

LED YOL VE CADDE AYDINLATMA ARMATÜRÜ İNCELEMESİ

Anıl ÇELİK

anilcelik@arlight.net

ÖZET

Aydınlatma alanlarının önemli kalemlerinden birisi de yol ve cadde aydınlatmasıdır. LED teknolojisindeki hızlı değişim ve gelişim süreciyle ülkemizde LED yol armatürlerine olan talep de yoğun şekilde artış göstermektedir. Son yıllarda belediyelerimiz LED yol ve cadde aydınlatma armatürü alımı gerçekleştirmeye başlamış olup, ilerleyen yıllarda TEDAŞ'ın talimatı ile tüm dağıtım şirketlerinin bünyesinde bulundurduğu konvansiyonel aydınlatma ürünlerini LED ürünlerle dönüşümünü gerçekleştirmesi ve yeni alımlarında LED armatürler kullanması beklenmektedir. Önemli ölçüde değişimin gerçekleştirilmesi ve paralel olarak yüksek miktarlarda tasarruf elde edilmesi planlanan bu projelerin hayata geçirilmesinden önce, yol ve cadde aydınlatmasında kullanılacak ürünlerde bulunması gereken ve dikkat edilmesi gereken özelliklerin sektörde çok iyi anlaşılıp tartışılması gerekmektedir. LED teknolojisinin geldiği son nokta itibari ile yapılabilecek tasarruf miktarının bu ciddi proje için değip değmeyeceğinin daha çok konuşulması icap etmektedir. Bu motivasyon ışığında, bu çalışmada LED yol ve cadde aydınlatma armatürü tasarımının uluslararası standartlarla doğrulanması, yol sınıfları uyarınca DIALux programı üzerinden LED armatürle aydınlatma projesinin yapılması, gerçekleştirilebilecek tasarruf miktarları ve geri ödeme sürelerinin hesabının yanında otomasyon sistemlerinin devreye alınmasıyla oluşabilecek olumlu ve olumsuz yönler tartışılmıştır.

1. GİRİŞ

Son yıllarda LED chip teknolojisinde meydana gelen büyük sıçrayış, tüm dünya pazarını etkisi altına aldığı gibi ülkemiz piyasasına da hâkim olmuştur. Bu ilgi suni olmayıp, gerek LED chip ömür raporlarının sürekli güncellenerek günümüzde 100.000 saatlere kadar ulaşması ve gerekse LED armatürlerin etkinlik faktörlerindeki yükselme ile giderek perçinlenmektedir.

Belediyelerimiz son yıllarda sıklıkla dekoratif özellikli aydınlatma direkleri ve LED armatür alımı yapmakta, alımını gerçekleştirdiği ürünleri ilgili dağıtım şirketlerine devretmektedir.

Yol ve cadde aydınlatması, aydınlatmanın diğer alanlarına kıyasla, trafikte bulunan insanların güvenliği için, daha fazla önem arz eden bir konudur. Yol aydınlatma projelerinde uluslararası standartlar ve şartnamelere uymak zaruridir.

Yakın gelecekte TEDAŞ'ın talimatı ile tüm dağıtım şirketlerinin mevcut aydınlatma tesislerindeki konvansiyonel aydınlatma armatürlerini LED ürünlerle dönüştürmesi ve yeni alımlarında LED ürünler kullanması beklenmektedir. Son derece kapsamlı olan ve enerjide dışa bağımlı durumda bulunan ülkemiz için ciddi oranda tasarruf hedeflenen bu projenin hayata geçirilmesinden önce, aralıksız hızlı bir değişim halinde olan LED aydınlatma sektörünün içerisinde bulunduğu son yenilikleri ile incelenmesi önemlidir.

Kullanımı düşünülen aydınlatma armatürlerinin ilgili uluslararası IEC güvenlik ve performans standartlarına uygun olması gerekmektedir. Bu uygunluk bağımsız, güvenilir, düşük belirsizlik değerine sahip AKREDİTE laboratuvarlarla teyit edilmelidir.

2. LED YOL ARMATÜRÜNÜN TASARIM DOĞRULAMASI

LED yol aydınlatma armatürü tasarımı temel anlamda 3 ana başlıktan oluşmaktadır.

