [9].

6.3.4 Ortalama Aydınlık Düzeyi (Maintained Illuminance) (Em)

Tanımlanan bir yüzey üzerindeki aydınlık düzeyinin altına düşmesine izin verilmeyen ortalama değeridir [9].

Not : Belli bir işletme süresi sonundaki ortalama aydınlık seviyesidir.

6.3.5 Siperleme Açısı (Shielding Angle)

Aydınlatma armatürünün ışık yayan kısmı ile görüş noktası arasındaki doğrunun yatay düzlem ile yaptığı açıdır [9].

6.3.6 Aydınlatmanın Düzgünlüğü

Bir yüzey üzerindeki minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranıdır [9].

6.3.7 Adaptasyon

Gözün görme alanı içerisindeki parlaklığa veya renge kendisini uyarlaması için yürüttüğü işlemdir [10].

6.3.8 Kontrol Merkezi

Demiryolu alt yapı tesislerinde tren hareketlerinin kontrolünden sorumlu olan sinyalizasyon sisteminin bulunduğu merkezdir [10].

6.3.9 Aydınlık Değişimi (Diversity)

Tanımlanmış bir bölgedeki minimum aydınlık düzeyinin maksimum aydınlık düzeyine oranıdır [10].

6.3.10 Kamaşma

Genel çevreye bağlı olarak görme alanı içerisindeki kısımların aşırı derecede parlak olduğu zaman görmede yaşanan rahatsızlık ve konforsuzluktur [11]. Eğer gözün görme alanındaki parlaklık çok büyük değerler alırsa, bu durumdaki kamaşmaya “direkt kamaşma”, yok eğer kamaştırıcı kaynak gözün görme alanının dışında ise, bu durumda da kamaşmaya “endirekt kamaşma” denir. Aynı nedenlerle oluşmalarına rağmen iki tip kamaşmadan, psikolojik kamaşma ve fizyolojik kamaşmadan söz edilebilir [12].

Psikolojik kamaşma (Discomfort Glare, UGR), görme yeteneğinde herhangi bir azalma olmaksızın, kullanıcıda hoş olamayan duygular yaratan ve konforu bozan kamaşma tipidir. Genelde, ortamdaki aşırı parlaklık farkları nedeniyle gözbebeği boyutunun sık sık değişmesi ile duyulan rahatsızlık veya ağrı hissi şeklinde kendini gösterir. Psikolojik kamaşma “kamaşma sınırlama katsayılarıyla” tanımlanır. Değeri armatürlerin ışık dağılım eğrilerine, görüş alanı içindeki armatürlerin görünen yüzeylerine, konumlarına, sayılarına ve maksimum parlaklık değerlerine bağlı olarak değişir [12].

Psikolojik kamaşma, aşağıda verilen formül ile hesaplanır [9].

$$UGR = 8 \times \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 w}{p^2} \right) \quad (6.1)$$

L_b : cd x m⁻² olarak arka plan parlaklığı

L : cd x m⁻² olarak her bir armatürün ışık yayan parçasının gözlemcinin bakış yönündeki parlaklığıdır.

w : gözlemcinin bakış yönündeki armatür elemanlarının uzay açısı (sr) değeridir.

p : bakış açısının sapması ile ilgili olarak her bir armatürün için Guth pozisyon endeksidir.

UGR, Tablo 6.1’ de verilen değerlerden yüksek olmamalıdır [9].

R_a ; renk geri verim endeksi olup maksimum değeri 100’dür. İnsanların uzun zaman geçirdikleri ya da çalıştıkları ortamlarda renk geri verim endeksi 80’nin altında seçilmemelidir [9]. Daha detaylı bilgi, Bölüm 6.4 ve 6.5’ de verilmiştir.

Fizyolojik kamaşma (Disability Glare) ise gözün görme yeteneğini azaltır. Özellikle kornea ve göz merceğinde dağıtılıp saçılan ışığın retinada parlak bir örtü oluşturması ile meydana gelmektedir [12].

6.3.11 Işık Akısı (Luminous Flux) (Φ , lm)

Normal gözün aydınlık görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre ışık olarak değerlendirilen enerji akısıdır. Işık akısı Φ harfi ile gösterilir. Birimi lümen'dir. 1 lümen = 1 lm [11].

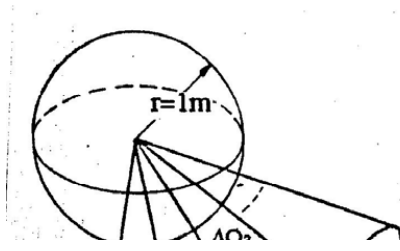
$$\Phi = K_0 \cdot F_e \cdot V_\lambda \quad (6.2)$$

Burada, F_e enerji akısını, K_0 da enerji akısının ışıksal (fotometrik) eşdeğerini gösterir ve $K_0 = 683 \text{ lm/W}$ 'tır. F enerji akısı ise birim güce karşılık birim zamandaki elektromagnetik enerjidir [11].

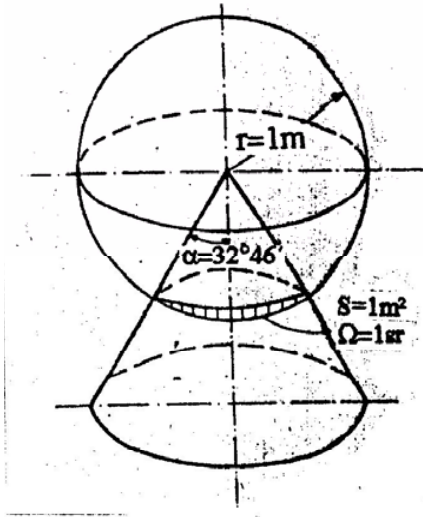
Işık akısı genel olarak düzgün yayılmaz; uzayın farklı doğrultularında yoğunluğu farklıdır. Bu durumu daha iyi açıklayabilmek için uzay açı kavramına ihtiyaç vardır. Genel olarak bir ışık kaynağının Φ toplam ışık akısı, Şekil 6-9'da gösterildiği gibi uzayın değişik kısımlarına yayılan $\Delta\Phi_1, \Delta\Phi_2, \dots$ kısmi ışık akılarının $\Phi = \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 + \dots$ toplamı olarak düşünülebilir [11].

İçinden kısmi ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay parçasına uzay açısı denir. Uzay açısı, noktasal ışık kaynağı merkez olmak üzere, yarıçapı $r = 1 \text{ m}$ olan bir küre düşünülerek ve koni veya piramidin küre yüzeyinde ayırdığı yüzey parçasının alanını hesap ederek ölçülür [13].

Eğer bu yüzeyin alanı 1 m^2 ($r^2 = 1 \text{ m}^2$) ise, bu durumda bu uzay parçasının uzay açısı 1 steradyan (sr)'dır denir. Eğer söz konusu alan A ise, bu durumda uzay açısı, Şekil 6-10'da gösterildiği gibi $\Omega = A / r^2$ (sr) 'dır [13].



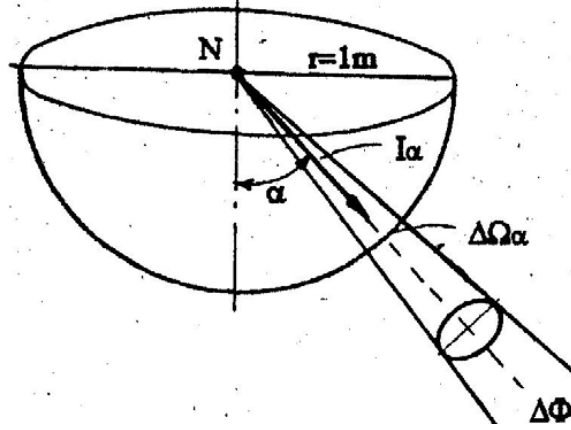
Şekil 6-9 : Kısmi Işık Akıları



Şekil 6-10 : Uzay Açısı Tanımı.

6.3.12 Işık Şiddeti (Luminous Intensity) (I , cd)

Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklük olup sembolü I 'dir. Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ortalama ışık şiddeti I_{ort} , Şekil 6-11'de gösterildiği gibi bu doğrultudaki birim uzay açıdan çıkan ışık akısıdır [11].



Şekil 6-11 : Noktasal Bir Işık Kaynağının A Doğrultusundaki I_α Işık Şiddetinin Tanımlanması

$\Delta\Phi$: Işığın çıktığı uzay açısı(sr)

$\Delta\Omega_\alpha$: Çıkan ışık akısı (lm),

$$I_{ort} = \Delta\Phi / \Delta\Phi_\alpha \quad (6.3)$$

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \Delta\Phi / \Delta\Phi_\alpha = \Delta\Phi / \Delta\Omega_\alpha \quad (6.4)$$

Birimi candeladır. 1 candela = 1 cd. = 1 lm/1 sr

6.3.13 Aydınlik Düzeyi (Illuminance) (E, lx)

Aydınlik düzeyi bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır. Birimi lüks'tür. 1 lüks= 1 lx.; 1 lx = 1 lm / 1m² 'dir.

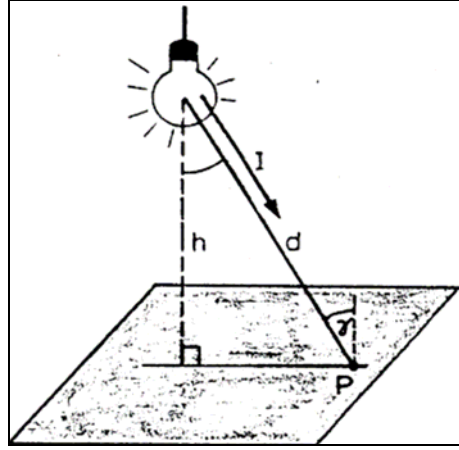
Tanım olarak aydınlık düzeyi yüzeyin ışık akısının, o yüzeyin alanına bölümüne eşittir.

$$E = \Phi / A \text{ 'dır [13].} \quad (6.5)$$

6.3.14 Yatay Aydınlik Düzeyi

Şekil 6-12'de gösterildiği gibi yüzeyin normali ile gelen ışık doğrultusu arasındaki açı γ olduğunda, yüzey üzerindeki bir P noktasının aydınlık düzeyi, bu nokta doğrultusundaki ışık şiddetinin ışık kaynağı ile nokta arasındaki uzaklığın karesine bölümünün γ açısının kosinüsü ile çarpımına eşittir [13].

$$E_p = (I / d^2) \cdot \cos\gamma \quad (6.6)$$



Şekil 6-12 : Noktasal Aydınlatma Formülünün Yatay Aydınlik Düzeyine Uygun Düzenlenmesi

Bu yasa “kosinüs yasası” olarak bilinir. Bu formül aydınlatma hesabında çok kullanılır ve noktasal aydınlatma formülü adını alır [13].

Yatay aydınlık düzeyi hesabında, noktasal aydınlatma formülündeki ışık kaynağı ile nokta arasındaki (d) uzaklığının yerine, ışık kaynağı ile düzlem arasındaki dik mesafenin (h) kullanılması daha pratik olmaktadır. Bu durumda formül, aşağıdaki şekli almaktadır [13].

$$E_{yatay} = (I / h^2) \cdot \cos^3\gamma \quad (6.7)$$

6.3.15 Düşey Aydınlik Düzeyi

Yatay aydınlık düzeyi için geçerli olan sistemin 90° döndürülmesi ile düşey düzlem üzerindeki aydınlık düzeyi Şekil 6-13’de gösterildiği gibi hesaplanabilir Düşey aydınlık düzeyi;

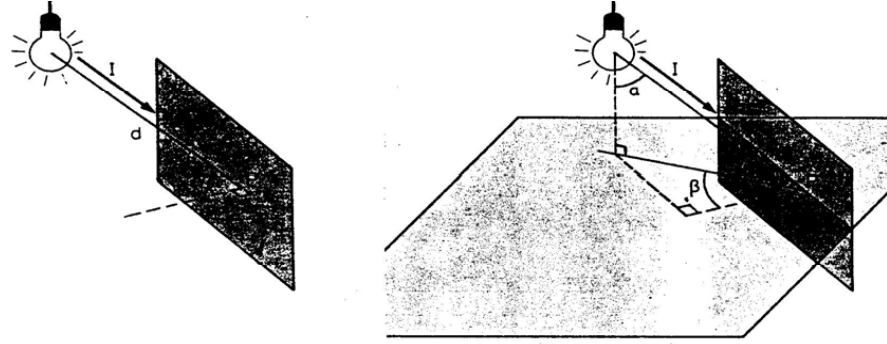
$$E_{düşey} = (I / d^2) \cdot \cos\gamma \quad (6.8)$$

formülü ile ifade edilir. Fakat pratikte açılarının kolay olarak belirlenebilmesi amacıyla, bu formüldeki γ açısı yerine Şekil 6-14’de gösterildiği gibi α ve β açıları kullanılır Bu açıların hangi açıları ifade ettikleri aşağıda açıklanmıştır .

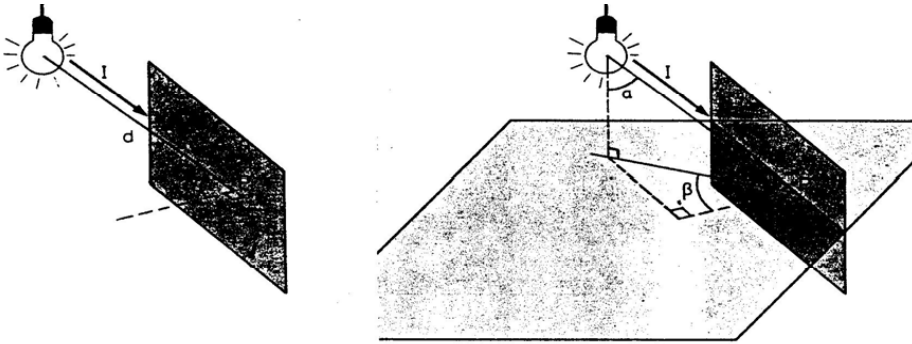
γ = Şekil 6-13’de gösterildiği gibi ışığın geliş doğrultusunun yüzeyin normali ile yaptığı açı [12].

α = ışığın geliş doğrultusu ile yatay düzlemin normali arasındaki açı,

β = Şekil 6-14’de gösterildiği gibi ışık şiddetinin içinde bulunduğu düzlemin, yatay düzleme göre yönünü gösteren açı .



Şekil 6-13 : Formül (6.7)'e Göre Yatay Aydınlık Düzeyinin Hesabı



Şekil 6-14 : Formül (6.8)'e Göre Düşey Aydınlık Düzeyinin Hesabı

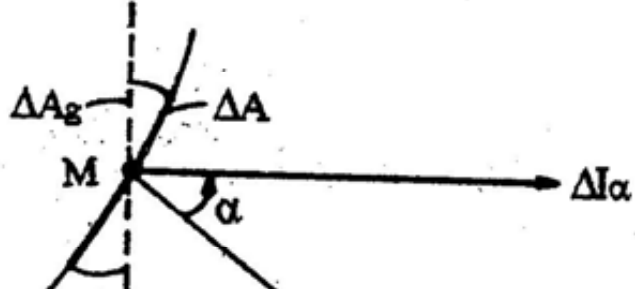
Sonuç olarak düşey aydınlık düzeyinin hesaplamasına yarayan formül aşağıdaki şekli alır;

$$E_{\text{düşey}} = (I / h^2) \cdot \sin\alpha \cdot \cos^2\alpha \cos\beta \quad (6.9)$$

6.3.16 Parıltı(Luminance) (L, cd/m²)

Parıltı L harfi ile gösterilir. Birimi cd/m²'dir. Yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir armatür yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi, başka bir kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir. Parıltı tanımı, "Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔA yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔA 'nın bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔAg görünen alanına oranının limitidir" şeklinde yapılmaktadır [13]. Bu tanım, Şekil 6-15'de daha kolay anlaşılacak üzere verilmiştir.

$$L_\alpha = \lim_{\Delta Ag \rightarrow 0} \Delta I_\alpha / \Delta Ag = \Delta I_\alpha / \Delta Ag \text{ 'dir.} \quad (6.10)$$



Şekil 6-15 : Bir Yüzeyin Bir M Noktasının α Doğrultusundaki Parıltısının Tanımı

6.3.17 Armatür

Bir lamba veya lambalar tarafından verilen ışığın dağıtımını kontrol eden ve ayrıca içindeki lambaları da koruyan, şebekeye bağlayan ve tespit edip taşıyan bir alettir [10].

6.3.18 Platform Kenar Bölgesi

Platformun kenarı ile 1 m gerisinde kalan bölgedir [10].

6.4 Aydınlatma Tasarım Kriterleri

İyi bir aydınlatmadan beklenen özellik, gerekli miktardaki aydınlık düzeyinin temin edilmesi yanında nitel ve nicel ihtiyaçları da karşılayabiliyor olmasıdır [9].

Aydınlatma, başlıca şu üç temel ihtiyaca cevap verebilmelidir.

- Görsel konfor,
- Görsel performans
- Güvenlik

Bu ihtiyaçları karşılayabilmek üzere aydınlatmaya ait temel tasarım parametreleri, aşağıda sıralandığı gibidir

- Yüzeylerin yansıtma özellikleri,
- Aydınlık düzeyi
- Kamaşma
- Işığın yönlendirilmesi

- Işığın renk ayrımı ve görünümü
- Titreme (flicker)
- Gün ışığı

6.4.1 Yüzeylerin Yansıtma Özelliği

Görüş alanı içerisindeki yüzeylerin yansıtma özellikleri gözlerin görmesini de etkileyen adaptasyon seviyesini kontrol eder [9].

İç mekan yüzeylerine ait yansıtma faktörleri genel olarak aşağıdaki sıralandığı gibidir [9].

- Tavanlar : 0,6 – 0,9
- Duvarlar : 0,3 – 0,8
- Çalışma Düzlemi : 0,2 – 0,6
- Zemin : 0,1 – 0,5

6.4.2 Ortalama Aydınlik Düzeyi

Ortalama aydınlık düzeyi, Em ile gösterilmekte ve belli bir işletme süresi sonunda tanımlanan bir yüzey üzerinde aydınlık seviyesinin düşmesine izin verilmeyen ortalama değerdir

Aydınlık düzeyinin, raylı sistemler için olması gereken değerlerine ait tanımlanmış veriler, ulusal ve uluslararası standartlarda ve önerilerde mevcuttur. Bunlara ait karşılaştırmalı veriler, Tablo 6.1’de verilmiştir.

Sürekli olarak dolu bulunan dolaşım alanlarında aydınlık düzeyi 200 lux’ün altına düşmemelidir [9].

Tablo 6.1’de E_m olarak gösterilen sütunda, yatay veya düşey düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyinin sağlanması gereken sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 6.1 : Ulusal ve Uluslar arası Standartlara Göre Raylı Sistemlerde Önerilen Aydınlatma Kriterleri

	TS 12127 ve DLH Kriterleri	GI/RT 7010 Railway Group Standart	EN 12464 1		
			Minimum E _m	Maksimum UGR	Minimum Ra
Trafik Zonları					
Dolaşım Alanları Ve Koridorlar	175-250		100	28	40
Merdivenler, Yürüyen Merdivenler, Yürüyen Bantlar	150-200		150	25	40
Bağaj Yükleme Mekanları			150	25	40
Kontrol Odaları					
Trafo Merkezleri, Şalt Odaları	150-200		200	25	60
Telex, Haberleşme Merkezi	250-350		500	19	80
Elektrik Endüstrisi					
Elektronik Atölye, Test, Ayar Odası			1500	16	80
Güç Merkezleri					
Akaryakıt Besleme Alanı	150-200		50	-	20
Kazan Dairesi	150-200		100	28	40
Makine Odası	150-200		200	25	80
Pompa Merkezleri, Şalt Odaları (Bina İçi)	150-200		200	25	60
Kontrol Odaları	250-350		500	16	80
Harici Tip Şalt Merkezleri			20	-	20
Araç Yapımı (Araç Bakım Atölyesi)					
Kaporta İşleri Ve Montajı			500	22	80
Boyama, Parlatma Ve Püskürtme Hücreleri			750	22	80
Boyama, Kontrol - Muayene			1000	19	90
Döşeme Tamir, Yapım			1000	19	80
Son Kontrol			1000	19	80
Marangozhane					
Otomatik Proses, Kurulama,					
Ofisler					
Kopyalama			300	19	80
Yazma, Daktilo, Okuma, Veri İşlem			500	19	80
Teknik Çizim			750	16	80
Cad İş İstasyonları			500	19	80
Konferans Ve Toplantı Odaları			500	19	80
Resepsiyon Masası			300	22	80
Arşivler			200	25	80
Genel Amaçlı Odalar					
Bekleme Odaları			200	22	80
Koridorlar: Gündüz Vakti			200	22	80
Koridorlar: Gece Vakti			50	22	80
Odalar			200	22	80
Personel Odaları					
Personel Ofisi			500	19	80

Personel Odaları			300	19	80
Demiryolu Tesisleri					
Kapalı Platformlar Ve Yolcu Alt Geçitleri	150-200		50	28	40
Bilet Holü Ve Konkors Katı	200-400		200	28	40
Bilet Ve Bagaj Ofisleri Ve Turnikeler			300	19	80
Bekleme Odaları			200	22	80
Platform Kenarı					
Platform Kenar Bölgesi, yatay aydınlık düzeyi	250-300	10			
Platform Kenar Bölgesi, düşey aydınlık düzeyi		2			
Tünel Aydınlatması					
Ray Üst Kotu, yatay düzlem		10			
Ray Üst Kotundan 1m yukarıdaki düşey düzlem		2			
Yetkilendirilmiş Yürüme Yolu		10			
Acil Çıkış ve Kaçış Yolları, düşey aydınlanma		2			
Acil Çıkış ve Kaçış Yolları, yatay aydınlanma		10			
Araç Manvera, Bekleme ve Yan Hatları					
(Ray Üst Kotundan 1m yukarıda yatay düzlem)		10			
(Ray Üst Kotundan 1m yukarıda düşey düzlem)		2			

6.4.3 Aydınlatmanın Düzgünlüğü

Genel aydınlatmada döşemeden yaklaşık 0,85 m. yükseklikteki çalışma düzleminde hacmin özelliklerine göre belli bir düzgünlük oranının sağlanması istenilir. Çalışma düzlemindeki minimum aydınlık düzeyinin düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyine oranı 0,8 den büyük olduğunda ($E_{min}/E_m \geq 0,8$) düzgünlük yeterlidir. Montaj yüksekliği tavan yapısı ile sınırlı olduğundan, düzgünlüğün iyileştirilmesi için armatürler arası açıklığın değiştirilmesi gerekir [14].

Direkt aydınlatma sağlayan reflektörlü floresan lambalı aydınlatma düzeninde aynı sıra üzerinde birbirini takip eden armatürlerin orta noktaları arasındaki mesafe montaj yüksekliğinin (çalışma düzlemi ile armatür arasındaki mesafe) 2/3 'ünü, yan yana armatür sıraları arasındaki uzaklık da montaj yüksekliğinin 1,5 katını aşmadığında istenilen düzgünlük oranı sağlanmış olur [14].

Yükseklik fazla olduğunda kullanılan yüksek ışık akılı deşarj lambalı high-bay düzeninde ise, düşey düzlemlerde de belli bir düzgünlük gerektiği için çalışma düzleminin 0,85 m. olarak sınırlanması doğru değildir. Böyle düzenlerde montaj yüksekliğinin tam ortasındaki yatay düzlemde minimum aydınlık düzeyinin

maksimum aydınlık düzeyine oranının 0,6 dan büyük olmasına ($E_{min} / E_{max} \geq 0,6$) çalışılmalıdır [14].

Görev alanı mümkün olduğunca düzgün olarak aydınlatılmalıdır. Görev alanı ve en yakın çevredeki aydınlatma düzgünlüğü Tablo 6.2’de verilen değerlerden daha düşük olamaz [9].

Tablo 6.2 : Çalışma Alanının Yakın Çevresindeki Aydınlatma Düzeyinin Düzgünlük İle İlişkisi [9]

Çalışma bölge aydınlığı (lx)	Yakın çevre aydınlık düzeyi (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{task}
Düzgünlük $\geq 0,7$	Düzgünlük $\geq 0,5$

6.4.4 Işık Renginın Önemi

Renk sıcaklığı ve renksel geri verim endeksi, ışık kaynağının renk özelliğini tanımlamaktadır. Değişik renk özellikli ışık kaynakları ile sıcak ve huzurlu ortam yaratılabildiği gibi; uyarıcı çalışmaya teşvik edici ortamlar da hazırlanabilir. Işık kaynaklarının renk sıcaklıkları ve renksel geri verim endeksleri birbirinden farklıdır [15].

6.4.5 Demiryollarında Güvenlik ve Işık Kaynak Tip Ve Renkleri

Pratik kullanıma uygun, ticari olarak piyasada kolay bulunabilen lambalar tercih edilmelidir. Bununla beraber, aşağıda sınırlanan bazı özel durumlar için belirli tipteki lambalar, kullanılmamalıdır [10].

- demiryolu hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan alçak basınçlı sodyum lambalar (alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar, ısınma aşamasında kırmızı ışık ve tamamen ısınıp yandıkları zaman ise sarı ışık yayarlar)

- b) demiryolu hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan metal halojen lambalar (metal halojen lambalar, ısınma aşamasında parlak yeşil pembe veya mavi ışık yayarlar)
- c) herhangi bir filtre camı ile donatılmamış, metal halojen lambalar (bu filtre camı, lambanın görülür ışığını tamamen sararak UV radyasyona karşı koruma yapar).
- d) koruyucu bir camı olmaksızın tungsten halojen lambalar (UV radyasyona karşı koruma yapmak için)

6.4.5.1 Renksel Geriverim Endeksi

Bir ışık kaynağının aydınlattığı ortamdaki renkleri, doğal ışık altında gözlemlendikleri şekilde göstermesinin önemi büyüktür. Işık kaynaklarının bu özellikleri spektrumlarına bağlıdır. Işık kaynaklarının renksel geriverim özellikleri Ra harfleri ile simgelenir ve maksimum değeri 100 olan bir sayı ile ifade edilir [15]. Pratik uygulamalar için Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından önerilen beş Ra sınıfı önerilmekte olup bunlar Tablo 6.3'de verilmiştir [15].

Tablo 6.3 : CIE' nin Renk Ayırım Endeksi Grupları

RaGrup	Ra	Renk Görünümü	Uygulama Alanları	
			Tercih Edilen	Kabul Edilen
1 A	$Ra > 90$	Sıcak, Orta Sıcak, Soğuk	Renk karşılaştırma Klinik inceleme	
1 B	$90 > Ra > 80$	Sıcak-Orta Sıcak- Soğuk	Ev, otel, lokanta, dükkan, ofis, okul, hastane, baskı, boya, tekstil, özel endüstri işleri	
2	$80 > Ra > 60$	Sıcak Orta Sıcak Soğuk	Endüstriyel İşler	Ofisler, Okullar
3	$60 > Ra > 40$		Kaba işler	End. İşler
4	$40 > Ra > 20$			Renk ayırımının az önemli olduğu endüstriyel işler

Işık kaynakları, renksel geri verim endeksleri, 50-70 arasında ise orta, 70-90 arasında ise iyi, 90-100 arasında ise mükemmel olan renksel geri verim ayırım endeksli kaynaklar diye sınıflandırılırlar [15].

Ortamın ve içindeki cisimlerin net ve parlak görünmesinin birinci derecede önem taşıdığı uygulamalarda Ra yüksek değerli kaynaklar seçilmelidir. Yüksek Ra değerli kaynaklar orta ve zayıf Ra'lı kaynaklara oranla ortamın daha canlı ve berrak görünmesini sağlarlar. Yüksek Ra'lı lambaların etkinlik faktörleri daha düşük olduğu için, enerji verimliliği açısından yüksek Ra'lı lambalar daha verimsiz kaynaklardır. Aydınlatılan ortamda renk özelliğinin mi, yoksa ekonominin mi birinci planda olduğuna karar vermek tasarımcının görevidir. Enerjinin etkin kullanımı için yapılan işin cinsine göre, uygun olan minimum değerde Ra'lı ışık kaynağı seçilmesine özen gösterilmelidir [15].

Ra değerlerini dikkate alırken, referans kaynak ile test edilen kaynağın aynı renk sıcaklığında olması gerekir. Örneğin aynı Ra değerine sahip 'sıcak-beyaz' bir lamba ile gün ışığı rengindeki bir kaynağın renksel geriverim endekslerinin aynı olacağı söylenemez. Aynı Ra değerli iki lambadan biri diğerinin yerine kullanılamaz. Ortamın renk sıcaklığı dikkate alınmalıdır. Ra'sı yüksek olan lambalarda (örneğin Ra = 95) değişik renklere karşı bulanık renksel geriverim endeksleri arasında büyük fark olmadığı görülmüştür. Ra değerinin her zaman referans kaynağa bağlı olduğu göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, bazen düşük Ra'lı doğal kaynaklar ortamdaki cisimlerin daha canlı ve çekici görünmesini sağlayabilir. Örneğin kırmızı radyasyonları bol olan bir aydınlatmada insan yüzleri olduğundan daha canlı ve sağlıklı görünürler. Burada önemli olan rengin olduğu gibi algılanmasının sağlanmasıdır [15].

6.4.5.2 Renk Sıcaklığı

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı siyah cismin renk sıcaklığı ile ilişkilidir. Bu nedenle ışık yayan 'renk sıcaklıklı cismin' renk sıcaklığı, siyah cisim gibi davrandığı andaki Kelvin (K) cinsinden sıcaklık değeridir. Düşük sıcaklıklarda ısıtılan bir cisim Kızıl-kırmızı renkte ışık verirken, sıcaklığın artması ile sarı- beyaz ve çok yüksek sıcaklıklarda ise mavi-beyaz: renkli ışık verir. Bunun için, renk sıcaklığı yüksek olan ışıklar soğuk beyaz (mavimtrak) renktedirler. Lüminesan ışık üretimine dayanan deşarj lambaların renk sıcaklıkları, aynı renk izleminin elde edildiği termik ışık

üretimindeki siyah cismin renk sıcaklığı olarak ifade edilir. Yani deşarj lambalarının renk sıcaklıkları da termik ışık yayan siyah cisim ile ilişkili olarak verilebilmektedir. Işık kaynakları renk sıcaklıklarına göre sıcak, orta sıcak ve soğuk renk görünümlü ışık kaynakları olmak üzere Tablo 6.4’de gösterildiği gibi üç gruba ayrılmaktadır [15].

Tablo 6.4 : Renk Sıcaklığı İle Renk Görünümü Arasındaki İlişki

Renk sıcaklığı (K)	Renk görünümü
>5300	Soğuk (mavimtırak beyaz)
3300-5300	orta sıcak (beyaz)
<3300	sıcak (kırmızımtırak beyaz)

Pratikte imalat açısından dört sınıf renk sıcaklığı ile karşılaşılmaktadır.

- a) K (sıcak)= 82 ve 92 kodlu floresan ve, kompakt floresan lambalar ve beyaz ışıklı sodyum baharlı lamba bu sınıfa girer. Sıcak rahat ve konforlu ortam yaratılmak istendiğinde kullanılmalıdır.
- b) K (doğal-beyaz): Tungsten halojen lambalar, 83, 93 renk kodlu floresan ve bazı kompakt floresan lambalar bu sınıfa dahildir. Akkor telli lamba ışığı ile çok iyi uyum sağlarlar. Günışığı katkısı olan her yerde rahatlıkla kullanılabilir.
- c) K(soğuk-beyaz): 84 ve 94 renk kodlu floresan lambalar ve metal halojen lambalar bu sınıfa girer. Genellikle serin, verimli ve uyarıcı bir çalışma ortamı istenilen yerlerde tesis edilirler.
- d) K (gün ışığı ve soğuk gün ışığı):Spektrumları günışığına yakın olan 86,95 ve 96 renk kodlu floresan lambalar bu gruptadır. Uyarıcı ve verimli çalışma istendiği ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılır.

Uzun yıllardan beri süregelen denemeler sonucunda ışık kaynağının renk sıcaklığının seçiminin söz konusu ortamda sağlanan lüks cinsinden aydınlık düzeyine bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Düşük aydınlık düzeylerinde yüksek renk sıcaklıklı lambaların kullanımı ortamı sıkıcı yaparken, yüksek aydınlık düzeyinde kullanılan düşük renk sıcaklıklı lambalar son derece yapay ve uyumsuz gözükmektedir. Tablo 6.5’de bu durum gösterilmiştir. Sıcak iklim kuşağındaki bölgelerde soğuk renk görünümlü ışık kaynakları tercih edilirken, soğuk bölgelerde ise sıcak renkli lambalar daha uygun olur. Bir hacimde kullanılan değişik ışık kaynaklarının birbirine yakın

renk sıcaklıklı olmalarına dikkat edilmeli, gelişigüzel farklı renk sıcaklıklı kaynaklar yerleştirmekten özellikle kaçınılmalıdır.

