

Metal İşleme Tesis Aydınlatmasında Led Lamba Ve Floresan Lamba Karşılaştırılması

Canan PERDAHÇI

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Umuttepe Yerleşkesi
41380 İzmit / KOCAELİ
perdahci@kocaeli.edu.tr

(Geliş/Received: 23.03.2018; Kabul/Accepted: 03.09.2018)

Özet

Enerji verimliliği, günümüzde çoğu zaman düşük güç tüketimi olarak değerlendirilse de, aydınlatılacak olan ortamın gerekli olan aydınlık düzeyini değiştirmeden tüketilen enerji miktarının azalması şeklinde tanımlanmalıdır. Enerji tasarrufu alternatif ışık kaynakları ile aydınlatma yapılan ortamın insan fizyolojisi için gerekli aydınlık düzeyini değiştirmeden aynı aydınlatma koşullarının sağlanmasıdır. Bu çalışmada enerji verimliliği konvansiyonel lambalı armatürlerin yerine LED lambalı armatürlerin yüksek ışık akı değerleri ve düşük güç tüketimleri ile sağlanmıştır. Ayrıca ışık kaynaklarının tercihlerinde ışık akıları, etkinlik faktörleri, ömürleri gibi özelliklerinin yanı sıra güç verimliliklerinin de önemi belirtilmiştir. Işık yayan diyot (LED) lambalar ile floresan lambaların enerji verimliliği açısından karşılaştırılması bir metal işleme tesisinde yapılmış olan simülasyon çalışması ile incelenmiştir. Floresan lamba ile LED lambalar aydınlatma hesapları ve enerji tüketim miktarları açısından karşılaştırılmıştır. Standartlarda belirtilen aydınlık düzeyleri korunarak konvansiyonel lambaların yerine LED lambalar kullanarak daha az enerji tüketimi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metal İşleme Tesis Aydınlatması, LED, Enerji Verimliliği

Comparison Of Led Lamp And Fluorescent Lamp In Metal Processing Plant Lighting

Abstract

Although energy efficiency is often considered to be low power consumption today, it should be defined as reducing the amount of energy consumed without changing the required level of illumination. Energy saving is to provide the same lighting conditions without changing the level of illumination required for human physiology of the illuminated environment with alternative light sources. In this study, energy efficiency is ensured by high luminous flux values of LED luminaires and low power consumptions instead of conventional lamp luminaires. In addition, in light of the preferences of light sources, light fluxes, efficiency factors, lifetime, as well as the importance of power efficiency is specified. The comparison of light emitting diode (LED) lamps and fluorescent lamps in terms of energy efficiency was investigated by a simulation study conducted in a metal processing plant. LED lamps with fluorescent lamps were compared in terms of lighting calculations and energy consumption amounts. By maintaining the light levels specified in the standards, less energy consumption is achieved by using LED lamps instead of conventional lamps.

Keywords: Metal Processing Plant Lighting, LED, Energy Efficiency

1. Giriş

Enerji tasarrufu, günümüzde endüstriyel tesislerin aydınlatılmasında önemli bir yere sahiptir. Enerji tasarruflu bir aydınlatma stratejisi ile enerji tüketimi en aza indirgenebilir. Bu nedenle düşük güç tüketen aydınlatma armatürleri kullanılarak gerekli aydınlatma seviyeleri korunacak şekilde yapılacak olan doğru aydınlatma ile tasarruf elde edilir. Endüstriyel

tesislerde yapılacak olan doğru aydınlatma tasarımı ile çalışan performanslarının ve tesisin karlılığı üzerindeki etkiyi arttırmanın mümkün olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Endüstriyel tesis, ofis, büro, atölye gibi çalışma alanlarındaki aydınlatmanın kalitesi, çalışanların performans, güvenlik ve ergonomilerini doğrudan etkiler. Literatürde endüstriyel ortamda aydınlatmanın üretkenlik üzerindeki etkisinin ölçüldüğü birkaç çalışma

bulunmaktadır: Bu çalışmalara örnek olarak; Finlandiya'da bulunan bir armatür fabrikasında çalışanların iş istasyonu kontrol edilebilir yeni bir aydınlatma sistemi ile yenilenmiştir.

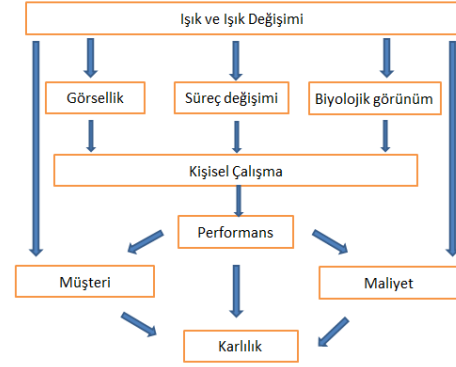
Revizyondan önceki aydınlatma sisteminde aydınlık düzeyi sabit olup, kontrol edilemiyordu. Yeni sistemde her kullanıcı, 100 lüks ile 3000 lüks aralığında aydınlatma seviyesini isteğine göre ayarlayabiliyordu. Test grubunun üretkenliği (bu durumda montaj süresi), 700 lüks'lik bir işyeri aydınlatma seviyesi ile aydınlatılan bir referans grubunun üretkenliği ile karşılaştırıldı. Test grubunun verimliliğinin, referans gruba göre % 4,6 arttığı gözlemlenmiştir.

