

# HASTANE AYDINLATMALARINDA LED LAMBA KULLANIMI VE ANALİZİ\*

Deniz Yüce - *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*

denizyuce@litpa.com1

Canan Perdahçı - *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*

perdahci@kocaeli.edu.tr

Hakan Ünsalan - *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*

hakanunsalan@litpa.com

## ÖZET

Sağlık tesisleri çoğu endüstriyel ticari binadan çok daha fazla enerji tüketir. Bu bağlamda, klasik bir ticari binaya göre yaklaşık iki kat daha fazla enerji tüketimi ve CO2 emisyonuna sahiptirler. Ticari elektriğin yaklaşık % 11'i sağlık kuruluşları tarafından tüketilir. Araştırmalar sağlık kuruluşlarındaki aydınlatmanın toplam enerji tüketimindeki payının yaklaşık % 16, elektrik tüketimindeki payının ise % 44'e ulaştığını göstermiştir. Günümüzde sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği daha da önem kazanmaktadır. Çalışanın ve hastanın günde 24 saat enerji tüketen yapı türlerinde rahat hissetmesini sağlayacak bir tasarım oluşturmak çok önemlidir.

Hastaneler gibi 24/7 çalışan ortamlarda, her çevre için farklı uygulamalar, farklı otomasyon sistemlerine entegre edilecek ve istenen verimlilikle birlikte enerji tasarrufu sağlanacaktır. Bu yaklaşımla giderler azalırken doğal kaynaklarımız tükenmeyecektir. Hastanelerde dikkat edilmesi gereken bir başka husus da hijyenik tip armatürlerin seçilmesidir. Bakım maliyetlerini düşürmek ve toz -bakteri gibi unsurları ortadan kaldırmak için IP54 ve üzeri koruma sınıfına sahip armatürler tercih edilmelidir. Yüzeyde ve armatürdeki bakteri oluşumu antibakteriyel boyalarla önlenmelidir. Hastane aydınlatması tüm bu ayrıntıları göz önüne alarak farklılaştırılabilir.

## 1. GİRİŞ

İyi bir iyileştirme ortamı verimli aydınlatma ile oluşturulabilir ve bu nedenle aydınlatma tasarımı, hastane gibi çok işlevli ve farklı yaşam ortamlarında önemli bir rol oynamaktadır. Hastane ortamında, çok çeşitli aktiviteler ayırt edilebilir, dolayısıyla aydınlatma sisteminin tasarım aşamasında aşağıdaki hedeflere dikkat edilmesi gerekir; hastaların fiziksel ve duygusal rahatlığı, motivasyon, hastane personeli ve ziyaretçi deneyimi için kritik görsel gereksinimler. [1] Aydınlatma sistemlerinde kullanılan hassas aydınlatma dizaynı yukarıda belirtilen hedeflerin yanı sıra enerji maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlar.

İlgili standartlar tarafından tanımlanan performans ve konfor sınırları verimli bir sistemden önce oluşturulmalıdır. Bu, hastanın rahatlığını ve çalışanın performansını geliştirir.

Hastanelerde aydınlatma kriterleri genel bir ortama

kıyasla çok daha karmaşıktır. Hastane yapısı içerisinde, farklı işlevselliğe sahip birçok alan ve farklı gereksinimi olan birçok grup (hasta, personel ve doktor gibi) bulunmaktadır. Günün 24 saati kullanılan ve sürekli dinamik bir yapıya sahip olan hastane yapılarının çoğu, hasta ve sağlık personeli için çok önemlidir. Bu ortamlar tüm hastalar ve hastane personeli için her zaman konfor ve performans koşullarını sağlamalıdır.

Hastanelerde aydınlatma sistemleri birkaç işlev görür:

- Uygun görüş derecesi ve görsel rahatlığı yaratan aydınlatma sistemleri kendilerini iyi hissetme beklentisi içerisinde bulunan hastaları tatmin eden prestijli bir tasarım sunar.

- Doktorlar ve hemşireler için, aydınlatma hastanenin her alanında görsel gereksinimleri karşılamalı ve ayrıca motivasyonu artırmalıdır.

Sağlık personeli dışındaki personelin duygu ve düşünceleri, iyi bir aydınlatma sistemi tasarımıyla etkilenebilir. [7]

Hastanelerde ve yüzlerce yataklı bakım tesislerinde ısıtma, havalandırma, aydınlatma ve tıbbi ekipmanların çalıştırılması için büyük miktarda enerji tüketilmektedir. Sürekli çalışma nedeniyle hastaneler yüksek miktarda enerjiden sorumludur ve bu tüketimin azaltılması istenilen bir durumdur. Yapay aydınlatma için enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin büyük bir yüzdesidir ve tahmini olarak % 26'dan% 36'ya değişir. [5] Böylece, toplam enerji dengesi aydınlatmadan önemli ölçüde etkilenir. Uzun ömürlü, az enerji ve bakım gerektiren modern aydınlatma teknolojileri enerji tasarrufu için temel oluşturmaktadır. Aydınlatma kalitesinde büyük bir gelişme, modern ışık kaynakları ve enerji tüketimi sağlayan armatürlerle sağlanmaktadır.

