

# TARİHİ CAMİLERDE GELENEKSEL VE LEDLİ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONLARLA İNCELENMESİ

Lale ERDEM<sup>1</sup>, Dilek ENARUN<sup>2</sup>

Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik-Elektronik Fakültesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul  
erdeml@itu.edu.tr, dilek@elk.itu.edu.tr

## ÖZET

*Son yıllarda Türkiye'deki tarihi camilerin dış aydınlatmaları, özel bir hassasiyetle tasarlanırken, camilerin iç aydınlatmasında önemli bir gelişme olmamıştır. Tarihi camilerin iç aydınlatmasında kullanılan akkor telli lambaların yüksek enerji tüketimleri ve kısa ömür süreleri önemli problemler teşkil etmektedir. Bu çalışmada tarihi camilerin aydınlatmasındaki mevcut problemler göz önünde bulundurularak, iç aydınlatma için akkor telli lambaların yerine LEDlerin kullanımı önerilmektedir. Bu amaçla, İstanbul Üsküdar Senti'nde yer alan Şemsi Ahmet Paşa Camii içinde ölçümler yapılmış, Cami Dialux yardımıyla modellenerek, mevcut aydınlatma sistemi ve önerilen LEDli sistem incelenmiştir. LEDli sistemin kullanımıyla cami zemininde, kubbeye ve minberde elde edilen aydınlık düzeyleri ve iç aydınlatma için enerji tüketimi değerleri, akkor telli lambalı sisteme göre önemli üstünlükler göstermektedir.*

## 1. GİRİŞ

Camiler, Müslümanlar tarafından ibadet için kullanılan dini binalardır. Türkiye, sadece Osmanlı İmparatorluğu döneminde değil, daha önceki Türk-İslam uygarlıkları dönemlerinde de inşa edilmiş çok ünlü camilere sahiptir ve bu camiler dini görevlerinin yanı sıra, kültürel ve turistik olarak da hizmet vermektedirler. Son yıllarda Türkiye'deki tarihi camilerin dış aydınlatmaları, özel bir hassasiyetle tasarlanırken, camilerin iç aydınlatmasında önemli bir gelişme olmamıştır.

Temmuz 2008 rakamlarına göre Türkiye'de, 79.096 adet cami bulunmaktadır. Diyanet İşleri Başkanlığı'nın 2004 yılında yaptığı araştırma sonucunda bir caminin aylık elektrik masrafının ortalama 43 TL civarında olduğu görülmüştür. Elektrik zammı dikkate alınmadığında Türkiye'deki bütün camilerin yıllık elektrik masrafı 42 milyon TL'yi bulmaktadır [1]. Ünver ve Enarun tarafından yapılan bir çalışmada Sultan Ahmet Camii'nde 1300 adet 60 W akkor telli lamba kullanıldığı ve bu lambaların toplam olarak 78 kW'lık bir enerji tüketimine sebep olduğu

belirtilmiştir. Tarihi camiler sadece dini nedenlerle değil, turistik amaçlarla da ziyaret edildiği için ışıklar gün içinde uzun saatler boyunca açık bırakılmaktadır; bu durumda lambaların yanık olduğu süre yaklaşık olarak günde 10 saat kabul edilebilir. Basit bir hesaplama ile caminin iç aydınlatması için günlük tüketiminin 780 kWh/gün gibi çok yüksek bir rakam olduğu görülmektedir [2]. Ayrıca akkor telli lambaların kısa ömür süreleri ve bozulan lambaların bakım eksikliği nedeniyle kandillerin içinde bırakılmaları, hedeflenen daha düşük aydınlık düzeylerine, aydınlatmanın düzgün olmamasına ve estetik bozukluklara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada tarihi camilerin aydınlatmasındaki mevcut problemler göz önünde bulundurularak, tarihi camilerin iç aydınlatması için kullanılan akkor telli lambaların yerine LEDlerin kullanılması önerilmektedir. Bu amaçla, İstanbul Üsküdar Senti'nde yer alan Şemsi Ahmet Paşa Camii Dialux Programı yardımıyla modellenerek, mevcut aydınlatma sistemi ile LEDli bir

aydınlatma sisteminin oluşturduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. TARİHİ CAMİLERİN AYDINLATMASINDA MEVCUT DURUM

