

TRAFİK SİNYAL LAMBALARININ STANDART OPTİK TESTLERİ

A. Kamuran TÜRKÖĞLU¹ Yusuf ÇALKIN² Ferhat SAMETOĞLU³

^{1,2,3}Optik Standartları laboratuvarı

TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü, 41470, Gebze, Kocaeli

¹e-posta: akt@ume.tubitak.gov.tr ²e-posta: calkin@ume.tubitak.gov.tr

³e-posta: ferhat.sametoglu@ume.tubitak.gov.tr

Anahtar Sözcükler: Sinyal Lambası, Fotometri, Test, Trafik.

ABSTRACT

Optical properties of traffic signal lights which are commonly used in traffic signalization, are determined by means of photometric test and measurements. Those measurements are defined by international standards and are carried out both in the design and production phases and on final product. Some of the characteristic test and measurements required by the industry, can now be provided by our local capabilities. Those are first defined and categorized in terms of photometrical measurement quantities, and are given in this report while referencing national and international standards.

1. SİNYALİZASYON ve STANDARTLAR

Aktif karayolu trafik işleyişinde sinyalizasyon daha çok görüntülü aydınlatma gereçleri kullanılarak sağlanmaktadır. Yeni malzeme ve tekniklerle sürekli daha iyi performansı amaçlayan günümüz teknolojileri paralelinde yarıiletken teknolojisindeki gelişmeler, trafik sinyal lamba sektöründe LED (Işık yayıcı Diyot) tabanlı sinyalizasyon cihazlarına geçişi hızlandırmıştır.

LED'li sistemlerin ölçümlerinde, bu malzemelerin fiziksel özellikleri nedeniyle ilgili ölçüm teknik ve cihaz sistemleri standardizasyon çalışmaları sürmektedir [1].

Araç ve yaya trafik düzeni ile doğrudan hayat akışını etkileyebilen sinyalizasyon sistemlerinin standartlara uygun üretim ve kullanımını insan sağlığı ve maddi açılardan oldukça önemlidir. Üretimde ürün üzerinde yapılacak ister görsel ve anlık bir inceleme, ister uzun zamanlı özel bir ölçüm aşaması olsun, gerçekleştirilen test işlemi,

sistemin toplam performansını ve uygunluğunu, insan ve çevre sağlığını etkileyebilecek önemde olabilir. Bu nedenle üreticiler, daha tasarım ve geliştirme aşamalarında, kurumiçi özel uygunluk ve kabul kriterleri ile bu çalışmalara başlayarak, satış öncesinde ISO/EN standartları kalite gereksinimleri çerçevesinde, test ve ölçüm merkezlerinde kapsamlı fonksiyonel test ve belgelendirme çalışmalarını gerçekleştirirler. İlgili test ve ölçüm çalışmaları, üretici bünyesinde veya yurtiçi şartlarla sağlanamıyorsa, zaman alabilmekte ve ek maddi yük getirmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarla, özellikle trafik sinyalizasyonunda kullanılan sinyal lambaları standart optik testlerinin önemli bir kısmını, TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü Optik Standartları Laboratuvarında kurulan özel ölçüm düzenekleriyle yapılabilir hale gelmiştir [2].

2. FOTOMETRİ

İnsan gözü ile görme, geniş elektromanyetik tayfın kızılötesi ve morötesi bölgeler arasında kalan 380 ile 780 nm dalgaboyları ile sınırlı kısmında ger-

çekleşmektedir. Uluslararası Aydınlatma Komitesi (CIE), insan gözünün algılama duyarlılığını 'fotopik' $V(\lambda)$ fonksiyonu olarak tanımlayarak standartlaştırmıştır [3]. Görülür bölgedeki ışığa yönelik ve ışıyım özellikleri yapılan tüm ölçümler fotometri alanının konusudur [4]. Fotometri alanında temel nicelik olarak yedi temel ölçüm biriminden biri olan ve kandela birimi (cd) cinsinden ifade edilen ışık şiddeti (I) kabul edilmektedir. Fotometrinin temel birimi kandela ve ondan türetilen başlıca fotometrik nicelikler, birim gösterimleriyle birlikte aşağıda Tablo.1'de verilmektedir (cd: Kandela, lm: lümen, lx: lüks, sr: steradyan).

