

# DERSLİKLERDE GELENEKSEL İLE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tuba BOSTANCI BASKAN

Türk Philips Tic. A.Ş.  
Saray mah. Dr.Adnan Büyükdenez Cad.  
No:13, Ümraniye, İstanbul.  
Tel: 0-216-636 18 62 Faks: 0-216-636 18 35

tuba.baskan@philips.com

## ÖZET

*Okul yapılarında, eğitim açısından, en önemli ve genel fiziksel mekanlar dersliklerdir. Derslikler, çeşitli görsel eylemlerin gerçekleştirildiği mekanlar olduğundan, iyi görme koşullarının, dolayısıyla görsel konforun sağlanması gerekmektedir. Dünyada ve ülkemizde, aydınlatmada harcanan enerjinin büyüklüğü nedeniyle, özellikle derslik gibi uzun süreli ve gün boyu kullanılan hacimlerde, optimum enerji kullanımı önem verilmesi gereken bir konudur. Bu bildiride, dersliklerde aydınlatma nicelik, nitelik ve optimum enerji kullanımı yönlerinden incelenmiş olup, örnek bir derslik hacminde, geleneksel ile LED aydınlatma sistemlerinin kullanımı karşılaştırılmıştır.*

## 1.GİRİŞ

Eğitim, tüm dünyada ve özellikle, gelişmekte olan ülkelerde, büyük önem taşıyan bir konudur. Gelişmekte ve Avrupa Birliğine girme sürecinde olan ülkemizde de, uluslararası standartlara ulaşmak açısından, eğitime büyük değer ve önem verilmektedir. Bu bağlamda, eğitim ortamlarının yani okulların fiziksel konfor koşullarının iyileştirilmesi, ülkemiz için gerçekleştirilmesi gereken çalışmalar içinde ilk sıralarda bulunmaktadır.

Eğitim yapılarının en önemli ve genel fiziksel mekanı olan derslikler, insanların, çocukluktan, gençliğe kadar olan süreçte, yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri mekanlardır. Eğitim sürecinde, görsel algılamının öğrenmedeki katkısı, öteki duyu organlarının katkılarından daha fazladır. Dolayısıyla, öğrenmenin tam, eksiksiz, doğru, yorulmadan ve çok fazla çaba harcamadan yapılabilmesi, büyük

oranda, iyi görme koşullarının yani görsel konforun sağlanmasına bağlıdır. Aydınlatmanın, nicelik ve nitelik yönünden gerekli koşulları sağlamanın yanı sıra, aydınlatmada uygun enerji kullanımı da önemli bir etmendir. Ülkemizde, yapma aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi, tüketilen tüm elektrik enerjisi içinde, büyük bir oranı kapsamaktadır. Özellikle, okullar gibi, gün boyunca kullanılan yapılarda, görsel konfordan ödün vermeden sağlanan uygun enerji kullanımı ile büyük oranda enerji tasarrufu elde edileceği açıktır.

Bu bildiride, dersliklerde aydınlatma nicelik, nitelik ve optimum enerji kullanımı yönlerinden incelenmiş olup, örnek bir derslik hacminde, geleneksel ile LED aydınlatma sistemlerinin kullanımı karşılaştırılmıştır.

## 2. DERSLİKLERDE AYDINLATMA

İnsanın, dış dünya, uzak ve yakın çevre ile olan ilişkisinde, %95 gibi büyük bir oranı kapsayan, en önemli algılama biçimi, görsel algılamadır. Derslikler, çeşitli görsel eylemlerin gerçekleştirildiği mekanlar olduğundan, bu hacimlerde, fizik ortam koşullarından biri olan görsel konforun sağlanması, öncelikle önem taşıyan bir konudur. Görsel konfor, dersliklerde yapılan işlevlere göre, aydınlatma tekniği yönünden, iyi görme koşullarını sağlayacak düzenlerin oluşturulması ile olanaklıdır. Tekniğine ve hacmin işlevine uygun bir aydınlatma düzeni ile, hacmin kolayca algılanabilmesi ve rahat bir çalışma ortamı sağlanabilir. Böylece, kişilerin dikkatinin dağılmaması, daha etkin ve hızlı çalışarak eğitimin veriminin artması ve kişilerin isteyerek ve severek çalışabilmeleri gibi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca, görme eylemini uzun süre sürdürmekten kaynaklanabilecek, gözde yanma, ağrı, baş ağrısı vb. rahatsızlıklar önenebilir.