Camilerin iç aydınlatması dini eylemlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılar, ibadet edenler için görsel konfor koşullarını sağlar ve mimari yapıyı vurgular. Camiler, ibadet edenlerin tek başlarına veya bir cemaatle birlikte Namaz kılmaları, Rahle'ye yerleştirilmiş olan Kur'an-ı Kerim'in okunması ve dinlenmesi, Hz. Muhammed'in hayatını anlatan mistik şiir Mevlüd'ün okunması ve dinlenmesi, ilahilerin söylenmesi ve Hutbe'nin dinlenmesi için kullanılır [2]. Tablo 1'de CIE İç Çalışma Alanlarının Aydınlatılması Standardında Kiliseler, Camiler, Sinagoglar ve Tapınaklar için belirlenen ortalama aydınlık düzeyi, UGR ve  $R_a$  (geriverim endeksi) değerleri verilmektedir [3].

**Tablo 1.** İbadet Yerleri için Gerekli Aydınlatma Koşulları

Kiliseler, Sinagoglar, Tapınaklar	Camiler, $E_m$ [lx]	UGR <sub>L</sub>	$R_a$
Genel ibadet alanı	100	25	80
Sandalye, mihrap, minber	300	22	80

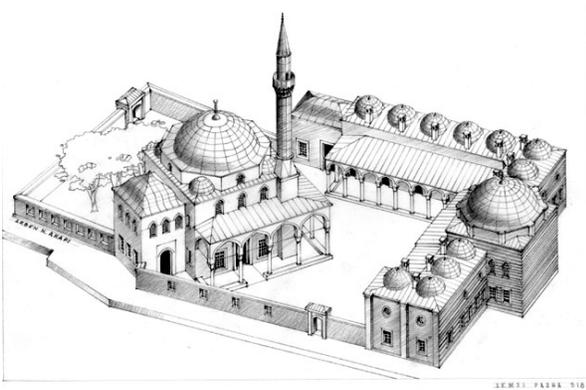
Genel olarak, bir caminin iç aydınlatması, cami içindeki mistik atmosferi bozmamalı, doğal aydınlatmayla uyumlu olmalı, gerekli aydınlık düzeylerini sağlamalı, kamaşma yaratmamalı, renksel geriverimi yüksek ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilmeli, cami içindeki tarihi eserlere zarar vermemeli ve cami içindeki mimari özellikleri vurgulamalıdır.

Bir caminin doğal aydınlatması temel olarak kubbe ve yan duvarlardaki küçük pencerelerden faydalanılarak yapılmaktadır. Yapay aydınlatma içinse, tavandan sarkıtılan avizeler veya eş merkezli demir dairesel elemanlar üzerine yerleştirilmiş ışık kaynakları kullanılmaktadır. Genel yaklaşım 60 W, 2700 °K akkor telli lambaların yağ kandilleri içine yerleştirilmesidir. Bu yağ kandilleri ortalama insan boyundan yaklaşık olarak 50-60 cm yükseğe asılmaktadırlar. Lambalar yere paralel olarak ve mümkün olduğunca homojen şekilde cami içine dağıtılmaktadırlar [2, 4, 5].

Tarihi cami aydınlatmasındaki mevcut durumun yakından incelenmesi için İstanbul'un Üsküdar Semti'ndeki Şemsi Ahmet Paşa Camii seçilerek, cami içinde çeşitli ölçümler alınmış, Cami Dialux programı ile modellenerek mevcut akkor telli lambalı sistem ile önerilen LEDli sistemin oluşturduğu aydınlatma koşulları karşılaştırılmıştır.

## 3. ÇALIŞMA İÇİN SEÇİLEN CAMİ

II. Selim'in İsfendiyaroğlu Şemsi Ahmed Paşa için Mimar Sinan'a Üsküdar sahilinde yaptırdığı cami-türbe-medrese topluluğu, Sinan'ın en kayda değer eserlerinden biridir. Cami iki parçadan oluşmaktadır; namaz, dua okuma, vaaz verme ve benzeri dini eylemlerin gerçekleştiği cami ana mekanı ve Cami'ye bitişik yapılmış kuzey doğu yönüne bakan Türbe. Cami ana mekanı 8.02 m x 7.99 m boyutlarındadır, kubbe yüksekliği ise 12.37 m'dir. Türbe ise 4.48 m x 4.56 m boyutlarındadır ve kubbe yüksekliği 7.52 m'dir. Cami duvarları açık renk küfeki taşı, tavanı beyaz üzerine kalem işi bezemelidir. Cami zemini kırmızı renkte çerçevelenmiş krem rengi halı ile kaplanmıştır. Cami içinde çeşitli boyut ve özelliklerde, farklı seviyelere yerleştirilmiş toplam 39 pencere bulunmaktadır. Cami ve Medrese'nin çizimi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Şemsi Paşa Camii ve Medresesi