Tablo 1. Temel Fotometrik Ölçüm Büyüklükleri

Ölçüm Büyüklüğü	Gösterim	Birimi
Işık Akısı		lm
Işık Şiddeti	I	cd = (lm / sr)
Aydınlık Düzeyi	E	lx = (lm / m ²)
Parıltı	L	cd / m ²

2.1. Işık Şiddeti

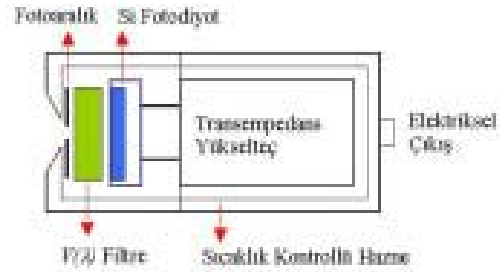
Işık şiddeti, bir ışık kaynağından belli bir yönde yayımlanan katı açı başına ışık akısı olarak tanımlanır ve cd cinsinden ifade edilir. Işık şiddeti açıya bağımlıdır ve (1) eşitliği ile radyometrik birimlerle birleştirilir:

$$I_V = K_m \int_{380}^{780} I_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \dots (1)$$

Burada $K_m = 683 \text{ lm/W}$ çevirim katsayısı ve $V(\lambda)$ ise dalgaboyuna bağlı standart fotopik eğrisidir.

Işık Şiddeti, dış yüzeyinde dağınmış ışığı toplamaya yarayan bir beyaz difüzör olan, insan gözü duyarlılığına sahip yeşil renkli bir $V(\lambda)$ filtre ve yükseltece bağlı bir silikon dedektörden oluşan fotometreler ile ölçülür (Şekil.1). Ticari çoğu fotometrenin ölçüm doğruluğu $\pm \% 5$ 'ler seviyesindedir ve genel olarak yılda bir kez kalibre edilmesi tavsiye edilir. Hassas fotometrelerde, yüksek şiddetli ışık

ölçümlerinde ve çevredeki sıcaklık şartlarından etkilenmemesi için cihaz haznesi içi sıcaklık kontrollü olarak tasarlanır [5].



Şekil 1. Difüzörlü Fotometre İç Yapısı

Darbeli, geniş açılı veya düşük seviye ışık ölçümlerinin hepsine cevap verebilecek tek bir çeşit fotometre cihazı yoktur. Ancak ölçüm laboratuvarlarında kullanılacak fotometre başlığı tayfsal duyarlılığının insan gözü duyarlılığına çok yakın olması ($f_1 < 3$) ve hem düşük hem de yüksek aydınlatmalar için benzeri yükseltme özelliğine sahip olması, yani doğrusal olması beklenir. Fotometre başlıkları, ne derecede standart $V(\lambda)$ eğrisine benzediklerine göre, farklı tayflardaki ışık kaynakları için değişik doğrulukta ışık şiddeti ölçümü yapabilirler.

Trafikte kullanılacak sinyal lamba sistemlerinin, kullanım yeri ve görüş özellikleri nedeniyle sağlanması gerekli olduğu Kandela cinsinden ışık şiddeti değer aralıkları vardır. Örneğin TS EN 12368'e göre, trafik sinyalizasyonunda kullanılan 200 veya 300 mm çaplı kırmızı, sarı ve yeşil sinyal lambalarının performans seviyeleri ve sınıfları referans ekseninde alınan ışık şiddeti ölçümleri sonuçlarına göre, üçer performans seviyeli 2 temel sınıfta toplanırlar [6];

Tablo 2. Sinyal Lambalarının Işık Şiddeti Değerleri

Performans Seviyesi	1	2	3
Sınıf 1: $I_{(MAKS)}$	400 cd	800 cd	1000 cd
Sınıf 2: $I_{(MAKS)}$	1100 cd	2000 cd	2500 cd
Sınıf 1-2: $I_{(MIN)}$	100 cd	200 cd	400 cd

Örneğin 2/1 ifadesi ile tanımlı lamba, 2 performans seviyeli ve Sınıf-1 bir trafik lambası olup, referans ekseninde en az 200 ve en çok 800 cd yayması beklenir.

Çoğu akkor lambanın yaydığı ışık şiddeti ilk çalıştırıldığında artış gösterir ve ancak belli bir süre sonra kararlılığa ulaşır. Bu nedenle, lamba kaynaklı sinyal lambaları test ölçümleri öncesinde kullanılan lamba tipine bağlı olarak nominal çalışma akımı ve sabit anma gerilimlerinde 1-3 gün gibi sürelerde çalıştırılıp 'eskiteme' işlemine tabii tutulurlar.

