

YER ALTI METRO SİSTEMLERİNİN AYDINLATMASINDA GÜVENLİK KRİTERLERİ VE ENERJİ ETKİNLİĞİ

Selçuk TUNA

İ.B.B İstanbul Ulaşım A.Ş.
Ferhatpaşa Metro Tesisleri
Esenler/İstanbul
tuna@istanbul-ulasim.com.tr

Dr. Beyhan KILIÇ

İ.B.B İstanbul Ulaşım A.Ş.
Ferhatpaşa Metro Tesisleri
Esenler/İstanbul
bkilic@istanbul-ulasim.com.tr

Özet

Ülkemizde metropollerde nüfus artışı ve buna bağlı olarak trafiğe çıkan araç sayısındaki artış, yer altı metro sistemlerine olan talebi hızla arttırmıştır. Bu durum elektrik enerjisi kullanımının toplu taşımacılıkta daha çok pay almasına neden olmaktadır. Yer altı metro sistemlerine olan talebin artması ile bu sistemlerin teknik, ekonomik ve enerji verimliliği yönünden kavramsal tasarımları da primer düzeyde önem kazanmıştır.

Kavramsal tasarım bakımından yer altı metro sistemleri, yer üstündeki diğer raylı sistemleri göre daha fazla kurulu güce ihtiyaç duymaktadır. Yer altı metro istasyonlarında özellikle güvenlik yönünden havalandırma, yangın söndürme ve aydınlatma tesislerine daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Kurulu güç dağılımına bakıldığında yangın söndürme, pompalar, yedek cer trafoları gibi acil durumlarda devreye girecek yükler büyük bir yüzdeyi oluşturmakta, aydınlatma tesislerinin payı az kalmaktadır. Ancak aydınlatma tesisleri sürekli çalıştılarından enerji tüketimindeki payı, kurulu güçteki payına oranla çok daha yüksektir ve azımsanmayacak düzeydedir. Enerji yoğunluğunun azaltılması bakımından aydınlatma sistemleri ilk aklı gelen tesislerdir. Yeraltı metro aydınlatma sistemlerinin kurulum ve işletme maliyetlerinin azaltmak ve enerji yoğunluğunu azaltmada katkı sağlaması için tesis planlama, tasarım ve amaca yönelik doğru kriterlerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bildiride İstanbul metrosuna ait Levent İstasyonu aydınlatması söz edilen kriterler açısından incelenmektedir.

Anahtar kelimeler: Enerji verimliliği, metro aydınlatma, enerji yoğunluğu, raylı sistemler

1. GİRİŞ

Enerjinin günümüzde artan stratejik öneminden dolayı ülkeler, politikalarını enerji arz güvenliği konseptine göre belirlemek zorunda kalmışlardır. Bu hayati önemden dolayı ülkeler enerji sorununa sürdürülebilir çözümler bulmak arayışına yönelmişlerdir. Uluslararası enerji ajansı(UEA)'nın "Dünya Enerji Görünümü Raporu"nda ana başlıklar halinde öneriler

sunulmuştur[1]. Bunlardan birincisi olan enerji yoğunluğunun düşürülmesi özellikle taşımacılık sektöründe önem arz etmektedir. İstanbul 5389 km² sorumluluk alanı olan, 12.6 milyon nüfusa sahip, trafikteki ortalama 1.8 milyon aracın bulunduğu ve

her gün trafiğe 400 adet yeni aracın çıktığı bir metropoldür. İstanbul'da kent içi ulaşımın %87.9'u karayolu ile, %8.6'sı raylı sistemler ile gerçekleştirilmekte ve raylı sistemler ile günde 868 bin yolcu taşınmaktadır[2]. Kent içinde elektrikli raylı sistemlerin tercih edilmesine yönelik başlıca sebepler; yüksek enerji verimliliği, yüksek yolculuk kapasitesi ve hacimsel verimlilik olarak sıralanabilir[3]. İstanbul Ulaşım A.Ş toplam uzunluğu 71 km olan metro, hafif metro, cadde tramvayı araçları ile hizmet vermektedir. Hizmet miktarı taşınan yolcu sayısı ile ölçülmektedir. Taşımacılık prosesinin ana girdisi taşınan yolcu miktarıdır. Taşınan yolcu miktarı istasyonlarda turnikelerde sayılarak veri tabanına aktarılmaktadır.