### 3.1 Cami İçindeki Mevcut Aydınlatma Sistemi

Cami içinde, iki ayrı yapay aydınlatma sistemi bulunmaktadır; bunlardan ilki Cami'nin ana mekanı üzerinde, kubbenin tam ortasına asılmış dairesel demir eleman üzerinden sarkan 35 yağ kandilinden oluşmaktadır. İkinci sistem ise Cami'nin ana mekanının kuzey doğusuna bitişik yer alan Türbe'nin merkezinden, yıldız şeklindeki demir eleman üzerinden sarkıtılmış 5 adet yağ kandilidir. Kandillerin içinde Philips Classicstone 40W/230V, 318 lm'lik akkor telli lambalar bulunmaktadır. Kandiller dairesel demir elemanlar üzerine 3 ayrı seviyede yerleştirilmişlerdir. 20 adet kandil zeminden 2.95 m yükseklikte, 1.80 m çapındaki demir daireye düzgün dağılacak şekilde; 10 adet kandil zeminden 2.80 m yükseklikte, büyük dairenin içine yerleştirilmiş yıldız şeklindeki demir elemanın köşe noktalarında; son 5 kandil ise zeminden 3.20 m yükseklikte, demir dairenin ortasından sarkıtılan ayrı bir yıldız demir elemanın köşelerine yerleştirilmiştir. Ana mekan toplamda 35 kandillik bir sistemle aydınlatılmaktadır. Türbe tarafındaki 5 kandil yıldız şekilli tek bir demir eleman üzerine zeminden yaklaşık 2.4 m yüksekliğe asılmıştır ve tüm kandiller aynı seviyededir. Yıldızı oluşturan demir çubuklar 70er cm uzunluğundadır. Şekil 2 ve 3'te kullanılan aydınlatma elemanları ve yerleşimleri görülmektedir.



Şekil 2. Cami Ana Mekanındaki Kandiller



Şekil 3. Cami Türbesindeki Kandiller

### 3.2 Cami İçi Aydınlatma Simülasyonları

Şemsi Ahmet Paşa Camii'nin rölelerinden faydalanılarak, Dialux paket programında caminin üç boyutlu modeli hazırlanmıştır.

#### 3.2.1 Cami İçi Yansıtma Katsayılarının Belirlenmesi

Dialux simülasyonlarının doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için öncelikle cami içinde parlıtlı ölçümleri alınarak, cami yüzeylerinin yansıtma katsayıları hesaplanmıştır. Yansıtma katsayısı hesabı için cami yüzeylerinde yansıtma katsayısı 1'e çok yakın kabul edilen bir sabit yansıtıcı ve Konica Minolta marka parlıtlı ölçerden faydalanılmıştır. Yapılan ölçümler ve hesaplanan yansıtma katsayısı değerleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Cami içi Yansıtma Katsayıları

Yüzey	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	E	ρ
<b>Halı – Bej</b>	20,30	5,63	63,50	0,28
<b>Halı – Bordo</b>	11,13	0,82	35,30	0,07
<b>Küfeki 1</b>	16,55	10,69	51,77	0,65
<b>Küfeki 2</b>	15,33	7,10	47,85	0,46
<b>Küfeki 3</b>	14,90	11,86	43,05	0,80
<b>Mermer</b>	17,03	11,29	52,70	0,66
<b>Mihrap</b>	15,11	9,14	45,50	0,60
<b>Minber</b>	12,71	0,70	45,10	0,06
<b>Demir parmaklık</b>	14,68	13,03	44,05	0,89
<b>Kitaplar</b>	12,90	3,11	37,55	0,24
<b>Ahşap eşya</b>	14,33	1,42	41,90	0,10
<b>Yeşil kadife</b>	18,14	0,90	77,00	0,05

Tabloda görüldüğü üzere küfeki taşı için üç farklı yansıtma katsayısı hesaplanmıştır. Bunun sebebi, taşın harelî olmasıdır. Taşın açık, orta ve koyu renkteki bölgelerinde 3 ayrı ölçüm alınmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak küfeki taşı için ortalama yansıtma katsayısı 0,64 olarak hesaplanmıştır.