İkinci örnek çalışma ise Almanya'da bir armatür imalat tesisinde gerçekleştirildi. Çalışanların işyerlerinde yeni, kontrol edilebilir bir aydınlatma sistemi sağlanarak, 250 lüks genel aydınlatma seviyesine ek olarak, aydınlatma seviyesi 100 lüks ile 900 lüks arasında ayarlanabilir bir duruma getirildi. Aydınlatmanın renk sıcaklığı 3500K veya 4400K arasında seçilebilir özellikteydi. Açılıştaki aydınlatma durumu, aşağıdaki kombinasyonlar kullanılarak birkaç haftalık aralıklarla değiştirilmiştir: düşük renk sıcaklığı ile yüksek düzeyde aydınlatma, daha yüksek renk sıcaklığı ile yüksek düzeyde aydınlatma, yüksek renk sıcaklığı ile düşük aydınlatma seviyesi ve düşük renk sıcaklığı ile düşük seviyelerde aydınlatma. Kullanıcılar renk sıcaklığını değil, aydınlatma seviyesini değiştirebilir durumdaydılar. Sonuç, kullanıcılar tarafından seçilen aydınlık seviyelerinin daha yüksek renk sıcaklıklarında %5 daha yüksek olmasıydı. Üretkenlik (montaj süresi) her biri önceden ayarlanmış açılış için kaydedildi. Bu çalışmada, daha yüksek renk sıcaklığının üretkenlik üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu (% 5.7) sonucu elde edilmiştir. [1]

Bu çalışmaların çoğu eski olmasına rağmen halen bu alanda ilginç olarak kabul edilen, aydınlatma kalitesi ve aydınlık düzeyindeki iyileştirmenin, çalışanların performansını arttırdığını ve iş kazalarını azalttığını kanıtlanmış çalışmalar olmasıdır. Çoğu araştırmada aydınlatma seviyesi artırılmış ve üretimin verimlilik üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Bildirilen verimlilik artışları %50 gibi oldukça büyüktür. Bazı çalışmalarda sadece aydınlatma değil, aynı zamanda üretkenliği etkileyebilecek diğer faktörler de değiştirilmiştir. Aydınlık seviyesine

ek olarak ışığın spektral ve mekânsal dağılımları da önemli kalite faktörlerindedir. [2]

Çalışanların performansının ticari karlılık üzerinde doğrudan etkisi endüstriyel alanlar için modellenmiştir. Endüstriyel tesislerde ışık ve aydınlatma değişiminin işletmelerin karlılığı üzerine etkisini gösteren model aşağıdaki gibidir:



Şekil 1. Aydınlatma Değişiminin Karlılık Üzerine Etkisi

İşyerine yeni aydınlatma sistemi yerleştirilmesi, orada çalışan insanların performanslarını modelde görülen aşağıdaki mekanizmalarla etkileyebilir:

- 1) Görsel performans (İnsanlar görevi daha iyi görebildiklerinde daha iyi performans gösterebilirler)
- 2) Görsel konfor (Kamaşmanın azalması, konsantrasyonun artması nedeniyle performansı etkiler),
- 3) Görsel ambiyans (Aydınlatma, çalışma ortamının bir parçası olan görsel ambiyansı ve performansı etkiler)
- 4) Kişilerarası ilişkiler (İnsanlar birbirlerini nasıl gördüklerini, birbirlerini nasıl hissettiklerini etkiler ve bu da işbirliği ve üretkenliği etkiler)
- 5) Biyolojik saat (Işık, sirkadiyen ritimleri kontrol eden biyolojik saati ayarlar ve böylece belirli zamanlardaki performansı etkiler)
- 6) Uyarıcılık (Işık performansı artıran psikolojik ve fizyolojik süreçleri uyarır),
- 7) İş memnuniyeti (Işık koşullarının iyileştirilmesi, performansı etkileyen görev önemi ve özerklik yoluyla iş doyumunu artırabilir)
- 8) Problem çözme (Şikayet edilen mevcut aydınlatma sorunlarının çözülmesi, performansı artıran refah ve motivasyonu artırır),

9) Halo etkisi (Yeni bir teknolojinin veya ürünün üstünlüğüne inancın etkisi, performansın artmasına neden olabilir),

10)Değişim süreci (İyi değişim yönetimi, aydınlatma değişikliğinin olumlu etkilerini artırır ve olumsuz etkilerini azaltır). [1-3]

