

AYDINLATMA KAYNAKLARININ İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN GÜVENLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

A.Kamuran TÜRKOĞLU

İzmir Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Müh.Böl, Üçkuyular 35350 İzmir

E-posta: kamuran.turkoglu@izmir.edu.tr

ÖZET

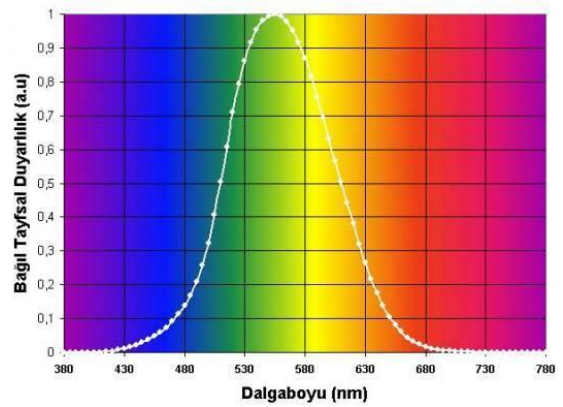
Aydınlatma kaynaklarının ışınlamaları bazı durumlarda insan sağlığına zararlı olabilir. Genel olarak bu tehlike seviyesi; ışıının şiddeti, dalga boyu aralığı, maruziyet süresi ve geliş açısı gibi birçok faktörün toplam etkisine bağlı olur. Bu nedenle öncelikle aydınlatma kaynağının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Ancak etki; deri, göz ya da gözün korneası gibi ışığın eriştiği farklı bölgelerin yapısına göre de değişiklik gösterir. Bu bağlamda fotobiyolojik etkiler genel olarak dalga boyuna göre değişen standart 'etki tayfı eğrileri' ile tanımlanırlar. Böylece, mutlak ışıının tayf dağılımı bilinen bir aydınlatma kaynağı için belirli fotobiyolojik etki değerlerinin hesaplanması mümkün olur. Bu çalışmada ten ve göze etkiyen aktinik UV tehlike, retinadaki mavi-ışık ve ısı tehlike, yanık tehlikeleri gibi belirli bantlardaki temel etki tayfları tanıtılmaktadır. Uluslararası IEC/EN 62471- Lambaların ve Lamba Sistemlerinin Fotobiyolojik Güvenliği standardında belirtilen ölçüm yöntemleri aktarılmaktadır. Bazı yüksek güçlü LED tabanlı armatürlerin ışıının tayfları kullanılarak hesaplanan tehlike değerlendirilmesi örneği verilmektedir.

1. YAPAY IŞIK KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji ve sürdürülebilirlik kavramlarının yaygınlaştığı günümüzde, en büyük ısı ve ışık kaynağımız güneşten maksimum faydalanabilme arayışları artmıştır. Yapay aydınlatma alanında; tungsten akkor lambalardan sonra flüoresan lambalar, ve hemen ardından kompakt flüoresan lambaların kullanıma alınması, görme kalitesinden ödün vermeden harcanan enerjinin azaltılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Son dönemde aydınlatma alanında yaşamakta olduğumuz LED devrimi, bu yöndeki en büyük gelişmedir [1]. Küçük boyutları, uzun kullanım süreleri, geniş renk tercihleri ve üstün verim özellikleriyle LED kullanımının 5 yıl sonra %70'ler seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir [2].

Yeterli aydınlık düzeyinde renkli görmemizi sağlayan gözlerimizin görebilme hassasiyeti, güneşin en çok ışığa yaptığı bölge ile uyum içerisindedir (Şekil.1). Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından 1931 yılında standartlaştırılmış bu $V(\lambda)$ duyarlılık

eğrisi, 1 cd/m² aydınlık düzeyinin üzerinde gözlerimizin sarı-yeşil renkli ışıklar arasındaki 555 nm dalga boyunda en yüksek hassasiyete sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu eğri, 380 nm dalga boyu altındaki morötesi ışığı algılayamadığımızı veya 780 nm üzerindeki kızılötesi ışınlamaları göremediğimizi göstermektedir. Aynı zamanda farklı renkteki ışıkları farklı hassasiyet seviyelerinde algılayabildiğimizi açıklamaktadır. Ayrıca bu nedendir ki güneşe doğrudan bakamayız ya da örneğin; çalışmakta olan sıcak bir ütünün sıcak olduğunu bakarak fark edemeyiz.



Şekil 1. CIE 1931 $V(\lambda)$ Görme Duyarlılığı

Günümüzde görmenin yanı sıra; fotosentez ve insan sağlığı gibi birçok temel alandaki

ışıksal duyarlılık ve limitler, uluslararası teknik komitelerde çalışmalarını birleştiren araştırmacılar tarafından standart fonksiyonlar halinde belirlenmektedir.