- *Mekanik tasarım,
- *Elektronik tasarım,
- *Optik tasarım,

Mekanik tasarımda armatür gövdesi bir çizim programında oluşturulur. Dizaynda en kritik nokta gövdenin ısıyı kolay bir şekilde bertaraf edebilecek yapıya sahip olmasıdır. Bu nedenle ısı analizlerin iyi yapılmış olması ve soğutucu yüzey alanının, tasarlanan güçteki ısı yüküne göre doğru hesaplanmış olması gerekir. Tipik bir LED, enerjisinin %15'ini görünür bölgede ışımak için kullanırken, tükettiği toplam enerjinin %85'iyle ısı üretir[1]. Bu kayıp, gövde üzerinden iletim yoluyla uzaklaştırılabilir.

Elektronik tasarım LED çiplerin seçimini, seçilen çiplerin ve gerektiğinde de yardımcı elektronik komponentlerin yerleştirildiği PCB tasarımını, LED sürücü devresi tasarımını ve ihtiyaca binaen otomasyon sisteminin tasarımlarını içermektedir. Yol aydınlatmasında yüksek güç değerlerine ulaşabilmek için genellikle mid power çiplere kıyasla daha dayanıklı power LED'ler kullanılmaktadır. Yüksek güçler LED çipler üzerinde yüksek ısı yükleri oluşturur. Bu ısıyı PCB üzerinden gövdeye sağlıklı iletebilmek için ısı iletkenlik katsayısı yüksek tipte PCB'ler kullanılmalıdır. LED sürücü sabit akımı, LED chip LM80 raporlarında belirtilen değerlere uygun seçilmeli ve ısı testle jonksiyon sıcaklığı tahmini yapılarak doğrulama gerçekleştirilmelidir. Ayrıca dış aydınlatmada kullanılması planlanan bütün armatürler harici ya da sürücünün içerisinde barındırdığı minimum 4kV parafudr korumasını barındırmalıdır. LED sürücü yüksek güç faktörü ve verim değerine, düşük THD değerine sahip olmalıdır.

Konvansiyonel aydınlatmada ışığı yönlendirmek için kullanılan reflektörlerin yerini LED yol aydınlatma armatürlerinde lensler almıştır. Düzgün bir yol aydınlatma projesi gerçekleştirebilmek için LED armatür 0^0-180^0 aralığında geniş ve simetrik dağılıma sahipken, 90^0-270^0 aralığında yolu daha çok aydınlatacak şekilde asimetrik olmalıdır.

Armatürün sağına ve soluna olabildiğince geniş ve simetrik bir atıma sahip olmasının sebebi, direkler arası mesafeyi artırabilmek, daha az sayıda armatürle homojen aydınlatmayı yakalayarak proje değerlerini sağlayabilmektir.

Gerçekleştirilen tüm tasarım aşağıdaki standartlar ve ilgili simülasyon programlarıyla doğrulanmalıdır.

- *TS EN 60598-1, TS 8700 EN 60598-2-3
- *TS EN 62262
- *TS EN 62722-1, TS EN 62722-2-1
- *IES LM-79-08,
- *TS EN 13201-1 (-2,-3,-4-5) [2]

TS 8700 EN 60598-2-3 [3] standardı yol ve cadde aydınlatmasında kullanılan armatürlerin testlerini içermekte ve büyük bölümünde aydınlatma armatürleri ana standardı TS EN 60598-1'e [4] atıf yapmaktadır. TS EN 60598-1 standardı çok kapsamlı bir standart olup ürünün güvenli ve sağlıklı çalışması ile ilgili testleri kapsamaktadır. Standart kapsamında bir LED yol armatüründe gerçekleştirilen en kritik testler:

- Kısım-7 Topraklama düzenleri
- Kısım-9 Toza, katı cisimlere ve neme karşı koruma
- Kısım-10 Yalıtım direnci, elektriksel dayanım, temas akımı ve koruyucu iletken akımı
- Kısım-12 Dayanıklılık deneyi ve ısı deneyidir.