Hastaneler, insanların gitmek istemediği, zorunlu koşullar altında gittikleri ve diğer yandan insanların çalışıp vakit geçirdiği yerlerdir. Bu alanlar, insanların farklı ihtiyaçlarını göz önüne alarak ve gün boyunca çalışma performanslarını etkilemeyecek şekilde aydınlatılmalıdır. Genellikle yalnızca tek bir seviyede uygulanan ve başka faktörleri göz önüne almadan yapılan aydınlatmalar hastaları ve doktorları olumsuz yönde etkileyebilir. Günümüzde bir diğer önemli konu olan enerji tasarrufu, LED aydınlatma sistemi ile hızlı değişen bir süreçtir. Yenilenme çabalarıyla sağlanan yüksek enerji tasarrufu bu süreci hızlandırır. Gerektiğinde açma, kapama ve kısma işlemlerini içeren akıllı otomasyon sistemlerini entegre ederek LED aydınlatma sisteminde tasarruf oranını %70'e yükseltmek zor değildir.

Bu nedenle, performans ve konfor enerjinin verimli kullanımı kadar önemlidir. Çalışmalar, aydınlatmanın sağlık alanında önemli sistemlerinden biri olduğunu ve çoğu durumda aydınlatmanın psikoloji ve dolaylı olarak hasta muamele sürecinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Aydınlatmada enerji tasarrufu, arzulan veya gerekli ışık seviyesini değiştirmeden enerji tüketimini azaltarak sağlanmalıdır. Bu nedenle, LED aydınlatma armatürleri tercih edilen projeler aydınlatma sektöründe en popüler projelerdir. [4]

DIALUX 4.12 simülasyon yazılımı uluslararası standartlara göre hastane aydınlatma sistemi tasarımı sunmak için kullanılır. Bu çalışma, görsel ve finansal açıdan uygun olan aydınlatma türünün en uygun seçimine odaklanmaktadır.

## 2. HASTA ODASI AYDINLATMASI

Tedavi olanaklarının yanısıra, hastanenin atmosferi ve odaların görünümü hastaların hastane seçimlerinde önemli kriterlerdendir. Doğru genel aydınlatma, hasta odalarında hoş ve sade bir ortam yaratmaya yönelik algılanabilir bir katkı sağlayabilir. Ayrıca doğru genel aydınlatma basit hemşirelik görevlerini yerine getirmede yeterli olmalıdır. Aynı ayrı anahtarlamalı aydınlatma sistemleri hasta odalarının aydınlatma gereksinimlerini yerine getirmelidir: genel konfor aydınlatma, hasta için okuma aydınlatması, başucu muayeneleri ve tedavisi için aydınlatma, gece / gözlem aydınlatması, yönlendirme aydınlatması.

En az 100 lüks aydınlık ve sıcak-beyaz ışık meydana getiren indirekt aydınlatmanın oluşturulması hasta odalarında rahat bir atmosferi sağlar. Endirekt aydınlatma sonucu hastalar tarafından tercih edilen odalar daha büyük görünür. Ayrıca, bir diğer olumlu etkisi de sakinleştirici olmasıdır.

Hasta odaları için bir diğer genel aydınlatma gereksinimi, metrekare başına 500 candela'nın indirekt aydınlatma tarafından izin verilen maksimum parlaklık olmasıdır. [8]

Hastalar, okuma ve manuel aktiviteler gibi kişisel faaliyetleri gerçekleştirmek için her bir yatağa entegre edilmiş aydınlatmanın sağladığı yeterli ışığa ihtiyaç duyarlar (indirekt aydınlatma ve yatak başlığındaki okuma aydınlatması). [1] Okuma lambası - her hastane yatağı için gerekli olan - okuma düzleminde en az 300 lüks ile memnun edici okuma koşulları oluşturur.