Enerji maliyetlerinin yüksek olması ve iklim değişikliğinden dolayı sera gazı emisyonlarının artması gibi nedenlerle elektrik sektöründe enerji verimliliği konusunda araştırmalar giderek artmıştır. Bu da güneş fotovoltaik (PV) ve ışık yayan diyot (LED) gibi enerji tasarruflu ve enerji tüketimini azaltan çeşitli yeni teknolojilerin geliştirilmesine yol açmıştır. [4]

Elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmak istenirken cihazların enerji performanslarının düşmesi aydınlatma mühendisliğinde yeni çalışmaların yapılmasını gerektirmiştir. Araştırmacılar özellikle uzun vadeli işletme süreleri olan üretim alanları gibi işyerlerinde kaliteyi düşürmeden elektrik enerjisi tüketiminin nasıl azaltılacağı ile ilgili çözümler bulmaya çalışmaktadırlar. Günümüzde konvansiyonel lambaların ışık akısı değerlerini çok daha küçük güçlerde sağlayan LED lambalı armatürler projelerde floresan lambaların LED lambalar ile değişimini gündeme getirmiştir. [5]

LED'lerin yüksek verim ve ömrünün yanı sıra kolay kontrol edilebilmesi, istenilen otomasyon sistemine entegre edilebilir olması ve ışığın farklı açılarla yönlendirilebilir olması gibi özellikleri endüstriyel tesislerde endüstri tiplerine göre çeşitli armatür çözümlerini sunmayı kolaylaştırmıştır. [6]

Metal/plastik işleme, mekanik, otomotiv, elektrik/elektronik, ahşap işleme, kimya, gıda gibi endüstriyel alanlarda toz, kir, nem aşırı sıcaklık, titreşim, ortamın mekanik özellikleri ve kimyasal değerleri gibi çevresel koşullara uygun olarak LED lambalı armatür seçiminin yapılması önemlidir.

Endüstriyel aydınlatma standartları "İş yerlerinin gün ışığıyla yeterli derecede aydınlatılmış olması" esasına dayanır. İş yerleri ve endüstriyel tesislerde sağlanması gereken aydınlatma şartları EN12464 standartlarında belirtilmiştir. Bu standartlar dahilinde istenen minimum aydınlık düzeyleri, yapılan işe bağlı olmakla beraber 50 lüks ile 1000 lüks arasında değişebilmektedir. EN 12464 standartları, aydınlık düzeylerinin yanı sıra düzgünlük derecesi

(U_o), kamaşma (U_{GRL}) ve renksel geri verim (R_a) gerekliliklerine ait değerleri de kapsamaktadır.

Aydınlatma kalitesini, standartlar doğrultusunda arttırıp daha kaliteli ve güvenli bir iş yeri sağlamaya yönelik adımların atılması, enerji tüketiminin artmasına da neden olabilmektedir. [7] 2000'li yıllardan itibaren LED (Light Emitting Diode) teknolojisi ev ve iş yerlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Etkinlik faktörleri çok düşük olan LED lambaların verimlilikleri çok hızlı bir şekilde artmış ve günümüzde laboratuvar koşullarında çip başına etkinlik faktörü değeri 300 lm/w 'ı geçmiştir. Ancak jonksiyon sıcaklığının yüksekliği, camın geçirme faktörünün düşüklüğü, sürücüye bağlı kayıplar ve yüksek verimli LED çiplerin maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı armatürlerin verimlilikleri düşüktür.

2. Metal İşleme Tesislerinde Aydınlatma

Metal işleme sektöründe görsel görev gereksinimleri geniş bant aralığındaki faaliyetlere göre değişir: kaba montaj ve dövme daha basit görsel görevler arasındadır, kaynak ve orta derecede hassas işleme daha yüksek gereksinimler sunar. Göz için en zorlayıcı görevler, makinelerde yüksek hassasiyetli çalışma, lehimleme, izleme ve ölçüm istasyonlarında yapılan görevlerdir.

Temel montaj, dövme ve açık kalıp dövme: Genel olarak bu görevler çok iyi görsel performans gerektiren görevler değildir. 300 lüks ortalama aydınlatma - açık kalıp dövme için 200 lüks - yeterlidir. Yüksek yoğunluklu deşarj aydınlatma armatürleri ekonomik aydınlatma sağlar. Bununla birlikte, işin parlak metal parçaları içerdiği yerlerde uygun değildir, çünkü ışıkları yoğun yansıyan parlamaya neden olur. Bu durumda, floresan lambalı armatürler daha uygundur.

Kaynak: Kaynak yapılan işyerlerinde, genel aydınlatma - ortalama aydınlık düzeyi 300 lüks - statik veya mobil çalışma alanı armatürleri ile desteklenmelidir. İş parçasındaki yüksek aydınlık düzeyi, kaynakçı gözlüklerinin düşük ışık geçirme kapasitesinin dengelenmesini sağlar.

Torna: İşlenen parçanın operatör tarafında kalan kısmı aydınlatılmalıdır. Bunu sağlamak için, floresan lambalar için armatürlerin uzunlamasına eksenleri, sert kenarlı gölgeler oluşmayacak şekilde tornaya doğru açılarda ayarlanmalıdır.