2.2. Işık Şiddeti Dağılımı

Sinyalizasyonda kullanılacak LED (Işık Yayıcı Diyot) ve lamba gibi her türlü ışık kaynağının bireysel olarak ışık şiddeti, renk, renk sıcaklığı gibi teknik özelliklerinin tasarım öncesinde bilinmesi gereklidir. Bu kapsamda bireysel olarak LED'ler belli akımlardaki yönsel ışık şiddeti ve ışık yayım açılarıyla tanımlanırlar. LED'ler huzme şeklinde belli yönde ve şekilde ışık yayarlar. Işık şiddeti Kandela da, sadece belli yön ya da doğrultuda ölçülebilen açısal bir büyüklüktür. Yani hem ışık şiddeti kandelanın niteliği hem de LED'lerin fiziksel karakteristikleri nedeniyle, bir trafik lambasının ışık şiddeti değerleri yön ve konuma bağımlı değişir.

Bir armatür olarak sinyal lambası içine dizilmiş LED dizininin 'Kandela' cinsinden toplam ışık şiddeti, kullanılan LED'lerin bireysel 'Kandela' değerlerinin aritmetik değerleri toplamından çok farklı olur. Toplam ışık şiddeti, kullanılan LED'lerin ışık şiddeti ve açıları ile ilişkilidir ama bu LED'lerin dizin şekli ve sıklığı ile de çok değişecektir. Ayrıca trafik lambalarında olduğu gibi LED dizini önüne konulacak lens gibi ek aksamlar ışık yayım şekli ve şiddetini etkileyecektir.

Bu kapsamda sinyal lambaları, genel olarak yatayda $\pm 0-30^\circ$ ve düşeyde $0-20^\circ$ açılı eksenler arasında vermesi gereken minimum ışık şiddeti değerleri dağılımları ölçülüp belirlenerek, dar, orta,

geniş ve çok geniş huzmeli olarak sınıflandırılırlar. Aydınlatmada kullanılan temel ışık kaynakları ve armatürlerin açısal ışık şiddeti değerleri, üç eksenle hareketli gonyometrik pozisyon sistemleriyle ölçülmektedir.

2.3. Parıltı ve Parıltı Homojenliği

Aydınlık Şiddeti ve Işık Yoğunluğu olarak adlandırılan Parıltı, aydınlık veren bir yüzeyden yayımlanan ışık akısının dikey birim izdüşüm alan ve birim katı açı için değeridir [7]. Matematiksel olarak, verilen bir yüzeydeki ışık akısının, verilen alanın belirtilen yöne dik izdüşümüne ve katı açısına oranı olarak tanımlanabilir. Metrik olarak cd/m^2 birimi üzerinden tanımlı parıltı (ya da aydınlık şiddeti), İngiliz FootLambert birimine $1 \text{ cd}/\text{m}^2 = 0.2919 \text{ fL}$ olarak dönüştürülür.

LED tabanlı ışık kaynakları gibi bir yüzey boyunca homojen aydınlatma verebilen kaynaklar için cd/m^2 cinsinden parıltı değerlerinin belirlenmesi gerekir. Parıltı ölçümlerindeki önemli bir nokta ölçüm yüzeyinin büyüklüğü ve bu alanın cihaz görüş açısı ile uygunluğudur. Bu nedenle bu tür ölçümlerde sıklıkla görüş açısı 10, 2, 1, 1/2, 1/6° vb gibi çeşitli açılarda yüzey genişliğine göre ayarlanabilen değişken açılı Parıltıölçer'ler kullanılır. TS EN 12368, bu kapsamdaki parıltı ölçümlerinde parıltı-ölçer görüş açısının sinyal lambası üzerinde 25 mm'yi kapsayacak şekilde olması ve ölçüm belirsizliğinin % 5'ten az olması gerektiğine işaret etmektedir.

Çapı 20 ve 30 cm olan trafik sinyal lambaları gibi geniş yüzeyli kaynaklarla yapılan aydınlatmalarda, ışık büyük bir alandan yayılarak etrafı aydınlattığından cihaz üzerinde belli noktalarda birçok ölçümler alınarak ışık yayıcı dış yüzey üzerindeki parıltı homojenliğinin de ölçülmesi gereklidir [8]. Bu tür ölçümler, gerekli görüş açısı mesafesindeki, yatay ve dikey eksenel açılarda iki boyutta hareketine olanak tanıyan gonyometrik platformlar üzerine yerleştirilen parıltı ölçer sistemleri kullanılarak gerçekleştirilir.