TS EN 62262 [5] standardı dış mekanik darbelerle karşı IK koruma derecelerinin yer aldığı standarttır. Bu standartta numune ürüne, 60598-1’de geçen mekanik dayanım testindeki darbelerden çok daha ileri düzeyde darbe enerjileri uygulanır. Bir LED armatürün sahip olması gereken değerler TEDAŞ LED Armatür Teknik şartnamesinde belirtilmiş olup; kırılma olmayan bölümler için minimum IK09 (10J darbe enerjisi), kırılma bölümleri için ise minimum IK08’dir (5J darbe enerjisi) [6].

TS EN 62722-2-1 [7] standardı LED armatürlerle ilgili performans standardı olup TS EN 62722-1 [8] ana standardına atıf yapmaktadır.

60598-2-3 standardına tamamına uymak zorunda olan LED yol armatürünün 62722 standardı kapsamında nominal güç, nominal ışık akısı, etkinlik faktörü, ışık şiddeti dağılımı, renksel geri verim değeri, renk sıcaklığı değeri gibi bilgileri elde edilir.

Alım yapacak kurum bu standart kapsamında testleri yapılan armatürler üzerinden karşılaştırma yapabilir, en verimli ve projeye en uygun armatürü seçebilir.

LM-79-08 [9] standardı Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu tarafından yayımlanmış, LED ürünlerin elektriksel ve fotometrik verilerini ölçmek için kullanılan en güncel standarttır.



Şekil 1. C type gonyofotometre [10]

Tüm armatürlerin ve lambaların fotometrik verilerini ölçmek için kullanılan TS EN 13032-1 [11]’den en önemli farkları LM-79’da C-type (aynalı) gonyofotometre istenmesi ve kararlılık sürelerinin LED

armatürler için güncellenmiş olmasıdır.

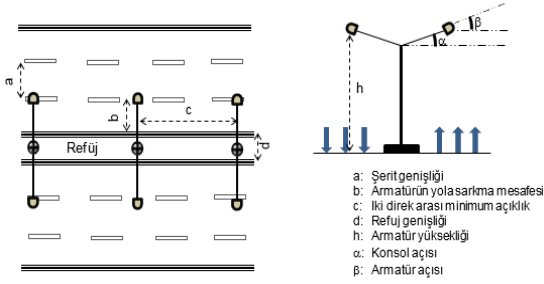
C-type gonyofotometre sistemlerinde, ölçülen numunenin çalışma pozisyonu değişmezken ürün etrafında dönen ayna sistemi ile ışık sensöre iletilir. Bu sayede ölçümü gerçekleştirilen LED ürün termal kararlılığında meydana gelebilecek belirsizlikler minimize edilir.

3. LED YOL ARMATÜRÜ İLE PROJENİN GERÇEKLENMESİ

TS EN 13201 standartları “Aydınlatma sınıflarının seçimi”, “Performans özellikleri,” “Performansın hesaplanması” ve “Aydınlatma performansını ölçme metodları” şeklinde dört ayrı bölümden oluşmaktaydı [2]. 2016 yılında bu dört standarda ilave olarak 13201-5 “Enerji performans göstergeleri” konulu yeni bir standart daha eklenmiştir. Bu standartlarda yer alan bilgiler DIALux, Relux gibi çeşitli simülasyon programlarının içerisinde gömülü durumdadır.

Simülasyon programında, LED armatürün gonyofotometre sisteminde ölçümü sonrasında elde edilen 3 boyutlu dağılım dosyası kaynak kod olarak kullanılır. Yol aydınlatma projelerinde dikkat edilmesi gereken ana konular aşağıdaki gibidir.

- *Aydınlatma sınıfı
- *Direkler arası mesafe
- *Armatür yüksekliği
- *Armatürün yola sarkma mesafesi
- *Konsol açısı
- *Bakım faktörü
- *Yol yansıtma katsayısı



Şekil 2. M1 yol sınıfı, refüjden çift konsollu [12]

dönüşüm planından bahsettiğimiz için öncesinden alımı yapılan konvansiyonel aydınlatma armatürlerinin şartnamesinde geçen proje bilgileri üzerinden gitmek daha tutarlı olacaktır.

Bu şartname TEDAŞ'ın yayınlamış olduğu TEDAŞ-MYD/95-009.B Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesidir.