Raylı sistemler iki ana kısımdan oluşmaktadır. Sabit tesisler, metro araçları. Enerji tüketimi de doğal olarak, sabit tesisler enerji tüketimi ve hareketli araçlar enerji tüketimi olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Sabit tesisler grubunda harcanan enerji miktarı, yolunun taşınma ve aktarılma prosesinin, gerçekleştiği istasyonlarda, haberleşme, aydınlatma işletme ve bakım hizmetlerin görülebilmesi için tüketilen enerjidir. Bu enerji miktarı, taşınan yolcu sayısından bağımsız olarak hizmet sürekliliği bakımından gerçekleştirilmesi gereken enerji tüketimidir. İkinci grupta tüketilen enerji cer enerjisidir ve yolcu sayısına, kat edilen km'ye bağlı olarak değişiklik gösterir. Araçlardaki enerji tüketimleri de araç içi sabit yardımcı tüketiciler ve cer tüketimleri olarak gruplanır[4]. Bu bildiride sabit tesis tüketimlerinden metro istasyon aydınlatması analizi yapılacaktır.

2. KAVRAMSAL TASARIM VE TANIMLAR

Raylı sistemlerin yaygınlaşması sürecinde, ihtiyacı optimum düzeyde karşılayan, güvenli sistemlerin ekonomik düzeyde kurulabilmesi mümkündür. Bu süreçte tesis yatırım ve işletme maliyetleri

bakımından yapılacak olan harcamaların tam karşılığını bulması için tasarım kriterlerinin tespit edilmesi ve ihtiyaçların doğru olarak belirlenmesi gereklidir. Bu noktada, kurulacak olan işletmeye ait kavramsal tasarım kriterleri, projenin ilk fizibilite aşamasında belirlenmektedir. Ülkemizde raylı sistemler konusunda kavramsal tasarım kriterleri, sistem gereksinimleri üzerinde çalışmaları, TSE, TCDD yürütmektedir. Bu çalışmalar daha çok yurtdışındaki standart, öneri ve tasarımların ülkemiz koşullarına göre düzenlenmesi ve uygulanması şeklinde gerçekleşmektedir[5]. Bu çalışmada, yer altı metro sistemlerinde aydınlatmaya yönelik tasarım kriterlerinin incelenerek, İstanbul Metrosu Levent İstasyonu için, özellikle aydınlatmanın uzun işletme saatleri boyunca sürekli çalışması zorunlu olan mekanlar için sorgulanacaktır. Aydınlatma sistemleri, mekanları kullanan insanların güvenlik ve konforuna yönelik kurulmaktadır. Yer altı metro istasyonlarının kendine özgü mimari yapı ve özellikleri olduğu için, raylı sistemlerde aydınlatma kavramı içinde yer alacak mekanların tanımlarının yapılması gerekmektedir. İstasyon: Raylı taşıma sistemini kullanan yolcuların, taşıma aracının beklediği, araca inip bindiği ve yer altı veya yerüstünde kurulan tesislerdir[6]. Hat: Raylı ulaşım sisteminde demir tekerlekli taşıtların üzerinde hareket ettiği, raylar ve rayları traverslerle birbirine bağlayan bağlantı malzemelerinden oluşan özel bir yoldur.

Platform (peron): İstasyondaki yolcuların trene binmek için beklediği, inip bindiği, raylardan vagon kapılarına kadar yükseltilmiş bölümdür. Yan platform: Birden fazla hat olması durumunda yan hatlara hizmet vermek üzere inşa edilmiş platformlardır. Orta platform: Her iki yandaki hatlara hizmet veren, iki hat arasındaki tek platformdur. Konkors (mezanin) : Yer altı metro sistemlerinde en az iki kat yer altında olan bir sistemde, istasyona ilk girişin sağlandığı ve yolcuların sisteme giriş yaptıkları alanlardır. Bu alanlarda yolcuların bilet alma işlemi ile serbest dolaşım bölgesinden kontrollü dolaşım bölgelerine geçiş sağlanmaktadır. Bu bölgede bilet satış gişeleri, yolcu giriş-çıkış turnikeleri vardır. Bu alandan peronlara iniş merdiven ve/veya asansör ile yapılmaktadır.