Ayrıca, iş parçası ayrıntılarını daha net bir şekilde algılamak için gerekli olan gözetleme ışığını sağlamak için iyi korunmuş, ayarlanabilir bir çalışma armatürü gereklidir.

Lehimleme: Lehimleme istasyonlarında iş incelemesi özellikle önemlidir. Burada opal muhafazaları olan armatürleri içeren bir aydınlatma sistemi tavsiye edilir.

Hassas İşleme: 0.1 mm'den küçük toleranslı hassas çalışma için, ortalama 500 lüks'lük bir aydınlatma gereklidir. İşlenmiş metal parçalar genellikle yansıyan parlamaya neden olan parlak, yansıtıcı yüzeylere sahiptir. Bu parlak yansıtıcı oda yüzeyleri ile sınırlıdır, bu nedenle parlak duvarlar ve parlak bir tavan floresan lambalı bir aydınlatma sistemi ile birlikte önerilir.

Konveyör bantlarında, görev alanı aydınlatması en iyi şekilde, kayışlara paralel olarak monte edilen sürekli armatürlerle elde edilir. Montaj iş istasyonları için - ayrıca eğimli çalışma düzlemleri üzerinde - yeterli aydınlatma sağlamak için ek işyeri armatürleri genellikle gereklidir.

CNC Makinaları: Monitörlü CNC makinelerinde, aydınlatma ekran uyumlu olmalıdır. Sadece düşük ışık düzeyli aydınlatma armatürleri, ekranlardaki rahatsız edici yansımaların oluşumunu etkili bir şekilde önleyebilir. Makine takımlarını kurmak için genellikle mobil armatürler gereklidir.

Floresan lambalı sürekli sıralı armatürler metal işleme tesisleri için bu nedenle tercih edilen seçenektir. Bu büyük ölçüde, üretim operasyonlarındaki değişikliklere kolayca uyulanabilen esnek sistemlere izin verir. Tozlu iç mekanlara IP54 veya IP65 korumalı kapalı armatürler monte edilmelidir. Tavanların 6 m yüksek veya daha fazla olduğu yerlerde, yüksek yoğunluklu deşarj lambaları alternatif olarak kullanılabilir. Yüksek görsel gereksinimler, çalışma alanı armatürlerinin ek kullanımını gerektirir. [8]

Bu gibi nedenlerden dolayı; tesislerde çalışanların sağlıklı bir aydınlatma ortamında bulunabilmesi için standartlarda belirtilen değerlere uygun aydınlatma sistemlerinin olması ve enerji tasarrufu yapılırken gerekli aydınlatma kalitesi değişmeden enerji tüketimi azaltılması amaçlanmalıdır.

4. Örnek Çalışma

Bu çalışma İstanbul'da sabah 08:00 ve akşam 18:00 saatleri arasında faaliyet gösteren bir metal işleme fabrikasında gerçekleştirildi.

Modellenen fabrikanın uzunluğu, genişliği ve yüksekliği sırasıyla 60 m, 20 m ve 8 m'dir.

Duvarların, zeminin ve tavanın yansıma katsayıları $\rho_{\text{duvar}} = 0.5$, $\rho_{\text{zemin}} = 0.2$ ve $\rho_{\text{tavan}} = 0.70$ 'dir.

Fabrika için gerekli minimum aydınlık düzeyleri değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. EN12464-1 Standardına Göre Metal İşleme Fabrikası için Tavsiye Edilen Aydınlatma Gereksinimleri

Metal işleme ile ilgili endüstriyel aktiviteler ve el sanatları				
Alan – Görev – Aktivite Türleri	E(Ix)	UGRL	U ₀	R _a
Açık kalıpla dövme	200	25	0,6	80
Şahmerdanla kalıplama	300	25	0,6	80
Kaynak	300	25	0,6	80
Makina ile kaba ve/veya vasat işleme: toleransları > 0,1 mm	300	22	0,6	80
Makina ile ince ve hassas işleme; taşlama: toleransları < 0,1 mm	500	19	0,7	80
Kazıma; inceleme	750	19	0,7	80
Tel ve boru çekme atölyesi, soğuk metal işleme	300	25	0,6	80
Makinayla sac işleme: kalınlığı > 5 mm	200	25	0,6	80
Sac ile çalışma: kalınlığı < 5 mm	300	22	0,6	80
Alet yapımı; kesim ekipmanları imalatı	750	19	0,7	80

Gerekli aydınlatmanın ölçümü, 0.850 m yüksekliğe sahip bir çalışma düzlemi üzerinde gerçekleştirildi.

Aydınlatma hesapları, varsayılan bakım faktörü konvansiyonel armatürler için 0.8, LED armatürler için 0.9 değeri alınarak tasarlanmıştır.

T5 Floresan ve LED lambalar gibi farklı lamba tiplerinin kullanımını içeren bu çalışmada, kamaşma efektinden dolayı görsel konfor, renksel geriverim ve fabrikanın güç tüketimi değerlendirildi.