Tablo 6.5 : Işık Kaynaklarının Renk Görünümlerinin Değişik Aydınlık Düzeylerinde Algılanması

Aydınlık Düzeyi	Işık Kaynaklarının Renk Görünümleri		
	sıcak Hoş	Orta sıcak Doğal	Soğuk serin
<500			
500-1000	Uyarıcı	Hoş	Doğal
1000-2000			
2000-3000			
>3000	Yapay	Uyarıcı	Hoş

Piyasada üretilen malzemelerden örnekler verilirse, floresan lambaların ışık renkleri ve renk sıcaklıkları, lamba camının içten çeşitli bileşimdeki fosforla kaplanması ile belirlenir [15].

6.5 Raylı Sistem İşletme Güvenliği İle İlgili Aydınlatma Tasarım Kriterleri

GI/RT 7010 kodlu Demiryolu Grup Standardında (Railway Group Standart, RGS) demiryolu işletmelerinde güvenliğe ait minimum koşullar hakkında bilgiler verilecektir.

Bu standart, Avrupa Birliği Direktifleri doğrultusunda, demiryolu sistemlerinin kendi aralarında çalıştırılabilmeleri kapsamında hazırlanmıştır. Amacı, işletmeler arası ortak güvenlik unsurlarını ve işletme maliyetlerini azaltıcı yönde bir yapı oluşturmaaktır. Demiryolu Güvenliği ve Standartları Bürosu (Rail Safety and Standards Board (RSSB)), ise, bu standartları, gurup üyeleri arasında güncel tutmak ve korumak üzere faaliyet göstermektedir. Demiryolu yapılarının aydınlatılması konusundaki standart ise 5 Ekim 2002 tarihinde hazırlanmış olup 7 Aralık 2002 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Daha detaylı bilgilere <http://www.rssb.co.uk/index.asp> , <http://www.rgsonline.co.uk/> ve <http://www.rssb.co.uk/index.asp> internet adreslerinden ulaşılabilir.

Aşağıda bu standart esas alınarak raylı sistem aydınlatma tasarım esasları tanımlanmaktadır.

6.5.1 Aydınlatma – Genel

Aydınlatma tasarımları, basit, güvenli, etkin ve pratik bir bakımı sağlayacak şekilde olmalı; elektrikli cihazların izolasyonuna, raylı sistem işletmesine ait sistemleri etkileyebilecek herhangi bir özel donanım ve/veya işleme gereksinim duyurmayacak bir yapıda olmalıdırlar [10].

6.5.2 Kamaşma

Tasarım aşamasında montaj yüksekliği, yerleşim aralığı, ışık kaynaklarının aydınlatma dağılımı ve iş alanına olan konumları dikkate alınmalıdır. Doğal ışık kaynaklarının etkileri de göz önüne alınmalıdır [10].

6.5.3 Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV)

CCTV kameralarının görüş alanları içerisine, çalışmalarını ters yönde etkileyebilecek tarzda aydınlatma elemanları konulmamalıdır.

Aşırı kontrastları önlemek amacıyla, kameraların görüş alanı içerisindeki bölgede oldukça düzgün bir aydınlatma sağlanmalıdır.

Sürücü ile ilgili olarak işletme şartlarında ve hemzemin geçitlerde CCTV ile ilgili diğer standartlar da göz önüne alınmalıdır [10].

6.5.4 Acil Aydınlatma Kuralları

Her istasyon acil durumda yolcu ve görevlilerin düzenli bir şekilde dışarıya tahliyesi için 1-2 saniyede otomatik devreye giren kesintisiz güç kaynağı ile aydınlatma donanımına sahip olmalıdır. Acil durumda hol ve geçitlerde bu kaynaktan beslenen ışıklı/ışsızsız veya sesli çıkışa yönlendirici ve işaretler bulunmalı istasyonun çeşitli alanları bu durumlarda en az ortalama 3 lüks lük (5 lüks tercih edilir) düzeyde aydınlatılabilmelidir [7].

6.5.5 İstasyon Platform Aydınlatması

Bu başlık altında bahsedilen bütün aydınlatma seviyeleri, bakım veya azaltıcı faktörler uygulandıktan sonra, elde edilen minimum ortalama aydınlık düzeyleridir [10].

6.5.5.1 Yatay Aydınlatma

Bütün istasyonlarda izin verilen minimum aydınlık düzeyi, platform hizasında (yüksekliğinde) kullanılabilir durumundaki platform sınır bölgesinin tamamında en az 10 lux olmalıdır [10].

6.5.5.2 Açık İstasyonlarda Aydınlatmanın Düzgünlüğü

Platform sınır bölgesi boyunca yatay düzlemde aydınlatmanın düzgünlüğü yani minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı (E_{min}/E_{ort}) 0,4 değerine eşit veya büyük olmalıdır [10].

6.5.5.3 Kapalı İstasyonlarda Aydınlatmanın Düzgünlüğü

Platform sınır bölgesi boyunca kapalı alanlarda yatay düzlemde aydınlatmanın düzgünlüğü, yani minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı (E_{min}/E_{ort}) en az aşağıdaki değerlere eşit veya büyük olmalıdır [10].

- A,B ve C tipi istasyon kategorileri için 0,5
- D,E ve F tipi istasyon kategorileri için 0,4

İstasyon kategorileri, aşağıda sıralandığı gibidir.

- A-Ulusal ağ
- B-Bölgesel ağ:
- C-Önemli hatlar :
- D-Orta büyüklükteki, istasyonlar :
- E-Küçük büyüklükteki istasyonlar,
- F-Küçük büyüklükte, personeli olmayan istasyonlar,

6.5.5.4 Aydınlatmanın Dağılımı – Bütün İstasyonlarda

Platform sınır bölgesinde E_{min}/E_{max} oranı, 0,1 'e eşit veya büyük olmalıdır [10].

6.5.5.5 Platform Emniyet Bölgesinde Minimum İzin Verilen Düşey Düzlem Aydınlatması - Bütün İstasyonlar -

Platform kenarına dik ve platform düzeyinden 1,0 metre. yüksekteki düzlem yüzeyindeki bir noktada minimum aydınlık düzeyi, en az 2,0 lux olmalıdır.

6.5.5.6 Platform Emniyet Bölgesinde Aydınlatmanın Dağılımı

Kullanılabilir platform kenarı boyunca Emin/Emax oranı en az 0,5 olmalıdır .

Aydınlatma tesisi, komşu aydınlatma cihazları, farklı linie hatlarından beslenecek şekilde kurulmalıdır [10].

6.5.6 Doğal ve Yapay Aydınlatmalı Bölgeler Arasında Geçişler

Yeni yapılan veya yeniden üzerinde iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilen istasyonlarda doğal ışığın girdiği alanda uygun bir mesafe bırakılarak ışığın sert ve keskin geçişler yapması önlenmeli ve bunun en az seviyeye indirilmesi sağlanmalıdır. Bu sayede gözün adaptasyon işlemi sırasında görme performansı uygun seviyelerde tutulabilir.

Güneşin ıslak ve parlak yüzeylerde yansımaları ve istasyona girişlerde makinistlerin gözlerini alması en aza indirilmelidir.

Yeni yapılan veya yeniden üzerinde iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilen mevcut işletmedeki istasyonlarda aşağıda belirtilen konularda risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

- a. Tren yaklaşım hızı
- b. Platformun durduruculara (buffers' lara) olan uzaklığı
- c. İstasyon platformlarına yaklaşırken çevre aydınlığı
- d. İstasyon platformuna yaklaşılırken 20 derecelik görüş alanı içerisindeki uzayın yüzdesi
- e. İstasyon platform yaklaşımlarında güneşin olası konumlarına bağlı olarak doğrudan veya dolaylı kamaşmaya yol açma durumu
- f. İstasyona yaklaşım yönündeki raylar üzerindeki aydınlık düzeylerinin arttırılması (5000 lux veya daha düşük düzeydeki çevre aydınlatmasında istasyon boyunca düzgün bir aydınlatma elde etmek için fazla olan aydınlık düzeyi kısılmalıdır.)
- g. Keskin aydınlık farklılıklarını azaltmak için rayların üzerlerindeki, üst seviyelere gittikçe azalan aralıklarda baffles (perdeleyeci ekranlar) konur

Yukarıda bahsedilen maddeler, tam anlamıyla eksiksiz tamamlayıcı hususlar değildirler [10].

6.5.7 Tünel Aydınlatması

Tünel aydınlatmasının amacı aşağıdaki hususlara hizmet etmek içindir

- a. yolcu ve makinistlerin treni boşaltmalarına ve emniyetli bir şekilde tünel boyunca yürüyebilmelerini sağlamaya yardımcı olmak
- b. bakım elemanlarının tünel boyunca normal rutin kontrollerini yapmalarına yardımcı olmak
- c. tren mürettebatını yönlendirmek ve yolun görülebilirliğini iyileştirmek

Tünel aydınlatmasının kurulduğu yerlerde sistem tasarımı aşağıdaki hususları sağlamalıdır :

- d. ray seviyesindeki yatay düzlem üzerinde bakım faktörü dikkate alınarak en az 10 lux değerinde aydınlık düzeyinin ve ray seviyesinin 1,0 m. üzerinde ise düşey düzlemde 2 lux aydınlık düzeyinin sağlanması,
- e. sinyallerin görülebilme durumları da hesaba katılmalıdır, yolcuların ve makinistlerin straboskopik etkiye maruz kalma ihtimalleri, adaptasyonu kolaylaştırıcı yüksek seviyedeki aydınlanma düzgünlüğü,
- f. acil bir durumda tünel içindeki olası duman, yangın v.b.gibi koşullar göz önüne alınmalıdır,
- g. aydınlatmanın ne zaman ve nasıl çalışacağı, dikkate alınmalıdır, (örneğin daimi olarak açık, veya, bir şart ve olayın gerçekleşmesi ile otomatik olarak açılabilen, veya el ile kumandalı olması durumları gibi)
- h. normal besleme kaynağının bir arızada kapanması durumunda aydınlığın nasıl sağlanacağı, göz önünde bulundurulmalıdır.

Tünel aydınlatması için emniyet önemli ise alternatif bir besleme kaynağı bu aydınlatma için tesis edilmelidir. Bu şart, alternatif bir besleme kaynağı veya bir stand-by generatör veya yeterli bir süre acil durum sistem beslemesini sağlamaya devam edebilecek sistemler ile sağlanabilir. Alternatif kaynak, ana beslemenin kaybolması gibi acil bir durumda otomatik olarak devreye girebilmelidir.

Aydınlatma tesisi, aynı zamanda mümkün olduğunca komşu armatürlerin farklı linyelerde olması şeklinde kurulmalıdır [10].

6.5.8 Sinyalizasyon Devreleri ve Kontrol Kutularındaki Aydınlatma

Doğrudan tren sürücüsünün görüş alanı içinde kalabilecek herhangi bir sinyalizasyon ekipmanı veya kutusu üzerindeki aydınlatma seviyesi, kamaşmayı en aza indirmek amacıyla daha düşük seviyelere getirilmelidir. Bu amaçla, loşlaştırılmış (dimmable) aydınlatma, düşük parıltılı armatürler, çalışma alanı üzerine alçak seviyede asılmış askılı armatürler gibi sistemler uygulanabilir.

Tasarımın ergonomik ve insan faktörü bakımından görünümü günün 24 saati boyunca güvenlik amaçlı kritik personele ayarlanabilir seviyede aydınlatma sağlayabilmeyi göz önüne almalıdır [10].

6.5.8.1 Sinyal Kutusu Üzerindeki Aydınlatma

Makas geçiş kontrolleri, sinyal kutuları tarafından gerçekleştirildiğinde sürücü üzerinde kamaşma etkisini en aza indirecek tipte aydınlatma kurulmalıdır [10].

6.5.8.2 Kontrol Merkezi Aydınlatması

Kontrol merkezindeki aydınlatma tasarımı, operatörlerin, demiryolu işletmesi ile alakalı her türlü sinyali, mimik ekranı ve benzeri izleme ekranlarını görmeye yönelik bütün ihtiyaçlarını, karşılamalıdır [10].

6.5.9 Bakım Hizmetleri ve Aydınlatma

Sinyal kutuları ve kontrol odalarındaki bakım işlemleri sırasında sinyal ve kontrol odası operatörlerine problem çıkamayacak şekilde aydınlatma sağlanabilmelidir [10].

6.5.9.1 Yürüme Yollarındaki Aydınlatma

Güzergah boyunca acil duruma yönelik yürüme yollarındaki minimum yatay aydınlık düzeyi, bakım faktörü uygulanmış olduğu halde, 10 lux'ün altına düşmemelidir. Düzgünlük (E_{min} / E_{ort}), yatay ekseninde en az 0,5 olmalıdır [10].

6.5.9.2 Araç Bekleme Alanları

Araçların, demiryolu işletme altyapısı içerisinde yer alan, araçların normal veya anormal durumlarda beklemeleri için hazırlanmış olan yerlerde ray seviyesinin

üzerinden 1 m. yukarısında ölçülen düşey aydınlık düzeyi minimum 2 lux, yatay aydınlık düzeyi ise ray seviyesinde en az 10 lux olmalıdır.

Yatay ve düşey düzlemlerde düzgünlük, en az 0,5 olmalıdır [10].

6.5.9.3 Acil Durum Kaçış Yolları ve Çıkışları

Bilet geçiş bariyerleri, bekleme alanları, alt geçitler ve demiryolu işletmesine ait kontrollü bölgelerden istasyon dışına çıkışı sağlayan yollar, uygun işaretler ile aydınlatılmalı ve acil durumlarda çalışabilmelidirler.

Güvenlik bakımından işaretlendirmeler, açık ve anlaşılır bir şekilde gösterilmelidir.

Bu tür acil durum yolları üzerindeki minimum düşey aydınlatma, yürüme düzleminde 1m. yukarıda 2 lux, yatay düzlemde, zemin seviyesinde ise 10 lux olmalıdır. Yürüme yolu üzerindeki düşey ve yatay aydınlatma düzgünlüğü, en az 0,5 olmalıdır [10].

6.5.9.4 Yönlendirme Ve Uyarı Aydınlatması

Demiryolu için gerekli olan aydınlatma, havalimanları, denizyolu limanları ve benzeri geçişlerdeki aydınlatma ile kesinlikle çakışmamalı ve ara etkileşimler göstermemelidir. Bu tür ara etkileşimlerin olabileceği yerlerde, daha tasarım ve tesis kurulum aşamasında yetkili taraflarca karşılıklı onaylanmış uygun çözümler uygulanmalıdır [10].

6.5.9.5 Demiryolu Sinyalizasyonu Üzerinde Aydınlatmanın Etkisi

Demiryolu aydınlatması, sinyal sistemi ile bir çakışma göstermemeli ve sinyalizasyon sistemi, her durumda rahatlıkla doğru olarak okunabilmelidir. Aşağıda sürücünün görüşünü engelleyen aşağıdaki durumlara izin verilmemelidir [10].

- Aydınlatma kaynağının konum nedeniyle makinistin sinyalizasyonu fark edememesi
- Bir ışık kaynağının sinyalizasyon sistemine ait olarak algılanması
- Işığın kırılması veya yansımaları sebebiyle yanlış algılamalara sebebiyet verilmesi

6.5.10 Aydınlatmada Işık Kaynaklarının Seçimi İle Enerji Tasarrufu

Aydınlatma yükünün az olduğu yerlerde bile, uygun çözümlerle enerjide önemli bir tasarruflar sağlanabilir. Etkin bir enerji yönetimi programı yapılırken aydınlatma göz ardı edilmemelidir [16].

6.5.10.1 Aydınlatma Seviyelerinin Kontrol Edilmesi

Bir enerji tasarrufu çalışması yapılırken ilk yapılacak iş aydınlatılan bölümlerde ki aydınlatma seviyelerinin kontrol edilmesidir. Aydınlik düzeyi ölçer (Lüksmetre) ile yapılan ölçümlerin sonuçları, ilgili uygulama alını için tespit edilmiş olan aydınlık düzeyi değerleri ile karşılaştırılmalı ve bu karşılaştırma sonucunda, düşük veya yüksek seviyedeki aydınlatma alanlarının tespit edilmesi gerekir. Enerji tasarrufu açısından özellikle fazla aydınlatılan bölgelerin tespiti önemlidir [16].

6.5.10.2 Aydınlatmanın Verimi (Lm/W)

Aydınlatmanın verimi, şebekeden çekilen toplam güce karşılık elde edilen ışık akısı miktarı ile açıklanmakta ve etkinlik faktörü (lm/W) olarak tanımlanmaktadır. Aydınlatma verimi, (Etkinlik faktörü) ışık akısı miktarının güce oranına denir. Lümen/Watt olarak gösterilir.

Yeni bir şebeke tasarımında veya mevcut bir tesisatın yenilenmesi göz önüne alındığında, renk ve ışık kalitesinin şebekenin ihtiyacını karşılayabilmesi için seçilen lambalar mümkün olduğu kadar yüksek verimli olmalıdır. Mevcut bir şebeke gözden geçirildiği zaman, daha verimli lambaları göz önüne almak için ilk adım, kullanılmakta olan lambaların teknik özelliklerini belirlemektir [16].

7. İSTANBUL METROSUNDA AYDINLATMA VE ENERJİ TUKETİMİNİN DURUMU

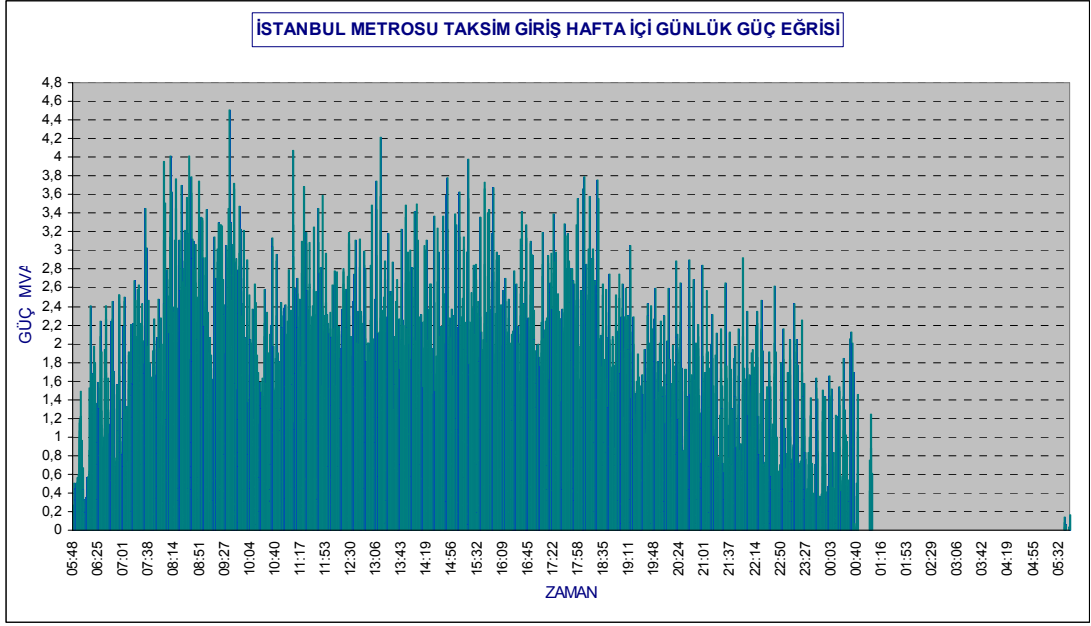
İstanbul metrosuna ait aydınlatma tesislerinde olası enerji tüketimi potansiyelini belirlemek üzere öncelikle bütün sisteme ait enerji tüketimi, ile sadece aydınlatmaya ait enerji tüketimlerinin bilinmesi gereklidir. Daha sonra da mevcut aydınlatma sisteminin, standartlarda sözü edilen aydınlatma kriterlerine ne kadar uyduğu incelenmelidir. Bunun için örnek bir istasyon olarak Levent istasyonunda enerji tüketim ve aydınlatma ölçümleri, hesaplamaları yapılacaktır.. Aydınlik düzeyinin istenen değerlerden yüksek olması durumunda gereğinden fazla bir enerji tüketimi var demektir. Aksine, aydınlatmanın yetersiz kalması durumunda ise buna karşılık olması gereken durumun belirlenmesi, aradaki farkın enerji tüketimi, bakım giderleri ve yatırım maliyetleri açısından irdelenmesi gereklidir.

7.1 İstanbul Metrosu Besleme Sistemi Ve Günlük Yük Eğrisi

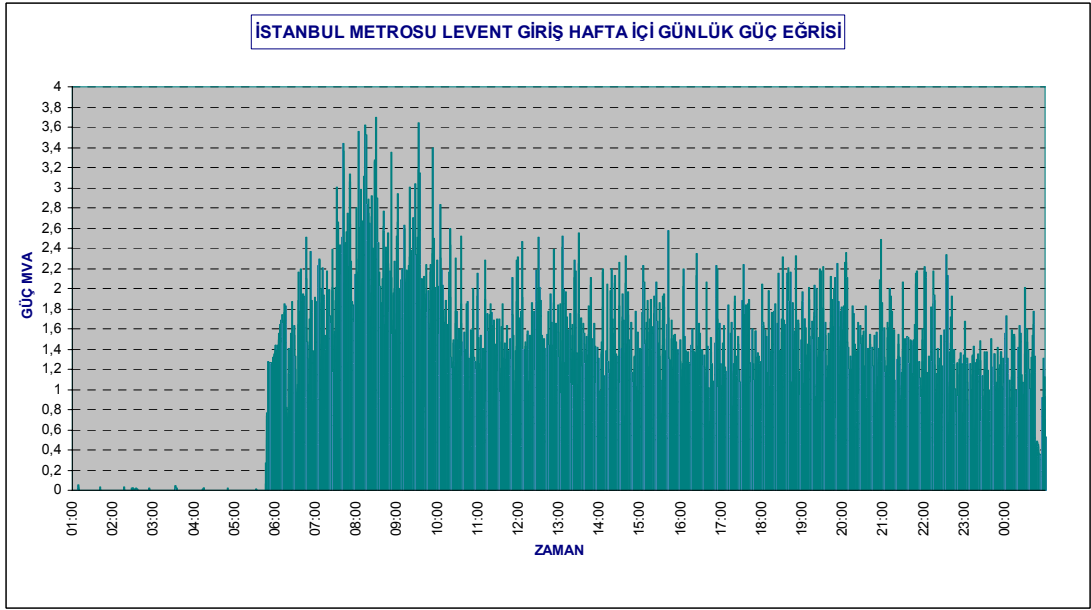
İstanbul Metrosuna enerji, iki noktadan 34,5 kV seviyesinde alınmaktadır. Satın alınan enerji noktasındaki ölçümler, hem yardımcı güç yani sabit tesisler ve hem de hareketli yükler olan araç tüketimlerinin toplamı olarak ölçülmektedir. Dolayısıyla tüketilen enerjinin ne kadarının yardımcı tesisler için, ne kadarının da araçlar için harcandığı belirlenememektedir.

Şekil 7-1 ve Şekil 7-2, Taksim ve Levent istasyonlarındaki enerji alınan bu iki noktaya ait hafta içi günlerden birine denk düşen 24 saatlik ölçüm değerlerini göstermektedir.

Buna göre işletme olmadığı 01:00 ila 05:45 arasındaki saatlerde enerji tüketimi yok denecek kadar az iken, sabah 06:30 ve 11:00 arasında en fazla tüketimin gerçekleştiği görülmektedir. Doruk saat olarak adlandırılan bu dönemlerde daha kısa sefer aralıkları ile daha çok tren hizmete sokulur. Bu yüzden doruk saatlerde enerji talebi en fazla seviyededir. Doruk saatlerde sefer sıklıkları, 5 dakika iken diğer saatlerde 10 dakika aralıklarla sefer düzeni ile, işletme yükü azalmaktadır.



Şekil 7-1 : Taksim Besleme Girişinden Alınan Günlük Yük Eğrisi



Şekil 7-2 : Levent Besleme Girişinden Alınan Günlük Yük Eğrisi

7.2 İstanbul Metrosu İstasyonlarındaki Yardımcı Kurulu Güçler

İstanbul metrosuna ait yardımcı güç tüketicilerinin kurulu güçleri sistem bazında, Tablo 7.1 Tablo 7.2, Tablo 7.3, Tablo 7.4 ve Tablo 7.5’de bazıları istasyon ayrımları yapılarak, bazıları ise genel toplam olarak verilmiştir. Bu özet tablolara ait daha detaylı açık veriler EK_D içinde sunulmuş olup, sistem bazında toplamlar ise Tablo 7.6 içinde özetlenmiştir.

Tablo 7.1 : İstanbul Metrosu Fan Güçleri

Adı	Adet	Tipi	Kurulu Gücü kW	Kapasitesi m ³ / h	Basıncı Pa
TVF	32	315 L	132	288000	1000 Pa
EXF	8	315 M	132	198000	1200 Pa
EXF	2	315 M	144	198000	1000 Pa
EXF	14	315 S	83	198000	1000 Pa
EXF	2	315 S	22	72000	660 Pa
INF	25	CCE280	18,5	36000	750 Pa
FS	20	CCM125	5,5	16452	255 Pa
FS	3	CCM65	2,2	8280	250 Pa
FS	3	CCM210	11	33480	270 Pa
FE	4	CCM85	3	10908	390Pa
FE	1	CCM45	1,5	3636	500Pa
FE	1	CCM170	9	21600	440Pa
AHU151	2	CCM20	0,55	1200	200Pa
FS	11	CCM125	7,5	16452	255Pa
FE	2	CCM255	15	39096	520Pa
FS	7	CCM65	5,5	9108	270Pa
FE	1	CCM360	30	51300	840Pa
FE	1	CCE520	37	81000	710Pa
FE	2	CCE360	22	51300	710Pa
TOPLAM (kW)			7671,7		

Tablo 7.2 : İstanbul Metrosu Yürüyen Merdiven Güçleri

İstasyon Adı	Toplam Merdiven Gücü (kW)
Taksim	276
Osmanbey	331,5
Şişli	1003,4
Gayrettepe	153
Levent	255
4.Levent	120
Toplam (kW)	2138,9

Tablo 7.3 : İstanbul Metrosu Isıtıcı Güçleri

Isıtıcı Kapasitesi	Adet
1500	26
1000	8
1250	10
1750	14
2000	32
2500	4
500	10
750	1
TOPLAM (kW)	163,75

Tablo 7.4 : İstanbul Metrosunda Aydınlatma İçin Kurulu Güç Değerleri

İstasyon Adı	Acil Aydınlatma Gücü [kW]	Normal Aydınlatma Gücü [kW]	Toplam İstasyon Aydınlatma Kurulu Güçleri [kW]
Taksim	39,616	54,37	93,99
Osmanbey	24,156	41,90	66,06
Şişli	20,73	45,15	65,88
Gayrettepe	27,742	48,00	75,74
Levent	35,926	54,08	90,01
4.Levent	14,52	32,27	46,79
TOPLAM			438,47

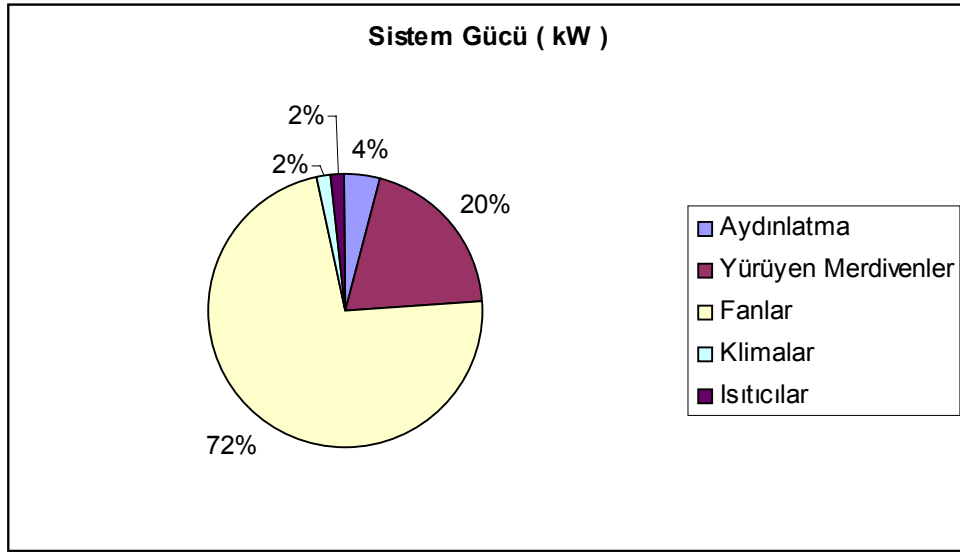
Tablo 7.5 : İstanbul Metrosunda Klima İçin Kurulu Güç Değerleri

Klima Adı	Gücü (kW)	Miktar (adet)	Günlük Çalışma Süresi (saat)
ACU	22,6	7	12 saat
ACU	3,5	1	12 saat
ACU	2	2	12 saat
FCU	2	13	4 saat
CHILLER	5	1	17-18 saat
TOPLAM (kW)	196,7		

Tablo 7.6 : İstanbul Metrosu Yardımcı Güç Bileşenleri ve Toplamları

	Aydınlatma (kW)	Yürüyen Merdivenler (kW)	Fanlar (kW)	Klimalar (kW)	Isıtıcılar (kW)
Taksim	93,99	276			
Osmanbey	66,06	331,5			
Şişli	65,88	1003,4			
Gayrettepe	75,74	153			
Levent	90,01	255			
4.Levent	46,79	120			
Alt Sistem Toplamı	438,47	2.138,90	7671,7	196,7	163,75
Genel Toplam (kW)	10610				
Genel Toplam İçindeki Payı	% 4,13	% 20,16	% 72,31	% 1,85	% 1,54

Tablo 7.6 incelendiğinde İstanbul metrosunda yardımcı güçler arasında toplam kurulu güç bakımından en fazla payı % 72 ile havalandırma fanları, yer almaktadır. Bunun ardından % 20 pay ile yürüyen merdivenler gelmektedir. Kurulu güç içinde aydınlatmanın payı ise % 4,13 tür. Bu güç dağılımları Şekil 7-3’de gösterilmiştir. Fanlar, sürekli devrede olmayıp, sadece acil durum senaryolarında devreye alındığı için, yardımcı trafo gücünün büyük bir kısmı, kritik durumlarda devreye girmek üzere atıl olarak (boşta) beklemektedir.



Şekil 7-3 : İstanbul Metrosu, Sabit Tesisler Kurulu Güç Dağılımları

İstanbul metrosunda istasyon başına 2000 kVA lık trafolardan toplam 2 adet bulunduğu göz önüne alınırsa, 6 adet istasyon için kurulu güç değeri, 24000 kVA olmaktadır. İstasyon başına sadece bir adet 2000 kVA’lık trafo göz önüne alındığında toplam kurulu güç 12000 kVA değerinde olmaktadır. 10610 kW değeri, güç faktörünün 0,9 olması durumunda 11788 kVA değerine karşılık gelmektedir. Ayrıca bu güçlerin hepsinin aynı anda devrede olamayacakları da göz önüne alınırsa,örneğin bir yangın anında senaryo gereği yürüyen merdivenlerin durdurulması, fanların devreye alınması durumunda olduğu gibi, 12000 kVA lık toplam güç değeri yeterli görülmektedir.

Sonuç olarak istasyon başına 2000 kVA lık besleme kapasitesi, yeterli olmasına rağmen, bu trafolar, sistemin kalbi durumunda olduğu ve kritik durumlarda ilk 10 – 15 dakika içerisinde üstlendiği hayati rolden ötürü yedekli kurulması önem arz etmektedir. Bu sebeple, hayati öneme sahip bu tür sistemler için, yatırım maliyetleri

arka plana itilerek, öncelikle olası riskli durumlarda üstlendiği hayati görevler ön plana çıkartılmaktadır.

Tablo 7.6 içerisinde istasyonlara ait sistem bazında ayrıştırılmış güç değerleri elde edilememiş, bunlara ancak toplam değer olarak sistem kayıtlarından ulaşılabilmektedir.