Platform emniyet bölgesi ve ikaz şeridi: Platform kenarı ile 1 m gerisinde kalan bölgedir. Bu bölge kaymaz, parlak ve tercihan sarı renktedir. Görme engelliler için pürüzlü olarak yapılmıştır. Bu emniyet şeridi yolcuları hareket halindeki trenin olası dinamik zarf eğrisi nedeniyle oluşabilecek kazalardan korumaktadır. Giriş alanı yolcuların serbest dolaşım bölgeleridir. Giriş alanından bilet alınıp peronlara geçilmesi ile kontrollü bölgeye girilmiş olur. Yolcular diğer turnikelerden çıkış yapana kadar sistemin kontrolü altındadırlar. Bu bölgelerde kaçak yolcu geçişleri, şüpheli davranışlar, işletmeye olası diğer bütün durumlar için yolculuk hareketleri sürekli olarak kapalı devre televizyon sistemi tarafından kontrol edilmektedir.

3. RAYLI SİSTEM İŞLETME GÜVENLİĞİ İLE İLGİLİ AYDINLATMA TASARIM KRİTERLERİ

GI/RT 7010 kodlu Demiryolu Grup Standardında (RGS)raylı sistem işletmelerinde güvenliğe ait minimum koşullar belirtilmektedir[7]. Avrupa Birliği Direktifleri doğrultusunda raylı sistemlerin Avrupa ülkeleri arasında çalıştırılabilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raylı sistemlere ait yapıların aydınlatılması konusundaki standart 2002 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu standart baz alınarak raylı sistem aydınlatma tasarım esasları genel olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- Aydınlatma tasarımları basit, güvenli etkin ve bakımı pratik olacak şekilde tasarlanmalı, elektrikli cihazların izolasyonuna, raylı sistem işletmesine ait sistemleri etkileyebilecek herhangi bir özel donanım ve/veya işleme gereksinim duymayacak yapıda olmalıdırlar.
- Kapalı Devre Televizyon Sistemi(CCTV): Kameraların görüş alanı içinde çalışmaları ters yönde etkileyebilecek tarzda aydınlatma elemanları konulmamalıdır. Aşırı kontrastları önlemek amacıyla kameraların görüş alanı içindeki bölgede düzgün bir aydınlatma sağlanmalıdır. Sürücü ile ilgili olarak işletme şartlarında ve hemzemin geçitlerde CCTV ile ilgili diğer standartlar da göz önüne alınmalıdır.
- İstasyon Platform Aydınlatması: Bu başlık altında söz edilen bütün aydınlatma seviyeleri, bakım ve azaltıcı faktörler uygulandıktan sonra, elde edilen minimum ortalama aydınlık düzeyidir.
- Kapalı İstasyonlarda Aydınlatmanın Düzgünlüğü: Platform sınır bölgesi boyunca kapalı alanlarda aydınlatmanın düzgünlüğü 0.4 değerine eşit veya büyük olmalıdır.
- Aydınlatmanın dağılımı bütün istasyonlarda 0.1'e eşit veya büyük olmalıdır.
- Platform Emniyet Bölgesinde min, izin verilen düşey düzlem aydınlatması. Bütün istasyonlar için acil durumlarda sadece acil durum aydınlatması için en az 2 Lux olmalıdır.
- Platform emniyet bölgesinde aydınlatma dağılımı: Kontrollü dolaşıma açık platform boyunca en az 0.5 olmalıdır.

3.1. DOĞAL VE YAPAY AYDINLATMALI BÖLGELER ARASINDAKİ GEÇİŞLER

İstasyonlarda doğal ışığın girdiği alanda uygun bir mesafe bırakılarak ışığın sert ve keskin geçişler yapması önlenmeli ve bunun en az seviyeye indirilmesi sağlanmalıdır. Böylece gözün adaptasyon

işlemi sırasında görme performansı uygun seviyelerde tutulabilir. İstasyonlarda aşağıda belirtilen konularda risk değerlendirilmesi yapılabilir:

- Tren yaklaşım hızı
- Platformun emniyet durduruculara olan uzaklığı
- İstasyon platformuna yaklaşırken çevre aydınlığı
- İstasyon yaklaşım yönünde raylar üzerindeki aydınlık düzeylerinin artırılması
- Keskin aydınlık farklılıklarını azaltmak için rayların üzerlerinde üst seviyelere gittikçe artan aralıklarla perdeleyici ekran konulması

3.2. RAYLI SİSTEMLERDE GÜVENLİK VE IŞIK KAYNAK TIPLERİ VE RENKLERİ

Aşağıda sınırlanan bazı özel durumlar için belirli tipteki lambalar kullanılmamalıdır[7].