Bu çalışma için aydınlatma simülasyonu ve hesapları DIALux 4.12 yazılımı kullanılarak yapılmıştır ve simülasyon sonuçları her iki senaryo için de gösterilmiştir.

Senaryo 1

Çalışmaya LİTPA ürünü LİTPA FYW 4x54W armatürler ile aydınlatılmış bir metal işleme fabrikasının bilgisayar ortamında modellenmesi ile başlamıştır.

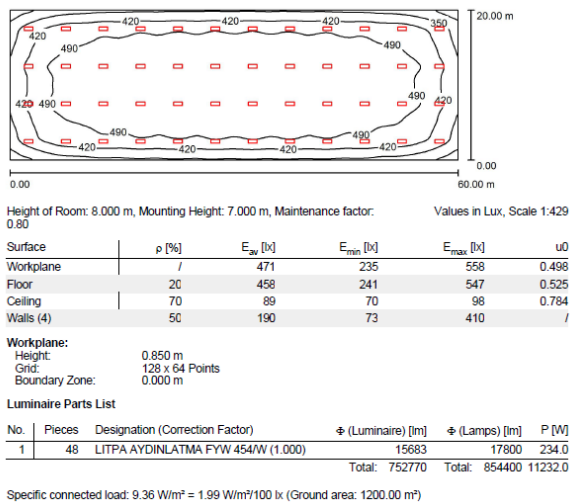
Aydınlık düzeyi (lüx) dağılım değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Kullanılan armatürlerin ışık akısı 15683 lümen ve tüketilen güç 234 W'tır. Armatürde bulunan lambaların toplam ışık akısı 17800 lümen'dir. Enerji verimliliği 15683lümen / 17800lümen =% 88 olarak hesaplanabilir. Bu çalışma için toplam 48 armatür kullanılmıştır. Böylece toplam ışık akısı 48 armatür tarafından yayılan 752784 lümene eşittir. Ayrıca toplam kullanılan güç 11232 W'dır.

$$Pt = n \cdot P = 48 \cdot 234W = 11232W$$

Dialux programının sonucuna göre, çalışma düzleminde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{av} = 471$ lüx, çalışma düzleminde hesaplanan minimum aydınlık düzeyi $E_{min} = 235$ lüx, ve çalışma düzleminde ölçülen maksimum aydınlık düzeyi $E_{max} = 558$ lüx'dür.

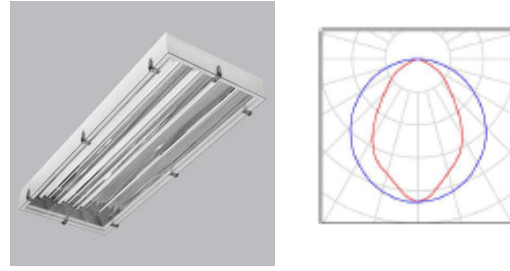
Tablo 2'de fotometrik veriler sunulmaktadır. Şekil 3, armatür yerleşim planını göstermektedir.

Şekil 4, 3-D görünüm olup, aydınlatmanın oda içindeki farklı alanlara etkisini göstermektedir. Tablo 3 fotometrik sonuçları göstermektedir.

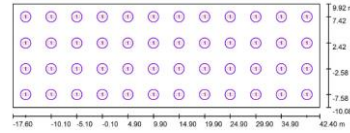


Şekil 2. Aydınlatma dağılım değerleri (Lux)

Tablo 2. Fotometrik Veriler



48 Pieces LİTPA AYDINLATMA FYW 454/W
Article No.:
Luminous flux (Luminaire): 15683 lm
Luminous flux (Lamps): 17800 lm
Luminaire Wattage: 234.0 W
Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 57 86 98 100 88
Fitting: 4 x 54W (Correction Factor 1.000).



Şekil 3. Armatür Yerleşim Planı



Şekil 4. 3D Görünüm

Tablo 3. Fotometrik Sonuçlar

Surface	Average illuminances [lx]			Reflection factor [%]	Average luminance [cd/m ²]
	direct	indirect	total		
Workplane	398	73	471	/	/
Floor	382	76	458	20	29
Ceiling	0.70	89	89	70	20
Wall 1	100	80	180	50	29
Wall 2	145	76	221	50	35
Wall 3	100	79	179	50	29
Wall 4	144	78	222	50	35

Total Luminous Flux: 752770 lm
Total Load: 11232.0 W
Maintenance factor: 0.80
Boundary Zone: 0.000 m

Uniformity on the working plane
 $u0$: 0.498 (1.2)
 E_{min} / E_{max} : 0.421 (1.2)

Specific connected load: 9.36 W/m² = 1.99 W/m²/100 lx (Ground area: 1200.00 m²)

Senaryo 2

LİTPA ürünü LİTPA LBS12 89.9W LED fabrikanın aydınlatılması için kullanılmıştır.