Görsel algılamanın eksiksiz bir biçimde gerçekleştirilmesinde yani, iyi görme koşullarının sağlanmasında rol oynayan görsel konfor etkenleri,

- aydınlığın niceliği,
  - aydınlığın niteliği,
  - çevrede yer alan yüzey özellikleri,
  - ışıklılık,
  - kamaşma
- olarak sıralanabilir.

Bir derslik, günışığı ile doğru bir biçimde aydınlatılmış olsa bile, kapalı hava koşullarında, kış aylarında, kimi zaman tüm gün, kimi zaman ise, günün erken ve geç saatlerinde ve akşam eğitimi ya da kursları için yapma aydınlatmaya gereksinim vardır. Yapma aydınlatma tasarımında amaç; aydınlığın niceliği ve niteliği yönünden gerekli koşulları sağlayacak, etkin enerji

(uygun enerji) kullanımlı, uzun ömürlü (dayanıklı) ve en az bakım gerektiren düzenleri oluşturmaktır. Bu amaçla, derslikler için,

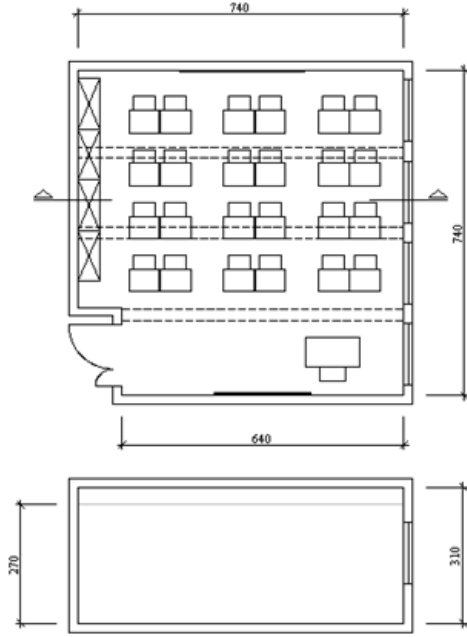
- lamba seçimi,
  - aydınlatma aygıtı seçimi,
  - aydınlatma düzeni,
- tasarımı gerçekleştirmede en önemli etkenlerdir.

Yapma aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi, tüketilen tüm elektrik enerjisi içinde en büyük oranı kapsamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, OECD'ye üye ülkeler arasında yapılan bir araştırmada, aydınlatma için, toplam elektrik enerjisi tüketiminin %9-18'i arasında enerji harcanmaktadır. Harcanan bu enerjinin %15-40'ı ise, kamu yapılarında kullanılmaktadır.

Türkiye'de ise, değişik işlevlere sahip yapılar için, aydınlatmada kullanılan enerji tüketimi, toplam elektrik enerjisinin %20-40'ı arasında değişmektedir (EİEİ, 2000).

## 3. DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR VE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMINA YÖNELİK AYDINLATMA DÜZENLERİ

Görsel konfor ve optimum enerji kullanımını olanaklı kılacak aydınlatma düzenleri kurmak amacıyla, mimari tasarım yönünden uygun boyutlarda bir derslik hacmi belirlenmiştir. Bu hacmin, genişliği: 7.40 m., derinliği: 7.40 m. ve yüksekliği: 3.30 m.'dir. Hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, tavan: 0.70, duvarlar: 0.50, döşeme: 0.30 olarak alınmıştır. Çalışma düzleminin yüksekliği, 0.80 m.dir (Bkz. Şekil 1).



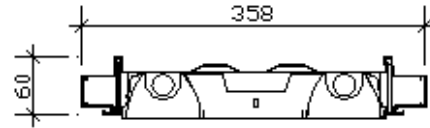
Şekil 1. Seçilen tip derslik hacminin plan ve kesiti

Seçilen tip derslik hacminde, geleneksel ve LED ışık kaynaklı aygıtlarla yapma aydınlatma düzenleri oluşturulmuştur.

