

YÜKSEK TAVANLI ENDÜSTRİYEL HACİMLERDE LED ARMATÜR KULLANIM ANALİZİ

M. Berker YURTSEVEN¹
byurtseven@itu.edu.tr

Sermin ONAYGİL¹
onaygil@itu.edu.tr

¹ İTÜ Enerji Enstitüsü, İTÜ Ayazağa Kampüsü, 34469 Maslak-İstanbul

ÖZET

LED'ler günümüzde konvansiyonel ışık kaynaklarına alternatif olarak gösterilmekte ve gün geçtikçe kullanım yüzdeleri artmaktadır. Özellikle LED ışık kaynağı bazlı armatürlerin optik kontrolleri için bir çok seçenek olması, proje bazlı kullanılacak veya tasarlanacak armatürlerin seçiminde geniş bir yelpaze ortaya çıkarmaktadır. Yüksek ışık akısına ihtiyaç duyulan, yüksek tavanlı endüstriyel tesisler LED'li armatürlerin sıklıkla kullanıldığı alanların başında gelmektedir. Bu bildiride üç farklı ışık hüzmesi açısına sahip ışık şiddeti dağılım eğrisi kullanılarak, yine üç farklı ışık akısına sahip dokuz armatür seçeneği oluşturulmuş ve üç farklı armatür montaj yüksekliğinde, 350 m² bir alanda DIALux aydınlatma simülasyon programı kullanılarak, armatür montaj yüksekliği ve armatür toplam ışık akısına göre aydınlatma ve verimlilik hesapları yapılmış, elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Endüstriyel aydınlatma, Yüksek tavan, Işık hüzmesi açısı, LED

1. GİRİŞ

LED (Light Emitting Diodes – Işık Yayan Diyot) teknolojisindeki gelişmeler sayesinde konvansiyonel ışık kaynaklarına göre etkinlik faktörleri yüksek, ömürleri uzun ve elektronik olarak kontrolleri daha kolay LED ışık kaynaklı armatürlerin endüstride kullanım yüzdeleri gittikçe artmaktadır. Özellikle yüksek ışık akısına ihtiyaç duyulan yüksek tavanlı hacimlerde tekil LED çipler ve chip-on-board (COB) olarak adlandırılan tek bir LED ışık kaynağı üzerinde bir çok LED çipinin bulunduğu LED ışık kaynakları verimli çözümler haline gelmektedir. LED ışık kaynaklarının en büyük üstünlüklerinden biri; ışığı kendi üzerindeki birincil lens ile belli bir doğrultuda yayması ve bu sayede ışık kaybının azalmasıdır. LED'li armatürlerin optik tasarımı yapılırken lens veya reflektörler kullanılabilir. LED'li armatür optik tasarımının zorluklarından biri, LED çiplerinin boyutlarının ve ışık dağılım karakteristiklerinin standart olmaması ve bu sebeple her LED ışık

kaynağına özel tasarım yapılması gerekliliğidir. Özellikle yüzeyi tekil LED çiplere göre daha geniş ve ışık yoğunluğu fazla olan COB LED'ler için iyi bir optik tasarım gereklidir. LED armatürler optik simülasyon programları ile tasarlandıktan sonra performansları aydınlatma tasarım programları ile kontrol edilmeli ve bu doğrulamadan sonra prototip çalışmalarına devam edilmelidir.

Bu bildiride yüksek tavanlı endüstri tesislerinde kullanılmak üzere üç farklı açıda ışık hüzmesi açısına (dar-orta-geniş) sahip ışık şiddeti dağılımı kullanılarak yine üç farklı ışık akısı için dokuz adet armatür seçeneği oluşturulmuş ve farklı armatür montaj yükseklikleri için optimum çözümler araştırılmıştır.