Aydınlık düzeyi (lüx) dağılım değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Kullanılan armatürlerin ışık akısı 12760 lümen ve tüketilen güç 89.9 W'tır. Armatürde bulunan lambaların toplam ışık akısı 14918.4 lümen'dir. Bu çalışma için toplam 48 armatür kullanılmıştır. Böylece toplam ışık akısı 48 armatür tarafından yayılan 612480 lümene eşittir. Ayrıca toplam kullanılan güç 4315.2W'dır.

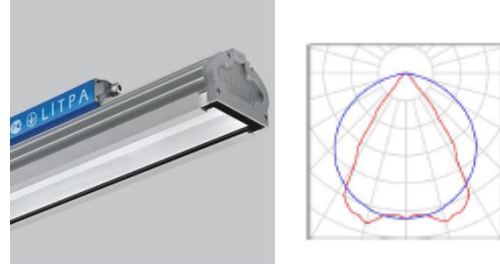
$$P_t = n \cdot P = 48 \cdot 89.9W = 4315.2W$$

Dialux programının sonucuna göre, çalışma düzleminde ölçülen ortalama aydınlık düzeyi $E_{av} = 453$ lüx, çalışma düzleminde ölçülen minimum aydınlık düzeyi $E_{min} = 231$ lüx, ve çalışma düzleminde ölçülen maksimum aydınlık düzeyi $E_{max} = 594$ lüx'dür.

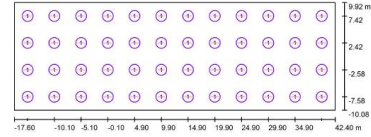
Tablo 4'de fotometrik veriler sunulmaktadır. Şekil 6, armatür yerleşim planını göstermektedir.

Şekil 7, 3-D görünümü olup, aydınlatmanın oda içindeki farklı alanlara etkisini göstermektedir. Tablo 5'de bu senaryonun fotometrik sonuçlarını göstermektedir.

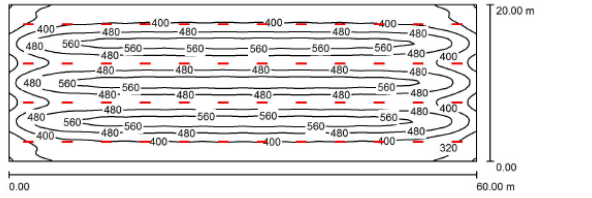
Tablo 4. Fotometrik Veriler



48 Pieces LITPA LIGHTING LBS12
Article No.:
Luminous flux (Luminaire): 12760 lm
Luminous flux (Lamps): 12758 lm
Luminaire Wattage: 89.9 W
Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 70 93 99 100 100
Fitting: 1 x LBS (Correction Factor 1.000).



Şekil 6. Armatür Yerleşim Planı



Height of Room: 8.000 m, Mounting Height: 7.000 m, Maintenance factor: 0.90 Values in Lux, Scale 1:429

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$u0$
Workplane	/	453	231	594	0.511
Floor	20	442	224	557	0.507
Ceiling	70	80	59	90	0.741
Walls (4)	50	145	59	377	/

Workplane:
Height: 0.850 m
Grid: 128 x 64 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	48	LITPA LIGHTING LBS12 (1.000)	12760	12758	89.9
			Total: 612461	Total: 612384	4315.2

Specific connected load: 3.60 W/m² = 0.79 W/m²/100 lx (Ground area: 1200.00 m²)

Şekil 5. Aydınlatma dağılım değerleri (Lux)

(Dialux programının kullanımında LED chiplerin lumen değerleri aşağıda belirtilmiştir.)



Şekil 7. 3D Görünüm

Tablo 5. Fotometrik Sonuçlar

Total Luminous Flux: 612461 lm
Total Load: 4315.2 W
Maintenance factor: 0.90
Boundary Zone: 0.000 m

Surface	Average illuminances [lx]			Reflection factor [%]	Average luminance [cd/m ²]
	direct	indirect	total		
Workplane	390	62	453	/	/
Floor	378	64	442	20	28
Ceiling	0.00	80	80	70	18
Wall 1	61	71	132	50	21
Wall 2	113	66	179	50	28
Wall 3	66	70	135	50	22
Wall 4	114	67	181	50	29

Uniformity on the working plane
 $u0$: 0.511 (1:2)
 E_{min} / E_{max} : 0.389 (1:3)

Specific connected load: 3.60 W/m² = 0.79 W/m²/100 lx (Ground area: 1200.00 m²)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; bir metal işleme endüstriyel tesisinde konvansiyonel armatürlerle yapılmış

olan aydınlatma sisteminin var olan aydınlık düzeyini koruyarak led lambalı armatürlerle değiştirildiğinde; bilgisayar simülasyon programı ile enerji analizi yapılmıştır. Tesiste LED armatürler ve elektronik balast ile çalışan floresan armatürler kullanılarak aydınlatma projesi tasarlanmıştır. Kullanılan armatürlerin tüketilen gücü (W), ışık akısı (lümen) ve ışık etkinliği (lümen/W) her bir senaryo için hesaplanmıştır. Işık akısı (lüm) değerleri, iki tür aydınlatma armatürü tarafından tüketilen güç miktarı ile karşılaştırılarak, elektriksel güç tüketimi analiz edilmiştir.