### 3.1. Geleneksel Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

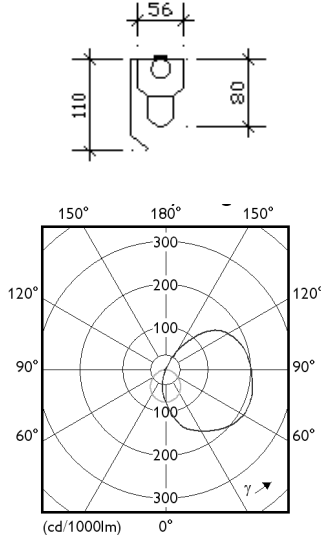
Söz konusu derslik hacminde, aydınlığın niceliği ve niteliği yönünden ve uygun enerji kullanımı sağlamak amacıyla, geleneksel sistemle bir yapma aydınlatma düzeni önerilmiştir. Bu düzende, genel aydınlatma için 2x28W TL-5 flüoresan lambalı ve elektronik balastlı çizgisel aygıt kullanılmıştır. Bu aygıtın yansıtıcısı, yarı parlak alüminyum malzemeden yapılmış olup, önünde bulunan paletler, içbükey olması nedeniyle, dolaysız ışığı %50 oranında daha fazla ekranlayarak ve OLC (Omnidirectional Luminance Control) özelliği nedeniyle de, tüm açılarda düşük ışıklılık sağlayarak, kamaşma kontrolü yönünden daha olumludur. Bu tip aygıtların kamaşma sınıfı ise, CIBSE Lighting Guide3 (LG3) Normu'na göre, 2. sınıf (cat.2)

olarak belirlenmiştir. Bu tip aygıtlar, kamaşma kontrolünün önemli olduğu, özellikle bilgisayar kullanılan derslikler için uygundur. Seçilen aydınlatma aygıtının boyutları, en=358 mm., boy=1258 mm., derinlik=60 mm. olup, en kesiti ve ışık yeğincik diyagramı, Şekil 2'de verilmiştir. Belirtilen aygıtın içinde 28W gücünde, TL-5 tipi çizgisel flüoresan lamba bulunmaktadır. TL-5 flüoresan lambanın renk sıcaklığı: 4000K, renksel geriverim indeksi: 85 ve renksel geriverim sınıfı 1B'dir. Işık akısı: 2900 lümen olan bu tip flüoresan lambanın ömrü 20000 saattir.



Şekil 2. Geleneksel sistemde, genel aydınlatma için seçilen aygıtın en kesiti ve ışık yeğincik diyagramı

Yazı tahtasını bölgesel olarak aydınlatmak amacıyla, asimetrik yansıtıcılı aygıt kullanılmıştır. Bu tip aygıtın önünde, ışığı yazı tahtası üzerine yönlendiren beyaz boyalı asimetrik yansıtıcısı olup; boyutları, en=61 mm., boy=1525 mm., derinlik=110 mm.dir. (Bkz. Şekil 3). İçinde 58W gücünde, TL-D tipi çizgisel flüoresan lamba bulunmaktadır. TL-D flüoresan lambanın renk sıcaklığı: 4000K, renksel geriverim indeksi: 80 ve renksel geriverim sınıfı 1B'dir. Işık akısı: 5240 lümen olan bu tip flüoresan lambanın ömrü 13000 saattir.



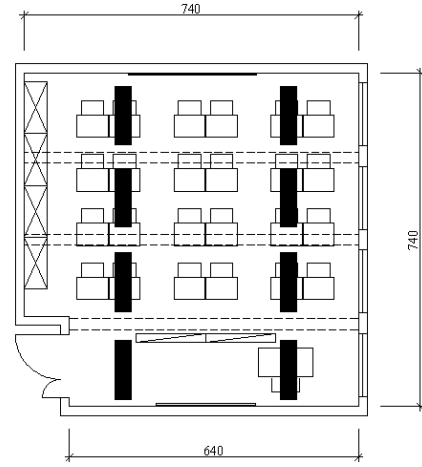
Şekil 3. Geleneksel sistemde, bölgesel aydınlatma için seçilen aygıtın en kesiti ve ışık yeğinlik diyagramı

Bu tip aygıtlar kullanılarak oluşturulan aydınlatma düzeninde, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi değerleri, bilgisayar programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, zaman içinde, lambaların ışık verimlerinin düşmesi ve aydınlatma aygıtlarında toz, kir birikmesi nedeniyle aydınlık düzeyinde oluşabilecek azalmayı önceden dikkate almak için, değer düşme çarpanı (bakım faktörü) 0.80 olarak alınmıştır. Genel ve bölgesel aydınlatma için seçilen bu aygıtların hacim içindeki yerleşimi Şekil 4'te gösterilmiştir.