Her bir istasyonda yer alan 1000 kVA, 6,3 kV luk 2 adet acil durum transfer link transformatörü de kritik yükleri beslemek üzere kurulmuş olup, acil durumlarda generatörler üzerinden devreye alınmaktadırlar.

7.3 Levent İstasyonu Yardımcı Güç Enerji Tüketim Ölçümleri

Buraya kadar, metro sistemine ait yardımcı güçlerin sistem bazında toplamları ve genel toplam içindeki oranları incelenmiştir. Buna göre, sistemin genelinde aydınlatmanın kurulu güç içindeki payı, %4,13 olarak bulunmuştur. Levent istasyonunda enerji ölçümleri, kuzey ve güney enerji odalarında yer alan iki adet ana dağıtım panosu üzerindeki dijital enerji ve güç ölçüm sayaçlarından okunabilmektedir. Bu ölçü aletleri üzerinde anlık güçler okunabilmekte, ancak kayıt altına alınamamaktadır. Dijital ölçü aletlerinde aynı anda enerji tüketimleri de okunabilmektedir. Enerji ölçümleri için de kayıt olanağı olmadığından, bu çalışma için, ancak günün belirli saatlerinde sayaç endeksi alınarak günlük tüketimler takip edilebilmiştir.

Tablo 7.7 ve Tablo 7.8, sırasıyla Levent istasyonuna ait yardımcı güç tüketimlerini göstermektedir. Bu değerler, günde üç defa sayaç okuma şeklinde endeks alınarak elde edilmiştir. Panolar üzerinde herhangi bir veri kayıt düzeneği kurulu olmadığından gün içerisinde belirli zaman aralıkları ile kayıt alınmıştır. Bir pano için kayıt alma düzeneği kurulsun bile aynı anda istasyonun diğer uç noktasında bulunan pano üzerinden de kayıt almak gerekecektir. Bu durumda en az iki adet ölçü aletinin birer bilgisayara bağlı olarak kayıt alması gerekmektedir. Tesisin yapımı sırasında sabit tesislere ait yardımcı güç ölçüm ve enerji tüketim değerlerinin uzaktan kayıt altına alınması ve toplam tüketim içinden ayrıştırılarak sağlıklı bilgi edinilmesine yönelik bir ölçü ve izleme sistemi kurulu olmadığından, bu zorluklar sürekli yaşanmaktadır.

Tablo 7.7 : Levent İstasyonu, Kuzey Bölgesinde AG Enerji Ölçüm Değerleri

LEVENT KUZHEY - S5/LVS/51							
	Tarih	Saat	Ea (kWh)	Er (kVArh)	Cos Φ	P_a (kW)	Q (kVAr)
1. gün	20.08.2007	11:38	3334445	3935603	0,95		
		15:00	3334976	3935803	0,93	137	50
		17:00	3335213	3935891	0,93	140	51,2
2. gün	21.08.2007	09:00	3337123	3936754	0,93	70	28
		12:00	3337509	3936906	0,94	140	51
		15:00	3337890	3937049	0,94	138	50
		17:00	3338190	3937159	0,94	141	52
3. gün	22.08.2007	09:00	3339907	3937880	0,94	144	52,4
		12:00	3340323	3938035	0,93	148	59,5
		15:00	3340744	3938194	0,94	145	58
		17:00	3341016	3938295	0,94	140	51
4. gün	23.08.2007	09:00	3342785	3939016	0,95	125	41
		12:00	3343192	3939158	0,94	140	51
		15:00	3343614	3939311	0,34	140	51
		17:00	3343904	3939417	0,94	139	50,6
5. gün	24.08.2007	09:00	3345549	3940041	0,95	129	42
		12:00	3345909	3940158	0,95	125	41
		15:00	3346342	3940324	0,93	148	55
		17:00	3346642	3940441	0,93	147	58,6
6. gün	31.08.2007	09:00	3364558	3947553	0,94	140	51
		11:00	3365037	3947654	0,94	144	52
		15:00	3365513	3947866	0,94	144	52,8
		17:00	3365782	3947971	0,93	156	62,4
7. gün	01.09.2007	09:00	3367666	3948782	0,93	148	53,2
		11:00	3367980	3948896	0,92	150	59,1
		15:00	3368532	3949115	0,92	149	59,3
		17:00	3368827	3949235	0,93	148	60,4
8. gün	02.09.2007	09:00	3370671	3950008	0,92	145	52,2
		11:00	3370865	3950079	0,85	137	50
		15:00	3371137	3950261	0,9	124	39
		17:00	3371685	3950368	0,95	139	50

Tablo 7.8 : Levent İstasyonu, Güney Bölgesinde AG Enerji Ölçüm Değerleri

LEVENT GÜNEY - S5/LVS/01							
	Tarih	Saat	Ea (kWh)	Er (kVArh)	Cos Φ	P_a (kW)	Q (kVAr)
1. gün	20.08.2007	11:52	5532795	6055095	0,95 ind	181	
		15:00	5533421	6055421	0,88	183	97
		17:00	5533736	6055587	0,88	186	99
2. gün	21.08.2007	09:00	5535986	6056781	0,88	184	96
		12:00	5536589	6057097	0,89	192	103
		15:00	5537118	6057374	0,89	188	98
		17:00	5537477	6057561	0,88	186	99,5
3. gün	22.08.2007	09:00	5539877	6058955	0,88	180	96
		12:00	5540430	6059249	0,88	188	101
		15:00	5540983	6059547	0,88	186	99,5
		17:00	5541369	6059752	0,88	184	98,4
4. gün	23.08.2007	09:00	5544029	6061178	0,92	231	101
		12:00	5544716	6061474	0,92	235	101
		15:00	5545305	6061760	0,9	186	97
		17:00	5545660	6061944	0,88	182	98
5. gün	24.08.2007	09:00	5548457	6063532	0,92	235	101
		12:00	5549039	6063824	0,89	188	97,4
		15:00	5549606	6064124	0,89	176	91
		17:00	5549956	6064304	0,89	180	93,6
6. gün	31.08.2007	09:00	5575834	6078937	0,9	190	92,5
		11:00	5576198	6079127	0,9	194	95,4
		15:00	5576902	6079491	0,89	191	98,2
		17:00	5577240	6079680	0,89	210	113
7. gün	01.09.2007	09:00	5579802	6081176	0,91	183	95,8
		11:00	5580116	6081342	0,91	190	99,4
		15:00	5580862	6081752	0,86	186	104
		17:00	5581230	6081960	0,87	209	103
8. gün	02.09.2007	09:00	5583791	6083510	0,92	180	95,6
		11:00	5583999	6083622	0,87	184	99
		15:00	5584725	6084001	0,88	189	102
		17:00	5585159	6084235	0,86	184	103

Tablo 7.9, Tablo 7.7 ve Tablo 7.8 den elde edilen verilerin özet toplamlarını göstermektedir.

Tablo 7.9 : Levent İstasyonunda AG Yardımcı Güç Ortalama Değeri

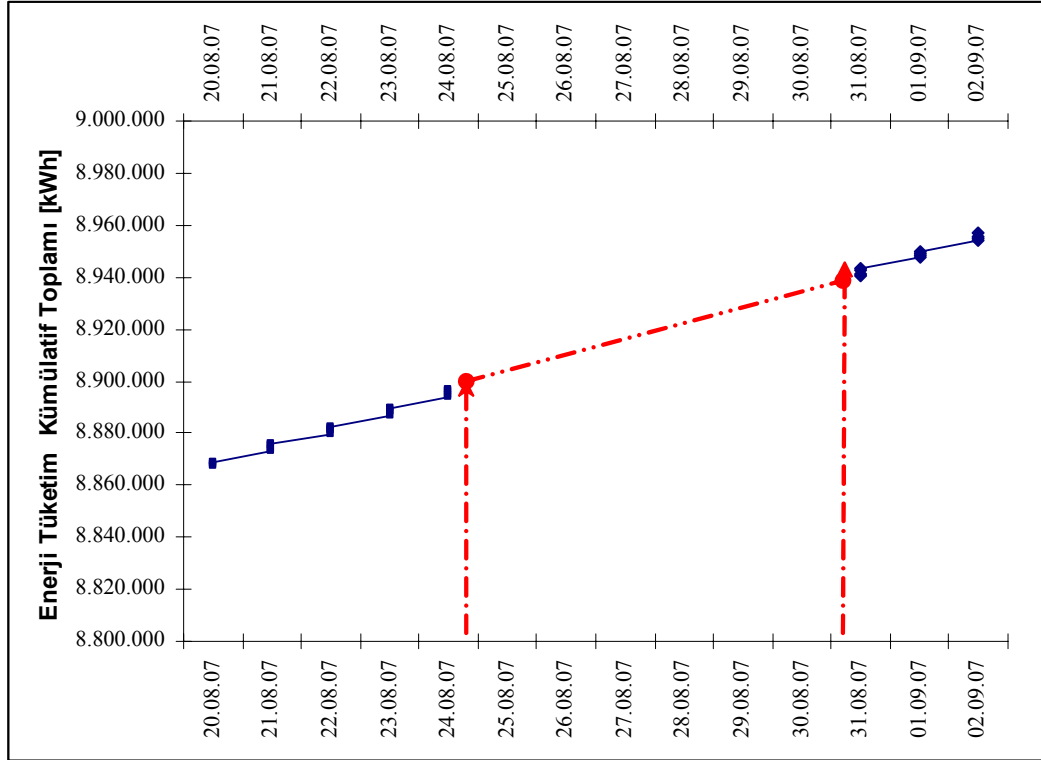
	LEVENT KUZEY	LEVENT GÜNEY	TOPLAM
Pano İsmi	S5/LVS/51	S5/LVS/01	
Toplam Enerji [kWh]	37240	52364	89604
Toplam Süre [saat]	317,37	317,37	
Anlık Ortalama Aktif Güç [kW]	117,34	165,61	282,34

Gerçekten de yapılan ölçümler sırasında istasyon ana dağıtım panoları üzerindeki ölçü aletleri yaklaşık hep aynı değerlerde Tablo 7.9'daki hesaplanan ortalama güçleri göstermiştir. Burada saptanan diğer bir durum da iki adet 2000 kVA'lık yardımcı güç trafosu her bir istasyon için kurulu olmasına rağmen, normal işletme şartları altında çekilen gücün yaklaşık olarak sabit kaldığı ve Levent İstasyonu için 296 kW civarında bir yük bulunduğudur. Üstelik 2000 kVA'lık her iki trafo da devrededir ve kuzey – güney yerleşimleri için yükleri beslemektedirler. Böyle bir tasarıma duyulan ihtiyaç, istasyon platform uzunluklarının 180 metre olması, istasyonun büyüklüğü, bu büyük alanda anormal işletme durumlarında devreye girecek olan ve yine istasyonun uç noktalarına yakın konumlardaki büyük güce sahip havalandırma fanları gibi yüklerin enerji ihtiyacıdır. Bu ihtiyaç gerektiğinde kritik durumlarda sürekli sağlanabilmeli ve bu yüzden sistem yedekli çalışmalıdır. Ayrıca büyük yüklerin geniş alanlara yayılması, AG dağıtım sisteminde gerilim düşümü problemlerine ve büyük kablo kesitlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Bu yüzden sistemde istasyonlar için bir yerine iki adet yük dağıtım merkezi oluşturulmuş ve trafolar, yüklerin yoğunlaştığı kuzey ve güney olmak üzere uç bölgelerdeki yük merkezlerine yerleştirilmişlerdir. İki yük dağıtım merkezi arasında kritik durumlardaki enerji transferi de, gerilim düşümü problemleri sebebiyle, orta gerilim 6,3 kV seviyesinde transfer linkler üzerinden sağlanmaktadır. Yani bir yük merkezi devre dışı kaldığı zaman diğer yük merkezi sistemi beslemeye devam edebilmektedir.

Bunun anlamı, yardımcı güç trafolarının neredeyse sürekli olarak boşta çalıştığıdır. Yani atıl bir kapasite ve düşük yüklenme oranından ötürü verimsiz çalışan trafoların varlığı söz konusudur. Bu da kritik durumlara karşı sistemin yedekli çalışması zorunluluğundan kaynaklanmaktadır.

Tablo 7.7 ve Tablo 7.8 de ölçülen değerlerin toplamları, Levent istasyonuna ait yardımcı tesislerin farklı iki bölgeye ait enerji tüketim değerlerini vermekte olup

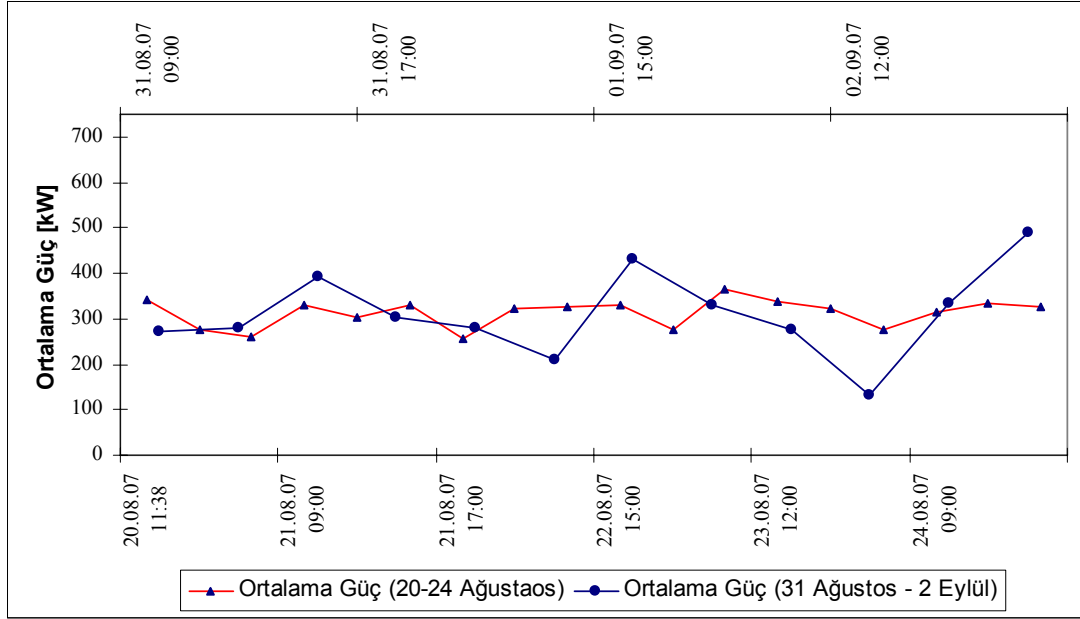
günlük değişimleri Şekil 7-4’de sunulduğu gibidir. Şekil 7-4, on iki gün boyunca yapılan ölçümler sonucunda enerji tüketiminin günlük değişimini göstermektedir. Bu ölçümler için sekiz gün boyunca günde üç defa aynı saatlerde kayıt alınmış, arada kırmızı oklar ile gösterilen 4 günlük süre içerisinde günlük olarak kayıt alınamamıştır. Bunun sebebi de ilgili ölçümler için bakım elemanlarının iş yoğunluğu sebebiyle bu iş için iş gücü ayrılamamasıdır. Bu ölçümler ve yapılan gözlemler sonucunda günlük olarak çekilen gücün pek fazla değişmediği belirlenmiştir.



Şekil 7-4 : Levent İstasyonu Yardımcı Tesislerindeki Enerji Tüketiminin Değişimi

Ölçüm alınamayan günlerde dahi kümülatif toplamın ve buna bağlı artış eğiminin değişmediği, yaklaşık düzgün, doğrusal bir değişimin olduğu görülmektedir. Bu da, daha önce yardımcı güçlerin karakteristiği konusunda yapılan tanımlamalara uygun düşmektedir. Normal işletme şartlarında yaşanacak olan durum budur. Yangın gibi normal olmayan işletme şartlarında ise, tünel havalandırma fanlarının devreye girmesi, duman tahliye sisteminin çalışması, yangın ve su tahliye pompalarının devreye alınması ile büyük yük talebi söz konusu olacaktır. Dolayısıyla bu tür bir anormal durum sırasında enerji tüketimi, belirli bir süre için bu doğrusallıktan sapacaktır.

Şekil 7-5’de Levent İstasyonu için yapılan yardımcı güç enerji tüketimleri için, gün içinde ölçüm alınan saatler arasındaki ortalama güç değerleri gösterilmektedir. Gün içinde yüklerin devrede olması durumunua göre ortalama gücün de değiştiği görülmektedir. Ortalama güç değişiminin 1 ve 2 Eylül tarihleri arasında diğer günlere biraz dahafazla değiştiği görülmektedir. Şekil 7-5, yardımcı güç miktarının Levent İstasyonu için yaklaşık bir değerini göstermekte ve buradan ortalama güç değerinin belirli sınırlar arasında kaldığı ve yaklaşık olarak fazla değişmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 7-5: Levent İstasyonu Yardımcı Tesislerinde Ortalama Gücün Gün İçinde Değişimi

7.4 Levent İstasyonunda Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketimlerinin Ölçümü

Levent istasyonundaki aydınlatma amaçlı enerji tüketimlerinin belirlenebilmesi için yine değişik kısıtlamalardan dolayı sadece bir günlük, 24 saat boyunca ölçümler alınabilmiştir.

Bu ölçüm sonuçları, Tablo 7.10’da gösterilmektedir. Tablo 7.10’da , istasyonun kuzey ve güney bölgelerindeki toplam 4 ana aydınlatma dağıtım panosu üzerinden L1, L2 ve L3 fazlarına ait enerji tüketim ölçüm değerleri verilmektedir. Ölçüm alınan sayaçlara ait özellikler, aşağıda sıralanmaktadır:

Tip : Çok Tarifeli Aktif Reaktif Enerji Sayacı

Model : 5192 F-R, 2002, Ampy Automation Peterborough PE6 85E England

Class 1, 220/380V, 5-120A, 50Hz

Tablo 7.10 : Levent İstasyonunda Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketim Ölçümleri

Levent Güney						
S5/SCT/10 Levent Güney Platform 1			S5/SCT/20 Levent Güney SOR Katı			
	İlk Endeks 21.08.07 05:00	Son Endeks 22.08.07 05:00	Fark (kwh)	İlk Endeks 21.08.07 05:00	Son Endeks 22.08.07 05:00	Fark (kwh)
L1	33991,96	34183,27	191,31	27191,6	27702,01	510,41
L2	60203,97	60203,99	0,02	101584,67	101723,76	139,09
L3	441,43	478,83	37,4	0	1	1
	Toplam		228,73	Toplam		650,5
Levent Kuzey						
S5/SCT/15 Levent Kuzey Platform 2			S5/SCT/25 Levent Kuzey Gişe Katı			
	İlk Endeks 22.08.07 05:00	Son Endeks 23.08.07 05:00	Fark (kwh)	İlk Endeks 22.08.07 05:00	Son Endeks 23.08.07 05:00	Fark (kwh)
L1	27702,01	27827,91	125,9	34183,27	34513,58	330,31
L2	101723,76	101724,51	0,75	60203,99	60323,38	119,39
L3	1	17,1	16,1	478,83	478,92	0,09
	Toplam		142,75	Toplam		449,79
	Genel Toplam		= 228,73+650,5+142,75+449,79 = 1471,77 kWh			

Tablo 7.10’da, besleme bölgeleri sütununda yer alan verilerin ilk iki harfi, “S5” olup, bu harfler beşinci istasyon olan Levent istasyonunu ifade etmektedir. Bu kodlama sistemi, İstanbul Metro sistemine ait bir yapı olup, her bir istasyon için o istasyona ait mahal yerlerine göre gruplanarak devam etmektedir. Ekipman kodlamaları da yer aldığı istasyonun kod numarası ile başlamakta ve sistem gruplandırmalarına göre devam etmektedir. SCT olarak tanımlanan kodlama ise, aydınlatma panoları tanımlamak için kullanılmaktadır.

Buna göre Tablo 7.10’da, S5/SCT/10, olarak adlandırılan hacim, “Levent Güney Platform 1 Aydınlatma Pano Odası” olarak tanımlanmaktadır. İstasyon Aydınlatma Tali Dağıtım Panosunun bulunduğu bölgenin kodlanmış adıdır. Burada yer alan aydınlatma panosundan Levent istasyonu, güney platform seviyesindeki aydınlatma yüklerinin tamamı beslenmektedir.

S5/SCT/15, yine istasyonun aydınlatma tali panolarından biridir ve “Levent Kuzey Platform 2 Aydınlatma Pano Odası” olarak adlandırılmaktadır. Buradan istasyonun kuzey platformundaki aydınlatma yüklerinin tamamı beslenmektedir.

S5/SCT/20, “Levent Güney İstasyon İşletim Odası (SOR) Katı Personel Koridoru” olarak adlandırılmakta olup beslediği bölge “Levent istasyonu güney konkors seviyesi + birinci dükkan katı+ikinci dükkan katı + 1. giriş geçiş yolu seviyesi +2. giriş seviyesi + çıkışlardır.

S5/SCT/25, “Levent Kuzey Platform 2 Aydınlatma Pano Odası” olarak adlandırılmaktadır. Buradan beslenen yerler, Levent istasyonu kuzey konkors seviyesi + ikinci dükkan katı + 1. giriş geçiş yolu seviyesi + çıkışlardır.

Tablo 7.11’de tanımlanan ve üzerinde aydınlatma yüklerine ait ölçüm yapılan dağıtım panolarının besledikleri yükler, Tablo 7.11’de açık olarak belirtilmiştir.

Tablo 7.11 : Levent İstasyonunda Aydınlatma Kurulu Güç Değerleri

Armatür Tipi	Besleme Bölgesi	Adedi
2x36W(Normal)	S5/SCT/10	34
4x18W(Normal)	S5/SCT/10	
1x36W(Acil)	S5/SCT/10	26
2x36W(Acil)	S5/SCT/10	30
4x18W(Acil)	S5/SCT/10	
1x36W(Normal)	S5/SCT/10	76
4x18W(Normal)	S5/SCT/15	
4x18W(Acil)	S5/SCT/15	
1x36W(Acil)	S5/SCT/15	26
2x36W(Normal)	S5/SCT/15	32
1x36W(Normal)	S5/SCT/15	76
2x36W(Acil)	S5/SCT/15	29
2x36W(Acil)	S5/SCT/20	123
1x36W(Normal)	S5/SCT/20	
2x36W(Normal)	S5/SCT/20	171
4x18W(Normal)	S5/SCT/20	88
1x18(Normal)	S5/SCT/20	18
1x150W(Normal)	S5/SCT/20	8
4x18W(Acil)	S5/SCT/20	31

1x18(Acil)	S5/SCT/20	4
1x150W(Acil)	S5/SCT/20	4
1x250W(Acil)	S5/SCT/20	8
1x36W(Acil)	S5/SCT/20	
1x250W(Normal)	S5/SCT/20	18
4x18W(Normal)	S5/SCT/25	66
1x250W(Acil)	S5/SCT/25	8
1x150W(Acil)	S5/SCT/25	5
1x18(Acil)	S5/SCT/25	
4x18W(Acil)	S5/SCT/25	29
2x36W(Acil)	S5/SCT/25	89
1x36W(Acil)	S5/SCT/25	
1x250W(Normal)	S5/SCT/25	16
1x18(Normal)	S5/SCT/25	6
2x36W(Normal)	S5/SCT/25	133
1x36W(Normal)	S5/SCT/25	
3x160W(Normal)	S5/SCT/25	10
1x150W(Normal)	S5/SCT/25	5

Tablo 7.10’da verilen aydınlatma amaçlı günlük enerji tüketimi, 1472 kWh’tir. Bu değer esas alınarak hesaplanan haftalık, aylık ve senelik tahmini tüketimler, Tablo 7.12’de gösterilmektedir.

Tablo 7.12 : Levent İstasyonunda Tahmin Edilen Aydınlatma Amaçlı Enerji Tüketimleri

Toplam Günlük Tüketim	1471,77	kWh
Toplam Ölçüm Süresi	24	h
Hesaplanan Ortalama Güç	61,32	kW
Hesaplanan Haftalık Tüketim	10302	kWh
Hesaplanan Aylık Tüketim	41210	kWh
Hesaplanan Yıllık Tüketim	537196	kWh

7.5 Yardımcı Güçlerin ve Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Tablo 7.11'deki aydınlatma sistemine ait kurulu güçler ve bunların çalışma süreleri esas alınarak, aydınlatma amaçlı tüketilen enerji miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Levent istasyonu için ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında, belli hata ile aydınlatmaya ait enerji tüketimlerinin bu yaklaşım ile tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Levent istasyonunda yardımcı güç sistemine ait AG enerji tüketimi, 317,37 saatlik (13,2 günlük) ölçüm süresi için ortalama 282,34 kW olarak bulunmuştur (Tablo 7.9).

Aynı istasyon için bir gün (24 saat) içinde aydınlatma amaçlı tüketilen enerji miktarı da 1471,77 kWh olarak ölçülmüştür. Bu veriden istasyonda aydınlatma amaçlı şebekeden çekilen gücün $1471,77 / 24 = 61,32$ kW olduğu hesaplanabilir.

Levent istasyonundaki aydınlatma gücünün, istasyonun toplam yardımcı elektrik gücüne oranı, $61,32 / 282,34 = \% 21,71$ dir.

İstasyon bazında tüm yüklerin dağılımı belli olmadığı için, genel toplamdan yola çıkıldığında, Tablo 7.6'dan, toplam aydınlatma kurulu gücünün toplam yardımcı güç içindeki payı, % 4,13 olarak bulunurken, bu güçlerin kullanım sürelerindeki dağılımlarına bakıldığında, enerji tüketimi içindeki aydınlatma payı, yaklaşık %20 olarak hesaplanabilmektedir.

Levent istasyonu için trafoların toplam kurulu gücü, 2 x 2 000 kVA iken sadece tek bir trafo dikkate alındığında, kullanımda olan 282,34 kW lık gücün oranı, % 14,11 dir. İkinci trafo da hesaba katılırsa bu durumda oran % 7 civarlarına düşecektir. Bu da oldukça düşük bir kullanım oranına karşılık gelmektedir. Trafoların verim eğrileri, anma yüküne yaklaştıkça iyileştiği, düşük yüklerde verimlerinin oldukça düştüğü bilindiğinden, bu durum burada oldukça verimsiz bir çalışmanın söz konusu olduğu anlamına gelmektedir. Daha düşük bir trafo gücüyle daha verimli bir çalışma ve daha düşük demir kayıpları sağlanabilirdi. Anma gücünün yaklaşık % 72 sini oluşturan fanların devreye girmesi durumunda, bunlar için ayrıca tahsis edilmiş bir trafonun böyle bir durumda enerjilendirilerek devreye alınabilmesi de bir çözüm olabilirdi. Böylece sürekli çalışmadaki demir kayıpları, düşük verimle çalışma ve daha büyük tesis yatırım maliyetleri gibi olumsuzlukların önüne geçilmesi sağlanabilirdi. Buradaki tek sorun, büyük güçlü trafoların ani gelişen kritik durumlarda devreye

alınması sırasında yaşanabilecek yol alma zamanları, kalkış akımları ve buna bağlı zaman gecikmeleri riski olabilirdi.

Bütün bu yaklaşımlar, daha sistemin tasarım aşamasında göz önüne alınacak durumlardır. Ancak genel uygulama şekli, işletmecilerin herhangi bir risk almadan, bir arıza durumunda yaşanması muhtemel acil durum senaryolarındaki can ve mal kaybının önüne geçilmesidir. Bu sorun demiryolu işletmelerinde güçlerin bazen gereğinden daha fazla seçilmesine neden olabilmektedir. Bu konu, başka bir araştırmada daha detaylı incelenebilir.

7.6 Levent İstasyonunda Yapılan Aydınlatma Ölçümleri

Levent istasyonundaki aydınlatmanın uluslararası önerilere uygunluğunu tespit etmek amacıyla öncelikle, yatay düzlemde ve zemin seviyesindeki aydınlık düzeyi değerleri standartlarda belirtildiği şekilde ölçülmüştür.

Ölçüm noktaları alanı olarak, aydınlatma hesaplarının yapılacağı, platform ve konkors katları seçilmiştir. İstasyondaki bu alanların seçilmesinin nedeni, bu bölgelerdeki aydınlatmanın günde 19 saatlik işletme boyunca sürekli çalışıyor olmasıdır. İstasyonun diğer bölgelerindeki ekipman odaları, istasyon girişleri gibi alanlardaki az sayıdaki lambalar, çalışma kapsamında dikkate alınmamıştır. Çünkü buralardaki aydınlatmalar, sürekli çalışmamaktadır. Platform katı ile konkors katları, aydınlatmanın kurulu gücü ve çalışma süresi olarak en yoğun olduğu bölgelerdir. Dolayısıyla, aydınlatma amaçlı tüketilen enerji miktarları üzerinde en fazla etkiye sahip olması beklenen yerlerdir.

Ölçüm sırasında ilgili alanlar, $1 \times 1 \text{ m}^2$ lik karelere (gridler) bölünmüştür. Ölçüm noktaları arasında düzlemdeki her iki eksen boyunca birer metre mesafe alınarak lüksmetre ile zemin seviyesinde, yatay düzlemde ölçümler yapılmış ve kaydedilmiştir.

Ölçülen bu değerler, belli bakım-işletme faktörü dikkate alındığında işletmede mevcut olan aydınlık düzeyi değerleridir. Tüm noktadaki ölçüm sonuçları toplanıp, nokta sayısına bölünerek ortalama aydınlık düzeyi hesaplanmıştır (E_m).

EN12193, prEN12464-2 ve literatürdeki daha bir çok yayında, aydınlatma hesaplarında ele alınacak olan grid ölçüleri için parametreler verilmiştir.

Bu parametrik değerler, aşılmaması gereken maksimum değerlere karşılık gelmekte olup, aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$p_g = 0,2 \times 5^{\log_{10} d} \quad (7.1)$$

d = yüzeye ait en uzun boyut

p_g = gride ait maksimum boyut

Buna göre ölçüm yapılan alanın boyutlarına göre bu formül uygulandığında, aşağıdaki Tablo 7.13'de gösterildiği gibi $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik ölçü alanı yeterli görülmektedir.

Tablo 7.13 : Aydınlatma Ölçüm Alanlarının Bulunması

	hesap yüzeyi ölçüleri (m x m)		formüle göre hesaplanan maksimum grid boyutları	kabul edilen ölçüm için grid boyutları
	Uzunluk	Genişlik	m x m	m x m
Platform Zemin Seviyesi	174	13	7,35 x 1,22	1 x 1
Güney_Konkors Zemin Seviyesi	48	20	2,99 x 1,64	1 x 1
Kuzey_Konkors Zemin Seviyesi	48	20	2,99 x 1,64	1 x 1

Ölçüm değerleri, EK_E'de verilmektedir. Tablo 7.14'de ise bu ölçüm değerlerine ait özet sonuçlar verilmiştir. Aynı tablo içinde diğer bir aydınlatma kriteri olan, aydınlatmanın düzgünlüğü de hesaplanmıştır. Hesaplanan düzgünlük değeri ortalama aydınlık düzeyinin, maksimum aydınlık düzeyine oranı olup, aydınlatmanın konuma göre düzgünlüğünü vermektedir.