Cami kubbesinin yüksekliği nedeniyle kubbeye ulaşmak mümkün olmamıştır. Bu sebeple kubbe üzerindeki desenlerin ve küfeki taşının bitip beyaz yağlı boyanın başladığı bölgenin yansıtma katsayısı küfeki taşının yansıtma katsayısına oranlanarak yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Küfeki taşının ortalama yansıtma katsayısı 0,64

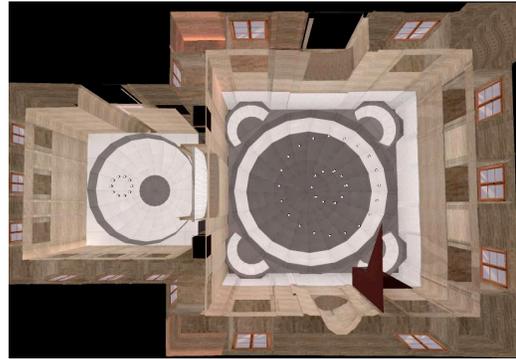
kabul edilerek yapılan hesaba göre beyaz yüzeyin yansıtma katsayısı 0,87 olarak hesaplanmıştır.

Cami kubbesi ve yarı kubbeler Şekil 4'te görüldüğü üzere kırmızı, mavi, yeşil, altın, siyah ve beyaz renkte desenlerle bezenmiştir.



Şekil 4. Cami Ana Kubbesi ve Yarı Kubbeler

Kubbe üzerinde çeşitli renklerdeki bölgelerde parıltı ölçümleri alınmış, bu değerlerin ortalaması alınarak beyaz bölgenin parıltısıyla oranlanmış ve hesaplanan değer kubbenin ortalama yansıtma katsayısı olarak kabul edilmiştir. Işık kaynaklarının kubbenin tam altında simetrik bir şekilde yerleştirilmiş olması ve kubbenin formu nedeniyle kubbe üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı düzgündür. Buna göre kubbenin beyaz bölgesinin yansıtma katsayısı 0,87 olarak kabul edilirse, renkli bölgelerin yansıtma katsayısı 0,44 olarak hesaplanmaktadır. Yarı kubbenin renkli bölümlerinin yansıtma katsayısı ise 0,47 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler kullanılarak hazırlanan modelin bir görüntüsü Şekil 5'te görülmektedir.

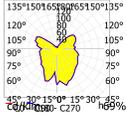


Şekil 5. Şemsi Ahmet Paşa Camii Dialux Modeli

Cami içindeki ilk ölçümlerde, ana mekanda zemin üzerinde 64 noktada yatay aydınlık düzeyi değerleri ölçülerek bir izolüks eğrisi çıkarılmıştır. Dialux simülasyonlarıyla elde edilen ışık dağılımı ile bu eğri karşılaştırılarak simülasyonun gerçeğe yakınlığı konusunda fikir yürütülmeye çalışılmıştır. Bunun için öncelikle akkor telli lambalı sistemin simülasyon sonuçları incelenmiştir.

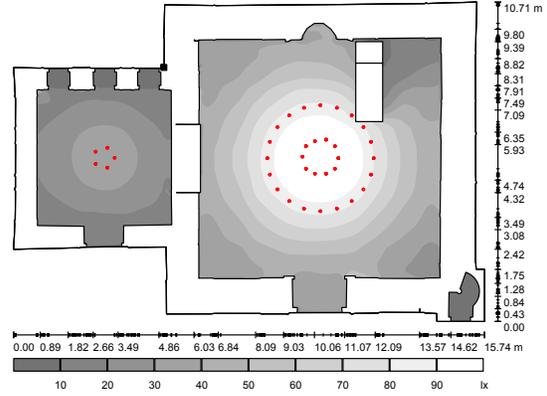
### 3.2.2 Akkor Telli Lambalı Sistem

Öncelikle cami içinde kullanılan akkor telli lambalı kandilin ışık dağılım eğrisi çıkartılmış ve ies dosyası haline getirilerek modele yerleştirilmiştir. Elde edilen eğri Şekil 6'da görülmektedir. Simülasyon sonuçlarında cami zeminindeki, kubbedeki ve minberdeki aydınlık düzeyleri ile kamaşmayı ölçmek için kullanılan UGR değerleri incelenmiştir.