- **Aydınlığın niceliği:**

Belirlenen aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde belirlenen ortalama aydınlık düzeyi değeri, 500  $lm/m^2$ 'nin üzerinde saptanmıştır. Bu düzende oluşan aydınlık dağılımı düzgün yayılmıştır. Duvar yüzeylerinde ölçme yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, ön duvarda, 510-560  $lm/m^2$  arasında, öteki duvar yüzeylerinde, 240-380  $lm/m^2$  arasında değişmektedir. Bu değerler, düzgün bir dağılım göstermektedir. Yazı tahtası üzerinde

ise, yaklaşık 510  $lm/m^2$  olarak ölçülen aydınlık düzeyi, bölgesel aydınlatma için kabul edilebilir bir düzeydir.



Şekil 4. Önerilen aydınlatma düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımı

- **Aydınlığın niteliği:**

**Işığın rengi:** Seçilen aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan TL-5 tipi çizgisel flüoresan lambanın renksel geriverimi  $Ra > 85$ , renksel geriverim sınıfı 1B ve renk sıcaklığı ise, 4000K'dir. Bu değerler, standartlara göre, derslik hacimleri için uygundur.

**Işığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği:** Belirlenen düzende, hacim içinde, yayınık ışık alanı ve gölgesiz aydınlığa yakın bir nitelik oluşturulmuştur.

**Aydınlık düzeyi dağılımları:** Bu aydınlatma düzeninde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en

az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri  $E_{min}/E_{ort} > 0.70$  olarak hesaplanmıştır. Böylece, hacimde, kabul edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır. Aynı zamanda, arka duvar üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı, pano, tablo vb. sergi alanına olanak vermesi açısından olumludur.

**Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri:** Yazı tahtasının yansıtma çarpanının, bulunduğu duvar yüzeyinden daha yüksek, dolayısıyla daha yüksek ışıklılıkta olması önemlidir. Bu nedenle, beyaz renkli yazı tahtası kullanılması daha doğru olur. Aynı zamanda, beyaz renkli yazı tahtası üzerinde yüksek karışıklık oluşturmak amacıyla koyu renkli kalem kullanılması, görsel algılamayı kolaylaştıracak ve dikkatin daha kolay yoğunlaşmasını sağlayacaktır.

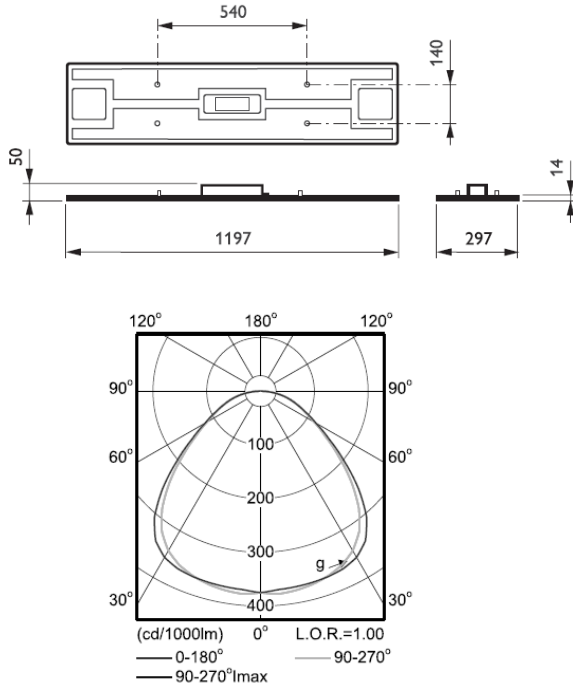
**Işıklılık ve kamaşma:** Bu yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde ölçülen ışıklılık değerleri incelendiğinde, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karışıklığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Işıklılık dağılımı ise, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde düzgün yayılmış bir özellik göstermektedir. Belirlenen düzendeki aydınlatma aygıtları, paletli olarak kullanıldığından, görme alanı içinde dolaysız kamaşma oluşturmamaktadır. En arka sıradan, yazı tahtasına doğru bakıldığında, görme alanı içine giren aygıtların ışıklılığı,  $200 \text{ cd/m}^2$  olarak ölçülmüştür. Seçilen bu aygıt, bakış doğrultusundaki ışıklılığının düşük olması nedeniyle, yani, kamaşma kontrolü olduğundan, bilgisayar kullanılan derslikler için de uygundur. Böylece, monitör (VDU) ekranı üzerinde aygıt görüntüsünün oluşarak maskeleye yansımaya neden olma durumu denetlenmiştir.