Bire bir armatür değişimi ile genel bir

Tablo 1. TEDAŞ MYD'de geçen yol sınıfları [13]

Lamba gücü (W)	Aydınlatma düzenekleri	Aydınlatma sınıfı	Şerit sayısı	Şerit genişliği min. (m.)	Refüj genişliği min. (m.)	Direkler arası açıklık min. (m.)
70	-Soldan tek taraflı -Sağdan tek taraflı	M4	2	3.5	-	28
100	-Soldan tek taraflı -Sağdan tek taraflı	M3	2	3.5	-	28
150	-Karşılıklı -Kaydırılmış	M2	4	3.5	-	40
250	-Refüjden çift konsollu karşılıklı -Refüjden çift konsollu kaydırılmış	M1	2x3	3.5	2	48
400	-Refüjden çift konsollu karşılıklı -Refüjden çift konsollu kaydırılmış	M1	2x5	3.5	2	55

21 dağıtım şirketi hali hazırda alımını gerçekleştirdiği yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürleri bu teknik şartname ve özel talepleri doğrultusunda ilave ek şartnameleri üzerinden değerlendirmektedir.

Tablo 1'de teknik şartnamede geçen sodyum armatür güç değerlerine göre

kullanılacak yol sınıfları verilmiştir. Tablo 2 ise TEDAŞ LED armatür teknik şartnamesinde farklı tip yol sınıfları bilgilerini içermektedir. TEDAŞ'ın geçmiş yıllarda yayınlamış olduğu uygulama talimatı da[12] dikkate alınarak her iki tablo karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Armatürlerle farklı tip yollarda sağlanması gereken minimum direkler arası açıklıklar [6]

Aydınlatma düzenekleri	Aydınlatma sınıfı	Şerit sayısı	Şerit genişliği min. (m.)	Refüj genişliği min. (m.)	Direkler arası açıklık min. (m.)
-Soldan tek taraflı -Sağdan tek taraflı	M4	2	3.5	-	28
-Soldan tek taraflı -Sağdan tek taraflı	M3	2	3.5	-	28
-Refüjden çift konsollu	M3	2x2	3.5	2	30
-Refüjden çift konsollu	M2	2x3	3.5	2	35
-Karşılıklı -Kaydırılmış	M2	4	3.5	-	40
-Refüjden çift konsollu karşılıklı -Refüjden çift konsollu kaydırılmış	M1	2x3	3.5	2	48
-Refüjden çift konsollu karşılıklı -Refüjden çift konsollu kaydırılmış	M1	2x5	3.5	2	55

Karşılaştırma neticesinde bu çalışmada M2 ve M3 yol sınıfı için şartnamedeki direk arası mesafelerine bağlı olarak STARK model yol aydınlatma armatürü ile EN 13201:2015 standartlarına göre DIALux Evo simülasyon programı üzerinden aydınlatma proje hesapları gerçekleştirilmiştir.

M2 yol sınıfı için kullanılan armatür toplam gücü (LED sürücü dahil) 86W, M3 yol sınıfı için kullanılan armatür toplam gücü 57W'dır. Ürünlerin TürkAk'dan akredite ARLIGHT Aydınlatma Laboratuvarı'nda

aşağıdaki standartlarda testleri gerçekleştirilmiş, ".ldt" uzantılı dosyaları elde edilmiştir.

*TS EN 60598-1, TS 8700 EN 60598-2-3

*TS EN 62262

*TS EN 62722-1, TS EN 62722-2-1

*IES LM-79-08,

Gerçekleştirilen projede bakım faktörü 0.89 olarak alınmış, yol yansıtma katsayısı R3 olarak belirlenmiştir. Proje sonuç özetleri sırasıyla M3 yol sınıfı ve M2 yol sınıfı olacak şekilde tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. M3 ve M2 yol sınıfı proje özet değerleri

Araç yolu 1 (M3)
Bakım çarpanı: 0.89
Ağ: 10 x 6 Noktalar
İlişkin gözlemci (2):

Lm [cd/m ²] ≥1.00	U ₀ ≥0.40	UI ≥0.60	TI [%] ≤15	U ₀ (ıslak) ≥0.15	EIR ≥0.30
✓ 1.04	✓ 0.62	✓ 0.80	✓ 8	✓ 0.17	✓ 0.47