Tablo 7.14'de ayrıca tüm ölçüm noktalarının minimum (E_{\min}) ve maksimum (E_{\max}) değerleri de gösterilmektedir. Bu değerler yardımıyla düzgünlük (E_{\min}/E_{ort}) de hesaplanmıştır. Tablo 7.14, incelendiğinde, mevcut işletmedeki Levent istasyonunda aydınlık düzeyinin ve düzgünlüğünün istenen kriterlerin çok altında, yaklaşık yarısı oranında kaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 7.14 : Levent İstasyonu Aydınlık Düzeyi Ölçüm Sonuçları

Aydınlatma Bölgesi	Ölçüm Sonuçları				Önerilen	
	E_{ort} [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min}/E_{ort}	E_{ort} [lx] (min)	E_{min}/E_{ort} (min)
Platformun Tamamı	99	6	175	0,06	200	0,5
Platform Güney	99	6	175	0,06	200	0,5
Platform Kuzey	87	16	165	0,18	200	0,5
Platform Orta	128	83	172	0,65	200	0,5
Platform Kenarı -Batı	111	53	159	0,48	200	0,5
Platform Kenarı -Doğu	104	54	153	0,52	200	0,5
Konkors Katı (Kuzey ve Güney Beraber)	105	11	182	0,10	200	0,5
Güney Konkors	117	61	182	0,52	200	0,5
Kuzey Konkors	101	11	175	0,11	200	0,5

Bunun başlıca nedeni, aydınlatma sistemlerinde yapılması gereken temizlik ve lamba değişimlerinin düzenli bir program dahilinde yapılamamasıdır. İşletme saatlerinin 19 saat olması, ve geriye kalan 5 saat içinde ancak sisteme ait hayati öneme sahip tesislerin bakımlarının ön plana çıkartılması, eleman yetersizliği, gibi sebeplerden, aydınlatma tesislerinde lamba ekonomik ömürleri sonunda yapılması gereken şekilde toplu değişim programları uygulanamamaktadır. Bakım faaliyetleri, aydınlatma tesisleri için koruyucu olmaktan çok, ancak arıza gerçekleştiğinde düzeltici bir faaliyet olarak yürütülebilmektedir. Aydınlatma tesislerinin toplu dolaşıma açık alanlar olması, yolcu yoğunluğu, armatürlere erişim ve temizlik zorlukları, gibi nedenlerle gündüz bakımları da yapılamaktadır. Yolcu dolaşımına açık yerlerde tavanlarda bulunan gömme tip armatürlerin temizliği esnasında alt yüzeylere düşecek toz ve kir ile, armatürlere erişim için kurulacak olan merdiven, sehpa gibi düzeneklerin yolcu dolaşımını rahatsız edeceği düşüncesi, gündüz işletme saatlerinde de bakımların yürütülmesini zorlaştırmaktadır.

Şekil 7-6 ve Şekil 7-7’de görüldüğü gibi, işletmedeki en fazla kirlenme, peron emniyet bölgesinde meydana gelmektedir. Diğer bölgelerdeki armatürler, nispeten daha temiz durumdadır. Araç hareket alanına daha yakın olması, araçlardan taşınan ve frenleme esnasında açığa çıkan demir tozları, normal seyir esnasında 3. raya temas eden 750 VDC kolektör pabuçlarından açığa çıkan grafit tozları gibi kirlenme unsurları bölgenin aşırı kirlenmesine neden olmaktadır.



Şekil 7-6 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Armatür Kirlenmesi



Şekil 7-7 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Kirli Bir Armatür

İstanbul metrosunda genelde armatür temizliği, ve lamba değişimi daha önce de bahsedildiği gibi ancak lamba tamamen sönmüş ise veya lamba dışında başka bir armatür arızası meydana gelmişse gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 7-8’de bir örneği gösterildiği gibi , Şekil 7-6’den farklı olarak bir dizi veya bölgede kirlenmiş armatürlerin yanı sıra, arada diğerlerine oranla daha fazla kirlenmiş tek armatürlere de rastlanabilmektedir.



Şekil 7-8 : Çoklu Bir Armatür Sırası İçinde Aşırı Kirlenmiş Armatür

Erişim zorluğu bulunan yerlerdeki armatür bakımları için Şekil 7-9 ve Şekil 7-10’da gösterildiği gibi, özel merdivenler üretilmiştir. Bu merdivenler, istasyonların belirli bölgelerinde ve ekipman odalarında saklanmaktadır. Katlanabilir tip olan bu merdivenler, bir ihtiyaç anında kolaylıkla trende taşınabilmekte ve çalışma yapılacak diğer istasyonlara götürülebilmektedir.



Şekil 7-9 : Yüksek Yerlerdeki Armatürlere Erişim İçin Özel İmal Ettirilmiş Katlanabilir Merdiven



Şekil 7-10 : Basamak Farkı Bulunan Yerlerdeki Armatürler İçin Özel Merdivenler

Bu merdivenler özellikle Şekil 7-11 ve Şekil 7-12’de gösterildiği gibi erişimi zor olan yüksek tavanlarda ve merdiven gibi yükseklik kot farkı olan yerlerdeki armatür bakımları için erişim kolaylığı sağlamak üzere özel olarak imal ettirilmişlerdir.



Şekil 7-11 Erişim Zorluğu Olan Merdiven Aydınlatmalarına Bir Örnek



Şekil 7-12 : Erişim Zorluğu Olan Peron Orta Bölgesi Yüksek Tavan Aydınlatması

Sonuç olarak, Levent istasyonunda alınan ölçüm sonuçları, olması gereken değerlerden düşüktür. Yani yetersiz aydınlatma durumu söz konusudur. Bunun sebebi, armatür temizliğinde yaşanan zorluklar, lambaların ekonomik ömrü dolduktan sonra dahi kullanımına devam edilmesi ve ekonomik ömürlerinin sonunda vermeleri gereken ışık akısı miktarından çok daha düşük düzeylerde ışık üretmeleridir. Mevcut sistemde elektronik balastlarla birlikte kullanılan floresanların ekonomik ömürlerinin 15000 saat olduğu kabul edilirse, günde 19 saat işletme için, ekonomik ömür = $15000 / (365 \times 19) = 2,16$ yıl, yani yaklaşık 2,5 yıl gibi bir lamba değişim süresine denk düşmektedir. Lambaların, gün içinde uzun saatler boyunca sürekli yanması, lamba değişim sürelerini kısaltmaktadır. 3 yıllık lamba değişim süresi ve temiz ortam için bakım faktörü 0,67 olarak ele alındığında, Levent istasyonundaki platform ve konkors katlarında hesap yoluyla bulunan minimum ortalama aydınlık düzeyinin 200 lux seviyelerine yakın çıktığı yani sistemin tasarım olarak aslında olması gereken değerlere yakın tesis edildiği görülmektedir. Ancak seviye açısından ilk tesis anında yeterli gözükürken bu tasarımda da, bazı yetersiz durumlar gözlemlenmiştir. Bakım faktörü konusunda daha geniş bilgiye, aydınlatma hesaplarının yapıldığı 7.8.1.1 “Işık Kayıp Faktörü” başlığı altında yer verilmiştir.

7.7 Levent İstasyonunda Kullanılan Aydınlatma Sistemi

Genel olarak konkors katlarında 4x18 floresan lambalı aydınlatma armatürleri kullanılmıştır. Peron bölgesinde ise, Şekil 7-13’de gösterildiği gibi konkors katının altına denk düşen ve yüksekliği 6 metre olan bölgelerde 2x36 W floresan lambalı aydınlatma armatürleri kullanılmıştır. Bu bölgeler kuzey ve güney platform olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 7-13 : Levent İstasyonu Konkors Altı Platform Bölge Aydınlatması

Şekil 7-14 ve Şekil 7-15 gösterildiği gibi peron orta bölgelerinde tavan yüksekliği 13 metreyi bulduğundan 250 W HPI-T tip Metal Halojen lambalı 48 adet Philips MPF 112/250 armatür kullanılmıştır .



Şekil 7-14 : Levent İstasyonu Orta Peron Bölgesi, Yüksek Tavan Aydınlatması



Şekil 7-15 : Levent İstasyonu Orta Peron Bölge Aydınlatması

Şekil 7-14'den farklı olarak orta peron bölgesi dışındaki, diğer peron bölgelerindeki emniyet bandının aydınlatılmasında (kuzey ve güney) Şekil 7-16 ve Şekil 7-17 gösterildiği gibi düz bir hat boyunca 1x36 W floresan lambalı armatürler kullanılmaktadır.



Şekil 7-16 : Emniyet Bandı Aydınlatması



Şekil 7-17 : Şişli İstasyonu Emniyet Çizgisi Üzerindeki Kirli Armatürler

Şekil 7-14 ve Şekil 7-15’ de gösterildiği gibi orta peron bölgesindeki metal halojen lambalı armatürler, emniyet şeridi üzerindeki ışık bandını devam ettirmektedir.

İstasyonlarda genel aydınlatmalarda kullanılan aydınlatma armatürleri TEKAP Aydınlatma A.Ş. ürünü olup, özel olarak üretilmişlerdir. 1x36 W ve 2x36 W lineer asma tavan armatürleri, gömme tip olarak montajı yapılabilmesine rağmen, seçilen asma tavan tipine uygun tijli bağlantı sistemi ile uygulanmışlardır. Yani bu tip armatürler, asma tavana tutturulmayıp, tijler ile, asma tavanın asıldığı yüzeyde askıya alınmışlardır.

Şekil 7-18’de gösterilen istasyon işletme odalarında 4x18 W metal asma tavan armatürleri kullanılmaktadır. Asma tavan modülüne uygun olarak clip-in tipinde ve dört deliklidir. Armatür kapakları kolayca açılabilme özelliğine sahiptir. Açma mekanizması yaylı ve basılarak açılan iki pim ile oluşmuştur.

Armatürler tek parabolik reflektöre sahip olup reflektör kapağa montelidir. Pimler bastırılarak kapakla birlikte armatüre 90⁰ açı yaparak aşağı yönde açılmaktadır.

Balastlar elektrondir. Balastların kullanıldığı armatürlere göre etiket değerleri, 4x18 W lambalı armatürlerde 4x18 (230V; 0,36 A; 0,97 Cos Φ), 2x36 W lambalı armatürlerde 2x36 (230V; 0,32 A; 0,97 Cos Φ) ve 1 x 36 W lambalı armatürlerde ise 1x36 (230V; 0,16 A; 0,97 Cos Φ) olarak sıralanmaktadır.

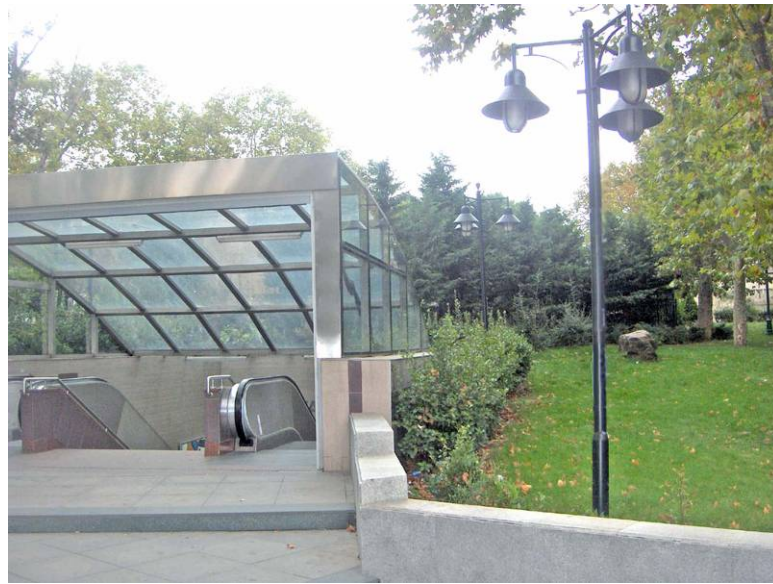


Şekil 7-18 : İstasyon İşletme (SOR) Odasındaki Aydınlatma Örneği -1

Peron orta bölgesinde kullanılan 250 W HPI-T tip Metal Halojen lambalı 48 adet Philips MPF 112/250 gömme tip armatürlerde ise manyetik tip balastlar kullanılmakta ve etiket değerleri, 1x250 W (230V; 3 A; 0,40 Cos Φ)' dir.

Kullanılan armatürlerin koruma sınıfları IP 40-54 arasındadır. Floresan armatürlerde kullanılan lambalar ise Philips TLD 36W-18W / 830 tipindedir.

Dış aydınlatmalardaki direklerde ise Şekil 7-19'de gösterildiği gibi Osram HWL (MBFT) 160 W 225V E27 balastsız, içten ateşlemeli özel tip yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar kullanılmaktadır .



Şekil 7-19 : Metro İstasyon Girişinde Dış Aydınlatma Örneği

7.8 Levent İstasyonu Mevcut Tesisatı İçin Yapılan Aydınlatma Hesapları

Levent istasyonu için aydınlatma hesabı, iki farklı durum için yapılmıştır. Bunlardan ilki, – Durum A – olarak tanımlanmış olup işletme halindeki mevcut tesisat yapısına karşılık gelmektedir. – Durum B – olarak tanımlanan tesisat ise, mevcut durumdaki tesisata ait işletme ve yatırım maliyetlerini düşürücü yönde önerilecek olan yeni bir tesisat yapısına karşılık olarak tanımlanmıştır.

Aydınlatma hesabı yapılacak olan yüzeyler, konkors katı, platform katı ve platform emniyet bölgesi olarak seçilmiştir. Bu seçim söz konusu bölgelerde aydınlatmanın günde 19 saat gibi uzun bir süre sürekli olarak çalışması, buna bağlı olarak diğer alanlardaki aydınlatmaya göre işletme giderlerinin yüksek olması gibi nedenlerle yapılmıştır. Bu hesap yüzeyleri, Tablo 6.1’de verilen uluslararası önerilerde belirtildiği gibi yatay olarak tanımlanmış ve yatay aydınlık düzeyleri esas alınmıştır. Yapılacak olan hesaplar, tasarım kriteri olarak belirlenen zemin seviyesindeki ortalama ve minimum yatay aydınlık düzeyi ile düzgünlük faktörünün hesaplanmasına olanak verecek şekilde seçilmişlerdir.

İlgili yazılım içinde hesaplama modülü çalıştırılarak hesap raporları elde edilmiştir.

Mevcut duruma ait sonuçların elde edildikten sonra, bu verilere göre daha yeni durumlar denenmiş, sonuçların nedenleri, irdelenmesi ve getirilecek olan öneriler bakımından model üzerinde çalışmalar sürdürülmüştür.

Aydınlatma hesaplarında, üç boyutlu aydınlatma tasarım hesabına olanak tanıyan Dialux programının en son versiyonu olan, Dialux4402 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, ücretsiz olarak serbestçe internet ortamından elde edilebilmektedir [18].

Aydınlatma hesaplamaları için öncelikle, mevcut tesisata ait aydınlatma projeleri ile istasyonlara ait iki boyutlu mimari AutoCAD çizimleri, dwg dosyası olarak elde edilmiştir. Dialux programının kuruluşu tamamlandıktan sonra, istasyona ait elektrik projesi, iki boyutlu olarak programın içine aktarılmıştır. Bu iki boyutlu proje, taban olarak esas alınmıştır. Daha sonra, diğer AutoCAD ortamındaki iki boyutlu istasyon mimari kesitlerinden faydalanılarak, bu taban üzerinde üç boyutlu mimari tasarıma geçilmiştir. Üç boyutlu mimari tasarım üzerinde, tabanda yer alan aydınlatma projesi esas alınarak armatürler bire bir yerleştirilmiş, projedeki montaj yüksekliklerine göre birebir monte edilmiştir. Sonuç olarak Levent İstasyonunda inceleme yapılacak olan alanların üç boyutlu mimari ve aydınlatma tesisat modeli elde edilmiştir. Mimari

model üzerinde, istasyonda kullanılan renk ve malzeme türlerine göre yüzey dokuları da işlenerek gerçeğe yakın bir model elde edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 7-20’de Dialux yazılımı ile elde edilen üç boyutlu mimari yapıda aydınlatma modelinin uygulanması sonucu elde edilen görünüm verilmiştir.



Şekil 7-20 : Levent İstasyonu, 3 Boyutlu Mimari Tasarım

7.8.1 Levent İstasyonunda Aydınlatma Hesap Giriş Verileri

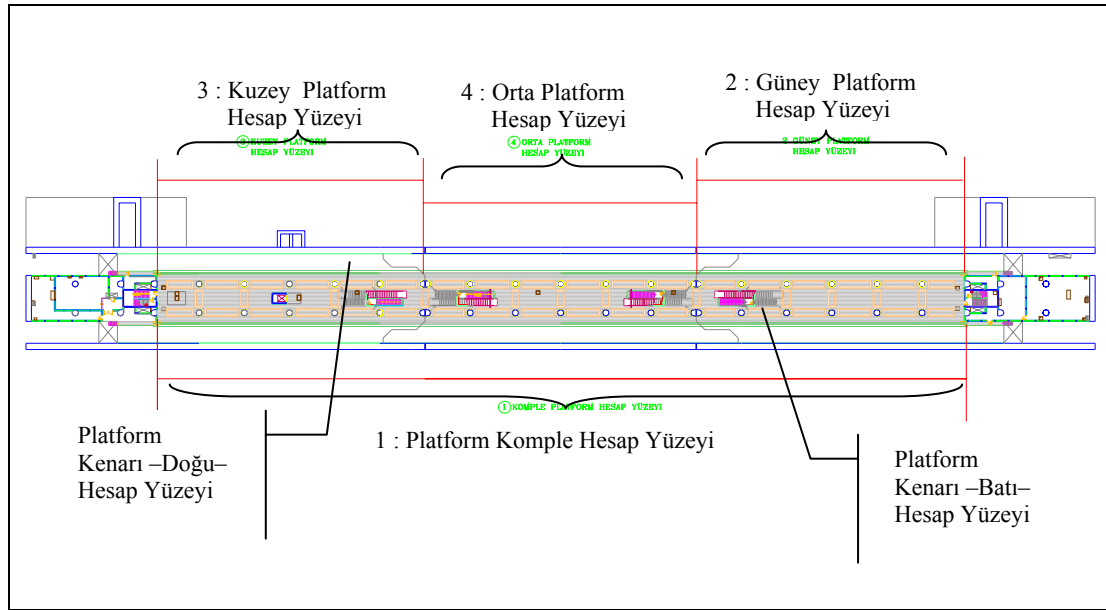
Bilindiği üzere, bir iç mekan aydınlatmasında, aydınlatma hesabının yapılabilmesi için öncelikle, hacmin fiziksel boyutları yani hacmin boyu, eni ve tavan yükseklikleri, çalışma düzleminin yüksekliği, hacim duvarlarının ve tavanların malzeme kaplama ve boya renklerine göre yansıtma faktörleri, yapılacak olan çalışma için istenen minimum ortalama aydınlık düzeyleri, varsa gün ışığının etkisi gibi temel bilgilere ihtiyaç vardır.

Mevcut işletme halindeki tesisata ait bu veriler, istasyona ait mimari çizimlerden ve istasyonun mevcut yapısından elde edilmiştir. Bu mevcut duruma ait veriler, Dialux ortamında modellenerek hesap yapılmıştır. Hesaplamalar için ihtiyaç duyulan verilerden birisi de, ortamda üretilen ışık miktarı ile çalışma düzlemine ulaşacak olan ışık miktarı arasındaki kayıp oranının belirlenmesinde önemli bir parametre olan ışık kayıp faktörüdür.

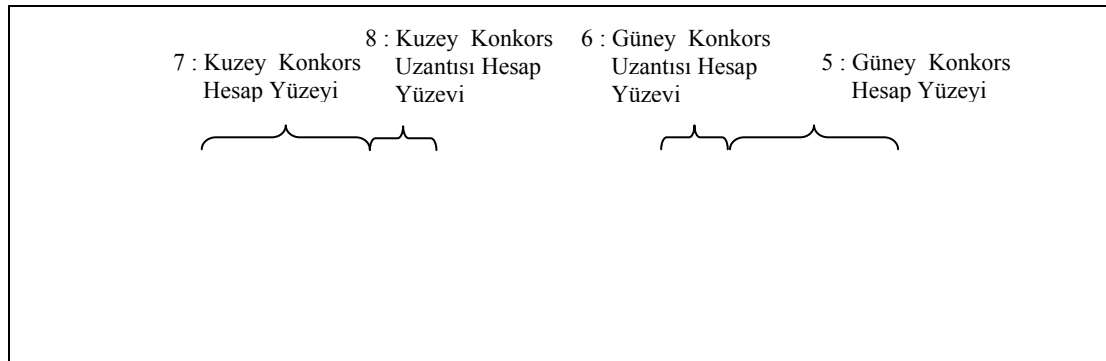
7.8.1.1 Levent İstasyonu, Hesap Yüzeyleri ve Hacim Büyüklükleri

Daha önce seçilen aydınlatma kriterlerine göre, temel olarak peron ve konkors bölgelerinde aydınlatma tesisi incelenecektir. Aydınlatma hesaplarında esas olarak ele alınan hesap yüzeyleri, platform ve konkors yaklaşık olarak tamamında seçilmiş olup konkors ve platform katında dikkate alınmayan bölgeler, doğal sınırların olduğu, genelde yolcu dolaşımının bulunmadığı istasyon kontrol odası, ekipman

odaları, ara geçiş koridorları gibi yerlerdir. Şekil 7-21 ve Şekil 7-22’de platform ve konkors katlarında oluşturulan hesap yüzeyleri gösterilmiştir.



Şekil 7-21 : Platform Katı Hesap Yüzeyleri



Şekil 7-22 : Konkors Katı Hesap Yüzeyleri

Peron ve konkors katları, farklı tavan yüksekliklerine sahip olup, kuzey ve güney olarak ikiye ayrılmışlardır. Konkors mimarisine hesap yüzeylerini uydurabilmek amacıyla, kuzey ve güney konkors bölgelerinde, ek olarak konkors mimarisini tanımlayacak şekilde Güney ve Kuzey Konkors Uzantısı olmak üzere toplam iki adet daha hesap yüzeyi tanımlanmıştır. Bu ayrımlara göre, hesap yüzeyleri oluşturulmuştur. Peron emniyet bölgesinde de bütün peron boyunca sürekli olmak üzere doğu ve batı yönünde iki adet hesap yüzeyi tanımlanmıştır. Ayrıca bütün peron bölgesini kapsamak üzere tek başına bir hesap yüzeyi daha oluşturulmuştur.

Tablo 7.15 içinde bu hesap yüzeylerine ait fiziki büyüklükler verilmiştir Bütün aydınlatma hesap yüzeyleri, zemin seviyesinde ve yatay düzlemdeki aydınlık düzeyini ölçmek üzere tanımlanmışlardır.

Tablo 7.15 : Aydınlatma Hesap Yüzeylerine Ait Hacim Boyutları ve Endeksi

Hesap Yüzeyleri	Hacim Fiziksel Büyüklükleri			
	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Hacim Endeksi
	L	B	h	k
Platform Güney	13,26	58,25	5,63	1,92
Platform Kuzey	13,26	55,15	5,63	1,90
Platform Orta	13,26	60,26	12,31	0,88
Platform Komple	13,26	173,66	5,63	2,19
Konkors Kuzey	20,15	38,24	6,53	2,02
Konkors Kuzey Uzantısı	13,30	9,41	6,53	0,84
Konkors Güney	20,15	38,63	6,53	2,03
Konkors Güney Uzantısı	13,3	9,16	6,53	0,83
Konkors Komple	20,15	47,79	6,53	2,17

Tablo 7.15’de Levent istasyonunda seçilen hesap yüzeyleri için hacim endeksleri, yer almaktadır. Hacim endeksi, EN 13032-2’de Temel Fotometrik Hesaplar için tanımlanmış olup 7.2 bağıntısıyla verilmiştir. Tablo 7.15’de, seçilen aydınlatma hesap yüzeyleri, konkors ve platform yapısı yerleşimine uygun olarak kuzey ve güney olarak iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Platform yapısı, ise farklı tavan yükseklikleri nedeniyle kuzey, güney ve bir de bunların arasında olmak üzere orta platform bölgesi olarak üçe ayrılmıştır. Buna göre komple kuzey veya güney platform için $k = 0,88$ komple kuzey ve güney konkors bölgeleri için $k = 2,17$ olarak bulunmuştur. CIE 97’de hacim endeksine üç ölçekte büyüklük tanımlanmıştır. Bunlar, k değeri, 0 - 0,7 için küçük ölçekli, 0,7- 2,5 arası için orta ölçekli, 2,5-5,0 arası için büyük ölçekli hacimler olarak tanımlanmıştır. Buna göre Tablo 7.15’de verilen hesap yüzeylerinin fiziki ölçülerine göre, orta ölçekli hacim kabulü yapılmıştır.

$$k = \frac{L \times B}{h \times (L + B)} \quad (7.2)$$

L = Hacmin Uzunluğu (metre)

B = Hacmin Genişliği (metre)

h = Armatürün alışma düzlemine olan yüksekliği (metre)

7.8.1.2 Işık Kayıp Faktörü (IKF)

Işık Kayıp Faktörü (IKF), belli bir zaman aralığında aydınlatma tesisatı tarafından üretilen işık miktarının aynı tesisin ilk kurulduğu ve yeni olduğu zaman ürettiği işık miktarına oranıdır. Işık ıkış miktarındaki azalmanın sebebi, kullanım süresine bağlı olarak lambanın ürettiği işık akısındaki azalma, armatür üzerindeki kirlenme ve toz birikimi, zaman içinde oda yüzeylerinin yansıtma faktörlerindeki değişimlerdir [15].

$$IKF = IABF \times LÖF \times ABF \times HYBF \quad (7.3)$$

Işık Akısı Bakım Faktörü (IABF) ve Lamba Ömür Faktörü (LÖF), bir lambanın belirli bir süre kullanımından sonra üretmiş olduğu işık akısının yeni olduğu zaman üretmiş olduğu değere oranıdır. Bir lambanın zaman içerisinde üretmiş olduğu işık akısı miktarının azalmasıyla ilgili bir kavramdır.

Armatür Bakım Faktörü (ABF), armatür ilk tesis edildiği andan itibaren belli bir süre sonra, armatürden çıkan işık akısının, lambadan çıkan işık akısına oranıdır. Etkileyen değerler, armatür tipi, atmosferik koşullar ve bakım sıklığıdır.

Hacim Yüzey Bakım Faktörü (HYBF), yeni temizlenmiş bir hacimdeki aydınlatma tesisinden belli bir kullanım süresi sonunda elde edilen aydınlık düzeyi değerinin, hacmin temizlenmiş durumunda elde edilen değerine oranıdır. Zaman içerisinde kirlenmeye bağlı olarak hacmin yansıtma özelliklerinin azalması ile ilgili bir kavramdır.

CIE 97 Elektrikli İç Aydınlatma Sistemlerinin Bakımı standardında önerilen hacimlerdeki çalışma ortamına ve hacimlerin temizlik sıklığına göre maksimum hacim temizlik periyotları Tablo 7.16'da verilmiştir [19].

Tablo 7.16 : CIE 97'ye Göre Çevresel Koşullar

Çevresel özellik	Hacmin Maksimum Bakım Sıklığı (Yıl)	Çalışma Ortamı
Temiz (C)	3	Temiz odalar, bilgisayar merkezleri, elektronik komponent montaj alanları, hastaneler
Normal (N)	2	Bürolar, dükkanlar, okullar, laboratuvarlar, restoranlar
Kirli (D)	1	Çelik endüstrisi, kimyasal madde tesisleri, kaynak atölyeleri

Hacim YüzeY Bakım Faktörü (HYBF) için Tablo 7.17'da direk aydınlatma tipine karşılık gelen hacimsel özelliklere göre değerler verilmiştir. Levent istasyonunda aydınlatma tipinin direk aydınlatma olması durumuna karşılık gelen HYBF değeri, hacimsel özelliklere göre, sık temizlik yapıldığından dolayı ortamın temiz, ve hacimsel ölçek olarak da "orta " sınıfında olduğu durum için 0,98 değeri kabul edilmiştir.

Tablo 7.17 : CIE 97'ye Göre Hacim YüzeY Bakım Faktörü

Hacim İndeksi	Aydınlatma Tipi	Hacim Temizlik Sıklığı (yıl) [in years]	Ortam Tipi	Hacim YüzeY Bakım Faktörü (HYBF)
Küçük (k = 0,7)	Direk	0,5	Temiz - C	0,97
Küçük (k = 0,7)	Direk	0,5	Normal - N	0,96
Küçük (k = 0,7)	Direk	0,5	Kirli - D	0,95
Orta (k = 2,5)	Direk	0,5	Temiz - C	0,98
Orta (k = 2,5)	Direk	0,5	Normal - N	0,97
Orta (k = 2,5)	Direk	0,5	Kirli - D	0,96
Büyük (k = 5,0)	Direk	0,5	Temiz - C	0,99
Büyük (k = 5,0)	Direk	0,5	Normal - N	0,97
Büyük (k = 5,0)	Direk	0,5	Kirli - D	0,96

Armatür Bakım Faktörü, (ABF), Tablo 7.18'de verildiği gibi, CIE 97'ye göre IP 5X sınıfındaki aydınlatma armatürleri için temiz hacimlerde 0,9 normal hacimlerde 0,84 ve kirli hacimlerde ise 0,79'dur. IP 5X için armatür temizlik sıklığı 3 yıl olarak önerilmektedir. Tablo 7.18'ye göre armatür bakım faktörü, 0,9 olarak seçilmiştir.

Tablo 7.18 : CIE 97'ye Göre Armatür Bakım Faktörü

Armatür Tipi	Armatür Temizlik Sıklığı (Yıl)	Hacimsel Özellik	Armatür Bakım Faktörü (ABF)
Toz Geçirimsiz IP5X	3	Temiz - C	0,9
Toz Geçirimsiz IP5X	3	Normal - N	0,84
Toz Geçirimsiz IP5X	3	Kirli - D	0,79

Işık Akısı Bakım Faktörü (IABF) ve Lamba Ömür Faktörü (LÖF), standartlarda birlikte anılan bir değerdir. Bu değerler, lambanın ekonomik ömrü ile ilgili olup, ekonomik ömrü sonuna doğru gittikçe azalmaktadır. Örneğin, elektronik balastlı T16 tipi floresan lambaların ekonomik ömürleri, 16000 – 20000 saat arasında değişmekte olup, 12000 saatlik çalışma sonunda IABF = 0,91 ve LÖF = 0,95 tir. Çalışma saati ekonomik ömrün sonuna yaklaştıkça, örneğin 14000 saat için IABF = 0,90 ve LÖF = 0,94, 16000 saat için IABF = 0,89 ve LÖF = 0,90, 20000 saat için IABF = 0,88 ve LÖF = 0,5 olmaktadır [20]. Yani lambaların ekonomik ömürlerinin sonunda lambaların % 50'si çalışamaz duruma gelmektedir.

Bölüm 8'de Levent istasyonu için ele alınan durumda, floresan lambaların 15000, 42000 ve 72000 saatlik ekonomik ömre sahip olan lamba tiplerine göre analizleri yapılmıştır. Buna göre farklı ekonomik ömre sahip lambalar için üretici firmaların verdiği değerler geçerlidir. Yapılan araştırmalarda 20000 saatten daha uzun ömürlü floresan lambalar için IABF ve LÖF değerlerine ulaşamadığından, 20000 saatten uzun ömürlü lambaların kullanılması ve 15000 saatlik lambalar için geçerli olan IABF ve LÖF faktörleri yaklaşık olarak sırasıyla 0,95 ve 0,8 olarak kabul edilmiştir.

Bakım faktörüyle ilgili olarak yapılan bütün kabullere göre, 7.2 bağıntısı ile, bakım faktörü veya başka bir deyişle ışık azaltma faktörü $IKF = 0,95 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,98 = 0,67$ olarak bulunur.

Temiz ortam ve 3 yıllık bakım sıklığı için bakım faktörü genellikle 0,67 değerinde referans olarak alınmaktadır [20].

Bakım faktörüyle ilgili olarak aydınlatma hesaplarında kullanılan Dialux programı içinde değişik ortam ve bakım şartlarına göre aşağıda tanımlanmış ışık azalma veya başka bir ifadeyle bakım faktörleri verilmektedir [18].

Çok Temiz Oda, Az Yıllık Kullanım Süresi = 0,80

Temiz Oda, 3 Yıllık Bakım Sıklığı = 0,67

İç Yada Dış Tesis, Kirli Ortamlar = 0,50

Buna göre, temiz ortam koşulları ve 3 yıllık armatür bakımı için bakım faktörü 0,67 olarak hesaplarda kabul edilmiş olmasına rağmen, hesaplamalar değişik bakım çarpanları için tekrarlanarak sonuçlar arasındaki farklar da gözlemlenmiştir.

7.8.1.3 Levent İstasyonu Yüzey Yansıtma Faktörleri

Levent istasyonundaki tavan, duvar ve zemin yapısına bağlı olarak yansıtma faktörleri, kullanılan malzeme ve boya renklerine göre seçilmiştir.

Şekil 7-12, Şekil 7-13, ve Şekil 7-14'de gösterilen konkors ve platform bölgelerinde tavan malzemesi olarak galvanize ve fırın boyalı metal paneller kullanılmış olup rengi, konkors katında bej zemin üzerine mavi desenlidir. Peron katındaki tavanlar ise açık sarı renktedir

Şekil 7-14'deki konkors bölgesindeki duvarlarda, galvanize ve fırın boyalı metal paneller kullanılmış olup rengi, bej zemin üzerine mavi desenlidir. Platform bölgesindeki duvarlar ise, granit seramik malzemedir Malzeme rengi yine platform katı için bej zemin üzerine mavi desenlidir.