Özellikle her zaman yatış pozisyonunda olan hastalar, 0,7'den daha az olmayan yansıtma faktörü ile tavanda renk çeşitliliğini görmelidirler. [1]

Hasta odalarında, tıbbi muayene ve bakım faaliyetlerinin hastalar üzerinde yapılmasını sağlamak için tıbbi ve yardımcı elemanlar için yeterli ışık seviyesi gereklidir. Görsel görev zorluklarından dolayı aydınlatma sistemi, görsel konforu yüksek seviyelerde ve personelde parlamaların bulunmadığı optimum aydınlatmayı sağlamalıdır. Bu açıdan bakıldığında renksel geriverim olarak aydınlatma kaynaklarının doğal ışığa olabildiğince yakın olanlarının kullanılması da önemlidir. [1] DIN EN 12464-1 ve DIN 5035-3, standartları hemşirelik görevleri ve basit muayeneler için muayene düzleminde yaklaşık 300lux'luk bir aydınlatma önermektedir. Muayeneler ve tedaviler veya acil durumlar için önerilen aydınlatma en az 1.000 lux'tir. [8]

Gece / gözlem aydınlatma sistemleri, hastalar uykudayken gece hasta odalarının nasıl aydınlatıldığı konusunda olası bir çözümdür. Gerekli ortalama aydınlık düzeyi zeminden 0,85 m yükseklikte bir düzlemde 5lux'dur. Geceleri personel hastaları gereksiz yere rahatsız etmeden kontrol edebilmeli ve gerekli olduğunda çok düşük düzeyde aydınlık seviyesinde basit görevleri yapabilmelidir. [8] Hastaların yakın çevrede uyuyan diğer hastaları rahatsız etmeden geceleri yollarını bulmalarına yardımcı olmak için yönlendirme aydınlatmasının kalitesi dikkate alınmalıdır. Yatak seviyesinin altına ve kapının yakınına monte edilen geniş açılı LED aydınlatma armatürleri, hasta odalarındaki veya bakım tesislerindeki gereksinimlere uygunluk gösterebilirler. [7] [8]

Işık renginin ve dinamik aydınlatma senaryolarının hastaların ve personelin biyolojik refahı üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle, hastanelerde biyolojik olarak etkili yapay aydınlatma çözümleri, hastane operasyonları için gerekli olan fonksiyonel aydınlatmanın yanısıra kurulmalıdır. Bir hastanın uyku / uyanık ritmi (insan sirkadiyen sistemi) değişen parlaklık ve ışık renginden olumlu bir şekilde etkilenebilir. Hastaların doğal aktif ve dinlenme evreleri, iyi gece uykuları ve hızlı toparlanmaları biyolojik olarak etkili yapay aydınlatma ile desteklenmektedir. [8]

Hasta odalarında, farklı sayıda hasta aynı odayı paylaşmak zorundadır. Böyle bir durumda, hijyen önemlidir. Antibakteriyel boyalar kullanılarak armatürlerde bakteri oluşumunu önlemek gereklidir. Kullanılan armatürün koruma türü IP65 olmalıdır, böylelikle insanlar temiz hijyen odalarında konaklayabilirler.

Görsel konfor ve görsel performans amaçları için önerilen işyerlerinin iç mekanlarının aydınlatma gereksinim prensipleri, "Avrupa Standardizasyon Komitesi EN 12464-1, EN 12464-1, Işık ve Aydınlatma - İşyerlerindeki Aydınlatma - Bölüm 1" başlıklı Avrupa Standardı: İşyerlerinin İç Mekanları " standardında belirlenmiştir. Bu standart çerçevesinde sağlık kuruluşları için EN 12464-1'den alınmış bazı referans değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1'de en önemli aydınlatma parametreleri, ortalama aydınlık düzeyinin minimum değerleri ( $E_m$ ), aydınlatma düzgünlüğü ( $U_0$ ), lambaların renksel geriverim endeksi ( $R_a$ ) değerleri, ve maksimum kamaşma değerleri tanımlanmaktadır. Rahatsızlık kamaşma değerleri (UGRL). Özellikle sağlık kullanımı için görsel işaret levhaları kullanılan alanlarda, EN12464-1'e göre 100 lux'ten 1000 lux aydınlatma seviyesi aralığında aydınlatılmalıdır. Iman ve ark. (2013). EN12464-1'de

belirtilen  $E_m$ 'in en düşük seviyesi, alt seviyelerden (örneğin, gece aydınlatması için 5lx) mutlak çevre için normal seviyeye (örn. Genel aydınlatma için 100lx) en yüksek seviyelere (örneğin 1000lx, Tıbbi personel tarafından gerçekleştirilen muayene ve tedavi için) ayarlanır.

Aktivite	$E_m$ (lx)	UGR <sub>L</sub>	$U_0$	$R_a$
Genel Aydınlatma	100	19	0.4	80
Okuma Aydınlatması	300	19	0.7	80
Basit Muayeneler	300	19	0.6	80
Muayene ve Tedavi	1.000	19	0.7	90
Gece Aydınlatması	5	-	-	80

**Tablo 1:** EN12464-1 Standardına Göre Hastanelerdeki Hasta Odaları için Tavsiye Edilen Aydınlatma Gereksinimleri

### 3. ÖRNEK ÇALIŞMA

Bu çalışma İstanbul'daki bir hasta odasında yapıldı.