Gözlemci	Konum [m]	Lm [cd/m ²] ≥1.00	U ₀ ≥0.40	UI ≥0.60	TI [%] ≤15	U ₀ (ıslak) ≥0.15
Gözlemci 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	1.04	0.62	0.80	8	0.17
Gözlemci 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	1.09	0.65	0.84	6	0.18

Araç yolu 2 (M2)
Bakım çarpanı: 0.89
Ağ: 14 x 6 Noktalar
İlişkin gözlemci (2):

Lm [cd/m ²] ≥1.50	U ₀ ≥0.40	UI ≥0.70	TI [%] ≤10	U ₀ (ıslak) ≥0.15	EIR ≥0.35
✓ 1.51	✓ 0.59	✓ 0.77	✓ 7	✓ 0.28	✓ 1.00

Gözlemci	Konum [m]	Lm [cd/m ²] ≥1.00	U ₀ ≥0.40	UI ≥0.60	TI [%] ≤15	U ₀ (ıslak) ≥0.15
Gözlemci 1	(-60.000, 8.750, 1.500)	1.51	0.59	0.83	6	0.28
Gözlemci 2	(-60.000, 12.250, 1.500)	1.51	0.69	0.77	7	0.45

Hali hazırda kullanılan TEDAŞ-MYD/95-009.B Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi ile alımı gerçekleştirilen konvansiyonel armatürler:

sodyum armatür için 15W, 150W sodyum armatür içinse 20W'dır. Şartname lambaya iletilen güç değerini de ±10% ile sınırlamıştır.

-M2 yol sınıfı için 150W Yüksek basınçlı sodyum buharlı armatür
-M3 yol sınıfı için 100W Yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürdür.
Bu nedenle gerçekleştirilen tasarruf miktarları ve kıyaslamalar bu iki güç değeri üzerinden alınmıştır.



Şekil 3. STARK model LED yol aydınlatma armatürü

4. STANDART KULLANIM İÇİN GERÇEKLEŞTİRİLECEK TASARRUF MİKTARI

Yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürlerde beyan edilen güç değerleri, içerisinde bulunan lambanın güç değerleridir. Lamba akımını sınırlamak için armatür, içerisinde endüktif karaktere sahip bir balast barındırır. Şartnamede izin verilen maksimum balast kayıp değerleri 100W

Bu çalışmada lambaya iletilen güç değeri standart nominal değer, balast kayıpları ise izin verilen maksimum değerler olarak alınmıştır. Buna göre karşılaştırılan yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürler ve LED armatür reel tüketim değerleri ve tasarruf oranı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Konvansiyonel LED karşılaştırması

	YB sodyum armatür tüketim	LED armatür tüketim	Tüketim Farkı	Tasarruf Oran
M2 yol sınıfı	170W	86,3W	83,7W	%49,2
M3 yol sınıfı	115W	57,2W	57,8W	%50,2

Her iki yol sınıfı için de otomasyon sistemi olmaksızın rutin çalışma saatlerinde, sabit güç tüketimi için yaklaşık %50 tasarruftan söz edilebilir. Değişimi gerçekleştirilecek tek bir armatür için enerji geri kazanım değerleri ve maddi anlamda yapılacak tasarruf Tablo-5’de verilmiştir.

Tablo 5. Enerji geri kazanımı ve tasarruf miktarı

	Tüketim farkı	Günlük kazanç	Yıllık kazanç	Yıllık tasarruf
M2 yol sınıfı	83,7W	962,55Wh	351,3 kWh	109,60 TL
M3 yol sınıfı	57,8W	664,7Wh	242,6 kWh	75,69 TL

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ömürleri ortalama 20.000 saattir. Günde 11.5 saat çalışan lambaların 5 senede bir değiştirilmesi gerekmektedir. Değişim sırasındaki giderler: vinç, işçilik ve lamba maliyeti olup, LED armatür değişiminde lamba hariç olmak üzere vinç ve işçilik gider kalemleri aynıdır. İkisi arasındaki en büyük fark birim zamanda sonuca ulaştırılan armatür sayısıdır.