Tablo 6. Işık Akısı Simülasyon Sonuçları

Armatür Tipi	Armatür Tüketilen Güç P (W)	Toplam Tüketilen Güç P (W)	Toplam Işık Akısı Φ (48 Armatür) [lüm]		Etkinlik Faktörü (lüm/W)
			Armatür Işık Akısı Φ [lm]	Toplam Işık Akısı Φ [lm]	
FL	234 W	11232 W	7527	84	67.02
LED	89.9 W	4315.2 W	6124	80	141.94

Tablo 6, floresan armatür ve LED armatür verimliliğini değerlendirmek amacıyla aydınlatma sistemi tasarımının simülasyon sonuçlarının özetini göstermektedir. Bu tabloya göre, floresan armatürün etkinlik faktörü 67.02lm/W iken, LED lambalı armatürün etkinlik faktörü 141.94lm/W değerindedir. Diğer bir deyişle LED lambalı armatür Watt başına floresan lambalı armatüre göre %47 oranında daha fazla ışık akısı üretmektedir. Tablo 7'de aydınlık düzeyleri değerleri verilmiştir.

Tablo 7. Fotometrik Sonuçlar

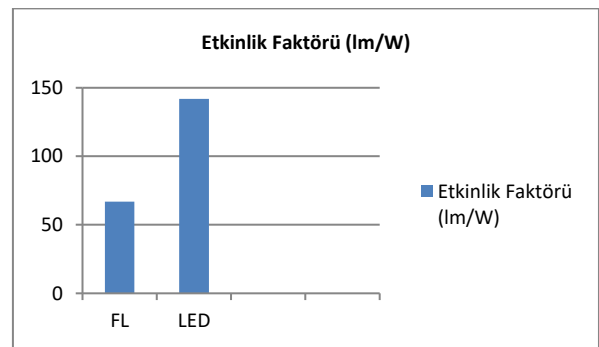
Armatür	E_{av}	E_{min}	E_m	U_o
FL	47 lux	23 lux	558 lux	0.49
LED	45 lux	23 lux	594 lux	0.51

Senaryo 1'deki proje tasarımında floresan lambalı 48 adet armatür kullanılmıştır ve max aydınlık düzeyi 558 lük'dür. Senaryo 2'de ise LED lambalı yine 48 adet armatür kullanılmıştır ve aydınlatma düzeyi max düzeyi 594 lük'dür. Armatür sayıları değişmemekle birlikte herbir armatür güç tüketim değeri 234W'dan 89.9W'a düşmüştür.

Tablo 8. FL ve LED Lambalı Armatürler için Etkinlik Faktörü (lüm/W) Değerleri

Lamba tipi	Φ (Lamba Işık akısı) [lm]	Φ (Armatür ışık akısı) [lm]	Armatür verimi (%)	Φ Toplam Işık Akısı (48Armatür) [lm]
FL	17800	15683	88	752784
LED	14918.4	12760	86	612480

Senaryo 1'de, floresan lambalı armatürün lambalarından çıkan ışık akısı 17800 lümen iken armatürden çıkan ışık akısı 15683 lümeneye eşittir. Diğer bir deyişle; floresan armatürlerin verimliliği %88'dir. Senaryo 2'de, LED lambalı armatürün lambalarından çıkan ışık akısı 14918.4 lümen iken, armatürden çıkan ışık akısı 12760 lümeneye eşittir. LED lambalı armatürün verimliliğinin % 86 olduğu hesaplanmıştır. Şekil 8'de; etkinlik faktörü değerleri grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 8. FL ve LED Lambalı Armatürlerin Etkinlik Faktörünün (lm/W) Karşılaştırılması

İki lamba tipini karşılaştırmak için aynı lümen değerlerini alabilir ve tüketilen güç

miktarını karşılaştırabiliriz veya bu çalışmadaki gibi aynı sayıda armatür kullanarak etkinlik faktörünü (lm/W) ve enerji tüketimini karşılaştırabiliriz.

Çalışmakta olan bir tesiste aydınlatma sisteminin değişimi sırasında meydana gelen tadilat işlemleri fabrikada çalışmayı engellediği gibi, bu değişim sırasında farklı armatür boyutları ve sayısı kullanmak fabrikada yenileme gerektirir. Bu ekonomik bir masraf ve fabrika yöneticileri tarafından istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle; aydınlatma revizyonu yapılan tesislerde mevcut sistemde bulunan lamba tesisatını değiştirmeden armatür değişimi tercih edilmektedir. Bu çalışmada da; var olan floresan armatürler yerine LED lambalı armatürler kullanıldı. Başka bir deyişle, LİTPA FYW 4x54W 48 adet floresan armatürün yerini LİTPA LBS12 89.9W 48 adet armatür aldı. Her iki armatürdeki lümen değerlerini karşılaştırmak için aynı armatür sayısında değerlendirme yapılmıştır. Floresan armatür kullanılan senaryoda toplamda 11232W tüketilirken, LED armatür kullanılan senaryoda 4315.2W tüketilmiştir. Eşit armatür sayısına sahip iki senaryoda, Senaryo 1'deki armatürler 752784 lümen üretirken, Senaryo 2'deki armatürler 612480 lümen üretmektedir.