Dikdörtgen hasta odasının uzunluğu, genişliği ve yüksekliği sırasıyla 12,61 m, 5,87 m ve 3 m'dir. Duvarların yansıma katsayıları (yaygın olduğu varsayılacaktır)  $p_{duvar} = 0.5$ , zemin  $p_{zemin} = 0.2$  ve tavan  $p_{tavan} = 0.70$ 'dir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi, muayene ve tedavi için gerekli olan Lux seviyesi 1000 lx'dir ve genel aydınlatma için gerekli olan Lux seviyesi 100 lux'dir.

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

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

T8 (T26) FL ve LED lambalar gibi farklı lamba tiplerinin ölçümüne dayanan deneysel bir prosedür, kamaşma efektinden dolayı görsel konfor, renksel geriverim ve hastanenin hasta odasının güç tüketimi değerlendirmek için gerçekleştirildi.

The lighting scheme for the study has been designed by using DIALux 4.12 simulation software and the simulation results are presented for each scenario. Çalışmanın aydınlatma düzeni DIALux 4.12 simülasyon yazılımı kullanılarak tasarlanmış ve simülasyon sonuçları her senaryo için sunulmuştur.

## Senaryo 1

LİTPA ürünü LİTPA 200331881 FGS 300 / 4x18W-WP, hastanenin oda bölümünün aydınlatılması için kullanılmıştır.

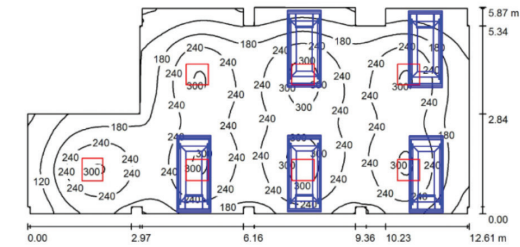
Aydınlatma dağılım değerleri (lux) Şekil 1'de gösterilmiştir. Kullanılan armatürlerin ışık akısı 2581 lümen ve güç 64 W'tır. Armatür lambalarının toplam ışık akısı 5400 lümen'dir. Enerji verimliliği 2581 lümen / 5400 lümen = % 48 olarak hesaplanabilir. Bu çalışma için toplam 7 armatür kullanılmıştır. Böylece toplam ışık akısı 7 armatür tarafından yayılan tüm akının toplamına ve 18067 lümene eşittir. Ayrıca toplam kullanılan güç eşittir;

$$P_t = n \cdot P = 7 \cdot 64W = 448W$$

Dialux programının sonucuna göre, çalışma yüzeyinde hesaplanan ortalama aydınlatma Eav [lx] = 215 lux, çalışma düzleminde hesaplanan minimum aydınlatma Emin [lx] = 53 lux, ve çalışma düzleminde ölçülen maksimum aydınlatma Emax [lx] = 326 lux'dür.

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

Şekil 4 3-D görünüm olup, aydınlatmanın oda içindeki farklı alanlara etkisini göstermektedir. Şekil 5, yanlış renk özellikleri şemasını ve Şekil 6'da bu senaryonun değer tablosunu göstermektedir.



Height of Room: 3.000 m, Mounting Height: 3.090 m, Maintenance factor: 0.80 Values in Lux, Scale 1:91

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u_0$
Workplane	/	215	53	326	0.245
Floor	20	152	9.01	276	0.059
Ceiling	70	35	20	44	0.577
Walls (34)	50	62	13	174	/

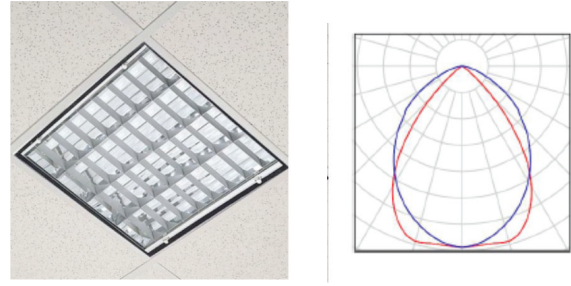
Workplane:  
Height: 0.850 m  
Grid: 128 x 64 Points  
Boundary Zone: 0.000 m

### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	7	LİTPA 200331881 FGS 300/4x18W-WP (1.000)	2581	5400	64.0
Total:			18070	37800	448.0

Specific connected load: 7.08 W/m<sup>2</sup> = 3.29 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 63.29 m<sup>2</sup>)

Fig. 1: Aydınlatma dağılım değerleri (Lux)



7 Pieces LİTPA 200331881 FGS 300/4x18W-WP  
Article No.: 200331881  
Luminous flux (Luminaire): 2581 lm  
Luminous flux (Lamps): 5400 lm  
Luminaire Wattage: 64.0 W  
Luminaire classification according to CIE: 100  
CIE flux code: 70 94 99 100 48  
Fitting: 4 x T26 18W (Correction Factor 1.000).