Lamba ücreti ve armatür değişimi için gerekli olan fazla sürenin birbirini karşıladığı varsayılarak, LED armatür montaj demontaj fiyatı ve sodyum buharlı armatürlerin her beş senede bir lamba değişimi ve bakım maliyetleri geri ödeme süresi hesabına dahil edilmeden yatırım geri dönüş süresi, armatür fiyatı 170\$ olarak alınarak M2 yol sınıfı için 5 yıl 5 ay olarak hesap edilmiştir.

Yatırım Geri Dönüş Süresi Hesabı [12]

$$YGDS = \frac{TM}{TYTB}$$

$$TM = \sum_{k=1}^n (MDF + LF_k) \times N_k$$

$$TYTB = \sum_{k=1}^n \frac{(GCS \times 365 \times N_k \times EB)(WK_k - WL_k)}{100000} + (IM \times N_k)$$

LED’li yol aydınlatma armatürlerinin onaylanmasına ve kullanılmasına ilişkin uygulama talimatında geçen ve şekil 3’de belirtilen formül uygulandığında yatırım geri ödeme süresi 5 yıl 10 ay olarak hesap edilmiştir.

Bu formüllerde:

YGDS: Yatırım geri dönüş süresini,

TM: Toplam maliyeti,

TYTB: Toplam yıllık tasarruf bedelini açıklamaktadır.

5. OTOMASYON STRATEJİLERİ ARTILAR VE EKSİLER

LED ışık kaynaklı yol aydınlatma armatürleri teknik şartnamesinde, “gerekli ışık akısı değeri istenen ışık akısı seviyelerinde ayarlanabilir şekilde dimlenebilir (loşlaştırılabilir) olacaktır” şartı geçmektedir. Yine uygulama talimatında M2 yol sınıfı uzaktan otomasyonlu, M3 yol sınıfı kademeli olacak şekilde dimleme yöntemleri tanımlanmıştır.

Aydınlatmanın kritik bir dalı olan yol aydınlatmalarında bir görüşe göre trafik yoğunluğu azaldığında ışık akısı dolaylı

olarak ortalama yol yüzey parlaklığı azaltılabilirken, diğer bir görüşe göre trafik yoğunluğu azaldığı için araç hızının ve güvenli duruş mesafesinin artması hasebiyle daha yüksek yol parlaklığı düzeylerine ihtiyaç vardır [14].

Bu nedenle belirli saatlerden sonra dimleme yapıp yapılmayacağı konusu hala sürüncemededir. Bu sorunun belirli bir saatte dimleme yapıldıktan sonra yolun meşgüliyetini izleyen ve gerektiğinde ışık seviyesini artıracak sensörlü sistemlerle çözümü tartışmaya açıktır.

LED driver üreticilerinin genelinde standart 0-10V, 1-10V, DALI, PWM gibi dimleme yöntemleri bulunurken, her üreticinin kendine özgü geliştirdiği AstroDIM, ChronoSTEP, Dynadimmer gibi yöntemler de mevcuttur. Bir dönüşüm projesinde dimleme yöntemi için en kritik konulardan biri harici kabloya gerek duyulup duyulmadığıdır. Çünkü mevcut işletmelerde Faz-Nötr-Toprak bağlantıları mevcut olup ekstra kablo hattı ekstra maliyet anlamına gelmektedir.

Ekstra kablo bağlantısı olmaksızın loşlaştırma yöntemlerinde RF (radyo frekansı) üzerinden DIM yapabilmek, AC besleme hattı üzerinden farklı frekansta bilgi alış verişini ile DIM yapabilmek ve sürücü içerisine önceden yüklenen bir DIM senaryosu ile DIM yapabilmek gibi seçenekler mevcuttur.

Sürücü içerisine gömülen senaryo, yaz-kış mevsim farkı gözetmeksizin yaklaşık ± 15 dakika toleransla aynı saati bulabilmektedir. Sürücü, astronomik zaman saati olmaksızın gün içerisinde çalıştığı süreyi sayarak gece 00:00'ı referans almakta ve mevcut senaryodaki bölümleri bu referans üzerinden oluşturmaktadır.

Örneğin 29 Ekim günü İzmir'de güneş 6.31'de doğup 17.19'da batmaktadır, bu

çalışma süresinin orta noktasındaki referans saat 23.55'dir. Yine 23 Nisan'da 5.20'de doğup 19.00'da batmaktadır. Bu çalışma süresinin orta noktası da 00:10'dur.