Zemin, granit olup, yüzeyi özel olarak pürüzlü hale getirilmiş bir malzemedir. Yüzeyin pürüzlendirilmesi, özellikle yolcuların kaymasını önlemek amacıyla yapılmıştır.

Literatürde duvar ve tavanların yansıtma faktörleri için genel olarak tavan renginin beyaz, oldukça beyaz, ve koyu renk olması için sırasıyla %70, %50 ve %30 değerleri verilmektedir. Benzer şekilde duvarlara ait yansıtma faktörleri için, oldukça beyaz, koyu ve çok koyu olması durumuna göre sırasıyla %50, %30 ve %10 değerleri önerilmektedir [11].

Levent istasyonundaki tavan, ve duvarlara ait malzeme ve kullanılan renkler, açık tonlarda olup, daha koyu renklerde ara desenleri mevcuttur. Dialux programında yapılan 3 boyutlu mimari modelde duvar ve tavanların renkleri, gerçeğine uygun olarak tanımlanmaya çalışılmış olup, yansıtma faktörleri tavan için %65, duvarlar için %69 olarak seçilmiştir. Granit malzemedен yapılan zemin için yansıtma faktörü de %27 olarak seçilmiştir.

Tablo 7.19'da yapı malzemeleri ve boya renklerine göre yansıtma faktörleri ayrıca verilmiştir [21]. Burada granit malzeme olan zemin için %20 - %25, açık sarı için

%60 - %70 ve beyaz için %30 - %70 değerleri verilmektedir. Bu değer aralıkları, kabul edilen yansıtma faktörlerine uyum göstermektedir.

Tablo 7.19 : Değişik Malzeme ve Boya Renklerine Göre Yansıtma Faktörleri

YANSITMA BİLGİLERİ				Tavan, duvarlar ve çalışma düzleminin ışık yansıtma katsayıları.		
YAPI MALZEMELERİ		DUVAR BOYALARI		Tavan	Duvarlar	Çalışma Düzlemi
Ak ağaç,huş ağacı	0,50	Beyaz	0,30-0,70			
Meşe,açık renk,parlatılmış	0,25-0,35	Açık gri	0,40-0,60	0,8	0,8	0,3
Meşe,koyu renk,parlatılmış	0,01-0,15	Orta gri	0,25-0,35	0,8	0,5	0,3
Sunta,krem rengi	0,50-0,60	Koyu gri	0,10-0,15	0,8	0,3	0,3
Granit	0,20-0,25	Mavi	0,15-0,20	0,5	0,5	0,3
Kireç taşı	0,35-0,55	Açık yeşil	0,45-0,55	0,5	0,3	0,3
Mermer,parlatılmış	0,30-0,70	Koyu yeşil	0,15-0,20	0,7	0,7	0,2
Harç,açık renk;kireç badana	0,40-0,45	Açık sarı	0,60-0,70	0,7	0,5	0,2
Sıva(Alçı)	0,90	Kahverengi	0,20-0,30	0,7	0,3	0,2
Kum taşı	0,20-0,40	Pembe	0,45-0,55	0,8	0,8	0,1
Ahşap kaplama (Doğal)	0,20-0,30	Koyu kırmızı	0,15-0,20	0,8	0,5	0,1
Çimento,beton,çıplak	0,20-0,30			0,8	0,3	0,1
Kiremit,kırmızı,yeni	0,10-0,15			0,5	0,5	0,1
				0,5	0,3	0,1
				0,5	0,3	0,1

7.8.1.4 Levent İstasyonu Mevcut Tesisinde Kullanılan Armatürler

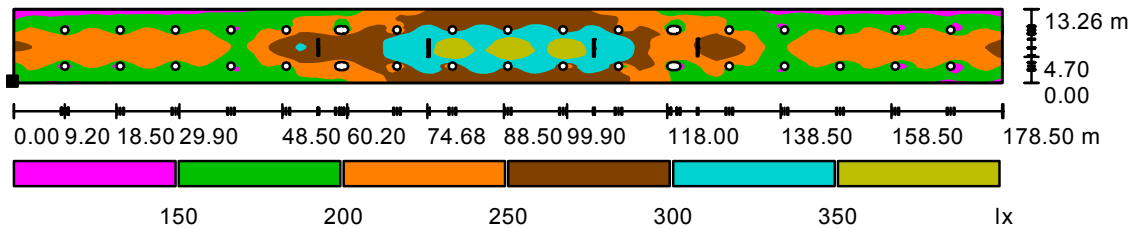
Tablo 7.20’de, mevcut tesisata ait aydınlatma hesaplarının yapılacağı alan içerisindeki armatür listesi verilmiştir. Bu listede her tip armatürün şebekeden çektikleri toplam güçler (P_a) ve içlerindeki lambaların ışık akıları da yer almaktadır.

Tablo 7.20 : Armatür Parça Listesi – Mevcut Durum

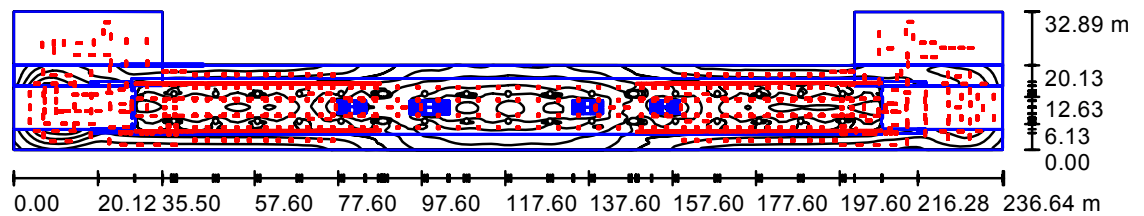
No	Adet	Armatür	Φ [lm]	P_a [W]
1	186	Philips IMPALA TBS160 C3 4xTL-D18W/830	5600	74
2	48	Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W	19000	269
3	182	Philips TBS230 C6 2xTL-D36W/830	6700	72
4	189	Philips TBS430 1xTL-D36W/830	3350	36

7.8.2 Levent İstasyonunda -Durum A- İçin Hesap Sonuçları

Levent istasyonunda, ışık azalma veya başka bir ifadeyle bakım faktörünün 0,67 olduğu durum için, hesaplar yapılmış ve bulunan aydınlık düzeyi eğrileri Şekil 7-23' ve Şekil 7-24'de verilmiştir. Ancak çıkan sonuçların ölçüm değerleri ile örtüşmediği, ölçülen değerlerden yaklaşık yarı yarıya daha düşük değerlere ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Aslında bu, istasyonun mevcut işletme ve bakım şartları göz önüne alındığında beklenen bir sonuçtur. Şekil 7-6 Şekil 7-7 ve Şekil 7-8'de gösterilen örneklerden armatürlerin gerçek işletme durumunda kabul edilen 0,67'lik bakım faktöründen daha düşük koşullarda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7-23 : Mevcut Tesisat, Platform Katı Eş-Aydınlık Düzeyi Eğrileri, - Bakım Faktörü 0,67 -



Şekil 7-24 : Mevcut Tesisat Durum- A -, Üstten Görünüm

Dialux yazılımı ile aynı ortam koşullarında sadece bakım faktörünün değiştirilerek elde edilen değerler, Tablo 7.21'de verilmiştir. Buna göre bakım faktörünün 0,4 olduğu duruma denk gelen hesap sonuçları, ölçüm değerlerine en yakın olanıdır.

Lamba değişimi ve armatür bakımları kabul edilen 3 yıllık periyotlarda yapılsa idi bakım faktörünün 0,67 olduğu durum geçerli olacaktır.

Tablo 7.21 : Mevcut Tesisteki Farklı Bakım Çarpanları İçin Hesap Sonuçları

Hesap Yüzeyi Listesi		Bakım Faktörü				Önerilen Aydınlık Düzeyi	Ölçülen Aydınlık Düzeyi
		0,8	0,67	0,5	0,4		
Hesap Yüzeyi No	Bölge	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]
1	Platform-Komple	255	214	159	127	200	99
2	Platform-Güney	229	192	143	115	200	99
3	Platform-Kuzey	225	188	141	112	200	87
4	Platform-Orta	309	259	193	154	200	128
5	Konkors-Güney	249	210	156	125	200	117
6	Konkors Uzantısı-Güney	250	209	156	125	200	98
7	Konkors-Kuzey	247	207	155	124	200	101
8	Konkors Uzantısı-Kuzey	247	207	155	124	200	108
9	Platform Kenarı -Bati	211	177	132	106	200	111
10	Platform Kenarı -Doğu	227	190	142	114	200	104

Tablo 7.21'deki 0,67'lik bakım faktörünün geçerli olduğu sütundaki aydınlık düzeylerine bakıldığında, bazı bölgelerde aydınlık düzeylerinin önerilen 200 lux değerinin altında kaldığı görülmektedir.

Buna göre, mevcut sistemden teknik ve ekonomik yönden daha farklı ve üstün bir tesisin kurulabilme şansı incelenmelidir. Bundan sonraki adımda, daha farklı öneriler geliştirilerek, aynı hesaplar bu öneriler ışığında yapıp, kriterleri sağlayan, ekonomik analizleri de gerçekleştirilecektir.

Tablo 7.22, Dialux'ten elde edilen Tablo 7.21'deki toplam 10 adet hesap yüzeyinin her bir bakım faktörü için ortalama değerlerini vermektedir. Minimum, maksimum ve ortalama aydınlık düzeyi değerleri, Şekil 7-21 ve Şekil 7-22'de gösterilen bölgelerdeki toplam 10 adet hesap yüzeyi göz önüne alınarak Dialux tarafından rapor olarak üretilmiştir.

Mevcut tesisata ait ışık bakım faktörleri büyüdükçe, aydınlatma düzeyinin iyileştiği, Tablo 7.22’de görülmektedir.

Tablo 7.22 : Değişik Bakım Faktörleri İçin Mevcut Tesisteki Hesap Sonuçları (Durum-A-)

Mevcut Tesisata Ait Bakım Faktörü	Tip	Toplam Hesap Bölgesi Sayısı	Ortalama Aydınlik Düzeyi (E_{ort}) [lx]	Minimum Aydınlik Düzeyi (E_{min}) [lx]	Maksimum Aydınlik Düzeyi (E_{maks}) [lx]	E_{min} / E_{ort}	E_{min} / E_{maks}
0,4	yatay	10	132	58	235	0.44	132
0,5	yatay	10	165	73	294	0.44	165
0,67	yatay	10	221	98	394	0.44	221
0,8	yatay	10	265	117	470	0.44	265

Tablo 7.23’de mevcut tesisata ait değişik bakım faktörleri için birim alan ve aydınlık düzeyine karşılık gelen tesis güçlerine ait değerler verilmiştir. Bakım faktörü iyileştikçe, birim alanda aynı aydınlık düzeyinin sağlanabilmesi için daha düşük bir kurulu güce ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Tablo 7.23 : Mevcut Tesisteki Bağlantı Güçleri

Bakım Faktörü Mevcut Tasarım	Ortalama Aydınlik Düzeyi (E_{ort}) [lx]	Toplam Alan [m^2]	Toplam Lamba Işık Akısı Φ [lm]	Toplam Lamba + Balast Gücü P_a [W]	Birim Alan Başına Güç [W/m^2]	Birim Alan ve Aydınlik Düzeyi Başına Güç [$W/m^2/100$ lx]
0,4	132	4163	2911200	36552	8,78	6,65
0,5	165	4163	2911200	36552	8,78	5,32
0,67	221	4163	2911200	36552	8,78	3,97
0,8	265	4163	2911200	36552	8,78	3,31

7.9 Levent İstasyonunda Önerilen Aydınlatma Tesisi – Durum B –

Bir öneri olarak mevcut tesisattaki 1x36 W ve 2x36 W floresan lambalı armatürlerin yerine 1x58 W ve 2x58 W lambalı armatürlerin kullanılması durumunda tesisatın enerji tüketimi ve sağlanabilecek aydınlık düzeyi değerleri belirlenerek her iki durum arasında karşılaştırmalar yapılacaktır. Mevcut duruma ait bir alternatif olarak önerilen bu yeni tesisat, Durum B olarak adlandırılacaktır.

7.9.1 Levent İstasyon Aydınlatması Hesap Giriş Verileri – Durum B –

Bu durumun mevcut durumdan tek farkı, kullanılacak olan armatürlerdir. Geri kalan diğer bütün veriler, (örneğin hesap yüzeyleri, hacim özellikleri ve yansıtma faktörleri gibi), Durum – A – ile aynıdır.

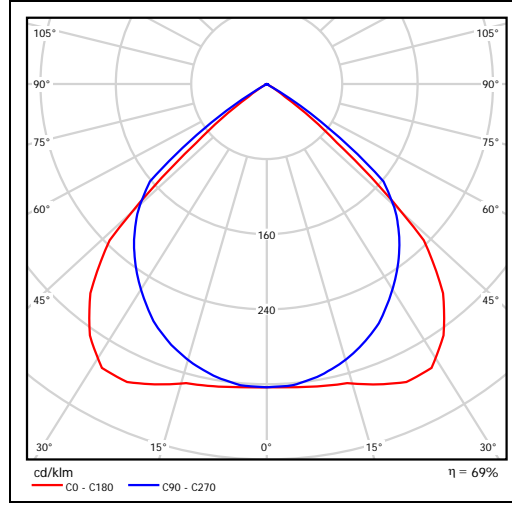
Tablo 7.24’de hesap yapılacak olan hacimlere göre önerilen lamba ve armatürlerin toplam ışık akısı ve güç değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre aydınlatma hesapları yapılmış ve Bölüm 7.9.2’de değişik bakım faktörlerine göre aydınlık düzeylerine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 7.24 : Önerilen Durum B İçin Kullanılan Armatürlerin Özellikleri

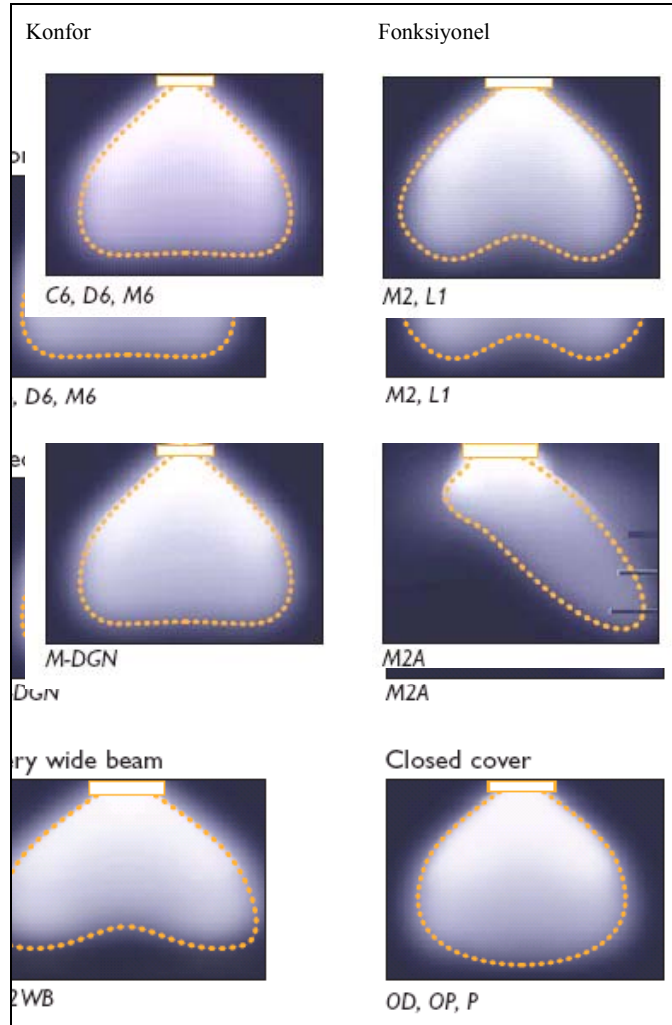
Hacim	Armatürler	□ Lamba [lm]	P _a Toplam Armatür Gücü [W]	Adet	Toplam Güç [W]	Toplam Işık Akısı [lm]
Platform-Orta	Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W	19000	269		12912	912000
		Toplam		48	12912	912000
Platform-Güney peron	Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830	10000	111			
emniyet şeridi doğu				14	1554	140000
emniyet şeridi batı				20	2 220	200000
merdiven altı				20	2220	200000
				2	222	20000
		Toplam		56	6216	560000
Platform-Kuzey peron	Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830	10000	111			
emniyet şeridi doğu				14	1554	140000
emniyet şeridi batı				20	2220	200000
merdiven altı				20	2220	200000
				2	222	20000
		Toplam		56	6216	560000
Konkors	Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830	10000	111			
konkors kuzey				44	4884	440000
konkors kuzey uzatma				6	666	60000
konkors güney				44	4884	440000
konkors güney uzatma				6	666	60000
		Toplam		100	11100	1000000

Durum –B– için önerilen yeni armatürler, Dialux programına internet ortamından kolaylıkla yüklenebilen ve aydınlatma tasarımında kullanılabilen Philips firmasına ait elektronik kataloglardan seçilmiştir. Armatür tipi, gömme tip olup yansıtıcı eleman olan reflektörü C6 diye adlandırılan bir yapıya sahip olup ışık dağılım eğrisi, Şekil 7-25’de verilmiştir.

Şekil 7-26'de ise değişik optik düzenlere göre armatürlerin ışık dağılım şekilleri görülmektedir.



Şekil 7-25 : Philips TBS331 C6 2xTL-D58W/830 Tip Armatüre Ait Işık Dağılım Eğrileri



Şekil 7-26 : Armatürlere Ait Değişik Optik Düzenlere Göre Işık Dağılım Şekilleri

Şekil 7-26'da ışık dağılım özelliklerini vermek üzere sınıflandırılan optik düzenlerden C6, parlak alüminyum bir malzemedan görsel konforu arttırmak üzere ışığı düzgün yayan bir yapıya sahiptir. M2, profili yassı/düz enine lamelli ve yan reflektörleri mat olan oksitlenmiş alüminyumdan yapılmıştır. L1 alüminyumdan, beyaz laklı/vernikli yassı/düz profilli enine lamelli, yan reflektörleri beyaz laklı optik bir malzemedir. M-DGN yüksek değerli alüminyumdan, mat oksitlenmiş yan reflektörlü ve geçirgen, akrilik enine lamelli bir malzemedir. M2A ışık şiddetinin maksimumu ile çift/iki taraflı asimetrik ışık dağıtımını sağlayan bir yapıya sahiptir.

Seçilen Philips TBS331 C6 2xTL-D58W/830 Tip Armatürde kullanılacak olan lamba olarak renksel geri verim katsayısı 83 olup renk sıcaklığı 3000 K olan Philips marka, MASTER TL-D Xtreme Super 80 58W/830 fluresan lamba seçilmiştir. Ortalama aydınlık düzeyi 500 lux altında olduğu için 3000 K, sıcak renk sınıfında ortamda hoş bir etki bırakacaktır. Ancak bu hoş etkinin daha çok psikolojik olarak çekici bir etki bıraktığı bilinmektedir. Soğuk renkler ise, aydınlık düzeyinin 3000 lux üzerinde olduğu ortamlarda hoş bir etki bırakırken 500 lux altında ise soğuk bir etki oluşturmaktadır. Soğuk etkinin insan davranışları üzerinde itici bir etki yaptığı bilinmektedir. Toplu taşımanın amacı, mümkün olduğunca çok yolculuk hareketini hızlandırmak, yolcu giriş ve çıkış hareketlerini en kısa zamanda gerçekleştirmektir. Buna karşılık insan dolaşımının toplu taşımacılığa göre çok daha az olduğu, alış veriş merkezleri gibi, özellikle insanların mümkün olduğunca çok uzun zaman geçirmeleri istenilen yerlerde, okullarda, ofislerde aydınlatmanın hoş ve çekici etkisi daha fazla istenir. Bu bakımdan platform ve konkors katı gibi ortamlarda aydınlatmanın itici ve harekete geçirici etkisi aranırken, konkors katının üzerinde bulunan alış veriş merkezlerinde daha .çekici etkiye sahip ışık renkleri seçilebilir.

Seçilen lambanın ekonomik ömürleri için üretici firma yetkililerden alınan bilgilere göre Tablo 7.25 ve Tablo 7.26'daki veriler sağlanmıştır [22].

Tablo 7.25 : Seçilen Floresan Lambaların Değişik İşletme Koşullarına Göre Ortalama Ömürleri

Balast Tipi	Lamba Tipi		
	matrix TLD/80		
Açma-kapama sıklığı	sürekli	12 saat	3 saat
manyetik	30000	18000	15000
ikili	30000	16000	13000
eletronik sıcak ateşlemeli	30000	23000	20000
eletronik soğuk ateşlemeli	30000	19000	10000
matrix TLD Xtra			
manyetik	50000	40000	24000
ikili	50000	37000	20000
eletronik sıcak ateşlemeli	50000	50000	45000
eletronik soğuk ateşlemeli	50000	30000	14000
matrix TLD Xtreme			
manyetik	78000	63000	42000
ikili	78000	58000	36000
eletronik sıcak ateşlemeli	78000	75000	66000
eletronik soğuk ateşlemeli	78000	45000	21000

Tablo 7.26 : Seçilen Fluoresan Lambanın Değişik İşletme Koşullarına Göre % 10 Servis Hatasındaki Ekonomik Ömürleri

Balast Tipi	Lamba Tipi		
	matrix TLD/80		
	sürekli	12 saat	3 saat
manyetik	25000	15000	12000
ikili	25000	12000	9000
eletronik sıcak ateşlemeli	25000	19000	17000
eletronik soğuk ateşlemeli	25000	15000	7000
matrix TLD Xtra			
manyetik	45000	35000	21000
ikili	45000	32000	16000
eletronik sıcak ateşlemeli	45000	42000	37000
eletronik soğuk ateşlemeli	45000	26000	11000
matrix TLD Xtreme			
manyetik	70000	55000	36000
ikili	70000	50000	29000
eletronik sıcak ateşlemeli	70000	63000	55000
eletronik soğuk ateşlemeli	70000	39000	17000

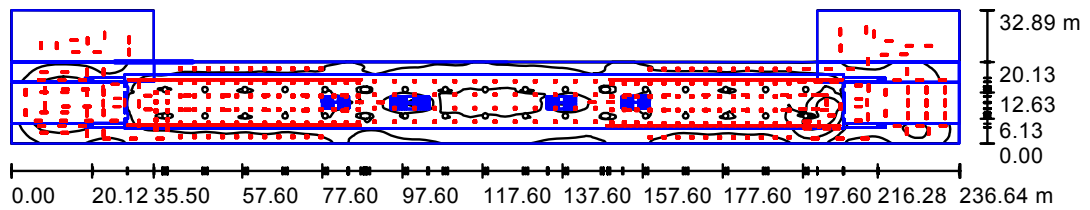
Tablo 7.25’de lambaların ortalama ömürleri verilirken Tablo 7.26’da ise aynı tip lambaların % 10 arıza ile servis ömürleri verilmektedir. Tablo 7.25 ve Tablo 7.26’dan lambaların günlük çalışma sürelerine ve kullanılan balast tipine göre ömürlerinin değiştiği görülmektedir. Buna göre, günlük çalışma süresi azaldıkça yani balastların ateşleme sayıları düştükçe, lambaların ömürleri uzamaktadır. Manyetik balastlar en kısa ömre sahiptirler. Elektronik balastlardan sıcak ateşlemeli olanlar, soğuk ateşlemelilere göre daha uzun ömre sahiptirler. Bilindiği üzere sıcak ateşlemeli balastlar, lambanın , önceden düşük bir gerilimle ısıtmakta ve soğuk ateşlemeye göre

elektrotların iç direnci artarak şebekeden çektikleri akımların değeri düşmektedir. Bu da lambaların devreye alındıkları andaki yol alma akımlarını düşürmekte ve elektrotların aşırı akımlardan dolayı ani ısınmalarını sınırlamakta, lamba ömrünü uzatmaktadır.

Lambaların servis ömürleri tamamen çalışma koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Yapılacak olan ekonomik analizlerde ve aydınlatma hesaplarında lamba tiplerine göre ekonomik ömürler, 15000, 42000 ve 72000 saat olarak kabul edilmiş, bu sürelerin sonunda lambaların topluca değiştirildikleri varsayılmıştır. Bu değerler, Philips firmasının ürün kataloglarından seçilmiştir [24].

7.9.2 Levent İstasyonunda Aydınlatma Hesap Sonuçları – Durum B –

Önerilen B tipi tesisat için bakım faktörünün 0,67 olduğunda yapılan hesap sonuçlarından elde edilen ışık dağılım eğrileri, Şekil 7-27’de, diğer bakım faktörü değerleri için elde edilen sonuçlar da Tablo 7.27’de verilmiştir



Şekil 7-27 : Önerilen Tesisat, Üstten Görünüm

Tablo 7.27 : Önerilen Tesisat Durum – B –Farklı Bakım Faktörleri İçin Hesaplanan Aydınlık Düzeyi Değerleri

Hesap yüzeyi listesi		Bakım Faktörü				Önerilen Aydınlık Düzeyi E_{ort} [lx]
		0,8	0,67	0,5	0,4	
No	Bölge	E_{ort} [lx]	E_{ort} [lx]	E_{ort} [lx]	E_{ort} [lx]	
1	Platform-Komple	326	273	204	163	200
2	Platform-Güney	306	256	191	153	200
3	Platform-Kuzey	331	277	207	166	200
4	Platform-Orta	345	289	216	173	200
5	Konkors-Güney	287	240	179	143	200
6	Konkors Uzantısı-Güney	273	229	171	137	200
7	Konkors-Kuzey	279	233	174	140	200
8	Konkors Uzantısı-Kuzey	269	226	168	135	200
9	Platform Kenarı -Batı	272	228	170	137	200
10	Platform Kenarı -Doğu	306	256	191	153	200

Tablo 7.27’ye göre 3 yıllık bakım sıklığına denk gelen 0,67 çarpanı için aydınlık düzeyleri değerlerinin bir önceki duruma göre daha iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 7.28, Şekil 7-21 ve Şekil 7-22’de gösterilen toplam 10 adet hesap bölgesine ait ortalama, maksimum ve minimum aydınlık düzeyi değerlerini göstermektedir.

Tablo 7.28 : Değişik Bakım Faktörleri İçin Önerilen Tesisattaki Hesap Sonuçları

Önerilen Tesisata Ait Bakım Faktörü	Tip	Bölge Sayısı	Ortalama [lx]	Min [lx]	Maks [lx]	E_{min} / E_{ort}	E_{min} / E_{maks}
0,40- yeni tasarım	yatay	10	157	54	306	0.35	0.18
0,50- yeni tasarım	yatay	10	196	68	382	0.35	0.18
0,67- yeni tasarım	yatay	10	262	91	512	0.35	0.18
0,80 - yeni tasarım	yatay	10	313	108	611	0.35	0.18

Tablo 7.29, birim alandaki belli bir aydınlık düzeyi başına çekilen güç değerlerinin bakım faktörü ile değişimini göstermektedir.

Tablo 7.29 : Önerilen Tesisattaki Bağlantı Güçleri – Durum B -

Bakım Faktörü Yeni Tasarım	Ortalama Aydınlık Düzeyi (E_{ort}) [lx]	Toplam Alan [m ²]	Toplam Lamba Işık Akısı Φ [lm]	Toplam Lamba + Balast Gücü P_a [W]	Birim Alan Başına Güç [W/m ²]	Birim Alandaki Aydınlık Düzeyi Başına Güç [W/m ² /100 lx]
0,4	157	4163	3032000	36076	8,67	5,52
0,5	196	4163	3032000	36076	8,67	4,42
0,67	262	4163	3032000	36076	8,67	3,31
0,8	313	4163	3032000	36076	8,67	2,77

7.10 Levent İstasyonu Durum-A ve Durum-B Karşılaştırılması

Bu bölümde Levent istasyonunda mevcut durum ve önerilen tesisat için yapılan ölçüm ve hesap çalışmaları sonucunda elde edilen aydınlatma kriterlerinin teknik bakımdan karşılaştırılması yapılacaktır. Tablo 7.30’da bu karşılaştırmaya ait veriler, topluca verilmektedir.

Tablo 7.30 : Ölçüm ve Hesap Sonuçları ile Kriterlerin Karşılaştırılması

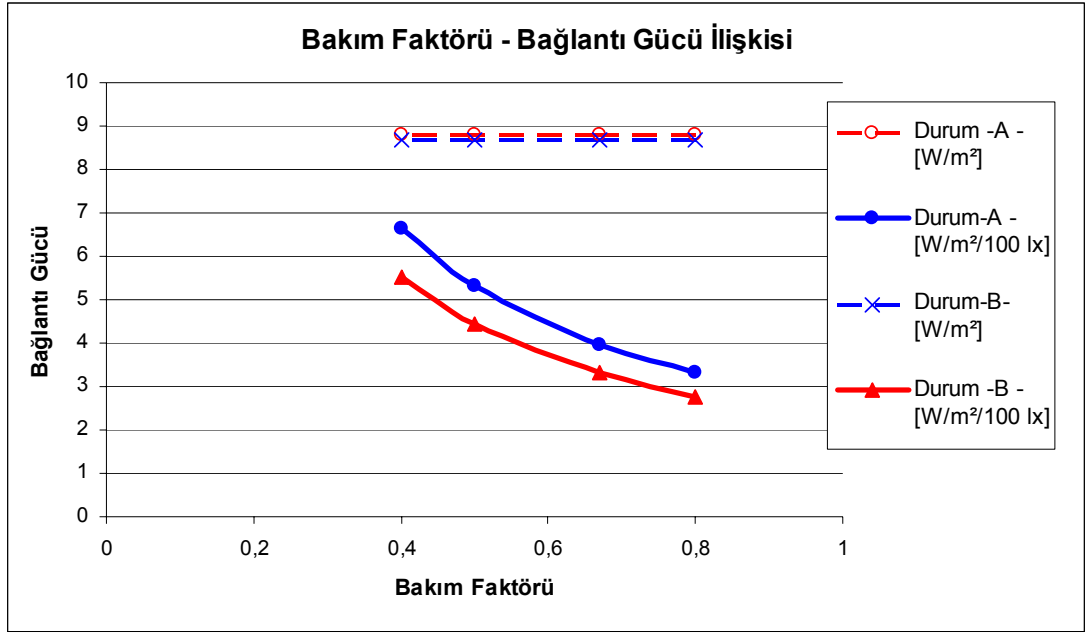
Aydınlatma Bölgesiz	Ölçüm Sonuçları				Hesap Sonuçları								Olmaması Gereken Aydınlatma Kriteri	
					Mevcut Tesis -Durum A-				Önerilen Tesis -Durum B-					
					Bakım Faktörü				Bakım Faktörü					
					0,8	0,67	0,5	0,4	0,8	0,67	0,5	0,4		
E _{ort} [lx]	E _{min} [lx]	E _{mak} [lx]	E _{min} /E _{ort}	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{ort} [lx]	E _{min} / E _{ort}	
Platform-Komple	99	6	175	0,06	255	214	159	127	302	253	189	151	200	0,5
Platform-Güney	99	6	175	0,06	229	192	143	115	288	242	180	144	200	0,5
Platform-Kuzey	87	16	165	0,18	225	188	141	112	316	265	198	158	200	0,5
Platform-Orta	128	83	172	0,65	309	259	193	154	302	253	189	151	200	0,5
Konkors-Güney	117	61	182	0,52	249	210	156	125	235	197	147	118	200	0,5
Konkors Uzantısı-Güney					250	209	156	125	284	238	178	142	200	0,5
Konkors-Kuzey	101	11	175	0,11	247	207	155	124	237	199	148	119	200	0,5
Konkors Uzantısı-Kuzey					247	207	155	124	279	234	174	139	200	0,5
Platform Kenarı -Batı	111	53	159	0,48	211	177	132	106	268	224	167	134	200	0,5
Platform Kenarı -Doğu	104	54	153	0,52	227	190	142	114	290	243	181	145	200	0,5

Tablo 7.31, birim alan ve belli aydınlık düzeyi başına çekilen güç değerlerinin bakım faktörü ile değişimlerini, her iki tesis durumu için topluca göstermektedir. Buna göre B tipi tesisatın, daha az bağlantı gücüne ihtiyaç gösterdiği görülmektedir.