2. ETKİ TAYFLARI

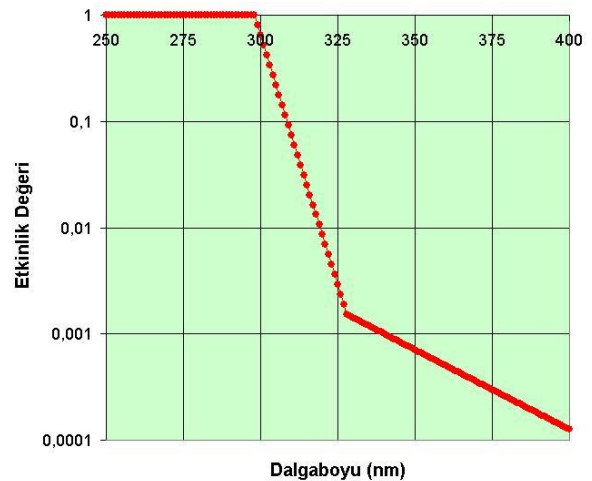
Genel olarak, 0.2 ile 3 μm dalga boyları arası ışıma yapan güneşin toplam enerjisinin yarısı kızılötesi bölgededir ve ısı formunda etki eder. Güneşin toplam ışıınının sadece % 2-3'lük kısmı morötesi (UV) bölgede etkir [3]. Bu kısım çok az olsa da, morötesi ışığın önemli fotobiyolojik etkileri vardır. Örneğin, özellikle 254 nm dalga boyundaki morötesi ışığın enerjisinin bakteri boyutundaki canlıları öldürebildiği bilinmektedir. Öte yandan bu durum, yapay morötesi ışık kaynakları ile su içerisindeki bakterilerin yok edilmesi, ve böylece endüstride yaygın olarak içme suyunun temizlenmesi olanağını sağlamıştır.

Işığın canlılar üzerindeki fotobiyolojik etkileri temel olarak ışıının şiddeti, dalga boyu aralığı ve maruziyet süresine bağlıdır. Ancak bu etki ışığın geliş açısı ve üzerine geldiği bölgenin fizyolojik yapısı gibi birçok yan faktörle de değişiklik gösterir. Ayrıca insanların ışıktan etkilenme seviyeleri ırka ve yaşa göre çok değişir.

Bir fotobiyolojik etkenin dalga boyuna bağlı etki seviyesinin tanımlandığı, dalga boyuna göre değişen fonksiyonel eğri, 'etki tayfi' olarak adlandırılır. Bu bağlamda özellikle verimlilikleri giderek artan yüksek güçlü LED'ler kullanılarak oluşturulan armatürlerin sağlığınıza ne derece zararlı olup olmadıklarının araştırılması merak konusudur. Çoğu beyaz renkli ışık yayan ticari LED, 450 nm dalga boyu civarında ışıyan mavi renkli bir LED ve 550-650 nm arasında yeşil ışık veren fosfor kaplamasından oluşur. Özellikle yüksek renk sıcaklığı değerine sahip LED'lerdeki mavi ışık çıktısı daha fazla olur.

2.1. Ten Yanığı (Erythema)

Deride ışık nedeniyle yanıkların oluşumu morötesi ışığın en önemli etkilerindendir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafınca tanımlanmış, dalga boyuna bağlı olarak belirlenen tende kızarıklık oluşturan ışık yanığı (*Erythema*) standart etki tayfi Şekil.2'de verilmektedir [4]. Bu etki tayfi, etkinin 300 nm dalga boyu altında baskın olduğunu ve 300 nm'den 325 nm dalgaboyuna çıkarken etki gücünün binde birine indiğini göstermektedir. Etki tayfi ayrıca ışık seviyesi ve kızarıklık ilişkisinin kademeli olarak tanımlanabilmesine olanak tanımaktadır. Bu şekilde alınan 100 J/m² birimli entegre ışık maruziyeti birim Standart Erythema Dozu (SED) olarak kabul edilmiştir [5]. Uluslararası standartlar 270 nm dalga boylu 3 mJ/cm²'yi aşan bir ışığa 8 saat maruz kalınmasının zararlı olabileceğine işaret etmektedir. Bu bağlamda, örneğin yaklaşık 4 SED miktarındaki bir ışıının beyaz tende kızarıklık yaratabilir. Öte yandan günümüzde uzun süreli morötesi ışığın kanserojen etkisi bilinmektedir.