2. YÖNTEM

Armatür montaj yüksekliği yedi metreden yüksek üretim holleri veya depolar yüksek tavanlı endüstriyel tesisler olarak kabul edilmektedir [1]. Farklı ışık dağılımlarının

değerlendirilebilmesi amacıyla öncelikle endüstriyel alanlar için aydınlatma kalite kriterleri belirlenmiş ve analizler buna göre yapılmıştır. Aydınlatma simülasyonları 50mx70m bir hacim için gerçekleştirilmiştir. Ele alınan örnek hacim için aydınlatma kalite kriterlerinin belirlenmesinde, TS EN 12464-1 “Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları” standardı Tablo 5.9, madde 2 “Hazırlama, Genel Makine İş” kabulü yapılmıştır [2]. Bu hacimlerde gerekli aydınlatma kalite kriterleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hazırlama ve Genel Makine İş için gerekli minimum aydınlatma kalite kriterleri

Ortalama Aydınlik Düzeyi - E_m [lx]	Ortalama Düzgünlük - U_0	Minimum Renksel Geriverim Endeksi (R_a)
300	0,6	60

Aydınlatma kalite kriterleri belirlendikten sonra dar, orta ve geniş örnek ışık dağılımları LED lens üreticilerinin kataloglarından seçilmiştir. 20° ve altında ışık hüzmesi açısına sahip armatürler dar açılı, 20°- 40° arası orta açılı ve 40° üzerinde ışık hüzmesi açısına sahip armatürler geniş açılı olarak tanımlanmaktadır [3].

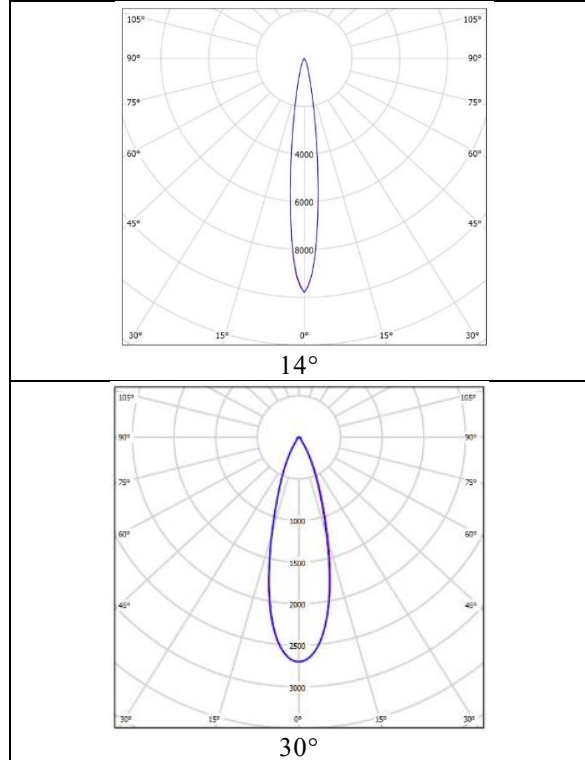
Dar, orta ve geniş açılı armatürleri temsil etmek için örnek birer ışık şiddeti dağılımı seçildikten sonra, piyasada mevcut endüstriyel armatürlerin özellikleri dikkate alınarak üç farklı armatür ışık akısı değeri belirlenmiştir (10000 lm, 20000 lm ve 30000 lm). Bu üç farklı ışık akısı için armatür gücünün belirlenebilmesi amacıyla hesaplarda kullanılacak armatürlerin şu an için ulaşılabilir bir değer olan 125 lm/W etkinlik faktörüne sahip olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda tasarlanan ve analizlerde kullanılan

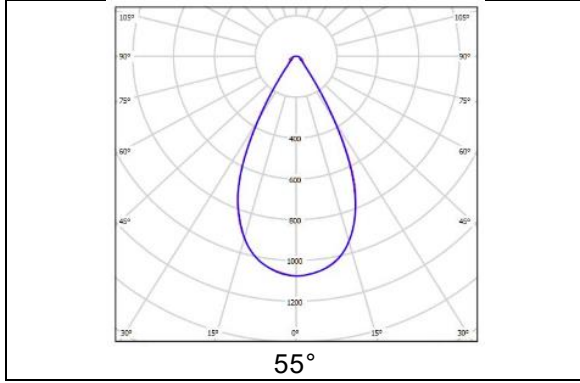
armatürlerin özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Analizlerde kullanılan armatürlerin özellikleri