Tablo 7.31 : Ölçüm ve Hesap Sonuçları ile Kriterlerin Karşılaştırılması

Bakım Faktörü	Mevcut Tesisata Ait Sonuçlar - Durum A -		Önerilen Tesisata Ait Sonuçlar - Durum B -	
	Birim Alan Başına Güç [W/m ²]	Birim Alandaki Aydınlık Düzeyi Başına Güç [W/m ² /100 lx]	Birim Alan Başına Güç [W/m ²]	Birim Alandaki Aydınlık Düzeyi Başına Güç [W/m ² /100 lx]
0,4	8,78	6,65	8,67	5,52
0,5	8,78	5,32	8,67	4,42
0,67	8,78	3,97	8,67	3,31
0,8	8,78	3,31	8,67	2,77

Şekil 7-28, önerilen tesisat düzeninin, mevcut duruma göre birim alan başına belli bir aydınlık düzeyini elde etmek için daha az elektrik gücüne ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu da tesis işletme ve yatırım maliyetleri bakımından önerilen sistemin daha üstün olabileceği anlamına gelmektedir. Bu durum, ekonomik analizler bölümünde incelenecektir.



Şekil 7-28 : Her İki Tesisat Durumu İçin Bakım Faktörü ve Bağlantı Gücü Arasındaki İlişki

8. EKONOMİK ANALİZLER VE ÖNERİLER

Bu bölümde, Levent istasyonundaki aydınlatma tesisatına ait mevcut (Durum – A) ve önerilen (Durum – B) durumlar için elde edilen aydınlatma hesap sonuçlarına göre işletme ve yatırım maliyetleri incelenecektir.

Ayrıca bu iki ana durum için tanımlanmış olan hesap bölgelerindeki floresan lambaların değişik ekonomik ömürlerine karşılık gelen işletme ve yatırım giderleri için de ekonomik analizler yapılacaktır. Bu yöntemle, yer altı metro istasyonlarındaki aydınlatmalarda en büyük problem olan bakım zorluğu ve buna karşılık gelen bakım faktörünü iyileştirmeye yönelik çözümler aranacaktır. Bunun için mevcut tesisatta yer alan floresan lambaların daha güçlü ve daha uzun ekonomik ömre sahip olanlar ile değiştirilerek daha düşük kurulu güce, düşük enerji tüketimine ve daha az sayıda armatür kullanımı sebebiyle daha düşük bakım giderine sahip olma olanakları araştırılacaktır.

Bu çalışma kapsamında, armatürlerdeki lambaların 15000, 42000 ve 72000 saatlik ekonomik ömürlerine göre sırasıyla 1, 2 ve 3 olarak tanımlanan alt durumlar incelenecektir. A ve B olmak üzere tanımlanan iki ana grup altında, her bir grup için toplam üçer adet alt durum göz önüne alındığında, sırasıyla, A.1, A.2, A.3, B.1, B.2 ve B.3 olmak üzere toplam 6 durum karşılaştırma yapılarak incelenecektir. A olarak tanımlanan ana grup, 1x36 W ve 2x36 W floresan lambalı armatürlerin, B olarak tanımlanan diğer ana grup da 1x58 W ve 2x58 W floresan lambalı armatürlerin kullanılması durumuna karşılık gelmektedir.

Floresan lambaların ekonomik ömürlerine göre ekonomik analizlerin yapılabilmesi için, Türk Philips Aydınlatma Ocak 2007 Fiyat Listesi'nden faydalanılmıştır [23].

8.1 Tesis Yatırım ve İşletme Giderleri

Durum A ve B olmak üzere yukarıda bahsedildiği gibi iki ana durum tanımlanmıştır. Bu iki tesisat arasındaki fark, 1x36 W ve 2x36 W floresan lambalar yerine, 1x58 W ve 2x58 W'lık floresan lambaların kullanılmasıdır. Durum B'de Durum A' dan

farklı olarak daha güçlü, daha fazla ışık akısı veren ve buna karşılık daha az sayıda armatür kullanımını gerektiren çözüm söz konusudur. Bu iki ana durumdan farklı olarak sırasıyla 15000, 42000 ve 72000 saatlik ekonomik ömürlü lambaların kullanıldığı alt durumlar incelenecek olup, bu durumlar da sırasıyla 1, 2, ve 3 numaralı alt başlıklar olarak ifade edilmiştir.

Toplam altı adet durumun analiz edilebilmesi için malzeme birim fiyatları ile işletme ve bakım giderlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 8.1’de bu amaç için toplanan malzeme birim fiyatları, bakım ve enerji giderleri topluca sıralanmıştır

Tablo 8.1 : Tesis Kurulum Malzeme Birim Fiyatları

Armatür Fiyatları				
Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W [16]		373		YTL/armatür
Philips TBS430 1xTL-D36W/830 [17]		207		YTL/armatür
Philips TBS230 C6 2xTL-D36W/830 [17]		209		YTL/armatür
Philips IMPALA TBS160 C3 4xTL-D18W/830 [17]		122		YTL/armatür
Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830 [17]		215		YTL/armatür
Lamba Fiyatları				
Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W [16]		51		YTL / Lamba
Fluoresan Lambalar (Ekonomik Ömürlere Göre)	Durum-1	Durum-2	Durum-3	
	15000	42000	72000	YTL / Lamba
Philips TBS430 1xTL-D36W/830 [16]	3,7	14,5	23,3	YTL / Lamba
Philips TBS230 C6 2xTL-D36W/830 [16]	3,7	14,5	23,3	YTL / Lamba
Philips IMPALA TBS160 C3 4xTL-D18W/830 [16]	3,2	14,5	23,3	YTL / Lamba
Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830 [16]	4,1	15,5	24,4	YTL / Lamba
Birim Montaj / Tesis Kurulum İşçilik Maliyetleri				
Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W	50			YTL/armatür
Philips TBS430 1xTL-D36W/830	15			YTL/armatür
Philips TBS230 C6 2xTL-D36W/830	15			YTL/armatür
Philips IMPALA TBS160 C3 4xTL-D18W/830		15		YTL/armatür
Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830		15		YTL/armatür
Birim Bakım Maliyetleri				
	Metal Halojen	Fluoresan		
Birim Armatür/Lamba Erişim Süresi	15	3		dakika
Birim Lamba Değişirme Süresi	5	3		adamxdakika
Birim Armatür Temizlik Süresi	6	6		adamxdakika
Birim Armatür/Lamba Toplam Bakım Süresi	26	12		adamxdakika
Birim Lamba Erişim ve Değişirme Maliyeti	2,96	0,81		YTL
Birim Armatür Erişim ve Temizlik Maliyeti	3,11	1,26		YTL
Birim Armatür/Lamba Toplam Bakım Maliyeti	3,85	1,7		YTL
Birim Enerji Maliyeti		0,125		YTL/kWh

Tablo 8.2 ise Tablo 8.1’de verilen malzeme ve montaj birim fiyatları esas alınarak A ve B tipi tesisat durumları için kullanılan malzeme miktarına bağı olarak oluşturulan tesis kurulum maliyetlerini göstermektedir. Tablo 8.2’deki malzeme ve kurulum toplam fiyatları hem ilk kurulum ve hem de bakımlardaki lamba değişimi malzeme ve işçilik maliyetlerini hesaplayabilecek şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 8.3’de, yine Tablo 8.1’deki birim fiyatlar esas alınarak her iki tesis durumuna ait bakım giderleri verilmiştir.

Tablo 8.3 : Bakım İşçilik Maliyetleri Tablosu

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Bir Armatürdeki Lamba Sayısı (adet)	Armatür Sayısı (adet)	Birim Lamba Erişim Ve Değiştirme Maliyeti (YTL)	Birim Armatür Erişim ve Temizlik Maliyeti (YTL)	Birim Armatür/Lamba Toplam Bakım Maliyeti (YTL)	Toplam Lamba Değişim Maliyeti (YTL)	Toplam Armatür Temizlik Maliyeti (YTL)	Toplam Armatür Bakım Maliyeti (YTL)
Durum A	1	48	2,96	3,11	3,85	142	149	185
	1	188	0,81	1,26	1,70	153	237	320
	2	74	0,81	1,26	1,70	60	93	126
	4	156	0,81	1,26	1,70	127	196	266
	Toplam					483	676	897
Durum B	1	48	2,96	3,11	3,85	142	149	185
	2	212	0,81	1,26	1,70	173	267	361
	Toplam					315	416	546

Tablo 8.4' de Tablo 8.1'deki enerji birim fiyatı esas alınarak her iki tesis durumuna karşılık gelen enerji tüketimleri verilmiştir. Tablo 8.4'ün oluşturulurken, harcanan aylık ve yıllık enerjinin hesaplanması için, armatürlerin günde 19 saat, ayda 30 gün ve yılda 365 gün çalışmaları kabul edilmiştir.

Tablo 8.4 : Enerji Giderleri Tablosu

	Armatür - Lamba Tipi	Armatür Gücü (W)	Armatür Sayısı (adet)	Toplam Armatür Gücü (kW)	Harcanan Aylık Enerji (kWh)	Harcanan Yıllık Enerji Gideri (YTL)
Durum A	Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W	269	48	13	7 360	88 318
	Philips TBS430 1xTL-D36W/830	36	188	7	3 858	46 293
	Philips TBS230 C6 2xTL-D36W/830	72	74	5	3 037	36 444
	Philips IMPALA TBS160 C3 4xTL-D18W/830	74	156	12	6 580	78 961
		Toplam		37	20 835	250 016
Durum B	Philips MPF112 S 1xHPI-TP250W	269	48	13	7 360	88 318
	Philips TBS 300 Family TBS331 C6 2xTL-D58W/830	111	212	24	13 413	160 959
		Toplam		36	20 773	249 277

Tablo 8.5, Tablo 8.2'deki bilgilerden oluşturulmuştur. Tesis kurulum maliyetinin Durum B için Durum A'dan daha ucuz olduğu görülmektedir.

Tablo 8.5 : Lamba Ekonomik Ömürlerine Göre Tesis Kurulum Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Kurulum Maliyeti Tasarrufu [YTL]		Durum.1	Durum.2	Durum.3
		15000 saat	42000 saat	72000 saat
Durum A		105718	116398	124846
Durum B		73270	78104	81877
Fark (A -B) =C		32448	38294	42969
Oran = B/A		%69,31	%67,10	%65,58
Oran = C/A		%30,69	%32,90	%34,42

Yapılan hesaplar sonucunda Durum B için, ilgili bölgelerin Durum A dan daha iyi aydınlatıldığı ve tesis maliyeti bakımından da daha ekonomik sonuçların elde edildiği görülmektedir. İşletme bakım giderleri bakımından Tablo 8.3'den alınan veriler özetlenerek, her iki durum dönemsel bakım giderleri bakımından karşılaştırılmış ve Tablo 8.6'da gösterildiği gibi, bakım giderlerinin de yaklaşık %40 azaldığı görülmüştür. Armatür sayısı yaklaşık yarı yarıya azaldığı için buna bağlı olarak bakım maliyetlerinin de düşmesi normaldir.

Tablo 8.6 : Tesis Bakım Maliyetleri Karşılaştırılması

	Armatür Sayısı (adet)	Dönemsel Bakım Maliyeti (YTL)
Durum A	418	897
Durum B	212	546
Fark (A -B) = C	206	351
Oran = B/A		% 60,88
Oran = C/A		% 39,12

Diğer bir işletme gideri olan enerji tüketimlerinin karşılaştırılması incelendiğinde Tablo 8.7 elde edilir.

Tablo 8.7 : Enerji Tüketim Maliyetleri Karşılaştırılması

	Armatür Sayısı [adet]	Armatür Enerji Gideri [kWh]
Durum A	418	20835
Durum B	212	20773
Fark (A -B)=C	206	62
Oran = B/A	%50,72	%99,70
Oran = C/A	%49,28	%0,3

Tablo 8.7 incelendiğinde, her iki durum için enerji tüketimleri arasındaki farkın oldukça düşük kaldığı görülmektedir. Yani Durum B olarak önerilen tesisat, yatırım ve bakım giderlerini iyileştirirken, enerji giderlerinde çok az bir iyileştirme etkisi yaratmaktadır. Bunun nedeni ise, aynı yüzey alanını aynı seviyede aydınlatmak için daha az sayıda fakat daha fazla güçte ve ışık akısına sahip lambaların kullanılmasıdır.

8.2 Ekonomik Analizler

Mevcut iki farklı tesisat yapısının her biri için üç farklı ekonomik ömre sahip lambaların kullanılması ile toplam olarak altı farklı durumun ekonomik analizi yapılacaktır. Bunun için mevcut tesisat yapısı ile önerilen tesisat yapıları birbirleriyle ekonomik olarak karşılaştırılacaktır.

Bu karşılaştırma için temel olarak aşağıda sıralanan bağıntılar kullanılacaktır.

Bugünkü paranın” n” döneminin sonunda bileşik faiz hesabına göre gelecekteki değeri için ;

$$S = P \times (1 + i)^n \quad (8.1)$$

n yıl süreyle ve düzenli olarak her yıl sonunda elde edilecek a tutarındaki paranın bugünkü değerleri toplamı için ;

$$P = a \times \frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n \times i} \quad (8.2)$$

bugünkü paranın yıllara dağıtılması için ;

$$A = P \times \frac{(1 + i)^n \times i}{(1 + i)^n - 1} \quad (8.3)$$

gelecekteki paranın bugünkü değeri için ;

$$P = S \times \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (8.4)$$

gelecekteki paranın yıllara dağıtılması için;

$$a = S \times \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \quad (8.5)$$

Bağıntıları kullanılacak olup, burada ;

S= paranın gelecekteki değeri

P = paranın bugünkü değeri

A = bugünkü paranın yıllara dağılımı

a = her yıl düzenli olarak ödenen para miktarı

n = yıl

i = faiz oranı

olarak belirtilmiştir.

Tablo 8.8'de, A ve B ana durumu ve bunlara ait değişik ekonomik ömre sahip lambaların kullanılması durumunda tesis yatırım ve işletme maliyetleri topluca verilmektedir.

Genel olarak yapılan ekonomik değerlendirmelerde aşağıda sıralanan kabuller yapılmıştır.

- Lambalar kabul edilen ekonomik ömürleri sonunda topluca deęiőtirilecektir. Bu durumda günlük 19 saat ve yıllık 365 günlük çalışma süresi için, sadece 15000 saatlik floresan lambalar 2 yılda bir deęiőtirilirken, aynı zamanda armatür temizliklerinin de yapıldığı varsayılmıştır. Daha uzun ömre sahip diğer floresan lambaların topluca deęiőtirim sıklığı 42000 saat için 6 yıl, 72000 saat için 10 yıl olmak üzere armatür temizliklerinin 3 yılda bir yapıldığı varsayılmıştır.
- Metal-halojen lambaların ekonomik ömürleri, 9000 saat kabul edilmiş olup, bu süre sonunda %50 sinin tamamen söneceği kabul edilmiştir. Lamba deęiőtirim sıklığı, 1 yıl, armatür temizlikleri de 2 yılda bir yapıldığı kabul edilmiştir.
- Faiz oranı yıllık %12 olarak alınmıőtir
- Elektrik enerjisi birim fiyatı 0,125 YTL / kWh olarak alınmıőtir

Tablo 8.8 : Değişik Tesisat Durumlarına Göre Yatırım Ve İşletme Giderleri

A	B	C	D	E	F	G	H
Maliyet Türü	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	Açıklama
	15000 saat	42000 saat	72000 saat	15000 saat	42000 saat	72000 saat	
İlk Yatırım Maliyeti	105718	116398	124846	73270	78104	81877	Tablo 8.2 ; Toplam Tesis Maliyetleri Sütunu
İşletme Giderleri							
Metal Halojen							
Metal Halojen Lamba Değişim İşçilik Maliyeti (YTL)	142	142	142	142	142	142	Durum A ve B için; Tablo 8.3 =F1
Metal Halojen Lamba Değişimi Malzeme Maliyeti (YTL)	2448	2448	2448	2448	2448	2448	Tablo 8.2 ; =B1, C1, D1
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)	2590	2590	2590	2590	2590	2590	= A + B
Metal Halojen Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	1	1	1	1	1	1	
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)	149	149	149	149	149	149	
Metal Halojen Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	3	3	3	3	3	3	
Fluoresan							
Fluoresan Lamba Değişimi İşçilik Maliyeti (YTL)	341	341	341	173	173	173	Durum A için Tablo 8.3; = F2 + F3 Durum B için Tablo 8.3; = F7
Fluoresan Lamba Değişimi Malzeme Maliyeti (YTL)	3240	13920	22368	1738	6572	10346	Tablo 8.3; = B2 +B3 + B4
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)	3581	14261	22709	1911	6745	10518	= D + E
Fluoresan Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	2	6	10	2	6	10	
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)	526	526	526	267	267	267	Durum A için Tablo 8.3; = G2 +G3 + G4 Durum B için Tablo 8.3; = G5 +G6
Fluoresan Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	2	3	3	2	3	3	
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)	31252	31252	31252	31160	31160	31160	Durum A ve B için Tablo 8.4 Harcanan Yıllık Enerji Toplamı Tablo 8.4

8.2.1 Geri Dönüşüm Maliyet Analizi (GDM)

Geri ödeme süresi, önerilen yatırımların zamana bağlı parasal değişimlerini dikkate almadan basitçe, ilk yatırım maliyeti ile yıllık elde edilen kazançların birbirine oranlanması ile yatırımın geri dönüş süresini bulmaya yarayan bir yaklaşımdır. Basit ve kullanımı kolay olması sebebiyle ekonomik analizlerde ilk olarak kullanılan bir uygulamadır. Dezavantajı ise paranın zamansal değerini ve geri dönüşüm periyodu boyunca yatırımın maliyet veya kar miktarlarını göze almamasıdır.

Her bir tesisatın birbirleriyle karşılaştırmasını yapabilmek için öncelikle her bir tesisat durumuna ait ilk yatırım maliyetleri ve yıllık ortalama giderleri Tablo 8.9’da hesaplanmıştır. Tablo 8.9 oluşturulurken Tablo 8.8’deki veriler kullanılmıştır. Tablo 8.8’deki işletmeye ait çeşitli giderlerin miktarları, bu giderlerin gerçekleştiği dönem sıklığına bölünerek yıllık işletme giderleri elde edilmiştir. Tablo 8.9’un ilk satırında ilk maliyetler ile, ikinci satırında yıllık toplam giderler verilmiştir.

Tablo 8.9 : Geri Ödeme Süresi İçin Yıllık Ortalama Gider Tablosu

			A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	Açıklamalar
Yatırım Maliyeti		YTL	105718	116398	124846	73270	78104	81877	Tablo 8.8; satır no :1
Yıllık Giderler Toplamı A = B+C+D+E+F		YTL/Yıl	35945	36444	36338	34889	35013	34940	
Metal Halojen Lamba Değişim Maliyeti (Malzeme + İşçilik)	B	YTL/Yıl	2590	2590	2590	2590	2590	2590	Tablo 8.8; = B5/B6
Metal Halojen Armatür Temizlik Maliyeti	C	YTL/Yıl	50	50	50	50	50	50	Tablo 8.8; = B7/B8
Flüoresan Lamba Değişim Maliyeti (Malzeme + İşçilik)	D	YTL/Yıl	1790	2377	2271	956	1124	1052	Tablo 8.8; = B12/B13
Flüoresan Armatür Temizlik Maliyeti	E		263	175	175	133	89	89	Tablo 8.8; = B14/B15
Enerji Gideri	F	YTL/Yıl	31252	31252	31252	31160	31160	31160	Tablo 8.8; = B17

Tablo 8.9’daki iki temel gider olan yatırım maliyetleri satırı ile yıllık işletme giderlerinin toplamı olan yıllık giderler satırlarındaki her bir duruma ait veriler, A.1 durumunda ait veriler ile karşılaştırılarak Tablo 8.10’da özetlenmiştir. Karşılaştırma işlemi için, her bir duruma ait veriler arasındaki farklar bulunmuştur.

Tablo 8.10’da mevcut tesisat yapısında 15000 saatlik lambaların kullanılması ile, aynı tesisatta ve önerilen diğer tesisatta yine 15000, 42000 ve 72000 saatlik değişik

lambaların kullanılması durumları yani A.1 durumu, diğer durumlarla karşılaştırılmıştır.

Tablo 8.10 incelendiğinde, mevcut tesisatta 15000 saatlik lambaların kullanılması yerine daha uzun ömürlü lambaların kullanılması (A.1 yerine, A.2 veya A.3'ün kullanılması), yatırım ve işletme kazançları bakımından karlı görülmemektedir. Bu iki durumda negatif işaret ile gösterilen bir tesis yatırım masrafı yapılmasına rağmen, ayrıca yıllık bir kazanç elde edilmemiş olup, bunun yerine yıllık giderler söz konusudur. A.1'in diğer A durumları yerine B'ye ait alt durumlara tercih edilmesinde ise, hem yatırım ve hem de işletme masraflarında kazanç söz konudur. A durumlarının kendi aralarında değerlendirilmesi sırasında hem yatırım ve hem de toplam işletme fiyat dengesi negatif olduğu için yatırımın geri dönüş süresinden bahsetmek mümkün değildir. A.1 ile, B alt durumları karşılaştırıldığında daha ilk yatırım maliyetlerinde pozitif yönde bir fark görülmektedir. Yatırım aşamasında ve yıllık işletme giderleri de karlı duruma geçtiği için B tipi tesislerin A durumuna göre tercih edilmesi halinde proje daha ilk yatırım anında kendisini geri ödemektedir.

Tablo 8.10'da A.1–B.1 projesinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinde en karlı yatırım olduğu görülmektedir. Daha sonra, yatırım maliyetlerindeki kazanç bakımından sırasıyla B.2 ve B.1 tesisatları yer almaktadır. Yıllık işletme kazançları bakımından da A.1 – B.3 durumu, A.1 - B.2 durumunun önüne geçmektedir.

Tablo 8.10 : Değişik Tesisat Durumları İçin Geri Ödeme Süreleri

	A.1 - A.2	A.1 - A.3	A.1 - B.1	A.1 - B.2	A.1 - B.3
İlk Yatırım Giderleri Arasındaki Fark (YTL)	A	-19128	32448	27614	23841
Yıllık İşletme Giderleri Arasındaki Fark (YTL/Yıl)	B	-499	1.057	933	1005
Gerİ Ödeme Süresi (Yıl)	C = A/B	-49			-
Sonuç	Gerİ Dönüş Süresi Mümkün Değil	Gerİ Dönüş Süresi Mümkün Değil	Tesis Daha İlk Yatırım ve İşletmede Kara Geçmiştir	Tesis Daha İlk Yatırım ve İşletmede Kara Geçmiştir	Tesis Daha İlk Yatırım ve İşletmede Kara Geçmiştir

Tablo 8.10'daki değerlendirmede göz önüne alınması gereken bir durumda, B tipi tesisatları uygulamak için A tipi tesisatın tamamen sökülmesi ve alt yapı yenileme çalışmalarıdır. Yani belki temizlenememekten ötürü kirlenen fırın boyalı metalik tavan kaplamalarının değiştirilmesi söz konusu olduğunda böyle bir proje uygulanabilir. Ekonomik durumların izin verdiği ölçülerde, işletmeci firma tarafından böyle bir yatırımın diğer başka ihtiyaçlardan ötürü yapılması düşünülüyorsa armatürlerin de değiştirilmesi dikkate alınabilir. Bu durumda daha kısa boylu 36 W floresan lambalı armatürler yerine daha az sayıda daha uzun floresan lambalı armatürler kullanılacaktır. Asma tavan yapısının değiştirilmediği durumlarda ise, sadece armatür için asma tavan yapısının değiştirilmesinin ekonomik anlamı kalmayabilir. Böyle bir durumda, B tipi tesisatların daha yatırımın başlangıcında tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gereklidir.

Bu ekonomik analiz değerlendirmesinde diğer bir konu da, lambaların ekonomik ömürleri arasında önemli bir fark olmasıdır. A.1 durumundaki floresan lambalar, 2 senede bir değiştirilirken, B.3 durumunda 10 yılda bir değiştirilecektir. Diğer işletme giderleri arasındaki farklar da göz önüne alındığında sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için paranın zamana bağlı olarak değerlendirmesi de göz önüne alınmalıdır.

8.2.2 Net Bugünkü Değer (NBD)

Tablo 8.8'de sunulan hesap durumların dönemsel nakit akışları, Durum.A.1 ile karşılaştırılarak aradaki gelir gider farkları net gelir ve giderlerin, bugünkü parasal değerlerine dönüştürülerek nakit akış tabloları oluşturulacaktır. Masraf ve gelirlerin bugünkü parasal değerlerinin toplamına göre durumlar arasında 10 yıllık ekonomik ömre göre karşılaştırmalar yapılacaktır. 10 yıllık dönem içinde yapılacak her bir duruma ait dönemsel giderler ve ilk yatırım maliyetleri, Tablo 8.8'den alınan verilerin düzenlenmesiyle Tablo 8.11'de verilmiştir. Zamana bağlı ekonomik analizlerin yapılmasında Tablo 8.11 kullanılacaktır. Ekonomik analizler için faiz yıllık oranı %12 alınmıştır.

Net bugünkü değerler (NBD) yönetimi, gelecekte yapılacak olan ödemelerin belirlenen faiz oranıyla değerlerini bugünkü zamana indirger. Bu formülde ödemeler sabit olmak zorunda değildir ve ödemelerin dönem sonunda yapıldığı varsayılır.. Yani bir anlamda gelecekte gerçekleşecek olan nakit hareketlerinin (+ yada -)

değerlerinin paranın zaman değerinden arındırılarak hesaplanmasını sağlar. Bu formül yatırım kararlarının verilmesinde etkin rol oynar.

$$M = \sum_{n=0}^m \frac{M_n}{(1+i)^n} \quad (8.6)$$

$$F = \sum_{n=m+1}^t \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (8.7)$$

M_0 = Başlangıç yatırımı ($n = 0$)

M_m = m. yıldaki yatırım ($n = m$)

F_{m+1} = (m+1). yıldaki fayda ($n = m+1$)

F_t = t yılındaki fayda ($n = t$)

M = Toplam masrafın bugünkü değeri

F = Toplam faydanın bugünkü değeri

$$NBD = F - M \quad (8.8)$$

Bulunan NBD değeri (+) ise proje KABUL, aksi halde proje RET edilir.

Tablo 8.11 : Değişik Tesisat Durumlarına Ait Giderler

Maliyetler	Tesisatlar						Açıklama
	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	Tablo 8.8
İlk Yatırım Maliyeti	105718	116398	124846	73270	78104	81877	satır no :1
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)	2590	2590	2590	2590	2590	2590	satır no :5
Metal Halojen Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	satır no :6
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)	149	149	149	149	149	149	satır no :7
Metal Halojen Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	3	3	3	3	3	3	satır no :8
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)	3581	14261	22709	1911	6745	10518	satır no :12
Fluoresan Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	2	6	10	2	6	10	satır no :13
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)	526	526	526	267	267	267	satır no :14
Fluoresan Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	2	3	3	2	3	3	satır no :15
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)	31252	31252	31252	31160	31160	31160	satır no :17

8.2.2.1 A.1- A.2 Durumu

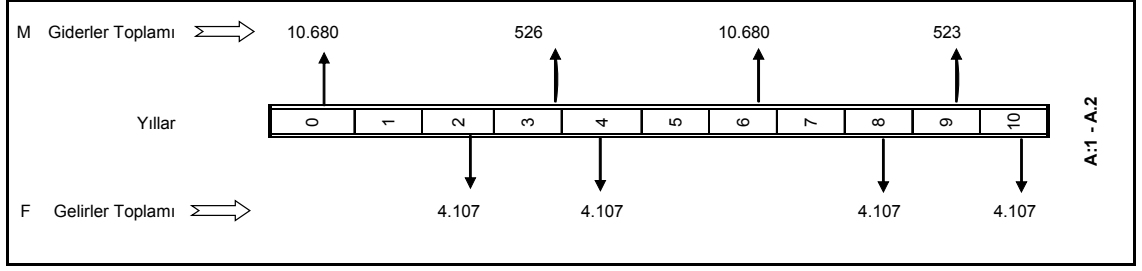
A.1 –A.2, Levent istasyonunda göz önüne alınan platform ve konkors katlarındaki hesap yüzeylerine ait floresan lambaların 15000 saatlik yerine 42000 saat ekonomik ömürlü olanlarıyla değiştirilmesi durumunu ifade etmektedir.

Tablo 8.12’de, her iki durum için ilk yatırım ve işletme giderleri, 10 yıllık dönem için gösterilmiş ve en son satırdaki net nakit akışı, Şekil 8-1’ de verilmiştir.

Tablo 8.12 : Durum A.1 ve A.2 İçin Nakit Akış Tablosu

YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949
İlk Yatırım Maliyeti	105718										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			3581		3581		3581		3581		3581
Floresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			526		526		526		526	3	526
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DurumA.2	116398	33842	33842	34518	33842	33842	48778	33842	33842	34518	33842
İlk Yatırım Maliyeti	116398										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)							14261				
Floresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				526			526			526	
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
NET NAKİT AKIMI	10680	0	-4107	526	-4107	0	10680	0	-4107	523	-4107

Net nakit akışı satırı oluşturulurken A2 – A1 çıkarma işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre gerçekleşen farkın yönü negatif ise, masraf olarak (M), pozitif ise fayda (F) olarak gösterilmiştir..



Şekil 8-1 : A.1 – A.2 İçin Net Nakit Akış Tablosu

$$M = 16654$$

$$F = 8865$$

Sonuç = $F < M$ olduğu için PROJE UYGULANMAZ

$$N.B.D = -7789 \text{ YTL}$$

$$F / M = 0,53$$

8.2.2.2 A.1- A.3 Durumu

A.1 –A.3, Levent istasyonunda göz önüne alınan platform ve konkors katlarındaki hesap yüzeylerine ait floresan lambaların 15000 saatlik yerine 72000 saat ekonomik ömürlü olanlarıyla değiştirilmesi durumunu ifade etmektedir.

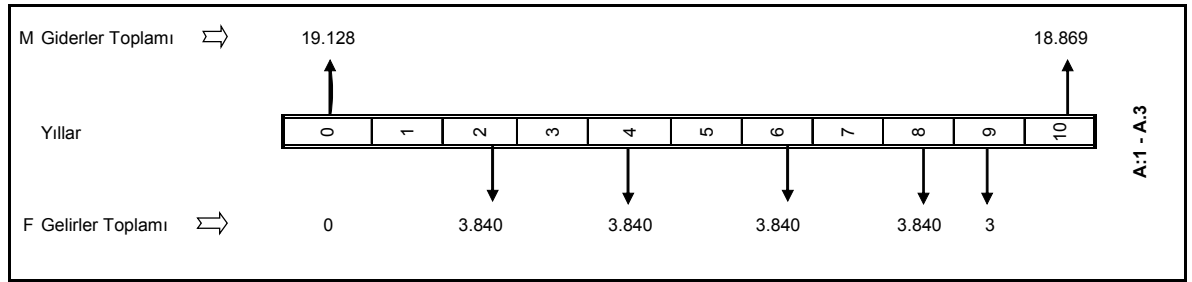
Tablo8.13’de, her iki durum için ilk yatırım ve işletme giderleri, 10 yıllık dönem için gösterilmiş ve en son satırdaki net nakit akışı, Şekil 8-2’ de verilmiştir.

Tablo 8.13 : Durum A.1 ve A.3 İçin Nakit Akış Tablosu

YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949
İlk Yatırım Maliyeti	105718										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			3581		3581		3581		3581		3581
Floresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			526		526		526		526	3	526
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
YILLAR											
Durum A.2	124846	33842	34109	33992	34109	33842	34258	33842	34109	33992	56818

İlk Yatırım Maliyeti	124846										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2.90	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)											22709
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			267		267		267		267		267
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
NET NAKİT AKIMI	19128	0	-3840	0	-3840	0	-3840	0	-3840	-3	18869

Net nakit akışı satırı oluşturulurken A3 – A1 çıkarma işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre gerçekleşen farkın yönü negatif ise, masraf olarak (M), pozitif ise fayda (F) olarak gösterilmiştir..