Şekil 2. Erythema Etki Tayfi

2.2. Kornea Yanması (Photokeratoconjunctivitis)

Gözümüzün en dışında yer alan kornea tabakası, yapısı itibarıyla 295 nm dalga boyu altındaki tüm morötesi ışınları soğurur ancak acıya hassas değildir. 288 nm dalga boyunda en fazla etkin olan Kornea Yanması (*photokeratitis*) acı veren, morötesi ışık etkili bir biyolojik duyarlılıktır. *Photokeratoconjunctivitis*, morötesi ışınım nedeniyle gözün kornea ve conjunctiva bölümlerinde oluşabilen yakıcı etkidir. Şekil 3'deki etki tayfında görüldüğü gibi 320 nm dalga boyu altı ışınımlarda etkili olup, 270 nm civarında en fazla görece etkiye sahiptir. 295 ile 325 nm arası yoğun morötesi ışığa uzun süre maruz kalınması sonucunda gözde katarakt etkisi ya da deride kanser riski de oluşabilir.

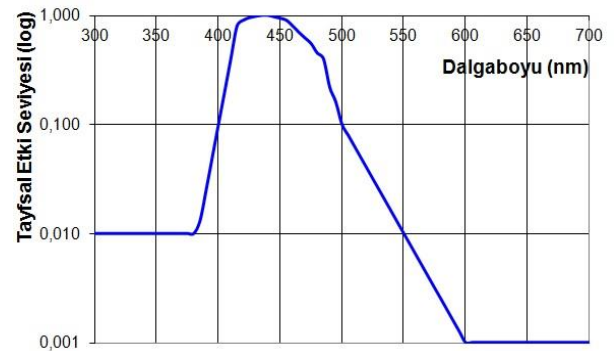


Şekil:3 Morötesi Işınım Etki Tayfı

2.3. Mavi-Işık Tehlikesi

Mavi ışığın insan sağlığı üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. 460 nm ile 480 nm tepe dalga boylu mavi renkli ışığın biyolojik saatimizi ve birçok süreci tetiklediği bilinmektedir [6]. Düşük dalga boyuna sahip ışık daha fazla enerjiye sahiptir. Düşük dalga boylu ışığın iç-aydınlatmada özellikle müze objeleri üzerindeki negatif etkileri bilinmektedir. Sağlık açısından Mavi-Işık tehlikesi; L_B ise, 10 saniye süreli maruziyeti aşan, 400 nm ile 500 nm dalga boyu aralığındaki mavi renkli ışınımın göz retinasında oluşturabileceği fotokimyasal tehlike olarak tanımlanır.

Mavi-ışık tehlikesi tayfsal ağırlık fonksiyonu; $B(\lambda)$ Şekil.4'te verilmektedir. Gözün retinasında etkin olabilen bu ışınımın aslında ne güneş ne de kornea yanıkları derecesinde tehlikelidir. Güneş tutulmasında, güneşe doğrudan bakılmasında oluşabilecek tehlike bu kapsamdadır. Ancak günümüzdeki yeni LED tipi yapay ışık kaynaklarının tayflarının kapsamları nedeniyle bu alanda tehlike olasılığı durumu söz konusudur. 450 nm tepe dalga boyu civarında yayılım yapan mavi renkli yüksek güçlü LED'ler bu potansiyele sahip olabilir.



Şekil:4 $B(\lambda)$ Mavi-Işık Etkisi Ağırlık Fonksiyonu

3. ETKİ SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

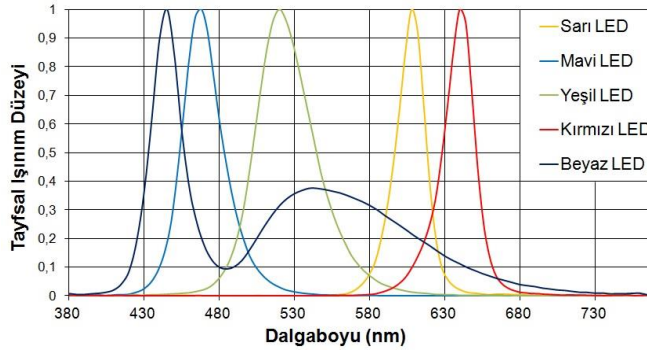
TS EN 62471, Lambaların ve Lamba Sistemlerinin Fotobiyolojik Güvenliği standardı, armatürler dahil olmak üzere lamba ve lamba sistemlerinin fotobiyolojik güvenliklerinin değerlendirilmesi üzerine hazırlanmış bir standarttır [7]. Bu standart, lazer tabanlı ışık kaynaklarını kapsamamakla birlikte 200 nm ile 3000 nm arasında ışınım yayan LED kaynakları içine alır. Standartta, maruziyet limitleri ve referans ölçüm yöntemleri kısmen mevcuttur. Bu şekilde, aydınlatma kaynağının risk seviyesi; en düşük 0 ile en yüksek 3 arasında belirlenir.