#### • **Enerji harcaması:**

Geleneksel aydınlatma sistemi ile kurulan düzende, aygıtlar, yansıtıcı ve paletli olarak kullanıldığından, aydınlık, daha çok çalışma düzlemine yönelmiştir. Bu nedenle, hacmin iç yüzeylerinden yansıyarak, boşa harcanan aydınlık, dolayısıyla enerji, azalarak, enerji kullanımını açısından olumlu bir durum oluşmuştur. Bu düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 28W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18'dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık  $640 \text{ lm/m}^2$  olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte,  $654 \text{ W}$ 'dir. Buna göre,  $1 \text{ lm/m}^2$  yi elde etmek için harcanan güç,  $0.93 \text{ W}$  olarak hesaplanmaktadır.

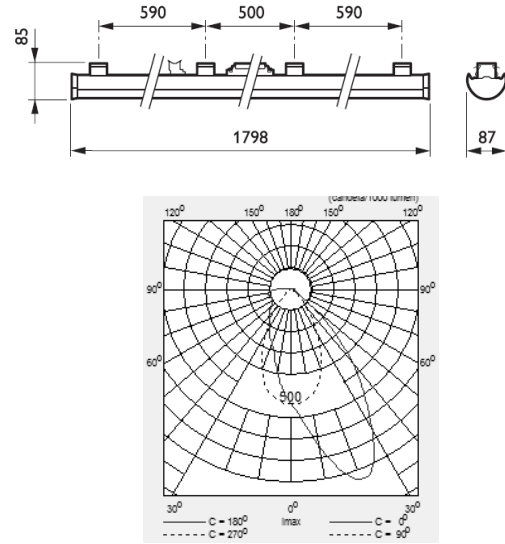
### **3.2 LED Aydınlatma Sistemi**

LED teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, günümüzde fonksiyonel aydınlatmada LED kullanımının artması nedeniyle, sözkonusu derslik hacminde LED aydınlatma sistemi de önerilmiştir. Bu düzende, genel aydınlatma için  $43 \text{ W}$  sistem gücünde LED ışık kaynaklı çizgisel aygıt kullanılmıştır. Bu aygıtın önünde opal kapak bulunmakta olup, opal mikro optik özelliği nedeniyle, yayınık ışık dağılımı sağlar. Aygıt geriverimi (LOR), %73 olarak belirtilmiştir. UGR=16 olan hacimler için uygundur. Seçilen aydınlatma aygıtının boyutları, en=297 mm., boy=1197 mm., derinlik=14 mm.olup, en kesiti ve ışık yeğnlik diyagramı, Şekil 5'te verilmiştir. Belirtilen aygıtın içinde  $43 \text{ W}$  gücünde, LED ışık kaynağı bulunmaktadır. LED'in renk sıcaklığı: 4000K, renksel geriverim indeksi: 80 ve renksel geriverim sınıfı 1B'dir. Işık akısı: 3300 lümen olan bu LED ışık kaynağının ömrü  $L70= 30000$  saattir ( $25 \text{ C}^0$ ).