Fig. 2: Fotometrik Veriler

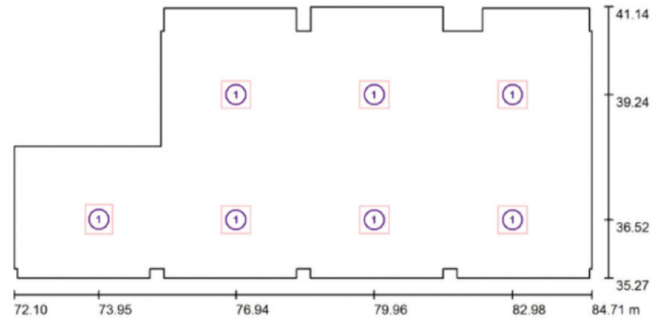


Fig. 3: Armatür Yerleşim Planı

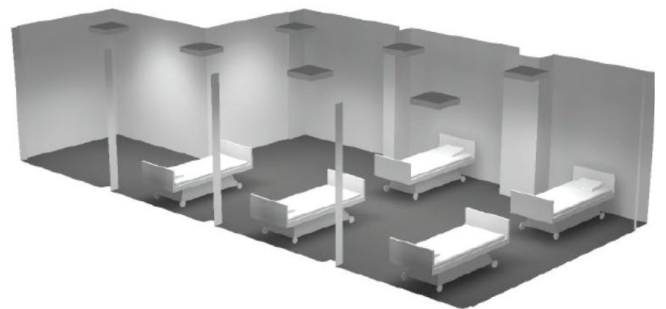


Fig. 4: 3D Görünüm

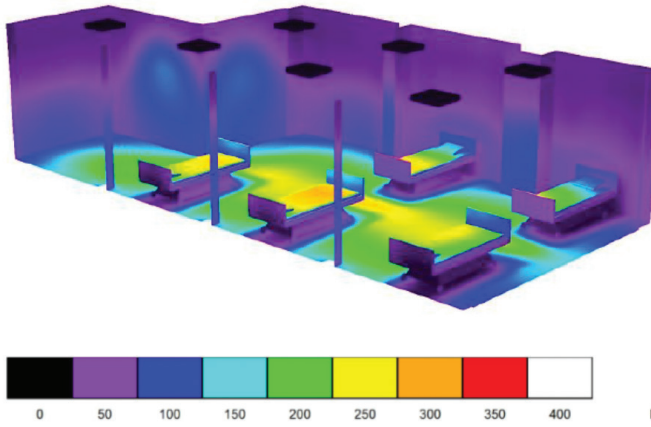


Fig. 5: Yanlış Renk Özellik Şeması (Aydınlık Seviyesi Dağılımı-lux)

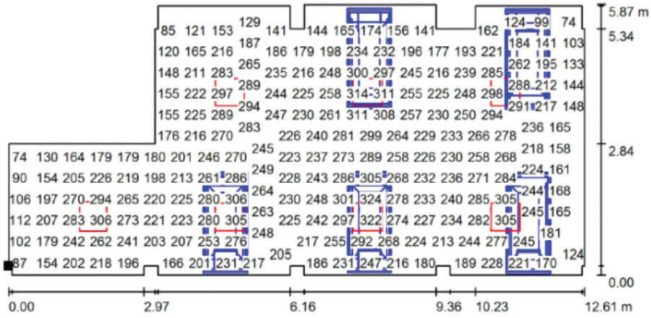


Fig. 6: Değer Grafiği (metre)

## Senaryo 2

LİTPA ürünü LITPA 200331882 HFC /38W-WP LED hastanenin oda bölümünün aydınlatılması için kullanılmıştır.