Buna göre, floresan lambalı armatürler ile ortalama 471lux aydınlık düzeyinde 11232Wh enerji tüketilirken, LED lambalı armatürler ile 453lux aydınlık düzeyinde 4315Wh enerji tüketilmektedir. Floresan lambalı armatürlerde etkinlik faktörü 67.02lm/W iken LED lambalı armatürlerde 141.94lm/W değerindedir. Ve toplam tüketilen enerji 6917 Wh. tasarruf edilmiştir.

Bu çalışmada 08:00-18:00 saatleri arasında ve ayda 20 gün çalışan fabrikada enerji tüketimi ile saatte 6917Wh tasarruf yapıldığından yıllık enerji sarfiyatından

$P = 6917 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 12 = 830040 \text{Wh}$
enerji tasarrufu elde edilmiş olur.
Sonuç olarak, 1200m²'lik bir metal işleme tesisinde 48 adet 4x54W floresan lambalı

armatürler yerine işletmede değişim kolaylığı sağlamak amacıyla aynı sayıda 89.9W LED lambalı armatürler kullanılmıştır. Floresan armatür kullanılan senaryoda $U_0 = 0,498$ iken LED armatür kullanılan senaryoda $U_0 = 0,511$ olup, değişim (%3) çok az olmuştur. Aynı şekilde E_{\min} ve E_{\max} oranları da 0,421 iken 0,389 olup %8 oranında çok az bir değişim göstermiştir. Armatür verimlilikleri de %88 ve %86 değerleriyle birbirine çok yakındır. Ortalama aydınlık düzeyi 471lux'den 453lux'e düşerken toplam tüketim 11232W'tan 4315.2W'a düşerek %61.5 enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden aynı aydınlık düzeyini daha ekonomik şekilde sağlayarak yapılır. Bu çalışmada; standartlarda belirtilen aydınlık düzeyleri korunarak konvansiyonel lambaların yerine LED lambalar kullanarak daha az enerji tüketimi sağlanmıştır. Bunun sonucunda verimli bir aydınlatma ile hem daha az elektrik enerjisi tüketimi olacak, hem de kaliteli aydınlatma sağlanacaktır. Bu çalışmada; enerji verimliliği, verimli aydınlatma, aydınlatmada enerji tasarrufu bakımından LED lambalı aydınlatmanın, konvansiyonel lambalı aydınlatmaya göre ekonomik karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 1'de belirtilen standart değerleri 300lux olmasını gerektirirken, yapılan çalışmada LED lambalı senaryoda 453lux ortalama aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

5. Teşekkür

Yazar, bu çalışmaya yaptıkları değerli katkılarından dolayı LİTPA Aydınlatma Pazarlama Müdürü Sn. Deniz Yüce'ye teşekkür eder.

6. Kaynaklar

1. Juslén H. (2006), Lighting and Productivity in the Industrial Working Place, Proceedings of Fifteenth international symposium, Lighting Engineering

- Society of Slovenia. Lighting of work places. Slovenia, Bled. 53-62.
2. Juslen, H.T., Wouters, M.C.H.M, Tenner, A.D. (2007), Lighting level and productivity: A field study in the electronics industry. *Ergonomics*, **50** (4), 615-624.
 3. Juslén H. (2007), Lighting, Productivity and Preferred Illuminances- Field Studies in the Industrial Environment, Thesis (PhD), Helsinki University of Technology.
 4. Gan CK, Sapar AF, Mun YC, Chong KE (December 2013), Techno-economic Analysis of LED Lighting: A Case Study in UTeM's Faculty Building, *Procedia Engineering* 53, 208-216.
 5. Dubnicka R., Lipnicky L., Barcik M., Gasparovsky D. (2016), Comprehensive view of LED products in luminaires, Diagnostic of Electrical Machines and Insulating Systems in Electrical Engineering (DEMISEE).
 6. Loisel R.; Butler J. ; Brady G. ; Walton M.; Henze N. (March-April 2015), LED Lighting for Oil and Gas Facilities, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Volume: **51**, Issue: 2.
 7. Paul B., Kamath V., Mathew M. (2017), Economic Analysis of an Energy Efficient LED Based Lighting Scheme for a Pharmaceutical Industry, *International Conference on Innovations in Power and Advanced Computing Technologies*.
 8. https://www.licht.de/fileadmin/Publications/lichtwissen/0903_lw05_E_Industry_Trade_web.pdf; licht.wissen05_Industry and Trade, 2009.