- Ray hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan alçak basınçlı sodyum lambalar (ısınma aşamasında kırmızı ışık ve tamamen ısınıp yandıkları zaman ise sarı ışık yayarlar).
- Ray hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan metal halojen lambalar (ısınma aşamasında parlak yeşil pembe veya mavi ışık yayarlar).
- Herhangi bir UV filtre camı ile donatılmamış, metal halojen lambalar
- Koruyucu bir camı olmaksızın tungsten halojen lambalar

3.3. TÜNEL AYDINLATMASI

Tünel aydınlatması aşağıdaki hizmetleri verebilmek için tesis edilir:

- Yolcuların emniyetli bir şekilde treni boşaltmalarına ve tünel boyunca yürüyebilmelerine yardımcı olmak.
- Bakım elemanlarının tünel boyunca rutin kontrollerin yapılmasına yardımcı olmak
- Tren personelinin yönlendirmek ve yolun görülebilirliğini iyileştirmek

Tünel aydınlatmasının kurulduğu yerde sistem tasarımı aşağıdaki hususları sağlamalıdır:

- Ray seviyesinde yatay düzlem üzerinde bakım faktörü dikkate alınarak en az 10 Lux değerinde aydınlık düzeyinin ve ray seviyesinin 1 m üzerinde ise, düşey düzlemde 2 Lux aydınlık düzeyinin sağlanması
- Sinyallerin görülebilirlik durumları da hesaba katılmalıdır, yolcuların ve makinistlerin straboskopik etkiye maruz kalma ihtimalleri ve adaptasyonu

kolaylaştırıcı yüksek seviyedeki aydınlanma düzgünlüğü

- Acil durumlar için tünel içindeki olası duman, yangın vb. gibi koşullar göz önüne alınmalıdır.
- Aydınlatmanın ne zaman ve nasıl çalışacağı dikkate alınmalıdır.
- Normal besleme kaynağının bir arıza yapması durumunda, emniyet için yedek bir besleme kaynağı aydınlatmaya tahsis edilmelidir.
- Güzergâh boyunca acil duruma yönelik yürüme yollarındaki minimum yatay aydınlık düzeyi, bakım faktörü uygulanmış olduğu halde, 10 Lux'ün altında olmamalıdır.

3.3. DEMİRYOLU SİNYALİZASYONUN ÜZERİNDE AYDINLATMANIN ETKİSİ

Raylı sistem aydınlatması, sinyal sistemi ile bir çakışma göstermemeli ve sinyalizasyon sistemi, her durumda rahatlıkla doğru olarak okunabilmelidir. Sürücü görüşünü engelleyebilecek aşağıdaki durumlara izin verilmemelidir:

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

3.4. AYDINLATMADA IŞIK KAYNAKLARIN SEÇİMİ İLE ENERJİ TASARRUFU

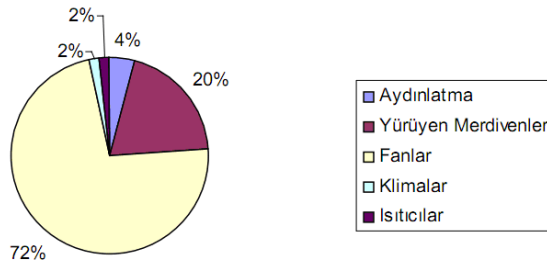
Aydınlatma yükünün az olduğu yerlerde bile uygun çözümlerle enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Etkin bir enerji yönetimi programı yapılırken aydınlatma verimliliği göz ardı edilmemelidir. Lux metre ile yapılan ölçümlerle fazla aydınlatılan bölgeler tespit edilmelidir. Yeni bir şebeke tasarımında seçilen lambalar mümkün olduğunca yüksek verimli olmalıdır[8].

4. İSTANBUL METROSUNDA AYDINLATMA VE ENERJİ TÜKETİM DURUMU

İstanbul metrosu Levent ve Taksim istasyonlarında 34.5 kV seviyesinde besleme almaktadır. Araçlar 750 V DC ile beslenmektedir. İstanbul Metrosu sabit tesisler kurulu güç dağılımı incelendiğinde, en fazla payı %72 ile havalandırma fanları, %20 ile yürüyen merdivenler ve % 4.13 aydınlatma almaktadır[9]. Şekil 1'de bu güç dağılımı gösterilmektedir. Levent İstasyonunda aydınlatma tüketimlerinin belirlenmesi