Şekil 6. Akkor Telli Lambalı Cami Kandili Işık Dağılım Eğrisi

Akkor telli lambalı kandil için Dialux simülasyonlarının sonuçları Şekil 7'de görülmektedir. Buna göre zeminde elde edilen maksimum aydınlık düzeyi 104 lx, ortalama aydınlık düzeyi 46 lx'tür.



Şekil 7. Akkor Telli Lambalı Sistem için Zeminde Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Kubbe gerek inananların biraraya gelişini sembolize etmesi, gerek tarihi işlemleri, gerekse ışığı yansıtarak cami içine dağıtması açısından Cami'nin en önemli elemanıdır. Bu sebeple kubbe üzerindeki aydınlık düzeylerini yüksek tutmak önemlidir. Simülasyon sonuçlarına göre ana kubbede 18 lx, 4 yarı kubbede sırasıyla 24 lx, 23 lx, 23 lx, 22 lx ve türbe kubbesinde 10 lx ortalama aydınlık düzeyi değerleri elde edilmektedir. Bu değerler akkor telli lambanın yerleştirildiği kandilin üst yarı uzaya neredeyse hiç ışık göndermemesi sebebiyle oldukça düşüktür.

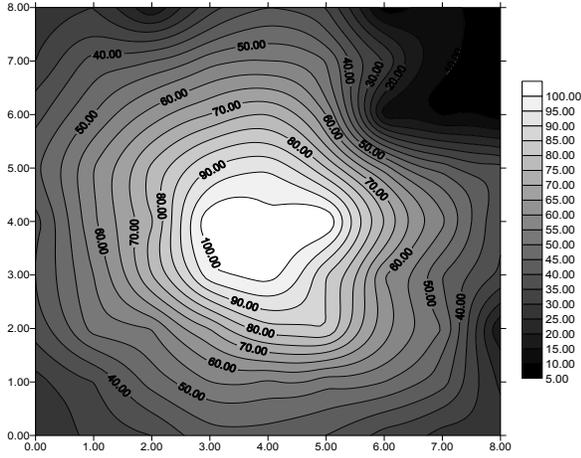
Tablo 1'e göre minberde elde edilmesi gereken düşey aydınlık düzeyi 300 lx değerindedir. Mevcut sistemin oluşturduğu sonucu görmek için minbere bir düşey hesap düzlemi yerleştirilmiş ve bu düzlemde oluşan aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. Buna göre mevcut sistemin minberde oluşturduğu ortalama düşey aydınlık düzeyi değeri 65 lx'tür. Bu hedeflenen 300 lx'lük değerinin fazlasıyla altında kalmaktadır.

Yapılan simülasyonda dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biri kamaşmadır. Dialux kamaşmayı CIE tarafından belirlenen Birleşik Kamaşma Endeksi (Unified Glare Rating – UGR) cinsinden hesaplanmaktadır. Tablo 1'de en yüksek UGR değerinin genel ibadet alanı için 25, sandalye, mihrap ve minber için

22'yi aşmaması gerektiği görülmektedir. Cami içinde çeşitli noktalara UGR hesap noktaları yerleştirilerek kamaşma hesapları yapılmış ve en yüksek kamaşmanın cami içine girerken gerçekleştiği görülmüştür. Cami merkezinde namaz kılan bir kullanıcının oturduğu durumda UGR değeri 10'dan küçük, ayakta durduğu durumda ise 16'dır. Cami girişinde ayakta duran bir kişi için ise bu değer 24'e yükselmektedir. Mevcut aydınlatma koşulları için elde edilen UGR değerleri standartla belirlenen değerlere uygundur.