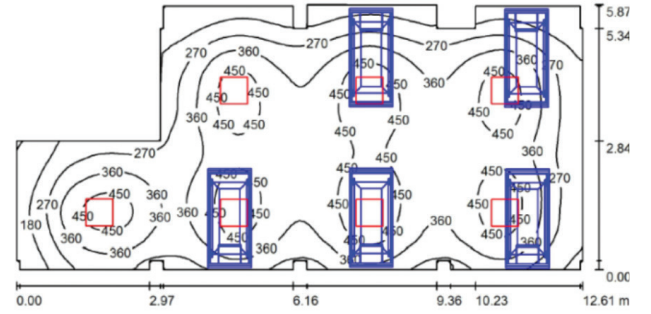
Aydınlatma dağılım değerleri (lux) Şekil 7'de gösterilmiştir. Kullanılan armatürlerin ışık akısı 3696 lümen ve güç 44 W'tır. Armatür lambalarının toplam ışık akısı 4400 lümen'dir. Enerji verimliliği 3696lumen/4400lumen=%84 olarak hesaplanabilir. Bu çalışma için toplam 7 armatür kullanılmıştır. Böylece toplam ışık akısı 7 armatür tarafından yayılan tüm akının toplamına ve 25872 lümene eşittir. Ayrıca toplam kullanılan güç eşittir;

$$P_t = n \cdot P = 7 \cdot 44W = 308W$$

Dialux programının sonucuna göre, çalışma yüzeyinde ölçülen ortalama aydınlatma  $E_{av} [lx]=347$  lux, çalışma düzleminde ölçülen minimum aydınlatma  $E_{min} [lx]=84$  lux, ve çalışma düzleminde ölçülen maksimum aydınlatma  $E_{max} [lx]=524$  lux 'dür.

Şekil 8'de fotometrik veriler sunulmaktadır. Şekil 9 armatür yerleşim planını göstermektedir. Şekil 10 3-D görünümü olup, aydınlatmanın oda içindeki farklı alanlara etkisini göstermektedir.

Şekil 11, yanlış renk özellikleri şemasını ve Şekil 12'de bu senaryonun değer tablosunu göstermektedir.



Height of Room: 3.000 m, Mounting Height: 3.090 m, Maintenance factor: 0.90 Values in Lux, Scale 1:0

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$\tau$
Workplane	/	347	84	524	0.24
Floor	20	245	13	447	0.05
Ceiling	70	57	29	81	0.51
Walls (34)	50	101	22	282	

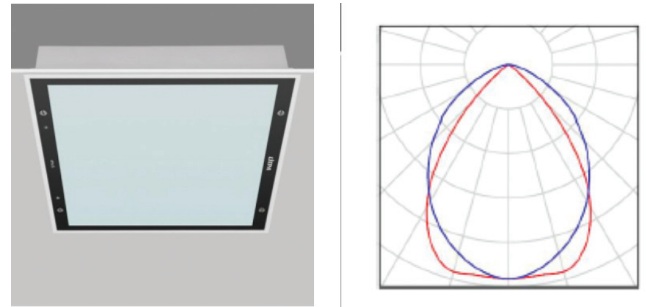
Workplane:  
Height: 0.850 m  
Grid: 128 x 84 Points  
Boundary Zone: 0.000 m

### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P IV
1	7	LITPA 200331882 HFC /38W-WP (1.000)	3696	4400	44
			Total: 25872	Total: 30800	308

Specific connected load: 4.87 W/m<sup>2</sup> = 1.40 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 63.29 m<sup>2</sup>)

Fig. 7: Aydınlatma dağılım değerleri (Lux)



7 Pieces LITPA 200331882 HFC /38W-WP  
Article No.: 200331882  
Luminous flux (Luminaire): 3696 lm  
Luminous flux (Lamps): 4400 lm  
Luminaire Wattage: 44.0 W  
Luminaire classification according to CIE: 100  
CIE flux code: 70 94 99 100 84  
Fitting: 0 x LED (Correction Factor 1.000).