Işık Hüzmesi Açısı [°]	Armatür Toplam Işık Akısı [lm]	Armatür Gücü [W]
14	10000	80
14	20000	160
14	30000	240
30	10000	80
30	20000	160
30	30000	240
55	10000	80
55	20000	160
55	30000	240

Analizlerde kullanılan üç farklı ışık hüzmesi açısına ait ışık şiddeti dağılım eğrileri Şekil 1’te verilmiştir.





Şekil 1. Analizlerde kullanılan ışık şiddeti dağılım eğrileri

Farklı ışık hüzmesi açısına sahip dağılımların analiz edilebilmesi için 50mx70m bir endüstri üretim holü göz önüne alınarak bu alan DIALux programına tanımlanmıştır. Bu hacim için üç farklı armatür montaj yüksekliği kullanılmıştır (10 m, 20 m ve 30 m). Üç farklı seçenek için tavan yükseklikleri 10,5-20,5-30,5 metre olarak alınmıştır. Hacmin tavan, duvarlar ve zemininin ışık yansıtma katsayıları sırasıyla %70, %50 ve %20 seçilmiştir. Analizdeki amaç farklı ışık şiddeti dağılım eğrilerini karşılaştırmak olduğu için, hesaplarda bakım işletme katsayısı 1,0 kabul edilmiştir. Tüm hesaplar için ortalama aydınlık düzeyi [lx], düzgünlük ve metrekare başına 100 lx elde etmek için gerekli güç miktarları ($W/m^2/100lx$) DIALux programı yardımı ile hesaplanmıştır [4]. Her durum için sağlanan aydınlık düzeyinin, standartta önerilen 300 lx'ün altına düşmemesine ve bu değeri de %10'dan fazla aşmamasına dikkat edilmiştir.

Tablo 3'te 10 metre, Tablo 4'te 20 metre, Tablo 5'te de 30 metre armatür montaj yüksekliğinde üç farklı ışık akısındaki seçenekler için aydınlatma hesap sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. 10 metre armatür montaj yüksekliği için hesap sonuçları

Işık Akısı [lm]	Işık Hüzmesi Açısı [°]	Ortalama Aydınlık Düzeyi [lx]	Düğünlük	$W/m^2/100 lx$
10000	14	314	0,41	0,70
	30	309	0,76	0,73
	55	327	0,67	0,75
20000	14	326	0,28	0,67
	30	309	0,48	0,71
	55	309	0,73	0,74
30000	14	313	0,18	0,66
	30	319	0,24	0,69
	55	327	0,54	0,73

Tablo 4. 20 metre armatür montaj yüksekliği için hesap sonuçları

Işık Akısı [lm]	Işık Hüzmesi Açısı [°]	Ortalama Aydınlık Düzeyi [lx]	Düğünlük	$W/m^2/100 lx$
10000	14	312	0,72	0,76
	30	314	0,60	0,80
	55	314	0,57	0,85
20000	14	330	0,59	0,74
	30	310	0,63	0,80
	55	304	0,57	0,84
30000	14	330	0,45	0,73
	30	305	0,65	0,79
	55	327	0,57	0,84

Tablo 5. 30 metre armatür montaj yüksekliği için hesap sonuçları

Işık Akısı [lm]	Işık Hüzmesi Açısı [°]	Ortalama Aydınlık Düzeyi [lx]	Düğünlük	$W/m^2/100 lx$
10000	14	310	0,67	0,81
	30	314	0,55	0,87
	55	318	0,57	0,95
20000	14	308	0,71	0,80
	30	316	0,55	0,87
	55	305	0,56	0,94
30000	14	315	0,54	0,78
	30	319	0,56	0,86
	55	321	0,54	0,94

Bir sonraki bölümde analiz sonuçları tartışılacaktır.