Şekil 5. LED'li sistemde, genel aydınlatma için seçilen aygıtın boyutları ve ışık yeğinlik diyagramı

Yazı tahtasını bölgesel olarak aydınlatmak amacıyla, asimetrik yansıtıcılı LED ışık kaynaklı aygıt kullanılmıştır. Bu tip aygıtın önünde, ışığı yazı tahtası üzerine yönlendiren 30o asimetrik yansıtıcısı olup; boyutları, en=87 mm., boy=1798 mm., derinlik=85 mm.dir. (Bkz. Şekil 6). İçinde 61W gücünde, LED ışık kaynağı bulunmaktadır. Renk sıcaklığı: 3000K, renksel geriverim indeksi: 80 ve renksel geriverim sınıfı 1B'dir. Işık akısı: 6200 lümen olan bu LED ışık kaynağının ömrü L70= 50000 saattir (25 C<sup>o</sup>).

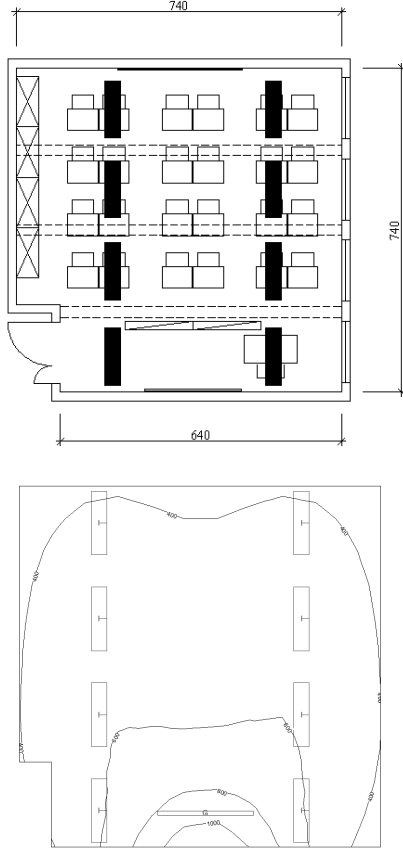


Şekil 6. LED'li sistemde, bölgesel aydınlatma için seçilen aygıtın en kesiti ve ışık yeğinlik diyagramı

Bu tip aygıtlar kullanılarak oluşturulan LED aydınlatma sistemli düzende, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi değerleri, bilgisayar programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Genel ve bölgesel aydınlatma için seçilen bu aygıtların hacim içindeki yerleşimi Şekil 7'de gösterilmiştir.

#### • **Aydınlığın niceliği:**

Sözkonusu aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde belirlenen ortalama aydınlık düzeyi değeri, 500 lm/m<sup>2</sup>'nin üzerinde saptanmıştır. Bu düzende oluşan aydınlık dağılımı düzgün yayılmıştır. Duvar yüzeylerinde ölçme yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, ön duvarda, ortalama 430 lm/m<sup>2</sup> arasında, öteki duvar yüzeylerinde, 310-315 lm/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu değerler, düzgün bir dağılım göstermektedir. Yazı tahtası üzerinde ise, yaklaşık 700 lm/m<sup>2</sup> olarak hesaplanan aydınlık düzeyi, bölgesel aydınlatma yeterli bir düzeydir.



Şekil 7. Önerilen aydınlatma düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımı

- **Aydınlığın niteliği:**

**Işığın rengi:** Seçilen aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan LED ışık kaynağının renksel geriverimi  $R_a > 80$ , renksel geriverim sınıfı 1B ve renk sıcaklığı ise, 4000K'dir. Bu değerler, standartlara göre, derslik hacimleri için uygundur.

**Işığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği:** Söz konusu düzende, kullanılan aygıt opal yayılcılı olduğundan, hacim içinde, yayıncı ışık alanı ve gölgesiz aydınlığa yakın bir nitelik oluşturulmuştur.

**Aydınlık düzeyi dağılımları:** Bu aydınlatma düzeninde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri  $E_{min}/E_{ort} > 0.70$  olarak hesaplanmıştır. Böylece, hacimde, kabul

edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır.

**Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri:**

Yazı tahtasının yansıtma çarpanının, bulunduğu duvar yüzeyinden daha yüksek, dolayısıyla daha yüksek ışıklılıkta olması önemlidir. Bu nedenle, beyaz renkli yazı tahtası kullanılması daha doğru olur. Aynı zamanda, beyaz renkli yazı tahtası üzerinde yüksek karışıklık oluşturmak amacıyla koyu renkli kalem kullanılması, görsel algılamayı kolaylaştıracak ve dikkatin daha kolay yoğunlaşmasını sağlayacaktır.