Sistemin dezavantajı DIM senaryosunun güncellenme ihtiyacında, tüm ürünlerin tekrar açılması gerekliliğidir. Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için bazı LED sürücü üreten firmalar yaptıkları AR-GE çalışmalarında besleme hattı üzerinden program atabilmeyi sağlayan sistemler geliştirmektedirler.

6. SONUÇ

Son derece hassas bir konu olan yol aydınlatması ve yollarda kullanılacak LED armatürlerin seçimi için en doğru kaynaklar standartlardır. Ürün tasarımları ilgili standartlar doğrultusunda akredite ve bağımsız laboratuvarlarda doğrulanmalıdır. İlgili yol aydınlatma projesini sağlayan LED armatürler, TS EN 62722-2-1 LED armatür performans standardı üzerinden karşılaştırılabilir.

Bu çalışmada M2 ve M3 yol sınıfları için, dimleme yapılmaksızın hesaplanan tasarruf değerleri yaklaşık %50 olarak hesap edilmiştir. Bu değer son yıllarda ciddi yenilenebilir enerji yatırımlarıyla enerji ithalatını azaltmayı hedefleyen ülkemiz için önemli bir kazanç anlamı taşımaktadır.

Sık anahtarlama yapılabilen ve kolay dimlenebilen LED armatürler, bu avantajı ile akıllı aydınlatmanın ve akıllı şehirlerin kapısının anahtarıdır. Bununla birlikte loşlaştırma konusunda, trafikte seyredenlerin güvenliğini gözetecek kabul görmüş standart bir yöntem mevcut olmayıp, konu hakkındaki çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tim Whitacer - Fact or Fiction – LEDs don't produce heat – LEDs magazine 2005.
2. TS CEN/TR 13201-1 Yol aydınlatması – Bölüm 1: Aydınlatma sınıflarının seçimiyle ilgili kılavuz 2015.
3. TS EN 13201-2 Yol aydınlatması – Bölüm 2: Performans özellikleri 2016.
4. TS EN 13201-3 Yol aydınlatması – Bölüm 3: Performansın hesaplanması 2016.
5. TS EN 13201-4 Yol aydınlatması – Bölüm 4: Aydınlatma performansını ölçme metotları 2016.
6. TS EN 13201-5 Yol aydınlatması – Bölüm 5: Enerji performans göstergeleri 2016.
7. TS 8700 EN 60598-2-3 Aydınlatma armatürleri – Bölüm 2-3: Belirli özellikler – Yol ve aydınlatması için 2005.
8. TS EN 60598-1 Aydınlatma armatürleri -Bölüm 1: Genel kurallar ve deneyler 2015.
9. TS EN 62262 Dış mekanik darbelere karşı elektrikli donanımın mahfazası ile sağlanan koruma dereceleri 2002.
10. TEDAŞ-ARGEP/2010-057.B LED Işık Kaynaklı Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi - Eylül 2010 (Revize Mart 2015).
11. TS EN 62722-2-1 Armatür performansı Bölüm 2-1: LED armatürler için özel kurallar 2016.
12. TS EN 62722-1 Armatür performansı – Bölüm 1: Genel ihtiyaçlar 2016.
13. IES LM-79-08 Approved Method: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State-Lighting Products 2008.
14. C-Type gonyofotometre sistemi - Arlight Aydınlatma Laboratuvarı.
15. TS EN 13032-1 Işık ve aydınlatma – Lmbaların ve armatürlerin fotometrik verilerinin ölçülmesi ve sunulması – Bölüm 1: Ölçme ve dosya biçimi 2012.
16. LED'li yol aydınlatma armatürlerinin onaylanması ve kullanılmasına ilişkin uygulama talimatı – TEDAŞ Genel Müdürlüğü – Eylül 2015.
17. TEDAŞ-MYD/95-009.B Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi – Ekim 1995 (Revize Mayıs 2008).
18. Yol aydınlatma tesisatlarında otomasyon stratejileri – Burcu BÜYÜKKINACI, Sermin ONAYGİL, Önder GÜLER, M.Berker YURTSEVEN - sayfa.2 - 2015. (Taslak aşamasındadır)