Fig. 8: Fotometrik Veriler

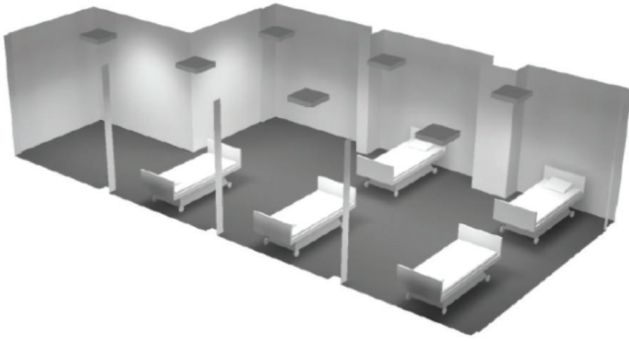


Fig. 9: Armatür Yerleşim Planı

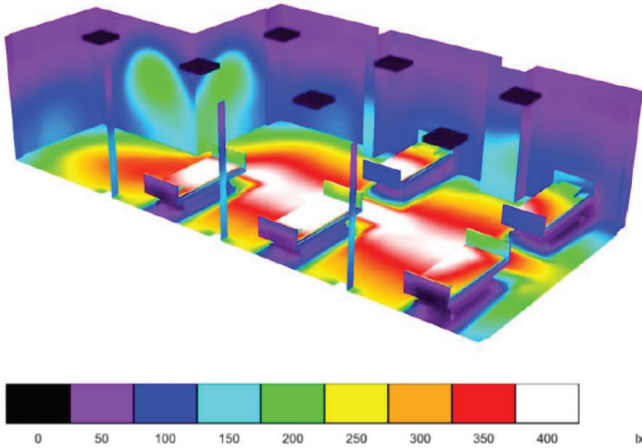


Fig. 10: 3D Görünüm

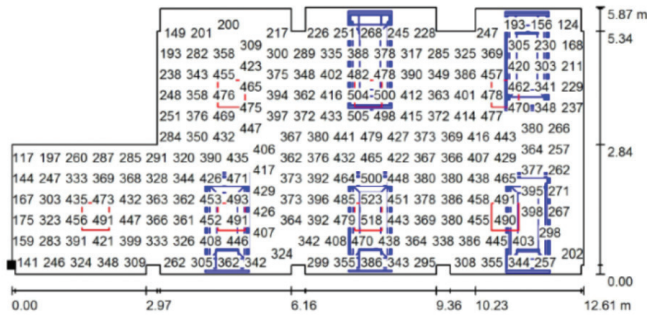


Fig. 11: Yanlış Renk Özellik Şeması (Aydınlık Seviyesi Dağılımı- lux)

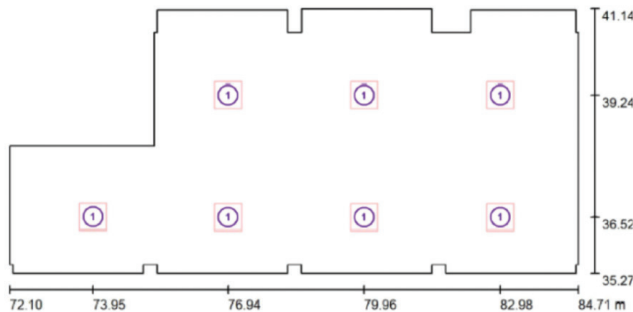


Fig. 12: Değer Grafiği (metre)

## 4. SONUÇLAR

Burada sunulan çalışmanın amacı, verimliliği simülasyon yöntemi ile analiz etmektir. Bu çalışmada, hastanedeki hasta odalarında antibakteriyel LED panel ve elektronik balasta bağlı flüoresan lamba kullanılarak aydınlatma projesi tasarlanmıştır. Onların tüketilen gücü (W), ışık akısı (lümen) ve ışık etkinliği hesaplandı. Işık akısı (lum) değerleri, iki tür aydınlatma armatürü tarafından tüketilen güç miktarı ile karşılaştırıldı. Elektriksel güç tüketimi analiz edildi.

Type	$\Phi$ (Lamps) [lm]	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	Luminous Efficacy (lm/W)	Total $\Phi$ (7Luminaire) [lm]
FL	5400	2581	40	18067
LED	4400	3696	84	25872

Tablo 2: Simülasyon Sonuçları Özeti

Tablo 2, flüoresan lamba ve LED verimliliğini değerlendirmek amacıyla aydınlatma sistemi tasarımının simülasyon sonuçlarının özeti göstermektedir. Tablo 2'den çıkarılan en önemli sonuç, floresan armatürün (40lm / W), LED armatür (84lm / W) ile karşılaştırıldığında daha düşük lümen / watt değerine sahip olduğudur.

Luminaire	Eav	Emin	Emax	Uo
FL	215 lux	53 lux	326 lux	0.245
LED	347 lux	84 lux	524 lux	0.243

Tablo 3: Fotometrik Sonuçlar

Senaryo 1'de, FL'ler kullanılır ve tasarım, 326 lx seviyelerini vermek için 7 armatür gerektirir. Senaryo 2'de, LED armatürler tanıtılmış ve tasarım 524lx seviyelerini vermek için 7 aydınlatma armatürü gerektiriyor.

Type	Power consumed P (W)	Total Power consumed P (W)	Luminaire Efficacy	Total $\Phi$ (7 Luminaires) [lm]	Luminous Efficacy (lm/W)
FL	64W	448W	48	18067	40,32
LED	44W	308W	84	25872	84

**Tablo 4:** FL and LED Armatürleri için Lum/W Değerleri

Senaryo 1’de, floresan armatür lambalarının toplam ışık akısı 5400 lümeneye eşittir ve floresan armatürün ışık akısı 2581 lümeneye eşittir. Floresan armatürler için ölçülen ışık akılarına dayanarak, floresan armatürlerin verimliliğinin% 48 olduğu çıkarılabilir. Senaryo 2’de, LED armatür lambalarının toplam ışık akısı 4400 lümeneye ve LED armatürünün ışık akısı 3696 lümeneye eşittir. LED armatürler için ölçülen ışık akılarına dayanarak, LED armatürün verimliliğinin% 84 olduğu çıkarılabilir. Bu nedenle, armatürlerin verimliliği açısından, LED lamba aydınlatma armatürleri flüoresan armatürlerine göre% 57 daha verimlidir.