### 3.2.3 Simülasyon Modelinin Doğrulanması

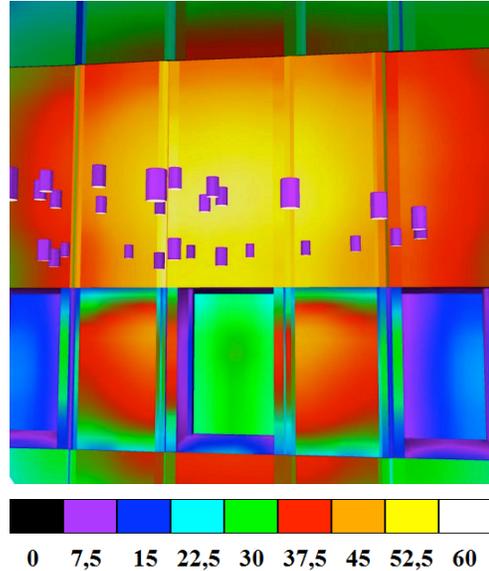
Cami içinde yapılan ölçümlerden elde edilen değerlerle hazırlanan cami zemininin izolüks eğrisi Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8. Cami Zemininde Ölçülen Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Şekil 7 ve 8'le birlikte elde edilen aydınlık düzeyi sonuçları karşılaştırıldığında, simülasyon sonuçlarıyla gerçek değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Zemindeki aydınlık düzeylerinin örtüşmesi dialux simülasyonunun doğruluğu konusunda olumlu bir fikir vermekle beraber, kubbe ve duvarlarda oluşan aydınlık düzeyleri de önemli bir kriterdir. Cami kubbesinin yüksekliği nedeniyle ölçümler sırasında kubbeye ulaşmak mümkün olmamıştır.

Dialux simülasyonlarıyla karşılaştırmak için cami içinde ulaşılabilen en yüksek noktada aydınlık düzeyi ölçümü alınmıştır. Buna göre, cami girişinin sağında kalan duvarda orta pencerenin alt çerçevesinin hemen yanında küfeki taşı üzerinde 3.9 metre yükseklikte alınan aydınlık düzeyi ölçümü 54,70 lx, 4.3 metre yükseklikte alınan aydınlık düzeyi ölçümü değeri ise 52,20 lx'tür. Alınan gerçek ölçüm değerlerini simülasyonlarla karşılaştırmak için ölçüm yapılan bölgeye 3.80 m yükseklikten başlayan 1m x 1m büyüklüğünde bir hesap yüzeyi yerleştirilmiştir. Şekil 9'da bu yüzeydeki aydınlık düzeyi dağılımı verilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere duvar üzerinde oluşan gerçek aydınlık düzeyi değerleri ile Dialux ile hesaplanan değerler birbirine çok yakındır. Zemindeki aydınlık düzeyleriyle beraber, duvar üzerindeki aydınlık düzeylerinin de simülasyon sonuçlarıyla örtüşmesi, oluşturulan modelin orjinaline uygun olduğunu göstermektedir.



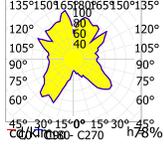
Şekil 9. Ölçüm Duvarı Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Yapılan incelemelerden görüldüğü gibi, Cami'nin 64 m<sup>2</sup>'lik ana mekanında, gerekli aydınlık düzeyi değeri olan 100 lx'e erişebilen sadece 4 m<sup>2</sup>'lik bir alan bulunmaktadır. Bu bölge dışındaki alanlarda

yapay aydınlatmayla elde edilen aydınlık düzeyleri Cami içinde gerçekleştirilmesi gereken eylemler için yetersizdir.