İçin istasyonun kuzey ve güney bölgelerinde toplam 4 adet aydınlatma dağıtım panosu üzerinden ölçümler yapılmıştır. Buna göre aydınlatma amaçlı enerji tüketimi günlük 1472 kWh'tür; buradan aydınlatma ortalama gücü 61.32 kW olarak bulunmuştur. Aynı istasyonda sabit tesislere ait ana besleme panosundan yapılan ölçümlerde toplam yardımcı güç tüketimi 317.37 saatlik ölçüm sürecinde 89600 kWh olarak ölçülmüştür. Normal işletme şartlarında bu değer gün içinde yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Ölçümler sonunda istasyon ortalama yük değeri 282,34 kW olarak bulunmuştur.

Sistem Gücü (kW)



Şekil 1.İstanbul Metrosu Sabit Tesisler Kurulu Güç Dağılımı

Aydınlatmanın tüketimdeki payı %21.7 olarak bulunmaktadır. Levent istasyonunda toplam kurulu güç içinde aydınlatmanın payı %4.13 iken, enerji tüketiminde aydınlatmanın payı %21.7'ye çıkmaktadır.

4.1. LEVENT İSTASYONUNDA YAPILAN AYDINLATMA ÖLÇÜMLERİ

Levent İstasyonundaki aydınlatmanın ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğunun tespiti için yatay düzlemde ve zemin seviyesinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm noktaları olarak aydınlatma sistemi günde 19 saat boyunca sürekli açık kalan platform ve konkors katları seçilmiştir. Ölçüm sırasında söz konusu alanlar 1x1 m²'lik karelere bölünmüştür. Ölçüm sonuçları tablo 1'de verilmiştir.

Aydınlatma Bölgesi	Ölçüm Sonuçları				Önerilen	
	E _{ort} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [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

Tablo 1. Levent İstasyonu Aydınlik Düzeyi Ölçümü Sonuçları

Bu tablodaki ölçülen değerler Uluslararası standartlara göre, yeterli aydınlık düzeyini sağlayamamaktadır[10].

Mevcut şartlarda Levent İstasyonunda aydınlık düzeyinin ve düzgünlüğünün istenen kriterlerin çok altında, yaklaşık yarısı oranında kaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi aydınlatma sistemlerinde yapılması gereken temizlik ve lamba değişimlerinin düzenli olarak yapılamaması ve koruyucu bir bakım programının uygulanamamasıdır. Yer altı metro istasyonlarında aydınlatma tesislerinin toplu dolaşıma açık alanlar olması, yolcu yoğunluğu armatürlere erişim ve temizlik zorlukları gibi sebeplerden ve 19 saat gibi uzun işletme saatleri bakım yapılmasını güçleştirmektedir.

İşletmede en fazla armatür kirlenmesi peron emniyet bölgelerinde meydana gelmektedir. Tren hareket alanına daha yakın olması, trenlerden taşınan ve frenleme sırasında açığa çıkan demir tozları, normal seyir sırasında 3.raya temas eden 750 V dc kollektor pabuçlarından açığa çıkan grafit tozları gibi kirletici unsurlar bu bölgedeki armatürlerin aşırı kirlenmesine sebep olmaktadır. Mevcut durumda armatür değişimi lamba tamamen sönmüş ise veya bir arıza olması halinde yapılmaktadır. Ekonomik ömürleri dolan ancak halen çalışmaya devam eden lambaların değiştirilmemesi sebebiyle yetersiz aydınlatma söz konusudur.

4.2. LEVENT METRO İSTASYONUNDA MEVCUT TESİSLER İÇİN YAPILAN AYDINLATMA HESAPLARI

Aydınlatma hesabı yapılacak yüzeyler, ölçüm alanı olarak belirlenen konkors katı, platform ve platform emniyet bölgesi olarak seçilmiştir. Bu bölgelerde aydınlatma sistemi 19 saat açık kalmaktadır. Hesaplarda aydınlatma yüzeyleri yatay olarak tanımlanmış ve yatay aydınlık düzeyleri esas alınmıştır. Mevcut duruma ait veriler elde edildikten sonra, yeni durumlar denenmiş ve model üzerinden öneriler yapılmıştır. 1x36 W lambaların kullanıldığı A durumu ile 1x58 W gücünde lambaların kullanıldığı B durumu karşılaştırıldığında, B durumu için bakım giderleri yaklaşık %40 azaldığı ve enerji giderlerinin aynı kaldığı görülmüştür. Aynı yüzey alanı için aynı seviyede aydınlatma yapmak amacıyla daha az sayıda fakat daha az güçte ışık akısına sahip lambalar kullanılabilir. Aydınlatma tasarımı hesabında üç boyutlu tasarıma olanak tanıyan bir yazılım kullanılmıştır[11].