Bir ışık kaynağının sağlık açısından güvenli olup olmadığı, dalga boyuna bağlı tayfsal güç dağılımı bilinerek ve ilgili etki tayfı baz alınarak, dalga boyuna bağlı bir integral hesabıyla değerlendirilebilir [8];

$$L_{etki} = \int S(\lambda)E(\lambda)d\lambda$$

Burada $S(\lambda)$; ışık kaynağının dalga boyuna bağlı ışıma düzeyi değerleri ve $E(\lambda)$ ise tanımlı standart etki tayfı değerleridir. Burada ışık kaynağının tayfsal dağılımının açısız olarak değişmediği varsayılmaktadır. Ayrıca bu etki değerinin, toplam maruziyet süresi ile çarpılması gereklidir.

Genel olarak, test ışık kaynağının ışıması 500 lx aydınlık düzeyinde ya da 200 mm uzaklıkta ölçülür.



Şekil.5: Hesaplamalarda kullanılan LED Işık Kaynakları

Bu bağlamda, bir endüstriyel uygulama olarak, Şekil-5'te W/m^2nm cinsinden ışıma düzeyi tayfları verilen LED kaynakların Mavi-Işık etki seviyeleri hesaplanmıştır [11]. LED ışık kaynağının yaydığı tehlikeli ışık miktarının belirlenmesi için armatür tayfının etki tayfı, ışıma eğrisi ile ağırlıklı olarak çarpılıp toplanarak tehlike seviyesi değerine erişilmiştir. Farklı renkteki test LED armatürleri için bu değer hesaplanıp, oranlanarak Tablo:1'deki Mavi-Işık Tehlikesi seviye değerleri elde edilmiştir.

Tablo:1 Test LED Armatürleri Mavi-Işık Etkisi Hesaplama Sonuçları

Test Armatürü	Mavi-Işık
	Tehlike Seviyesi
Sarı LED	0
Mavi LED	2
Yeşil LED	0
Kırmızı LED	0
Beyaz LED	1

Yeşil, Sarı ve Kırmızı test ışık kaynakları için hesaplanan değerler, genel olarak yüksek güçlü LED'ler için katalog bilgisi olarak verilen mevcut tehlike katsayılarına ve değerlere göre yapılan sınıflandırmaya paralel olarak, en az seviyede bulunmuştur [12].

Beyaz renkli LED için risk seviyesinde bir miktar artış gözlenmektedir. Özellikle mavi renkli numaralı LED kaynak için bulunan yüksek seviye değeri ise bu LED armatürlerin ev dışında doğrudan-olmayan aydınlatma amaçlı kullanıma uygun olduğunu göstermektedir. Bu tip flüoresan lambalarının kullanıldığı ortamlarda, bir lüksmetre ile ölçülecek lux cinsinden aydınlık düzeyi seviyesi değeri karşılaştırılarak, ortamda oluşacak tehlike seviyesi hesaplanabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından standart olarak tanımlanmış, CIE standartları ve önerilen hesaplama yöntemlerine göre Ten Yanığı (Erythema), Kornea Yanması ve Mavi-Işık Etki Tayfları tanımlanmıştır. Seçilen ticari LED kaynakların özellikleri etki tayfı ile hesaplanarak, LED kaynakların tehlike alanına göre sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Her ışık kaynağı için, tayfsal dağılımı kullanılarak bir potansiyel tehlike değeri hesaplanabilir. Beyaz LED tabanlı ışık kaynaklarının potansiyel tehlike kaynağı olmadıkları görülmüştür. Ancak risk değerinin, beyaz LED'lerde renk sıcaklığı değeri arttıkça artış gösterdiği

söylenilebilir. Burada, yüksek güçlü mavi LED'lerin kullanımı öncesinde bir risk değerlendirmesinin yapılması gerektiği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Y. Çalkın, A.K. Türkoğlu, Aydınlatmanın Tarihi Gelişimi, Bilim ve Teknik Dergisi, pp 80-83, Eylül 2011
2. A.K. Türkoğlu, E. Erkin, LED'lerin bugünü ve yarını, Professional Lighting Design – Türkiye, Sayı 34, 05.01.2011
3. CIE Yayını 85, Solar Spectral Irradiance, 1989.
4. CIE Yayını 106, CIE Collection in Photobiology and Photochemistry, 1993.
5. CIE Yayını 98, Personal Dosimetry of UV Radiation, 1992.
6. Optical and Photobiological Safety of LED, CFLs and Other High Efficiency General Lighting Sources, Global Lighting Association, Mart 2012.
7. TS EN 62471 Lambaların ve Lamba Sistemlerinin Fotobiyolojik Güvenliği standardı, Ocak-2012.
8. CIE Teknik Notu 002, Relating Photochemical and Photobiological Quantities to Photometric Quantities, 2014.