2.4. Renk

Bizim algıladığımız şekliyle bir cisimin renkli görülmesi, cisimlerin içerdikleri renklendirici maddeler nedeniyle üzerine düşen ışığın bir kısmını soğurmaları ve soğurulmayıp yansıyan (ya da geçen) ışığın gözle algılanması şeklinde açıklanabilir. Yani renk, insan gözüne cisimler üzerinden gelen ışığın rengidir. Bu bakımdan bir sinyal lambasının rengi sadece içindeki LED ya da lambanın ışık rengine değil, önündeki merceğin tayfsal geçirgenliği ve zemin malzemenin yansıtma özelliklerine, ortam aydınlatması şiddet ve yapısına, ve dahi görüş açısı gibi birçok faktöre bağlıdır.

Yapılan bilimsel araştırmalar algıladığımız tüm renklerin birbirinden bağımsız ve doğrusal kırmızı, yeşil ve mavi üç temel tayfsal rengin birleşiminden oluştuğunu göstermektedir. 1931 yılında CIE tarafından, standart x_0 , y_0 , z_0 primer renkleri tanımlanarak, diğer gördüğümüz renklerin sayısal olarak hesaplanabildiği temel renk koordinat sistemi oluşturulmuştur [9].

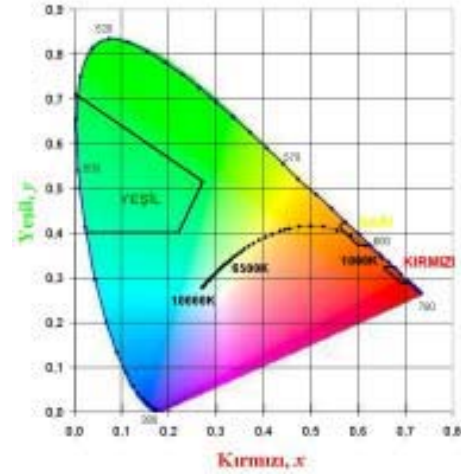
Şekil.2’de gösterilen trafikte kullanılan kırmızı, sarı ve yeşil lambaların sağlaması gereken renk sınırları, TS EN 12368 madde 6.7 ile şu şekilde belirlenmiştir [10]:

Tablo 3. Sinyal Işıkları Renk Sınırları

Işık Rengi	Aralık Sınırı	Renk Sınırı
Kırmızı	$y = 0,290$ $y = 0,980 - x$ $y = 0,320$	Kırmızı Mor Sarı
Sarı	$y = 0,387$ $y = 0,980 - x$ $y = 0,727x + 0,054$	Kırmızı Beyaz Yeşil
Yeşil	$y = 0,726 - 0,726x$ $y = 0,625y + 0,041$ $y = 0,400$	Sarı Beyaz Mavi

Standartlar gereği örneğin ışık kaynağının rengi yerine tayfsal ışınımının tepe dalgaboyunun ölçülmesi de istenilebilir. Bu tip ölçümlerde, farklı zamanlarda alınan birçok tekrarlı ölçüm sonuçlarının ortalamaları değerlendirilir. Bunun için, test

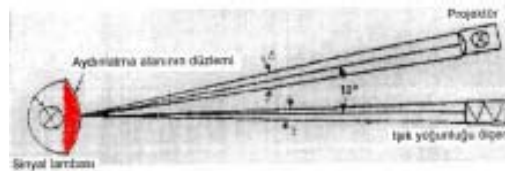
nümuneleri değişik üretim zamanlarından parti büyüklüğüne göre belli oranlarda fakat rastgele seçilir. Beklenenin üstündeki sayıda olumsuz sonuçlu nümune çıkması durumunda nümune sayısı ve alım sıklığı artırılabilir.



Şekil 2. Trafik Sinyal Lambaları Renk Sınırları

2.5. Yanıltıcı Sinyal

Yanıltıcı ‘Fantom’ sinyal oranı, trafik sinyal lambalarının özellikle yazın öğle üzeri zamanları gibi güneş kaynaklı ortam aydınlatmasının en fazla olduğu dönemlerdeki bireysel görülebilirlik seviyelerinin bir ölçütüdür. Şekil:3’te görüldüğü gibi yanıltıcı sinyal ölçümlerinde, trafik lambası kendisini 10° açıyla gören ve üzerinde 40000 lx’lük bir aydınlatma oluşturabilen 2856 K renk sıcaklığında çalışan bir A-tipi aydınlatıcı projektör ile aydınlatılır.