Şekil 8-2 : A.1 – A.3 İçin Net Nakit Akış Tablosu

$$M = 25203 \text{ YTL}$$

$$F = 8999 \text{ YTL}$$

$$\text{Sonuç} = F < M \text{ olduğu için PROJE UYGULANMAZ}$$

$$\text{N.B.D} = -16204 \text{ YTL}$$

$$F / M = 0,36$$

8.2.2.3 A.1- B.1 Durumu

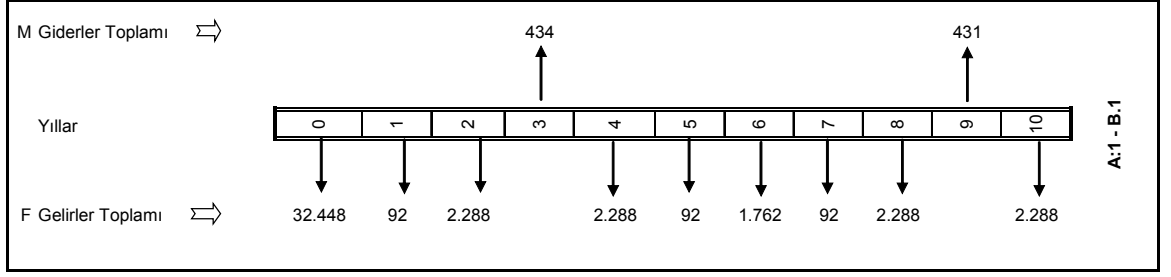
A.1 – B.1, Levent istasyonunda göz önüne alınan platform ve konkors katlarındaki hesap yüzeylerine ait floresan lambaların 36 W ve 15000 saatlik ekonomik ömürlü olanların yerine önerilen 58 W, 15000 saatlik ekonomik ömürlü lambalı armatürlerin kullanılması durumunu ifade etmektedir.

Tablo8.14’de, her iki durum için ilk yatırım ve işletme giderleri, 10 yıllık dönem için gösterilmiş ve en son satırdaki net nakit akışı, Şekil 8-3’de verilmiştir.

Tablo 8.14 : Durum A.1 ve B.1 İçin Nakit Akış Tablosu

YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949
İlk Yatırım Maliyeti	105718										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			3581		3581		3581		3581		3581
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			526		526		526		526	3	526
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
YILLAR											
DurumA.2	73270	33750	35661	34426	35661	33750	36337	33750	35661	34426	35661
İlk Yatırım Maliyeti	73270										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			1911		1911		1911		1911		1911
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				526			526			526	
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160
NET NAKİT AKIMI	-32448	-92	-2288	434	-2288	-92	-1762	-92	-2288	431	-2288

Net nakit akışı satırı oluşturulurken B1 – A1 çıkarma işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre gerçekleşen farkın yönü negatif ise, masraf olarak (M), pozitif ise fayda (F) olarak gösterilmiştir.



Şekil 8-3 : A.1 – B.1 İçin Net Nakit Akış Tablosu

$$M = 464 \text{ YTL}$$

$$F = 38.456 \text{ YTL}$$

Sonuç = $F > M$ olduğu için PROJE UYGULANABİLİR

$$N.B.D = 37992 \text{ YTL}$$

$$F / M = 82,81$$

8.2.2.4 A.1- B.2 Durumu

A.1 – B.2, Levent istasyonunda göz önüne alınan platform ve konkors katlarındaki hesap yüzeylerine ait floresan lambaların 36 W ve 15000 saatlik ekonomik ömürlü olanların yerine önerilen 58 W, 42000 saatlik floresan lambalı armatürlerin kullanılması durumunu ifade etmektedir.

Tablo8.15’de, her iki durum için ilk yatırım ve işletme giderleri, 10 yıllık dönem için gösterilmiş ve en son satırdaki net nakit akışı, Şekil 8-4’ de verilmiştir.

Tablo 8.15 : Durum A.1 ve B.2 İçin Nakit Akış Tablosu

YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949
İlk Yatırım Maliyeti	105718										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			3581		3581		3581		3581		3581
Floresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			526		526		526		526	3	526
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
YILLAR											

DurumA.2	78104	33750	33750	34426	33750	33750	41170	33750	33750	34426	33750
İlk Yatırım Maliyeti	78104										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)							6745				
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				526			526			526	
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160
NET NAKİT AKIMI	-27614	-92	-4199	434	-4199	-92	3072	-92	-4199	431	-4199

Net nakit akışı satırı oluşturulurken B2 – A1 çıkarma işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre gerçekleşen farkın yönü negatif ise, masraf olarak (M), pozitif ise fayda (F) olarak gösterilmiştir.

M Giderler Toplamı \Rightarrow	0	0	0	434	0	0	3.072	0	0	431	0
Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F Gelirler Toplamı \Rightarrow	27.614	92	4.199	0	4.199	92	0	92	4.199	0	4.199

A:1 - B:2

Şekil 8-4 : A.1 – B.2 İçin Net Nakit Akış Tablosu

$$M = 2021 \text{ YTL}$$

$$F = 36855 \text{ YTL}$$

$$\text{Sonuç} = F > M \text{ olduğu için PROJE UYGULANABİLİR}$$

$$\text{N.B.D} = 34835 \text{ YTL}$$

$$F / M = 18,24$$

8.2.2.5 A.1- B.3 Durumu

A.1 – B.3, Levent istasyonunda göz önüne alınan platform ve konkors katlarındaki hesap yüzeylerine ait floresan lambaların 36 W ve 15000 saatlik ekonomik ömürlü olanların yerine önerilen 58 W, 72000 saatlik lambalı armatürlerin kullanılması durumunu ifade etmektedir.

Tablo 8.16’da, her iki durum için ilk yatırım ve işletme giderleri, 10 yıllık dönem için gösterilmiş ve en son satırdaki net nakit akışı, Şekil 8-5’ de verilmiştir.

Tablo 8.16 : Durum A.1 ve B.3 İçin Nakit Akış Tablosu

YILLAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949
İlk Yatırım Maliyeti	105718										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)			3581		3581		3.581		3581		3581
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)			526		526		526		526	3	526
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252	31252
YILLAR											
DurumA.2	81877	33750	33750	34166	33.750	33750	34166	33750	33750	34166	44268
İlk Yatırım Maliyeti	81877										
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)		2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				149			149			149	
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTL)											10518
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTL)				267			267			267	
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTL)		31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160	31160
NET NAKİT AKIMI	-23841	-92	-4199	175	-4199	-92	-3932	-92	-4199	172	6319

Net nakit akışı satırı oluşturulurken B3 – A1 çıkarma işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre gerçekleşen farkın yönü negatif ise, masraf olarak (M), pozitif ise fayda (F) olarak gösterilmiştir.

M Giderler Toplamı	⇒	0	0	0	175	0	0	0	0	0	172	6.319
Yıllar		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F Gelirler Toplamı	⇒	23.841	92	4.199	0	4.199	92	3.932	92	4.199	0	0

A:1 - B3

Şekil 8-5 : A.1 – B.3 İçin Net Nakit Akış Tablosu

$$M = 2221 \text{ YTL}$$

$$F = 33722 \text{ YTL}$$

Sonuç = $F > M$ olduğu için PROJE UYGULANABİLİR

$$N.B.D = 31501 \text{ YTL}$$

$$F / M = 15,18$$

8.2.3 Yıllık Eşdeğer Masraf (YEM)

Gelecekteki ödemelerin bugünkü paraya 8.4 bağıntısıyla indirgenmesi ve elde edilen bugünkü paranın da (8.3) bağıntısıyla aylara dağıtılarak, yıllık gider ve gelirlerin bugünkü eşdeğerlerinin hesaplanması yöntemidir. Tablo 8.11'den alınan veriler, finansal analiz için esas alınan 8.3 ve 8.4 bağıntılarının uygulanmasıyla Tablo 8.17'deki nakit akışlarına dönüştürülmüştür. Buna göre yıllık giderleri en az olan uygulamanın tercih edilmesi gereklidir.

Tablo 8.17 : Bütün Tesis Durumları İçin Dönemsel Giderlerin Bugünkü Para Değerleri

Maliyet Türü	Tesisatların Maliyet Giderleri						Tesisat Maliyetlerinin Bugüne İndirgenmiş Değerleri					
	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3
İlk Yatırım Maliyeti	105718	116398	124846	73270	78104	81877	18710	20601	22096	12968	13823	14491
Metal Halojen Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTTL)	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590	2590
Metal Halojen Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	1	1	1	1	1	1						
Metal Halojen Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTTL)	149	149	149	149	149	149	42	42	42	42	42	75
Metal Halojen Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	3	3	3	3	3	3						
Toplam Lamba Değişim Maliyeti - Malzeme + İşçilik (YTTL)	3581	14261	22709	1911	6745	10518	1689	1279	1845	656	1066	16544
Fluoresan Lamba Değişimi Sıklığı (yıl)	2	6	10	2	6	10						
Fluoresan Armatür Temizliği Toplam Maliyeti (YTTL)	526	526	526	267	267	267	248	147	147	126	75	75
Fluoresan Armatür Temizlik Sıklığı (yıl)	2	3	3	2	3	3						
Yıllık Enerji Tüketim Gideri (YTTL)	31252	31252	31252	31160	31160	31160	31252	31252	31252	31160	31160	31160
TOPLAM (YTTL / Yıl)							143824	165189	182089	109355	119028	126579

Tablo 8.17'deki son satıra ait toplam değerler, artan sıralamaya göre dizildiğinde Tablo 8.18 elde edilir.

Tablo 8.18 : Bütün Tesisat Durumları İçin Dönemsel Giderlerin Bugünkü Para Değerleri

Tesisat Durumu	Yıllık Eşdeğer Masraf [YTL / Yıl]
B.1	45611
B.2	46398
B.3	47060
A.1	52635
A.2	54014
A.3	55525

Tablo 8.18'e göre en az yıllık gidere sahip uygulama, Durum B.1 olarak görülmektedir.

8.2.4 Ömür Maliyet Analizi

Farklı ekonomik ömre sahip olan projelerin, belirlenen ortak bir süre içinde, faaliyetleri boyunca yapmış oldukları bütün giderleri ve gelirlerinin, bugünkü paraya indirgenerek karşılaştırılması yöntemidir. Bunun için öncelikle her bir tesisata ait 10 yıl içinde gerçekleşen masraflar, Durum A.1 ve A.2 için Tablo 8.12, Durum A.3 için Tablo 8.13, Durum B.1 için Tablo 8.14, Durum B.2 için Tablo 8.15, Durum B.3 için Tablo 8.16'nın 9. satırlarından alınarak Tablo 8.19'da derlenmiştir. Derlenen bu veriler, karşılık gelen yılların sayısına göre, bu günkü değerlere 8.4 bağıntısı kullanılarak indirgenmiştir. Bulunan sonuçlar aynı tablonun alt satırlarında gösterilmiştir. Tablo 8.19'un toplam sütununda yer alan değerler ise her bir proje durumu için 10 yıl boyunca gerçekleşen ve bugüne indirgenmiş parasal değerlerin toplamı yer almaktadır. Buna göre, her bir tesisatın 10 yıllık dönem boyunca yer alan masrafların toplamı, yani ekonomik ömürleri boyunca toplam maliyetlerinin bugüne indirgenmiş değerleri elde edilmiştir.

Tablo 8.19 : Yıllara Göre Ekonomik Ömür Boyunca Toplam Maliyetler

	YILLAR										Verinin Alındığı Tablo No	Satır No
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Durum A.1	105718	33842	37949	33992	37949	33842	38098	33842	37949	33995	37949	
Dönemsel Gider Toplamı	105718	30216	30253	24194	24117	19203	19302	15308	15327	12259	12219	Tablo 8.12
NBD Genel Toplamı	308117											
Durum A.2	116398	33842	33842	34518	33842	33842	48778	33842	33842	34518	33842	Tablo 8.12
Dönemsel Gider Toplamı	116398	30216	26979	24569	21507	19203	24713	15308	13668	12447	10896	
NBD Genel Toplamı	315906											
Durum A.3	124846	33842	34109	33992	34109	33842	34258	33842	34109	33992	56818	Tablo 8.13
Dönemsel Gider Toplamı	124846	33842	34109	33992	34109	33842	34258	33842	34109	33992	56818	
NBD Genel Toplamı	487759											
Durum B.1	73270	33750	35661	34426	35661	33750	36337	33750	35661	34426	35661	Tablo 8.15
Dönemsel Gider Toplamı	73270	33750	35661	34426	35661	33750	36337	33750	35661	34426	35661	
NBD Genel Toplamı	422351											
Durum B.2	78104	33750	33750	34426	33750	33750	41170	33750	33750	34426	33750	Tablo 8.16
Dönemsel Gider Toplamı	78104	33750	33750	34426	33750	33750	41170	33750	33750	34426	33750	
NBD Genel Toplamı	424374											
Durum B.3	81877	33750	33750	34166	33750	33750	34166	33750	33750	34166	44268	Tablo 8.17
Dönemsel Gider Toplamı	81877	33750	33750	34166	33750	33750	34166	33750	33750	34166	44268	
NBD Genel Toplamı	431143											

Ömür maliyetleri bakımından projelerin sıralanması, aşağıdaki gibidir.

Tesisat Durumu	Toplam Ömür Maliyeti (TÖM) [YTL]
B.1	259731
B.2	262598
B.3	266341
A.1	297402
A.2	305192
A.3	313727

Buna göre ömür maliyetleri bakımından en ekonomik proje B.1 tesisatı gözükmektedir.

8.3 Ekonomik Değerlendirmeler

Bölüm 8.2 içinde yapılan ekonomik analizlere ait karşılaştırmalı veriler, Tablo 8.20’de toplu olarak verilmektedir..

Tablo 8.20 : GDM, NBD ve Fayda/Masraf Bakımından Karşılaştırılması

Senaryolar	G.D.M	N.B.D	F	M	F / M
	Yıl	YTL			
A.1 - A.2	X	-7.789	8865	16654	M > F
A.1 - A.3	X	-16.204	8999	25203	M > F
A.1 - B.1	İlk Yatırım Aşamasında ve İşletmede Karlı	37992	38456	464	82,81
A.1 - B.2	İlk Yatırım Aşamasında ve İşletmede Karlı	34835	36855	2021	18,24
A.1 - B.3	İlk Yatırım Aşamasında ve İşletmede Karlı	31501	33722	2221	15,18

Tablo 8.20’de geri dönüşüm maliyeti (GDM) bakımından A.1 tesisatında ekonomik ömrü daha uzun olan lambaların kullanımı için işletme maliyetlerinde bir kazanç görülemediğinden Tablo 8.10 gösterildiği gibi veriler negatif çıkmaktadır. A.1 durumu ile diğer durumların karşılaştırılmasında ise hem yatırım ve hem de işletme masrafları pozitif yani karlı durumda olduğu için yatırım daha ilk anında kar durumuna geçecektir. Ancak bu durum daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi ancak yeni tesisat kurulması durumunda göz önüne alınabilir. Mevcut tesisatın sonradan değiştirilmesi için asma tavan maliyetleri de göz önüne alınmalıdır.

Net bugünkü değerler (NBD) analizinde ise, A:1 tesisatı yerine B.1 uygulaması en kazançlı yatırım olarak gözükmektedir. Daha sonra sırasıyla B.2 ve B.3 uygulamaları gelmektedir.

Buna göre, her bir tesis durumunu ayrıca tek başlarına ömür maliyetleri ve yıllık eşdeğer masrafları bakımından da karşılaştırılması faydalı olacaktır.

Tablo 8.21’de yıllık eşdeğer masraf ve ömür maliyetleri bakımından incelendiğinde B.1 no’lu tesisatın 10 yıllık dönem içinde yıllık eşdeğer masraf olarak en ucuz maliyete sahiptir. Ancak B.1, B.2 ve B.3 tesisatların toplam ömür maliyetleri ve yıllık eşdeğer masrafları bakımından aralarında çok fazla fark olmadığı görülmektedir.

Tablo 8.21 : Yıllık ve Ömür Maliyetleri Karşılaştırılması

Tesisat Durumu	Yıllık Eşdeğer Masraf (Y.E.M) [YTL / Yıl]	Ömür Maliyet Analizi ÖMA [YTL]
A.1	52635	297402
A.2	54014	305192
A.3	55525	313727
B.1	45611	259731
B.2	46398	262598
B.3	47060	266341

Lambaların toplam 10 yıllık işletme döneminde B tipi tesisat için toplam maliyetleri arasında çok fazla bir fark olmadığı Tablo 8.21’de görülmektedir.

Farklı ekonomik analizler sonucunda, 1x36 W ve 2x 36 W floresan lambalı armatürlerin kullanıldığı tesis yerine, daha az sayıda 1x58 W ve 2x58 W floresan lambalı armatürlerin kullanımının daha ekonomik olduğu görülmektedir.

Bütün ekonomik analizlerde minimum ortalama aydınlık düzeyi olan 200 lux değerini sağlayabilmek için armatür bakımlarının 3 yılda bir yapıldığı, 15000 saatlik lambaların (1 nolu alt durum) 2 yılda bir, 43000 saatlik lambaların (2 nolu alt durum) 6 yılda bir ve 72000 saatlik lambaların da 10 yılda bir (3 nolu alt durum) değiştirildikleri kabul edilmiştir. Gerçekte, lambalar ekonomik ömürleri sonunda dahi çalışmaya devam etmektedirler ve bakımları genelde geciktirilmekte ya da ancak arıza hallerinde tamamen çalışmayınca yapılmaktadır. Sonuç olarak 1 nolu çözüm, B tipi tesisatta en ucuz görülmesine rağmen, uygulamada yaşanan

zorluklardan ötürü, istenilen aydınlık düzeyleri sağlanamayacaktır. Değiştirilmeyen lambalar, çalışmaya devam etse bile, istenilen ışık miktarını üretemeyeceklerdir. Bu yüzden biraz daha pahalı görülmesine rağmen 72000 saatlik lambaların tercih edilmesi, 10 yıl boyunca minimum ortalama 200 lux değerinin, herhangi bir lamba değişim sorunu yaşanmadan sağlanmasını mümkün kılacaktır. Dolayısıyla teknik anlamda güvenlik ve bakım koşulları dikkate alındığında, 72000 saat ekonomik ömürlü floresan lambalar, her durumda tercih edilmelidir.

8.4 Bakım Faktörünün Enerji Giderleri Üzerindeki Etkisi

Tablo 8.22, Tablo 7.27’de verilen birim alan ve aydınlık düzeyi başına kurulu aydınlatma güç değerlerinin alınmasıyla oluşturulmuştur. Tablo 7.27 ve Tablo 8.22’de görüldüğü gibi, bakım faktörü kötüleştikçe, birim yüzey alanı başına üretilmek istenen ortalama aydınlık düzeyi için sağlanması gereken aydınlatma gücü de artmaktadır. Yani bakım faktörünün kötüleşmesine bağlı olarak üretilen fakat üretilmesi istendiği halde üretilmeyen aydınlık düzeyi için de aslında bir enerji kaybı var denilebilir.

Bu durumu açıklayabilmek için Tablo 8.22 hazırlanmıştır. Bu tabloda birim yüzey alanı ve aydınlık düzeyi başına ($W/m^2/100 \text{ lux}$) her bir bakım faktörü için verilen değerlerden yola çıkarak, ortalama 200 lux değeri için sağlanması gereken aydınlatma güçleri bulunmuştur. Şekil 7-28’de bakım faktörü ile, $W/m^2/100 \text{ lux}$ değeri arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu tam olarak doğrusal bir ilişki olmasa da ve bakım faktörünün enerji tüketimi üzerindeki ilişkisini sayısal olarak ölçeklendirebilmek amacıyla bir yaklaşım yapılmıştır.

Buna göre, Tablo 8.22’de her bir bakım faktörü için verilen $W/m^2/100 \text{ lux}$ değeri, 2 ile çarpılarak 200 lux için gerekli olan W/m^2 değeri bulunmuştur. Bu değer, yüzey ölçüsü ile de çarpılarak ortalama 200 lux değeri için kurulu aydınlık gücü Tablo 8.22, sütun no:6’ da verilmiştir. Bulunan bu değer, günlük 19 saat çalışma süresi ve 30 gün ile çarpılarak aylık enerji tüketimi bulunmuş ve Tablo 8.22, sütun no:7’de verilmiştir. Daha önceki analizlerde de enerji birim fiyatı 0,125 YTL/kWh alınarak ortalama 200 lux değeri için aslında yapılması gereken tüketim bedelleri bulunmuş ve Tablo 8.22, sütun no:8’ de verilmiştir.

Durum-A- ve Durum -B- kendi içinde değerlendirildiğinde, örneğin Levent istasyonunda mevcut tesisat olan Durum-A- için bakım faktörü yaklaşık 0,4 olması halinde bağlantı gücü, 5,78 W/m²/100 lux olmaktadır. Aynı bağlantı gücü, bakım faktörünün 0,67 olması durumunda 3,46 W/m²/100 lux değerine düşmektedir. Yani bakım faktörü yükseldikçe, bağlantı gücü de iyileşmektedir. Bu iki değere karşılık gelen enerji giderleri arasındaki fark, 3427 YTL – 2051 YTL = 1376 YTL dir.

Tablo 8.22 : Bakım Faktörüne Göre Enerji Tüketimleri

1	2	3	4	5	6	7	8
	Bakım Faktörü	Toplam Alan [m ²]	Orta [lx] (Em)	Durum-A - [W/m ² /100 lx]	Ortalama 200 lux Aydınlik Düzeyi İçin Kurulu Güç İhtiyacı (kW)	Aylık Enerji Tüketimi (200 lux ortalama aydınlık düzeyi için) kWh	Aylık Enerji Gideri (200 lux ortalama aydınlık Düzeyi için) YTL
Durum - A -	0,4	4163	157	5,78	48	27414	3427
	0,5	4163	196	4,62	38	21931	2741
	0,67	4163	262	3,46	29	16405	2051
	0,8	4163	313	2,90	24	13752	1719
Durum - B -	0,4	4163	152	5,52	46	26195	3274
	0,5	4163	190	4,42	37	20983	2623
	0,67	4163	254	3,31	28	15697	1962
	0,8	4163	303	2,77	23	13140	1642

Uygulamada tesisin kurulu gücü değiştirilemeyeceği için böyle bir tesiste bakım faktörü kötüleştikçe, enerji tüketimi aynı kalacak ancak sağlanan aydınlık düzeyi düşecektir. Bu da aydınlatmanın kalitesini etkileyen önemli bir konu olup, güvenlik ve konfor açısından istenmeyen bir durumdur. Aydınlik düzeyinin aynı seviyede tutulması için aydınlatma tesisinin planlandığı tasarım ve hesap kriterlerine göre bakımları gerçekleştirilmelidir. Aksi durumda aydınlatma kalitesinin düşmesinin yanı sıra enerji giderlerinde de bir verimsizlik söz konusu olacaktır.

9. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

İstanbul metrosuna ait Levent istasyonunda aydınlatma için harcanan enerji tüketimi, günlük 1472 kWh olup, aylık elektrik enerjisi tüketim bedeli aydınlatma için 5520 YTL civarındadır. Bu oran aynı istasyonun toplam yardımcı güç tüketiminin yaklaşık %20 sine karşılık gelmektedir. Metro işletmesinin sistem bütünündeki ortalama aylık enerji tüketimi ise, 2006 verilerine göre, 1621311 kWh olup aydınlatmanın payı, %1'in altında yani %0,9 oranındadır. Bu rakamlar karşılaştırıldığında tek bir istasyona ait aydınlatmanın payı, toplam tüketim içinde ihmal edilebilse bile, tek başına ele alındıklarında karşımıza önemli tasarruf olanakları çıkmaktadır. Ayrıca aydınlatmanın verimi sadece elektrik enerjisi tüketim bedellerindeki azalma ile değil, ortamlarda yaratılan güvenli ve yeterli aydınlatmalarla sağlanan can ve mal güvenliği ile de ilişkilidir. Kapalı ve karanlık hacimler olan metro sistemlerinde yolcu ve taşıt güvenliği iyileştirilerek şiddet ve kaza sayılarında gerçekleştirilebilecek azalmalar, her işletmenin üzerinde durması gereken önemli konulardan biridir.

Levent istasyonunda yapılan ölçüm sonuçlarında aydınlık düzeyi, 200 lux değerinin yaklaşık yarısı seviyelerinde olduğu görülmüştür. Bunun sebebi de istasyonun mimari yapısı ve işletme koşullarından kaynaklanan zorluklar ve bakım faaliyetlerinde yaşanan kısıtlamalardır.

Yapılan hesap sonuçlarından ölçülen değerlerin, 0,4 değerindeki bakım faktörü için geçerli değerlere yaklaştığı görülmektedir. Yine aynı hesap sonuçlarına göre, 0,67 bakım faktörü için hesaplanan sonuçların, mevcut aydınlatma tesisi için istenen 200 lux değerine yaklaştığı saptanmıştır. Yalnızca konkors katları altına denk düşen peron bölgelerinde aydınlık düzeyi değerleri bu seviyenin altında kalmaktadır. Peron orta bölgeleri ise istenilen düzeylerde aydınlatılmıştır.

Mevcut tesis yapısında kullanılan 36 W lık floresan lambalı armatürlerin yerine 58 W lık lambalı armatürlerin kullanılması önerilmiş ve bunun enerji tüketimi ve diğer tesis işletme ve kurulum maliyetleri bakımından üstünlükleri araştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda önerilen sistemle, yatırım ve işletme bakım giderlerinde üstünlük sağlanırken enerji giderlerinde çok kayda değer bir üstünlük elde edilememiştir. Bunun sebebi de aynı ölçülerdeki bir alanı aynı seviyede aydınlatmak için daha fazla ışık akısı çıkışına sahip daha güçlü lambalar, daha az sayıda armatürlerin içinde kullanılmasına rağmen, istenilen aydınlık düzeyinin sağlanabilmesi için yeterli miktarda armatür kullanılması gereklidir. Yani lamba sayısındaki azalış ile, lamba gücü arasındaki artış dengelenmiştir. Buna karşılık yeni önerilen tesisatın mevcut duruma göre ilk kurulum maliyetlerinde yaklaşık %35, bakım giderlerinde de %50 civarında bir kazanım sağlandığı görülmüştür.

Bakım faktörü 0,67 kabul edilerek aydınlatma tasarım hesapları yapılmasına rağmen gerekli sıklıkta bakım yapılamadığı için aydınlık düzeyinin istenilen değerlerin altında kaldığı bunun güvenlik ve konfor açısından istenilmeyen bir durum olduğu, ayrıca yetersiz aydınlık düzeyleri yaratılırken şebekeden aynı elektrik gücünün çekilmeye devam ettiği, kullanılmayan ışık akısına karşılık fazladan 1370 YTL'lik enerji bedeli ödendiği görülmüştür.

Aydınlatma sistemleri işletme ve bakım kolaylığı sağlamaları için gerekli tasarım kriterlerine sahip olmalıdır. Armatürlerin toza ve rutubete karşı koruma derecelerinin ifade eden IP sınıflarının yüksek tutulması, durumunda lambaların ısınma etkilerinin de dikkate alınması gerektiği de ancak soğutmanın etkili yapılabilmesi durumunda üstünlük sağlayacağı bilinmelidir. Etkili olmayan soğutmanın aksine ısınma, arıza, ömür kısalması gibi sorunlara yol açma ihtimali daha yüksektir. Ancak floresan lambalı armatür tesisatlarında güçler nispeten küçük ve etkinlik faktörleri yüksek olduğundan bu tür aydınlatma cihazları için ısınma bakımından çok fazla sınırlama yoktur. İç aydınlatma tesislerine ait floresan lambalı armatürlerin en az IP 5X sınıfında seçilmesi durumunda CIE 97 standardına göre, ortamın kirlilik derecesine bağımlı kalmadan armatürlerin temizlenme sıklığı 3 yıl olarak verilmektedir. Daha düşük IP sınıfındaki armatürler için armatür temizlik sıklığı, bu standartta 1 yıla kadar düşmektedir. Lambaların işletme ve bakım maliyetlerini düşürmek için, eğitimsiz temizlik elemanlarının kullanılması, pek uygun görülmemektedir.

Dolayısıyla, IP sınıfı ne kadar yüksek seçilirse, bakım maliyetlerine de o oranda düşürücü etkisi olacaktır.

Lambaların işletme ve bakım maliyetlerini düşürmek için eğitimsiz temizlik elemanlarının kullanılması, pek uygun görülmemektedir. Elektrikli bir aygıt üzerinde yapılacak her türlü bakım için mutlaka yetkili elektrikçi sertifikasına sahip elemanlar kullanılmalıdır. Bu yüzden basit bir temizlik işi için dahi olsa, armatürlere olan müdahaleler, bu şekilde yetkili kişilerce yapılmalıdır. Bu da bakım maliyetlerini arttıran önemli bir unsurdur.

Daha önce de değinildiği gibi, bakım faktörünün kapsadığı üç ana parametre vardır. Bunlar, lambanın kendi yaşlanmasına bağlı ışık akısı kaybı, lambanın ışığını yönlendiren armatürün kirlenmesi, dış etkilerden dolayı yaşlanması ve hacim yüzeylerinin kirlenerek ışığı daha az yansıtır hale gelmesidir. Levent ve diğer metro istasyonlarında temizliğe çok önem verilmektedir. Özellikle zeminlerde ve çevre temizliğine titizlikle uyulmaktadır. Ancak temizlik işçilerinin erişim alanı dışında kalan yüksek duvarlar ve tavanlar temizlik bakımından daha az işlem görebilmektedirler. Ayrıca metro istasyonlarında ve tünellerde trenlerin yapmış olduğu piston etkisi de dış ortamdan içeriye veya iç ortamdan dışarıya bir çok toz ve partikül taşıyabilmektedir. Özellikle peron emniyet şeridinin olduğu bölgelerde armatürlerin aşırı kirlenmesinin sebebi de, trenlerin frenleme anında disk frenlerinde sürtünmeden dolayı ürettikleri tozlar, aracın 3. ray pabucundaki kömür, ve ray sürtünmesi, karbon tozları, ayrıca trenin üretmiş olduğu ısıdan dolayı bunların ısınan havayla yukarıya tavana doğru taşınması, elektrik alan içindeki armatürlerde bu pisliklerin daha kolay yapışıp birikmesi olarak sıralanabilir. Bu gibi bölgelerde anti statik özel malzemelerden yapılmış armatürlerin kullanılması düşünülebilir.

Aydınlatma çalışmaları yapılırken farkına varılan diğer bir durum da 2000 kVA lık yardımcı güç trafolarının ortalama 282 kW sabit güç ile gün boyunca yüklenmesidir. Trafoların verim eğrilerinin en çok, tam yük bölgesinde iyileştiği bilinmektedir. Düşük yük bölgesinde verimleri oldukça düşüktür. Bu da enerjinin verimsiz kullanıldığı, demir kayıplarının fazla olduğu anlamına gelmektedir. Sadece acil yük durumları için tasarlanmış olan bu sistemin daha iyi analiz edilmesi ve çözüm önerileri getirilmesi başka bir çalışma konusu olabilir.

Toplam maliyetlerin dikkate alındığı ekonomik analiz çalışmasında, 15000 saatlik lambaların, 72000 saatlik lambalara göre daha avantajlı çıkmış olmasının nedeni, yapılan bazı kabullerden kaynaklanabilir. İşçilik maliyetleri tahmini olarak alınırken, ışık kaynakları, genel liste fiyatlarından ve üretici firma yetkililerinden sağlanmıştır. Yapılan çalışma küçük bir ölçekte olduğu için daha büyük uygulama alanlarında ve projelerde mutlaka daha uzun ömürlü lambaların kullanılması tavsiye edilmelidir. Lambaların piyasa şartlarında satın alma koşulları, iskonto oranları, ödeme şekilleri ve satın alma miktarları, mutlaka maliyetleri değiştirici yönde etki yapacaktır.

İşçilik maliyetleri düştükçe daha kısa ömürlü yani çok daha ucuz lambaların kullanılması, ekonomik olabilmesine rağmen, yer altındaki metro gibi bir şehirde, kapalı ve sürekli insan, ekipman (trenler) dolaşımının olduğu hareketli bir ortamda aydınlatma oldukça önemlidir ve böyle hareketli ve yoğun ortamlarda uzun işletme saatlerinden arta kalan zamanlarda bakım yapılabilmesi oldukça zordur. İşletme saatlerinde ise neredeyse imkansızdır. Bu yüzden bu tür sistemlerde ilk yatırım maliyeti fazla bile olsa, sık bakım gerektirmeyen sistem çözümlerine ihtiyaç vardır.

Bu yüzden yeni çıkan ürün kategorisindeki 72000 saatlik lambaların kullanılması, bu tür sistemlerdeki aydınlatma ve işletme verimliliği bakımından son derece önemlidir.

Uluslararası düzeyde uygulanan öneriler dikkate alındığında TSE standartlarında verilen aydınlatma tasarım kriterlerinin iyileştirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ilgili standartlara, demiryolun özgü, güvenlik kriterlerinin de eklenmesi, faydalı olacaktır.