3. SONUÇ

Bu bildiriye yüksek tavanlı endüstriyel tesisler için üç farklı ışık hüzmesi açısına sahip ışık şiddeti dağılımları kullanılarak yine üç farklı ışık akısına sahip dokuz LED armatür seçeneği belirlenmiştir. Tasarlanan armatürler üç farklı armatür montaj yüksekliğinde denenerek en verimli olabilecek ışık hüzmesi açıları analiz edilmiştir.

Tablo 3, 4 ve 5'ten görülebileceği gibi birim metrekare başına 100 lx elde etmek için gerekli güç miktarının en düşük değeri, tüm armatür montaj yükseklikleri ve armatür ışık akılarında dar açılı ışık dağılımlarında elde edilmiştir. En yüksek değerler ise geniş açılı armatür seçenekleri ile gerçekleşmiştir.

Tüm hesap sonuçlarından, minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine bölümü olan düzgünlüğün standartta verilen değerinin sağlanmasının zor olduğu görülmektedir. Optik tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesinde düzgünlük önemli bir kriterdir. Bu örnekte düzgünlük gereksiniminin minimum 0,6 olması gerektiği göz önüne alınırsa, 10 metre armatür montaj yüksekliğinde, 10000 lümen ışık akısında orta ve geniş açılı armatürler çözüm sağlarken, 20000 lümenlik armatürde sadece geniş açı gerekli düzgünlük koşulunu sağlayabilmiştir. 30000 lümenlik armatür seçeneği için ise hiç bir açıda düzgünlük değeri sağlanamamıştır. Bu sonuçlardan, armatür ışık akısının daha düşük olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. 20 metre armatür montaj yüksekliğinde ise bütün armatür ışık akıları için orta açılı dağılım düzgünlük değerini sağlayabilmiştir. Diğer yandan, 10000 lümenlik armatürde dar açılı seçenek ile de düzgünlük değeri sağlanabilmiştir. Bu montaj yüksekliğinde orta açılı dağılımın ön plana çıktığı gözlemlenmektedir.

30 metre armatür montaj yüksekliğinde ise 10000 lümen ve 20000 lümenlik armatür seçeneklerinde dar açılı seçenek

düzgünlük değerini sağlarken, 30000 lümenlik armatür, hiçbir açıda düzgünlük değerini sağlayamamıştır. Bu sonuçlardan yüksek ışık akılı armatür tasarımlarında detaylı analizlerin gerektiği anlaşılmaktadır.

LED'li armatürlerin optik kontrolü için bir çok farklı seçeneğin (lens/reflektör) olduğu göz önüne alındığında, farklı uygulamalar için öncelikle aydınlatma kalite kriterlerini sağlayabilecek dağılımın belirlenmesi ve bu seçeneklerin aydınlatma simülasyon programları kullanılarak hacim özelliklerine göre doğrulanması, bu aşamalardan sonra prototip sürecine geçilmesi doğru olacaktır. Bu çalışmada sadece üç adet dağılım irdelenerek, konunun önemi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ara ışık hüzmesi açıları ve armatür ışık akısı kombinasyonları denenerek armatür montaj yüksekliğine göre en uygun ışık hüzmesi açısı ve armatür ışık akısı değerinin analizi gerekmektedir. LED'li armatür kullanımında uygulamaya özel, farklı fotometrik seçeneklerin oluşturulması aydınlatmaların niteliği açısından önemli faydalar sağlayacaktır. Bu sayede LED'lerden beklenen enerji verimliliği hedefine daha rahat ulaşılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Philips Lighting Handbook, 5th Edition, Philips Lighting B.V., Hollanda, 1993 .
- [2] TS EN 12464-1, "Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları", TSE, 2013.
- [3] The SSL Lighting Handbook, CIBSE, İngiltere, 2009.
- [4] DIALux, <http://www.dial.de>, 2019.