**Işıklılık ve kamaşma:**

Belirlenen yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde hesaplanan ışıklılık değerleri incelendiğinde, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karışıklığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Işıklılık dağılımı ise, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde düzgün yayılmış bir özellik göstermektedir. Bu düzendeki aydınlatma aygıtları, opal yayıncılı kullanıldığından, görme alanı içinde dolaysız kamaşma oluşturmamaktadır.

- **Enerji harcaması:**

LED aydınlatma sistemi ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 1 olmak üzere, toplam 9'dur. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık  $520 \text{ lm/m}^2$  olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 410W'dır. Buna göre,  $1 \text{ lm/m}^2$  yi elde etmek için harcanan güç, 0.78 W olarak hesaplanmaktadır.

#### 4. DERSLİK AYDINLATMASINDA GELENEKSEL İLE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Geleneksel sistemle kurulan düzende harcanan güç (654W), mevcut düzende harcanan güce (588W) göre, %11 oranında artmasına karşın, hacimde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi, % 133 oranında artarak, standartlarca belirlenen düzeye çıkarılmıştı. Bu durumda, derslikte, 1 lm/m<sup>2</sup> yi sağlamak için harcanan güç, önerilen aydınlatma düzeni ile, % 52 oranında azaltılarak, 1.96W'tan, 0.93W'a düşürülmüştü. LED'li sistemle kurulan düzende harcanan güç (410W), geleneksel sistemde harcanan güce (654W) göre %34 oranında azaltılmış olup, 1 lm/m<sup>2</sup> yi sağlamak için harcanan güç, LED'li aydınlatma düzeni ile, % 16 oranında azaltılarak, 0.93W'tan, 0.78W'a düşürülmüştür.

Böylece, söz konusu derslik hacminde, önerilen LED aydınlatma düzeni ile, hem standartlarca uygun nicelik ve nitelikte aydınlatma ile görsel konfor oluşturulmuş, hem de enerji harcaması azaltılarak, uygun enerji kullanımı sağlanmıştır.

#### 5. SONUÇ

Derslik hacimleri, öğrenme sürecinde okul yapılarında yer alan temel birimleri oluşturmakta, öğrencilerin günlerinin büyük bir bölümü bu hacimlerde geçmektedir. Öğrenmede çok önemli yer tutan görme olayı, doğrudan doğruya aydınlatma ile ilişkilidir. Görmenin doğru ve tam olması, öğrenmenin verimli, bir başka deyişle, öğrencinin başarılı olması, öğrenme sırasında sıkıntı, başağrısı vb. olumsuzlukların olmaması, ancak iyi bir aydınlatma düzeninin kurulmasıyla olanaklıdır. Bununla beraber, aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi

oranı dikkate alındığında, aydınlatma tasarımlarında uygun enerji kullanımının önemi de yadsınamaz bir gerçektir.

Bu bildiriye, bir derslik hacminde, mevcut aydınlatma düzeni ile görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönlerinden uygun olan geleneksel ve LED aydınlatma sistemleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, LED ışık kaynaklı aydınlatma düzenlerinin hem görsel konfor koşulları hem de optimum enerji kullanımı yönlerinden en uygun sonucu verdiği belirlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. T. Bostancı Başkan, Bir Tasar Ölçütü Olarak Dersliklerde Görsel Konfor ve Optimum Enerji Kullanımı İçin Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ FBE, İstanbul, 2004.
2. M. Şerefhanoglu, Konutlarda Aydınlatma, Karaca Ofset Basımevi, İstanbul, 1972.
3. M. Şerefhanoglu, Yapı İçi Aydınlatmasında Enerjinin Optimum Kullanımı, Y.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1972.
4. Anon, Philips Lighting Manual, 5. Edition, Netherlands, 1993.
5. Anon., CIE Guide For Interior Lighting, Second Edition, Austria, 1986.
6. Anon., IES Lighting Handbook, Application Volume, 1987.
7. Anon., IES Lighting Handbook, 8th Edition, Illuminating Engineering Society, NewYork, 1993.
8. Anon., CIBSE Code For Interior Lighting, London, 1994.