Type	Total Power consumed P (W)	Total $\Phi$ (Luminaire) [lm]	Luminous Efficacy (lm/W)
FL (LITPA 200331881 FGS 300/4x18WWP)	448W	18067	40,32
LED (LITPA 200331882 HFC /38WWP LED)	440W	36960	84

**Tablo 5:** Aynı Aktif Güç Tüketiminde Lum/W Değerleri

İki lamba tipini karşılaştırmak için aynı lümen değerlerini alabilir ve tüketilen güç miktarını karşılaştırabiliriz veya aynı güçteki lambaları kullanarak ışık akısı değerlerini karşılaştırabiliriz.

Çünkü bu değiştirme sırasında farklı armatür boyutları ve sayısı kullanmak hastane odasında yenileme gerektirir. Bu ekonomik bir masraf ve hastanenin yöneticileri tarafından istenmeyen bir durum olacaktır. Bu nedenle, bu değiştirmede kullanılan flüoresan lambalar ile aynı boyutta LED lambalı armatürleri kullandık.

Bu sebeplerden dolayı yukarıdaki tablolarda 7 armatür kullanılmıştır. Bununla birlikte, karşılaştırma yapabilmek için, her iki armatürdeki lümenleri karşılaştırmak için aynı gücü kullandık. Başka bir deyişle, toplam 7 flüoresan armatürü 448W tüketirken, toplam 10 LED armatürü 440W tüketiyor. Yaklaşık eşit güç tüketimine sahip iki senaryoda, Senaryo 1’deki armatürler 18067 lümen üretirken, Senaryo 2’deki armatürler 36960 lümen üretir. Bu nedenle, Tablo 5’den görülebileceği gibi, LED aydınlatma armatürleri, yaklaşık güçte flüoresan armatürlere göre% 48.9 daha verimlidir. Buna göre, aynı ışık seviyesine ulaşmak için, yaklaşık% 49 verimli olan LED lambaları kullanarak 448W yerine 229W tüketerek aynı ışık seviyesine erişilebilir. 220 Wh’lık toplam tasarruf elde edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmaya yaptıkları değerli katkılarından dolayı Kocaeli Üniversitesi ve LITPA Aydınlatma’ya teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

1. Francesco L., Carlo M., Sergio I., Michele R. and Giacomo S., *Quality of Lighting in Hospital Environments: A Wide Survey Through in Situ Measurements, Journal of Light & Visual Environment, June 28 (2016).*
2. Hilary D., Jenny L., Elga N., Nilgun C., Guillaume S., Sarah H., Laura S., *Colour and lighting in hospital design, Optics & Laser Technology 38, 343-365 (2006).*
3. Iman D., Ali S., Javad B., Mohammad A. J. & Alex W. S., *Objective and subjective assessments of lighting in a hospital setting: implications for health, safety and performance, Ergonomics, 56:10, 1535-1545 (2013).*
4. Perdahci C., *Hastane Aydınlatma Sistemleri, Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Nörobilim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Bitirme Projesi, (2016).*
5. Pimkamol M., Thorbjörn L., Maria J., *Factors affecting optimal lighting use in shared hospital environments: A case study, Building and Environment 96, 260- 269 (2016).*
6. Safaa A., Prashant Kumar S., *Energy Efficient Lighting System Design for Hospitals Diagnostic and Treatment Room—A Case Study, Journal of Light & Visual Environment, Vol :36, No :1 (2012).*
7. [http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen\\_Downloads/lichtwissen07\\_healthcare\\_premises.pdf](http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen07_healthcare_premises.pdf), *Fördergemeinschaft Gutes Licht, Good Lighting for Health Care Premises, 7.*
8. [http://en.licht.de/fileadmin/shopdownloads/Lichtwissen07\\_E.pdf](http://en.licht.de/fileadmin/shopdownloads/Lichtwissen07_E.pdf), *Fördergemeinschaft Gutes Licht, licht.wissen, Light as a Factor in Health, 7,(2012).*
9. [http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen\\_Downloads/Guide\\_DIN-EN-12464-1.pdf](http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/Guide_DIN-EN-12464-1.pdf); *European Standard EN 12464-1-Lighting Of Work Places - Part 1: Indoor Work Places, November 2014.*