Işık kayıp faktörü, belli bir zaman aralığında aydınlatma tesisatı tarafından üretilen ışık miktarının aynı tesisin ilk kurulduğu zaman ürettiği ışık miktarına oranıdır. Işık çıkış miktarındaki azalmanın sebebi, kullanım süresine bağlı olarak lambanın ürettiği ışık akısındaki azalma, armatür üzerindeki kirlenme ve zaman içinde mekân yüzeylerinin yansıtma faktörlerindeki değişikliklerdir[12].

Elektrikli iç aydınlatma sistemlerinin bakım standardında bu değerler verilmiştir [10].

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

İstanbul Metrosu Levent İstasyonunda yapılan ölçümler sonunda aydınlık düzeyi, 200 lux değerinin yarısı kadardır. İstasyon mimari yapısı ve işletme koşullarından dolayı bakım faaliyetlerinde yaşanan kısıtlardır. Ölçülen değer 0.4 bakım faktörü için hesaplarla uygunluk göstermektedir. 0.67 bakım faktörü ile hesaplanan sonuçlar mevcut sistem için istenen 200 Lux değerine yaklaşmaktadır. Mevcut durumda kullanılan 36 W'lık floresan lambalı armatürler yerine 58 W'lık olanlar önerilmiş ve enerji tüketimi ve tesis işletme ve kurulum maliyetleri bakımından üstünlükleri araştırılmıştır. Yatırım ve işletme giderlerinde üstünlük sağlanırken enerji giderlerinin aynı seviyede kaldığı görülmüştür. Buna karşılık önerilen tesisatın mevcut duruma göre ilk kurulum maliyetlerinde yaklaşık %35, bakım giderlerinde de %50 civarında bir kazanım sağlandığı görülmüştür.

Bakım faktörünün 0.67 kabul edilerek hesaplar yapıldığında, koruyucu bakım yapılmadığı için aydınlık düzeyi istenen değer altında kalmış, yetersiz aydınlatma düzeyi için aynı enerji tüketiminin yapıldığı görülmüştür. İç aydınlatma tesisatına ait floresan lambaların en az **IP 5X** sınıftan seçilmesi durumunda temizlik periyodu 3 yıl olacaktır. Daha düşük sınıftaki armatürler için bu rakam 1 yıla kadar düşmektedir. Peron emniyet şeridindeki armatürlerin trenlerin frenleme anında ürettikleri demir ve karbon tozlarının armatürlere yapışmasını önlemek için anti statik özel malzemedan yapılmış armatür kullanılması önerilmektedir. Yer altı metro tasarım ve işletmesinde çok fazla üzerinde durulmayan aydınlatma sistemlerinde yaşanan olumsuzluklar ortaya konulmuş, özellikle güvenlik açısından yeterli aydınlık düzeyinin sürdürülebilir olması için bakım çalışmalarının önemi vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] International energy Agency, 2006 Key World Energy Statistics
- [2] İ.B.B Ulaşım Planlama Müdürlüğü, İstanbul Kentiçi Ulaşımına Çözüm Önerileri Sunum Notları,2009
- [3] The Railway Sector's Ten Years Progress Report,2002 A Contribution To The World Summit On Sustainable Development, Johannesburg.
- [4] www.rail-energy.eu
- [5] Catalogue Standards in Cenelec/TC9X: Electric and Electronic Applications for railways
- [6] TS12127 Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1: Yer altı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları
- [7] www.rssb.co.uk
- [8] Prof. Dr. Sermin Onaylıgil, Endüstri Tesislerinin Aydınlatmasında Enerji Tasarrufu, İ.T.Ü Enerji

Enstitüsü

- [9] Yer altı Metro Sistemlerinin Aydınlatılmasında Enerji Etkinliği, Selçuk Tuna, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Enerji Enstitüsü,2008
- [10] CIE 97 publication 97 "Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems", 1995
- [11] <http://dialux.com>
- [12] Prof.Dr. Sermin Onaylıgil, Aydınlatmada Işık Rengin in Önemi,Kaynak Dergisi,74-77,1993