### 3.2.4 Önerilen LEDli Aydınlatma Sistemi

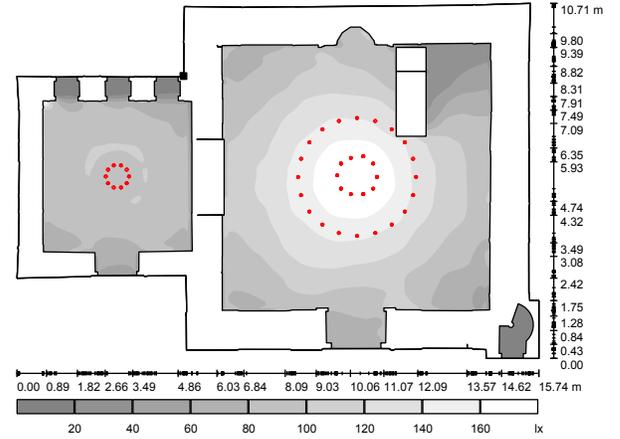
Cami içindeki mevcut akkor telli aydınlatma sistemi yerine, cami kandili içine yerleştirilebilecek LEDli yeni bir sistem önerilmektedir. Bu sistem için Cree XP-E HEW 1 W'lık sıcak beyaz LEDler tercih edilmiştir. Söz konusu LEDler 350 mA'lık sabit akımla sürüldüklerinde 25 °C'lık jonksiyon sıcaklığında ışık akısı değerleri 100 lm'dir [6]. Bu amaçla çeşitli prototipler üzerinde çalışılmış, uygun LED sayısı, gerekli soğutucu boyutu ve sürücü devre belirlenmiştir. 8 adet LED, silindirik bir soğutucunun tüm yüzeylerine yerleştirilerek, her yöne ışık gönderecek özel bir LEDli sistem tasarlanmıştır. Hazırlanan prototip cami kandili içine yerleştirilerek sistemin ışık dağılım eğrisi çıkartılmıştır. Elde edilen eğri Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. LEDli Sistemin Işık Dağılım Eğrisi

Yapılan simülasyonlarda türbe tarafındaki 5 kandilin zeminde hedeflenen ortalama 100 lx'lük aydınlık düzeyi değerini yakalamak konusunda yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut koşulları iyileştirmek için türbe tarafındaki kandil kandil sayısı 5'ten 10'a çıkartılmıştır. Bu durumda cami zemininde

elde edilen maksimum aydınlık düzeyi 214 lx, ortalama aydınlık düzeyi 100 lx olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların Şekil 11'de verilmektedir. Bu değerler, cami zemininde hedeflenen ortalama 100 lx'lük aydınlık düzeyi değerinin yakalandığını, sadece minberin arkasında gölgede kalan bölgede hedeflenen değerlerin altına düştüğünü gösterilmektedir. Minberin boyutları ve konumu itibariyle bölgesel bir aydınlatma elemanı kullanılmadığı takdirde bu problemin önüne geçmek mümkün olmayacaktır.



Şekil 11. LEDli Sistem İçin Cami Zemininde Aydınlatma Düzeyi Dağılımı

Dialuxten her kubbe elemanı için elde edilen değerler bir araya getirilerek kubbelerin ortalama aydınlık düzeyi değerleri hesaplanmıştır. Ana kubbeye 64 lx, 4 yarı kubbeye sırasıyla 71 lx, 70 lx, 72 lx ve 72 lx ve türbe kubbesinde 70 lx ortalama aydınlık düzeyi değerleri elde edilmektedir.

Simülasyon sonuçları minber üzerinde belirlenen hesap yüzeyindeki düşey aydınlık düzeyinin 131 lx olduğunu göstermektedir. Bu değer, akkor telli lambalı sistemde olduğu gibi, hedeflenen 300 lx'lük değerden oldukça düşüktür. Bununla beraber, LED sayısını arttırarak minberdeki aydınlık düzeyini yükseltmeye çalışıldığında, kandillerin konumu ve tamamen cam malzemedeki yapılmış olmaları nedeniyle kamaşma hesaplarının istenmeyen değerlere

ulaştığı görülmektedir. Bu durum minberdeki düşey aydınlık düzeyinin ancak bölgesel aydınlatma elemanlarıyla istenen seviyelere çıkartılabileceğini göstermektedir.

Elde edilen aydınlatma koşullarında cami merkezinde namaz kılan kullanıcının oturduğu durumda UGR değeri 14, ayakta durduğu durumda ise 20'dir. UGR değeri Cami girişinde ayakta duran kişi için 25'e eşittir. Bu değerler akkor telli lambalı sistemde olduğu gibi, CIE tarafından belirlenen limitlerin içindedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada tarihi cami aydınlatmasının mevcut durumunu incelemek ve yeni bir LEDli sistem önermek için İstanbul Şemsi Ahmet Paşa Camii'nde çalışmalar yapılmış, Cami Dialux programıyla modellenerek, mevcut ve önerilen aydınlatma sistemleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te özetlenmektedir.