Metro sistemlerinde enerji yöneticiliği faaliyetlerini kolaylaştırmak üzere, sisteme ait enerji yoğunluklarını düşürmeye yönelik önlemlerin alınabilmesi için mutlaka ana ve yardımcı güç sistemlerinin enerji tüketimleri ayrı olarak ölçülebilmeli, izlenebilmeli ve kayıt edilip analizleri yapılabilmelidir.

İstanbul metrosunda başarılı bir enerji yönetim sistemi uygulanmaktadır. Güç faktörü 0,90 seviyelerinin üzerindedir. Ayrıca yürüyen merdivenlerde yolcuya duyarlı hız kontrol sürücülerini bağlı olup önemli miktarlarda enerji kazanımı yaratılmaktadır.

Özellikle yolcu ve personel dolaşımının çok yoğun olmadığı bölgelerde aydınlatma otomatik kontrol ile çalıştırılmakta ve burada da bir enerji kazanımı sağlanmaktadır..

Bakımın yetkili elektrikçiler tarafından yapılması zorunluluğu, işçilik maliyetlerinin yüksek oluşu, işletme dışı saatlerde yapılabilecek olan bakım süresinin günde en

fazla 5 saat kadar olması sebebiyle genelde sistem için hayati önemi olan sinyalizasyon, güç besleme ve dağıtım gibi işletme kaybına sebep olacak sistemlerin bakımları ve arızaları ön plana çıkmaktadır.

Fluoresan lambalar, aydınlatma tesislerinde uzun ömürleri ve birim güç başına ürettikleri ışık miktarı ile aydınlatma tesislerinde yatırım ve işletme maliyetleri bakımından ekonomik olmaktadır. Ancak floresan lambaların kendi içlerinde de takılı oldukları armatür tipine, armatürün ışığı dağıtan optik yansıtıcısına , ateşleme sistemine göre, işletme maliyetlerine etki eden unsurları vardır. Ülkemizde kullanımı pek yaygın olmasa da koruma sınıfı yüksek, 58 W'lık ve 72000 saatlik yeni lambalar, yeni tesislerin yapımında mutlaka kullanılmalıdır.

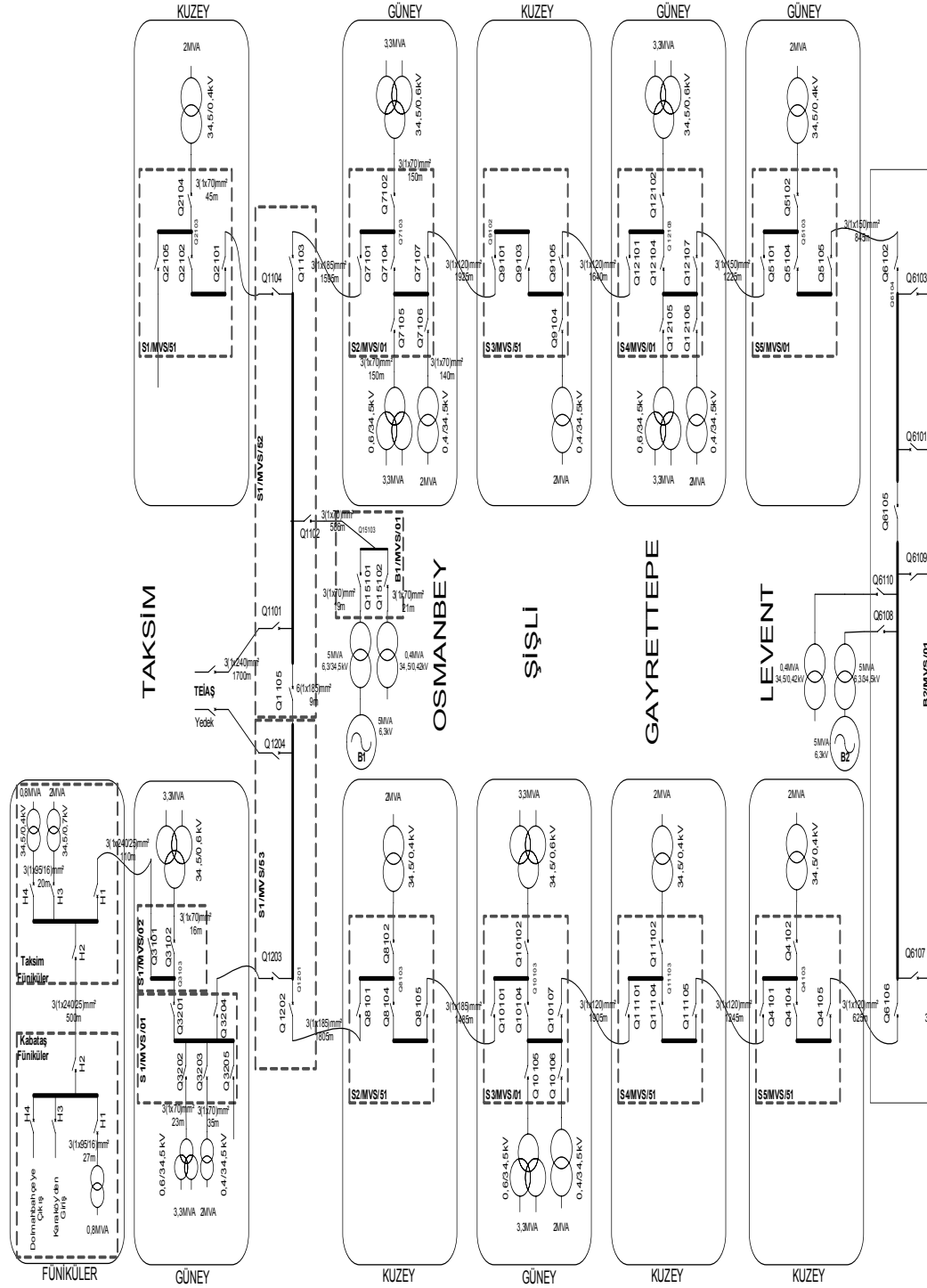
Bu çalışmada tüm metro sisteminde tasarım ve işletmede çok fazla üzerinde durulmayan aydınlatma sistemlerinde yaşanan olumsuzluklar ortaya konulmuş, özellikle güvenlik açısından yeterli aydınlık düzeylerinin sürekli olabilmesi için bakım çalışmalarının önemi vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **International Energy Agency**, 2006 Key World Energy Statistics
- [2] **The Railway Sector's Ten Years Progress Report**, 2002 A Contribution To The World Summit On Sustainable Development In Johannesburg
- [3] **EDMC (The Energy Data and Modelling Center)**, 2002 .The Institute of Energy Economics-The Energy Conservation Center, Handbook of Energy & Economics Statistics in Japan, Chou-ku, Tokyo,
- [4] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Tramvay>, **Vikipedi**, Özgür Ansiklopedi web sitesi
- [5] <http://www.dersaadettramvayi.com>/İstanbul Büyükşehir Belediyesi, resmi web sitesi
- [6] **Selçuk TUNA-Dr. Muhammed GARİP**, Ağustos 2004, EİE Enerji Yöneticiliği Sertifikasyonu, Kurs Bitirme Raporu, İstanbul Sanayi ve Ulaşım Tic. AŞ, İstanbul
- [7] **TS12127** 18.02.1997 Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1: Yer Altı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları
- [8] **Yüksel Proje** 2007 DLH T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar, Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Demiryolları, Planlama Ve Tasarım Teknik Esasları, Ankara
- [9] **EN 12464-1** November 2002, Light and Lighting –Lighting of Places–Part 1: Indoor Work rue de Stassart 36 B-1050 Brussels
- [10] **RGS, GI/RT 7010**, October 2002 Lighting of Railway Premises, Railway Group Standart Railway Safety Evergreen House 160 Houston Road London NW1 2DX
- [11] **Prof. Dr. Muzaffer Özkaya**, 2004 Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi 9.Baskı, İstanbul
- [12] **Prof.Dr. Sermin ONAYGİL**, Dış Aydınlatma Konuları, II. Görme Olayı, http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/disayd_Gorme_Olayi.pdf [eut 339
- [13] **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**, Dış Aydınlatma, I. Fotometrik Büyüklükler Ve Aralarındaki Bağlılıklar, eut_339, http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/disayd_Fotometrik_Buyuklukler.pdf

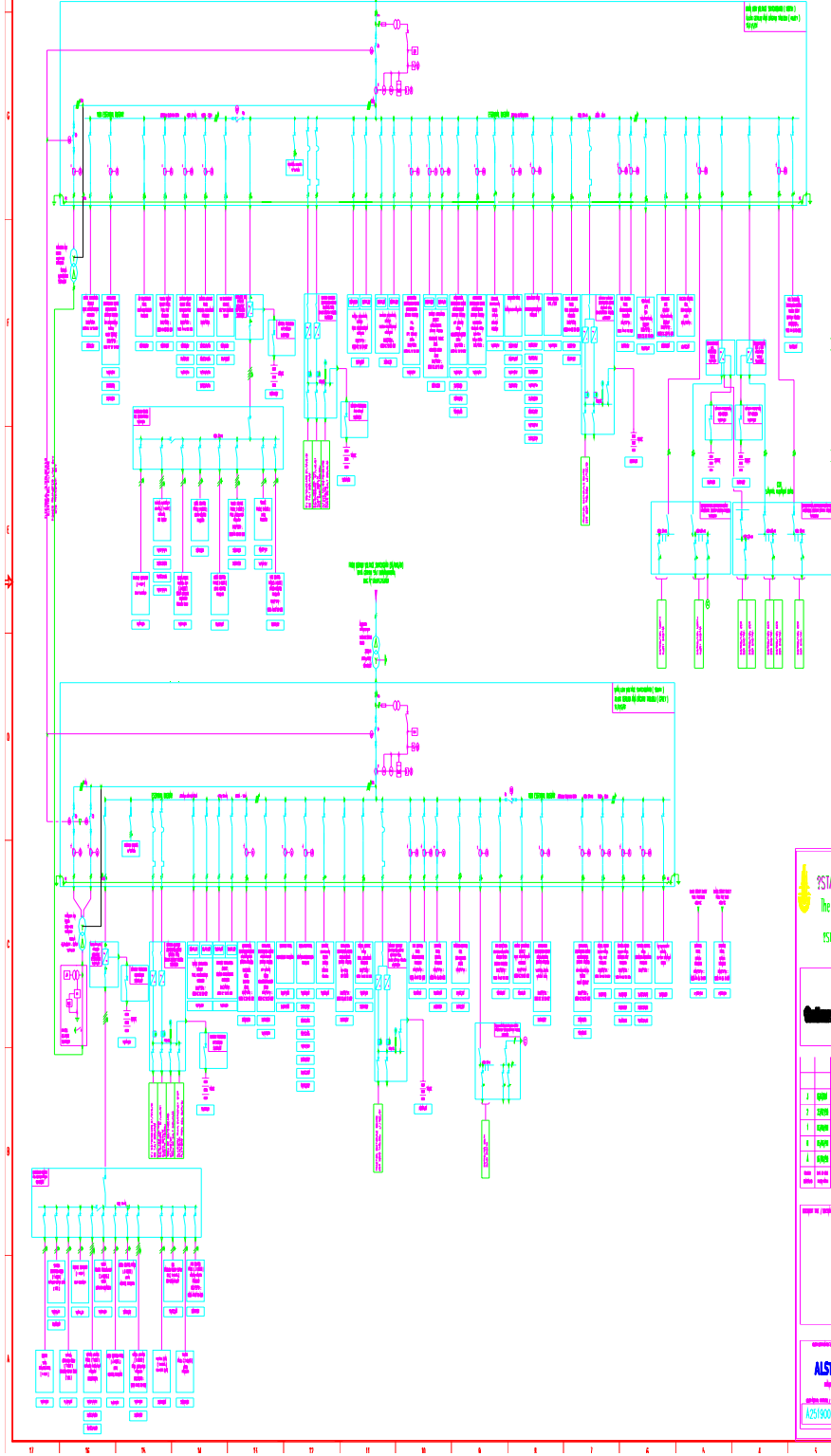
- [14] **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**, Endüstri Tesislerinin Aydınlatmasında Enerji Tasarrufu, İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü, ebt_535
- [15] **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**, Aralık 1993 Aydınlatmada Işık Renginin Önemi, Kaynak Elektrik Dergisi, sayı 77, sayfa.74-77,
- [16] **Elektrik İşleri Etüt İdaresi**, Ocak 2004 Sanayide Enerji Yönetimi Esasları Cilt II,
- [17] **EN12193:1999** 15/12/99 Title of Standard Light and lighting, Sports lighting
- [18] **DIALux**. [http://dialux.com/http://www.dial.de/download/dialux/download/4.4.0.2 / DIALuxSetup4402.exe](http://dialux.com/http://www.dial.de/download/dialux/download/4.4.0.2/DIALuxSetup4402.exe)
- [19] **CIE 97** publication 97 “Maintenance of indoor electric lighting systems”, dated 1995, ISBN 3 900 734 34 8)
- [20] **The Lighting Handbook**, July 2004 First Edition, Zumtobel Staff Zumtobel Lighting Ltd. Unit 4, The Argent Centre Pump Lane GB-Hayes/Middlesex UB3 3BL
- [21] **EMO Aydınlatma-Yansıtma Bilgileri.doc**, http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/8087d90fe0083a5_ek.doc
- [22] **Oğuzhan BATTAL, Derya Ercan**, 2007 kişisel görüşme PHILIPS Aydınlatma Türkiye, Satış ve Proje, oguzhan.battal@philips.com;
- [23] **Türk Philips Aydınlatma**, Ocak 2007 Fiyat Listesi
http://www.lighting.philips.com/tr_tr
- [24] **Türk Philips Aydınlatma**, Lamba Kataloğu

EK_A : İstanbul Metrosu, OG Tek Hat Diyagramı



Şekil A. 1: İstanbul Metrosu, OG Tek Hat Diyagramı

EK_C : Transfer Link Sistemi ve AG Dağıtım Prensibi



Şekil C. 1: Transfer Link Sistemi ve AG Dağıtım Prensibi

EK_D İstasyon Yardımcı Güç Ekipman Listesi

Tablo D. 1: Isıtıcılar

Isıtıcı Kapasitesi	Adet	Çalışma Süresi
		saat/gün
1500	26	5
1000	8	5
1250	10	5
1750	14	5
2000	32	5
2500	4	5
500	10	5
750	1	5
TOPLAM (kW)		163,75

Tablo D. 2: Klimalar

Klima Adı	Gücü (kW)	Miktar (adet)
ACU	22,6	7
ACU	3,5	1
ACU	2	2
FCU	2	13
CHILLER	5	1
TOPLAM (kW)		196,7

Tablo D. 3: Fanlar

Adı	Adedi	Tipi	Kurulu Gücü kW	Kapasitesi m3 / h	Basınç Pa
TVF	32	315 L	132	288000	1000 Pa
EXF	8	315 M	132	198000	1200 Pa
EXF	2	315 M	144	198000	1000 Pa
EXF	14	315 S	83	198000	1000 Pa
EXF	2	315 S	22	72000	660 Pa
INF	25	CCE280	18,5	36000	750 Pa
FS	20	CCM125	5,5	16452	255 Pa
FS	3	CCM65	2,2	8280	250 Pa
FS	3	CCM210	11	33480	270 Pa
FE	4	CCM85	3	10908	390Pa
FE	1	CCM45	1,5	3636	500Pa
FE	1	CCM170	9	21600	440Pa
AHU151	2	CCM20	0,55	1200	200Pa
FS	11	CCM125	7,5	16452	255Pa
FE	2	CCM255	15	39096	520Pa
FS	7	CCM65	5,5	9108	270Pa
FE	1	CCM360	30	51300	840Pa
FE	1	CCE520	37	81000	710Pa
FE	2	CCE360	22	51300	710Pa
TOPLAM (W)			7671,7		

Tablo D. 4: Aydınlatma Yükleri

İSTASYONLARDAKİ AYDINLATMA ARMATÜR SAYILARI VE GÜÇLER								
ARMATÜR TİPİ	ARMATÜR GÜCÜ WATT		TAKSİM İSTASYONU	OSMANBEY İSTASYONU	ŞİŞLİ İSTASYONU	GAYRETTEPE İSTASYONU	LEVENT İSTASYONU	4.LVENT İSTASYONU
	Normal	Acil	S1/SCT/10	S2/SCT/10	S3/SCT/10	S4/SCT/10	S5/SCT/10	S6/SCT/10
			ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ
1X36W(NORMAL)	36		108	108	108	76	76	54
2X36W(NORMAL)	72		40	50	87	55	34	15
4X18W(NORMAL)	72		0					
1X36W(ACİL)	36	36	20	20	20	26	26	20
2X36W(ACİL)	72	72	39	42	38	30	30	5
4X18W(ACİL)	72	72	0					
			S1/SCT/15	S2/SCT/15	S3/SCT/15	S4/SCT/15	S5/SCT/15	S6/SCT/15
			ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ
1X36W(NORMAL)	36		108	108	108	76	76	54
2X36W(NORMAL)	72		49	57	67	60	32	15
4X18W(NORMAL)	72							
1X36W(ACİL)	36	36	20	20	20	26	26	20
2X36W(ACİL)	72	72	58	47	42	26	29	4

4X18W(ACİL)	72	72						
			S1/SCT/20	S2/SCT/20	S3/SCT/20	S4/SCT/20	S5/SCT/20	S6/SCT/20
ARMATÜR TİPİ			ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ
1X36W(NORMAL)	36							
2X36W(NORMAL)	72		143	89	117	80	171	109
4X18W(NORMAL)	72		4	40	44	58	88	44
1X18(NORMAL)	18		7	6	7		18	8
1X150W(NORMAL)	150			8	9		8	8
1X250W(NORMAL)	250		2		1	15	18	2
1X36W(ACİL)	36	36						
2X36W(ACİL)	72	72	69	64	67	69	123	49
4X18W(ACİL)	72	72	14	18	21	40	31	32
1X18(ACİL)	18	18	1	2	1		4	
1X150W(ACİL)	150	150		4	4		4	4
1X250W(ACİL)	250	250				5	8	
			S1/SCT/25	S2/SCT/25	S3/SCT/25	S4/SCT/25	S5/SCT/25	S6/SCT/25
ARMATÜR TİPİ			ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ	ADEDİ
1X36W(NORMAL)	36							
2X36W(NORMAL)	72		145	159	130	122	133	117
4X18W(NORMAL)	72		4	19	32	82	66	45
1X18(NORMAL)	18			6	6	15	6	
1X150W(NORMAL)	150			16	8	9	5	8
1X250W(NORMAL)	250		3	2		17	16	2
1X36W(ACİL)	36	36						
2X36W(ACİL)	72	72	45	98	63	125	89	55
4X18W(ACİL)	72	72	2	21	20	26	29	20
1X18(ACİL)	18	18				1		
1X150W(ACİL)	150	150		8	4	4	5	4
1X250W(ACİL)	250	250				5	8	
3X160W(NORMAL)	480	480	5				10	
S1/SCT/30			S1/SCT/30	S2/SCT/30	S3/SCT/30	S4/SCT/30	S5/SCT/30	S6/SCT/30
ARMATÜR TİPİ			ADEDİ					
2X36W(NORMAL)	72		94					
4X18W(NORMAL)	72		31					
1X18(NORMAL)	18							
1X150W(NORMAL)	150		8					
2X36W(ACİL)	72	72	52					
4X18W(ACİL)	72	72	28					
1X18(ACİL)	18	18						
1X150W(ACİL)	150	150	4					

S1/SCT/35			S1/SCT/30	S2/SCT/30	S3/SCT/30	S4/SCT/30	S5/SCT/30	S6/SCT/30
ARMATÜR TİPİ			ADEDİ					
2X36W(NORMAL)	72		23					
4X18W(NORMAL)	72							
1X18(NORMAL)	18		14					
1X150W(NORMAL)	150							
2X36W(ACİL)	72	72	30					
4X18W(ACİL)	72	72	2					
1X18(ACİL)	18	18	5					
1X150W(ACİL)	150	150						
S1/SCT/45								
ARMATÜR TİPİ			ADEDİ					
2X36W(NORMAL)	72		35					
4X18W(NORMAL)	72		27					
1X18(NORMAL)	18		10					
1X150W(NORMAL)	150		3					
1X250W(NORMAL)	300		1					
2X36W(ACİL)	72	72	44					
4X18W(ACİL)	72	72	96					
1X18(ACİL)	18	18	10					
1X150W(ACİL)	150	150	1					
1X250W(ACİL)	250	250	1					

Tablo D. 5: Yürüyen Merdivenler

İstasyon Adı	Merdiven Numarası	Motor Gücü (kW)	Adet
Taksim	201	9	1
	202	9	1
	301	12	1
	302	12	1
	101	12	2
	102	12	2
	152	12	2
	153	12	2
	105	12	2
	154	12	2
	106	12	2

	156	12	2	
	251	10,5	1	
	252	10,5	1	
	253	10,5	1	
	254	10,5	1	
Osmanbey	101	12	2	
	103	12	2	
	104	12	2	
	106	12	2	
	154	12	2	
	156	12	2	
	151	12	2	
	153	12	2	
	201	13,5	1	
	202	15	1	
	203	15	1	
	353	12	2	
	352	12	2	
	351	12	2	
	354	12	2	
	Şişli	101	53	2
		103	53	2
154		53	2	
156		53	2	
104		53	2	
106		53	2	
151		53	2	
153		53	2	
203		23	1	

	204	23	1	
	201	19,7	1	
	202	19,7	1	
	251	35	1	
	252	35	1	
Gayrettepe	101	10,5	1	
	102	10,5	1	
	151	10,5	1	
	152	10,5	1	
	201	10,5	1	
	202	10,5	1	
	251	10,5	1	
	252	10,5	1	
	351	12	2	
	352	12	2	
	353	9	1	
	451	12	1	
	Levent	101	10,5	1
		102	10,5	1
151		10,5	1	
152		10,5	1	
201		10,5	1	
202		10,5	1	
251		10,5	1	
252		10,5	1	
301		9	1	
302		9	1	
103		12	2	
104		12	2	

	351	10,5	1
	352	10,5	1
	353	12	2
	354	12	2
	401	9	1
	402	9	1
	501	9	1
	502	9	1
4.Levent	101	16,5	1
	104	16,5	1
	153	16,5	1
	156	12	2
	201	13,5	1
	202	12	1
	252	12	1
	251	9	1
Toplam (kW)	2138,9		

EK_E Levent İstasyonu Olcum Değerleri

Tablo E. 1: Platform Katı Ölçüm Değerleri

70	71	80	81	77	82	94	103	94	77	95
81	83	82	83	87	107	116	105	102	96	86
84	90	87	91	87	91	98	104	95	99	100
82	84	85	106	79	91	93	100	104	113	107
77	80	93	97	80	79	87	105	109	128	121
74	76	88	91	82	90	72	110	102	116	118
80	75	K	77	82	97	105	100	K	114	134
91	82	K	91	88	96	120	103	K	121	135
107	93	105	108	79	81	99	114	113	120	133
112	110	109	114	80	79	82	115	116	128	129
114	117	91	102	77	84	76	113	112	125	119
112	115	97	99	80	92	80	110	109	130	106
114	114	102	97	84	82	76	96	105	123	105
110	114	101	96	85	83	82	100	106	114	116
109	114	110	110	89	87	76	101	96	114	127
108	114	K	109	91	96	83	95	K	123	140
106	107	K	98	99	78	71	103	K	144	143
103	112	107	96	85	80	84	123	126	146	149
99	98	109	100	84	77	82	141	128	148	149
106	111	101	94	78	75	71	127	131	146	144
101	113	95	85	76	71	60	131	128	142	140
100	105	94	91	67	76	104	122	121	142	141
96	99	92	92	A	A	85	118	110	140	141
93	98	93	101	A	A	93	110	107	139	143
83	104	86	98	A	A	80	108	97	141	145
96	110	K	77	A	A	70	76	K	140	148
101	116	K	76	67	33	64	69	K	142	149
106	117	80	84	80	33	67	80	108	142	145
125	118	85	83	77	47	69	86	108	144	147
132	119	89	82	80	56	74	85	112	144	148
140	121	93	88	82	60	72	90	108	140	147
144	127	90	81	79	64	65	98	98	134	145
145	128	97	87	82	58	66	103	91	121	124
147	131	100	91	84	56	71	86	85	113	115
153	136	K	71	78	51	70	63	K	112	118
147	152	K	62	81	80	81	78	K	125	131
152	154	108	98	95	95	99	93	108	158	142
147	159	117	109	105	108	106	117	111	175	150
145	147	117	103	96	91	103	120	110	170	159
142	139	104	93	85	88	93	109	94	159	157
135	146	109	81	72	73	64	98	95	160	156
140	165	114	82	49	45	44	93	99	172	159
137	154	K	76	M	M	M	56	101	149	147
131	139	K	41	M	M	M	39	K	130	135
128	129	63	47	M	M	M	12	K	121	126
113	112	55	44	M	M	M	P	6	107	129
95	96	47	Ü	M	M	M	P	72	114	137
85	91	65	75	M	M	M	78	81	112	139

80	84	71	67	90	105	123	90	87	108	142
81	87	68	71	86	112	122	94	77	99	132
72	82	63	74	103	109	119	88	75	88	105
73	59	53	55	91	97	97	87	64	71	87
57	64	K	K	70	90	83	75	57	66	70
54	59	K	K	73	82	71	59	K	54	60
61	61	78	79	96	99	105	66	K	69	66
68	74	82	83	96	116	110	70	76	75	73
82	77	87	87	94	117	115	95	87	85	78
88	80	87	94	86	115	97	104	93	91	87
94	83	89	95	73	77	79	103	96	94	96
98	99	86	92	65	50	53	97	99	85	97
93	99	89	82	M	M	M	90	96	95	101
92	90	65	81	M	M	M	83	83	103	99
89	88	K	K	M	M	M	85	K	101	118
103	87	K	K	M	M	M	KOLON	KOLON	111	116
90	92	73	65	M	M	M	87	101	104	98
103	105	94	59	M	M	M	91	109	105	106
107	113	116	58	M	M	M	101	119	112	107
109	116	111	92	M	M	M	113	133	117	107
105	93	129	102	117	130	115	117	123	112	105
105	96	131	128	136	131	127	128	118	115	101
95	102	111	127	137	136	135	123	114	113	99
99	83	106	132	152	149	136	124	88	90	94
112	104	K	128	153	157	149	K	K	95	100
123	111	K	140	162	158	158	K	K	96	109
106	98	109	150	153	159	158	137	126	108	100
112	120	144	143	153	165	158	147	133	123	111
115	137	149	150	156	158	157	148	138	132	123
118	129	141	141	157	159	149	149	149	134	125
114	130	145	150	158	163	154	155	150	139	130
113	103	146	153	154	161	154	148	146	139	121
114	121	132	152	170	163	155	152	148	138	128
98	104	125	147	167	172	152	143	131	133	118
107	88	K	148	165	168	172	K	KOLON	136	135
95	93	K	137	156	160	152	K	KOLON	138	125
96	89	98	127	133	147	146	144	114	109	109
105	106	126	127	139	139	149	146	136	125	116
102	110	126	127	128	138	139	145	148	124	117
106	116	126	122	128	138	137	140	147	128	120
103	107	118	120	129	136	132	139	142	125	120
104	110	119	119	128	131	139	132	131	122	116
102	113	105	122	133	130	136	132	130	117	111
102	96	105	113	132	132	129	122	100	98	105
107	92	K	115	143	133	137	129	K	98	112
114	86	K	126	148	150	142	132	K	92	106
102	86	113	135	136	151	138	127	113	96	98
111	115	130	136	140	143	138	133	129	122	105
116	125	139	139	142	143	141	136	134	119	115
121	117	122	117	140	138	138	140	136	117	116
119	129	126	118	M	M	M	140	118	116	118
118	130	113	80	M	M	M	101	112	118	113

116	128	80	PEPSİ	M	M	M	ÜLKER	102	109	110
103	114	84	66	M	M	M	68	96	120	107
104	109	K	70	M	M	M	83	K	110	122
97	96	K	64	M	M	M	81	K	97	101
88	76	46	64	M	M	M	88	78	79	89
80	85	68	67	M	M	M	92	86	92	84
82	84	78	71	51	39	42	91	92	89	90
80	74	78	78	69	58	67	95	89	87	83
69	69	75	82	78	102	80	85	93	79	75
70	66	77	87	98	126	94	94	87	72	68
62	64	69	84	104	125	90	83	74	64	61
58	62	59	74	92	110	78	79	70	57	55
61	62	K	K	83	92	66	52	59	52	53
64	58	K	K	84	80	49	38	K	53	55
66	58	49	67	96	66	50	34	36	52	61
84	79	69	80	103	66	49	40	42	66	77
107	94	74	82	105	78	68	54	58	86	96
116	100	77	83	115	96	82	72	70	94	101
117	103	73	80	M	M	M	82	73	101	114
113	103	69	65	M	M	M	77	75	105	118
107	102	60	52	M	M	M	63	68	104	120
96	95	50	43	M	M	M	48	64	115	122
89	91	K	K	M	M	M	23	K	127	124
99	98	K	K	M	M	M	42	K	135	125
112	118	85	76	M	M	M	73	103	151	131
104	135	96	86	M	M	M	83	125	154	139
95	101	97	98	96	85	84	104	98	117	97
72	98	97	101	87	90	84	102	97	114	93
79	87	96	105	71	91	86	108	93	111	94
86	92	94	103	65	95	84	98	101	102	98
85	87	88	108	79	60	87	86	105	98	94
90	88	72	115	77	64	81	94	101	91	83
77	87	K	111	89	71	76	80	K	92	81
76	85	K	117	87	80	74	82	K	85	80
87	85	84	127	93	88	69	67	65	81	79
85	83	90	106	99	94	63	53	68	82	85
94	79	93	71	112	110	52	56	62	83	92
102	82	102	102	102	79	46	65	51	84	91
112	100	91	101	85	72	49	77	50	84	94
104	107	87	95	91	68	57	83	58	94	96
113	114	78	89	87	79	69	87	72	107	93
108	109	K	94	74	70	68	83	K	101	85
113	112	K	103	72	64	66	78	K	96	78
120	109	73	85	62	69	73	87	65	89	75
124	99	75	84	75	71	72	98	78	85	72
118	94	77	83	83	79	75	103	88	82	77
104	96	84	77	90	84	80	101	82	79	76
96	107	95	104	98	79	96	108	98	104	93
103	111	94	112	101	80	98	107	99	102	93
108	114	96	92	100	82	95	106	97	104	101
114	116	K	87	89	79	83	99	K	115	109
118	115	K	92	98	77	88	91	K	119	115

71	74	68	70
97	109	118	109
122	120	115	116
122	124	135	125
119	128	121	115
122	132	133	122
128	136	129	123
130	145	151	142
M	M	M	M
M	M	M	M
M	M	M	M
M	M	M	M
M	M	M	M

ÖZ GEÇMİŞ

Selçuk TUNA, 1965 yılında İstanbul'da doğmuştur. 1983 yılında İstanbul Maçka Teknik Lisesi, Elektrik Formenliği bölümünü bitirmiş, aynı yıl İTÜ Elektrik Mühendisliği bölümüne girmiş, 1987 yılında da mezun olmuştur.

Kamu ve özel sektörde toplam 18 yılı aşan iş deneyimi vardır. Son 12 yıldır, İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bir iştiraki olan İstanbul Ulaşım Sanayi ve Tic. AŞ'de çalışmaktadır. Uzmanlık ve deneyim alanı içinde, başta elektrik tesisleri olmak üzere, 35 kV AC, 750 V DC güç temini ve dağıtımı, haberleşme, sinyalizasyon, telsiz, yürüyen merdiven, asansör, havalandırma gibi bir çok alt sistemin bulunduğu raylı sistem uygulamalarında, tesis modernizasyonu, proje, işletme, bakım ve yönetim kademelerinde hizmet vermiştir.

12 yıllık raylı sistem birikimini, raylı sistemler elektromekanik proje işleri kapsamında yeni hatların yapım ve ihale süreçlerindeki, şartname, proje yapım, hesap ve tasarım işlerinde devam ettirmektedir. Uluslararası Toplu Taşımacılar Birliği, Metropolitan Raylı Sistemler üyesi olup, Elektrik, Tesisleri ve Güvenlik Sistemleri (EISS) alt komite çalışmalarına katılım sağlamaktadır.

Evli ve 3 çocuk babası olup, İngilizce bilmektedir.