Şekil:3. Yanıltıcı Sinyal Ölçüm Düzenegi

Test ölçümlerinde, sinyal lambasının kendisi çalıştırılarak ve çalıştırılmadan üzeri projektör ile aydınlatılarak 10m mesafede ışık şiddeti ölçümleri alınarak,

bu iki ışık şiddeti değeri birbirleri ile oranlanır. Oran seviyelerine göre 5 sınıfta toplanan sinyal lambalarında oranı 16:1'ten büyük olabilen sinyal lambaları 5. ve en üst sınıf olarak kategorize edilirler.

3. DİĞER ÖLÇÜMLER

Karayolu aydınlatması ve sinyalizasyonda kullanılan LED tabanlı değişebilen bilgi ve görüntü panelleri, sis lambaları gibi trafikte kullanılan bir çok ekipmanın optik testleri, belirtilen fotometrik niceliklere dayandırılarak benzeri yöntemlerle gerçekleştirilir. Retroreflektif geri yansıtıcı malzemelerin geri-yansıtma değerleri yine fotometrik ölçümlerle belirlenen önemli özelliklerdendir. Bu tip ölçümlerde yine 2856 K renk sıcaklığında ışyan A-tipi standart lambalar ve geometrik açısal konumlarda ayarlanan hassas fotometre başlıkları kullanılır [11].

Sinyal lambalarında kullanılan komponent (LED, lamba, vb) veya dış ortamla temas edecek aksamların güneş ışığı, özel sıcaklık ve nem değerlerinde belli süre ve şartlarda iklimlendirilerek, performanslarının karşılaştırıldığı dayanıklılık ve ömür testleri de istenilen bu kapsamdaki ölçümlerdendir.

4. SONUÇ

Günümüz kalite gereksinimleri ve AB ilişkileriyle hızlanan ihracat düzenlemeleri, trafik sinyalizasyonu üreticilerini de, ürettikleri ürün özelliklerinin belirlenmesi ve belgelendirilmesinde birçok optik testin yapılmasına yönlendirmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerle tanımlı bu testler, sıcaklık ve nem kontrollü özel karanlık oda laboratuvarlarında kurulan kapsamlı optik düzeneklerde, bilgisayar kontrollü özel optik cihazlarla alınan hassas ölçümleri gerektirmektedir. Trafik sinyal lambaları özel optik ölçümlerinin yurtiçi şartlarla yapılabilmesi için, standartlara uygun ölçüm düzenekleri kurularak, test ve ölçüm hizmet verilmesi sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] CIE Yayını No:127, "Measurement of LEDs", 1997
- [2] K.Türkoğlu, F.Samadov, M.Durak, U.Küçük "Otomotiv Sektöründe Optik Test ve Ölçümlerin Yeri" III.Ölçümbilim Kongresi Bildiri Kitapçığı, Eskişehir, 1999, s.140-145
- [3] IE Yayını No:18.2, "The Basis of Physical Photometry", 2nd Ed., Viyana - Avusturya, 1983
- [4] K.Türkoğlu, U.Küçük, "Işığın Ölçümü", Üretimde Kalite, 1999, s.20
- [5] K.Türkoğlu, F.Samadov, M.Durak, U.Küçük, "Construction of a Reference Photometer Head for the Realization of Candela", CIE Kongresi, İstanbul, 2001
- [6] S EN 12368: Trafik Kontrol Donanımı – Sinyal Lambaları, Nisan 2002
- [7] Sirel, "Aydınlatma Sözlüğü" Yem Yayınları, 1997.
- [8] S EN 12352: Trafik Kontrol Teçhizatı – Işıklı Uyarı ve Güvenlik Cihazları, Aralık 2002
- [9] K.Türkoğlu, "Flüoresan Lambaların Tayfsal Özelliklerinin CIE Normlarına Göre Belirlenmesi", V.Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 8 Ekim 2004
- [10] K.Türkoğlu, F.Sametoğlu, Y.Çalkın, U. Küçük "Otomotiv Yan Sanayiinde İhtiyaç Duyulan Standart Fotometrik Test ve Ölçümler", TMMOB Makina Mühendisleri Odası, IX. Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı, s34-45, 27-28 Mayıs 2005, Bursa
- [11] STM E809-91: Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflectors, 1991