**Tablo 3.** Simülasyon Sonuçları

Sistem	Akkor Telli	LED
<b>P [W]</b>	40	8
<b>E<sub>max</sub> [lx]</b>	104	214
<b>E<sub>ort</sub> [lx]</b>	46	100
<b>E<sub>Minber</sub> [lx]</b>	65	131
<b>UGR<sub>max</sub></b>	24	25
<b>E<sub>AK</sub> [lx]</b>	18	64
<b>E<sub>YK1</sub> [lx]</b>	24	71
<b>E<sub>YK2</sub> [lx]</b>	23	70
<b>E<sub>YK3</sub> [lx]</b>	23	72
<b>E<sub>YK4</sub> [lx]</b>	22	72
<b>E<sub>TK</sub> [lx]</b>	10	70

P sistemin toplam gücünü, E<sub>max</sub> zeminde oluşan maksimum aydınlık düzeyini, E<sub>ort</sub> zeminde oluşan ortalama aydınlık düzeyini, E<sub>Minber</sub> minberde oluşan düşey aydınlık düzeyini, UGR<sub>max</sub> en yüksek UGR değerini, E<sub>AK</sub> ana kubbedeki, E<sub>YK1</sub>, E<sub>YK2</sub>, E<sub>YK3</sub>, E<sub>YK4</sub> sırasıyla Yarı Kubbe 1, 2, 3 ve 4'teki ve E<sub>TK</sub> da türbe kubbesindeki ortalama aydınlık düzeylerini göstermektedir. Tablodan görüldüğü üzere LEDli sistemle elde edilen aydınlık düzeyleri akkor telli lambalı sisteme göre üstündür. LEDli sistemin oluşturduğu UGR değeri mevcut sisteme göre daha yüksek olmakla beraber, Tablo 1'de verilen değerlerin içinde kalmaktadır.

Burada en önemli nokta, enerji tasarrufudur. Cami içinde kullanılan 40 adet akkor telli lamba toplamda 1600 W'lık kurulu iç aydınlatma gücü oluşturmaktadır. Cami'nin sadece dini nedenlerle değil, turistik amaçlarla da ziyaret edildiği ve bu nedenle aydınlatmanın gün içinde uzun saatler boyunca açık bırakıldığı göz önünde bulundurulursa lambaların yanık olduğu süre bir günde yaklaşık olarak 10 saat kabul edilebilir. Bu durumda caminin iç aydınlatması için günlük tüketiminin 16 kWh/gün olduğu görülmektedir. LEDli sistemde kandil sayısı 45'e çıkarılmış olmasına rağmen, toplam kurulu güç 360 W'tır. Bu durumda, günlük tüketim, mevcut sistemin 1/4'ünden daha düşük seviyelere inmektedir.

Elde edilen değerler doğrultusunda, tarihi camilerin aydınlatmasında kullanılan akkor telli lambalı sistemlerin, uygun tasarım sonucunda LEDli sistemlerle değiştirilmesiyle zemin, kubbe ve minberdeki aydınlık düzeyi değerlerinin iyileştirilmesinin yanı sıra ciddi enerji tasarrufları sağlanacağı görülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

[1] Radikal Gazetesi, 4 Temmuz 2008, <http://www.radikal.com.tr/Default.aspx?aType=HaberDetay&ArticleID=886600&Date=04.07.2008&CategoryID=101>

[2] Ünver, R., Enarun, D.; A Comparative Investigation of Lighting of Mosques and Churches in Istanbul, CIE 24<sup>th</sup> Session, Warsaw, pp. 288-292, 1999.

[3] CIE Lighting of Indoor Work Places ISO 8995:2002(E) CIE S 008/E-2001.

[4] Ünver, R., Enarun, D.; Lighting of Mosques, a Historical Overview, CIBSE National Conference, Lancaster, pp. 3-11, 1998.

[5] Bolak, O., Camilerin Aydınlatılması Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, Sayı 123, İstanbul, 1967

[6] Cree XLamp XP-E HEW Datasheet, 2010, Cree Inc.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmadaki ölçümler TC Başbakanlık Vakıflar Genel Müdürlüğü, TC Başbakanlık Vakıflar 1. Bölge Müdürlüğü ve Üsküdar Müftülüğü'nün izni ile gerçekleştirilmiştir. Yazarlardan Lale Erdem ABB Doktora Araştırma Bursu ile desteklenmiştir.